

纹理特征与面向对象结合的高分影像耕地提取应用

郝剑南^{1,2}, 王瑞红³ (1. 东华理工大学测绘工程学院, 江西南昌 050000; 2. 流域生态与地理环境监测国家测绘地理信息局重点实验室, 江西南昌 050000; 3. 河北省地矿局第六地质大队, 河北石家庄 050000)

摘要 以闪电河乡马神庙村的耕地提取为例, 研究了纹理特征与面向对象结合的高分影像耕地提取的应用。结果表明, 结合纹理特征增强算法的提取影像的纹理特征进而进行面向对象的影像分类的方法能够显著提高高分辨率遥感影像分类的精度, 尤其是对耕地这一拥有规则的纹理特征的植被类型的地表覆盖地类的影像分类的精度有很大提高。

关键词 纹理特征; 高分影像; 椒盐效应

中图分类号 S127 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)19-0072-04

Application of High-resolution Image Farmland Extraction Combining Texture Feature and Object-oriented
HAO Jian-nan^{1,2}, WANG Rui-hong³ (1. School of Surveying and Mapping Engineering, East China University of Technology, Nanchang, Jiangxi 050000; 2. Key Laboratory of National Bureau of Surveying and Mapping Geographic Information for Watershed Ecological and Geographical Environment Monitoring, Nanchang, Jiangxi 050000; 3. The Sixth Geological Brigade of Hebei Provincial Geology and Mineral Bureau, Shijiazhuang, Hebei 050000)

Abstract We took the extraction of cultivated land from Ma Shenmiao Village in the Lightning River Township as an example to study the application of high-resolution image farmland extraction combining texture feature and object-oriented. Results showed as followed: the accuracy of the combination of texture features and object-oriented classification had been greatly improved, especially the accuracy of image classification of ground cover earth class of arable land which had certain regular texture features.

Key words Texture features; High resolution images; Salt and pepper effect

传统的影像分类的主要方法为专家的目视解译, 但这种方法有较大的局限性^[1-2]。该方法未能考虑相邻的像元之间的空间相关性的尺度因素, 或者即使有些基于像元的分类算法同纹理特征相融合^[2], 其本质上也仅仅是考虑了影像特征的尺度因素和像元之间空间的相关性, 而其纹理分析的窗口大小或者尺度则往往都采用人为的去给定, 使得该方法对纹理特征尺度的定量分析仍然缺少, 从而在遥感像元模式识别的自适应尺度选择上依旧存在一定的盲目性和主观性^[3], 而高分辨率影像像元之间的空间相关性在影像表现中也更加增强, 即地物的纹理、结构、形状等细节信息越来越突出^[4]。在这样的背景下, 面向对象遥感影像分类方法越来越受到人们的重视。而高分辨率遥感影像的光谱分辨率较低, 表现出了较高类内差异和较低类间差异的特点, 而它的纹理内容却较为丰富。而纹理能够在影像灰度模式下反映出地类实体空间分布的特征, 因而利用纹理的特征对高分影像进行分类能够显著改善影像的分类精度, 而且识别精度也会提高。笔者以闪电河乡马神庙村的耕地提取为例, 进行了纹理特征与面向对象结合的高分影像耕地提取应用试验。

1 数据预处理

在对遥感影像的使用之前, 首先就是要对影像做预处理的工作。由于源数据影像已经进行过影像辐射校正, 因此, 该研究所要做的影像预处理主要有 3 个方面: 对试验区域内的遥感影像进行拼接、裁剪以及影像的几何校正。

一般的情况下常用的几何校正模型有多项式模型、仿射变换的模型和局部三角网模型等^[5]。其中, 局部三角网的模型比较适合在丘陵及山区等起伏较大地形的影像的校正, 需

要分布均匀并且有大量的控制点, 所以该研究选用这个模型且试验前期均匀选取了大量的控制点, 应用局部三角网的模型进行几何精校正, 使得影像的 RMS 能够控制在 1 像元内, 最后再采用三次卷积内插的方法进行影像的重采样, 最终完成几何精校正(裁剪拼接校正后影像如图 1)。



