

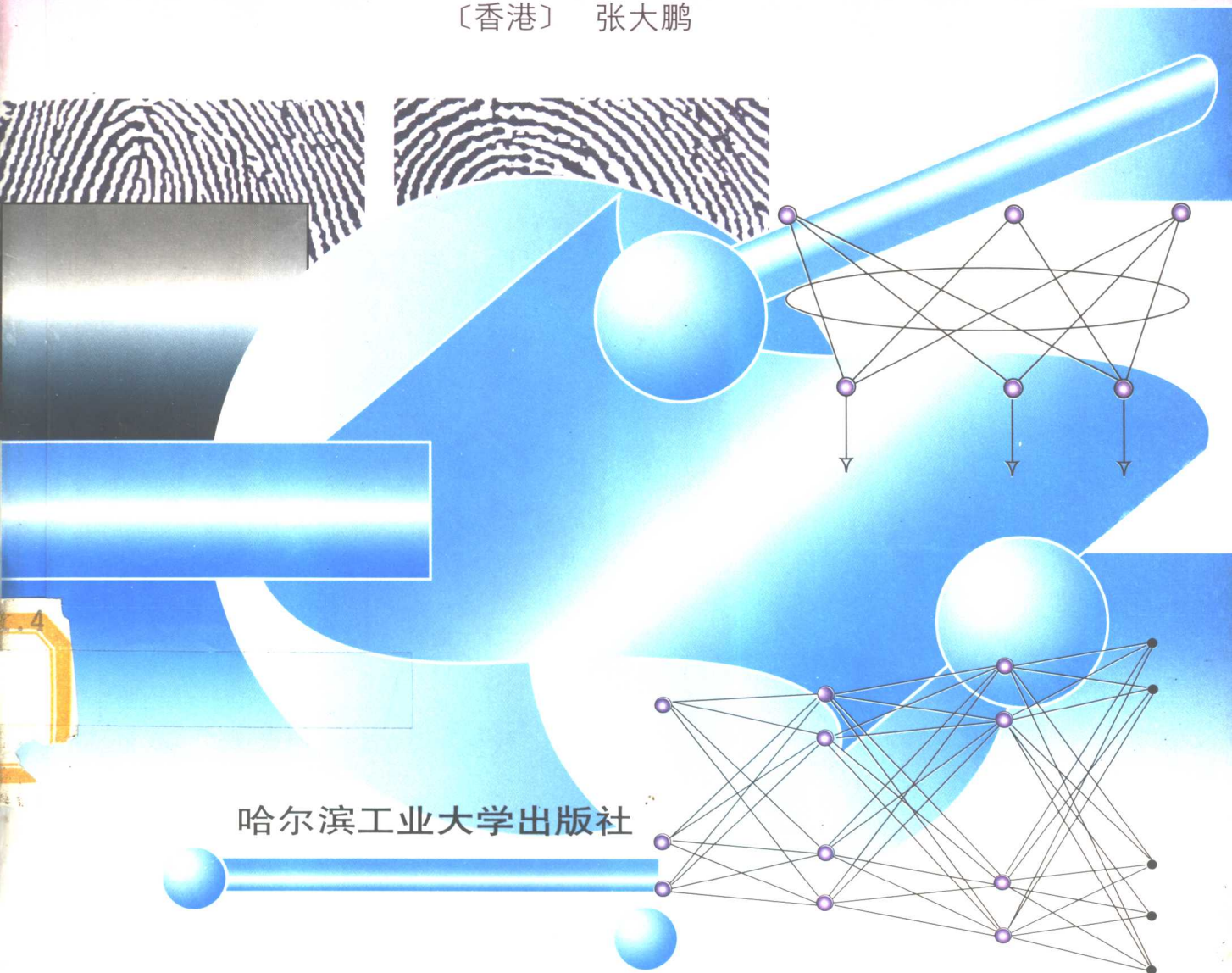
*Parallel Computer Systems Design
for Pattern Recognition &
Image Processing*

Dr. Dapeng Zhang, David

模式识别与图像处理 并行计算机系统设计

〔香港〕 张大鹏

哈尔滨工业大学出版社



Parallel Computer Systems Design for Pattern Recognition & Image Processing
Dr. Dapeng Zhang, David

模式识别与图像处理 并行计算机系统设计

〔香港〕 张 大 鹏

哈尔滨工业大学出版社
1998·哈尔滨

0888-12

内 容 提 要

本书系统地阐述了构成优化的模式识别与图像处理(PRIP)的并行计算机系统的算法、语言、结构、应用设计及相应的研究成果。主要内容有:并行算法及其语言,并行计算机结构、并行系统设计,以及基于PC的系统及应用。

