

УДК 004.93(075)

ББК 3813я7

М994

Рецензенты: д-р техн. наук, доц. С. Б. Попов,
д-р техн. наук, проф. В. А. Фурсов

Мясников, Владислав Валерьевич

М994 **Распознавание образов и машинное обучение. Основные подходы:** учебное пособие / *В.В. Мясников*. – Самара: Издательство Самарского университета, 2023. – 196 с. : ил.

ISBN 978-5-7883-1929-2

Пособие представляет собой краткое изложение материалов по ключевым разделам современной теории искусственного интеллекта: машинному обучению и распознаванию образов (классификации). Пособие включает, в частности, классификацию задач машинного обучения, описание основных методов ранжирования/упорядочивания объектов и методов распознавания образов (классификации): геометрических, статистических и алгебраических, а также кратких основ теории последовательного анализа и классификации, теории обучения с подкреплением и искусственных нейронных сетей.

Предназначено для студентов факультета информатики, обучающихся по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика и специальности 10.05.03 Информационная безопасность автоматизированных систем.

Подготовлено на кафедре геоинформатики и информационной безопасности.

УДК 004.93(075)

ББК 3813я7

ISBN 978-5-7883-1929-2

© Самарский университет, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
1 Методы машинного обучения	8
1.1 Классификация методов машинного обучения	8
1.2 Упорядочивание объектов и теория предпочтений	10
1.2.1 Введение.....	10
1.2.2 Постановка задачи.....	11
1.2.3 Критерии качества.....	16
1.2.4 Метод парных сравнений (беспризнаковые методы).....	17
1.2.5 Выявление предпочтений (preference elicitation) для объектов, описываемых признаками	19
1.2.6 Знаковые представления изображений	21
1.3 Метод реконструкции предпочтений по знаковым представлениям	22
1.3.1 Общее описание метода.....	22
1.3.2 Репозиторий базисов.....	27
1.3.3 Репозиторий методов классификации	28
1.3.4 Особенности использования и обучения классификаторов в задаче реконструкции функции полезности и предпочтения.....	29
1.4 Экспериментальные исследования метода реконструкции предпочтений	31
1.4.1 Исследование эффективности реконструкции предпочтений на модельных данных	31
1.4.2 Исследование эффективности реконструкции предпочтений на примере реконструкции цифрового изображения по его разреженному знаковому представлению.....	34
1.5 Результаты первого раздела	36
2 Распознавание образов. Методы классификации	37
2.1 Формальная постановка задачи распознавания образов ...	37

2.2 Математические подходы к построению систем распознавания	38
2.3 Оценка качества классификации на практике. Кросс-валидация.....	42
2.3.1 Показатели качества классификаторов	42
2.3.2 Кросс-валидация и скользящий контроль.....	45
2.3.3 Выбор модели классификатора.....	48
2.4 Обобщающая способность методов распознавания.....	50
2.5 Результаты второго раздела.....	55
3 Статистические методы классификации.....	57
3.1 Качество классификатора	57
3.2 Оптимальные стратегии классификации.....	59
3.2.1 Классификатор Байеса	59
3.2.2 Минимаксный классификатор	61
3.2.3 Классификатор Неймана-Пирсона.....	62
3.3 Классификаторы, основанные на параметрических и непараметрических оценках плотности вероятности	63
3.3.1 Параметрические методы оценки плотности вероятности	65
3.3.2 Непараметрические методы оценки плотности вероятности	68
3.4 Результаты третьего раздела	76
4 Последовательные методы классификации.....	77
4.1 Основные понятия последовательного анализа	77
4.2 Последовательный критерий отношения вероятностей Вальда	78
4.3 Модифицированный последовательный критерий отношения вероятностей	81
4.3.1 Постановка задачи модифицированного п.к.о.в.....	82
4.3.2 Важный частный случай.....	83
4.3.3 Среднее число наблюдений и вероятности ошибочной классификации в модифицированном п.к.о.в.....	83
4.3.4 Связь п.к.о.в. и модифицированного п.к.о.в.....	84

4.3.5 Выводы для п.к.о.в.	84
4.4 Обобщенные п.к.о.в. для случая более двух классов.....	85
4.4.1 Обобщенный п.к.о.в.	85
4.4.2 Обобщенный модифицированный п.к.о.в.....	86
4.5 Байесовская последовательная решающая процедура.....	87
4.5.1 Постановка задачи.....	87
4.5.2 Обратная процедура конечного последовательного распознавания.....	90
4.6 Результаты четвертого раздела	94
5 Алгебраические методы распознавания	95
5.1 Класс алгоритмов вычисления оценок	95
5.2 Алгебраическая теория алгоритмов распознавания.....	104
5.2.1 Постановка задачи и основные определения.....	105
5.2.2. Алгебра над множеством распознающих операторов и некорректных алгоритмов.....	111
5.3 Результаты пятого раздела	113
6 Методы совместной классификации	115
6.1 Совместная классификация и основные стратегии.....	115
6.2. Параллельная схема совместной классификации с минимальной информацией о решениях экспертов	119
6.2.1 Формальная постановка задачи	120
6.2.2 Байесовская процедура совместной классификации.....	120
6.2.3 Совместная классификация при независимых экспертах	123
6.3 Двухэтапная последовательная процедура совместной классификации.....	128
6.3.1 Структура двухэтапной последовательной процедуры совместной классификации	128
6.3.2 Параметрическая оптимизация двухэтапной последовательной процедуры совместной классификации.....	132
6.3.3 Результаты экспериментальных исследований	140

6.4 Бустинг как метод построения алгоритма совместной классификации	144
6.4.1 Постановка задачи.....	144
6.4.2 Алгоритм AdaBoost.....	145
6.5 Способы обучения алгоритмов композиции	149
6.6 Результаты шестого раздела.....	150
7 Обучение с подкреплением.....	153
7.1 Постановка задачи.....	153
7.2 Метод Q-learning и его модификации.....	158
7.2.1 Метод Q-learning	158
7.2.2 Модификация метода: DQN	162
7.2.3 Двойное Q-обучение	163
7.2.4 TD-обучение	164
7.3 Алгоритм REINFORCE.....	165
7.4 Метод Actor-Critic	169
7.4.1 Обоснование использования опорного значения	170
7.4.2 Алгоритм Q-Actor-Critic	172
7.4.3 Алгоритм Advantage Actor-Critic (A2C).....	173
7.4.4 Алгоритм Asynchronous Advantage Actor-Critic (A3C).....	175
7.5 Результаты седьмого раздела	175
8 Искусственные нейронные сети. Краткое введение.....	177
8.1 Стандартный формальный нейрон	177
8.2 Архитектуры ИНС.....	179
8.3 Обучения ИНС. Алгоритм обратного распространения ошибки.....	182
8.4 Результаты восьмого раздела	184
Заключение	185
Библиографический список	186