

数字图像 处理算法研究

陈 莉 著



科学出版社

数字图像处理算法研究

陈 莉 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书介绍了基于空域和基于频域的图像增强算法,一阶、二阶图像边缘检测算法,提出了三阶差分边缘检测算法;详细描述了基于阈值、区域生长、形态学分水岭的图像分割算法结构,给出了算法实现代码;详细描述了基于小波系数处理的图像去噪算法,基于小波系数处理的图像锐化、钝化算法;提出了基于小波变换的图像增强算法,设计了算法结构,给出了算法实现代码及算法处理效果图。详细描述了 PCA 人脸识别算法,提出了基于稀疏差分 and Mean-Shift 滤波的 Retinex 人脸识别算法。依据分数阶微分数学理论,推导了用于图像增强及边缘检测的分数阶微分模板;依据分数阶积分数学理论,推导出了用于图像去噪的分数阶积分模板。提出了基于图像复杂度的自适应分数阶微分图像增强及边缘检测算法。提出了基于小波变换的分数阶微分图像增强算法。

本书可作为信号处理、图像处理、通信与信息工程、自动控制和电力电气领域广大科研工作者从事科学研究的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理算法研究/陈莉著. —北京:科学出版社,2016.6

ISBN 978-7-03-048338-6

I. ①数… II. ①陈… III. ①数字图像处理-研究 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 111622 号

责任编辑:潘斯斯 张 帆 / 责任校对:桂伟利

责任印制:徐晓晨 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京科印技术咨询服务公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016年6月第一次印刷 印张:11 1/4

字数:267 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

本书介绍了数字图像处理算法,详细介绍了数字图像处理增强算法、边缘检测算法、分割算法、基于小波理论的数字图像处理算法、人脸识别算法、分数阶微分图像增强算法、基于小波变换的 Grümwald-letnikow 分数阶微分图像增强算法和分数阶积分图像去噪算法。

本书共有 10 章。第 1 章绪论,介绍了数字图像处理算法的研究现状和主要创新点。第 2 章数字图像增强,详细描述了基于空域的图像增强算法和基于频域的图像增强算法,给出了实现算法的程序代码,算法处理效果图。第 3 章数字图像边缘检测算法,描述了一阶、二阶图像边缘检测算法,提出了基于三阶的图像边缘检测算法,并对算法进行了验证。第 4 章数字图像分割算法,详细论述了区域生长分割算法、阈值分割算法、基于形态学分水岭的分割算法,给出了实现算法的程序代码和算法处理效果图。第 5 章基于小波理论的图像处理算法,详细描述了小波理论,基于小波系数处理的图像去噪算法,基于小波系数处理的图像锐化、钝化算法;提出了基于小波变换的图像增强算法,设计了算法结构,给出了算法实现代码及算法处理效果图。第 6 章人脸识别算法,详细描述了 PCA 人脸识别算法,对 PCA 算法使用 ORL 人脸库进行了验证,提出了基于稀疏差分 and Mean-Shift 滤波的 Retinex 人脸识别算法。第 7 章分数阶微分图像增强算法,从分数阶微分数学表示推导出分数阶微分模板,实现了分数阶微分的图像增强和边缘检测,给出了算法程序代码及算法处理效果图;提出了基于图像复杂度的自适应分数阶微分图像增强算法,给出了详细的算法步骤。第 8 章基于小波变换的 Grümwald-letnikow 分数阶微分算法,应用小波的时频分解特点,构造适合于小波分解图像的微分模板,实现小波分解下的分数阶微分图像增强。第 9 章分数阶积分图像去噪算法,从分数阶数学积分表达式推导出用于图像去噪的处理模板,给出了算法实现代码及效果图。第 10 章车牌识别算法。

本书在介绍经典数字图像算法的同时,介绍了作者提出的数字图像处理算法,主要算法创新如下:提出了三阶差分边缘检测算法;提出了基于稀疏差分 and Mean-Shift 滤波的 Retinex 人脸识别算法;提出了一种基于图像复杂度的自适应分数阶微分图像增强算法;提出了小波与分数阶微分结合的图像增强算法;设计了用于去噪的分数阶积分算法结构,从数学表达式推导出了模板系数,构造了去噪模板,给出了算法实现步骤,编写程序实现了算法的仿真,验证了算法的可行性和有效性。

本书由陕西理工学院物理与电信工程学院教师陈莉完成,是作者从事数字图像处理算法研究工作的总结。

由于数字图像处理算法处于不断的发展中,加之作者水平有限,书中错误和疏漏在所难免。在此,诚恳地期望得到各领域专家和读者的批评指正。联系方式:电子邮件: qxx0108@126.com。

