

人工智能应用丛书

全国高等院校人工智能系列“十三五”规划教材

人工智能

导论

RENGONG ZHINENG DAOLUN

徐洁磐 编著

中国铁道出版社有限公司
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE CO., LTD.

人工智能应用丛书

全国高等院校人工智能系列“十三五”规划教材

人工智能 导论

RENGONG ZHINENG DAOLUN

徐洁磐 编著

中国铁道出版社有限公司
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE CO., LTD.

内 容 简 介

本书由四篇共 17 章组成。第一篇是基础理论篇,共九章(第 1~9 章),从整体角度介绍人工智能的基本概念与基础理论。第二篇是应用技术篇,共四章(第 10~13 章),介绍人工智能基础理论与相关分支领域相融合所产生的新技术。第三篇是应用篇,共三章(第 14~16 章),介绍智能产品的开发及目前广为流行的四种应用实例。第四篇是展望篇,共一章(第 17 章),对人工智能学科今后发展提出建议和看法。

在本书的编写中坚持三项原则:教材的现代性,即新的技术路线与新的体系,并形成新一代人工智能技术;教材的应用性,即更加关注人工智能与其他学科、领域的融合,将人工智能应用到多个行业中去;教材的引导性,即坚持教材的入门与引导作用。本书的出版,在一定程度上填补了新一代人工智能教材的空白。

本书适合作为人工智能、计算机类专业及相关专业“人工智能”课程教材及培训教材,也可作为人工智能应用、开发人员的基础读物。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能导论/徐洁磐编著. —北京:中国铁道出版社有限公司,2019.7

(人工智能应用丛书)

全国高等院校人工智能系列“十三五”规划教材

ISBN 978-7-113-25870-2

I. ①人… II. ①徐… III. ①人工智能-高等学校-教材
IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 133735 号

书 名: 人工智能导论
作 者: 徐洁磐

策 划: 周海燕
责任编辑: 周海燕 卢 笛
封面设计: 穆 丽
责任校对: 张玉华
责任印制: 郭向伟

编辑部电话: (010) 63589185 转 2019

出版发行: 中国铁道出版社有限公司 (100054, 北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.tdpress.com/51eds/>

印 刷: 三河市航远印刷有限公司

版 次: 2019 年 7 月第 1 版 2019 年 7 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张: 17 字数: 356 千

书 号: ISBN 978-7-113-25870-2

定 价: 49.80 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836
打击盗版举报电话:(010) 51873659



徐洁磐：南京大学计算机科学与技术系教授，主要研究人工智能与数据库技术。曾任中国人工智能学会理事，中国人工智能学会离散智能专委会主任，中国计算机学会计算机理论专业委员会副主任，数据库专委会委员。所撰写学术专著有《知识库系统导论》、《数据仓库与智能决策支持系统》，所编教材有：《离散数学导论》、《数据库系统教程》。

本书特色

现代性：具有新一代人工智能的特色。

应用性：将理论与实际融合，能应用于众多领域与行业。

引导性：是引领读者进入人工智能学科的基础性读物。



编委会

主任:

何新贵(北京大学教授、博导,中国工程院院士)

副主任:

蔡庆生(中国科技大学计算机科学与技术系教授、博导,中国人工智能学会会士,曾任中国人工智能学会常务理事、中国人工智能学会机器学习专委会主任)

徐洁磐(南京大学教授、博导,原中国人工智能学会理事、中国人工智能学会离散智能专委会主任、中国计算机学会计算机理论专委会副主任)

贲可荣(海军工程大学电子工程学院教授、博导,中国计算机学会理论计算机科学专委会副主任)

编委:(按姓氏笔画排序)

马楠(北京联合大学教授、机器人学院副院长,中国人工智能学会智能交互专委会副秘书长)

马慧民(上海大数据联盟常务副秘书长,经济学博士)

王江锋(北京交通大学交通运输学院教授、博导,交通工程系副主任)

王献昌(吉林大学计算机学院教授、博导,成都凯斯人工智能研究院院长,千人计划特聘专家)

