

螳螂川流域典型区机械性破损面遥感 信息提取方法研究

杨维¹ 夏既胜¹ 王春² 蒋艳玲¹¹

(1. 云南大学地球科学学院, 云南 昆明 650500;

2. 滁州学院地理信息与旅游学院, 安徽 滁州 239000)

【摘要】: 机械性破损面是指大型机械工程施工后留下的具有纹理特征, 尚未进行植被恢复的裸露面。螳螂川流域受露天采矿、工程建设等影响, 机械性破损面分布密集, 快速准确地提取出其机械性破损面空间分布信息, 对于加强流域内生态环境建设和保护具有重要意义。但目前有效提取机械性破损面的方法较少, 针对此问题, 选择流域内机械性破损面分布密集的典型区为研究对象, 以高分二号卫星遥感影像为数据源, 采用面向对象分类方法, 通过将研究区进行最优尺度分割后, 对研究区的典型地物构建模糊分类规则, 按地物类型分层提取信息, 最终得到研究区地物类型分布图, 实现机械性破损面遥感信息提取。运用基于像素文件(TTAMask)的混淆矩阵方法进行精度评价, 分类总体精度达到 90%, Kappa 系数为 0.78。与其他传统分类方法进行比较, 分类精度明显提高, 说明采用该方法提取机械性破损面具有较好的可行性。研究成果为快速提取该流域及其他类似区域内的机械性破损面提供技术支持, 并为类似研究提供参考。

【关键词】: 螳螂川流域 机械性破损面 面向对象 最优尺度分割 模糊分类

【中图分类号】: TP79 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2021)12-2896-09

机械性破损面是指因大型机械性施工对地表剧烈扰动后形成的地表裸露、土壤结构松懈, 且植被尚未恢复的地块^[1]。随着现代大型工程、露天采矿等项目的开展, 地表形成了大量的破损面, 这些破损面容易造成水土流失、次生地质灾害等生态问题。特别是地形复杂区, 其植被破坏后恢复速度慢, 更易产生系列生态问题。螳螂川是金沙江的重要支流, 流域内地形复杂, 露天采矿场及采石场分布较多, 机械性破损面分布密集。大量的机械性破损面造成流域内山体破损、植被破坏、土壤养分流失、土地资源损失, 以及滑坡、泥石流等地质灾害问题。因此, 通过快速、准确提取流域内的机械性破损面信息, 可为保护螳螂川流域的环境, 促进生态文明建设、保持区域可持续发展等提供数据依据。同时, 探索得出的基于高分二号(GF-2)遥感影像的机械性破损面提取方法, 可为其他地区快速有效提取破损面信息及类似图斑提供参考。

遥感信息提取是一个运用各种方法从遥感影像中提取所需信息或进行特征分类的过程^[2]。目前, 国内外对于类似研究如露天采矿场信息提取的应用相当广泛。Mularz^[3]以某露天煤矿为研究区, 融合 TM 影像与航空图像, 运用基于像元分类法提取煤矿信息; Ferrier 等^[4]使用高光谱遥感技术研究某矿区地面沉降情况及其成因; 盛业华等^[5]基于地面实测辐射温度数据, 运用目视解

作者简介: 杨维(1996~), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为地图学与地理信息系统。E-mail:1062356542@qq.com;夏既胜 E-mail:xiajsh@ynu.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金项目(42061038)

译和等密度分割方法, 通过结合光谱, 形状和纹理特征实现了矿山监测; 彭瑛等^[6]运用目视解译技术, 基于多源遥感数据不同的影像特征, 提取出矿山信息, 为目视解译技术在矿山遥感动态监测研究中的应用提供参考价值; 王立娟等^[7]以高分二号影像为数据源, 根据目标监测提取的多源特征, 使用面向对象的变化监测方法实现对矿山的遥感监测; 袁定波等^[8]基于 TM 数据, 使用面向对象的思路和方法提取出矿区信息; 姜雪^[9]使用分割算法中的多尺度分割技术从矿区中提取土地利用信息; 祝振江^[10]运用面向对象分类技术从辽宁本溪市某露天矿区中提取出矿山遥感信息, 将提取结果与传统分类方法的提取精度进行了比较。这些研究都是基于传统像元或面向对象方法实现了矿区信息的提取和矿山监测, 都未涉及机械性破损面。在提取机械性破损面的相关研究中, 夏既胜等^[11]基于高分辨率遥感影像, 通过构建不同规则的决策树进行面向对象的分类, 并将分类结果进行对比, 得出运用“光谱+纹理”的决策树提取机械性破损面精度最高的结论。本文不同于构建决策树的研究方法, 提出通过运用隶属度函数进行模糊分类, 分层提取机械性破损面的研究思路。

