

智慧农业

基于无人机影像的高寒草地鼠害信息提取研究*

熊瑞东¹, 程武学^{1*}, 熊钰丹¹, 狄威¹, 魏佳轩¹,
王永祥¹, 刘轲², 罗光荣³

(1. 四川师范大学地理与资源科学学院, 成都 610101; 2. 四川省农业科学院遥感应用研究所 / 农业农村部遥感应用中心成都分中心, 成都 610066; 3. 四川省龙日种畜场, 阿坝州藏族羌族自治州 624401)

摘要:【目的】草原鼠害是影响草原生态平衡的重要因素, 基于低空遥感影像探索提取鼠害信息的最佳方案和分辨率对解决草原鼠害意义重大。【方法】文章基于高分辨率无人机正射影像, 使用 CART 决策树、支持向量机、最邻近、贝叶斯 4 种监督分类方法对高原鼠兔和高原鼢鼠两种鼠害进行分类并比较其精度, 再使用不同飞行高度下获取的遥感影像提取鼠害信息。【结果】在鼠兔鼠害信息提取中, 基于决策树分类法的总体精度为 89.00%, kappa 系数为 0.79; 支持向量机分类方法的总体分类精度为 92.00%, Kappa 系数为 0.83; 最邻近分类法的总体分类精度为 94.00%, Kappa 系数为 0.87; 基于贝叶斯分类法的混淆矩阵中得到的鼠洞的分类精度最差, 鼠洞的生产者精度与用户精度都在 78.00% 以下。在鼢鼠鼠害信息提取中, 基于决策树分类结果的总精度为 93%, Kappa 系数为 0.86; 支持向量机分类结果的总精度达到 95%, Kappa 系数为 0.90; 最邻近法的分类结果的总精度达到 97.00%, Kappa 系数为 0.95; Bayes 分类法的总体分类精度为 98.00%, Kappa 系数达到了 0.95。【结论】基于面向对象的最邻近分类法是高原鼠兔鼠害信息提取的精度最优方法, 基于面向对象的贝叶斯分类法是高原鼢鼠鼠害信息提取的最佳方法。对于飞行相对高度分别为 100 m、120 m 和 200 m 的无人机遥感影像数据, 随着飞行高度的增大, 影像的空间分辨率越低, 其分类所需要的时间、分类精度和斑块数量均呈下降趋势。

关键词: 鼠害; 低空遥感; 遥感识别; 监督分类; 若尔盖草原

DOI: 10.12105/j.issn.1672-0423.20200503

0 前言

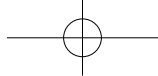
草原既是生态资源, 也是经济资源, 是发展草地畜牧业的最基本的生产资料, 也是涵养水源、防风固沙的重要生态屏障^[1]。若尔盖高寒草原位于川西高原的北部, 青藏高原东缘, 是长江、黄河重要的水源涵养地, 同时也是我国重要的草原畜牧区。近年来, 由于

收稿日期: 2020-09-10

第一作者简介: 熊瑞东 (1993—), 硕士。研究方向: 遥感与 GIS 理论与应用。Email: 1223430031@qq.com

※ 通信作者简介: 程武学 (1980—), 博士、教授。研究方向: 林业与生态遥感。Email: cwx714826@163.com

* 基金项目: 国家自然科学基金项目“藏东南冻融水力侵蚀交错带砾石空间分布格局及对土壤侵蚀影响机制”(32060370); 四川省应用基础研究项目“星机地协同的若尔盖草地鼠害遥感监测研究”(2017JY0155); 四川省应用基础研究项目“基于互联网+多阶段遥感反演的区域水稻参数逐田块监测技术研究”(2017JY0284)



气候变暖加剧、过度放牧等多种原因，沼泽、湿地萎缩，植被盖度和高度下降，水分蒸发加快，土壤湿润松软，为草原害鼠、害虫等提供了良好的生存环境，使得若尔盖地区草原鼠虫害频繁发生，导致草原退化、沙化的问题日趋严重^[2]。据四川省草原工作站监测统计，近 10 年四川省草原鼠害平均发生面积 292 万 hm^2 ，严重危害面积 187 万 hm^2 ，因鼠害而造成的草原沙化面积约 5.3 万 hm^2 ^[3]。草原鼠害呈持续偏重发生，严重影响着草原生态环境建设和草原畜牧业可持续发展，已对农牧民的生存和发展构成了一个重大隐患^[4-5]。

