

文章编号: 1001-3806(2007)06-0581-03

基于样条曲线的一种遥感图像去云方法

江兴方^{1,2}, 潘国卫¹, 陶纯堪^{2*}

(1. 江苏工业学院 信息科学系, 常州 213164; 2 南京理工大学 光电学院, 南京 210094)

摘要: 在可见光遥感图像中, 常常因为云的阻挡而很难获得有云区域的信息。在没有预知信息的情况下, 为了从一幅图像中获得有云区域的信息, 采用基于样条曲线的方法, 对有云区域像素的亮度值进行拉伸, 得到去云后的遥感图像, 既保持了云区与边界的连续性, 又容易获取云区域内的信息。再使用高通滤波器与云区内像素亮度值进行卷积, 突出了云区内的图像信息。实验结果表明, 对于一幅有 1/4 被乌云覆盖的遥感图像, 突出了云区内隐藏的丰富信息, 能获取诸如水坝的墙体、水流等重要信息, 说明图像增强技术的多样性。

关键词: 信息光学; 样条曲线; 高通滤波; 图像增强

中图分类号: O436 **文献标识码:** A

Cloud elimination method in remote sensing image based on spline curve

JANG Xing-fang^{1,2}, PAN Guo-wei¹, TAO Chun-kan²

(1. Department of Information Science, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China; 2. School of Electronic Engineering & Optoelectronic Technology, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210093, China)

Abstract: Because of the cloud barrier in a remote sensing image, the information couldn't be captured. Based on spline curve, a proposed method kept the continuity between inner and outer edge of cloud and captures more details in the remote sensing image without previous information. Firstly, the brightness in the cloud region was stretched. Secondly, the more details in the cloud region was exposed after the convolution between the cloud region and a high pass filter. Thirdly, the brightness of the pixels in the cloud region was improved with histogram stretching method. The results show the more details, such as the wall of dam, water stream can be exposed in a remote sensing image in which over a quarter of whole size was covered black cloud, which means the image enhancement technology is multifunctionality.

Key words: information optics; spline curve; high pass filter; image enhancement

引 言

随着遥感技术的迅速发展, 遥感逐步应用于军事、国防、农业、林业、矿业、地理、水文、海洋、气象、测绘、环境保护监测等各个领域。从遥感数据上来, 大部分是光学影像 (如来自于 SPOT, Landsat, QuickBird, Ikonos 等卫星传感器的影像), 尽管光学影像具有信息量大、分辨率高、几何形状稳定, 但是它们很容易受到气候的影响, 其中云层的阻挡是十分重要的因素。遥感图像的薄云去除常用的方法有^[1]: (1) 多光谱图像去云法。即采用仅对云较敏感的传感器, 在多光谱遥感图像中舍去这一波段信息, 达到去云目的; (2) 基于多幅图像重叠运算去云法。即利用同一地区不同季节、

不同时间的图像进行插值, 达到去云目的; (3) 基于数据融合的多传感器图像去云法。用某一幅无云影像的局部, 替换另一幅有云影像区域, 达到去云目的; (4) 同态滤波法。通过压缩图像的动态范围, 提升图像中高频分量, 达到去云目的。前 3 种方法是基于至少 2 幅同地区的遥感图像进行的操作, 第 4 种是对整个图像进行高通滤波。对于仅有给定的 1 幅图像, 又没有任何辅助信息的条件下, 只能从图像本身根据图像自身的特点将应有的信息从云阻挡的区域中获取出来。HUANG 等人^[1]研究了阴暗区域中去云影的方法取得了较好的效果。但是在周围较明亮区域中实现去云, 提取云阻挡区域的信息未见报道。

采用高次多项式^[2]样条曲线目的是对图像中较低亮度值进行非线性拉伸, 实验中发现, 再通过高通滤波后, 隐藏在乌云下的图像信息更加得到了显示, 这样将本来遭丢弃的遥感图像, 通过基于高次多项式样条非线性拉伸和高通滤波后, 同样能提供丰富的信息, 为充分利用遥感图像开辟了一条新的途径。