图 1 影像预处理成果

Fig.1 Image preprocessing results

2 影像多尺度分割

在对影像对象进行获取的过程中, 主要是运用 e Cognition Developer 9.0(易康)软件对 SPOT-5 影像进行多尺度分割。最后, 对通过设置分割参数所得到的分割结果进行优度分析, 从中选取分割效果最佳的图像作为最终的分割结果。

在对图像分割的参数进行设置时, 参照已有文献的研究经验, 将图像的分割尺度取值定在(150, 250)的区间内, 将其步长设置为 10; 将形状指数和紧密度指数的取值区间设置为

作者简介 郝剑南(1990—), 男, 河北石家庄人, 硕士研究生, 研究方向: 地图学与地理信息系统。
收稿日期 2018-05-10

(0.1,1),步长取值设置为 0.1,然后将所获取的参数进行组合得到分割后的图像。

经过多次分割试验后得出,当原影像图的 R、G、B 波段值为 1,形状指数为 0.4,分割尺度为 220,紧密度指数为 0.5 时,其分割后的结果与实际边界最吻合,分割的效果如图 2 所示。

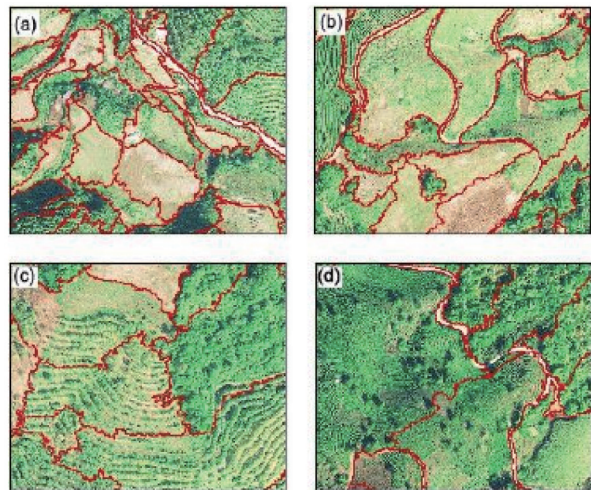


图 2 图像分割结果

Fig. 2 Image segmentation results

3 耕地纹理特征提取与分析

图像的纹理特征是对象实体以微小的像元的形式表现,可以用对比度、规则度、方向性和粗糙度等特性来进行描述^[6]。耕地纹理特征的提取主要分为图像归一化、图像二值化,对局部纹理特征进行分析统计的算法有灰度共生矩阵算法或局部二值模型,该研究只采用了灰度共生矩阵法。

3.1 纹理增强

3.1.1 图像归一化。图像的归一化有利于降低灰度差异,减小脊骨线之间的灰度差距,并通过对图像灰度分布的优化,使其更为靠近期望值与方差,统一后续图像处理过程中的标准。

若遥感影像的长宽分别为 M 和 N , $I(i,j)$ 是图像中 (i,j) 位置的像元灰度数据,则灰度均值 (M_{mean}) 和标准方差的公式如下:

$$M_{\text{mean}} = \frac{1}{M \times N} \sum_{M=0}^{M-1} \sum_{N=0}^{N-1} I(i,j) \quad (1)$$

$$\text{Var} = \frac{1}{M \times N} \sum_{M=0}^{M-1} \sum_{N=0}^{N-1} (I(i,j) - M)^2 \quad (2)$$

假设 M_0 和 V_0 为原始灰度均值与方差,则经过归一化后的像元 (i,j) 的位置像素的灰度数值为 $G(i,j)$,公式为:

$$G(i,j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{V_0 \times (I(i,j) - M_{\text{mean}})^2}{\text{Var}}}, & I(i,j) \geq M_{\text{mean}} \\ M_0 - \sqrt{\frac{V_0 \times (I(i,j) - M_{\text{mean}})^2}{\text{Var}}}, & I(i,j) < M_{\text{mean}} \end{cases} \quad (3)$$

