

基于数量化方法的森林蓄积与环境因子关系的研究

李明艳, 刘悦翠*, 曹小玉

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要:以秦岭火地塘林场资源为对象,应用 GIS 技术,通过制作各类专题图,获取火地塘林场森林的空间分布格局,应用数量化 I 模型,探讨了森林活立木蓄积与坡度、坡向、海拔等地形因子的关系。结果表明可及度、海拔、坡向是影响林分蓄积的三个主导因子,而郁闭度、坡度、坡位、土壤类型影响相对较小。

关键词:地理信息系统(GIS);森林资源;火地塘;数量化 I 模型

中图分类号:S758.51 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2006)04-0089-04

Relationship between Forestry Accumulation and Environmental Aspect Based on Mathematical Quantification Model

LI Ming-yan, LIU Yue-cui, CAO Xiao-yu

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Taking the resources of Huoditang Forest Station in Qinling Mountains as object, the relationships between standing stock and terrain factors, such as slope degree, aspect and elevation, were studied by using GIS technology, different specific maps, spatial distribution pattern of the forests within the station and quantitative theory I. The results showed that the predominate factors influencing standing stock were accessibility, elevation and slope aspect, closure, slope degree and direction, soil type however, were subordinate factors.

Key words: geographic information system (GIS); forest resource; Huoditang; quantitative theory I

利用 GIS 进行森林资源分析,通过计算机可高效地将空间数据和属性数据资料完善地融合在一起;能经常更新、长期储存空间数据与属性数据;大批量数据处理速度加快,操作过程简便易行,大大增加了资料的存取速度和分析能力;能给森林资源分析增添更强功能。GIS 输出形式灵活,如各种林业专题图可以把森林分析结果明了、直接地从各个角度表示出来等。^[1]通过分析各环境因子与森林蓄积的关系,可以知道在环境因子中,那个因子的影响最大,对于熟悉森林资源以及对森林资源的可持续利用都有一定的帮助。目前,已有研究林木直径与环境因子关系的文章、书籍,而林分蓄积与环境因子之间的相互影响的的文章尚未见发表。

1 研究区概况

• 西北农林科技大学火地塘教学实验林场地处陕西省秦岭东部的宁陕县境内,位于北纬 $34^{\circ}25'$ ~

$34^{\circ}33'$,东经 $108^{\circ}25' \sim 108^{\circ}30'$,海拔 1 355 ~ 2 474 m,属亚热带气候,年降水量 1 000 mm,年平均气温 12.7°C ,绝对最低温度 -9.5°C ,绝对最高温度 28.6°C ,年日照时数 1 327.5 h,生长期为 6 个月。因不断地采伐,该地区的森林已成为次生林。1958 年调查,当时有林地面积占 76.9%,其蓄积量占 90.5%,平均蓄积 $134.2 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$,其中近、成过熟林平均蓄积 $150.9 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。20 世纪 50 年代末宁东林业局成立,随即在该场范围内进行了主伐,一直延续到 70 年代末,自 80 年代以来又进行了多次抚育采伐,使得林分变得更加残败^[4]。

作为秦岭山脉的大支梁之一,平河梁及其周围地区的森林起着重要的水源涵养作用,在整个秦岭林区的低海拔地方,由于人为活动比较频繁,保留下来的大片森林很少。仅在海拔较高且人烟稀少的地方保留着大片的森林。然而,这些地方的森林也几经采伐,资源情况和火地塘教学实验林场的相近,故

该场的森林具有一定的代表性。

2 研究方法

2.1 图形数据采集

根据陕西省森林资源规划设计调查和森林经营方案编制技术规定,以火地塘林场小班区划图(1:10 000)和火地塘地形图(1:50 000)作为工作底图,利用 MAPGIS 软件,进行采用“扫描-坐标变换-建立空间拓扑关系-编辑-改错-编码-图件生成”的工作步骤,对林班区划图中的所有信息进行数字化^[1]。