因此, 区别于上述所有研究, 本文采用面向对象分类方法, 对研究区进行最优尺度分割, 根据遥感影像中各地物所显现的纹理、几何、形状等特征, 统计分析各地物的特征值, 利用隶属度函数构建模糊分类规则, 分层次提取出耕地, 林地, 交通用地, 居民地, 机械性破损面和裸地等六类地物, 探索出一种基于 GF-2 遥感影像的机械性破损面提取方法。

1 研究区和数据

1.1 研究区概况

螳螂川流域处于滇黔高原湖盆亚区, 云南省昆明市南部, 自滇池流向西北, 经安宁市、富民县和禄劝县, 于禄劝与东川交界处注入金沙江^[12]。流域大部分地区海拔在 2200~3000m, 最高海拔 4247.7m, 最低海拔 1884.7m, 平均海拔 2000m, 地形复杂, 以山区为主, 属中、低山地貌。区域内资源丰富, 尤其是矿产资源, 有诸多种矿藏。根据相关统计, 流域内有露天采矿 300 余处, 采矿区面积占流域总面积 9%, 采矿业已是主要的经济产业。本文选取的典型区位于螳螂川流域上游的安宁市鸣矣河乡(图 1), 研究区地理坐标为 102° 25' 50" E~102° 26' 35" E, 24° 47' 10" N~24° 47' 40" N, 海拔 1909~2013m。区域内主要用地类型包括耕地, 林地, 建筑用地, 道路, 裸地等。同时, 研究区内分布有大型露天采矿场或采石场, 方便对机械性破损面提取结果进行目视检验和实地验证。

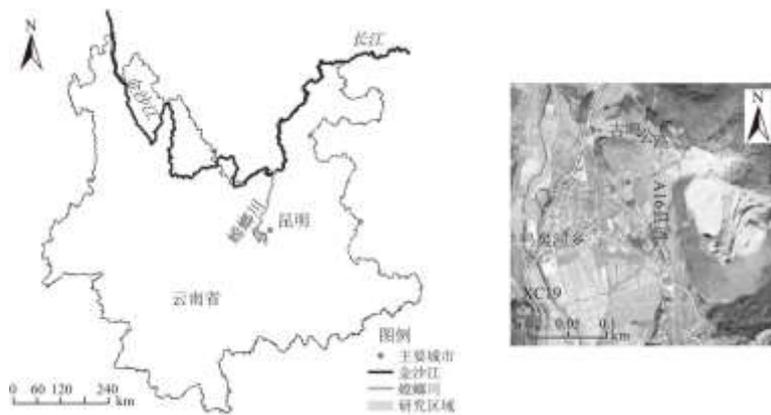


图 1 研究区位置示意图

1.2 数据源与数据预处理

数据来源为高分二号(GF-2)遥感影像数据, 谱段由四个多光谱谱段和一个全色谱段组成, 多光谱影像的分辨率为 4m, 全色影像的分辨率为 1m^[13]。研究区影像的成像时间为 2016 年 2 月 4 日, 包括近红外、红、蓝、绿四个多光谱波段。

本文研究目的是提取机械性破损面信息，探索出提取该信息的方法和思路。遥感影像信息的提取属于定性遥感操作，是对大气校正要求较低的遥感应用，所以对研究区域数据主要进行了正射校正，图像融合及快速大气校正预处理。其中，图像融合是数据预处理的关键。通过运用高分辨率影像对其他基本影像进行处理操作，融合后得到分辨率更高，包含细节特征更丰富的数据图像，以此更好的选择各类地物特征，提取出机械性破损面信息。图像融合的方法有 PCA 变换、CN 变换、Gram.Schmidt 变换、HSV 变换、NNDiffuse Pan Sharpening 等。考虑机械性破损面所包含的纹理、光谱、亮度等细节特征和各融合方法的特点，选用了 Gram.Schmidt 变换和 NNDiffuse Pan Sharpening 两种融合方法，使用 IDL 计算出方差，熵及相关系数等评价结果(表 1)，最终选用所得结果较大，融合效果更好的 NNDiffuse Pan Sharpening 融合方法对研究区遥感图像进行融合，得到研究区遥感影像(图 2)。

