

数字图像处理 之

红外弱目标分割方法研究

李 涛 著



华南理工大学出版社



数字图像处理 之

红外弱目标分割方法研究

李 涛 著

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内 容 简 介

本书主要论述了红外弱小目标的分割和检测方法。首先,介绍了图像分割的基本知识和红外成像技术的基本原理及应用;其次,针对红外弱小目标的特点,引出复杂背景下对弱、小目标进行分割时存在的相关问题,并从理论上进行了深入探讨;最后,分别给出了复杂背景下对弱目标和弱小目标进行分割的改进算法,这些实例可供读者参考和研讨。

本书可供从事图像信息处理的工程技术人员、相关专业研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理之红外弱目标分割方法研究 / 李涛著.
—成都:西南交通大学出版社, 2016.6
ISBN 978-7-5643-4735-2

I. ①数… II. ①李… III. ①图象识别—研究 IV.
①TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 145013 号

数字图像处理之红外弱目标分割方法研究

李 涛 著

责 任 编 辑	张宝华
封 面 设 计	何东琳设计工作室
出 版 发 行	西南交通大学出版社 (四川省成都市二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发 行 部 电 话	028-87600564 028-87600533
邮 政 编 码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成 品 尺 寸	170 mm × 230 mm
印 张	11.5
字 数	205 千
版 次	2016 年 6 月第 1 版
印 次	2016 年 6 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-4735-2
定 价	48.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

在大量的图像应用方面，人们往往只对图像中的某些目标感兴趣，而这些目标在图像中对应着特定或具有独特性质的区域，因此，为了识别和分析图像中感兴趣的目标，需要将这些区域从图像背景中分割出来。特别是在图像分析中，需要把图像分成一系列有意义、各具特征的目标或区域。随着图像处理技术成功应用于众多领域，在一些识别技术中，图像分割成为关键技术之一，同时也是进一步理解图像的基础。另外，图像分割质量的好坏直接影响后续处理效果甚至决定其成败。

图像获取技术使得人类突破了人眼功能的限制，扩展了人眼对不可见辐射的接收能力。红外成像技术是利用景物本身各部分的热辐射差异获得图像细节，它突破了人眼在低照度条件下的视觉限制。红外成像技术最初受军事领域的需求刺激，得到了极大发展，随着该技术的日趋成熟，现在在消防、电力、粮库、医学和安防等民用领域也得到了十分广泛的应用。

红外弱小目标检测技术是利用图像处理算法对处于杂乱背景和强噪声环境中的目标进行自动检测，其算法性能的好坏是影响红外成像系统作用距离和智能化程度的关键。而将目标从图像中分割出来是检测的关键步骤，但是复杂背景下的红外弱小目标和弱目标的检测一直是一个非常困难却极具挑战性的课题，因为复杂背景下的弱小目标通常只有几个像素大小，缺乏几何结构和形状特征，其灰度特征也不明显，同时背景杂波的干扰使得检测变得更加困难。弱目标尽管有结构特征，但是由于红外成像本身的特点及背景的复杂和背景中有太多与目标灰度相近的干扰存在，使得传统的阈值分割和边缘检测方法无法检测到目标。

本书是作者在研究红外弱小目标分割及检测算法所取得成果的基础上，广泛阅读国内外相关文献总结而成的。全书共分七章，各章内容如下：

第一章，重点介绍图像分割的基础知识，从图像的基本概念到图像处理

中常用的模板卷积、图像分割等基本概念及图像分割的主要技术和评价四个方面展开。

第二章，主要对红外成像技术的原理及其发展，以及红外图像的特点进行简略说明。

第三章，从分析复杂背景下红外弱小目标和弱目标分割中存在的问题入手，对红外弱目标图像的低对比度、低信噪比的特点，引入形态学的方法对图像进行增强的预处理；面对背景中含有大量与目标重叠的灰度值的情形，利用直方图变换法的思想，在对图像求局部方差后，对目标和背景求二维熵，使之有利于目标的分割。

第四章，将模式识别中的聚类方法的思想与图像分割方法的思想进行比较，引入具有抗噪声能力强和能发现任意形状类的密度聚类算法，该算法能将具有高密度的区域划分为类。在提出的改进算法中，采用多种红外弱目标的特征作为特征向量进行密度聚类，得到的仿真实验结果验证了算法的可行性和有效性。