编 者

2016 年 3 月

目 录

前言	
第 1 章 绪论	1
1.1 课题研究背景及意义	1
1.2 数字图像处理算法研究现状	2
1.2.1 数字图像增强算法研究现状	2
1.2.2 数字图像边缘检测算法研究现状	2
1.2.3 数字图像分割算法研究现状	3
1.2.4 小波变换在图像处理中应用的研究现状	4
1.2.5 人脸识别算法研究现状	4
1.2.6 分数阶微积分算法研究现状	5
1.3 创新点	6
第 2 章 数字图像增强算法	8
2.1 空域图像增强算法	8
2.1.1 直接灰度变换算法	8
2.1.2 直方图增强	10
2.1.3 空域滤波增强	15
2.2 频域滤波增强算法	23
2.2.1 低通滤波器	23
2.2.2 高通滤波器	28
2.2.3 同态滤波器	29
2.3 图像增强算法比较	31
第 3 章 数字图像边缘检测算法	32
3.1 经典的边缘检测算法	32
3.1.1 一阶微分的边缘检测算法	32
3.1.2 基于二阶微分的边缘检测方法	37
3.2 边缘检测改进算法——三阶差分边缘检测算法	42
3.2.1 三阶差分滤波器模板系数的推导	42
3.2.2 三阶差分滤波器模板的构造	44
3.2.3 三阶差分的图像边缘检测运算	45
3.2.4 算法验证及分析	45
3.3 边缘检测算法比较	46
第 4 章 数字图像分割算法	48
4.1 基于区域的分割算法	49
4.1.1 区域生长法	49

4.1.2	区域分裂与合并法	52
4.2	阈值分割算法	55
4.2.1	直方图双峰法	56
4.2.2	最大类间方差法	58
4.2.3	迭代法	59
4.3	基于形态学分水岭的分割算法	61
4.3.1	算法原理	61
4.3.2	分水岭分割仿真实现	63
4.4	其他分割算法概述	70
4.4.1	边缘检测图像分割	70
4.4.2	基于模型的图像分割	71
4.4.3	基于人工智能的图像分割	71
4.5	算法总结	72
第 5 章	基于小波理论的图像处理算法	73
5.1	小波变换	73
5.1.1	小波函数	73
5.1.2	一维小波变换	73
5.1.3	二位小波函数	74
5.1.4	小波变换的多分辨率分析	75
5.1.5	Mallat 算法	76
5.2	基于小波变换的图像处理	78
5.2.1	图像的小波分解及重构	78
5.2.2	基于小波变换的图像非线性增强	80
5.2.3	基于小波变换的图像钝化	81
5.2.4	基于小波变换的图像锐化	82
5.2.5	基于小波变换的图像去噪	84
5.2.6	基于小波单支重构的图像增强	87
第 6 章	人脸识别算法	95
6.1	PCA 人脸识别算法	95
6.1.1	PCA 的理论基础	95
6.1.2	PCA 人脸识别算法步骤	97
6.1.3	PCA 算法实现	100
6.1.4	PCA 方法的优点	105
6.2	基于稀疏差分 and Mean-Shift 滤波的 Retinex 算法在人脸识别中的应用	105
6.2.1	人脸图像的稀疏表示	105
6.2.2	人脸光照的算法改进	106
6.2.3	算法仿真	108
6.3	算法总结	110

