

植物群落种群分布格局 研究的新方法*

杨在中

郝敦元

杨 持

(内蒙古大学数学系)

(内蒙古大学生物系)

摘

要

本文给出一种研究植物群落种群分布格局的新方法。该方法与英国著名生态学家 Greig-Smith 提出的“邻接格子样方法”相比较,具有如下优点:

1. 用计算机算出的结果,具有令人满意的精度。当计算完毕后,机器能打印输出植物种群斑块大小、斑块在样地平面上分布的状况,样地上某种植物斑块的总面积,种群个体的总数等有关信息。
2. 适用于天然植物群落种群分布格局的研究。

本文讨论了处理数据时采用的计算公式,所依据的数学原理以及如何确定输出界限(舍入界限)等问题。

此外,文中还叙述了用该法对随机相嵌几何斑块图形,人工模拟草地方样进行处理的过程和计算结果分析。

源程序是用BASIC语言编制的。

英国著名生态学家 Greig-Smith 于50年代提出“邻接格子样方法”。对植物群落格局进行研究,该方法的主要缺点是统计工作量大、代表性差、不适用于真正的野外植被考察(杨持,1983)。为了克服这些缺点,作者提出了一种新方法。

一、新方法的指导思想与基本内容

该方法的指导思想是在植物群落样地上纵横等距离拉线,将样地分成若干个面积相等的正方形,在每一正方形的四条边界上取若干观测值(这些观测值在纵横拉线的时候一次测得),通过这些观测值,用下面介绍的数学方法对每一正方形的内部,从而对整个样地上的植物分布状况进行估算和模拟。

设点 (x_0, y_0) 、 (x_1, y_0) 、 (x_1, y_1) 、 (x_0, y_1) 为一正方形的四个顶点(见图1)。

该法的要旨(邱佩璋,1978)是用8个已知的边界值 $F(x_1, y_0)$ 、 $F(x_0, y)$ 、 $F(x_1, y)$ 、 $F(x_0, y_1)$ 、 $F(x, y_1)$ 、 $F(x_1, y_1)$ 、 $F(x_0, y_0)$ 、 $F(x, y_0)$ 、计算框架内的任一点值 $F(x, y)$, 其计算公式为:

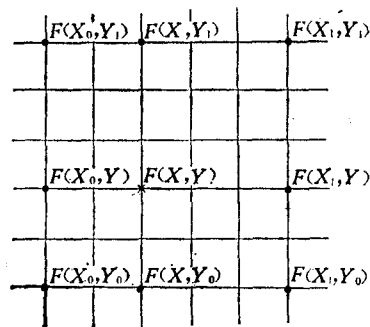


图1 二维网函数插值公式(1,1)示意图

* 本研究工作得到邱佩璋、阳含熙、李博等先生的支持和关心,特此致谢。

$$\begin{aligned}
 F(x,y) = & \frac{y_1-y}{y_1-y_0} F(x,y_0) + \frac{y-y_0}{y_1-y_0} F(x,y_1) + \frac{x_1-x}{x_1-x_0} F(x_0,y) + \frac{x-x_0}{x_1-x_0} F(x_1,y) - \\
 & - \frac{x_1-x}{x_1-x_0} \left[\frac{y_1-y}{y_1-y_0} F(x_0,y_0) + \frac{y-y_0}{y_1-y_0} F(x_0,y_1) \right] - \frac{x-x_0}{x_1-x_0} \left[\frac{y_1-y}{y_1-y_0} F(x_1,y_0) + \right. \\
 & \left. + \frac{y-y_0}{y_1-y_0} F(x_1,y_1) \right] \quad (1.1)
 \end{aligned}$$

这样, 既使 $F(x,y)$ 为一未知函数, 但只要知道由 (x_0, y_0) 、 (x_1, y_0) 、 (x_1, y_1) 、 (x_0, y_1) 4点所围的框架上诸点处 $F(x,y)$ 的值, 便可用公式(1.1)算出框架内任一点 (x,y) 处 $F(x,y)$ 之值。

在上图1中, 可由框架上20个点上的 $F(x,y)$ 的值计算出内部16个点上 $F(x,y)$ 的值。

下述公式(1.2)是与公式(1.1)等价的, 读者可根据自己的情况选用。设由 (x_0, y_0) 、 (x_0, y_1) 、 (x_1, y_1) 、 (x_1, y_0) 4点围成正方形的面积为 A ; 而 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 分别代表图2中所示的面积。

