

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Заместитель директора

Ю.О. Соболев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Методы обучения с подкреплением
по направлению:	Прикладная математика и информатика
профиль подготовки:	Науки о данных центр дополнительного, дополнительного профессионального и онлайн-образования "Пуск" центр дополнительного, дополнительного профессионального и онлайн-образования "Пуск"
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 4 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 22 всего, в том числе:

лекции: 2 час.

семинары: 20 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 113 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составили:

А.И. Панов, канд. физ.-мат. наук, доцент

З.А. Воловикова

К.А. Лапин, старший методист

Программа обсуждена на заседании центра дополнительного, дополнительного профессионального и онлайн-образования "Пуск" 01.03.2025

Аннотация

Целью данной дисциплины является дать практические навыки применения языка R, IDE R-studio и основных пакетов для анализа данных. Студент после освоения курса будет понимать основные пакеты программной среды R, основы синтаксиса R.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Дать практические навыки применения языка R, IDE R-studio и основных пакетов для анализа данных.

Задачи дисциплины

- обучить основам языка программирования R;
- научить пользоваться IDE R-studio;
- ознакомить с основными пакетами для анализа данных с помощью R;
- формирование у студентов основных биоинформатических навыков и приобретение ими практического опыта, необходимого для проведения самостоятельных научных исследований в области системной биологии.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-2 Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии математических исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценить актуальность и практическую значимость прикладных математических исследований в своей профессиональной области
ОПК-5 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-5.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-5.2 Способен оценивать актуальность исследований в области информатики и вычислительной техники и их практическую значимость
	ОПК-5.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
	ОПК-6.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-6.2 Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем

ОПК-6 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области информатики и вычислительной техники, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-6.3 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания из различных областей науки (техники)
	ОПК-6.4 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
	ОПК-6.5 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные пакеты программной среды R;
- основы синтаксиса R.

уметь:

- программировать на языке R;
- имплементировать и отлаживать биоинформатические алгоритмы;
- реализовывать статистический анализ в программной среде R.

владеть:

- навыками работы с большими объемами биологических данных;
- культурой планирования и осуществления многоступенчатого биоинформатического анализа.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение и базовые методы	1	3		21
2	Обучение на основе функции полезности	1	3		21
3	Методы семейства актор-критик		4		30
4	Обучение с подкреплением с использованием модели мира		6		22
5	Трансформеры принятия решений		4		19
Итого часов		2	20		113
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 4 (Весенний)

1. Введение и базовые методы

Введение и постановка задачи. Базовые алгоритмы динамического программирования. Базовые алгоритмы обучения: Монте-Карло, временные различия, SARSA

2. Обучение на основе функции полезности

Обучение по отложенному опыту и Q-обучение. Нейросетевая аппроксимация функции полезности, метод DQN. Продвинутое обучение: Rainbow, MEMENTO

3. Методы семейства актор-критик

Методы градиента стратегии: Reinforce, Vanilla PG. Архитектура актор-критик: DDPG, SAC. Оптимизация градиента стратегии: PPO, MPO

4. Обучение с подкреплением с использованием модели мира

Обзор методов интеграции обучения и планирования. Методы семейства MCTS на примере игры Go. Планирование в латентном пространстве: Dreamer.

5. Трансформеры принятия решений

Автономное обучение с подкреплением. Трансформерные модели: DT, TT, RMDT. Заключение: прикладные аспекты и перспективные направления

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Оборудование, необходимое для семинаров: аудитория, компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система), UNIX сервер с отдельным аккаунтом для каждого студента

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение [Текст] / Дж. Вандер Плас ; [пер. с англ. И. Пальти], СПб., Питер, 2018
2. Введение в методы машинного обучения с подкреплением, учебное пособие / А. И. Панов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации ; Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет). Москва, МФТИ, 2019

Дополнительная литература

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Профессиональный информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных – <http://www.machinelearning.ru/>
2. Python Numpy Tutorial - <https://cs231n.github.io/python-numpy-tutorial/>
3. Введение в анализ данных с помощью Pandas - <https://habr.com/ru/post/196980/>
4. Learn Git Branching - https://learngitbranching.js.org/?locale=ru_RU
5. https://scikit-learn.org/stable/supervised_learning.html#supervised-learning

