

多分类器融合的遥感影像分类方法实验研究

孙皓¹, 甘淑^{1,2}, 袁希平^{2,3}

(1. 昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650093;

2. 云南省高校高原山区空间信息测绘技术应用工程研究中心, 云南 昆明 650093;

3. 滇西应用技术大学, 云南 大理 671000)

摘要: 在遥感影像分类应用中, 使用不同种类的分类器对原始图像进行操作所得出的分类结果的分类精度和效率都是不同的, 设计完成多分类器融合分类实验, 实验可以将不同种单一分类器的优点用适当的方法进行组合, 从而获得比单一分类器分类精度和效率更好的分类方法. 在此基础上采用投票原理设计抽象级融合的多分类器并完成实验. 设计结果表明: 多分类器融合的遥感影像分类方法在精度上要比单一分类器的分类精度高.

关键词: 遥感影像分类; 单一分类器; 多分类器融合; 精度评价

中图分类号: TP751 **文献标志码:** A **文章编号:** 1008-9268(2020)05-0108-05

0 引言

我国国土辽阔但土地使用资源却很贫瘠, 土地的利用方式仍然存在着缺陷呈现出多方式、多水平并存的状态, 土地使用方式的变更程度以及形式尤其严峻. 20 世纪 90 年代众多研究人员发现了单一分类器在分类结果上存在着片面性和不可靠性^[1-2].

分类器的设计目的是在运行相应的程序后, 将同种类别的地物归入到一个类别中, 分类器在复杂程度上分为多分类器和单一分类器两种类别. 现如今在追求分类器的精度和分类效率的基础之上, 更需要去考虑将两种或者两种以上单一分类器进行融合实验制造出新的多分类器. 早在 2002 年时, Lorenzo 就使用投票法对遥感影像进行了分类, 经过分类的遥感影像得出的各项数据都十分可观. 使用合适的融合方式对遥感图像分类结果的精度和效率会有十分可观的提高. 多分类器融合遥感影像分类方法创新点在于解决了众多单一分类器中存在的明显差异性和片面性, 高效地将众多单一分类器的优点相结合, 弥补了单一分类器缺陷, 增强了

互补性, 这种通过融合单一分类器而产生的新的多分类器明显地提高了遥感影像的分类精度和效率, 间接提高了对土地使用情况数据的真实性^[3,4].

1 实验数据的选取

本实验选取影像中地类较为丰富的区域作为研究区, 选取影像中三个波段的遥感影像如图一所示, 使用现状分别包含居民地、农田 1、农田 2、菜地四类. 选取研究区遥感影像四种典型地类的像元值作为训练样本, 每个地类选择十二个像元, 各个地类选取像元的像元亮度值如表 1 所示.



图 1 原始影像

收稿日期: 2020-06-28

资助项目: 国家自然科学基金(41561083, 41861054); 云南省自然科学基金(2015FA016)

通信作者: 甘淑 E-mail: 1193887560@qq.com

表 1 各波段像元值

样本 编号	地类											
	菜地			居民地			农田 1			农田 2		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	64	34	47	49	55	38	86	23	30	55	36	20
2	63	42	51	63	61	41	85	19	24	55	39	33
3	56	38	43	67	36	35	87	21	31	52	37	20
4	62	40	42	60	54	35	95	21	33	50	43	21
5	57	42	44	64	53	47	83	19	26	58	40	25
6	62	40	48	60	58	56	87	19	28	55	40	26
7	59	41	50	51	58	45	95	17	27	59	38	22
8	52	45	53	57	56	33	88	23	29	52	38	25
9	59	45	54	56	45	33	96	16	28	51	40	19
10	70	45	58	66	50	47	82	22	32	65	28	24
11	60	51	67	57	49	42	84	21	28	51	37	21
12	64	36	45	51	48	40	84	22	28	51	41	17

