

国外计算机科学教材系列

数字视频处理

DIGITAL VIDEO PROCESSING

A. MURAT TEKALP 著

崔之祐 江 春 陈丽鑫 译



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY



PRENTICE HALL 出版公司

TN 34-3
T10-2

国外计算机科学教材系列

数字视频处理

Digital Video Processing

© 1991
© 1997
A. MURAT TEKALP 著

崔之祜 江 春 陈丽鑫 译



PRENTICE HALL 出版公司



电子工业出版社

内 容 提 要

本书详细论述了当数字视频表示为计算机数据的形式时,对这些数据进行二维三维运动估算,数字视频标准转换,帧率转换,去隔行,噪声滤波,以及基于运动的分割等处理背后所需的数学原理。另外,作者还介绍了图像和视频压缩的基础知识,并介绍了针对不同的图像和视频通信应用的国际标准(包括高清晰度电视,多媒体工作站,视频会议,可视电话和移动图像通信)。全书共 25 章,各章之后附有很多很好的习题。本书可供计算机专业的研究生、高年级本科生作为教科书和参考书,也可供从事科研和技术开发的人员参考。

© 1996 by Prentice-Hall, Inc.

本书中文简体版由电子工业出版社和美国 Prentice Hall 出版公司合作出版。未经许可,不得以任何手段和形式复制或抄袭本书内容。版权所有,侵权必究。

丛 书 名: 国外计算机科学教材系列

原 书 名: Digital Video Processing

书 名: 数字视频处理

著 者: A. MURAT TEKALP

译 者: 崔之祜 江 春 陈丽鑫

责任编辑: 张月萍

印 刷 者: 北京牛山世兴印刷厂印刷

出版发行: 电子工业出版社出版、发行 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036 发行部电话 68214070

经 销: 各地新华书店经销

开 本: 787×1092 1/16 印张: 30.5 字数: 740 千字

版 次: 1998 年 7 月第 1 版 1998 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

印 数: 7000 册

书 号: ISBN 7-5053-4776-4
TP·2312

著作权合同登记号 图字: 01-98-0964

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

版权所有·翻印必究

出版说明

计算机科学的迅速发展是 20 世纪科学发展史上最伟大的事件之一。从 1946 年第一台笨重而体积庞大的计算机的发明至今, 仅仅半个多世纪, 计算机已经变得小巧无比却又能力非凡。它的应用已经渗透到了社会的各个方面, 成为当今所谓的信息社会的最显著的特征。

处于世纪之交科技进步的大潮中, 我国正在加强计算机科学的高等教育, 着眼于为下一世纪培养高素质的计算机人才, 以适应信息社会加速度发展的需要。当前, 全国各类高等院校已经或计划在各专业基础课程规划中增加计算机科学的课程内容, 而作为与计算机科学密切相关的计算机、通信、信息等专业, 更是在酝酿着教学的全面革新, 以期规划出一整套面向 21 世纪的、具有中国高校计算机教育特色的课程计划和教材体系。值此, 我们不妨借鉴并引进国外具有先进性、实用性和权威性的大学计算机教材, 洋为中用, 以更好地服务于国内的高校教育。

美国 Prentice Hall 出版公司是享誉世界的高校教材出版商, 自 1913 年公司成立以来, 即致力于教育图书的出版。它所出版的计算机教材在美国为众多大学所采用, 其中有不少是专业领域中的经典名著。许多蜚声世界的教授学者成为该公司的资深作者, 如: 道格拉斯·科默 (Douglas Comer), 安德鲁·坦尼伯姆 (Andrew Tanenbaum), 威廉·斯大林 (William Stallings)……几十年来, 他们的著作教育了一批批不同肤色的莘莘学子, 使这些教材同时也成为全人类的共同财富。

为了保证本系列教材翻译出版的质量, 电子工业出版社和 Prentice Hall 出版公司共同约请北京地区的清华大学、北京大学、北京航空航天大学, 上海地区的上海交通大学、复旦大学, 南京地区的南京大学、解放军通信工程学院等全国著名的高等院校的教学第一线的几十位教师参加翻译工作。这中间有正在讲授同类教材的年轻教师和博士, 有积累了几十年教学经验的教授和博士生导师, 还有我国著名的计算机科学家。他们的辛勤劳动保证了本系列丛书得以高质量地出版面世。

