

大岭山马尾松林型生产力和 立地条件的评价*

曾天勋

(林学系)

卢一舜

(基础部)

林一祥**

(广东省吴川县林业局)

提 要

目前,国内外多用立地指数来表示森林生产力的_{高低}。立地指数是以林分年龄和林木优势高(米)为依据的,它能较确切地反映森林生产力的_{高低}。但立地指数只是一个数值,不能说明森林生产力_{高低}的原因。本文先按立地指数来比较马尾松(*pinus massoniana*)林型的_{生产力},并通过逐步回归找出影响_{生产力}的主要因素;其次,运用模糊数学综合评判法评价林型_{生产力}与立地条件的_{关系};最后分析结果表明立地条件是导致林型_{生产力}高低的主要原因。

前 言

立地条件综合形成的_{生境},影响森林的类型和_{生产力},反映在森林_{生产力}的_{高低}。为了表示森林_{生产力}高低,苏联、日本等采用_{地位级}^{[1][12]},欧美采用_{立地指数}^[13]。解放初期我国采用_{地位级}^{[1][2]},近年来也采用_{立地指数}^{[3][9]}。

地位级以林分的_{年龄}和_{平均高度}作为依据,而现实林分的_{平均高度}常受_{密度}和_{抚育间伐}等所影响,例如同_{一林分}在_{下层疏伐}前后的_{平均高度}就有_{差异}。这样_{平均高度}就不够确切地反映森林_{生产力}的_{高低}。

立地指数以林分_{年龄}和_{林木优势高度}作为依据,而现实林分的_{优势高度}比较_{稳定},不受_{下层疏伐}的影响,能够确切地反映不同立地条件下林分_{生产力}的_{高低}。所以立地指数已被世界上许多国家所采用。

显然,立地指数是以一定立地条件下的林分_{年龄}和_{林木生长指标}(_{优势高度})作为依据的。林木生长的_{优劣}取决于立地条件的_{综合作用};立地条件愈_{优越},林木_{生长}愈好,立地指数也_{越高}。反之,立地指数也_{越低}。因此,立地指数的高低是立地条件_{综合作用}的必然结果。立地指数能够反映林型_{生产力}的_{高低},而不能说明其原因。本文先用立地指数比较不同马尾松林型_{生产力}的_{差异性},次用数理统计逐步回归的方法筛选出影

* 本文承我院林学系徐燕千教授、刘有美讲师审阅;调查工作得到广东惠阳专署林业局和国营大岭山林场的大力支持与协助;参加调查与计算工作的还有林学系1982届毕业生龙泽华、廖小晨、丁少江和罗小京等,特此一并表示谢意。

** 林学系1982届毕业生。

响马尾松林型生产力的主要因子,最后用模糊数学综合评判法,把所筛选出的因子作为立地因子集合的元素,评价马尾松林型生产力同立地因子综合作用的关系。

一、林型调查方法和结果

我们应用了生物地理群落学派的林型学原理^{[2][4]},采取林型线路调查与标准地调查相结合,于1982年3~4月在广东省国营东莞大岭山林场场部工区进行了马尾松林群落和立地条件等的调查。共调查了标准地(每个面积330平方米)18个,分配在每一林型的标准地4~8个。在标准地内作林分因子,土壤,林下植物种类组成、层片结构、优势度和频度等的调查。最后根据优势度法划分林型,归纳为杂灌木、马尾松林,芒箕、马尾松林和桃金娘、马尾松林等三个林型。各个林型的调查因子详见表1、2。

表1 各林型的马尾松林分因子

林型名称	标准地号	年龄	株数 (株/ha)	平均胸径 (cm)	平均树高 (m)	优势高 (m)	蓄积量 (m ³ /ha)	立地指数 (y)
杂灌木、 马尾松林	4	21	1560	15.3	11.3	13.5	157.66	14
	5	18	1140	16.5	12.3	14.2	145.64	16
	7	18	1170	18.0	14.6	14.8	204.81	16
	10	18	720	20.9	14.9	15.9	172.72	16
	11	21	540	21.3	16.2	17.2	144.22	16
	12	18	1320	16.4	14.3	15.4	189.36	16
	13	21	840	18.0	12.1	13.5	125.85	14
	17	19	750	18.7	13.2	14.0	130.16	14
芒箕、 马尾松林	2	21	1050	14.1	10.6	10.7	87.37	10
	3	21	1410	12.0	8.0	11.0	68.92	10
	6	21	780	15.4	9.0	11.4	67.56	12
	9	21	840	14.4	9.3	11.7	63.65	12
	14	21	750	14.5	10.9	12.0	66.61	12
	18	18	1140	12.6	10.5	11.2	74.35	12
桃金娘、 马尾松林	1	21	990	15	10.9	11.5	94.59	12
	8	21	930	13.6	7.6	9.0	57.42	8
	15	21	1080	14.0	9.2	10.3	78.79	10
	16	21	1080	12.1	8.0	9.1	53.67	8

