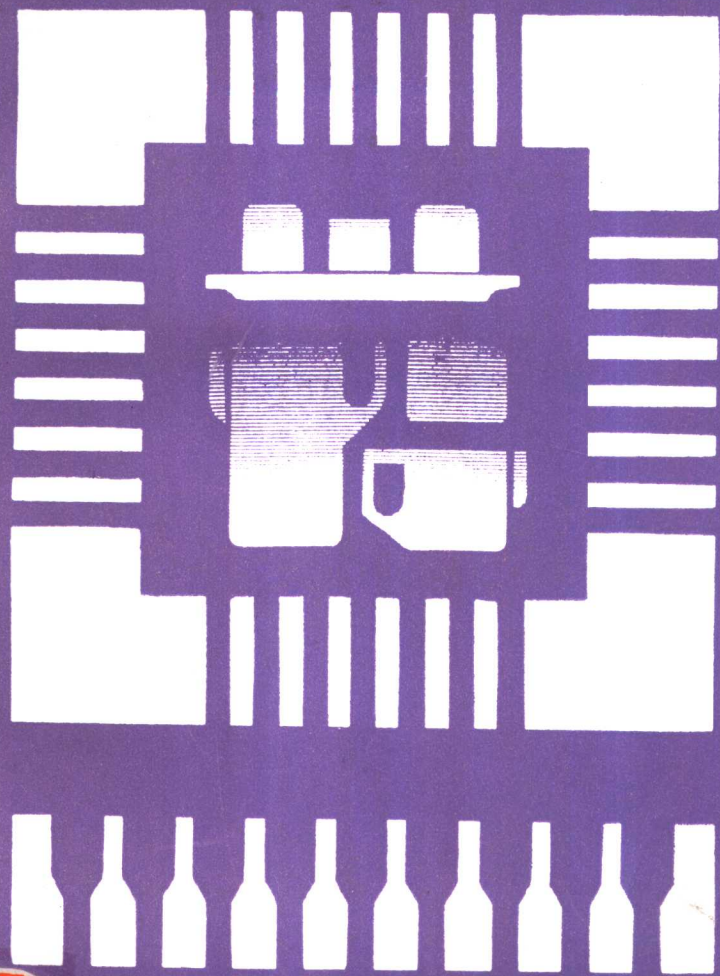




图象的并行处理技术

(英) R. J. 奥芬 主编

科学出版社

106071

TP2
2644

图象的并行处理技术

〔英〕R. J. 奥芬 主编

许耀昌 等 译

科学出版社

ISBN 7-03-001494-4

1989

内 容 简 介

本书是国内首次翻译出版的有关图象实时处理的新书。全书共分七章,包括:适合并行处理的各种算法,各种并行处理器的结构,从算法过渡到结构的基本方法,计算机视觉与图象处理的关系,以及图象处理在医学、工业自动化、航天与航空、测绘等方面的应用,图象处理的发展方向。本书的特点是:取材新颖,概念清楚,对图象处理与超大规模集成电路的并行处理器之间的关系作了详细描述,书中不仅展示了与图象处理有关的现代化高技术,更重要的是指出实现先进的图象信息系统的途径,因此对从事微电子学及图象处理的科技人员具有指导意义。书中附有大量参考文献。

本书可供从事计算机技术、信息技术、微电子技术、自动化技术等专业的科技人员参考,也可供高等院校有关专业的教师、研究生及高年级学生参考。

R. J. Offen

VLSI Image Processing

Collins & Co. Ltd., 1985

图象的并行处理技术

〔英〕R. J. 奥芬 主编

许耀昌 等译

责任编辑 鞠丽娜

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1989 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1989 年 4 月第一次印刷 印张: 12 1/2

印数: 0001—8,730 字数: 280,000

ISBN 7-03-000883-9/TP·54

定价: 6.70 元

译 者 的 话

本书介绍智能化图象处理的方法及实现手段。内容涉及目前国际上最新的一些技术领域,如图象处理、计算机视觉、人工智能、超大规模集成电路、新一代计算机等。

作者按系統工程的观点,把图象处理描述为一个金字塔式的“处理锥”,即以优化算法及并行处理为锥底,然后上升到特征提取和识别,最后以知识为引导,经过推理和理解,达到锥顶,即求得问题解答。整个系统以控制流、数据流为线索,组成高层次的智能化图象处理系统。本书的特点是,不仅展示了与图象处理有关的现代化高技术,更重要的是指出实现先进的图象信息系统的途径。

