

文章编号:1005-0523(2011)02-0074-06

基于最佳指数因子的自适应权值图像融合

叶云青¹,王长征¹,周日贵²

(1.华东交通大学软件学院,江西 南昌 330013; 2.华东交通大学信息工程学院,江西 南昌 330013)

摘要:依据现有的多波段遥感影像的融合方法和多波段图像融合效果的客观评价准则,提出了基于最佳指数因子的自适应权值图像融合算法。最后,结合互联网卫星数据,给出了实验结果。结果表明,该方法为研究人员提供一个较佳的融合后影像。

关键词:多波段遥感影像;图像融合;最佳指数因子

中图分类号:TP301.6;TP312

文献标识码:A

对遥感影像的显示和分析,通常被称为科学可视化。科学可视化与表达图表之间的差异在于后者主要侧重于传达已经被理解的信息和结果,而在科学可视化的过程当中,科学家试图理解数据并获取知识^[1]。

遥感数据经过拷贝后一般存放在大容量的存储设备中(如:硬盘或光盘),读取数字遥感数据,经过数字图像处理(如,空间域及频率域图像处理)后将其传输到影像处理器的帧缓冲存储器中,也就是显示内存的集合。最后再通过显卡等硬件来实现显示。

多波段图像融合^[2]是将获取的某一场景的不同波段的遥感图像数据进行空间配准,在此基础上将各图像数据所含的优势信息进行相互补充,并有机结合起来产生新的、信息含量更大的图像的综合分析技术。图像融合是信息融合的重要分支和研究热点,已广泛应用在机器视觉、医疗诊断、军事遥感等领域^[3-4]。在遥感领域,大量遥感图像的融合为更方便、更全面地认识环境和自然资源提供了可能^[5-6],其成果广泛应用于大地测绘、植被分类与农作物生长势态评估、天气预报、自然灾害检测等方面。

论文对像素级影像融合的一般方法进行了介绍,研究了图像融合效果的客观评价准则,提出了基于最佳指数因子的自适应权值图像融合算法,并给出了实验结果。

1 像素级多波段遥感影像融合的一般方法

现在的成像模式有很多种,其中使用了许多种可以采集不同类型图像/视频的传感器,如可见光传感器(CCD, CMOS)、红外传感器、深度传感器、层析成像(CT)、核磁共振成像(MRI)、合成孔径雷达(SAR)及毫米波雷达传感器(MMWR)等。根据信息表征层次的不同,多传感器信息融合可分为数据级融合、特征级融合和决策级融合。因此,有的学者将图像融合也分为3类:像素级融合、特征级融合和判决级融合^[7-8]。像素级图像融合指的是直接对各幅图像的像素点进行信息综合的过程。

1.1 影像融合的一般步骤

为实现图像融合,需要使用多种图像技术来完成以下3个步骤:

1) 图像预处理。对图像的预处理包括图像归一化、图像滤波、图像增强等。

2) 图像配准。是要将各幅参与融合的图像进行空间配准,图像融合对配准精度要求非常的高,如果空间误差超过一个像素,则融合的结果会出现重影,影响融合的质量。

收稿日期:2011-02-16

基金项目:2009年江西省高校省级教改项目(JXJG-09-5-36)

作者简介:叶云青(1981—),女,助教,硕士,研究方向为多媒体技术、计算机图形学。

3) 图像融合。经过预处理和配准,就可以对所得到的图像进行信息方面的融合。

1.2 像素级影像R,G,B三通道加权融合方法

在进行像素级别的图像融合的过程中,有许多种算法可以采用,在此着重介绍基于三通道的R,G,B加权融合法^[9-10]。

加权融合法是一种比较简单直观的方法,具体的步骤如下:

1) 在 $f_k(x, y)$ 中选择相应的区域,其中: $f_k(x, y)$ 代表原始图像;

2) 对该区域的各波段图像通过坐标定位;

