

数字图像 模式识别 工程软件设计

蒋先刚 著



光盘提供完整源程序、资源、素材



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

数字图像模式识别工程软件设计

蒋先刚 著

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书主要介绍图像模式识别的基础理论和程序实现技术,从工程应用的角度比较全面地介绍图像模式识别应用软件设计的基本方法和实用技术。全书分为8章,主要内容包括:图像模式识别的基本理论和概念、图像模式识别中所需的各种图像预处理技术、模板分类器的基本理论和程序设计方法、贝叶斯分类器的基本理论和程序设计方法、几何分类器的基本理论和程序设计方法、图像分割和特征生成的基本技术和程序设计方法、神经网络分类器的基本理论和程序设计方法、聚类分析的基本理论和程序设计方法。每章都包含多个图像模式识别的工程应用例程,各章之间的理论分析和程序模块具有一定的相关性和独立性。

本书系统介绍了基于 Delphi 的图像模式识别的程序设计技术,以讲解实例设计的方式介绍图像模式识别的程序设计技巧,注重理论,突出实用。

本书可作为本科生、研究生和工程软件人员的图像模式识别算法及相关应用课程的参考教材,书中的例子全部通过 Delphi 7 验证实现,随书所附光盘提供书中介绍的所有图像模式识别方面的软件包的完整源程序以及编程和运行所需的资源、素材和控件。

书中的例子全部通过 Delphi 7 验证实现,随书所附光盘提供书中介绍的所有图像处理工程软件包的完整源程序及编程和运行所需的资源、素材和控件。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像模式识别工程软件设计 / 蒋先刚著. —北京:
中国水利水电出版社, 2008

ISBN 978-7-5084-5492-4

I. 数… II. 蒋… III. 数字图像—模式识别—软件工具—
程序设计 IV. TN911.73 TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 048763 号

书 名	数字图像模式识别工程软件设计
作 者	蒋先刚 著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京诚顺达印刷有限公司
规 格	787mm×1092mm 16 开本 26.25 印张 644 千字
版 次	2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	48.00 元 (含 1CD)

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

基于计算机的图像模式识别技术是计算机应用技术的重要组成部分。随着计算机图像处理技术、图像模式识别技术的迅速发展,计算机图像模式识别技术在工业、农业、国防、科学研究和医学等各个方面得到了更加全面的应用。

Delphi 作为 Windows 环境下面面向对象快速开发的工具,以其高速的开发效率深受程序开发人员的喜爱,在 Delphi 开发环境下,软件开发人员的主要精力放在想要达到的目的的规划上,而不是具体烦琐的细节上。Delphi 具有良好的封装性,各种实用控件十分丰富,它在数据库开发、图像处理和多媒体开发方面都具有无可比拟的优越性。用 Delphi 开发的图像模式识别软件具有运行效率高、安全可靠、开发快捷和模块可重用性强等诸多优点。

本书主要介绍图像模式识别的基础理论和程序实现技术,从工程应用的角度介绍数字图像模式识别应用软件设计的基本方法和实用技术。全书分为 8 章,每章都以多个具体的模式识别软件包开发的实例来叙述其相关的理论和编程技术。

第 1 章介绍图像模式识别的基本理论和概念,通过基于图像分析的黄豆质量评估系统软件包的设计技术介绍,使读者掌握图像模式识别的一般的工程软件设计的基本知识和技术。

第 2 章介绍图像模式识别所需进行的图像预处理的各种基本技术实现的程序设计,包括图像预处理软件包的设计(对于一些比较复杂的图像预处理技术也给出了完整的程序模块)、高精密多目标的细小发光体计数系统的软件设计。

第 3 章介绍模板分类器的基本理论和程序设计方法,包括基于模板的手写数字识别系统的软件设计技术、基于模板的肝脏 B 超图像自动诊断系统的软件设计技术和基于模板分类的轴承表面缺陷识别系统的软件设计技术,重点讲述了这些系统的模板库的建立和维护的程序设计技术。

第 4 章介绍基于概率统计的贝叶斯分类器的基本理论和程序设计方法,主要介绍了基于贝叶斯分类器的手写数字识别系统的软件设计技术。

第 5 章介绍几何分类器的基本理论和程序设计方法,介绍了基于最小错误、最小均值平方误差等几何分类器理论的手写数字识别系统的软件设计技术和肝脏 B 超图像纹理分类识别系统的软件设计技术。

第 6 章介绍图像分割和特征生成的基本技术和程序设计方法,介绍了图形形状分析软件包和链码运算与细胞分割软件包的设计技术。

第 7 章介绍神经网络分类器的基本理论和程序设计方法,介绍了基于神经网络的手写数字识别系统的设计技术和基于神经网络的肝脏 B 超图像自动诊断与识别系统的软件设计,重点介绍这些识别系统的各种特征选择的合理性及神经网络调试中的软件设计方法。

