

北京地区植被景观中斑块形状指数分析

刘灿然, 陈灵芝

(中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘要 选取 4 个斑块形状指数(斑块的周长面积比 SI_1 、斑块周长与等面积的圆周长之比 SI_2 和两个斑块分维 SI_3 和 SI_4)并借助 GIS 软件 ARC/INFO 对北京地区植被景观中的斑块形状进行分析, 又对这四个形状指数进行了 Pearson 相关分析和 Spearman 秩相关分析。结果表明, SI_1 与 SI_4 、 SI_2 与 SI_3 两两之间均呈显著的正的秩相关, SI_1 与 SI_2 、 SI_2 与 SI_4 、 SI_3 与 SI_4 两两之间均呈显著的负的秩相关。因此, 这些指数之间在很大程度上存在着信息重迭。但考虑到 SI_2 不受测量单位的影响, 是一个值得推荐的形状指数; SI_1 虽说受测量单位的影响, 但没有本质上的影响, 只不过放大或缩小一定的倍数, 也是一个比较好的形状指数; SI_3 和 SI_4 都受测量单位的影响, 且有本质上的影响, 不是很合适的形状指数。相对来说, 各森林类型的 SI_1 都比较大, 而各灌丛类型的 SI_1 都比较小, 说明前者斑块的单位面积中的边界数量多, 后者斑块的单位面积中的边界数量少; 同时, SI_1 随斑块面积的增大而减小, 这说明斑块越大, 单位面积中的边界数量越少。72 个斑块类型中, 绝大多数森林类型、果园类型和水体斑块的形状指数 SI_2 值都比较小, 其它类型的 SI_2 值一般都比较大, 这说明前者的斑块形状比后者更紧凑; 同时, SI_2 随斑块面积的增大而增大, 这说明斑块越大, 斑块形状越不紧凑。

关键词 植被景观, 斑块形状, 形状指数, 相关分析, 地理信息系统

Analysis of the patch shape with shape indices for the vegetation landscape in Beijing

LIU Can-Ran, CHEN Ling-Zhi (Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Abstract Four patch shape indices, which include ratio of perimeter to inner area of a patch (SI_1), ratio of patch perimeter to the perimeter of a circle with equal area with the patch (SI_2), and two fractal dimensions of a patch (SI_3 and SI_4), were chosen to analyse the shape of patches in the vegetation landscape in Beijing using GIS software, ARC/INFO. The correlations among the four indices were analysed with Pearson correlation coefficient and Spearman rank correlation coefficient. The results show that significant positive rank correlations exist between each pair of SI_1 and SI_4 , and SI_2 and SI_3 ; significant negative rank correlations exist between each pair of SI_1 and SI_2 , SI_2 and SI_4 , and SI_3 and SI_4 . Therefore, there exists much information overlap among the four indices. SI_2 is believed to be the best one among the four indices considering that SI_2 is not affected by measurement units (MU). Although SI_1 is affected by MU, the effect is superficial and not essential, which only amplifies or lessens for some multiple. SI_3 and SI_4 are all affected by MU, and the effect is essential. Thus, they are not recommendable in application.

SI_1 values are big for forest types, and they are small for shrubland types. SI_1 becomes smaller and smaller as the patch becomes bigger and bigger. Therefore, the bigger the patch, the less the edges per unit area for the patch. The results also show that SI_2 values of the patches for most types of forest, orchard, and water are smaller than those for other types. It is indicated that patch shape of the former types is more compact than that of the latter ones. Meanwhile, SI_2 increases with patch area. Thus, the smaller the patch, the more compact it is.

Key words vegetation landscape, patch shape, shape index, correlation analysis, geographical information system (GIS)

基金项目 国家自然科学基金项目(100139770131)和中国科学院特别支持项目(STZ-1-17)的资助

收稿日期: 1998-06-11, 修订日期: 1999-03-17

作者简介 刘灿然(1965~), 男, 河南省禹县人, 博士。主要从事植被数量生态学、生物多样性和景观生态学方面的工作。

文章编号: 1000-093X(2000)04-0000-00 中图分类号: Q149 文献标识码: A

斑块形状是描述景观的一个重要的因子^[1],它与斑块大小一样引人注目^[2]。斑块的几何形状是景观空间结构度量中另一个很重要的特征,它对野生生物生境以及森林经营都是很重要的^[3]。刻划斑块形状在木材生产中也很重要,例如,一个长形的伐区比一个更紧凑(例如,圆形)的伐区需要更多的道路设施^[3]。在生物地理学研究中,科学家要用点或阴影区来表示某一物种的分布范围。物种分布区的形状变化很大,可以是圆形或狭长形,边界可以是平滑的或弯曲的,生物地理学家往往从分析这些形状来了解物种的动态,即物种分布是稳定、扩展、收缩,还是迁移,甚至根据斑块的形状往往可以推断出物种的迁移路线。斑块形状对生物多样性的影响也很大,生物多样性通常是朝着一个大斑块的凸出部分的方向逐渐降低的^[4]。另外,斑块形状对生物的扩散和觅食也具有重要作用^[2,5,6]。从而,斑块形状在一定程度上影响斑块中生物体的多度^[7~11]。已经设计出了一些刻划斑块形状的指数,本研究将利用其中的几个对北京地区植被景观中各类型的斑块形状作一分析,并对这些形状指数的行为作一评价。

