



本书共享所有源程序代码和相关图片

MATLAB图像处理

——能力提高与应用案例

(第2版)

赵小川 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

MATLAB 图像处理

——能力提高与应用案例

(第2版)

为什么要写本书

第2版(2013)目录附录并图

赵小川 编著



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书紧扣读者需求,采用循序渐进的叙述方式,深入浅出地讲述了现代数字图像处理的热点问题、关键技术、应用实例、解决方案和发展前沿。本书分为提高篇和应用篇两大部分,共3章,内容包括:精通“图像特征提取”、细说“数字图像理解”和品读“典型应用实例”。与其他同类书籍相比,本书具有例程丰富、解释翔实、传承经典、突出前沿、图文并茂、语言生动等特点。

本书共享所有源程序代码和相关图片,读者可到北京航空航天大学出版社网站的“下载专区”免费下载;也可登录 MATLAB 中文论坛(<http://www.ilovematlab.cn/>)到相应书籍答疑版块免费下载。

本书可作为电子信息工程、计算机科学与技术相关专业的本科生、研究生的“数字图像处理技术”教材,也可作为课程设计、毕业设计、电子竞赛等的参考用书,还可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 图像处理: 能力提高与应用案例 / 赵小川编
著. --2 版. --北京: 北京航空航天大学出版社,
2019.1

ISBN 978-7-5124-2932-1

I. ①M… II. ①赵… III. ①Matlab 软件—应用—数
字图像处理 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 016947 号

版权所有,侵权必究。

MATLAB 图像处理——能力提高与应用案例(第2版)

赵小川 编著

责任编辑 胡晓柏 张楠

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: emsbook@buaacm.com.cn 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:20.5 字数:461 千字

2019 年 1 月第 2 版 2019 年 1 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-2932-1 定价:69.00 元

第2版前言

一、为什么要写本书

随着信息处理技术和计算机技术的飞速发展,数字图像处理技术已在工业检测、航空航天、星球探测、军事侦察、公安防暴、人机交互、文化艺术等领域受到了广泛的重视并取得了众多成就。当前,在人工智能、思维科学、仿生学等新兴学科的推动下,现代数字图像处理技术正在向着更高、更深层次发展,实用性也日渐增强。

数字图像处理是一门实践性很强的学科,同时也具有坚实的理论基础。但以往关于数字图像处理的书籍往往存在两种倾向:一种是过于偏重理论推导和分析,与实际的工程实践与应用相脱节,难以引起读者(特别是初学者)的兴趣;另一种基本上是某一图像处理软件或开发工具包的用户使用说明书,使读者难以理解各种操作背后的理论知识,从而无法使其对数字图像处理技术进行深入的了解和学习。

本书紧扣读者需求,采用循序渐近的叙述方式,深入浅出地论述了现代数字图像处理的基础理论、关键技术、应用实例、解决方案、发展前沿;此外,本书还分享了大量的程序源代码并附有详细的注解,有助于读者加深对数字图像处理相关原理的理解。

二、内容特色

与同类书籍相比,本书有如下特色:

► 例程丰富,解释翔实

古人云:“熟读唐诗三百首,不会作诗也会吟。”本书根据编者多年从事数字图像处理的教学、科研的经验,列举了近200个关于数字图像处理的MATLAB源代码实例,并附有详细注解。通过对源代码的解析,不但可以加深读者对相关理论的理解,而且可以有效地提高读者在数字图像处理方面的编程能力。本书所提供程序的编程思想、经验技巧也可供读者采用其他计算机语言进行数字图像处理编程提供借鉴。

► 原理透彻,注重应用

将理论和实践有机地结合是进行数字图像处理研究和应用成功的关键。本书将数

第2版前言

字图像处理的相关理论分门别类、层层递进进行了详细的叙述和透彻的分析,既体现了各知识点之间的联系,又兼顾了其渐近性。本书在介绍每个知识点时都给出了该知识点的应用方向;同时,在本书的第3章,给出了现代数字图像处理25个综合运用实例,这些应用实例不但可以加深读者对所学知识的理解,而且也展现了现代数字图像处理技术的研究热点。本书真正体现了理论联系实际的理念,使读者能够体会到学以致用的乐趣。

