

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.06.013

基于地统计学的米易县单位面积蓄积空间格局分析

叶光志¹, 魏圣钊², 张国先¹, 刘雄², 黎学森², 黄从德^{2*}

(1. 攀枝花市林业科学技术推广站, 四川 攀枝花 617000; 2. 四川农业大学, 四川 成都 611130)

摘要:研究森林单位面积蓄积的空间分布可为制定森林管理对策提供参考。本文以四川省米易县为研究对象, 运用地统计学方法, 结合米易县森林资源规划设计调查数据, 对米易县森林单位面积蓄积进行了空间格局分析。结果表明: 米易县单位面积蓄积的最适半方差理论模型为指数模型, 单位面积蓄积的全局 *Moran I* 和 *Z* 值分别为 0.79 和 446.71, 呈现较强的聚集趋势。此外, 米易县单位蓄积块金比为 50%, 表明其具有中等的空间自相关性, 受结构性和随机性双重因素的影响。通过 ARCGIS 普通克里金插值, 绘制出米易县单位面积蓄积的空间分布图。地统计模拟结果表明, 米易县平均单位面积蓄积为 $50.76 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。全县蓄积总体上呈现出自西向东逐渐降低的规律, 与地形、地势变化一致, 与人口密度变化相反。研究结果说明, 米易县单位蓄积空间分布受自然和人为的共同影响。

关键词:地统计学; 单位面积蓄积; 空间格局分析

中图分类号: S771 文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2019)06-0071-04

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Spatial Pattern Analysis of Unit Area Stock in Miyi County Based on Geostatistics

YE Guang-zhi¹ WEI Sheng-zhao² ZHANG Guo-xian¹ LIU Xiong²
LI Xue-sen² HUANG Cong-de^{2*}

(1. Panzhihua Forestry Scientific and Technical Promotion Station, Panzhihua 617000, China;

2. College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: The spatial distribution study of forest unit area stock was vital for the development of forest management strategies. The spatial pattern of forest stock per unit area was studied by using geostatistics with the survey data of forest resource planning and design in Miyi county. The results showed that the most suitable semi-variance theoretical model was the exponential model for unit area stock. The global Moran *I* and *Z* values of unit area stock were 0.79 and 446.71 respectively, showing a strong trend of aggregation. In addition, the Nugget C_0 of Miyi county's unit area stock was 50%, indicating a moderate spatial autocorrelation, which was affected by both structural and random factors. By the ARCGIS ordinary Kriging interpolation, the spatial distribution map was drawn for forest unit area stock in Miyi county. The results of geostatistics showed that the average unit area stock of was $50.76 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, under a pattern of decreasing from west to east, consistent with changes in topography, and contrary to the changes of

收稿日期: 2019-06-24

基金项目: 长江上游生态安全协同创新中心开放基金项目

作者简介: 叶光志(1976-), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事干热河谷生态植被保护修复及生态治理、耐旱植物研究等工作, e-mail: 549766223@qq.com。

* 通讯作者: 黄从德, 教授, 博士生导师, 博士, 主要从事森林经理及生态系统管理, e-mail: lyyxq100@aliyun.com。

population density in Miyi county. These results indicated that the spatial distribution of unit area stock was affected by both natural and human factors in Miyi county.

Key words: Geostatistics, Unit area stock, Spatial pattern analysis

森林蓄积是评价森林数量和质量的重要指标,是森林固碳能力的重要标志,可为林业可持续发展提供决策依据^[1~2]。但由于森林类型多样,空间异质性较强。森林蓄积空间分布的研究难度较大。因此,森林蓄积的空间分布规律成为林业科学研究亟待解决的问题。

目前,众多学者对森林的景观格局和森林功能性状等方面的空间格局进行了相关研究。如张先平^[3]对山西森林景观进行多维格局分析,结果表明景观斑块破碎化程度较高。张丽英^[4]等研究表明,海拉尔国家森林公园林地与沙地占优势且破碎度和分离度比较小。闫海冰^[5]等研究表明,关帝山云杉更新苗分布呈空间斑块状格局,且表现出自相关空间变异特征。孙钰森^[6]对帽儿山地区进行森林碳储量地理加权克里格分析,结果表明地理加权克里格分析是估算森林碳储量的有效方法。戚玉娇^[7]对喀斯特常绿落叶阔叶混交林粗木质残体分布格局的研究表明,随着尺度增加格局强度降低,趋于随机分布。

