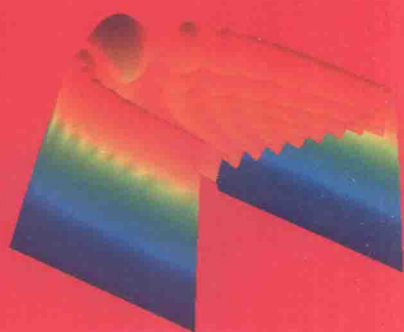




资深作者编写，基于MATLAB R2016a平台的数字图像处理技术方面的权威著作
系统性、实用性与先进性相结合，理论与实践相结合
书中提供了200多个MATLAB应用典型例题

MATLAB R2016a

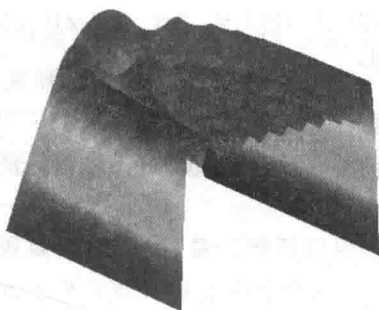
数字图像处理算法分析与实现



© 杨文茵 徐丽新 编著

清华大学出版社





MATLAB R2016a

数字图像处理算法分析与实现

◎ 杨文茵 徐丽新 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 MATLAB R2016a 为平台进行编写,全面、系统地介绍了 MATLAB 在数字图像处理中的各种技术及应用。全书共 32 章,主要介绍了图像的运算、图像的变换、图像的增强、图像的复原、图像的分割、图像的编码、图像的形态学处理及图像的小波变换等内容。同时讲述如何利用 MATLAB 解决数字图像的相关问题,起到学以致用效果。

本书可作为数字图像处理领域广大科研人员、学者、工程设计人员的参考用书,也可供高等院校相关专业教师、在读学生参考使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB R2016a 数字图像处理算法分析与实现/杨文茵,徐丽新编著. —北京:清华大学出版社,2018

(精通 MATLAB)

ISBN 978-7-302-49623-6

I. ①M… II. ①杨… ②徐… III. ①数字图象处理—Matlab 软件—研究 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 032110 号

责任编辑:刘 星

封面设计:刘 键

责任校对:焦丽丽

责任印制:丛怀宇

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:27.75

字 数:657 千字

版 次:2018 年 9 月第 1 版

印 次:2018 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~1500

定 价:89.00 元

产品编号:075229-01

图像是客观对象的一种相似性的、生动性的描述或写真,是人类社会活动中最常用的信息载体;或者说图像是客观对象的一种表示,它包含了被描述对象的有关信息,是人们最主要的信息源。据统计,一个人获取的信息约有 75% 来自视觉。图像作为一种有效的信息载体,是人类获取和交换信息的主要来源,其直观性和易解性是显而易见的,也是其他信息所无法比拟的。

数字图像,又称数码图像或数位图像,是二维图像用有限数字数值像素的表示。数字图像由数组或矩阵表示,其光照位置和强度都是离散的。数字图像是由模拟图像数字化得到的、以像素为基本元素的、可以用数字计算机或数字电路存储和处理的图像。目前比较流行的图像格式包括光栅图像格式 BMP、GIF、JPEG、PNG 等,以及向量图像格式 WMF、SVG 等。目前,大多数浏览器都支持 GIF、JPG 和 PNG 图像的直接显示,而 SVG 格式作为 W3C 的标准格式在网络上的应用越来越广。

随着计算机科学技术的不断发展与人们在日常生活中对图像信息需求的不断增长,数字图像处理技术在近年来得到了迅速的发展,成为当代科学研究和应用开发中一道亮丽的风景线。数字图像处理技术以其信息量大、处理和传输方便、应用范围广等优点,成为人类获取信息的重要来源和利用信息的重要手段,并在宇宙探测、遥感、生物医学、工农生产、军事、公共、办公自动化等领域得到广泛应用,显示出其广泛的应用前景。数字图像处理技术已成为计算机科学、信息科学、生物科学、空间科学、气象学、统计学、工程科学、医学等学科的研究热点,并已成为工科院校电子信息、电气工程、医学生物工程等专业的必修课。

