

УДК 519.2 : 711.1 : 712. (253)

Хельдур САНДЕР

## ИНДЕКСЫ ФРАГМЕНТАЦИИ: ИХ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАЗДРОБЛЕННОСТИ ВНУТРИКВАРТАЛЬНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ТАЛЛИНА

В связи с реорганизацией землепользования и в ходе расширения антропогенных территорий, особенно с уплотнением дорожно-уличной сети происходят многие противоположные пространственные процессы. В сельском хозяйстве эти процессы известны как концентрация и консолидация и соответственные им обратные процессы — деконцентрация и деконсолидация земельных владений (Jacoby, 1959; Januszewski, 1968; King, Burton, 1982). Кроме них имеется процесс фрагментации, который характеризует величину, число и распределение отдельных элементов территориальной совокупности (King, Burton, 1982).

Особенно важно изучать процесс фрагментации в городском ландшафте, где концентрация населения и антропогенных территорий приводит к уменьшению и раздроблению естественных насаждений, что в свою очередь ведет к изменению видового состава флоры и фауны (исчезают лесные виды), а оставшиеся перелески теряют свою экологическую способность улучшать городские условия и противостоять вредным влияниям (Davis, Glick, 1978; Kellomäki, Wuorenrinne, 1979; Forest island..., 1981).

Географическую структуру разных пространственных явлений наилучшим образом характеризуют статистические показатели территориальной неравномерности изучаемых явлений в виде одного числа, т. е. синтетические (Mereste, 1962). Используемые индексы можно подразделить следующим образом: 1) математико-статистические и 2) базирующиеся на теории информации. Первые характеризуют равномерность совокупности и фрагментацию, т. е. численность и удельные веса отдельных составных элементов совокупности. Из коэффициентов фрагментации территориальной структуры наиболее известны три.

Сначала рассмотрим индекс фрагментации Симмонса (Simmons, (1964)

$$FI = \frac{\sum a^2}{A^2}, \quad (1)$$

где  $a$  — величина отдельных территориальных участков,  $A$  — их суммарная величина. Формулу (1) можно записать

$$FI = \frac{\sum_{i=1}^n a_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n a_i\right)^2}. \quad (2)$$

Затем индекс консолидации Янушевского (Januszewski, 1968):

$$K = \frac{\sqrt[n]{\sum_{i=1}^n a_i}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{a_i}} \quad (3)$$

и наконец коэффициент массивности Ратаса (Ratas, 1978; 1982).

$$k = \frac{1}{S} \sqrt[n]{\sum_{m=1}^n s_m^2}, \quad (4)$$

где  $S$  — общая величина территории,  $s_m$  — величина отдельных участков территории. Теперь формулу (4) можно записать

$$k = \frac{\sqrt[n]{\sum_{i=1}^n a_i^2}}{\sum_{i=1}^n a_i}. \quad (5)$$

Итак,

$$k = \sqrt{FI}. \quad (6)$$

Числовые значения названных индексов размещаются между 0 и 1. Они равняются единице в случае, если объект не разбит на элементы. Если сравнить формулы (2) и (3), можно показать, что

$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sqrt{a_i}} \sqrt[n]{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^2}{FI}}. \quad (7)$$

Как известно, в пределах одной совокупности сумма квадратов элементов минимальна, а сумма квадратных корней максимальна при равенстве этих элементов ( $a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n$ ). Если в формулах (2) и (5) знаменатель, а в (3) числитель не изменяются, индексы соответственно равняются

$$FI_{\text{мин}} = \frac{na_1^2}{(na_1)^2} = \frac{na_1^2}{n^2 a_1^2} = \frac{1}{n} = n^{-1}, \quad (8)$$

$$K_{\text{мин}} = \frac{\sqrt{na_1}}{n \sqrt{a_1}} = \frac{\sqrt{n} \cdot \sqrt{a_1}}{n \sqrt{a_1}} = \frac{\sqrt{n}}{n} = \sqrt{\frac{1}{n}} = n^{-0.5} \quad (9)$$