如此大规模地引进计算机科学系列教材, 在我们还是第一次。除缺乏经验之外, 还由于我们对计算机科学的发展, 对中国高校计算机教育特点认识的不足, 致使在选题确定、翻译、出版等工作中, 肯定存在许多遗憾和不足之处, 恳请广大师生和其他读者提出批评、建议。

电子工业出版社

URL: <http://www.phei.com.cn>

Prentice Hall 出版公司

URL: <http://www.prenhall.com>

译者的话

本书是近年来在多媒体技术领域全面了解数字视频图像原理的不可多得的高层次教材,同时也是一本在数字视频处理技术实现上很有参考价值的资料。该书由六个部分构成:(1)数字视频的描述,包括:视频图像结构的建模,时空采样和不使用运动信息来进行采样点阵(Sampling Lattice)的转换;(2)二维运动估算(Two-Dimensional Motion Estimation);(3)三维运动估算(Three-Dimensional Motion Estimation)和分割;(4)视频滤波;(5)静态图像压缩(Still Image Compression)和(6)视频压缩。全书内容新颖、丰富,它由浅至深、全面系统地介绍了数字视频处理技术;既有理论深度、又很实用。我们将本书献给我国高等院校相关专业的师生和科技战线上从事数字视频技术的同行,期待能对大家的学习和工作有所帮助。

本书的翻译工作由总参第63研究所崔之祐高级工程师主持,江春、陈丽鑫工程师为主要合作者;此外,程群工程师做了大量的录入、排版工作,南京化工大学的崔毅同学参与了部分章节的翻译工作。翻译的全过程得到了南京大学多媒体研究所所长张福炎教授的关心和帮助。在大家辛勤的努力下,该书的翻译本才如期与读者见面。

由于译者时间仓促、水平有限,书中难免存在错误,欢迎广大同行批评、指正。

译者

1998年6月

序 言

目前,涉及全运动(full motion)数字视频的产品和服务方面的发展正取得显著的进展,而且大体可以肯定:未来的十年,数字视频必将对计算机、电信及图像产业产生重大的经济影响。近年来,在数字视频硬件方面的进步和有关数字视频压缩国际标准的出现,已导致推出了各种桌面数字视频产品,它们是该领域正趋于成熟的一个标志。然而,在未来两年内,其中更多的产品仍然以数字电视、多媒体通信以及文娱平台的形式出现。毋庸置疑,作为一种专门的研究领域、始于70年代的数字视频处理技术已经在这些产品的开发方面发挥着关键的作用。实际上,数字视频硬件和处理算法两方面的进展是密切相关的,硬件的局限性使得实时图像处理只可能达到某种水准,而压缩算法的进展则可以使全运动数字视频成为现实。

本书的目标是为人们提供对于数字视频处理原理(其中包括:用指导的方式给出在各种应用情况下的算法)的一个全面的了解。本书是数字视频处理专业研究生教程的一项成果,我在1992年教授休假期间首次将该教程提供给土耳其的安卡拉 Bilkent 大学,目前我亦在 Rochester 大学使用。因为该学科仍然是一个很活跃的研究领域,所以将先进算法的数学基础框架,以及该领域继续发展的新的研究方向,均尽可能多的呈现给大家。对于某些较深入的内容,从事应用工作的读者可以跳过,但不影响文章的连贯性。

本书由六个部分构成:(1)数字视频的描述,包括:视频构成的建模,时空采样和不使用运动信息来进行采样点阵的转换;(2)二维运动估算;(3)三维运动估算和分割;(4)视频滤波;(5)静态图像压缩(still image compression)和(6)视频压缩;每个部分又分为四至五章。对数字视频以一种计算机数据形式来表示时所需的数学原理进行了具体介绍;并详尽地说明这种数据在二维、三维运动估算时的处理、数字视频标准的转换、帧率(frame rate)转换、去隔行(deinterlacing)、噪声滤波、提高分辨率以及基于运动的分割。本书还包含了图像和视频压缩的基本知识以及现有的针对各种图像和视频通信应用(其中包括:高清晰度电视(high definition TV)、多媒体工作站,视频会议(videoconferencing),可视电话(videophone),以及移动图像通信(mobile image communication))的国际标准。有关各章的编排和内容的详细介绍请阅读1.3节。