1 研究方法

利用 GIS 软件 ARC/INFO 将北京地区 1:20 万植被图数字化并提取斑块信息。该图包括 72 个基本的斑块类型(又称为小类),共有 2582 个斑块,本文中称这些斑块为低水平的斑块。这些类型分属于森林、灌丛、草地、果园、农田和水体六大斑块类型。这六大类型分别包括 20、28、4、7、11 和 2 个基本的斑块类型。本文将对对应于六大类型的斑块称为高水平的斑块,这样的斑块共有 1491 个。它们是这样构成的,即将相邻的属于同一大类的低水平的斑块合并,并去掉其中的低水平斑块之间的边界。应用几个形状指数分析本地区植被景观中斑块的形状特征。

1.1 几个形状指数

文献中提供了几个不同的刻划斑块形状的方法,但并不存在一致公认的方法^[3]。本文中采用了 4 个形状指数,它们分别是:

$$SI1 = \frac{P}{A} \quad (1)$$

它实际上是斑块的周长面积比,表征斑块的边界效应^[5]。

$$SI2 = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad (2)$$

这是斑块周长与等面积的圆周长之比^[2,5,6],它代表斑块形状与圆形相差的程度。该指数的最小值为 1,其值越接近 1,表示斑块形状与圆形越相近,其值越大,则斑块形状与圆形相差越大,形状越不规则^[3]。

$$SI3 = \frac{2\ln P}{\ln A} \quad (3)$$

这是斑块的分维,它表示斑块的复杂程度^[3,12~14]。

$$SI4 = \frac{\ln A}{\ln(P/4)} \quad (4)$$

这是斑块分维的另一个表达式^[15]。

1.2 形状指数间的相关分析

上述 4 个形状指数在设计时的出发点各不相同,其意义也就不同,但它们都是基于周长-面积关系的,本文对这 4 个指数进行了 Pearson 相关分析和 Spearman 秩相关分析,以探讨它们对斑块形状变化的反应趋势。

设 (x_i, y_i) ($i = 1, 2, \dots, n$) 为两个变量 x 和 y 的一组观察值, n 为样本含量, r_i 和 s_i 分别表示 x_i 和 y_i 对应的秩。则 Spearman 的秩相关系数为^[16]:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n r_i s_i - c}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n r_i^2 - c)(\sum_{i=1}^n s_i^2 - c)}} \quad (5)$$

其中 $c = n(n+1)/4$ 。如果存在一对 i 和 j 使 $x_i = x_j$ 或者 $y_i = y_j$ 或者两者都成立,这种情况就称为一个

结 (Tie)。如果观察值中没有结存在, 则 (5) 就变成:

$$\rho = 1 - \frac{6T}{n(n^2 - 1)} \quad (6)$$

其中, $T = \sum_i (r_i - s_i)^2$, $|\rho| < 1$ 。如果仅有少数几个结存在, 则 (5) (6) 两式之间的差异很小。如果 x_i 与 y_i ($i = 1, 2, \dots, n$) 的顺序完全一致, 则 $\rho = 1$ 。如果其顺序完全相反, 则 $\rho = -1$ 。如果 x 与 y 独立, 则有 $\rho = 0$ 。

2 研究结果

2.1 各指数的行为及斑块形状的整体特征

首先计算所有基本类型每一个斑块的 4 个形状指数, 分别用 m 和 km 作为长度单位, 用 m^2 和 km^2 作为面积单位对 $SI1$ 、 $SI3$ 和 $SI4$ 进行计算, 用 km 和 km^2 分别作为长度和面积单位对 $SI2$ 进行计算, 结果见图 1。从图 1(A) 和图 1(B) 可以看到, 测量单位对 $SI1$ 没有实质性影响, 其值只是放大或缩小一定倍数而已。其实, 这一点从公式 (1) 本身也可以看出, 如果长度单位扩大 k 倍, 则面积单位就要扩大 k^2 倍。从数值上可以写成 $P_1 = kP_0$, $A_1 = k^2A_0$ 。于是:

$$SI1^{(1)} = \frac{P_1}{A_1} = \frac{kP_0}{k^2A_0} = \frac{1}{k} \frac{P_0}{A_0} = \frac{1}{k} SI1^{(0)} \quad (7)$$

即 $SI1$ 指数值就变为原来的 $1/k$ 倍。从这两个图中还可以看出, $SI1$ 随着斑块面积的增大而减小。这说明斑块面积越大, 单位面积上的边界数量越少, 相应地, 斑块内部生境面积就越大。

