

学以致用



本书共享所有源程序代码和相关图片

# 现代数字图像 处理技术提高及应用案例详解 (MATLAB版)

赵小川 编著



北京航空航天大学出版社  
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

# 现代数字图像处理技术 提高及应用案例详解 (MATLAB 版)

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,采用循序渐近的叙述方式,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4章,内容包括:精通“图像特征提取”、细说“数字图像理解”、品读“典型应用实例”和活用“数字图像处理”。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,读者可在相关网上论坛下载并与作者交流。

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、电子竞技等的参考用书,还可作为工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代数字图像处理技术提高及应用案例详解:

MATLAB版 / 赵小川编著. -- 北京:北京航空航天大学出版社, 2012.4

ISBN 978-7-5124-0719-0

I. ①现… II. ①赵… III. ①数字图像处理—计算机辅助计算—Matlab软件 IV. ①TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第024639号

版权所有,侵权必究。

### 现代数字图像处理技术提高及应用案例详解(MATLAB版)

赵小川 编著

责任编辑 刘 星

\*

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@gmail.com 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:710×1000 1/16 印张:24.75 字数:572千字

2012年4月第1版 2012年4月第1次印刷 印数:3000册

ISBN 978-7-5124-0719-0 定价:49.50元

# 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,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热点问题、关键技术、应用实例、解决方案和发展前沿;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,不会做诗也会吟。”本书根据编者多年从事数字图像处理教学、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、经验技巧也可为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

字图像处理的相关理论分门别类、层层递进地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,在本书第3章,给出了现代数字图像处理25个综合运用实例,这些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。

多样化、实用化、详细化是本书所介绍的实例的特点。本书所讲解的实例涉及图像预处理、算法改进创新、实际生活应用、智能交通应用、医疗领域应用、目标识别跟踪、人体识别技术等多个方面,既有经典实例(如:图像拼接技术及其实现),又有拓展实例(如:改进型数字图像中直线特征的快速检测方法),既体现数字图像处理的基础知识(如:图像去噪技术及其实现),又体现创新融合(如:基于最大类间方差阈值与遗传算法的道路分割)。

#### ► 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,读者也可登录:

MATLAB 中文论坛“图像处理与计算机视觉”版块 <http://www.ilovematlab.cn/forum-8-1.html>

人人网“数字图像处理小组”<http://xiaozu.renren.com/xiaozu/252226>

下载测试图片、例程、推荐的阅读材料和其他相关资源。此外,作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 SIFT、SURF、Camshift 等新算法的基本原理、实现过程、核心代码、应用实例等进行了详细论述,便于读者了解现代数字图像处理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”等版块,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4章,内容包括:精通“图像特征提取”、细说“数字图像理解”、品读“典型应用实例”和活用“数字图像处理”。本书所有仿真程序和测试图片均存储在随书光盘中,读者可以直接调用。

#### 四、读者对象

- 对数字图像处理感兴趣的读者；
- 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；
- 相关工程技术人员。

#### 五、致谢

感谢加拿大 University of British Columbia 的 David Lowe 教授和北京航空航天大学陈殿生教授对本书的支持,感谢他们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、邝威、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:bhcbxlx@sina.com,与本书策划编辑进行交流。

赵小川

2011年10月于北京

# 目 录

## 提高篇

第 1 章 精通“图像特征提取”	3
1.1 图像多分辨率金字塔	3
1.1.1 浅析“图像金字塔”	4
1.1.2 例程一点通	4
1.1.3 典型的“图像金字塔”	5
1.1.4 学以致用	9
1.2 图像的矩特征	9
1.2.1 认识“Hu 矩”	10
1.2.2 解析“Zernike 矩”	13
1.3 图像的边缘检测	18
1.3.1 运用一阶微分算子检测图像边缘	19
1.3.2 运用二阶微分算子检测图像边缘	21
1.3.3 基于 Canny 算子检测图像边缘	25
1.3.4 基于 SUSAN 特征检测算子的边缘提取	29
1.3.5 基于小波变换模极大值的边缘检测	33
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	35
1.3.7 基于多尺度形态学梯度的边缘检测	37
1.4 斑点特征检测	39
1.4.1 勾画“LoG 斑点”	39
1.4.2 描绘“DoH 斑点”	43
1.4.3 提取“Gilles 斑点”	43
1.5 角点特征检测	44
1.5.1 何谓“角点”	44
1.5.2 描绘“Harris 角点”	45
1.5.3 例程一点通	49
1.5.4 融会贯通	52

