

# 基于 Matlab/Simulink 的遥感图像处理\*

胡波<sup>1,2</sup>, 陈阿林<sup>1,3</sup>, 孙小涛<sup>4</sup>

(1. 重庆师范大学 地理与旅游学院; 2. 重庆高校市级 GIS 应用研究重点实验室;  
3. 网络中心, 重庆 400047; 4. 重庆广播电视大学 开放教育学院, 重庆 400052)

**摘要:**基于 Matlab/Simulink 环境, 主要采用视频与图像处理模块库 (Video and image processing blockset) 中的模块建模, 利用直方图均衡化、中值滤波、锐化等仿真模型进行遥感图像增强处理, 通过与实验前的图像进行对比, 实验后的图像细节更突出, 影像更清晰, 讨论了一种基于 Matlab/Simulink 对遥感图像进行增强处理方法的可行性。结果表明, 建立仿真模型操作简单, 可重复使用, 便于毫无编程知识的研究人员快速、有效地进行遥感图像增强处理。

**关键词:** Matlab; Simulink; 可视化; 模块化; 遥感

**中图分类号:** TP751

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1672-6693(2012)04-0101-06

在实际应用中, 无论采用何种传感器设备, 采集到的遥感图像都会由于各种因素如噪声、大气环境、光照条件、曝光不足等造成图像质量退化, 而降质或退化的图像降低了遥感图像的使用价值。因此, 在对遥感图像进行分析前, 必须先对其质量进行改善<sup>[1]</sup>。为了改善遥感图像的质量, 通常采用突出图像“有用”信息的方式来增强图像的效果, 从而提高了遥感图像的准确识别。运用 Matlab 对图像增强处理的研究很多, 多采用 Matlab 函数编程的方法, 主要运用在医学、印刷、化学、生物等方面。随着 Matlab 软件发展的日益强大, 6.5 版本之后的 Matlab 软件融入了可视化、模块化的编程工具, 为本研究提供了新的方法和视角。其中, 采用基于 Matlab/Simulink 的视频与图像处理模块 (Video and image processing blockset) 进行图像处理仿真的研究不多, 专门针对遥感图像进行处理的研究相对较少。因此, 本文基于 Matlab/Simulink 环境, 结合图像处理的相关理论, 通过视频与图像处理模块库的可视化建模, 以直方图均衡化、滤波和锐化方式为例进行了遥感图像增强处理。

## 1 图像增强

### 1.1 概念

将原来不清晰的图像变清晰或将原来不够突出

的特定图像信息和特征显现出来的图像处理方法称为图像增强<sup>[2]</sup>。改善图像质量是图像增强的根本目的。值得指出的是, 图像增强不是一种无损处理, 它只是增强了对某些“有用”信息的辨识能力, 而其他“无用”信息则是被压缩了<sup>[3]</sup>。图像增强的方法有很多, 但是所有的方法都是面向问题, 不存在放之四海而皆准的方法。换句话说, 对某一幅遥感图像增强效果好的算法不一定适应于所有遥感图像。

### 1.2 方法

目前, 根据图像增强处理时所在空间的不同, 将图像增强的方法分为基于空间域和频率域两种方法, 如图 1 所示。前者主要针对图像中每一个像素的灰度值进行处理, 可以是一幅图像的像素点与点之间的运算处理, 也可以是多幅图像相应像素点之间的运算处理。而后者是在图像的变换域对图像进行间接处理。本文分别采用直方图均衡化、中值滤波及锐化对遥感图像进行增强处理。

**1.2.1 直方图均衡化** 直方图均衡化即把一幅已知灰度概率分布的图像经过一种变换, 使之演变成一幅具有均匀灰度概率分布的新图像。通常为使图像清晰, 可以通过提高图像的灰度频率, 并使其直方图在较大动态范围内趋于均化。所以, 直方图均衡化实质上是对图像进行非线性拉伸, 重新分配图像象元值, 使一定灰度范围内象元值的数量大致相等<sup>[4]</sup>。

