

# 基于 MATLAB 及小波变换的遥感图像处理与分析

*Analyses and Processing of Remote Sensing Image Using MATLAB and Wavelets Transform*

(北京海军 91039 部队)高小峰 张建凤

Gao, Xiaofeng Zhang, Jianfeng

**摘要:**利用 Matlab 图形处理工具,通过实例介绍了对遥感图像的处理与分析算法,并基于离散小波变换的二维小波分析,结合 Matlab 小波变换工具对遥感图像进行进一步压缩。研究得出的结果对于遥感图像的处理与分析工作提供了有力的理论基础和实际价值。

**关键词:** Matlab; 图像处理; 小波变换

**中图分类号:** TP391.41 **文献标识码:** A

**Abstract:** Introduces the characteristics of that MATLAB is applied to processing and studying of remote sensing image by example emphatically. This paper introduces a method of remote sensing image compression based on discrete wavelet transform. The method is achieved by using MATLAB. The result of research has great significance on the work of processing and studying of remote sensing image.

**Keywords:** Matlab Image processing Wavelets Transform

遥感图像是地球表面物体反射的光谱信息,包含了丰富的空间结构信息量。对遥感图像的处理与分析,一直是遥感工作者研究的热点。图像处理是对图像进行各种加工以改善图像的视觉效果,提高遥感图像的判读精度,并为自动识别打基础,或对图像进行压缩编码以减少对其所需存储空间或传输时间、传输道路的要求,主要指图像与图像之间进行的变换;而图像分析则主要是对图像中感兴趣的目标进行检测和测量,以获得它们的客观信息,从而建立对图像的描述。如果说图像处理是一个从图像到图像的过程,则图像分析是一个从图像到数据的过程。

对遥感图像的处理和分析一般可用算法的形式描述,而大多数的算法可用软件实现,只有在为了提高速度或克服通用计算机限制的情况下才用特别的硬件。MATLAB 是一个为科学和工程计算而专门设计的高级交互式的软件包,其全称是 Matrix Laboratory,亦即矩阵实验室。它集数值分析、矩阵运算、小波分析、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。与 Basic、Fortran、Pascal、C 等编程语言相比, MATLAB 具有编程简单直观,用户界面友善,开放性强等优点,因此其自面世以来,在国际上很快得到了推广利用,被 IEEE 称为国际公认最优秀的科技应用软件。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。

高小峰:硕士

基金项目:国防科学技术预研基金资助项目

MATLAB 包含两个部分:核心部分和各种可选的工具箱。核心部分中有数百个核心内部函数。功能强劲的工具箱是 MATLAB 的重大特色,又可分为两类:功能性工具箱和学科性工具箱。功能性工具箱主要用来扩充其符号计算功能、图示建模仿真功能、文字处理功能以及与硬件实时交互功能。功能性工具箱能用于多种学科。而学科性工具箱是专业性比较强的,如图像处理工具箱、小波工具箱及数字信号处理工具箱等。这些工具箱都是由该领域内的学术水平很高的专家编写的,所以用户无需编写自己学科范围内的基础程序,而直接进行高、精、尖的研究。利用如此多的工具,我们可以方便地从各个方面对图像的性质进行深入的研究。本文从实际应用的角度就其图像处理和 small 波分析工具箱进行研究和探讨。

## 1 图像处理工具箱实现图像处理与分析

在 MATLAB 中可用两种数据类型来存储图像:双精度型和 8 位无符号整数型,图形命令对不同的数据类型做不同的处理。MATLAB 支持的图形文件的格式包括:TIFF、JPEG、BMP、PCX、XWD 和 HDF;支持的图像类型包括:索引图像、灰度图像、二进制图像、RGB 图像。MATLAB 在图像处理中的应用都是由相应的 MATLAB 函数来实现。

### 1.1 图像操作和图像显示

MATLAB 提供了图像文件读入函数 `imread()`,可用它来读入 BMP、HDF、JPEG、PCX、TIFF、XWD 等格式图像文件。MATLAB 还提供了 `imwrite()` 图像写出函数。

显示图像函数有 image()、imshow()等。

### 1.2 图像矩阵运算

MATLAB 在处理图像时,都是以向量、矩阵、数组的形式来表示图像,并进行各种运算。MATLAB 提供了图像的和、差等线性运算,以及卷积、相关、滤波等非线性运算。例如,conv2(I,J)实现 I、J 两幅图像的卷积。

### 1.3 图像正交变换

图像正交变换可用于图像数据压缩、特征提取、去噪音等。它包括:Fourier 变换、Hadamard 变换、离散余弦变换(DCT)等。例如 J=dct2(I),实现了图像矩阵 I 的离散余弦变换。