朱频频(小i机器人创始人、首席执行官,中国人工智能学会理事,中国语音产业联盟副理事长,上海机器人协会副会长)

邵志清(中国致公党上海市委员会专职副主任委员,原上海市经济和信息化委员会副主任、华东理工大学信息科学与工程学院院长)

周芸(上海擎云物联网有限公司董事长、创始人)

杨露菁(海军工程大学教授)

娄岩(中国医科大学计算机教研室主任、教授,高等学校智能医学教产学研联盟理事长)

徐龙章(上海信息化发展研究协会常务副会长,上海首席信息官联盟秘书长)

顾进广(武汉科技大学计算机科学与技术学院教授、博导,武汉科技大学大数据科学与工程研究院副院长)

谢能付(中国农业科学院农业信息研究所副研究员)

黄智生(荷兰阿姆斯特丹自由大学人工智能系终身教授,武汉科技大学大数据研究院副院长)

序 言

自 2016 年 AlphaGo 问世以来,全球掀起了人工智能的高潮,人工智能学科也进入第三次发展时期。由于它的先进性与应用性,人工智能在我国也迅速发展,党和政府高度重视,2017 年 10 月 24 日习近平总书记在中国共产党第十九次全国代表大会报告中明确提出要发展人工智能产业与应用。此后,多次对发展人工智能做出重要指示。人工智能已列入我国战略性发展学科中,并在众多学科发展中起到“头雁”的作用。

人工智能作为科技领域最具代表性的应用技术,在我国已取得了重大的进展,在人脸识别、自动驾驶汽车、机器翻译、智能机器人、智能客服等多个应用领域取得突破性进展,这标志着新的人工智能时代已经来临。

由于人工智能应用是人工智能生存与发展的根本,习近平总书记指出:人工智能必须“以产业应用为目标”,其方法是:“要促进人工智能和实体经济深度融合”及“跨界融合”等。这说明应用在人工智能发展中的重要性。

为了响应党和政府的号召,为发展新兴产业,同时满足读者对人工智能及其应用的认识需要,中国铁道出版社有限公司组织并推出以介绍人工智能应用为主的“人工智能应用丛书”。本丛书以应用为驱动,应用带动理论,反映最新发展趋势作为主要编写方针。本丛书大胆创新、力求务实,在内容编排上努力将理论与实践相结合,尽可能反映人工智能领域的最新发展;在内容表达上力求由浅入深、通俗易懂;在内容和形式体例上力求科学、合理、严密和完整,具有较强的系统性和实用性。

“人工智能应用丛书”自问世至今已一年有余,已编辑出版 6 本著作,预计到 2019 年底将出版 12 本相关应用性著作。

2019 年是关键性的一年,随着人工智能研究、产业与应用发展迅速,人工智能人才培养已迫在眉睫,一批新的人工智能专业已经上马,教育部已于 2018 年批准 35 所高校开设工智能专业,同时有 78 个与人工智能应用相关的智能机器人专业,以及 128 个智能医学、智能交通等跨界融合型应用专业也相继招生,预计到 2019 年年底将会有超过 200 所高校投入人工智能专业建设中。

面对这种形势,在设立专业的同时,迫切需要继续深入探讨相关的课程设置,教材编写也成当务之急,因此中国铁道出版社有限公司在原有应用丛书基础上,又策划组织了“全国高等院校人工智能系列‘十三五’规划教材”,以组织编写人工智能应用型专业教材为主。

这两套丛书均以“人工智能应用”为目标,采用两块牌子一个班子方式,建立统一的“丛书编委会”,即两套丛书一个编委会。

这两套丛书适合人工智能产品开发和应用人员阅读,也可作为高等院校计算机专业、人工智能相关专业的课程教材及教学参考材料,还可供对人工智能领域感兴趣的读者阅读。

丛书在出版过程中得到了人工智能领域、计算机领域很多专家的支持和指导,特别是得到何新贵院士的指导与帮助,丛书的组织编写不但是全体作者的共同努力,同时也得到了广大读者的支持,在此一并致谢。