*立地指数是从“马尾松立地指数表”上查得,该表是在1981年由华南农学院林学系和广东惠州地区林业局在大岭山林场编制的。编表所使用的方程为:

$$1. \text{导向曲线方程: } \lg H = 1.29780 - 3.47229 \frac{1}{A}$$

$$2. \text{各立地指数方程: } \lg H = \lg H_s - 3.47229 \left(\frac{1}{A} - \frac{1}{V} \right)$$

$$3. \text{F检验: } u = 0.49105, Q = 0.01790;$$

$$F = \frac{u/k}{Q/u - k - 1} = 246.897$$

表 2 各林型主要土壤因子和地形指数

林型名称	标准地号	容重 (g/cm ³) (X ₁)	孔隙度 (%) (X ₂)	pH (X ₃)	有机质 (%) (X ₄)	含盐量 (%) (X ₅)	枯落物 灰分 (%) (X ₆)	毛管持水量 (%) (X ₇)	地形指数 [*] (X ₈)
杂灌木、 马尾松林	4	1.33	50.9	5.48	2.206	0.00237	3.75	20.02	0.9124
	5	1.11	58.9	5.32	2.097	0.00218	4.22	25.14	1.2234
	7	1.16	56.9	5.58	1.431	0.00114	3.37	22.54	1.2234
	10	1.34	50.5	5.42	1.457	0.00201	3.53	21.37	0.9124
	11	1.16	57.0	5.58	1.795	0.00338	3.90	28.06	1.2234
	12	1.32	50.1	5.15	1.813	0.00000**	1.27	22.64	0.9124
	13	1.04	60.6	5.82	1.765	0.00003	3.34	31.23	0.9787
	17	1.24	54.3	5.35	1.573	0.00019	3.29	23.95	1.2234
芒箕、 马尾松林	2	1.39	48.5	5.78	1.145	0.00000**	3.09	15.61	0.9124
	3	1.22	54.8	5.50	1.431	0.00142	2.84	20.22	0.9124
	6	1.25	53.7	5.83	0.806	0.00000**	1.81	21.63	0.9787
	9	1.13	58.2	5.68	1.698	0.00006	4.72	23.20	0.9787
	14	1.24	54.2	5.14	1.464	0.00093	7.57	22.80	0.9124
	18	1.06	60.6	5.36	1.607	0.00063	3.82	25.81	0.9787
桃金娘、 马尾松林	1	1.31	51.3	5.68	0.979	0.00008	2.40	19.60	0.9787
	8	1.18	56.2	5.66	1.269	0.00291	4.52	21.74	0.9124
	15	1.39	48.4	5.46	1.136	0.00033	0.96	22.43	0.9124
	16	1.41	49.4	5.53	0.914	0.00000**	3.19	21.58	0.9124

* 地形指数 = $\frac{\text{某坡位所有标准地的立地指数平均值}}{\text{全部标准地的立地指数总平均值}}$

坡位分为上坡、中坡、下坡三级。

** 含盐量极微。

二、各林型生产力的比较

(一) 立地指数 (y) 平均值的比较

用立地指数比较三个林型的生产力。各林型立地指数的平均值如表 3。

表 3 各林型立地指数平均数的比较

林型	杂灌木、马尾松林	芒箕、马尾松林	桃金娘、马尾松林
标准地数	8	6	4
Σy	122	68	38
\bar{y}_1	$\bar{y}_1 = 15.25$	$\bar{y}_2 = 11.33$	$\bar{y}_3 = 9.5$
比较	15.25 > 11.33 > 9.5		

由表3可见杂灌木、马尾松林的立地指数最高，芒箕、马尾松林次之，桃金娘、马尾松林最低。各林型生产力的高低依次为杂灌木、马尾松林，芒箕、马尾松林，桃金娘、马尾松林。

(二) 差异性分析

用方差分析检验各个林型立地指数的差异程度^[5] (见表4、5、6)。

表4 总体方差齐性检验

林型	杂灌木、马尾松林	芒箕、马尾松林	桃金娘、马尾松林
\bar{y}_i	$\bar{y}_1 = 15.25$	$\bar{y}_2 = 11.33$	$\bar{y}_3 = 9.5$
$S_{n-1}'^2$	$S_1'^2 = 1.0714$	$S_2'^2 = 1.0667$	$S_3'^2 = 3.6667$
F 检验	$F_1 = \frac{S_1'^2}{S_2'^2} = \frac{1.0714}{1.0667} = 1.0044 < F_{0.05}(7,5) = 4.88$ $F_2 = \frac{S_3'^2}{S_1'^2} = \frac{3.6667}{1.0714} = 3.4223 < F_{0.05}(3,7) = 4.35$ $F_3 = \frac{S_3'^2}{S_2'^2} = \frac{3.6667}{1.0667} = 3.4374 < F_{0.05}(3,5) = 5.41$		

