

基于统计软件 R 的典型栎类林空间结构研究

吴海龙¹, 张艳¹, 余新晓¹, 张振明^{1,2}, 宋思铭¹, 赵阳¹, 黄枝英¹

(1. 北京林业大学 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 北京林业大学 自然保护区学院, 北京 100083)

摘要: 为了更合理的分析栎类林空间结构, 以北京地区典型栎类林每木检尺的数据为来源, 以树高、胸径、冠幅数据为基础, 通过 R 软件对数据进行处理生成图像, 并通过图像处理软件 Photoshop 和 ENVI 进行一系列叠加得到森林结构的数值化的统计信息, 最后对统计信息进行分析, 从而来研究森林的结构。研究结果表明: 在所研究的 3 块样地中, 2 号样地蒙古栎林空间结构信息指数最大为 70.075 2, 表明 2 号样地空间信息复杂程度最大, 林分结构相对稳定; 3 号样地栓皮栎林空间结构信息指数最小为 42.101 6, 表明 3 号样地空间信息复杂程度低, 林分结构相对不稳定。

关键词: 北京山区; 栎类林; 森林结构空间信息指数

中图分类号: S718.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)04-0175-04

Study on the Typical Quercus Forest Spatial Structure Based on Statistical Software R in Beijing Mountainous Areas

WU Hai-long¹, ZHANG Yan¹, YU Xin-xiao¹, ZHANG Zhen-ming^{1,2},
SONG Si-ming¹, ZHAO Yang¹, HUANG Zhi-ying¹

(1. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. College of Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to study the structure of the Quercus forest, using the tally data of the typically Quercus forest in Beijing mountainous area as its data resource, the tree height, DBH and canopy diameter of the typical Quercus forest in Beijing mountainous areas were firstly analyzed through R. And then with the images drawn by R overlay those images with the help of Photoshop and ENVI, the forest structure was analyzed base on those data. The FSI of plot 2 is 70.075 2 which is the most maximal, indicating that the structure of plot 2 is the most complicated; while the plot 3 is 42.101 6 which is the most minimal that indicates that plot 3 is the most singleness.

Key words: Beijing mountainous areas; Quercus forest; forest spatial structure information index.

林分空间结构是指林木在水平地面上的分布格局及其属性在空间上的排列方式, 它决定了树木之间的竞争优势及空间生态位, 在很大程度上影响着林木的生长和林分的稳定性^[1]、森林发展的可能性和经营空间大小^[2], 反映了森林群落内物种的空间关系, 是森林的重要特征, 即使是具有相同频率分布的林分也可能具有不同的空间结构, 从而表现出不同的生态稳定性。物种的不同组成及其在空间分布的不同格局构成了森林的空间结构。按照现代森林经理学的观点, 林分空间结构可以从 3 个方面加以描述: ①林木个体在水平方向上的分布形式, 或者说是树种的空间

分布格局; ②树种的空间隔离程度, 或者说林分树种组成和空间配置情况; ③林木个体大小分化程度, 或者说树种的生长优势程度^[3-4]。

上述的 3 个方面即林分的一维、二维和三维空间结构。林分的一维变量包括树高、胸径、密度、胸高断面面积、冠幅、林层数量、平均值和方差, 对林分一维结构的研究主要是通过测量一些一维参数值展开, 例如树木胸径、胸径标准差、树木单位面积内的密度、或者是单位面积的密度^[5]。近年来, 大量的研究者们开始将对相邻树木的树干分布分析并使用 Ripley K 函数对林分结构复杂度进行研究^[6-8]。Pretzsch 认为使用

收稿日期: 2011-03-01

修回日期: 2011-03-17

资助项目: “十二五” 国家科技支撑计划项目“ 三北地区水源涵养林体系构建技术研究” (2011BAD38B05)

作者简介: 吴海龙(1986-), 男, 重庆人, 在读硕士, 主要研究方向: 森林水文、水土保持。E-mail: petera@bjfu.edu.cn

通信作者: 余新晓(1961-), 男, 甘肃平凉人, 教授, 博导, 主要研究方向: 森林水文、水土保持、景观生态学。E-mail: yuxinxiao11@126.com

