

广东森林群落排序分析

周厚诚 彭少麟 陈天杏 郭少聪

(中国科学院华南植物研究所)

摘要 本文应用极点排序和位置向量排序的方法对广东13个森林群落进行排序分析,并分别用极点排序图和位置向量排序的二维图和三维图表示排序的结果。同时对排序图的生态学意义及排序方法的优缺点进行讨论。结果表明,三维位置向量排序图能较好地性质相近的群落类型聚在一起,可作为植被分类的辅助方法;积点排序图从一定程度上反映了植被的连续变化;极点排序与位置向量排序虽然取得一定结果,但由于同属线性排序,损失的信息量较多,寻求非线性排序方法是研究的方向。

关键词 极点排序;位置向量排序;森林群落相似性矩阵

本世纪以来,美国威斯康星学派在大量实例研究的基础上,提出了植被连续性理论,引起了广泛的重视。相应的研究方法,尤其是排序技术得到了很大的发展^[1]。排序技术的广泛应用,已突破了原有的界限,除了建立植被的连续性体系以外,还被用为群落分类的代替方法,以及作为揭示生态因子对植被的影响的辅助方法。

本文选用极点排序(Polar ordination 简称PO)和位置向量排序(Position vectors ordination 简称PVO)二种方法对广东13个不同的森林群落进行排序分析。所选用的群落具有不同的林龄,即其成熟阶段不同,也具有不同的纬度分布及垂直海拔高度分布。以期进一步探讨排序分析方法在植被生态学分析上的作用。

一、取 样

选用的13个群落如下^[2,3,4];

1. 广州白云山英雄洞“降真香 *Acronychia pedunculata*、鸭脚木 *Schefflera octophylla*、马尾松 *Pinus massoniana*、山乌柏 *Sapium discolor*”群落。
2. 广州白云山山庄旅社“降真香、木姜叶柯 *Lithocarpus uvariifolia*、山乌柏”群落。
3. 南昆山自然保护区“小红栲 *Castanopsis carlesii*、罗浮栲 *Castanopsis fabri*、密花树 *Rapanea neriifolia*”群落。
4. 封开县黑石顶“阿丁枫 *Altingia chinensis*、小叶胭脂 *Artocarpus styracifolius*、福建青冈 *Cyclobalanopsis chungii*、黄杞 *Engelhardtia chrysolepis*”群落。
5. 封开县黑石顶“马尾松、罗浮栲、壳菜果 *Mytilaris laosensis*”群落。
6. 海南兴峰岭“倒卵阿丁枫 *Altingia obovata*、丛花厚壳桂 *Cryptocarya densi-*

中国科学院青年科学基金资助研究项目。该研究项目得到中山大学张宏达教授、王伯荪教授,华南植物研究所王铸豪研究员、何绍颀副研究员等的指导。

flora、盘壳栎 *Quercus putelliformis*”群落。

7. 海南尖峰岭“小叶白栎 *Castanopsis annamensis*、海南黄叶树 *Xanthophyllum hainanensis*、紫树 *Nyssa javanica*”群落。

8. 海南尖峰岭“藜蒴 *Castanopsis fissa*、米花木 *Decaspermum cambodianum*、灰木 *Symplocos caudata*”群落。

9. 海南尖峰岭“红栲 *Lithocarpus fenzelianus*、米花木、海南黄叶树”群落。

10. 鼎湖山“厚壳桂 *Cryptocarya chinensis*”群落。

11. 乳阳林业局天门嶂“罗浮栲、红椴 *Castanopsis fargesii*、黄樟 *Cinnamomum porrectum*”群落。

12. 乳源县泉水电站“藜蒴、毛桃木莲 *Manglietia moto*、拟赤杨 *Alniphyllum fortunei*”群落。

13. 始兴县樟栋水保护区“小红栲、甜槠 *Castanopsis eyrei*、荷木 *Schima superba*”群落。13个群落的基本情况如表1。

表1 13个群落的基本情况

Table 1 The situation of 13 forest communities

编号	取样面积 (米 ²)	位置	土壤	海拔高度 (米)	年平均温度 (°C)	年平均降水量 (毫米)
1	600	23°03' N, 113°19' E	赤红壤	150~250	21.8	1694.1
2	600					
3	1900	23°30' N, 114°38' E	山地黄壤	750~950	20.8	2172.6
4	2000	23°27' N, 114°45' E		500~700	20.0	1500.0
5	1000			650~750		
6	2500	18°42' N, 108°50' E		750~1000	24.5	1649.9
7	2500			750~1000		
8	2500		850			
9	200		1224			
10	200	23°08' N, 112°35' E	赤红壤	350	21.0	1927.3
11	200	24°52' N, 113°04' E	红壤	480	19.8	1752.0
12	100	24°41' N, 113°07' E		410		
13	400	24°56' N, 114°04' E		480	19.6	1400~2000