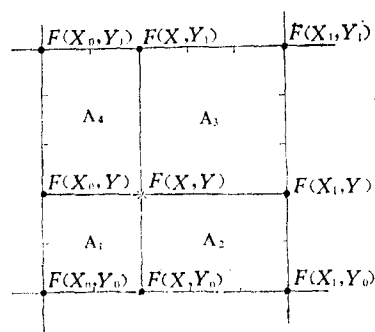


图2 二维网函数插值公式(1.2)示意图

$$\begin{aligned}
 \text{则: } F(x,y) = & \frac{1}{A} [(A_3 + A_4)F(x,y_0) \\
 & + (A_1 + A_2)F(x,y_1) + (A_2 + A_3)F(x_0,y) + (A_1 + A_4)F(x_1,y) - A_3F(x_0,y_0) \\
 & - A_4F(x_1,y_0) - A_1F(x_1,y_1) - A_2F(x_0,y_1)] \quad (1.2)
 \end{aligned}$$

现举一例:

$$\begin{aligned}
 \text{设: } F(x_0, y_0) = F(1, 1) &= 2; & F(x, y_0) = F(3, 1) &= 30; \\
 F(x_1, y_0) = F(6, 1) &= 222; & F(x_0, y) = F(1, 3) &= 10; \\
 F(x_1, y) = F(6, 3) &= 270; & F(x_0, y_1) = F(1, 6) &= 37; \\
 F(x, y_1) = F(3, 6) &= 135; & F(x_1, y_1) = F(6, 6) &= 432
 \end{aligned}$$

则按公式(1.1)计算有:

$$\begin{aligned}
 F(x,y) = F(3,3) = & \frac{3}{5} \cdot 30 + \frac{2}{5} \cdot 135 + \frac{3}{5} \cdot 10 + \frac{2}{5} \cdot 270 - \frac{3}{5} \left[\frac{3}{5} \cdot 2 + \frac{2}{5} \cdot 37 \right] - \frac{2}{5} \left[\frac{3}{5} \cdot 222 + \right. \\
 & \left. + \frac{2}{5} \cdot 432 \right] = 54
 \end{aligned}$$

而按公式(1.2)计算有:

$$\begin{aligned}
 F(x,y) = F(3,3) = & \frac{1}{25} [15 \times 30 + 10 \times 135 + 15 \times 10 + 10 \times 270 - 9 \times 2 - 6 \times 222 - 6 \times 37 \\
 & - 4 \times 432] = 54
 \end{aligned}$$

为了检验上述计算的精度, 我们可做一提示: 上述8个已知值正是二元函数 $F(x,y) = x^3 + xy^2$ 在框架上对应点的值; 而 $F(3,3) = 3^3 + 3 \times 3^2 = 54$ 恰与用公式(1.1)和(1.2)算出的值相同。

二、新法的使用

1. 取样方案

选一长为 N 米、宽为 M 米的长方形样地, 设其上有 S 个植物种群, 纵横取样拉线的间距为 D 米, 要求 N 和 M 为 D 的整数倍, 作者设计了两种取样方案。

1) 在取样拉线上计数压在 d 米(要求 $D = cd$ c 为正整数) 线段下的每一种群的株数并将数据记在该区间的右端点(或下端点)上。这时, 每个种群的取样计数次数应为:

$$P_1 = C \frac{M}{D} \left(\frac{N}{D} + 1 \right) + C \cdot \frac{N}{D} \left(\frac{M}{D} + 1 \right) \quad (2.1)$$

由于取样拉线的交叉点上有两个取样计数值, 我们规定: 取较大的那个数值作为调查值。因此, 实际参加数学处理的调查值应为:

$$P_2 = C \frac{M}{D} \left(\frac{N}{D} + 1 \right) + C \cdot \frac{N}{D} \left(\frac{M}{D} + 1 \right) - \frac{M}{D} \cdot \frac{N}{D} = \frac{2C-1}{D^2} MN + \frac{C}{D} (M+N) \quad (2.2)$$