早期由于技术条件的限制，研究人员主要是以人工地面调查为主，主要采用设立监测站方式调查害鼠的种群数量，对鼠害情况进行分析和预测，从而对不同危害程度的地区进行针对性的防治。刘荣堂等^[6-8]在多年的野外实地调查研究基础上，采用系统分析和统计学原理，获取了大量影响鼢鼠和鼠兔种群数量变化的多种参数，采用数理统计分析的方法，成功构建了短期、中期和长期鼢鼠和鼠兔种群数量动态的预测模型，准确率高达 90% 以上。这些研究成果为鼠害防治和监测的发展奠定了基础。近年来，随着“3S”技术的兴起和发展，草地鼠害的监测和预测技术快速发展。李博等^[9]通过以我国温带草地放牧系统草畜平衡动态监测的原理与方法为基础，运用“3S”技术系统，设计和建立了动态监测的数据库与技术系统以及遥感测产和动态监测的有关模型，为便捷、高效的大面积地草地鼠害动态系统性监测研究提供了一定的科学和技术参考。周立志等^[10-11]在 Scott 相关研究的基础上，依据大沙鼠的分布环境，对环境因子进行叠加分析，预测出了其地理分布。目前，小型无人机也开始应用广泛应用于遥感行业^[12-18]，通过对无人机获取草地鼠害的分布特征，能快速、精确地获取草地鼠洞数量和分布，进行鼠害分布精确动态监测与预测预报，对草原鼠害综合防治具有重要意义和作用。探索基于无人机影像的不同种类害鼠的空间分布特征信息提取与危害程度的估算，是实现大范围的鼠害监测与预报的重要的基础。

文章利用无人机低空遥感对草地鼠害的空间分布范围和危害程度进行研究，根据不同鼠害的发生范围可以快速、精确地进行鼠害的监测、预测，分析其不同的危害程度可以采取灵活、有针对性防治措施，为鼠害的防治提供科学的治理方案。

1 研究区概况

研究区位于若尔盖湿地自然保护区内，是若尔盖高寒草地地区草原鼠害发生严重的地区之一，主要鼠害种类有高原鼠兔、高原鼢鼠等，分布在湿地退化的滩地、丘陵地带以及地势较为平坦的缓坡。选取湿地保护区的核心区、缓冲区和试验区的鼠害发生区进行航拍，航拍区海拔在 3 276~3 338 m 之间高寒草原，地势较平坦，拍摄时间为 2019 年 5 月，具体位置如图 1 所示。

经过 2017—2019 年现场勘察发现，研究区内害鼠主要有高原鼠兔和高原鼢鼠两种，在调研期间也观察到其他鼠种，但数量较少，危害较轻。该区域鼠害的地表信息主要是鼠洞和鼠丘造成的。研究区每公顷范围约分布着几十至上百个洞口，每个洞口一侧均有由挖掘盗洞抛出的裸土，相邻洞口之间互通相连，形成一个洞群，直径约 20~50 m 之间。高原鼢鼠由于挖掘盗洞会在草地上形成圆形的土堆，研究区的土丘直径在 39~119 cm

2020年10月

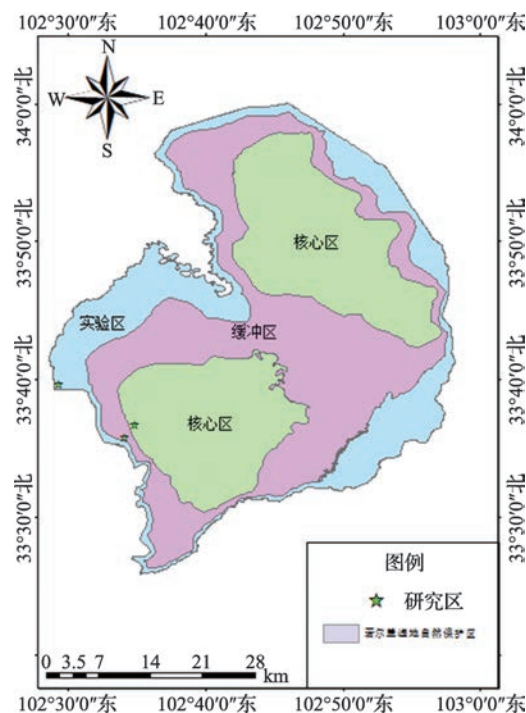


图1 研究区所在位置示意图

Fig.1 Schematic diagram of the location of the research area

之间，同时在研究区发现，迁徙过后留下的洞穴和土丘在雨水冲刷和冻融作用下，坍塌形成不同面积大小的沙丘和裸斑地。此外，害鼠大量啃食优良牧草，与家畜争食，加剧了畜草矛盾，降低了草地的载畜能力，也给畜牧业生产造成了极大的危害。

