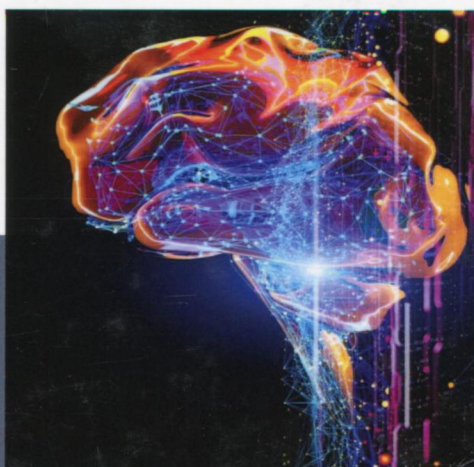


ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

# СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Моделирование нейронных сетей  
в системе MATLAB.  
Лабораторный практикум



П. С. Романов  
И. П. Романова



ЛАНЬ

E.LANBOOK.COM

П. С. РОМАНОВ, И. П. РОМАНОВА

**СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО  
ИНТЕЛЛЕКТА.  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ  
В СИСТЕМЕ МАТЛАВ  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

*Учебное пособие*

Издание второе, стереотипное



**ЛАНЬ**

• САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР •  
• 2022 •

95

УДК 004.89  
ББК 32.813.5я73

**Р 69 Романов П. С.** Системы искусственного интеллекта. Моделирование нейронных сетей в системе MATLAB. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / П. С. Романов, И. П. Романова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 140 с. : ил. — Текст : непосредственный.

**ISBN 978-5-8114-9991-5**

В учебном пособии даны основные теоретические положения искусственного интеллекта и теории нечетких множеств, необходимые для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Системы искусственного интеллекта». Приведены примеры решения задач, контрольные задания, а также содержание, общие требования и рекомендации по выполнению лабораторных работ, справочные данные и литература для их выполнения. В учебное пособие включены материалы по лабораторным работам, посвященным моделированию нейронных и нейро-нечетких сетей в системе MATLAB.

Учебное пособие предназначено для студентов всех форм обучения высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки «Информатика и вычислительная техника», «Управление в технических системах».

УДК 004.89  
ББК 32.813.5я73

**Рецензенты:**

*П. Ю. БУНАКОВ* — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информатики Государственного социально-гуманитарного университета;

*В. Г. НОВИКОВ* — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автоматизации производства и информационных технологий Коломенского института (филиала) Московского политехнического университета.

**Обложка**  
*П. И. ПОЛЯКОВА*

- © Издательство «Лань», 2022
- © П. С. Романов,  
И. П. Романова, 2022
- © Издательство «Лань»,  
художественное оформление, 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список основных сокращений.....	6
Введение .....	7
Глава 1. Методические рекомендации по организации лабораторного практикума.....	10
§ 1.1. Рекомендуемые темы лабораторных работ.....	10
§ 1.2. Методические указания по проведению лабораторных работ .....	10
§ 1.3. Структура и порядок оформления отчета .....	12
§ 1.4. Порядок защиты лабораторных работ.....	13
§ 1.5. Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторным работам и защиты отчетов по ним.....	13
Глава 2. Лабораторная работа «Моделирование персептрона в среде MATLAB» .....	15
§ 2.1. Цель работы .....	15
§ 2.2. Нейрон персептрона .....	15
2.2.1. Простой нейрон.....	15
2.2.2. Нейрон с векторным входом .....	16
2.2.3. Функции активации .....	17
2.2.4. Модель нейрона .....	22
§ 2.3. Персептрон.....	23
2.3.1. Архитектура сети .....	23
2.3.2. Моделирование персептрона средствами MATLAB.....	24
2.3.3. Инициализация параметров.....	30
§ 2.4. Задание для лабораторной работы.....	32
§ 2.5. Структура отчета .....	33
Глава 3. Лабораторная работа «Линейные нейронные сети. Обучение линейной сети в MATLAB» .....	35
§ 3.1. Цель работы .....	35
§ 3.2. Линейные сети .....	35

3.2.1. Структура линейной сети .....	35
3.2.2. Архитектура сети .....	37
3.2.3. Создание линейной сети .....	38
3.2.4. Конструирование линейной сети .....	39
§ 3.3. Процедуры настройки линейной сети .....	42
3.3.1. Процедура настройки линейной сети с использованием функции <code>adapt</code> .....	42
3.3.2. Процедура настройки линейной сети с использованием функции <code>newlind</code> .....	47
§ 3.4. Обучение линейной сети. Обучающее правило наименьших квадратов.....	50
§ 3.5. Задание для лабораторной работы.....	59
§ 3.6. Структура отчета .....	62
Глава 4. Лабораторная работа «Моделирование нейронных сетей в MATLAB».....	63
§ 4.1. Цель работы .....	63
§ 4.2. Пакет Neural Network Toolbox.....	63
§ 4.3. Работа с нейронной сетью в командном режиме .....	67
§ 4.4. Использование GUI-интерфейса пакета нейронных сетей.....	74
4.4.1. Создание нейронной сети.....	75
4.4.2. Обучение нейронной сети .....	79
4.4.3. Работа с созданной сетью.....	82
§ 4.5. Моделирование нейронных сетей при помощи Simulink .....	86
4.5.1. Средства Simulink для работы с нейронными сетями .....	86
4.5.2. Обозреватель разделов библиотеки Simulink .....	87
4.5.3. Создание модели .....	88
4.5.4. Окно модели.....	90
4.5.5. Выполнение моделирования .....	93
4.5.6. Разработка НС для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений в системе Simulink .....	96

§ 4.6. Задание для лабораторной работы.....	104
§ 4.7. Структура отчета .....	105
Глава 5. Лабораторная работа «Моделирование и реализация нейро-нечеткой сети в среде MATLAB» .....	106
§ 5.1. Цель работы .....	106
§ 5.2. Нечеткая сеть TSK.....	106
§ 5.3. Гибридная сеть как адаптивная система нейро-нечеткого вывода .....	109
§ 5.4. Моделирование и реализация нейро-нечеткой сети в среде MATLAB.....	110
5.4.1. Описание ANFIS-редактора.....	111
5.4.2. Синтез нейро-нечеткой сети в среде MATLAB.....	118
§ 5.5. Задание для лабораторной работы.....	126
§ 5.6. Структура отчета .....	127
Приложение. Список функций Neural Network Toolbox .....	129
Список литературы .....	138