2) 在取样拉线上 d 米长的小区间的端点, 构造一个以其为圆心, $d/2$ 或 $d/4$ 米为半径的小圆; 然后计数小圆内每一种群的株数并记数在该端点上。

这时, 每个种群取样观测次数为:

$$P_3 = \frac{2C-1}{D^2} MN + \frac{C}{D} (M+N) + 1 \quad (2.3)$$

为统一起见, 在第一种取样方案中, 令样地的一个顶点处调查值为零。则取样观测次数也为 P_3 。为了提高效率, 这两种取样方案均对各种种群采取一次计数分别整理的办法。

2. 斑块的模拟

为了证明该方法的有效及良好的近似程度, 我们首先对几何图形斑块(图3)和人工草地种群斑块(图4)¹⁾进行模拟。模拟的具体过程就是根据上述的数学原理计算 S 个 $n \times m$ 矩阵:

$$A_s = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{pmatrix} \quad (S = 1, 2, \cdots, S) \quad (2.4)$$

其中 $n = N/d + 1$; $m = M/d + 1$ 。而

$$(a_{ci+1-1}, a_{ci+12}, \cdots, a_{ci+1-m}) \quad (2.5)$$

$$(i = 0, 1, 2, \cdots, N/D)$$

和:

$$\begin{pmatrix} a_1 & c_{j+1} \\ a_2 & c_{j+1} \\ \cdots & \cdots \\ a_n & c_{j+1} \end{pmatrix} \quad (j = 0, 1, 2, \cdots, \frac{M}{D}) \quad (2.6)$$

分别为各横、纵取样拉线上的已知调查值。对于几何图形斑块, 位于斑块内的取样调查值为 1, 位于斑块外的为零; 对于人工草地样方的每个种群斑块, 调查点上有该种植物取值为 1, 否则为零。

1) 该图系请刘钟龄副教授绘制。

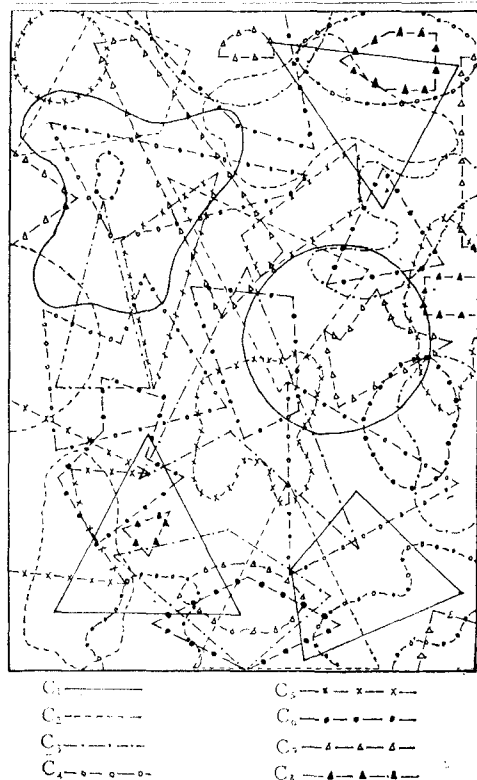


图3 几何图形镶嵌图

A_i 中 $mn-P_3$ 个未知元素按如下公式算出:

$$a_{ci+1-k, ci+1-l} = \frac{l}{c} a_{ci+1-k, ci-c+1} + \frac{c-l}{c} a_{ci+1-k, ci+1} \quad (2.7)$$

$$+ \frac{k}{c} a_{ci-c+1, ci+1-l} + \frac{c-k}{c} a_{ci+1, ci+1-l}$$

$$= \frac{k}{c} \left[\frac{l}{c} a_{ci-c+1, ci-c+1} + \frac{c-l}{c} a_{ci-c+1, ci+1} \right] - \frac{c-k}{c}$$

$$\left[\frac{l}{c} a_{ci+1, ci-c+1} + \frac{c-l}{c} a_{ci+1, ci+1} \right]$$

$$(l, k = 1, 2, \dots, c-1; i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, M)$$