但目前对单位面积蓄积空间格局分析的研究还相对较少。地统计学是目前最有效的空间变异研究的统计方法,能较好地研究森林生态因子的空间规律性和随机性^[8]。基于此,本研究以四川省米易县为研究对象,运用地统计学方法,结合米易县森林资源规划设计调查数据,对米易县的森林单位面积蓄积进行了空间格局分析,以期对米易县的森林保护和可持续发展提供意见。

1 研究地区和研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于攀枝花米易县(101°44'~102°15'E,26°42'~27°10'N),地处青藏高原东南缘攀西裂谷中南段,辖区面积2 152.7 hm²。属浸蚀、剥蚀中山丘陵、山原峡谷地貌,南亚热带干热河谷气候。米易县旱、雨季分明,年降雨量约为1 100 mm,年均气温20.5℃。平均海拔1 836.2 m,相对高差2 467 m。植物呈3个分布层:干热河谷稀树草坡层;中山峡谷阔叶混交林以及云南松纯林带层;高山针阔叶林混交以及灌木丛林层。主要树种包括云南

松(*Pinus yunnanensis*)、云南油杉(*Keteleeria evelyniana*)、德昌杉(*Cunninghamia unica*)、云杉(*Picea asperata*)、铁橡栎(*Quercus cocciferoides*)、锥连栎(*Quercus franchetii*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、旱冬瓜(*Alnus nepalensis*)木棉(*Bombax malabaricum*)等。

1.2 研究方法

1.2.1 研究数据

本研究的基础数据来自米易县森林资源规划设计调查。米易县森林资源规划设计调查共区划28 823个小班。采用90 m×90 m的间距,利用ARCGIS ArcToolbox中制图工具的格网检索要素模块生成90 m×90 m的网格,并利用要素工具中的要素转点模块生成矢量点。通过小班面与矢量点的相交运算提取每个矢量点的坐标与单位蓄积,并将其添加到点矢量文件的属性表中,以此作为森林蓄积地统计分析的基础数据。

1.2.2 应用软件

本研究采用ArcGIS10进行地统计学分析及空间自相关分析,利用GS+计算变异函数模型,利用ArcGIS10进行普通克里金内插值分析及绘制相关图层。

1.2.3 地统计学方法

地统计学主要是以区域化变量理论为基础,以变异函数为主要工具,研究在空间分布上既有随机性和结构性,或空间相关性和依赖性的自然现象的科学^[9]。其基本原理是通过空间上分布规则的样点,来估算空间上其他未测位置的数据^[10]。

变异函数公式为:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad (1)$$

式中, $\gamma(h)$ 为所有滞后距离为 h 的点对的半方差值, $N(h)$ 是在空间上具有相同间隔 h 的离散点对数目, $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i + h)$ 分别为点 x_i 和与 x_i 相距 h 时,观测点的单位面积蓄积。

块金比是模型中块金值与基台值的比值,反映空间变异性程度。根据块金比大小分0~25%、25%~75%、>75% 3个级别,分别表示空间自相关程度为高、中和低。空间自相关程度越高,说明结构性因素在空间变异中的作用越大^[11]。

1.2.4 空间自相关分析

空间自相关分析是指同一个变量在不同空间位置上的分布、幅度及其相似性,主要度量空间单元属性值集聚的程度^[12]。全局 Moran's I 指数和 Z 指数是表征空间自相关分析的基本指标。Moran's I 指数的取值一般在 -1 和 1 之间,大于 0 表示正相关,等于 0 表示不相关,小于 0 表示负相关^[13]。

$$I_g = \frac{n}{\sum_i \sum_j W_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

式中, \bar{x} 是样点单位面积蓄积的平均值, x_i 是在位置 i 的单位面积蓄积, x_j 是在位置 j 的单位面积蓄积, W_{ij} 是样点之间的距离权重, n 是样点数。

2 结果与讨论

2.1 米易县单位面积蓄积变异函数模型的拟合与选择

利用 GS + 软件和建模样点对米易县单位面积蓄积进行半方差函数拟合,并选取最优半方差模型。目前常采用决定系数和残差对半方差模型进行评价。决定系数越大,残差越小,模型越好^[14]。由表 1 可知,指数模型的决定系数最大,残差最小。指数模型的效果最好,这与李阳明等的研究一致^[12]。单位面积蓄积的变程为 12.14 km,这与亚热带森林生态系统的植被碳密度变程接近,但大于青藏高原贡觉县单位面积蓄积的变程^[8]和北京市密云区森林单位面积蓄积的变程^[15]。这可能是由于青藏高原贡觉县海拔较高(平均海拔 4 021 m),林木生长缓慢,因此单位蓄积的自相关性较差,变程较小。而北京市密云区的人类活动更为频繁,空间分布聚集程度较低。