第 8 章介绍聚类分析的基本理论和程序设计方法,介绍了基于均值聚类的车牌定位和识别系统、车牌字符各种特征提取实验系统和血液红细胞分析系统的软件设计技术。

本书各章之间的理论分析和程序模块具有一定的相关性和独立性。从应用角度讲,图像处理方法与模式识别方法之间没有明显的界限之分,各种方法的配合和协调才能达到最佳的应

用效果。本书在章节安排上考虑了一般教科书的层次性、连贯性、系统性，同时也考虑了每个软件包开发的各种技术的组合性、全面性。各章节中的许多技术是交叉引用的，书中各章既可独立阅读和进行实验，也可相互贯通地理解和实践。本书将图像模式识别技术与 Delphi 编程技巧结合起来讲述，侧重于实践性、实用性和源代码表现，以讲解实例设计的方式介绍图像模式识别和相关的程序设计技巧，注重理论，突出实用，提倡在程序的字里行间理解图像模式识别的理论和概念，程序的实现是理论学习的目的，更是理论正误验证的唯一准则，只有在程序实现和调试的基础上才能验证新旧算法、技术和方法的效率并产生新的具有生产力的源代码。

本书可作为本科生、研究生和工程软件人员的数字图像处理与图像模式识别及相关应用课程的参考教材和自学用书，书中的例子全部通过 Delphi 7 验证实现，随书所附光盘提供书中介绍的所有图像处理工程软件包的完整源程序及编程和运行所需的资源、素材和控件，这些软件包及其中的源程序段可以不加修改或稍加修改而直接应用于非商业开发的图像处理和图像识别软件技术研究及相关工程软件包的设计中。

由于作者的水平有限和总结研究的时间限制，书中介绍的相关技术、软件包及源程序还有许多功能需要进一步完善和改进，如有错误和可商讨的地方，敬请广大读者提出宝贵意见和建议。作者 E-mail: jxg_2@tom.com。

作者
2008 年 3 月

目 录

前言

第 1 章 图像模式识别导论.....	1
1.1 图像模式识别概述	1
1.2 图像模式识别的应用	4
1.3 基于图像分析的黄豆质量评估系统设计.....	5
1.3.1 图像特征识别系统的基本技术要求.....	5
1.3.2 图像特征识别统计系统的构架及软件实现技术.....	5
第 2 章 数字图像预处理	19
2.1 图像的灰度化	19
2.1.1 图像的灰度化处理的基本原理.....	19
2.1.2 图像的灰度化的程序实现.....	20
2.2 图像的二值化	21
2.2.1 图像的二值化处理的基本原理.....	21
2.2.2 图像的二值化处理的程序实现.....	21
2.3 图像的反色	23
2.3.1 图像的反色处理的基本原理.....	23
2.3.2 图像的反色处理的程序实现.....	23
2.4 图像的中值滤波	24
2.4.1 图像的中值滤波处理的基本原理.....	24
2.4.2 图像的中值滤波处理的程序实现.....	25
2.5 图像的高斯滤波	26
2.5.1 图像的高斯滤波处理的基本原理.....	26
2.5.2 图像的高斯滤波处理的程序实现.....	27
2.6 Gabor 变换	28
2.6.1 Gabor 变换的基本原理	28
2.6.2 Gabor 滤波器设计	29
2.6.3 Gabor 变换的程序实现	35
2.7 各向异性扩散平滑滤波.....	42
2.7.1 各向异性扩散平滑滤波的基本原理.....	42
2.7.2 各向异性扩散平滑滤波的程序实现.....	44
2.8 二值图像的腐蚀	47
2.8.1 二值图像的腐蚀的基本原理.....	47

2.8.2	二值图像腐蚀的程序实现.....	51
2.9	二值图像的膨胀	52
2.9.1	二值图像的膨胀的基本原理.....	52
2.9.2	二值图像的膨胀的程序实现.....	53
2.10	二值图像的开运算	54
2.11	二值图像的闭运算.....	55
2.12	灰度图像腐蚀	55
2.12.1	灰度图像腐蚀的基本原理.....	55
2.12.2	灰度图像腐蚀的程序实现.....	56
2.13	灰度图像膨胀	58
2.13.1	灰度图像膨胀的基本原理.....	58
2.13.2	灰度图像膨胀的程序实现.....	59
2.14	灰度图像开运算	60
2.15	灰度图像闭运算	61
2.16	灰度图像腐蚀和膨胀的其他衍生运算.....	61
2.17	图像的 Sobel 边缘检测	62
2.17.1	图像的 Sobel 边缘检测的原理	62
2.17.2	Sobel 边缘检测的程序实现	63
2.18	图像的 Prewitt 边缘检测	64
2.18.1	图像的 Prewitt 边缘检测的原理	64
2.18.2	Prewitt 边缘检测的程序实现	65
2.19	图像的 Robert 边缘检测.....	66
2.19.1	图像的 Robert 边缘检测的基本原理.....	66
2.19.2	Robert 边缘检测的程序实现.....	67
2.20	Kirsch 边缘检测	68
2.20.1	Kirsch 边缘检测的基本原理.....	68
2.20.2	Kirsch 边缘检测的程序实现.....	68
2.21	Laplace 边缘检测	71
2.21.1	Laplace 边缘检测的基本原理.....	71
2.21.2	Laplace 边缘检测的程序实现.....	72
2.22	Gauss-Laplace 边缘检测	73
2.22.1	Gauss-Laplace 边缘检测的基本原理.....	73
2.22.2	Gauss-Laplace 边缘检测的程序实现.....	74
2.23	Canny 边缘检测	75
2.23.1	Canny 边缘检测的基本原理	75
2.23.2	Canny 边缘检测的程序实现	76
2.24	Marr 边缘检测	80

