

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-технологическая академия

**М. Ю. МЕДВЕДЕВ
А. Е. КУЛЬЧЕНКО**

**NEURAL NETWORKS FUNDAMENTALS
IN MOBILE ROBOT CONTROL SYSTEMS**

Учебное пособие

Ростов-на-Дону – Таганрог
Издательство Южного федерального университета
2020

УДК 004.032.26:004.896(075.8)

ББК 32.97я73

М46

*Печатается по решению кафедры электротехники и мехатроники
Института радиотехнических систем и управления
Южного федерального университета
(протокол № 5 от 17 марта 2020 г.)*

Рецензенты:

ведущий программист ООО «Люксффт Профешнл»
(филиал в г. Санкт-Петербурге), кандидат технических наук
В. А. Крехмалев

профессор кафедры систем автоматического управления
ИРТСУ ЮФУ, доктор технических наук, профессор *А. Р. Гайдук*

Медведев, М. Ю.

М46 Neural networks fundamentals in mobile robot control systems : учебное пособие / М. Ю. Медведев, А. Е. Кульченко ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2020. – 144 с.

ISBN 978-5-9275-3587-3

Включает полное и систематизированное изложение материала по учебной программе курса «Интеллектуальные системы управления роботами». Адресован студентам, обучающимся по программам бакалавриата и магистратуры по специальности «Мехатроника и робототехника» Института радиотехники и систем управления Южного федерального университета. Включает темы, посвященные введению в нейронные сети, их применению, основам обучения нейронных сетей, многослойным нейронным сетям с прямой связью, передовым методам обучения нейронных сетей и варианты индивидуальных упражнений.

УДК 004.032.26:004.896(075.8)

ББК 32.97я73

ISBN 978-5-9275-3587-3

© Южный федеральный университет, 2020

© Медведев М. Ю., Кульченко А. Е., 2020

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2020

CONTENT

1. LECTURE: INTRODUCTION TO NEURAL NETWORKS	6
1.1. Application of artificial intelligence in robotics	6
1.2. Structure of an intelligent control system of robot	7
1.3. The artificial intelligence technologies taxonomy	8
1.4. Morphology of a biological neuron	9
1.5. Mathematical model of a biological neuron	9
1.6. A neural model for a threshold logic	10
1.7. A neural threshold logic synthesis	12
1.8. Problems	14
Practical training 1	15
1.9. Task for practical training 1	15
1.10. Example of the practical training performing	16
1.11. Variants	18
1.12. Requirements to the results representation	19
Practical training 2	20
1.13. Task for practical training 2	20
1.14. Example of the practical training 2 performing	22
1.15. Variants	24
1.16. Requirements to the results representation	24
2. LECTURE: BASES OF LEARNING OF NEURAL NETWORKS	26
2.1. Parametric adaptation of the neural threshold element	26
2.2. The perceptron rule of adaptation	27
2.3. Mays adaptation rule	28
2.4. Adaptive linear element	29
2.5. α - Least Mean Square Algorithm	29
2.6. Mean Square Error Method	31
2.7. μ - Least Mean Square Algorithm	32
2.8. Adaline with sigmoidal functions	32
2.9. Backpropagation method	33
2.10. A simple network with three neurons	34
2.11. Backpropagation learning	35
2.12. Problems	37

Practical training 3	38
2.13. Task for practical training 3	38
2.14. Example of the practical training 3 performing	40
2.15. Variants	46
2.16. Requirements to the results representation	46
Practical training 4	48
2.17. Task for practical training 4	48
2.18. Example of the practical training 4 performing	49
2.19. Variants	55
2.20. Requirements to the results representation	56
3. LECTURE: MULTILAYERED FEEDFORWARD STA-TIC NEU- RAL NETWORKS	58
3.1. Two layered neural network mathematical description	58
3.2. Generalized delta rule	60
3.3. Network with linear output neurons	62
3.4. Structure of a multi-layered feedforward neural network	62
3.5. Description of a multi-layered feedforward neural network	63
3.6. Generalized Delta Rule for MFNN	64
3.7. Recursive computation of delta	64
3.8. Momentum BP algorithm	65
3.9. A Summary of BP learning algorithm	66
3.10. Some issues in BP learning algorithm	67
3.11. Local minimum problem	70
3.12. Problems	70
Practical training 5	72
3.13. Task for practical training 5	72
3.14. Example of the practical training 5 performing	72
3.15. Variants	91
3.16. Requirements to the results representation	92
Practical training 6	93
3.17 Task for practical training 6	93
3.18. Example of the practical training 6 performing	93
3.19. Variants	104

3.20. Requirements to the results representation	105
4. LECTURE: ADVANCED METHODS FOR LEARNING NEU- RAL NETWORKS	106
4.1. Different Criteria for Error Measure	106
4.2. Complexities in Regularization	108
4.3. Weight Decay Approach	108
4.4. Weight Elimination Approach	109
4.5. Chauvin's Penalty Approach	110
4.6. Network Pruning Through Sensitivity Calculation	110
4.7. Karnin's Pruning Method	112
4.8. Optimal Brain Damage	112
4.9. Calculation of the Hessian Matrix	114
4.10. Second-order Optimization Learning Algorithms	117
4.11. Recursive Estimation Learning Algorithms	119
4.12. Tapped Delay Line Neural Networks	122
4.13. Applications of TDLNN for Adaptive Control Systems	122
4.14. Problems	124
Practical training 7	125
4.15. Task for practical training 7	125
4.16. Example of the practical training 7 performing	126
4.17. Variants	141
4.18. Requirements to the results representation	141
BIBLIOGRAPHY	143