\* 收稿日期: 2011-09-11 修回日期: 2011-12-22 网络出版时间: 2012-07-04 11:15:00

作者简介: 胡波, 女, 硕士研究生, 研究方向为 RS 图像处理、3D GIS; 通讯作者: 陈阿林, E-mail: cal@cqnu.edu.cn

网络出版地址: [http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20120704.1115.201204.101\\_018.html](http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20120704.1115.201204.101_018.html)

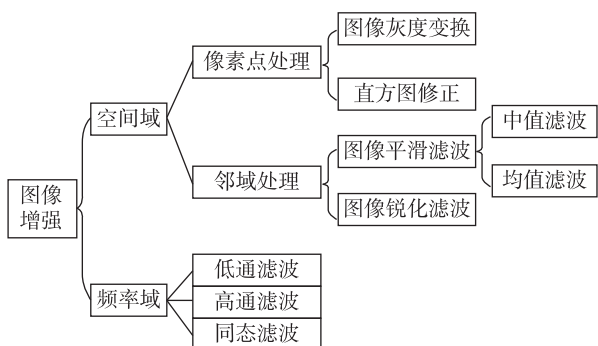


图 1 图像增强的方法

通常,遥感图像的对比度较低,细节不清晰,采用直方图均衡化的方法来增强图像,可以简单快速地提高遥感图像的清晰度。所以,直方图均衡化常用于遥感图像的图像增强。

1.2.2 中值滤波 中值滤波是一种非线性滤波,它的输出是观测样本分布中心的最小绝对值均值估计,是一种优化的保持边界与滤除高频噪声干扰的滤波方法<sup>[5]</sup>。研究表明,运用中值滤波对图像进行增强处理所产生的模数较少,因此更适用于消除遥感图像中存在的孤立噪点。

1.2.3 锐化 图像锐化即补偿图像的轮廓,增强图像的边缘及灰度跳变的部分,使图像变得清晰。边缘与轮廓位于灰度突变的地方,运用灰度差分来突出边缘和轮廓,增强边缘线条,使图像边缘变得清晰。图像锐化通常可以在空间域中进行微分处理,也可以在频率域中运用高通滤波技术来处理。遥感图像易受干扰而退化,这在传输和变化过程中是不可避免的。通过锐化处理,使遥感图像的边缘和轮廓得到增强而不改变整幅图像的主题内容,使图像更加清晰。

## 2 图像增强仿真建模

### 2.1 基于 Matlab 的 Simulink

Simulink 是基于 Matlab 的图形化仿真设计环境,是 Matlab 提供的进行动态系统建模、仿真和综合分析的集成软件包<sup>[6]</sup>。在该软件环境下,用户可以在屏幕上调用现成的模块,并将它们适当连接起来以构成系统的模型,即所谓的可视化建模<sup>[7]</sup>。Simulink 作为对 Matlab 语言运算环境的扩展,在保持 Matlab 一般性能的基础上,结合工具箱的使用,可以完成对连续系统、离散系统、连续与离散混合系统的动态性能的仿真与分析,Matlab7.1 以后

的版本可以对图像和视频进行处理并仿真,观察仿真的执行过程,仿真结果保存在 Mamtlab 的工作间中,Simulink 为用户提供了用方框图进行建模的图形接口,实现了可视化的建模,具有直观、方便、灵活的特点<sup>[8]</sup>。本文使用 Simulink library 中提供的视频与图像处理模块库完成实验。

### 2.2 模块介绍

视频和图像处理模块库包含图像分析和增强(Analysis & Enhancement)、颜色和数据类型转换(Conversions)、滤波(Filtering)、几何转换(Geometric transformations)、形态学操作(Morphological operations)、统计(Statistics)、时频转换(Trans-forms)、文本和图形(Text & Graphics)、视频、图像发生源(Sinks)、接收器(Sources)等 10 大类 75 个模块,可实现 100 多个算法<sup>[9]</sup>。