3.1.2 图像二值化。图像二值化是把遥感影像换算为二值图,在图中灰度值只有 0 和 1 这 2 个数值可取^[7]。通过图像二值化处理,图像纹理结构变得更为清晰,一定程度上消除

了噪音的影响,也能使得影像数据更为简单。灰度二值化公式如下:

$$g(p_i) = \begin{cases} 1, f(p_i) > T \\ 0, f(p_i) \leq T \end{cases} \quad (4)$$

式中, $f(p_i)$ 是原始图像的像元灰度值; $g(p_i)$ 为图像经过二值化处理之后图像像元的灰度值; T 表示的是指定阈值。从二值化进行处理的过程来看,是把灰度值大于阈值的所有像元判断为前景区,并将其赋值为 1; 反之赋值为 0。

应用较为广泛的二值化方法有固定阈值、方向图和区域自适应 3 种方法^[7-8]。固定阈值法使用单一指标进行处理时,难以解决图像的噪声干扰与不均匀的光照等对结果数据产生干扰的因素,使得在取值过程中断线的产生不可避免; 区域自适应法由于阈值依据未能有效利用图像中的纹理信息,造成二值化结果容易受噪声干扰影响^[9]; 方向图法在噪声平滑处理、去除边界毛刺、连接微小断线等方面都具有良好的作用,应用广泛。因此,该研究使用方向图法(图 3)。

2		1		0		7		6
3		2	1	0	7	6		5
		3				5		
4		4		$p(i,j)$		4		4
		5				3		
5		6	7	0	1	2		3
6		7		0		1		2

图 3 方向图法

Fig. 3 Direction pattern method

方向图法在应用中,则一般将模板的中心作为基准点,使用模板大小一般为 9×9 ,按以下过程进行具体运算:

(a) 首先为了去除异常值,模板采用 3×3 窗口,计算出所有窗口内像元的平均值,将中心像元赋为平均值,中心以外的像元灰度值保持不变。

(b) 接着模板扩大为 9×9 的窗口,把图像纹理方向通过量化到 0~7 这 8 个方向上,并根据这 8 个方向上标有 $i(i=0, 1, \dots, 7)$,分别代表 8 个方向)的位置的像元灰度值,对各个方向灰度值的最大值 (S_{max}) 和最小值 (S_{min}) 以及平均值 (S_{mean}) 进行计算与统计,其中 P 点不参与数据计算与统计。

(c) 依据公式 (5),使用动态阈值进行第 1 次二值化运算:

$$T(p_i) = \begin{cases} 1, S_{\text{max}} + S_{\text{min}} + 4 \times p(i,j) > 3.0 \times S_{\text{mean}} \\ 0, S_{\text{max}} + S_{\text{min}} + 4 \times p(i,j) \leq 3.0 \times S_{\text{mean}} \end{cases} \quad (5)$$

(d) 根据步骤 (c) 计算的 $T(p_i)$ 值及其邻域 (3×3 窗口) $T(p_i)$ 值的分布状况,进一步进行第 2 次二值化运算。计算公式如下:

$$g(p_i) = \begin{cases} 1, T(p_i) = q \& \text{sum} \leq 3 \\ 0, T(p_i) = 0 \& \text{sum} \geq 7 \end{cases} \quad (6)$$

式中, sum 表示 $T(p_i)$ 邻域内像元值为 1 的全部像元数量。

总的来说, 纹理增强算法的实现过程具体可分为以下 3 步:

第一步, 将 RGB 图像借助公式(7)转化为所需要的灰度图像, 处理结果见图 4-b。

$$\text{Grey_Image} = 0.299\ 00R + 0.587\ 00G + 0.114\ 00B \quad (7)$$

第二步, 对所得到的灰度图像借助归一化方法进行预处

理。在对原始图像进行归一化处理的过程中, 将期望的灰度均值 M_0 与方差 V_0 分别设为 150 和 2 000, 从而获得灰度偏差较小的影像图(图 4-c)。