作为一本教科书,它很适合作为研究生一学期的高级教程,其中绝大部分章节都可以每章用一次75分钟的时间来授课。读者根据需要可以从本书得到一种完整的以“间接教师”形式给予的形象化的帮助。如果读者在其他教程中已经学过,则可以跳过18-21章有关静态图像压缩方面的内容。但我们建议其他章节最好按次序阅读,因为绝大多数内容是一环扣一环的。例如:8.1节提出各种优化方法的背景,而这些优化方法在后面第11章中述说。第17章提出了一种统一的结构来论述在第13-14章中讨论的所有滤波器问题。第24章“基于模型的编码”问题是依据第9-12章中对三维运动估计和分割技术的讨论。本书还可以当作一本工程技术人员研究和开发用的技术参考书,或者作为已学过一本图像处理的教程(如J.S.Lim的“二维信号和图像处理”)的读者自学用。希望读者具有某些线性系统分

析、数字信号处理以及基本的概率论等理论的背景知识。上面谈到的静态帧图像处理的概念是有益的,但并非必需。从完备性考虑,读者应具备对基本概念的深入理解,应能跟上当代新研究成果的课程的进展,并且有能力去对付该领域中出现的很多问题。

我与几位优秀的同事之间的交流对本书的进展具有重要的影响。首先,我的长期合作伙伴:Eastman Kodak 公司的 Ibrahim Sezan 博士帮助我对这个领域的认识更具体化。我的合作者 Levent Onural 教授和 Gozde Bozdagi 博士——一位在读博士生,我在 Bilkent 大学休假期间,他们在甚低比特率和基于对象编程方面给了我许多帮助。和我一起工作的几位优秀的研究生:Gordana Pavlovic 博士, Mehmet Ozkan 博士和 Michael Chang, Andrew Patti 以及 Yucel Altunbasak,他们的研究对本书做出重要的贡献。我感谢 Tanju Erdem 博士,在视频压缩标准方面给了我很多帮助,同时感谢 Joel Trussell 教授,他对我的原稿进行了仔细的审阅。最后,一位在 Rochester 作访问研究的 Gozde Bozdagi 博士阅看了全部原稿,她帮助本书准备了图片,在此对她表示诚挚的谢意。我还要向 Michael Kriss 博士、Carl Schaufele 和 Eastman Kodak 公司的 Gary Bottger 以及美国国家科学基金会(national science foundation: NST)和纽约州立科学与技术基金会的几位程序设计导师致意,他们对我的研究给予了很多帮助和支持。Rochester 大学的 Kevin Parker 教授和 Bilkent 大学的 Abdullah Atalay 教授给我提供了开设该课程的机会;George Washington 大学继续教育中心的 Chip Blouin 和 John Youngquits 为提供短期课程版作了很多工作:在此一并表示感谢。

A. Murat Tekalp “tekalp@ee.rochester.edu”

Rochester, NY Febraury 1995

有关符号表示

在阅读本书之前,我们需要对有关书中的一些符号加以说明。矩阵总是用大写黑体字母表示,例如: \mathbf{R} 。矢量在定义作为列矢量时可用小写黑体字母或大写黑体字母表示,如: \mathbf{x} 或 \mathbf{X} 。小写字母表示图像平面中的矢量或它们的字典顺序,而大写字母则用于表示三维空间的矢量,在上下文中矩阵和三维空间的差别将很清楚。符号 F 和 f 用来表示频率,其中: F (周期/毫米或周期/秒)表示与连续信号相关的频率变量,而 f 则表征无单位的规范频率变量。

为了统一地表示“逐行”和“隔行”视频的原理,假设在三维点阵上采样时变图像。连续变量的时变图像用 $s_c(x_1, x_2, t)$ 表示。那些在一个点阵上的采样值可看成具有实际单位的函数,它类似于脉冲串倍增;也可看成为无单位的离散变量的函数。它们分别表示为 $s_p(x_1, x_2, t)$ 或者 $s(n_1, n_2, k)$ 。连续的或被采样的静态图像可以表示为 $s_k(x_1, x_2)$,其中 (x_1, x_2) 表示实数,它代表与一个给定的帧(frame)/场(field)标志 k 相关的点阵的所有位置。下标“c”和“p”根据需要可以分别加在字母后面。被采集的静态图像可以用 $s_k(n_1, n_2)$ 表示。为了尽可能简化表示,我们将略去 $s_k(x_1, x_2)$ 和 $s_k(n_1, n_2)$ 的下标 k 。这些函数的具体说明在第3章中提供。