从表4可见各组间均无显著差异。假设各总体平均数相等。以下作F检验。

表5 方差分析统计

林型名称	杂灌木、马尾松林	芒箕、马尾松林	桃金娘、马尾松林	合计
m_i	8	6	4	$n = 18$
T_i	122	68	38	$T = 228$
T_i^2	14884	4624	1444	
T_i^2/m_i	1860.5	770.6667	361	$\sum \frac{T_i^2}{m_i} = 2992.1667$
$\sum_{j=1}^{m_i} X_{ij}^2$	1868	776	372	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{m_i} X_{ij}^2 = 3016$

$$L_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{m_i} X_{ij}^2 - \frac{T^2}{n} = 128$$

$$L_w = L_T - L_b = 128 - 104.1667 = 23.8333$$

$$f_T = n - 1 = 17; \quad f_b = a - 1 = 2; \quad f_w = f_T - f_b = 15,$$

$$L_b = \sum_{i=1}^a \frac{T_i^2}{m_i} - \frac{T^2}{n} = 104.1667$$

列出方差分析表(表6)

表 6 方差分析 F 检验

变异来源	自由度	离差平方和	均方	均方比	Fa
组间	2	104.1667	$S_b^2 = 52.0834$	F = 32.7795	$F_{0.01}(f_1=2, f_2=15)$ = 6.36
组内	15	23.8333	$S_w^2 = 1.5889$		
总的	17	128			

因为 $F > F_{0.01}$ ，所以，否定假设。说明各组平均数有极显著差异，即各林型的立地指数的平均数之间有极显著差异。

三、逐步回归筛选因子

首先对调查资料作逐步回归分析，以建立回归方程，筛选出影响大岭山马尾松林型生产力的主要因子。

(一) 设 Y (立地指数) = $b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_8x_8$ ，其正规方程系数矩阵的加边矩阵 $L^{(0)}$ 如下： $(x_1, x_2, \dots, x_8$ 为土壤因子和地形指数的代号，见表 2)

$$L^{(0)} = \begin{pmatrix} 1 & -0.9930 & -0.0942 & -0.4526 & -0.2122 & -0.3777 & -0.7330 & -0.4648 & -0.3067 \\ -0.9930 & 1 & 0.0981 & 0.4272 & 0.2265 & 0.4226 & 0.7259 & 0.4820 & 0.2633 \\ -0.0942 & 0.0981 & 1 & -0.4080 & -0.1306 & -0.2417 & -0.0646 & -0.0524 & -0.3070 \\ -0.4526 & 0.4272 & -0.4080 & 1 & 0.4476 & 0.2986 & 0.4443 & 0.3256 & 0.6375 \\ -0.2122 & 0.2265 & -0.1306 & 0.4476 & 1 & 0.3547 & 0.1406 & 0.2680 & 0.2486 \\ -0.3777 & 0.4226 & -0.2417 & 0.2986 & 0.3547 & 1 & 0.1614 & 0.0871 & 0.0035 \\ -0.7330 & 0.7259 & -0.0646 & 0.4443 & 0.1406 & 0.1614 & 1 & 0.4388 & 0.4188 \\ -0.4648 & 0.4820 & -0.0524 & 0.3256 & 0.2680 & 0.0871 & 0.4388 & 1 & 0.5835 \\ -0.3067 & 0.2633 & -0.3070 & 0.6375 & 0.2486 & 0.0035 & 0.4188 & 0.5835 & 1 \end{pmatrix}$$

(二) 假设最后选出三个因子，并以 $\alpha = 0.1$ 为依据，则： $F_{0.1}(1, 18-3-1) = 3.1$

(三) 逐步回归：根据 $L^{(0)}$ 矩阵中的数值，计算八个因子 $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_8)$ 的偏回归平方和，其中数值最大的经 F 检验达到标准的先选进方程，然后变换矩阵，依此同样可继续选出第二、第三……因子，直至偏回归平方和低于临界值为止。所选出的因子经变换矩阵后再作 F 检验，不合要求的剔除之。这样选出符合要求的因子有：土壤有机质 (x_4) 和地形指数 (x_8) 。