MATLAB R2016a 作为美国 MathWorks 公司开发的用于概念设计、算法开发、建模仿真,实时实现的理想的集成环境,是目前最好的科学计算类软件。2016 年 3 月 MATLAB R2016a 最新版正式发行。MATLAB 主要面对科学计算、数据可视化、系统仿真及交互式程序设计的高新技术计算环境。由于其功能强大,并且简单易学,MATLAB 软件成为高校教师、科研人员和工程技术人员必学软件之一,从而极大地提高了工作效率和质量。MATLAB 软件有一个专门的图像处理工具箱,由一系列支持图像处理操作的函数组成。MATLAB 支持五种图像类型,即索引图像、灰度图像、二值图像、RGB 图像和多帧图像阵列;支持 BMP、GIF、HDF、JPEG、PCX、PNG、TIFF、XWD、CUR、ICO 等图像文件格式的读写和显示。在 MATLAB 中,可对图像进行诸如几何操作、线性滤波与滤波器设计、图像变换、图像分析与图像增强、二值图像操作以及形态学处理等图像处理操作。

在数字图像处理领域对问题的求解通常需要大量的实验工作,包括软件模拟和大量样本图像的测试。虽然典型算法的开发是基于理论支持的,但这些算法的实现几乎总是要求对参数进行估计,并常常进行算法修正与候选求解方案的比较。这样,由许多资料证明的灵活的、综合的软件开发环境就成为一个关键因素。这些因素在开销、开发时间

前言

和图像处理求解方法上都具有重要意义。MATLAB 在数字图像中也起到了重要的作用。

本书具有以下特点：

(1) 内容由浅入深，循序渐进。

本书结构合理，内容由浅入深，讲解渐进，不仅适合初学者阅读，也非常适合有一定图像处理基础的读者进一步学习。

(2) 重点突出，目的明确。

本书立足于基本理论，面向应用技术，以必须、够用为尺度，以掌握概念、强化应用为重点，旨在加强理论知识和实际应用的统一。

(3) 叙述翔实，实例丰富。

本书有详细的实例，每个例子都经过精挑细选，有很强的针对性。书中的程序都有完整的代码，而且非常简洁和高效，便于读者学习和调试。

(4) 易于学习，强化实践。

本书以 MATLAB 为编程工具，通过大量典型实例的分析实践，使读者较快地掌握数字图像处理系统的基本理论、方法、实用技术及一些典型应用。

(5) 语言通俗，图文并茂。

本书以 MATLAB R2016a 为平台进行编写，全面、系统地介绍了 MATLAB 在数字图像处理中的各种技术及应用。全书共 32 章，主要介绍了图像的运算、图像的变换、图像的增强、图像的复原、图像的分割、图像的编码、图像的形态学处理及图像的小波变换等内容。同时讲述如何利用 MATLAB 解决数字图像的相关问题，起到学以致用效果。

本书主要由杨文茵与徐丽新编写，此外参加编写的还有栾颖、周品、曾虹雁、邓俊辉、邓秀乾、邓耀隆、高永崇、李嘉乐、张棣华、张金林、钟东山、李伟平、宋晓光。

由于时间仓促，加之作者水平有限，书中疏漏之处在所难免。在此，真诚地期望得到专家和广大读者的批评指正。

作 者

2017 年 12 月

图书资源支持

感谢您一直以来对清华版图书的支持和爱护。为了配合本书的使用,本书提供配套的资源,有需求的读者请扫描下方的“书圈”微信公众号二维码,在图书专区下载,也可以拨打电话或发送电子邮件咨询。

如果您在使用本书的过程中遇到了什么问题,或者有相关图书出版计划,也请您发邮件告诉我们,以便我们更好地为您服务。

我们的联系方式:

地 址: 北京海淀区双清路学研大厦 A 座 707

邮 编: 100084

电 话: 010-62770175-4604

资源下载: <http://www.tup.com.cn>

电子邮件: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

QQ: 883604 (请写明您的单位和姓名)