全书共分七章:第一章简要介绍图象处理的基本概念。第二章讨论图象处理算法及通用技术。第三章讨论超大规模集成电路(VLSI)的结构,着重介绍几种并行处理器的结构。第四章讨论从算法到结构的基本方法。第五章讨论计算机视觉与图象处理的关系。第六章讨论图象处理在数字合成孔径雷达(SAR)中的应用。第七章讨论图象处理的发展方向。

参加本书翻译工作的有潘士先(第一章),许耀昌(第二、三、四、五、七章),周荫清(第六章)。林涛,胡湘云参加了第三、四章的部分翻译。全书由洪继光,许耀昌审校。张大鹏,丁晓青,洪先龙对译稿提出了不少宝贵意见,在此谨致谢意。

由于译者水平有限,译文中有错误和不当之处,请读者批评指正。

译者

1988年4月

前 言

图象处理正日益成为一门应用广泛、内容丰富的综合性学科。就目前的实际情况而言,它在很大程度上主要依赖两个性质不同但又自成体系的研究领域,即算法和处理器结构,特别是利用超大规模集成电路(VLSI)技术来实现的处理器结构。经验表明,未来的图象处理,尤其在高度并行处理方面的进展,将更加依赖于在这两个重要领域之间建立富有成效的联系。本书正是基于这样一种思想而编写的。书中用较多的篇幅讨论了算法及先进的计算机。这些都是针对具体的图象处理应用而言的,但是基本主题(尽管有时不甚明显)仍然是强调要认识和理解上述两个领域之间潜在的联系。

本书不是图象处理方面的一本入门书,读者在阅读本书前应具有一定程度的图象处理知识。由于目前已有许多优秀的导论性和综述性读物,因此我们并不打算在这类读物中再增添一本类似的图书,而是力图介绍图象处理方面一些新颖的观点和看法。期望这些观点和看法能引人入胜,并最终获得应用。本书的取材和编排都是一种尝试,希望读者能在某种程度上意识到这种尝试是有收益的。本书第一章介绍了图象处理技术和计算机结构的基本状况,并展示以后各章的内容。第二、三章分别讨论算法和结构。第四章则旨在这两个领域之间建立初步的联系。为了提供一些具体实例,第五、六两章分别探讨了图象处理的两种截然不同的应用,即计算机视觉和合成孔径雷达。最后,第七章展示了图象处理未来的前景。

在成书过程中,许多人以这样或那样的方式对本书的出

版作出了贡献。特别是 GEC 研究实验室 (Wembley, UK) 的几位研究人员和助理付出了辛勤的劳动。 Nell Peters 夫人承担了大部分手稿的准备工作。在此, 谨表示衷心感谢。

R. J. 奥芬

目 录

第一章 导论	1
1.1 概述	1
1.2 论题和方法: 某些基本概念	5
1.2.1 增强和复原	8
1.2.2 分割	15
1.2.3 表示	16
1.2.4 匹配和识别	17
1.2.5 理解	19
1.2.6 计算机图形学和图象合成	21
1.2.7 通讯	24
1.2.8 重建	26
1.3 人的视觉系统: 范例或其他?	32
1.4 VLSI 的影响.....	35
1.4.1 VLSI 的潜力	37
1.4.2 图象处理的计算结构	39
1.4.3 专用图象处理器	44
1.5 从算法到结构的变换	49
1.6 某些理论理解的必要性	52
第二章 图象处理算法	57
2.1 引言	57
2.2 图象处理算法	58
2.3 作为工具的算法和结构	66
2.3.1 滤波技术	67
2.3.2 局部边缘的抽取	69

2.3.3	边缘连接的方法	71
2.3.4	Hough 变换	73
2.3.5	Marr-Hildreth 边缘检测理论	76
2.3.6	最佳边缘检测算子	77
2.4	通用技术	79
2.4.1	利用模拟退火的优化	81
2.4.2	局部并行处理及弛豫标号	84
2.4.3	最大熵法	87
2.4.4	马尔可夫随机场图象模型	89
2.4.5	动态规划	92
2.4.6	离散傅里叶变换	94
2.5	应用	97
2.5.1	图象复原: 线性技术	97
2.5.2	非线性图象复原	102
2.5.3	立体成象	105
2.6	讨论	109
第三章	超大规模集成电路的体系结构	110
3.1	概述	110
3.2	VLSI 器件工艺	111
3.3	设计方法学	112
3.3.1	平面规划	113
3.3.2	研制一个平面规划	115
3.3.3	功能	119
3.3.4	结论	121
3.4	可编程图象处理机结构	122
3.4.1	并行处理器阵列的实现	122
3.4.2	处理单元	124
3.4.3	系统结构	126
3.4.4	芯片设计	127
3.4.5	输入输出缓冲器	127

