ФРАКТАЛЬНА ПРОСТОРОВА СТРУКТУРА ГЕОСИСТЕМ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

Мельник В.М., Тарасюк Ф.П., Волошин В.У.

Волинський державний університет

Іванчук О.М.,

Державний університет "Львівська політехніка"

Однозначного і повного визначення просторової структури геосистем не існує. Можна вважати, що для кожного спеціаліста це скоріше деяке інтуїтивне поняття. Більш визначеним воно стає, якщо ставиться завдання вивчення взаємного розташування компонент геосистеми в просторі і їх взаємодії з метою більш високого рівня. В цьому випадку можна виділити відповідні параметри. Для сільськогосподарської геосистеми, наприклад, найбільш важливі земельні угіддя, що характеризують в значній мірі її просторову структуру. Оскільки розташування елементів структур складне, хаотичне, то немає рації слідкувати за кожним елементом окремо. Слід розглядати одразу всю сукупність елементів, які в заданий момент займають деяке положення. Інший тип просторової структури – річкова ерозійна сітка, що характеризується розгалуженим малюнком, який також важко піддається точному опису. Космічні знімки, що являють собою образ геосистеми, у відповідності з розмірами елементів повністю передають просторову структуру. Задача визначення окремих елементів множини будь-якого типу структур тривіальна і розв'язується шляхом кластеризації. Мета цієї роботи – показати способи опису (аналізу) самих множин.

Просторова структура геосистем пов'язана перш за все з характером використання земель. Її можна описати набором таких показників: $\overset{n}{\underset{i=1}{U}} C_i$ – кількість класів угідь; $\sum_{i=1}^{n} S_i$ – площею, що займає кожен клас; $P(S)$ – розподілом площ угідь в межах кожного класу; $A(C_i, C_j)$ – матрицею суміжних класів i, j. Перевага цих характеристик полягає в відносно простій інтерпретованості, хоча критерії для порівняння структур не тривіальні. Самі структури найбільш достовірно виділяються за багатозональними космічними знімками у процесі кластеризації зображення за заданим набором класів угідь $\overset{n}{\underset{i=1}{U}} C_i$, фільтрації у межах встановлених контурів та редагування класифікованого зображення. Для визначення властивостей просторових структур, що мають ознаки невпорядкованості, можна скористатись фракталами [1, 2]. Фрактальна геометрія якісно враховує хаотичність і випадковість, що дозволяє характеризувати просторові структури землекористування, використовуючи розмірність самоподібності.

Слово фрактал походить від англійського слова "fractional", що означає дрібний, який складається з частинок. Простим і найбільш відомим фракталом є множина Кантора, яка одержується за допомогою рекурсивної процедури, в процесі якої з відрізка вилучається його середня третя частина [3,4]. Іншим відомим фракталом є крива Кох, при побудові якої третина не просто вилучається, а замінюється двома відрізками, що доповнюють її до правильного трикутника. Взагалі, фрактали – це множини в *n*-мірному евклідовому просторі, що володіють низкою специфічних властивостей. Загально прийнятого точного визначення цих властивостей не існує, але типовими рисами фракталів є: 1) наявність тонкої структури, тобто деталей скільки завгодно малого розміру; 2) регулярність, що не дозволяє описувати їх традиційною геометричною мовою; 3) подібність окремих елементів фрактала всьому фракталу; 4) рекурсивні операції, з допомогою яких здійснюють поступове подрібнення деталей.

Фрактальна розмірність D_f застосовується як показник самоподібності в тому випадку, коли цілий об'єкт можна розбити на N частин, кожна з яких подібна вихідному з коефіцієнтом подібності r. Для оцінки рівня однорідності чи неоднорідності геоструктур можуть бути використані дві розмірності фрактальних множин: фрактальна розмірність D_f, що виводиться з геометричних співвідношень [4]:

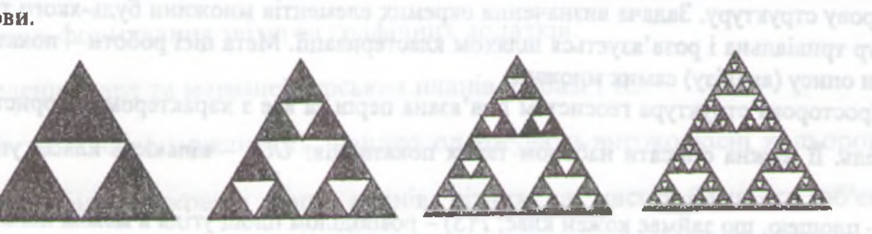
$$D_f = \lim_{n\to 0} \frac{\ln N(r)}{\ln(1/r)} \qquad (1)$$

і інформаційна розмірність

$$D_i = \lim_{r\to 0} \frac{\ln(-\sum P_i \ln P_i)}{\ln(1/r)}, \qquad (2)$$

де $P = n/N$ – відносна частота попадання елементів просторового розміщення в куб, довжина ребра якого дорівнює r. Між D_f і D_i існує співвідношення $D_f > D_i$. Якщо фрактальна розмірність D_f пов'язана з усередненою локальною чи глобальною характеристикою, то D_i чутлива до неоднорідності.