2 数据获取与处理

该文的实验地点为若尔盖湿地自然保护区的西南缘局部。试验区均位于湿地保护区内的典型鼠害区，实验区内具有明显的鼠害地表特征，两种典型的鼠种均有分布，分别选取高原鼠兔、高原鼯鼠鼠害两种鼠害典型区域进行实验，实验时间选取2019年5—10月，正值老鼠繁殖和挖掘新鼠洞的时间。

2.1 无人机数据获取与处理

该实验使用 Phantom 4 Pro 小型四旋翼无人机对实验区域进行拍摄（图2），航拍区选择地势相对平坦开阔，且无电线、高大树木以及人为的干扰。

在航线设计时，采用稳定性和兼容性较好的飞行控制软件 DJI GS Pro 和 Altizure 进行规划。为确保航片完全覆盖样地，在每条样地航线上向外扩展 100 m。根据不同种类鼠洞洞口的大小尺寸，将高原鼠兔试验区的飞行高度设置分别为 50 m、100 m、200 m，高原鼯鼠的飞行高度设置为 100 m、120 m 和 200 m。拍摄完成后利用无人机影像处理软件 Agisoft Photoscan Professional 平台，将航拍照片拼接镶嵌为数字正射影像。再通过 ArcGIS、ENVI 依次对影像进行坐标转换和统一、几何校正和配准、影像增强和裁剪等预处理。

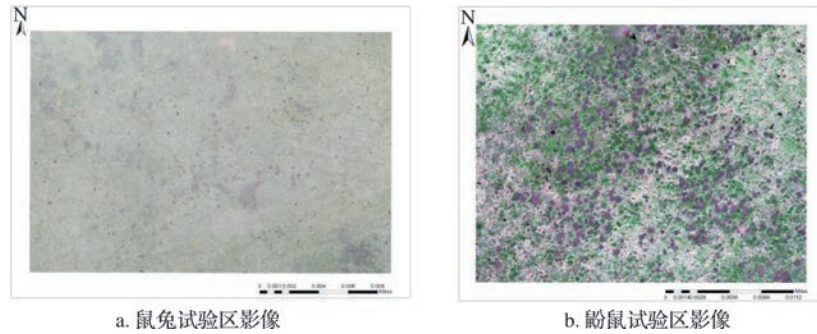


图 2 试验区无人机影像
Fig.2 UAV image of test area

2.2 地面数据获取与处理

根据实验方案的设计和不同种类鼠洞洞口的大小尺寸，在两试验区利用标尺设置多个 25 m × 25 m 的正方形小样方，采用痕迹法（痕迹法即见周围有鼠兔出现）统计样方内的鼠洞和鼢鼠土丘数量，分别用有效洞口数和新土丘数（新土丘无植被，颜色呈棕黄色）表示高原鼠兔和高原鼢鼠的相对种群密度，同时利用皮尺对样方的海拔高度、坡度、鼠洞和鼢鼠土丘洞口直径大小进行测量，并通过 GPS 仪记录经纬度坐标并使用无人机拍摄记录控制点的位置。

3 鼠害信息提取

该文基于 e Cognition 软件的面向对象分类方法，在分析光谱特征的基础上，利用鼠洞和鼢鼠土丘在几何特征、纹理特征方面的差异，提取鼠害的地表信息。因鼠兔样区的影像空间分辨率达到了 0.015 m，考虑到鼠兔洞穴的大小与影像分辨率较高对计算机运算量的影响，故选取了 25 m × 25 m 的样地作为高原鼠兔和高原鼢鼠的实验区域。

3.1 高原鼠兔信息提取

由于鼠害地表信息的复杂性和对象的不规则性，采用基于多尺度的影像分割方法对无人机影像进行分割。最佳尺度的选择是鼠害地表信息提取的前提和重要步骤，在 eCognition9.0 软件中导入飞行高度为 100 m 的无人机鼠害影像，通过最优尺度评价工具 ESP 初步遴选出最优尺度的范围。在 ESP 工具中将分割参数形状因子权重设为 0.6，紧致度因子权重为 0.4，光谱因子中红、绿、蓝波段权重分别设为 1，起始分割尺度为 2，递进长设为 1，进行分割尺度实验。所得出的分割结果如下图 2 所示。