$$D; j = 1, 2, \dots, M)$$

上述计算是在计算机上进行的, 随着这些

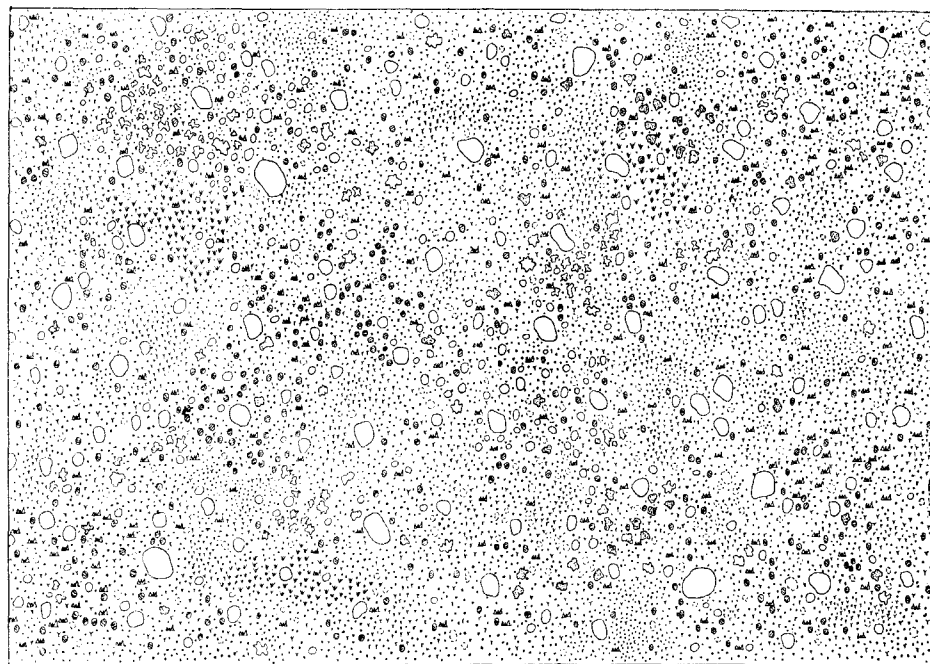


图4 人工模拟草地种群斑块图

元素的算出, 计算机将打印输出各种斑块的模拟形状及其面积数值。

图 3 所示的几何斑块相嵌图, 是 8 种不同类型、不同面积, 不同个数的几何斑块图形被随机地相嵌在一起的。由于篇幅所限, 这里只给出两种单一几何斑块与计算机模拟结果的对照图 (图 5, 6)。表 1 分析了这 8 种几何斑块图形的个数以及原来面积与模拟面积对比的情况。

表 1 各种类型几何斑块图形计算机模拟结果分析表

项 目 几何图形 编号	斑块数目	斑块平均 面积(米 ²)	实测斑块 总面积(米 ²)	计算机模拟斑块 总面积(米 ²)	相对误差(%)	输出界限
C ₁	5	2.41	12.03	11.39	5.3	0.8
C ₂	6	1.84	11.04	11.29	2.3	0.8
C ₃	6	1.55	9.28	9.21	0.8	0.7
C ₄	6	1.51	9.06	9.56	5.5	0.6
C ₅	6	1.11	6.63	7.19	8.4	0.5
C ₆	6	1.12	6.71	7.23	7.7	0.5
C ₇	7	0.67	4.69	5.75	22.6	0.4
C ₈	4	0.23	0.9	1.33	47.8	0.4

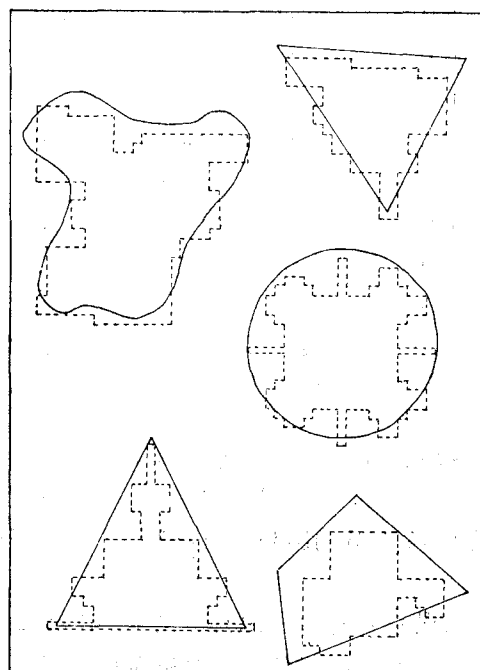


图 5 几何图形与计算机模拟结果比较图(C₄)