Як приклад фрактальної структури розглянемо побудову "килима" Серпінського (мал.1). Тут вихідний елемент – трикутник зі всіма внутрішніми точками. Утворюючий елемент виключає центральний трикутник і складається з N=3 трикутників, отриманих перетворенням подібності з коефіцієнтом подібності r=1/2. Справа – четвертий етап побудови.



Мал. 1. Фрактал "килим" Серпінського .

Для трикутного "килима" Серпінського фрактальна розмірність згідно (1) становить 1.58.

Нами для аналізу конкретних фрактальних поверхонь розроблено два алгоритми, а також відповідне програмне забезпечення [5]. Перший алгоритм, що називається комірчатим, полягає в наступному: проводиться покрокове "заповнення" або покриття поверхні множиною кубів ($N(\varepsilon)$), довжина ребер яких дорівнює 4ε, 2ε, ε, ε/2. Підрахувавши кількість таких кубів можна визначити фрактальну розмірність за формулою $(N(\varepsilon))=K\varepsilon^{1-D_f}$ де D_f – фрактальна розмірність, K – деяка константа. Маючи набір довжин ребер кубів та відповідну їм кількість цих кубів, у двічі логарифмічному масштабі відкладаються точки: по одній осі $\ln(N(\varepsilon))$, а по другій $\ln(\varepsilon)$. Через точки проводиться пряма найкращого наближення за методом найменших квадратів. Величина кутового коефіцієнту цієї прямої і є фрактальною розмірністю поверхні.

Другий алгоритм, що має назву контурний, передбачає попереднє викреслення контурів та розрахунок їх фрактальної розмірності. Тільки в цьому методі замість покриття кубами здійснюється покриття квадратами і фрактальна розмірність обчислюється так:

$$D_f = \left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} D_{i\,конт}\right] + 1 . \qquad (3)$$

Практичні розрахунки, що були виконані двома методами, дають близькі, але нетотожні результати. Це видно з даних, що наведені в табл.1.

Таблиця 1.

№	Об'єкт	D_f першого алгоритму	D_f другого алгоритму
1	A	2.097	2.156
2	B	2.068	2.066

В роботі [2] просторову структуру землекористування розглядають як векторне поле. Для кожної його клітини визначається вектор, координати якого пропорційні співвідношенню площ, що займають різні класи угідь. Якщо використати бінарні просторові структури, що утворені певними класами, то фрактальність може бути розрахована для кожного класу. Тоді проекція множини гіперкубів, побудованих на C-мірному векторі, на площині буде відповідати просторовій локації угідь. Вираховані за цим методом розмірності D_f, D_l наведені в таблиці 2.

Таблиця 2.

Фрактальні розмірності сільськогосподарських геосистем		
Клас посівів	D_f	D_l
Пшениця	1.41	1.18
Ячмінь	1.18	1.16
Посівні трави	1.79	1.67

Отже, результати проведених досліджень підтверджують думку, що геосистемні структури землекористування мають фрактальну природу. Фрактальні розмірності подібних структур можуть бути використані як інтегровані показники при агромоделюванні оптимального землекористування, в геоінформаційних системах тощо.

Література

1.Васильев Л.Н., Качалин А.Б., Тюфлин А.С. Определение пространственной структуры сельскохозяйственных геосистем по космическим снимкам. //Сб.Космические методы изучения биосферы. -М.:Наука, 1990. -С. 98-111.

2.Васильев Л.Н. Фрактальность и самоподобие природных пространственных структур. //Изв.РАН. Сер.Географ., 1992. -№5.-С. 25-35.

3.Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Natur, Freeman. -N.4, 1983. -P.468.

4.Федер Е. Фракталы. -М.:Мир, 1991. С.260.

5.Мельник В.М., Волошин В.У. До питання визначення фрактальної розмірності ЦМР. //Матеріали XLI наукової конф. ВДУ, 1995. -С. 21.