

基于高分辨率遥感影像的城市植被和乡村植被的判别

沈晓庆 2019282130105

武汉大学遥感信息工程学院, 湖北 武汉 430079

Identification of urban vegetation and rural vegetation based on high resolution remote sensing images

SHEN Xiaoqing 2019282130105

School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China;

Abstract: This paper proposes an effective method to distinguish between urban vegetation and rural vegetation. First, preprocessing the high-resolution remote sensing images and using the supervised classification algorithm on the ERDAS IMAGINE 9.2 platform to classify the complex images into four categories. To establish the urban density model is, the brief process can be summarized as: constructing a window value of a certain radius at each pixel point, and superimposing the window value to obtain a new pixel value of the entire image. Furthermore, for each vegetation pixel point judgment, the boundary is given by the design algorithm to give the result. The correctness of the proposed method is verified on the high-resolution front-end image near Yangjiang taken by aerial camera.

Key words: vegetation identification; high resolution remote sensing images; supervised classification; urban density model

Foundation support: National Scholarship of China(Nos. 41645926)

摘要: 本文提出有效的方法以区分城市植被和乡村植被。首先, 对于高分辨遥感影像进行预处理, 在 ERDAS IMAGINE 9.2 平台上运用监督分类算法将复杂的影像分为四大类。接着建立城市密度模型, 简要过程可以概括为, 在每个像素点构建一定半径大小的窗口值, 对窗口值叠加得到整幅图像新的像素值。进而对每个植被像素点判断, 通过设计算法判断边界给出结果。在利用航摄相机拍摄的阳江附近的高分辨率遥感影像上, 验证了所提方法的正确性。

关键词: 植被判别 高分辨率遥感影像 监督分类 城市密度模型

基金项目: 国家助学金(Nos. 41645926)

植被对于城市和乡村都具有重要的生态服务功能。城市植被是城市生态系统中具有自净能力、自动调节能力和生命力的基础设施^[1-3]。其在改善城市生态^[4]、美化市容、调节城市生态平衡中发挥着主导作用^[5-6], 已成为衡量城市生态文明和城市现代化的重要标志^[7-8]。生态恢复的一个重要的衡量方面在于土地绿化率面积的多少。城市的自然生态环境往往比乡村面临着更大的困扰, 例如不断对土地的开垦使得土地面积支离破碎, 植被的减少使得气候环境也越发不稳定^[9-11], 这些问题的存在也对植被的长期定位监测增加了难度。

乡村的植被构建同样是一个不容忽视的研究热点。乡村景观属于自然生态环境与人类文化相融合

的景观, 也是生态^[12-13]、文化与美学^[14]的有效体现。在城市化进程不断推进的今天, 我国新农村建设速度逐渐加快, 部分地区的乡村景观遭受较大破坏^[15-16], 降低乡村景观的观赏性, 对当地的生态环境产生不利影响^[17]。基于此, 本文深入研究城乡规划中乡村景观设计要点^[18]。

大多数现有研究仅仅只是针对单一的城市或者是乡村植被分析。对城市植被组成成分和丰富度的分析^[19]。李永亮等, 以马尾松成熟林、樟树幼龄林及荷花玉兰幼龄林为分类对象, 将高光谱特征参数作为输入矢量, 森林树种类别作为输出矢量, 构建 BP 神经网络, 开展分类研究^[20]。在乡村分类方面, 宇振荣等对中国亚热带乡村植被做了分析^[21], 文章^[22]

对亚马逊森林的植被做出了分类。张兆鹏等, 利用影像的光谱特征、纹理特征与根河森林资源小班数据等辅助信息, 进行林地类型精细识别^[23]。

本篇文章将城市植被与乡村植被的判断结合起来。基于高分辨率图像的条件下, 将不同地域的植被进行划分, 有利于因地制宜的规划区域景观, 更好的与自然环境条件相结合, 提供规划人员全面的设计条件^[24]。