第五章，针对大多数聚类算法对初始中心状态比较敏感，对参数有一定的依赖性等存在的问题，采用基于人类视觉上一个数据集形成聚类原理的山峰聚类算法，但该算法存在每一次构造新的山峰函数时计算量随问题的维数增加而呈指数增长的缺点，由此提出将输入图像分别进行 x 、 y 方向的投影，以降低维数，在此基础上分别进行山峰聚类后，再在原图像上以聚类中心作为种子点进行区域生长实现目标的分割。实验对室内和室外红外弱目标图像都有良好的检测效果，证明了所提方法的有效性。

第六章，对弱小目标在空域和频域中的特点进行分析，引入在时域和频域都具有良好表现的局部化分析和细化能力，且具有“数学显微镜”之称的小波分析工具，又由于小波变换后代表图像顶点等特征点的模极大值范数，具有旋转、平移和伸缩不变性的特点，加之复杂背景下的弱小目标总会在它所在小区域里具有较突出的变化，提出了利用目标、背景杂波及噪声在小波分解的各个层次的不同表现，在时、频域采用多特征迭代的方法进行弱小目标的检测算法。实验结果表明，基于小波分解与多特征结合的检测算法用于弱小目标的检测是行之有效的。

第七章，提出了一种基于最大最小滤波背景抑制与小波分解相结合的弱小目标检测方法。由于被检测目标弱且小，对于背景和弱小目标区域而言，在一个小的局部空间中进行最大-最小滤波，背景区别不是很大，但目标的表现则不同。由此将两个滤波结果作残差运算以达到抑制背景、突出目标的效果。在此基础上再采用小波分解，进行简单的分割即可得到目标。

对本书的算法研究，华中科技大学柳健教授给予了指导和鼓励，在此表示衷心的感谢！本书的出版得到了西南民族大学中央高校基本科研业务费专项基金项目（11NZYQN29）和四川省应用基础研究计划项目（2013JY0041）的资助。

鉴于作者水平有限，作为一家之言，不足之处在所难免，恳请读者提出宝贵的意见和建议。

作 者
2016年2月

目 录

第 1 章 图像分割的基础知识	1
1.1 图像的描述	1
1.2 图像的存储	5
1.3 模板卷积	9
1.4 图像分割的基本概念	16
1.5 图像分割主要技术概述	18
1.6 图像分割的评价	36
1.7 小 结	37
参考文献	37
第 2 章 红外成像技术和红外图像	39
2.1 红外成像技术	39
2.2 红外热成像的应用和发展	44
2.3 红外图像的特点	47
2.4 小 结	48
参考文献	48
第 3 章 局部特征的红外弱目标分割	50
3.1 概 述	50
3.2 红外弱目标的数学模型	52
3.3 形态学增强的预处理	55
3.4 局部方差和二维最大熵	62
3.5 实验结果与分析	69
3.6 小 结	73
参考文献	74

第 4 章 多特征密度聚类的红外弱目标分割	77
4.1 聚类分割	78
4.2 多特征密度聚类方法	89
4.3 实验结果	95
4.4 小 结	97
参考文献	97
第 5 章 山峰聚类和区域生长法结合的红外弱目标分割	100
5.1 山峰聚类方法	102
5.2 山峰聚类和区域生长	105
5.3 实验结果及分析	108
5.4 小 结	113
参考文献	114
第 6 章 小波分解与多特征结合红外弱小目标分割	117
6.1 小波分解	117
6.2 图像的多特征提取	136
6.3 弱小目标检测算法性能评价指标	140
6.4 小波变换和多特征结合	143
6.5 实验结果和分析	145
6.6 小 结	152
参考文献	152
附录 分形维数	154
第 7 章 最大最小滤波与小波分解结合红外弱小目标分割	159
7.1 背景抑制技术	160
7.2 最大最小滤波与小波分解相结合	162
7.3 实验结果和算法性能分析	165
7.4 小 结	172
参考文献	172

