УДК 616-058:001.8

В.З. Свиридюк

ТЕОРІЯ ФРАКТАЛІВ ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В МЕДИЦИНІ

КВНЗ «Житомирський інститут медсестринства» Житомирської обласної ради, м. Житомир, Україна

***Мета** – провести теоретичний аналіз перспективних підходів щодо використання наукометричних методів, які ґрунтуються на теорії фракталів, у медицині.*

***Методи**: контент-аналізу, системного аналізу та логічного узагальнення.*

***Результати**. За допомогою наукометричних методик контент-аналізу вивчено 137 магістерських дисертацій магістрів Житомирського інституту медсестринства, захищених протягом 2010–2017 рр. За допомогою вирівнювання ряду динаміки та екстраполяції встановлено, що середня кількість сторінок у магістерських дисертаціях має тенденцію до зменшення і у 2018 р. становитиме 113,8±6,7 сторінки; у 2019 р. – 110,6±6,5 сторінки; у 2020 р. – 107,3±6,3 сторінки. Індекс Херста дорівнював 1,379, розмірність Хаусдорфа–Безіковича становила 0,621. Наведені значення індексу Херста та розмірності Хаусдорфа–Безіковича підтверджують високу вірогідність прогнозу.*

***Висновки**. Теорія фракталів має широку перспективу прикладного використання у медицині, як у соціальній, так і в клінічній.*

***Ключові слова**: фрактал, наукометрія, індекс Херста, розмірність Хаусдорфа–Безіковича, медицина.*

Вступ

Слова «фрактал», «фрактальна розмірність», «фрактальність» з'явилися порівняно недавно. Термін «фрактал» був запропонований математиком Бенуа Мандельбротом, який зумів відкрити дивовижний світ, що нас оточує, по-новому подивившись на добре знайомі нам предмети і явища. Він дав фракталу таке визначення: «Фракталом називається структура, що складається з частин, які певним чином подібні до цілого» [4].

Б. Мандельброт звернув увагу на те, чого при всій своїй очевидності не помічали його попередники і сучасники, хоча воно зустрічалося на кожному кроці і буквально «лежало на поверхні»: контури, поверхні та об'єми оточуючих нас предметів не такі рівні, гладенькі й ідеальні, як прийнято думати. У дійсності більшість об'єктів має нерівні контури, порізані мережею зморшок, подряпин поверхні, всередині тіла прорізані чисельними дрібними отворами напрочуд різноманітної форми, мікротріщинами і порами [4, 5].

Фракта́л (від латинського «*fractus*» – подрібнений, дробовий) – нерегулярна, самоподібна структура. У широкому розумінні фрактал означає фігуру, малі частини якої в довільному збільшенні подібні до неї самої [4, 5].

Теорія фракталів виявилась надзвичайно продуктивною, вона покладена в основу низки наукових напрямків, зокрема, використовується в наукометрії, яка знаходить останнім часом широке прикладне значення в багатьох галузях, у тому числі в охороні здоров'я.

Мета роботи – провести теоретичний аналіз перспективних підходів щодо доцільності використання наукометричних методів, які ґрунтуються на теорії фракталів, у медицині.

Для досягнення мети використано такі **методи**: контент-аналізу, системного аналізу й логічного узагальнення.

Результати дослідження та їх обговорення

Об'єкти, які тепер називаються фракталами, були відомі задовго до того, як отримали таку назву. У 1525 р. німецький митець Альбрехт Дюрер опублікував працю «Керівництво художника», один із розділів якої мав назву «Черепичні шаблони, утворені пентагонами». Пентагон Дюрера багато в чому схожий на килим Серпінського, але замість квадратів Дюрер використав п'ятикутники [3–5].

Ідея «рекурсивної самоподібності» була висунута Ґотфрідом Вільгельмом Лейбніцом.

У 1872 р. Карл Веєрштрас побудував приклад функції, скрізь неперервної, але ніде не диференційованої – графік цієї функції на сьогодні вважають типовим фракталом.

У 1904 р. Хельга фон Кох розробив геометричне означення схожої функції, яка тепер має назву сніжинки Коха.

Ідея самоподібних кривих була далі розвинена Полем П'єром Леві, який у своїй роботі «Криві та поверхні на площині і в просторі, які складаються із частин, схожих на ціле», виданій у 1938 р., описав фрактальну криву, відому тепер як крива Леві.

Ґеорг Кантор навів приклади підмножин дійсних чисел із незвичними властивостями. Ці множини тепер називаються фракталами Кантора.

Ітераційні функції на комплексній площині досліджувалися в кінці XIX та на початку XX ст. Анрі Пуанкаре, Феліксом Клейном, П'єром Фату та Ґастоном Жюліа. Проте за браком сучасної комп'ютерної графіки в них забракло засобів відобразити красу і наукову значущість багатьох із відкритих ними об'єктів [3–5].