本书可作为从事模式识别与图像处理、计算机、人工智能、自动控制、电路与系统、电子工程、信号与信息处理等专业的研究生和高年级大学生的教材,又可作为上述专业的工程技术人员、科技人员和教师的参考书。

模式识别与图像处理并行计算机系统设计

Moshi Shibie yu Tuxiang Chuli Bingxing Jisuanji Xitong Sheji

张大鹏 著

*

哈尔滨工业大学出版社出版发行

哈尔滨市工大节能印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 21.75 字数 550 千字

1998年3月第1版 1998年3月第1次印刷

印数 1-1 000

ISBN 7-5603-1280-2/TP·107 定价 36.00 元

前 言

新工业革命浪潮兴起的一个重要标志是智能机的问世,它在功能上和概念上是现有计算机的革命性发展。而智能接口是构成新一代智能机的一个重要组成部分,其中模式识别与图像处理(PRIIP)又是智能接口的一个极为重要的内容。因此,从这个意义上说,PRIIP 对于智能化、信息化社会的发展举足轻重。

然而,PRIIP 涉及到巨大的数据阵列及高速(实时)的运算要求,单纯地在常规通用机上,采用软件方法来满足这种要求,这不仅证明是不经济的,同时,也是无法实现的,唯一的解决办法是构造优化于 PRIIP 的计算机系统。而现代科学技术的发展又为其实现提供了必要条件:其中各种并行技术有助于构造适于 PRIIP 操作的系统结构;计算机技术可以组成足以容纳高分辨率图像的大容量存储器以及提供数据交换的快速 I/O 通道;VLSI 技术可以提供各种专用或通用功能的芯片使用;灵活的数据库管理技术可满足 PRIIP 操作的各种要求。同时,人们在实践中根据各自的实际需要,又不断地对 PRIIP 应用提出各种新的特殊要求,而对于 PRIIP 操作实现实时处理的迫切性以及算法、语言提供并行处理的可行性,又迫使人们着眼于寻求基于并行处理的新型计算机系统。所有这些因素,使得 PRIIP 计算机的出现最终成为现实。

近十几年来,随着 PRIIP 的广泛应用,各种 PRIIP 计算机系统大量地涌现出来。由于它们具有高效、实用的特点,并带来廉价的前景,所以,它们异军突起,正活跃在许多应用领域,成为当前不容忽视的重要发展趋势。

在这本书中,我们将系统地阐述 PRIIP 并行计算机的设计方法、实现考虑及应用前景,其重点旨在研究、设计和构造综合性能指标最佳的 PRIIP 系统。我们希望通过如下十五章内容的讨论,能使读者对依赖于并行算法、语言及结构的 PRIIP 计算机有较为系统的理解和认识。特别是,作者希望本书能对在这些领域从事研究或应用的工程技术人员及科技人员提供有益的参考。

本书的具体内容安排如下:

第一篇中的第一、二两章主要介绍基本的图像处理技术、模式识别方法以及 PRIIP 系统构成;探讨 PRIIP 计算机的发展与分类,并提出结构设计的关键考虑和选择策略。

第二篇包含的第三章和第四章分别探讨并行 PRIIP 算法及其语言。其中第三章结合 PRIIP 算法分析,着重讨论像素级和区域级并行算法及其性能评价标准;第四章则叙述并行图像处理语言,主要涉及语言的命令级及其分布。

第三篇研究 PRIIP 并行计算机结构。其中第五章的 SIMD 阵列结构,主要包

括阵列机的构造及其设计;第六章的流水线结构,讨论串行与流水处理的结构方法,以及相应的流水线设计;第七章的 MIMD 多机结构,其重点在于结构应用及 VLSI 网络;第八章则结合 VLSI 结构,讨论适于 PRIP 的 VLSI 结构、算法及其设计。

第四篇介绍并行系统的发展,其中第九章讨论 Systolic 阵列系统实现的 PRIP 算法及其系统设计;第十章结合数据库技术而设计图像处理与图像数据库管理综合系统;第十一章探讨混合锥体的结构、实现及相应研究;第十二章讨论神经网络学习、结构与实现,并系统地设计一种模糊聚类神经网络。

第五篇探讨了基于微型机设计相应的 PRIP 系统。其中第十三章介绍输入/输出接口设计与开发,以及微型机图像预处理器设计;第十四章讨论适于流水线处理的纹理分析方法和有关的性质;第十五章结合具体应用,分别设计焊接缺欠自动检测系统、指纹自动识别系统以及遥感图像实时分析系统。