1. 土壤有机质 (x_4) ：

$$F_4^{(1)} = \frac{V_4^{(1)}(N-2)}{r_{yy}^{(0)} - V_4^{(1)}} = \frac{0.4064 \times 16}{1 - 0.4064} = 10.9542 > F_{0.1}(1, 14) = 3.1$$

2. 地形指数 (x_8) ：

$$F_8^{(2)} = \frac{V_2^{(2)}(N-3)}{r_{yy}^{(1)} - V_2^{(2)}} = \frac{0.1581 \times 15}{0.5936 - 0.1581} = 5.4455 > F_{0.1}(1, 14) = 3.1$$

(四) 计算出回归方程的参数:

$$b_0 = -1.6828; b_1 = 3.5276; b_2 = 9.1401.$$

故得回归方程为:

$$\hat{y} = -1.6828 + 3.5276X_1 + 9.1401X_2$$

式中: \hat{y} 为立地指数; X_1 为土壤有机质含量 (%); X_2 为地形指数。

$$F = \frac{S_{回}/k}{S_{剩}/(N-k-1)} = 9.7216 > F_{0.01}(2, 15) = 6.36$$

此方程可作为大岭山林场拟定马尾松经营管理措施的参考, 也可作为该场马尾松各林型立地指数的预估模型。

四、综合评判

由前述的回归分析结果可知, 在大岭山部分地区的立地条件中, 土壤有机质和地形指数是影响马尾松林型生产力的主要因子, 可以作为立地因子集合的元素。在逐步回归的立地因子中, 除了土壤有机质和地形指数外, 土壤毛管持水量 ($F_7 = 0.6022$) 和枯落物灰分 ($F_6 = 1.036$) 的F值比其它因子较为接近 $F_{0.1}(1, 14) = 3.1$, 这就表明这两个因子也是比较重要的。因此, 把它们当作因子集合的元素, 能较全面地综合评价林型的立地质量。因为毛管水中溶解有植物所需的各种养分, 它是对植物生长发育最重要的有效水^[4]; 灰分是植物有机体灼烧后的残余物, 含有植物生长必需的养分元素, 如K、Ca、Mg、Fe等, 这些元素对植物的生长起着重大的作用^{[6][7]}。

以上述四个主要因子为基础, 下面进一步对马尾松林型生产力与立地条件的关系进行评判。

设U是马尾松林型立地因子的集合, V为林型评语的集合。

$$U = \{ u_i \mid \underline{i=1, 2, 3, 4} \} \{ u_1, u_2, u_3, u_4 \}$$

$$= \{ \text{土壤有机质, 地形指数, 灰分, 毛管持水量} \}$$

$$V = \{ v_j \mid \underline{j=1, 2, 3, 4} \} \{ v_1, v_2, v_3, v_4 \}$$

$$= \{ \text{好, 较好, 一般, 差} \}$$

R 是从U到V的Fuzzy关系, r_{ij} ($i, j = 1, 2, 3, 4$) 表示从第*i*个因素着眼, 对被评林型作出第*j*种评语的可能程度。固定*i*, $(r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4})$ 就是V上的一个Fuzzy集, 表示从第*i*个因素着眼, 对于被评林型所作的单因素的评判。令

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} \end{pmatrix}$$

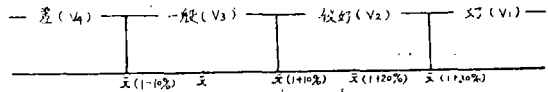
是评判矩阵, 为了找出此矩阵中各元素的数值, 先对调查数据作如下处理:

(一) 分别求出土壤有机质 (x_1)、地形指数 (x_2)、枯落物灰分 (x_3)、土壤

毛管持水量 (x₇) 四因素的总平均值 \bar{X} ：

$\bar{X}_4 = \sum x_4 / n = 26.586 / 18 = 1.4770$ ； $\bar{X}_5 = 0.9999$ ； $\bar{X}_6 = 3.4217$ ； $\bar{X}_7 = 22.7539$ 。

(二) 对于土壤有机质、枯落物灰分和土壤毛管持水量三因素，分别以它们各自的平均值 (\bar{X}_4 、 \bar{X}_6 、 \bar{X}_7) 为“一般”这一评语的中间值，凡在 $\bar{X} (1 - 10\%) \leq X$ (观察值) $< \bar{X} (1 + 10\%)$ 这一范围的观察值，其评语均为“一般；” 凡在 $\bar{X} (1 + 10\%) \leq X < \bar{X} (1 + 30\%)$ 这一范围的观察值，其评语为“较好”；小于 $\bar{X} (1 - 10\%)$ 的一切观察值的评语为“差”；大于或等于 $\bar{X} (1 + 30\%)$ 的观察值的评语为“好”。