其中,实验主要涉及如下几种模块:发生源模块库(Sinks)提供多种读取图像的方式。接收器模块库(Sources)同样提供了多种输出图像的方式。图像分析和增强模块库中提供了直方图均衡化模块(Histogram equalization)可以直接对图像进行直方图均衡化处理。滤波模块库(Filtering)中提供了中值滤波模块(Median filter)可以直接对图像进行中值滤波处理;二维 FIR 数字滤波模块(2-D FIR Filter)可以对图像进行锐化处理。统计模块库(Statistics)的直方图模块(Histogram)可以直接生成图像的直方图。

### 2.3 建模步骤

针对遥感图像在质量退化方面表现出的不同,按照不同的图像增强处理方式,开始对遥感图像增强处理进行建模和系统仿真,其流程的基本操作步骤如下。

1) 在 Matlab 命令窗口中输入 viplib 命令,打开视频和图像处理模块集窗口。

2) 在 Library:viplibv1 窗口中选择 File → New → Model 菜单,新建模型。

3) 在新建模型窗口中加入所需模块,各模块名称、数量、来源及位置根据不同的增强处理方式略有不同。

4) 连接各模块。

5) 双击模块,修改模块的参数设置和名称。

6) 根据需要设置仿真参数。

7) 运行并调试仿真系统,在窗口中选择 File→Save as 菜单保存模型。

## 2.4 仿真建模

2.4.1 直方图均衡化模型 如图 2、3 所示,在直方图均衡化模型中, Image from file 模块用于输入原始图像,修改模块可指定输出的数据类型。Histogram equalization 模块直接对原始图像进行直方图均衡化处理。其中,需要指出 Number of bins 参数表示输入图像中可能的灰度级总数,最大值为 256,

为了保证输出平滑的图像,一般采用远小于原图像灰度级大小的值,故采用默认设置即 64。Video viewer1 模块显示原始图像,Video viewer2 模块显示经过直方图均衡化处理后的图像。

特别指出的是,为了便于从定量的角度客观说明图像的前后变化,该模型特别增加一个子系统模型(Histogram subsystem)用以直观地表示图像变化前后的直方图分布,在 Vector scope 模块中用坐标系显示处理前后的图像灰度分布情况。

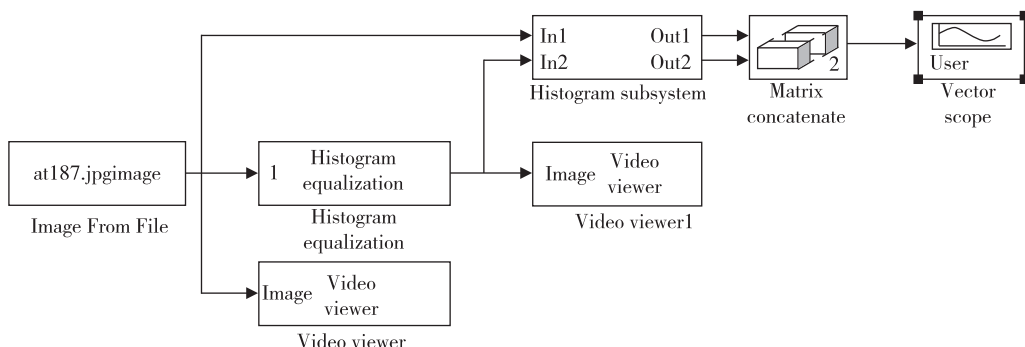


图2 直方图均衡化模型框架

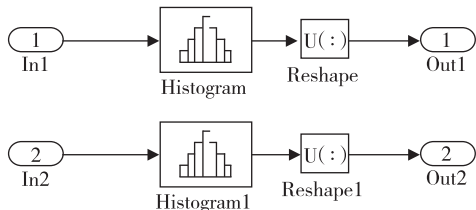


图3 直方图分布子系统

2.4.2 中值滤波模型 如图 4 所示,在中值滤波模型中, Image from file 模块输入原始图像, Video viewer1 模块显示原始图像, Video viewer2-4 模块分别显示不同中值滤波处理后的图像。