► 资源共享,超值服务

本书不仅对数字图像处理的相关理论和技术进行了分析和探讨,而且分享了大量编者从事相关研究的经验。同时,读者也可登陆 www.ilovematlab.cn 下载测试图片、例程、推荐的阅读材料和该书的配套多媒体教程。此外,编者还定期与读者进行在线互动交流,解答读者的疑问。

► 传承经典,突出前沿

本书详细探讨了现代数字图像处理的最新进展,对一些新算法的基本原理、实现过程、核心代码、应用实例等进行了详细地论述,便于读者了解现代数字图像处理的领域的研究热点和最新研究动向。

► 图文并茂,语言生动

为了更加生动地诠释知识要点,本书配备了大量新颖的图片,以便提升读者的兴趣,加深对相关理论的理解。在文字叙述上,本书摒弃了枯燥的平铺直叙,采用案例与问题引导式;同时,本书还增加了“温馨提示”、“例程一点通”、“经验分享”、“一语中的”等板块,彰显了本书以读者为本的人性化的特点。

三、结构安排

本书主要介绍现代数字图像处理的相关知识,分为提高篇和应用篇两大部分,共3章,内容包括:精通“图像特征提取”、细说“图像配准、融合”和品读“典型应用实例”。

四、读者对象

- 对数字图像技术感兴趣的读者;
- 电子信息工程、计算机科学技术相关专业的本科生、研究生的教材;
- 本科毕业设计、研究生学术论文的资料;
- 工程技术人员的参考资料。

五、致谢

感谢加拿大 University of British Columbia 的 David Lowe 教授以及北京航空航天大学陈殿生教授对本书的支持以及给本书提供的科研资料。

感谢寇宇翔、何灏、李喜玉、牛金喆、刘祥、李阳、李喜玉、常之光、王萱、梁冠豪、杨洁翎、苏晓东、赵国建、王浩浩、丁宇、徐鹏飞、徐如强、邳威、孙祥溪、龚汉越、王鑫、常青、李杰、姚猛、刘剑锋等博士、硕士在本书的资料整理及校对过程中所付出的辛勤劳动。

限于编者的水平和经验,加之时间比较仓促,疏漏或者错误之处在所难免,敬请读者批评指正。有兴趣的朋友可发送邮件到:zhaoxch1983@sina.com,与作者交流;也可发送邮件到:emsbook@buaacm.com.cn,与本书策划编辑进行交流。

提 高 篇

赵小川

2019年1月于北京

第1章 精选“图像特征提取”	1
1.1 图像的五方面	1
1.1.1 灰度图像五方面	1
1.1.2 颜色颜色	2
1.1.3 彩色图像RGB分量五方面	3
1.2 图像的不变特征	4
1.2.1 几何形的基本属性	4
1.2.2 纹理+点云	11
1.3 图像边缘检测	19
1.3.1 通用一阶差分算子检测边缘轮廓	19
1.3.2 通用二阶差分算子检测边缘轮廓	13
1.3.3 基于Laplace算子检测边缘轮廓	17
1.3.4 基于SUSAN算子检测边缘轮廓	20
1.3.5 基于小波变换提取大值边缘轮廓	25
1.3.6 基于二值图像中点响应提取边缘的伪二值边缘检测	28
1.4 基于多尺度和多手检测的边缘检测	33
1.5 斑点特征提取	38
1.5.1 检测“LoG斑点”	38
1.5.2 检测“LKH斑点”	39
1.5.3 检测“C中心斑点”	39
1.6 角点特征提取	40
1.6.1 检测“角点”	40
1.6.2 检测“Harris角点”	42
1.6.3 检测“角点”	43
1.6.4 综合检测	43
1.7 SIFT不变特征提取与描述	45
1.8 SIFT特征	48

目 录

提 高 篇

第 1 章 精通“图像特征提取”	3
1.1 图像的直方图	3
1.1.1 灰度图像直方图	3
1.1.2 例程解析	3
1.1.3 彩色图像的 RGB 分量直方图	5
1.2 图像的不变矩特征	6
1.2.1 几何矩的基本原理	6
1.2.2 例程一点通	8
1.3 图像的边缘检测	10
1.3.1 运用一阶微分算子检测图像边缘	11
1.3.2 运用二阶微分算子检测图像边缘	13
1.3.3 基于 Canny 算子检测图像边缘	17
1.3.4 基于 SUSAN 特征检测算子的边缘提取	20
1.3.5 基于小波变换模极大值的边缘检测	23
1.3.6 基于二维有限冲击响应滤波器的特定角度边缘检测	26
1.3.7 基于多尺度形态学梯度的边缘检测	28
1.4 斑点特征检测	30
1.4.1 勾画“LoG 斑点”	30
1.4.2 描绘“DoH 斑点”	33
1.4.3 提取“Gilles 斑点”	34
1.5 角点特征检测	35
1.5.1 何谓“角点”	35
1.5.2 描绘“Harris 角点”	36
1.5.3 例程一点通	40
1.5.4 融会贯通	43
1.6 SIFT 不变特征提取与描述	48
1.6.1 SIFT 算法	48