3.5 专用 VLSI 处理机	133
3.5.1 二维中值滤波器	133
3.5.2 一维秩序滤波器	136
3.5.3 二维卷积	141
3.5.4 二维边缘检测	141
3.6 未来的展望	144
第四章 从算法到体系结构	146
4.1 引言	146
4.2 形式化方法	148
4.3 复杂性理论	157
4.4 硅编译器	162
4.5 模型和表达方式	167
4.6 算法	169
4.6.1 数据结构	170
4.6.2 数据流和控制流	172
4.6.3 性能要求	174
4.7 体系结构	175
4.7.1 抽象的体系结构和拓扑学	175
4.7.2 体系结构: 数据流和控制流	179
4.7.3 性能约束	187
4.8 映射	191
4.8.1 拓扑映射: 静态情况	195
4.8.2 数据流和控制流映射: 动态情况	196
4.8.3 性能和优化	199
4.8.4 简单映射的例子	202
4.9 小结	207
第五章 计算机视觉	211
5.1 概述	211
5.2 图象描述: 处理的早期阶段	216

5.2.1	边缘检测	217
5.2.2	光流的提取	220
5.2.3	纹理	223
5.2.4	彩色测度	225
5.2.5	分割	227
5.3	可见面描述: 中期处理	229
5.3.1	立体成象	230
5.3.2	运动及光流	234
5.3.3	根据明暗度计算物体形状	238
5.3.4	根据纹理及轮廓计算物体的形状	241
5.3.5	内插及不连续性的描述	243
5.3.6	信息的结合	245
5.4	三维模型及基于模型的视觉	247
5.4.1	三维模型的计算要求	247
5.4.2	实体造型	248
5.4.3	曲面造型	252
5.4.4	微分几何	254
5.4.5	基于模型的视觉	256
5.4.6	结论	259
5.5	发展方向及实现	260
第六章	数字合成孔径雷达(SAR)处理的算法和结构 ...	265
6.1	引言	265
6.2	合成孔径雷达处理的算法	275
6.2.1	距离处理	275
6.2.2	方位处理	276
6.2.3	DFT 算法	278
6.2.4	卷积算法	283
6.3	应用并行阵列处理机生成 SAR 图象	286
6.3.1	处理系统	287
6.3.2	并行处理器中信号处理算法和数据路由选择操作的	

实现	289
6.3.3 SAR 的处理要求	296
6.3.4 步骤 1 的处理	299
6.3.5 步骤 2 的处理	302
6.3.6 小结	304
第七章 图象处理往何处去?	306
7.1 概述	306
7.2 发展的前沿技术	306
7.2.1 VLSI 工艺	307
7.2.2 计算机结构	313
7.2.3 人工智能	321
7.3 未来的展望	331
7.3.1 新一代计算机系统	334
7.3.2 制造及自动化	344
7.3.3 医学图象处理	349
7.3.4 国防及空间系统	356
7.4 结束语	361
参考文献	362
汉英名词对照索引	376

第一章 导 论

R. J. 奥芬 (R. J. Offen)

1.1 概 述

广义地说, 图象处理只不过是“信息处理”的一个方面 (Machlup 和 Mansfield, 1983). 这是一种日益被人们接受的现代观点. 这和传统的观点不同. 传统的观点因人而异, 但一般倾向于将图象处理理解为如下诸技术领域中的一个或几个: 图片处理, 图象处理, 模式识别, 景物分析, 图象解释, 光学处理, 影象处理, 图象理解, 等等. 这些领域各有其历史、特点和热忱的支持者, 并且或多或少是交叉重叠的.

人们试图依照某种统一和明确的准则对这些领域作出合理的分类, 如“信号处理”, “分类”, “理解”等 (Cohen 和 Feigenbaum, 1982). 信号处理器将输入图象变换为另一幅图象, 后者具有所希望的特性. 例如, 输出图象具有较好的信噪比或以某种方式增强了的某些特征. 这一类处理的最常用的名称就是图象处理和图片处理. 数字技术和光学技术皆可应用. 分类是将图象区分为若干种预先确定的类别. 字符识别和笔迹鉴定是其典型的例子. 这类处理最常用的名称是模式识别和模式分类(尽管“识别”一词有其历史缘由). 图象理解有其明确的语义学含义, 它既要求关于特定问题范畴的知识(常常是复杂和三维的), 又需要精湛的图象处理技术. 图象理解所固有的复杂性产生了如下差不多是公认的事实: 处理过程需分为“初级”, “中级”和“末级”.