第 7 章 分数阶微分图像增强算法 112

7.1 Grmwald-letnikow 分数阶微分定义 112

7.1.1 Grmwald-letnikow 数学表达式 112

7.1.2 分数阶微分滤波器的构造 114

7.1.3 分数阶微分的图像增强运算 115

7.1.4 算法仿真 115

7.2 基于图像复杂度的自适应分数阶微分算法 119

7.2.1 算法理论依据 119

7.2.2 自适应分数阶微分算法 120

7.2.3 仿真实验 121

7.2.4 算法总结 124

第 8 章 基于小波变换的 Grmwald-letnikow 分数阶微分算法 125

8.1 小波的分解及重构 125

8.1.1 二进正交变换(mallat 算法) 125

8.1.2 图像重构 125

8.2 基于 Grmwald-letnikow 的分数阶微分算法 126

8.2.1 数学理论 126

8.2.2 数字图像的分数阶微分前向差分近似表达式及模板 127

8.2.3 分数阶微分模板改进 128

8.2.4 基于小波变换的 Grmwald-letnikow 分数阶微分算法设计 129

8.3 基于小波变换的 Grmwald-letnikow 分数阶微分算法仿真 130

8.3.1 不同分阶数下图像增强效果 130

8.3.2 本文算法与分数阶微分算法增强图像比较 133

8.3.3 算法总结 134

第 9 章 分数阶积分图像去噪算法 135

9.1 分数阶积分定义及频率特性 135

9.1.1 分数阶微积分 Grmwald-letnikow 定义 135

9.1.2 分数阶积分频率特性 135

9.2 分数阶积分模板构造 136

9.2.1 图像分数阶积分处理的数学表达式 136

9.2.2 模板系数的提取及模板构造 137

9.2.3 分数阶积分去噪算法规则 139

9.3 分数阶积分算法去噪效果 139

9.3.1 高斯噪声下的算法去噪效果 139

9.3.2 乘性噪声下的算法去噪效果 142

9.3.3 高斯噪声下分数阶积分算法与滤波去噪方法效果对比 144

9.3.4 乘性噪声下分数阶积分算法与滤波去噪方法效果对比 145

9.3.5 算法总结 147

第 10 章 车牌识别算法 148

10.1 车牌识别系统的设计 148

10.1.1 设计原理 148

10.1.2 各模块的实现 149

10.2 车牌识别算法验证 157

10.2.1 算法程序 157

10.2.2 算法验证结果 163

10.2.3 算法验证结果分析 168

10.3 算法总结 169

参考文献 170

第 1 章 绪 论

1.1 课题研究背景及意义

国内的图像处理技术的发展大概经历了 4 个阶段：初创期、发展期、普及期和应用期。在 20 世纪 60 年代是初创期，当时的图像采用像素型光栅进行扫描并显示，大多数图像处理都采用中、大型机实现。在这个时期因为图像存储的成本高，处理的设备造价较高，所以其应用得比较少。在 20 世纪 70 年代进入了发展期，对图像开始大量采用中大型机进行处理，同时图像处理也逐渐改用光栅扫描显示方式。20 世纪 80 年代是普及期，这个时候的计算机已经能够承担起图像的处理任务。20 世纪 90 年代进入应用期，人们运用图像增强技术处理和分析遥感图像，以有效地进行资源和矿藏的勘探、调查农业和城市的土地规划、气象预报、灾害及军事目标的监视等。

数字图像处理技术可分为用于改善图像的视觉效果图像去噪、图像锐化、图像对比度提高技术；用于提取图像特征属性的图像边缘检测、图像分割、图像模式识别、人脸识别技术等；用于图像数据变换的图像变换、编码、压缩等技术。

随着现代科学技术的不断发展进步，图像信息在军事、医学、工业、农业中起到越来越重要的作用。主要应用领域有以下几个方面。

1. 工业方面应用

在工业生产现场，有各种生产管道、机械部件、电气设备，当这些设备存在内部损伤时，需要测定尺寸，检验质量，这是就需要用 X 射线、红外线、超声波成像，通过图像处理方法分析图像，完成检测。在工业控制方面，工业相机对生产线上产品进行图像采集，利用图像识别算法来定位产品的具体位置和种类。

2. 农业方面应用

数字图像处理技术可以用于研究农作物生长和病害诊断防治，可用三维图像技术来研究植物的根系和矿物质吸收之间的关系，为作物施肥提供依据。农田土地的资源普查和统计、耕地的检测和保护也需要航拍获遥感图像来进行分析。多光谱成像技术可用于农业病虫害监测、物产估量及灾情预报。

3. 医学方面应用

目前医学上应用的磁共振成像、超声成像、CT 成像、都要使用图像处理技术来获取人体某些部位图像，对图像进行分析、判断，为病情诊断提供依据。目前医学上正在推进的胃肠治疗技术需要在成像技术的配合下进行。

4. 公共安全方面应用

数字图像处理中的人脸、指纹、虹膜识别技术可以用于识别身份、对特定人的追踪，

对安保要求高的生产及公共场合。视频监控技术已广泛用于社会生活，交通运输系统中的视频监控为车流监测、交通控制提供了帮助。

5. 军事方面应用

数字图像处理技术可以为各种导弹、炸弹进行导航，可以为军事训练提供帮助，如：利用图像检测技术来检测弹痕、实现自动报靶；利用图像技术来进行军事侦察、战场环境检测，坦克的虚拟驾驶训练。

1.2 数字图像处理算法研究现状

1.2.1 数字图像增强算法研究现状

图像增强是按特定的需要采用特定的方法突出图像中需要的信息，削弱或去除无关的信息，将原图转换成一种更适合人或机器分析处理的形式的图像处理方法。

图像增强的方法是通过一定手段对原图像附加一些信息或变换数据，有选择地突出图像中感兴趣的特征或者抑制(掩盖)图像中某些不需要的特征，使图像与视觉响应特性相匹配。图像增强的处理方法的分类有很多种，按常见的算子分类有两种分类法。一种按算子所覆盖的面积分类可分为局部运算和整体运算两种。局部运算每次运算取一块子图像，子图像的面积可以是固定的，也可以是变动的；整体运算是同时对整幅图像进行处理。另一种按算子所属技术范畴分类，可以分为空域法和频域法。

