

581.5
0-92

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ
НАУК
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
ПЕДАГОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
УКРАЇНСЬКЕ БОТАНІЧНЕ ТОВАРИСТВО
КРИВОРІЗЬКИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР

ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ:

ЕКОЛОГІЧНІ, ОСВІТЯНСЬКІ,

МЕДИЧНІ АСПЕКТИ

(Матеріали II Всеукраїнської конференції:

8-9 грудня 1998 року, м. Кривий Ріг)

3 частина



Кривий Ріг 1998

джерельце. Інший посадить на березі хоч кілька верб, третій зробить хоч невеликий насип і канаву, які б затримували нечистоти від стікання в річку чи ставок.

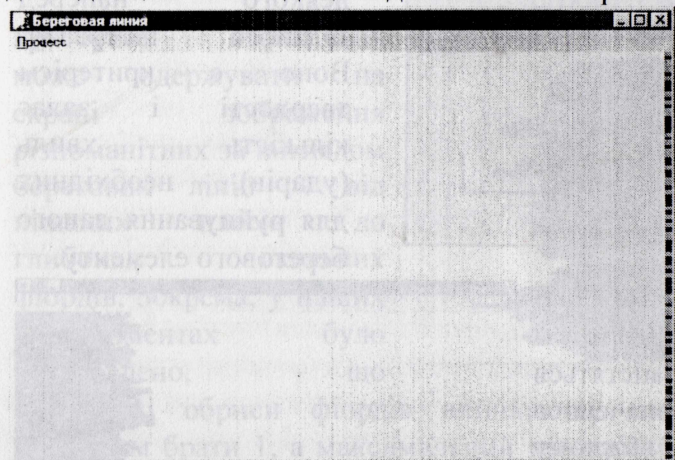
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ БЕРЕГОУТВОРЕННЯ

І.О. Теплицький, Є.В. Чернов

Спочатку зітворив Бог небо й землю. Земля ж була безвидною й пустою, і темрява над безоднею, і Дух Божий носився над водою...

Біблія

Ця живописна картина, намальована у перших віршах Книги Буття, послугує нам відправною точкою для дослідницької експедиції під назвою «Узбережжя».



Наш ковчег кидає якір неподалік від первісного і поки що ідеально рівного берега: ми припускаємо тут, що Господь, який шойно закінчив свої труди, не попідкувався про створення посіченої берегової лінії у її сучасному варіанті. Він, напевно, мав право вважати себе творцем законів, а не форм і, не прагнучи різноманітності, прокреслив уздовж лінійки пряму, поклавши по один бік від неї сушу, а по другий залишивши воду. Дослідники, які знаходяться на ковчезі, є свідками історичного моменту. На лінії горизонту з'являються перші хвилі. Безжалісний вітер кидає їх у різні сторони, але вони неухильно наближаються до берега. Спостерігачі на судні

помічають, що будь-яка хвиля на кожному кроці свого руху випадково обирає один з трьох можливих напрямів до берега. Такий характер руху хвиль зберігається до моменту їх зіткнення з берегом. Хвиля, що ударає елемент берега, або видаляє його, якщо сила її удару достатня для руйнування даної берегової породи, або, відбиваючись, продовжує рух за тим самим законом.

Введення початкових параметрів [?] [X]

Размери сетки в ячейках

по ширине по висоте

проміжок твердості для берега

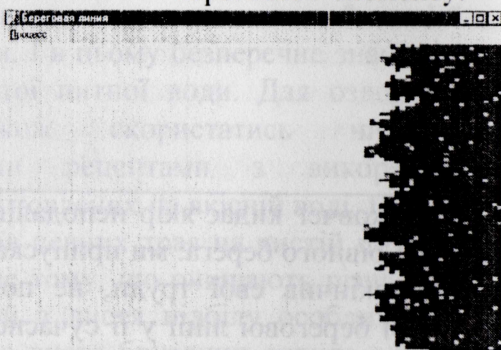
от до

углубиться на ячеек

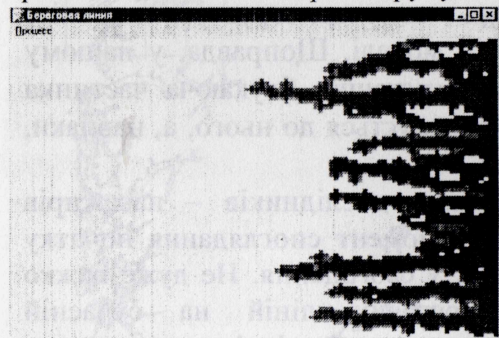
повторить раз

Декілька слів про нашу програму, яка моделює цей процес. Із самого початку для кожного елемента первісного берега обирається ціле випадкове число з деякого наперед заданого інтервалу. Воно є критерієм твердості і задає кількість хвиль (ударів), необхідних для руйнування даного берегового елемента.