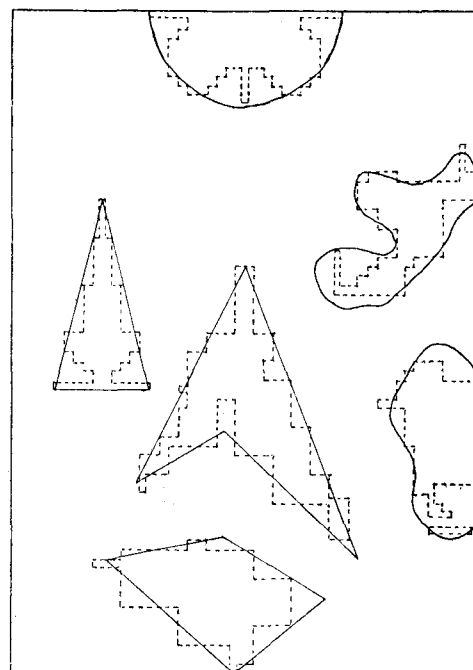


图 6 几何图形与计算机模拟结果比较图(C₃)

图 7、8 是人工草地样方 (图 4) 中冰草、隐子草种群斑块面积与模拟面积的对比情况, 其余未附。各种群斑块与模拟斑块对照的结果分析列于表 2 与表 3 中, 前者考虑了斑块外另呈植株的情形, 后者未予考虑。

表 2 人工模拟草地各种群斑块计算模拟结果分析表 (考虑斑块外零星植株的情况)

项 目	人工模拟草地	主要斑	主要斑块	实测斑块	计算机模	相对误差	输出界限
种 群 代 号	样方种群名称	块个数	平均面积 (米 ²)	总面积 (米 ²)	拟面积 (米 ²)	(%)	
P ₂	大 针 茅	2	3.72	7.44	7.32	1.6	0.8
P ₃	西伯利亚羽茅	5	0.59	2.79	3.28	17.6	0.7
P ₄	黄 囊 苔 草	36	0.13	4.77	6.87	44	0.5
P ₅	落 草	5	0.74	3.68	4.25	15.5	0.8
P ₆	冰 草	3	0.56	1.52	1.60	5.3	0.7
P ₇	糙 隐 子 草	8	0.94	7.50	7.83	4.4	0.8
P ₉	变 蒿	2	1.69	3.38	3.35	0.9	0.6
P ₁₀	麻 花 头	2	0.53	1.06	1.26	18.9	0.8
P ₁₁	小叶锦鸡儿	4	0.45	1.81	1.96	8.3	0.7

表 3 人工模拟草地各种群斑块计算模拟结果分析表 (不考虑斑块外零星植株情况)

项 目	人工模拟草地	主要斑	斑块平均	实测斑块	计算机模	相对误差	输出界限
种 群 编 号	样方种群名称	块个数	面积 (米 ²)	总面积 (米 ²)	拟面积 (米 ²)	(%)	
P ₂	大 针 茅	2	2.21	4.41	4.79	8.6	0.8
P ₃	西伯利亚羽茅	5	0.22	1.09	1.23	17.4	0.7
P ₄	黄 囊 苔 草	36	0.13	4.77	6.87	44	0.5
P ₅	落 草	4	0.61	2.64	2.62	0.8	0.8
P ₆	冰 草	3	0.51	1.52	1.60	5.3	0.7
P ₇	隐 子 草	8	0.84	6.73	6.95	3.3	0.8
P ₉	变 蒿	2	1.02	2.04	2.19	7.4	0.6
P ₁₀	麻 花 头	2	0.37	0.74	0.87	17.6	0.8
P ₁₁	小叶锦鸡儿	4	0.35	1.39	1.46	5.0	0.7

图 3、5、6、7、8 均为 5×7 米², 比例 40:1 的图形; 图 4 为 5×7 米², 比例 20:1 的图形。在上机计算时取 $d = 0.1$ 米, $D = 0.5$ 米, 故 $c = 5$; 因为 $N = 7$, $M = 5$, 故 $n = 71$, $m = 51$ 。上述诸图均由纵向拉线为 11, 横向拉线为 15 而分割出 35 个面积为 0.25 米² 的框架组成。

注意: 表 1 中的 C_8 一项和表 2、表 3 中的 P_4 一项误差分别为 47.8% 和 44%, 这并非由于计算不精确造成的, 而是由于 C_8 斑块平均面积为 0.23 米², P_4 斑块平均面积为 0.13 米², 均小于框架的面积 0.25 米² 的缘故, 这点正是该方法的特点。无论是几何斑块还是人工草地样方种群斑块, 只要其平均面积大于框架面积 0.25 米², 则模拟相对误差均令人满意 (都在 20% 以内)。另外, 通过表 2 和表 3 对照可看出: 在进行人工草地样方种群斑块模拟时, 是否考虑斑块外的零星植株, 其关系不大。