空域法是在图像平面上修改灰度的各种算法，是在图像所在像素空间直接进行处理。空域法又可以分为点运算和局部运算。点运算算法是基于像素的图像增强，这种运算与位置无关，即这种增强过程中对每个像素的处理与其他像素无关，如对数变换；局部运算是基于模板的图像增强也叫空域法，这种运算与位置有关，即这种增强过程中对每个像素的处理都是基于图像中的某个小的区域，如空域卷积。空域增强分为图像平滑和锐化两种。平滑一般用于消除图像噪声，但是也容易引起边缘的模糊。常用算法有均值滤波、中值滤波。锐化的目的在于突出物体的边缘轮廓，便于目标识别。常用算法有梯度法、高通滤波、掩模匹配法、统计差值法等。

频域法是基于傅里叶变换式对图像在频谱上进行修改，增强或抑制所希望的频谱，是一种间接增强的算法。在频域上常用的有低通滤波器、高通滤波器和同态滤波器。近年来，波变换也在图像增强处理中得到应用。

1.2.2 数字图像边缘检测算法研究现状

图像边缘检测技术近几十年来成为数字图像处理技术的重要研究课题，图像边缘是图像灰度或颜色发生剧烈变化的地方，能直接反映物体的轮廓和结构，可应用于工业检测、图像分割、人脸识别、目标跟踪及视觉和模式识别工程领域。

目前边缘检测方法可分为灰度图像边缘检测方法和基于某种固定的局部算法，如微分方法、拟合方法。基于灰度边缘的方法是对原始图像中的某些领域来构造边缘检测算子，实现边缘检测。经典的算子分为一阶微分算子和二阶微分算子：一阶微分算子包括 Sobel 算子、Roberts 算子、Prewitt 等；二次微分算子包括 Laplacian 算子、LOG 算子、Canny 算

子等, 这些边缘检测算法对边缘灰度值过渡比较尖锐且噪声较小等不太复杂的图像, 大多数提取算法均可以取得较好的效果。但对于边缘复杂、采光不均匀的图像来说, 则效果不太理想, 主要表现为边缘模糊、边缘非单像素宽、弱边缘丢失和整体边缘的不连续等方面。

一阶微分算子中的 Roberts 算子是一种利用局部差分算子寻找边缘的算子, 它在 2×2 邻域上计算对角导数。Roberts 算子的一个主要问题是计算方向差分时对噪声敏感。Sobel 算子将方向差分运算与局部平均相结合的方法, 该算子是在以 $f(x, y)$ 为中心的 3×3 邻域上计算 x 和 y 方向的偏导数, Sobel 算子很容易在空间实现, Sobel 边缘检测器不但产生较好的边缘检测效果, 同时, 因为 Sobel 算子引入了局部平均, 使其受噪声的影响也比较小。当使用大的邻域时, 抗噪声特性会更好, 但这样做会增加计算量, 并且得到的边缘也较粗。Prewitt 算子在一个方向求微分, 而在另一个方向求平均, 因而对噪声相对不敏感, 有抑制噪声作用。它对灰度渐变和噪声较多的图像也处理得较好。

二阶微分算子中的 Laplacian 算子是对二维函数进行运算的二阶导数算子, 与方向无关, 对取向不敏感, 因而计算量要小。根据边缘的特性, Laplacian 算子可以作为边缘提取算子, 计算数字图像的 Laplacian 值可以借助模板实现, 但是它对噪声相当敏感, 它相当于高通滤波, 常会出现一些虚假边缘。因此, Marr 提出首先对图像用 Gauss 函数进行平滑, 然后利用 Laplacian 算子对平滑的图像求二阶导数后得到的零交叉点作为候选边缘, 这就是 LOG 算子。LOG 算子就是对图像进行滤波和微分的过程, 是利用旋转对称的 LOG 模板与图像做卷积, 确定滤波器输出的零交叉位置。正如上面所提到的, 利用图像强度二阶导数的零交叉点来求边缘点的算法对噪声十分敏感。所以, 希望在边缘增强前滤除噪声。为此, Marr 和 Hildreth 将高斯滤波和 Laplacian 边缘检测结合在一起, 形成 LOG (Laplacian of Gaussian, LOG) 算法, 也有人称之为拉普拉斯高斯算法。Canny 算法的梯度是用高斯滤波器的导数计算的, 检测边缘的方法是寻找图像梯度的局部极大值。Canny 使用两个阈值来分别检测强边缘和弱边缘, 而且仅当弱边缘与强边缘相连时, 弱边缘才会包含在输出中。因此该方法不容易受到噪声的干扰, 能够检测到弱边缘, 但 Canny 算子检测的边界连续性不如 LOG 算法。

1.2.3 数字图像分割算法研究现状

图像分割算法的研究已经有几十年的历史, 一直都受到人们的高度重视。关于图像分割的原理和方法国内外已有不少的研究成果, 但一直以来没有一种分割方法适用于所有图像分割处理。