表 1 融合评价结果

评价指标	均值	标准差	信息熵	平均梯度	相关系数
NNDiffuse Pan Sharpening	230.81	181.72	6.48	16.75	0.97
Gram.Schmidt	221.94	173.72	6.47	16.28	0.97



图 2 研究区遥感影像

2 研究方法

2.1 影像分割

影像分割是面向对象分类法的重要步骤，分割结果直接影响地物特征信息提取的准确性，所以选取最佳的分割尺度参数是精确提取机械性破损面的关键。在 eCognition 软件中有自上而下的四叉树分割、棋盘分割、对比度分割和自下而上的光谱差异分割、多尺度分割等^[14]。其中，多尺度分割是指在对象内部像元之间均匀性最大，对象之间平均异质性最小^[15]的情况下，通过不断融合像素或现有影像进行优化的过程。进行多尺度分割最主要是设置形状参数，紧致度参数和尺度大小。本文根据研究区实际情况及机械性破损面的特征，采用多尺度分割算法将研究区域影像分割成 5 个层次，在不同层次中进行对象提取，最终提取出机械性破损面信息。

2.2 最优分割尺度选择

在多尺度分割中，主要由形状因子和紧致度来表示分割对象的异质性，两者的设定范围都在 0~1 之间^[16]。形状因子影响的是分割形状。所设置的形状因子越大，在分割结果中表现出越不明显的分割形状差异；而紧致度表示对象的分割破碎程度。紧致度越大，分割对象越完整，反之亦然。尺度大小参数是影响分割效果的关键。尺度数值越小，分割形成的单个对象所占面积就越小，所包含内容越少，对象数量越多，反之面积越大，内容越多，数量越少。

根据目视判断，研究区地物有林地，耕地，道路，采矿区，城镇居民区及少部分裸地，类型分布相对集中，且林地和耕地所占面积较大。为了提取机械性破损面信息，研究主要选用一种最合适机械性破损面的尺度实现所有地物之间的有效分割。在尺度选择过程中，首先默认形状和紧致度参数，分割波段权重为 0, 1, 1, 1，并运用“局部方差变量和莫兰指数结合最小风险的贝叶斯决策原则”^[17]来确定最优尺度大小。通过计算 LV(局部方差变量)和 MI(莫兰指数)来说明不同对象之间的异质性，用各尺度下过分割和欠分割的概率来判断最优尺度。经过计算和目视判断，得到不同尺度下过分割和欠分割趋势图(图 3)。当欠分割概率等于引入惩罚系数的分割概率时，分割效果最佳，最终确定最优尺度大小为 70。

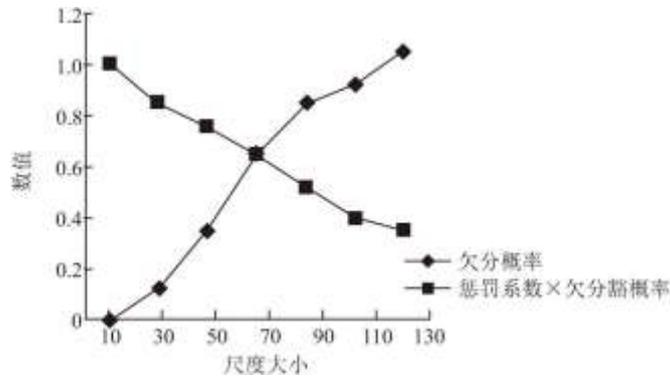


图 3 不同尺度下的分割趋势

在形状因子和紧致度方面，形状因子越小，越会出现漏分情况，且分割对象越琐碎；紧致度越小，分割对象越小越多。考虑研究区域内有大面积的林地和耕地，居民地比较集中，且机械性破损面面积也较大，所以选择了较大的形状因子和紧致度作为最优分割尺度组合。最终在多次试验下，根据目视解译进行判断，确定本文最优分割参数组合为 70, 0.5, 0.6。图 4 为不同形状因子及紧致度的分割效果对比情况。