第三步, 在图像归一化的基础上, 借助方向图法进行图像的二值化处理。在试验过程中, 对原始图像分别进行了经 1 次循环(图 4-d)和经 4 次循环的二值化(图 4-e), 最终将 2 次二值化进行求和, 得到了较为理想的二值化效果图(图 4-f)。

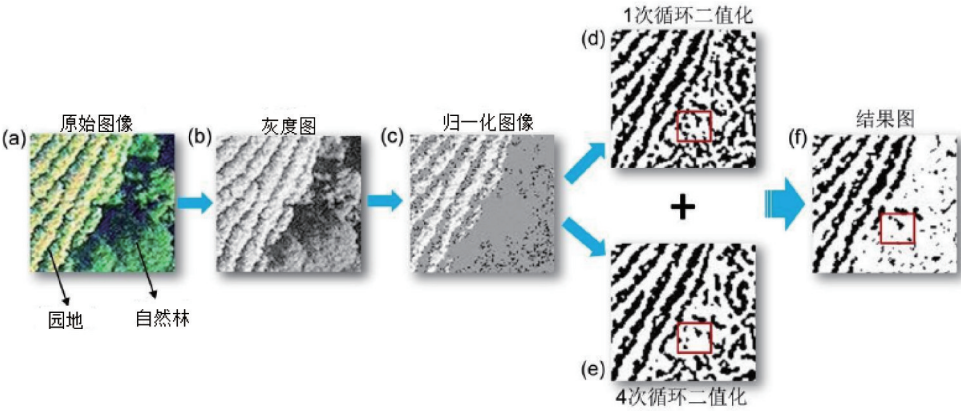


图 4 纹理增强过程

Fig. 4 Texture enhancement process diagram

3.2 灰度共生矩阵纹理特征提取 灰度共生矩阵算法在 20 世纪 70 年代由 Haralick 所提出^[10], 该算法是用来对纹理特征进行分析、统计的经典方法。而纹理是局部窗口内, 像元灰度级的空间分布及空间相互关系^[11]。

灰度共生矩阵是由图像的灰度级之间的联合概率密度构成的共生矩阵 $[P(i, j, d) L \times L]$ 来反映图像中任意的两点之

间灰度的空间相关性^[6], 是以 i 作为灰度级的起点, θ 是方向, d 是空间的距离时, j 灰度级的出现概率。其中, L 表示为灰度级的数目, θ 则是起始轴为 Ox 轴的, 旋转方向为逆时针的角度, 一般的 θ 以 0° 、 45° 、 90° 、 135° 为取值。图 5 所表示的即为 θ 为 135° 、 d 为 $\sqrt{2}$ 时所对应的共生矩阵。

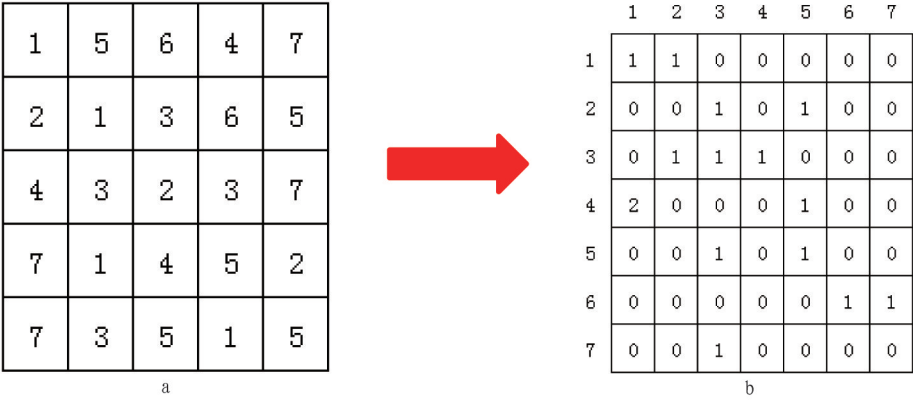


图 5 5 * 5 的图像(a)到角度 135°、距离 $\sqrt{2}$ 图像(b)的灰度共生矩阵

Fig. 5 The gray level co-occurrence matrix from a 5 * 5 image(a) to an angle 135° and distance image(b)