目 录

1.6.2	SIFT 特征描述	52
1.6.3	例程精讲	54
第 2 章	图像配准和融合	71
2.1	图像配准及其实现	71
2.1.1	纵览“图像配准”	71
2.1.2	构建“配准模型”	72
2.1.3	相似性测度	73
2.1.4	基于灰度的图像配准	74
2.1.5	基于特征点的图像配准	77
2.2	图像融合及其实现	82
2.2.1	什么是图像融合	82
2.2.2	常见的图像融合类型	85
2.2.3	图像融合的主要步骤	86
2.2.4	图像融合的规则	86
2.2.5	图像融合效果评价	87
2.2.6	加权平均图像融合方法及其程序实现	89
2.2.7	基于主成分分析的图像融合方法及其程序实现	89
2.2.8	基于金字塔分解的图像融合	94
2.2.9	基于小波变换的图像融合	98
2.2.10	基于余弦变换的多聚焦图像融合	102
应用篇		
第 3 章	品读“典型应用实例”	109
3.1	图像去噪技术及其实现	109
3.1.1	什么是“图像的噪声”	109
3.1.2	图像去噪常用方法	110
3.2	从向量相关角度实现图像匹配	114
3.2.1	基于相关运算图像匹配的过程	114
3.2.2	在向量空间分析图像相关匹配	114
3.2.3	基于向量相关的图像匹配的 MATLAB 实现	115
3.3	基于图像的车牌自动识别技术	116
3.3.1	汽车牌照自动识别系统	116
3.3.2	车牌自动识别的步骤	116
3.3.3	例程一点通	117
3.4	图像数字水印技术及其实现	119

3.4.1	追根溯源话“水印”	119
3.4.2	“图像数字水印技术”面对面	121
3.4.3	“图像数字水印算法”精讲	122
3.4.4	例程一点通	124
3.4.5	融会贯通	128
3.5	数字图像压缩技术及其实现	130
3.5.1	从几个“为什么”看“图像压缩”	130
3.5.2	从几个“如何”看“图像压缩”	132
3.5.3	例程一点通	134
3.6	基于 Arnold 变换的图像加密技术	143
3.6.1	图像加密概述	143
3.6.2	基本原理	144
3.6.3	实现流程	146
3.6.4	例程精讲	147
3.7	基于最大类间方差阈值与遗传算法的道路分割	148
3.7.1	最大类间方差阈值分割法	148
3.7.2	遗传算法的基本原理及其特点	149
3.7.3	基于最大类间方差遗传算法的道路分割	150
3.7.4	例程一点通	151
3.8	数字图像处理在医疗领域的应用	159
3.8.1	基于数字图像的染色体分析	159
3.8.2	X 光图像增强技术	161
3.9	基于红外图像的弱小目标检测与跟踪	163
3.9.1	何谓“弱小目标”	164
3.9.2	弱小目标检测与跟踪算法概述	164
3.9.3	基于局域概率分布的小目标检测	165
3.9.4	例程一点通	166
3.10	基于 Retinex 的雾霾清晰化处理及其代码实现	168
3.10.1	雾霾图像的特点	168
3.10.2	雾霾图像清晰化的方法概述	169
3.10.3	Retinex 理论	169
3.10.4	基本实现过程	170
3.10.5	例程一点通	170
3.11	基于多尺度 Retinex 的雾霾清晰化处理及其代码实现	173
3.11.1	多尺度 Retinex 理论	173
3.11.2	例程一点通	173
3.12	基于大气耗散函数的雾霾图像清晰化及其代码实现	178