1 基于高分辨率的感影像的预处理

要对城市植被和乡村植被进行区别, 首先遇到的困难便是特定区域的像素混淆, 这在高分辨率遥感影像的检测中尤其明显, 即使是一棵树也会占用一定数量的像素。但是我们不能仅仅的将街道上的一棵树划分为植被区域, 它和一块公园还是存在较大差异。并且高分辨率的影像具有数据量巨大, 处理速度慢的特点。为了解决这个问题, 我们对高分辨率的遥感影像进行特定的预处理^[25]。

1.1 基于监督分类的预处理

无监督分类是更多的计算机自动化过程, 它将相似的光谱特征像素分组到群集中。当图像中的数据需要被分类的类别较少时, 使用无监督分类能够是节省时间, 因为它不需要任何分析人员在分类之前就对输入的信息进行分析^[26-27]。然而自然环境中的空间构成比较复杂, 房屋、道路、植被的分布比较分散, 监督学习的分类方法是将分散的物体进行类别划分的最有效方式。最大似然分类 (MLC) 是最

广泛使用的监督分类, 并在各种应用中使用^[28]。在 MLC 中, 根据像素属于特定类别的概率将像素分配给该类别, 该类别的均值和协方差被建模为在多光谱特征空间中形成正态分布^[29]。

1.2 分类划分

为了有效提取城市植被和乡村植被的信息, 将图像信息划分为植被、房屋建筑、裸地 (包括道路), 阴影 (包括无法识别的区域) 四大类。房屋建筑和道路主要提供地理位置信息, 借此判断封闭的植被区域是否属于城市范围之类。本文的预处理平台选择在 ERDAS IMAGINE 9.2 软件上实现^[30]。ERDAS IMAGINE 9.2 是处理遥感影像的友好平台。它的特点是在视窗系统上进行显示和操作, 处理速度快, 功能强大, 使用方便^[31]。该平台融合了基于 MLC 的监督分类的方法, 能够对复杂环境信息进行有效分类。

2 城市密度模型建立

2.1 城市密度数学模型

利用城市像素信息建立城市密度模型, 在房屋建筑密集的地方, 城市的像素点非常集中, 城市密度模型中的像素值越高。相反, 在植被出现多的地方, 城市的像素点稀疏, 城市密度模型中的像素值越低。城市的像素点被用具有一定半径的圆圈来表示, 圆圈覆盖面积之内的像素值为 1。重叠圆圈的像素值进行叠加, 得到整幅图像进行像素值, 以此计算来获得城市密度模型。如图 1 所示。

2.2 城市密度模型算法过程

将城市密度模型的实现划分为两部分。首先是产生具有一定半径的窗口值。该窗口如同表 1。接着将重叠部分的区域进行叠加。

表 1 窗口表示的像素值

Tab.1 Pixel value presented in window

0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0

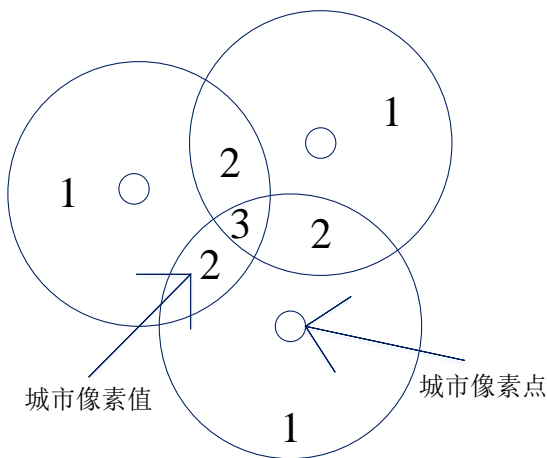


图 1 城市像素值计算示意图

Fig.1 Urban pixel value calculation diagram

2.3 城市密度模型实现示例

表 2 示例为 C++语言实现的窗口生成代码。表格的第 2 行设定了窗口的大小, 使其为一个边长为奇数的正方形。第 3 行分配了与窗口大小一致的内存空间。第 4 行到第 12 行为整段代码的核心语句。