此书所涉及的有关 PRIP 并行计算机系统设计的研究方向是我的导师——清华大学常迥教授为我指定的(见《常迥纪念文集》220 页)。他认为这是一个具有重要的学科方向。多年来,我一直遵循他的教导,希望在此研究领域中做点有益的工作,以不辜负他对我的厚望。此书是我在这方面研究工作的一个初步的小结。值此出版之际,仅表示我对常迥先生的怀念,并以此献给我的母校——哈尔滨工业大学。

作 者

1998 年 1 月

于香港城市大学

目 录

第一篇 引 论

第一章 模式识别与图像处理(PRIP)	(3)
1.1 PRIP 简介	(3)
1.2 图像处理技术	(3)
1.3 模式识别方法	(8)
1.3.1 统计识别方法	(9)
1.3.2 句法分析方法	(11)
1.4 图像处理系统的一般构成	(13)
1.4.1 计算机组成与结构	(13)
1.4.2 图像处理系统的基本部件	(14)
本章小结	(20)
第二章 PRIP 专用机的发展与分类	(21)
2.1 专用机发展的“推-拉”模型	(21)
2.1.1 “推-拉”模型的建立	(21)
2.1.2 专用机发展的必要性	(21)
2.1.3 专用机发展的可行性	(22)
2.2 PRIP 专用机的分类	(24)
2.2.1 Danielson 分类法	(25)
2.2.2 Yalamanchili 分类法	(27)
2.2.3 Duff 分类法	(29)
2.3 PRIP 专用机发展概述	(32)
2.3.1 专用机结构设计的关键考虑	(32)
2.3.2 结构的选择及其策略	(33)
2.3.3 现行的 PRIP 专用机系统	(34)
本章小结	(39)

第二篇 并行算法及其语言

第三章 图像处理并行算法	(43)
3.1 算法分析	(43)
3.1.1 并行算法的必要性	(43)
3.1.2 计算的分级	(43)
3.2 像素级并行算法	(44)
3.2.1 点和邻域操作	(44)
3.2.2 变换操作	(46)
3.2.3 几何操作	(47)
3.3 区域级并行算法	(48)
3.3.1 区域表示	(48)
3.3.2 区域的性质与关系	(49)
3.4 并行算法的性能评价标准	(51)
3.4.1 运行时间 $T_N(M)$	(51)
3.4.2 速度 $V_N(M)$	(51)

3.4.3	加速倍数 $S_N(M)$	(51)
3.4.4	有效性 $E_N(M)$	(51)
3.4.5	开销率 $Q_N(M)$	(51)
3.4.6	价格 $P_N(M)$	(51)
本章小结		(52)
第四章 并行图像处理语言		(53)
4.1	PRIP 语言发展的必要性	(53)
4.1.1	通用语言不适应 PRIP 算法	(53)
4.1.2	新型系统结构需要相应的语言描述	(53)
4.1.3	特定的用途决定了采用特殊的语言	(53)
4.2	PRIP 语言的基本概念	(53)
4.2.1	PRIP 语言	(53)
4.2.2	历史回顾	(54)
4.2.3	发展类型	(54)
4.3	PRIP 语言的命令级分类及其分布	(56)
4.3.1	命令级类型	(56)
4.3.2	命令分类举例	(57)
4.3.3	命令级分布比较	(57)
4.4	并行处理机的 PRIP 语言	(58)
4.4.1	MORPHAL	(59)
4.4.2	CAP ₄	(59)
4.4.3	C ₃ PL	(59)
4.4.4	DAP FORTRAN	(60)
4.5	发展趋势	(60)
本章小结		(62)

第三篇 并行计算机结构

第五章 SIMD 阵列结构		(65)
5.1	阵列处理机的特点与组成	(65)
5.1.1	SIMD 计算机的特性	(65)
5.1.2	阵列处理机的构成	(65)
5.1.3	阵列处理机的特点	(67)
5.2	阵列处理机的发展	(68)
5.2.1	典型的应用系统	(68)
5.2.2	近期推出的商用设备	(69)
5.2.3	新发展的阵列结构	(72)
5.2.4	发展中的几点结论	(77)
5.3	阵列处理机的设计	(77)
5.3.1	处理单元 PE 的设计	(77)
5.3.2	专用程序设计	(78)
5.3.3	微处理机阵列设计	(79)
5.4	一种典型 SIMD 系统——MPP	(81)
5.4.1	MPP 系统概述	(82)
5.4.2	在图像处理方面的几种应用	(84)
本章小结		(86)

