



人工智能专业教材丛书  
国家新闻出版改革发展项目库入库项目  
高等院校信息类新专业规划教材

# 人工智能 程序设计实践

ARTIFICIAL INTELLIGENCE PROGRAMMING PRACTICE

刘瑞芳 孙 勇◎编著



北京邮电大学出版社  
[www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)



人工智能专业教材丛书  
国家新闻出版改革发展项目库入库项目  
高等院校信息类新专业规划教材

# 人工智能程序设计实践

刘瑞芳 孙 勇 编著



北京邮电大学出版社  
[www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)

## 内 容 简 介

目前,人工智能技术的发展以机器学习、深度学习技术为主,它能够解决一些传统人工程序无法实现的效果。“人工智能+”更是被寄希望于把人工智能技术应用到各行各业之中。本书不仅包含了机器学习、深度学习的算法,还侧重于人工智能应用软件的开发。书中针对人工智能相关技术和应用设计了项目式教学案例,每章从不同侧面讲述了人工智能应用项目的设计和开发,并把需要的数据处理、机器学习模型训练和推理作为补充知识,以便于读者开展实践实验。

本书可作为高等院校人工智能相关专业的本科生或研究生课程教材,其中涉及的人工智能技术和项目开发技术也可供其他专业教学参考,同时也可供相关领域的工程技术人员阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

人工智能程序设计实践 / 刘瑞芳, 孙勇编著. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2022. 7

ISBN 978-7-5635-6655-6

I. ①人… II. ①刘… ②孙… III. ①人工智能—程序设计 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 097765 号

策划编辑: 姚 顺 刘纳新 责任编辑: 姚 顺 封面设计: 七星博纳

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 15.5

字 数: 403 千字

版 次: 2022 年 7 月第 1 版

印 次: 2022 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-6655-6

定价: 46.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·



人工智能专业教学交流群  
(仅限教师使用)

策划编辑：姚 顺 刘纳新  
责任编辑：姚 顺  
封面设计：七星博纳  
投稿邮箱：yaoshun@bupt.edu.cn

# 人工智能专业教材丛书

## 编委会

总主编：郭 军

副总主编：杨 洁 苏 菲 刘 亮

编 委：张 闯 邓伟洪 尹建芹 李树荣

杨 阳 朱孔林 张 斌 刘瑞芳

周修庄 陈 斌 蔡 宁 徐蔚然

肖 波 赵志诚

总策划：姚 顺

秘书长：刘纳新

“人工智能+”现已成为推动社会生产力发展的重要因素之一。人工智能技术的进步以及在各行各业应用的蓬勃发展,也对高等教育的复合型和创新型人才的培养提出了更多需求,所以应用程序设计和软件开发的的教学则需要紧跟时代的步伐。

目前的人工智能实践类教材,较侧重人工智能算法,缺乏人工智能应用和程序设计方面的内容,而程序设计实践类教材更没有对人工智能应用的需求和技术进行讲解。本教材以智能科技为特色,针对初学者有提高程序设计能力的需求,但又没有参与实际科研项目的经验,精心设计了适用于教学的人工智能应用项目案例,让读者在“做中学”,让他们尽快接触到最新技术,以期培养他们成为未来卓越的工程师。

人工智能技术的应用涉及的知识面很宽,本教材以项目案例的形式进行讲解。每个项目案例,按照软件工程从需求到实现,按照机器学习从经典问题到模型训练及推理,以解决问题为导向,不限编程语言,不限开发环境,有应用目标,有代码实现,并帮助读者能够达到举一反三的效果。

第1章为绪论,介绍了程序设计的基本概念和应用软件的开发过程,第1章以后的各章分别介绍了一种人工智能应用的项目案例,它们各自的侧重点以及分别采用的开发技术如表一和表二所示。

表一 每章在人工智能应用开发阶段的侧重点

章名	数据	模型	开发	部署
第2章自由复述生成系统	* * * *	* * * *	* *	*
第3章基于大数据的电影推荐	* * *	* * * *	* * *	* * *
第4章旋律的自动伴奏生成	* * *	* * *	* * * *	* * *
第5章抬头率检测系统	* *	* * *	* * * *	* *
第6章智能音乐播放系统	* *	* * * *	* * *	* * *
第7章智能证件照生成系统	* * *	* * *	* * * *	* * *
第8章基于知识图谱的医药问答系统	* * * *	* * * *	* * *	* * *
第9章基于 ModelArts 的命名实体识别	* *	* * *	* * *	* * * * *
第10章金融事件因果关系抽取	* * * *	* * * *	* *	*

