

南方崩岗区 Pleiades 影像融合评价及自动识别

刘 洁^{1,3}, 廖凯涛^{1,2}, 宋月君^{1,2}, 赖格英³, 郑海金^{1,2}

(1. 江西省水土保持科学研究院, 江西 南昌 330029; 2. 江西省土壤侵蚀与防治重点实验室, 江西 南昌 330029;
3. 江西师范大学地理与环境学院, 江西 南昌 330022)

摘 要: 崩岗是南方红壤地区较为严重的土壤侵蚀类型, 也是威胁区域生态安全的重要因素。利用七种影像融合方法对江西赣县金钩形小流域崩岗群的 Pleiades 卫星全色与多光谱影像进行融合, 对不同方法的融合结果进行定性、定量评价及崩岗自动提取与精度分析。研究表明: 能量分离变换法是一种比较有利南方崩岗侵蚀区 Pleiades 影像进行自动识别分类提取的融合方法。

关键词: Pleiades 影像; 崩岗; 影像融合评价; 崩岗自动识别

中图分类号: S157 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4701 (2020) 03-0235-05

0 引 言

崩岗侵蚀是指山坡土体在水力和重力共同作用下发生崩塌侵蚀的现象^[1], 是我国南方地区危害严重、侵蚀强度最大的侵蚀类型, 通过高分辨率遥感大面积的监测和地面调查相结合的办法可以全面了解崩岗侵蚀现状, 对崩岗侵蚀防治治理有重要意义^[2]。

常用的影像融合方式主要有主成分变换、能量分离变换、Brovey 变换、Gram-Schmidt 光谱锐化融合、NNDiffuse 全色增强变换融合、HPF 高通滤波融合、乘积变换融合、小波变换等^[3]。Pleiades 卫星数据质量高、重返周期短被国内外学者作为数据源应用到土地分类等相关研究^[4], Bangun^[5]等利用 Pleiades 影像、QuickBird 影像对城市绿地进行规划及评价, 获得了较好的城市绿地影像; 董熙等^[6]对 Pleiades 影像融合效果进行分析, HCS 影像融合方法针对北方林地监测提取效果较好。在南方地区特殊的地理环境下识别崩岗侵蚀区域, Pleiades 影像的融合分析并未有相关研究。本文以南方

地区江西省赣县金钩形崩岗区影像为基础, 采用 7 种使用广泛的影像融合技术对 Pleiades 卫星数据进行融合, 对不同方法的融合效果进行评价, 以期挑选出针对南方崩岗侵蚀区监测有较高保真度且有利于崩岗提取的遥感影像融合方法。

1 材料与方法

1.1 研究区介绍

研究区位于江西省赣县金钩形小流域 (N26°17'~26.23', E115°14'~115°20')。赣县地形属于中低山丘陵地区, 是江西省水土流失最严重的县之一, 据 2005 年江西省崩岗调查, 全县现有崩岗 4 138 个, 崩岗面积 1 808.3 万 m²。金钩形小流域是江西省崩岗密度最大、数量最多、类型最全、流失最严重的区域, 具有代表性^[7]。

1.2 影像数据

法国 Pleiades 高分辨率卫星由 2 颗完全相同的卫星 Pleiades-1 和 Pleiades-2 组成, 包括 4 个多光谱 (分

收稿日期: 2020-05-18

项目来源: 国家自然科学基金项目 (41967011); 江西省自然科学基金 (20181BAB203024); 江西省水利厅科技项目 (KT201616, KT201724); 江西省重点研发计划项目 (20171BBG70059)。

作者简介: 刘洁 (1994-), 女, 硕士。

分辨率 2.0m) 和 1 个全色波段(分辨率 0.5m)。本研究采用的数据为 2014 年 11 月 23 日影像, 范围为东经 $115^{\circ}14' \sim 115^{\circ}20'$ 、北纬 $26^{\circ}17' \sim 26^{\circ}23'$ 的江西省赣县金钩形小流域崩岗群的全色和多光谱影像, 面积约 25km^2 , 研究区内主要地物有居民地、林地、水体、水田、崩岗等。