第六章 流水线结构	(87)
6.1 串行处理机特点与结构	(87)
6.1.1 串行处理的必要性	(87)
6.1.2 串行操作的主要问题	(87)
6.1.3 典型的串行结构	(89)
6.2 流水线的基本概念	(91)
6.2.1 流水线处理的工作原理	(91)
6.2.2 流水线处理机的主要性能	(92)
6.2.3 流水线的分段与分类	(94)
6.3 一种流水线处理机设计	(95)
6.3.1 流水线处理机的发展	(95)
6.3.2 算法实现——邻域操作	(95)
6.3.3 系统实现——细胞式计算机	(96)
6.3.4 图像处理语言——C-3PL	(97)
本章小结	(98)
第七章 MIMD 多处理机结构	(99)
7.1 MIMD 多处理机结构原理与特点	(99)
7.1.1 MIMD 多处理机基本概念	(99)
7.1.2 MIMD 多处理机结构	(101)
7.1.3 多处理机结构特点	(102)
7.2 典型的 MIMD 结构应用	(104)
7.2.1 总线结构	(104)
7.2.2 循环结构	(105)
7.2.3 公共存储器结构	(106)
7.2.4 可重构结构	(107)
7.3 图像处理的 VLSI 网络	(109)
7.3.1 网络在图像处理中的应用	(109)
7.3.2 多处理机系统的结构特征——互联方式	(109)
7.3.3 常规的几种网络	(110)
7.3.4 网络性能成本特性	(114)
本章小结	(115)
第八章 VLSI 处理结构	(116)
8.1 引言	(116)
8.2 VLSI 结构特点	(116)
8.2.1 VLSI 结构	(116)
8.2.2 VLSI 算法	(118)
8.3 某些 PRIP 算法的 VLSI 结构	(119)
8.3.1 DFT 和图像滤波的 VLSI 阵列	(119)
8.3.2 VLSI 实现的 FFT 处理器	(122)
8.3.3 空域操作阵列	(123)
8.3.4 控制结构	(126)
8.4 基于 VLSI 细胞阵列处理器	(126)
8.4.1 图像处理的 VLSI 细胞阵列处理器	(126)
8.4.2 VLSI 对图像阵列处理机的影响	(129)
8.4.3 VLSI 对流水线图像处理机的影响	(131)

8.4.4 VLSI 对 PRIP 多处理机的影响	(132)
8.4.5 基于 VLSI 的通用 PRIP 系统	(133)
8.5 VLSI 结构设计举例	(133)
8.5.1 模式识别的矩阵计算	(134)
8.5.2 分块矩阵计算	(136)
8.5.3 VLSI 矩阵运算网络	(138)
8.5.4 VLSI 特征析取器和模式分类器	(141)
8.6 VLSI 信号处理应用	(142)
8.6.1 引言	(142)
8.6.2 信息处理发展回顾	(143)
8.6.3 VLSI 对信号处理的影响	(144)
8.6.4 VLSI 信号处理系统的综合设计	(146)
本章小结	(148)

第四篇 并行系统的发展

第九章 Systolic 阵列系统	(151)
9.1 Systolic 概念	(151)
9.2 Systolic 阵列结构特点	(152)
9.2.1 结构模块——细胞元的构造	(152)
9.2.2 Systolic 结构	(155)
9.2.3 Systolic 阵列	(162)
9.3 Systolic 实现的 PRIP 算法	(165)
9.3.1 矩阵操作	(167)
9.3.2 图像处理算法	(172)
9.3.3 模式识别算法	(181)
9.4 Systolic 系统设计	(185)
9.4.1 设计准则	(185)
9.4.2 细胞元设计	(186)
9.4.3 一种 SIMD 的 Systolic 阵列机设计	(188)
本章小结	(194)
第十章 图像数据库综合系统	(195)
10.1 图像数据库的研究与开发	(195)
10.1.1 图像数据库的基本构成	(195)
10.1.2 图像数据库管理	(196)
10.1.3 图像数据库机的研制	(199)
10.2 图像数据库系统设计	(200)
10.2.1 图像分析与数据库管理综合设计概念	(200)
10.2.2 Pumps 机系统结构	(201)
10.2.3 后端图像数据库管理系统	(203)
10.2.4 图像处理数据库机(DMIP)	(204)
10.3 综合图像数据库机研究展望	(206)
本章小结	(206)
第十一章 混合锥体结构	(207)
11.1 锥体结构的特点与组成	(207)
11.1.1 锥体结构的特点	(207)