и

$$k_{\text{мин}} = \frac{\sqrt{na_1^2}}{na_1} = \frac{\sqrt{n} \cdot \sqrt{a_1^2}}{na_1} = \frac{\sqrt{n}}{n} = \sqrt{\frac{1}{n}} = n^{-0.5}, \quad (10)$$

то в этом случае

$$K = k = \sqrt{FI}. \quad (11)$$

Итак, величины  $FI$ ,  $K$  и  $k$  находятся в следующих интервалах:

$$\frac{1}{n} \leq FI \leq 1, \quad (12)$$

$$\sqrt{\frac{1}{n}} \leq K \text{ и } k \leq 1. \quad (13)$$

Имея в виду формулы (8) — (10), можно вывести новые индексы, характеризующие или равномерность, или неравномерность структуры совокупности, а также связывающие индексы фрагментации с индексами неравномерности при помощи числа элементов этой совокупности

$$SI = \frac{1}{nFI} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n a_i\right)^2}{n \sum_{i=1}^n a_i^2}, \quad (14)$$

$$JI = \frac{1}{\sqrt{n}K} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{a_i}}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n a_i}}, \quad (15)$$

$$RI = \frac{1}{\sqrt{nk}} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n a_i^2}} = \sqrt{SE}. \quad (16)$$

Чем равномернее структуры совокупности, тем ближе значения этих индексов к единице, и наоборот — чем неравномернее структура изучаемого явления, тем меньше числовые значения индексов.

Известно, что в пределах одной совокупности сумма квадратов элементов максимальна, а сумма квадратных корней минимальна в случае максимальной неравномерности этих элементов. Тогда, если  $n=2$  и  $a_2=2a_1$ , или  $a_2=3a_1$ , или  $a_2=4a_1 \dots$ , то  $a_2=la_1$ , где  $l$  — любое положительное число больше единицы. Индексы равняются

$$FI = \frac{a_1^2 + (la_1)^2}{(a_1 + la_1)^2} = \frac{a_1^2 + l^2 a_1^2}{a_1^2 (1+l)^2} = \frac{1+l^2}{(1+l)^2}, \quad (17)$$

$$K = \frac{\sqrt{a_1 + la_1}}{\sqrt{a_1} + \sqrt{la_1}} = \frac{\sqrt{a_1(1+l)}}{\sqrt{a_1}(1+\sqrt{l})} = \frac{\sqrt{1+l}}{1+\sqrt{l}} \quad (18)$$

и соответственно

$$k = \frac{\sqrt{1+l^2}}{1+l}. \quad (19)$$

Если сравнить формулы (17) — (19), можно видеть, что при  $l=1$   $a_2=a_1$  и по формуле (11)  $K=k=\sqrt{FI}$ .

Изменение числовых значений  $FI$ ,  $K$  и  $k$  при разных величинах показано на рис. 1. Из графика найдено, что если  $l \approx 1 + \sqrt{32}$ , то  $FI=K$ . Кроме того, в начальной части графика изменение  $FI$  происходит быст-

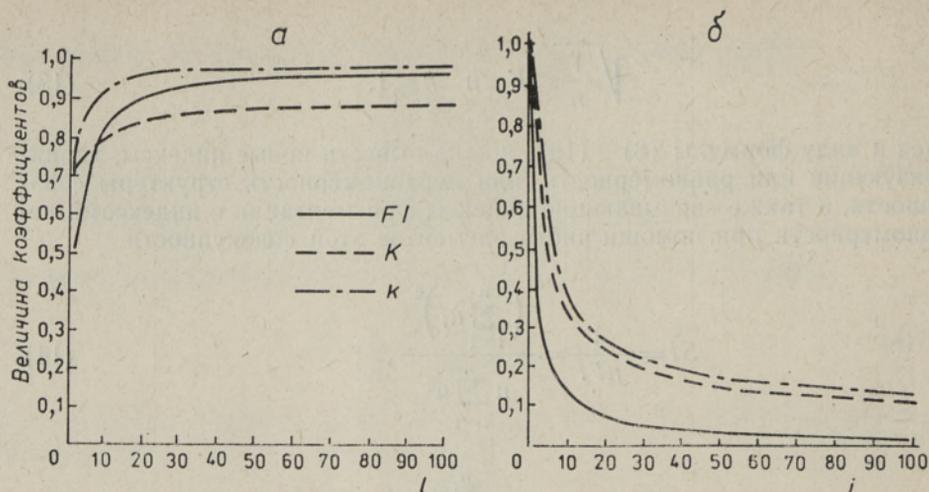


Рис. 1. Зависимость индексов фрагментации от величины второго элемента совокупности ( $l$ ) в случае, если число элементов равняется двум ( $a$ ) и от числа элементов ( $i$ ) в случае, если величина каждого следующего элемента выше предыдущего на единицу ( $b$ ).

