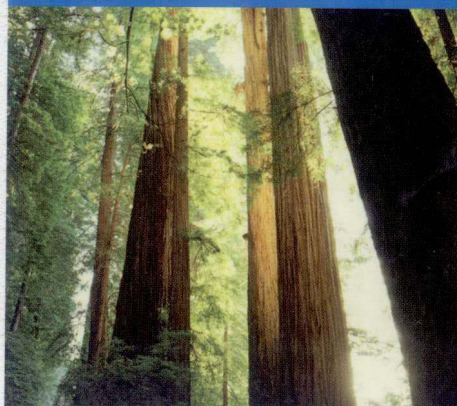




学者书屋系列

# 基于BP和RBF神经网络的木材缺陷检测研究

牟洪波 戚大伟◎编著



学者书屋系列

# 基于 BP 和 RBF 神经网络的 木材缺陷检测研究

牟洪波 戚大伟 编著

哈尔滨工程大学出版社

## 内 容 简 介

这是一本关于 BP 神经网络和 RBF 神经网络理论及其应用的专著。本书主要介绍神经网络理论的基本概念和特点,应用 BP 神经网络和 RBF 神经网络方法对木材缺陷信息进行检测研究,实现了对木材缺陷的有效检测,检测率达 90% 以上,为实现木材缺陷的自动化检测提供了可靠的理论依据。

本书可作为理工类神经网络、图像处理、木材检测领域的高年级本科生、研究生和教师教学的参考书,也可供相关领域的科研人员和实际工作者阅读参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

基于 BP 和 RBF 神经网络的木材缺陷检测研究 / 牟洪波,  
戚大伟编著. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2011.5  
ISBN 978 - 7 - 5661 - 0116 - 7

I. ①基… II. ①牟…②戚… III. ①神经网络 - 应  
用 - 缺陷(木材) - 检测 - 研究 IV. ①S781.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 068843 号

---

|      |                    |
|------|--------------------|
| 出版发行 | 哈尔滨工程大学出版社         |
| 社 址  | 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号  |
| 邮政编码 | 150001             |
| 发行电话 | 0451 - 82519328    |
| 传 真  | 0451 - 82519699    |
| 经 销  | 新华书店               |
| 印 刷  | 黑龙江省教育厅印刷厂         |
| 开 本  | 787mm × 960mm 1/16 |
| 印 张  | 8.5                |
| 字 数  | 138 千字             |
| 版 次  | 2011 年 5 月第 1 版    |
| 印 次  | 2011 年 5 月第 1 次印刷  |
| 定 价  | 20.00 元            |

<http://press.hrbeu.edu.cn>  
E-mail: [heupress@hrbeu.edu.cn](mailto:heupress@hrbeu.edu.cn)

---

# 前 言

自 20 世纪 80 年代末以来,神经网络理论由于自身固有的超强适应能力和学习能力,在很多领域获得了极其广泛的应用,解决了许多传统方法难以解决的问题,发挥了巨大的作用,吸引了众多领域的科学家进行研究。目前,神经网络已应用于自动控制、聚类分析、机器学习、故障诊断与检测、分类判决等领域,成为当代高科技领域的研究热点。

MATLAB 软件的发展使神经网络理论有了更大的发展空间:一方面,MATLAB 软件推动了神经网络理论在各个领域的应用;另一方面,神经网络理论也推动了 MATLAB 软件的迅速发展,使 MATLAB 软件在图像处理、特征提取、模式识别等技术领域发挥了重要作用。

本书分为六章,第一章为绪论,介绍木材无损检测技术、图像处理和神经网络的研究现状;第二章介绍了木材成像的基本规律,设计了木材缺陷检测硬件系统和计算机图像处理平台,并介绍了木材缺陷图像的采集方法;第三章对采集到的木材缺陷图像进行预处理和图像分割;第四章对处理后的木材缺陷图像进行特征提取和特征值的提取;第五章设计了三种用于木材缺陷识别的 BP 神经网络、RBF 神经网络和 BP-RBF 混合神经网络模型,实现对木材缺陷的有效识别;第六章阐述了应用 BP 神经网络和 RBF 神经网络对木材缺陷进行检测得出的结论。从检测的结果可以看出该方法行之有效,为木材缺陷进行检测探索了一条新路,对神经网络技术的应用有着重要意义。