11.1.2	锥体处理元	(207)
11.1.3	通讯网络	(208)
11.1.4	二连接与四连接锥体	(209)
11.2	锥体计算机实现	(211)
11.2.1	PAPIA I	(212)
11.2.2	PCLIP	(212)
11.2.3	GAM	(212)
11.2.4	HCLM	(212)
11.2.5	SPHINX	(212)
11.2.6	EGPA	(212)
11.2.7	二维锥体计算机	(213)
11.2.8	网格锥体	(213)
11.2.9	PVM	(214)
11.2.10	基于锥体方法的优化结构	(215)
11.3	典型混合锥体结构	(215)
11.4	机器人视觉锥体结构研究	(217)
11.4.1	RVS 系统	(217)
11.4.2	设计考虑	(217)
11.4.3	锥体结构描述	(217)
11.4.4	系统实现	(219)
	本章小结	(219)
第十二章	神经元网络系统	(220)
12.1	引言	(220)
12.2	ANN 发展概述	(220)
12.2.1	ANN 基本概念	(220)
12.2.2	ANN 发展过程	(222)
12.3	ANN 学习算法	(223)
12.3.1	学习算法分类	(223)
12.3.2	几种模式识别应用中的学习模型	(224)
12.4	ANN 结构与实现	(230)
12.4.1	结构分类	(230)
12.4.2	“激励”函数(Activation Function)	(231)
12.4.3	系统实现	(233)
12.5	ANN 应用实例	(235)
12.5.1	模式分类	(235)
12.5.2	数据压缩	(236)
12.6	一种模糊聚类神经网络系统设计	(237)
12.6.1	系统设计方法	(237)
12.6.2	模糊聚类学习算法	(238)
12.6.3	并行系统结构	(244)
12.6.4	Systolic 阵列实现	(248)
	本章小结	(253)
第五篇 基于 PC 的系统及应用		
第十三章	微型机图像处理系统	(257)

13.1 系统概述	(257)
13.1.1 图像输入设备	(257)
13.1.2 图像输出设备	(257)
13.1.3 微型机配置	(258)
13.2 图像输入接口设计	(258)
13.2.1 设计思想	(259)
13.2.2 硬件系统	(262)
13.2.3 软件实现	(263)
13.3 图像输入/输出接口开发	(264)
13.3.1 SDD 与 SDI 概述	(265)
13.3.2 图像输入	(265)
13.3.3 图像输出	(267)
13.4 微型机图像预处理器	(272)
13.4.1 预处理功能	(272)
13.4.2 预处理算法分析	(275)
13.4.3 预处理操作的流水线	(278)
本章小结	(281)
第十四章 适于流水线处理的纹理分析方法	(282)
14.1 纹理分析概念	(282)
14.1.1 纹理	(282)
14.1.2 纹理特征	(282)
14.1.3 纹理分析模型	(283)
14.2 三种数字图像纹理分析方法	(286)
14.2.1 灰度与能量共生图像纹理分析方法	(287)
14.2.2 灰度游程长度累加统计纹理分析方法	(291)
14.2.3 Hadamard 变换图像纹理分析方法	(292)
14.3 纹理能量模板若干性质的研究	(297)
14.3.1 纹理能量模板的变化性质	(297)
14.3.2 纹理区域的变化性质	(299)
本章小结	(301)
第十五章 微型机图像处理系统应用	(302)
15.1 微型机焊接缺欠自动检测系统	(302)
15.1.1 焊缝图像的预处理	(302)
15.1.2 焊接缺欠的识别与分类	(303)
15.2 微型机指纹自动识别系统	(308)
15.2.1 指纹图像的预处理	(309)
15.2.2 指纹的识别与分类	(312)
15.2.3 指纹库的建立与查对	(315)
15.3 遥感图像实时分析系统	(318)
15.3.1 模板纹理特征的图像分类	(318)
15.3.2 适于实时处理的串行流水线结构	(320)
15.3.3 星上遥感图像处理系统模型机	(325)
本章小结	(330)
参考文献	(331)

第一篇 引 论

模式识别与图像处理,即 PRIP,是伴随着面对解决机器直接感知外部环境信息这一重大课题而产生和发展起来的,是近 30 年来蓬勃发展起来的 two 门新兴学科,其内容涉及信息科学、计算机科学、应用数学、物理学以及生物学等科目。随着现代科学技术的发展,PRIP 技术也日趋成熟,而且愈来愈广泛地应用于空间遥感、生物医学、指纹识别、产品检测等许多领域,尤其是 PRIP 计算机系统的广泛应用,更是大大地促进了这些学科的迅猛发展。

这一部分作为本书的起始篇,将介绍基本的 PRIP 技术及其系统构成,并将分析促进 PRIP 计算机系统发展的若干重要因素以及 PRIP 发展的现状、特点及其趋势,同时,还将提出 PRIP 系统设计的关键考虑、选择策略以及 PRIP 系统分类等。这些探讨都将有益于 PRIP 计算机系统的进一步发展。