2.24.1	Marr 边缘检测的基本原理.....	80
2.24.2	Marr 边缘检测的程序实现.....	80
2.25	基于图像预处理技术的细小颗粒计数系统的软件设计.....	82
2.25.1	细小颗粒计数系统的软件系统要求.....	82
2.25.2	细小颗粒计数系统的软件系统设计框架.....	83
2.25.3	细小颗粒计数系统的软件模块设计.....	84
第3章	模板分类器.....	94
3.1	模板匹配分类法.....	94
3.2	基于模板分类器的手写数字识别工程软件设计.....	95
3.2.1	手写数字识别系统的软件设计要求.....	95
3.2.2	手写数字识别软件系统的模块构成.....	96
3.2.3	数字图像模板库的建立及管理.....	96
3.2.4	数字图像模板库的修改和添加.....	107
3.2.5	手写数字图像识别.....	111
3.2.6	手写数字识别软件与其他软件的信息交流.....	112
3.3	基于模板分类器的肝脏 B 超图像自动诊断系统工程软件设计.....	114
3.3.1	肝脏 B 超图像纹理分析.....	114
3.3.2	肝脏 B 超图像纹理计算.....	115
3.3.3	肝脏 B 超图像自动诊断系统的软件设计.....	122
3.4	基于模板分类器的轴承表面缺陷识别系统工程软件设计.....	136
3.4.1	轴承表面缺陷图像分析.....	136
3.4.2	表面缺陷图像的一般几何特征提取.....	138
3.4.3	表面缺陷图像的矩特征提取.....	143
3.4.4	轴承表面缺陷识别系统的软件设计.....	147
第4章	贝叶斯分类法.....	162
4.1	贝叶斯决策概述.....	162
4.1.1	贝叶斯决策的一般概念.....	162
4.1.2	贝叶斯定理.....	162
4.2	基于贝叶斯的手写数字识别系统软件设计.....	166
4.2.1	基于贝叶斯的手写数字识别系统的软件设计步骤.....	166
4.2.2	基于贝叶斯的手写数字识别系统的软件实现.....	167
第5章	几何分类器.....	178
5.1	几何分类器的基本概念.....	178
5.2	判别函数分类器.....	179
5.2.1	判别函数的种类.....	179
5.2.2	线性判别函数.....	179
5.3	几何分类器的设计.....	181

5.3.1	线性分类器的设计	181
5.3.2	LMSE 分类法在手写数字识别中的程序设计	184
5.3.3	LMSE 分类法在肝脏纹理分类识别中的程序设计	188
5.3.4	Fisher 分类准则	198
5.3.5	基于 Fisher 的手写数字分类算法的程序实现	200
第 6 章	图像分割与特征生成	205
6.1	图像分割的基本概念	205
6.2	特征生成及特征匹配	205
6.2.1	颜色特征	206
6.2.2	形状特征	206
6.2.3	纹理特征	207
6.2.4	空间关系特征	208
6.2.5	特征和分类	208
6.2.6	样本特征归一化	212
6.3	图形形状分类与计数系统的工程软件设计	212
6.3.1	图形形状分类与计数系统的设计框架	212
6.3.2	图形形状各特征值的定义与计算	213
6.3.3	基于一般几何特征值的综合分析 with 统计	234
6.3.4	光栅图像识别与矢量图形转换	238
6.4	基于链码运算的细胞分割和计数系统的工程软件设计	241
6.4.1	医学图像细胞分割的各种方法与应用	241
6.4.2	基于链码运算和其他技术的细胞分割技术的比较和应用	241
6.4.3	基于链码运算的细胞分割和计数系统的软件设计	243
第 7 章	神经网络分类器	296
7.1	神经网络的基本概念	296
7.2	神经网络的理论分析	297
7.2.1	神经元模型	297
7.2.2	BP 网络的学习算法	298
7.2.3	BP 网络的设计	299
7.2.4	一般性 BP 网络的不足与改进	300
7.3	基于 BP 神经网络的手写数字识别系统软件设计	301
7.3.1	字符特征选择与提取的实现	301
7.3.2	基于神经元网络的手写数字识别程序实现	304
7.4	基于神经网络的肝脏 B 超图像自动诊断与识别系统软件设计	317
7.4.1	B 超图像识别 BP 网络的拓扑结构	318
7.4.2	B 超图像识别 BP 网络的输出编码	318
7.4.3	B 超图像识别 BP 网络的参数选择	318