本书由东北林业大学牟洪波、戚大伟编写。哈尔滨医科大学张明明也参与了书稿的材料整理和程序调试工作,并提供了大量的修改意见,在此表示衷心感谢。

本书可以作为神经网络、图像处理、木材检测领域的参考用书。

由于时间仓促,加之作者自身水平有限,书中错误之处在所难免,在此敬请各领域专家和广大读者批评指正。

本书受中央高校基本科研业务费专项资金(项目编号:DL09BB42)资助出版。

编著者  
2011 年 1 月

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 .....                | 1  |
| 1.1 研究的目的和意义 .....            | 1  |
| 1.2 木材无损检测技术的研究现状 .....       | 3  |
| 1.3 数字图像处理的进展 .....           | 7  |
| 1.4 神经网络的发展及研究现状 .....        | 9  |
| 1.5 MATLAB 神经网络工具箱的基本特征 ..... | 11 |
| 1.6 本书的主要研究内容 .....           | 14 |
| 第 2 章 木材 X 射线无损检测系统 .....     | 16 |
| 2.1 X 射线的性质 .....             | 16 |
| 2.2 木材 X 射线检测原理 .....         | 17 |
| 2.3 木材 X 射线图像成像的基本规律 .....    | 18 |
| 2.4 木材 X 射线无损检测系统 .....       | 19 |
| 2.5 木材缺陷图像的采集和冻结 .....        | 30 |
| 2.6 本章小结 .....                | 32 |
| 第 3 章 木材缺陷图像预处理与图像分割 .....    | 33 |
| 3.1 数字图像 .....                | 33 |
| 3.2 数字图像处理 .....              | 37 |
| 3.3 木材缺陷图像增强 .....            | 41 |
| 3.4 木材缺陷图像分割 .....            | 48 |
| 3.5 本章小结 .....                | 64 |
| 第 4 章 木材缺陷图像的特征提取 .....       | 65 |
| 4.1 木材缺陷类型 .....              | 65 |
| 4.2 木材缺陷特征的选取 .....           | 67 |
| 4.3 木材缺陷位置和尺寸的确定 .....        | 67 |

## 目 录

---

|              |                                       |            |
|--------------|---------------------------------------|------------|
| 4.4          | 基于木材缺陷位置和尺寸的木材缺陷特征提取 .....            | 68         |
| 4.5          | 基于 Hu 不变矩的木材缺陷特征提取 .....              | 70         |
| 4.6          | 本章小结 .....                            | 78         |
| <b>第 5 章</b> | <b>BP 和 RBF 神经网络在木材缺陷识别中的应用</b> ..... | <b>79</b>  |
| 5.1          | 人工神经元模型 .....                         | 79         |
| 5.2          | 人工神经网络模型 .....                        | 85         |
| 5.3          | 人工神经网络学习过程 .....                      | 87         |
| 5.4          | 基于 BP 神经网络的木材缺陷识别 .....               | 90         |
| 5.5          | 基于 RBF 神经网络的木材缺陷识别 .....              | 105        |
| 5.6          | 基于 BP - RBF 混合神经网络的木材缺陷识别 .....       | 112        |
| 5.7          | 本章小结 .....                            | 116        |
| <b>第 6 章</b> | <b>结论</b> .....                       | <b>117</b> |
|              | <b>参考文献</b> .....                     | <b>119</b> |

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 研究的目的和意义

目前森林资源日益减少,而木材的需求量又在日益增多,尤其是对于我国这种森林资源相对贫乏的国家,如何提高木材生产水平和木材质量是我们当前亟待解决的主要问题之一。一方面要合理地采伐森林,使采伐与种植二者之间的关系相互协调,不要滥砍滥伐;另一方面应合理地利用有限的资源,提高木材加工利用率,最大限度地提高木材的使用率。