2 分类器分类实验

2.1 实验方案设计

本次实验注重单一分类器和多分类器对遥感影像分类结果的精度与效率对比,由于农田 1 和农田 2 两种农田只是耕种的作物存在差异,所以实验将两种农田合成一种地类统称农田,实验研究对象选取三种分别为农田、菜地以及居民地。

- 1) 三种单一分类器遥感影像分类实验;
- 2) 投票法分类器遥感影像分类实验;
- 3) 单一分类器和多分类器遥感影像分类结果

精度评价。

2.2 遥感影像分类预处理

通过现场采集生成的遥感影像会存在瑕疵,进行遥感影像分类之前可以先对原始影像进行中值滤波,以实现实验预期效果^[5]。

2.3 单一分类器实验

2.3.1 欧式距离分类法

遥感影像分类实验中采用欧式距离分类法步骤:

1) 选择欲分类的地区,通过目视解译结合土地利用现状规范确定使用地类别:菜地、居民地和农田。根据表 1 中各类别各波段的数值利用 mean 函数,以类别为单位逐个计算 1 波段、2 波段和 3 波段的像元平均值 $mean(k_j, x_i)$,其中 $j=1, 2, 3, 4, i=1, 2, 3$;计算数据如表 1 所示。

2) 计算完毕后根据计算结果使用 Matlab 编写

欧式距离法的遥感影像分类程序,利用所编程序对预定的遥感影像进行分类,并且得出分类结果如图 2 所示^[6-7]。



图 2 欧式距离分类法分类结果图

2.3.2 最大似然法分类法

遥感影像分类实验中采用最大似然分类法分类步骤:

1) 选择欲分类的地区,通过目视解译结合土地利用现状规范确定使用地类别为菜地、居民地和农田。

2) 根据表中各类别各波段的数值:

① 以类别为单位逐个计算 1 波段、2 波段和 3 波段的像元和 $sum(k_j, k_i)$ 、平方值 $mean(k_j, k_i)$,和每波段每类的平方和 $sum(k_j, x_i)^2$ 其中 $j=1, 2, 3, 4, i=1, 2, 3$ 。

② 以类别为单位计算每两个波段的乘积和 $mutip(k_j, k_i, k_n)$ (i 与 n 不相等) 共得出六组数据,计

算出每个波段上的波段异类和 $\text{sum}(x,k)$ 并算出波段异类均值 $\text{mean}(x_i,k)$, 其中 $j=1,2,3,4, i,n=1,2,3$.

③以波段为单位计算出每一类别的内离差平方和 $W(k_j, x_i, x_i)$, 并算出每一类别中每两个波段的偏差乘积和 $w(k_j, x_i, x_n)$, 由计算所得组成内协方差矩阵 $w(k_j)$, 其中 $j=1,2,3,4, i,n=1,2,3$, (i 与 n 不相等).

④计算出各个类别总的协方差矩阵 S 和逆矩阵 S^{-1} , 并计算出各类别的稀疏向量 c_j 和常数项 c_{0j} , 其中 $j=1,2,3,4$.

3) 根据计算结果使用 Matlab 编写贝叶斯分类法的遥感影像分类程序, 并利用 Matlab 编写的程序对预定的遥感影像进行分类, 并且得出分类结果如图 3 所示^[8-9].

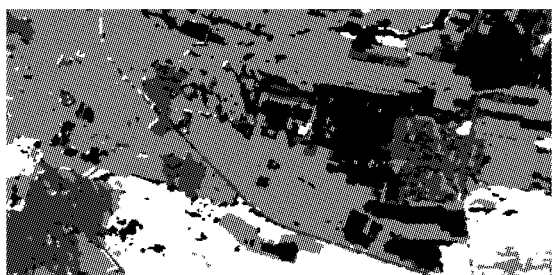


图3 最大似然分类法分类结果图

2.3.3 BP神经网络分类法

遥感影像分类实验中采用 BP 神经网络分类法分类步骤:

