

Fundamentals of Image Coding

图像编码基础和

and Wavelet Compressing

小波压缩技术

Principles, Algorithms and Standards

——原理、算法和标准

张旭东 卢国栋 冯健 编著

清华大学出版社

图像编码基础和 小波压缩技术 ——原理、算法和标准

张旭东 卢国栋 冯健 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地介绍了静止图像和视频序列编码的基本原理、算法和国际标准,分成相对独立的两部分。第一部分介绍了构成图像编码器的各种基本技术,包括熵编码、量化、预测、变换、运动补偿预测等,这是构成大多数图像编码国际标准的核心技术,其中第4章概括了各种图像编码标准的主要特点。第二部分专门用于小波变换编码技术的讨论,详细介绍了小波变换原理、基于提升方法的小波变换实现和对各种小波图像编码器的详细分析;重点讨论了基于零树结构的 EZW 和 SPIHT 算法以及基于码块技术的 EBCOT 算法;第9章介绍了 JPEG 2000 标准的基本编码器;第10章包含两个专题,即最新的国际标准 H. 264 和针对移动通信的视频编码技术。

本书可作为电子信息和计算机应用等专业高年级学生、研究生和工程技术人员学习图像和视频编码的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

图像编码基础和小波压缩技术——原理、算法和标准/张旭东,卢国栋,冯健编著. —北京:清华大学出版社,2004

ISBN 7-302-07746-0

I. 图… II. ①张… ②卢… ③冯… III. 小波分析—应用—图像编码 IV. TN919.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 112306 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:邹开颜

文稿编辑:赵从棉

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×230 印 张:22 字 数:453 千字

版 次:2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-07746-0/TN·160

印 数:1~5000

定 价:28.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

前言

图像编码基础和小波压缩技术——原理、算法和标准

随着信息技术的发展,对静止图像和视频序列图像的压缩编码技术的应用越来越广泛,从家庭娱乐到专业的通信设备、从廉价的消费电子产品到昂贵的专业级专用设备,应用的例子不胜枚举,如 VCD、DVD、可视电话、视频会议、IP 上的视频服务、数字图书馆、数字电视、高清晰电视、数码照相机、数字图像监控、网络摄像机、电视演播室设备等。因此,工业界对图像压缩专业人员的需求在不断地增长。

目前,国内介绍数字图像编码的书,大多限制在对一种国际标准的介绍和文档整理上,从原理上比较深入和系统地介绍图像编码原理的书较少。本书力图比较全面地讨论以变换编码为核心的各种编码技术,这些内容是构成当前所有的图像编码国际标准的基础。

本书分成比较独立的两部分,第一部分介绍构成图像编码器的各种基本技术,包括熵编码、量化、预测、变换、运动补偿预测等,这些技术的组合构成了实际的静止和序列图像编码器。当前大多数图像编码的国际标准是以这些技术为核心的,因此这部分的最后一章也概括了各种图像编码标准的主要特点。第二部分专门用于小波变换编码技术的研究。小波变换编码是变换编码的新的和重要的发展方向,由于它所依赖的基础——小波变换是比较复杂的,故用了较多的篇幅做专门介绍。小波变换编码器已成功地被接受为 JPEG 2000 的基本编码器,这预示着在下一代的静止图像编码设备中,小波变换编码将成为主流技术。

作者之一张旭东博士在 1999 年底至 2000 年 8 月在香港理工大学做访问研究员时,在与香港理工大学卢国栋教授和香港城市大学冯健博士的交流中,发现大家有共同的兴趣写这样一本书,这是本书写作的开始。因双方教学和科研任务较繁重,故本书的写作是在断断续续中完成的。书的内容也经过几次改动,最初是打算写一本关于小波变换图像压缩技术的书,但发现用较短的篇幅很难将图像编码基础介绍清楚,因此最终将原计划第 1 章的内容扩充成现在的前 4 章,这样,本书就扩充成一本比较全面地介绍图

像和视频编码的书。本书可以作为大学高年级学生、研究生和工程技术人员学习图像编码技术的教材或参考书。

作者之一张旭东的几位研究生也对本书做出了贡献。刘铁岩、张帆、王蕾、魏振宇和付蓉协助整理了第4章和第9章的部分材料，张帆、王蕾、安维嵘等帮助绘制了部分插图，在此一并表示感谢。清华大学电子工程系的彭应宁教授、王德生教授、冯振明教授和山秀明教授在作者的写作和教学、研究过程中，都给予了各种指导和帮助，谨此表示感谢。感谢香港理工大学的林健文博士，在他邀请张旭东于2002年暑期对香港理工大学多媒体信号处理中心的访问中，使作者获得一些对本书的写作很有帮助的资料。此外，作者之一卢国栋博士在写作本书的过程中，得到香港理工大学电子与资讯工程学系多媒体信号处理中心的大力支持，在此对以萧尹治教授为领导的诸位研究人员表示感谢。