国务院新闻办公室公布的第六次全国森林资源清查结果显示,全国林业用地面积为 2.85 亿  $\text{hm}^2$ ,森林面积为 1.75 亿  $\text{hm}^2$ ,森林覆盖率为 18.21%,森林蓄积量为 124.56 亿  $\text{m}^3$ ;人工林面积为 0.53 亿  $\text{hm}^2$ ,蓄积量为 15.05 亿  $\text{m}^3$ 。我国人工林面积继续保持世界首位,森林面积居俄罗斯、巴西、加拿大、美国之后,列第 5 位;森林蓄积量居俄罗斯、巴西、美国、加拿大、刚果之后,列第 6 位。但是,我国森林覆盖率仅相当于世界平均水平的 61.52%,居世界第 130 位;人均森林面积 0.132  $\text{hm}^2$ ,不到世界平均水平的 1/4,居世界第 134 位;人均森林蓄积量为 9.421  $\text{m}^3$ ,不到世界平均水平的 1/6,居世界第 122 位。同时,我国森林质量不高、分布不均、总量不足、管理不完善,因此如何充分利用好森林资源、提高木材利用率是我国林业科技人员迫切需要解决的重要课题之一,木材检测则是提高木材利用率的一个极其重要的手段。

现代社会在满足工业飞速发展的同时,也要满足日益增长的人口的生活需求,因此面临着资源逐步枯竭和环境严重污染的严峻形势,这些问题将是人类发展的最大障碍。人类一方面创造物质文明,从地球上提取资源制造材料,再把材料加工成生产和生活用的各种物件,使我们的社会高速进步;另一方面又将地球上的各种资源以能量和材料的形式不断地、无节制地消耗,以致出现资源日益短缺的局面。我们要珍惜现有木材资源,要合理、充分利用木材资源。

木材缺陷是指降低木材商品价值的非正常和不规则部分。它们会降低木材强度,影响加工和装饰的质量或外观。木材缺陷的类型很多,木材表面的缺陷可以采用人工检测,但是效率比较低。对于内部缺陷的有效检测,尚无高效率、高质量的办法。锯材是制作家具、地板等产品的原料,如果对锯材存在的缺陷进行有效检测,可以大大提高木制产品的质量和制作效率。另外,由于木材生产过程中的重复性和单一性的特点,用人工检测也存在着严重影响检测效果的因素,如生产过程中由于检测员注意力下降及长时间疲劳的影响,以及检测经验不同而造成的检测质量不同的影响等。这些都说明用智能化的机器代替人工对木材质量检测的必要性。近年来,虽然对木材缺陷检测的研究也有很大进展,但是如今还没有达到实用化程度。寻求非接触、精度高、具有综合分析能力的识别方法来代替人工目测,解决木材缺陷的模式识别和测量问题是木材加工行业面临的一大难题,也是值得我们长期探索的科研课题。

木材缺陷检测中缺陷出现的类型和数量这种统计学信息用于缺陷趋势监测还是个难题,一般的方法只是在发现问题后被动地寻找解决的方法,而不能在仅有发生问题趋势的情况下,使机器作出反应,来减弱这种不利的趋势。从这一点出发,在现有的技术中,人工智能模式识别完全可以解决这一问题,而在实现的手段上也完全可以由计算机视觉系统及人工智能识别算法等软、硬件予以保证。由以上几点可以看出,人工智能技术的应用对传统的木材缺陷测量技术提出了全新的挑战,为木材加工自动化提供了有效的手段。

本书以落叶松和桦木两种树种为例(它们分别属于针叶材和阔叶材)。在不损坏木材原有结构的条件下,找到一种有效的无损检测方法——X 射线检测法,不仅可以检测木材表面缺陷,还可以检测木材内部的缺陷,准确、快速地判断出木材内部的各种信息,根据神经网络理论本身和相关的理论、技术,如何利用既得的信息,采用成熟的信号处理技术和人工智能技术对缺陷模式进行识别,进而对材料进行评价显得更加重要。本研究采用模式识别中的人工神经网络方法,对木材 10 种缺陷类型(节子、变色、腐朽、虫害、裂纹、树干形状缺陷、木材构造缺陷、伤疤、木材加工缺陷和变形)中三种典型的缺陷(节子、腐朽、虫害)加以识别。通过人工神经网络方法对木材缺陷的类型进行有效识别,可取代人工检测,不仅能提高缺陷检测的准确率和检测效果,推动木材科学的研究手段,而且如果将该方法应用在实际生产线上,还可以提高木材生产的效率和自动化程度。利用识别效果,即缺陷类型、尺寸和位置可作出相应的决策,这样可以提高木材的利用率,并创造显著的经济价