第 8 章 聚类分析 320

8.1 聚类分析的一般概念 320

8.1.1 系统聚类 320

8.1.2 分解聚类 321

8.1.3 动态聚类 321

8.1.4 模糊聚类 323

8.2 基于均值聚类车牌定位和字符识别系统工程软件设计 323

8.2.1 基于强制聚类中心的均值聚类技术 323

8.2.2 车牌字符综合特征的选择和识别 349

8.2.3 基于均值聚类的细胞统计系统工程软件设计 376

参考文献 403

第 1 章 图像模式识别导论

1.1 图像模式识别概述

图像模式是人们对要识别的图像对象的定义和描述, 图像模式类是具有某些几何、纹理和数学描述体的共同特性的样本客体的集合。图像模式识别是对表征事物或物理现象的各种形式的物理数据、图像信息进行处理和分析, 以对图像进行描述、辨认、分类和解释的过程。图像模式识别的研究是将图像处理、特征定义与变换、分类方法、数字计算等各种技术综合应用, 自动地识别和分类物体图像中的几何目标、区域纹理和数学描述体的目标的过程。

一般的基于计算机的图像模式识别系统由 5 个基本模块组成, 包括图像数据采集、图像数据和预处理、特征建立及分析、分类器设计、分类决策或模型匹配。任何一种图像模式识别方法的实现都需要有客体, 首先要通过各种数据采集设备、数字图像摄像头、模拟图像 A/D 转换卡或者将各种物理变量转换为计算机能表达的二维或三维数字图像。这种由获取的数字图像组成的空间为模式空间, 计算机必须从这些众多的图像数字信息中抽取和提炼出重要和简约有效的特征信息, 这在系统处理的前期需要包括消除噪声、分离背景、图像分割等技术处理, 去掉一些非重要信息, 然后对识别样板的物体或者区域的特征进行分析计算和变换, 采用合理的方法和技术对特征进行选择、提取和训练以建立和形成模式的特征库, 对待识别的样本的模式分类或模型匹配在已建立的特征空间和特征样板库的基础上依据合理的分类器方法而得到正确的分类结果。

一般的图像模式识别系统主要由 5 部分组成: 图像信息获取、图像预处理、图像特征抽取、分类器设计和分类决策。通常的图像识别系统具体的模块构成如图 1-1 所示。

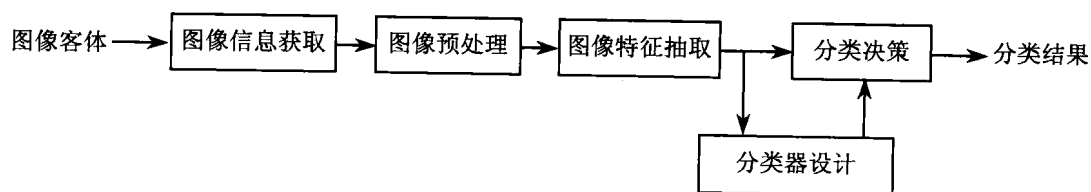


图 1-1 图像模式识别系统的模块构成

图像模式识别的主要过程包含如下模块功能:

(1) 图像信息获取。通过数据采集器、图像转换卡、数字摄像头将光信号、模拟信号、物理数据等信息转化为数字图像信息。采集的物理数据可以以二维或三维的方式显示出来, 不同格式的图像将转换成 24 位的 R、G、B 表达的图像格式, 动态表达的影像序列被提取成单帧图像。

(2) 图像预处理。图像预处理主要包括图像平滑、变换、增强、恢复、滤波等功能, 具体算法和技术包括灰度化、二值化、二值开运算、二值闭运算、灰度化开运算、灰度化闭运算、

中值滤波、均值滤波、高斯滤波、各向异性扩散、Gabor 滤波、小波分析等，这些技术对图像的预处理结果各不相同，而图像预处理的目的是只有一个，即为特征量的获取提供充足、完整和紧凑的图像信息。

图像预处理的方法和过程的选择取决于特征选取和模式分类的特殊要求。通过图像获取设备获得的图像或者由其他渠道获得的图像的格式、内容、质量和数据信息各不相同，有些需要将图像模拟 AV 信号变成数字图像，有些需要将测量的数字数据表达变成数字图像。数字图像中包含着非常丰富的信息内容，要识别复杂图像中具有特定特征的目标，就要采用合适的数字图像预处理的方法和过程。如在机械加工中，需要确定在加工面上已标记圆的中心钻孔，如果考虑用形状特征去识别图像中的目标，就需要使包含这些形状特征的待处理图片中的数据量和数据种类尽量少，通过灰度化处理使包含 1600 万种颜色的彩色图像变成只包含 256 种灰度变化的图像，然后选择合适的二值化处理的技术将灰度图像变成只包含黑白两种灰度变化的图像，在黑白图像中，取背景为黑色像素，这时只需求取包含加工面上图形形状的白色连通域的各连通区域的面域中心坐标、面积、周长、圆形率、周边粗糙度和矩等特征，由这些特征可以确定哪些是圆形，哪些是方形或刀具加工痕迹。这时通过修正光学镜头摄像产生的图形变形而得到相对精确的圆的中心的图形坐标，选择与钻孔直径相对应的钻头，并将圆的中心坐标转变为数控钻床的平移指令，就可使数控钻床达到自动识别圆孔、自动选择刀具直径和自动走刀的加工目的。整个图像预处理过程中各种方法的选择和顺序非常重要，前一预处理方法为后一预处理方法提供一个合适的输入信息，最后的预处理方法得到的结果最利于图像特征的抽取和选择。