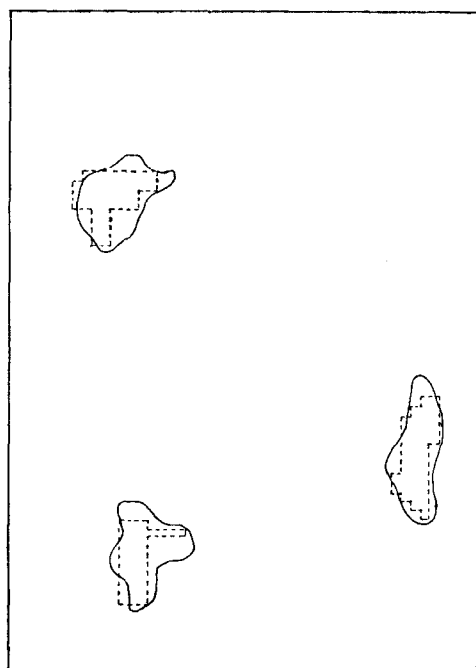


图 7 人工模拟草地冰草斑块与计算机模拟
结果比较图(p₆)

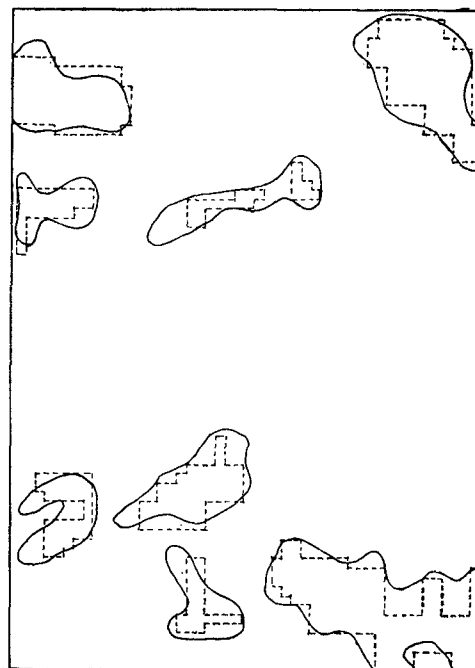


图 8 人工模拟草地糙隐子草斑块与计算机模
拟结果比较图(p₇)

3. 人工草地样方种群个体总数的估算

该方法不仅可以模拟几何斑块与草地样方种群斑块, 同时还可以对每一种群个体的总数进行估算, 其具体过程仍是要计算 (2.4) 所定义的矩阵, 但这时已知的 (2.5) 和 (2.6) 的每个元素是框架上 (即取样拉线上) 种群个体的观测值, 根据种群的不同可以是 0 或几, 10 几甚至 20 几的数值, 而不再简单地取值为 0 或 1 了。

图 4 是: 羊草 + 大针茅 + 西伯利亚羽茎 + 变蒿群丛。我们用此法对其各种群个体的总数进行了估算, 其计算结果列于表 4 中。

表 4 人工模拟草地各种群个体总数计算结果分析表

代 号	种群名称	实测总植株数	计 算 株 数	相 对 误 差
TP ₂	大 针 茅	325	291	10.46
TP ₃	西伯利亚羽茅	238	276	15.96
TP ₅	落 草	212	196	7.55
TP ₆	冰 草	197	200	1.52
TP ₇	隐 子 草	195	209	7.18
TP ₉	变 蒿	219	235	7.31
TP ₁₀	麻 花 头	56	58	3.57
TP ₁₁	锦 鸡 儿	107	125	16.82

在计算中,由于羊草、黄囊苔草太稠密而细叶葱太稀疏而未予估算外,其余 8 种全都算出(注:在计算时取 $d=0.1$ 米, $D=0.5$ 米,故 $c=5$;我们的 $N=7$, $M=5$,故 $n=71$, $m=51$)。

以上是对各种群的个体总数进行的计算机模拟估算。计算结果是令人满意的。

除上述外,我们将此法用于1982年夏天在中国科学院内蒙古草原生态系统定位站所取的 50×25 米²的羊草样地样方上,并对其中 13 个种群的斑块与个数总数进行了模拟和估算,其结果已在另一篇文章“羊草草原群落水平格局研究(Ⅱ)——二维网函数插值法”中阐述。

