

基于 Matlab 的遥感图像处理 原理分析与应用

樊冰^{1**} 任超¹ 王继忠²

1 桂林工学院 土木工程系, 广西 桂林 541004
2 北京自来水设计公司, 北京 100037

摘 要 文章运用 Matlab 软件对遥感影像的不足之处进行处理改善, 详细介绍了处理方法和处理的原理, 对处理结果进行了比对分析, 并进行了边缘检测与特征提取, 论证了处理方法的可行性。

关键词 图像处理; matlab; 均衡化; 规定化; 色彩平衡; 边缘检测; 特征提取

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

文章编号: 1009-1033(2008)03-0018-04

在获取遥感图像过程中, 由于多种因素的影响, 会导致图像质量的退化, 为了改善图像质量, 突出遥感图像中的某些信息, 提高图像的视觉效果, 需要对图像进行各方面的处理, 如分段线性拉伸, 对数变换, 直方图规定化、正态化, 图像滤波, 纹理分析及目标检测等。通过图像处理可以去除图像中的噪声, 增强感兴趣的目标和周围背景图像间的反差, 有选择地突出便于人或电脑分析的信息, 抑制一些无用的信息, 强调出图像的边缘, 增强图像的识别方便性, 从而进行边缘检测和特征提取。

1 Matlab 简介

Matlab 是 MathWorks 公司于 1982 年推出的一套高性能的数值计算和可视化软件, 它集数值分析、矩阵运算、信号处理和图形显示于一体, 构成了一个方便的、界面友好的用户环境。在 Matlab 环境下, 对图像的分析 and 处理可采用人机交互的方式, 用户只需按 Matlab 的格式要求给出相应的命令, 其分析处理结果便以数值或图形方式显示出来。作为一种应用广泛的编程工具, Matlab 在图形处理方面有着明显的优势: 具有强大的矩阵运算功能, 在进行图像处理时可以避免许多繁琐的运算; 图形显示方便, 可以在调试过程中随时观察图形的变化; 带有丰富的图像处理函数库, 其图像处理工具箱 (image processing toolbox) 几乎涵盖了所有常用的图像处理函数^[7], Matlab 在图像处理中的应用都是由相应的 Matlab 函数来实现。

Matlab 提供了图像文件读入函数 `imread()`, 可用它来读入所支持格式的图像文件。Matlab 还提供了 `inwrite()`

图像写出函数, 显示图像函数有 `image()`、`imshow()` 等。^[2] Matlab 图像处理工具箱处理工具提供了 `imhist()` 函数来计算和显示图像的直方图, 提供了直方图均衡化的函数 `histeq()`、边缘检测函数 `edge()`、腐蚀函数 `imerode()`、膨胀函数 `imdilate()` 及二值图像转换函数 `im2bw()` 等。文中实验数据采用的是桂林市区灰度遥感图像, 宽度为 1024 像素, 高度为 713 像素。

2 图像处理基本原理

遥感图像的处理一般包括几何处理、辐射处理、图像的自动识别判读等内容。笔者主要运用 Matlab 的图像处理工具箱对遥感图像进行各种运算, 并结合直方图进行均衡化、规定化、色彩均衡化及滤波锐化处理, 将原来不清晰的图像变得清晰, 从而使人们感兴趣的某些特征被强调出来。通过采用一系列的技术改善了图像的视觉效果, 将图像转换成一种更适合于人或机器进行分析处理的形式, 有选择地突出便于人或机器分析的某些感兴趣的信息, 同时抑制了不感兴趣的特征, 提高了图像的使用价值。^[3,4]

3 分析与结果

3.1 图像灰度直方图均衡化

图像灰度直方图反映的是一幅图像中灰度级与其出现概率之间的关系。也可以说图像直方图是图像各灰度值统计特性与图像灰度值的函数, 它统计了一幅图像中各个灰

* 基金项目: 广西自然科学基金 (桂科自: 0640178)