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Доступ в Интернет, UNIX сервер с отдельным аккаунтом для каждого студента. Для части занятий потребуется Zoom. Google Drive для доступа к материалам курса. Приветствуется наличие во время занятий смартфонов/ноутбуков для участия в интерактивных упражнениях.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладная математика и информатика
профиль подготовки:	Науки о данных центр дополнительного, дополнительного профессионального и онлайн-образования "Пуск" центр дополнительного, дополнительного профессионального и онлайн-образования "Пуск"
курс:	<u>2</u>
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 4 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

А.И. Панов, канд. физ.-мат. наук, доцент

З.А. Воловикова

К.А. Лапин, старший методист

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-2 Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии математических исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценить актуальность и практическую значимость прикладных математических исследований в своей профессиональной области
ОПК-5 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-5.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-5.2 Способен оценивать актуальность исследований в области информатики и вычислительной техники и их практическую значимость
	ОПК-5.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-6 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области информатики и вычислительной техники, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-6.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-6.2 Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем
	ОПК-6.3 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания из различных областей науки (техники)
	ОПК-6.4 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
	ОПК-6.5 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Методы обучения с подкреплением» обучающийся должен:

знать:

- основные пакеты программной среды R;
- основы синтаксиса R.

уметь:

- программировать на языке R;
- имплементировать и отлаживать биоинформатические алгоритмы;
- реализовывать статистический анализ в программной среде R.

владеть:

- навыками работы с большими объемами биологических данных;
- культурой планирования и осуществления многоступенчатого биоинформатического анализа.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Во время текущего контроля студент должен уметь ответить на следующие вопросы:

1. Сгенерируйте два случайных Пуассоновских набора по 200 чисел, один с средним 0.5, другой с средним 3. Есть ли между ними линейная зависимость?
2. Какая структура подойдет для хранения значений температуры, измеряемой каждую минуту у пяти больных за сутки. Создайте такую структуру и заполните ее случайными данными. Когда у второго пациента температура была выше 40 градусов?
3. Создайте новую числовую переменную `new_var` в данных `mtcars`, которая содержит единицы в строках, если в машине не меньше четырех карбюраторов (переменная `"carb"`) или больше шести цилиндров (переменная `"cyl"`). В строках, в которых условие не выполняется, должны стоять нули.
4. В датафрейме `mtcars` создайте новую колонку (переменную) под названием `even_gear`, в которой будут единицы, если значение переменной (`gear`) четное, и нули если количество нечетное.
5. Создайте 3 линейные переменные одинаковой длины с произвольными названиями, содержащие Проверьте, действительно ли сумма первых двух чисел строго больше, чем третье число. Результат сравнения (TRUE или FALSE) сохраните в новую переменную с именем `result`.
6. Превратите датафрейм `mtcars` в лист и создайте новый элемент листа под названием `even_gear`, в которой будут единицы, если значение переменной (`gear`) четное, и нули если количество нечетное.
7. Создайте структуру для хранения имени, фамилии, возраста и пола трех человек и заполните ее. Как сделать простой поиск по фамилии?
8. Пьяный идет по мосту шириной 1 шагов. Каждый шаг пьяный смещается случайно на один шаг вправо или влево. Если пьяный переступит через край моста — он падает. Напишите функцию, которая считает, сколько шагов сделает пьяный до падения. Ширина моста и положение пьяного — начальные параметры. `Drunken_path(1)`, вывод: 'Our boozier will fall at n-d step'.
9. Напишите функцию, которая получает на вход две экспериментально померенные зависимости (`x1,y1,x2,y2`), аппроксимирует их прямыми методом наименьших квадратов и возвращает координаты пересечения.
10. Напишите функцию, которая сравнивает набор слов одинаковой длины и возвращает матрицу попарных расстояний — долю несовпадающих букв.
11. Напишите функцию, которая рисует траекторию луны относительно Солнца. Считать, что земля движется равномерно со скоростью V_1 вокруг Солнца по орбите радиуса R_1 . Луна движется равномерно со скоростью V_2 вокруг земли по орбите радиуса R_1 .