我们将用“图象处理”一词来概括所有这些技术活动, 但

其中有这样的涵义：基本的活动是就物理世界某一特性的二维投影进行的“信息处理”。

将这些各不相同而又紧密联系的领域结合起来的最重要的因素乃是先进的，特别是与 VLSI（超大规模集成电路）的设计和制造有关的计算、贮存和显示技术的迅速发展和应用。VLSI 这一崭新技术的出现已经引起了人们对于图象处理许多方面的重新考虑。事实上，VLSI 已经成为实现许多并行算法——这正是图象处理的特点——的一条自然的途径。我们的讨论将以这一事实为前提。

图 1.1 简单地表示出实现一个图象处理系统的各个关键的概念之间的联系。其中算法-结构联系是主要的，然而人们对此至今仍缺乏足够的了解。因此成为目前设计过程中的一个薄弱环节。在 VLSI 的设计和制造技术具有巨大潜力的情况下考察这一联系，正是本书的主题。对于这种缺乏理解的算法-结构联系在高度并发系统的情形下尤其严重。现在的系统实现基本上是机器结构支配算法设计。经典的冯·诺依曼结构对于现代计算程式的影响是很深的，以致结构-算法关系顽固地倾向于这类系统结构。只有当研究者们以 VLSI 设计和制造所固有的灵活性来开发高度并发的非冯·诺依曼结构时，他们才对在计算机上实现算法的常规方法提出了疑问。

只要在一般意义上研究算法与实现结构之间的关系，一些基本问题就会立刻变得明显了。这包括涉及表示和描述，数据结构，映射，数据和控制流以及性能等一系列问题。所有这些问题都将在以下各章中加以考察。对于本书来说，一个更为根本的问题是，当试图进行图象处理，特别是图象理解时，人们究竟在做些什么？对于许多图象处理以及特别是图象理解问题，主要的矛盾一般是在下述意义上的约束不足：给定一个景物的一幅或多幅图象，可与之对应的实际景物的集

合是十分庞大的。也正是在这个意义上，将实际世界的任何一幅图象看作为它的一个二维投影是恰当的。图象形成的一个固有的特点是获取过程中不可避免的信息损失。各个象素的亮度值乃是多种因素，包括光源的强度、颜色、位置和性质，场景中物体的位置、反射率和透明度，传播媒质的透射率、折射率、吸收和散射特性，以及成象设备的光和电的特性，交互作用的结果等。解释图象的困难并不在于我们不了解这些现象，而是在于这些过程映射到图象的固有复杂性。虽然一个三维景物在任一方向有唯一的图象，但一幅图象（以及关于投影方向的知识）并不唯一地确定三维景物。例如，无法确定图象中任一点的深度。用数学的语言来说，一个投影算子没有唯一的逆。问题是如何适当地表示和合理地消除这些不确定性。Mac-kworth (1983 a) 提出了解决这个问题的一个集合论方法。在这种方法中，成象过程在最简单的情况下被表示为“世界”、“投影”和“图象”三域之间的一些映射，如图 1.2 所示。这至少在原理上使得用有限的方式来表示图象解释问题的可能有无个数目的全部解成为可能。这种表示可能具有重要的理论意义，但要付之实用尚需进一步的研究。

在本书中，图象是二维的，而且几乎总是笛卡尔式数据阵列，它是通过对传感器获得的局部变量的投影即景物亮度函数采样而得到的。函数值可为亮度值，也可以是不同谱段上亮度值的向量（如彩色图象）。对于黑白图象，亮度值通常称为

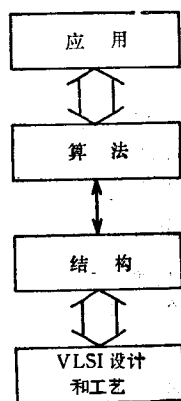


图 1.1 基于 VLSI 的图象处理系统设计和实现的关键阶段之间的关系，箭头的宽度表示我们对于各个关系的理解程度

灰度值,阵列值通常是实数,非负,有界,且在阵列尺寸所限定的视野以外其值为零。数字图象阵列可以很大。例如将一幅标准的黑白摄影图象数字化为 1024×1024 元的阵列需要 8 Mbits (兆比特)的存储量。在一些情况下甚至要求更高的分辨率,从而也要求更多的存储量。