我们用 $\mathbf{d}(x_1, x_2, t; l\Delta t)$ 来表示在帧/场 $s_p(x_1, x_2, t)$ 和 $s_p(x_1, x_2, t + l\Delta t)$ 间的时空位移矢量场(spatio-temporal displacement vector field),其中 l 为一个整数, Δt 为帧/场间隔。假定变量 (x_1, x_2, t) 是具有连续值的,或者是在一个三维点阵估算出的,这在本书的前后内容中是显而易见的。类似地,我们用 $\mathbf{v}(x_1, x_2, t)$ 表示一个连续的或者一个被采样的时空速度矢量场,这在上下文中同样是显而易见的。任意两个特定的帧/场 k 和 $k+l$ 之间的位移场可用矢量 $\mathbf{d}_{k, k+l}(x_1, x_2)$ 来表示。同样,在一个给定的帧 k 上的速度场可用矢量 $\mathbf{v}_k(x_1, x_2)$ 来表示。为了尽量简化符号表示, $\mathbf{d}_{k, k+l}(x_1, x_2)$ 和 $\mathbf{v}_k(x_1, x_2)$ 的下标将被略去。

下面给出一个符号表示的要点小结,其中: \mathbf{R} 和 \mathbf{Z} 分别表示实数和整数。

时变图像

连续时空图像:

$$s_c(x_1, x_2, t) = s_c(\mathbf{x}, t), (\mathbf{x}, t) \in \mathbf{R}^3 = \mathbf{R} \times \mathbf{R} \times \mathbf{R}$$

在一个点阵-连续坐标上采样的图像:

$$s_p(x_1, x_2, t) = s_p(\mathbf{x}, t), \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ t \end{bmatrix} = \mathbf{V} \begin{bmatrix} \mathbf{n} \\ k \end{bmatrix} \in \Lambda^3$$

离散时空图像:

$$s(n_1, n_2, k) = s(\mathbf{n}, k), (\mathbf{n}, k) \in \mathbf{Z}^3 = \mathbf{Z} \times \mathbf{Z} \times \mathbf{Z}$$

静态图像

连续静态图像:

$$s_k(x_1, x_2) = s_c(\mathbf{x}, t)|_{t=k\Delta t}, \quad \mathbf{x} \in \mathbb{R}^2, \quad k \text{ 是一个固定整数}$$

在一个点阵上采集的静态图像:

$$s_k(x_1, x_2) = s_p(\mathbf{x}, t)|_{t=k\Delta t}, \quad k \text{ 是一个固定整数}$$

$$\mathbf{x} = [v_{11}n_1 + v_{12}n_2 + v_{13}k, v_{21}n_1 + v_{22}n_2 + v_{23}k]^T$$

v_{ij} 代表矩阵 \mathbf{V} 中的元素

离散静态图像:

$$s_k(n_1, n_2) = s(\mathbf{n}, k), \quad \mathbf{n} \in \mathbb{Z}^2, \quad k \text{ 是一个固定整数}$$

下标 k 可以略去, 而“c”和“p”可以根据上下文来决定是否加到 $s(x_1, x_2)$ 上。 \mathbf{s}_k 代表

$s_k(x_1, x_2)$ 中所有像素的词典顺序。

t 到时刻 $t + l\Delta t$ 的位移场

$$\mathbf{d}(x_1, x_2, t; l\Delta t) = [d_1(x_1, x_2, t; l\Delta t), d_2(x_1, x_2, t; l\Delta t)]^T,$$

$$l \in \mathbb{Z}, \Delta t \in \mathbb{R}, (x_1, x_2, t) \in \mathbb{R}^3 \text{ 或 } (x_1, x_2, t) \in \Lambda^3$$

$$\mathbf{d}_{k, k+l}(x_1, x_2) = \mathbf{d}(x_1, x_2, t; l\Delta t)|_{t=k\Delta t}, \quad k, l \text{ 是一个固定整数}$$