Ripley K 函数对森林结构进行描述是一种较好的方法,而且是对树木尺寸分布的二维概括^[7]。树木位置的横向模式被纳入对森林结构的描述,这些模式通常分为均匀分布、随机分布和集群分布。观察空间格局已被用于了解树木死亡率、种间竞争作用和更新作用等过程,这种模式被认为是可靠的,然而这种方法的缺点在于只考虑了树的位置,而没有考虑到树的大小在空间上的变化^[8],因此也就忽略了森林的垂直结构。森林的复杂性是一个三维的概念,对于结构多样性、复杂性以及差异性的测量并不像我们预期的那么简单^[9]。本文以树高、胸径和冠幅数据为基础,在统计软件 R 的环境中运行产生图像,并通过图像处理软件 Photoshop 和 ENVI(The Environment for Visualizing Images) 建立一个森林空间结构信息指数 FSI(Forest spatial structure information index) 来对森林结构进行量化,为研究森林结构提供一种新的方法。

1 研究区概况

本文分别在门头沟区百花山自然保护区、延庆松

山自然保护区、海淀西山林场各选取一个样地。北京百花山自然保护区位于北京市门头沟区清水镇境内,地理坐标为北纬 39°48′ - 40°05′,东经 115°25′ - 115°42′,属于中纬度温带大陆性季风气候区,年降水量 450~720 mm,多集中在植物生长旺盛的夏季,全年平均气温 6~7℃,全年无霜期 110 d 左右。松山自然保护区位于北京市延庆县西北部,年均降水量 490 mm,年均蒸发量 1700 mm。气候的垂直分带性比较明显。西山林场位于北京西北郊,地理坐标为东经 116°28′,北纬 39°34′,该区属暖温带大陆性气候,冬寒夏热,春季多风,平均风速 4.1 m/s,年平均气温为 11.6℃,无霜期 193 d,年日照 2662 h。年降水量 630 mm,集中在夏季,6-8 月的降雨量占全年降雨量的 70% 以上,全年平均蒸发量 950 mm 左右。

2 研究方法与材料

本文分别在门头沟百花山自然保护区、延庆松山自然保护区、海淀西山林场各选取了一个公顷级的标准样地,样地信息见表 1,三块样地的树种组成见表 2

- 4

表 1 样地详细信息

样地号	区县	位置	GPS 坐标	海拔/m	坡度/(°)	坡向	土壤类型	土壤质地	土壤厚度/cm	优势树种	样地规格/m × m
1	门头沟	百花山自然保护区	0378711 E 4411686 N	1500	5	阴坡	山地褐土	轻、砂壤土	71	辽东栎	60 × 80
2	延庆	松山保护区	0399358 E 4486204 N	760	23	阴坡	山地褐土	壤土	70	蒙古栎	100 × 60
3	海淀	西山林场	0429162 E 4432116 N	228	23	阳坡	山地褐土	轻、砂壤土	53	栓皮栎	100 × 100

以每木检尺的方法获取样地内乔木树高、胸径和冠幅值,其中,树高采用激光树高测量仪,胸径则采用传统的胸径尺测量,冠幅采用树冠投影面内南北和东西距离值。空间结构信息研究则是首先将 3 个指标胸径(DBH)、树高(H)、冠幅(S)在 R 统计软件中统计并分别产生相对应的图像(图像格式可以根据需要生成),然后通过 Photoshop 和 ENVI 进行一系列的处理后叠加以获取相关信息,即图像叠加或图像的融合。本文将所获取的统计结果定义为空间结构信息指数用式(1)计算。

表 3 松山自然保护区蒙古栎林树种组成

树种	油松	蒙古栎	山杨	榆树	山杏	核桃楸	桑树	白蜡	白桦	合计
混交比	0.0142	0.5611	0.0015	0.0052	0.0755	0.0037	0.0015	0.3358	0.0015	1
数量/株	19	750	2	7	101	5	2	449	2	1337