依次遍历窗口的每一个位置, 如果该位置横纵坐标的乘积小于半径的平方, 则该位置赋值为 0, 否则赋值为 1。这与圆的曲线方程数学定义一致, 即对圆的内部值赋值为 1。

表 2 窗口的生成代码

Tab.2 Generation process of window

1	int width, height;
2	width = height = 2 * radius + 1;
3	int* arr = new int[(2 * radius + 1) * (2 * radius + 1)];
4	for (int y = 0; y <= radius; y++) {
5	for (int x = 0; x <= radius; x++) {
6	assign = (radius - x) * (radius - x) + (radius - y) * (radius - y) <= radius * radius ? 1 : 0;
7	arr[y * width + x] = assign;
8	arr[y * width + (width - x - 1)] = assign;
9	arr[(height - y - 1) * width + x] = assign;
10	arr[(height - y - 1) * width + (width - x - 1)] = assign;
11	}
12	}

表 3 展示了城市密度模型生成代码。第 1 至第 4 行为对城市密度的初始化。第 5 至 16 行依次遍历图像

中的每一个点, 如果该点属于城市像素点, 则对处于半径内所有点的像素值加 1。

表 3 城市密度模型生成代码

Tab.3 Generation process of urban density model

1	for (int y = 0; y < height; y++) {
2	for (int x = 0; x < width; x++) {
3	urbanDensity[y * width + x] = 0; }
4	}
5	for (int y = 0; y < height; y++) {
6	for (int x = 0; x < width; x++) {
7	if (urbanClassSet.find(inputBuffer[y * width + x]) != urbanClassSet.end()) {
8	for (int y1 = y - window.radius; y1 <= y + window.radius; y1++) {
9	if (y1 < 0 y1 >= height) continue;
10	for (int x1 = x - window.radius; x1 <= x + window.radius; x1++) {
11	if (x1 < 0 x1 >= width) continue;
12	urbanDensity[y1 * width + x1]++; }
13	}
14	}
15	}
16	}

3 城市植被和乡村植被的判别

城市植被往往是一片较小的区域，并且被城镇与道路包围。而乡村植被往往是一片没有边界的开阔区域。根据城市植被和乡村植被的特征，算法过程可以归纳为遍历每一个植被像素点，分析其临近像素点特征。

3.1 单个植被像素点的算法示例

首先，做最基本的判断，在第 1 行显示该点是

表 4 单个植被像素点生成代码

Tab.4 Generation process of single pixel of vegetation

1	if (vegClassSet.find(buffer[cell]) != vegClassSet.end()) {
2	if (urbanDensity[cell] >= urbanVegThres) {
3	CopyGrid(buffer, bufferCopy, width, height);
4	if (floodfiller.FloodFill(bufferCopy, x, y, vegClassSet, urbanVegClassNum, maxFloodCount) == FLOODFILL_EXCEED_MAX) {
5	floodfiller.FloodFill(buffer, x, y, vegClassSet, ruralVegClassNum, -1);
6	}
7	else {
8	CopyGrid(bufferCopy, buffer, width, height);
9	}
10	count++;
11	else {
12	CopyGrid(buffer, bufferCopy, width, height);
13	if (floodfiller.FloodFill(bufferCopy, x, y, vegClassSet, ruralVegClassNum,
14	maxFloodCount) == FLOODFILL_EXCEED_MAX)
15	floodfiller.FloodFill(buffer, x, y, vegClassSet, ruralVegClassNum, -1);
16	count++;
17	}

