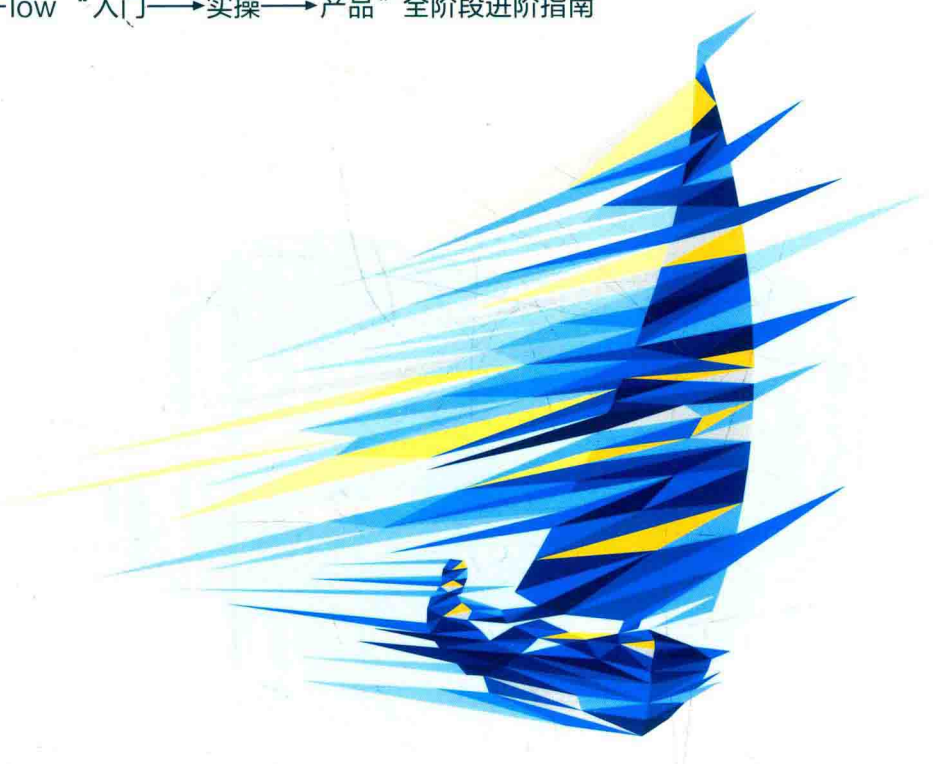


金山软件集团副总裁 姚冬倾情作序力荐

TensorFlow “入门→实操→产品”全阶段进阶指南



TensorFlow 进阶指南

基础、算法与应用

黄鸿波◎编著

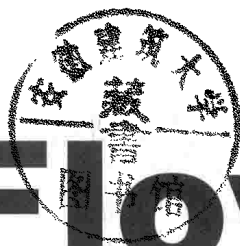


中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

博文视点AI系列



TensorFlow

进阶指南

基础、算法与应用

黄鸿波◎编著

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京•BEIJING

内 容 简 介

本书是由人工智能一线从业专家根据自己日常工作的体会与经验总结而成的,在对 TensorFlow 的基础知识、环境搭建、神经网络、常用技术的详细讲解当中穿插了自己实战的经验与教训。更与众不同的是,本书详细地解析了使用 TensorFlow 进行深度学习领域中常用模型的搭建、调参和部署整个流程,以及数据集的使用方法,能够帮助您快速理解和掌握 TensorFlow 相关技术,最后还用实战项目帮助您快速学会 TensorFlow 开发,并使用 TensorFlow 技术来解决问题。

本书代码主要是在 1.6 版本的基础上进行开发的,同时兼容 1.2~1.10 的版本,并已得到验证。本书主要面向对 TensorFlow、深度学习、人工智能具有强烈兴趣且希望尽快入门的相关从业人员、高校相关专业的教育工作者和在校学生,以及正在从事深度学习工作且希望深入的数据科学家、软件工程师、大数据平台工程师、项目管理者等。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

TensorFlow 进阶指南:基础、算法与应用 / 黄鸿波编著. —北京:电子工业出版社, 2018.11

(博文视点 AI 系列)

ISBN 978-7-121-34565-4

I. ①T… II. ①黄… III. ①人工智能—算法—指南 IV. ①TP18-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 135156 号

责任编辑:孙学瑛

印 刷:三河市双峰印刷装订有限公司

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×980 1/16 印张:23.25 字数:446 千字