рее, чем  $K$ . Теоретически представляет интерес случай, когда  $a_2=2a_1$ ,  $a_3=3a_1$ ,  $a_4=4a_1, \dots, a_n=na_1$ , тогда

$$FI = \frac{\sum_{i=1}^n a_1^2 i^2}{\left(\sum_{i=1}^n a_1 i\right)^2} = \frac{a_1^2 \sum_{i=1}^n i^2}{a_1^2 \left(\sum_{i=1}^n i\right)^2} = \frac{\sum_{i=1}^n i^2}{\left(\sum_{i=1}^n i\right)^2}, \quad (20)$$

$$K = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_1 i}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{a_1 i}} = \frac{\sqrt{a_1} \sqrt{\sum_{i=1}^n i}}{\sqrt{a_1} \sum_{i=1}^n \sqrt{i}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n i}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{i}} \quad (21)$$

и

$$k = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n i^2}}{\sum_{i=1}^n i}. \quad (22)$$

Как известно,

$$\sum_{i=1}^n i^2 = \frac{i(i+1)(2i+1)}{6} \quad (23)$$

и

$$\sum_{i=1}^n i = \frac{i(i+1)}{2}, \quad (24)$$

тогда

$$FI = \frac{2(2i+1)}{3i(i+1)}. \quad (25)$$

Для выявления зависимости между числовыми значениями названных индексов и структурой совокупности мы использовали их при изучении особенностей раздробления внутриквартальных насаждений на самостоятельные составные части. Внутриквартальные сплошные насаждения образуют существенную долю в мезоструктуре озеленения города (Masing, 1984; Мазинг, 1984). Они могут быть первичного (город основан в лесу) или вторичного (естественно произрастающие или созданные человеком вокруг домов) происхождения.

Внутриквартальные насаждения, которые можно ограничить контурами, охватывали в 1973 г. в пределах 216 кварталов Таллина 245,5 га (8,0% от всей территории насаждений города). В пригороде Нымме их можно рассматривать как первичные (Robert, 1968), в других местах города (в подавляющем большинстве в парковой части города — Кадриорге) как вторичные (Müürisepp, Vilbaste, 1966). Эти внутриквартальные насаждения расчленены на 256 целостных контуров (т. н. участков насаждений), которые образуют 98 массивов насаждений, исключая дорожно-уличную сеть (Сандер, 1985). Среди них 27 (27,6%) сложных массивов площадью 197,7 га (80,5%), которые дорожно-уличной сетью подразделены на 185 частных участков насаждений (72,6%). Так, при учете дорожно-уличной сети число контуров насаждений увеличилось (от 27 до 185), а средняя площадь уменьшилась в 6,9 раза (от 7,3 до 1,1 га). Числовые величины фрагментационных индексов для  $FI$  увеличились в 36 раз (0,0076—0,273), для  $K$  — в 3,2 раза (0,081—0,258), для  $k$  — в 6 раз (0,087—0,522).

Изменение фрагментации городских насаждений из-за развития дорожно-уличной сети вызывает уменьшение размеров нерасчлененных территорий и все больше насаждений попадает в зону воздействия дорожно-уличной сети, что приводит к ухудшению их экологических и рекреационных условий (Jaatinen, 1973; Mader, 1979; 1980; 1981; Mader, Paupitsch, 1981).

Рассмотрим, как названные индексы фрагментации зависят от различных линейно-коррелятивных параметров (табл. 1, 2) отдельных сложных массивов: от площади ( $S$ ) и частных участков в пределах массивов: числа ( $N$ ), средней ( $\bar{s}$ ), максимальной ( $s_{\text{макс}}$ ) и минимальной ( $s_{\text{мин}}$ ) площади, от стандартного отклонения ( $\delta$ ); от вариационной амплитуды ( $R$ ) и коэффициентов вариации ( $V_R$  и  $V$ ).