У 60-х роках XX ст. Б. Мандельброт почав дослідження статистичних самоподібностей з дробовими розмірностями. У 1975 р. він вперше використав слово «фрактал» як назву для об'єктів, розмірність Хаусдорфа–Безіковича яких є дробовою, на відміну від топологічної розмірності, яка є завжди цілим додатнім числом. В арсеналі математики Б. Мандельброт знайшов зручну кількісну міру неідеальності об'єктів: звивистості контуру, зморшкуватості поверхні, пористості об'єму. Цю міру запропонували два математики: Фелікс Хаусдорф (1868–1942) та Абрам Самойлович Безікович (1891–1970) [3–5].

Як все нове в науці, запропонована Ф. Хаусдорфом та А. Безіковичем кількісна характеристика – розмірність Хаусдорфа–Безиковича пройшла перевірку часом. Стосовно до ідеальних об'єктів класичної евклідової геометрії вона давала ті ж числові значення, що й давно відома топологічна розмірність. Вона дорівнювала 0 для точки, 1 – для гладенької плавної лінії (довжини без ширини за Евклідом), 2 – для площі фігури й поверхні, 3 – для тіла і простору (об'єму). Але, співпадаючи з відомою топологічною розмірністю на ідеальних об'єктах, нова розмірність мала властивість надавати кількісну характеристику всіляким неідеальним реальним об'єктам. Так, відрізок прямої, відрізок синусоїди і сама чудернацька лінія меандра з точки зору традиційної топології мають однакову розмірність, яка дорівнює одиниці, тоді як їхня розмірність за Хаусдорфом–Безіковичем – різна, зазвичай дробова, і дає змогу чисельно виміряти ступінь неідеальності [3–5].

Крім вищезгаданих сніжинки Коха, кривої Леві, множин Кантора, до фракталів належать фрактал Ляпунова, трикутник Серпінського, килим Серпінського, губка Менгера, крива дракона тощо [4].

На рис. 1 зображено трикутник Серпінського. Трикутник Серпінського (його ще називають серветкою або решетом Серпінського) – різновид двовимірного аналога множини Кантора. Був запропонований польським математиком Вацлавом Серпінським у 1915 р. На прикладі трикутника Серпінського стає зрозумілим визначення фракталу, дане Б. Мандельбротом: «Фракталом називається структура, що складається із частин, які певним чином подібні до цілого». Трикутник Серпінського являє собою правильний рівносторонній трикутник, заповнений подібними рівносторонніми, але меншими трикутниками, які, своєю чергою, заповнюються ще меншими, і так до безкінечності [4].

На рис. 3 зображено дерево Піфагора, яке є також класичним прикладом фракталу.

Дві з половиною тисячі років тому Піфагор під час доведення теореми, яка носить його ім'я (квадрат гіпотенузи прямокутного трикутника дорівнює сумі квадратів катетів: $c^2=a^2+b^2$), побудував фігуру, де на сторонах прямокутного трикутника розташовані квадрати (рис. 2).

У наш час ця фігура «виросла» в ціле дерево. Вперше дерево Піфагора побудував Босман (1891–1961) за допомогою звичайної креслярської лінійки.

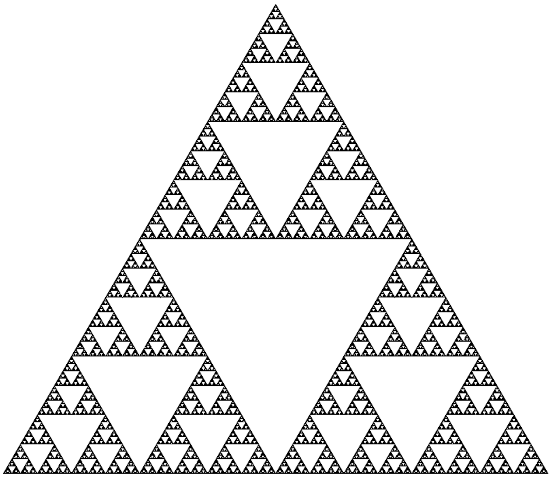

Рис. 1. *Трикутник Серпінського [4]*

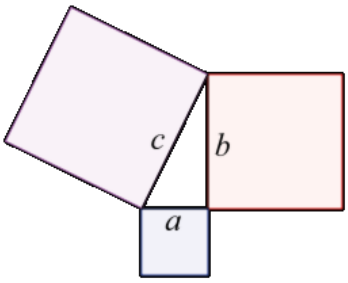

Рис. 2. *Графічне зображення теореми Піфагора: $c^2=a^2+b^2$ [4]*

Б. Мандельброт проілюстрував своє математичне визначення фракталу захоплюючими зображеннями, зробленими за допомогою комп'ютера. Ці зображення привернули увагу інших дослідників, що призвело до широкого розповсюдження і вживання терміну «фрактал», а теорія фракталів знайшла своє прикладне використання в багатьох галузях. Зокрема, вона покладена в основу наукометрії та з успіхом використовується в інформатиці [2, 3].