人工智能是一个日新月异、不断发展的领域,许多理论与应用问题尚在探索和研究之中,观点的不同、体系的差异在所难免,如有不当之处,恳请专家及读者批评指正。

“人工智能应用丛书”编委会
“全国高等院校人工智能系列‘十三五’规划教材”编委会
2019 年 7 月



前 言

伴随着 AlphaGo 的出现,人工智能得到了空前的关注。特别是在大数据、“互联网+”等技术驱动之下,人工智能已成为推动新一轮产业和科技革新的动力,占据着国家战略制高点的地位。目前人工智能已列入我国战略性发展学科中,并在众多学科发展中起到了“头雁”的作用。

从另一个角度看,如果要评选当前最为热门的学科,人工智能肯定榜上有名。国内众多知名高校纷纷开设人工智能专业,预计 2019 年还会有更多学校投入人工智能专业建设中,一个人工智能研究、开发、应用及人工智能人才培养的百花齐放局面正在形成。

面对这种形势,迫切需要编写适应当前发展要求的人工智能基础性读物,它可以作为人工智能人才培养的基础性教材,也可作为人工智能研究、开发、应用人员从事实际工作的辅导性读物。这种读物就是《人工智能导论》。

为编好教材,我们在编写中坚持以下三项原则。

1. 教材的现代性

实际上从目前市场上看,有关人工智能导论、人工智能原理之类的教材还是很多的,但仔细探究就会发现,适应当前人工智能发展需求的教材并不多。现在人工智能已进入第三个发展时期,并形成“新一代人工智能”,这个时期人工智能的技术发展特点体现在以下两方面。

(1) 新的技术路线

新一代人工智能的技术路线包含:

- 新的技术内容

以深度学习(特别是其中的卷积神经网络)为代表的机器学习方法;以知识图谱为知识表示(特别是由它所组成的知识库)的现代推理方法是当前人工智能技术发展新的特色。

- 新的数据平台

以大数据技术作为发展人工智能新的数据平台,以支撑深度学习与现代推理方法的发展。

● 新的计算平台

以超级计算机、5G 通信、互联网、物联网、云计算、移动终端、人工智能芯片、传感技术以及多种人工智能专用软件工具等所组成的高性能计算平台。

(2) 新的体系

新一代人工智能正在成为一门独立、完整的一级学科,这需要一种新的体系,它应是有别于传统的、老的体系,能适应人工智能最新发展的体系。

凡符合以上两个特色的教材可称为“新一代人工智能教材”。可喜的是这种教材已在我国出现,但可惜的是还比较少。本书正是向此目标努力的新一代人工智能教材。

2. 教材的应用性

从人工智能发展的经验与教训看,应用的受限一直是人工智能发展的瓶颈,每当人工智能应用受到阻碍时就出现了人工智能发展的低潮,要保持人工智能的发展必须不断开拓应用,与多种领域、行业实现“跨界融合”发展,特别是与“实体经济融合”发展。同时通过应用倒逼人工智能理论的发展,并为其发展指明方向与目标。

特别需要知道的是,正是由于人工智能在经济发展及社会发展中的重大应用性,才使人工智能学科上升成为国家级战略层次学科。

本书必须体现人工智能应用性,它表示书中的内容除了全面介绍人工智能内容外,更加要关注于人工智能与其他学科、领域的融合,将人工智能广泛应用到多个行业与领域中去,同时还要更加关注将人工智能与计算机相结合,开发出更多的产品来。这也是本书所努力追求的另一个目标。

3. 教材的引导性

人工智能导论是人工智能的基础性读物,它具有“入门性”与“引导性”作用。由于人工智能是一门学科,其内容涉及从理论、开发到应用,从上游、中游到下游等多方面,但它不是一本百科全书,在编写中坚持其“引导性”与“入门性”原则,具体体现为:

(1) 从整体角度对人工智能学科有一个完整、系统的介绍,使读者对此学科有一个全面、整体、系统的了解与认识。

(2) 对人工智能学科中的整个体系、基础概念、基本理论、主要方法、融合思路、开发原则以及应用实例等做全面介绍,但在介绍中并不着重于细节化描述而注重于概念性与关联性。