作者简介: 江兴方 (1963-), 男, 副教授, 博士研究生, 主要从事光学工程、物理教学与多媒体教学软件开发。

* 通讯联系人。E-mail: taock812@sohu.com

收稿日期: 2006-10-10; 收到修改稿日期: 2006-12-12

1 高次多项式样条曲线的建立

如图 1a所示,左上方约 1/4 面积区域被乌云覆

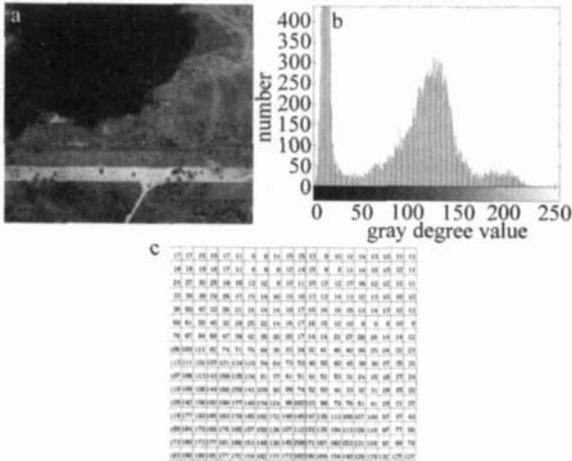


Fig 1 a—original image b—histogram c—partial edge data

盖,在没有任何辅助信息的条件下,很难获取大块乌云阻挡下的遥感图像地物信息。针对这个问题,首先要进行图像的特征分析,利用 MATLAB 统计出各像素亮度值的分布,如图 1b所示,读出原图像各像素相应的亮度值,取其中云边缘的一部分,如图 1c所示。可以看出,云区的亮度值大部分分布在 [10, 26] 范围内,云边缘处的像素亮度值大多分布在 [81, 135] 范围内,为了保持云区和边缘的连续性,在云区内的各像素通过亮度值拉伸后不能超过云区边缘上像素的亮度值。亮度值若用双精度值表示,则将亮度范围 [0, 255] 折合到 [0, 1] 区间,因此在云区内亮度值在 0.1 附近需要进行加强。

从前面的分析,以有云的区域均值与无云区域均值相等为原则,选定 6 个特定的亮度值希望拉伸到新

的亮度值,达到去云的目的,又保持云区与边缘间的连续性。拟定下面 2 个数组,每组包括变换前或后的 6 个数据。 $x = [0 \ 0.1 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.4 \ 0.423]$; $y = [0 \ 0.9 \ 0.93 \ 0.96 \ 0.98 \ 1]$ 。

在 MATLAB 中,输入这 2 个数组后,用曲线拟合的方法尽可能找到与这 6 个数据变换方差最小的拟合曲线,具体操作是,按“Tools/Basic Fitting”方式,打开“Basic Fitting”对话框,选择 1 条非线性拟合曲线,再比较一下拟合的结果,重复拟合,最后确定 5 次多项式曲线为最佳拟合曲线,并求出各项系数,得到: $y_5 = 1074 \ 1x^5 - 1440 \ 8x^4 + 740 \ 93x^3 - 181.04x^2 + 21.028x + 2.2534E-16$,其中, x 为云区域像素亮度值, y_5 表示一条 5 次多项式曲线,用来对原始图像中云区域亮度值进行拉伸,希望能容易地从原始图像中云区内获取信息,如图 2 所示。

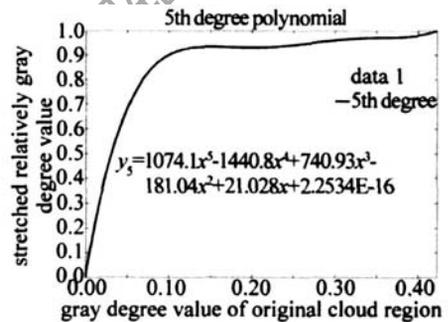


Fig 2 The stretched curve in [0, 0.423]

2 编制程序

在 MATLAB 中,编制程序“Jiang_quyun m”。先按 5 次多项式非线性样条曲线对原始图像进行去云运算,得到如图 3a所示的去云图像,乌云被除去了,在云