В табл. 2 показаны коэффициенты линейной корреляции статистической закономерности, отражающие взаимосвязи, вызванные особенностью распределения количества и величин площадей частных участков в пределах сложных массивов.

Таблица 1

Линейно-коррелятивные связи индексов фрагментации и параметров, характеризующих сложные массивы насаждений

Параметры	Величины параметров	$FI$	$K$	$k$
$S$ , га	0,4—99,1	—0,564	—0,715	—0,716
$N$ , шт.	2—84	—0,564	—0,709	—0,716
$\bar{s}$ , га	0,20—2,45	—0,200	—0,287	—0,217
$s_{\text{макс}}$ , %	4,3—87,5	0,974	0,895	0,898
$s_{\text{мин}}$ , %	0,1—10,0	0,464	0,679	0,514
$s_{\text{макс}}$ , га	0,2—5,6	—0,407	—0,603	—0,479
$s_{\text{мин}}$ , га	0,1—1,3	0,038	0,108	0,038
$\delta$	0—1,640	—0,139	—0,366	—0,197
$R$	0—5,2	—0,266	—0,642	—0,500
$V_R$	0—3,66	—0,158	—0,709	—0,549
$V$	0—1,09	0,095	—0,091	—0,146

Таблица 2

Корреляционная матрикса параметров, характеризующих сложные массивы внутри-квартальных насаждений

	S	N	$\bar{s}$	$S_{\text{макс}}$ , %	$S_{\text{мин}}$ , %	$S_{\text{макс}}$ , га	$S_{\text{мин}}$ , га	$\delta$	R	$V_R$	V
S, га											
N, шт.	0,997										
$\bar{s}$ , га	0,233	0,166									
$S_{\text{макс}}$ , %	-0,577	-0,586	-0,084								
$S_{\text{мин}}$ , %	-0,412	-0,388	-0,501	0,363							
$S_{\text{макс}}$ , га	0,528	0,471	0,807	-0,286	-0,694						
$S_{\text{мин}}$ , га	-0,189	-0,215	0,682	0,039	0,113	0,241					
$\delta$	0,272	0,213	0,815	-0,021	-0,700	0,919	0,190				
R	0,578	0,528	0,691	-0,302	-0,738	0,980	0,044	0,907			
$V_R$	0,639	0,609	0,466	-0,337	-0,835	0,862	-0,219	0,567	0,932		
V	0,253	0,213	0,482	0,059	-0,838	0,730	-0,256	0,804	0,860	0,793	

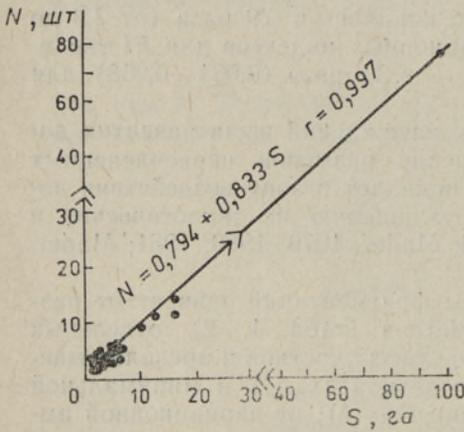


Рис. 2. Зависимость числа элементов (N) от площади сложных массивов (S) насаждений.