表二 每章选用的软件开发技术

章名	模型	架构	开发环境	类型
第2章自由复述生成系统	RNN	单机版	PyCharm 或 Spyder	深度学习、文本
第3章基于大数据的电影推荐	矩阵分解	单机版	PyCharm 或 Spyder	Spark、数据
第4章旋律的自动伴奏生成	HMM	移动应用	PyCharm、Eclipse、AndroidStudio	机器学习、音乐
第5章抬头率检测系统	MTCNN	C/S	PyCharm、MySQL	深度学习、图像
第6章智能音乐播放系统	CNN	C/S	PyQt5	深度学习、音乐
第7章智能证件照生成系统	U2Net	C/S	PyQt5、Flask	深度学习、图像
第8章基于知识图谱的医药问答系统	AC 自动机	B/S	Neo4j、Flask、Vue	机器学习、知识图谱
第9章基于 ModelArts 的命名实体识别	BiLSTM+CRF	云计算	PyCharm、ModelArts	深度学习、文本
第10章金融事件因果关系抽取	BERT+CRF	单机版	PyCharm 或 Spyder	深度学习、文本

作者已经主编并出版了两版《程序设计实践》教材，均采用项目案例式教学，尽可能帮助读者在 IT 技术快速演进的过程中，能够以解决问题为导向，构建起自己的知识体系，相关课程在中国大学 MOOC 已开设。我们还希望本书以人工智能应用为案例，以学习程序设计和软件开发为目标，以动手实践为手段，以此来引导读者学习人工智能应用程序设计，帮助读者较早具有人工智能科研项目和应用项目的开发能力。

感谢以下研究生对案例项目实现的帮助和建议：宋勃宁、刘欣瑜、易芃尧、张茜铭、曾泽荣、孙铭洋、候宇航、史一栋、赵刚、陈燕怡、王树森、孙冀蒙、刘璐、张丽文、向万、蔡栋琪、李彦霖、张瑜、涂培艺、赵行越、鲁懿德、梁宪臣。

本书配备了电子资源和课件，以问题导向的项目式教学法提供了程序源码供读者参考，大家可以通过扫描书中的二维码下载学习。

书中不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正，可直接将意见发送至 [lrf@bupt.edu.cn](mailto:lrf@bupt.edu.cn)，作者将不胜感激。

作者

第 1 章 绪论	1
1.1 程序设计	1
1.2 人工智能应用	4
1.2.1 人工智能	4
1.2.2 大数据	6
1.2.3 机器学习	10
1.2.4 深度学习	12
1.2.5 云计算	18
1.3 人机交互	20
1.3.1 控制台应用程序	20
1.3.2 图形用户接口	21
1.3.3 C/S 图形用户接口	22
1.3.4 B/S 图形用户接口	23
1.3.5 移动端应用	26
1.3.6 嵌入式系统	28
1.3.7 智能交互	28
第 2 章 自由复述生成系统	29
2.1 项目分析和设计	29
2.1.1 需求分析	29
2.1.2 可行性分析	30
2.1.3 “自由”的定义	31
2.1.4 系统设计	31
2.2 基础知识补充	32
2.2.1 循环神经网络	32
2.2.2 门控循环神经网络	33
2.2.3 编码器-解码器框架	35
2.2.4 推理策略	36
2.2.5 注意力机制及 Transformer 模型	37

2.2.6 多样化生成方法	39
2.3 数据分析和处理	39
2.4 项目实施	44
2.4.1 项目平台	44
2.4.2 模型结构	44
2.4.3 训练方法	49
2.4.4 推理方法	54
2.5 性能分析	57
2.5.1 复述评价方法	57
2.5.2 实验结果	59
<b>第3章 基于大数据的电影推荐</b>	<b>60</b>
3.1 项目分析和设计	61
3.1.1 需求分析	61
3.1.2 总体设计	63
3.2 大数据基础	64
3.2.1 大数据应用	64
3.2.2 大数据并行处理平台	67
3.3 推荐算法基础	71
3.4 项目的 Python 语言实现	77
3.5 项目的 Spark 平台实现	81
<b>第4章 旋律的自动伴奏生成</b>	<b>84</b>
4.1 项目分析和设计	84
4.1.1 需求分析	84
4.1.2 系统设计	85
4.2 基础知识补充	86
4.2.1 音乐基础	86
4.2.2 隐马尔可夫模型和维特比算法	89
4.2.3 网络通信	92
4.3 数据分析和处理	94
4.3.1 数据处理	94
4.3.2 数据验证	95
4.4 项目实施	96
4.4.1 项目平台	96
4.4.2 应用界面设计	96
4.4.3 旋律模块设计	97
4.4.4 服务器与接口设计	98
4.4.5 和弦模块设计	99
4.4.6 伴奏模块设计	102