测量单位对 $SI2$ 没有影响, 这一点从 (8) 式中可以看出来:

$$SI2^{(1)} = \frac{P_1}{2\sqrt{\pi A_1}} = \frac{kP_0}{2\sqrt{\pi(k^2A_0)}} = \frac{kP_0}{2k\sqrt{\pi A_0}} = \frac{P_0}{2\sqrt{\pi A_0}} = SI2^{(0)} \quad (8)$$

从图 1(G) 可以看出, $SI2$ 随斑块面积的增加而增加, 但方差越来越大。由于该指数是将斑块形状与圆形相比较而设计出来的, 其值越接近 1, 斑块形状就越接近圆形。从图中还可以看出, 当 $\ln A < 1$ (大约) 即 $A < 2.7\text{km}^2$ (大约) 时, 指数 $SI2$ 的值都与 1 相差不大, 可以认为与较大的斑块 ($\ln A > 1$, 即 $A > 2.7\text{km}^2$) 相比, 这时的斑块形状更接近圆形, 从而更紧凑, 而较大的斑块的形状则与圆形相差较大, 从而更不紧凑。

$SI3$ 受到测量单位的影响, 这一点从 (9) 式可以看出:

$$SI3^{(1)} = \frac{2\ln P_1}{\ln A_1} = \frac{2\ln(kP_0)}{\ln(k^2A_0)} = \frac{2\ln k + 2\ln P_0}{2\ln k + \ln A_0} \neq \frac{2\ln P_0}{\ln A_0} = SI3^{(0)} \quad (9)$$

图 1(C) 和图 1(D) 示出了 $SI3$ 分别用 km 和 m 作为长度单位, km^2 和 m^2 作为面积单位的结果, 从图中可以看出, 该指数对不同的测量单位结果大不一样。用 km 作为测量单位, km^2 作为面积单位时, 该指数对面积的对数在 0 附近, 即面积在 1km^2 附近的斑块特别敏感, 而对面积更小或更大的斑块则不然。从图 1(D) 可以看出, 用 m 作为长度单位, m^2 作为面积单位时, 该指数对 $\ln A$ 在 0~1 之间, 即面积 A 在 $1 \sim 2.7\text{km}^2$ 之间时值最小, 而对更小或更大的斑块, 该指数值则都变大。

$SI4$ 也受到测量单位的影响, 这一点从 (10) 式可以看出:

$$SI4^{(1)} = \frac{\ln A_1}{\ln(P_1/4)} = \frac{\ln(k^2A_0)}{\ln(kP_0/4)} = \frac{2\ln k + \ln A_0}{\ln k + \ln(P_0/4)} \neq \frac{\ln A_0}{\ln(P_0/4)} = SI4^{(0)} \quad (10)$$

图 1(E) 和图 1(F) 示出了 $SI4$ 分别用 m 和 km 作为长度单位, m^2 和 km^2 作为面积单位的结果。从图中可以看出, 该指数对不同的测量单位结果也大不一样。用 km 作为测量单位时, 该指数对 $\ln A$ 在 $-1 \sim 0$ 之间, 即面积 A 在 $0.37 \sim 1\text{km}^2$ 之间的斑块特别敏感, 而对面积更小或更大的斑块则不然。从图 1(F) 可以看出, 用 m 作为长度单位, m^2 作为面积单位时, 该指数值随着斑块面积的增加而变小。