第1章 图像分割的基础知识

进入21世纪,人类已处于信息化时代,而在信息化社会中,计算机与通信技术及其他高科技的结合,使得人类日益增长的信息需求不断得到满足,也使社会生活变得更加丰富多彩。

科学研究表明,视觉系统能帮助人类从外界获取四分之三的信息,俗语“百闻不如一见”就能很好地说明一幅图像所能传达的信息,这是其他信息方式所不能替代的。图像图形是现代信息社会的重要支撑,在信息传播中所起的作用越来越大。在对图像的研究和应用中,人们往往只对图像中的某些部分感兴趣,这些部分常被称为目标或前景,而图像中的其他部分则被称为背景。目标一般对应于图像中特定的、具有独特性质的区域,只有将它们从图像中分割、提取出来,才能对目标进行测量、分析和利用,这是现代成像设备系统自动化、智能化的基础。

图像分割就是将图像分成若干个具有特性的区域并提取出感兴趣的目标。在机器人装置中,利用图像分割能提高其自动化程度;在现代新型医学成像诊断设备中,图像分割能辅助医疗人员发现病灶,为其进行自动化手术与治疗提供基础。另外,图像分割还能装备自动辨识生物特征系统的部门如银行、智能大厦等提供技术基础;为遥感观测系统发现矿藏、森林火灾和环境污染等提供技术支持;为武器系统在复杂背景下打击目标提供技术帮助。它是一种特殊的图像处理技术,得到了广泛的重视、研究和应用。

本章从图像的描述、图像分割中广泛使用的模板卷积技术以及一些图像分割的基本概念和主要分割技术和图像分割结果的评价等几个方面进行简要说明。

1.1 图像的描述

随着电子技术和计算机技术的发展,图像的采集、加工及应用得到了长足的进步。图像反映的是客观世界中景物的映像,是三维场景在二维平面上

的影像,是多媒体元素之一.它呈现出亮度模式的空间分布,其成像方式可以由可见光,也可以由各种电磁波辐射形成,其中包括可见光成像、X射线成像、红外成像、TM (Thematic Mapper) 多光谱成像等.各种成像方式得到的图像所反映的场景特性各不相同,有着各自的特点,也使人类视觉的探测域有了光谱拓展、阈值扩展和时间暂留,使视觉感知得到极大的延伸.

早期,图像两字对应的英语单词是 picture,这也是图像的基本单位——像素 pixel (picture element) 的来源之一.而现在则是更多地使用英文单词 image 来表示数字图像,通常用 $f(x,y)$ 表示,其中 x, y 表示像素点的坐标位置, $f(x,y)$ 表示该点的灰度值,也可以用 $f(x,y)$ 表示整幅图像,这里无论是 x, y 还是 $f(x,y)$,它们的取值均为有限的正整数. x, y 的取值大小与图像分辨率、图像尺寸、图像质量及图像文件大小有关:在相同尺寸情况下,其取值越大,分辨率越高,图像质量越好,图像文件也越大;同样,在 x, y 不变的情况下,灰度值 f 的取值越大,图像的量化等级越高,图像质量也越好,图像文件也越大.

若二维函数 $f(x,y)$ 表示 (x,y) 点处的灰度值,则它表示的是灰度图像;若 $f(x,y)$ 由表示红色、绿色和蓝色图像的三个函数 $f_R(x,y)$ 、 $f_G(x,y)$ 和 $f_B(x,y)$ 组成,则它表示的是彩色图像.通常当 f 取值为 $0 \sim 255$ 时,也就是说,每个像素点需要 8 bit 的数据来保存信息,若此时 $(x,y) = (1\,024, 1\,024)$,即平时所说的 $1\,024 \times 1\,024$ 个像素点,则此时图像的数据量为:

$$1\,024 \times 1\,024 \times 8 \text{ bit} = 8 \text{ Mbit} = 1 \text{ MByte};$$