4.5	性能评估和模型拓展 .....	103
<b>第5章</b>	<b>抬头率检测系统 .....</b>	<b>105</b>
5.1	项目分析和设计 .....	105
5.1.1	项目分析 .....	105
5.1.2	系统设计 .....	107
5.1.3	接口设计 .....	108
5.2	基础知识补充 .....	108
5.2.1	MySQL 数据库 .....	108
5.2.2	Tkinter .....	109
5.2.3	卷积神经网络 .....	109
5.3	数据分析和处理 .....	111
5.3.1	数据形式 .....	111
5.3.2	获取教室名称与课时名称 .....	112
5.3.3	获取图片并展示 .....	113
5.4	项目实施 .....	113
5.4.1	项目平台 .....	113
5.4.2	项目整体思路 .....	114
5.4.3	各模块实现 .....	114
5.5	人脸检测算法实现 .....	120
5.5.1	P-Net .....	120
5.5.2	R-Net .....	121
5.5.3	O-Net .....	122
5.6	性能评估和模型拓展 .....	123
5.6.1	性能评估 .....	123
5.6.2	模型拓展 .....	123
<b>第6章</b>	<b>智能音乐播放系统 .....</b>	<b>124</b>
6.1	项目分析和设计 .....	124
6.1.1	需求分析 .....	124
6.1.2	系统设计 .....	125
6.2	手势识别基础 .....	127
6.3	数据分析和处理 .....	129
6.3.1	语音识别相关数据构建 .....	129
6.3.2	PyQt5 组件与后台数据交互 .....	130
6.4	项目实施 .....	131
6.4.1	手势识别模块设计 .....	131
6.4.2	语音识别模块设计 .....	134
6.4.3	PyQt5 界面设计 .....	136
6.5	性能评估和模型拓展 .....	140

第 7 章 智能证件照生成系统	142
7.1 基础知识补充	142
7.1.1 计算机视觉	142
7.1.2 图像分割	143
7.1.3 PyQt5	144
7.1.4 Flask	147
7.1.5 HTTP 协议	148
7.2 项目分析和设计	148
7.2.1 需求分析	148
7.2.2 系统设计	149
7.3 数据分析	152
7.4 项目实施	153
7.4.1 项目平台	153
7.4.2 图像分割模型实现	153
7.4.3 数据载入模块	155
7.4.4 模型测试模块	157
7.4.5 背景上色和图片尺寸调整模块	158
7.4.6 Flask 模块	160
7.4.7 PyQt5 前端交互模块	162
7.5 项目总结	166
第 8 章 基于知识图谱的医药问答系统	167
8.1 项目分析和设计	167
8.1.1 需求分析	167
8.1.2 系统设计	168
8.2 基础知识补充	169
8.2.1 SQL 语句	169
8.2.2 Neo4j	170
8.2.3 知识图谱	170
8.2.4 问答系统	171
8.2.5 AC 自动机	171
8.2.6 Flask 框架和 MVC 模式	171
8.2.7 Vue	172
8.3 数据分析和处理	172
8.3.1 设计实体、关系、属性类型	172
8.3.2 读取数据	173
8.3.3 数据导入 Neo4j	177
8.4 问答系统实现	180
8.4.1 项目平台	180