### 1.4 图像增强

将原来不清晰的图像变得清晰或人们感兴趣的某些特征强调出来(同时抑制了不感兴趣的特征)的,以提高遥感图像的判读精度, MATLAB 提供了 Gamma 校正、中值滤波、对比度调整、直方图均衡、自适应滤波等对图像进行处理。例如函数 imadjust()为对比度调整函数,用于调整灰度值或颜色图。常用的图像增强方法有:

$$\text{直方图均衡化: } B = \int_0^r P_r(r) dr$$

$$\text{线性扩展: } B' = \frac{B_2 - B_1}{b - a} (B - a) + B_1$$

$$\text{对数曲线扩展: } y = a + \frac{\ln(x+1)}{b \ln c}$$

$$\text{指数曲线扩展: } y = b^{c(x-a)} - 1$$

直方图均衡是图像处理中很重要的研究内容,它通过转换灰度图像亮度值或索引图像的颜色图值来增强图像对比度。图像的灰度统计直方图是 1 个 1-D 的离散函数:

$$P(S_k) = n_k / n \quad K=0, 1, \dots, L-1$$

$S_k$  为图像  $f(x,y)$  的第  $K$  级灰度值,  $n_k$  是  $f(x,y)$  中具有灰度值  $S_k$  的象素的个数,  $n$  是图像象素总数,  $P(S_k)$  代表原始图第  $K$  个灰度级的出现概率。以  $n_k$  为自变量,以  $P(S_k)$  为函数得到的曲线就是图像的直方图。直方图均衡化的基本思想是把原始图的直方图变换为均匀分布的形式,这样就增加了象素灰度值的动态范围,从而达到增强图像整体对比度的效果。

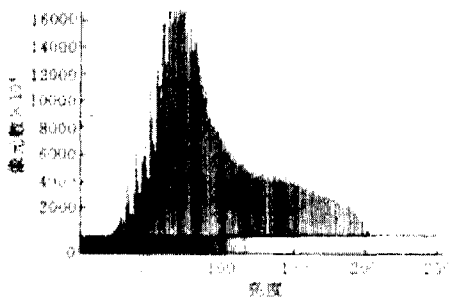


图 1 原图像直方图

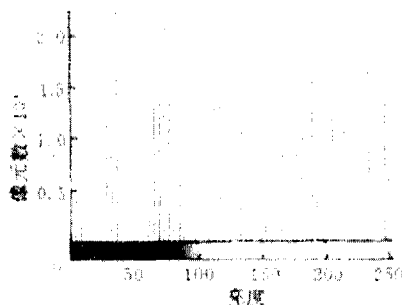


图 2 均衡后图像的直方图

直方图均衡化后,使扩展范围内亮度值出现的频数趋于均衡,如图 1、2 所示。这是由于直方图均衡化增加了图像灰度动态范围,所以也增加了图像的对比度,反映在图像上就是图像有较大的反差,许多细节可看得比较清楚了。

## 2 小波变换工具实现图像压缩

遥感图像在地理信息系统中的应用越来越广,但遥感图像所含的数据量较大。为了方便快速实现遥感图像的浏览,必须对图像进行压缩。在这里,我们把图像压缩也归于图像处理与分析的范围内。基于离散小波变换的二维小波分析,采用对遥感图像进行压缩并结合 MATLAB 来实现。小波变换在遥感图像压缩中的应用已有一些报导,但都是采用 FORTRAN 语言和 C 等高级语言编程实现的。小波变换的数学公式很多,对数理知识要求很严,要自己编程实现并不容易。MATLAB 的问世简化了这部分工作,它由主包、Simulink 以及功能各异的工具箱组成。以矩阵运算为基础,把计算、可视化、程序设计融合到了一个简单易用的交互式工作环境中。MATLAB 的语法规则简单,贴近人们的思维方式,使得用 MATLAB 编写程序有如在便笺上列公式和求解一样方便。考虑到 MATLAB 的这些突出优点,在本文中采用 MATLAB 实现了小波变换对遥感图像的压缩。

### 2.1 小波变换的概念及特点

小波变换是时频局部化的分析方法。Gabor 变换的窗口位置可变(平移),符合研究信号不同位置局部性质的要求,比 Fourier 变换优越。但是,Gabor 变换窗口的形状和大小与频率无关,而在一般的信号分析中,对于高频信号我们总希望窗口足够小,以研究突变的细节;而对于低频信号总希望窗口足够大,以体现信号的趋势,这是 Gabor 变换所不能及的。小波变换的出现很好地解决了以上问题,它巧妙地利用了非均匀的分辨率,较好地解决了时间和频率分辨率的矛盾,即在低频段用高的频率分辨率和低的时间分辨率(宽的分析窗口);而在高频段则利用低的频率分辨率和高的时间分辨率(窄的分析窗口),这样就能有效地从信号(如语言、图像等)中提取信息。对于许多信号来讲,低频分量是保持信号特性的重要部分,高频分量则仅仅起到提供