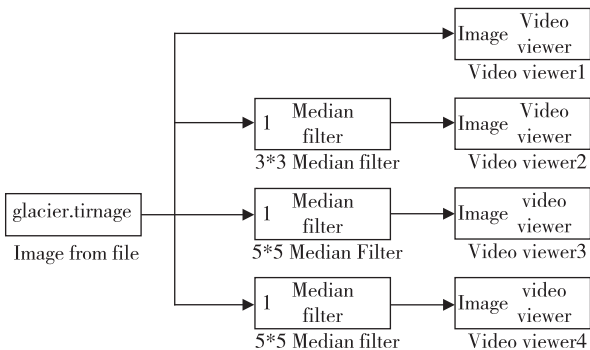


图4 中值滤波模型框架

为了便于讨论不同滤波窗口大小对增强效果的

图像,模型中间的中值滤波模块(Median filter)从上到下依次增大窗口大小。Neighborhood size 参数可以设置滤波窗口大小,分别设置为 $[3 \times 3]$ 、 $[5 \times 5]$ 和 $[9 \times 9]$ ,并对模块依次重命名为 $3 \times 3$  Median filter、 $5 \times 5$  Median filter 和  $9 \times 9$  Median filter。

2.4.3 锐化模型 在锐化模型中, Image from file 模块输入原始图像, Video viewer1 模块显示原始图像。二维 FIR 数字滤波模块用以实现对图像的锐化处理。双击模块,修改 Coefficients 参数,利用 fspecial 函数实现设置不同的锐化方式。Video viewer2 模块显示经过反锐化对比度增强滤波(Unsharp contrast enhancement filter)锐化后的图像, Video viewer3-4 模块显示使用 Prewitt 算子锐化和 Laplacian 算子锐化后的增强图像。

特别指出的是,为了增强锐化效果,在该模型中增加了求和模块,修改 List of signs 的参数为‘+-’,即表示原始图像减去锐化图像后的增强图像。

## 2.5 仿真调试

处理仿真前,根据需要设定系统运行的起止时间、运行方式等参数。在模型窗口中选择 Simulation → Configuration Parameters,在 Solver 面板中设置 Stop time 为 0, Type 设置为 Fixed-step, Sol-

ver 设为 Discrete(no continuous states),其余采用默认设置,如图 6 所示。

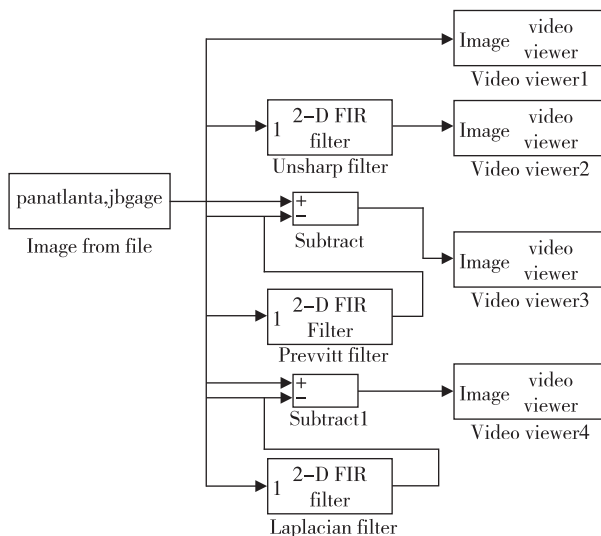


图 5 锐化模型框架

### 3 实验及结果

本文采用 7.11.0(R2010b)版本的 Matlab 软件,分别采用直方图均衡化模型、中值滤波模型和锐化模型对 3 幅遥感图像进行增强处理的系统仿真实验。

#### 3.1 直方图均衡化

对比图 7 和图 8,主观上可以观察到:经过直方图均衡化,图像的对比度明显提高,地物的轮廓更加清晰,图像的细节更加突出。

客观上,如图 9 所示,原始图像的动态范围主要分布在 0.06~0.2,说明原始图像总体偏暗,且灰度级并未充分利用;而经过直方图均衡化处理后的图像直方图较均匀地分布在 0~1 之间,动态范围适当。综上所述,说明该方法有效改善了对比度过低的遥感图像。