由于作者水平、时间和精力所限，本书还有许多不尽人意的地方，尽管我们做了努力，但缺点和错误在所难免，希望读者批评指正。

张旭东 于清华园
卢国栋 冯健 于香港红磡

目 录

图像编码基础和小波压缩技术——原理、算法和标准

前言	I
概论	1
第 1 章 图像编码基础	5
1.1 图像的表示和编码质量的评价	5
1.1.1 静止图像格式	5
1.1.2 编码质量的评价	7
1.2 信息理论基础与熵编码	9
1.2.1 离散信源的熵表示	9
1.2.2 信源编码定理	12
1.2.3 Huffman 编码	14
1.2.4 算术编码	17
1.2.5 行程编码	26
1.2.6 有记忆信源的编码问题	29
1.3 量化	30
1.3.1 率失真函数	31
1.3.2 标量量化	33
1.3.3 矢量量化	38
1.4 小结	44
第 2 章 静止图像的预测和变换编码	45
2.1 预测编码	45
2.2 变换编码	50

2.2.1	一般图像变换	51
2.2.2	KL 变换和 DCT 变换	56
2.2.3	变换编码	63
2.3	JPEG 编码标准	75
2.3.1	JPEG 标准的工作模式	76
2.3.2	基本工作模式	77
2.3.3	其他工作模式	82
2.3.4	无失真编码	85
2.4	小结	86
	附录 1 JPEG 亮度分量 AC 系数的 Huffman 码表	86
	附录 2 JPEG 色度分量 AC 系数的 Huffman 码表	89
第 3 章	序列图像编码	93
3.1	视频序列的常用格式	93
3.2	块匹配运动估计与预测	95
3.2.1	运动矢量的快速搜索算法	98
3.2.2	空间相关运动估计	101
3.2.3	变块大小的分层运动估计	103
3.2.4	分数像素运动估计	107
3.2.5	重叠运动补偿预测(OMCP)	110
3.2.6	双向预测	112
3.3	像素递归运动估计	113
3.4	序列图像编码算法	115
3.5	小结	117
第 4 章	视频图像编码标准概要	118
4.1	各种图像压缩标准的应用目标和主要技术	118
4.2	MPEG-1 视频压缩标准	121
4.2.1	MPEG-1 视频编码	124
4.2.2	MPEG-1 视频解码	130
4.2.3	MPEG-1 的其他问题	132
4.3	MPEG-2	132
4.3.1	MPEG-2 的运动估计	133
4.3.2	MPEG-2 的变换和扫描	134



4.3.3	MPEG-2 的可分级编码模式	134
4.3.4	MPEG-2 分档和分层	137
4.4	MPEG-4	137
4.4.1	MPEG-4 组成	138
4.4.2	MPEG-4 视频编码原理	141
4.4.3	MPEG-4 中视频编码器的实现	142
4.4.4	MPEG-4 中的差错控制方法	145
4.4.5	MPEG-4 中解码技术	148
4.5	H.261 视频编码标准	149
4.6	H.263 视频编码标准	152
4.6.1	H.263 视频编码标准的基本框架和关键技术	153
4.6.2	H.263 视频编码标准的附加模式	157
4.6.3	H.263 视频编码标准第二版(H.263+)	159
4.6.4	H.263 视频编码标准第三版(H.263++)	163
4.7	小结	163
第5章	小波变换基础	165
5.1	连续小波变换	165
5.1.1	连续小波变换的定义	166
5.1.2	连续小波变换的性质	170
5.1.3	连续小波变换实例	173
5.1.4	Lipschitz 指数与小波变换	176
5.2	尺度和位移离散化的小波变换	179
5.3	多分辨分析和正交小波基	182
5.3.1	多分辨分析的概念	182
5.3.2	小波基的构造	183
5.3.3	离散小波变换的 Mallat 算法	186
5.4	双正交小波变换	188
5.5	小波基实例	190
5.5.1	Daubechies 紧支小波	192
5.5.2	双正交小波基实例	196
5.6	多维空间小波变换	201
5.7	小波包分解	202
5.8	子带编码和滤波器组	206