用微信扫一扫右边的二维码,即可关注清华大学出版社公众号“书圈”。

资源下载、样书申请



书圈

第 1 章 小波在图像处理中的综合应用	1
1.1 小波在图像压缩中的应用	1
1.1.1 图像压缩的原理	1
1.1.2 图像压缩的 MATLAB 实现	2
1.2 小波在图像增强中的应用	4
1.3 小波在图像融合中的应用	6
1.3.1 图像融合的原理	6
1.3.2 图像融合的 MATLAB 实现	7
1.4 小波包在图像边缘检测中的应用	11
第 2 章 图像分割算法的 MATLAB 实现	13
2.1 区域分割	13
2.1.1 区域生长法	13
2.1.2 分裂-合并法	16
2.2 边缘分割	18
2.2.1 梯度算子	19
2.2.2 一阶微分算子	20
2.2.3 二阶微分算子	22
2.3 彩色空间分割	27
2.3.1 基于像元的分割方法	27
2.3.2 聚类算法	30
第 3 章 JPEG 压缩编码算法的 MATLAB 实现	33
3.1 JPEG 压缩算法的原理	33
3.2 JPEG 压缩编码算法的实现步骤	35
第 4 章 频域滤波的 MATLAB 实现	42
4.1 有限冲激响应滤波	42
4.2 低通滤波	47
4.3 高通滤波	48
4.4 高斯带阻滤波	51
4.5 同态滤波	52
第 5 章 图像傅里叶变换的 MATLAB 实现	55
5.1 傅里叶变换的物理意义	55
5.2 傅里叶变换的定义	55
5.2.1 一维连续傅里叶变换	55

目录

5.2.2	一维离散傅里叶变换	56
5.2.3	二维连续傅里叶变换	57
5.2.4	二维离散傅里叶变换	57
5.3	二维离散傅里叶变换的性质	59
5.4	傅里叶变换的实现	60
5.5	傅里叶变换的应用	62
5.5.1	在图像特征定义中的应用	62
5.5.2	在滤波器中的应用	63
第 6 章	数字图像的小波变换	66
6.1	小波变换的定义	66
6.2	小波变换的快速算法	70
6.3	小波包变换	74
6.4	小波变换的优点	76
6.5	数字图像的小波变换工具箱	76
6.5.1	waveletfamilies 函数	77
6.5.2	waveinfo 函数	82
6.5.3	wavefun 函数	83
6.5.4	wfilters 函数	84
6.5.5	wavefun2 函数	85
6.5.6	wmaxlev 函数	86
第 7 章	图像阈值分割的算法分析与实现	88
7.1	灰度阈值分割	89
7.1.1	灰度图像二值化	89
7.1.2	灰度图像多区域阈值分割	90
7.2	直方图阈值分割	92
7.2.1	直方图阈值双峰法	92
7.2.2	动态阈值法	94
7.3	最大熵阈值分割	97
7.4	分水岭法	100
第 8 章	图像变换与邻域处理的 MATLAB 实现	103
8.1	图像裁剪	103
8.2	图像错切变换	104
8.3	图像镜像变换	106
8.4	图像复合变换	109
8.5	邻域处理	110

第 9 章 图像复原方法的 MATLAB 实现	116
9.1 最小约束二乘复原法	116
9.2 Lucy-Richardson 复原法	118
9.3 盲卷积复原法	120
9.4 图像复原的其他相关函数	123
第 10 章 图像编码算法的 MATLAB 实现	126
10.1 变换编码	126
10.2 行程编程	128
10.2.1 基本原理	128
10.2.2 自身特点	129
10.2.3 算法局限性	129
10.3 预测编码	131
10.3.1 DPCM 编码	132
10.3.2 最佳线性预测编码法	136
10.3.3 增量调制编码	139
第 11 章 基于形态学的图像处理技术	140
11.1 数学形态学的概述	140
11.2 形态学的基本概念	141
11.3 数学形态学的分类	141
11.3.1 二值形态学	142
11.3.2 灰度数学形态学	142
11.3.3 模糊数学形态学	143
11.4 形态学的基本运算	143
11.4.1 边界像素	144
11.4.2 结构元素	145
11.4.3 膨胀和腐蚀	148
11.4.4 开运算与闭运算	152
11.4.5 形态学重构	154
第 12 章 遥感图像与医学图像分析方法	156
12.1 在遥感图像处理中的应用	156
12.1.1 概述	156
12.1.2 遥感图像对直方图进行匹配处理	157
12.1.3 对遥感图像进行增强处理	160
12.1.4 对遥感图像进行融合处理	165
12.2 在医学图像处理中的应用	168