\mathbf{d}_1 和 \mathbf{d}_2 表示相应于一个特定的对 $(k, k+l)$ 的运动矢量分量的词典顺序。

瞬时速度场

$$\mathbf{v}(x_1, x_2, t) = [v_1(x_1, x_2, t), v_2(x_1, x_2, t)]^T$$

$$(x_1, x_2, t) \in \mathbb{R}^3 \text{ 或 } (x_1, x_2, t) \in \Lambda^3$$

$$\mathbf{v}_k(x_1, x_2) = \mathbf{v}(x_1, x_2, t)|_{t=k\Delta t}, \quad k \text{ 是一个固定整数}$$

\mathbf{v}_1 和 \mathbf{v}_2 代表, 对于指定的第 k 个运动矢量场的分量的词典顺序。

目 录

I 数字视频的描述

第1章 视频基础	(1)
1.1 模拟视频	(1)
1.1.1 模拟视频信号	(1)
1.1.2 模拟视频标准	(3)
1.1.3 模拟视频设备	(7)
1.2 数字视频	(8)
1.2.1 数字视频信号	(8)
1.2.2 数字视频标准	(9)
1.2.3 为什么需要数字视频	(12)
1.3 数字视频处理.....	(13)
参考书目	(15)
第2章 时变图像构成模型	(17)
2.1 三维运动模型.....	(17)
2.1.1 在笛卡尔坐标中的刚体运动	(18)
2.1.2 在齐次坐标中的刚体运动.....	(22)
2.1.3 变形体运动	(24)
2.2 几何图像的构成.....	(25)
2.2.1 透视投影.....	(25)
2.2.2 正交投影.....	(27)
2.3 光度学图像的构成.....	(28)
2.3.1 朗伯(Lambertian)反射模式	(28)
2.3.2 三维运动图像的光学效应.....	(29)
2.4 观察噪声.....	(30)
2.5 练习.....	(30)
参考书目	(31)
第3章 时空采样	(33)
3.1 模拟和数字视频的采样.....	(33)
3.1.1 模拟视频的采样结构	(33)
3.1.2 数字视频的采样结构	(35)
3.2 二维矩形采样.....	(36)

3.2.1 二维付里叶变换关系	(37)
3.2.2 采样信号的频谱	(39)
3.3 二维周期采样	(40)
3.3.1 采样的几何图形	(40)
3.3.2 以矢量形式表示的二维付里叶变换关系式	(42)
3.3.3 采样信号的频谱	(42)
3.4 三维结构上的采样	(43)
3.4.1 基于某个点阵的采样	(43)
3.4.2 基于某个点阵的付里叶变换	(44)
3.4.3 基于某个点阵的采样信号频谱	(46)
3.4.4 其他的采样结构	(48)
3.5 采样重构	(50)
3.5.1 正交采样重构	(50)
3.5.2 由某个点阵的采样值进行重构	(52)
3.6 练习	(52)
参考书目	(53)
第4章 采样结构的转换	(54)
4.1 一维信号采样速率的变化	(54)
4.1.1 一维信号的插入	(55)
4.1.2 一维信号的抽选	(58)
4.1.3 由有理因子来改变采样速率	(60)
4.2 采样点阵转换	(61)
4.3 练习	(65)
参考书目	(67)

II 二维运动估算

第5章 光流分析法	(68)
5.1 二维运动与视在运动的比较	(68)
5.1.1 二维运动	(68)
5.1.2 对应场和光流场	(70)
5.2 二维运动估算	(71)
5.2.1 遮挡问题	(72)
5.2.2 孔径问题	(73)
5.2.3 二维运动场模型	(74)
5.3 使用光流方程的方法	(75)
5.3.1 光流方程	(75)
5.3.2 二阶微分法	(76)