2.2 属性数据采集

包括专业数据和区域自然环境数据,即火地塘林场林区内的林班、小班的二类调查数据(1990 年)

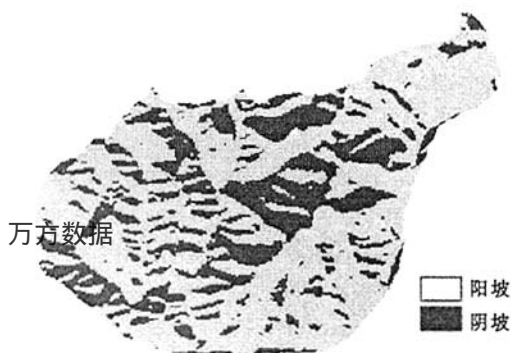


图1 坡向图

Fig.1 Slope aspect chart

2.4 数量化 I 模型

在分析影响林分蓄积的因子时,经常要考虑海拔、坡度、坡向以及土壤等环境因子,它们虽然反映了森林的某种特性,但是又不能用数量来衡量,很难在定量计算中使用。本研究采用日本学者林知己夫于 20 世纪 50 年代创立的数量化理论 I,对影响森林蓄积的微量因子进行综合分析^[6,7]。该理论从统计学原理出发,将不能用数值表示的对象通过特定的数学处理使之成为能用数值表示的对象,通过定量分析,达到评价、预测的目的。它与多元回归分析相对应,只是它的变量可以是定量变量,也可以是定性变量。

2.4.1 项目和类目 项目:指数量化理论 I 中的定性变量,如坡向、可及度等。

类目:每个项目下根据不同的研究内容可分为若干个等级,如坡向分为阳坡、阴坡等。每个等级称为该项目的一个类目。各个项目应根据研究的对象的内容确定类目的个数,可以相等,也可以不等。

2.4.2 反应矩阵 如果某个问题考查了 m 个项目 x_1, x_2, \dots, x_m , 第 j 个项目又设 r_j 个类目 $x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jr}$, 那

以及区域内的地形、土壤、海拔及植被分布等数据^[2]。内容包括土壤因子、林地林木权属因子、经营规划因子等森林资源小班属性数据库。在地理信息系统 ARCGIS8.3 的支持下,建立数字图层及相应的空间数据与属性数据库连接,获取各小班的面积、周长、空间关系及空间分布等信息,为森林空间格局与结构组成分析提供基础数据。

2.3 GIS 分析方法

GIS 将空间数据与属性数据两种形式的资料完全的融合在一起,能够方便获取火地塘森林的空间分布格局与结构组成信息,通过制作各类专题图,使得抽象、呆板的森林资源数据变得生动、直观、易于理解。利用 ARCGIS 提取坡度、坡向图等^[2,3]。

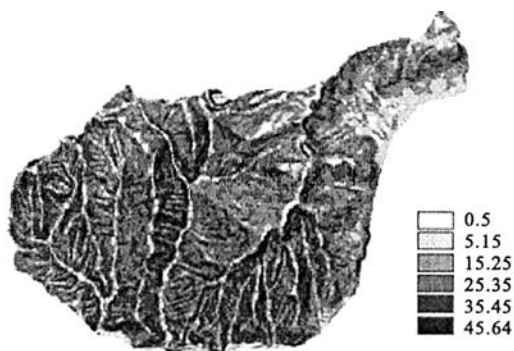


图2 坡度图

Fig.2 Slope degree chart

么总共有 $\sum_{j=1}^m r_j = P$ 个类目。以此得到 n 个样本,将 n 个样本的观察值排成 $n \times p$ 阶矩阵 $[\delta_j(j, k)]_{n \times m}$ 其中 $\delta_j(j, k)$ 是第 i 个样本在第 j 个项目的第 k 个类目上的反应值,该值按如下法则确定:

$$\delta_j(j, k) = \begin{cases} 1 & \text{当第 } i \text{ 个样本属于第 } j \text{ 个项目的第 } k \text{ 个类目} \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