# 目 录

1.6 尺度不变特征提取	57
1.6.1 SIFT 特征提取	57
1.6.2 SURF 算法	63
1.6.3 学以致用	72
<b>第 2 章 细说“数字图像理解”</b>	<b>75</b>
2.1 图像目标边界描述	75
2.1.1 图像边界链码表示法	75
2.1.2 例程一点通	77
2.1.3 融会贯通	78
2.2 图像分割技术	80
2.2.1 什么是“图像分割”	80
2.2.2 基于阈值的图像分割	81
2.2.3 基于区域生长法的图像分割	88
2.2.4 基于最大方差法灰度门限的图像分割	90
2.2.5 基于 K-means 算法的图像分割	93
2.3 图像配准技术	96
2.3.1 纵览“图像配准”	96
2.3.2 构建“配准模型”	97
2.3.3 相似性测度	98
2.3.4 基于灰度的图像配准	99
2.3.5 序贯相似性检测算法	102
2.3.6 基于特征点的图像配准	104
2.3.7 融会贯通	110
2.4 图像融合技术	113
2.4.1 从“信息融合”说起	113
2.4.2 何谓“图像融合”	113
2.4.3 纵览“图像融合方法”	116
2.4.4 例程一点通	120
2.4.5 学以致用	122

## 应用篇

<b>第 3 章 品读“典型应用实例”</b>	<b>135</b>
3.1 图像去噪技术及其实现	135
3.1.1 什么是“图像的噪声”	135
3.1.2 图像去噪常用方法	136



3.2	图像畸变校正技术及其实现	140
3.2.1	畸变产生的原因	141
3.2.2	畸变校正的基本原理	142
3.2.3	例程一点通	142
3.2.4	融会贯通	143
3.3	图像拼接技术及其实现	148
3.3.1	全景图	148
3.3.2	基于相位相关的图像拼接技术	149
3.3.3	基于尺度不变特征点的图像拼接技术	152
3.3.4	融会贯通	160
3.4	图像数字水印技术及其实现	163
3.4.1	追根溯源话“水印”	164
3.4.2	“图像数字水印技术”面对面	165
3.4.3	“图像数字水印算法”精讲	167
3.4.4	例程一点通	168
3.4.5	融会贯通	172
3.5	数字图像压缩技术及其实现	174
3.5.1	从几个“为什么”看“图像压缩”	174
3.5.2	从几个“如何”看“图像压缩”	176
3.5.3	例程一点通	178
3.6	改进型数字图像中直线特征的快速检测方法	187
3.6.1	Hough 变换的基本原理及其不足	188
3.6.2	改进的直线快速检测算法的原理	190
3.6.3	算法的复杂度分析	192
3.6.4	实验结果与分析	193
3.7	基于最大类间方差阈值与遗传算法的道路分割	195
3.7.1	最大类间方差阈值分割法	195
3.7.2	遗传算法的基本原理及其特点	196
3.7.3	基于最大类间方差遗传算法的道路分割	197
3.7.4	例程一点通	198
3.8	数字图像处理在医疗领域的应用	206
3.8.1	基于数字图像的染色体分析	207
3.8.2	X 光图像增强技术	208
3.9	基于红外图像的弱小目标检测与跟踪	211
3.9.1	何谓“弱小目标”	211
3.9.2	弱小目标检测与跟踪算法概述	211
3.9.3	基于局域概率分布的小目标检测	212