第一章 模式识别与图像处理(PRIP)

1.1 PRIP 简介

一般说来,图像处理指的是把图像变换成其它图像的操作,而模式识别则是把图像映射到非图像的描述,把它们二者联系到一起,说明它们之间存在着密切的相关性。这就是说,图像处理不仅包括图像的编码、滤波、增强、复原,而且还包括图像的分析 and 识别。另一方面,模式识别不仅涉及到模式的特征抽取和分类,还涉及到模式的预处理和描述^[1~11]。而不管从哪一个角度来说,都需要囊括这两方面的内容,只不过是站在不同角度而已。它们的有机组合,构成了当前广泛应用的各種 PRIP 系统。从这个意义上说,PRIP 系统也称为模式处理系统或图像分析系统,或就称为图像处理系统。实际上,它们的含义是相同的。

一个典型的 PRIP 系统由四部分组成,即在完成图像数据采集之后进行的预处理、特征提取、模式分类和结构分析(见图 1.1),其中前两部分属于图像处理范畴,后两部分为模式识别范畴。预处理部分包括平滑、增强、恢复、边缘检测和分割等图像操作,其目的是把输入图像简化为分段模式。特征提取部分,即进一步把分割的图像简单地表示为一组特征向量。模式分类部分则是依据所提取的特征,把相应原图归属已知的一类模式,而结构分析部分就是对这些模式信息进行简明的描述和说明^[1,10]。有时,我们也把预处理和特征提取部分称为低级(或低层次)处理,而模式分类和结构分析部分统称为高级处理。

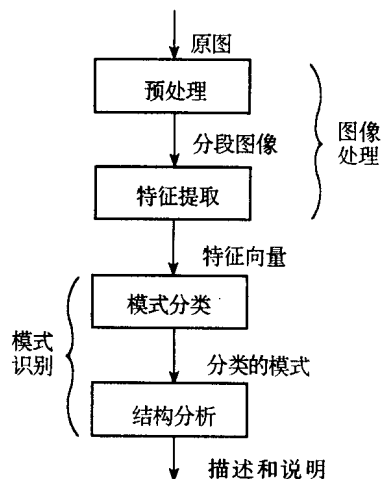


图 1.1 数字图像处理与模式识别示意图

1.2 图像处理技术

图像处理技术大致分为两大类^[11],一类是模拟处理技术,例如,采用光学处理装置——照相和电视技术(包括各种电子器件组成的模拟电路)均属于此类。这类处理技术的特点是处理速度快,一般都是实时处理,特别是光学处理装置,通常能并行处理,处理的极限从理论上讲可达到光速,而最大特点是能同时处理二维图像。这种并行处理过程十分类似于人的眼睛、大脑观察和认识事物的情形,但缺点是处理精度差,灵活性不高,处理内容贫乏,难于实现判断功能,同时也难于进行复杂的非线性处理。显然,这种处理技术适合于内容简单而要求速度快的地方。另一类是数字图像处理技术,其优点几乎弥补了模拟处理技术的整个不足,即精确度高,处理内容丰富,可进行复杂的非线性处理,灵活性强等等。但是,它的缺点是速度慢,这是

由于常规计算机的串行处理、顺序控制方式不适于二维图像操作的缘故。尽管如此,计算机处理还是具有很大的诱惑性,这就是利用程序可进行复杂的处理和识别,而且改变程序可易于获得不同的结果。同时,图像信息在计算机中以二维形式排列,这也为计算机处理的迅速实现提供了必要条件。因此,就目前来看,各种图像处理系统严格说来都是这两种技术混合使用的系统。例如,计算机处理系统的输入和输出多为模拟技术,其中输入处是先对模拟量进行取样、量化,然后才以数字量形式写入计算机。而在输出处,如果采用 CRT 显示,则需要把存储器中的数字量用数-模转换器变为模拟量,然后再加以显示。应当指出的是,如果不加特殊说明,以下各章提到的图像处理均指利用计算机进行的数字图像处理。

由于图像信息理论的基础是基于空间频率这一概念,图像处理的基本理论是借用于电路通信理论中的波形分析理论,因此,所涌现出来的各种图像处理方法可分为两种类型^[1,3],即:

①空域处理 它可对输入图像 $f(x, y)$ 直接进行处理。

②频域处理 先把空域函数 $f(x, y)$ (经过某种变换)变为频域函数 $f(u, v)$,再进行滤波等相应处理,最后进行反变换,即由频域函数再变为处理后的空域函数 $g(x, y)$ 。