这样的矩阵称为反应矩阵 X 。

2.4.3 数学模型及解法 假设变量 y 与各项目的类目间的关系遵从以下线性关系

$$y_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} b_{jk} \delta_i(j, k) + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

其中 b_{jk} 是待定的常数, ε_i 是第 i 次抽样的随机误差,且满足以下条件

- (1) 诸 $\varepsilon_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 相互独立;
- (2) ε_i 的数学期望 $E(\varepsilon_i) = 0$;
- (3) 诸 ε_i 具有相同的方差 $D(\varepsilon_i) = \sigma^2$ 。

显然这里 ε_i 的与回归分析中的要求是基本相同的。1) 式称为数量化理论 I 模型。待定常数 b_{jk}

的确定仍然用最小二乘法来估计。最后可以得到

$$X^T X \hat{b} = X^T Y \quad (2)$$

其中 X 是自变量的反应矩阵。

$$Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]^T$$

$$\hat{b} = [\hat{b}_{11}, \dots, \hat{b}_{1r_1}, \hat{b}_{21}, \dots, \hat{b}_{m1}, \dots, \hat{b}_{mr_m}]^T$$

(2)式称为正规方程。它是一个有 p 个待定常数的 p 个方程组成的联立方程组,其中的第一个方程左边的各系数恰是反应矩阵中的第一列与 X 的各列的内积,右边是因变量的各值与第一列的内积,一般称该方程为第一个项目的第一个类目的方程,其它依次类推。可以证明,正规方程中,每个项目的各类目的方程系数与常数项之和与其它项目的各类目的方程系数与常数项之和均相等,所以 $X^T X$ 是一个退化矩阵,在一般情况下有无穷多解,为使正规方程有特定的解,假设从第二个项目起,后面各项目的第一个类目的解为零,即在反应矩阵中除第一个项目外,将其的 $m-1$ 个项目中的第一个类目的反应值从 X 中删去,将新的反应矩阵代入(2)式求解,可以得到该因变量的预测值。同样可以证明,虽然正规方程有无穷组解,但对于任意一组解,预测值是相同的。

2.4.4 预测精度 由于数量化理论 I 与回归分析基本相同,复相关系数与偏相关系数仍然分别是衡量预测精度与各项目对预测贡献大小的重要统计量。只是计算方法略有区别。复相关系数即预测值与实测值的相关系数,计算方法与多元回归相似。

$$r_{\hat{y}} = \sqrt{\frac{\sigma_y^2}{\sigma_y^2 + \sigma_{\hat{y}}^2}} = \frac{\sigma_y}{\sigma_y} \quad (3)$$

在数量化理论 I 中,将每个项目视为一个变量,为了计算偏相关系数,将

$$X_i^{(j)} = \sum_{k=1}^r \delta_{jk} \delta_i(j, k) \quad j = 1, 2, \dots, m$$

看作是第 i 个样本在第 j 个项目上的定量数据,这样可以求得项目与项目、项目与因变量之间的单相关系数,并得到相关矩阵 R 。然后可以求得因变量与第 j 个项目的偏相关系数

$$\rho_{y,j} = \frac{-r^{jm+1}}{\sqrt{r^{jm+1} + 1}} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

在实际应用中,还可以用各项目的范围(range)

$$\text{range}(j) = \max_{1 \leq k \leq r_j} \delta_{jk} = \min_{1 \leq k \leq r_j} \delta_{jk} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