5.9 离散小波变换中的边界问题	208
5.10 小结	210
第6章 提升和整数小波变换	211
6.1 提升小波变换的基本方法	212
6.2 构造小波基的提升方法	214
6.3 传统小波变换的提升实现	218
6.3.1 滤波器组重构条件	219
6.3.2 提升方法	220
6.3.3 Euclidean 算法	221
6.3.4 传统小波滤波器的分解	223
6.3.5 几个例子	224
6.4 整数小波变换	227
6.4.1 几个简单的整数小波变换的例子	228
6.4.2 用提升方法构造一般整数小波变换	230
6.5 小结	234
第7章 小波图像编码的基本方法	235
7.1 数字图像的小波变换模型	235
7.2 数字图像和小波变换域统计分析	238
7.3 图像小波变换系数的传统量化和编码方法	239
7.4 图像小波变换域的树表示和编码	242
7.4.1 小波变换系数的树表示	242
7.4.2 树编码算法的例子	244
7.5 嵌入式小波零树编码(EZW)	247
7.5.1 零树表示	247
7.5.2 逐次逼近的嵌入式编码	252
7.5.3 EZW 的编码结果和最优性解释	257
7.6 零树编码的改进形式	258
7.6.1 SPIHT 算法	259
7.6.2 最优空频量化算法	264
7.6.3 三维分级零树编码算法	266
7.7 小结	272

第 8 章 小波图像编码的其他方法	273
8.1 图像小波变换的矢量量化编码	273
8.1.1 多分辨率码本设计	273
8.1.2 其他小波矢量量化方法	274
8.2 EBCOT 编码算法	275
8.2.1 图像的 DWT 和码流的可分级性	275
8.2.2 EBCOT 的码块结构和质量控制	276
8.2.3 EBCOT 的嵌入式量化	278
8.2.4 比特平面的基本编码元素	279
8.2.5 部分比特平面编码	282
8.3 小波视频编码算法	284
8.4 小波编码与 DCT 编码的比较	286
8.5 小结	289
第 9 章 JPEG 2000 压缩标准	290
9.1 JPEG 2000 梗概	291
9.1.1 JPEG 2000 的目标和特性	291
9.1.2 JPEG 2000 标准的组织结构	292
9.2 JPEG 2000 核心编解码器	292
9.2.1 预处理	293
9.2.2 分量间变换	295
9.2.3 小波变换	296
9.2.4 量化	301
9.2.5 核心编码算法	301
9.3 JPEG 2000 的其他特性	307
9.3.1 用户感兴趣区域(ROI)编码	307
9.3.2 容错性	310
9.4 JPEG 2000 与基本 JPEG 的比较	310
9.5 小结	312
第 10 章 视频编码中的一些新发展	313
10.1 面向无线多媒体通信的视频编码算法综述	313
10.1.1 图像和视频的多重描述编码	313

10.1.2	精细尺度分级编码	316
10.1.3	差错隐藏技术	316
10.1.4	信源-信道联合编码	318
10.1.5	稳健的熵编码方法	318
10.1.6	小结	319
10.1.7	本节参考文献	320
10.2	H.26L (JVT)标准介绍	321
10.2.1	帧内预测	322
10.2.2	整数 DCT 变换	324
10.2.3	熵编码	326
10.2.4	运动估计	327
10.2.5	小结	331
10.2.6	本节参考文献	332
	本书参考文献	334

概 论

长期以来,人们在自然界感受到的最主要的信息是视觉信息,但与此不同,在早期的计算机和通信领域,能够处理和传输的主要是文字和声音,因此,早期的计算机和通信设备的处理能力跟人类的需求有相当大的差距。随着通信信道及计算机容量和速度的提高,图像信息已经成为通信和计算机系统的一种重要的处理对象。

与文字信息不同,图像信息需要大的存储容量和宽的传输信道,尤其是在需要实现大规模图像数据库或传输高分辨率实时图像序列的场合,即使以现在的技术,仍然难以满足原始数字图像存储和传输的需要(表 0.1 是几种常见视频图像源未经压缩的原始数据率)。对图像数据的压缩就成为了技术进步的迫切需求,正是由于这种需求,使得图像压缩(编码)算法和技术成为近 30 年来非常活跃的一个研究领域,并在商业上已取得极大的成功。