4 试验结果分析

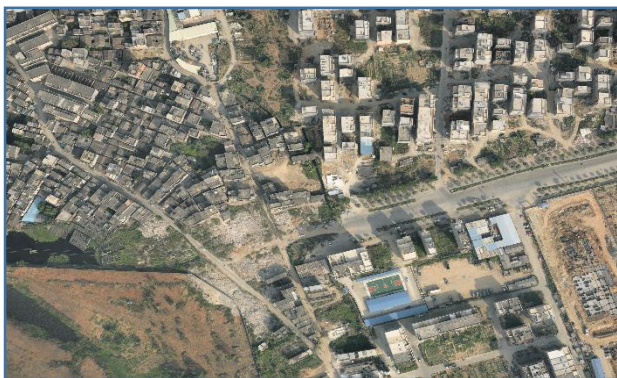


图 2(a) 原始图像

Fig.2(a) Original image



图 2(b) 预处理后的图像

Fig.2(b) Image after preprocess

本文的数据来源于广东省阳江附近,利用航摄相机,倾斜下视拍摄的高分辨率遥感影像。本实验完成了对相片大小为 8206*6078 原始影像的判别,如图 2(a)的判别。首先在软件 ERDAS IMAGINE 9.2 中对图像做最大似然的监督分类方法,获得的影像如图 2(b)所示。在预处理的结果中,植被、房屋建筑、裸地和阴影部分被清晰地用四种颜色标注出来。相对于原始影像来说,图像的预处理能够使后续程序处理最优化。

为了进一步对绿地进行区分,通过基于 vs2017 和 DGAL 库的 C++程序语言编程,在每个像素点以

一定半径的窗口遍历整幅图像,对每个窗口的像素值叠加,得到整幅图像新的像素值,构建了城市密度模型,结果如图 3 所示。数值大的部分对应着表示城市的可能性越大,数值小的部分则代表乡村的可能性越大。最后对所有的植被像素点遍历,分析其临近点特征,做出判断。在结果中,如图 4(a)和图 4(b)所示,城市植被用数字 16 所示,乡村的则用数字 17 表示。对比原图信息,结合生活常识做验证,可以判定城市的植被与乡村植被能够被清楚的区分开。