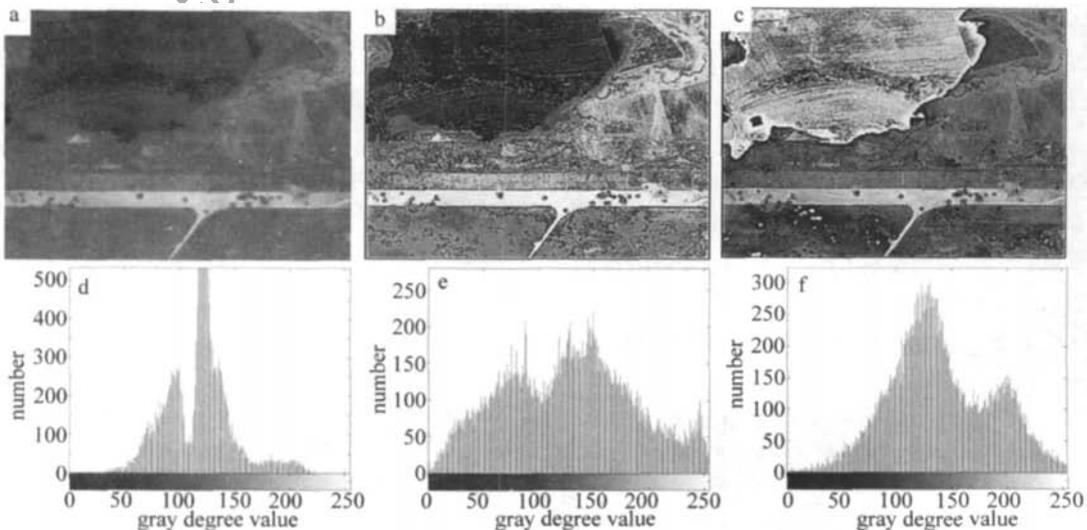


Fig 3 Enhanced images and theirs histograms

a—eliminated cloud b—sharpen c—stretched d—histogram of Fig 3a e—histogram of Fig 3b f—histogram of Fig 3c

区域中露出了河流状的地形,而且西边河面窄,东边河面宽,流水中出现了湍流,水流起伏最大。在原始图像右上方处,显现 3 条锐边的遮盖物看不出是菱形还是什么形状,去云后可以清楚地看到一个梯形状的遮盖物。

在此基础上,程序中采用 1 个 3×3 的高通滤波器,语句是“ $h = \text{fspecial}('unsharp');$ ”,滤波器是 $h = [-0.16667 \ -0.66667 \ -0.16667; \ -0.66667 \ 4 \ 3333 \ -0.66667; \ -0.16667 \ -0.66667 \ -0.16667]$ 。

对去云后的图像进行尖锐化处理,得到的图像如图 3b 所示。云区域中的河流状地形与梯形状的遮盖物更为清晰,从亮度与对比度乘积^[3]计算值来看,尖锐化前为 3470.9,尖锐化后为 4905.5,可见尖锐后图像得到了加强,就是云边界也得到了加强。

3 讨论

图 1a 由于乌云笼罩,有 1/4 面积上很难获取到信息,图像增强的目的是,想尽办法获取在云区域图像中的信息。前面做的工作是为了尽可能保持有云区域和无云区域边缘上亮度的连续性,来突出云区域中的信息。由于原始图像中,下方的道路是白的,亮度高,而上方偏暗,又要求云区域的亮度不能超过其边缘的亮度值,因此不能将云区域的图像淋漓尽致地表现出来。

作为讨论,就抛开云区域与边界的连续性,对云区域的图像进行拉伸^[4],得到亮度与对比度乘积为 11 893,如图 3c 所示。当第 1 次见到这幅图时,作者豁然开朗,原来在云区域中隐藏着丰富的信息!不再是什么河流状地形,从西向东由窄变宽,而恰恰乌云笼罩的区域中是一个巨大的水坝,水从西面向东面喷流,在图像的左上方明显地可以看出是直角竖直的墙体。

图 3a、图 3b、图 3c 相应的直方图如图 3d、图 3e、图 3f 所示。

4 结论

在遥感图像中,由于云的存在和高大建筑物的阻

挡,本来清晰或者较清晰的图像,使得在阴影区域不容易得到应有的信息。针对信息量有限的图像,想方设法获取应有的信息,这是图像增强技术的永恒的追求。采用非线性拉伸、高通滤波、阴影区域直方图拉伸等方法组合起来使用,能达到意想不到的效果。从本文中的实验结果来看,从云覆盖区域中很容易从墙体、水流来分辨判断出原始图像中云区域中是一个水坝。值得一提的是,非线性样条曲线的高次多项式表示,可以将 PHOTOSHOP、V IS D、MA TLAB 等软件组合起来使用,增强后的图像^[5~10]亮度和对比度乘积达到文献 [3] 中的要求。