5.3.3 块运动模型	(76)
5.3.4 Horn-Schunck 法	(77)
5.3.5 梯度估算	(78)
5.3.6 自适应方法	(80)
5.4 例子	(81)
5.5 练习	(84)
参考书目	(86)
第 6 章 基于块的分析方法	(88)
6.1 基于块运动模型	(88)
6.1.1 平移的块运动	(88)
6.1.2 一般的/变形的块运动	(89)
6.2 相位相关法	(90)
6.2.1 相位相关函数	(91)
6.2.2 算法实现中的问题	(92)
6.3 块匹配法	(93)
6.3.1 匹配准则	(94)
6.3.2 搜索过程	(95)
6.4 分级运动估算	(97)
6.5 通用的块运动估算	(98)
6.5.1 改进运动补偿的后处理	(99)
6.5.2 变形的块匹配	(99)
6.6 例子	(101)
6.7 练习	(104)
参考书目	(104)
第 7 章 像素递归法	(107)
7.1 位移帧差	(107)
7.2 基于梯度的优化	(109)
7.2.1 最陡下降算法	(109)
7.2.2 Newton-Raphson 法	(110)
7.2.3 局部与全局最小值比较	(110)
7.3 基于最陡下降的算法	(110)
7.3.1 Netravali-Robbins 算法	(111)
7.3.2 Walker-Rao 算法	(112)
7.3.3 块运动模型的推广	(112)
7.4 基于 Wiener 估算的算法	(113)
7.5 例子	(115)
7.6 练习	(117)

参考书目	(117)
------	-------

第8章 贝叶斯法	(119)
8.1 优化法	(119)
8.1.1 模拟退火	(119)
8.1.2 迭代条件模式	(122)
8.1.3 平均场致退火	(122)
8.1.4 最高置信度优先	(123)
8.2 MAP 运动估算的基础	(123)
8.2.1 似然模型	(124)
8.2.2 先验模型	(124)
8.3 MAP 运动估算算法	(126)
8.3.1 具有不连续模型的公式	(126)
8.3.2 具有局部分离值舍弃的估算	(132)
8.3.3 带有区域标注的估算	(133)
8.4 例子	(134)
8.5 练习	(134)
参考书目	(136)

Ⅲ 三维运动估算和分割

第9章 点对应法	(138)
9.1 投影位移场的建模	(138)
9.1.1 正交位移场模型	(139)
9.1.2 透视位移场模型	(139)
9.2 基于正交模型的方法	(140)
9.2.1 取自两观察视图的两步迭代法	(141)
9.2.2 改进的迭代法	(142)
9.3 基于透视模型的方法	(143)
9.3.1 偏振约束条件和必要参数	(143)
9.3.2 必要参数的估算	(144)
9.3.3 E 矩阵的分解	(145)
9.3.4 算法	(148)
9.4 三维平面情况	(149)
9.4.1 纯参数	(149)
9.4.2 纯参数估算	(150)
9.4.3 运动估算和结构参数	(150)
9.5 例子	(151)
9.5.1 数值模拟实验	(152)

9.5.2 两帧“美国小姐”图像的试验	(156)
9.6 练习	(156)
参考书目	(158)
第 10 章 光流法和直接法	(160)
10.1 投影速度场模型	(160)
10.1.1 正交速度场模型	(161)
10.1.2 透视速度场模型	(161)
10.1.3 透视速度及位移的模型比较	(162)
10.2 发散中心	(163)
10.3 使用光流的代数法	(164)
10.3.1 解的唯一性	(164)
10.3.2 仿射流	(164)
10.3.3 二次流	(165)
10.3.4 随机流	(165)
10.4 使用光流的优化法	(167)
10.5 直接法	(169)
10.5.1 基于光流法的扩展	(169)
10.5.2 Tsai-Huang 法	(169)
10.6 例子	(171)
10.6.1 数值模拟	(171)
10.6.2 两帧“美国小姐”图像的试验	(174)
10.7 练习	(175)
参考书目	(176)
第 11 章 运动分割	(178)
11.1 直接法	(179)
11.1.1 变化检测的阈值	(179)
11.1.2 使用映射参数的算法	(180)
11.1.3 模型参数的估算	(181)
11.2 光流分割	(182)
11.2.1 改进的哈夫曼变换法	(183)
11.2.2 分层视频表示的分割	(184)
11.2.3 贝叶斯分割	(184)
11.3 同时进行估算和分割	(187)
11.3.1 运动场模型	(187)
11.3.2 问题阐述	(187)
11.3.3 算法	(189)
11.3.4 与其他算法的关系	(190)