3.9.4	例程一点通	213
3.10	基于 HIS 与 SURF 的路标实时识别	215
3.10.1	需求及研究状况分析	215
3.10.2	算法的整体流程	216
3.10.3	算法的理论依据	216
3.10.4	路标特征数据库的建立	217
3.10.5	基于 HSI 颜色空间的图像分割	219
3.10.6	基于 SURF 算法的特征点提取与匹配	220
3.11	一种基于数字图像的道路识别方法	220
3.11.1	道路边界模型	220
3.11.2	图像预处理	221
3.11.3	道路边界识别	223
3.11.4	试验结果与分析	224
3.12	基于图像的车牌自动识别技术	225
3.12.1	汽车牌照自动识别系统	225
3.12.2	车牌自动识别的步骤	226
3.12.3	例程一点通	226
3.13	数字图像实时稳定技术及其实现	229
3.13.1	数字图像稳定算法的基本步骤	229
3.13.2	GC-BPM 算法	230
3.13.3	例程一点通	231
3.14	基于帧间差分法的运动目标检测	235
3.14.1	浅析“运动目标检测”	236
3.14.2	基于帧间差分的运动目标检测	236
3.14.3	例程一点通	237
3.15	基于光流场的运动估计	239
3.15.1	光流和光流场的概念	240
3.15.2	光流场计算的基本原理	240
3.15.3	光流的主要计算方法	241
3.15.4	光流法的国内外研究状况	241
3.15.5	运用光流法检测运动物体的基本原理	242
3.15.6	例程一点通	242
3.15.7	学以致用	247
3.15.8	光流法的总结与展望	249
3.16	适用于复杂环境下的目标跟踪技术	250
3.16.1	复杂环境下目标跟踪难点分析	250
3.16.2	适用于复杂环境下的目标跟踪算法	251

3.16.3 实验结果	255
3.17 基于多尺度 Fourier - Mellin 变换的目标跟踪	256
3.17.1 Fourier - Mellin 变换	256
3.17.2 基于多尺度 FMT 的图像变换参数估计	257
3.17.3 实验结果与分析	260
3.18 基于 Mean Shift 的目标跟踪技术	261
3.18.1 Mean Shift 的起源	261
3.18.2 Mean Shift 的基本原理	261
3.18.3 基于 Mean Shift 的目标跟踪	264
3.18.4 例程一点通	266
3.18.5 融会贯通	271
3.19 基于 Kalman 滤波的目标跟踪	273
3.19.1 认识 Kalman	273
3.19.2 Kalman 滤波算法	274
3.19.3 例程一点通	275
3.19.4 解读 Kalman 滤波	276
3.19.5 学以致用	277
3.20 基于 Hough 变换的人眼虹膜定位方法	280
3.20.1 分离瞳孔并估算出虹膜内半径	280
3.20.2 采用改进的 Hough 变换算法定位出虹膜内外边缘	281
3.20.3 例程一点通	283
3.21 基于模糊集的图像增强方法	284
3.21.1 模糊理论及其实现步骤	284
3.21.2 基于模糊集的图像增强方法	285
3.21.3 例程一点通	286
3.22 基于 K - L 变换的人脸识别技术	287
3.22.1 人脸识别技术的发展	287
3.22.2 研究人脸识别的意义	288
3.22.3 国内外研究状况分析	288
3.22.4 基于 K - L 变换的人脸识别	289
3.22.5 例程一点通	291
3.23 基于 Fourier - Mellin 变换的图像复制篡改检测	292
3.23.1 图像篡改与篡改检测	292
3.23.2 copy - move 篡改检测	294
3.23.3 基于 Fourier - Mellin 变换和相似性匹配技术	295
3.24 基于蚁群算法的图像边缘检测	298
3.24.1 认识“蚁群算法”	298

# 目 录

3.24.2	解析“蚁群算法”	300
3.24.3	基于蚁群优化的图像边缘检测方法	301
3.24.4	例程一点通	304
3.25	基于脉冲耦合神经网络的图像分割	309
3.25.1	脉冲耦合神经网络及其在图像分割中的应用	309
3.25.2	例程一点通	310
3.25.3	融会贯通	313
<b>第4章</b>	<b>活用“数字图像处理”</b>	<b>315</b>
4.1	基于 Simulink 的图像、视频处理	315
4.1.1	功能模块介绍	315
4.1.2	学以致用:基于 Simulink 的数字图像处理	325
4.1.3	学以致用:基于 Simulink 的视频处理	343
4.2	基于 GUI 交互操作的数字图像处理实现	348
4.2.1	初识“GUIDE 操作”	349
4.2.2	GUI 实战操作	351
4.3	在 VC++ 环境下调用 MATLAB 实现数字图像处理	365
4.3.1	“VC++调用 MATLAB 的方案”面面观	366
4.3.2	关于 MATLAB 引擎	367
4.3.3	VC++调用 MATLAB 引擎设置	368
4.3.4	VC++调用 MATLAB 实现图像压缩处理	368
4.4	MATLAB 辅助 DSP 进行图像处理应用开发	371
<b>附录</b>	<b>常用 MATLAB 图像处理指令功能语法索引</b>	<b>374</b>
<b>参考文献</b>		<b>382</b>