值。因此,在图像处理的基础上,应用人工神经网络方法对木材的缺陷类型进行有效识别是实现木材缺陷检测自动化的一种高效率的、智能化的方法,能够确保合理选材、科学用材,提高木材的使用率,有效节约木材资源,保证森林生态环境的可持续发展。

## 1.2 木材无损检测技术的研究现状

无损检测(Non-Destructive Testing 或 Non-Destructive Evaluation,简称 NDT 或 NDE)又称非破坏性检测。它是在不破坏目标物体内部、外观结构与特性以及使用性能的前提下,应用多种物理原理和化学现象,对各种工程材料、零部件、结构件等的相关特性(如形状、位移、应力、光学特性、流体性质、力学性质等)进行测试与检测,借以评价他们的连续性、完整性和安全可靠。无损检测也可以对目标物体内部是否含有缺陷进行有效的探测,并对缺陷的形状、大小、方位、取向、分布和内含物等情况进行判断,还能提供组织分布、应力状态等信息,是一门新兴的、综合性的材料检测科学。无损检测技术的基础是物质的各种物理性质或它们的组合以及与物质相互作用的物理现象。迄今为止,包括在工业领域已获得实际应用的和已在实验室阶段获得成功的无损检测方法已达五六十种,甚至更多,随着工业生产与科学技术的发展,还将会出现更多的无损检测方法。

木材无损检测技术正是在这样的需求中迅速发展起来的,它从 20 世纪 50 年代才开始起步,但目前应用到木材科学和木材加工业中的无损检测技术和方法已达数十种。传统的木材物理、力学性质检测大都是采用检测仪器或力学试验机对规定尺寸的木材试样进行测量或破坏性试验来记录其尺寸、规格、表面形状以及所能承受的最大载荷等情况,虽然这些方法测定的结果比较准确,但是经过破损检测后的试件已基本上不再具有实用价值,这对有限的木材资源造成了巨大的浪费。此外,这些方法检测时间长、条件苛刻、稳定性差,已明显不能满足现代木材工业生产中在线检测和连续生产的要求,而且对于那些正在使用中又不能随便拆卸的木材构件(如建筑木构件)来说,这些方法也不再适用了。与传统的木材检测方法相比,木材无损检测技术可在不破坏木材及木质工程材料的本身形状、原有结构和动力状态以及最终用途的前提下,对木材的基本物理力学性质进行测定,既不破坏材料的原有特性,又能在短时间内获得期望的结果,有利于连续生产和提高生产效

率,还有利于操作人员快速作出正确的决策。无损检测技术在木材和木质工程材料中的应用极大地促进了木材及木质工程材料检测方法的根本变革,使木质工程材料的加工和生产过程中的质量控制和管理达到一个新的水平,为木材生产的工艺控制和自动化准备了必不可少的条件。

在国外,无损检测多用于金属、合成材料和医学等领域,因为这些领域的检测对象比较规范,成像规律已经被人掌握,使用效果较理想。木材加工业也已经开始在高档木材交易中应用无损检测技术。一些木材制造行业发达的国家,如德国、美国、加拿大、澳大利亚、新西兰和瑞典等,在木材加工厂、制材厂应用了无损检测技术,检测手段有 X 射线、超声波、微波、核磁共振、脉冲电阻等。应用该技术来判断木材等级,可以实现合理选材、科学用材。发达国家的某些木材加工厂在应用无损检测技术的基础上,已经开始使用计算机数字图像处理技术等高科技手段提高检测精度。常用的木材无损检测方法及研究现状如下。