二、方 法

1. 极点排序^[1,6]

应用相似性百分率 (percentage of similarity 简称 PS) 作为每二个群落间的距离系数:

$$PS = \sum \min. (a, b) \quad (1)$$

a、b 表示两群落共有种某一定量值的相对低值。本文用的是取样群落中种的重要值的百分数。同时将 PS 化为相异性百分率 (percentage of difference 简称 PD)

$$PD = 85 - PS \quad (2)$$

将上述结果的 PS 和 PD 构成矩阵 (表 2)。

根据矩阵, 计算各群落的 PD 总和。具最大 PD 总和的群落作 a, 在排序 X 轴上的 0 位标出。找出与 a 最不相似的群落 b, 标在 X 轴上另一端。再按公式 (3) 计算各群落沿 X 轴对群落 a 的距离, 也即各群落的 X 轴坐标:

$$X = \frac{L^2 + Da^2 - Db^2}{2L} \quad (3)$$

其中 L: 群落 a 和群落 b 之间的 PD,

Da: 群落 a 与所求群落之间的 PD,

Db: 群落 b 与所求群落之间的 PD。

据 Da、X, 按公式 (4) 求各群落的吻合性差值 e:

$$e = \sqrt{Da^2 - X^2} \quad (4)$$

具最高 e 值的群落为 a', 在 Y 轴上 0 位标出, 对 a' 最不相似的群落为 b', 标在 Y 轴上另一端。b' 的 Y 轴坐标是 a' 对 b' 的 PD。其余群落在 Y 轴上的坐标与由确定群落在 X 轴上的坐标相似的办法得出。

2. 位置向量排序^[5]

① 构成 N 阶距离矩阵:

$$D = (d_{jk}^2) \quad (j, k = 1, 2, \dots, N)$$

d_{jk} 为群落 j、k 间的距离。

② 构成 N 阶离差矩阵 S 分别对距离矩阵 D 的各行、各列及全部元素求和。依公式 (5) 构成离差矩阵 $S = (S_{jk})$:

$$S_{jk} = -\frac{1}{2}d_{jk} + \frac{1}{2N}D_{j\cdot} + \frac{1}{2N}D_{\cdot k} - \frac{1}{2N}D_{\dots} \quad (5)$$