Так как на застроенной территории города внутриквартальные насаждения малоразмерны, то величинам площадей сложных массивов характерна сильная связь ( $r=0,997$ ; табл. 2) и линейная зависимость (рис. 2) от количества частных участков (Sander, 1985), которые отражают также зависимость индексов фрагментации от площади и числа частных участков (табл. 1). Кроме того выяснилось (табл. 1), что числовые значения коэффициентов зависят от удельного веса площади больше, чем от других параметров. Сравнивая  $FI$  и  $K$  видно, что  $K$  зависит от минимальной площади, амплитуды и коэффициента ва-

Таблица 3

Эмпирические коэффициенты степенной зависимости ( $a$  и  $b$ ) и корреляционный индекс ( $R$ ), характеризующие функциональные связи индексов фрагментации с разными параметрами совокупности

	FI			K			k		
	a	b	R	a	b	R	a	b	R
S, га	0,540	-0,469	0,718	0,698	-0,259	0,871	0,735	-0,234	0,956
N, шт.	1,096	-0,891	0,944	1,008	-0,474	0,993	1,047	-0,446	0,981
$\bar{s}$ , га	0,310	-0,324	0,482	0,509	-0,204	0,522	0,556	-0,162	0,424
$S_{\text{макс}}$ , %	0,003	1,248	0,950	0,050	0,627	0,945	0,054	0,625	0,990
$S_{\text{мин}}$ , %	0,111	0,458	0,877	0,289	0,258	0,974	0,334	0,229	0,914
$S_{\text{макс}}$ , га	0,366	-0,365	0,761	0,566	-0,227	0,777	0,605	-0,182	0,645
$S_{\text{мин}}$ , га	0,367	-0,181	0,315	0,613	0,096	0,335	0,606	-0,091	0,255
$\delta$	0,274	-0,199	0,445	0,459	-0,141	0,549	0,521	-0,099	0,385
R	0,317	-0,272	0,692	0,524	-0,174	0,780	0,563	-0,136	0,607
$V_R$	0,345	-0,508	0,735	0,545	-0,330	0,828	0,586	-0,254	0,648
V	0,281	-0,239	0,286	0,457	-0,206	0,435	0,530	-0,119	0,253