目 录

3.12.1	基本原理	178
3.12.2	程序实现	180
3.13	数字图像实时稳定技术及其实现	184
3.13.1	数字图像稳定算法的基本步骤	185
3.13.2	GC-BPM 算法	185
3.13.3	例程一点通	186
3.14	基于帧间差分法的运动目标检测	191
3.14.1	浅析“运动目标检测”	191
3.14.2	基于帧间差分的运动目标检测	192
3.14.3	例程一点通	192
3.15	基于光流场的运动估计	195
3.15.1	光流和光流场的概念	195
3.15.2	光流场计算的基本原理	195
3.15.3	光流的主要计算方法	196
3.15.4	光流法的国内外研究状况	197
3.15.5	运用光流法检测运动物体的基本原理	198
3.15.6	例程一点通	198
3.15.7	学以致用	203
3.15.8	光流法的总结与展望	204
3.16	基于运动估计的医学视频倍频插帧技术及其代码实现	206
3.16.1	运动估计简介	206
3.16.2	运动估计的应用领域	206
3.16.3	运动估计方法分类	207
3.16.4	基于块匹配方法的运动估计	208
3.16.5	相关概念	209
3.16.6	匹配方法:价值函数	210
3.16.7	搜索算法	211
3.16.8	实际应用举例	217
3.17	基于肤色特征的人脸检测	226
3.17.1	色彩空间	226
3.17.2	基于色彩空间的肤色分割原理	227
3.17.3	基于肤色特征的人脸检测的实现	227
3.18	基于 Mean Shift 的目标跟踪技术	233
3.18.1	Mean Shift 的起源	233
3.18.2	Mean Shift 的基本原理	234
3.18.3	基于 Mean Shift 的目标跟踪	236
3.18.4	例程一点通	238

3.18.5 融会贯通·····	243
3.19 基于 Kalman 滤波的目标跟踪·····	245
3.19.1 认识 Kalman·····	246
3.19.2 Kalman 滤波算法·····	246
3.19.3 例程一点通·····	247
3.19.4 解读 Kalman 滤波·····	249
3.19.5 学以致用·····	249
3.20 基于 Hough 变换的人眼虹膜定位方法·····	252
3.20.1 分离瞳孔并估算出虹膜内半径·····	252
3.20.2 采用改进的 Hough 变换算法定位出虹膜内外边缘·····	253
3.20.3 例程一点通·····	255
3.21 基于模糊集的图像增强方法·····	269
3.21.1 模糊理论及其实现步骤·····	269
3.21.2 基于模糊集的图像增强方法·····	270
3.21.3 例程一点通·····	271
3.22 基于 K-L 变换的人脸识别技术·····	272
3.22.1 人脸识别技术的发展·····	272
3.22.2 研究人脸识别的意义·····	273
3.22.3 国内外研究状况分析·····	273
3.22.4 基于 K-L 变换的人脸识别·····	274
3.22.5 例程一点通·····	275
3.23 图像分割技术及其实现·····	277
3.23.1 什么是“图像分割”·····	278
3.23.2 基于阈值的图像分割·····	278
3.23.3 基于区域生长法的图像分割·····	286
3.23.4 基于最大方差法灰度门限的图像分割·····	288
3.23.5 基于 K-means 算法的图像分割·····	291
3.24 基于蚁群算法的图像边缘检测·····	294
3.24.1 认识“蚁群算法”·····	294
3.24.2 解析“蚁群算法”·····	295
3.24.3 基于蚁群优化的图像边缘检测方法·····	297
3.24.4 例程一点通·····	300
3.25 基于脉冲耦合神经网络的图像分割·····	305
3.25.1 脉冲耦合神经网络及其在图像分割中的应用·····	305
3.25.2 例程一点通·····	306
3.25.3 融会贯通·····	310
参考文献·····	312

提高篇

- 精通“图像特征提取”
- 细说“数字图像理解”

高楼大厦平地起



第 1 章

精通“图像特征提取”

1.1 图像的直方图

1.1.1 灰度图像直方图

在数字图像处理中,灰度直方图是最简单且最有用的工具。直方图表达的信息是每种亮度的像素点的个数。直方图是图像的一个重要特征,因为直方图用少量的数据表达图像的灰度统计特征。