三、输出界限的确定

所谓确定输出界限,就是对计算出来的值(绝大部分都带有小数部分)确定一个适当的舍入界限,使计算机最后输出的全系正整数。

该法是按Monte carlo原理来确定输出界限的。

首先叙述斑块模拟过程中是如何确定输出界限的。

这时,输入的已知值要么为 0, 要么为 1, 设取值为 1 的框架上结点数(即 As 中已知元素为 1 的个数)为 N_1 , 框架上的节点数(即 As 的已知元素个数)是(2.3)定义的 P_3 。

对按公式(2.7)计算出来的 As 的未知元素的值先分别用 9 个输出界限:

$$R(k) = k \times 0.1 \quad (k=1, 2, \dots, 9)$$

舍入, 即 $\geq R(k)$ 的取值为 1; $< R(k)$ 的取值为零。对于某一 $R(k)$, 记 As 取值为 1 的元素个数为 $Q_k(k=1, 2, 3, \dots, 9)$ (注意: 当 k 不同, Q_k 是不一样的, 计算机存储它们, 暂不输出)设对应于:

$$\min_{1 \leq k \leq 9} \left| \frac{N_1 - Q_k}{P_3 - mn} \right| = \left| \frac{N_1}{2C-1} MN + \frac{C}{D^2} (M+N) + 1 - \frac{Q_k}{mn} \right|$$

的那个 k 为 k_0 , 那么 $R(k_0) = k_0 \times 0.1$ 便是我们所找的输出界限。即最后大于 $R(k_0)$ 的元素输出 1, 小于 $R(k_0)$ 的元素输出 0。

当 As 的全部未知元素算出并输出之后, 那些相邻的、成集团的、取值为 1 的元素(结点)所编织成的面积便构成了模拟斑块。

若 As 取值为 1 的元素个数为 V , 则:

$$\frac{VNM}{(n-1)(m-1)}$$

即为第 s 个种群全部斑块的面积。

再谈计算种群个体总数时如何确定输出界限。

设已知的结点值最大者为 T (即 As 中已知元素中的最大值为 T) 取值为 T 的已知结点个数为 P_T 。按前面类似的办法, 对于 T 先分别用九个输出界限

$$R_T(k) = k \times 0.1 \quad (k=1, 2, \dots, 9)$$

进行舍入, $\geq T-1 + R_T(k)$ 的取值为 T ; $> T-1$ 而 $< T-1 + R_T(k)$ 的取值为 $T-1$ 。又对某一个 k , 记 As 中取值为 T (包括已知的和算出)的元素个数为 $Q_T(k)$ $k=1, 2, \dots, 9$ (T, k 不

同, 一般 $Q_T(k)$ 也不一样) 另记对应于:

$$\min_{1 \leq k \leq 9} \left| \frac{P_T}{P_3} - \frac{Q_T(k)}{mn} \right| = \left| \frac{2C-1}{D^2} \frac{P_T}{MN + \frac{C}{D}(MN) + 1} - \frac{Q_T(k)}{mn} \right|$$

的那个 k 为 k_T , 则: $T-1+R(k_T) = T-1+k_T \times 0.1$ 便是确定 As 的元素是取值为 T 还是取值为 $T-1$ 的输出界限。

按类似的方法分别定出:

$$R(k_{T-1}), R(k_{T-2}), \dots, R(k_1)$$

其中 $k_T, k_{T-1}, k_{T-2}, \dots, k_1$ 各自独立地取 $1, 2, \dots, 9$ 之中的某一数值。

一般讲来: 在最后对 As 的元素进行舍入时, 若 $a_{ij} \geq T-l+R(k_{T-l+1})$

则: $a_{ij} = T-l+1$ (输出) 若 $T-l < a_{ij} < T-l+R(k_{T-l+1})$ 则: $a_{ij} = T-l$ (输出)

其中 $l=1, 2, \dots, T; i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$

当 As 的所有元素输出之后:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} = \text{SUM}$$