其中 d_{jk} : 矩阵 D 第 j 行第 k 列元素,

$D_{j\cdot}$: 矩阵 D 第 j 行元素之和,

$D_{\cdot k}$: 矩阵 D 第 k 列元素之和,

D_{\dots} : 矩阵 D 所有元素之和,

N: 矩阵 D 的阶数。

③ 求第一排序轴及 N 个群落在该轴上坐标, 首先对离差矩阵 S 的每一列 (或行) 求

平方和再分别除以 S_{kk} , 并从 N 个值中找出最大值。这个最大值便是 N 个群落的第一排序轴

$$S_{\cdot k}^2 = \sum_{j=1}^N S_{jk}^2 \quad (k=1, 2, \dots, N)$$

上的平方离差 λ_1 。若 N 个值中第 k_1 个最大, 即在群落 k_1 的位置向量上取最大值, 则选它为第一排序轴。 N 个群落在此轴上的坐标为

$$Y_{1j} = S_{k_1 j} / \sqrt{S_{k_1 k_1}} \quad (j=1, 2, \dots, N)$$

④ 求其它排序轴及 N 个群落在各轴上坐标, 首先对离差矩阵 S 进行调整。令

$$S_{jk}^{(1)} = S_{jk} - Y_{1j} Y_{1k}$$

其中 S_{jk} : 前一离差矩阵第 j 行第 k 列的元素,

Y_{1j} : 第 j 个群落在第一排序轴上坐标,

Y_{1k} : 第 k 个群落在第一排序轴上坐标。

于是构成新的离差矩阵

$$S_{jk}^{(1)} = (S_{jk}^{(1)})$$

重复③求出第二排序轴、 N 个群落在该轴上的平方离差 λ_2 及其排序坐标。

同理可求出各排序轴及 N 个群落在各轴上的平方离差及其排序坐标。

三、结 果

对取样群落中种的重要值的百分数的计算, 依据公式(1)、(2), 构成13个群落的PS、PD矩阵(表2)。

依表2, 按公式(3)、(4)计算, 得13个群落的e值及排序坐标(表3)。

按上述PO方法, 由表3得13个群落的PO图(图1)。

表2 13个群落的PS、PD全矩阵*

Table 2 The PS and PD matrix of 13 forest communities

C.1	38.15	80.13	78.17	74.17	80.33	75.59	79.85	83.30	81.78	79.37	79.08	81.68
46.85	C.2	79.29	80.17	80.05	78.53	74.96	75.23	78.71	76.58	76.90	71.98	75.43
4.87	5.71	C.3	76.43	72.03	84.86	85.00	84.24	83.36	80.17	60.31	70.98	65.42
6.83	4.83	8.57	C.4	34.10	78.03	80.72	83.16	81.80	67.20	74.60	76.00	81.40
10.83	4.95	12.97	50.90	C.5	79.07	80.02	82.82	79.90	79.10	79.50	77.60	81.10
4.67	6.47	0.14	6.97	5.93	C.6	37.43	49.86	64.90	81.64	84.19	82.27	81.69
9.41	10.04	0.00	4.28	4.98	47.57	C.7	49.38	62.84	82.20	82.25	80.05	79.55
5.15	9.77	0.76	1.84	2.18	35.14	35.62	C.8	61.81	82.66	82.14	64.89	79.57
1.70	6.29	1.64	3.20	5.10	20.10	22.16	23.19	C.9	81.98	83.40	80.09	79.65
3.22	8.42	4.83	17.80	8.90	3.36	2.80	2.34	3.02	C.10	85.00	79.60	78.10
5.63	8.10	24.69	10.40	5.50	0.81	2.75	2.86	1.60	0.00	C.11	60.50	71.20
5.92	13.02	14.02	9.00	7.40	2.73	4.95	20.11	4.91	5.40	24.50	C.12	60.6
3.32	9.57	19.58	3.60	3.90	3.31	5.45	5.43	5.35	6.90	13.80	24.40	C.13

* C₁~C₁₃序号按表1群落1~13

依表2, 按PVO方法得13个群落PVO的坐标矩阵及平方离差矩阵(表4、表6)。

由表4, 取13个群落在第一排序轴、第二排序轴及第三排序轴的坐标, 分别用二维和三维坐标系对分析的13个群落排序(图2、图3)。

四、结果讨论

1. 本文采用间接排序方法, 就是把原始数据经过确定群落距离的中间环节以后将群落排序, 计算较简便。同时, 所确定的PS和PD矩阵已在一定程度上反映了群落间的关系。群落性质相近的, 其PS值高, 反之则PD值高。如群落1和群落2同是广州白云山次生林群落, 其性质相近, 其PS值较高。群落4和群落5是黑石顶的常绿阔叶林和针阔叶混交林群落, 其性质也相近, PS值也较高。而群落10与群落13间的PD值则较高, 因为群落10是较典型的南亚热带

表3 群落PD总计、e值及排序坐标

Table 3 Total PD of forest communities and e value as well as ordination coordinate

群落	ΣPD	沿X轴离群落a的距离x	X轴上的不吻合值e	沿Y轴离群落a'的距离y
C.1	906.60	44.78	68.43	42.62
C.2	885.98	42.21	63.89	41.72
C.3	917.22	54.34	51.94	84.86
C.4	891.78	36.33	56.53	43.89
C.5	896.46	39.99	65.11	48.69
C.6	882.80	40.01	71.16	0.00
C.7	869.99	42.45	70.39	8.11
C.8	875.61	43.00	70.59	15.27
C.9	921.68	41.06	70.89	26.30
C.10	947.95	0.00	0.00	48.41
C.11	832.22	85.00	0.00	62.76
C.12	883.64	58.24	54.26	52.62
C.13	915.99	48.24	61.17	56.53