3) 选择对应同一区域的 $f_i(x, y)$ 及 $f_m(x, y)$, 并将其与 $f_i(x, y)$ 配准,其中: $f_i(x, y)$ 代表一个波段的图像, $f_m(x, y)$ 代表另一个波段的图像;

4) 按式(1)进行代数运算以得到加权的融合图像

$$g(x, y) = w_{s1}f_{s1}(x, y) + w_{s2}f_{s2}(x, y) + w_t f_t(x, y) \tag{1}$$

式中: $g(x, y)$ 代表融合后的影像; w_{s1}, w_{s2}, w_t 分别代表各波段影像的权值(权值的大小可在[0,0,0]至[255, 255, 255]区间选择)。其中的“+”表示的是一个连接运算,按位分别连接到R,G,B三个通道。

该方法在不影响原始图像的分辨率的情况下,提供了一种有效的融合手段,在此提出的基于最佳指数因子的自适应权值多波段遥感图像融合算法就是基于该算法的一种改进。在保证图像分辨率的情况下提供了较有效的融合及观测手段。

1.3 像素级影像加权融合方法的例子

按照前面介绍的加权平均融合方法,以某地区的互联网卫星图像的1,2,3波段影像为数据。

1) 在原始遥感图像中选择相应的区域,如图1所示;

2) 对该区域的各波段图像通过坐标定位;

3) 选择对应同一区域的其他两个波段,并将其与原始图配准,结果如图2所示;

4) 按式(1)进行代数运算以得到加权的融合图像,融合后的效果如图3。

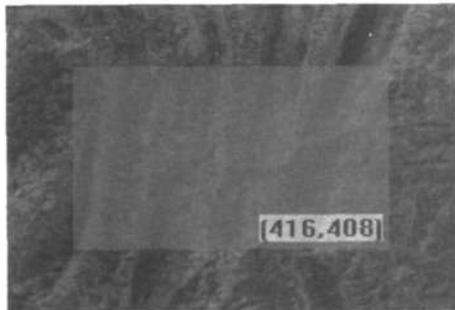


图1 在原始遥感图中选择任意区域
Fig.1 Choosing any area in original remote sensing image

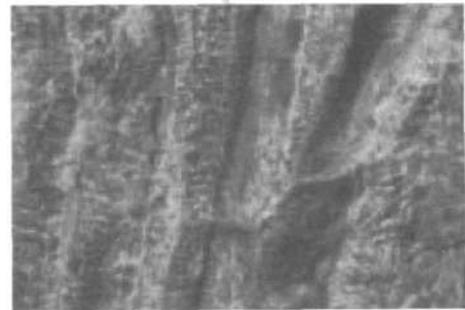
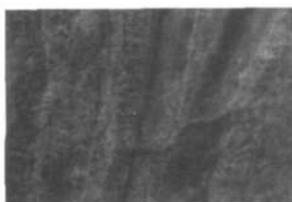
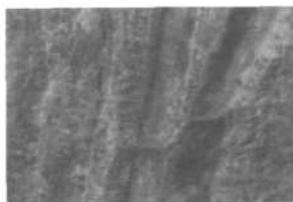


图3 加权融合后的影像(未经图像增强)
Fig.3 Image after weighting fusion (without image enhancement)



(a)



(b)



(c)

图2 配准后得到三个波段的遥感图像(未经图像增强)
Fig.2 Remote sensing image of three bands after registration (without image enhancement)

2 图像融合过程中所遇到的问题

虽然,基于三通道的R,G,B加权融合法可以有效的融合多波段的影像数据,达到一个信息叠加的目的,但在这个融合的过程中还需要考虑一些因素。

1) 加权的过程中,权值的大小如何控制?

在多波段遥感影像的融合过程中,对每个通道的数据如何控制权值,这个权值是否固定为确定的值?自适应的获取权值是一个有效的方法,可以提供一个较佳的融合效果。

2) 对多个不同波段的遥感影像的不同组合是否会对最终的融合效果有影响?

遥感图像通常都提供多个波段的影像,供用户分析。对于这些多波段的遥感影像,如何从中选择合适的波段来进行融合,不同的波段组合融合的效果是否相同?事实证明不同的波段组合,不同的组合顺序,都会影响最后的融合效果。

3) 如何衡量融合的效果?