如果此灰度图像只有 16 色,则每个像素点需要的数据量为 4 bit,此时的图像数据量为 0.5 MB.而对于彩色图像而言,当每个颜色分量都有 256 色,即每个颜色分量都用 8 bit 来表示颜色数时,若图像大小仍为 $1\,024 \times 1\,024$ 个像素点,则此时图像数据为:

$$1\,024 \times 1\,024 \times 3 \times 8 \text{ bit} = 3 \text{ MB}.$$

在进行图像处理时,数字图像通常又可以用矩阵 $I(r,c)$ 来描述,其中 I 为 image, r 为 Rank 表示行, c 为 Column 表示列,因而一幅 $M \times N$ 个像素的图像的灰度值 (Gray level) 矩阵也可表示为:

$$G = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \cdots & g_{1N} \\ g_{21} & g_{22} & \cdots & g_{2N} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ g_{M1} & g_{M2} & \cdots & g_{MN} \end{bmatrix}. \quad (1-1)$$

图像的表示还可以写为 $I=f(x,y,z,\lambda,t)$, 其中 I 为强度; t 反映图像是静止还是活动的, 当有时间变量 t 时, 即表示视频图像; λ 反映图像是单色 (λ 不变) 还是多光谱 (λ 随光变化); x,y,z 反映图像是 2D 还是 3D. 由此看出, 图像大体可分为静止图像和视频图像; 二维图像和三维图像; 彩色图像 $f(x,y,\lambda)$ 和灰度图像 $f(x,y)$.

本书主要讨论静止的二维灰度图像, 其中 λ 为光谱信息. 另外, 彩色图像也可以称为多光谱图像, 因为它使用了颜色空间中的大量信息, 如色度、亮度、饱和度、对比度等. 色彩对于人类来说是非常重要的, 利用图像中的颜色信息将之作为目标特征之一, 还可以从场景中提取目标或简化目标识别. 灰度图像的像素值只是光强信息, 它用一个矩阵表示, 而彩色图像借此概念则需要三个矩阵表示, 而这三个矩阵可以是 RGB, 即红绿蓝三基色, 也可以是色调、饱和度、强度 (HIS) 三个分量, 或者其他诸如 Lab、CIE、XYZ 或 CMY 等, 视应用场合采用的颜色模型而定.

下面以灰度图像 $f(x,y)$ 为例, 说明对尺寸相同的同一幅图像, 这三个字母的不同取值对图像质量的影响. 其中 x,y 与像素点数相关, 像素点数越多, 图像看起来越柔和, 图像质量越好, 但当像素点数减少时, 图像的块状效应就逐渐明显, 如图 1.1 所示. 然而就图 1.1 中的(a)和(b)而言, 单从人眼视觉效果还看不出多大的差别, 这也为目前图像传输提供了一个很好的依据: 民用领域, 在不影响对图像信息进行判读的情况下, 将图像进行降采样处理, 减少其像素点数可以减轻图像数据对传输带宽和传输时间的压力; f 表示灰度级, 当图像的像素点数一定时, 灰度级越多, 图像质量越好, 然而随着差灰度级数的减少, 图像质量越差, 假轮廓的现象也逐渐呈现出来, 如图 1.2 所示. 也就是说, 无论是像素点数的减少还是灰度级的减少, 图像的数据量都随之变小.