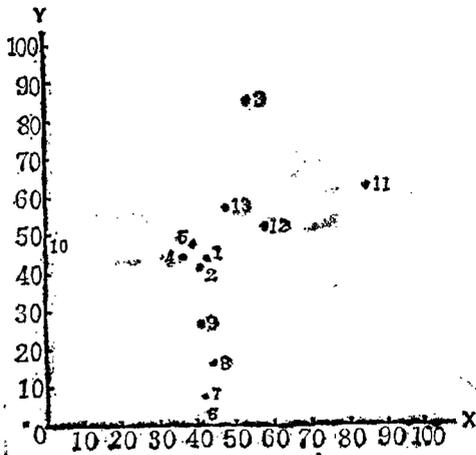


图1 13个群落的PO图

Fig. 1 Polar ordination of 13 forest communities

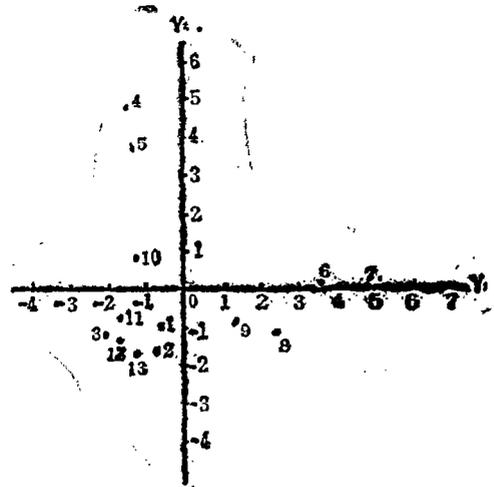


图2 13个群落的二维PVO图

Fig. 2 The two-dimensional ordination of PVO of 13 forest communities

表4 13个群落PVO的坐标矩阵

Table 4 The coordinate matrix of PVO of 13 forest communities

排序轴	群落												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	-6.0	-7.6	-20.9	-15.7	-14.0	36.0	48.9	24.1	13.2	-12.7	-16.5	-16.6	-12.1
2	-9.9	-16.3	-11.4	48.5	37.5	1.8	0	-11.9	-8.6	8.3	-7.4	-13.4	-17.0
3	51.0	32.9	-13.4	0	4.5	-6.9	0	-11.5	-13.3	-7.9	-3.6	-15.4	-16.2
4	0	3.3	-2.7	0	-8.7	-2.1	0	-6.3	-4.4	53.2	-15.8	-11.8	-4.7
5	0	-0.3	-13.5	0	1.7	0.5	0	2.4	49.1	0	-12.9	-14.9	-12.0
6	0	-9.3	43.1	0	7.4	-5.9	0	-16.7	0	0	6.2	-20.0	-4.7
7	0	-7.9	0	0	-12.5	-6.8	0	-10.9	0	0	44.4	1.6	-8.0
8	0	-3.6	0	0	-3.1	-9.9	0	-20.0	0	0	0	-5.9	42.5
9	0	-5.5	0	0	-4.9	31.6	0	-2.7	0	0	0	-18.5	0
10	0	29.7	0	0	-10.7	0	0	-10.8	0	0	0	-8.2	0
11	0	0	0	0	24.1	0	0	-13.6	0	0	0	-10.5	0
12	0	0	0	0	0	0	0	-19.9	0	0	0	19.9	0

常绿阔叶林群落类型，而群落13则是中亚热带保存较好的常绿阔叶林群落类型。若依表1、表2简单地画出树枝状图，则仍有良好的效果。

2. 本文的排序结果有较明确的生态学意义。

① 表5的测定，说明PO有良好的效果，相关系数接近0.9，说明计算观测的变差的二轴排序是成功的。从PO图看，Y轴较好地表现了植被随纬度的连续性变化，群落6—9为较低纬度的海南山地雨林群落类型，而群落11—13则为纬度相对较高的中亚热带森林群落类型；它们在PO图上的位置依Y轴而较规律出现。本文的结果从一定角度证明植被的连续性理论。

② 在PVO中，其二维图象由于信息负荷量太少，难以说明问题，但在三维图象中，却较好地性质相近的群落类型排列在一起。从图3可以看出，海南的4个群落类型（群落6—9）集中于正 Y_1 轴与负 Y_2 轴组成的平面附近。白云山次生林的二个群落类型集中于正 Y_2 轴与负 Y_1 轴组成的平面之下。而群落11—13为广东北部的中亚热带森林群落类型，它们则集中出现在负 Y_1 轴与负 Y_2 轴所成的平面之下且靠近原点。显然，PVO有效地把性质相近的群落类型聚在一起，作为分类的辅助方法是有效的。