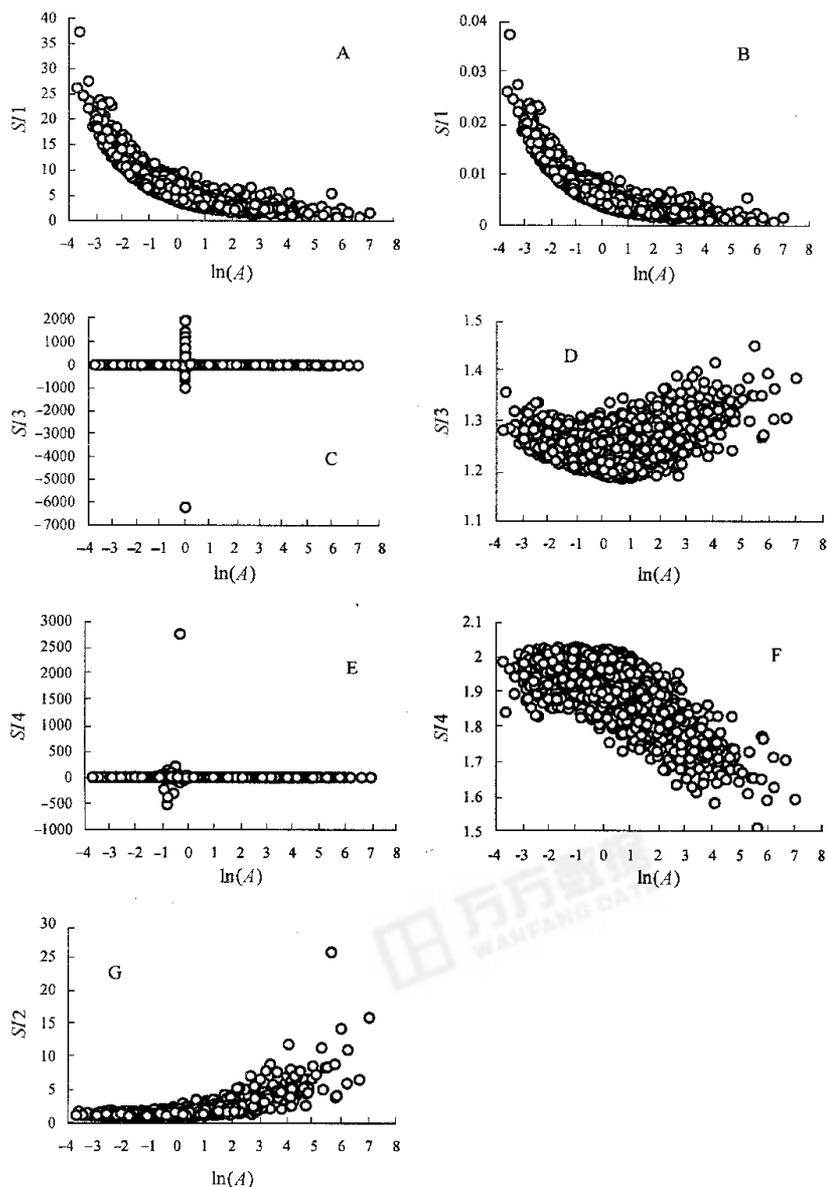


图1 所有低水平斑块四个形状指数 $SI1$ 、 $SI2$ 、 $SI3$ 和 $SI4$ 随斑块面积(对数尺度)的变化。其中 A 和 B、C 和 D、E 和 F 分别为指数 $SI1$ 、 $SI3$ 和 $SI4$ 的结果。A、C 和 E 中的指数值是用 km 作为长度单位、 km^2 作为面积单位计算的；B、D 和 F 中的指数值是用 m 作为长度单位、 m^2 作为面积单位计算的；G 为对 $SI2$ 计算的结果。

Fig. 1 The relationship between each of the four shape indices ($SI1$, $SI2$, $SI3$ and $SI4$) and patch area (shown in logarithmic scale) in which the indices are calculated for all the lower level patches and A, C and E are calculated for $SI1$, $SI3$ and $SI4$ with km as length unit and km^2 as area unit, B, D and F are calculated for $SI1$, $SI3$ and $SI4$ with m as length unit and m^2 as area unit, and G is calculated for $SI2$.

2.2 各类型斑块的形状特征

对于每个形状指数,又将每个类型所有斑块的指数值平均,结果列于表 1。从表中可以看出,类型 44、20、17、12 的 $S1I$ 值最大,这说明这些类型单位面积中的边界最多;而类型 25、39、69 的 $S1I$ 值最小,这说明这些类型单位面积中的边界最少。除类型 2 以外,其它森林类型的 $S2I$ 值都小于 2;除类型 60 以外,其它果园类型的 $S2I$ 值也都小于 2;另外,水塘和水库的 $S2I$ 也都小于 2;大多数灌丛、草甸、草本群落和农田的 $S2I$ 都大于 2,其中以农田类型 63、草甸类型 50、灌丛类型 48、47 的 $S2I$ 值为最大(大于 3)。从此可以推断它们的斑块形状之间的差异,即相对而言,后者与圆形相差更大。

表 1 对每个类型计算的每个形状指数的平均值

Table 1 The average of each of the 4 shape indices for each of the 72 patch types at lower level