1) 通过目视解译结合土地利用现状规范确定使用地类别为菜地、居民地和农田。

2) 根据表中各类别各波段的数值使用 Matlab 编写 BP 神经网络分类法的遥感影像分类程序。

3) 利用 Matlab 编写的程序对预定的遥感影像进行分类, 并且得出分类结果如图 4 所示, 图 5 为 BP 神经网络经过训练得出的误差曲线图。

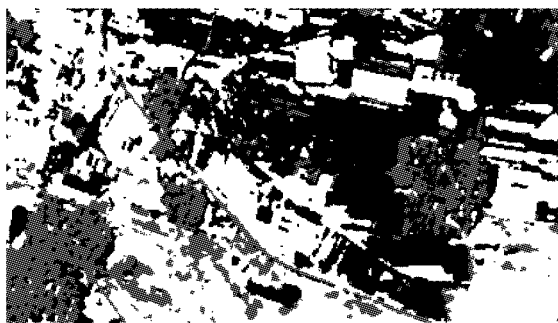


图4 BP神经网络分类结果

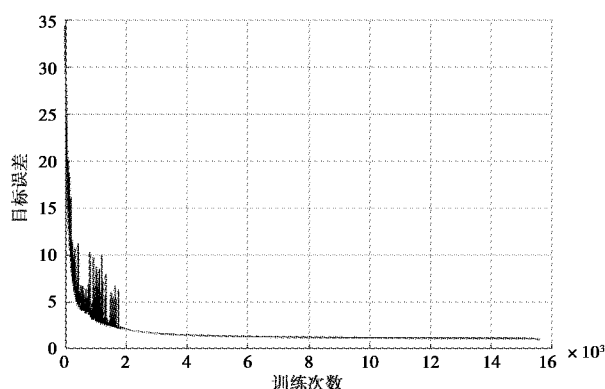


图5 误差曲线

2.4 多分类器实验

2.4.1 测量级融合投票法

投票法 (Voting) 是以“少数服从多数”为基本原则建立起来的遥感影像多分类融合器, 将每个像元经过各个单一分类器分类之后所属类别进行统计, 每个像元被分到各个类别的单一分类器数作为票数, 然后把各个像元归入到得票数最高的类别中, 如果有两个类别或者更多类别得票数相同时, 就需要将该像元放到随机选择一个类别中. 遥感影像分类实验中采用投票法分类步骤:

1) 选择欲分类的地区, 通过目视解译结合土地利用现状规范确定使用地类别为菜地、居民地和农田。

2) 根据三种单一分类器原理以及三种单一分类器的分类结果使用 Matlab 编写投票法的遥感影像分类程序, 利用 Matlab 编写的程序对预定的遥感影像进行分类, 并且得出分类结果如图 6 所示^[10-12].

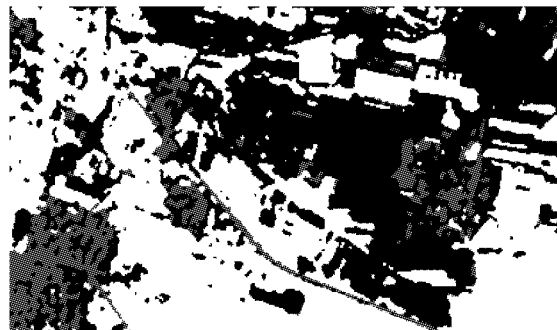


图6 投票法分类结果图

2.5 分类后处理

任何一种遥感影像分类法, 都是按照遥感影像光谱特征的相似性和差异性来进行分类, 所以在分

类后的影像中都会出现噪声. 为优化实验效果, 本次实验中选用中值滤波法来实现降噪.