3. PO与PVO二种方法各具优点。前者在揭示生态因子对植被的作用与影响是有效

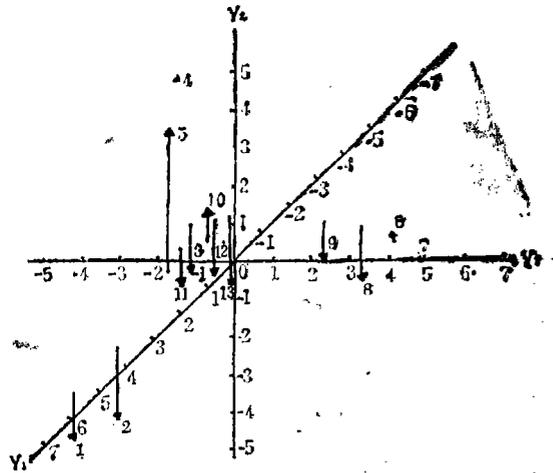


图3 13个群落的三维PVO图

Fig. 3 The three-dimensional ordination of PVO of 13 forest communities

表5 排序效果——相关系数测定

Table 5 The ordination effectiveness measurement of relatedness coefficient

群落对	排序间距 X	不相似值 Y	X · Y	X ²	Y ²	相关系数 r
C.1—C.2	2.72	38.15	103.77	7.40	1455.42	0.869
C.1—C.3	43.31	80.13	3470.43	1875.76	6420.82	
C.3—C.4	44.75	76.43	3420.24	2002.56	5841.54	
C.3—C.5	39.14	72.03	2819.25	1531.94	5188.32	
C.4—C.5	5.69	34.10	194.03	32.38	1162.81	
C.6—C.7	8.47	37.43	317.03	71.74	1401.00	
C.6—C.8	15.56	49.86	775.82	242.11	2486.02	
C.6—C.9	26.32	64.90	1708.17	692.74	4212.01	
C.7—C.8	7.18	49.38	354.55	51.55	2438.38	
C.8—C.9	11.20	61.81	692.27	125.44	3820.48	
C.10—C.1	45.15	81.78	3692.37	2038.52	6687.97	
C.10—C.2	42.74	76.58	3273.03	1826.71	5864.50	
C.10—C.3	65.43	75.17	4918.37	4281.08	5650.53	
C.10—C.11	86.20	85.00	7327.00	7430.44	7225.00	
C.10—C.12	58.39	79.60	4647.84	3409.39	6336.16	
C.10—C.13	49.23	78.10	3844.86	2423.59	6099.61	
C.11—C.12	28.62	60.50	1731.51	819.10	3660.25	
C.3—C.11	37.79	60.31	2279.11	1428.08	3637.30	
C.3—C.12	32.48	70.98	2305.43	1054.95	5038.16	
C.3—C.13	28.91	65.42	1891.29	835.79	4279.78	
Σ	679.28	1297.66	49766.37	32181.27	88906.06	

表6 13个群落在PVO轴上的平方离差(λ)矩阵

Table 6 Matrix in PVO axes of 13 forest communities

群落	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
λ	6270.1	5064.5	4824.1	3400.8	3133.4	2772.1	2422.1	2361.5	1404.6	1178.8	876.6	789.8

的,而后者作为植被分类的辅助方法较有效。由于二者均是基于表2的群落距离矩阵进行排序的,其它多种方法如主坐标分析(PAA)以及混合数据排序均是以这种方式,在有条件的地方,多种方法相互比较将更能说明问题。但是,由于目前所采用的方法均是线性排序方法,在取前二、三轴的图象表示时,会损失大量信息。如据表6计算,PVO的二维图象只保留全部信息量的32.86%,而三维图象也只保留全部信息量的46.8%。由于许多信息量的损失,在一定程度上影响了排序的效果,例如图1就因此很难解释X轴的生态学意义。显然,寻找非线性排序方法是今后研究的方向。

参 考 文 献

- [1] 彭少麟等, 1985: 鼎湖山森林群落分析(Ⅵ)群落排序. 生态科学, 2.
- [2] 马曼杰, 1982: 封开县黑石顶自然保护区的森林群落. 生态科学, 1.
- [3] 陈章和等, 1983: 广东南昆山自然保护区森林群落. 生态科学, 1.
- [4] 董汉飞等, 1985: 海南岛尖峰岭自然保护区内热带雨林生态系统的研究. 广东省自然保护区研究资料.
- [5] 阳含照等, 1981: 植物生态学的数量分类方法. 科学出版社.
- [6] COX. G. W. (蒋有绪译), 1979: 普通生态学实验手册. 科学出版社.
- [7] Whittaker, R. H, 1978: Ordination of Plant Communities.

ANALYSIS ON ORDINATION OF FOREST COMMUNITIES IN GUANGDONG

Zhou Hou-cheng, Peng Shao-lin, Chen Tian-xing and Guo Shao-cong
(South China Institute of Botany, Academia Sinica)

Abstract In this paper 13 forest communities in Guangdong were ordinated with the ways of PO and PVO. The ordination results were shown by two-dimensional graph and three-dimensional graph. The ecological meaning of ordination graphs was analyzed and the effectiveness of ordination was discussed. The results showed that the three-dimensional graph of PVO can clusters the communities which there are similar characters, and the way can be used to the classification of vegetation. PO can better show the continuity change of vegetation. Both PO and PVO belong to linear ordination. A lot of information will be loss in the process of ordination. So we have to look for the unlinear ordination way for community ordination.

Key words polar ordination; position vectors ordination; forest community; similarity matrix