一本使用Python进行机器学习的入门实战教程
助你成为一名机器学习的“老司机”和人工智能的开发者

Python 在机器学习中的应用

余本国　孙玉林　著

- **内容系统全面：** 介绍并实现机器学习的经典和主流算法
- **原理浅显易懂：** 使用循序渐进的方法阐述机器学习概念
- **配套视频教程：** 提供视频教学讲解机器学习的理论与实践
- **应用实例代码：** 使用 Python 3.6.X 代码来实现应用案例
- **结合丰富数据：** 结合实际数据来帮助对算法的理解和应用

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

Python
在机器学习中的应用

余本国　孙玉林　著

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn
·北京·

内 容 提 要

随着大数据的兴起，Python 和机器学习迅速成为时代的宠儿。本书在内容编排上避免了枯燥的理论知识讲解，依循“理论简述——实际数据集——Python 程序实现算法”分析数据的思路，根据实际数据集的分析目的，采用合适的主流机器学习算法来解决问题。全书共 12 章，其中第 1 ~ 4 章介绍了机器学习的基础知识；第 5 ~ 12 章讨论了在面对不同的数据时，如何采用一些主流的算法来解决问题，主要包括回归分析、关联规则、无监督学习、文本 LDA 模型、决策树和集成学习、朴素贝叶斯和 K 近邻分类、支持向量机和神经网络，以及深度学习入门等内容。针对每个算法，都给出 Python 代码实现算法建模的过程，并结合可视化技术，帮助读者更好地理解算法和分析结果。

《Python 在机器学习中的应用》是使用 Python 进行机器学习的入门实战教程，可作为以 Python 为基础进行机器学习的本科生和研究生入门书籍，也可供对 Python 机器学习感兴趣的研究人员参考阅读。

图书在版编目（CIP）数据

Python 在机器学习中的应用 / 余本国 , 孙玉林著. —北京 : 中国水利水电出版社，2019.6

ISBN 978-7-5170-7483-0

Ⅰ. ① P… Ⅱ. ①余…②孙… Ⅲ. ①软件工具—程序设计 Ⅳ. ①TP311.561

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 031733 号

书　　名	Python在机器学习中的应用 Python ZAI JIQI XUEXI ZHONG DE YINGYONG
作　　者	余本国 孙玉林　著
出版发行	中国水利水电出版社 （北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：zhiboshangshu@163.com 电话：（010）62572966-2205/2266/2201（营销中心）
经　　售	北京科水图书销售中心（零售） 电话：（010）88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排　　版	北京智博尚书文化传媒有限公司
印　　刷	三河市龙大印装有限公司
规　　格	170mm×230mm　16开本　21印张　422千字　2插页
版　　次	2019年6月第1版　2019年6月第1次印刷
印　　数	0001—5000册
定　　价	79.80元

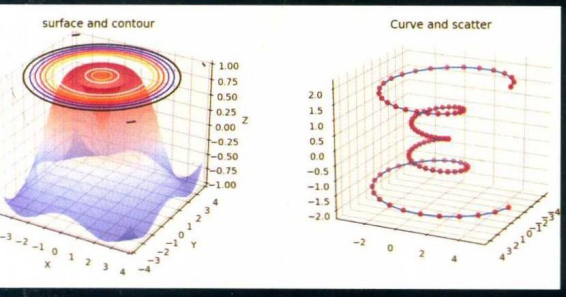
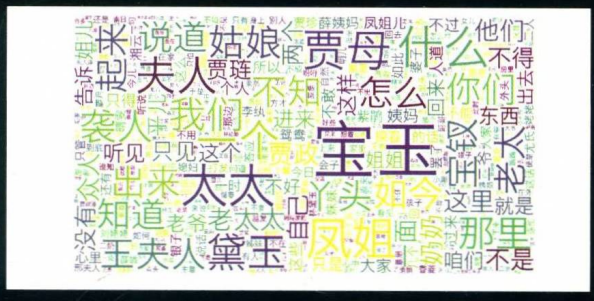