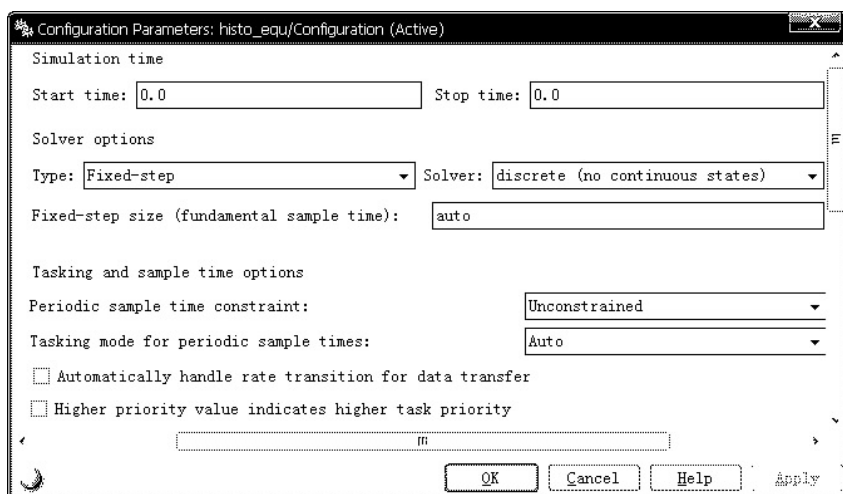


图 6 仿真调试参数设置



图 7 原始图像



图 8 直方图均衡化的图像

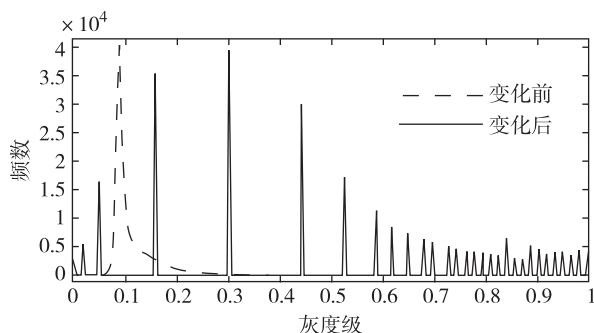


图 9 变化前后图像的直方图分布情况

#### 3.2 中值滤波

从目视判别的效果来看,如图 11~13 所示,在

中值滤波的作用下,原始图像(图 10)中白色区域的噪点明显减弱,窗口大小为  $3 \times 3$  的中值滤波所得到

的影像效果最优,窗口大小为  $5 \times 5$ 。

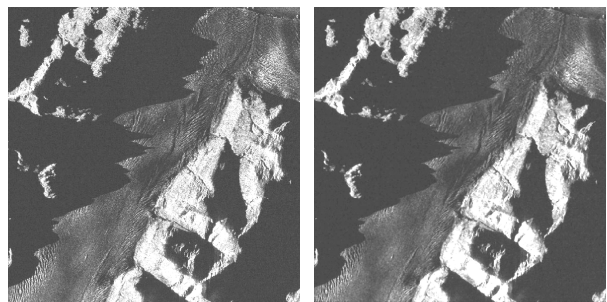


图 10 原始图像      图 11  $3 \times 3$  中值滤波图像

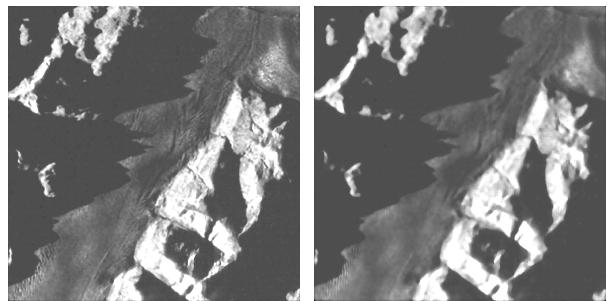


图 12  $5 \times 5$  中值滤波图像      图 13  $9 \times 9$  中值滤波图像

为了更加客观地评价降噪效果,选用均方误差(MSE)和峰值信噪比(PSNR)作为图像质量评估的主要客观标准,分别对 3 幅去噪后图像的进行比较,利用定量分析对比降噪效果,结果如表 1 所示。一般而言,均方误差(MSE)值愈小图像愈精确,峰值信噪比(PSNR)愈大图像质量愈好<sup>[10]</sup>。其中,计算结果表明窗口大小为  $3 \times 3$  的中值滤波的降噪效果最突出,这与目视判别的结果一致。

表 1 不同窗口下的图像降噪效果评价

| 窗口大小         | 均方误差(MSE) | 峰值信噪比(PSNR) |
|--------------|-----------|-------------|
| $3 \times 3$ | 33.98     | 25.05       |
| $5 \times 5$ | 39.96     | 22.97       |
| $9 \times 9$ | 44.61     | 21.67       |