如图 1。

图 1 评语集合V中各元素V_j的数值范围

(三) 当具体评判某一林型时，先分别求出该林型各立地因素的评语 r_{ij}。

$$r_{ij} = \frac{n_{ij}}{N_i}$$

n_{ij}: 表示落在 V_j 这一范围内 (如图 1) 的 u_i 观察值的个数。

N_i: 表示某林型所有的 u_i 观察值个数。

i = 1、2、3、4；j = 1、2、3、4。

1. 求对土壤有机质 (u₁) 这因素的评语 r_{ij}

A. 对于“好” (v₁) 这评语，其所得的分数应为：

$$r_{11} = \frac{\text{落在 } v_1 \text{ 这一范围内的土壤有机质 } (u_1) \text{ 观察值个数 } (n_{11})}{\text{某林型所有的土壤有机质观察值个数 } (N_1)}$$

B. 对于“较好” (v₂) 这一评语，其所得的分数应为：

$$r_{12} = \frac{\text{落在 } v_2 \text{ 这一范围内的 } u_1 \text{ 观察值个数 } (n_{12})}{N_1}$$

C. 对“一般” (v₃) 这一评语，其所得的分数应为：

$$r_{13} = \frac{\text{落在 } v_3 \text{ 这一范围内的 } u_1 \text{ 观察值个数 } (n_{13})}{N_1}$$

D. 对于“差” (v₄) 这一评语，其所得的分数应为：

$$r_{14} = \frac{\text{落在 } v_4 \text{ 这一范围内的 } u_1 \text{ 观察值个数 } (n_{14})}{N_1}$$

所以土壤有机质这一因素应得的评语为：

$$\{ r_{1j} \} = (r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{14}) = \left(\frac{n_{11}}{N_1}, \frac{n_{12}}{N_1}, \frac{n_{13}}{N_1}, \frac{n_{14}}{N_1} \right)$$

同理可得：

2. 对于枯落物灰分这因素的评语 r_{3j} 为：

$$\{ r_{3j} \} = (r_{31}, r_{32}, r_{33}, r_{34}) = \left(\frac{n_{31}}{N_3}, \frac{n_{32}}{N_3}, \frac{n_{33}}{N_3}, \frac{n_{34}}{N_3} \right)$$

3. 对于土壤毛管持水量这因素的评语 r_{4j} 为：

$$\{ r_{4j} \} = (r_{41}, r_{42}, r_{43}, r_{44}) = \left(\frac{n_{41}}{N_4}, \frac{n_{42}}{N_4}, \frac{n_{43}}{N_4}, \frac{n_{44}}{N_4} \right)$$

(四) 因为地形指数只有三个不同的观察值, 如采用上述处理办法, 反而不能反映出其差异。因此, 我们对较接近地形指数平均值 ($\bar{x}_3 = 0.9999$) 的 0.9878 这一观察值, 给予“一般”这一评语, 对小于 \bar{x}_3 的 0.9124 这一观察值, 给予“差”的评语, 对远大于 \bar{x}_3 的 1.2234 这一观察值, 给予“好”的评语。

所以, 地形指数这一因素的评语为:

$$\{r_{2i}\} = (r_{21}, r_{22}, r_{23}, r_{24}) = \left(\frac{n_{21}}{N_2}, \frac{n_{22}}{N_2}, \frac{n_{23}}{N_2}, \frac{n_{24}}{N_2} \right)$$

n_{21} 、 n_{23} 、 n_{24} 分别为 1.2234、0.9878、0.9124 各观察值的个数, $n_{22} = 0$

n_2 为某林型内地形指数这一因素的总观察值个数。

这样便可求得评判矩阵 \tilde{R} :

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} \frac{n_{11}}{N_1} & \frac{n_{12}}{N_1} & \frac{n_{13}}{N_1} & \frac{n_{14}}{N_1} \\ \frac{n_{21}}{N_2} & \frac{n_{22}}{N_2} & \frac{n_{23}}{N_2} & \frac{n_{24}}{N_2} \\ \frac{n_{31}}{N_3} & \frac{n_{32}}{N_3} & \frac{n_{33}}{N_3} & \frac{n_{34}}{N_3} \\ \frac{n_{41}}{N_4} & \frac{n_{42}}{N_4} & \frac{n_{43}}{N_4} & \frac{n_{44}}{N_4} \end{pmatrix}$$