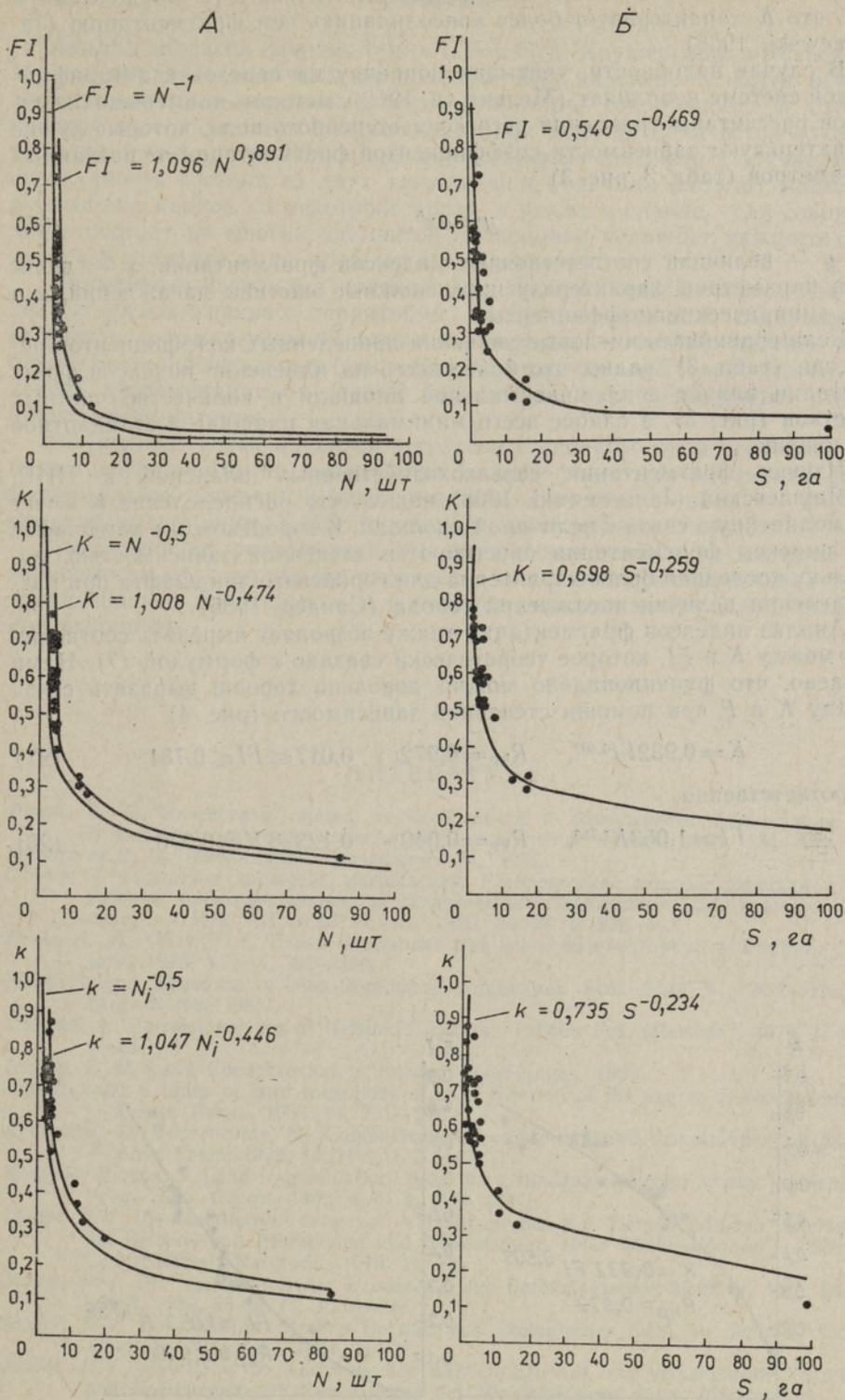


Рис. 3. Зависимость индексов фрагментации  $FI$ ,  $K$  и  $k$  от числа частных участков ( $N$ ) в пределах сложных массивов (А) и от площади сложных массивов ( $S$ ) насаждений (Б).

риации больше, чем  $FI$ . Это позволяет согласиться с И. Янушевским в том, что  $K$  характеризует более консолидацию, чем фрагментацию (Januszewski, 1968).

В случае надобности, учитывая поправку на переход к логарифмической системе координат (Мелентьев, 1962), методом наименьших квадратов рассчитаны уравнения регрессии степенного вида, которые лучше характеризуют зависимости коэффициентов фрагментации от названных параметров (табл. 3, рис. 3)

$$y = ax^b, \quad (26)$$

где  $y$  — величина соответственных индексов фрагментации,  $x$  — величина параметров, характеризующих сложные массивы насаждений,  $a$  и  $b$  — эмпирические коэффициенты.

Если сравнивать числовые значения приведенных коэффициентов регрессии (табл. 3), видно, что более всего на изменение индексов фрагментации влияет доля максимальной площади и количество частных участков (рис. 3), а слабее всего минимальная площадь и стандартное отклонение.

Изучая фрагментации сельскохозяйственных владений в ПНР, И. Янушевский (Januszewski, 1968) нашел, что распределение  $K$  имеет прямолинейную связь с величиной площади. В городском же ландшафте все индексы фрагментации описываются степенной зависимостью, поскольку последняя более характерна для городского ландшафта при распределении величин насаждений города (Сандер, 1985).

Анализ индексов фрагментации также позволяет выразить соотношение между  $K$  и  $FI$ , которое теоретически связано с формулой (7). Нами найдено, что функционально можно довольно хорошо выразить связь между  $K$  и  $F$  при помощи степенной зависимости (рис. 4)

$$K = 0,932 FI^{0,507}, \quad R_{кр} = 0,972; \quad 0,017 \leq FI \leq 0,781 \quad (27)$$

и соответственно

$$FI = 1,053 K^{1,756}, \quad R_{кр} = 0,949; \quad 0,123 \leq K \leq 0,776. \quad (28)$$