(3) 在全面介绍的基础上,重点突出:突出介绍那些具有整体性、基础性的内容;突

出介绍那些具有新一代技术发展特点的内容;突出介绍内容之间的关联性以及突出介绍那些有开发、应用价值的内容。

根据以上三个编写原则,本书的内容由四篇共 17 章组成。

第一篇是基础理论篇,共九章(第 1~9 章)。该篇从整体角度介绍人工智能的基本概念与基础理论。

第二篇是应用技术篇,共四章(第 10~13 章)。该篇介绍人工智能基础理论与相关分支领域融合所产生的新技术,在人工智能直接应用中有重要理论指导作用的技术。它们分别模拟人类视觉、听觉、语言等能力以及包括大脑、五官、四肢等器官综合处理能力。

第三篇是应用篇,共三章(第 14~16 章)。该篇介绍智能产品的开发及目前广为流行的四种应用实例。

第四篇是展望篇,共一章(第 17 章),对人工智能学科今后的发展提出建议与看法。

本书突出新技术、新体系及新应用,适合作为人工智能、计算机类专业及相关专业“人工智能”课程教材及培训教材,也可作为人工智能应用、开发人员的基础读物。

本书由徐洁磐编著,由南京大学陈世福教授审稿。本书还得到南京大学计算机软件新技术国家重点实验室的支持,在此特表示感谢。同时为简化阅读,凡书中标有“★”标志的内容为选学内容。

由于作者水平所限,不足之处望读者不吝赐教,联系方式: xujiepan@nju.edu.cn。

徐洁磐

于南京大学计算机科学与技术系

南京大学计算机软件新技术国家重点实验室

2019 年 5 月



目 录

第一篇 基础理论篇

第1章	总论	2
1.1	人工智能发展历史	2
1.2	人工智能概念介绍	7
1.3	人工智能发展三大学派	10
1.4	人工智能的学科体系	11
	小结	16
	习题1	17
第2章	知识及知识表示	18
2.1	概述	18
2.2	产生式表示法	20
2.3	状态空间表示法	23
2.4	谓词逻辑表示法	26
2.5	知识图谱表示法	32
	小结	35
	习题2	36
第3章	知识组织与管理——知识库介绍	37
3.1	知识库概述	37
3.2	知识库发展历史	40
3.3	典型知识库系统介绍	41
	小结	48
	习题3	50
第4章	知识获取之搜索策略方法	51
4.1	概述	51
4.2	盲目搜索	52
4.3	启发式搜索	53
4.4	博弈树的启发式搜索	56
	小结	59
	习题4	59

第5章	知识获取之推理方法	60
5.1	知识推理基本理论	60
5.2	谓词逻辑自然推理	61
5.3	谓词逻辑的自动定理证明	65
5.4	知识推理方法之评价	73
	小结	74
	习题5	74
第6章	知识获取之机器学习方法	76
6.1	机器学习概述	76
6.2	人工神经网络	79
6.3	决策树	86
6.4	贝叶斯方法	92
6.5	支持向量机方法	95
6.6	关联规则方法	97
6.7	聚类方法	103
6.8	迁移学习	106
6.9	强化学习方法	108
	小结	109
	习题6	110
第7章	深度学习与卷积神经网络	111
7.1	浅层学习与深度学习	111
7.2	深度学习概述	112
7.3	卷积神经网络	114
	小结	121
	习题7	123
第8章	知识获取之知识图谱方法	124
8.1	知识图谱中的知识获取概述	124
8.2	知识图谱中的知识获取方法	124
8.3	著名的知识图谱介绍	127
8.4	知识图谱中的知识存储	129
8.5	知识图谱的应用	130
	小结	130
	习题8	131
第9章	知识获取之 Agent 方法	133
9.1	Agent 介绍	133