版 次:2018 年 11 月第 1 版

印 次:2018 年 11 月第 1 次印刷

定 价:99.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:010-51260888-819, faq@phei.com.cn。

推荐序

这是一个最好的时代，这是一个最坏的时代；
这是一个智慧的年代，这是一个愚蠢的年代；
这是一个信仰的时期，这是一个怀疑的时期；
这是一个光明的季节，这是一个黑暗的季节；
这是希望之春，这是失望之冬；
人们面前应有尽有，人们面前一无所有；
人们正踏上天堂之路，人们正走向地狱之门。

这是英国著名作家查尔斯·狄更斯在《双城记》中的名句，除了最后一句以外，形容现在这个时代再合适不过了。电子技术、计算机技术、互联网技术、大数据技术、人工智能技术，这些技术的发展与进步是一股不可阻挡的历史洪流，而我们都是洪流中的小舟。

乐观与悲观，兴起与沉沦，都在人们的一念之间。任何一种技术的革命都伴随着一代人的分化与沉浮。

但我相信，所有不愿辜负时代的智者和勇者都会以最积极的方式面对大潮的到来，因为迄今为止没有任何一个时期会比现在这如井喷一般繁荣绚烂的新技术所带来的
人工智能新纪元还令人神往。

抓住它，就是抓住航船的舵柄；抓住它，就是抓住未来的航标。

让我们乘着这时代的大潮，一起破浪远航吧！

姚冬

金山软件集团副总裁

前言

自从 2016 年初谷歌的 AlphaGo 战胜了世界围棋冠军李世石，人工智能和机器学习领域就变得异常火爆。其实早在半个世纪以前，人工智能领域的相关概念就已经被提出，经过了这半个世纪的不断发展，人工智能以及深度学习相关领域已经在工业界和学术界发生了颠覆性的改变。2017 年 2 月 11 日，谷歌公司正式发布 TensorFlow 1.0 版本，由此开始，一段新的热潮被掀起。到目前为止，谷歌公司的 TensorFlow 版本已经更新至 1.10 版本，本书代码主要是在 1.6 版本的基础上进行开发的，同时兼容 1.2~1.10 的版本，并已经过验证，读者可以放心使用。

关于本书的使用

本书主要面向对 TensorFlow 具有强烈兴趣且希望尽快入门的读者，以及正在从事 TensorFlow 方面的工作且希望深入的读者。

本书一共有 14 章的内容，分为四个部分：

TensorFlow 基础部分（第 1 章到第 3 章）

主要讲解了 TensorFlow 的基础知识（包括张量、运行图、Session 等部分）、环境的搭建方法（包括 Windows、Linux 版本的环境搭建，以及 Java 版本的环境搭建）等。

TensorFlow 神经网络基础和各种模型部分（第 4 章到第 6 章）

从基础的神经元开始，逐步讲解单层神经网络、多层神经网络、卷积神经网络、循环神经网络等，在每个神经网络中还讲解其附带的各种数据集、模型和变体，比如 BP 神经网络、AlexNet 模型、LSTM 等。通过这些内容，读者可以对神经网络等知识

有初步认识，并能把握其整体脉络。

TensorFlow 的常用技术（第 7 章到第 9 章）

主要讲解 TensorFlow 对于数据集的制作和处理，以及在 TensorBoard 的模式下可视化观察模型的各种参数变化，并讲解了支持向量机的概念。之所以把支持向量机放在这个部分，是因为支持向量机目前在深度学习领域是非常常用的，比如目标检测和分类任务。通过学习这一部分的内容，读者可以对 TensorFlow 在实际应用过程中的常用技术有一定的了解。

TensorFlow 的实际应用（第 10 章到第 14 章）

主要讲解如何使用 TensorFlow 在实际生活中解决问题，并讲解 TensorFlow 打包发布的各种方法，以及在 GPU 环境下如何使用 TensorFlow。另外，在这一部分，我们也讲到目标检测，读者可以将其思路用于实际工业生产领域当中。

初学 TensorFlow 的读者阅读本书时需要具有一定的 Python 基础，并建议从第 1 章开始，如果您有 GPU 版本的服务器或主机，则可以选择先看第 13 章，而不必阅读第 2 章；另外本书中含有一部分公式的推导，例如第 6 章循环神经网络会讲解关于 BP 神经网络的推导过程，这需要您有一定的数学基础，但是如果您看不懂数学推导也不会耽误对后面章节的理解和学习；如果您从事图像处理相关的工作和研究，可以着重看第 5 章卷积神经网络和第 8 章 TensorFlow 中的数据操作，通过这两章内容，我们可以建立自己的数据集，并将数据集应用到自己的模型中。如果您想了解各个公开数据集的相关信息，以及如何使用公开的数据模型，可以参考第 5 章卷积神经网络。