表 0.1 几种常见视频图像源的未压缩数据率

视频源	每秒帧率	分辨率(帧内像素数)	未压缩数据率/Mbps
NTSC	30	720×480	125
PAL	25	720×576	125
VCR	25	352×288	31
HDTV	30	1920×1080	1000

图像压缩的基本理论起源于 20 世纪 40 年代末香农(Shannon)的信息理论。香农的编码定理告诉我们,在不产生任何失真的前提下,通过合理的编码,对于每一个信源符号分配不等长的码字,平均码长可以任意接近于信源的熵。在这个理论框架下,出现了几种不同的无失真信源编码方法,如 Huffman 编码、算术编码、词典编码等,这些方法可以应用于一幅数字图像,能获得一定的码率压缩。但无失真编码的压缩率是很有限的,对较复杂的自然图像,压缩率一般不超过 2。

无失真信源编码的压缩率的限制,使其难以满足大多数图像存储和传输的需要。根据应用的需求,人们对有失真压缩进行了广泛的研究。有失真压缩的目的是去除图像数据中的冗余信息和对视觉不重要的细节分量,以尽可能少的码字来表示所处理的图像。给定一幅数字图像,它的原始表示一般是空间像素阵列,这是它的空间域表示。在空间域表示中,相邻的像素之间存在很强的相关性,冗余信息分布在较大范围的空间像素集中,直接处理比较困难。最常用的处理方法是通过对一种变换,将图像从空间域映射到变换域中,在变换域可以进行简捷和有效的处理。对于变换的第一种要求是:将强相关的空间像素阵映射成完全不相关的、能量分布紧凑的变换系数阵,占少数的大的变换系数代表了图像中最主要的能量成分,占多数的小的变换系数表示了一些不重要的细节分量,通过量化去除小系数所代表的细节分量,用很少的码字来描述大系数所代表的主要能量成分,从而达到高的压缩比。这是用变换技术进行有失真编码能够达到高压缩比的主要原因。对于变换的第二种要求是:变换系数阵的物理含义要明确,使其容易与人们关于 HVS (human visual system, 人类视觉系统)的知识相结合,以便有效地去除视觉冗余,尽可能地保留重要的视觉信息。

具备最理想的去相关和最强的能量紧致特性的变换是 KL(Karhunen Loeve)变换, KL 变换使得变换系数之间是统计不相关的。但 KL 变换的基是不固定的,由像素的相关系数矩阵的特征向量列构成,特征分析的复杂性和需要额外存储变换基,使得 KL 变换的应用不现实。幸运的是,人们找到了 KL 变换的一个很好的逼近。对于强相关空间像素阵,人们发现 DCT(discrete cosine transform, 离散余弦变换)是 KL 变换的很好的逼近。DCT 有固定的基和明确的物理含义,使得 DCT 广泛应用于图像压缩,成了变换编码的主要工具。

正是在这个背景下,20 世纪 80 年代中期开始制定的静止图像压缩编码的国际标准 JPEG 采用了 DCT 变换编码为其核心算法,并被广泛地接受和应用。但是 DCT 变换编码也有其难以克服的缺点。在实际应用中,为了便于实现和后处理,图像被划分成 8×8 或 16×16 的小块,对每一个块进行单独的变换和后处理。这种块之间的单独处理带来了压缩效率上的限制和块效应问题,尤其是当压缩倍数较高时,块效应(类似马赛克效应)成为限制 DCT 变换编码质量的主要因素。

另一个方面,20 世纪 90 年代以后,出现了许多新的传输媒体。其中,以 Internet(也包括无线 Internet)最有影响力。Internet 上的图像浏览和传输有许多新要求,例如嵌入式码流和多分辨码流,这要求在图像压缩算法实现中,能灵活地提供关于质量、分辨率等的分级结构,这些“灵活性”要求同 DCT 变换编码的结构很难有机地结合。

20 世纪 80 年代后期,小波变换的发展提供了一种新的有效的多分辨信号处理工具,也为各种可分级图像编码算法的实现奠定了基础。小波变换是不同领域科学家的共同贡献,数学家、地质学家、物理学家及信号处理专家都对小波变换的建立做出了贡献。尽管

完善的小波变换的理论体系主要是由数学家从数学的角度建立的,但人们也发现,早期在信号处理领域,为了解决语音的压缩问题而提出的子带编码方法,这实质上就是离散小波变换的一种实现方式,而由此发展的“准确重构”(perfect reconstruction, PR)滤波器组理论,实质上也是一种小波基的构造方法。