### (1) X 射线检测法

X 射线检测法的主要原理是利用射线穿透不同木材部位时的吸收和衰减效应的不同,并根据感光底片上的不同记录来分析和判断木材的某些性质。应用于木材微密度、木材年轮、木材缺陷检测的方法有 X 射线摄影测量技术、X 射线电视检测系统、X 射线荧光透视技术及计算机层析 X 射线检测系统等多种方法。德国、美国、芬兰、日本等国家的林业研究人员都相继进行了木材检测技术在木材检测上应用的研究。美国研究人员在 1980 年用 8050 型 X 射线检验照相观测分析装置对桉树、辐射松等 10 个树种进行了检测,试材规格为 350 mm × 430 mm,每种树种取 27 块试材,对全部试材进行光学检测和 X 射线检验分析对比试验。新西兰 D. J. Cown 等人研制开发了一种配有微型计算机的木材微密度测试系统。日本东京大学开发了检测木材年轮的便携式 X 射线 CT 装置。我国林业研究人员从 20 世纪 70 年代末期应用 X 射线对木材缺陷进行初步的试验研究,随后应用 X 射线对鱼鳞松、长白落叶松、杉木、水曲柳的微密度进行研究,得出这 4 种木材密度、轮宽、晚材率与轮龄的关系;在 20 世纪 80 年代用 X 射线电视系统对木材腐朽进行检测,取得较好的成果。虽然 X 射线在木材性质检测上应用比较广泛,但是由于其设备成本较高且需要保护设施,所以基本上处于实验室研究阶段,特别是对野外木材缺陷如立木腐朽的检测仍需进一步的研究。

### (2) 超声波检测法

声波是指人耳能感受到的一种纵波,其频率范围为 16 Hz ~ 2 kHz。当声波的

频率低于 16 Hz 时就叫做次声波,高于 2 kHz 则称为超声波。一般把频率在 2 kHz 到 25 MHz 范围的声波叫做超声波。超声波是由机械振动源在弹性介质中激发的一种机械振动波,其实质是以应力波的形式传递振动能量,其必要条件是要有振动源和能传递机械振动的弹性介质(实际上包括了几乎所有的气体、液体和固体),它能透入物体内部并可以在物体中传播。利用超声波在物体中的多种传播特性,如反射与折射、衍射与散射、衰减、谐振以及声速的变化等,可以测知许多物体的尺寸、表面与内部缺陷、组织变化等,因此是应用最广泛的一种重要的无损检测技术——超声检测技术。从国内外林业研究来看,超声波检测法是木材无损检测技术中应用最广泛的方法之一。它不仅可以对木材物理力学性质进行检测,而且可以对木材表面与内部缺陷、木材生长特性(如年轮)进行测定。对木材物理力学性质与超声波之间的相关关系的研究始于 20 世纪 60 年代。美国、英国和日本等国的林业研究人员已对超声波的参数与木材强度、木材物理性质、木材超声弹性模量之间的关系进行了研究,取得了一些可喜的成绩。我国林业工作者从 1980 年开始在木材物理力学性质测定方面应用超声波技术,并得出木材顺纹抗压弹性模量和抗弯弹性模量与超声波参数之间的相关关系。应用超声波对木材缺陷的检测已有 40 多年的历史。研究表明,超声波可以检测木材表面和内部腐朽、节疤、树脂囊、夹皮、孔洞等木材缺陷,但不能检测木材变色及螺旋纹理等。近几年来,超声波参数与木材年轮相关关系的研究也有文献记载。随着无损检测技术的不断发展,超声波检测仪向着小型化和自动化方向发展。美国、日本和德国等林业发达国家已经研制了针对木材的性质或缺陷检测的便携式超声波探测仪。超声波虽然能快速、简便地测定一些木材的性质及缺陷,但由于木材结构的复杂性,应用超声波技术检测仍然存在一些需要解决的问题,如木材快速扫描,以及木材与超声波探测头之间有空气间隙时,需要有良好的耦合剂。目前使用较多的是水浸超声波探测的方法,这就限制了超声波探测仪在野外对木材性质及缺陷探测的应用和推广。

### (3) 微波检测法

微波是频率在 300 MHz ~ 300 GHz 的电磁波,波长为 1 mm ~ 1 m。利用微波在不同介质中的传播速度和衰减速度的不同,研究木材不同方向 and 不同部位的差异,常用透射、反射、定波和散射类仪器来检测。应用微波法检测木材物理性质始于 20 世纪 40 年代,芬兰、美国、日本等国的林业研究人员对在微波下木材介电性质与含水率之间的关系进行研究,取得一些成果。如芬兰 Plan-sell 公司生产的微波强度测试仪能够检测木材含水率、木材斜度及树节等。美国林产品研究所应用微波