中值滤波对于减少遥感图像中的噪点十分有效,但是对于滤波窗口的选择非常灵活,也是去噪效果好坏的关键。但是窗口并非越大图像增强效果越好,窗口过大则图像过于模糊,细节程度减弱。实验结果说明该模型能够有效地保护遥感图像的边缘信息,而且可以除去图像中含有的无用的图像噪点。

3.3 图像锐化

对比图 15 和图 16,表明采用不同的锐化方法,锐化的效果各不相同;对比图 16 和图 17,表明选取的算子不同,锐化的效果也各不相同。采用反锐化

对比度增强滤波(Unsharp contrast enhancement filter)锐化和 Laplacian 算子锐化后的遥感图像纹理和细节较原始图像(图 15)更加清晰,边缘细节的加强则能更好地突出边缘信息在遥感应用中的作用。

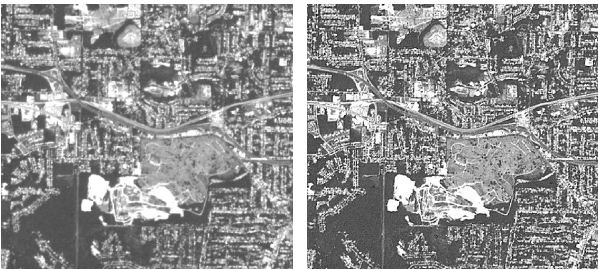


图 14 原始图像      图 15 Unsharp 锐化图像

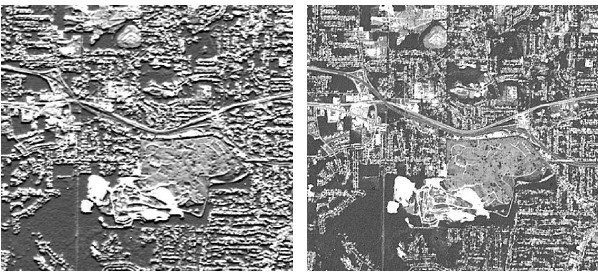


图 16 Prewitt 锐化图像      图 17 Laplacian 锐化图像

为了更好地评价锐化效果,需要对变化后的图像进行定量分析,这里选用信息熵这个评价方法。信息熵愈大说明图像中包含的信息愈多,说明所选图像的有用信息更丰富。如表 2 所示,经过锐化后,原始图像的信息量都增加,其中反锐化对比度增强滤波锐化和 Laplacian 算子锐化后的图像效果优势明显,这也与上文的目视效果一致。

表 2 不同锐化方式/算法的图像质量评价

| 图像名称 | 原始图像    | Unsharp 锐化图像 | Prewitt 锐化图像 | Laplacian 锐化图像 |
|------|---------|--------------|--------------|----------------|
| 信息熵  | 7.207 3 | 7.552 1      | 7.461 1      | 7.552 5        |