3 分类器精度评价与对比分析

精度对比实验使用 ENVI 5.2 软件, 首先将四种分类器的分类结果图导入软件中, 然后新建一个图层命名为新建点图层, 最后在新建图层上选择一组独立的像素样本, 从原始影像中随机抽取 100 个特征点并将这 100 个特征点按 1~100 进行标号, 选择的特征点位置的方法是随机采样以证明实验结果的可靠性, 以每个单一分类器为单位将分类结果和原始影像进行对比, 检查这 100 个特征点是否分类正确. 根据对分类结果检查所得的统计结果分别计算出每一种分类器的总体分类精度、生产者精度和使用者精度, 并且得出每一种单一分类器的混淆矩阵和 Kappa 系数来进行比较, 如表 2~5 所示^[13-15].

表 2 欧氏距离分类法结果

分类类别	实际类别				
	农田	菜地	居民地	行和	用户精度
农田	55	2	3	60	91.7%
菜地	1	23	2	26	88.4%
居民地	0	6	8	14	57.1%
列和	57	31	12	100	
生产精度	96.4%	74.1%	66.7%		
总体精度:86.0% Kappa 系数:0.750					

表 3 最大似然分类法结果

分类类别	实际类别				
	农田	菜地	居民地	行和	用户精度
农田	52	3	5	60	86.7%
菜地	1	24	1	26	92.3%
居民地	3	3	8	14	57.1%
列和	57	29	14	100	
生产精度	91.2%	82.8%	57.1%		
总体精度:84.0% Kappa 系数:0.716					

表 4 BP 神经网络分类法结果

分类类别	实际类别				
	农田	菜地	居民地	行和	用户精度
农田	37	12	11	60	61.7%
菜地	0	25	1	26	96.1%
居民地	0	4	10	14	71.4%
列和	37	41	22	100	
生产精度	100.0%	61.0%	45.5%		
总体精度:72.0% Kappa 系数:0.563					

表 5 投票法分类结果

分类类别	实际类别				
	农田	菜地	居民地	行和	用户精度
农田	56	1	3	60	93.3%
菜地	3	22	1	26	88.0%
居民地	1	2	10	14	71.4%
列和	60	25	14	100	
生产精度	93.3%	84.6%	45.5%		
总体精度:88.0% Kappa 系数:0.784					

4 结 论

欧氏距离分类器、最大似然分类器和 BP 神经网络分类器的设计及实验, 经过精度评价得出欧氏距离分类器、最大似然分类器和 BP 神经网络分类器的 Kappa 系数依次为 0.750、0.716 和 0.563, 总体分类精度依次为 86.0%、84.0% 和 72.0%. 在此基础上采用投票原理设计抽象级融合的多分类器并完成实验, 经过精度评价得出投票法的 Kappa 系数为 0.784, 总体分类精度为 88.0%. 设计结果表明: 多分类器融合的遥感影像分类方法在精度上要比单一分类器的分类精度高. 并经过实验数据分析发现投票法对于农田分类精度最高.

在现如今遥感技术的发展上对于遥感影像的分类精度的要求已经是必不可少的研究课题, 根据本实验结论对于遥感影像分类精度的提高研究应从多分类器入手. 实验中还需使用更多的单一分类器进行搭配融合得出分类精度更高的多分类器.

参考文献

- [1] 向和平. 基于 GIS 的遥感影像快速浏览系统的设计与实现[D]. 苏州: 苏州大学, 2012.
- [2] 胡德勇, 邓磊, 林文鹏. 遥感图像处理原理与方法[M]. 北京: 测绘出版社, 2014: 94.
- [3] 曹扬, 洪金益. 基于统计分析的遥感图像分类方法[J]. 西部探矿工程, 2008, 20(4): 130-133.
- [4] 姚一飞, 王浩, 张安. 遥感图像分类方法综述[J]. 魅力中国, 2011(2): 399-400.
- [5] 皮亦鸣, 杨建宇, 付毓生, 等. 合成孔径雷达成像原理[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2007: 112.
- [6] 游代安, 蒋定华, 余旭初. GIS 辅助下的 Bayes 法遥感影像分类[J]. 测绘学院学报, 2001, 18(2): 113-117.
- [7] 贺永会. 基于 BP 神经网络模型的软件开发项目风险管理研究[D]. 济南: 山东大学, 2014.
- [8] 张丹. 基于多分类器融合的遥感影像分类方法研究[D]. 辽宁: 辽宁工程技术大学, 2009.