TYPE	NPCH	$S1I_T$	$S1I_{NT}$	$S2I_T$	$S3I_T$	$S3I_{NT}$	$S4I_T$	$S4I_{NT}$
2	3	5.3027	0.0053	2.3458	5.9318	1.2871	0.7607	1.8204
3	59	6.3133	0.0063	1.4349	-6.3140	1.2395	1.2591	1.9365
4	43	7.9001	0.0079	1.4249	3.3078	1.2445	2.1343	1.9371
5	165	7.7545	0.0077	1.5662	-3.6639	1.2521	2.5009	1.9210
6	35	5.5970	0.0055	1.6573	3.0257	1.2475	2.0246	1.9078
7	10	7.6244	0.0076	1.6239	-3.7509	1.2595	0.1110	1.9038
8	10	7.7556	0.0077	1.5247	1.2207	1.2519	-0.4584	1.9252
9	7	8.1771	0.0081	1.3658	-4.1572	1.2453	1.0530	1.9450
10	13	8.0523	0.0080	1.3206	-1.6745	1.2381	2.1107	1.9564
11	38	7.4151	0.0074	1.5013	51.2473	1.2468	4.0092	1.9311
12	26	10.3218	0.0103	1.3754	2.8967	1.2530	-6.5619	1.9429
13	16	5.9187	0.0059	1.4943	2.7206	1.2409	2.3125	1.9285
14	7	6.7992	0.0067	1.5117	-3.5422	1.2422	0.7741	1.9355
15	31	6.3902	0.0063	1.4502	9.5388	1.2395	1.8539	1.9362
16	84	4.9265	0.0049	1.4812	1.3572	1.2319	0.8538	1.9364
17	146	10.2346	0.0102	1.3354	-3.5645	1.2500	2.4077	1.9521
18	28	9.8404	0.0098	1.3383	-1.3454	1.2485	2.5131	1.9509
19	2	8.8508	0.0088	1.3716	-1.9437	1.2495	5.7333	1.9439
20	166	10.7457	0.0107	1.4195	0.5227	1.2568	2.7422	1.9386
21	21	4.7589	0.0047	2.3004	1.2080	1.2700	0.8748	1.8467
22	11	3.6205	0.0036	2.4024	-0.3692	1.2678	0.9861	1.8382
23	27	4.8052	0.0048	2.1530	-0.7920	1.2599	0.4829	1.8727
24	4	3.9062	0.0039	2.4694	3.7997	1.2759	1.0661	1.8241
25	1	3.0071	0.0030	3.7437	2.7416	1.3081	1.1063	1.7499
26	4	4.4554	0.0044	2.0712	6.2484	1.2633	0.8783	1.8627
27	36	4.3071	0.0043	2.8521	1.9861	1.2757	0.8423	1.8296
28	11	4.0962	0.0040	2.6296	7.6096	1.2740	0.6788	1.8361
29	13	5.2714	0.0052	1.6603	-47.5661	1.2406	1.7141	1.9192
30	2	4.7330	0.0047	1.1887	-89.2619	1.2116	0.9315	1.9854
31	3	4.9364	0.0049	1.7040	1.8290	1.2394	1.6042	1.9164
32	4	3.9952	0.0039	2.0869	12.3272	1.2603	0.8560	1.8627
34	48	4.7296	0.0047	2.5294	-0.9263	1.2701	-10.2700	1.8490
35	2	7.1655	0.0071	1.2302	-4.1541	1.2298	3.0925	1.9723
36	10	6.2544	0.0062	2.1785	5.5187	1.2720	1.2008	1.8572
37	3	4.9952	0.0049	2.2655	1.4325	1.2697	1.8009	1.8525
38	4	5.7591	0.0057	1.3698	-13.7074	1.2340	-16.8812	1.9449
39	9	3.1898	0.0031	2.1320	4.5328	1.2500	1.1551	1.8720
40	69	4.523	0.0048	2.2970	0.9867	1.2634	4.4837	1.8655

41	14	4.9426	0.0049	2.9374	0.2049	1.2874	0.7904	1.8160
42	24	4.1497	0.0041	2.2542	2.3067	1.2657	0.5066	1.8684
43	91	5.3690	0.0053	2.1643	18.8455	1.2644	1.3274	1.8688
44	1	11.5483	0.0115	1.2076	-0.4653	1.2458	2.1468	1.9773
45	22	4.7506	0.0047	2.2141	4.1302	1.2663	0.7310	1.8546
46	12	4.0295	0.0040	2.9828	1.2544	1.2741	1.4217	1.8337
47	19	4.4422	0.0044	3.0879	-1.8358	1.2809	0.7353	1.8248
48	37	4.8361	0.0048	3.1734	2.3083	1.2992	-0.3238	1.7903
49	11	5.2678	0.0052	2.8327	3.0367	1.2745	-1.0831	1.8465
50	1	6.2065	0.0062	3.0912	5.2113	1.3202	0.7213	1.7624
51	6	5.6358	0.0056	2.2237	6.3994	1.2759	0.9559	1.8503
52	100	5.5023	0.0055	1.6328	2.0424	1.2402	2.1389	1.9247
53	35	4.7966	0.0047	2.0437	-3.6229	1.2552	1.8306	1.8816
54	11	5.5490	0.0055	1.3325	-2.2431	1.2270	-27.0766	1.9568
55	13	4.2474	0.0042	1.5832	52.2852	1.2257	0.7188	1.9393
56	26	4.3758	0.0043	1.5785	7.2950	1.2367	1.0809	1.9184
58	6	5.9036	0.0059	1.6969	3.6401	1.2530	0.5964	1.9036
59	20	4.9717	0.0049	1.4864	-0.6524	1.2324	3.9154	1.9368
60	6	5.1295	0.0051	2.2967	4.1547	1.2657	1.3459	1.8665
61	88	7.5691	0.0075	1.4063	-2.2703	1.2390	2.1057	1.9490
62	69	6.8933	0.0068	2.5645	34.4203	1.2667	-2.6649	1.8859
63	7	5.6886	0.0056	3.3497	2.3722	1.2977	0.7007	1.8084
64	39	5.3432	0.0053	2.9109	0.2041	1.2817	0.5069	1.8366
65	31	5.6989	0.0056	2.4531	28.6710	1.2673	1.1690	1.8718
66	10	5.5523	0.0055	2.6042	-4.6364	1.2718	0.0288	1.8639
67	220	4.5798	0.0045	1.5939	5.5137	1.2346	13.8985	1.9274
68	27	4.2895	0.0042	2.1852	19.9558	1.2540	0.8824	1.8784
69	15	2.8267	0.0028	2.5767	7.0232	1.2530	1.5242	1.8571
70	20	4.1748	0.0041	2.0846	-0.0282	1.2484	1.0082	1.8884
71	109	4.8737	0.0048	1.7981	-1.6412	1.2386	0.0468	1.9229
72	20	5.2488	0.0052	1.6994	5.0985	1.2331	1.6700	1.9363
73	259	4.6525	0.0046	1.4219	-28.0876	1.2268	1.4019	1.9469
74	9	5.4274	0.0054	1.4192	-1.8370	1.2298	0.9836	1.9511
75	36	5.7233	0.0057	1.5938	11.4753	1.2392	1.4853	1.9292