小波变换应用在很多领域,最成功的应用领域之一就是图像压缩。小波变换的理论和算法明确地提出了一些有启发意义的思想,一个关键的思想是多分辨率分解,这个思想很好地利用在小波图像编码的研究中。小波图像压缩的研究表明,现代应用所需要的许多特征如多分辨、多层质量控制、嵌入式码流等与小波图像编码结构非常自然地融合在一起,在较大压缩比下,小波图像压缩的重构质量也明显好于 DCT 变换方法。因此,在新一代静止图像压缩标准 JPEG 2000 中,采用小波图像编码作为核心算法。

本书分成两个相对独立而又密切联系的部分,第一部分由第 1~第 4 章组成,概括性地总结了传统的变换编码技术,并介绍了与 DCT 编码相联系的有关商用编码标准;第二部分全面地讨论了有关小波图像压缩的各种技术,包括一些新的发展。主要组成如下:

第 1 章是基础知识,提供了理解各种编码方法所需要的基本知识,首先给出熵编码的基本概念和常用算法,然后介绍了标量量化和矢量量化的基本概念和优化算法,这些内容是各种编码方法的基础。第 2 章讨论静止图像的预测编码和变换编码,这是传统编码方法的主要内容,也是构成目前多数图像编码标准的基础算法,可以为讨论小波编码提供一些基本材料和术语,提供一个可供比较的基准;本章最后一节介绍 JPEG 标准,概述了前一代静止图像标准算法的主要特征,同时, JPEG 也给出了一个完整的 DCT 变换编码的实例。第 3 章结合运动预测技术和 DCT 技术,介绍混合视频编码算法,这是构成当前视频序列编码国际标准的主要算法。第 4 章介绍各种视频编码国际标准的主要特性。这些标准分成两大系列: MPEG-1/2/4 和 H. 261/H. 263,其实它们的核心算法是相似的,不同之处在于文法结构和针对不同应用的技术细节的优化。

第 5 章和第 6 章详细地讨论数字图像的小波变换原理和实现,这是小波图像压缩的第一步,第 5 章对小波变换按照从连续到离散的顺序讨论它们的实现方法,包括基的构成以及信号分解的计算问题,也讨论了小波变换与滤波器组理论的关系;第 6 章给出了一些新方法,如提升的概念及在小波基和小波计算的应用、整数小波变换等内容,这些内容已经广泛用于实际小波图像编码器的实现。JPEG 2000 的基本编码器推荐使用的就是提升小波算法和整数小波变换。

第 7 章和第 8 章讨论了小波图像编码的各种方法。第 7 章偏重基本方法和流程,重点介绍以零树方法为主的“树形”表示方法,这是小波图像编码的最有代表性的方法;第 8 章介绍小波编码算法中一些其他方法。

第 9 章比较详细地说明了 JPEG 2000 的主要特点、其核心算法、编/解码器结构、主要数据结构,并通过编码实例说明 JPEG 2000 的新特征和它们优于 JPEG 的特色。

第 10 章是对新发展的专题的概要,包括两个内容,一是针对无线应用的视频和图像编码算法的概述,二是 H. 26L 的概要介绍,其实 H. 26L 已经被定名为 ITU 的 H. 264 标准并列为 MPEG-4 的第 10 部分,但本书还是用 H. 26L,毕竟这个名字已使用一段时间了。

本书没有涉及到许多重要的专题,例如分形编码方式、基于三维刚性和柔性模型的模型基方法等。图像和视频编码技术已发展为一个庞大的学科,想在一本书中包罗万象是不可能的。本书的目的有两个:一是通过所提供的材料,使读者可借此深入研究各种图像和视频编码标准的文本,应用这些标准去设计各种应用系统;二是对小波变换编码方法做一些整理,提供有关小波图像编码的系统叙述,这些方法以前是分布在各种杂志中的。

第1章

图像编码基础

本章介绍图像编码最基本的技术,这是构成任何一个实际图像和视频编码器的基础,主要内容包括:图像的基本表示方法,编码器的质量评价,熵编码原理和基本算法,量化器设计原理等。

1.1 图像的表示和编码质量的评价

本节介绍两个最基本的内容:一是在图像编码文献中常用的图像表示方法,或者说格式,主要介绍已数字化的图像表示格式,对于模拟图像的数字化的分析不是本书的范围;二是对已编码图像的几种常见质量评价方式。