(3) 图像特征抽取和选择。在图像模式识别中，需要进行特征的抽取和选择。例如一幅 320×320 的黑白图像可以得到 102400 个点数据，每个点数据有两种变化的可能性，即该点为白色还是黑色，一幅 320×320 的彩色图像可以得到 102400 个点数据，每个点数据有 24 种变化的可能性，这样只考虑将测量空间的原始数据通过变换获得在特征空间最能反映分类本质的特征，而这种过程称为图像特征抽取。具体地讲，对于将识别三角形、四边形、多边形和圆等几何形状的扫描图形变为矢量图的工程应用，其特征一般可以在二值图上得到，这时应将彩色图像变为灰色图像，然后变为黑白图像，如背景为黑色，几何形状就为白色，白色的几何形状可用诸如面积、周长、圆形率、外接矩形率等表达，也可以用几何形状的拐点分布等来表达，在这些图像特征中需要抽取和选择反映几何形状可区分性的特征，同时抽取的特征易于计算和程序实现。对于识别图像中形状边界不明显的工程应用，如实时识别 B 超图像中正常肝、脂肪肝和肝硬化的医学识别软件的设计，这时应选取器官组织的纹理特征，纹理的特征包含像素的均值、方差、峰度、熵、灰度行程、不变矩等，在这些纹理特征中，有些特征的可区分性很强，而有些特征的可区分性很弱，特征之间存在相互关联和相互独立的成分，这也需要抽取和选择合适与利于程序实现分类的特征量。已选择的特征量中，有些在分类时起非常重要的作用，这时就要用诸如 K-L 变换的方法得到更为重要和精简的特征量。

(4) 分类器设计。按照一定的规则，通过分析和训练而建立合理的样板库和将待识别样品进行正确分类的方法和技术就是分类器设计。分类方法主要有统计方式、结构（或称句法）方式和模糊方式。首先得到充分发展的是统计方式分类的理论和方法，这类方法又可进一步分为监督分类和非监督分类两种。监督分类是根据已经确切知道其归属类别的学习样本确定各种类别在特征空间中的分布范围，在此基础上对被识别对象进行分类。在监督分类中，学习样本

的归类是影响最终分类质量的关键因素之一,分类的结果很大程度上取决于学习样本的归类的精确性。非监督分类是指在无法预先确定学习样本的归属的情况下,根据样本本身的相似程度,将比较相似的样本聚集在一类中,以此确定各种类型在特征空间中的分布范围,在此基础上对被识别对象进行分类。K 均值聚类 and 模糊聚类算法就是一种非监督的分类方法。

要得到良好的分类结果,必须进行分类训练及性能测量。根据学习样本来确定判别函数的过程称为分类的训练或学习。学习样本是指已经被正确识别为某一确定类别的样本,选择的学习样本集合应该具备广泛的代表性,它的集合代表了这一类别的总体分布,以保证被识别样本的分类性能与学习样本基本相同。因此,学习样本的选择和整理对分类训练和分类性能具有至关重要的影响。

目前主要的分类方法包括进行模板比对的模板分类器、基于概率统计的 Bayes 分类器、基于易于理解的几何分类器、基于神经网络的分类器和基于聚类分析的分类器。分类器设计的主要功能是通过训练确定判决规则,使按此类判决规则分类时,分类的错误率最小或风险最低。训练好的学习样本将被放入模板库中保留,依据不同的分类方法建立其相应的样板库。

(5) 分类决策。在特征空间中对被识别图像对象进行分类的过程就是分类决策。设计判别函数是进行分类的重要步骤之一。通常,可以根据最近距离原则、线性判别函数、统计决策理论和人工神经网络等决策规则设计判别函数。在有监督的统计分类中,事先已经确定了各个类别在特征空间中的区域,为了对被识别样本分类,可以为每个类别设计一个判别函数。