既然,不同的波段组合,不同的组合顺序,都会导致最后的融合效果不同,那是否有方法来衡量融合的效果呢?权值的改变,也会影像融合效果。这就需要能够从客观上提供衡量的手段,为波段的选择,及组合提供科学的依据。

3 基于最佳指数因子的自适应权值图像融合算法

基于最佳指数因子的自适应权值融合方法,是针对在进行多波段数据融合的过程当中,所遇到的实际问题,结合统计学的知识,提出的在多波段不同遥感数据的组合中,选择包含信息量最佳的若干组合进行RGB三通道加权融合的方法。该方法基于各个波段组合内及组合间的总方差与相关性的数量特征。

3.1 自适应加权融合

对选择的3个波段组合,按加权的方式融合到3个R,G,B通道去,形成真彩色的图像。权值的大小设定为[0,0,0]至[255,255,255],可以通过计算最佳指数因子的方式,获取最佳权值组合。权值的大小改变,会影响最终的客观评价,也就是文章后面介绍的最佳指数因子。通过枚举的方式,可以获取最佳的权值组合(即当前组合的最佳指数因子最大)。

3.2 最佳指数因子

计算任意3个波段影像集的OIF(optimum index factor,最佳指数因子)公式如式(2)。这种方法可以应用于任何多光谱遥感影像集,具有最大OIF的3个波段遥感影像,包含了最为有价值的信息,在影像融合阶段,可以依据该参数,在多种组合中选择最佳的组合,供研究分析使用。该因子为衡量多波段的遥感影像融合效果提供了一个客观依据。

$$OIF = \frac{\sum_{k=1}^3 S_k}{\sum_{j=1}^3 Abs(r_j)} \quad (2)$$

式中: S_k 为第 k 波段的标准差,计算公式如(3); r_j 为待评估的3个波段中任意两个波段间的相关系数的绝对值; Abs 为数学函数,取绝对值,计算公式如(4)。

$$S_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (BV_{ik} - \mu_k)^2}{(n-1)}}, \mu_k = \frac{\sum_{i=1}^n BV_{ik}}{n} \quad (3)$$

$$r_{kl} = \frac{cov_{kl}}{S_k S_l}, cov_{kl} = \frac{SP_{kl}}{n-1}, SP_{kl} = \sum_{i=1}^n (BV_{ik} - \mu_k)(BV_{il} - \mu_l) \quad (4)$$

上述公式中, BV_{ik} 为第 k 波段第 i 个像元的亮度值; μ_k 为第 k 波段的均值; SP_{kl} 为任意两波段的离均差乘积

和; cov_{kl} 为任意两波段的协方差。

4 实验结果分析

实验硬件环境:CPU为Pentium IV 2.4 GHz,内存512 M,显卡NVIDIA GeForce4 MX。软件环境:操作系统为Windows XP,开发工具为Visual C++ 2005。

4.1 加权融合值法

实验表明,不同的通道权值,为用户观测融合影像提供不同的显示效果,如图4所示。这里选择图2中配准后的三波段影像,给定权值为:[110, 74, 60] (设定的权值最后要经过归一化),融合后影像的OIF值为7.884 982。

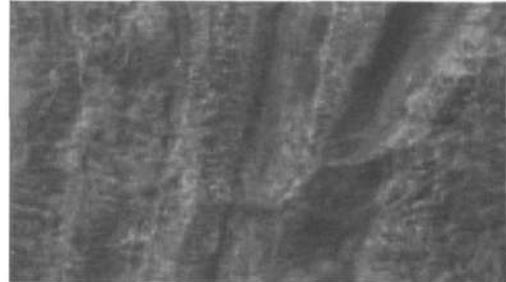


图4 加权融合后效果图
Fig.4 Effect sketch after weighting fusion

4.2 最佳指数因子法

根据图2中,选择的卫星数据中第一、第二、第三波段影像,在融合的过程当中,选择的波段不同,波段的组合顺序不同,其OIF的值也不相同,见表1。从试验结果中可以看出组合(3,2,1)最佳,组合(1,2,3)其次。而OIF值是衡量融合效果的客观数据,以上波段组合的融合效果图如图5所示。