目录

12.2.1	概述	168
12.2.2	医学图像的灰度变换	168
12.2.3	基于高频强调滤波和直方图均衡化的医学图像增强	172
第 13 章 图像锐化的算法分析与实现		173
13.1	空域高通滤波	173
13.1.1	梯度算子	173
13.1.2	其他锐化算子	175
13.2	频域高通滤波	176
13.3	同态滤波器图像增强的方法	178
13.4	图像锐化的 MATLAB 实现	179
13.4.1	空间域图像的锐化	179
13.4.2	频域图像的锐化	183
13.4.3	同态滤波器的锐化	185
第 14 章 基于小波图像压缩技术的算法研究		187
14.1	图像的小波分解算法	187
14.2	小波变换系数分析	189
14.3	实验结果与分析	189
第 15 章 数字图像的小波分解与重构		199
15.1	二维小波变换分解函数	199
15.1.1	dwt2 函数	199
15.1.2	wavedec2 函数	200
15.2	二维小波变换重构函数	202
15.2.1	idwt2 函数	202
15.2.2	wavedec2 函数	204
15.2.3	wrcoef2 函数	206
15.2.4	upcoef2 函数	207
15.2.5	upwlev2 函数	209
15.3	提取二维小波变换系数的函数	210
15.3.1	detcoef2 函数	210
15.3.2	appcoef2 函数	211
第 16 章 图像统计特性与空间域滤波的 MATLAB 实现		213
16.1	图像的统计特性	213
16.1.1	图像的均值	213
16.1.2	图像的标准差	214
16.1.3	图像的相关系数	214

16.1.4	图像的等高线	215
16.2	空间域滤波	216
16.2.1	图像中加入噪声	216
16.2.2	中值滤波器	217
16.2.3	自适应滤波器	219
16.2.4	排序滤波	220
16.2.5	锐化滤波	221
第 17 章	数字图像运算的算法分析与应用	227
17.1	图像点运算	227
17.1.1	线性点运算	227
17.1.2	分段线性点运算	228
17.1.3	非线性变换	230
17.2	直方图修正	232
17.2.1	直方图概述	232
17.2.2	直方图均衡化	232
17.2.3	直方图规定化	234
17.3	图像的代数运算	235
17.3.1	图像加法运算	235
17.3.2	图像减法运算	238
17.3.3	图像乘法运算	241
17.3.4	图像除法运算	242
第 18 章	Fan-Beam 与 Hough 变换的 MATLAB 实现	244
18.1	Fan-Beam 变换	244
18.2	Hough 变换的基本原理	247
18.3	Hough 变换的 MATLAB 实现	248
第 19 章	形态学算法分析的 MATLAB 实现	253
19.1	形态学的应用	253
19.1.1	形态学滤波	253
19.1.2	骨架提取	255
19.1.3	边界提取	257
19.1.4	击中或击不中	257
19.1.5	图像填充操作	259
19.1.6	最大值和最小值	260
19.2	距离变换	265

目录

第 20 章 小波变换图像测试分析	269
20.1 概述	269
20.2 实例说明	270
20.3 输出结果与分析	270
20.4 源程序	275
第 21 章 图像类型转换的 MATLAB 实现	285
21.1 图像类型的转换	285
21.2 彩色模型的转换	287
21.3 MATLAB 中颜色模型转换	289
21.3.1 RGB 模型与 HSV 模型转换	289
21.3.2 RGB 模型与 YCbCr 模型转换	290
21.3.3 RGB 模型与 NTSC 模型转换	292
第 22 章 图像几何运算的 MATLAB 实现	295
22.1 齐次坐标	295
22.2 灰度插值	296
22.3 图像平移	299
22.4 图像旋转	302
22.5 图像的比例变换	304
第 23 章 图像变换算法的 MATLAB 实现	309
23.1 离散余弦变换	309
23.1.1 一维离散余弦变换	309
23.1.2 二维离散余弦变换	310
23.1.3 快速离散余弦变换	310
23.1.4 离散余弦变换的 MATLAB 实现	311
23.2 离散哈达玛变换	313
23.3 Radon 变换	314
第 24 章 图像增强算法分析的 MATLAB 实现	319
24.1 线性滤波器增强	319
24.1.1 卷积	319
24.1.2 相关	320
24.2 滤波的 MATLAB 实现	320
24.2.1 数据类型	321
24.2.2 相关和卷积	322
24.2.3 边界填充选项	322