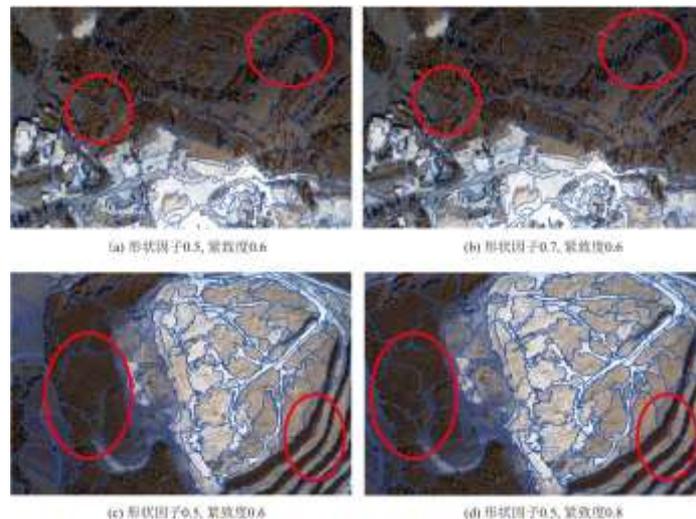


图 4 不同形状因子及紧致度的分割效果

2.3 对象分类特征选择

对象特征用来表示地物目标的相关信息，包括纹理、形状、光谱、几何等特征。本研究主要运用归一化植被指数，土壤调整植被指数，光谱特征，形状特征及纹理特征来实现林地，耕地，交通用地，居民地，裸地和机械性破损面等 6 类地物的识别分类。

考虑影像中各对象的特点，所选择的分类特征包括：(1) 归一化植被指数 (NDVI)，应用于提取植被类型、计算植被覆盖率等。(2) 土壤调整植被指数 (SAVI)，用以解释背景的光学特征变化^[18]，当土壤调节系数 L 为 0 时，植被覆盖度为零；L 为 1 时，植被覆盖度高，树木覆盖浓密，本研究主要用来区分林地与耕地，耕地与裸地。(3) 亮度 (Brightness)，主要用来区分道路和非道路，机械性破损面和普通裸地区域。(4) 形状指数 (Shapeindex)、面积 (Area)、长宽比 (Length/Width) 等，拟作为道路，居民地以及机械性破损面的分类特征。(5) 纹理特征 (Texture)，用来区分机械性破损面和周围普通裸地，运用灰度共生矩阵 (GLCM) 法中的同质性，熵，均值及相关性特征从垂直，正负 45° 4 个方向来进行纹理的规则程度，纹理粗细度，信息量的提取。研究区影像 4 个方向的纹理参数值如表 2 所示。

表 2 4 个方向纹理参数值

纹理参数	0°	45°	90°	135°
同质性	0.78	0.78	0.77	0.77
熵	0.66	0.67	0.67	0.70
均值	0.09	0.10	0.09	0.14
相关	1.57	1.55	1.54	1.50

为了提高构建模糊分类规则的效率，在创建规则前，首先通过选择各地物的样本，统计出地物各分类特征的最大值，最小值及均值。图 5 为 6 类地物的 NDVI、SAVI、亮度、形状指数、面积及长宽比特征的差异趋势图，该结果清晰地表现出各地物特征值的变化及差异，为选择隶属度函数，确定阈值范围及构建分类规则提供重要依据，并且不同于大多数研究中通过多次实验或经验构建分类规则的研究方法，根据统计分析得到的特征值差异结果能更准确及快速地选择分类特征，使分类结果更加准确。

2.4 模糊分类规则构建

模糊分类是根据不同类型的特点，对每个分类单元对应的每个类别给出 0~1 之间的模糊值，来代表是与否之间的状态^[19]。然后利用函数定义的模糊阈值范围来确定最佳参数，从而完成分类。研究运用模糊分类中的隶属度函数分类法，基于所统计的地物分类特征差异趋势，构建出不同地物的分类规则(表 3)。其中实验里分割出五个层次，每一层次中一类地物的提取，是继承上一层次的结果提取而得。