1.3 影像融合方法

对获取的 Pleiades 影像进行预处理, 包括多光谱数据与全色数据的影像配准, 多光谱数据的 FLAASH 大气校正, 控制误差, 确保影像融合质量。

通过参阅文献, 参考已有研究^[8,9], 选择主成分变换、能量分离变换、Brovey 变换、Gram-Schmidt 光谱锐化融合、NNDiffuse 全色增强变换融合、HPF 高通滤波融合及乘积变换融合 7 种影像融合方法对 Pleiades 多光谱数据与全色数据进行融合处理。

1.4 影像融合评价

为了比较不同方法的融合效果, 本文采用定性评价与定量评价相结合的办法。定性评价就是将人作为观察者, 通过常识和自身经验目视对比融合后的影像, 进而进行判断, 是较为直观和简单的一种观察评价方法。定量分析采用均值、标准差、信息熵和相关系数对融合效果进行定量分析。

1.5 基于融合影像的崩岗自动提取

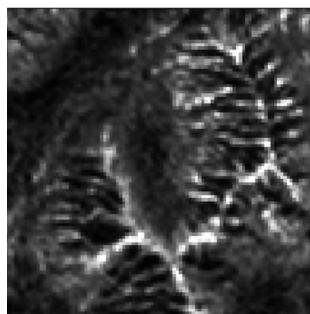
基于融合后的具有高分辨率和光谱信息的影像, 利用崩岗的纹理特征和光谱信息特征, 采用面向对象的方法自动提取崩岗范围, 并于实际崩岗面积进行对比, 比较不同融合算法下崩岗自动识别精度。

2 融合结果与评价

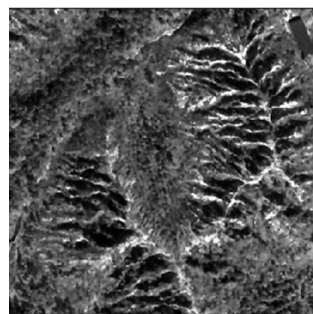
2.1 定性分析

从融合影像配准角度看, 几种融合方法整体匹配程度较好, 经过融合后的多光谱影像, 增加了全色影像的分辨率, 影像精度有显著的提高, 纹理更加清晰, 对于南方丘陵地区居民地、水田分布、道路设计、崩岗识别等研究有较好的效果, 更容易进行目视判读。从颜色保持角度看, Brovey 变换、乘积变换融合方法和主成分变换与原始影像颜色较为接近, 可以较好地保留原始影像的光谱特征; 由于主成分变换法所有参与变换的波段具有共同确定的信息大多数信息集中于第一分量, 融合特征因此加剧了影像的光谱畸变, 在河流、水田和居民地等地, 融合效果较差, 边缘锯齿状明显, 对

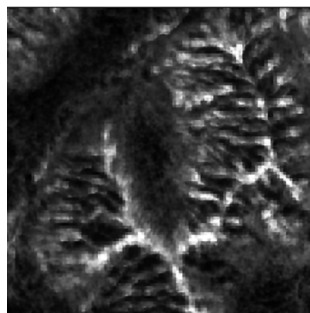
于丘陵林地地区阴影处融合效果较差, 建筑物边缘有扩散, 这与胡洋等研究一致^[10]。能量分离变换、Gram-Schmidt 光谱锐化融合方法对比度和亮度适宜, 影像特征清晰, 空间细节明显, 影像纹理更为突出, 衔接处界限清晰, 有利于区分不同地物, 整体效果较好。