表1 实验结果数据比较
Tab.1 Comparison of experimental results

波段组合/(k,l,m)	试验效果图	OIF	协方差	相关系数
(1,2,3)	图5(a)	7.884 982	72 629 937	3 143
(1,3,2)	图5(b)	5.815 794		
(2,1,3)	图5(c)	4.941 215	72 677 008	2 530
(2,3,1)	图5(d)	4.747 918		
(3,1,2)	图5(e)	6.359 011	49 213 431	2 308
(3,2,1)	图5(f)	8.432 834		

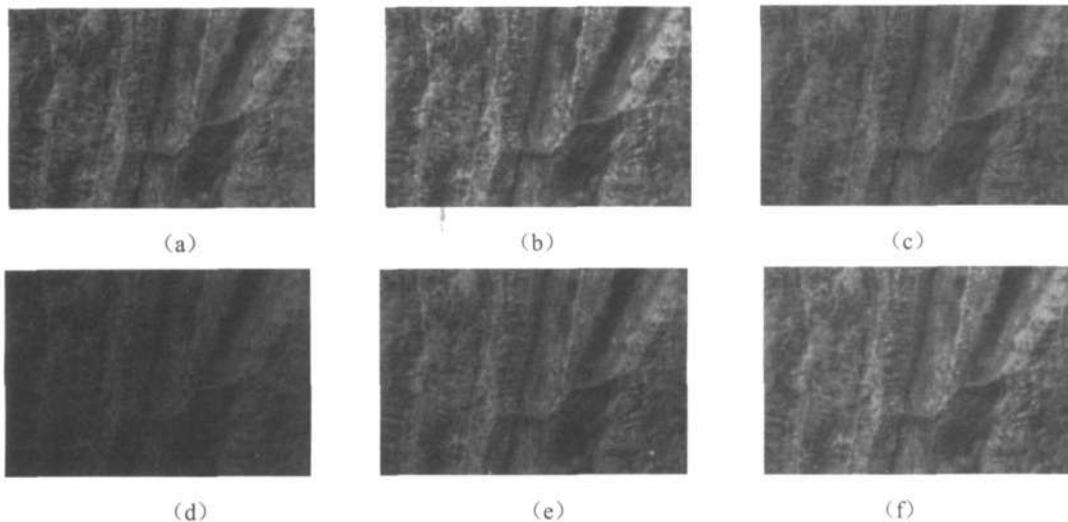


图5 不同波段组合融合效果图
Fig.5 Effect sketch after fusion of different band combination

4.3 基于最佳指数因子的自适应权值图像融合算法

根据前文的实验结果,选择 *OIF* 值最大的组合 (3,2,1),通过枚举的方式,获取最佳的权值组合(即当前组合的最佳指数因子最大)。自适应权值融合效果图如图 6 所示,权值选择为[121, 123, 126],*OIF* 值为 8.568 249。

4.4 实验结果对比

通过表 2 中的实验结果可以看出,在多波段遥感影像的融合过程中,通道的权值,波段的组合,都会影响最后的融合效果。基于最佳指数因子的自适应权值图像融合法是一个有效的方法,可以提供一个较佳的融合效果。

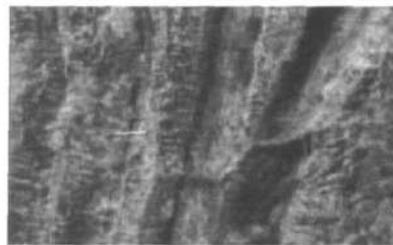


图 6 自适应权值图像融合后效果图
Fig.6 Effect sketch after adaptive weight image fusion

表 2 实验结果对比

Tab.2 Comparison of experimental results

融合方法	波段组合(k, l, m)	权值组合 $[w_1, w_2, w_3]$	<i>OIF</i>
加权融合值法	(1,2,3)	[110,74,60]	7.884 982
最佳指数因子法	(3,2,1)	[110,74,60]	8.432 834
基于最佳指数因子的 自适应权值图像融合算法	(3,2,1)	[121, 123, 126]	8.568 249