测试仪对木材含水率、密度及木纹进行实验研究。除用于木材含水率及密度测定外,微波法还可以测定木材缺陷,如节疤、腐朽和孔洞等。芬兰 Plan-sell 生产的应力分等机可以检测成材缺陷。这些研究成果促进微波检测法在木材性质检测上的应用。但用微波法检测木材缺陷及物理性质时受到木材含水率的影响,而木材含水率随地域、树种类别和木材年龄的不同以及同一树木不同部位都有所变化。因此应用微波法检测野外树木性质的适应性与精度有待于进一步研究。目前,微波法大多用于板材性质检测。用微波法与射线、微波法与光学的联机检测木材性质将是应用微波法在线检测、提高其检测精度的发展趋势。

### (4) 应力波无损检测技术

木材的声学特性是应力波无损检测的物理基础,它的基本原理是当木材的一端受到敲击作用(机械作用)时,木材内部就会产生应力波(机械波)的传播,通过特定的设备和装置测定应力波传播时间的变化来判断木材的性质,如腐朽、缺陷以及计算木材的动弹性模量等。木材传声特性的物理参数与木材的力学性质有着内在的联系,木材的弹性模量则是表征木材力学性能最基本和最重要的指标之一,通过测定应力波在木材中的传播速度和木材的密度,可确定其动态弹性模量,从而可以对木材力学性质进行有效地预测。在木结构古建筑的保护中,常常利用此法测定不同旧木构件的残余动弹性模量,从而确定木构件的残余力学强度,再与同树种的健康材的力学强度值进行比较,得出旧木构件的强度衰减率。木材应力波无损检测技术包括横向应力波技术和纵向应力波技术,其中横向应力波技术主要用于检测木材内部是否含有腐朽或孔洞等缺陷,而纵向应力波技术则主要用于测定木材的动弹性模量,从而预测木材的力学强度和力学性质。一般地,当木材发生腐朽或虫蛀时,应力波的传播时间和速度会受到严重影响,垂直于木材纹理方向的传播时间明显增加,传播速度则急剧减小,因此检测木材横向(径向或弦向)应力波传播速度是探测木材内部是否腐朽的最佳途径。通常情况下,当应力波传播时间增加 30% 时,就意味着木材强度损失达到 50%;当应力波传播时间增加 50% 时,就意味着木材遭到了严重损害。

目前世界上基于应力波技术用于木材无损检测的仪器较多,其中匈牙利 FAKOPP Enterprise 生产的 FAKOPP Microsecond Timer 和总部设在德国的 Frank Rinn 公司生产的 ARBOTOM 是进行木材应力波无损检测时最常用的仪器。

无损检测技术研究已历经一个世纪,尽管无损检测技术本身并非是一种生产技术,但其技术水平却能反映该部门、该行业、该地区甚至该国的工业技术水平。

无损检测技术所能带来的经济效益十分明显。统计资料显示,经过无损检测后的产品增值情况大致是:机械产品为5%,国防、宇航、原子能产品为12%~18%,火箭为20%。例如,德国奔驰公司汽车几千个零件经过无损检测后,整车运行公里数提高了一倍,大大提高了产品在国际市场的竞争能力;日本小汽车生产中30%零件采用无损检测后质量迅速超过美国。德国科学家认为,无损检测技术是机械工业的四大支柱之一。美国前总统里根曾说过:“没有先进的无损检测技术,美国就不可能享有在众多领域的领先地位。”可见现代工业是建立在无损检测基础上的说法并不为过。

### 1.3 数字图像处理的进展

数字图像处理起源于20世纪20年代,当时通过海底电缆从英国伦敦到美国纽约采用数字压缩技术传输了第一幅数字图片。此后,由于在遥感等领域的应用,图像处理技术逐步受到关注并得到相应的发展。数字图像处理作为一门学科大约形成于20世纪60年代初期。早期图像处理的目的是改善图像的质量,它以人为对象,以改善人的视觉效果为目的。图像处理中,输入的是质量低的图像,输出的是改善质量后的图像,常用的图像处理方法有图像增强、复原、编码、压缩等。1964年美国的“喷气推进实验室”处理了由太空船“徘徊者七号”发回的月球照片,这标志着第三代计算机问世后数字图像处理开始得到普遍应用。从20世纪70年代中期开始,随着计算机技术和人工智能、思维科学研究的迅速发展,数字图像处理向更高、更深层次发展。人们已开始研究如何用计算机系统解释图像,实现类似人类视觉系统理解外部世界,这被称为图像理解或计算机视觉。很多国家,特别是发达国家投入更多的人力、物力到这项研究中,取得了不少重要的研究成果。