U 中各个元素 u_i ($i = 1, 2, 3, 4$) 对林型的影响程度是不一样的, 即 U 中诸因子有不同的权。人们对这个问题的认识可以表为 U 上的一个模糊子集 \tilde{A} , U 中元素 u 对 \tilde{A} 的隶属度 $\tilde{A}(u)$ 叫做 u 被着眼的权重。 $\{ \tilde{A}(u_i) \}$ ($i = 1, 2, 3, 4$) 叫做权数分配, 一般让 $\sum_{i=1}^4 \tilde{A}(u_i) = 1$

我们设计了一种确定权数分配的方法, 即根据立地因素 U 中各元素 u_i 在逐步回归中的偏回归平方和来确定权数分配的方法。这是由于各元素的偏回归平方和反映了它们各自在回归方程中的地位, 由此而确定的权数分配是合理的。下面就用这种方法确定权数分配。

U 中各元素 u_i [土壤有机质 (u_1)、地形指数 (u_2)、枯落物灰分 (u_3)、土壤毛管持水量 (u_4)] 的偏回归平方和分别为:

$$v_{u_1}^{(2)} = 0.4064; v_{u_2}^{(2)} = 0.1581; v_{u_3}^{(2)} = 0.03835; v_{u_4}^{(2)} = 0.02291$$

所以, 权数分配应为:

$$\tilde{A} = \left(\frac{0.4064}{0.62576}, \frac{0.1581}{0.62576}, \frac{0.03835}{0.62576}, \frac{0.02291}{0.62576} \right)$$

$$= (0.6494, 0.2527, 0.0613, 0.0366)$$

从而确定了 u_1 、 u_2 、 u_3 和 u_4 的权数分配, 表明在四个因子中, 土壤有机质的权数最高, 地形指数其次, 枯落物灰分和土壤毛管持水量分别居第三和第四; 又得出了评判矩阵

\tilde{R} , 则综合评判为: $\tilde{B} = \tilde{A} \cdot \tilde{R}$

以下对各个林型进行综合评判:

1. 确定V中各元素 v_j 的数值范围

(1) 有机质这个因子, v_j 的数值范围如图2所示。

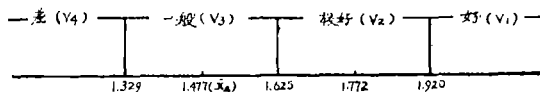


图2 V中各元素 v_j 的 u_1 数值范围

(2) 枯落物灰分这因子, v_j 的数值范围如图3。

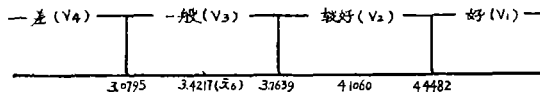


图3 V中各元素 v_j 的 u_3 数值范围

(3) 毛管持水量这因子, v_j 的数值范围如图4。

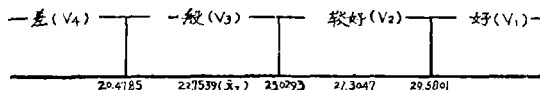


图4 V中各元素 v_j 的 u_4 数值范围

(4) 地形指数这一因子作特殊处理, 方法如前所述。

2. 求对各林型的评判矩阵 \tilde{R}

(1) 杂灌木、马尾松林的 \tilde{R}

统计该林型的 N_i 、 n_{ij} 得:

$N_1 = N_2 = N_3 = N_4 = 8$, $n_{11} = 2$, $n_{12} = 3$, $n_{13} = 3$, $n_{14} = 0$ 。 $n_{21} = 4$, $n_{22} = 0$, $n_{23} = 1$, $n_{24} = 3$ 。 $n_{31} = 0$, $n_{32} = 2$, $n_{33} = 5$, $n_{34} = 1$ 。 $n_{41} = 1$, $n_{42} = 2$, $n_{43} = 4$, $n_{44} = 1$

$$\therefore \tilde{R} = \begin{pmatrix} \frac{2}{8} & \frac{3}{8} & \frac{3}{8} & 0 \\ \frac{4}{8} & 0 & \frac{1}{8} & \frac{3}{8} \\ \frac{0}{8} & \frac{2}{8} & \frac{5}{8} & \frac{1}{8} \\ \frac{1}{8} & \frac{2}{8} & \frac{4}{8} & \frac{1}{8} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.25 & 0.375 & 0.375 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0.125 & 0.375 \\ 0 & 0.25 & 0.625 & 0.125 \\ 0.125 & 0.25 & 0.5 & 0.125 \end{pmatrix}$$

同样可得

(2) 芒箕、马尾松林的 \tilde{R}

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} 0, & 0.1667, & 0.5, & 0.3333 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 \\ 0.3333 & 0.1667 & 0.1667 & 0.3333 \\ 0 & 0.1667 & 0.5 & 0.3333 \end{pmatrix}$$