根据实地调查的鼠洞尺寸数据，对初步遴选出的 9、12、28 这 3 个最佳分割尺度进一步实验，在尺度设为 9 时，分割的斑块数量增多，鼠洞出现过度分割，当分割尺度设为 12 时，斑块数量减少，鼠洞分割情况较好当分割尺度设为 28 时，分割的斑块数量急剧减少，部分鼠洞出现欠分割甚至未分割情况，其他地物（草地和裸地）也未能很好区分出来。因此分割尺度 12 是无人机影像的多尺度分割最佳尺度。通过上述综合分析，选择多尺度分割最佳参数为 Scale（尺度）：12，Shape（形状因子）：0.6，Compactness（紧致度因子）：0.4 为确定最优的分割参数。

2020年10月

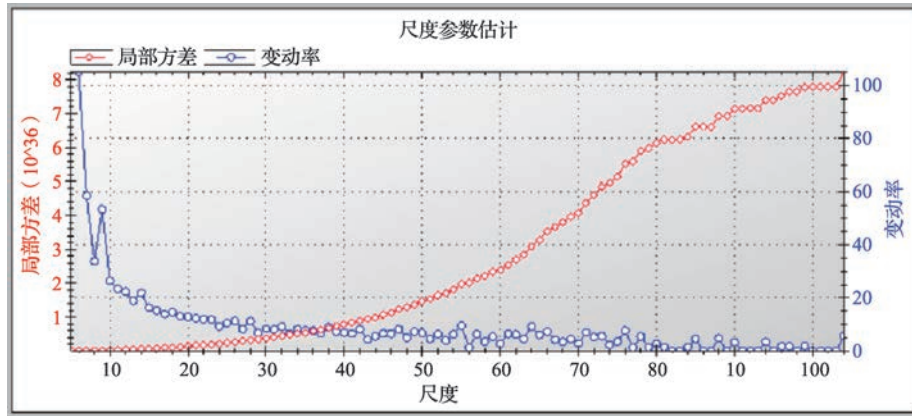


图3 鼠兔无人机影像 ESP 尺度分割评价图

Fig.3 UAV image ESP scale segmentation evaluation map of pika

通过面向对象的4种分类方法（CART决策树分类法、支持向量机法、最邻近分类法、贝叶斯分类法）对基于无人机遥感影像数据进行高原鼠兔鼠害信息的提取，效果图和提取精度如图3（其中绿色表示草地、红色表示高原鼠兔的鼠洞、黄色代表裸地）和表1~4所示。

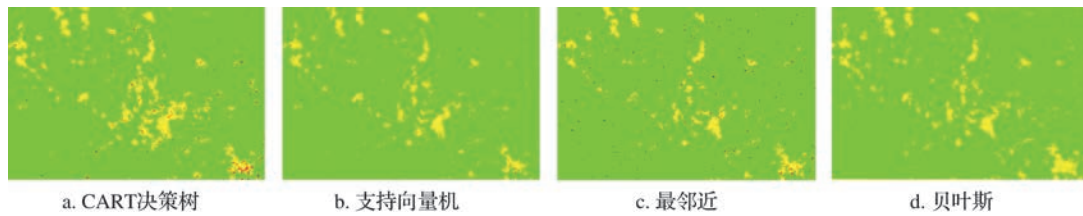


图4 基于4种分类的对鼠兔鼠害信息提取结果

Fig.4 Results of information extraction of pika and rat damage based on 4 classifications

表1 基于决策树分类法的鼠兔识别精度评价

Table 1 Evaluation of pika recognition accuracy based on decision tree classification method

类别	裸地	草地	鼠洞	总样本数	用户精度
裸地	416	57	9	482	0.86
草地	20	1 075	0	1 095	0.98
鼠洞	69	47	130	246	0.53
总样本数	505	1 179	139		
生产者精度	0.82	0.91	0.94		
总体精度	0.89	Kappa 系数	0.79		

表2 基于支持向量机分类法的鼠兔识别精度评价

Table 2 Evaluation of pika recognition accuracy based on support vector machine classification

类别	裸地	草地	鼠洞	总样本数	用户精度
裸地	434	27	9	470	0.92
草地	69	1 146	39	1 254	0.91
鼠洞	2	6	91	99	0.92
总样本数	505	1 179	139		
生产者精度	0.86	0.97	0.66		
总体精度	0.92	Kappa 系数	0.83		

表 3 基于最邻近分类法的鼠兔识别精度评价

Table 3 Evaluation of pika recognition accuracy based on nearest neighbor classification

类别	裸地	草地	鼠洞	总样本数	用户精度
裸地	432	25	1	458	0.94
草地	68	1 141	2	1 211	0.94
鼠洞	5	13	136	154	0.88
总样本数	505	1 179	139		
生产者精度	0.86	0.97	0.98		
总体精度	0.94	Kappa 系数	0.87		