图2-15 三维数据可视化



◆ 图3-9 《红楼梦》词云

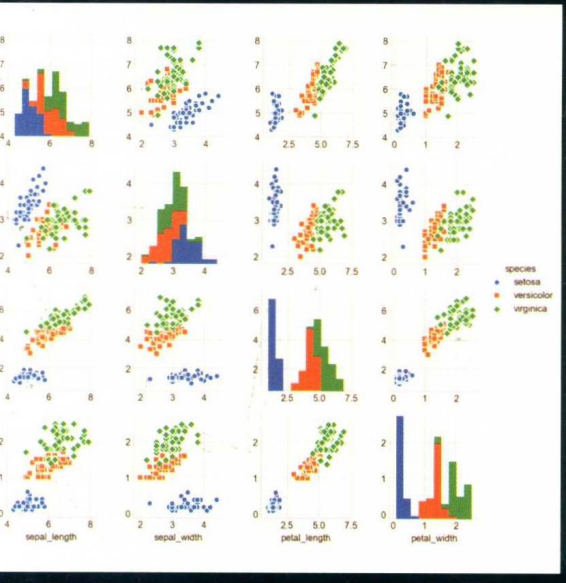
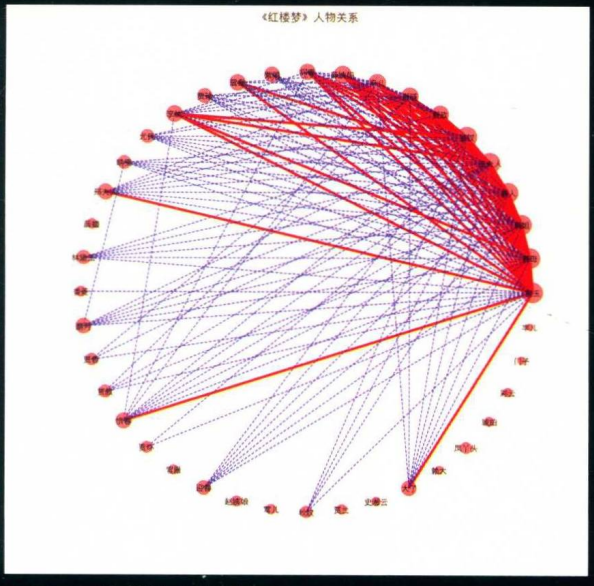


图3-6 鸢尾花数据的矩阵散点图



◆ 图3-10 《红楼梦》部分人物关系图

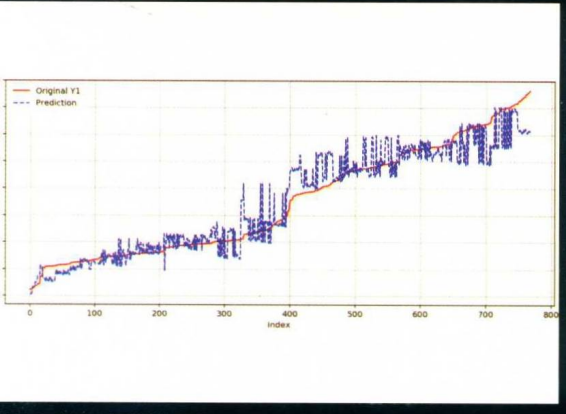
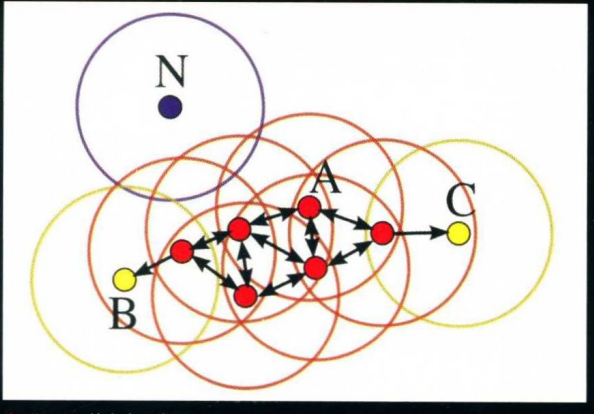