(3) 桃金娘、马尾松林的 \tilde{R}

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} 0, & 0, & 0, & 1 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0.75 \\ 0.25 & 0 & 0.25 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0.75 & 0.25 \end{pmatrix}$$

4. 各林型的综合评判: $\widetilde{B} = \widetilde{A} \circ \widetilde{R}$

(1) 杂灌木、马尾松林

$$\widetilde{B} = (0.6494, 0.2527, 0.0613, 0.0366) \circ \begin{pmatrix} 0.25, & 0.375, & 0.375, & 0 \\ 0.5 & 0 & 0.125 & 0.375 \\ 0 & 0.625 & 0.25 & 0.125 \\ 0.125 & 0.25 & 0.5 & 0.125 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} &= [(0.6494 \wedge 0.25) \vee (0.2527 \wedge 0.5) \vee (0.0613 \wedge 0) \vee (0.0366 \wedge 0.125), \\ &(0.6494 \wedge 0.375) \vee (0.2527 \wedge 0) \vee (0.0613 \wedge 0.25) \vee (0.0366 \wedge 0.25), \\ &(0.6494 \wedge 0.375) \vee (0.2527 \wedge 0.125) \vee (0.0613 \vee 0.625) \vee (0.0366 \wedge 0.5), \\ &(0.6494 \wedge 0) \vee (0.2527 \wedge 0.375) \vee (0.0613 \wedge 0.125) \vee (0.0366 \wedge 0.125)] \\ &= (0.2527, 0.375, 0.375, 0.2527) \end{aligned}$$

归一化: $\left(\frac{0.2527}{1.2554}, \frac{0.375}{1.2554}, \frac{0.375}{1.2554}, \frac{0.2527}{1.2554} \right)$

$\therefore \widetilde{B} = (0.2013, 0.2987, 0.2987, 0.2013)$

(2) 芒箕、马尾松林

$$\widetilde{B} = (0.6494, 0.2527, 0.0613, 0.0366) \circ \begin{pmatrix} 0, & 0.1667, & 0.5, & 0.3333 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 \\ 0.3333 & 0.1667 & 0.1667 & 0.3333 \\ 0 & 0.1667 & 0.5 & 0.3333 \end{pmatrix}$$

$$= (0.0613, 0.1667, 0.5, 0.3333)$$

归一化: $\left(\frac{0.0613}{1.0613}, \frac{0.1667}{1.0613}, \frac{0.5}{1.0613}, \frac{0.3333}{1.0613} \right)$

$\therefore \widetilde{B} = (0.0578, 0.1571, 0.4711, 0.3140)$

(3) 桃金娘、马尾松林

$$\widetilde{B} = (0.6494, 0.2527, 0.613, 0.0366) \circ \begin{pmatrix} 0, & 0, & 0, & 1 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0.75 \\ 0.25 & 0 & 0.25 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0.75 & 0.25 \end{pmatrix}$$

$$= (0.0613, 0, 0.25, 0.6494)$$

归一化: $\left(\frac{0.0613}{0.9607}, \frac{0}{0.9607}, \frac{0.25}{0.9607}, \frac{0.6494}{0.9607} \right)$

$\therefore \widetilde{B} = (0.0638, 0, 0.2602, 0.6760)$

4. 评判结果

杂灌木、马尾松林： $\underline{B} = (0.2013, 0.2987, 0.2987, 0.2013)$

芒箕、马尾松林： $\underline{B} = (0.0578, 0.1571, 0.4711, 0.3140)$

桃金娘、马尾松林： $\underline{B} = (0.0638, 0, 0.2602, 0.6760)$

已知土壤有机质、地形指数、灰分和毛管持水量的偏回归平方和权数分配分别为0.64494, 0.2527, 0.0613和0.0366, 但它们在杂灌木、马尾松林的综合评判结果分别为0.2013, 0.2987, 0.2987, 和0.2013; 在芒箕、马尾松林的结果分别为0.0578, 0.1571, 0.4711和0.3140; 在桃金娘、马尾松林的结果分别为0.0638, 0, 0.2602和0.6760; 同前述权数相较, 除了杂灌木、马尾松林的地形指数的数字较接近外, 其余的均相差很大, 而且各数值均趋向于相反。因此, 三个林型的生产力不相同。但是从三个林型的综合评判结果的各个权数看, 杂灌木、马尾松林比芒箕、马尾松林及桃金娘、马尾松林的好些。所以杂灌木、马尾松林的立地指数和生产力较高, 芒箕、马尾松林和桃金娘、马尾松林的均较低。但芒箕、马尾松林的又比桃金娘、马尾松林的稍佳, 故前者的立地指数和生产力也较后者稍好。显而易见, 立地条件的好坏及其综合作用是导致林型生产力高低的主要原因。