** 作者简介: 樊冰 (1982—), 男, 山东济宁人, 桂林工学院土木工程系硕士研究生。研究方向: 地图制图学与地理信息工程。

任超 (1974—), 男, 桂林工学院副教授, 中科院博士。研究方向: 测量工程, GPS。

度级出现的次数或概率。从图形上来看,它是一个二维图,横坐标表示图像中各个像素点的灰度级,纵坐标为各个灰度级上图像各个像素点出现的次数或概率,它是图像最基本的统计特征。对于一个离散的图像,第 i 个灰度级 r_i 出现的频数用 n_i 表示,该灰度级像素对应的概率值 $P(r_i)$ 为:

$$P_r(r_i) = \frac{n_i}{n}, n \text{ 为像素总数, } r_i \text{ 满足归一化条件。图像进行}$$

$$\text{直方图均衡化的函数表达式为 } S_i = T(r_i) = \sum_{i=0}^k P_r(r_i) =$$

$\sum_{i=0}^k \frac{n_i}{n}$, 式中 k 为灰度级数。相应的反变换为 $r_i = T^{-1}(S_i)$ 。在 Matlab 中,利用图像处理工具箱提供的函数 `imhist` 来计算和显示图像直方图,利用函数 `histeq` 来实现直方图的均衡化。

图 1 是桂林市灰度遥感图像经过直方图均衡化处理后的结果。

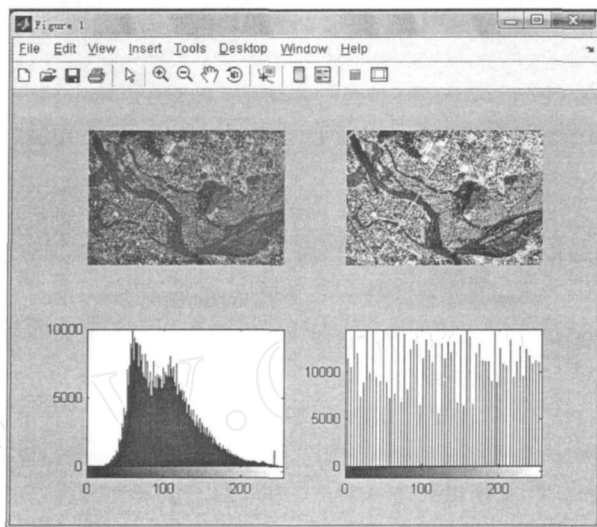


图 1 直方图均衡化处理前后比较

从图 1 的对比可以看出,直方图均衡化处理前的图像比较模糊,而且动态范围较小;经过直方图均衡化修正后,图像直方图灰度间隔被拉大,直方图所占据的灰度值范围扩大,亮度范围由原来的 30~280 扩大到 0~300,在图像上可以看出有较大的反差,许多细节可以看得比较清楚。从理论上讲,直方图均衡化就是通过变换函数将原图的直方图调整为具有“平坦”倾向的直方图,然后用此均衡直方图校正图像。直方图均衡化的优点是能自动地增强整个图像的对比度,从而有利于图像的分析 and 识别。但是,在实际应用中直方图均衡化修正的图像没有考虑图像的内容,只是简单地进行均衡处理,因此直方图并不是十分均衡,反映在图像上则是亮度显得过高。因为它的具体增强效果并不是容易控制的,而且在操作过程中,原直方图上频数较小的某些灰度级要加入一个或几个灰度级中,所以处理后的图像在比较暗的区域有些细节仍然不太清楚。因此,还要进行直方图规定化处理,采用规定化函数对同一幅图像进行直方图规定化变换,所得图像比直方图均衡化更亮,正确选择规定化的函数有可能获得比直方图均衡化更好的效果。

3.2 直方图规定化

直方图规定化就是把原图像的直方图变换为某种指定形态的直方图或某一参考图像的直方图,然后按照已知直

方图调整原图像各像元的灰度值。目前规定化的方法有很多,一种方法是通过一个规定的概率函数来表示所需要的直方图,将原来的直方图变换成某一个规定概率密度函数的直方图^[1]。另一种方法是通过控制一组直线段来构成直方图,使其满足所希望形状,然后再数字化归一化。设 $p_r(r)$ 为原始图像的灰度密度函数, $p_z(z)$ 为希望得到的增强图像的灰度密度函数。如果对原始图像 $p_r(r)$ 希望得到的图像 $p_z(z)$ 均进行直方图均衡化处理,即得到

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(r) dr \quad 0 \leq r \leq 1 \quad (1)$$

$$v = G(z) = \int_0^z p_z(z) dz \quad 0 \leq z \leq 1 \quad (2)$$

经过 (1) (2) 变换后的灰度 s 及 v , 其密度函数是相同的,可以通过直方图均衡,实现 $p_r(r)$ 到 $p_z(z)$ 的转换,也就是实现直方图的规定化^[1]。具体处理一般分为三个步骤:

(1) 对原始图的直方图进行灰度均衡化。

$$S_i = T(r_i) = \sum_{i=0}^k p_r(r_i) \quad k = 0, 1, \dots, M-1 \quad (3)$$

(2) 规定需要的直方图,并将其直方图均衡化。

$$v_k = G(z_k) = \sum_{j=0}^k p_z(z_j) \quad j = 0, 1, \dots, N-1 \quad (4)$$

(3) 将式 (3) 中得到的变换反转过来,即将原始直方图

对应映射到规定的直方图,也就是将所有的 $p_r(r_i)$ 对应到 $p_z(z_j)$ 去,因为在映射过程中有取整误差的影响,所以采用什么样的对应规则在离散空间中很重要。直方图规定化对于由于太阳高度或大气影响引起差异的遥感图像或在不同

时间获取的同一地区或邻接地区的图像都很有用,特别是对遥感影像镶嵌以及变化检测。以下是对实验数据均衡化成 32 个灰度级的直方图作为原始图像的期望直方图,规定化处理后的效果图与原图对比,如图 2 所示。

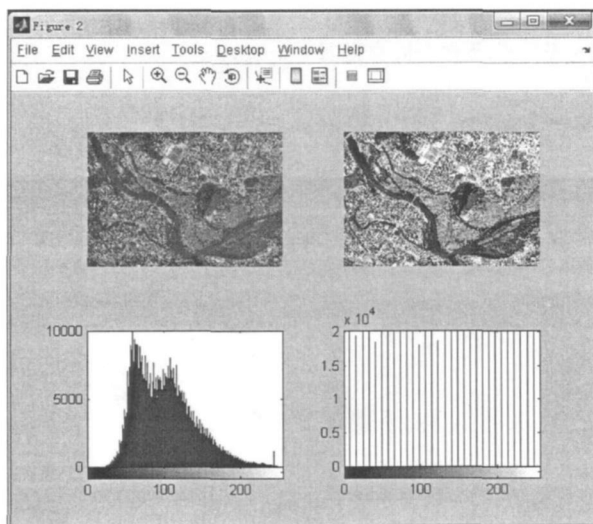


图 2 直方图规定化前后对比

规定化处理后的结果与按照 32 个灰度级处理得到的目标图像相比,在细节部分更加清晰,亮度得到进一步改善,同时又保持了原图直方图的总体特征,黑与亮的特征对应与原图像一致,从而起到更好的判读作用。

3.3 图像的色彩平衡

遥感图像经过数字化处理后,图像中的色彩可能会因为不同的敏感度、增光因子、偏移量等因素导致图像各颜色分量出现不同的线性变换,严重的会造成图像基色不平衡,从而失真。色彩不平衡现象可以通过对基色的分量分别使用线性灰度变换进行纠正,通过选择图像中相对均匀的浅灰和深灰两个区域,然后计算两个区域的基色分量的平均

灰度值,调节两个分量图像,用线性对比度使其与第三幅图像匹配。其实现程序为:

```
RGB = imread('D:\My Documents\My Pictures\mhui.
BMP'); %调入图像
subplot(1,2,1),imshow(RGB),title('原始图像');
%在输出窗口的特定位置输出原始图像
J = histeq(RGB) %调整图像颜色分布
subplot(1,2,2),imshow(J),title('色彩调整图像');
%在输出窗口的特定位置输出调整后图像
经处理后的图像与原图对比如图 3 所示。
```