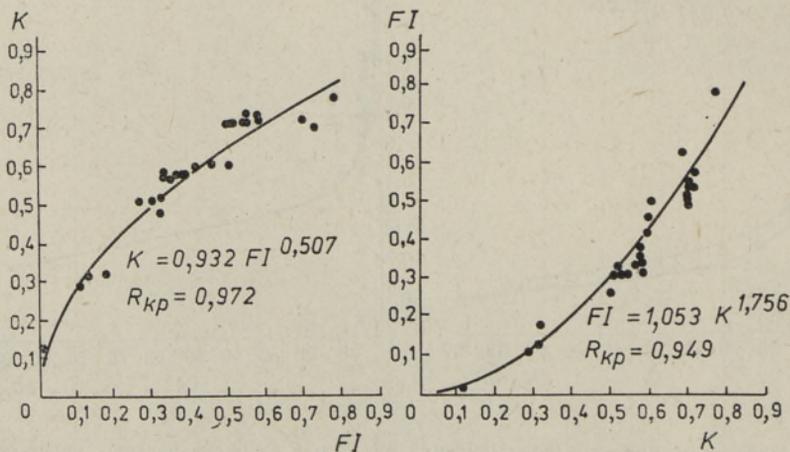


Рис. 4. Соотношение индексов фрагментации  $FI$  и  $K$ .

## Выводы

Анализ индексов фрагментации Симмонса, Янушевского и Ратаса позволил выразить величины интервалов этих индексов и найти новые, характеризующие неравномерность структуры совокупности и связывающие их с индексами фрагментации при помощи количества элементов этой совокупности. Показаны значения этих индексов в случае, если совокупность состоит из двух элементов и величины второго элемента превышают первое на некоторое число, а также в случае, если совокупность состоит из многих элементов и числовая величина каждого следующего элемента выше предыдущей на единицу.

Применение названных индексов при фрагментационном анализе отдельно расположенных территорий внутриквартального насаждения, разбитых дорожно-уличной сетью на участки, позволяет вывести особенности в линейно-коррелятивной и функциональной зависимости индексов фрагментации от разных параметров, характеризующих отграниченные территории.

Вычисление коэффициентов регрессии степенного вида показало, что индексы фрагментации изменяются быстрее всего при изменении доли максимальной площади и числа участков, и медленнее всего — при изменении доли минимальной площади и стандартного отклонения.

При изучении раздробленности внутриквартальных насаждений (в зависимости от дорожно-уличной сети) в условиях застроенных территорий индексы Янушевского и Симмонса связаны между собой степенной функцией.

## ЛИТЕРАТУРА

- Мазинг В. В. Экосистема города, ее особенности и возможности оптимизации. — В кн.: Экологические аспекты городских систем. Минск, 1984, 181—191.
- Мелентьев П. В. Приближенные вычисления. М., 1962.
- Сандер Х. Городские древесные насаждения. Распределение величин площади и некоторые пространственные и экологические взаимосвязи (на примере Таллина). — Изв. АН ЭССР. Биол., 1985, 34, № 3, 205—215.
- Davis, A. M., Glick, T. F. Urban ecosystems and island biogeography. — Environ. Conserv., 1978, 5, N 4, 299—304.
- Forest Island Dynamics in Man-Dominated Landscapes. Ecol. Stud. 41. N-Y—Heidelberg—Berlin, 1981.
- Jaatinen, E. Recreational use of Helsinki's forests. — Folia For. (Helsinki), 1973, N 186, 1—35.
- Jacoby, E. H. Land Consolidation in Europe. Wageningen, 1959.
- Januszewski, J. Index of land consolidation as a criterion of the degree of concentration. — Geogr. Polon., 1968, 14, 291—296.
- Kellomäki, S., Wuorenrinne, H. Kaupunkimetsien vaurioitumiseen vaikuttavista tekijöistä. — Silva Fenn., 1979, 13, N 2, 177—183.
- King, R., Burton, S. Land fragmentation: notes on a fundamental rural spatial problem. — Prog. Hum. Geogr., 1982, 6, N 4, 475—494.
- Mader, H.-J. Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Athropoden und Kleinsäugetern einer Waldbiozönose. — Sch.-R. Landschaftspf. Natursch., 1979, H. 19.
- Mader, H.-J. Die Verinselung der Landschaft aus tierökologischer Sicht. — Nat. Landschaft, 1980, 55 Jg. H. 3., 91—96.
- Mader, H.-J. Der Konflikt Straße—Tierwelt aus ökologischer Sicht. — Schr.-R. Landschaftspf. Natursch., 1981, H. 22.
- Mader, H.-J., Pauritsch, G. Nachweis des Barriere-Effektes von verkehrsarmen Straßen und Forstwegen auf Klein-Säugeter der Waldbiozönose durch Markierungs- und Umsetzungsversuche. — Nat. Landschaft, 1981, 56 Jg. H. 12, 451—454.
- Masing, V. Linnahaljastus ökoloogi vaatekohast. — Eesti Loodus, 1984, N 1, 2—9.
- Mereste, U. Kogumite struktuuri sünteetilisest iseloomustamisest majandusgeograafilis-tes uurimustes. — EGS-i aastaraamat 1960/61. Tallinn, 1962, 300—321.
- Müürisepp, K., Vilbaste, G. Kadriorg. Tallinn, 1966.