8.4.2	问答模块设计 .....	180
8.4.3	交互界面设计 .....	186
8.5	性能评估和模型拓展 .....	189
<b>第 9 章</b>	<b>基于 ModelArts 的命名实体识别 .....</b>	<b>190</b>
9.1	项目分析和设计 .....	190
9.1.1	需求分析 .....	190
9.2	基础知识补充 .....	191
9.2.1	CRF .....	191
9.2.2	BiLSTM .....	192
9.2.3	ModelArts .....	192
9.3	数据处理 .....	194
9.4	算法实现 .....	198
9.5	应用部署 .....	201
9.5.1	开发环境的创建与调测 .....	201
9.5.2	云平台模型训练 .....	206
9.5.3	模型管理和部署 .....	209
9.6	应用推理 .....	215
<b>第 10 章</b>	<b>金融事件因果关系抽取 .....</b>	<b>217</b>
10.1	项目分析和设计 .....	217
10.1.1	需求分析 .....	217
10.1.2	算法接口设计 .....	218
10.2	基础知识补充 .....	218
10.2.1	词嵌入模型 .....	218
10.2.2	预训练模型 .....	219
10.2.3	因果关系抽取方法 .....	220
10.2.4	序列标注 .....	220
10.2.5	条件随机场 .....	222
10.3	数据分析和处理 .....	222
10.3.1	输入输出格式 .....	222
10.3.2	模型训练数据集 .....	224
10.4	项目实现 .....	225
10.4.1	项目平台 .....	225
10.4.2	事件抽取模型 .....	225
10.5	性能评估和模型拓展 .....	235

# 第 1 章

## 绪 论

在各种程序设计课程和教材中,一般是以一种程序设计语言为主线,让读者学习编程语言的基本知识,再学习一些程序设计的方法和编程技巧。本教材则帮助读者以学习程序设计和软件开发为目标,以人工智能应用项目为案例,以动手实践为手段来达到学习的效果。本章首先介绍基本概念和应用开发过程,并为后续各章提供技术概览。



绪论—课件

### 1.1 程序设计

中华人民共和国国家标准《质量管理体系基础和术语》(GB/T19000—2016/ISO9000:2015)第 3.4.5 条对“程序”的定义是:为进行某项活动或过程(3.4.1)所规定的途径。

“程序”并不是计算机专业的特有名词。在管理学中,程序是指规范的办事流程,是解决问题的一个顺序和过程管理的方法。在计算机中,程序被看作是一系列处理数据的过程。

任何单位任何事情,程序是能够发挥出协调高效作用的一种管理工具,为了提高办事效率,则需要进行程序设计。同样,计算机程序设计也不例外。

计算机作为一种通用计算工具,在发明之初就是为了让它能够通过执行程序来进行各种数据处理、实现计算功能。但是,计算机硬件本质上只能“听懂”机器语言,用机器语言描述的计算机程序是一组计算机能识别和执行的指令。为了便于程序设计,人们发明了各种高级程序设计语言,如 C、C++、Java、Python 等。这样,使用高级程序设计语言设计的程序,再通过编译软件“翻译”成机器语言在计算机上运行,从而成为满足人们某种需求的信息化工具。

百度百科中对“程序设计”的解释为:程序设计是给出解决特定问题程序的过程,是软件构造活动中的重要组成部分。程序设计往往以某种程序设计语言为工具,给出这种语言下的程序。程序设计过程应当包括分析、设计、编码、测试、排错等不同阶段。

软件相对于计算机硬件而言,是指一系列按照特定顺序组织的计算机数据和指令的集合,分为系统软件和应用软件。系统软件包括:操作系统、数据库、集成开发环境等;应用软件包括:办公软件、Web 浏览器、电子邮件客户端、手机 APP 等。

百度百科中对“软件开发”的解释为:软件开发是根据用户要求建造出软件系统或者系统中的软件部分的过程。软件开发是一项包括需求捕捉、需求分析、设计、实现和测试的系统工

程。软件一般是用某种程序设计语言来实现的。通常采用软件开发工具进行开发。软件分为系统软件和应用软件,并不只是包括可以在计算机上运行的程序,与这些程序相关的文件一般也被认为是软件的一部分。软件设计思路和方法的一般过程,包括设计软件的功能和实现的算法和方法,软件的总体结构设计和模块设计,编程和调试,程序联调和测试,然后进行编写再提交程序。

软件开发作为一项系统工程,百度百科中对“软件工程”的解释为:软件工程是研究和应用如何以系统性的、规范化的、可量化的过程化方法去开发和维护软件,以及如何把经过时间考验而证明正确的管理技术和当前能够得到的最好的技术方法结合起来。

软件工程研究如何以工程化方法构建和维护高质量的软件,定义了软件的生命周期,如表 1-1 所示;定义了软件的开发模式,如表 1-2 所示;定义了软件开发过程管理规范、各阶段的开发文档撰写,等等。

