

文章编号:1002-2082(2007)06-0698-04

# 彩色遥感图像去薄云新方法

朱锡芳<sup>1,2</sup>, 江兴方<sup>1,3</sup>, 李峰<sup>3</sup>, 陶纯堪<sup>1</sup>

(1. 南京理工大学 电光学院, 江苏 南京 210094; 2. 常州工学院 电子信息与电气工程系, 江苏 常州 213002; 3. 江苏工业学院 信息科学系, 江苏 常州 213164)

**摘要:** 提出一种基于改进型多尺度Retinex彩色图像的增强方法,以实现彩色遥感图像去薄云的新方法。采用改进型Retinex算法增强后的图像突出了黑暗区域的信息,但是云在遥感图像中出现在较亮区域时,一般来讲Retinex不能直接实现去云。如果将有云的遥感图像取补色,则原来亮的区域就变成了暗的区域。该文利用改进后的多尺度Retinex算法对这个区域实现增强,将黑暗的区域呈现出层次感,再将增强后的图像取补色,突出了原图像中亮区域的层次感,从而达到去除薄云的目的。实验结果表明:该方法去薄云效果良好。

**关键词:** 信息光学; Retinex; 薄云; 遥感图像

中图分类号: O438

文献标志码: A

## Removing thin cloud in color remote sensing images

ZHU Xi-fang<sup>1,2</sup>, JIANG Xing-fang<sup>1,3</sup>, LI Feng<sup>3</sup>, TAO Chun-kan<sup>1</sup>

(1. School of Electronic Engineering & Optoelectronic Technology, NUST, Nanjing 210094, China;

2. School of Electronic information and Electric Engineering,

Changzhou Institute of Technology, Changzhou 213002, China; 3. Department of Information Science, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China)

**Abstract:** A novel thin cloud removal method based on advanced multiscale Retinex algorithm is suggested for color remote sensing image. Typically, the image enhanced by multiscale Retinex algorithm can provide the information in the shadow area, but the cloud in remote sensing image can not be removed directly by Retinex algorithm if it is in the bright region. This new method uses two complementary color operations between which the advanced multiscale Retinex algorithm is applied. The experimental result shows that the new method can remove the thin cloud in the image effectively and provide adequate information.

**Key words:** information optics; Reinex; thin cloud; remote sensing

## 引言

随着成像技术的不断发展,彩色遥感图像获取的渠道越来越多。由于在成像的区域中存在云的影响,从遥感图像中无法获取有云区域中的信息,因此在遥感图像中的去云技术成为图像增强领域很重要的一个分支。为了突出在遥感图像中云区域中的信息,抑制不需要的信息<sup>[1]</sup>,常见的去薄云的方法有: 1) 多光谱图像法; 2) 多幅图像插值法;

3) 数据融合法; 4) 同态滤波法。对于一幅遥感图像是某一地区某一特定时间的单波段图像,前3种方法不适合去除薄云。第4种同态滤波法从本质上说,通过取对数和傅里叶变换后<sup>[2]</sup>,相乘的运算变成相加的运算,再用高通滤波的方法,提取高频成分,抑制低频的成分,因此同态滤波法常用于黑白遥感图像中去除低频部分的薄云,但对于彩色遥感图像去除薄云则需要选用新的方法。与同态滤波法

的本质一样,Retinex 图像增强方法是在原始图像中减去平滑的部分,这部分是由原始图像与高斯函数进行卷积运算后产生的。多尺度Retinex 图像增强方法,综合了小尺度Retinex 突出图像细节和大尺度Retinex 呈现色彩等优点,但Retinex 算法的优点是突出遥感图像中暗区域的信息,譬如有乌云和浓烟区域的遥感图像,特别有效。能否利用多尺度Retinex 算法增强有云噪声的彩色遥感图像呢?本文对此进行了分析。

1 改进型多尺度 Retinex 算法

1963 年12月,E. land 首次提出了Retinex 思想,经过 McCann, Jobson, Rahman, Woodell 和 Cooper 等人的研究,将其定型成中心包围的形式<sup>[3-6]</sup>,即

$$R_l(i, j) = \lg I_l(i, j) - \lg [F_k(i, j) * I_l(i, j)]$$
$$l = 1, 2, 3$$

式中 $l = 1, 2, 3$  分别表示红、绿、蓝3个通道; $I_l(i, j)$  为每个像素的亮度值;\*表示卷积; $F_k(i, j)$ 表示中心/包围函数,则

$$F_k(i, j) = A \exp \left\{ \frac{i^2 + j^2}{2\sigma_k^2} \right\}$$

对于单尺度Retinex 来说,用较小的 $\sigma$ 进行图像增强可突出图像的细节,用较大的 $\sigma$ 进行图像增强,处理结果呈现出原图像的色调,因此采用多尺度Retinex 既可突出图像的细节,又可呈现图像的色调。