一般图像变换采用正交变换函数,这些变换包括傅立叶(Fourier)变换、沃尔什(Walsh)变换、哈达玛(Hardmard)变换、离散余弦(Discrete cosine)变换和哈特林(Hotelling)变换等。其中傅立叶变换应用于许多图像处理问题中,特别是快速傅立叶变换(FFT)为其实现提供了有效的工具;沃尔什变换和哈达玛变换也是完备的正交函数系统,它们在数据压缩、图像识别与分类方面具有显著的作用;而哈特林变换是以图像的统计性质为基础的,主要用于数据压缩和旋转等方面。由于目前实现的 PRIP 专用机一般均采用空域处理方法,故本书对频域处理不做过多介绍。

图像处理的应用目的主要是为了获得清晰的画面,以便于人们的理解以及机器的识别。其处理技术大致可分为四个方面,即图像编码、图像增强、图像复原和图像分割等^[6~10]。

1.2.1 图像编码

图像编码是研究用较少的比特数来表示图像或图像中所包含信息的技术,它一般应用于图像数据压缩、图像传输和特征提取等方面。

图像编码器可以用三个操作序列来模型化(见图 1.2)。其中映射操作将输入数据从像素域变换到另一个域中;量化器将每个映射数据表示为数据较少的可能数值之一,而编码器给每一量化器的输出分配一个具有较少比特的数字。

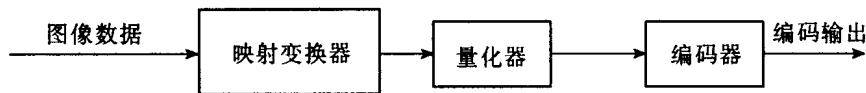


图 1.2 编码器的模型框图

1.2.1.1 映射

映射操作实现将输入像素的集合映射为数的另一个集合。几种典型的映射包括行程映射和差分映射等,其中行程映射是把沿着扫描行的像素序列 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 映射为成对序列 $(g_1, l_1), (g_2, l_2), \dots, (g_k, l_k)$, 这里 g_i 表示灰度,而 l_i 表示第 i 次游程的行程。差分映射则是采用一个线性变换矩阵 A 与输入像素 X 进行矩阵-向量运算,使得映射后的第一个元素为 $y_1 =$

x_1 ,而后所有后续的系数则由 $y_i = x_{i-1} - x_i$ 给出。上述这两种映射都是可逆的。

1.2.1.2 量化器

量化器具有其输出只能取有限个可能值的特点,它的每一输入被强行划归到允许的输出值中的一个。为了实现量化,一种方法是将输入范围分成若干区,如果输入值落入到第 k 个区中,那么输出就是相应于那个区的值 w_k 。常见的方法是使 w_k 取第 k 个区的中心值,因而每个输入被舍入到它所落入区的中心。一般有两种类型的量化器,即均匀量化器和非均匀量化器。一个均匀量化器是指所有区的宽度都相等,而非均匀量化器则允许各个区具有不同的宽度。

1.2.1.3 编码器

编码器对于它的每一个输入 w_k 赋预一个唯一的二进制码字 C_k 作为其输出。这个过程是可逆的,即给定一个码字 C_k ,也可知道 w_k 。一种简单的编码方法是等长码,即它的每一个码字都具有相同的比特数目,且按照某种规则(例如排序的二进制值规则)将码字分配给量化器的输出级。由于人们总希望用尽可能少的比特数来设计编码器,而等长码只有当所有的输入级都具有相等可能性时才是最佳的。因此,当某些输入具有更高出现频率时,使用非等长码往往可获得更好的效果,即将最短的码字分配给最可能的输入,而将较长的码字分配给不太可能的输入。这种编码的例子包括霍夫曼码、B-码和移位码等。

在实际应用中,图像编码往往要根据不同的应用目的,来满足不同的应用要求。例如,考虑到可逆性实现,必须能根据图像的编码形式来重建图像,这就提出了诸如差分编码、等值线编码以及行程编码等无误差编码方法。考虑到重建图像中允许某些误差,可采用差分脉码调制(DPCM)和变换编码等。

1.2.2 图像增强和复原

图像增强的主要目的是改善图像的视觉效果,或将图像转变为一种更适于人或机器分析的形式。它包括一系列的技术手段,例如对比度增强、直方图修正、噪音去除、边缘锐化等等。

1.2.2.1 对比度增强

设 r 和 s 分别表示原始图像和增强图像中的灰度级,并假定在原始图像中,每个像素具有 r 级灰度,那么增强图像中的像素具有 $s = T(r)$ 级灰度。如果 $T(r)$ 有如图 1.3(a)所示的形状,为了产生更强的对比效果,可把原始图像中灰度级比 m 值低的点变暗,比 m 值高的点变