通过统计分析提取了 GLCM 方差、均值、相关性和非相似性这 4 个常用的纹理的统计量进行研究。首先通过纹理特征增强的提取方法, 提取了 GLCM 的一些基本纹理特征, 并通过纹理的数据及特征来达到增强影像来更全面地提取 GLCM 纹理特征的目的。为了避免灰度图像的局限性, 先通过对图像信息进行灰度级的量化处理来适当减少数据量影响, 再结合常规统计方法对 GLCM 纹理的特征进行提取。高程等^[12]通过对灰度的降级来采取图像信息, 对纹理信息的分析并不会产生过大影响。因此, 该研究先将图像灰度级

进行降级, 先将其降至 64, 再对影像进行 GLCM 纹理特征提取。实现过程如下: ①提取过程首先要设置滑动窗口、移动步长、移动方向这 3 个参数。②计算第 1 个窗口之内像元的灰度共生矩阵和由它衍生的纹理特征值, 再将这个生成的纹理值赋于同窗口下的中心像元。③将小窗口按照移动的步长和移动的方向移动到下一个位置, 重复步骤②的计算。④多次重复步骤③, 得到整幅影像数据, 生成一个以纹理值为数据的共生矩阵, 再将该矩阵数据转化成纹理特征图像数据。

4 影像对象植被指数提取

遥感影像的光谱数据利用一定的数学规则得到植被指数,它能直接体现植被生长趋势与生物量指数。一般选择可见光的红光波段与近红外来计算植被指数。将这 2 个波段进行组合可以得到不同意义的植被指数。其中,归一化植被指数(NDVI)通常用来衡量植被生长情况以及植被覆盖率的标准。同时它可以用来增强植被信息,与植被分布的密度成线性相关^[13],其表达式为^[14]:

$$NDVI=\frac{NIR-R}{NIR+R}$$

(8)

一般情况下,非植被区的 NDVI 值为负,植被区 NDVI 值为正。影像对象的 NDVI 值可以反映出影像内部植被的丰度,是区分植被与非植被对象的良好尺度标准。研究区影像对象 NDVI 值见图 6。试验利用训练样本,结合统计距离的样本可分性分析方法来分析各地物类别间影像对象 NDVI 指数。

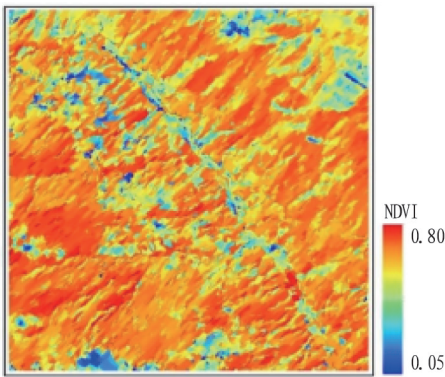


图 6 影像对象 NDVI 植被指数

Fig. 6 NDVI vegetation index of image object

对影像对象的 NDVI 指数分析可知,耕地与草地间的可分性较差,而草地、耕地与其他类别间的可分性较好,优于园地均种植枸杞,耕地与园地之间的可分性较差。

5 结合纹理特征的面向对象的影像分类

将耕地按照有植被覆盖耕地与无植被覆盖耕地分为耕地 I 与耕地 II 这 2 个类别。因为高分辨率的遥感影像具有较为复杂的性质,目前分类方法中没有一种能够高效地普遍使用。因此,该研究选取使用较为广泛、效果较好的支持向量机作为分类器。采用基于支持向量机的遥感影像面向对象的分类方法来进行分类。从样本点中随机抽取大约 1/3 (253 个)的样本点来作为影像分类的训练样本,并用训练样