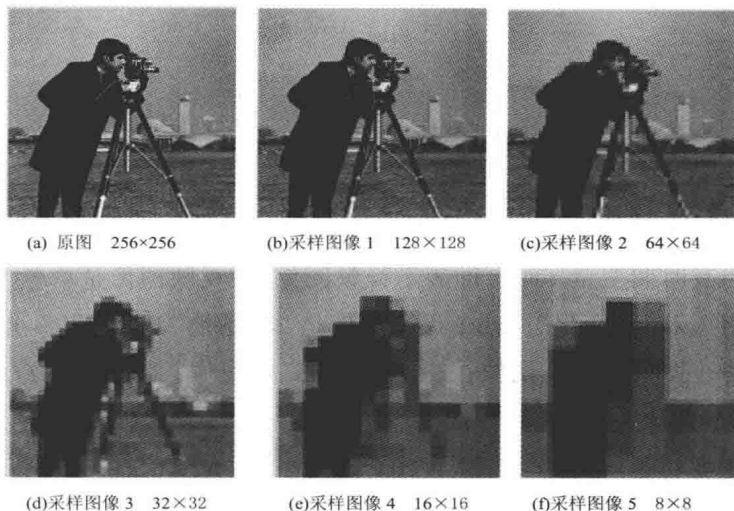


图 1.1 不同采样点数对图像质量的影响

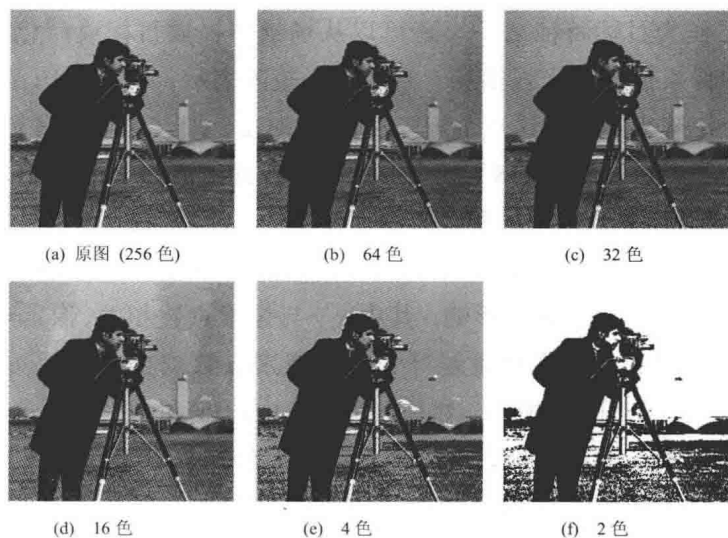


图 1.2 不同灰度级对图像质量的影响

图像在获取、存储、处理及传输过程中，常常会由于受到电气系统和外界干扰而存在一定程度的噪声。图像噪声使得图像变得模糊，甚至淹没图像特征，给分析带来困难。噪声通常是不可预测的，是用概率统计方法来认识的一种随机误差；也可以采用随机过程及其概率密度函数来描述，常用的数字特征有均值、方差等。图像的噪声一般具有以下特点：(1) 噪声在图

像中的分布和大小不规则,具有随机性;(2)噪声与图像之间一般具有相关性,比如图像内容接近平坦时,量化噪声呈现伪轮廓;(3)噪声具有叠加性。比如图像在多个设备传输中,各个部件引起的噪声叠加起来会使信噪比下降。

图像噪声根据产生的原因分为外部噪声和内部噪声;根据统计特性分为平稳噪声和非平稳噪声;根据噪声与图像的关系分为加性噪声和乘性噪声。为了分析方便,往往将乘性噪声近似认为是加性高斯白噪声,而且总是假设图像与噪声是互相独立的,因而带噪声的图像可表示为: $f(x, y) + n(x, y)$ 。而在红外弱小目标分割中,噪声对目标的干扰比较大,因为从频率特性上看,目标和噪声都属于高频成分,但它们又有各自的特点,即目标在帧间的相关性大,而噪声在帧间的相关性较小。因此,在分割或检测过程中,需要考虑噪声对图像的影响。

1.2 图像的存储

数字图像有多种存储格式,每种格式一般由不同的开发商支持。在进行图像处理时,必须了解图像的文件格式,只有这样才能弄清图像文件的数据构成。每一种图像文件均有一个文件头,在文件头之后才是图像数据。文件头的内容由制作该图像文件的公司决定,一般包括文件类型、文件制作者、制作时间、版本号、文件大小等。

各种图像文件的制作还涉及图像文件的压缩方式和存储效率等。本节对常见的几种图像文件格式进行介绍。

1.2.1 BMP 图像文件格式

BMP (Bit Map Picture) 是 Windows 操作系统中交换图形、图像数据的一种标准格式,能被众多 Windows 应用程序所支持。这种文件格式包含的图像信息丰富,几乎不压缩,最不容易出问题。它由四部分组成,第一部分为位图文件头,是一个结构体,其定义如下:

```
typedef struct tagBITMAPFILEHEADER{  
    WORD    bfType;  
    DWORD   bfSize;  
    WORD    bfReserved1;
```

```
WORD    bfReserved2;
DWORD   bfOffBits;
} BITMAPFILEHEADER;
```

这个结构的长度是固定的, 为 14 个字节. 第二部分为位图信息头, 也是一个结构; 第三部分为调色板 (Palette), 当然, 这里是对那些需要调色板的位图文件而言的. 真彩色图像是不需要调色板的, 位图信息头后直接是位图数据. 第四部分就是实际的图像数据.

