

基于灰色理论的遥感图像最佳镶嵌线检测

温红艳, 周建中

WEN Hong-yan, ZHOU Jian-zhong

华中科技大学 水电与数字化工程学院, 武汉 430074

College of Hydropower and Information Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China

E-mail: misseli@126.com

WEN Hong-yan, ZHOU Jian-zhong. Optimal seam line detection algorithm of remote sensing image mosaic based on grey system theory. *Computer Engineering and Applications*, 2009, 45(15): 31-33.

Abstract: This paper puts forward a novel algorithm based on grey relational analysis for detecting an optimal seam line in remote sensing image mosaic. First, the algorithm regards pixel neighboring sequence in overlapping area as referential sequence and compared sequence because of the relation of center point and neighboring points, then computes grey relational degree of referential sequence and compared sequence using slope relational degree, finally finds an optimal seam line which is less differences in color and texture between the images. Four sets of experimental results show the seam line detected by slope relational degree is more superior to that detected by normal method and verify the feasibility and validity of the new method.

Key words: image mosaic; seam line; Grey Relational Analysis (GRA); slope relational degree

摘 要: 提出了一种基于灰关联分析的多景遥感影像最佳镶嵌线的检测算法。该算法根据中心像元与周围像元之间的临近像元效应, 在两景影像重叠区域选择中心像元邻域作为参考序列与比较序列, 利用斜率关联度计算两者之间的灰关联度, 据此找到一条影像色调和纹理差异较小的镶嵌线。以四组两景相邻影像自动寻找镶嵌线为例进行了实验研究, 取得了良好效果, 验证了该方法的可行性与有效性。

关键词: 影像镶嵌; 镶嵌线; 灰关联分析; 斜率关联度

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.15.009 **文章编号:** 1002-8331(2009)15-0031-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP751.1

在遥感影像的应用中, 当研究区处于几幅影像的交界处或研究区较大需多幅影像才能覆盖时, 需要把覆盖研究区的相关影像进行拼接和配准, 进而把这些影像镶嵌起来, 便于更好地统一处理、解译、分析和研究。遥感影像的镶嵌是将具有地理参考的若干相邻影像合并成一幅或一组影像, 需要镶嵌的输入影像必须先经过几何校正处理或进行校正标定, 这样镶嵌后影像不会出现明显的几何位置差异^[1]。但是, 地面环境的微小变化, 成像角度的差异可能造成影像色彩、纹理上的差异, 因此在输入图像的重叠区域中寻找一条合理的镶嵌线尤为重要。一条好的镶嵌线可以用来无缝地合成图像和纹理, 使镶嵌线上两输入图像间的色调与纹理误差最小。Davis^[2]利用复杂度很高的 Dijkstra 算法检测最佳镶嵌线; 采用动态规划的思想寻找最佳镶嵌线^[3-5], 其计算复杂度较低, 但动态规划的方法使用人为的栅格结构, 从而使检测到的镶嵌线有可能并不是最优的。对于 Graph out 优化的全局最佳拼接缝方法^[6], 如果不能找到理想的镶嵌线, 拼接结果常存在隙像。方亚玲等^[7]引入对称动态轮廓模型 (Snakes 模型), 通过轮廓线的选取与迭代过程寻找镶嵌线, 该方法结合了图像的底层特征和图像梯度差异的特点, 但初始

轮廓线的选取始终以确定的点开始, 缺乏灵活性。目前, 商业系统的应用软件普遍采用的镶嵌线选取方法有重叠区域平分线法、最小灰度差值法 (适合灰度图像)、梯度差异法、地类边界法。其中, ERDAS 工程软件使用的是重叠区域平分线法。这些方法虽然算法简单, 运算速度较快, 但处理效果并不理想。针对上述算法的不足, 利用 HIS 空间中重叠区域影像的色调和纹理的差异信息确定镶嵌线的位置。

镶嵌或多或少存在色彩和纹理差异的正射影像时, 最佳的镶嵌线在两景影像重叠区域应具有最大的相似性。灰关联分析的基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度判断其联系是否紧密^[8]。提出了基于灰色关联分析理论的遥感图像最佳镶嵌线的自动检测算法, 该算法以输入图像重叠区域像素序列的关联度为基础进行最佳镶嵌线选取。本研究以两景相邻彩色影像为例, 利用灰色关联分析理论自动检测镶嵌线, 取得了良好的效果。

1 灰关联分析理论^[9-11]

灰色系统理论 (grey system theory) 简称灰色理论, 是我国

基金项目: 国家自然科学基金 (the National Natural Science Foundation of China under Grant No.50539140); 国家重点基础研究发展规划 (973) (the National Grand Fundamental Research 973 Program of China under Grant No.2007CB714107)。