图5-3 多元回归预测结果图



◆ 图7-1 核心点示意图

图7-7 密度聚类结果

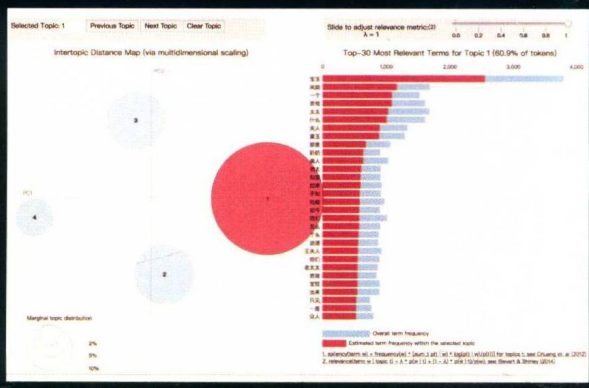


图8-1 《红楼梦》4个主题

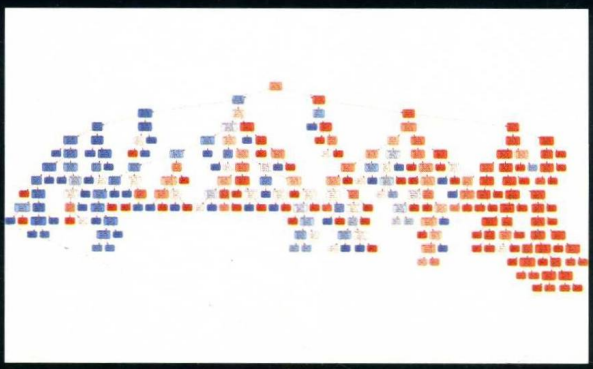


图9-4 决策树图

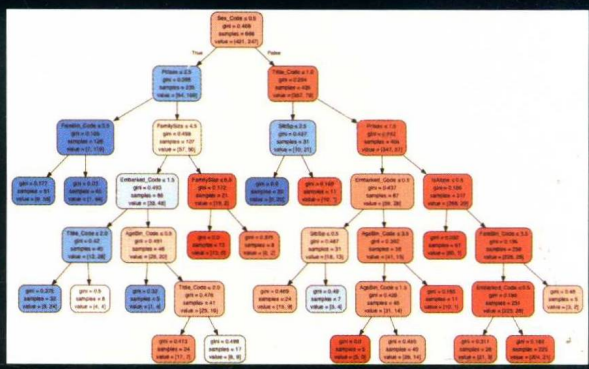


图9-5 剪枝后决策树模型

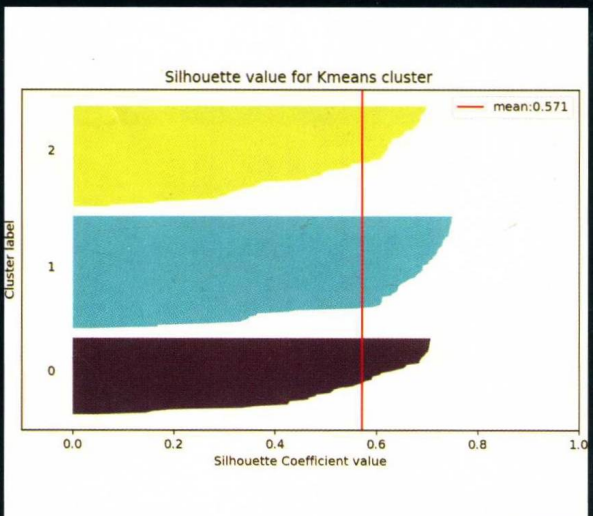


图7-6 K－均值聚类轮廓图

图12-19 人脸特征点检测

前 言

Preface

自从 2016 年 AlphaGo 战胜人类围棋顶尖高手后，机器学习、深度学习“忽如一夜春风来”，在互联网上迅速走红，成为民众茶余饭后讨论最多的话题，当然我也不例外。不过很多人可能苦于不知如何下手，或者考虑到算法中的数学知识，而产生了放弃的念头。对此在《基于 Python 的大数据分析基础及实战》一书中做过解释，“很多人对数据分析有畏难心理，主要是因为怕用到很多的数学知识，所以一提到数学估计很多人连勇气都没有了，直接放弃逃跑。”有鉴于此，我在完成《基于 Python 的大数据分析基础及实战》之后，与我的学生孙玉林共同完成了这本书的初稿，剔除了枯燥乏味的数学原理以及推导过程，用浅显易懂的 Python 代码去实现这些经典和主流的算法。虽然市面上已经有许多机器学习的书籍，但它们大多要么过于偏重理论，要么过于偏重应用，要么过于“厚重”。《Python 在机器学习中的应用》一书致力于将理论与实践相结合，在讲述理论的同时，避免复杂的数学公式推导，而利用 Python 这一简明有力的编程语言，进行一系列的实践与应用。

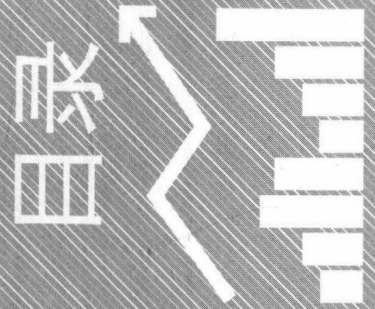
本书共分 12 章，前 4 章主要介绍基于 Python 进行机器学习的预备知识，后面 8 章分模块地介绍了机器学习的主流算法和经典应用。本书内容全面、系统，讲解

循序渐进，案例经典实用，代码清晰易懂，只需具备一些基本的 Python 程序设计语言基础，跟随本书学习并多加实践，相信你也能成为一名机器学习的“老司机”和人工智能的开发者。

由于计算机技术的迅猛发展，书中的疏漏及不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正、不吝赐教。也欢迎加入 QQ 群一起交流，QQ 群号：25844276。