表 1-1 软件的生命周期与程序设计过程

软件生命周期	程序设计过程
问题定义	
可行性分析	分析
需求分析	
总体设计	设计
详细设计	
编码、调试	编码
联调、测试	测试
运行维护	

表 1-2 软件的开发模式

名称	含义
瀑布模式	一种最早的、应用最广的、支持直线型开发的过程模型
原型模式	一种原始模型,是原始的类型、形式、形状或例证的描述,是作为后期阶段的基础模型。软件的整个构造过程是一个迭代过程
增量模式	软件被作为一系列的增量构件来设计、实现、集成和测试
螺旋模式	将瀑布模式和快速原型模式结合起来,强调风险分析,将开发分为 4 个环节:制定计划、风险分析、开发实施和用户评估。开发活动围绕这 4 个环节螺旋式地重复执行,适合于大型复杂的系统
形式化方法	通过使用严格的、数学的符号体系来规约、开发和验证基于计算机的软件系统
敏捷开发	软件项目的构建被切分成多个相互联系,但也可独立运行的小项目,并分别完成,各个子项目的成果都经过测试,具备集成和可独立运行的特征。在此过程中,软件一直处于可使用状态

总之,人们使用程序设计语言进行程序设计,目的是实现特定功能的软件,绝大部分程序是指应用软件。

每当开始设计一个新的应用软件时,在对项目的需求进行分析之后,往往需要进行技术选型工作。针对目标用户、产品特性、开发团队等方面进行考量,合适的技术选型可以达到事半功倍的效果。本书针对初学者,目的还不是培养架构师,所以在这里简要介绍一些技术,读者对此有一定的了解就行。

首先,我们要考虑的是运行平台和开发平台的选择,比如操作系统、程序设计语言、集成开发环境。

目前主流的操作系统有微软的 Windows、苹果的 MacOS、基于 Linux 的系列操作系统,还有智能移动终端常用的 Android 系统、iOS 系统等。选型时,我们要先考虑用户需求,确定将来的运行平台,再考虑开发时选用什么平台。

目前主流的程序设计语言有:C 和 C++ 系列,适合开发算法和软件工程项目,计算速度快、稳定性好;Java 语言适合开发网络应用;Python 语言适合大数据处理和深度神经网络,有非常多的软件包可以直接调用;还有很多适合网站开发的前、后台语言和架构。对于各种程序设计语言,都有不少对应的集成开发环境可供选择。有一些集成开发环境,如 Eclipse、VC Code 等,它们侧重编辑功能,支持跨语言、跨平台的开发。

其次,我们需要考虑应用的架构和关键技术,比如使用客户机/服务器(Client/Server,C/S)架构,或者浏览器/服务器(Browser/Server,B/S)架构,需不需要大数据处理平台、云计算平台等,涉及的关键技术如图 1-1 所示。这些技术都有很多专门的书籍来讲解,限于篇幅,本书不会一一讲述,但是有些技术后面章节有用到,会有一些简单地讲解。这里,我们先简要介绍技术的选型问题,1.2 小节会介绍现阶段大多数人工智能应用中涉及的技术,如图 1-1 左侧所示,在 1.3 小节会从人机交互的角度介绍一些应用开发中涉及的技术,如图 1-1 右侧所示。