作者简介: 温红艳 (1975-), 女, 博士研究生, 主研方向: 遥感图像处理与应用; 周建中 (1959-), 男, 教授, 博士生导师, 主研方向: 系统分析与集成。

收稿日期: 2009-02-16 **修回日期:** 2009-03-20

学者邓聚龙1982年创立的一门新兴边缘学科,主要用来研究小样本、贫信息的不确定性系统,通过对已知信息的综合、开发、建模、计算等提取有价值的信息,实现对系统行为的正确认识和有效控制。

在图像处理中,一般进行分析的图像为 3×3 或 5×5 网格,能进行分析的像素数有限,较适合利用灰色理论进行分析处理。灰色理论问世以来,在图像工程中的应用研究取得了一定的成果。如图像压缩、图像增强、图像分割、边缘检测、图像信息融合等等方。

灰关联分析是灰色理论进行系统分析的重要方法,其实质是根据系统各因素间的内部联系或发展态势的相似程度来度量因素之间的关联程度。通过对参考序列和比较序列曲线间几何形状的分析比较,在比较序列中找出各参考序列曲线形状变化最类似的序列,即认为两条曲线几何形状相似,则关联度较大;反之,则关联度较小。如今已有多种计算灰色关联度的方法,如邓氏关联度、绝对关联度和斜率关联度。其中,绝对关联度和斜率关联度反映的是事物在发展过程中的相对变化速率关联程度。如果参考序列和比较序列在各对应曲线段上的斜率接近,则认为两者有较好的关联;反之两者的关联程度较差。在计算绝对关联度之前需要对序列进行规范化处理,而计算斜率关联度时不需要,相对而言斜率关联度计算简单。因此,利用斜率关联度方法计算参考序列与比较序列的灰关联度。斜率关联度的计算方法如下:

设参考序列 $X_0 = \{X_0(k) | k=1, 2, \dots, n\}$,比较序列 $Y_i = \{Y_i(k) | k=1, 2, \dots, n; i=1, 2, \dots, m\}$ 共 m 个, n 为各序列的长度,记 X_0 和 Y_i 的第 k 项灰色斜率关联系数为 $\xi_{0,i}(k)$,则两序列间的斜率关联度为:

$$\varepsilon_i = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^{n-1} \xi_{0,i}(k) \quad (1)$$

其中:

$$\xi_{0,i}(k) = \frac{1 + \left| \frac{\Delta X_0(k)}{\bar{X}_0} \right|}{1 + \left| \frac{\Delta X_0(k)}{\bar{X}_0} \right| + \left| \frac{\Delta X_0(k)}{\bar{X}_0} - \frac{\Delta Y_i(k)}{\bar{Y}_i} \right|}$$

$$\bar{X}_0 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_0(k)$$

$$\Delta X_0(k) = X_0(k+1) - X_0(k)$$

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_i(k)$$

$$\Delta Y_i(k) = Y_i(k+1) - Y_i(k)$$

2 基于灰色斜率关联度的最优镶嵌线检测

2.1 算法思想

在数字图像中,色彩通常用RGB三个颜色通道来表示。但是RGB空间不适合用于计算图像之间的差异,而在HIS空间中这些差异能够较好的表现出来。因此,在进行镶嵌线选取之前,先将影像转换到HIS空间,这样能得到较好的结果。

空间分析方法的基本构思是由于传感器采集地面物体反射辐射能时不可避免地受到周围环境的影响,反映在影像上就是临近像元效应。

因此,在寻找最优镶嵌线时,在图像上开一个 $m \times n$ 窗口,窗口形状一般设置为奇数正方形,如 3×3 、 5×5 等。窗口在 $m \times n$

的图像重叠区域上逐行扫描,窗口对应两个输入图像的 $m \times n$ 个像元组成两个序列作为参考序列和比较序列。两个序列的斜率关联度大小反应了两个输入图像的 $m \times n$ 邻域的色彩与纹理的差异信息(关联度越大,差异越小;反之,差异越大)。以每行斜率关联度最大的邻域的中心像元作为该行的最佳镶嵌点。

按照上述方法选择镶嵌点,有时会出现上下行镶嵌点位置相差较远的现象,这样镶嵌后有时因上下行之间灰度差异较大造成明显的接缝。为了使上下行之间镶嵌点的位置相差不太远,引入一个阈值 T ,把选择最佳镶嵌点的范围限制在这个阈值内。 T 的值不能选取的太大,应在1~5之间为佳。