24.2.4	多维滤波	323
24.3	预定义滤波器	325
第 25 章	数字图像复原的 MATLAB 实现	328
25.1	图像复原概述	328
25.2	图像的噪声	329
25.3	图像复原的模型	332
25.3.1	复原的模型	332
25.3.2	无约束复原法	333
25.3.3	有约束复原法	333
25.3.4	复原法的评估	334
25.4	MATLAB 图像的复原方法	334
25.4.1	逆滤波复原法	334
25.4.2	维纳滤波复原法	336
第 26 章	MATLAB 可视化功能	339
26.1	二维图形绘制	339
26.1.1	基本二维绘图	339
26.1.2	二维修饰处理	346
26.2	二维特殊图形绘制	351
26.2.1	条形图	352
26.2.2	直方图	353
26.2.3	面积图	353
26.2.4	杆形图	354
26.2.5	阶梯图	355
26.2.6	扇形图	356
26.2.7	罗盘图	356
26.2.8	极坐标图	357
26.2.9	羽毛图	358
26.2.10	等高线	358
26.2.11	向量场图	360
26.2.12	带形图	361
第 27 章	数字图像的编码方法 with 实现	363
27.1	图像压缩编码基础	363
27.1.1	图像压缩编码的必要性	363
27.1.2	图像压缩编码的可能性	363
27.1.3	图像压缩编码的性能指标	364

目录

27.1.4	保真度准则的评价	366
27.1.5	压缩编码的分类	367
27.2	熵编码	368
27.2.1	赫夫曼编码	368
27.2.2	香农编码	375
27.2.3	算术编码	376
第 28 章	图像标记及测量的算法分析与实现	380
28.1	连通区域标记	380
28.2	边界测定	381
28.3	查表操作	383
28.4	对象选择	384
28.5	图像的面积	385
28.6	图像的欧拉数	386
第 29 章	基于小波图像去噪的 MATLAB 实现	388
29.1	去噪原理	388
29.2	MATLAB 提供两种阈值函数	389
29.3	去噪 MATLAB 函数实现	390
29.3.1	wdencomp 函数	390
29.3.2	ddencomp 函数	390
29.3.3	wthcoef2 函数	390
第 30 章	图像配准及识别技术的分析与实现	396
30.1	图像配准基础	396
30.2	图像配准的 MATLAB 实现	397
30.3	图像识别的基本原理	399
30.4	图像识别的 MATLAB 实现	403
30.5	数字图像在神经网络识别中的应用	405
第 31 章	图像多尺度边缘检测的算法分析与实现	408
31.1	多尺度边缘检测	408
31.2	快速多尺度边缘检测算法	410
31.3	实验结果与分析	411
第 32 章	边界跟踪的算法分析与实现	414
32.1	边界跟踪的方法	414
32.2	霍夫变换	415
32.2.1	利用直角坐标中的 Hough 变换检测直线	416

32.2.2 利用极坐标的 Hough 变换检测直线	416
32.2.3 利用 Hough 变换检测圆	420
32.2.4 广义 Hough 变换	421
附录 A MATLAB R2016a 安装说明	422
参考文献	428

第1章 小波在图像处理中的综合应用

小波分析的应用是与小波分析的理论研究紧密地结合在一起的,现已在科技信息产业领域中取得了令人瞩目的成就。从数学角度来看,信号与图像处理可以统一看作信号处理(图像可以看作二维信号),在许多小波分析应用中,都可以归结为信号处理问题。

1.1 小波在图像压缩中的应用

图像压缩是将原来较大的图像尽可能地以较少的字节表示和传输,并要求图像具有较好的质量。通过图像压缩,可以减轻图像存储和传输的负担,提高信息传输和处理速度。

1.1.1 图像压缩的原理

图像数据之所以能够进行压缩,其数学原理主要有下面两点。

(1) 原始图像数据往往存在各种信息的冗余(如空间冗余、视觉冗余和结构冗余等),数据之间存在相关性,邻近像素的灰度(将其看成随机变量)往往是高度相关的。

(2) 在多媒体应用领域中,人眼作为图像信息的接收端,因其视觉对于边缘急剧变化敏感,以及人眼存在对图像的亮度信息敏感,而对颜色分辨率弱等,所以在高压缩比的情况下,解压缩后的图像信号仍有满意的主观质量。