注 :TYPE —— 斑块类型 Patch type ;N PCH —— 斑块个数 Number of patches ;SIXT —— 用 km 和 km² 分别作为长度和面积单位对指数 SIX(X = 1, 2, 3, 4) 计算的结果 ;The result calculated for index SIX(X = 1, 2, 3, 4) with km and km² as length and area units ;SIXNT —— 用 m 和 m² 分别作为长度和面积单位对指数 SIX(X = 1, 3, 4) 计算的结果 ;
The result calculated for index SIX(X = 1, 3, 4) with m and m² as length and area units.

还计算了六大类型每个斑块的 4 个形状指数,其结果与上述结果基本一致,形状指数 $S/2$ 的结果示于图 2。从图中可以看出,农田斑块和灌丛斑块的 $S/2$ 值比较大,其它类型的 $S/2$ 值则较小。这部分地与农田斑块和灌丛斑块的面积较大有关系。另外,对每个大类都有这样一个规律,即 $S/2$ 随斑块面积的增加而增加;并且当 $\ln A < 1$ (大约),即 $A < 2.7 \text{ km}^2$ (大约)时,指数 $S/2$ 变化缓慢,且都与 1 相差不大,而当 $\ln A > 1$ (大约),即 $A > 2.7 \text{ km}^2$ (大约)时,指数 $S/2$ 急剧增加,且与 1 相差越来越大。可以认为随着斑块面积的增加斑块形状越来越不紧凑。

2.3 形状指数之间的相关分析

本文用 m 和 km 作为长度单位、m² 和 km² 作为面积单位(以后均以 m、m² 作为小测量单位,而以 km 和 km² 作为大测量单位),对 $S/1$ 、 $S/2$ 、 $S/3$ 和 $S/4$ 两两之间分别进行了 Pearson 相关分析和 Spearman 秩相关分析,

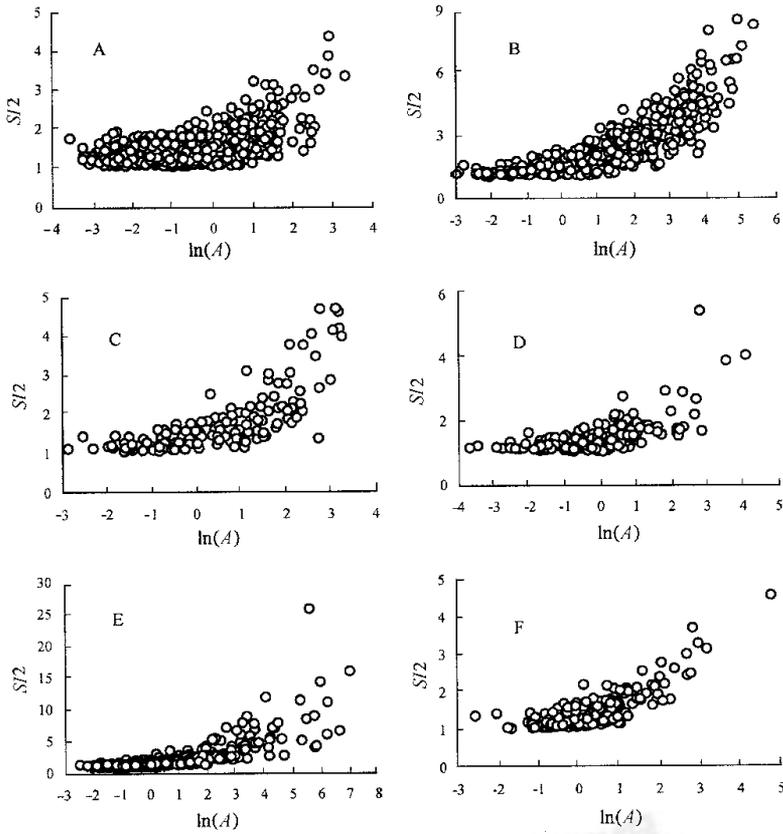


图2 六大类型斑块的形状指数 $S/2$ 随斑块面积(对数尺度)的变化。其中 ,A、B、C、D、E 和 F 分别为对森林、灌丛、草地、农田、果园和水体计算的结果。

Fig.2 The relationship between shape index $S/2$ and patch area (logarithmic scale) for the six higher level types of patches in which A , B ,C ,D ,E and F are the results for forest ,shrubland ,grassland ,cropland ,orchard and waters respectively.