9.2 多 Agent	137
9.3 移动 Agent	139
9.4 智能 Agent	140
小结	141
习题 9	142

第二篇 应用技术篇

第 10 章 知识工程与专家系统

10.1 知识工程与专家系统概述	144
10.2 专家系统组成	146
10.3 专家系统分类	148
10.4 专家系统开发	148
10.5 传统专家系统与新一代专家系统	151
小结	152
习题 10	153

第 11 章 计算机视觉

11.1 计算机视觉概述	155
11.2 计算机视觉中的图像分析和理解	158
11.3 计算机视觉应用	160
小结	163
习题 11	165

第 12 章 自然语言处理

12.1 自然语言处理之自然语言理解	167
12.2 自然语言处理之自然语言生成	173
12.3 语音处理	174
12.4 自然语言处理应用实例	181
小结	183
习题 12	185

第 13 章 机器人

13.1 机器人概述	187
13.2 机器人组织结构	190
13.3 机器人工作原理	191
13.4 机器人的应用	192
小结	196
习题 13	198

第三篇 应用篇

第 14 章	大数据技术	201
14.1	大数据技术概述	201
14.2	大数据基础平台	204
14.3	大数据软件平台—Hadoop	204
14.4	大数据管理系统标准 NoSQL	207
14.5	大数据计算	208
14.6	大数据用户接口与可视化	212
	小结	212
	习题 14	214
第 15 章	人工智能应用系统开发	216
15.1	概述	216
15.2	人工智能应用开发的三大要素	217
15.3	人工智能应用开发系统结构	220
15.4	人工智能应用系统开发流程	223
15.5	人工智能应用的三种典型方法	225
	小结	226
	习题 15	227
第 16 章	人工智能的应用系统	228
16.1	自动驾驶与车联网	228
16.2	人脸识别	234
16.3	机器翻译	239
16.4	智能医学图像处理	242
	小结	247
	习题 16	249

第四篇 展望篇

第 17 章	人工智能发展展望	252
17.1	人工智能学科发展	252
17.2	人工智能所引发的社会问题及其解决	254
	小结	257
	习题 17	258
参考文献		259

第一篇

基础理论篇

本篇介绍人工智能的基础理论。人工智能是一门学科,每门学科都有其独立的基础理论体系,人工智能学科也是如此。

人工智能的基础理论分两个层次:

第一层次:人工智能的基本概念、研究对象、研究方法及学科体系。

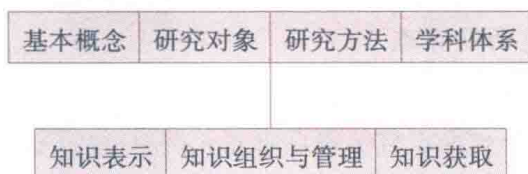
在此层次中介绍有关人工智能的定义、发展历史等人工智能的基本概念。同时,介绍人工智能的研究对象,即知识。此外,介绍人工智能的研究方法,即符号主义、连接主义、行为主义等三大主义。最后介绍人工智能的学科体系。

第二层次:基于知识的研究。

由于人工智能的研究对象,在基本概念引导下,按人工智能的学科体系,用三大主义的方法研究知识,其内容包括:

- 知识表示。
- 知识组织与管理。
- 知识获取。

以下给出了人工智能的基础理论两个层次结构示意图。



人工智能的基础理论两个层次结构示意图

本篇共9章,第1章总论,介绍人工智能基础理论中第一层次主要内容。第2章知识及知识表示,介绍第一层次中的知识及第二层次中的知识表示。第3章知识组织与管理——知识库介绍,介绍第二层次中的知识组织与管理中的知识库。第4~9章共六章,分别介绍六种知识获取方法,即第4章的知识获取之搜索策略方法,第5章的知识获取之推理方法,第6章的知识获取之机器学习方法,第7章的深度学习与卷积神经网络,第8章的知识获取之知识图谱方法,第9章的知识获取之 Agent 方法。