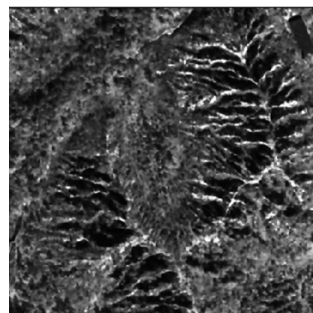
(a) 多光谱影像图



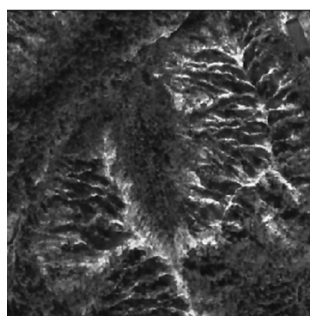
(b) 全色影像数据



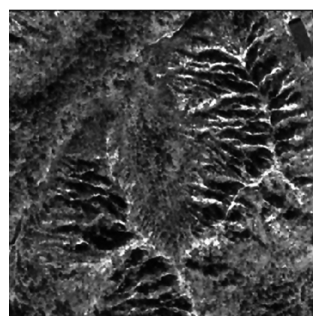
(c) 主成分变换



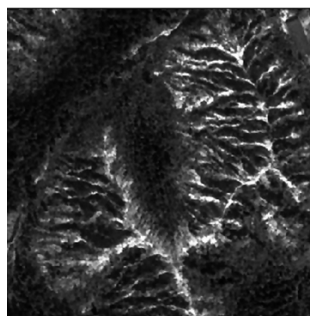
(d) 能量分离变换



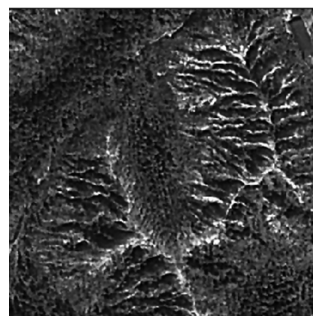
(e) Brovey 变换



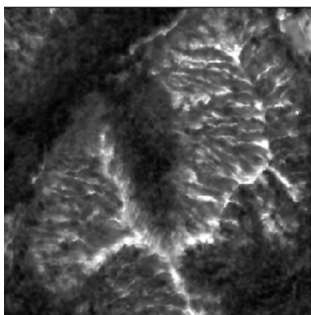
(f) Gram-Schmidt 光谱锐化融合



(g) NNDiffuse 全色增强变换融合



(h) 高通滤波融合



(g) 乘积变换融合

图 1 不同融合方法的结果

表 1 不同融合方法评价质量指标

影像	波段	均值	标准差	信息熵	相关系数
原图	R	513.49	338.26	5.97	1.00
	G	507.47	313.14		1.00
	B	338.25	217.99		1.00
主成分变换	R	517.57	411.03	4.61	0.75
	G	517.98	336.50		0.72
	B	341.97	233.17		0.61
Brovey变换	R	219.17	113.43	4.55	0.76
	G	334.40	172.37		0.66
	B	323.41	187.20		0.83
能量分离变换	R	971.33	563.27	5.11	0.74
	G	1 004.10	517.94		0.75
	B	658.41	340.59		0.69
Gram-Schmidt 光谱锐化融合	R	513.88	372.01	6.08	0.75
	G	507.69	325.65		0.65
	B	338.27	220.79		0.49
NNDiffuse全色 增强变换融合	R	576.84	414.67	4.35	0.58
	G	571.69	331.50		0.61
	B	381.42	229.43		0.62
HPF 高通滤波融合	R	516.96	216.93	4.77	0.75
	G	517.50	341.31		0.66
	B	341.39	385.31		0.59
乘积变换融合	R	116.19	482.51	4.02	0.74
	G	55.21	224.48		0.78
	B	38.96	164.24		0.85

2.2 定量分析

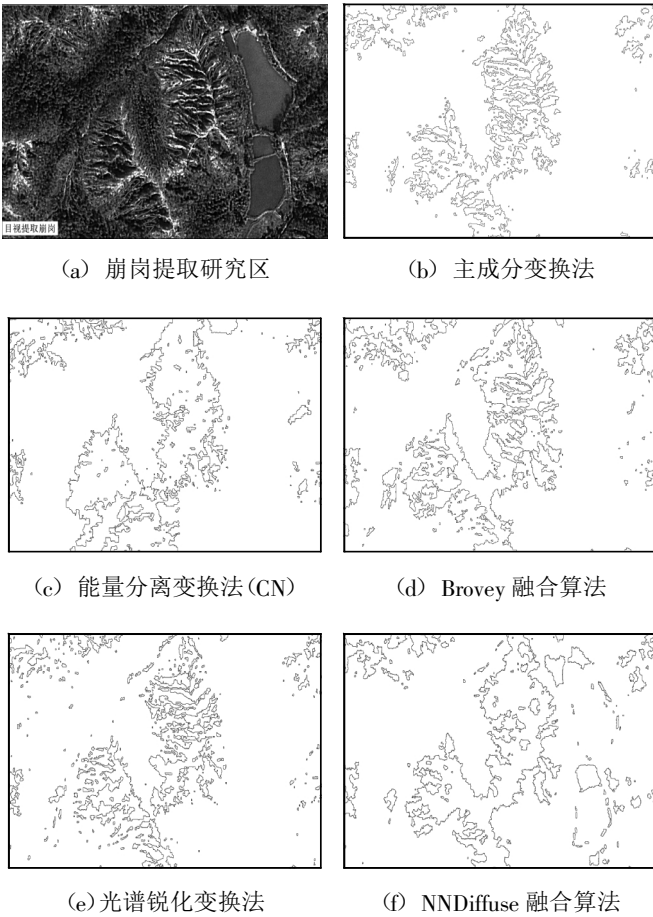
通过定量分析，可以更加客观地评价影像融合效果，从图像均值角度看经过能量分离变换融合方法的灰度平均值较高，人眼反应的平均亮度最佳，影像特征最为明显。