2.2 算法描述及实现

最优镶嵌线检测算法的具体步骤如下:

(1)挑选合适的遥感影像CCT,应尽可能选择成像时间和成像条件接近的遥感影像。

(2)利用影像的地理信息自动获取两景图像的重叠区域,并对两景图像色调进行一致性处理,特别是在图像色调差异很大时。

(3)将影像由RGB空间转换到HIS空间。

(4)确定参考序列与比较序列: $m \times n$ 窗口以33为例,则参考序列和比较序列为对应两景图像的 3×3 邻域像元,分别为:

$$X_{i,j} = \{X_{i-1,j-1}, X_{i-1,j}, X_{i-1,j+1}, X_{i,j-1}, X_{i,j}, X_{i,j+1}, X_{i+1,j-1}, X_{i+1,j}, X_{i+1,j+1}\}$$

$$Y_{i,j} = \{Y_{i-1,j-1}, Y_{i-1,j}, Y_{i-1,j+1}, Y_{i,j-1}, Y_{i,j}, Y_{i,j+1}, Y_{i+1,j-1}, Y_{i+1,j}, Y_{i+1,j+1}\}$$

式中 $i=2, \dots, M-1; j=2, \dots, N-1$ 。其中,第一行和最后一行的 $m \times n$ 窗口,可以 1×3 邻域选取参考序列和比较序列,或者仍选用 3×3 邻域,第一行选取前三行,最后一行选取倒数三行作为参考序列与比较序列。

(5)计算参考序列与比较序列的斜率关联度 ε_i 。求出每行斜率关联度最大的点,并确保该点与上一行镶嵌点的位置在5个像素点的范围内。此点即作为该行的最佳镶嵌点。

(6)每行选取的镶嵌点连在一起组成最佳镶嵌线。

在Visual C++6.0环境下,利用斜率关联度法对四组相邻影像寻找镶嵌线,实验结果如图1、2所示(重叠区域红线标出)。

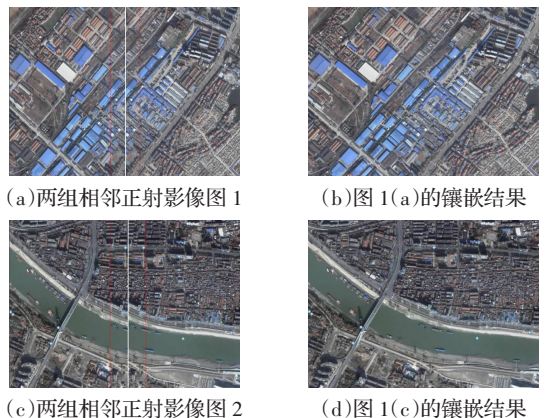


图1 影像重叠区域纹理比较规则

3 实验结果分析

选用了四组相邻影像数据进行镶嵌线的自动寻找,分别是影像重叠区域纹理比较规则与比较杂乱的两类影像。

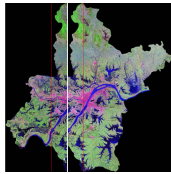
将利用斜率关联度检测到的镶嵌线的光度梯度能量与ERDAS软件使用的重叠区域边界平分法得到的镶嵌线的光度能量进行对比。镶嵌线的光度梯度能量输出较小者,说明沿该镶嵌线两景影像间的色差和纹理差别较小,得到的镶嵌线位置



(a)截取的两组相邻正射影像图 1



(b)图 2(a)的镶嵌结果



(c)截取的两组相邻正射影像图 2



(d)图 2(c)的镶嵌结果

图 2 影像重叠区域纹理比较杂乱

更优。表 1 给出四组相邻影像利用两种方法检测到镶嵌线的能量值对比。

表 1 两种方法检测的镶嵌线光度能量值对比

方法	纹理比较规则		纹理比较杂乱	
	第 1 组	第 2 组	第 1 组	第 2 组
斜率关联度法	270.51	315.06	519.74	508.96
平分线法(EDRAS)	278.69	332.47	727.38	861.11

从表 1 中的数据明显地看出,四组利用斜率关联度法检测到镶嵌线的光度能量都比 ERDAS 软件使用的重叠区域边界平分线法得到的镶嵌线的光度能量值要小,说明本文提出的利用斜率关联度方法检测的图像镶嵌线的位置更优,它能够自动找到一条影像表面色调和纹理差异更小的镶嵌线。同时,从两种方法光度能量的差值来看,后两组重叠区域纹理比较杂乱的光度能量差值比前两组影像重叠区域纹理比较规则的光度能量差值要大,说明在自动检测重叠区域纹理较为杂乱的图像镶嵌线时,斜率关联度法的效果更优。