表 4 基于贝叶斯分类法的鼠兔识别精度评价

Table 4 Evaluation of pika recognition accuracy based on Bayesian classification

类别	裸地	草地	鼠洞	总样本数	用户精度
裸地	465	25	85	595	0.78
草地	37	1 130	9	1 176	0.96
鼠洞	3	4	45	52	0.87
总样本数	505	1 179	139		
生产者精度	0.92	0.96	0.32		
总体精度	0.90	Kappa 系数	0.80		

通过分类效果图与基于验证样本得到的精度对比分析,显示影像分类结果整体较好,总体精度均在 0.85 以上;从高原鼠兔无人机影像总体分类精度角度来分析,发现最邻近分类法获取的分类效果最佳,精度最高。说明最邻近分类法能够充分利用空间辅助信息,对影像的多个特征变量进行选择组合,识别繁多而有效的信息,从而实现未知数据的分类、预测和挖掘其中的优势。故基于面向对象的最邻近分类法是高原鼠兔鼠害信息提取的最优方法模型。

不同飞行高度下获取的遥感影像具有不同的空间分辨率,不同分辨率的遥感影像获取的地物特征、所承载的地物信息量不同,在提取的精度上同样存在差异。

表 5 不同分辨率下高原鼠兔鼠害信息提取精度

Table 5 Accuracy of information extraction of plateau pika at different resolution

飞行高度 (m)	空间分辨率 (m)	分类时间 (s)	总体分类精度		鼠洞分类精度		斑块数量		
			总体精度	Kappa 系数	制图精度	Kappa 系数	总的斑块数量 (个)	鼠洞数量 (个)	裸地斑块数量 (个)
50	0.006	7 394	0.985	0.971 7	0.976	0.963 6	922	472	449
100	0.015	639	0.976	0.951 6	0.963 8	0.950 5	586	382	129
200	0.058	58	0.963 4	0.913 1	0.901 4	0.881 1	211	171	38

2020年10月

由表5可知，基于50 m、100 m和200 m的不同分辨率数据，提取的结果总体精度与斑块数量和分类时间之间具有明显的规律，可以看出随着影像空间分辨率的降低，其总体分类精度、鼠洞提取精度以及Kappa系数逐渐降低。

3.2 高原鼢鼠信息提取

在ESP工具中将分割参数形状因子权重设为0.6，紧致度因子权重为0.4，光谱因子中红、绿、蓝波段权重分别设为1，起始分割尺度为5，递进步长设为1，进行分割尺度实验。

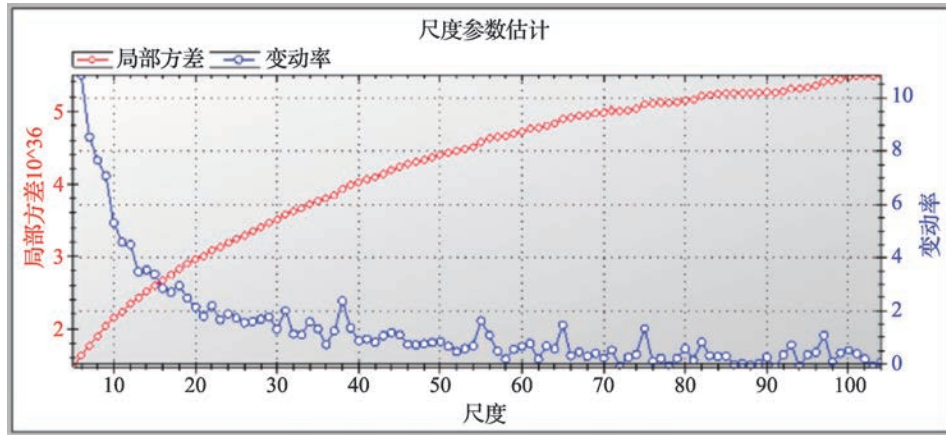


图5 鼢鼠无人机影像 ESP 尺度分割评价图
Fig.5 UAV image ESP scale segmentation evaluation map of zokor

从ESP分割结果可知，方差变化率（ROC）曲线呈现的变化峰值所对应分割尺度（Scale）主要有18、22、31、38、55、65、75、97。根据实地调查的鼠丘尺寸数据，对初步遴选出的18、22、31这3个最佳分割尺度进一步实验，在尺度设为18时，分割的斑块数量增多，鼠丘出现过度分割；当分割尺度设为22时，斑块数量减少，鼢鼠土丘分割情况较好当分割尺度设为31时；分割的斑块数量急剧减少，部分土丘出现欠分割甚至未分割情况，其他地物（草地和裸地）也未能很好区分出来。因此选择多尺度分割最佳参数为Scale（尺度）：22，Shape（形状因子）：0.6，Compactness（紧致度因子）：0.4。