Contents

目次



Chapter

01

第1章

机器学习简介

进入 21 世纪之后，计算机技术的发展给人们的生产和生活带来了巨大的变化。计算机的迅速普及也使机器学习得到了快速的发展，计算能力强大的计算机和大量的数据集在多种算法的应用下，对各行各业的发展产生了巨大的影响。如今已进入大数据时代，而掌握机器学习技术的人，则是大数据时代的“弄潮儿”，不断带给人们一个又一个惊喜。同时这也是我们进入机器学习的最佳时机，利用机器学习算法结合各种开源库，你也能成为时代的宠儿，每个人都可以利用机器学习算法书写属于自己的篇章。

本章主要介绍机器学习的概念、算法的类型，以及如何建立机器学习系统等方面的内容。

1.1 机器学习的任务

面对不同的问题，可以有多种不同的解决方法，如何使用合适的机器学习算法去完美地解决问题，是一个需要经验与技术的过程，而这些都是建立在对机器学习的各种方法有了充分了解的基础之上。

1. 机器学习的定义

什么是机器学习？简单地说，机器学习是指计算机程序随着经验的积累而自动提高性能，使系统自我完善的过程。换句话说，可以认为机器学习是一个从大量的已知数据中，学习如何对未知的新数据进行预测，并且通过对学习内容的增加（如已知训练数据的增加），提高对未来数据预测的准确性的过程。

可以发现，数据是决定机器学习的一个因素，数据量爆炸式增长是机器学习快速发展的原因之一。数据有多种形式，如传统的数据库、数据表格等结构化数据，以及图片、视频、音频、文本等非结构化数据，都是可以学习的对象。机器学习的另一重要因素就是算法，正因为研究者们提出了各种各样的算法，才得以对各种形式的数据以不同的目标进行挖掘。例如，基于贝叶斯模型的垃圾邮件分类、基于关联规则的商品推荐、基于深度学习的图像识别等。也可以说，针对某些问题可能无法找到最好的算法，但总可以找到合适的算法。

2. 学习问题的描述

对于学习问题可以简单地描述为：针对要解决的任务 T 和它所对应的性能度量 P，如果计算机程序能够因为数据量 D 的增加（即经验 E 的积累）而不断地自我提高性能，那么可以认为该程序在进行机器学习。需要注意的是，针对学习问题应用的算法应该在可接受的时间内，从数据中学习到有效的结果，这样的学习过程才是有意义的。通常，为了较好地定义一个学习问题，我们需要明确任务的种类、衡量任务学习能力提高的标准、经验的来源 3 个特征。