4 结语

基于灰色关联分析理论自动检测镶嵌线,取得了较满意的

(上接 19 页)

参考文献:

- [1] Benaroch M, Kauffman R. A case for using real options pricing analysis to evaluate information technology project investments[J]. Information Systems Research, 1999, 10(1): 70-87.
- [2] Kim Y J, Sanders G L. Strategic actions in information technology investment based on real option theory[J]. Decision Support Systems, 2002, 33: 1-11.
- [3] 夏志杰, 胡克瑾. 基于组合方法的信息技术项目投资决策研究[J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(1): 102-106.
- [4] 卢向华. 基于战略对应的信息系统项目决策研究[J]. 计算机集成制造系统, 2006, 12(10): 1668-1673.
- [5] Chou Tzy-yuan, Seng-cho T, Gwo-hshung T. Evaluating IT/IS investments: A fuzzy multi-criteria decision model approach[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 173(3): 1026-1046.
- [6] Tüysüz F, Kahraman C. Project risk evaluation using a fuzzy analytic hierarchy process: An application to information technology projects[J]. Inter Journal of Intelligent Systems, 2006, 21(6): 559-584.
- [7] 杨敏. 基于多因素分析的 IT 项目组合选择模型[J]. 管理科学, 2006, 19(2): 55-61.
- [8] Bacon C J. The use of decision criteria in selecting information

成果。实验研究表明,提出的利用斜率关联度法找到的镶嵌线优于利用重叠区域平分线法找到的镶嵌线,并且在影像重叠区域纹理杂乱的情况下效果更优;由于算法处理的是中心像元及其邻域范围内的像元,因此对像元误差的精度要求相对来说要低一些。本文方法的运算速度较平分线法慢,但算法的简单易行与良好的视觉效果,使得该算法更适合应用于商业系统的应用软件。

参考文献:

- [1] 钱乐祥. 遥感数字影像处理与地理特征提取[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [2] Davis J. Mosaics of scenes with moving objects[C]//IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Santa Barnara, 1998: 354-360.
- [3] Marie-Lise D. Building large image mosaics with invisible seam lines[C]//Proceedings of SPIE Aerosense, Orlando, Florida, 1998, 3387: 369-377.
- [4] Efros A, Freeman W. Image quilting for texture synthesis and transfer[C]//Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH 2004, Angeles, California, 2001: 341-346.
- [5] 方贤勇, 潘志庚, 徐丹. 图像拼接的改进算法[J]. 计算机辅助设计与图形学报, 2003, 15(11): 1362-1365.
- [6] Kwatra V, Schodl A, Essa I, et al. Graphcut textures: Image and video synthesis using graph cuts[J]. ACM Trans on Graphics, 2003, 22(3): 277-286.
- [7] 方亚玲, 焦伟利. 利用对称动态轮廓模型自动检测图像最优镶嵌线[J]. 科学技术与工程, 2007, 7(14): 3451-3456.
- [8] 刘思峰, 党耀国, 方志耕. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [9] Deng J L. Control problems of grey system[J]. System and Control Letters, 1982, 1(5): 288-294.
- [10] 邓聚龙. 灰色系统教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1996.
- [11] 马苗, 田红鹏, 张艳宁. 灰色理论在图像工程中的应用研究进展[J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(11): 1943-1951.
- [12] systems technology investements[J]. MIS Quarterly, 1992, 16(3): 335-353.
- [9] Delquie P. Optimal conflict in preference assessment[J]. Management Science, 2003, 49(1): 102-116.
- [10] March J G. A Primer on decision-making[M]. New York: Free Press, 1994.
- [11] Eisenhardt K M. Strategy as strategic decision-making[J]. Sloan Management Review, 1999, 40(3): 65-73.
- [12] Mcaulay L, Doherty N, Keval N. The stakeholder dimension in information systems evaluation[J]. Journal of Information Technology, 2002, 17(4): 241-255.
- [13] Irani Z. Information systems evaluation: Navigating through the problem domain[J]. Information and Management, 2002, 40(1): 11-24.
- [14] Merton R. Theory of rational option pricing[J]. Econom Manage Sci, 1973, 4: 141-183.
- [15] Inuiguchi M, Ramik J. Possibilistic linear programming: A brief review of fuzzy mathematical programming and comparison with stochastic programming in portfolio selection problem[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 111(1): 3-28.
- [16] Weil P, Aral S. Generating premium returns on your IT investment[J]. MIT Sloan Management Review, 2006, 47(2): 39-48.