采用CART决策树、支持向量机、最邻近法和贝叶斯四种分类方法，对基于无人机遥感影像数据进行鼠害信息的提取，效果图和精度评价如图5（其中绿色表示草地、红色表示高原鼢鼠的土丘、黄色代表裸地）、表6、7、8、9所示。

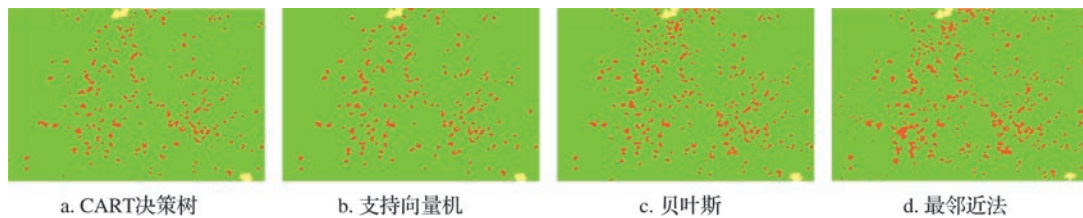


图6 使用4种分类方法对鼢鼠鼠害信息提取结果
Fig.6 The results of using four classification methods to extract information from zokor and rodent damage

表 6 基于决策树分类法的鼯鼠识别精度评价

Table 6 Evaluation of zokor recognition accuracy based on decision tree classification method

类别	裸地	鼠丘	草地	总样本数	用户精度
裸地	44	0	0	44	1
鼠丘	0	150	3	153	0.98
草地	6	34	351	391	0.90
总样本数	50	184	354		
生产者精度	0.88	0.82	0.99		
总体精度	0.93	Kappa 系数	0.86		

表 7 基于支持向量机分类法的鼯鼠识别精度评价

Table 7 Evaluation of zokor recognition accuracy based on support vector machine classification method

类别	裸地	鼠丘	草地	总样本数	用户精度
裸地	38	0	0	38	1
鼠丘	3	177	9	189	0.94
草地	9	7	345	361	0.96
总样本数	50	184	354		
生产者精度	0.76	0.96	0.98		
总体精度	0.95	Kappa 系数	0.90		

表 8 基于最邻近分类法的鼯鼠识别精度评价

Table 8 Evaluation of zokor recognition accuracy based on the nearest neighbor classification method

类别	裸地	鼠丘	草地	总样本数	用户精度
裸地	44	0	0	44	1
鼠丘	0	180	5	185	0.97
草地	6	4	349	359	0.97
总样本数	50	184	354		
生产者精度	0.88	0.98	0.99		
总体精度	0.97	Kappa 系数	0.95		

表 9 基于贝叶斯分类法的鼯鼠识别精度评价

Table 9 Evaluation of zokor recognition accuracy based on bayesian classification

类别	裸地	鼠丘	草地	总样本数	用户精度
裸地	44	0	0	44	1
鼠丘	2	180	4	186	0.97
草地	4	4	350	358	0.98
总样本数	50	184	354		
生产者精度	0.88	0.98	0.99		
总体精度	0.98	Kappa 系数	0.95		

2020年10月

由分类效果图与基于验证样本得到的精度对比分析，精度评价显示影像分类结果整体较好，总体精度均在 0.90 以上；分类结果都达到了高度的一致性，其中贝叶斯分类方法精度明显高于其他分类算法，无论是从总体分类精度分析还是从制图精度分析，基于支持向量机法、最邻近法和决策树分类法提取结果均低于基于贝叶斯分类法。其总体分类精度为 0.98，Kappa 系数达到了 0.95，完全满足后续的高原鼯鼠鼠害信息提取，故基于面向对象的贝叶斯分类法是高原鼯鼠鼠害信息提取的最优方法模型。

表 10 不同分辨率下高原鼯鼠鼠害信息提取精度

Table 10 Accuracy of information extraction of plateau zokor rodent damage at different resolutions

飞行高度 (m)	空间分辨率 (m)	分类时间 (s)	总体分类精度		鼯鼠土丘分类精度		
			总体精度	Kappa 系数	制图精度	Kappa 系数	土丘数量 (个)
100	0.013	8 364	0.970 5	0.958	0.960 2	0.957 2	236
120	0.015	759	0.967 8	0.951 9	0.932 3	0.910 9	226
200	0.053	235	0.951 7	0.784 8	0.738 7	0.704 5	198