本对支持向量机分类器进行训练(图 7)来支持影像分类。

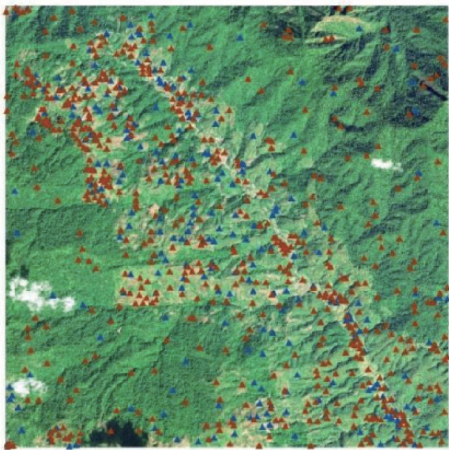


图 7 试验区样本点分布

Fig. 7 Distribution of sample points in the experimental area

6 精度评定与结果

6.1 精度评定 为了对不同地物的纹理特征提取方法所得到的纹理特征对图像分类结果准确性的影响进行分析,以剩余样本点作为测试样本,利用混淆矩阵方法对图像分类方案的分类结果进行了精度评价和分类精度评价(表 1)。

制图精度(P_{PA})代表了分类正确的像元个数(X_{ii})占某一类别的所有真实参考像元数量(X_i)的比例,其公式为:

$$P_{PA}=\frac{X_{ii}}{X_i}\times 100\%$$

(9)

用户精度(P_{UA})则是正确分类像元个数(X_{ii})在一个类别所有像元数量(X_j)中所占的比例,其公式为:

$$P_{UA}=\frac{X_{ii}}{X_j}\times 100\%$$

(10)

总体分类精度(P_{OA})则是用来表示图像分类的正确结果占结果总体的比例,即为分类正确的像元数量与所有像元数量(M)的比例,其公式为:

$$P_{OA}=\frac{\sum_{i=1}^k X_{ii}}{X_i}\times 100\%$$

(11)

Kappa 系数是真实栅格与模拟栅格图像之间一致性程度的指标,其公式为:

$$Kappa=\frac{\frac{1}{M}\sum_{i=1}^k X_{ii}-\sum_{i=1}^k \frac{X_i X_j}{M M}}{1-\sum_{i=1}^k \frac{X_i X_j}{M M}}$$

(12)

表 1 SVM 分类器分类成果精度

Table 1 SVM classifier classification results

序号 No.	分类方法 Classification method	耕地 I Arable land I	耕地 II Arable land II	PA/UA %	OA %	Kappa
1	基于 RGB 影像直接提取 GLCM 纹理特征的影像结合植被指数的分类结果	86. 69	87. 69	PA	87. 86	0. 85
		87. 79	89. 28	UA		
2	基于 RGB 影像,通过纹理增强提取 GLCM 纹理特征结合植被特征纹理特征影像分类结果	94. 36	89. 61	PA	92. 07	0. 90
		92. 65	91. 67	UA		
3	只基于 RGB 影像结合植被指数的分类成果	80. 96	79. 90	PA	80. 48	0. 76
		76. 81	84. 24	UA		

氮在海拔 1 400~2 800 随海拔升高而显著下降 ($P<0.05$), 与海拔呈显著负相关 ($P<0.05$)。南坡 0~20、20~40 cm 土层土壤含水量随海拔升高而显著增加 ($r=0.896^{**}$ 、 $r=0.818^{*}$)。表层土壤铵态氮和硝态氮与含水量呈显著负相关 ($r=-0.920^{**}$ 、 $r=-0.756^{*}$)。表层土壤含水量对无机态氮垂直分布特征的影响大于中、底层。南坡草地土壤物理性质中含水量对无机态氮垂直分布特征的影响明显。