对于用到调色板的位图, 图像数据就是该像素颜色在调色板中的索引值. 许多图像文件格式如 pcx、tif、gif 等都用到调色板技术. 对于真彩色图像, 图像数据就是实际的 R, G, B 值. 下面以一个简单的例子来说明调色板技术的原理^[1].

假设有一个长宽均为 1 024 和 1 024 个像素, 颜色数为 16 色的彩色图像, 每一个像素都用 R, G, B 三个分量表示. 因为每个分量有 256 个灰度级, 需要用 8 位 (bit), 即一个字节 (B, byte) 来表示, 所以每个像素需要用 3 个字节. 整个图像要用

$$1\,024 \times 1\,024 \times 3\,B = 2^{10} \times 2^{10} \times 3B = 3 \times 2^{20} B = 3\,MB.$$

而这个 16 色图, 也就是说, 整幅图最多有 16 种颜色, 可以建立一个表: 表中的每一行记录一种颜色的 R, G, B 值, 如表 1.1 所示. 这样, 当需要表示一个像素的颜色时, 只需要指出该颜色在第几行, 即该颜色在表中的索引值即可. 比如, 表的第 0 行为 255, 0, 0 (红色), 那么当某个像素为红色时, 只需要标明 0 即可. 而 16 个索引号, 可以用 4 位 (bit) 表示, 所以一个像素只需要半个字节. 整个图像的数据量为

$$1\,024 \times 1\,024 \times 0.5\,B = 0.5\,MB.$$

另外, 需要索引表占用的字节数, 表的字节数为:

$$916 \times 3\,B = 48\,B,$$

这样整个占用的字节数约为前面的 1/6. 而建立的这个 R, G, B 表, 就是调色板 (Palette), 它的另一种名称是颜色查找表 LUT (Look Up Table). 但是, 当图像的颜色数高达 $256 \times 256 \times 256$ 种, 也就是说, 包含 R, G, B 颜色表示方法中所有的颜色时, 这种图叫作真彩色图 (true color). 真彩色图并不是

说一幅图包含了所有的颜色,而是说它具有显示所有颜色的能力.在表示真彩色图像时,每个像素直接用 R, G, B 三个分量字节表示,而不采用调色板技术.原因是:如果使用调色板,表示一个像素要用 24 位,这是因为每种颜色的索引要用 24 位(因为总共有 2^{24} 种颜色,即调色板有 2^{24} 行),和直接用 R, G, B 三个分量表示用的字节数一样,不但没有任何好处,还要加上一个 $256 \times 256 \times 256 \times 3B$ 的大调色板.因而,真彩色图直接用 R, G, B 三个分量表示,它又叫作 24 位色图.通常,当图像的颜色数大于 256 色后,便不采用调色板技术.

表 1.1 调色板

索引号	颜色	R	G	B
0	红	255	0	0
1	蓝	0	0	255
2	绿	0	255	0
3	黄	255	255	0
4	品红	255	0	255
5	青	0	255	255
6	白	255	255	255
7	黑	0	0	0
8	灰	128	128	128
9	紫	162	0	162

对于 BMP 图像格式,需要另外说明的是:(1)每一行的字节数必须是 4 的整数倍,如果不是,则需要补齐.(2)BMP 文件的数据存放是从下到上,从左到右的.也就是说,从文件中最先读到的是图像最下面一行的左边第一个像素,然后是左边第二个像素,接下来是倒数第二行左边第一个像素,左边第二个像素.依此类推,最后得到的是最上面一行的最右边的一个像素.

1.2.2 TIF 图像文件格式

标记图像文件格式 TIF (Tag Image File Format),是现存图像文件格式中最复杂的一种,它提供了存储各种信息的完备手段.它可以存储专门的信

息而不违反格式宗旨,是目前流行的图像文件交换标准之一. TIF 格式文件的设计考虑了扩展性、方便性和可修改性,因此非常复杂,要求用更多的代码来控制它,结果导致文件读写速度慢, TIF 代码也很长. TIF 文件由文件头、参数指针表与参数域、参数数据表和图像数据四部分组成.