例如，针对手写数字 0 ~ 9 的识别学习问题。

- 任务T：识别图像中的手写数字0 ~ 9。

- 性能度量标准P：识别的正确率，判断正确的百分比。
- 训练经验E：已经带有标签的手写数字图像数据集D。

这里对学习的定义很宽泛，基本包括了在机器学习领域会遇到的各种问题，如自动驾驶、购物篮分析、欺诈检测、语音识别等。

1.2 机器学习的三种方式

机器学习方法中，根据它们学习的方式不同，可以简单地归为3类：无监督学习 (Unsupervised Learning)、有监督学习 (Supervised Learning) 和半监督学习 (Semi-supervised Learning)，如图 1-1 所示。接下来将详细地介绍这 3 种方法之间的区别和相关应用。

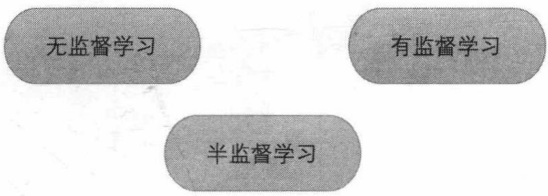


图 1-1　3 种机器学习类型

1. 无监督学习

无监督学习和其他两种学习方式的主要区别是：无监督学习不需要提前知道数据集的类别标签。常用的无监督学习算法有各种聚类算法（如 K- 均值聚类、系统聚类等）、数据降维 (如主成分分析) 等。

（1）数据聚类发现数据的类别。

聚类是一个把数据对象集划分为多个组或簇的过程。簇内对象不仅具有很高的相似性，还要和其他簇的对象有明显区别。即使在相同的数据集上，使用不同的聚类算法，也可能会产生不同的聚类结果。因为聚类分析在分为不同的簇时，不需要提前知道每个数据的类别标签，所以整个聚类过程是无监督的。

聚类分析已经在许多领域得到了广泛的应用，包括商务智能、图像模式识别、Web 搜索等。尤其是在商务领域中，聚类可以把大量的客户划分为不同的组，各

组内的客户具有相似的特性，这对商务策略的调整、产品的推荐、广告投放等是有利的。

现有的聚类算法有很多种，如基于划分方法的 K– 均值聚类、K 中值聚类；基于层次方法的层次聚类、概率层次聚类；基于密度划分方法的高密连通区域算法 (DBSCAN 算法)、基于密度分布的聚类等。