图像分割在图像工程中起着承上启下的作用, 是介于低层次处理和高层次处理的中间层次。现在存在的图像分割算法, 有基于边缘的图像分割技术、基于区域的图像分割技术及与其他特定理论结合的图像分割技术。目前越来越多的学者开始将数学形态学、模糊理论、遗传算法理论、统计学理论、神经网络、分形理论和小波变换理论等研究成果运用到图像分割中, 产生了结合特定数学方法和针对特殊图像分割的先进图像分割技术。图像分割技术目前的研究热点为以下两个方面。

(1) 多种特征融合的分割方法。除了可以利用图像的原始灰度特征外, 还可利用图像的梯度特征、几何特征(如形态、坐标、距离、方向、曲率等)、变换特征(如傅里叶谱、小波特征、分形特征等)及统计学特征如(纹理、不变矩、灰度均值等)等高层次特征, 对于每个需要分割的像素, 把所提取的特征值组成一个多维的特征矢量, 再对它进行多维的特征

分析。利用多种特征的互相融合，图像像素就会被全面的描述出来，从而可以得到更好的分割结果。

(2) 多种分割方法相互结合的分割方法。由于目标成像具有不确定性和目标本身的多样性，一种分割方法很难对含有复杂目标的图像取得较理想的分割结果。这就需要利用多种特征融合外，还需将多种分割方法相互结合，使得这些方法充分发挥各自的优点，并且避免各自的缺点。采用何种方式结合来获得良好的分割效果是这种方法研究的重点。

1.2.4 小波变换在图像处理中应用的研究现状

在传统的傅里叶分析中，由于信号全部是在频域展开的，不含有任何时频信息，其对于某些应用来说是恰当的，因为有些应用对信号的频率信息是极其重要的。但是其丢失的时域信息可能对一些应用同样也非常重要，因此人们对傅里叶分析进行了改进，提出了很多既能表征频域信息，又能表征时域信息的信号分析方法，例如时频分析、短时傅里叶变换、小波变换、Gabor 变换等。其中短时傅里叶变换的基本思想是：假定在一定时间窗内的信号是平稳的，那么通过对时间窗进行分割，通过在每个时间窗内将信号展开到频域里就能够获得局部的频域信息，但它的时域区分度仅能依靠大小不变的时间窗，对有些瞬态信号来讲粒度还是太大。因此短时傅里叶分析对很多应用来说是不够精确的，依然存在很大的缺陷和不足。它只是在傅里叶变换基础上引入时域信息的一个尝试。

近几十年来，小波分析在理论和方法上得到了飞速发展，学者从多分辨率分析、框架分析和滤波器组三个不同出发点进行了分析。小波分析的多分辨率分析特点，克服了短时傅里叶变换在单一分辨率上的不足和缺陷，在频域和时域都具有表征信号局部信息的能力，频率窗和时间窗都能够依据信号的具体形态进行动态调整，通常，对低频部分可以利用较低的时间分辨率来提高频率的分辨率，对高频部分来说获取精确的时间定位可以利用比较低的频率分辨率。因此，小波变换被广泛的应用于信号处理和图像处理中。

目前，函数空间的刻画、小波级的构造、插值小波、向量小波、高维小波、周期小波等是小波理论的主要研究方向。在应用上，由于小波良好的时频特点、尺度变化特点、多分辨率特点使得小波在自动控制、信号分析、地质勘探、分型分析、图像处理中得到应用。小波理论正被广泛应用于图像增强、去噪，图像边缘检测，图像融合技术中。基于小波的分解和重构，可以将图像分解成低频和高频图像，小波理论被用于图像平滑、去噪、增强。基于小波的多尺度特征，小波分析的局域化特征，可以获得多尺度下高频细节信息，小波理论被应用于图像边缘检测技术；基于小波可将图像分解成多个不同尺度、不同分辨率的时频图像，反映图像局部特征变化，小波理论被用于图像融合技术。

1.2.5 人脸识别算法研究现状

经过世界各地学者几十年的探索积累，现有的人脸识别方法主要有以下三类：基于模型的人脸识别方法，基于几何特征的人脸识别方法，基于统计特征的人脸识别方法。

基于模型的人脸识别方法主要有三种模型：ASM 主动形态模型、AAM 主动外观模型和 HMM 隐马尔科夫模型。ASM 根据人脸形状和灰度信息建模，AAM 在 ASM 基础上增加了纹理信息。HMM 对表情姿态等变化有较好的鲁棒性。