表 3 不同地物分类规则

层次	类别	规则

Level1	林地	$Area \geq 1000px1$; $NDVI > 0.74$ and $NDVI < -0.6$; $SAVI > 0.82$; $Brightness < 310$
Level2	耕地	Not 林地; $SAVI > 0.2$; $Shapeindex \geq 1.2$; $Area \geq 1200$
Level3	交通用地	Not 耕地; Not 林地; $SAVI > 0.2$; $Length/Width \geq 7.53$; $Shapeindex \geq 2$; $300 \leq Brightness \leq 720$
Level4	居民地	Not 耕地; Not 林地; Not 交通用地; $Area > 560$ and $Area < 1200$; $310 < Brightness < 675$; $SAVI > 0.02$
Level5	机械性破损面	Not 耕地; Not 林地; Not 交通用地; Not 居民地; $Brightness > 410$; $0 < Rel.border \text{ to brighter objects} Layer5 < 1$; $1.85 < Shapeindex < 4.7$; $GLCM \text{ Homogeneity} > 0.77$; $0.66 < GLCM \text{ Entropy} < 0.70$; $0.09 < GLCM \text{ Mean} > 0.14$; $1.50 < GLCM \text{ Correlation} < 1.57$
	裸地	Not 耕地; Not 林地; Not 交通用地; Not 居民地; Not 机械性破损面

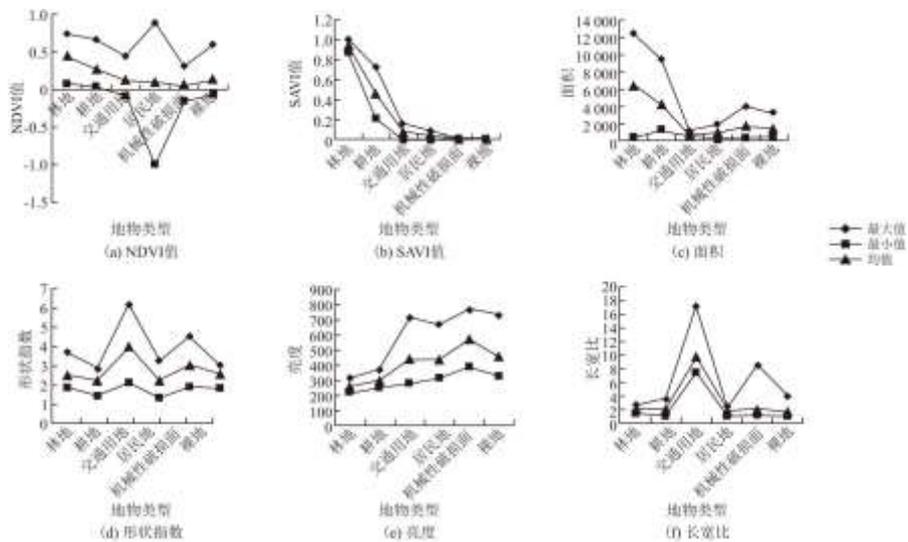


图 5 地物各特征差异趋势图

3 结果与分析

3.1 对象层次提取

基于上述 5 个分割层次提取出了林地、耕地、交通用地、居民地、机械性破损面等 6 种地物类型(图 6)。其中, 林地是在第一个层次下结合面积, 亮度, 植被指数及土壤调节植被指数提取而得。第二个层次继承非林地, 主要运用形状指数和面积与周围区域区分, 提取出耕地类型。第三个层次主要实现交通用地的提取, 考虑到研究区有条较长的主干道和多条田间小路, 在继承非林地, 非耕地的区域中运用亮度, 长宽比特征进行分类, 同时还运用到形状指数来区分交通用地周围的居民地。第四个层次继承非林地, 非耕地和非交通用地, 运用面积和亮度特征实现分布相对集中的居民地信息提取。在提取得到林地, 耕地, 交通用地和居民地后, 剩下的区域最终运用纹理等典型特征与裸地相区分, 在第五个层次中提取出机械性破损面和裸地信息。最终得到研究区域机械性破损面及其他地物类型分布图(图 7)。