那么,什么是灰度图像的直方图呢?一个灰度级别在范围 $[0, L-1]$ 的数字图像的直方图是一个离散函数:

$$p(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

其中, n 是图像的像素总数, n_k 是图像中第 k 个灰度级的像素总数, r_k 是第 k 个灰度级, $k=0,1,2,\dots,L-1$ 。

求图像的灰度直方图的过程示意图如图 1.1-1 所示。

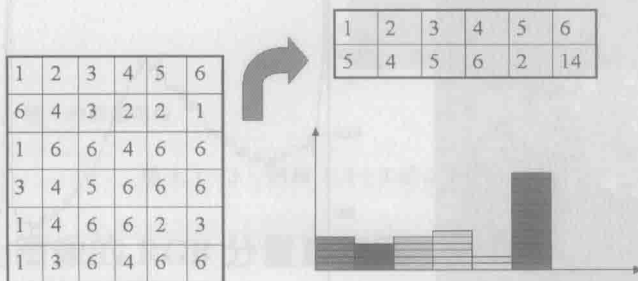


图 1.1-1 求图像的灰度直方图的过程示意图

1.1.2 例程解析

例程 1.1-1 是根据图像灰度直方图的定义编写的求灰度图像直方图 MATLAB 源程序,其运行效果如图 1.1-2 所示。

【例程 1.1-1】

第1章 精通“图像特征提取”

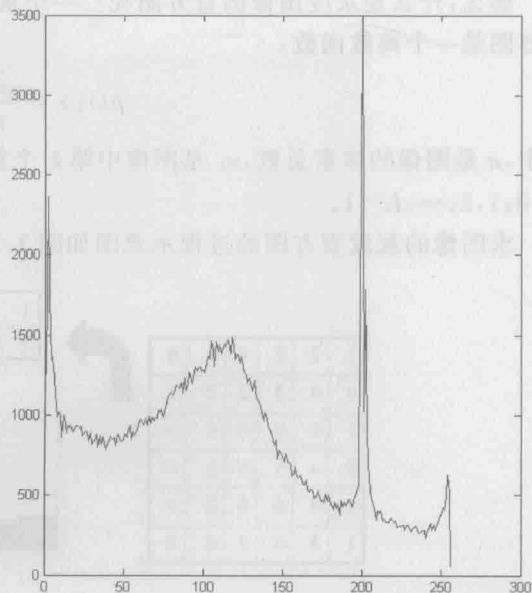
```

% 读入图像;
I = imread('taishan.jpg');
% 将 RGB 图像转换为灰度图像;
B0 = rgb2gray(I);
% 将图像矩阵的类型转换成双精度型,便于后续的运算;
B = double(B0);
% 求图像的行数与列数;
s = size(B);
% 建立一个数组,用于存储 1~256 灰度级出现的个数;
h = zeros(1,256);
% 根据定义,计算各像素灰度值出现的个数;
for i = 1:s(1)
    for j = 1:s(2)
        k = B(i,j);
        k = floor(k);
        h(k+1) = h(k+1) + 1;
    end
end
% 显示图像;
subplot(121), imshow(B0);
subplot(122), plot(h)

```



(a) 输入的原始图像



(b) 灰度直方图

图 1.1-2 输入的图像及其直方图

例程 1.1-1 中,语句 $h = \text{zeros}(1,256)$ 是先生成 1×256 的全零数组,即采用数组预分配的方法提高运算的速度。语句 $h(k+1) = h(k+1) + 1$ 中数组下标用 $k+1$,目的是避免下标为 0。

在 MATLAB 数字图像处理工具箱中,提供了 `imhist()` 函数来计算并绘制灰度图像的直方图,其调用格式如下:

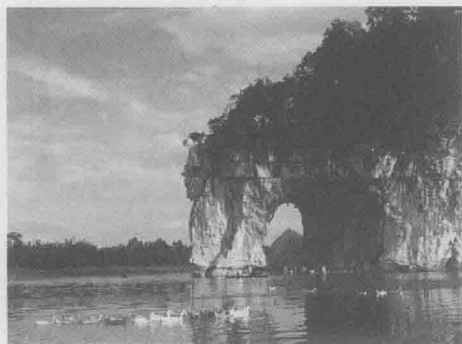
$$\text{imhist}(I,n)$$

该函数的功能是计算和显示图像 I 的灰度直方图, n 为指定的灰度级数目,默认为 256。如果 I 是二值图像,那么 n 仅有两个值。

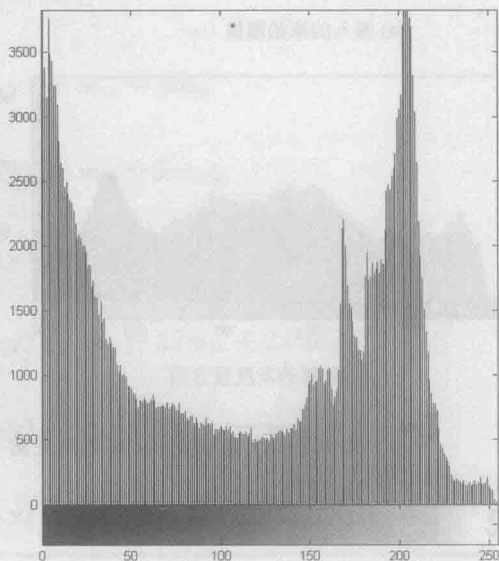
例程 1.1-2 是 `imhist()` 函数来计算并显示图像的灰度直方图的 MATLAB 源程序,其运行效果如图 1.1-3 所示。

【例程 1.1-2】

```
I = imread('guilin.jpg');
I = rgb2gray(I);
subplot(121), imshow(I)
subplot(122), imhist(I)
```



(a) 输入的原始图像



(b) 灰度直方图

图 1.1-3 例程 1.1-2 的运行结果

1.1.3 彩色图像的 RGB 分量直方图

对于 RGB 图像,可以将图像分解为 R、G、B 图像后,再对分解后的二维图像求其 R、G、B 分量的直方图。例程 1.1-3 便是求彩色图像直方图的 MATLAB 源程序,其运行效果如图 1.1-4 所示。

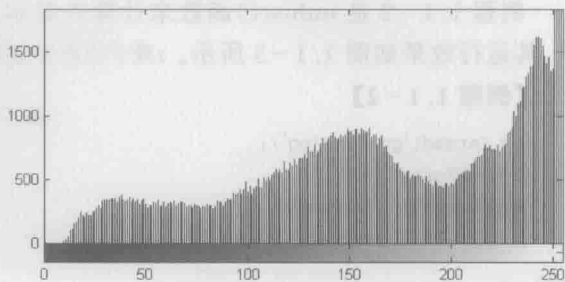
【例程 1.1-3】

```
I = imread('pubu.jpg');
subplot(141), imshow(I);
subplot(221), imshow(I);
```

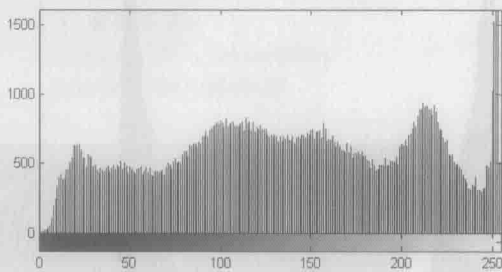
```
% R分量的灰度直方图
subplot(222),imhist(I(:,:,1));
% G分量的灰度直方图
subplot(223),imhist(I(:,:,2));
% B分量的灰度直方图
subplot(224),imhist(I(:,:,3));
```



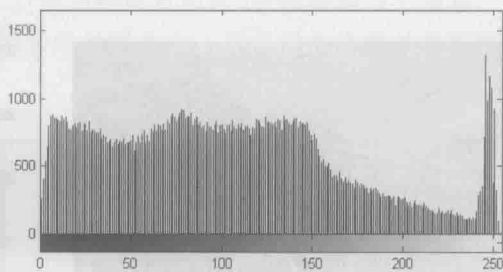
(a) 输入的原图像



(b) R分量的灰度直方图



(c) G分量的灰度直方图



(d) B分量的灰度直方图

图 1.1-4 输入的 RGB 图像及其 R、G、B 三个分量的灰度直方图

1.2 图像的不变矩特征

不变矩(Invariant moments)是一种高度浓缩的图像特征,具有平移、灰度、尺度、旋转等多畸变不变性,因此矩和矩函数被广泛用于图像的模式识别、图像分类、目标识别和场景分析中。M. K. Hu 在 1961 年首先提出不变矩的概念,并将几何矩(Geometric moments, GMg)用于图像描述。

1.2.1 几何矩的基本原理

矩在统计学中表征随机量的分布,一幅灰度图像可以用二维灰度密度函数来表示,因此可以用矩来描述灰度图像的特征。

一幅 $M \times N$ 的数字图像 $f(i, j)$, 其 $p+q$ 阶几何矩 m_{pq} 和中心矩 μ_{pq} 为:

$$m_{pq} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N i^p j^q f(i, j) \quad p, q = 0, 1, 2, \dots$$