

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ФРАКТАЛІВ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ СЕНСОРІВ ПРИ ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ

¹Гордійко Н.О., ²Лисенко О.І., ³Томашевська Т.В.

¹ *Фізико-технічний інститут КПІ ім. Ігоря Сікорського*

² *Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського*

³ *Національна Академія статистики, обліку та аудиту*

E-mail: natalygor22@gmail.com; tomas_tat@ukr.net

Method Of Using Geometrical Fractal for Optimal Sensor Allocation for Environmental Monitoring

This article deals with a specific example of solving the problem of optimal allocation of sensors in the system of ecological monitoring for various geometric areas. For the location of sensors proposed method of using geometrical fractals: placing the system sensors in cell centers fractal geometric object selected accordance with its shape geometry area.

Концепції фрактала [1] та самоподібності знаходять широке застосування у фізиці, геології, термодинамічних системах, біології, у суспільних науках (наприклад, в економіці). Не стала винятком у цьому плані й екологія. Проте донедавна основні застосування фракталів в екології були пов'язані з необхідністю опису просторової складності тих чи інших біотопів, зокрема, гірських масивів, річкових систем, ґрунтів, ландшафтів, коралових рифів, рослин, океану тощо [1–3].

Застосування запропонованого в [4] методу геометричних фракталів дає можливість використання принципів теорії фракталів при екологічному моніторингу, що виходить з самого характеру фрактальних об'єктів [2], дозволяє зменшити розкидане хаотичне розростання кількості датчиків і тим самим оптимізувати систему екологічного моніторингу.

Метою роботи є розв'язання задачі оптимального розташування системи датчиків для екологічного моніторингу території, використовуючи як шаблон підібраний за допомогою вказаного методу [2] геометричний фрактальний об'єкт, який відповідає геометрії області спостереження (розміщується на ній оптимальним чином). У даній статті розглядаються геометричні фрактальні об'єкти, які створюються шляхом простих геометричних побудов за допомогою так званих L-систем та терл-графіки [5].

Метод розв'язання задачі оптимального розміщення системи датчиків при екологічному моніторингу [4] полягає у такому.

1. Залежно від геометрії території спостереження, або обирається відомий фрактальний об'єкт (з відомою фрактальною розмірністю D), або за допомогою певної модифікації створюється новий, що відповідає геометрії області спостереження, площа S якої відома (легко розраховується).

2. За S та відомим радіусом дії датчиків системи спостереження r розраховується мінімальна кількість N первинних утворюючих об'єктів радіусом

r , необхідних для покриття області спостереження: $N(r) = \frac{S}{S_0(r)}$, де $S_0(r)$ – площа елементарного утворюючого елемента, N – округлюється до цілого.

3. Визначається мінімальний порядок L фрактального об'єкту – необхідна та достатня кількість ітерацій для його побудови, що й визначає вигляд шаблону розміщення датчиків.

Значення L обирається так. Для кожного L , починаючи з 2, будується фрактальний об'єкт обраного (на етапі 1) виду, підраховується кількість його утворюючих елементів k та порівнюється з N . Якщо $N(r) \approx k$ (з обраною необхідною точністю), то побудований фрактальний об'єкт порядку L обирається шаблоном розміщення датчиків системи спостереження, кількість яких, власне, й дорівнюватиме k . Якщо ж умова не виконується, то порядок фрактального об'єкту L збільшується на 1 – і процес повторюється доти, поки не виконається умова $N(r) \approx k$.

4. Визначені k датчиків спостереження екологічної системи моніторингу розміщуються у центрах "комірок" побудованого фрактального об'єкту-шаблону.

Для областей спостереження різної форми площею $S=10^7$ м² розрахована кількість датчиків системи спостереження радіусу $r=200$ м. Розраховане $N \approx 80$. У випадку території простої (наприклад, квадратної) форми одним з прийнятних фрактальних об'єктів може бути замкнена крива Серпінського [5,6] порядку $L=4$ (рис.1), оскільки для неї $k=85$. Отже, з "похибкою" (надлишок датчиків) у 5% для розміщення датчиків системи моніторингу як шаблон можна обрати криву Серпінського 4-го порядку (рис.1).

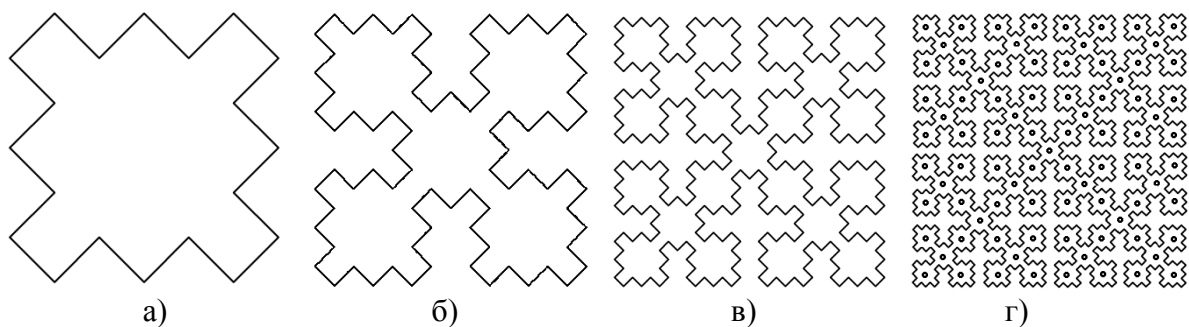


Рис. 1. Крива Серпінського порядку з 1-го по 4-й (а–г, відповідно).