图 6 地物类型图

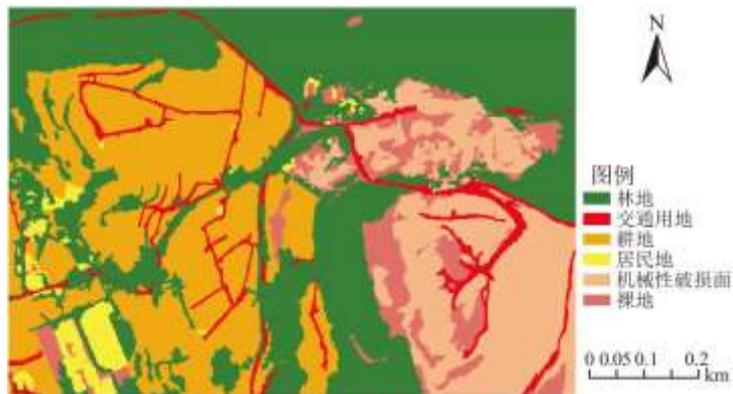


图 7 面向对象分类结果图

3.2 精度评价

研究应用基于 TTAMask 的混淆矩阵评价方法来检查分类的质量。运用该方法做精度评价时，首先基于高分辨率 GF-2 影像选取各个地物的样本点并进行分类，后将分类结果转化成格式为 TTA Mask 的样本，通过将样本导入至已做好分类的工程里，进行精度评价。

因为研究的目的是探索提取机械性破损面信息的方法，所以最终以机械性破损面和其他土地两大类来进行评价。精度评价结果(表 4)显示，提取机械性破损面的各项精度值优于提取其他地物类型，总体精度为 0.9, KIA 即 Kappa 系数为 0.78, 说明分类质量很好，同时也说明了研究所提出的提取机械性破损面信息方法的可行性。

表 4 分类精度表

精度	机械性破损面	其他土地类型
----	--------	--------

Producer	0.97	0.78
User	0.98	0.90
KIA Per Class	0.91	0.69
总体精度	0.90	
KIA	0.78	

另外，分析研究所得的机械性破损面分布图，发现提取出的机械性破损面信息面积大且分布集中，根据实地调查，该区域是位于安宁市鸣矣河乡中心东部的大型采石场(图 8)。



图 8 采石场实地考察图

3.3 与传统分类方法的比较

为进一步说明本文提出的机械性破损面提取方法的优越性，研究采用了非监督分类中的 K-Means 分类法、ISODATA 分类法和监督分类中的最大似然法、最小距离法 4 种基于像元的传统分类方法进行提取，得到不同分类方法结果图(图 9)。并运用基于混淆矩阵的精度检验方法对不同分类结果进行评价，对比不同分类结果精度。从分类结果图中可看出，传统分类方法的“椒盐现象”^[20]严重，而且各类地物存在一定的错分现象。如研究区中分布狭长的交通用地没有完整地提取出来，纹理特征明显的机械性破损面被错分为林地和交通用地，裸地和机械性破损面分类不清晰等。从精度对比分析，4 种传统分类方法的总体精度和 Kappa 系数都远低于本文方法的提取精度，说明选用传统的分类方法进行机械性破损面信息提取不理想。而本文提出的面向对象方法，通过构建模糊分类规则，能够很好的利用机械性破损面十分显著的纹理特征和几何特征，因此综合以上不同分类方法的对比情况，选用本文提出的方法进行机械性破损面提取是较为高效的方法。

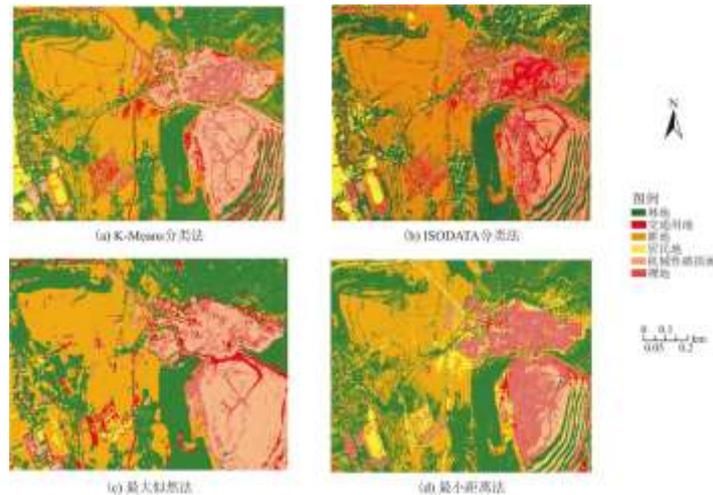


图 9 传统分类方法结果图

4 结论与讨论

本文基于面向对象的分类方法，通过将研究区遥感影像设置最优尺度参数进行分割，根据所得到的各分割层次下的地物特征，建立起分类规则，提出有效提取机械性破损面遥感信息的方法。将最终提取结果进行精度分析，分类总体精度可达到 90%，并与其他传统分类方法进行比较，提取精度明显提高且地物错分现象较少，验证了方法的可行性和优越性。研究得出的遥感分类法为快速提取螳螂川流域内的机械性破损面，及其它土地利用类型提供了技术支撑，为后期开展流域内生态环境保护提供了帮助。研究得出的遥感解译方法也为类似研究提供了参考。