表 1 米易县森林单位面积蓄积变异函数理论模型及其相关参数

Tab.1 Semivariogram models and the corresponding parameters for forest unit area stock of Miyi Country

模型	决定系数	残差	块金	基台	块金比	变程 /m
指数模型	0.947	235 969	3 170	6 341	0.500	121 380
线性模型	0.934	291 179	3 347	5 117	0.346	35 583
球形模型	0.364	2 809 935	140	4 354	0.968	3 240
高斯模型	0.369	2 789 495	570	4 357	0.869	2 788

2.2 米易县单位面积蓄积的空间自相关分析

Z 是代表随机变量服从正态分布时的统计量,

等于该标准正态分布下标准差的倍数^[16]。当 Z 位于 $[-1.96, 1.96]$ 之间时,代表该统计变量为随机分布的空间格局。当 Z 值越趋近 $+\infty$,空间分布的聚集作用越强,Z 值越趋近 $-\infty$,空间分布的离散作用越强^[17]。利用 ARCGIS 空间统计工具箱中的空间自相关模块和高低聚类模块计算全局 Moran's I 指数和 Z 值。结果表明,全局 Moran's I 和 Z 值分别为 0.79 和 446.71。可见,米易县单位蓄积呈现较强的聚集趋势。此外,表 1 显示,米易县单位蓄积块金比为 50%,表明其具有中等的空间自相关性,受结构性和随机性双重因素的影响。

2.3 米易县单位面积蓄积的交叉插值

采用 ARCGIS 地统计分析模块进行插值,采用交叉验证方法来评价插值的效果。当预测结果无偏时,平均预测误差和标准平均值接近 0,标准化均方根预测误差接近 1,平均标准误差接近均方根预测误差^[18]。由表 2 可见,本研究交叉验证的结果中,误差平均值、误差均方根、平均标准误差,标准平均值和标准均方根误差基本满足标准,可进行单位面积蓄积插值估测。

表 2 米易县单位面积实测值与预测值交叉验证的结果

Tab.2 Cross validation of measured and predicted value for unit area stock of Miyi County

平均预测误差 Mean prediction error	标准平均值 Mean Standardized	均方根预测误差 root-mean-square prediction error	平均标准误差 standard error of the mean	标准化均方根误差 Root-Mean-Square Standardized
0.0137	0.0011	3.2993	4.3186	0.7633

2.4 米易县单位面积蓄积的空间分布格局分析

通过 ARCGIS 普通克里金插值,绘制出米易县单位面积蓄积的空间分布图(见图 1)。地统计模拟结果表明,米易县平均单位面积蓄积为 $50.76 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。由图 1 可知,米易县单位面积蓄积的空间分布总体上呈现出明显的从西向东逐渐降低的趋势,与全县的地形地势分布一致,与人口密度分布相反。米易县单位面积蓄积高值区主要分布在米易县海拔较高的西部白坡山自然保护区。米易县西部地区的白坡、普威、麻陇、得石 4 个乡镇海拔较高(海拔均值 2 300 m),人口数量和人类活动相对较少,原生植被保留较为完整,单位面积蓄积值较高。而米易县单位面积蓄积低值区主要分布在米易县东部,安宁河谷区域。安宁河谷海拔较低(海拔均值约 1 200 m),人口和城镇分布密集,人为干扰活动频

繁,原生植被破坏严重。虽然有较多的人工林,但树龄较小,单位面积蓄积低。因此,米易县在以后今后的林业生产和经营管理过程中,西部以白坡山自然保护区为重点,保护好现有森林资源;东部以安宁河谷为重点,加强生态植被恢复和特色经果林培育,做好护林防火工作,以提高林地的生态和经济产出。