У випадку області неправильної форми можна спробувати підібрати з великої кількості вже відомих фрактальних об'єктів такий, що відповідатиме геометрії області спостереження. Так, на рис. 2 для наведеної області довільної форми (рис. 2,а) як шаблон розміщення запропонований фрактальний об'єкт Triangle [5,6] (рис. 2,б–е). Кількість його утворюючих елементів, що заповнюють область (рис.2,а), $k \approx 83$, а до цієї умови найближчим виявляється об'єкт порядку $L=6$ (рис. 2,ж).

Якщо ж необхідний фрактальний об'єкт складно підібрати, то можна спробувати за певними нескладними правилами побудувати новий, який більше відповідатиме геометрії області спостереження.

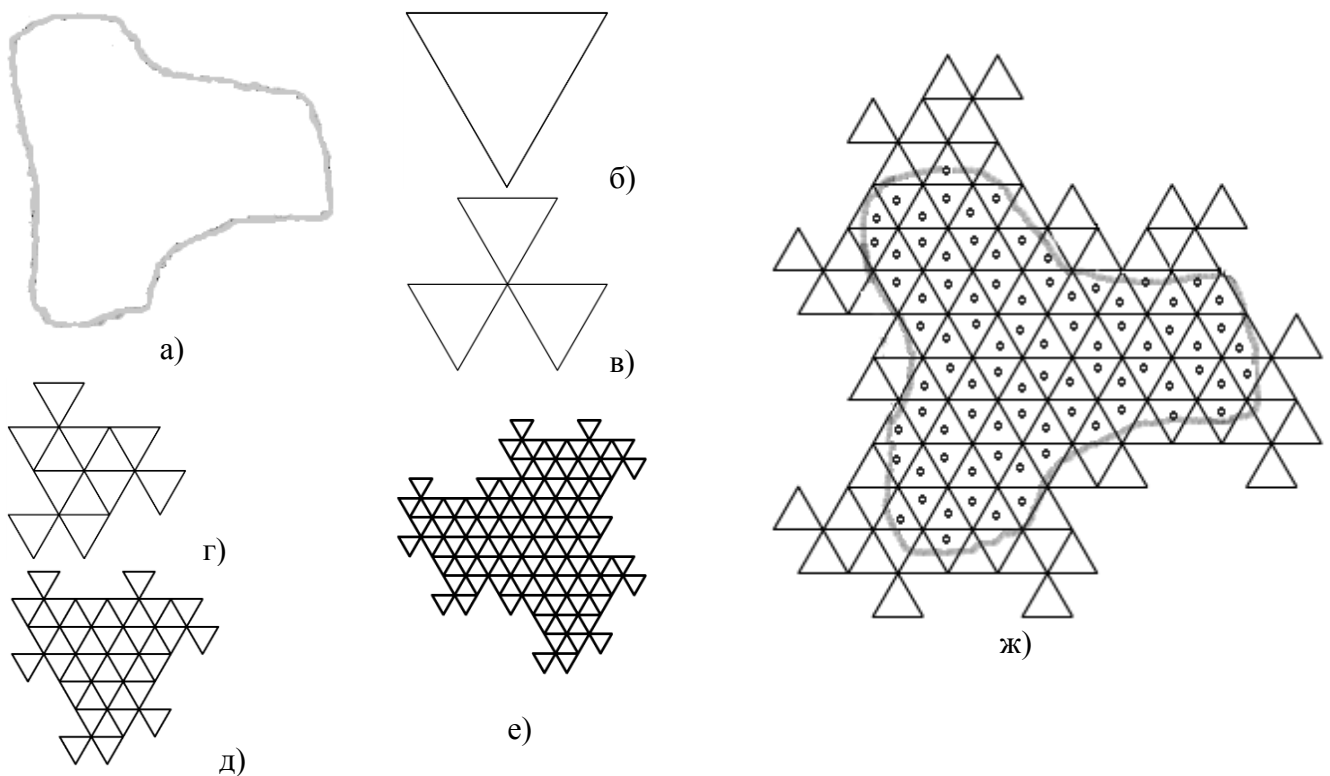


Рис. 2. Фрактальний об'єкт Triangle порядку з 1-го по 6-й (б–ж, відповідно)

Оскільки найчастіше форма обстежуваної території не має простої геометричної форми, то використовуючи властивості фракталів, можна шляхом створення нових фрактальних об'єктів (зокрема, змінюючи породжуючі правила), максимально наблизити геометричну форму фрактального об'єкту до геометрії області спостереження та автоматизувати цей процес.

У подальшому це дасть можливість створити базу даних або інформаційно-довідкову систему геометричних шаблонів.

Література

1. Мандельброт, Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт; [пер. с англ. А. Р. Логунова]. – М. : Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
2. Фракталы и мультифракталы в биоэкологии : монография / [Д. Б. Гелашвили, Д. И. Иудин, Г. С. Розенберг, В. Н. Якимов и др.]. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2013. – 370 с.
3. Федер, Е. Фракталы / Е. Федер; [пер. с англ. Ю. А. Данилова, А. Шукурова] – М.: Мир, 1991. – 254 с.
4. Томашевська Т.В., Гордійко Н.О., Прищепя Т.О., Лисенко О.І. Метод використання геометричних фракталів для розв'язання задачі оптимального розміщення сенсорів при екологічному моніторингу / Т.В. Томашевська, Н.О. Гордійко, Т.О. Прищепя, О.І. Лисенко. – Збірник матеріалів X Міжнародної науково-технічної конференції "Проблеми телекомунікацій" ПТ-2016. К.: НТУУ "КПІ", 2016. – С.480–482.
5. Поршнева, С. В. Реализация в MATLAB алгоритмов построения фрактальных объектов / С.В. Поршнева // Exponenta Pro. Математика в приложениях. – 2003. –№ 3. – С. 72-81.