数字图像处理技术的迅速发展使其应用越来越广泛,目前已成为信息科学、计算机科学、工程学、物理、化学、统计学、医学、生物学甚至社会科学领域中各学科之间学习和研究的对象,已经渗透到工程、工业、医学、航空、航天、军事、科研、安全保卫等各个方面,在国计民生及国民经济中发挥越来越大的作用。图像处理技术在各个领域的应用取得了巨大成功和显著的经济效益:通过分析资源卫星得到的照片可以获得地下矿藏资源的分布及埋藏量;利用红外线、微波遥感技术可侦查到隐蔽的军事设施;X射线、CT已广泛应用于临床诊断,由于它可得到人体内部器官的

断层图像,因此可准确地确定病体位置,给诊断和治疗疾病带来了极大的方便。至于在工业生产中的设计自动化及产品质量检测方面也大有可为,在安全保障及监控方面,图像处理技术更是不可缺少的基本技术。

图像处理又是一门与国计民生紧密相连的应用技术,它给人们带来了巨大的经济效益和社会效益,不久的将来它在理论上将会有更深入的发展,在应用上也将是科学研究、社会生产乃至人类生活中不可缺少的强有力的工具。它的发展及应用与我国现代化建设联系之密切、影响之深远是不可估量的。在信息社会,无论在理论上还是实践上数字图像处理都有着巨大的影响力。

### (1) 在航天和航空技术领域中的应用

图像处理在航天和航空技术领域中的应用主要是对月球、火星照片的处理,还有对遥感图像的处理,以便进行资源调查、资源勘探、城市规划等各种应用。现在世界各国都在利用陆地卫星所获得的图像进行灾害调查(如病虫害监测、水火监测、环境污染监测等),资源调查(如森林调查、海洋泥沙和渔业调查、水资源调查等),资源勘探(如石油勘察、矿产量探测、大型工程地理位置勘探分析等),城市规划(如地质结构、水源和环境分析等),农业规划(如土壤营养、水分和农作物生长、产量的估算等)。这些图像在成像、存储、传输以及判读过程中,都广泛采用了数字图像处理技术。我国也陆续开展了一些实际应用,在气象预报和对太空其他星球研究方面,数字图像处理技术发挥了相当重要的作用。

### (2) 生物医学领域中的应用

图像处理在生物医学中的应用非常广泛,无论是临床诊断还是病理研究都大量采用图像处理技术。直观、无创伤、安全方便等优点使它备受青睐。目前医学图像处理已广泛应用于医学诊断,如 X 射线成像、CT、超声成像、核磁共振成像等。医学图像处理有两方面的作用:一是对图像进行增强、标记、染色等处理,从而帮助医生作出诊断;二是利用专家系统进行分析 and 诊断。

### (3) 工业工程领域中的应用

在生产线上对产品及部件进行无损检测是图像处理技术的重要应用领域,主要有产品质量的检测,生产过程的自动控制,对产品进行分类,印刷电路板疵病检查,弹性力学照片的应力分析,流体力学图片的阻力和升力分析,邮政信件的自动分拣等。其中值得一提的是,研制具备视觉、听觉和触觉功能的智能机器人,将会给工农业生产带来新的激励,目前已在工业生产中的喷漆、焊接、装配中得到有效应用。

#### (4) 军事安全领域中的应用

该领域可采用图像处理与模式识别的方法实现监控、案件侦破、交通管理等。在军事方面图像处理和识别主要用于目标的侦查、制导、自动灭火器的控制及反伪装;公安业务图片的指纹识别、人脸鉴别、事故分析、完整图片的复原、交通监控等;目前已投入运行的高速公路不停车自动收费系统中的车辆和车牌的自动识别等,这些都是图像处理技术成功应用的例子。

#### (5) 通信工程领域中的应用

图像通信按业务性能划分,可分为电视广播、可视电话、传真、会议电视、可视图文、图文电视。当前通信的主要发展方向是声音、文字、图像和数据结合的多媒体通信。具体地讲是将电话、电视和计算机以三网合一的方式在数字通信网上传输。其中以图像通信最为复杂和困难,因图像的数据量十分巨大,如传送彩色电视信号的速率达 100Mbit/s 以上。要将这样高速率的数据实时传出去,必须采用编码技术来压缩信息的比特量。在一定意义上讲,编码压缩是这些技术成败的关键。除了已应用较广泛的熵编码、DPCM 编码、变换编码外,目前国内外正在大力开发研究新的编码方法,如分行编码、自适应网络编码、小波变换图像压缩编码等。