五、讨 论

(一) 模糊数学在气象方面应用较多, 诸如天气预报、气候分析、信息加工、环境评价和系统分析等^[10]。在林业生产和林业科学中存在的模糊现象和模糊概念都不少, 亦可用模糊数学的方法来加以解决。我们认为模糊数学的综合评判法不仅可用于评价林型生产力, 而且可以用于造林设计方案、多因子试验方案及森林多种效益的评价等。

(二) 本文综合评价影响马尾松林型生产力的四个因子(土壤有机质、地形指数、枯落物灰分和土壤毛管持水量)是通过逐步回归而筛选出来的, 可以说它们是影响大岭山马尾松林型生产力高低的主要因子。但因限于时间和调查材料, 所得到的结果只能说明大岭山部分地区马尾松林型生产力与立地条件的关系。对于不同地区的马尾松林型或同一地区不同树种的林型, 是否这些因子, 有待研究。因此, 对于影响林木生长的客观因子集合U中各个元素的确定需要对客观事物作具体分析。

(三) 应用立地指数可以比较林型间生产力的差异; 为了阐明林型生产力差异的原因, 用回归分析可以从众多的环境因子中筛选出影响林型生产力的主要因子, 从而建立预估林型生产力的模式, 但仍未充分说明林型间生产力与立地条件的差异及其原因, 需要再以主要因子作为立地因子的集合元素, 用模糊数学综合评判法来评价林型间生产力与立地条件的关系。

(四) 对于权数分配的确定, 在评判的数学模型中很重要。虽然权数分配允许有一定的弹性, 但如果定得不合理, 则对评判的准确性会有一定的影响。我们考虑到由于各立地因子的偏回归平方和是反映它各自在回归方程中的地位的量, 以这些量作为权数分配的依据是恰当的。但是, 对权数的确定需要通过繁杂的计算, 工作量较大, 需要用电子计算机来解决。

参 考 文 献

- [1] 林业部森林调查设计局, 1958, 《森林调查员手册》1—8, 中国林业出版社。
- [2] 北京林学院森林学教研组, 1962, 《森林学》(上册), 13—14, 191—194, 农业出版社。
- [3] 司洪生, 1981, 对编制杉木立地指数表时样地面积和优势木株数的探讨, 《林业科技通讯》(2): 22, 中国林业科学研究院科技情报研究所。
- [4] 东北林学院主编, 1981, 《森林生态学》119—121, 53, 中国林业出版社。
- [5] 北京林学院主编, 1980, 《数理统计》161—162, 164—168, 181—186, 中国林业出版社。
- [6] 林振骥、劳家桢编, 1961, 《土壤农化分析法》172, 农业出版社。
- [7] 北京林学院主编, 1982, 《土壤学》221, 中国林业出版社。
- [8] 汪培庄, 1980, 模糊数学简介(I. I), 《数学实践与认识》(2): 45—59; (3): 52—63。
- [9] 陆文杰, 1982, 立地指数的改进意见, 《广东林学》(1): 32—41。
- [10] 模糊数学杂志编委会, 1982, 《模糊数学》1: 77—90。
- [11] B. S. 古里萨什维利, 1959, 《山地森林学》21—22, 中国林业出版社。
- [12] 帝国森林会, 1978, 《森林学》27—28, 共立出版。
- [13] Spurr S. H. et al, 1980, Forest Ecology, John wiley & Sons, 300—305.

THE EVALUATION OF THE PRODUCTIVITY AND THE SITE
CONDITION OF THE FOREST TYPES OF HORSE TAIL
PINE PLANTATION IN DALIND MOUNTAIN

Zeng Tianxun Lin Yixiang

Lu Yilin

(Department of Forestry)

(Department of Basis)

ABSTRACT

At present, the site index of stand is often used to show the forest productivity both in China and other countries in the world. Because the site index is based on stand age and the height in meter of dominant trees, it could explain more precisely and definitely the level of forest productivity. It's only a figure for expressing forest productivity, however, it doesn't explain the reasons why the forest productivity is high or low. Firstly, in this paper the productivities of horse tail pine (*Pinus massoniana*) forest types were compared by the site index, and the main factors affecting the productivity of forest types were evaluated by stepwise regression analysis, secondly, the relationships between the productivity and site condition of the horse tail pine forest types were evaluated by means of the method of fuzzy mathematical integrated evaluation, finally, the results of analysis showed that the site conditions are the main factors affecting the forest type productivities of horse tail pine plantation