[9] RICHARDS J A. 遥感数字图像分析导论[M]. 5 版. 北京:电子工业出版社,2015:76.

[10] 张良培,张立福. 高光谱遥感[M]. 武汉:测绘出版社, 2011.

[11] 任国贞. 基于灰度共生矩阵的纹理提取及分类研究 [D]. 青岛:山东科技大学,2015.

[12] RICHARDS J A. 遥感数字图像分析导论[M]. 北京: 电子工业出版社,2015:45.

[13] 潘勇. 多分类器组合方法在基于遥感图像的土地利用 分类方面的应用[J]. 数字技术与应用,2010(12):77- 77.

[14] 杨月江,修桂华. 管理信息系统实用教程[M]. 北京: 北京大学出版社,2007:78.

[15] GERSHON N, EICK S G, CARD S. Information

Visualization. New York ACM Siggraph 98 course [J]. ACM interaction, 1998, 5 (2): 9-15. DOI: 10. 1145/274430. 274432.

作者简介

孙皓 (1996—),男,硕士,研究方向为热红外 遥感.

甘淑 (1964—)女,博士,教授,博士生导师, 研究方向为资源环境管理及 3S 技术应用领域研究 工作.

袁希平 (1965—),男,博士,博士生导师,主 要从事资源环境和 3S 技术研究.

Design and implementation of remote sensing image classification program based on multi-classifier fusion

SUN Hao,GAN Shu,YUAN Xiping

(1. School of Land and Resources Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China; 2. Yunnan Institute of Engineering Research and Application of Plateau Mountain Spatial Information Surveying and Mapping Technology, Kunming 650093, China; 3. West Yunnan University of Applied Sciences, Dali 671000, China)

Abstract: In the application of remote sensing image classification, the classification accuracy and efficiency of the classification results obtained by using different kinds of classifiers to operate on the original image are different. In this paper the multi classifier fusion classification experiment are designed and completed. The experiment can combine the advantages of different single classifiers with appropriate methods, so as to obtain better classification accuracy and efficiency than single classifier Method. On this basis, the voting principle is used to design the multi classifier of abstract level fusion and complete the experiment. The design results show that the classification accuracy of multi classifier fusion is higher than that of single classifier.

Keywords: classification of remote sensing images; single classifier; multiple classifiers fusion; accuracy evaluation



欧空局寻求演示 5G 定位授时能力

【据美国 GPS 世界网站 10 月 12 日报道】近日,欧空局(ESA)发布需求,演示 5G 蜂窝网络支持定位和授时应用能力。5G 可提供更高速、更大容量、超低延迟通信服务,将为定位、导航、授时(PNT)带来更多新的可能。ESA 计划实施试点项目,演示 5G PNT 解决方案。主要面向以下方面:1)面向工业 4.0 的室内 PNT,支持有室内户外环境转换需求的智慧仓库、工厂或智慧城市应用的运行;2)有特殊安全需求的、卫星导航备份系统户外应用,比如自动驾驶等;3)无论室内还是室外,都具有很高时间、频率同步需求的应用,比如智能电网,或者 5G 网络本身。这些试点项目将由 ESA 导航创新和保障计划(NAVISP)提供支持。尽管卫星导航在室外环境中效果极佳,但是只要 5G 网络覆盖的地方,5G PNT 就可将 PNT 服务范围拓展到高楼林立的城市峡谷深处。卫星导航和 5G 的结合将带来更加高性能、安全、弹性、无缝的 PNT 服务。

军科创新院 席欢 编译