文献<sup>[5]</sup>研究了改进型多尺度Retinex 算法,其采用图像亮度平均值附近1倍标准差截取灰度值后进行拉伸的方法,得到的结果好于以2倍、3倍标准差截取后进行拉伸的方法。

2 去除薄云新方法

由于薄云的存在,遥感图像在有云的区域显得较亮,如果采用多尺度Retinex 算法,只能对图像中暗的区域进行加强,特别是用多尺度Retinex 图像增强后,在图像亮度平均值附近以1倍标准差截取灰度值后进行拉伸,使图像变亮了,因此亮的区域会更亮,无法实现去除薄云。

如何既使用多尺度Retinex 算法,又能突出薄云区域的信息呢?其实原理还是很简单的,既然薄云在遥感图像中是亮的部分,如果将图像取反色,即对彩色图像取补色,则原始图像中亮的区域就变成了暗的区域,再采用改进型多尺度Retinex 算法

增强图像,就可突出黑暗区域中的信息;最后,再将增强后的图像取补色。从理论上讲,这样就能使原始图像中亮区域即有云区域得到增强。

值得注意的是,在使用Retinex 进行图像增强时,为了突出黑暗区域的信息,必须将图像加亮。采用改进型多尺度Retinex 算法图像增强后,在图像亮度平均值附近以1倍标准差截取灰度值后进行拉伸,其效果比以2倍、3倍或更高倍标准差截取后进行拉伸的效果好。但是与增强黑暗区域图像的过程正好相反,要增强亮区域的信息,必须降低图像总体亮度(好比是除去照明光源后,整个图像会变暗一样)。这样一来,与文献<sup>[7]</sup>得到的“采用多尺度Retinex 图像增强后,在图像亮度平均值附近以1倍标准差截取灰度值后进行拉伸的方法,比以2倍、3倍或更高倍标准差截取后进行拉伸的效果好”结论不一样。

3 实验结果

遥感图片原始图如图1所示。在图1的下半部分由于云的存在,分辨不出云区域中的信息。从整个图像来说很清晰;从有云的区域来说,可以看出云有厚有薄,并且边缘处较薄。

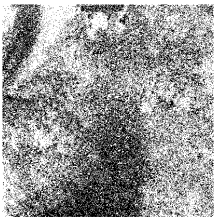


图1 彩色原始图

Fig. 1 Original image

实验方案是首先将原始图像取补色,得到的图像如图2所示。图中云区域显示灰黑色,在原始图中飞机两侧处是黑的,在图2中呈现出白色。

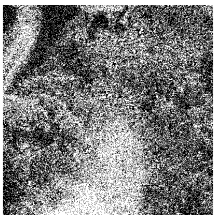


图2 取补色后的图像

Fig. 2 Result after color inverse

采用文献<sup>[7]</sup>中提出的改进型多尺度Retinex

算法,将图像增强后,分别采用亮度平均值附近  $k$  倍标准差截取灰度值,截取后进行拉伸。实验中取  $k=1, k=2, k=3, k=5$  和先  $k=3$ ,再  $k=5$ ;先  $k=5$ ,再  $k=3$ ;2次  $k=5$  等进行了多次试验。

最后,对改进型多尺度 Retinex 算法增强后的补色图像,再次取补色,处理结果如图3。图3还给出同态滤波结果,以作比较。

文献[8]给出了采用图像的亮度与对比度乘积

来判断图像质量的方法。对于  $M \times N$  的图像  $g(i, j), i=1, 2, \dots, M; j=1, 2, \dots, N$ , 亮度  $b$  和对比度  $c$  的定义为

$$b=\frac{\sum_{j=1}^N\sum_{i=1}^Mg(i,j)}{M\times N},c=\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N\sum_{i=1}^M(g(i,j)-b)^2}{M\times N}}$$