图 1–2 展示了基于两个特征 PC1 和 PC2 在聚类算法下的类别归属情况。图中的数据点被分成了 3 类，分别为红色、绿色、蓝色。

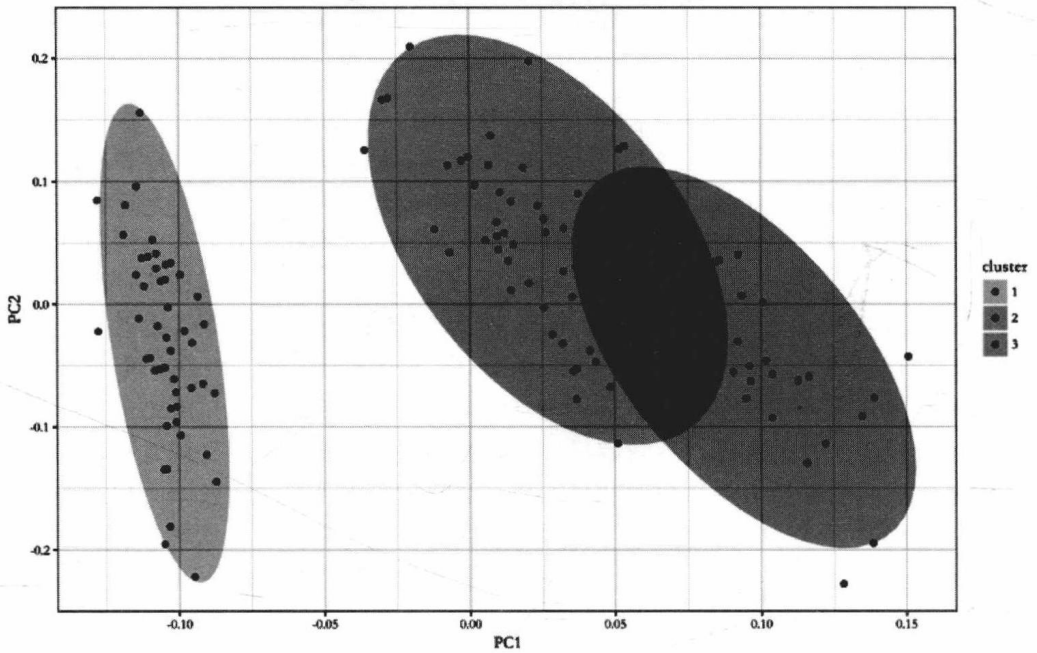


图 1–2　数据聚类

(2) 数据降维减少数据的维度。

在机器学习中，数据降维是无监督学习中的另一个领域。数据降维是指在某些限定条件下，降低数据集特征的个数，得到一组新的特征的过程。在大数据时代，通常数据都是高维的 (每一个样例都会有很多特征)，高维数据往往会带有冗余信息，而数据降维的一个重要作用就是去除冗余信息，保留必要的信息。如果数据维度过高，会大大拖慢算法的运行速度，此时就体现出了数据降维的重要性。数据降维的算法有很多，如主成分分析 (PCA) 是通过正交变换，将原来的特征进行线性组合生成新的特征，并且只保留前几个主要特征的方法；核主成分分析 (KPCA) 则是

基于核技巧的非线性降维的方法；而流形学习则是借鉴拓扑结构的数据降维方法。

数据降维对数据的可视化有很大的帮助。通常我们很难看到高维数据之间的依赖和变化关系，通过数据降维可以将数据投影到二维或三维空间，能够更加方便地观察数据之间的变化趋势。如图 1–3 所示，人脸图像经过 PCA 降维到二维空间后，通过各个人脸在空间中的位置分布，可以发现不同类型的图片在空间中的分布是有规律的。正是通过降维可视化，我们发现了这种规律，以方便后续的学习与研究。