Таким чином, усі можливі значення умовної твердості берегових порід містяться між границями зазначеного інтервалу. При кожному ударі хвилі з критерію твердості відповідного елемента берега віднімається одиниця і запам'ятовується нове

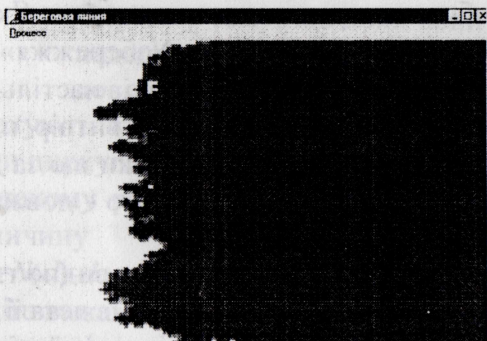


значення. Якщо критерій стає рівним нулеві, хвиля видаляє даний елемент берега і, виконавши свою місію, зникає. Замість «відпрацьованої» хвилі на лінії горизонту одразу ж з'являється нова. Якщо критерій не стає нулеві, хвиля знову обирає один з трьох випадкових напрямів руху.



Програма працює у діалоговому режимі і дозволяє вводити будь-які розумні межі інтервалу для критеріїв твердості окремих елементів суші, а також у широких межах варіювати розміри цих елементів – комірок сітки. Змінюючи межі

критеріїв, користувач може одержувати на екрані зображення різноманітних за виглядом берегових ліній – від піщаних плесів до глибоких скельних фіордів. Зокрема, у наших експериментах було встановлено, що



задовільні обриси фіордів виникають, коли мінімальним критерієм брати 1, а максимальний критерій брати однаковим для сіток різних розмірів (наприклад, 100).

Під час дослідження нами було встановлено, що досліджуваний об'єкт, яким у розглядуваному випадку є берегова лінія, а точніше – її довжина, є фрактальним. Наша програма, на відміну від описаних на рівні алгоритмів у літературі, здатна обчислювати довжину L берегової лінії і тим самим надавати можливість для визначення її фрактальної розмірності. У якості фракталів ми можемо розглядати також і острови, і вимиту частину берега (тоді острови відіграватимуть роль порожнин).

Значимо, що модель являє собою

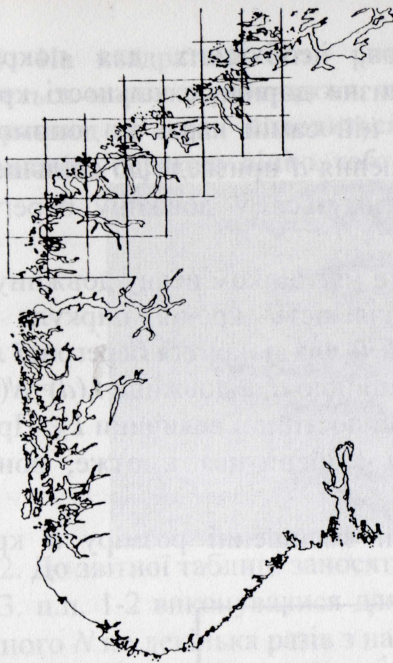


розглянута модель Агрегації з

Обмеженням Дифузії (АОД). Суть її полягає в тому, що модельна частинка, яка дифундує у досліджуване середовище, блукає у ньому, аж поки не зіткнеться з існуючим там первісним тілом – агрегатом. Як тільки це відбувається, частинка приєднується до агрегату, доповнюючи його. В результаті росте новоутворення – кластер, структура якого і є предметом обговорення у даній моделі. Щоправда, у нашому випадку використано інверсну агрегацію: блукаюча частинка при стиканні з агрегатом не приєднується до нього, а, навпаки, видаляє елемент агрегату.

То ж повернемося до наших дослідників – пасажирів ковчега, – яких ми залишили у момент споглядання початку творення берегів і повернемо їх у сьогодення. Не дуже важко зрозуміти, чому обриси берегових ліній на сучасній географічній карті світу мало схожі на первісні: за довгий час робота моря далася взнаки. Якнайбільший інтерес для учасників експедиції «Узбережжя» на сучасній карті являє узбережжя Норвегії: воно настільки вигадливе, що можна тільки дивуватися на цей витвір природи. На шляху до цієї країни, вони вирішують поки що за допомогою карти одержати відповідь на питання: «Якою є довжина берегової лінії Норвегії?»

У масштабі карти добре видно глибокі фіорди на західному узбережжі. Більш дрібні деталі обрисів узбережжя на північному сході від південної кінцівки розрізняються вже гірше. Проте, розглядаючи більш докладні карти для плавання вздовж цієї ділянки, можна переконатися, що берегова лінія тут має практично такий самий вигляд, як і на західному узбережжі (щоправда, у зменшеному масштабі).