基于人脸部几何特征的算法在时间上来说是最早提出的，这种方法提取人脸的特点是以五官大小和彼此间距为依据。每一个人的脸的轮廓、脸的五官大小以及相对位置的分布

也不相同,所以说用这种方法来进行人脸的识别还是有一定依据的。它提取人脸特征的具体做法是,提取人眼、眉毛、鼻子还有嘴巴这几个明显的特征点,测出这些五官的大小形状,及这些五官彼此间距离,进而识别人脸,特征提取之后用最近邻分类器法,相异度的测试则选用欧氏距离。几何特征这种人脸识别算法长处是简单、识别速度也快。但是这种方式提取的人脸特征信息是非常少的,提取这种程度的信息量根本不够,倘若人脸库中的人脸数量一旦增大到一定程度,再使用这种方法的话其实是非常不科学的。但这种方法并不是完全不可取,它还是很有前景的,就拿一个大一点的人脸库来说,对比人脸之前,能用面部几何特征的方式对训练样本进行大概的一个分类,以此来大大降低人脸识别的时间。

基于统计特征的人脸识别是目前人脸识别领域的研究热门,这一方法把人脸看成数字矩阵,用统计学方法识别人脸。特征脸方法是从主成分分析(PCA)中提取出的一种人脸识别技术。我们可以把囊括人脸图像的区域抽象成一个任意的向量,利用 K-L 变换后得到正交 K-L 基,我们找到最大特征值的基来表示某个人脸基本轮廓,此类脸被叫作特征脸。利用得到的很多非相关的线性组合,我们可以实现对人脸的合成重建。其实识别过程即就是人脸投影的一个过程,在特征子空间中找到特征脸的位置,再利用对图像的这种投影间的某种度量来确定图像间的相似度,最常见的方法就是选择各种距离函数来进行度量分类实现人脸识别。

这些经典的算法从训练样本全局角度出发,本身算法复杂度高,对于姿态和光照鲁棒性差,使得这些经典的算法在应用的时候受到很大的制约,在人脸识别方面采用稀疏表示越来越多的受到研究者的注意,这主要是因为稀疏表示具有识别率高和鲁棒性强等特点。目前,一些国内外学者在人脸识别方面进行的稀疏表示进行研究。文献(Yang A, 2010)提出在稀疏表示中的针对 l_1 范数最小化的问题求解,通过验证光照,伪装和污损的人脸图像,具有一定的鲁棒性优化。文献(Deng W H, 2012)提出构造差异辅助字典来测试样本与训练样本间的差异构造,实现在光照,伪装和污损的人脸图像下的鲁棒识别。文献(陈薇等, 2013)提出一种改进单尺度 Retinex 的光照人脸识别方法。采用双曲正切函数代替 Retinex 的对数函数对人脸图像进行亮度和对比度非线性增强;利用双边滤波代替 Retinex 的高斯滤波消除“光晕”,采用 Retinex 消除光照不利影响,采用 K 近邻算法建立人脸分类器。结果表明,改进 Retinex 降低了时间复杂度,图像增强效果优于同类算法,提高了人脸识别率。文献(朱秋旭, 李俊山等, 2013)对 Retinex 的图像对比度增强方法进行修正,引入了非线性变换函数修正红外图像的照射分量和反射分量以及全局对比度增强函数该算法处理后的图像能够更有效地增强图像的对比度,突出图像的边缘与细节信息,但是算法实现过程需要更多硬件支持。文献(Yang M, 2011)将人脸图像的识别问题看成具有稀疏约束的鲁棒回归问题,寻求稀疏编码估计解,构建出表示模型,从而提高人脸图像识别率。文献(Wagner A, 2009)通过将待测样本与训练样本将稀疏进行表现,构建了一个在光照变换,图像遮挡等条件下的人脸识别系统,具有一定的鲁棒性。文献(Patel V M, 2012)提出通过光线反射技术来构造不同光照条件下的正面人脸图像,从而实现对光照变化的鲁棒性。文献[18]提出了组合小波域多尺度 Retinex 模型(DWT-MSR)和 ICA 识别方法,仿真证明,基于该模型的方法在处理不同光照下的人脸图像时,效果明显优于传统的光照处理方法。

1.2.6 分数阶微积分算法研究现状

分数阶微分和积分被认为是整数阶微分的整数步长推广至分数步长的结果,近年来受

到学者关注,在图像处理领域的发展和研究现状主要总结为以下几个方面:

分数阶微分可以在保留低频信息的同时增强高频细节信息,因此近年来在图像增强领域受到研究者关注。文献(蒲亦非,2007)将分数阶微分引入到图像处理中,证明了分数阶微分进行图像处理的基础方法。文献(杨柱中等,2007)中提出了 Tiansi 微分算子,改进了分数阶微分模板,此后,文献(王斌等,2012;张雨等,2012;赵建,2012;蒋伟,胡学刚,2009)提出了很多改进的分数阶微分算法及模板,其总的思路是利用像素及其相邻像素的相关性,利用多尺度构造可实现的改进模板来提高图像边缘纹理信息的增强效果,其处理过程均在空域进行。文献(郭李,覃剑,2012)提出了小波与分数阶微分结合的图像增强算法。