5 总结

影像融合在遥感影像的显示和分析过程中起到了重要的作用。以科学的方式探究数据和信息,从而获得对数据内涵的理解,这已经是人们探索空间数据的重要手段。基于最佳指数因子的自适应权值融合方法,结合各个波段不同组合的总方差与相关性的数量特征,选择包含信息量最佳的若干组合进行自适应加权融合以获取较高的 *OIF*,为研究人员提供了一个有效的观测手段。

参考文献:

- [1] 刘先红. 多传感器融合算法研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2006.
- [2] JOHN R J. 遥感数字影像处理导论[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [3] 张丽苏,吴嘉平. 分层分区分景相结合的区域土地利用/覆盖分类方法——以浙江钱塘江流域分类为例[J]. 国土资源遥感,2007,73(3):74-80.
- [4] 张世清,姜庆五,汪天平,等. 遥感技术用于洲滩型血吸虫病流行区钉螺孳生地生态的监测[J]. 中华预防医学杂志,2003,37(5):331-335.
- [5] LIU Q J, TAKEUCHI N. Vegetation inventory of a temperate biospherereserve in China by image fusion of Landsat TM and SPOTHRV[J]. Journal of Forest Research, 2001,6(3):139-146.
- [6] 陈东,李飏,沈振康. SAR 与可见光图像融合算法的研究[J]. 系统工程与电子技术,2000,22(9):5-7.
- [7] 胡江华,柏连发,张保民. 像素级多传感器图像融合技术[J]. 南京理工大学学报,1996,20(5):453-456.
- [8] 张加友,王江安. 红外图像融合[J]. 光电子·激光,2000,11(5):537-539.
- [9] 李军,林宗坚. 基于特征的遥感影像图像融合方法[J]. 中国图像图形学报,2002,2(2):103-107.
- [10] LALLIER E, FAROOQM. Areal time pixel-level based image fusion viaadaptive weight averaging[A]. In: Proceedings of the 3rd Interna-tional Conference on Information Fusion[C]. 2000:9-13.

Self-adaptive Weight Image Fusion Based on Optimum Index Factor

Ye Yunqing¹, Wang Changzheng¹, Zhou Rigui²

(School of Software, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China; 2. School of Information Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: According to the existing methods of remote sensing image fusion and evaluation criteria, self-adaptive weight image fusion based on optimum index factor is proposed in this paper. Finally, combining with internet satellite data, experimental results are given. The results show that this method provides researchers with a better fusion image.

Key words: multi-band remote sensing image; image fusion; optimum index factor

(上接第 54 页)

[6] 黄晓玲,陈光喜. 基于颜色和纹理特征的彩色图像检索方法[J]. 大众科技,2010, 126(2):13-15.

[7] 叶波,陆雪松,张素,等. 基于互信息图像配准中的局部极值问题研究[J]. 计算机工程与应用,2007,43(6):58-61.

[8] 刘斌,彭嘉雄. 图像配准的小波分解方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2003, 15(9):1070-1073.

A Research on Pathological Cell Image Registration Algorithms Based on Color Mutual Information

Liang Qing, Jiang Xiangang, Shen Tao

(School of Basic Sciences, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Aiming at distributing characteristics in a slice of pathological cell image, the system transforms it into the characteristic vector by quantization and clustering in HSV color model, it promotes the concerned isolated pixel color description into the color feature of its neighborhood region color histogram. By choosing appropriate neighborhood window size, it uses color information entropy method to gain efficient primary classification of gastric slice image and the similar retrieval results from the sample library images. Experiments show that this method has a better image classification and retrieval result.

Key words: mutual information; histogram; color moments; information entropy; CBIR; image registration