表 4 西山林场栓皮栎林树种组成

树种	油松	侧柏	黄栌	栓皮栎	榆树	山杏	山楂	臭椿	合计
混交比	0.2123	0.0338	0.0246	0.6969	0.0031	0.0031	0.0046	0.0215	1
数量/株	139	22	16	541	3	2	3	16	742

$$FSI = - \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i \quad (1)$$

式中:FSI——经过处理之后的图像的信息总和,在本文中称之为阔叶林空间结构信息指数; P_i ——灰度等于 i 的像素数与图像总像素数的比;FSI 越大说明融合后的图像上的信息量增加越多^[10]。

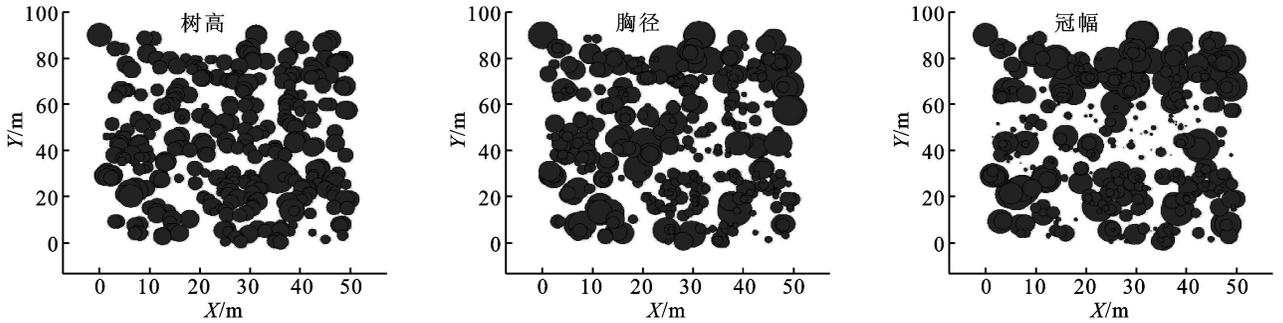
表 2 百花山自然保护区辽东栎林树种组成

树种	桦树	辽东栎	榆树	丁香	白蜡	合计
混交比	0.2082	0.7256	0.0473	0.0174	0.0016	1
数量/株	132	460	30	11	1	634

3 结果与分析

3.1 栎类林空间结构信息分析

运用 R 软件, ENVI 和 Photoshop 软件获取栎类



X, Y 均为样地中树木所处的坐标, 单位为 m, 样地的大小为 60 m × 100 m, 下同

图 1 树高、胸径和冠幅的灰度图

(2) 将 (1) 得到的三张灰度图在 ENVI 软件中进行叠加处理, 得到一幅新的 24 位的 Tiff 的彩图, 然后通过 Photoshop 处理得到灰度图, 见图 2。

(3) 将 (2) 所得的图像导入 ENVI 软件中利用式 (1) 对图像信息进行统计便得到每块样地的森林空间结构信息指数数值。

3.2 森林空间结构信息指数在样地中的应用

样地森林树种各项指标见表 5。

从表 5 可知: 这 3 块栎类林样地中生长情况具有相似性也存在差异性。2 号样地栓皮栎的结构空间信息指数最大, 为 70.075 2, 3 号样地栓皮栎最小, 为 42.101 6。

空间结构信息指数, 其获取流程如下:

(1) 运行 R 软件处理原始数据得到样地中乔木的 3 个指标即树高(H)、胸径(DBH)和冠幅(S)的格式为 Tiff 的灰度图像, 见图 1。

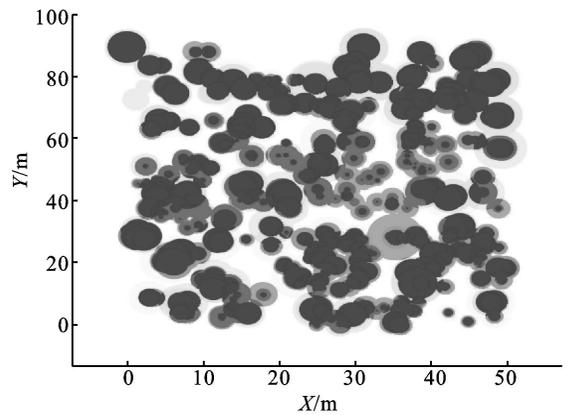


图 2 树高、胸径和冠幅的叠加灰度图

表 5 阔叶林空间结构信息指数

样地号	优势树种	FSI	M_{DBH} / cm	M_H / m	M_S / m^2	$d / (\text{株} \cdot \text{hm}^{-2})$	rate	$D / (\text{株} \cdot \text{hm}^{-2})$
1	辽东栎	62.2164	14.9	8.1	15.99	1320	0.73	964
2	蒙古栎	70.0752	16.19	5.68	20.56	2228	0.56	1247
3	栓皮栎	42.1016	12.45	6.85	9.96	742	0.70	520

注: FSI——每幅图像所代表的森林结构指数, 无量纲; M_{DBH} 、 M_H 、 M_S ——每个样地中的胸径、树高、冠幅的平均值; d ——内乔木树种的密度; rate——样地内优势树种的混交比, 无量纲; D ——样地内优势树种的相对密度, 其计算方法为 $D = d \cdot \text{rate}$ 。

1 号样地辽东栎森林结构指数为 62.216 4, 在 3 种栎类树种中排名第 2, 其胸径和冠幅在 3 种树种中也是排在第 2 位, 而树高却是最高, 从表 5 可以看出, 辽东栎林中优势树种的混交比在这 3 个样地中是最大的, 为 0.73。首先, 辽东栎本身是属于生长高大的乔木; 其次, 结合表 2 可知, 在辽东栎林中主要伴生树种为桦树、榆树、丁香和白蜡, 其中桦树的混交比达到了 0.2 以上, 由于桦树一般生长较为高大; 因此该样地中平均树高是 3 个样地中最高的。

2 号样地蒙古栎森林结构指数最大为 70.075 2, 其胸径、冠幅也是最大但其树高却不是最大值, 这可能是由于样地立地条件的差异所决定, 同时在样地中蒙古栎只是主要树种, 还有大量的伴生树种, 从表 5 中可看到 2 号地的密度达到了 2,228 株/ hm^2 , 在所有

的样地中为最大, 而主要树种蒙古栎的混交比(rate)只有 0.56, 刚超过一半, 因此还有大量的伴生树种, 从表 3 可知 2 号样地中有大量的白蜡, 其比重占到了 0.335 8, 而白蜡属于阔叶树种冠幅较大但是树高不大, 因此整个样地所得的平均树高较小。

3 号样地栓皮栎森林结构空间信息指数为 42.101 6, 在 3 种栎类树种中为最小值, 其胸径和冠幅也是最小。栓皮栎林的树木密度为 742 株/ hm^2 , 栓皮栎在该样地中的相对密度为 520 株/ hm^2 , 两种密度均为所有样地中最小值。结合表 4 可知, 3 号样地的主要伴生树种有油松、侧柏、黄栌等, 其中油松的混交比为 0.212 3, 占了伴生树种的 2/3 比重, 油松、侧柏为针叶树种生长较为矮小, 黄栌、山楂和山杏等小乔木, 臭椿和榆树虽为高大乔木但是在该样地中所占

比重太小。因此,3号样地的空间信息指数、胸径和冠幅均为最小。

4 结论与讨论

(1)建立了森林空间结构信息指数 FSI,通过分析计算可知,3块样地的空间结构信息指数分别为:1号样地辽东栎林 62.2164,2号样地蒙古栎林 70.0752,3号样地栓皮栎林 42.1016。

(2)通过对森林空间结构信息指数的计算结果的比较可知,森林空间结构的复杂性与多个因素有关,不能凭森林单一的某一方面来评价森林结构的复杂与否。

(3)森林的稳定性同森林结构的复杂性成正相关,因此可以通过森林空间结构信息指数的大小来描述森林结构的稳定性。本文中2号样地蒙古栎林空间结构信息指数最大,因此可以确定2号样地蒙古栎林的稳定性在这3块样地中是最大的;同样的道理,3号样地栓皮栎林空间结构信息指数最小,其稳定性也最小。