根据表 10 可以看出，对于飞行相对高度分别为 100 m、120 m 和 200 m 的无人机遥感影像数据，其提取的总体精度和鼯鼠土丘分类精度与影像的空间分辨率之间具有明显的规律。随着飞行高度的降低，其总体分类精度、Kappa 系数和鼠丘分类精度逐渐升高，同时，随着提取到的鼯鼠土丘数量逐渐增加，计算机运算量增大，其分类所消耗的时间成增长。由此可知，影像的空间分辨率的越高，获取的地物信息量越大，高原鼯鼠的鼠丘提取精度越高。

4 结论

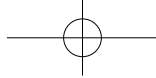
该文采用 CART 决策树、贝叶斯、支持向量机和最近邻 4 种分类方法分别对高原鼠兔和高原鼯鼠的鼠害地表信息进行提取。并通过实测样方数据进行精度验证，最后对比分析得出。

(1) 基于面向对象的最邻近分类法是高原鼠兔鼠害地表信息提取的最优方法模型。以飞行高度分别为 50 m、100 m 和 200 m 为例，利用不同空间分辨率的遥感影像进行鼠洞信息的提取分析得出，随着飞行高度的降低，鼠洞和裸地的边缘信息逐渐清晰和丰富，洞口较小的鼠洞和细碎的裸地被识别，越接近实际鼠洞形状和大小，总体分类精度、鼠洞提取精度以及 Kappa 系数逐渐升高，总斑块的数量、鼠洞数量、裸斑地的数量均呈现逐渐增多的趋势。与此同时，随着影像分辨率的提高，地物类型和特征信息增多，鼠洞周围的分布的湿牛粪和一些较小的裸土斑被误提，会造成鼠洞洞口的大小和高估。从分类时间的角度，可以看出当飞行高度越低，其分类所需的时间成倍增加，计算机的运算量增大。通过鼠害综合信息多个指标的衡量，发现影像分辨率对于高原鼠兔鼠害信息的提取结果有重要影响。

(2) 基于面向对象的贝叶斯分类法是高原鼢鼠鼠害地表信息提取的最优方法模型。以 100 m、120 m 和 200 m 为例, 利用不同空间分辨率的遥感影像进行鼠洞信息的提取, 随着飞行高度的降低, 地物类型和特征信息增多、鼠丘的边缘信息逐渐清晰和丰富、周围的土丘边缘被提取和识别、鼠丘的形状也发生了变化。随着鼠丘斑块的面积不断增大, 提取到的鼢鼠土丘数量逐渐增加, 总体分类精度、Kappa 系数和鼠丘分类精度逐渐升高。但是当影像分辨率提高时, 鼠丘周围的分布的裸土斑被误提, 造成鼠丘的数量的高估, 使得计算机运算量增大, 其分类所消耗的时间成倍的增长。总的来说, 空间分辨率的差异对鼠害信息的提取结果有着明显影响, 影像的空间分辨率的越高, 获取的地物细节越丰富, 高原鼢鼠的鼠丘提取精度越高, 但分类所需的时间成倍增加, 故在影像数据的选择方面需要综合考虑。