虽然图像的数据是非常巨大的,但是可以采用适当的坐标变换去除相关,从而达到压缩数据的目的。传统的 K-L 变换就是以这种思路为基础的,把信号的一小块看成是一个独立的随机向量,其基函数由余弦函数组成。

小波变换通过多分辨分析过程将一幅图像分成近似和细节两部分,细节对应的是小尺度的瞬变,它在本尺度内很稳定。因此将细节存储起来,对近似部分在下一个尺度下进行分解,重复该过程即可。基于小波变换的图像压缩过程如图 1-1 所示。近似和细节在正交镜像滤波器算法中分别对应于高通和低通滤波,这种变换通过尺度去掉相

关性,这在视频压缩中被证明是有效的。

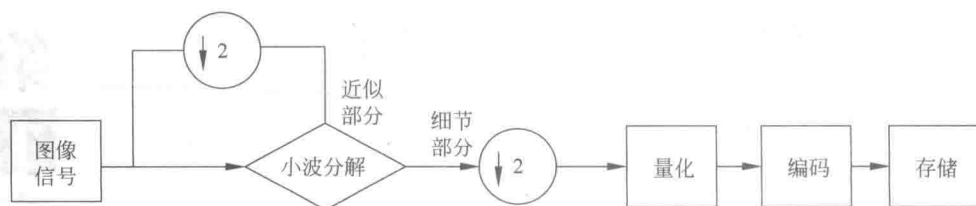


图 1-1 基于小波变换的图像压缩过程

小波图像压缩的特点在于压缩比高、压缩速度快,压缩后能保持信号与图像的特征基本不变,且在传递过程可以抗干扰等。

不同于傅里叶分析,小波基不是唯一的,显然难点在于如何选择最优的小波基用于图像压缩,一般情况下需要考虑以下几个因素:

- (1) 小波基的正则性和消失矩;
- (2) 小波基的线性相位;
- (3) 所处理图像与小波基的相似性;
- (4) 小波函数的能量集中性;
- (5) 综合考虑压缩效率和计算复杂度。

正则性是函数光滑性的一种描述,也反映了函数频域能量集中的程度。正则性对图像压缩效果有一定的影响,如果图像大部分是光滑的,一般选择正则性好的小波。如 Haar 小波是不连续的(即不光滑的),会造成复原图像中出现方块效应,而采用其他的小波基方块效应则会消失。

1.1.2 图像压缩的 MATLAB 实现

应用 MATLAB 小波工具箱进行图像压缩,有两种方法。

(1) 对图像作小波分解后,可得到一系列不同分辨率的子图像(它们所对应的频率不相同)。对于图像来说,表征它的最主要部分是低频部分,而高频部分大部分点的数值均接近于 0,而且频率越高,这种现象越明显。因此,利用小波分解去掉图像的高频部分而仅保留图像的低频部分是一种最简单的图像压缩方法。即用二维离散小波变换函数 `dwt2` 对图像进行小波分解后,再用 `upcoef2` 函数对分解后图像进行重构,最后用 `wcodemat` 函数进行量化编码。`wcodemat` 函数的调用格式为:

$Y = \text{wcodemat}(X, \text{NBCODES}, \text{OPT}, \text{ABSOL})$: 如果 $\text{ABSOL} = 0$, 则返回输入矩阵 X 的编码; 如果 $\text{ABSOL} \neq 0$, 则返回 $\text{ABS}(X)$ 。参量 NBCODES 为最大编码值。如果 $\text{OPT} = \text{'row'}$ 或 'r' , 以行形式编码; 如果 $\text{OPT} = \text{'col'}$ 或 'c' , 以列方式编码; 如果 $\text{OPT} = \text{'mat'}$ 或 'm' , 以矩阵方式编码。

$Y = \text{wcodemat}(X, \text{NBCODES}, \text{OPT})$: 等价于 $Y = \text{wcodemat}(X, \text{NBCODES}, \text{OPT}, 1)$ 。

$Y = \text{wcodemat}(X, \text{NBCODES})$: 等价于 $Y = \text{wcodemat}(X, \text{NBCODES}, \text{'mat'}, 1)$ 。

$Y = \text{wcodemat}(X)$: 等价于 $Y = \text{wcodemat}(X, 16, \text{'mat'}, 1)$ 。