参考文献:

- [1] 贺珊珊,张怀清,彭道黎. 林分空间结构可视化研究综述[J]. 林业科学研究, 2008, 21(增刊): 100-104.
- [2] 惠刚盈, Gadow K V, 胡艳波, 等. 林木分布格局类型的角尺度均值分析方法[J]. 生态学报, 2004, 24(6): 1225-

1229.

- [3] 惠刚盈, 克劳斯, 冯佳多. 森林空间结构量化分析方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2003.
- [4] 安慧君, 张韬. 异龄混交林结构量化分析[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [5] Spies T A, Franklin J F. The structure of natural, young, mature, and old-growth Douglas-fir forests in Oregon and Washington[C]// Aubry L F, Carey K B, Huff A B. Wildlife and Vegetation of Unmanaged Douglas-fir Forests. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-285, Pacific Northwest Res. Stn., Portland, OR, 1991: 94-121.
- [6] Moer M. Characterizing spatial patterns of trees using stem-mapped data[J]. For. Sci., 1993, 39: 756-775.
- [7] Pretzsch H. Zum Einfluß des Baumverteilungsmusters auf den Bestandeszuwachs[J]. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 1995, 166(9/10): 190-201.
- [8] Kuuluvainen T, Penttinen A, Leinonen K, et al. Statistical opportunities for comparing stand structural heterogeneity in managed and primeval forests: An example from boreal spruce forests in Southern Finland[J]. Silva Fennica, 1996, 30: 315-328.
- [9] Goff E G, Zedler P H. Structural gradient analysis of upland forests in the western Great Lakes area[J]. Ecol. Monogr, 1968, 38: 65-86.
- [10] 林鹏. 植物群落学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986: 29-31.

(上接第 174 页)

参考文献:

- [1] 中国气象局国家气候中心. 气候变化—人类面临的挑战[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 16.
- [2] 姚檀栋, 朱立平. 青藏高原环境变化对全球变化的响应及其适应对策[J]. 地球科学进展, 2006, 21(5): 459-464.
- [3] 杜军. 西藏高原近 40 年的气温变化[J]. 地理学报, 2001, 56(6): 682-690.
- [4] 吴绍洪, 尹云鹤, 郑度, 等. 青藏高原近 30 年气候变化趋势[J]. 地球学报, 2005, 60(1): 3-11.
- [5] 郭连云. 青海同德近 50 年气候与草地畜牧业生产的关系[J]. 草业科学, 2008, 25(1): 77-81.
- [6] 马兴祥, 方德彪, 王润元, 等. 祁连山地区气候条件对牧草生长脆弱性影响研究[J]. 草业科学, 2005, 22(2): 2-6.
- [7] 才旦. 青海高寒草地生态系统的评价、功能失调原因和治理对策[J]. 草业科学, 2006, 23(9): 7-11.

- [8] 魏永林, 许存平, 张盛魁. 气候变化对海北地区天然草地生物量及生态环境影响[J]. 草业科学, 2008, 25(3): 22-26.
- [9] 郭连云, 赵年武, 田辉春. 气象影响因子对高寒针茅草原牧草产量的影响[J]. 草业科学, 2010, 27(10): 79-84.
- [10] 李文娟, 马轩龙, 陈全功. 青海省海东、海北地区草地资源产量与草畜平衡现状研究[J]. 草业学报, 2009, 18(5): 270-275.
- [11] 王有丰. 气候因子对天然草地牧草产量的影响[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(6): 63-65.
- [12] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 37-59.
- [13] 荣廷昭, 李晚忱. 田间试验与统计分析[M]. 成都: 四川大学出版社, 2001: 148-203.
- [14] 施能. 气象科研与预报中的多元分析方法[M]. 北京: 气象出版社, 2002.