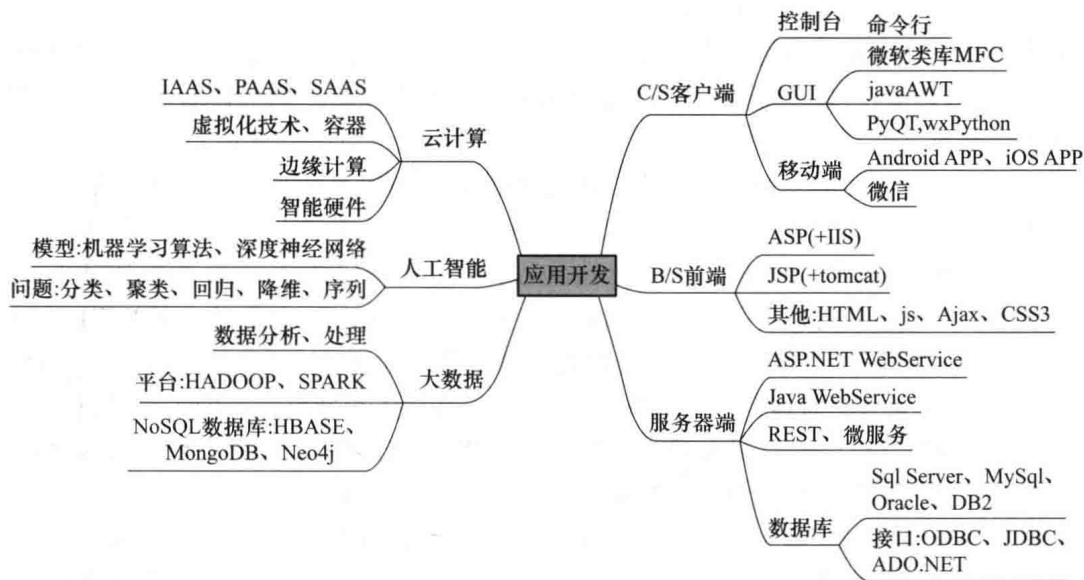


图 1-1 的彩图

最后,我们还要考虑一些以下技术:

(1) 编码规范制定。指定代码编写规则,例如,标识符命名规则,注释的规则等;为了可维护性考虑的代码安全性规则、数据库安全性规则等。

(2) 软件工程阶段制定。应用开发过程应遵循软件工程管理方法,根据应用的特点制定软件开发方法、划分阶段,制定阶段目标和阶段验收标准。

(3) 单元测试及自动化测试技术。单元测试是程序开发中一个相对复杂且很重要的环节,针对单元模块的功能进行测试,先编写测试用例,测试用例当中最主要的是测试步骤和预期结果;测试人员根据测试用例执行操作步骤,然后通过眼睛和思考判断实际结果与预期结果

是否相等。如果相等,测试通过;如果不相等,测试失败。我们可以采取一些自动化手段来辅助单元测试、接口测试。

(4) 代码管理技术。通常在项目不断的迭代更新中,代码体积会越来越大,我们需要根据具体的业务或者功能或者某些方便复用的代码去拆分成独立的模块,分别放到不同的 repository 中去进行管理,即按模块划分为多个库。这需要依赖强大的代码管理工具,如 SVN, CVS, Git 等。

(5) 设计模式。设计模式(Design Pattern)是软件开发人员在软件开发过程中需面临的一般问题的解决方案。这些解决方案是众多软件开发人员经过相当长的一段时间的试验和错误总结出来的,如 MVC 模式、MVP 模式、MVVM 模式等。

(6) 还需要考虑。数据量、吞吐率、性能、实时性、可扩展性、可维护性、可用性、可靠性等。

## 1.2 人工智能应用

### 1.2.1 人工智能

人类区别于其他动物的特征之一就是会使用工具,人类创造了很多机器来节省体力,也发明了一些工具,如滑尺、算盘等,来帮助人们进行计算以节省脑力。用机器来代替人工计算,一直是人类的梦想。

计算机是人类发明的一种通用计算工具,通过编程它可以控制机器完成复杂的工作任务,甚至可以说它能够帮助人类进行思考,它让机器向“智能”化迈进了一步。目前,什么是“智能”仍然是哲学问题,但是人工智能(Artificial Intelligence, AI)得以广泛应用,主要依赖于计算机技术的发展。人工智能可以看作是用于帮助人类思考的一种工具,它也是一项计算机程序,可以独立存在于计算中心或个人计算机里,也可以通过诸如机器人、机器臂之类的设备体现出来。所以,计算机是人工智能最基础的计算平台,也是各种人工智能应用的主要依托平台。

百度百科中对“人工智能”的解释为:它是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。

当计算机具备“记忆”和“计算”能力后,人们希望计算机能够进一步具有“思考”的能力,希望计算机:能存会算、能听会看、能理解会思考。在目前的人工智能应用中,前两项基本能做到,最后一项正在努力,这个跟应用领域目标有关。

在人工智能三起两落的发展历程中,出现了连接主义学派,他们希望通过人工神经网络模拟人脑;出现了符号主义学派,他们希望机器具有逻辑推理能力。

从 1964 年到 1966 年美国麻省理工学院人工智能实验室历时三年编写了世界上第一个真正意义上的聊天程序——EZIZA,它可以扫描用户提问中的关键词,并为其匹配对应词,以实现简单的模拟对话系统,被用于模拟医生和病人的对话之中。图灵测试是人工智能在哲学领域的第一个严肃的提案。

但随着研究向前推进,人工智能发展遇到了瓶颈。由于当时的计算机内存和处理速度有限,很难处理复杂的问题,并且,想让机器达到人类的认知所需要的数据量也很大,没有人能够获取如此大规模的数据,也没有办法让机器学到如此多的信息。