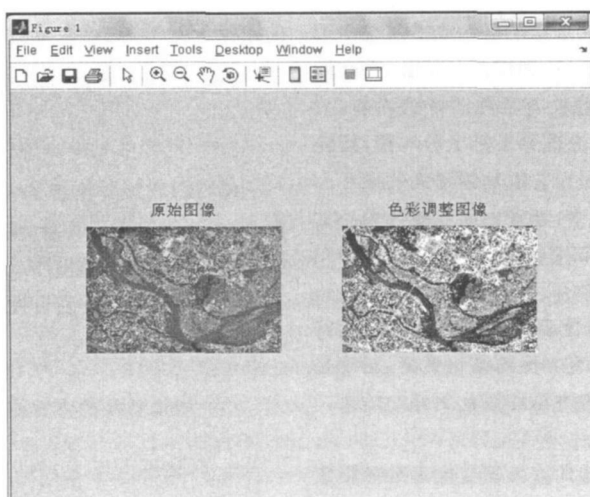


图 3 色彩平衡前后对比

3.4 边缘检测特征提取的实现

边缘检测技术是所有基于边界分割的图像分析方法的第一步。首先检测出图像局部特性的不连续性,再将它们连成边界,这些边界把图像分成不同的区域,检测出边缘的图像就可以进行特征提取和形状分析。在图像中,边界表明一个特征区域的终结和另外一个特征区域的开始,边界所分开区域的内部特征或属性是一致的,而不同区域内部的特征或属性是不同的,边缘检测正是利用物体和背景在某种特性上的差异来实现的,这些差异包括灰度、颜色或者纹理特征。边缘检测实际上就是检测图像特性发生变化的位置。虽然图像已经过各种修正,但噪声和模糊仍有存在,检测到的边界可能会变宽或在某点处发生间断,因此边缘检测包括两个部分的内容。首先抽取反映出灰度变化的边缘点,然后剔除某些边界点或填补边界间断点,并将这些边缘连接成完整的线。就边缘检测曾提出过很多种方法,诸如微分算子法、Sobel 算子、Prewitt 算子、小波变换法、Hough 变换法等。微分算子法、Sobel 算子、Prewitt 算子方法主要是基于图像强度的一阶或二阶导数。导数的计算对噪声敏感,因此使用这些方法时,需要对图像进行除噪。然而,使用滤波器除噪的同时也改变了边缘,因此效果不是很理想。而小波变换法和 Hough 变换法检测效果较好,但算法复杂,实时性较差。当图像信噪比下降到一定程度时,这些方法的应用会受到更大限制。近几年,国内部分学者提出引入人工智能原理的新方法来提取图像信息有一定的效果,但是,遥感图像是地物(由多到少)的映射,信息量很大,多数方法都没有普遍适用性。基于文中的图像纹理清晰,分辨率适中,笔者在对山体和水系的特征提取时采用的是灰值形态学算法。最基本的形态学算法有 4 种,即腐蚀、膨胀、开、闭。可用于边缘检测的算法有形态学膨胀、腐蚀、开、闭、梯度、细化和击中与击中不中变换等。设 $f(x, y)$ 是定义在二维离散空间 z^2 (z 是整数集合) 上的离散函数; $g(i, j) = 0$ 是平直对称结构元素,其中, $i * j \in (-v, \dots, 0, \dots, v)^2, v \in z$ 。 $f(x, y)$ 关于 $g(i, j)$ 的腐蚀和膨胀运算分别为

$$(f \ominus g)(x, y) = \min\{f(x - v, y - v), \dots, f(x, y), \dots, f(x + v, y + v)\}$$

$$(f \oplus g)(x, y) = \max\{f(x - v, y - v), \dots, f(x, y), \dots, f(x + v, y + v)\}$$

其中 \oplus 和 \ominus 分别表示膨胀和腐蚀运算。最后将处理后的图像转换成二值图像即可提取出水系与山体特征(如图 4 所示)。



图 4 水系与山体特征提取

4 结论

利用 Matlab 软件的图像处理工具箱,能够满足遥感图像处理的要求,速度快,方法科学,可为遥感影像的判读提供良好的条件,从而提高判读精度。图像处理的方法虽然有多种,但应根据图像处理的具体目的选择相应的处理方法。研究表明,直方图均衡化可以使图像中水系山体与道路、建筑物之间的反差增强,这有利于水系山体和道路的判读。直方图规定化和色彩平衡使图像判读更加容易。对图像进行基本处理后运用边缘提取技术,去除不需要的信息,提取出所需要的地物特征,对地物分析具有重要的现实意义。

参考文献

- [1] 余成波. 数字图像处理及 MATLAB 实现[M]. 北京:重庆大学出版社,2003.
- [2] 孙家柄. 遥感原理与应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2003.
- [3] 倪金生,李琦,曹学军. 遥感与地理信息系统基本理论和实践[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [4] 高小峰. 基于 MATLAB 及小波变换的遥感图像处理与分析[J]. 微计算机信息,2006,22(3-1):239.
- [5] 霍宏涛. 数字图像处理[M]. 北京:北京理工大学出版社,2002.
- [6] 张志涌. 精通 MATLAB6.5 版[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [7] 张宜华. 精通 MATLAB5[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [8] 查显杰,邢立新,戴志阳,傅容珊. 基于空间形态特征遥感边缘信息的提取方法[J]. 吉林大学学报,2005(2).

(责任编辑 李卫华)