另外本文在分层提取地物过程中，通过继承上层结果进行提取，提高了地物类型的分类精度，影响了提取机械性破损面信息的结果。但在建立分类规则时，主要运用统计分析和先有知识选择分类特征及特征值，还是存在效率和主观影响的问题，后期研究可考虑结合深度学习来提高分类规则的建立效率，以此实现更高效的提取机械性破损面信息。在研究方法方面，可以考虑综合遥感分类的其他方法进行研究，不再是单一的面向对象分类法。根据各项技术的不同特点，实现更高的机械性破损面提取精度。

参考文献:

[1] 马梦莹. 基于 GF-2 影像的机械性破损面提取方法研究[D]. 昆明: 云南大学, 2020.

[2] 王蕾, 杨武年, 任金铜, 等. GF-2 影像面向对象典型城区地物提取方法[J]. 测绘通报, 2018(1): 138-142.

[3] STANISLAW C, WOJCIECH D, TOMASZ P. Merging landsat tm images and airborne photographs for monitoring open-cast mine area[Z]. University of Mining and Metallurgy, 2000:1-8.

[4] FERRIER G. Application of image spectrometer data in identifying environmental pollution caused by mining at rodaguilar, spain[J]. Remote Sensing of Environ, 1999, 68(2): 125-137.

[5] 盛业华, 郭达志, 金学林. 矿山大气污染的遥感研究[J]. 中国矿业大学学报, 1993(2): 103-108.

[6] 彭瑛, 张志, 彭丹, 等. 鄂西聚磷区矿产开发多目标遥感监测目视解译技术[J]. 工矿自动化, 2009, 35(4): 6-9.

-
- [7]王立娟, 靳晓, 贾虎军, 等. 基于国产高分卫星数据的矿山环境变化检测[J]. 国土资源遥感, 2018, 30(3):151-158.
- [8]袁定波, 刘成林, 汪国斌. 面向对象的矿区信息提取方法的应用与研究[J]. 遥感信息, 2013, 28(2):110-115.
- [9]姜雪. 基于高分辨率遥感影像的矿区土地利用覆盖信息提取技术研究[D]. 北京: 首都师范大学, 2007.
- [10]祝振江. 基于面向对象分类法的高分辨率遥感影像矿山信息提取应用研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2010.
- [11]夏既胜, 马梦莹, 符钟壬. 基于 GF-2 遥感影像的机械性破损面提取方法[J]. 国土资源遥感, 2020, 32(2):26-32.
- [12]马艳琼. 安宁市境内螳螂川流域水质现状及变化趋势[J]. 环境科学导刊, 2013, 32(S1):49-51.
- [13]梁维, 褚楠, 郑敦勇, 等. 面向道路边坡监测的高分二号应用研究[J]. 遥感技术与应用, 2018, 33(4):638-645.
- [14]马婷婷. 基于最佳尺度的面向对象高分辨率遥感影像分类及应用[D]. 重庆: 西南交通大学, 2012.
- [15]范磊, 程永政, 王来刚, 等. 基于多尺度分割的面向对象分类方法提取冬小麦种植面积[J]. 中国农业与规划, 2010, 31(6):44-51.
- [16]谢京凯, 王福民, 王飞龙, 等. 面向水稻 LAI 监测的植被指数土壤调节参数修正[J]. 遥感技术与应用, 2018, 33(2):342-350.
- [17]高仁强, 欧阳建, 陈亮雄, 等. 鹤地水库 SPOT7 影像分类研究[J]. 测绘科学, 2019, 44(9):90-99.
- [18]马浩然. 基于多层次分割的遥感影像面向对象森林分类[D]. 北京: 北京林业大学, 2014.
- [19]贾伟, 高小红, 杨灵玉, 等. 面向对象方法的复杂地形区地表覆盖信息提取[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2018, 54(4):486-493.
- [20]孙欢欢. 基于高分辨率遥感影像的大麻作物信息提取方法研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2017.