## 1.4 神经网络的发展及研究现状

神经网络最早是在 20 世纪 40 年代由心理学家 W. McCulloch 和数学家 W. Pitts 合作提出的,他们提出的模型拉开了神经网络研究的序幕。神经网络的发展大致经过三个阶段:1947—1969 年为初期,在这期间科学家们提出了许多神经元模型和学习规则,如模型、学习规则和感知器等。1970—1986 年为过渡期,这个期间神经网络研究经过了一个低潮。在此期间,科学家们做了大量的工作,如 Hopfield 教授对网络引入能量函数的概念,给出了网络的稳定性判据,提出了用于联想记忆和优化计算的途径;1984 年,Hinton 教授提出 Boltzman 模型;1986 年 Rumelhart 等人提出误差反向传播神经网络,简称 BP(Back Propagation)网络。目前,BP 网络已成为广泛使用的神经网络。1987 年至今为发展期,在此期间神经网络受到广泛重视,各个国家都展开研究,形成神经网络发展的一个高潮。

随着计算机科学技术的蓬勃发展,人工神经网络的研究引起了广泛的关注。它的基本思想是从仿生学的途径对人脑的智能进行模拟。神经网络是由大量的简

单和高度互联的神经元组成,各神经元之间的连接强度由网络的内部权值决定,其实质是一门非线性科学,它具有并行处理、容错性、自学习功能,有别于传统方法。人工神经网络是一种新的计算结构模型,它是由大量的简单处理单元(人工神经元)广泛互联而成的一个具有自学习、自适应和自组织的并行分布式动态处理器。另外,还可以认为神经网络是可以从大量的信息中自动抽取特征,进而形成某种分类模式的信息处理系统。现在神经网络可以通过电子或光电元件来实现,也可以设计成计算机软件包。虽然人们提出了上百种不同形式的神经网络结构,如前馈神经网络(Feed-forward Neural Network, FNN),递归神经网络(Recursive Neural Network, RNN),细胞神经网络(Cellular Neural Network, CNN),径向基神经网络(Radial Basis Function Neural Network, RBFNN),小波神经网络(Wavelet Neural Network, WNN)等,但它们都拥有一些基本的特征,即神经元简单的非线性输入输出关系和它们之间的复杂连接。

目前,神经网络的模型有多种,比较有代表性的有前向神经网络、自适应共振理论(ART)神经网络、Hopfield 网络、Hamming 网络、认知机和神经认知机等。其中,用于模式识别方面应用较多的有误差反向传播(BP)网络、径向基(Radial Basis Function, RBF)神经网络等几种。

人工神经网络(Artificial Neural Network, ANN)是近年来获得飞速发展的新兴优化理论,主要研究如何利用计算机来模拟人类思维活动,其核心是对大脑的模拟,包括功能模拟和结构模拟。它是从研究人脑智能的角度出发来模仿、延伸人脑处理不完整、不准确信息功能的自适应非线性动力学系统。ANN 所考虑的神元并不是生物神经元,它们是对生物神经元极其简单的抽象,可以用相应的程序和硅电路来实现。ANN 作为现代神经科学发展的重点显现出越来越重要的作用。

在检测控制领域,由于处理越来越复杂的系统以及越来越高的设计目标的需要,人工神经网络的应用备受青睐,这些主要依赖于人工神经网络的几个突出优点:① 可以充分逼近任意复杂的非线性关系;② 所有定量或定性的信息都等势分布储存于网络内的各神经元,故有很强的鲁棒性和容错性;③ 采用并行分布处理方法,使得快速进行大量运算成为可能;④ 可学习和自适应不知道或不确定的系统;⑤ 能够同时处理定量、定性知识。

人工神经网络的特点和优越性主要表现在三个方面:第一,具有自学习功能。如实现图像识别时,只要先把许多不同的图像样板和对应的识别结果输入人工神经网络,网络就会通过自学习功能,慢慢学会识别类似的图像。自学习功能对于预