1.2.3 GIF 图像文件格式

CompuServe 开发的图形交换文件格式 GIF (Graphics Interchange Format), 目的是在不同的系统平台上交流和传输图像. 它是在 Web 及其他联机服务上常用的一种文件格式,用于超文本标记语言 (HTML) 文档中的索引颜色图像,但图像最大不能超过 64 M,颜色最多为 256 色.

GIF 图像文件具有多元化结构,能够存储多张图像,以形成动画效果;其调色板数据有通用调色板和局部调色板之分,采取改进版 LZW (Lempel-Ziv & Welch) 压缩算法,存储效率高,支持多幅图像定序或覆盖,交错多屏幕绘图以及文本覆盖. GIF 主要是为数据流而设计的一种传输格式,而不是作为文件的存储格式.

1.2.4 JPEG 图像文件格式

JPEG (Joint Photographer's Experts Group) 格式,即联合图像专家组,是由国际标准化组织 ISO (International Organization for Standardization) 和 CCITT (国际电话与电报顾问委员会, International Telephone and Telegraph Consultative Committee) 联合为静态图像所建立的一个数字图像压缩标准,主要是为了解决专业摄影师所遇到的图像信息过于庞大问题. 由于 JPEG 的高压缩比和良好的图像质量,使得它广泛应用于多媒体和网络程序中. JPEG 和 GIF 成为 HTML 语法选用的图像格式.

JPEG 格式支持 24 位颜色,并保留照片和其他连续色调图像中存在的亮度和色相的显著和细微的变化. JPEG 一般基于 DCT 变换的顺序型模式压缩图像. JPEG 通过有选择地减少数据来压缩文件大小,因为它会弃用数据,故 JPEG 压缩为有损压缩. 较高品质设置导致弃用的数据较少,但是 JPEG 压缩方法会降低图像中细节的清晰度,尤其是包含文字或矢量图形的图像.

下面以 Windows 目录下的 Clouds.bmp 图像为例,原图大小为 640×480 , 256 色. 将其分别以上面几种文件格式存放时,以 24 位色 BMP 文件存放,

其文件大小（以字节为单位）为 921 654 B，24 位色 TIFF 压缩格式时为 923 044 B；GIF（只能转成 256 色）压缩格式时为 177 152 B；以 24 位色 JPEG 存放时为 17 707 B。可以看到，JPEG 文件有着较高的压缩比。

1.2.5 PSD 图像文件格式

PSD（PhotoShop Document）文件格式是 Adobe 公司图像处理软件 Photoshop 的专用格式。它有着比其他格式更快的存取速度，而且它不仅可以保存画面信息，也可将图像在处理修改过程中的其他信息，诸如图层、通道、遮罩等设计草稿也一同保存下来。

1.2.6 PNG 图像文件格式

PNG（Potable Network Graphics）是一种新兴的网络图像文件格式，其存储形式丰富，能把图像文件压缩到极限以利于网络传输；只要下载 1/64 的图像信息就可以显示出低分辨率的预览图像；它结合了 GIF 和 JPEG 的优点，是目前最不失真的格式；它采用无损压缩的方式来减少文件大小，因而显示速度快；支持透明图像的制作，但不支持动画效果。

如此多的图像文件格式，要做到运用自如，需要区分各种文件格式何时在计算机中出现，如何实现它们彼此间的格式转换，在什么情况下一种格式好于另一种，根据实际应用要有区别地选取文件格式。BMP 是 WINDOWS 和 OS/2 都支持的格式，是与没有处理软件的用户共享图像的一种很好的格式；TIFF 是一种很好的跨平台格式，有 ALPHA 通道；JPEG 的压缩比可以达到 100 : 1；GIF 可以存动画；PSD 是 Photoshop 的默认格式，可以将 Photoshop 创建的所有层、通道、遮罩和选择区域一同保存。

1.3 模板卷积

在对图像进行处理时，若从作用域出发，可以分为空域处理和频域处理。其中，空域法是直接对图像中的像素进行处理；频域法则是先将图像变到某一变换域中实施处理后再进行反变换到空域中。而在空域处理中常用的工具之一是模板（template）卷积，下面对模板卷积进行说明。