# 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”

在现实生活中,我们要交往一个人,首先要了解这个人的特质——相貌和性格;同样,在基于数字图像的模式识别中,我们也要提取图像的特征。对图像特征的提取与研究提供了一种具有统计意义的图像内容表达,正所谓是:“透过现象,抓住本质”。本章按照由大到小、由面及点的顺序,对图像特征提取技术进行讲解与分析,内容安排如表 1-1 所列。

本章的一大特色在于在 1.6 节介绍了图像的尺度不变特征提取,这是进入新世纪后,加拿大教授 Lowe 提出的尺度不变特征变换 (Scale Invariant Feature Transform, SIFT) 算法以及 Bay 沿着 Lowe 的思路提出的快速鲁棒性尺度不变特征提取 (Speed Up Robust Feature, SURF) 算法,它们能够在图像发生一定的伸缩、旋转、照度变化、视角变化等情况下稳定地提取图像的特征,在基于数字图像的认知及识别领域有着里程碑式的意义。

表 1-1 第 1 章内容安排结构

分 类	涉 及 章 节
面特征	1.1 图像多分辨率金字塔 1.2 图像的矩特征
线特征	1.3 图像的边缘检测
局部区域特征	1.4 斑点特征检测
点特征	1.5 角点特征检测
不变点特征	1.6 尺度不变特征提取

### 1.1 图像多分辨率金字塔

**【温馨提示】** 本节主要讲解图像多分辨率金字塔分析方法,读者应着重了解高斯金字塔和拉普拉斯金字塔分解的基本原理和实现步骤,为后续学习图像不变特征提取、图像配准、图像融合等相关内容奠定基础。

自然界中的物体有着不同的大小和尺寸。以观察树为例,一般来说,我们都是微米到千米这样一个数量级内来讨论它的大小,在这些尺度上人们能够观测到构成树木的分子或是树木组成的森林。由这个简单的例子可以看出,与电影中的“蒙太奇”手法一样,随着观测的尺度不同,自然界的物体会表现出不同的形态。因此,对现实中物体的描述一定要在某一确定的尺度范围内进行。提到图像的多尺度描述,直观上人们很容易想到图像的金字塔化。

### 1.1.1 浅析“图像金字塔”

在数字图像处理领域,多分辨率金字塔化是图像多尺度表示的主要形式。图像处理中的金字塔算法最早是由 Burt 和 Adelson 提出的,是一种多尺度、多分辨率的方法。图像金字塔化一般包括两个步骤:图像经过一个低通滤波器进行平滑;然后对这个平滑图像进行抽样,抽样比例一般在水平和垂直方向上都为  $1/2$ ,从而得到一系列尺寸缩小、分辨率降低的图像,如图 1.1-1 所示。将得到的依次缩小的图像顺序排列,看上去很像金字塔,这便是这种多尺度处理方法名称的由来。