відповідатиме d км, і підраховують кількість кроків $N(d)$, які потрібно зробити, щоб пройти циркулем уздовж карти з кінця в кінець все узбережжя, то у такому разі за довжину берегової лінії треба буде прийняти величину

$$L=N(d)\cdot d.$$

Деякі учасники експедиції вважають таку оцінку неточною і пропонують зменшити довжину d одиничного відрізка, а далі повторити все спочатку. Інші заперечують, говорячи, що в такому разі у довжину берегової лінії хоч і ввійдуть найбільш глибокі фіорди, але південно-східне узбережжя, як і раніше, буде долатися за кілька кроків. Стає зрозумілим, що для ще більш точного підрахунку можуть статися у нагоді такі карти, якими користуються сусіди для розв'язання питань про те, де повинен проходити кордон між їхніми земельними ділянками. Отже, при вирішенні питань такого роду уточнення можна вносити нескінченно. Крім того, при користуванні циркулем неодмінно виникатимуть проблеми з островами та річками. Але існує принципове обмеження знизу – мінімальний розхил циркуля.

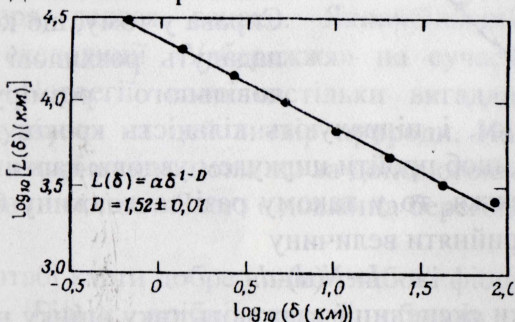
Крім обходу за допомогою циркуля, існує альтернативний спосіб: вкрити карту сіткою з комірками розміром $dx \times dx$ кожна.

Перш, ніж відповісти на головне питання, учасникам експедиції необхідно вирішити ще декілька проблем: чи варто включати до берегової лінії острови? як бути з річками? у якому місці фіорд перестає бути фіордом і де саме він переходить у річку? Припустимо, що вони зможуть знайти задовільні відповіді на всі питання такого роду. Та все одно найбільш принципове утруднення залишиться. Справа у тому, що коли вони нададуть розхилу циркуля довільного розміру, який

Кількість $N(d)$ таких комірок, необхідних для покриття берегової лінії на карті, приблизно дорівнює кількості кроків для обходу берегової лінії на цій самій карті за допомогою циркуля з розкриттям d . Зменшення d призведе до збільшення кількості комірок, які укладатимуться у довжину берегової лінії.

Якщо берегова лінія Норвегії має цілком певну довжину L_N , то можна сподіватися, що кількість кроків циркуля або кількість квадратних комірок $N(d)$ для покриття берегової лінії на карті, буде обернено пропорційною d , а довжина $L(d)=N(d) \cdot d$ при зменшенні d прямуватиме до постійної величини L_N . Проте, цим сподіванням не судилося здійснитися і, отже, вони є марними.

З малюнка видно, що при зменшенні розміру d кроку виміряна довжина L зростає.



Графік на цьому малюнку виконано у подвійному логарифмічному масштабі, і він показує, що при зменшенні d виміряна довжина берегової лінії аж ніяк не прямує до постійного значення. Навпаки, виміряна довжина чудово вписується у наближену формулу

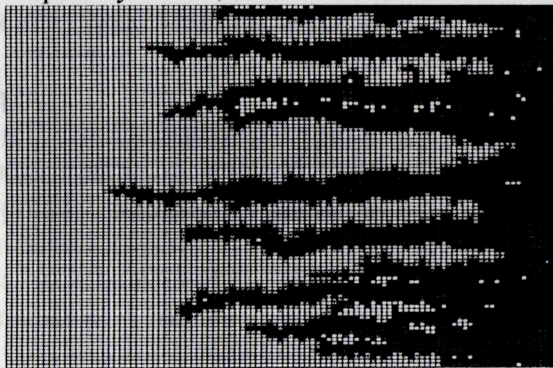
$$L(d) = ad^{1-D}.$$

Для звичайної кривої можна було б чекати, що за достатньо малих d $a=L_N$ і показник $D=1$. Але для берегової лінії Норвегії, як це видно з графіка, $D=1,52$.

Берегова лінія – це фрактал з фрактальною розмірністю D_f . Якби учасники експедиції визначали довжину берегової лінії Великобританії, то вони дійшли того самого висновку, але для фрактальної розмірності одержали б $D=1,3$.

Практична робота (обчислювальний експеримент) з використанням нашої програми ведеться за таким планом:

1. На квадратній сітці розмірами $N \times N$ комірок наочно будувється морське узбережжя, зафарбовується берегова лінія і програмно на екран виводиться кількість комірок сітки, що покривають берегову лінію, тобто її довжина L .



2. До звітної таблиці заносяться значення L та N .

3. п.п. 1-2 виконувалися для $N=100, 90, 80, 70, 60, 50$ (для кожного N по декілька разів з наступним усередненням).

4. За даними таблиці будується графік залежності $L=L(N)$ у подвійному логарифмічному масштабі (на горизонтальній вісі відкладалися $\ln N$, а на вертикальній – $\ln L$. Нахил цього графіка характеризує фрактальну розмірність D_f .

5. Фрактальна розмірність обчислюється згідно виразу

$$D_f = \frac{\ln L}{\ln N}.$$