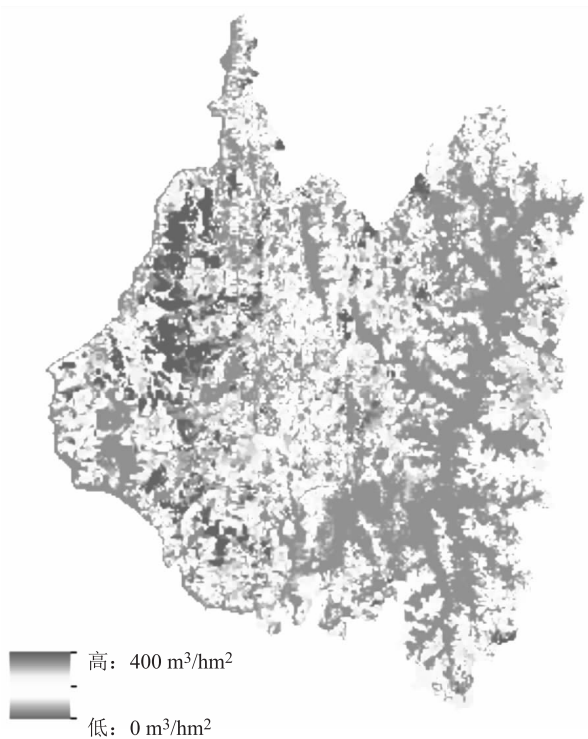


图1 米易县单位面积蓄积分布图

Fig.1 Spatial distribution map of forest average unit area stock in Miyi Country

3 结论

1) 米易县单位面积蓄积最适的半方差理论模型为指数模型,单位面积蓄积的全局 $Moran I$ 和 Z 值分别为 0.79 和 446.71,呈现较强的聚集趋势;

2) 米易县单位蓄积块金比为 50%,表明其具有中等的空间自相关性,受结构性和随机性双重因素的影响。

3) 通过 ARCGIS 普通克里金插值,得到米易县单位面积蓄积的空间分布图。结果表明,米易县平均蓄积为 $50.76 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$,全县单位面积蓄积总体上呈现出自西向东逐渐降低的空间分布规律,且与地形地势分布一致,与人口密度分布相反。

综上所述,米易县单位蓄积空间分布受自然和

人为因素的共同影响。

参考文献:

- [1] 杨明星,徐天蜀,牛晓花,等. 基于 Sentinel-1A 雷达影像的思茅松林蓄积量估测[J]. 西部林业科学, 2019, 48(02): 52~58.
- [2] 廖顺宝,许立民. 森林蓄积量调查数据空间化的方法研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(11): 1~7.
- [3] 张先平,程新生,王小岗,等. 山西森林景观空间格局分析[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2015, 38(4): 731~738.
- [4] 张丽英,张秋良,金宇. 海拉尔国家森林公园景观空间格局分析[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2010, 31(3): 76~79.
- [5] 闫海冰,韩有志,杨秀清,等. 关帝山云杉天然更新与土壤有效氮素异性的空间关联性[J]. 应用生态学报, 2010, 21(3): 533~540.
- [6] 孙钰森,王维芳,李国春. 基于地理加权回归克里格模型的帽儿山地区森林碳储量空间分布[J]. 应用生态学报, 2019, 30(5): 1~9.
- [7] 戚玉娇,张广奇,熊志斌,等. 喀斯特常绿落叶阔叶混交林粗木质残体的空间分布格局[J]. 生态学报, 2019, 39(13): 1~10.
- [8] 戴前石,刘金山. 青藏高原贡觉县森林规划设计因子的地统计学分析[J]. 西南林业大学学报, 2017(3): 146~151.
- [9] 刘爱利. 地统计学概论[M]. 科学出版社, 2012.
- [10] 张峰,杜群,葛宏立,等. 基于地统计学和 CFI 样地的浙江省森林碳空间分布研究[J]. 生态学报, 2012, 32(16): 5275~5286.
- [11] Cambardella C A, Moorman T B, Parkin T B, et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1994, 58(5): 1501~1511.
- [12] 李明阳,刘敏,刘米兰. 基于 GIS 的森林调查因子地统计学分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2010, 34(6): 66~70.
- [13] 戴巍,赵科理,高智群,等. 典型亚热带森林生态系统碳密度及储量空间变异特征[J]. 生态学报, 2017(22): 157~167.
- [14] 刘晓梅,布仁仓,邓华卫,等. 基于地统计学丰林自然保护区森林生物量估测及空间格局分析[J]. 生态学报, 2010, 31(16): 31(16).
- [15] 王海宾,彭道黎,范应龙,等. 基于辅助信息的森林蓄积量空间模拟[J]. 农业机械学报, 2016, 47(6): 283~289.
- [16] Arthur G, Ord J K. The analysis of spatial association by use of distance statistics[J]. Geographical Analysis, 1992, 24(3): 127~145.
- [17] Zhao K L, Fu W J, Liu X M, et al. Spatial variations of concentrations of copper and its speciation in the soilrice system in Wenling of southeastern China. Environmental Science and Pollution Research, 2014, 21(11): 7165~7176.
- [18] Tang G A. Introduction to Spatial Analysis Using ArcGIS. Beijing: Science Press, 2006: 452~455.