11.4 例子	(191)
11.5 练习	(191)
参考书目	(194)
第 12 章 立体系统和运动跟踪	(196)
12.1 立体系统的运动和结构	(196)
12.1.1 静止帧立体图像	(196)
12.1.2 运动估算的三维特性匹配	(198)
12.1.3 立体运动合成	(200)
12.1.4 推广到多运动的情况	(202)
12.2 运动跟踪	(204)
12.2.1 基本原理	(204)
12.2.2 二维运动跟踪	(206)
12.2.3 三维刚体运动跟踪	(209)
12.3 例子	(212)
12.4 练习	(214)
参考书目	(214)

IV 视频滤波

第 13 章 运动补偿滤波	(219)
13.1 时空付里叶频谱	(219)
13.1.1 恒速的整体运动	(220)
13.1.2 带加速度的整体运动	(222)
13.2 亚奈奎斯特时空采样	(223)
13.2.1 仅对时间方向采样	(223)
13.2.2 在时空点阵上采样	(223)
13.2.3 临界速率	(224)
13.3 按运动轨迹滤波	(227)
13.3.1 任意运动轨迹	(227)
13.3.2 恒速整体运动	(228)
13.3.3 加速运动	(228)
13.4 应用	(229)
13.4.1 运动补偿噪声滤波	(230)
13.4.2 运动补偿重构滤波	(230)
13.5 练习	(231)
参考书目	(233)
第 14 章 噪声滤波	(234)

14.1	帧内滤波	(234)
14.1.1	LMMSE 滤波	(235)
14.1.2	自适应(局部)LMMSE 滤波	(238)
14.1.3	定向滤波	(239)
14.1.4	中值及加权中值滤波	(241)
14.2	运动自适应滤波	(241)
14.2.1	直接滤波	(241)
14.2.2	基于运动检测的滤波	(242)
14.3	运动补偿滤波	(243)
14.3.1	时空自适应 LMMSE 滤波	(244)
14.3.2	自适应加权平均滤波器	(245)
14.4	例子	(246)
14.5	练习	(250)
	参考书目	(250)
第 15 章	图像复原	(253)
15.1	建模	(253)
15.1.1	平移不变空间模糊	(253)
15.1.2	平移变化空间模糊	(254)
15.2	帧内平移不变复原	(255)
15.2.1	伪逆滤波	(255)
15.2.2	带约束的最小方差和维纳滤波	(257)
15.3	帧内平移变化复原	(258)
15.3.1	POCS 方法概述	(259)
15.3.2	利用 POCS 法来复原	(259)
15.4	多帧复原	(261)
15.4.1	互相关多帧滤波器	(262)
15.4.2	运动补偿多帧滤波器	(263)
15.5	例子	(263)
15.6	练习	(264)
	参考书目	(268)
第 16 章	标准变换	(270)
16.1	下行变换	(271)
16.1.1	带有反混淆滤波的下行变换	(272)
16.1.2	无反混淆滤波的下行变换	(272)
16.2	实际的上行变换方法	(273)
16.2.1	帧内滤波	(275)
16.2.2	运动自适应滤波	(279)

16.3 运动补偿上行变换	(282)
16.3.1 基本原理	(282)
16.3.2 整体运动补偿去隔行	(285)
16.4 例子	(287)
16.5 练习	(293)
参考书目	(293)

第 17 章 超分辨率	(295)
17.1 建模	(295)
17.1.1 连续 - 离散模型	(296)
17.1.2 离散 - 离散模型	(298)
17.1.3 问题的相互联系	(299)
17.2 插入 - 恢复方法	(300)
17.2.1 帧内法	(300)
17.2.2 多帧法	(300)
17.3 一种频率域方法	(301)
17.4 一种统一的 POCS 方法	(303)
17.5 例子	(305)
17.6 练习	(308)
参考书目	(308)

V 静态图像压缩

第 18 章 无损压缩	(311)
18.1 图像压缩基础	(311)
18.1.1 图像压缩系统的组成	(311)
18.1.2 信息论概念	(312)
18.2 符号编码	(315)
18.2.1 定长编码	(315)
18.2.2 霍夫曼编码	(315)
18.2.3 算术编码	(318)
18.3 无损压缩法	(320)
18.3.1 无损预测编码	(321)
18.3.2 位平面的游程编码	(323)
18.3.3 Ziv-Lempel 编码	(324)
18.4 练习	(325)
参考书目	(326)

第 19 章 差分脉码调制(DPCM)及变换编码	(328)
---------------------------------------	-------