第 1 章

总 论

2016年3月,AlphaGo在人机围棋冠军赛中与国际围棋大师李世石的5场比赛中赢得了4场,开创了历史上第一个由计算机击败国际围棋大师的先例。接着在2017年AlphaGo又战胜了围棋大师柯洁,这使它连续两年保持世界排名第一。这一辉煌的胜利,震惊全球,“人工智能”这一深踞科学殿堂、高深莫测的学科终于在短短一年之内露出它的真正面目,为全球人们所知。目前,它已成为高新技术的代名词、黑衣科技的代表。习近平总书记在党的十九大报告中及此后多次对发展人工智能做出重要指示。目前人工智能已列入我国战略性发展学科中,并在众多学科发展中起到了“头雁”的作用。

实际上,人工智能作为一门学科已不是一门新学科了,它已经走过六十余年历史,已是一门完整、系统的学科。本书将全面介绍人工智能的基础理论、应用技术、开发方法及应用领域。

本章是全书的总纲,它将对人工智能发展历史、人工智能定义、人工智能研究方法 & 人工智能学科体系等作概要性介绍。为读者了解人工智能奠定宏观基础。

1.1 人工智能发展历史

人工智能的发展已经历了三个发展时期,此外,还有人工智能出现前的萌芽阶段。

1. 人工智能出现前的萌芽期

有关人工智能最原始的研究,从古希腊时期就开始了。其代表性人物是当时的哲学家亚里士多德(Aristotle),他以哲学观点研究人类思维形式化的规律,并形成了一门新的学科——形式逻辑。20世纪初,数学家怀特海(Whitehead)与罗素(Russell)在其名著《数学原理》中用数学方法将形式逻辑符号化,亦即用数学中的符号方式研究人类思维形式化规律,这就是数理逻辑(Mathmatic Logic),又称符号逻辑(Symbol Logic)。形式逻辑与数理逻辑的出现为人工智能奠定了理论基础。

对人工智能的后续密集研究,出现在20世纪40年代直至20世纪50年代初,形成了人工智能的萌芽期。

那个时期,有一批来自不同行业、不同领域的专家从其自身专业出发,从不同角度对人工智能提出了不同的理解、认识与方案,具代表性的有:

1943年,心理学家麦克洛奇(MaCaulloch)和逻辑学家皮兹(Ptts)首创仿生学思想,并提出了首个人工神经网络模型——MP模型,为连接主义学派的创立打下了基础。

1948年,维纳(Wiener,见图1.1)首次提出控制论概念,为人工智能行为主义学派提供了理论基础。

1948年,香农(Shannon,见图1.2)发表《通信的数学理论》,在此文中他将数学理论引入数字电路通信中,通过纠错码的方法,有效解决了信息传输中的误码率问题。这标志着信息论的正式诞生。



图1.1 控制论创始人维纳(Wiener) 图1.2 信息论创始人香农(Shannon)

1950年,图灵(Turing,见图1.3)在《思想》(*Mind*)杂志上发表了一篇《计算的机器和智能》的论文。在论文中,提出了著名的图灵测试,首次为人工智能的概念作出了最为基础性的解释。图灵测试是指:让一台机器A和一个人B坐在幕后,让一个裁判C同时与幕后的人和机器进行交流,如果这个裁判无法判断自己交流的对象是人还是机器,就说明这台机器有了和人同等的智能。图1.4所示是图灵测试示意图。

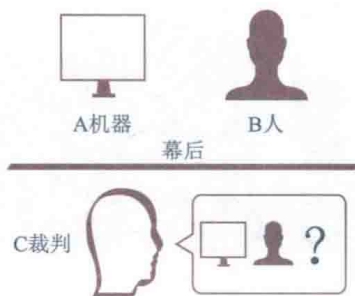


图1.3 图灵(Turing)

图1.4 图灵测试示意图

1945年第一台计算机问世,1950年非数值计算出现,均为人工智能的应用发展提供了基本性的保证。借助于计算机的能力,人工智能应用如雨后春笋,破土而出。

1951年,多个数学家在计算机上利用数理逻辑方法自动编排民航时刻表与列车运行时刻表。它标志着计算机的智能应用已经来临,并表明了符号主义的作用已经显