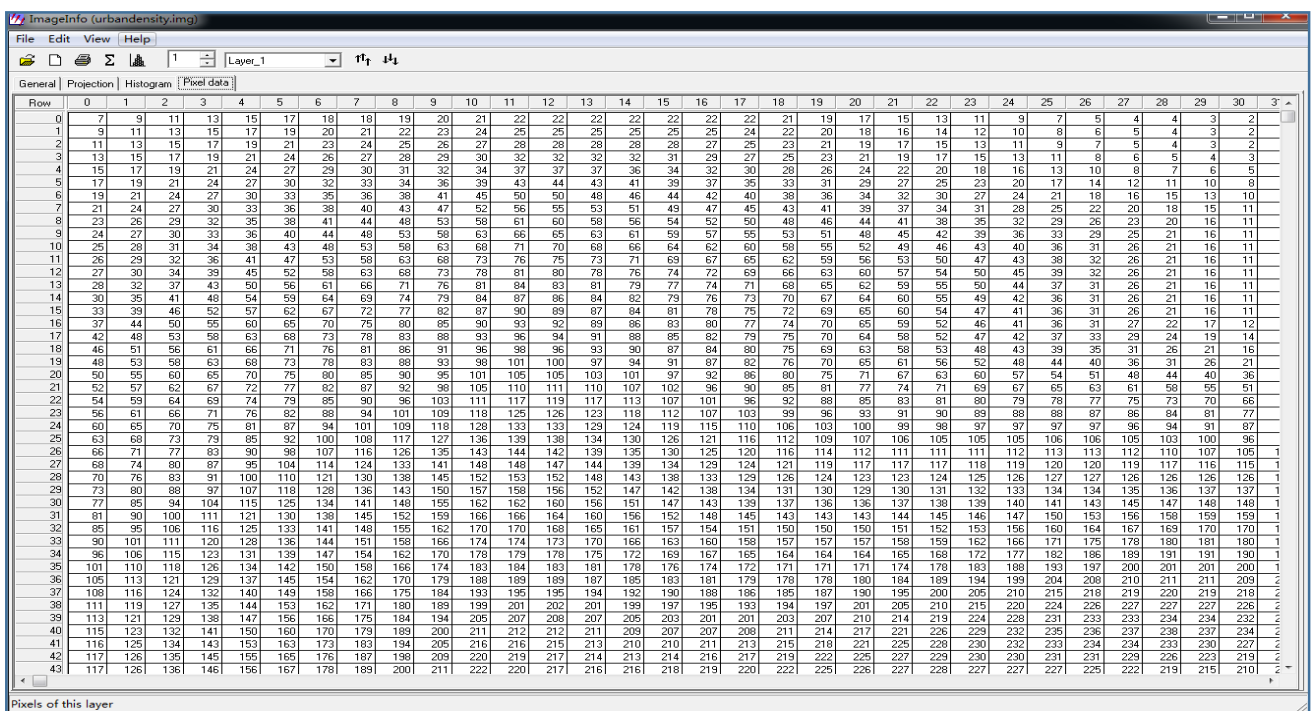


图 3 城市密度模型

Fig.3 Urban density model

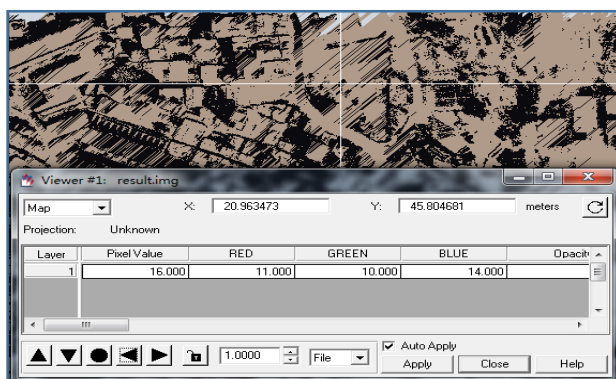


图 4(a) 城市植被的数字表示

Fig.4(a) Digital representation of urban vegetation

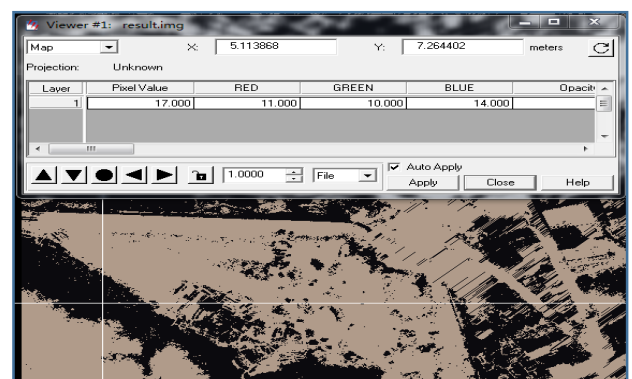


图 4(b) 乡村植被的数字表示

Fig.4(b) Digital representation of rural vegetation

5 结论

合理的区分城市植被和乡村植被,有利于适应现代社会不同的生产生活需求。然而,过去的学者们大多数仅仅针对于与单一的城市或者乡村植被研究。为了有效的将两者植被不同点找出,本文首先利用监督学习算法对高分辨率遥感影像进行预处理。这样就将无数个类用四种颜色归纳清楚,便于后续的快速计算。接着对于每一个像素点,设立一定半径的窗口,对每个窗口的值进行叠加,构建城市密度模型,设置好每个点的类别信息。最后,遍历植被像素点,分析其四周的像素信息,成功实现了城市植被和乡村植被的判别。