- Ratas, R.* Metsa keskkondakujundav tähtsus põllumajandusmaastikus. — Rmt.: Põllumajandusmaastiku ökoloogia. Tallinn, 1978, 37—43.
- Ratas, R.* Põllumajandusmaastiku metsad ja kaitsepuistud. — Rmt.: Põllumajandusmaastik Eestis. Tallinn, 1980, 137—149.
- Robert, K.* Nõmme ja Mustamäe. Tallinn, 1968.
- Sander, H.* Territooriumi killustatus ning seda iseloomustavate indeksite võrdlus. — Rmt.: Põllumajandusmaastiku ökoloogia ja ökonoomika. Tallinn—Võru, 1985, 172—177.
- Simmons, A. J.* An index of farm structure, with a Nottinghamshire example. — East Midl. Geogr., 1964, N 3, 255—261.

Таллинский ботанический сад  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
5/VI 1985

Heldur SANDER

### FRAGMENTATSIOONI INDEKSID: NENDE TEOREETILINE ANALÜÜS JA KASUTAMINE KVARTALISESTE PUISTUTE KILLUSTATUSE UURIMISEL TALLINNAS

Artiklis on toodud A. J. Simmons, J. Januszewski ja R. Ratase poolt väljatöötatud territooriumide killustatust iseloomustavate indeksite teoreetiline analüüs ning praktiline rakendus maanteedest ja tänavatest tingitud liigestatuse uurimisel hoonestatud kvartaliseseste puistute piires.

Heldur SANDER

### FRAGMENTATION INDEXES: THEIR THEORETICAL ANALYSIS AND USAGE IN THE INVESTIGATION OF INSIDE-BLOCK FOREST STANDS DISUNION IN TALLINN

The article deals with a theoretical analysis of the fragmentation indexes elaborated by A. J. Simmons, J. Januszewski and R. Ratas which characterize the fragmentation of a territory (formulas 2, 3 and 5). It has been found that if the numerical values of the members of the collection are equal, then Simmons' index equals the reciprocal value of the number of the collection members, and Januszewski's and Ratas' indexes the square root of the reciprocal of the number of the collection members (formulas 8—10 and Fig. 1). The last argument made it possible to elaborate new indexes (formulas 14—16) which characterize the uniformity or disuniformity of the structure of the collection and are connected with the fragmentation indexes by the number of members. Formulas have been derived also for the case if the number of the members of the collection is 2 and the numerical value of the second member is bigger than that of the first member by a positive number (formulas 17—19), and for the case if the number of the members of the collection is not limited and the numerical value of each subsequent member is by one number bigger than the preceding one (formulas 20—22 and 25). The fragmentation indexes were applied to the investigations of such inside-block forest stands, in the preliminary demarcation of which the network of roads and streets was not taken into account. The scattering of 27 forest stands into 185 forest fragments by the network of streets and roads has been examined. The correlative dependence between the fragmentation indexes (Table 1) and the parameters such as the size of the area of forest stands, the number of forest fragments, the mean and maximum size of the area et al., which have a different correlation between themselves (Table 2 and Fig. 2), has been found.

It has been detected that the dependence of Simmons', Januszewski's and Ratas' indexes upon these parameters is described well enough by power function (formula 26 and Fig. 3), the empirical parameters of which have been presented in Table 3. It has also been found out that with the help of this power function it is possible to describe the dependence between Simmons' and Januszewski's indexes (formulas 27, 28 and Fig. 4).

The present interpretation enables us to choose such an index which characterizes the disunion and satisfies best the investigation and corresponds to the purpose of the investigation.