分数阶积分在图像去噪方面具有高效性,不用估计噪声方差,直接使用模板就可以对图像进行去噪处理,并在去噪的同时较好的保留图像边缘信息。目前,文献(黄果等,2011),设计了分数阶积分的迭代算法,该算法去噪性能好,可以有效提高图像信噪比。文献(路倩倩,2012)用分数阶小波变换和分数阶积分结合的方法进行图像去噪,算法性能良好;文献(张富平等,2013)用分数阶积分对彩色图像去噪处理,并引入离散四元素傅里叶变换。

综上所述,分数阶微分的图像边缘检测、图像增强,分数阶积分的图像去噪技术受到学者关注,但基于分数阶微分、分数阶积分的自适应算法不多,基于变换域的算法不多,所以构造自适应算法是未来研究热点。

1.3 创 新 点

本书详细论述了图像增强算法、图像边缘检测算法、图像分割算法、人脸识别算法、分数阶微积分算法的原理,实现方法、实现效果,给出了算法实现的 MATLAB 程序代码,并在此基础,做出了以下创新。

(1) 提出了三阶差分边缘检测算法。

该算法将三阶差分理论引入边缘检测滤波器模板的设计中,通过三阶差分理论推导出滤波器模板系数,构造了水平、垂直、 45° 对角、 135° 对角四个方向的三阶差分滤波器模板,使用该模板与图像卷积运算实现图像边缘的提取和增强。实验结果表明:提出的三阶差分边缘检测算法对图像边缘和细节信息的增强效果优于传统一阶、二阶差分边缘检测算法。

(2) 提出了基于稀疏差分 and Mean-Shift 滤波的 Retinex 人脸识别算法。

该算法针对 Retinex 算法处理人脸光照图像产生的识别率不高的问题,首先在对人脸图像增加部分使用稀疏差分;然后利用 Mean-Shift 滤波代替高斯滤波对光照估计,可以提高在光照变化条件下的人脸图像的识别率,通过采用 Yale B 人脸库,CMU-PIE 人脸图像库和 AR 人脸图像库和 ORL 人脸图像库对算法性能进行测试。结果表明,该算法具有很好的光照鲁棒性,有效提高了人脸的识别率。

(3) 提出了一种基于图像复杂度的自适应分数阶微分算法。

首先依据图像分形的差分盒维数计算理论计算出可以表征图像复杂度的差分维数值,再建立分形维数值与分数阶微分算法分阶数的数学关系,用于自适应确定分阶数,实现依据图像复杂度的自适应图像增强。实验结果表明:该算法可以在保留图像低频信息的同时,增强和提取高频信息,并且根据图像复杂度自适应确定算法分阶数参数,有效的保证了算法增强的最佳效果。

(4) 提出了小波与分数阶微分结合的图像增强算法。

分数阶微分图像增强算法可以非线性保留图像低频信息，在一定程度上增强中高频边缘信息，为了提高分数阶微分算法对中高频边缘信息的增强效果，提出了小波与分数阶微分联合的图像增强算法；为配合小波分解后高频图像信息具有的方向性特点，对 Tiansi 分数阶微分算法做出了改进，设计了去水平方向、去垂直方向、去对角方向模板，根据图像小波分解后小波系数具有的方向性特点使用对应模板作边缘信息的进一步提取，最后将处理后的小波系数小波逆变换，得到增强图像；实验结果表明，该算法可以非线性保留图像低频信息，且对图像中高频边缘细节信息的增强能力优于分数阶微分算法，增强效果随着分数阶微分分数值的增大而增大。

(5) 设计了用于去噪的分数阶积分算法结构，从数学表达式推到了模板系数，构造了去噪模板，给出了算法实现步骤，编写程序实现了算法的仿真，验证了算法的可行性和有效性。

(6) 综合应用图像处理底层算法设计了车牌识别算法。

第2章 数字图像增强算法

一般情况下,图像增强是按特定的需要突出一幅图像中的某些信息,同时削弱或去除某些不需要的信息的处理方法,也是提高图像质量的过程。图像增强的目的是使图像的某些特性方面更加鲜明、突出,使处理后的图像更适合人眼视觉特性或机器分析,以便于实现对图像的更高级的处理和分析。图像增强的过程往往也是一个矛盾的过程:图像增强希望既去除噪声又增强边缘。但是,增强边缘的同时会同时增强噪声,而滤去噪声又会使边缘在一定程度上模糊,因此,在图像增强的时候,往往是将这两部分进行折中,找到一个好的代价函数达到需要增强的目的。图像增强算法可以分为空域增强算法和频域增强算法两大类。空域增强算法是在图像平面上修改灰度的各种算法,是在图像所在像素空间直接进行处理。空域增强算法又可以分为点运算和局部运算。频域增强算法是基于傅里叶变换式对图像在频谱上进行修改,增强或抑制所希望的频谱,是一种间接增强的算法。