致谢

感谢我的好友刘湘雅在数据处理的软件选择上给予我宝贵的意见,感谢实验室师兄何佳男,帮助我调试、测试代码。

参考文献

- [1] S.U.N. Wei-bang, Importance of Indigenous Plants in their Application to the Modern Urban Landscape Architecture [J], *J. Chinese Landsc. Archit.* 7 (2003) 17.
- [2] D. Zhou, S. Zhao, S. Liu, L. Zhang, C. Zhu, Surface urban heat island in China's 32 major cities: Spatial patterns and drivers, *Remote Sens. Environ.* 152 (2014) 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.05.007>.
- [3] 车生泉,王洪轮. 城市绿地研究综述[J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2001(03):229-234
Che Shengquan, Wang honglun. A summary of study on urban green space [J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Agricultural Science Edition)*, 2001 (03): 229-234
- [4] D. Zhou, L. Zhang, D. Li, D. Huang, C. Zhu, Climate-vegetation control on the diurnal and seasonal variations of surface urban heat islands in China, *Environ. Res. Lett.* 11 (2016) 74009.
- [5] D. Lu, X. Xu, H. Tian, E. Moran, M. Zhao, S. Running, The effects of urbanization on net primary productivity in southeastern China, *Environ. Manage.* 46 (2010) 404–410.
- [6] C.Y. Jim, W.Y. Chen, Recreation-amenity use and contingent valuation of urban greenspaces in Guangzhou, China, *Landsc. Urban Plan.* 75 (2006) 81–96.
- [7] 张超, 吴群, 彭建超, 等.城市绿地生态系统服务价值估算及功能评价——以南京市为例[J]. 生态科学, 2019,38(04):142-149.
Zhang Chao, Wu Qun, Peng Jianchao, et al. Calculation of the value and evaluation of the function for ecosystem services of urban green space: a case study in Nanjing [J]. *Ecological science*, 2019,38 (04): 142-149.
- [8] 毛齐正,黄甘霖,邬建国.城市生态系统服务研究综述.应用生态学报,2015,26(4):1023-1033
Mao Qizheng, Huang Ganlin, Wu Jianguo. Urban ecosystem services: A review. *Journal of Applied Ecology*, 2015,26 (4): 1023-1033
- [9] L. Liu, D. Guan, M.R. Peart, G. Wang, H. Zhang, Z. Li, The dust retention capacities of urban vegetation—a case study of Guangzhou, South China, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20 (2013) 6601–6610.
- [10] C.Y. Jim, W.Y. Chen, Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China), *J. Environ. Manage.* 88 (2008) 665–676.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.03.035>.
- [11] S.C. Morrell, a Comparison of Vegetation Composition in Urban and Rural Floodplains Following Removal of Chinese Privet (*Ligustrum Sinense*), *Most.* (2012).
- [12] Y. Yao, X. Zhu, Y. Xu, H. Yang, X. Wu, Y. Li, Y. Zhang, Assessing the visual quality of green landscaping in rural residential areas: the case of Changzhou, China, *Environ. Monit. Assess.* 184 (2012) 951–967.
- [13] T. Kepe, Beyond the numbers: understanding the value of vegetation to rural livelihoods in Africa, *Geoforum.* 39 (2008) 958–968.