平面和空间图像中其物体和区域常常具有相同性和特异性,依据经验和应用要求,需要把具有一定相似度但并不完全一样的物体和区域归属为一类。在血液红细胞识别和计数系统中,红细胞的大小、面积、区域颜色、外形复杂度、圆形度等参数基本一致但具体数据都不完全相同,需要将它们归属为同一类别。对于每个红细胞组织形态,不可能在模式库或者训练学习阶段都由系统遇到和处理过,但由于它本身的特征属性的相似度和在合理的分类方法分析下都会被认为是“红细胞”类别,而不会被识别为其他细胞或者背景物。从数学的观点来看,模式是与类别(集合)的概念分不开的,在认识一个集合的有限数量的事物或样板的基础上,可以识别这个集合中的其他具有相似特征的事物或样板。在知道事物的先验概率的基础上推算出事物的后验概率。从具体的事物或样板中推断出总体概念,这些个别的事物或样板就称为“模式”,而它们的总体规律和属性的范畴被称为类别。手写数字“1”有一个定义的定义模式,这个模式的定义包括它只由一个连通的笔画组成,它在 8×8 的网格中主要占据中间部分,笔画点比 8×8 的网格点的总数少 $1/3$,而向右斜 10° 或者向左斜 8° 的手写输入的字“1”只是这个模式中的一个样本,只要按合理的模式分类方法进行决策,它们一般都可被正确地分在模式“1”的分类中。

图像模式识别主要包括研究如何感知和定义客体对象,及在经验样本与判断规则下,用计算机实现对这些客体对象的分类方法。

如果对图像模式识别的过程从整体上都用图像处理的观点来分析,按照处理图像对象的目的和过程来分,图像模式识别涉及图像的所有技术分为3个步骤:图像预处理、图像分析和图像理解。

(1) 图像预处理。图像预处理是图像分析的前期准备,图像预处理的目的是使图像中描

述客体特征的图像更加简炼、独特性更强、信息量少而唯一。图像的预处理着眼于图像之间的变换。图像预处理的运算数据量一般较大,但所涉及的处理方法具体而有实际的效果可见,例如,对一幅受噪声污染的图像通过中值滤波等去除其噪声以提高目标图像物的清晰度,通过对灰度 B 超图像进行伪彩色处理以提高人眼对细微明暗变化的识别效果,通过图像饱和度的对比加强使红细胞图像与背景的区别得到加强等。图像预处理属于基础层次的操作,一般情况下,只涉及图像本身的性质,而不涉及关于图像内容的知识,其操作必须尽量减少对后续目标对象分析的特征量的损失,为图像分析提供简单而分明的分析客体。

(2) 图像分析。图像分析主要着眼于检测、测量和描述图像中感兴趣的目标对象,分析的对象是输入图像中特定目标的像素集合,它们可以以连通域或纹理来表现。图像分析是对特定目标的图像区域的连通域或纹理进行特征提炼的过程。图像分析的目的主要是定义和获取图像目标的特征数据,并在此基础上对图像进行特征描述。例如,在对轴承表面质量进行分析时,对划痕、点蚀、压痕等连通域的圆形度、长短半轴比率、不变矩进行描述,用纵横向黑点分布直方图作为手写数字特征描述图像的统计特征等。以上这些都属于图像分析的范畴。图像分析属于中间层次的操作,为图像理解提供更高层次的特征物的数学和逻辑的客体描述。

(3) 图像理解。图像理解建立在图像分析的基础上,它主要研究图像中各目标的性质及它们之间的相互关系,并在此基础上得出对图像内容含义的理解和分类对比方法。图像理解主要是对经图像分析抽象出来的数据进行定义、计算和分类,其结果一般是得到更有组织的描述规律的信息。图像理解过程涉及的运算数据量较小,而运算和提炼的抽象程度高,与人类的思维逻辑及推理过程相似,如用人工神经网络方法决策细胞归类问题。例如,根据显微细胞图像的颜色分布特性和细胞区域的周边复杂度而确定正常细胞或病细胞,肝脏 B 超图像有限区域的纹理特征与基于经验的肝脏 B 超图像模板库内已知分类的图像进行相似性检测和匹配,并根据相似程度确定待检图像类别,其归类方法有模板对比法、Bayes 分类、几何分类和神经网络分类等。这些都属于图像理解的范畴。图像理解属于高级层次的操作,它依赖于关于图像内容的知识,参照行业专家对图像内容所含信息的认知和决策。对于肝脏 B 超图像,其纹理描述包括能量、熵、相关度等,而具体的正常肝、肝硬化、不同分级脂肪肝的定义和对应的 B 超图像需要临床检验医生的指导而定义。

在图像预处理和图像分析两个环节之间,一般要进行图像分割,将感兴趣的目标从原图像中提取出来,在实际程序设计过程中,图像预处理、图像分析和图像理解在 3 个处理环节上具有一定的层次性、关联性,它们相互影响、相互渗透,其过程间没有严格的界限,低层操作是高层操作的基础,前一操作是后一操作的前提,后一操作是前一操作的目的,有时一个图像模式识别系统需要 3 个环节的相互交叉实施,有时只需要实施一个环节即可达到整个系统设计的目的。

1.2 图像模式识别的应用

图像模式识别在气象分析、工业生产应用、交通信息管理、农业生产应用、医学分析、生物信息检测、文字信息处理等方面得到了广泛应用。

(1) 图像模式识别已经在天气气象预报分析、卫星遥感图片分析、自然灾害预测等方面

得到了广泛应用。

(2) 图像模式识别在工业生产和质量检验等方面得到了实际应用。图纸扫描识别系统可将手绘图纸和蓝图转换为矢量图形输入到诸如 AutoCAD 绘图系统中。加工工作面表面质量的图形化检测使工作效率大大提高,基于图像分析的流水线上的啤酒质量检测系统极大地提高了工作效率。