针对已经从事 TensorFlow 相关工作的读者，本书中含有大量的实例，以及作者在实际开发过程中的心得体会，并且循序渐进地讲解了公式推导部分，在讲解知识点的时候会推荐知识点，例如讲解 RNN，同时会讲解为什么会使用 RNN，RNN 是由什么样的神经网络算法（BP 神经网络）演变而来的，又在其中加入了什么样的内容（时序处理），以及这些算法的推导原理等。通过对一个网络的深入研究，能够使您在使用相关模型时了解其本质。

致谢

本书的顺利出版离不开大家对我的帮助。

在这里，首先我要感谢电子工业出版社博文视点的孙学瑛老师对我的信任及支持，正是由于孙老师的支持，才能有此书的顺利出版。其次我要感谢我的家人在我写书的这近一年时间内给我的支持和理解，尤其是我的妻子，在怀有身孕的情况下还帮助我分担了一些家庭中的琐事，使得我的写作能够顺利完成。

另外，还要感谢华中科技大学的胡中旭博士对本书关于神经网络及强化学习部分给出的建议和支持；感谢南京大学黄继鹏对于 RNN 部分写诗机器人的支持；感谢格力电器大数据中心的刘艳国帮助我实现了 Android 相关章节代码的调试工作；感谢韦家弘同学对于 RNN 相关内容的帮助和支持。

除此之外，本书还参考了网上的一些图例和部分代码，由于大多无法找到其出处，所以无法一一列举，在此感谢相关作者。

最后还要感谢所有在本书编写过程中给予我支持和帮助的人们，正是你们的帮助才使本书得以面世。

读者服务

轻松注册成为博文视点社区用户（www.broadview.com.cn），扫码直达本书页面。

- **下载资源：**本书如提供示例代码及资源文件，均可在 [下载资源](#) 处下载。
- **提交勘误：**您对书中内容的修改意见可在 [提交勘误](#) 处提交，若被采纳，将获赠博文视点社区积分（在您购买电子书时，积分可用来抵扣相应金额）。
- **交流互动：**在页面下方 [读者评论](#) 处留下您的疑问或观点，与我们和其他读者一同学习交流。

页面入口：<http://www.broadview.com.cn/34565>

目 录

第 1 章 人工智能与深度学习	1
1.1 人工智能与机器学习	1
1.2 无处不在的深度学习	6
1.3 如何入门深度学习	7
1.4 主流深度学习框架介绍	13
第 2 章 搭建 TensorFlow 环境	15
2.1 基于 pip 安装	15
2.1.1 基于 Windows 环境安装 TensorFlow	15
2.1.2 基于 Linux 环境安装 TensorFlow	22
2.2 基于 Java 安装 TensorFlow	24
2.3 安装 TensorFlow 的常用依赖模块	27
2.4 Hello TensorFlow	30
2.4.1 MNIST 数据集	30
2.4.2 编写训练程序	32
2.5 小结	35
第 3 章 TensorFlow 基础	36
3.1 TensorFlow 的系统架构	36
3.1.1 Client	37
3.1.2 Distributed Master	38
3.1.3 Worker Service	39

3.1.4	Kernel Implements	39
3.2	TensorFlow 的数据结构——张量	39
3.2.1	什么是张量	39
3.2.2	张量的阶	40
3.2.3	张量的形状	40
3.2.4	数据类型	41
3.3	TensorFlow 的计算模型——图	42
3.3.1	计算图基础	42
3.3.2	计算图的组成	43
3.3.3	计算图的使用	45
3.3.4	小结	48
3.4	TensorFlow 中的会话——Session	48
第 4 章	TensorFlow 中常用的激活函数与神经网络	50
4.1	激活函数的概念	50
4.2	常用的激活函数	51
4.2.1	Sigmoid 函数	51
4.2.2	Tanh 函数	53
4.2.3	ReLU 函数	55
4.2.4	Softplus 函数	57
4.2.5	Softmax 函数	58
4.2.6	小结	59
4.3	损失函数的概念	60
4.4	损失函数的分类	63
4.5	常用的损失函数	65
4.5.1	0-1 损失函数	65
4.5.2	Log 损失函数	66
4.5.3	Hinge 损失函数	69
4.5.4	指数损失	70
4.5.5	感知机损失	70
4.5.6	平方（均方）损失函数	71