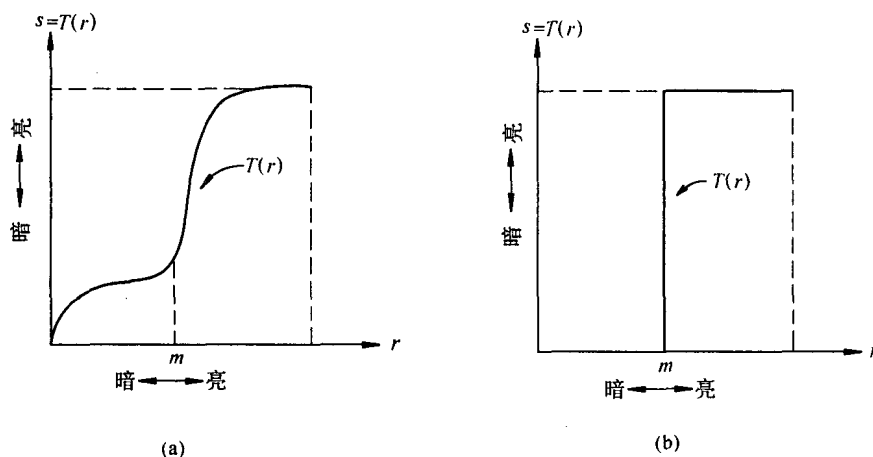


图 1.3 增强对比度用的灰度级变换函数

亮,即采用变换函数,把比 m 低的灰度级 r 压缩到 s 轴暗端的一个狭窄的范围内,比 m 高的 r 值变换到相反的效应。在极限的情况下,如图 1.3(b)所示, $T(r)$ 产生两个灰度级(也就是二值)的图像。

1.2.2.2 直方图修正

直方图修正对原图像重新标度,使增强后的图像直方图适于某种要求的形式。其方法是通过变换函数 $T(r)$ 来控制图像灰度级的概率密度函数,从而改善图像的整体外貌。经常采用的直方图修正技术为直方图均衡化,其变换函数的离散形式为

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} = \sum_{j=0}^k P_r(r_j) \quad (1.1)$$

其中 $0 \leq r_k \leq 1; k=0,1,\dots,L-1$ 。显然,用 r 的累积分布函数作为变换函数,产生了一幅灰度级具有均匀密度的图像。从增强的意义上说,这意味着像素的动态范围的增加。实际上,还有许多其它变换函数,如指数型、双曲线型直方图等,均可达到增强图像的效果。

1.2.2.3 噪声去除

由传感器噪声或信道传输误差引起的图像噪声,通常表现为孤立像素的空间不相干性。因此,采用简单的空间滤波对平滑噪声是有效的。由输入图像 F 与卷积阵列 H 所形成的输出图像 Q 的关系式为

$$Q(m_1, m_2) = \sum_{n_1} \sum_{n_2} F(n_1, n_2) H(m_1 - n_1 + 1, m_2 - n_2 + 1) \quad (1.2)$$

为了平滑噪声, H 可有如下几种低通形式的卷积阵列

$$H = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, H = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, H = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

1.2.2.4 边缘锐化

为了突出一幅图像的边缘信息,图像锐化是必要的。经常采用的一种方法是构造式(1.2)中卷积阵列的高通形式,它可有

$$H = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}, H = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}, H = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.4)$$

另外,还可采用差分法,它对于一个给定的函数 $f(x, y)$,其梯度可由绝对值近似地给出

$$G[f(x, y)] \approx |f(x, y) - f(x+1, y)| + |f(x, y) - f(x, y+1)| \quad (1.5)$$

或者

$$G[f(x, y)] \approx |f(x, y) - f(x+1, y+1)| + |f(x+1, y) - f(x, y+1)| \quad (1.6)$$

但是,差分法的处理结果是矢量,具有方向性,这是应当注意的。

与图像增强一样,图像复原技术的主要目的也是要改善给定的图像。但是,它们的不同之处在于,图像复原不能为了适应观测者的愉快感觉而运用人们视觉系统的心理状态来人为地控制图像,而是要忠实于原图,利用图像退化现象的某些先验知识,把已经退化了的图像加以重建或恢复。

为了有效地设计数字图像复原系统,必须定量地表征图像退化效应,其表征过程是将图像退化效应模型化,然后执行运算使该模型“复旧”,以获得复原图像。可能引起的退化包括图像的运动模糊以及几何畸变等。