(3) 图像模式识别在交通信息管理方面得到了积极应用。车辆智能化、信息化的管理在很大程度上都得益于模式识别技术的进步,车牌自动定位和识别系统、车辆流量分析系统、驾驶员面部状态分析系统、交通标记自动识别和分析系统、车轮轴承红外图像分析系统都为交通信息智能化、交通安全运行提供了技术支持。

(4) 图像模式识别在农业生产中得到了广泛应用。基于卫星图像的土壤分析、水利资源利用、农业灾害预测得到广泛的应用,基于图像的流水线上的葡萄干的分级择选系统大大提高了产品质量和生产效率。

(5) 图像模式识别在医学图像分析统计方面得到了成功应用。红血球、白血球识别和计数系统大大减轻了医疗检测人员的工作负担, B 超图像病理组织自动分析系统提高了诊断效率, 红外乳腺检测系统为预防妇科疾病发挥了巨大作用。

(6) 图像模式识别在生物信息处理方面有了非常大的进展。语音识别、指纹识别、字迹鉴别、虹纹分析、掌纹识别系统为特种金融行业和安全系统提供了非常重要的辨别工具。

(7) 图像模式识别在信息处理方面取得了实际意义上的应用, 印刷体识别录入系统、手写数字输入系统、以画草图方式的工程图纸输入系统使信息交流跨越了媒体间的距离。

1.3 基于图像分析的黄豆质量评估系统设计

1.3.1 图像特征识别系统的基本技术要求

在进行软件系统设计之前, 首先应该确定系统的基本技术要求, 下面列出基于图像分析的黄豆质量评估系统的基本技术要求:

- (1) 系统界面简单, 容易操作, 系统运行稳定。
- (2) 系统对黄豆大小等特征的计算误差不能超过 5%。
- (3) 要求系统通过机械和物理方法使黄豆图像没有粘连情况发生。
- (4) 从对盘中黄豆图像的采集到给出统计评估报告单的最大耗时为 20 秒。

1.3.2 图像特征识别统计系统的构架及软件实现技术

(1) 系统硬件平台。系统硬件包括 TOTA-500 摄像头、图像采集卡 SDK 3000、高性能计算机等。当装在盘中的黄豆放在摄像机下时, 通过摄像采集模块进行图像采集。

(2) 系统软件平台。黄豆识别计数的算法中用到的关键技术有阈值分割、图像细化运算、孔洞填充、计数统计等。程序的工程名为 BeanCountAndAnalysis.dpr, 摄制和实验的图片在子目录“\程序\第 1 章\基于图像分析的黄豆质量评估系统\BeanImages”中, 实验用文件名为 bean.jpg。基于图像分析的黄豆质量评估系统的主界面如图 1-2 所示。

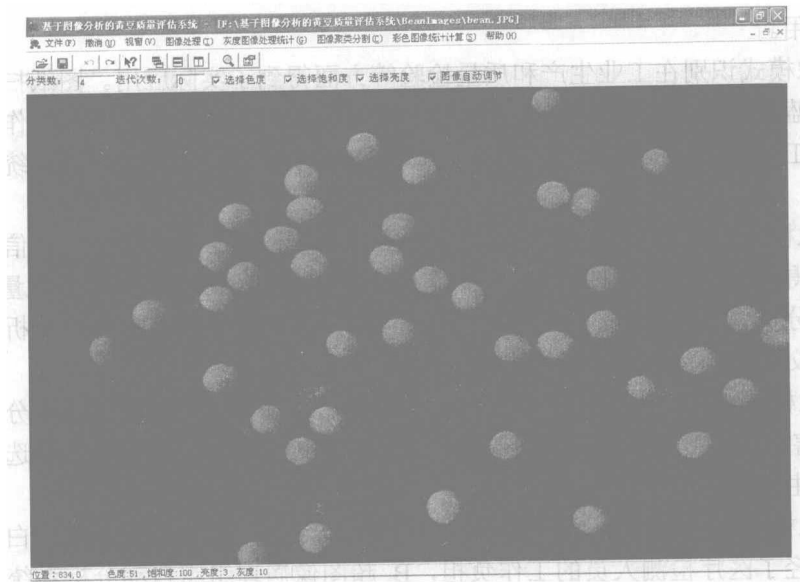


图 1-2 基于图像分析的黄豆质量评估系统的主界面

1.3.2.1 多文档系统构成及功能模块的设计

1. MDI 多文档窗口系统设计

考虑到该图像分析评估系统涉及许多方式的文档处理，因此采用多文档系统，多文档系统也就是一个系统具有多文档界面。多文档界面也称为 MDI（Multiple Document Interface）。多文档界面是一种在一个应用程序中同时打开两个或更多文件的界面形式。例如在字处理程序中可以同时打开多个文件，用户可以在多个文件中方便地进行切换。