结果列入表 2。从表中可以看出 ,当用大测量单位时 ,Pearson 相关分析表明 ,只有 $S/1$ 与 $S/2$ 之间达到显著的相关水平 ,且为负相关 ;其它指数对之间没有显著的线性关系。Spearman 秩相关分析表明 , $S/1$ 与 $S/4$ 之间、 $S/2$ 与 $S/3$ 之间均呈显著的正相关 ,而 $S/1$ 与 $S/2$ 、 $S/1$ 与 $S/3$ 、 $S/2$ 与 $S/4$ 、 $S/3$ 与 $S/4$ 之间均呈显著的负相关。当用小测量单位时 ,Pearson 相关分析表明 , $S/1$ 与 $S/3$ 、 $S/1$ 与 $S/4$ 、 $S/2$ 与 $S/3$ 之间均呈显著的正相关 , $S/1$ 与 $S/2$ 、 $S/2$ 与 $S/4$ 、 $S/3$ 与 $S/4$ 之间均呈显著的负相关 ;Spearman 秩相关分析表明 , $S/1$ 与 $S/3$ 、 $S/1$ 与 $S/4$ 、 $S/2$ 与 $S/3$ 之间均呈显著的正相关 , $S/1$ 与 $S/2$ 、 $S/2$ 与 $S/4$ 、 $S/3$ 与 $S/4$ 之间均呈显著的负相关。

3 讨论

3.1 关于形状指数

斑块的几何形状是景观的空间结构度量中一个重要的特征 ,同时也是最难度量的一个特征^[1]。文献中已经提供了一些方法来刻画斑块的形状 ,但还没有普遍被接受的方法。其中 ,基于斑块的周长和面积的方法

应该说是比较容易计算的,本文中采用的4个指数都属于这一类。尽管周长面积比 $SI1$ 这个指数对斑块形状的变化不太敏感^[1],但其作用还是不容忽视的,它表示单位面积中的边界数量,这个意义非常明确。从本文的结果来看, $SI1$ 与 $SI4$ 、 $SI2$ 与 $SI3$ 两两之间具有较强的一致性(呈显著的正的秩相关关系),这说明每对中的两个指数信息重迭比较多。 $SI1$ 与 $SI2$ 、 $SI2$ 与 $SI4$ 、 $SI3$ 与 $SI4$ 两两之间的关系则刚好相反,它们呈显著的负的秩相关关系,它们两两之间的信息重迭也比较多。但考虑到 $SI2$ 与测量单位无关,选择 $SI2$ 对各斑块进行形状属性的比较较为合适。 $SI1$ 虽说也受测量单位的影响,但这种影响不是实质性的,又考虑到它明确的意义,因此, $SI1$ 也是一个较好的形状指数。其它两个指数 $SI3$ 和 $SI4$ 随测量单位的变化而变化,并且影响到斑块间关系的比较;Baskent和Jordan^[3]以及Milne^[17]也注意到了 $SI3$ 受测量单位的影响这一现象。同时,这两个指数本来都是用来描述斑块形状的复杂性的,应该具有一致性,即斑块越复杂,它们的值就越大。但从本文的结果来看,这两个指数之间呈显著的负的秩相关关系,即它们之间具有很强的不一致性。因此,这两个指数是相互矛盾的,不值得推荐。

3.2 关于北京地区植被景观中的斑块形状

从本文的研究结果来看, $SI1$ 随斑块面积的增大而减小, $SI2$ 随斑块面积的增大而增大。这说明斑块越大,单位面积中的边界数量越少,斑块形状越不紧凑。并且当斑块面积大于大约 2.7km^2 时, $SI1$ 的变化幅度很小;当斑块面积小于大约 2.7km^2 时, $SI2$ 的变化幅度很小。这说明大约 2.7km^2 成为该地区斑块的一个分界线,以此为界,较小的斑块与较大的斑块在各形状属性上有很大差异。斑块越大,其形状越不规则。其中一个很重要的原因就是经常出现大斑块套小斑块的现象。从类型来看,各森林类型的 $SI1$ 都比较大, $SI2$ 都比较小,这与各森林斑块的面积较小有关;各灌丛类型的 $SI1$ 都比较大, $SI2$ 都比较大,这与各灌丛斑块的面积较大有关。从 $SI2$ 的行为来看,它更好地刻划了斑块的形状,尤其是斑块形状的复杂性。