1.1.1 静止图像格式

一幅静止的数字图像是一个二维数字阵,共有 M 行,每一行有 N 个点,每一个点称为一个像素。一般情况下,对这个阵列定义一个参考点,常用的选择是将参考点定义在阵列左上角的像素位置上,设相邻像素之间的距离为 1,这样第 i 行、第 j 列上的像素值表示为 $a(i, j)$,那么,数据集合 $\{a(i, j), 0 \leq i < M, 0 \leq j < N\}$ 就表示这一幅图像。

严格地说,如上的表示是一种简化了的方法,一幅真实的数字图像有多种不同类型,例如二值图像、单色图像(黑白图像)和彩色图像。对于二值图像和黑白图像, $a(i, j)$ 完全表示一个像素,它表示像素的灰度值;但对于彩色图像,每个像素都要由几个分量组成,一个单一的 $a(i, j)$ 表示不了一个彩色图像,但数据集合 $\{a(i, j), 0 \leq i < M, 0 \leq j < N\}$ 可以表示其中的一个分量,一幅彩色图像可以看成是多个分量的组合,或者说多个数据集合的组合。

彩色图像的每个像素由几个分量组成,最常用的分量组合方式有两种——RGB 和 YUV。其中 R, G, B 分别代表红、绿、蓝三基色,任何一种颜色均可由 R, G, B 三基色的不

同取值混合而成。设红、绿、蓝的单位向量用 r, g, b 表示,任何一种颜色均可由 r, g, b 的组合构成,即

$$C = Rr + Gg + Bb$$

这里 $0 \leq R, G, B \leq 1$ 。例如, $R=G=B=1$, 构成白色; $R=G=B=0$, 构成黑色; $R=G=1, B=0$, 构成黄色等。

对于一幅彩色图像,数字化是两个方面的:一方面,在空间均匀采样,获得 $M \times N$ 个样本阵列,即像素阵列;另一方面,对每个彩色分量数字化,即将 R, G, B 数字化。一般情况下,用 8 位表示每一个彩色分量,模拟值 1 对应于数字化值 255,模拟值 0 对应于数字化值 0,中间值有均匀的对应关系。在数字图像表示中,仍用符号 R, G, B 表示数字化彩色分量,这样不会引起混乱。一幅用三基色分量表示的数字图像,可以写为一个数据集合

$$\{R_{i,j}, G_{i,j}, B_{i,j}, (0,0) \leq i, j < (M, N)\}$$

这种表示方法一般称为 RGB 表示,或称为 RGB 彩色坐标。

RGB 表示最常用于计算机的图像和图形表示中,因为计算机显示系统的存储器结构就是直接的 RGB 结构,或简单映射的 RGB 结构。下面简要分析几种常见的计算机显示系统的图像表示方式。

(1) 24 位彩色方式

每个像素均由 3 个字节分别表示 R, G, B , 每个分量的范围是 $0 \sim 255$ 。

(2) 16 位彩色方式

为了节省存储空间和便于存储器结构设计,PC 机常用的图像表示方式是 16 位彩色方式,一般是 5,6,5 方式,即:5 位表示 R ;6 位表示 G ;5 位表示 B 。这可以通过对 24 位彩色方式做简单的截尾得到。

(3) 8 位彩色方式

8 位彩色方式不是真正的彩色方式,而是一种索引式或简单映射式的表示方式。彩色图像的每一个像素,用 8 位索引值表示,这个索引值并不真正代表该像素的彩色,按此索引值到一个查找表中去获得该像素真正的彩色 R, G, B 值。

对于 8 位彩色方式,相应查找表一般是 256×24 位或 256×16 位的。以 256×24 位为例说明,对像素的每一个 8 位索引值,以它为指针到查找表中索引到真正的彩色值,分别是 8 位 R, G, B ,再将这 3 个 8 位 R, G, B 送到 CRT 显示。

在这种表示方式中,每个像素值表示一个索引号而不是像素的彩色,因此称这种方式为伪彩色。将一幅彩色图像转换成伪彩色显示是有失真的,彩色图像本身的色彩要丰富得多,用伪彩色只能表示 256 种颜色。建立伪彩色查找表的一种简单方式是用直方图统计,将出现概率最高的 256 种色彩挑出来,构成查找表,其他颜色用查找表中最接近的彩色代替,这种失真不可恢复的。这里所说的查找表,在计算机图形卡的术语中称为调色板,在矢量量化中称为码本。实际上,彩色图像的伪彩色表示,就是一种矢量量化方法,它