MDI 应用程序提供了一种方便的方式，使用户在同一工作区域内可以对多个文档进行观察和交换数据。MDI 工作区域可以分为父窗体和子窗体，在 Delphi 7 的 MDI 应用程序中，父窗体通常是程序的主窗体。MDI 应用程序包含的窗口有主窗口和子窗口。

主窗口：应用程序的主窗口，这个窗口主要用于管理子窗口。该窗口有标题栏、菜单栏和系统菜单。右上角有最小化、最大化和关闭按钮。主窗口中间的空白区域是客户区。客户区是在主窗口创建时自动创建的。

子窗口：用于存放数据的窗口，例如文本文件、表格、位图和其他文档等。与主窗口类似，它也有标题栏、系统菜单，最小化、最大化和关闭按钮等。子窗口的菜单和主窗口的菜单具有关联和层次关系。子窗口不能移出客户区。

在 MDI 中，父窗口负责程序的全局调控，子窗口负责实际的模块功能的实现。父窗体之外的窗体称为子窗体，文档或其他数据在子窗口中打开。这些文档可以是相同的文件格式，在应用程序支持下也可以是不同的文件格式。

在设计阶段，可以创建 MDI 父窗体作为应用程序主窗口，也可以创建子窗体样板。Delphi 7 允许创建多个子窗体类型，但 MDI 应用程序只支持其中的一种。

下面是创建 MDI 应用程序的基本步骤：

- 创建主窗口。
- 创建子窗口。
- 创建主窗口菜单。

- 合并菜单。
- 运行时创建子窗口。

(1) 创建父窗口。

在 MDI 应用程序中,主窗口为应用文档提供一个工作区域。在这个区域中可以打开一个或多个子窗体,创建父窗体是建立 MDI 应用程序的第一步。

创建父窗口与其他窗口类似,不同之处在于设置窗体的 `FormStyle` 属性。

`FormStyle` 属性决定一个窗体是父窗口还是子窗口,或者不是 MDI 类型。只能在设计阶段确定 `FormStyle`。在 Object Inspector 窗体中将 `FormStyle` 属性设置为 `fsMDIForm`。值得注意的是应当把父窗口定义为应用程序的主窗体,否则程序编译会出错。

(2) 创建子窗口。

设计阶段可以创建子窗口的样板,用户在运行时使用样板的实例。子窗口是默认可见的。

创建子窗口时将窗体的 `FormStyle` 属性设置为 `fsMDIChild`。如果程序在运行时创建子窗口,则创建子窗体的步骤如下:

- 1) 选择 Options→Project 命令,系统弹出自动创建列表对话框。
- 2) 在自动创建列表中选中子窗口。
- 3) 单击  按钮将子窗口移至可得到窗体列表。
- 4) 单击 OK 按钮退出对话框。

(3) 创建应用程序菜单与菜单合并。

父窗口的菜单应作为应用程序的主菜单。如果子窗口有菜单,则当子窗口在运行获得焦点并最大化时,子窗口的菜单项将合并到父窗口菜单中。

创建父窗口与子窗口的菜单的方法与创建普通窗体菜单类似。菜单合并是指程序运行过程中,子菜单与父窗口菜单的相互作用。如当子窗口获得焦点时,子窗口的菜单或插入主窗口的菜单中,或替换部分或全部的父窗口菜单。

进行菜单合并需要设置两个属性:窗体的 `Menu` 属性和菜单项的 `GroupIndex` 属性。

`Menu` 属性定义窗体的活动菜单,而菜单合并只对活动菜单进行。如果窗体有多个菜单组件,运行时则设置窗体的菜单为新的活动菜单。

`GroupIndex` 属性决定出现在菜单栏中的各菜单项的位置,在菜单合并中,`GroupIndex` 将决定合并菜单是插入还是替换主窗体菜单栏中的菜单。

`GroupIndex` 的默认值是 0,可用以下规则确定其值:

- 数值越小,菜单的位置越靠左。例如,`GroupIndex` 为 0 的菜单将出现在菜单栏的最左端。随着 `GroupIndex` 数值的增大,菜单项依次向右排列。
- 若需要替换主菜单中的某一菜单项,则将子菜单相应菜单项的 `GroupIndex` 设为与之相等的值。这条规则适合一个或多个菜单项。例如,主菜单中的 Edit 菜单项的 `GroupIndex` 值为 1。将子菜单中的一个或多个菜单项的 `GroupIndex` 值设为 1,则在运行时,这些菜单项替换主窗口的 Edit 菜单。将同一窗体的多个菜单项的 `GroupIndex` 设为相同值,原有的排列顺序在菜单合并时保持不变。
- 若要在菜单合并时插入菜单项,需要在主菜单中预留数值“位置”。例如,主菜单的两个菜单项数值为 0 和 5,则子菜单的 `GroupIndex` 值为 1、2、3、4 的菜单在融合时将插入其中。