从标准差指标相比，能量分离变换方法数值最大，其次是主成分变换和 NNDiffuse 全色增强变换融合，Brovey 融合方法的标准差值最小，因而能量分离变换方法的灰度值更为离散，图像的反差最大，通过对比增加，可以识别出更多的影像信息。

从信息熵指标可以看出，Gram-Schmidt 光谱锐化融合数值最大，更接近原图信息量，其次是能量分离变换、HPF 高通滤波融合变换。高分辨率乘积变换信息熵较小，所包含的信息量较低。

通过相关系数指标来看，乘积变换融合の数値最高，其次是 Brovey 变换、能量分离变换。较高相关性可以有效保留光谱特征，使光谱特征保存更为丰富，影像质量好。

2.3 融合影像崩岗侵蚀区自动识别



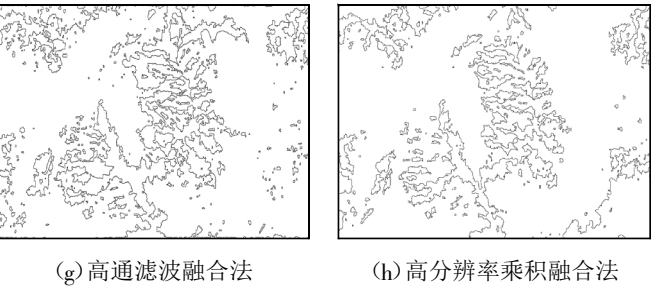


图 2 不同融合算法面向对象崩岗面积提取的结果

表 2 不同融合算法的面向对象分类提取崩岗面积及精度

不同融合算法面向对象分类	崩岗总面积/m ²	比例/%
目视解译	29 165.51	100.00
主成分变换	22 244.40	76.27
能量分离变换	30 793.29	105.58
Brovey 变换	24 039.36	82.42
Gram-Schmidt 光谱锐化融合	15 306.47	52.48
NNDiffuse 全色增强变换融合	25 073.66	85.97
HPF 高通滤波融合	28 615.32	98.11
乘积变换融合	26 008.56	89.18

采用面向对象的识别方法，可以克服传统分类方法中对样本提取所出现的“椒盐”效应，减少“同谱异物”和“同物异谱”的问题^[1]。由于崩岗的发生多在山地林地，目视解译的方法可以较好的提取崩岗范围，结合计算机自动提取可以提高对崩岗范围提取的效率。图 2、表 2 可以看出，HPF 高通滤波融合方法融合后的影像提取崩岗面积结果最为接近目视解译所提取的崩岗面积，面积重合度达到 98.11%，但崩岗提取的边界较为破碎，崩岗发生的位置与目视提取存在差异；能量分离变换融合后的影像提取崩岗面积与目视解译较为接近，与目视解译面积误差为 5.58%，可以整体对影像中崩岗样本进行提取，接近目视解译所提取的崩岗面积，对研究区混合型崩岗的形态提取较好，可以帮助研究人员对崩岗发育形态进行判断，且崩岗边界与林地边界区分清晰，能反映研究区崩岗面积的实际情况。