技术创新

信号细节的作用。对于一幅图像,我们关心的是它的低频分量。

## 2.2 MATLAB 工具箱

任意一幅可压缩的图像经小波变换分解后,可划分为  $2 \times 2$  子块。如图 1 所示,小波分解后得到代表原图不同频率特性和方向特性的四个子图,其中 LL3 为低频分量,集中了 90% 的能量,也称之为逼近信号,而大小只占原图的  $1/64$ ;HLi 为原图经分解后垂直方向边缘细节;LHi 为水平方向边缘细节;HHi 对应  $45^\circ$  和  $135^\circ$  对角线方向细节信息。分解过程可以重复进行,即低频分量可以继续被分解。因此,一个信号可以被分解为许多低分辨率分量,我们称之为小波分解树。虽然在理论上小波分解是可以无限进行下去的,但在实际中,过高分解的分解会导致图像压缩结果丢失有效的信息。因此,进行小波变换时应根据信号的特性选择合适的分解阶数。MATLAB 工具箱提供了实现小波变换的一些函数,下面对几个主要的函数作以下介绍,见表 1 所示。

表 1 小波变换函数表

函数	功能
Wavedec2	多尺度(层)二维小波分解
Wrccoef2	二维小波分解系数单支重构
Detcoef2	提取二维小波分解高频系数
Appcoef2	提取二维小波分解低频系数
Ddencomp	获取在去噪或压缩过程中的默认阈值、熵标准
Wdencomp	用小波进行信号的去噪和压缩

## 2.3 图像压缩

图 3 是一幅某城区的遥感图像。对一个图像来说,表现一个图像的最主要部分是低频部分,所以一个最简单的压缩方法是利用小波分解,去掉图像的高频部分而只保留低频部分。图像压缩过程如下:

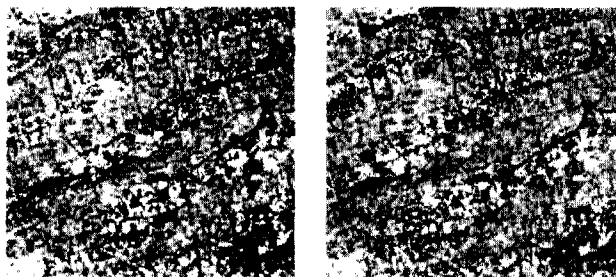


图 3 原始图像 图 4 压缩后图像

- \* imread 函数调入原始遥感图象
- \* 对该图象用 bior3.7 小波进行二层小波分解
- \* double 归一化该图象
- \* 用 appcoef2 和 detcoef2 分别提取小波分解结构中的低频系数和高频系数
- \* 保留第一层低频信息,进行第一次图象压缩
- \* wcodemat 对第一层信息进行量化编码
- \* imadjust 调整压缩图象的灰度,提高显示对比度
- \* whos 显示原始灰度图象和压缩图象的信息

压缩后的图像如图 4 所示,调整灰度后的图像如图 5 示。



图 5 灰度调整后图像

显示结果如由表 2 所示。

表 2 显示结果

Image	Size	Bytes	Class
原始灰度图象	580×589	3825463	doublearray
第一次压缩图象	280×300	812904	doublearray

由数据可知,压缩比为 4.706。对压缩后的图象进行灰度调整后增强了显示的对比度,在不丢失图象信息的基础上提高了显示效果。同理,按照以上方法还可进行第二次图象压缩。与传统的正交变换相比,小波变换在数据压缩中具有明显的优点。但是,要很好地进行图象的压缩,需要利用小波分析和许多其它相关技术共同完成。

## 3 结论

综合利用 MATLAB 的图形处理和小波变换工具箱,可以对遥感图像进行各种处理和分析,速度快,方法科学,为遥感航片的判读及遥感信息的处理和分析提供良好条件。

参考文献:

- [1] 曹政华,颜锦奎. 视频图像实时小波变换系统[J].微计算机信息,2005,5:138-140
- [2] Castleman K.R. Digital Image Processing[M]. Prentice-Hall International Inc and Tsing Hua Press,1998,115
- [3] 程效军,徐文昌,陈鹰. 基于小波变换的图像压缩算法[J]. 同济大学学报,2001,29(10):152.

作者简介:高小峰(1981-),男,汉族。硕士生。研究方向:空间信息处理与运用。email:you\_yang\_navy@tom.com;张建凤(1979-),女,汉族。工学硕士。研究方向:电路与系统。

**Author brief introduction:** Gao,Xiaofeng, master. Researching for processing and managing of interspace information.

(102401 北京良乡海军 91039 部队) 高小峰 张建凤 (Naval Unit No.91039,Beijing 102401, China) Gao, Xiaofeng Zhang,Jianfeng

(投稿日期:2005.7.23) (修稿日期:2005.8.3)