来衡量各项目对预测的贡献。范围越大,说明第 j 个项目对预测值的贡献越大。

3 火地塘森林资源分析

3.1 地类

本次调查出林场的总面积是 2 037 hm²,其中有

林地 1 870 hm²,占 91.3%,疏林地 103 hm²占 5.5%。其它地类占 3.2%^[4]。

3.2 林种

秦岭火地塘试验教学林场森林按林种分为 3 大类:防护林、用材林、特用林,其中特用林又分为试验林和母树林两种。据统计,其中防护林占 17.7%,用材林占 78.1%,特用林占 4.2%。由此可以看出,秦岭火地塘教学试验林场森林以防护林和用材林为主,兼顾教学实习任务。其中的母树林作为取种的用途,所占比例很小。

3.3 起源

由于长期进行营林作业,秦岭火地塘教学试验林场的原生植被很少,取而代之的是人工植被和次生群落。

3.4 优势树种

针叶树中包括华山松、油松、铁杉、云杉、落叶松等,其中作为防护林的华山松占 90% 以上,落叶松和云杉作为试验林,所占份额很少。华山松和油松、铁杉作为用材林,也在针叶树种中占主要份额。阔叶树种有栎类(采伐迹地上的次生群落),桦类(光皮桦,红桦),杨类(山杨,冬瓜杨),鹅耳枥,椴树,榆树等^[5]。

4 结果与分析

反应表转化为反应矩阵后,代入公式(2)得到一个正规方程,运用公式(3),(4),(5)分别求得复相关系数及各项目的偏相关系数与范围(表 1)。

偏相关系数与范围综合地反映了各项目对林分蓄积的影响大小。偏相关系数越大说明该项目对林分蓄积影响越大,范围越大说明改变该项目,林分的蓄积变化可能性最大。同时还可以看到,在此表中偏相关系数与范围呈现相同的作用趋势。一般偏相关系数越大,影响范围也越大。由此表可以清楚的看出,可及度、海拔、坡向是影响林分蓄积的三个主导因子。而郁闭度、坡度、坡位、土壤类型影响相对较小。

5 结论与讨论

将数量化理论 I 应用于环境因子对林分蓄积的影响分析中,解决了定性因子数量化的问题。它定性的分析了各影响因子的重要性,以及改变这些因子可能带来的对林分蓄积的改变。采用这种方法使得定性因子定量化,更直观、方便,因此具有显著的优点。通过以上的分析,可以得出以下结论:

(1)在环境因子中,可及度对林分蓄积的影响最大,即人为影响对林分蓄积的作用最突出。道路

表1 秦岭火地塘林场林分蓄积影响因子及其分析表
Table1 Analysis of relation between stand volume growth and environmental factors

项目	类目	得分值(b)	偏相关系数	范围
坡度/°	1.0~5	0.182 0	0.192 5	0.204 1
	2.5~15	0.179 2		
	3.15~25	0.171 5		
	4.25~35	0.162 1		
	5.35~45	0.038 7		
	6.>45	-0.022 1		
坡向	1. 阳坡	-0.346 3	0.491 1	0.580 6
	2. 阴坡	0.234 3		
坡位	1. 坡上	0.113 5	0.094 7	0.132 5
	2. 坡中	0.120 8		
	3. 坡底	0.246 0		
可及度	I 可及	-0.361 5	0.692 9	0.720 4
	II 将可及	0.321 7		
	III 不可及	0.358 9		
土壤类型	黄棕壤	0.214 5	0.115 3	0.123 8
	棕壤	0.195 1		
	暗棕壤	0.090 7		
郁闭度	疏≤0.3	0.206 7	0.201 8	0.212 6
	中0.4-0.6	0.419 3		
	密≥0.7	0.387 1		
海拔/m	850-1 500	-0.265 5	0.593 0	0.682 7
	1 500-2 100	0.272 4		
	2 100-2 470	0.417 2		
复相关系数			0.861 5	

及道路附近的林地,开采方便,人为影响最大,过度的人为干预使得林分蓄积量较小。营林措施使得林分的蓄积迅速变化,特别是木材采伐。不同程度的间伐、择伐都会改变林分的蓄积以及树种组成。因此加强可持续经营和永续利用的观念就相当重要。