北坡全氮、铵态氮在 1 400~1 800 m 随海拔升高而上升, 其后在 2 000~2 800 m 随海拔升高而显著下降 ($P<0.05$), 并在 0~20 cm 土层时, 全氮、铵态氮与海拔呈极显著负相关 ($r=-0.911^{**}$ 、 $r=-0.707^{*}$)。有机质与全氮、铵态氮呈显著正相关 ($r=0.795^{*}$ 、 $r=0.875^{**}$)。北坡硝态氮在海拔 1 400~2 800 m 随海拔升高而增加, 与海拔呈正相关。阴坡草地土壤物理性质对无机态氮垂直变化的影响不明显。

参考文献

- [1] 张晓霞, 杨宗儒, 查同刚, 等. 晋西黄土区退耕还林 22 年后林地土壤物理性质的变化[J]. 生态学报, 2017, 37(2): 416-424.
- [2] 王婧. 伊犁草原黑钙土理化特征及质量评价研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2014.
- [3] 余博. 绢蒿属荒漠草地不同退化阶段土壤养分空间异质性的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2009.
- [4] 刘合满, 曹丽花, 张华, 等. 色季拉山山地酸性棕壤土壤氮素的分布特征[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(10): 126-129, 140.
- [5] 汪媛媛, 杨忠芳, 余涛. 土壤质量评价研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(36): 22617-22622+22657.
- [6] 张爱宁, 安沙舟, 张蕊思, 等. 不同退化梯度下大尤尔都斯高寒草原植物种群生态位特征[J]. 草业科学, 2017, 34(2): 302-309.
- [7] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 192-200.
- [8] 张焱华, 吴敏, 何鹏, 等. 土壤酶活性与土壤肥力关系的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(34): 11139-11142.

(上接第 75 页)

6.2 结果

通过表格数据的对比分析, 总体上来说, 结合纹理特征增强算法的提取影像的纹理特征进而进行面向对象的影像分类的方法能够显著地提高高分辨率遥感影像分类的精度, 尤其是对耕地这一拥有规则的纹理特征的植被类型的地表覆盖地类的影像分类的精度有很大提高。但是该试验也存在不足, 由于试验位于农业牧业并存地区, 人工草地同耕地 I 在影像分类成果中存在较多误分, 即将大多数的人工牧草地分到了耕地 I 的地类中。造成这一现象的原因则是由于人工草地同耕地有着相似的纹理与植被系数, 后续试验仍需改进。

参考文献

- [1] 陈小良. 基于面向对象技术的土地利用/覆被分类研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2009.
- [2] 陈启浩. 面向对象的多源遥感数据分类技术研究与应用[D]. 武汉: 中国地质大学, 2007.
- [3] 明冬萍, 邱玉芳, 周文. 遥感模式分类中的空间统计学应用: 以面向对象的遥感影像农田提取为例[J]. 测绘学报, 2016, 45(7): 825-833.