参考文献

- [1] 洪军, 负旭疆, 林峻, 等. 我国天然草原鼠害分析及其防控. 中国草地学报, 2014, 36(3): 1-4.
- [2] 李成文. 草原生态治理综合技术研究. 农业开发与装备, 2018(7): 61.
- [3] 赵磊, 严东海, 张绪校, 等. 四川省草原鼠害现状与防控技术进展. 草业与畜牧, 2015(4): 3-7.
- [4] 钟文勤, 樊乃昌. 我国草地鼠害的发生原因及其生态治理对策. 生物学通报, 2002, 37(7): 1-5.
- [5] 吕子君, 卢欣石, 辛晓平. 中国北方草原沙化现状与趋势. 草地学报, 2005, 13: 24-27.
- [6] 刘荣堂, 赵义海. 高原鼢鼠种群数量预测模型 (II). 草业科学, 1998, 15(5): 23-26
- [7] 刘法央, 刘荣堂. 长爪沙鼠种群动态预测模型的研究. 甘肃农业大学学报, 1996(2): 21-22.
- [8] 刘荣堂, 刘发央. 高原鼠兔种群数量灰色预测模型的研究. 兰州大学学报 (自然科学版), 1997, 33(专辑): 190-196.
- [9] 李博, 史培军, 林小泉. 中国温带草地草畜平衡动态监测系统的研究. 干旱区资源与环境, 1993(3): 269-274.
- [10] 周立志, 马勇, 李迪强. 大沙鼠在中国的地理分布. 动物学报, 2000, 46(2): 130-137.
- [11] Scott J M, Davis F, Csuti B, et al. Gap analysis: a geographical approach to protection of biological diversity. *Wildlife Monographs*, 1993, 123: 1-41.
- [12] 李宗南, 陈仲新, 王利民, 等. 基于小型无人机遥感的玉米倒伏面积提取. 农业工程学报, 2014, 30(19): 207-213.
- [13] 宜树华, 陈建军, 秦彧. 无人机航拍在青藏高原高寒草地生态系统研究中的初步应用. 西南民族大学学报 (自然科学版), 2016, 42(1): 1-7.
- [14] 张正健, 李爱农, 边金虎, 等. 基于无人机影像可见光植被指数的若尔盖草地上生物量估算研究. 遥感技术与应用, 2016, 31(1): 51-62.
- [15] 杨柳, 陈延辉, 岳德鹏, 等. 无人机遥感影像的城市绿地信息提取. 测绘科学, 2017, 42(2): 59-64.
- [16] 刘忠, 万炜, 黄晋宇, 等. 基于无人机遥感的农作物长势关键参数反演研究进展. 农业工程学报, 2018, 34(24): 60-71.
- [17] 花蕊, 周睿, 王婷, 等. 基于无人机遥感的高寒草原沙化模型及等级划分. 中国沙漠, 2019, 39(1): 26-33.
- [18] 刘雅婷, 龚龔, 段博, 等. 多时相 NDVI 与丰度综合分析的油菜无人机遥感长势监测. 武汉大学学报 (信息科学版), 2020, 45(2): 265-272.



Research on extraction of rodent damage information in Alpine Grassland based on UAV images

Xiong Ruidong¹, Cheng Wuxue^{1*}, Xiong Yudan¹, Di Wei¹, Wei Jiaxuan¹, Wang Yongxiang¹,
Liu Ke², Luo Guangrong³

(1. School of Geography and Resource Science, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China; 2. Institute of Remote Sensing Application, Sichuan Academy of Agricultural Sciences/Chengdu Branch of Remote Sensing Application Center of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Chengdu 610066, China; 3. Sclr Breeding Farm, Sichuan Tibetan and Qiang Autonomous Prefecture of Aba Prefecture 624401, China)

Abstract: [**Purpose**] Grassland rodent damage is an important factor affecting the ecological balance of grassland. This study is based on low-altitude remote sensing images to explore the best plan and resolution for extracting rodent damage information. [**Method**] Use CART decision tree, support vector machine, nearest neighbor, and Bayesian supervised classification methods to classify and compare the accuracy of the high-resolution UAV orthophotos of the plateau pika and plateau zokor. Use remote sensing images acquired at different flying altitudes to extract information on rodent damage. [**Result**] When extracting pika and rat damage information, the overall accuracy of the decision tree classification method is 89.00%, and the kappa coefficient is 0.79; the overall classification accuracy of the support vector machine classification method is 92.00%, and the Kappa coefficient is 0.83; the overall nearest neighbor classification method The classification accuracy is 94.00%, and the Kappa coefficient is 0.87; the classification accuracy of the mouse hole obtained from the confusion matrix based on Bayesian classification is the worst, and the accuracy of the producer and the user of the mouse hole are both below 78.00%. When extracting the information of zokor and rodent damage, the total accuracy of the classification results based on the decision tree is 93%, and the Kappa coefficient is 0.86; the total accuracy of the support vector machine classification results is 95%, and the Kappa coefficient is 0.90; the total classification results of the nearest neighbor method The accuracy is 97.00%, and the Kappa coefficient is 0.95; the overall classification accuracy of the Bayes classification method is 98.00%, and the Kappa coefficient is 0.95. [**Conclusion**] The object-oriented nearest neighbor classification method is the best method for the accuracy of the plateau pika and rodent damage information extraction, and the object-oriented Bayes classification method is the best method for the plateau zokor rodent damage information extraction. For three types of UAV remote sensing image data with relative flight altitudes of 100 m, 120 m, and 200 m, as the flight altitude increases, the spatial resolution of the image decreases, and the time required for classification, classification accuracy, and number of patches are all Shows a downward trend.

Key words: rodent damage; low altitude remote sensing; remote sensing recognition; supervised classification; Zoige grassland