4.5.7	绝对值损失函数	71
4.5.8	自定义损失函数	71
4.6	正则项	72
4.6.1	L0 范数和 L1 范数	72
4.6.2	L2 范数	73
4.6.3	核范数	74
4.7	规则化参数	76
4.8	易混淆的概念	76
4.9	神经网络的优化方法	77
4.9.1	梯度下降算法	77
4.9.2	随机梯度下降算法	79
4.9.3	其他的优化算法	80
4.9.4	小结	84
4.10	生成式对抗网络 (GAN)	84
4.10.1	CGAN	96
4.10.2	DCGAN	97
4.10.3	WGAN	98
4.10.4	LSGAN	99
4.10.5	BEGAN	100
第 5 章	卷积神经网络	102
5.1	神经网络简介	102
5.1.1	神经元与神经网络	102
5.1.2	感知器 (单层神经网络) 与多层感知器	104
5.2	图像识别问题	108
5.3	常用的图像库介绍	111
5.4	卷积神经网络简介	114
5.4.1	CNN 的基本原理与卷积核	115
5.4.2	池化	116
5.4.3	再探 ReLU	118
5.5	CNN 模型	119

5.5.1	LeNet-5 模型	119
5.5.2	AlexNet 模型	123
5.5.3	Inception 模型	130
5.6	用 CNN 实现 MNIST 训练	147
第 6 章	循环神经网络	151
6.1	初识循环神经网络	151
6.1.1	前馈神经网络	152
6.1.2	神经网络中的时序信息	158
6.2	详解循环神经网络	159
6.3	RNN 的变种——双向 RNN	162
6.4	One-Hot Encoding	165
6.5	词向量和 word2vec	166
6.5.1	CBOW 模型	167
6.5.2	Skip-Gram 模型	168
6.6	梯度消失问题和梯度爆炸问题	169
6.6.1	梯度下降	170
6.6.2	解决梯度消失和梯度爆炸问题的方法	172
6.7	RNN 的变种——LSTM	179
6.8	写诗机器人	189
第 7 章	TensorFlow 的可视化	196
7.1	TensorBoard 简介	196
7.2	生成和使用 TensorBoard	200
7.3	TensorBoard 的面板展示	208
7.4	小结	223
第 8 章	TensorFlow 中的数据操作	224
8.1	制作 TFRecords 数据集	224
8.2	Dataset API 介绍	230

8.3 TensorFlow 中的队列	233
第 9 章 支持向量机 (SVM)	240
9.1 什么是支持向量机	240
9.2 计算最优超平面	242
9.3 TensorFlow 实现线性 SVM	243
9.4 非线性 SVM 介绍	247
9.5 使用 TensorFlow 实现非线性 SVM 分类器	250
第 10 章 TensorFlow 结合 Flask 发布 MNIST 模型	258
10.1 Flask 框架介绍	258
10.2 训练 MNIST 模型	259
10.3 小结	275
第 11 章 TensorFlow 模型的发布与部署	276
11.1 TensorFlow Serving 的前导知识	276
11.2 TensorFlow Serving 模型打包	280
11.3 TensorFlow Serving 模型的部署和调用	284
第 12 章 TensorFlow Lite 牛刀小试	285
12.1 什么是 TensorFlow Lite	285
12.2 如何使用 TensorFlow Lite 模型	287
12.3 TensorFlow Lite 与 Android 结合实现图像识别	290
第 13 章 TensorFlow GPU	296
13.1 什么是 GPU	296
13.2 GPU 的选择	297
13.3 搭建 TensorFlow GPU	299
13.3.1 在 Windows 上搭建 TensorFlow GPU	299
13.3.2 在 Linux 上搭建 TensorFlow GPU	307