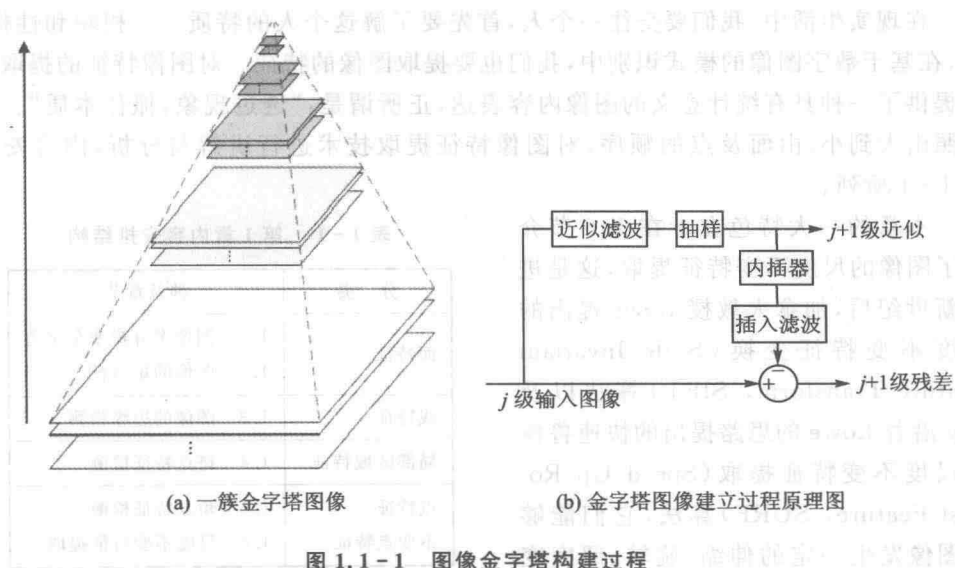


图 1.1-1 图像金字塔构建过程

### 1.1.2 例程一点通

例程 1.1-1 是根据上述步骤编写的图像金字塔化的 MATLAB 实现程序,运行结果见图 1.1-2。

**注意:** 本书例程中所用到的图片均保存在本书共享资料中,尤其是部分彩色图片,具体效果请参照资料中图片。

#### 【例程 1.1-1】

```
% 读入图像并将其转换成灰度图像
I = imread('tiantan.jpg');
I = rgb2gray(I);
% 生成高斯滤波器的核
w = fspecial('gaussian',3,0.5);
size_a = size(I);
% 进行高斯滤波
g = imfilter(I,w,'conv','symmetric','same');
% 降采样
t = g(1:2:size_a(1),1:2:size_a(2));
```



```
% 显示处理结果
imshow(I);
figure
imshow(t)
```

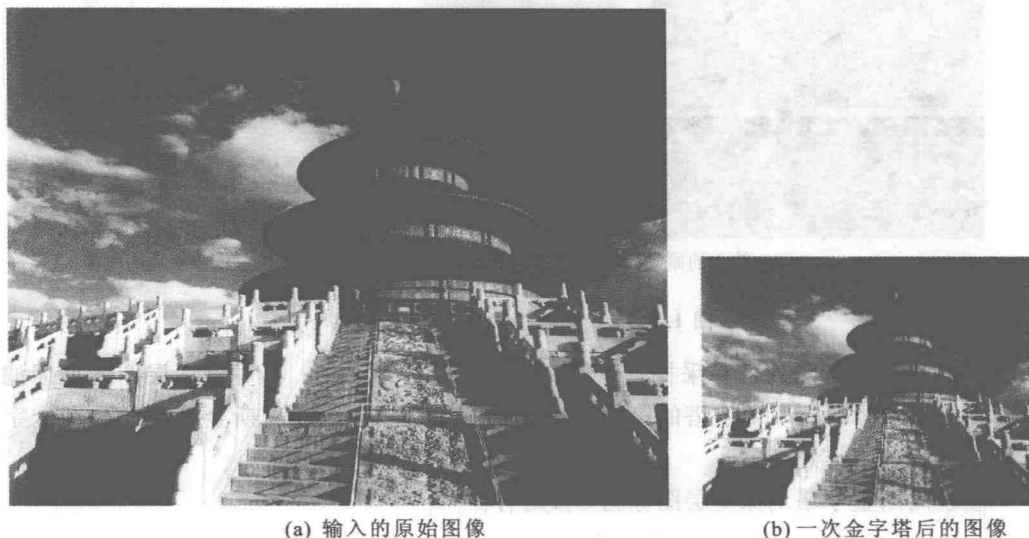


图 1.1-2 例程 1.1-1 的运行结果

**经验分享** 例程 1.1-1 中语句  $t=g(1:2:size\_a(1),1:2:size\_a(2))$  实现的功能是对二维图像进行降采样。该程序没有用 for 循环,而是将循环运算转化成等价的向量或矩阵运算,即循环向量化,提高了图像处理的速度。

MATLAB 中还提供一个独立的图像高斯金字塔化的类——video.Pyramid,可以计算高斯金字塔,其详细的调用过程见例程 1.1-2,运行结果见图 1.1-3。

#### 【例程 1.1-2】

```
hgausspymd = video.Pyramid;           % 调用金字塔类
hgausspymd.PyramidLevel = 2;         % 设定金字塔分解的层数为 2
x = imread('qingdao.jpg');          % 读入图像
y = step(video.Pyramid, x);          % 执行金字塔分解
% 显示结果
figure, imshow(x); title('原始图像');
x1 = mat2gray(double(y));
figure, imshow(x1);
title('Decomposed Image');
```

### 1.1.3 典型的“图像金字塔”

#### 1. 图像的高斯金字塔分解

设原图像为  $G_0$ , 以  $G_0$  作为高斯金字塔的第 0 层(底层), 对原始输入图像进行高