表1列出彩色遥感图像采取各种截取方式得到的图像与原始图像的数值比较。

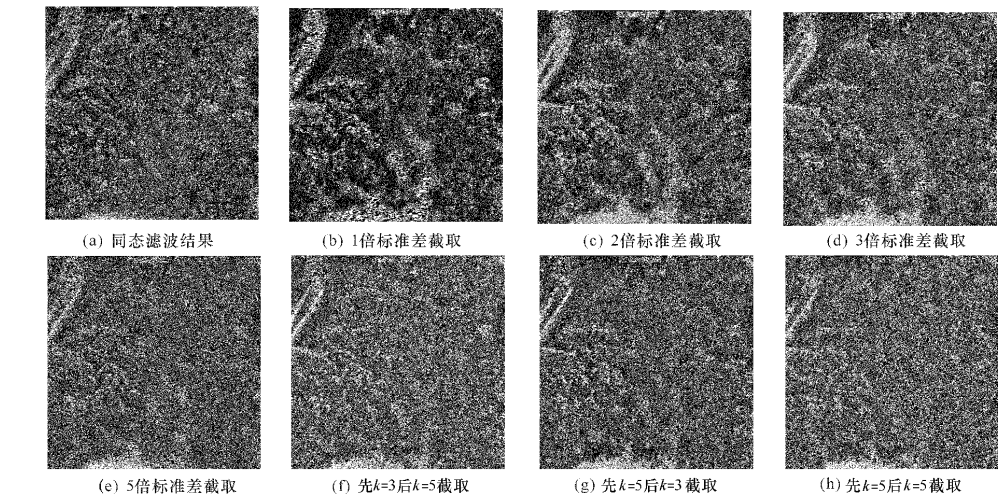


图3 彩色原始图与去云图比较

Fig. 3 Images after removing cloud with different times of enhancement

表1 原始图与不同截取法去云图的亮度、亮度与对比度乘积的比较

| Table 1      | Comparison between luminance and products of luminance and contrast of original images and result images |       |       |       |       |            |            |        |       |
|--------------|--|-------|-------|-------|-------|------------|------------|--------|-------|
|              | 原始图  | 1 倍   | 2 倍   | 3 倍   | 5 倍   | 先 3 倍后 5 倍 | 先 5 倍后 3 倍 | 先后 5 倍 | 同态滤波  |
| $b$          | 100.7  | 65.77 | 89.57 | 100.5 | 110.3 | 107.4      | 96.42      | 107.4  | 82.40 |
| $c$          | 60.86  | 33.81 | 36.95 | 29.86 | 21.23 | 21.42      | 25.80      | 19.41  | 31.29 |
| $b \times c$ | 6 130  | 2 947 | 3 310 | 3 001 | 2 341 | 2 301      | 2 487      | 2 085  | 2 578 |

#### 4 结论

从图3可以看出,原图亮度和对比度大,同态滤波后在有云的区域中剩余的云区对比度也最大。从图3(b)至图3(d)可以看出,图像亮度降低,对比度下降,图像趋于平滑,但云区域中剩余的云区越来越小。从失真度来看,同态滤波结果失真比较严重,从图3(b)到图3(d)可看出,图像越来越平滑,能分辨云区中的树叶。

从表1中不难发现,本文方法以及同态滤波去除薄云后的图像总体变暗,对比度下降,图像质量下降,但是云的影响的确减少了。本文方法中去云

最多的是2次都以  $k=5$  倍标准差截取得到的结果,从表1中可看出,亮度与对比度的乘积为最低,仅2 085。从主观判断来看,以  $k=2, k=3$  倍标准差截取图像增强后的效果最佳,从表1中反映出来是亮度和对比度乘积都超过3 000,其中  $k=3$  倍标准差截取增强后的图像亮度较高,为100.5。以  $k=3, k=5$  和先  $k=3$  后  $k=5$  倍标准差截取增强后的图像亮度最高。相比之下,以  $k=3$  倍标准差截取增强后的图像亮度与对比度的乘积为最高达3 001,故彩色遥感图像以3倍标准差截取灰度值后拉伸的效果最佳。

## 参考文献:

- [1] 鲍乐群,付毓生,黄顺吉. 光学图像与雷达图像的数据融合研究[J]. 应用光学, 2003,24(3):29-31.  
BAO Le-qun, FU Yu-sheng, HUANG Shun-ji. Data fusion of optical image and radar image [J]. Journal of Applied Optics, 2003, 24(3): 29-31. (in Chinese)
- [2] 姚红玉,刘粤钳. 分数傅里叶变换滤波优化算法及滤波器设计[J]. 应用光学, 2006,27(5):369-375.  
YAO Hong-yu, LIU Yue-qian. Optimization algorithm and design of FrFT filter [J]. Journal of Applied Optics, 2006, 27(5): 369-375. (in Chinese)
- [3] RAHMAN Z, JOBSON D J, WOODSELL G A. Retinex processing for automatic image engan-cement [J]. Journal of Electronic Imaging, 2004, 13(1):100-110.
- [4] RAHMAN Z, JOBSON D J, WOODSELL G A, et al. Impact of multi-scale retinex computation on performance of segmentation algorithms [J]. SPIE, 2004, 5438:171-182.
- [5] COOPER T J, BAQAI F A. Analysis and extensions of the frankle-McCaan retinex algorithm [J]. Journal of Electronic Imaging, 2004, 13(1):85-92.
- [6] MORONEY N, TASTL I. Comparison of retinex and iCAM for scene rendering [J]. Journal of Electronic Imaging, 2004, 13(1):139-145.
- [7] 江兴方,陶纯堪. Retinex 彩色图像增强理论的物理思考及其截断区间对图像质量的影响[J]. 光学技术, 2007,33(1):127-129.  
JIANG Xing-fang, TAO Chun-kan. Physical idea of the retinex theory in color image enhancement and the influence of image quality in different intercepted region of image intensity [J]. Optical Technique, 2007, 33(1):127-129. (in Chinese)
- [8] JOBSON D J, RAHMAN Z, WOODSELL G A. The statistics of visual representation [J]. SPIE, 2002, 4736:25-35.