- [9] 万丹, 梁博, 聂晓刚, 等. 西藏色季拉山土壤物理性质垂直地带性[J]. 生态学报, 2018, 38(3): 1065-1074.
- [10] 王政权, 王庆成. 森林土壤物理性质的空间异质性研究[J]. 生态学报, 2000, 20(6): 945-950.
- [11] 刘振东, 李贵春, 杨晓梅, 等. 我国农业废弃物资源化利用现状与发展趋势分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(26): 13068-13070, 13076.
- [12] 高强伟, 代斌, 罗承德, 等. 蜀南竹海毛竹林土壤物理性质空间异质性[J]. 生态学报, 2016, 36(8): 2255-2263.
- [13] 牛赞, 刘贤德, 敬文茂, 等. 祁连山北坡土壤特性与植被垂直分布的关系[J]. 山地学报, 2013, 31(5): 527-533.
- [14] 王子敏. 武夷山不同海拔土壤氮形态的空间异质性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2012.
- [15] 宋志伟, 王晶, 朱旭丽, 等. 秸秆资源综合利用现状及展望[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(7): 64-66, 162.
- [16] 成慧霞, 俞敏, 翟向燕. 新疆天然草地生态保护与利用[J]. 河南农业, 2016(6): 72.
- [17] 马鹏, 李志忠. 新疆伊犁察布查尔县农业生态系统服务价值变化分析[J]. 亚热带水土保持, 2010, 22(4): 31-35.
- [18] 李明明. 黄土高原小流域土壤有机碳、氮时空变异与动态模拟研究[D]. 北京: 中国科学院, 2013.
- [19] 黄文娟, 刘菊秀, 唐旭利, 等. 鼎湖山 5 种森林土壤的无机氮和有效磷含量[J]. 应用与环境生物学报, 2009, 15(4): 441-447.
- [20] 钟国辉, 钟政昌, 田发益, 等. 西藏米拉山区土壤主要养分元素垂直分布特征[J]. 山地学报, 2007, 25(1): 108-113.
- [21] 王斌, 陈亚明, 周志宇, 贺兰山西坡不同海拔梯度上土壤氮素矿化作用的研究[J]. 中国沙漠, 2007, 27(3): 483-490.
- [22] 杨帆, 黄来明, 李德成, 等. 高寒山区地形序列土壤有机碳和无机碳垂直分布特征及其影响因素[J]. 土壤学报, 2015, 52(6): 1226-1236.
- [23] 何方永, 何飞, 吴宗达, 等. 岷江冷杉原始林土壤物理性质的海拔梯度变化[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2015, 51(5): 92-98.
- [24] 朱建奎, 韩海荣, 伊力塔, 等. 山西太岳山典型森林群落土壤有机质及氮素研究[J]. 林业资源管理, 2009(2): 70-75.
- [25] 邓邦良, 袁知洋, 温卫华, 等. 武功山山地草甸土壤有机质、全氮及碱解氮分布格局及关系[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(11): 414-417.
- [26] 黄群山, 叶源忠. 浅析武夷山山地土壤理化性质的垂直分异[J]. 太原师范学院学报(自然科学版), 2008, 7(3): 128-131.

- [4] BLASCHKE T, STROBL J. What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS[J]. GIS-Zeitschrift Für Geo-Information System, 2001, 14(6): 12-17.
- [5] 杨盼盼. 基于高分辨率遥感影像纹理特征的面向对象植被分类方法研究[D]. 昆明: 云南师范大学, 2017.
- [6] 马莉, 范影乐. 纹理图像分析[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [7] SINGH T R, SINGH R, ROY S, et al. A new local adaptive thresholding technique in binarization[J]. International journal of computer science issues, 2011, 8(6): 271-277.
- [8] DAI P Y. Overview of fingerprint verification technologies[J]. Journal of Xiamen University, 2002, 41(6): 750-755.
- [9] 楚亚蕴, 詹小四, 孙兆才, 等. 一种结合方向信息的指纹图像二值化算法[J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(6): 855-860.
- [10] HARALICK R M, SHANMUGAM K, DINSTEN I. Textural features for image classification[J]. Systems Man & Cybernetics IEEE Transactions on, 1973, 3(6): 610-621.
- [11] 刘龙飞, 陈云浩, 李京. 遥感影像纹理分析方法综述与展望[J]. 遥感技术与应用, 2003, 18(6): 441-447.
- [12] 高程程, 惠晓威. 基于灰度共生矩阵的纹理特征提取[J]. 计算机系统应用, 2010, 19(6): 195-198.
- [13] 杨盼盼, 孙兴齐, 侯智庭. 郑州市植被覆盖度动态监测与分析[J]. 平顶山学院学报, 2015(5): 83-89.
- [14] 兰明娟, 魏虹, 熊春妮, 等. 基于 TM 影像的重庆市北碚区地表植被覆盖变化[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2009, 31(4): 100-104.