3 结果与讨论

本文采用主成分变换、能量分离变换、Brovey 变换、Gram-Schmidt 光谱锐化融合、NNDiffuse 全色增强融合变换融合、HPF 高通滤波融合及乘积变换融合七种影像融合方法对 Pleiades 卫星影像进行融合处理。从定性分析及定量分析结果看出，能量分离变换融合方法、Gram-Schmidt 光谱锐化变换方法，可以有效保持光谱保真度并且在均值、标准差、信息熵的客观指标上优于其他算法，二者都最大程度包含了原始影像多光谱信息，融合效果最好。融合后的 Pleiades 卫星空间分辨率为 0.5m，从亚米级分辨率的影像上能够非常容易地提取崩岗数据；通过能量分离融合算法融合后的 Pleiades，能够实现崩岗的自动识别与提取，与人工调查精度差别不大，可以为我国南方红壤丘陵区崩岗动态监测和治理等方面的应用提供一定的参考。

由于我国环境复杂，应以实际需求为主，在不同情况下选择适宜的融合方法。同时，随着国产卫星的空间分辨率不断提高，应进一步加强国产卫星在崩岗提取与动态监测中的应用研究，拓展国产卫星数据的应用领域。

参考文献：

[1] 冯舒悦,文慧,倪世民,等. 南方典型崩岗综合治理模式研究[J]. 中国水土保持,2019(02):18~22.

[2] 廖义善,唐常源,袁再健,等. 南方红壤区崩岗侵蚀及其防治研究进展[J]. 土壤学报,2018,55(06):1297~1312.

[3] 肖昶,余晓敏,韩逸飞. 高分二号卫星影像融合技术研究[J]. 地理空间信息,2018,16(06):13~16+7.

[4] 李欣腾. 基于 QuickBird 遥感影像融合及其对影像分类的影响研究[D]. 南昌:东华理工大学,2018.

[5] Sukojo B M,Nabilah S. Analysis of Accuracy Orthorectification Pleiades and QuickBird Imagery to Creation of Based Map of Detail Spatial Plan for Open Green Space (Case Study: Part of Tuban Urban Area)[J]. IOP Conference Series:Earth and Environmental Science,2018,165(1).

[6] 董熙,李存军,夏朝宗,等. 北京平原造林地 Pleiades 卫星影像融合评价[J]. 林业资源管理,2016(03):128~134.

[7] 王书玲. 江西赣县金钩形小流域崩岗削坡开梯土壤水分特征及肥力研究[D]. 武汉:华中农业大学,2016.

[8] 卢刚,高磊,王彦敏. 高景一号影像多方法融合效果评价分析[J]. 遥感信息,2018,33(06):124~131.

- [9] Sun W H, Chen B, Messinger D W. Nearest -neighbor diffusion -based pan -sharpening algorithm for spectral images [J]. Optical Engineering. 2014, 53 (1): 013107 ~ 013117.
- [10] 胡洋, 习晓环, 王成, 等. Pleiades 卫星影像融合方法与质量评价[J]. 遥感技术与应用, 2014, 29 (03): 476~481.
- [11] 廖凯涛, 习晓环, 王成, 等. 利用资源三号卫星数据提取经济林研究[J]. 地理空间信息, 2016, 14 (05): 106~108+8.

编辑: 张绍付

Comprehensive analysis of PLEIADES fusion for collapsing erosion in south China

LIU Jie^{1,3}, LIAO Kaitao^{1,2}, SONG Yuejun^{1,2}, LAI Geyang³, ZHENG Haijin^{1,2}

(1. Jiangxi Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang 330029, China;

2. Key Laboratory of Soil Erosion and Prevention of Jiangxi Province, Nanchang 330029, China;

3. School of Geographic and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

Abstract: Collapsing erosion is one of the sever land erosion types in southern red soil region as well as a major factor that threaten the regional ecological safety. Through improving remote image resolution to collect the collapsing, the comprehensive management and supervision to the collapsing erosion area will be enhanced. PCA, CN spectrum fusion, Brovey transform, Gram-Schmidt spectrum sharpening, NND diffuse Pan Sharpening, HPF highpass filter transform and the fusion algorithm of multiplicative are used to process the fusion of the Pleiades satellite imagery. Combining qualitative and quantitative method, the fusion results for different methods are analyzed comprehensively through average value, standard error, deviation index, entropy and spectral correlation data. The results demonstrate that CN spectrum fusion can ensure the whole spectrum fidelity. Object-oriented extraction of collapse area is closer to visual decoded area. Therefore, the CN spectrum fusion is a better method for the supervision and classification of the collapsing erosion area for the Pleiades satellite imagery.

Key words: Pleiades; Very high resolution satellite; Image fusion

翻译: 刘洁