Во время занятий могут проходить интерактивные обсуждения в чатах курса, что будет являться домашним заданием. Возможно выполнение патентного поиска в качестве самостоятельной задачи. Успешное выполнение всех заданий по курсу и выполнение контрольных срезов знаний дает преимущество на дифференцированном зачете.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Сгенерируйте два случайных Пуассоновских набора по 200 чисел, один с средним 0.5, другой с средним 3. Есть ли между ними линейная зависимость?
2. Какая структура подойдет для хранения значений температуры, измеряемой каждую минуту у пяти больных за сутки. Создайте такую структуру и заполните ее случайными данными. Когда у второго пациента температура была выше 40 градусов?

3. Создайте новую числовую переменную `new_var` в данных `mtcars`, которая содержит единицы в строках, если в машине не меньше четырёх карбюраторов (переменная `"carb"`) или больше шести цилиндров (переменная `"cyl"`). В строках, в которых условие не выполняется, должны стоять нули.
4. В датафрейме `mtcars` создайте новую колонку (переменную) под названием `even_gear`, в которой будут единицы, если значение переменной (`gear`) четное, и нули если количество нечетное.
5. Создайте 3 линейные переменные одинаковой длины с произвольными названиями, содержащие Проверьте, действительно ли сумма первых двух чисел строго больше, чем третье число. Результат сравнения (`TRUE` или `FALSE`) сохраните в новую переменную с именем `result`.
6. Превратите датафрейм `mtcars` в лист и создайте новый элемент листа под названием `even_gear`, в которой будут единицы, если значение переменной (`gear`) четное, и нули если количество нечетное.
7. Создайте структуру для хранения имени, фамилии, возраста и пола трех человек и заполните ее. Как сделать простой поиск по фамилии?
8. Пьяный идет по мосту шириной `l` шагов. Каждый шаг пьяный смещается случайно на один шаг вправо или влево. Если пьяный переступит через край моста — он падает. Напишите функцию, которая считает, сколько шагов сделает пьяный до падения. Ширина моста и положение пьяного — начальные параметры. `Drunken_path(l)`, вывод: `'Our boozier will fall at n-d step'`.
9. Напишите функцию, которая получает на вход две экспериментально померенные зависимости (`x1,y1,x2,y2`), аппроксимирует их прямыми методом наименьших квадратов и возвращает координаты пересечения.
10. Напишите функцию, которая сравнивает набор слов одинаковой длины и возвращает матрицу попарных расстояний — долю несовпадающих букв.
11. Напишите функцию, которая рисует траекторию луны относительно Солнца. Считать, что земля движется равномерно со скоростью `V1` вокруг Солнца по орбите радиуса `R1`. Луна движется равномерно со скоростью `V2` вокруг земли по орбите радиуса `R1`.
12. Написать функцию которая рисует заданный набор точек на плоскости и соединяет прямыми те из них, что находятся на расстоянии менее заданного (максимальное расстояние — параметр функции). Размер точек пропорционален числу ребер входящих в нее (максимальный размер — параметр функции). Цвет прямых зависит от расстояния (цвет соответствующий минимальному и максимальному расстоянию — параметры функции).
13. Написать функцию, находящую все вхождения слова (`w`) в текст (`t`) с не более чем `n` ошибок. `W, t` и `n` — параметры функции. Функция возвращает позиции начала вхождений.
14. Написать функцию находящую все вхождения слова (`w`) в текст (`t`) с не более чем `n` ошибок. `W, t` и `n` — параметры функции. Функция возвращает позиции начала вхождений.
15. Написать функцию рисующую случайную ломанную. Длина шага и поворот определяется (от предыдущего направления) определяется случайно исходя из равномерного распределения. Диапазон значений длин и поворота, равно как и число шагов — параметры функции.
16. Напишите функцию, генерирующую все возможные последовательности данной длины из данного алфавита.
17. Для встроенных в R данных `AirPassengers` рассчитайте скользящее среднее с интервалом сглаживания равным 10. Напечатайте получившийся результат (первым значением в выводе должно быть среднее для элементов 1:10, во втором значении - среднее для элементов 2:11 и т.д., в последнем - среднее для элементов 135 :144). Все полученные значения средних сохраните в переменную `moving_average`.

Примеры билетов:

1. Операторы в R.
2. Реализация функций на языке R, функции первого уровня.
3. Функции n-ного уровня.
4. Анализ главных компонент.
5. Общие принципы реализации PCA.
6. Функции `prcomp` пакета `stats`.
7. Пакет `rca3d`.

Оценка отлично (10 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5 баллов) - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2 балла) - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1 балл) - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать одного астрономического часа.