(2)其次是海拔因子,由于火地塘地处秦岭山

区,海拔跨度较大。所以植物的分布也呈现出垂直分布的特性。在不同海拔带内,树种组成会发生变化,也会影响到林分的蓄积。在低海拔地区,阔叶树种所占组成比例大,林分蓄积较小。

(3)坡向的影响排在第三位,是由于坡向会影响光照,阳性树种和阴性树种由于对光照的适应性,分布会起变化。而且光照也会影响植物的生长,生长量和连年生长量都会有差别。阳面由于光照好,所以林分的蓄积大一些。

除上面所指出的三个因子外,郁闭度之所以在上表中偏相关系数比较小,考虑是由于该地区的郁闭度较为统一。

参考文献:

[1] 陈红梅. 基于 GIS 的福建省漳浦县森林资源分析[J]. 林业调查规划,2005,(2):1-5.
[2] 吴晓刚,燕爱玲. 基于 GIS 的秦岭火地塘林场森林资源信息管理系统的建立[J]. 陕西林业科技,2005,(1):13-16.
[3] 娄全胜. 基于网络的县级林业专题地理信息系统的研建[J], 林业资源管理,2005,(1):9-12.
[4] 李悦黎,杜纪山. 火地塘教学实验林场森林资源的数据分析及经营对策[J]. 西北林学院学报,1993,8(3):53-58.
[5] 高甲荣,刘广全,龚立群. 秦岭火地塘林区松栎混交林皆伐迹地天然更新调查[J]. 西北林学院学报,1992,7(2):6-13.
[6] [日]石田 宪治. を数量化理论应用した 土地利用計画調整[J]. 农村計画,1981,10(1):1-11.
[7] [日]山路 永司. 农村計画学[M]. 日本东京:新日本印刷株式会社,1992. 36.
[8] 唐志尧,柯金虎. 秦岭牛背梁植物物种多样性垂直分布格局[J]. 生物多样性,2004,12(1):108-114.
[9] 刘悦翠. 森林计测学[M]. 北京:中国工人出版社,2002.

(上接第 84 页)

桃幼树以秋栽后涂干防寒的栽植模式最好,由于涂干后充分保持住了树体中的水分,并且使幼树根系早早地适应了土壤环境恢复了幼根生长,不仅成活率高,而且春季萌芽早,新梢生长快,抽干高度短,枝条生长量大。秋栽不防寒,核桃成活率低,发枝部位低,不宜推广。没有条件进行涂干防寒的地方,还是春栽较好。

防寒措施很多,有埋土^[5]、幼树缠塑膜^[6]、套袋^[7]、编织袋包扎^[8]、聚乙烯醇涂干等^[1],笔者经过多年试验,以聚乙烯醇涂干最为经济实用,每株树防寒成本不足 5 分钱,省工省力效果好,可在河北省太行山南部地区核桃生产上大面积推广。

参考文献:

[1] 中南林学院主编. 经济林栽培学[M]. 北京:中国林业出版社,

1993.

[2] 河北农业大学主编. 果树栽培学各论(北方本)(第二版)[M]. 北京:农业出版社,1994.
[3] 孟广凤,尚秀红,吴丽杰. 山区发展核桃需注意的问题[J]. 河北果树,2004,(5):32.
[4] 严金娥,李磊,崔伟,等. 早实良种核桃的丰产优质栽培技术[J]. 河北果树,2004,(5):32.
[5] 赵维歧,韩凌. 核桃幼树的安全越冬和防寒[J]. 河北林业科技,1994,(3):31.
[6] 张志华,高仪,王文江. 核桃幼树几种防寒方法的效果[J]. 河北果树,2000,(1):14.
[7] 王文太,韩丽侠,赵志刚. 陕西西部抗旱造林技术试验研究[J]. 陕西林业科技,2004,(4):20~21,44.
[8] 尚勤学. 核桃嫁接繁殖及丰产栽培技术[J]. 林业科技开发,2005,(2):71.