但是不足的是,该模型在实际工作中也无法直接确定哪种方法或算法是最优选择,仍然需要做大量的实验并将结果进行对比才能得出。

4 结论及展望

实验结果表明,针对亮度偏暗的遥感图像可采用直方图均衡化解决,中值滤波则对含有噪点的遥感图像效果显著,而锐化则可以使模糊的遥感图像的边缘和轮廓变得清晰。通过以上实验,说明基于

Matlab/Simulink 环境,利用视频与图像处理模块库实现了对遥感图像增强处理。与传统的遥感图像处理软件(如 Erdas imagine、Envi 等)相比,该方法除了能进行“图像解译”以外,也有着其他软件所没有的优势:

1)无需任何编程基础,操作快捷、简便。

2)针对同类型问题的遥感图像,模型可以反复使用。

3)可以进行批处理文件,更满足了遥感研究工作者对文件处理的需要。

4)遥感图像的增强方式更多样,修改方式更简便。例如使用 Erdas imagine 软件对遥感图像进行锐化时,如果要改变滤波方式,需要在“AOI”中进行自定义,且要求使用者具备一定相关知识,比起文中的方法要求更高且略显繁琐。

5)更重要的是,该模型可以同时产生多种方法的处理结果。除了满足使用者的实践需要,还满足了研究者对图像增强理论相关理论及方法研究的可视化需要。

由于篇幅有限,本文研究的重点在于探讨基于 Matlab/Simulink 环境下利用视频与图像处理模块库实现对遥感图像快速、有效的增强处理是可行的,对于采用何种方式是最优方法并未深入研究,还不能建立一种“万能”的定性的模型,这也需要在今后

的研究中进一步讨论和完善。

### 参考文献:

- [1] 贾小军. 基于 Matlab 的图像增强技术研究[J]. 渭南师范学院学报, 2008, 23(2): 68-71.
- [2] 李小文. 遥感原理与应用[M]. 北京: 科技出版社, 2008: 89.
- [3] 杨帆. 数字图像处理与分析[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
- [4] 党安荣, 王晓栋, 陈晓峰, 等. Erdas Imagine 遥感图像处理方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [5] 柴宝仁. 中值滤波在气象传真图中降噪的分析[J]. 北京理工大学学报, 2011, 31(4): 417-420.
- [6] 周旭, 朱建林, 向朶. 集成化语言 Matlab 的 Simulink 仿真研究[J]. 湘潭大学学报: 自然科学版, 2000, 22(1): 99-102.
- [7] 刘卫国. Matlab 程序设计教程[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [8] 贾秋玲, 袁冬莉, 栾云凤. 基于 MATLAB7. X/ Simulink/ Stateflow 系统仿真、分析及设计[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2006.
- [9] 刘璿瑛. 基于 Simulink 的大米动态图像检测系统仿真[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(16): 7607-7609.
- [10] 王益艳. 基于平滑核的广义变分去噪模型[J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2010, 27(6): 59-63.

## Remote Sensing Image Processing Based on Matlab/Simulink

HU Bo<sup>1,2</sup>, CHEN A-lin<sup>1,3\*</sup>, SUN Xiao-tao<sup>4</sup>

(1. College of Geography and Tourism;

2. Municipal GIS Applied Research Key Library in Chongqing Colleges and Universities;

3. Network Center, Chongqing Normal University, Chongqing 400047;

4. Open Education Department, Chongqing Radio & TV University, Chongqing 400052, China)

**Abstract:** Based on Matlab/Simulink, the modules which were provided by the Video and Image Processing Blockset were mainly used, and by means of simulation models on histogram equalization, median filter and sharpen, remote sensing images were made an enhancement processing. In contrast to the former images of the experiments, the latter images were found to be more detailed and clearer, and the feasibility of enhancement processing of RS image based on Matlab/Simulink was discussed. The results show that the operation of building simulation model is very simple, and the model can use repeatedly, which is convenient for the researcher who are skillful at programming to make a fast effective enhancement processing of RS image.

**Key words:** Matlab; Simulink; visualization; modularity; remote sensing

(责任编辑 游中胜)