参 考 文 献

- [1] HUANG F, ZHOU X, ZHOU Sh D *et al* Adaptive enhancement of object image influenced by cloud and fog [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2005, 34 (3): 324~327 (in Chinese).
- [2] XIE H M, LIR Y, TAN Y Q *et al* The removing clouds method based on large remote sensing image [J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2006, 42 (1): 42~46 (in Chinese).
- [3] JOHNSON D J, RAHMAN Z, WOODRILL G A. The statistics of visual representation [J]. *SPIE*, 2002, 4736: 25~35.
- [4] CHEN SD, RAMLI A R. Contrast enhancement using recursive mean-separate histogram equalization for scalable brightness preservation [J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2003, 49 (4): 1301~1308.
- [5] CHEN F, ZHAO Zh M, YANG J *et al* Cloud shadow removal in high-resolution remote sensing images [J]. *Computer Engineering & Application*, 2005, 41 (35): 180~182 (in Chinese).
- [6] XIAO Zh J, HUANG J J. Shadow eliminating using edge-fuzzied-retinex in urban colored aerial image [J]. *Chinese Journal of Stereology and Image Analysis*, 2004, 9 (2): 95~98 (in Chinese).
- [7] JIANG X F, JIN L, TAO Ch K. New method for image fusing based on MSR and edge extraction [J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2006, 33 (3): 110~113 (in Chinese).
- [8] RUAN Q Q. *Digital image processing* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2001: 200 (in Chinese).
- [9] YIH Y, LÜB D, JI Y S. Target recognition under different complicated background of cloud [J]. *Laser Technology*, 2004, 28 (2): 133~137 (in Chinese).
- [10] ZHANG Y X, DU J L, GAO F H *et al* Chirp filtering in fractional Fourier domain and its application in digital image processing [J]. *Laser Technology*, 2003, 27 (1): 78~80 (in Chinese).

(上接第 664 页)

参 考 文 献

- [1] HAO D Zh, WU F Q. Measurement of phase retardation of waveplate using beam splitting and differential method [J]. *Laser Technology*, 2005, 29 (1): 80~81 (in Chinese).
- [2] YU Ch R. Determination of the phase delay angle of a wave plate with a quarter waveplate [J]. *Laser Technology*, 2003, 27 (4): 383~384 (in Chinese).
- [3] YAN M, GAO Zh Sh. The simple method research for measuring the phase retardation of waveplates [J]. *Laser Technology*, 2005, 29 (3): 233~235 (in Chinese).
- [4] YAN M, GAO Zh Sh. Phase shifting method for measuring the phase retardation of wave plates [J]. *Journal of Optoelectronics · Laser*, 2005, 16 (2): 183~187 (in Chinese).
- [5] XUE Q W, LI G H. Half-shade method for measuring the phase retardation of quarter-wave plate [J]. *Journal of Optoelectronics · Laser*, 1998, 9 (2): 150~151 (in Chinese).
- [6] ZHAO Q L, WU F Q. Optical phase retardation measurement by normalized polarizing modulation [J]. *Acta Optica Sinica*, 2002, 22 (3): 360~362 (in Chinese).
- [7] FAN Sh H, SONG L K, PENG H D *et al* Two-dimensional measurement for optical phase retardation [J]. *Laser Journal*, 2003, 24 (1): 12~14 (in Chinese).
- [8] YUN M J, LI G H. Phase retardation measurement with $\lambda/4$ waveplate [J]. *Laser technology*, 2001, 25 (5): 328~330 (in Chinese).
- [9] SU M K, SUN M Sh. Phase retardation measurement for waveplates with a beam-splitting prism [J]. *Laser Journal*, 1999, 20 (6): 16~17 (in Chinese).
- [10] WEI G H. *Matrix optic* [M]. 2nd ed, Beijing: China Machine Press, 1995. 156~170 (in Chinese).