13.4 使用 TensorFlow GPU 进行训练.....	311
第 14 章 TensorFlow 与目标检测.....	317
14.1 传统目标检测方法.....	317
14.2 RCNN 介绍.....	319
14.3 Fast-RCNN.....	321
14.4 Faster-RCNN.....	325
14.5 YOLO.....	328
附录 A TensorFlow 历代版本更新内容.....	354
A.1 TensorFlow 1.3 版本更新内容.....	354
A.2 TensorFlow 1.4 版本更新内容.....	355
A.3 TensorFlow 1.5 版本更新内容.....	356
A.4 TensorFlow 1.6 版本更新内容.....	356
A.5 TensorFlow 1.7 版本更新内容.....	357
A.6 TensorFlow 1.8 版本更新内容.....	357
A.7 TensorFlow 1.9 版本更新内容.....	358

第 1 章

人工智能与深度学习

1.1 人工智能与机器学习

早在远古时期，人们就希望通过机器来减轻劳动量，凭借智慧制造出了各种各样的工具来代替劳作。后来人们把这些能够利用所产生的能量达到特定目的的工具、装置或者设备统称为机器。制造机器的最初目的仅仅是为了减轻人类繁重的劳动，而不是代替人类，这是因为大部分机器必须通过人类的操作才能完成任务。从传统的简单机械，例如爬犁、锄头到后来的工业化机器，例如蒸汽机、流水线，都要依赖人类的操作才能运转，也就是说这些机器是在人类的控制下并赋予特殊的指令才能完成各种各样的操作的。如果给机器赋予能够自主思考的能力，给定一个特定的目标后，机器通过自主学习或通过观察周围的环境来做出自我判断，那么机器就会变得更加“聪明”。也就是说，我们可以通过技术使机器能够接近或达到人类的智慧，这样的机器才能更受人们的喜爱，我们把这样的一种智慧或者智能称为人工智能（**Artificial Intelligence, AI**），或称机器智能。

人工智能从字面意义上来讲可以分成两个含义，即“人工”和“智能”。“人工”一词非常好理解，即通过人力来完成我们所要达到的目的。但对于“智能”一词，我们可以将其翻译或理解成多种意思：对于人类来讲，人体本身就是一个智能体，因为人类具有很强的自主意识和思维能力；由人类所创造出来的含有高科技的事物也被称

为智能；甚至一些无意识的行为或精神也是智能的一种体现。因此，我们很难去通过一种很强的界限来区别出什么是智能，什么是“人工”所制造出来的“智能”了。人工智能的研究领域多种多样，这不仅仅体现在通过人类的智慧所制造出来的具有自主意识的事物，同时还可以包括人类思维和意识的本身，但就目前来讲，我们所理解的人工智能通常是指通过计算机的程序来实现人类智能的一种技术手段，本书所指的人工智能也是如此。

1946 年是计算机发展史上最重要的一年。1946 年 2 月，由美国宾夕法尼亚大学所研发的世界上第一台现代电子计算机埃尼阿克（ENIAC）诞生，它是图灵完全的电子计算机，能够通过编程解决各类计算机问题。ENIAC 由 18 000 个左右的电子管、1 500 个继电器和 10 000 个电容器组成，重量达 27 吨，占地面积约 170 平方米。ENIAC 的诞生具有重大的意义，它对人工智能领域的发展起到了深远且积极的影响。图 1-1 所示为世界上第一台现代电子计算机 ENIAC。

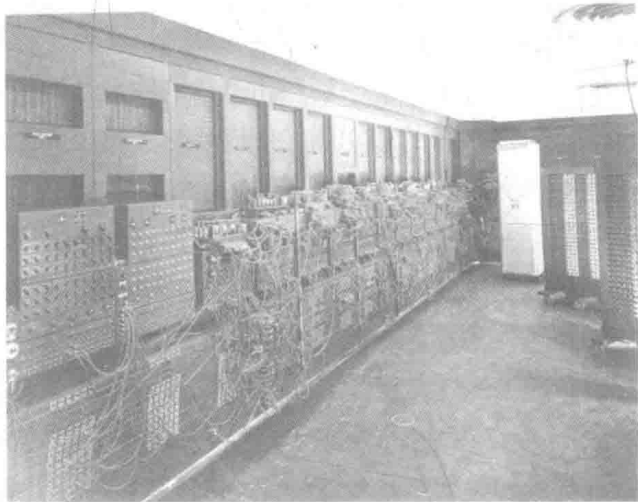


图 1-1

如果说 1946 年是计算机发展史上最重要的一年，那么 1956 年就是人工智能发展史上最重要的一年。在 1956 年的达特茅斯会议上，来自麻省理工学院的约翰·麦卡锡提出：“人工智能就是要让机器的行为看起来就像人所表现出的智能行为一样。”也就是从那时起，“人工智能”一词正式诞生，同时在会议上人工智能也被正式确立为