便是第 s 个种群的个体总数, 该数值亦由计算机同时打印输出。

四、方法的进一步研究

该法中尚有一些问题, 需进一步研究、探讨。

首先, 是如何确定实测样方的大小, 即如何选取 N 和 M 的问题。

一般认为: 只要人力和时间允许, M 和 N 的值取得大些总是有益处的。因为实测样方越大越具有代表性。前文曾提到的我们在中国科学院内蒙古草原生态系统定位站样地上所取的样方 $N=50$ 米、 $M=25$ 米, 实际面积为 $1,250$ 米²。当然, 不能说这样的 M 、 N 值就是最合适的了; 它应该随着植物群落的不同而异。对于 M 、 N 怎样选取才算适宜的问题, 我们也准备作进一步的探讨。

其次是如何确定 D 值的问题, 即确定适宜的取样纵横拉线的等距间隔。

因为 D^2 为框架所围的面积, 显然, D 越小计算结果越精确。但 D 越小越要加大取样工作量, 故适当选取 D 值是至关重要的。我们认为, 如果对一群落中的主要种群的斑块平均面积预先能粗略地估计, 则先确定主要种群中具有最小平均斑块面积的种群, 然后将 D^2 取得比该斑块平均面积稍大一些即可。否则宁可将 D 值取得小些。前面提到的 $1,250$ 米²的实测样方, 我们取 $D=1$ 米; 本文处理的几何图形模拟和人工草地斑块模拟取 $D=0.5$ 米。总之, 当一种群的斑块平均面积小于 D^2 时, 一般模拟结果不理想。这一点读者不难从概率论或直观的角度去理解它。对于森林来讲, 当然 D 值的选取应远远大于 1 米。

第三个是确定合适的 d 值问题, 对草原群落来讲定其为 0.1 米或 0.2 米即可。这样足有代表性了; 而对于森林样地, 则 d 值要大得多。而 D/d 的值为 5 或为 10 较为适宜; 这是既考虑到该法的计算精度又考虑到取样的较率而确定的。

最后一个是: 由于该方法能大面积地模拟各种群的斑块面积与其在平面样方上的位

置,则随之而来,将出现如何分析种群的格局纹理,格局强度以及格局镶嵌,镶嵌类型等问题,凡此种种,我们都进行了考虑,其中的一些结果将在另外的文章中阐述。

我们除在 $\alpha A-1000T$ 计算机模拟、估算了该文中有关的问题外,还用 BASIC 语言编制了模拟种群斑块面积和估计种群个体总数的通用源程序¹⁾。

参 考 文 献

- 邱佩璋 1978 m 维网函数插值及其应用。内蒙古大学学报(自然科学版) 1978 (1):5—28。
杨 持 1983 羊草草原群落小平格局研究, I. 邻接格子样方的应用。内蒙古大学学报(自然科学版) 1983 (2):245—254。
E.C.皮洛著(卢泽愚译) 1978 数学生态学引论。科学出版社,第148—166页。
Greig-Smith, P. 1952 The use of random and contiguous quadrats in the study of structure of plant communities. *Ann. Bot. Lond.* 26:293—316。
Kershaw, K.A. 1957 The use of cover and frequency in the detection of Pattern in plant communities. *Ecol.* 38:291—299。
Kershaw, K.A. 1960 The detection of pattern and association. *J. Ecol.* 48:233—242。

A NEW METHOD FOR THE STUDY OF THE SPATIAL PATTERN POPULATION IN PLANT COMMUNITIES

Yang Zaizhong Hao Dunyuan

(Department of Mathematics, Inner Mongolia University)

Yang Chi

(Department of Biology, Inner Mongolia University)

In this paper, a new method for the study of the spatial pattern of population in plant communities is presented. In comparison with the method of contiguous grid quadrats which was recommended by Greig-Smith (1952 and 1964), the new method has the following advantages:

1. The results obtained by use of this new method are of higher accuracy. In addition, the computer is able to print and output the scale and shape of clumps of plant population, the distribution pattern of clumps in the sampling plot, the total area of clumps of each kind of plant in the sampling plot, and the total amount of each kind of plant, etc..

2. The new method is applicable for the study of the pattern of natural plant communities.

In this paper, the computational formulas used in data processing and the mathematical principle for computational formulas are offered, and the definition of the outputting boundaries (rounding off boundaries) and its mathematical

1) 在源程序的改进和上机过程中,得到内蒙古大学计算室孟谦、内蒙古统计局计算站郭建忠、王守芳、潘信平等同志大力协助,特致谢忱。

principle are also recommended.

Besides, this paper elucidates the analysis of computational results and the procedure of processing random mosaic geometrical 'clumps' and sampling plots of the simulated grassland.