

## **МЕТОД ВИКОРИСТАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ФРАКТАЛІВ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ СЕНСОРІВ ПРИ ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ**

**Томашевська Т.В., Гордійко Н.О., Прищепя Т.О., Лисенко О.І.**

*Національна Академія статистики, обліку та аудиту*

*tomas\_tat@ukr.net*

*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна*

*prischepa@i.ua, Lysenko.a.i.1952@gmail.com*

### **Method of using geometrical fractals for solving problems optimal sensor placement of environmental monitoring**

This article describes the method of solving the problem of optimal placement of system sensors in environmental monitoring. The proposed location of the sensors in the centers or intersections of the "cells" of a geometric fractal object, the shape of which corresponds to the geometry of the field observation was chosen as the template host. Given the result of the calculation for the monitoring of arbitrary shape.

Вирішення кардинальних проблем у екологічній політиці держави тісно пов'язане із здійсненням низки завдань з охорони довкілля. Серед них важливе місце займає створення служби моніторингу, яка на основі зібраних даних дає рекомендації щодо техногенної безпеки навколишнього середовища та розробки раціональних способів його використання. Моніторинг має три ступеня: спостереження, оцінка стану і прогноз можливих змін. Він здійснюється, передусім, за антропогенними змінами, адже в сучасну епоху, власне, вплив людини на природне середовище спричинює небезпечні зміни природних комплексів.

Первинний етап моніторингу полягає у спостереженні за станом довкілля, зокрема, за допомогою відповідної системи датчиків, що створюють "фотографію" екологічного стану об'єктів моніторингу.

Для більшості антропогенних факторів характерним є імпульсно-точковий характер, що потребує раціонального охоплення датчиками всієї інспектованої території.

В той же час екологічні дані носять досить громіздкий характер і належать до категорії надмірних, тому однією з задач є обмеження обсягів даних ще на першому етапі моніторингу – спостереженні за рахунок оптимізації їх кількості.

Розрахувати кількість датчиків, необхідну для покриття всієї області спостереження дуже просто, знаючи радіус їх дії та площу території. Проте

потрібно раціонально їх розмістити: щоб не було ані неохоплених ділянок (що призведе до браку інформації), ані перекриття (надлишок інформації).

Отже, проблема оптимального розташування датчиків при екологічному моніторингу є досить актуальною.

Як відомо [1,3], фрактальні криві, зокрема, геометричні, досить оптимально розміщуються на обмеженій області певної форми, оскільки їх можна віднести до множини всюди щільних кривих. Виходячи з цього, для вирішення поставленої проблеми пропонується проаналізувати геометрію області спостереження, підібрати такий геометричний фрактальний об'єкт, що відповідатиме їй (оптимальним чином розміститься на ній) та розташувати в його "комірках" (або на їх перетині) датчики системи екологічного моніторингу, тобто використати його як шаблон. Таким чином можна охопити датчиками територію спостереження, не обтяжуючи систему їх кількістю, тим самим не перевантажуючи інформаційну систему екологічного моніторингу.

**Постановка задачі.** Метою роботи є створення на базі геометричних фрактальних об'єктів методу розв'язання задачі оптимального розташування системи датчиків для використання в системах екологічного моніторингу. Побудований фрактальний об'єкт стане шаблоном розміщення датчиків.

Використання принципів теорії фракталів при екологічному моніторингу виходить з самого характеру фрактальних об'єктів [2], дозволяє зменшити розкидане хаотичне розростання кількості датчиків і тим самим оптимізувати систему екологічного моніторингу.

У роботі розглядається найбільш наочний клас фрактальних об'єктів – геометричні фрактали. Для побудови об'єктів цього типу використовуються L-системи та терл-графіка [4], за допомогою яких можна створювати нескінченне різноманіття фракталів.

Звичайно, для областей правильної форми не має сенсу використовувати фрактали. Проте реальні форми територій моніторингу не є простими. А серед різноманіття фрактальних об'єктів можна відшукати відповідний шаблон неправильної форми, наприклад: Tiling1 (рис.1,а), Triangle (рис.1,б), дракон Хартера-Хейтуея (рис.1,в) тощо.

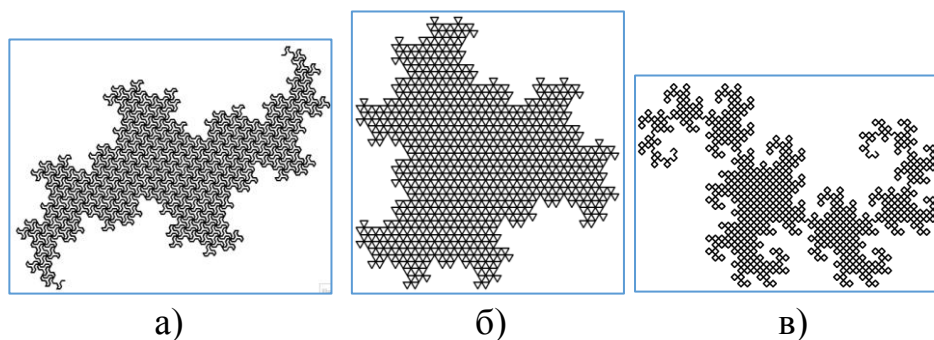


Рис. 1. Приклади фрактальних об'єктів неправильної форми.

Використовуючи фрактальний об'єкт як шаблон для розміщення датчиків спостереження системи екологічного моніторингу, можна її оптимізувати. Зважаючи на геометрію області спостереження, можна розмістити інформаційні датчики у центрах або на перетинах "комірок" фрактального об'єкту таким чином, щоб вся територія спостереження охоплювалась датчиками і, водночас, не була надмірною. Це дасть можливість оптимізувати систему моніторингу щодо кількості датчиків та тим самим оптимізувати кількість корисної інформації, отриманої за їх допомогою.

На прикладі області спостереження довільної форми показано застосування запропонованого методу з використанням фрактального об'єкту Triangle.

Перспективи подальшого розвитку полягають у застосуванні запропонованого методу оптимального розміщення у різних системах моніторингу. Зокрема, в останні роки актуальним стає обстеження щодо виявлення шкідливих речовин територій військових полігонів, які, на жаль, стали використовуватися частіше. Забруднюючі речовини, що з'явилися на полігоні в результаті його функціонування, можуть потрапляти у повітря, а також у наземні та підземні водойми, річки, артезіанські свердловини тощо. Тому потрібні постійні заходи контролю. Форма обстежуваної території, як правило, не має простої геометричної форми. Тому, використовуючи властивості фракталів, можна шляхом створення нових фрактальних об'єктів (змінюючи породжуючі правила), максимально наблизити форму фрактального об'єкту до форми області спостереження та автоматизувати процес екологічного моніторингу, створивши, наприклад, інформаційно-довідкову систему 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 госуниверситета, 2013. – 370 с.
3. Федер, Е. Фракталы / Е. Федер; [пер. с англ. Ю. А. Данилова, А. Шукурова] – М.: Мир, 1991. – 254 с.
4. Кроновер, Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории / Р. М. Кроновер. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.