- [14] M. Arriaza, J.F. Cañas-Ortega, J.A. Cañas-Madueño, P. Ruiz-Aviles, Assessing the visual quality of rural landscapes, *Landsc. Urban Plan.* 69 (2004) 115–125.
- [15] D. Wen, Y. Kuang, S. Liu, D. Zhang, Y. Lu, J. Li, Evidences and implications of vegetation damage from ceramic industrial emission on a rural site in the Pearl River Delta of China, *J. For. Res.* 17 (2006) 7–12. <https://doi.org/10.1007/s11676-006-0002-8>.
- [16] L.D. Emberson, M.R. Ashmore, F. Murray, J.C.I. Kuylenstierna, K.E. Percy, T. Izuta, Y. Zheng, H. Shimizu, B.H. Sheu, C.P. Liu, M. Agrawal, A. Wahid, N.M. Abdel-Latif, M. Van Tienhoven, L.I. De Bauer, M. Domingos, Impacts of air pollutants on vegetation in developing countries, *Water. Air. Soil Pollut.* 130 (2001) 107–118. <https://doi.org/10.1023/A:1012251503358>.
- [17] D. Wen, Y. Kuang, S. Liu, Y. Lu, J.L.-J. of T. and, undefined 2003, Vegetation damage by long-term air pollution at a rural site in the Pearl River Delta in South China, *Europepmc.Org.* (n.d.). <https://europepmc.org/abstract/cba/364162> (accessed October 24, 2019).
- [18] 秦玖发.城乡规划设计中乡村景观的体现.建材与装饰,2019(24):64-65.
Qin Jiufa. Reflection of rural landscape in urban and rural planning and design. *Building materials and decoration*, 2019 (24): 64-65.
- [19] C. Small, Estimation of urban vegetation abundance by spectral mixture analysis, *Int. J. Remote Sens.* 22 (2001) 1305–1334.
- [20] 李永亮,林辉,孙华,臧卓,王四喜.基于 BP 神经网络的森林树种分类研究.中南林业科技大学学报: 自然科学版,2010,30(11):43-46.
Li Yongliang, Lin Hui, Sun Hua, et al. Study on forest species classification based on BP neural network. *Journal of Central South Forestry University of science and technology: Natural Science Edition*, 2010,30 (11): 43-46.
- [21] Z. Yu, J. Baudry, B. Zhao, H. Zhang, S. Li, Vegetation Components of a Subtropical Rural Landscape in China, *CRC. Crit. Rev. Plant Sci.* 18 (1999) 381–392. <https://doi.org/10.1080/07352689991309289>.
- [22] D. Lu, E. Moran, M. Batistella, Linear mixture model applied to Amazonian vegetation classification, *Remote Sens. Environ.* 87 (2003) 456–469.
- [23] 张兆鹏,李增元,田昕.高分辨率遥感影像林地类型精细识别[J].浙江农林大学学报,2019,36(05):857-867.
Zhang Zhaopeng, Li Zengyuan, Tian Xin. Precise identification of forest land types based on high resolution remotely sensed imagery [J]. *Journal of Zhejiang agricultural and Forestry University*, 2019,36 (05): 857-867.
- [24] C. Baines, The future management of vegetation in the urban environment, *Sci. Manag. Veg. Urban Environ.* 195. (1985) 43–48.
- [25] P. Du, J. Xia, Z. Xue, K. Tan, H. Su, R. Bao, Review of hyperspectral remote sensing image classification, *Yaogan Xuebao/Journal Remote Sens.* 20 (2016) 236–256. <https://doi.org/10.11834/jrs.20165022>.
- [26] 杨鑫.浅谈遥感图像监督分类与非监督分类.四川地质学报,2008,28(3):251-254.
Yang Xin. An Elementary Introduction to Supervised and Unsupervised Classification of Remote Sensing Image. *Journal of Sichuan geology*, 2008,28 (3): 251-254.
- [27] 张耀宇,于光,王志强.基于多分类器联合的遥感图像监督分类方法研究.黑龙江科技信息,2011(34):59-59.
Zhang yaoyu, Yu Guang, Wang Zhiqiang. Research on supervised classification of remote sensing image based on combination of multiple classifiers. *Heilongjiang Science and technology information*, 2011 (34): 59-59.
- [28] 王增林,朱大明.基于遥感影像的最大似然分类算法的探讨.河南科学,2010,28(11):1458-1461.
Wang Zenglin, Zhu Daming. A Study of Maximum

- Likelihood Classification Algorithm Based on Remote Sensing Image. Henan science, 2010,28 (11): 1458-1461.
- [29] P.S. Sisodia, V. Tiwari, A. Kumar, Analysis of Supervised Maximum Likelihood Classification for remote sensing image, in: Int. Conf. Recent Adv. Innov. Eng. ICRAIE 2014, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2014. <https://doi.org/10.1109/ICRAIE.2014.6909319>.
- [30] 王海芹,杨燕,汪生燕.国外四大遥感软件影像分类过程及效果比较.地理空间信息,2009,7(5):153-155.
- Wang Haiqin, Yang Yan, Wang Shengyan. Comparisons of Classification Processes and Results of 4 Kinds of Foreign Remote Sensing Image. Geospatial information, 2009,7 (5): 153-155.
- [31] 赖震刚,王继.利用 ERDAS IMAGINE 进行影像的几何精校正.现代测绘,2003,26(2):38-40.
- Lai Zhenggang, Wang Ji. Utilizing ERDAS IMAGINE to Adjust Geometric Correction of Image. Modern surveying and mapping, 2003,26 (2): 38-40.