2.1 空域图像增强算法

在数字图像处理中,空域是指由像素组成的空间,空域增强方法是指直接作用于像素的增强方法。空域处理如式(2-1)所示:

$$g(x,y)=T(f(x,y)) \quad (2-1)$$

其中 $f(x,y)$ 是增强前的图像, $g(x,y)$ 是处理后的图像,而 T 是对 f 的一种操作,其定义 (x,y) 的邻域。如果 T 是定义在每个 (x,y) 点上,则 T 称为点操作;如果 T 是定义在 (x,y) 某个邻域上,则 T 称为模板操作。

点操作是模板操作的最简单的形式即邻域 1×1 的情况,这时 g 的值仅依赖于 f 在 (x,y) , T 操作成为灰度变换函数,如果以 s 和 t 分别代表 f 和 g 在 (x,y) 处的灰度值则式(2-1)可写成:

$$t=T(s) \quad (2-2)$$

一般情况下像素的邻域比像素大,即像素的邻域中除了本身外还有其他像素。此时 g 的值不仅依赖 f 在 (x,y) 点的值,还与该邻域中其他像素灰度值有关。如果以 s 和 t 分别代表 f 和 g 在 (x,y) 处的灰度值,并以 $n(s)$ 代表 f 在 (x,y) 邻域内像素的灰度值,则式(2-2)可写成:

$$t=T(s,n(s)) \quad (2-3)$$

这时模板操作常称为空间滤波。

2.1.1 直接灰度变换算法

直接灰度变换属于所有图像增强中最简单的一类,这种变换算法很多,如图像求反、线性灰度变换、对数变换、灰度切割等。下面主要介绍对数变换与灰度切割。

1. 对数变换

输出图像 $g(x,y)$ 与输入图像 $f(x,y)$ 的亮度值关系值为对数形式:

$$g(x,y) = \lg[f(x,y)] \quad (2-4)$$

该变换用于压缩输入图像中高灰度区的对比度, 而扩展低灰度值。为避免对零求对数, 对 f 求对数改为对 $(f+1)$ 求对数, 再以尺度比例常数 C , 增加其动态调整范围。因此式 (2-4) 改为下式:

$$g(x,y) = C \lg[(f(x,y)+1)] \quad (2-5)$$

当图像的动态范围超出显示设备的显示能力时, 仅图像最亮部分可显示在设备上, 而低值部分看不见。这种情况下, 所显示的图像相对于原图像将存在失真。这时, 采用对数变换对原图像的动态范围进行压缩, 可以消除这种因动态范围太大而产生的失真。图 2.1 是对数变换处理效果。

算法仿真:

%对数变换

```
I=imread('D:\image\xj7.jpg');%读取图像
```

```
I=mat2gray(I);% 对数不支持 unit8 类型数据, 将矩阵转换为灰度图像数据格式(double)
```

```
J=log(I+1);
```

```
subplot(1,2,1);
```

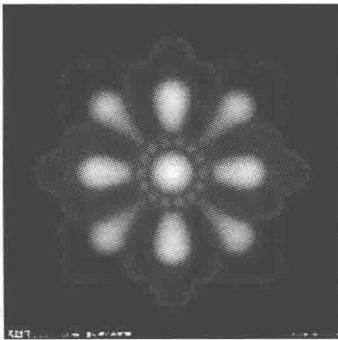
```
imshow(I);%显示图像
```

```
title('原图');
```

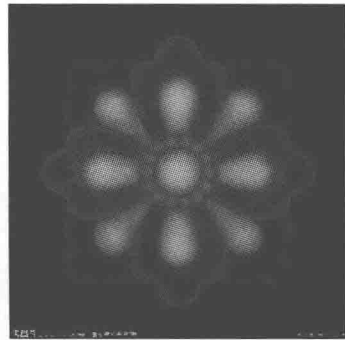
```
subplot(1,2,2);
```

```
imshow(J);
```

```
title('对数变换后的图像');
```



(a) 原图



(b) 对数变换后的图像

图 2.1 原图像与对数变换处理后的图像

从图像对数变换前后的效果比较, 可以知道, 对数变换确实能够扩展低值灰度, 而压缩高值灰度, 使低值灰度的图像细节更容易看清。

2. 灰度切割

灰度切割的目的是增强特定范围的对比度, 用来突出图像中特定灰度范围的亮度。进行灰度切割的方法有许多, 常用的有两种方法: 一种是将感兴趣的灰度级以较大值显示出来, 而对另外的灰度级以较小的灰度值来显示, 如图像二值化将图像上的像素点的灰度值