一门科学。

从广义上划分,人工智能包含强人工智能和弱人工智能两个部分。强人工智能也叫作通用人工智能 (Artificial General Intelligence), 实质具备与人类同等智慧、或超越人类的人工智能,能够表现出人类所具有的全部智能行为。强人工智能也是目前人工智能研究的主要目标之一,自动规划、使用自然语言进行沟通、自动推理等都属于强人工智能研究领域范围。而弱人工智能是指不能进行真正的推理和解决问题的智能机器,这些机器看起来像是智能的,但其实并没有拥有真正的智能,也不会有自主意识。

人工智能有非常广泛的研究分类,例如机器人学、情感计算、机器学习等,其中机器学习是人工智能领域中一个非常重要的分支。

机器学习 (Machine Learning, ML) 的主要目的就是为了让机器从用户输入的数据等获取知识,从而使机器能够自动地判断和输出相应的结果。机器学习的方法有很多种,主要分为监督学习和无监督学习。其中监督学习是指利用一组已知特征的数据进行训练,使机器能够根据已知的特征和规律进行相应的总结,从而自主建立相应的模型,并使用这个模型根据相应的输入值进行预测,得出最终所需要输出的结果;而无监督学习 (也称非监督式学习) 是另一种机器学习的形式,其特点就是能够使机器在没有特定的标注的数据集的基础上进行训练,让机器自己寻找规律,建立相应的模型,从而使这个模型具备预测的能力,根据输入得到相应的输出。这里的机器一般指的是计算机。

一般来讲,在监督学习中,训练集要求包含明确的输入和输出,这里的输入和输出一般是指特征和目标。例如我们想训练机器识别一条狗,那么需要在给定的数据集中明确地指出在这张图片中哪个部分是一条狗,如图 1-2 所示。而非监督学习中,则不需要在训练集中明确地表明输入和输出,也不需要告诉机器要训练的部分位于数据中的哪个位置,只需要将包含图片的训练数据集给到机器,机器就能自动地从这些数据中学习到相应的特征,并将这些特征加以整合,等到一个新的数据被传入之后,就能够根据模型进行相应的预测。

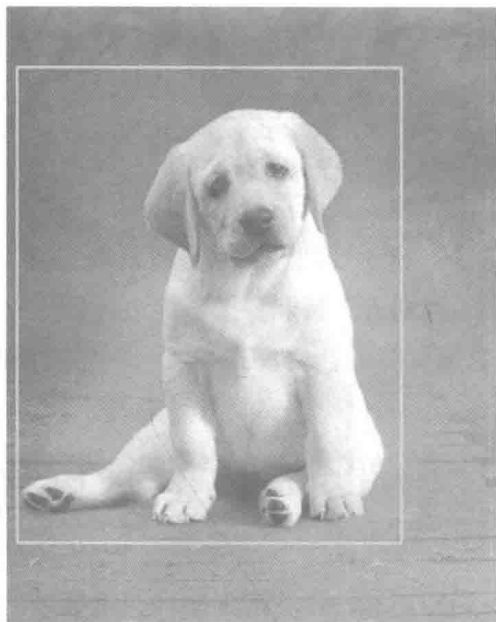


图 1-2

其实除监督学习和非监督学习外，还有两种很常见的学习方式：半监督学习和强化学习。所谓半监督学习，顾名思义，就是介于监督学习和无监督学习两者之间的学习方式，同时使用大量的未标记的数据和大量的已标记的数据进行数据模型的建立，从而达到预测的效果。当使用半监督学习时，参与的人员可尽量少，而且还能带来比较高的准确性，因此，半监督学习目前正越来越受到人们的重视。而强化学习则强调如何基于环境行动，以取得最大化的预期利益。强化学习和标准的监督学习之间的区别在于，它并不需要出现正确的输入/输出对，也不需要精确校正次优化的行为。强化学习更加专注于在线规划，需要在探索（未知领域）和遵从（现有知识）之间找到平衡。

机器学习不是一门单纯的学科，实际上，我们可以将机器学习理解为很多门学科的综合和交叉，涉及概率论、线性代数、统计学、算法复杂度等多门理论学科。机器学习的核心是如何使用计算机模拟和实现人类的学习行为，以获得新的知识和技能，并将已有的知识进行重新组织和梳理，使其结构不断改善和更新，从而提高自身的性能和价值。