表2 4个形状指数间的相关性

Table 2 Correlations among the 4 shape indices

	$SI1$	$SI2$	$SI3$	$SI4$
长度单位 Length unit km, 面积单位 Area unit km^2				
Pearson 相关系数 Pearson correlation coefficient				
$SI1$		-0.27543	-0.00068	-0.00004
$SI2$			0.01714	-0.01078
$SI3$				-0.00110
Spearman 秩相关系数 Spearman rank correlation coefficient				
$SI1$		-0.41975	-0.44045	0.39150
$SI2$			0.36152	-0.44285
$SI3$				-0.34031
Pearson 相关系数 Pearson correlation coefficient				
$SI1$		-0.27535	0.15021	0.29960
$SI2$			0.75862	-0.82955
$SI3$				-0.88973
Spearman 秩相关系数 Spearman rank correlation coefficient				
$SI1$		-0.41963	0.11850	0.36601
$SI2$			0.80591	-0.99755
$SI3$				-0.83961

万方数据

4 结论

通过对北京地区植被景观中各斑块形状的数量分析,得出如下结论:

(1)形状指数 $SI2$ 不受测量单位的影响, $SI1$ 、 $SI3$ 和 $SI4$ 均受测量单位的影响,但测量单位对 $SI1$ 无实质性的影响,只是指数值放大或缩小了一定的倍数,对斑块间关系的评价并无影响,而测量单位对 $SI3$ 和 $SI4$ 的影响则很大,甚至影响到斑块间关系的评价。

(2)形状指数 $SI1$ 随斑块面积的增大而减小; $SI2$ 随斑块面积的增大而增大。这说明斑块越大,单位面积中的边界数量越少,斑块形状越不紧凑。

(3)通过Pearson相关分析和Spearman秩相关分析,发现 $SI1$ 与 $SI4$ 、 $SI2$ 与 $SI3$ 两两之间呈显著的正的秩相关关系, $SI1$ 与 $SI2$ 、 $SI2$ 与 $SI4$ 、 $SI3$ 与 $SI4$ 两两之间均呈显著的负的秩相关关系,因此这4个指数之间在很大程度上存在着信息重迭。但综合起来考虑, $SI2$ 是一个比较合适的形状指数。

(4)对72个斑块类型的形状指数的计算可以看出,除类型2以外,其它19个森林类型的斑块指数 $SI2$ 都较小(<2);除类型63以外,其它果园类型的 $SI2$ 值以及水塘和水库的 $SI2$ 值也都小于2;其它类型的 $SI2$ 一般都大于2。因此,相对来说,后者的形状与圆形相差更大,形状更不紧凑。

参考文献

- [1] Bettinger P, Bradshaw G A and Weaver G W. Effects of geographic information system vector-raster-vector data conversion on landscape indices. *Can. J. For. Res.* 1996. 26 :1416 ~ 1425.
- [2] Forman R T T and Godron M. *Landscape Ecology*. New York :John Wiley and Sons, 1986.
- [3] Baskett E Z and Jordan G A. Characterizing spatial structure of forest landscape. *Can. J. For. Res.* ,1995 **25** :1830 ~ 1849.
- [4] Forman R T T and Gordon M. Patches and structural components for a landscape ecology. *BioScience* ,1981. **31** :733 ~ 40.
- [5] 肖笃宁 . 景观空间结构的指标体系和研究方法 . 见 :肖笃宁主编 . 景观生态学 :理论、方法及应用 . 北京 :中国林业出版社 . 1991.
- [6] 徐化成主编 . 景观生态学 . 中国林业出版社 . 北京 :1996.
- [7] Game M. Best shape for nature reserves. *Nature* ,1980. **287** :630 ~ 632.
- [8] Buechner M. Conservation in insular parks :Simulation models of factors affecting the movement of animals across park boundaries. *Biological Conservation* ,1987. **41** :57 ~ 76.
- [9] Stamps J A, Buechner M and Krishnan V V. The effects of edge permeability and habitat geometry on emigration from patches of habitat. *American Naturalist* ,1987 **129** :533 ~ 552.
- [10] Gutzwiller K J and Anderson S H. Interception of moving organisms :influence of patch shape ,size ,and orientation on community structure. *Landscape Ecology* ,1992 **6** :293 ~ 303.
- [11] Hamazaki T. Effects of patch shape on the number of organisms. *Landscape Ecology* ,1996 **11**(5) :299 ~ 306.
- [12] Lovejoy S. Area-perimeter relation for rain and cloud areas. *Science* ,1982 **216**(9) :185 ~ 187.
- [13] Krummel J R ,Gardner R H Sugihara G. *et al* Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos* ,1987. **48** :321 ~ 24.
- [14] Ripple W J Bradshaw G A. and Margules C R. Biological consequences of ecosystem fragmentation :a review. *Conserv. Biol* ,1991 **5** :18 ~ 32.
- [15] 李海滨 ,伍业钢 . 景观生态学的数量研究方法 . 见 :刘建国主编 . 当代生态学博论 . 中国科学技术出版社 ,北京 :1992. 209 ~ 233.
- [16] Sprent P. Applied nonparametric statistical methods. London :Chapman and Hall ,1989.
- [17] Milne T M. Spatial aggregation and neutral methods in fractal landscape. *American Naturalist* ,1992 **139** :32 ~ 57.