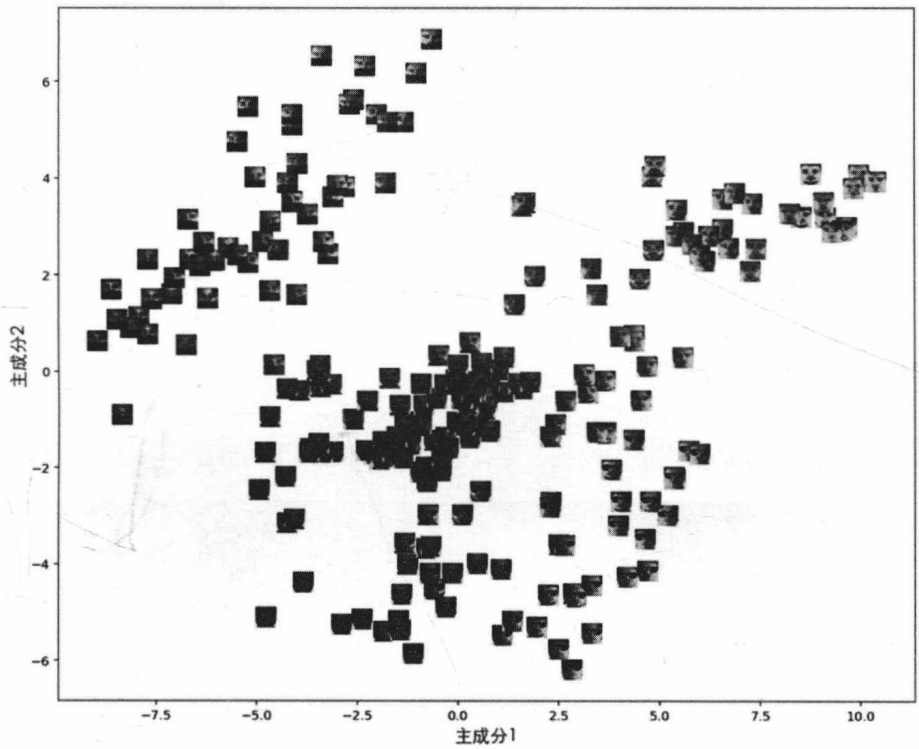


图 1–3　图像降维可视化

2. 有监督学习

有监督学习的主要特性是：使用有标签的训练数据来建立模型，用来预测新的未知标签的数据。用来指导模型建立的标签可以是类别数据、连续数据等。相应地，如果标签是可以分类的，如 0 ~ 9 手写数字的识别、判断是否为垃圾邮件等，这样的有监督学习称为分类；如果标签是连续的数据，如身高、年龄、商品的价格等，这样的有监督学习称为回归。图 1–4 展示了有监督学习的一般过程。

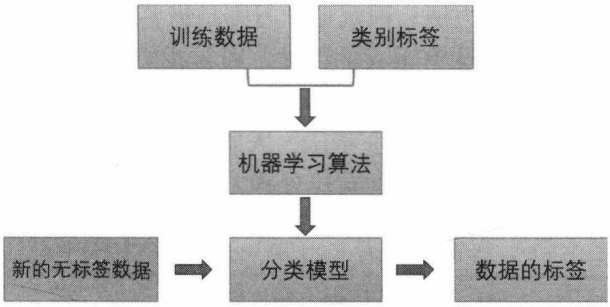


图 1-4　有监督学习的一般过程

（1）分类。

分类是最常见的有监督学习方式之一。如果数据的类别只有两类——是或否（1 或 0），则这类问题称为二分类问题。常见的有是否存在欺诈、是否为垃圾邮件、是否患病等问题。二分类常用的算法有朴素贝叶斯算法（常用于识别是否为垃圾邮件）、逻辑斯蒂回归算法等。如果数据的标签多于两类，这类情况常常称为多分类问题，如人脸识别、手写字体识别等。在多分类中常用的方法有神经网络、K 近邻、随机森林、深度学习等算法。

图 1-5 展示的是二维空间中（主成分 1 和主成分 2）两类数据被一条空间曲线分为两类的示例。如果有新的数据被观测到，可以根据它在平面中的位置确定其应属的类别。

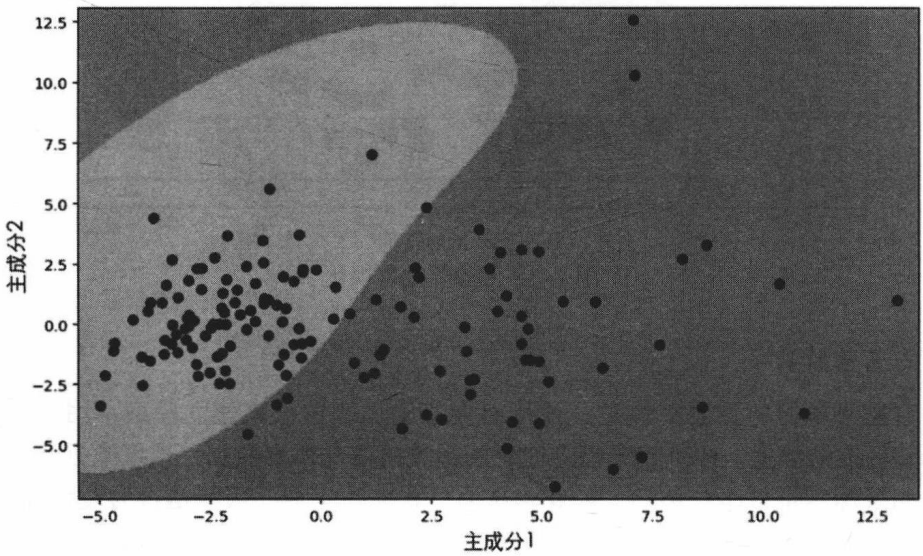


图 1-5　二分类问题示意图