我们将不讨论图象传感器。不过,这些传感器基本上可以当作“阵列”或“扫描”器件。阵列式传感器给出景物亮度函数的一个离散样本阵列,而扫描式传感器给出此函数沿扫描路径的一组样本。在本书中我们只关心由传感器获得的数字化样本阵列。数字化阵列元素一般称为“图象元”或“象素”。显然,在诸如光学处理那样的领域内,样本是以模拟形式被捕获并储存在摄影胶卷或其他图象感受器中的。在本书中用于说明各个主题和概念的图象和处理问题则可取自医学造影,综合孔径雷达、体视学等广泛的领域。

现在的计算机编程主要是处理比较简单的面向字的数据结构。但是,情况正在向着对实际图象(而不是它们的分解)编程的方向演变。为此,需要发展新的技术,即外围设备和计算设备,以便使用户能够容易地了解、表达和解决广泛范围内的图象处理问题。无论对简单的数据或复杂的图象,编程基本上都是一个包括抽象、分解和简化在内的建模过程。很明显,为了实际应用的目的,许多图象处理问题需要综合性的而又便于处理的计算模型。换言之,图象处理的应用要依赖于一般的表示,模型和基本理论。由此看来,将图象处理看作为一般的信息处理活动是自然和合理的。这一论点和由此产生的设计和实现方法,以及为支持这一统一概念所必需的基本技术,都将在本书中加以讨论。

在以下各章中,将讨论许多不同应用领域内各种类型的图象处理运算。这些运算可以区分为点运算,局部运算和几

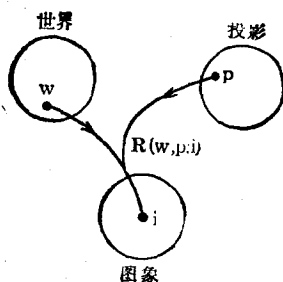


图 1.2 世界、投影和图象域的关系。R 表示“映射函数”

何运算。点运算是施于单个像素的变换，这种变换与其邻近像素无关。局部运算是一种施于像素的变换，它使每一像素的新像素值有赖于其某一邻域内的像素值。几何变换则涉及由一几何变换所确定的某个点或其某个邻域内的像素值。

本章以下各节将简要地介绍一些为理解以后各章所必需的重要概念。熟悉图象处理的读者可以跳过 1.2 节而从 1.3 节开始阅读。

1.2 论题和方法：某些基本概念

用数字方法处理图象仅有较短的历史，并不比数字计算机本身的历史更长。

计算机视觉是在 50 年代从统计模式识别开始的，其目的是将一幅输入图象归入少数几种预先确定的类别中的一类。光学字符识别是其有代表性的应用。增强、复原、编码和传输等数字图象处理技术差不多就在同时开始出现，并且现在已经形成一个广泛而复杂的领域，它与最新的计算机视觉技术有着密切的关系。以“理解”复杂的三维景物为目的的计算机视觉是从 60 年代开始的，人们马上就发现，为了模拟人的视

觉过程,需要极其复杂的计算。一些视觉特征,如物体边界等的检测以及控制处理过程的方法,直观上似乎很吸引人,但实际上已证明是既不可靠也不充分的。将大量的处理投入视觉的初级处理在技术上和经济上都是不可能的。因此70年代出现了计算机视觉的识别法。在此种方法中,图象级上的计算被减至最低限度,同时强调计算机操作十分适宜的符号处理。在这种“知识引导”的视觉系统中,计算是由一些利用重力、支撑、遮挡以及场景中诸物体间空间关系等现象的过程来引导的。于是研究转向了特定域内的事实,如多面体和地形特征等的表示和处理,以及特定域内知识的利用。然而知识的表示和利用是人工智能中一个极其困难的分支。现有的方法不足以将输入图象变换为所希望的符号描述。80年代计算机视觉界的一致意见认为,解决这个问题的最好方法是利用一组可变、丰富,且按抽象程度分成等级的视觉数据表示。产生许多中间表示需要大量的计算,但是人的视觉系统似乎就是如此,尽管神经结构是以和今天的计算机十分不同的方式工作的。

图象处理的最有爆炸性的发展无疑是在最近十年间。在这期间图象处理在大量的新应用(部分内容将在本书中予以讨论)中迅速发展。这种发展是计算机及其外围设备在速度、规模、用途和投资效益方面显著改进的产物。而计算机及其外围设备的改进则是LRI和VLSI工艺技术重大进展的结果。这一点在以下几节中还要加以讨论。此外,还有其它一些重要的事件和因素对图象处理技术的迅速发展起了推动作用。

要是没有快速傅里叶变换算法在60年代中期的普及,现在许多图象变换处理差不多还是光学领域里的事。

一些国家的空间规划对计算机图象处理的发展起到了重