На сьогодні більшість дослідників розглядають інформаційний простір як стохастичний. У моделях інформаційного простору досліджуються структурні зв'язки між тематичними множинами, які входять до інформаційних потоків. Самоподібність інформаційного простору полягає в тому, що при його лавиноподібному зростанні частотні та рангові розподіли за такими характеристиками, як джерела, автори, тематика, практично не змінюють своєї форми. Використання теорії фракталів для аналізу інформаційного простору дає змогу виявляти закономірності, покладені в основу інформатики як науки. Зокрема, тематичні інформаційні масиви на сьогодні розглядаються як здатні до розвитку самоподібні структури. Вони є типовими стохастичними фракталами, оскільки їх самоподібність, наприклад, розподіл інформаційних кластерів за розмірами, співпадає з математично обчисленими очікуваннями [2, 3].

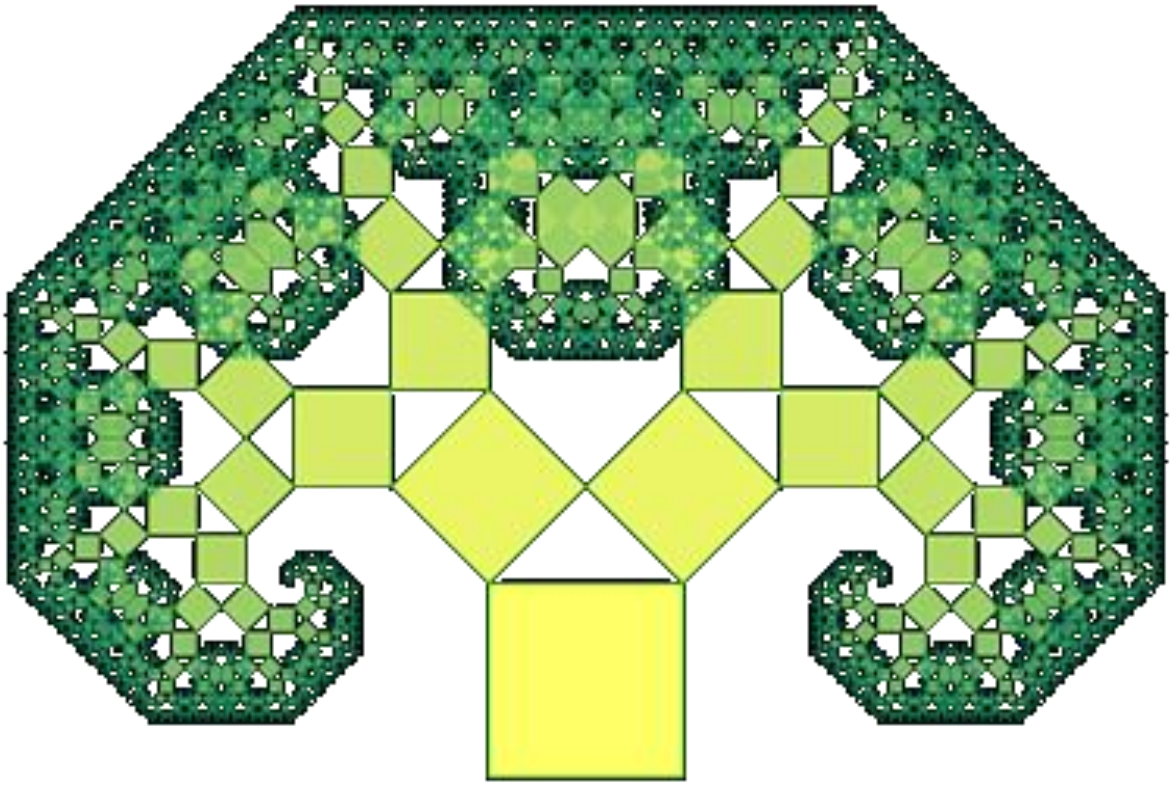

Рис. 3. *Дерево Піфагора [5]*

У наукометрії теорія фракталів використовується для пошуку закономірностей серед множини емпіричних даних.

Якщо показник фрактальності (розмірність Хаусдорфа–Безіковича) є кількісною мірою неідеальності (неправильності) об'єкта, то індекс Херста є його протилежністю.

Показник Хаусдорфа–Безіковича пов'язаний з індексом Херста простою залежністю (формула 1):

$$D=2-H, \quad (1)$$

де: D – показник (розмірність) Хаусдорфа–Безіковича;

H – індекс Херста.

Величина показника Хаусдорфа–Безіковича коливається в межах від 0 до 2,0. Чим ближче значення показника до 0, тим ідеальніша фігура (об'єкт), чим ближче до 2,0, тим хаотичніша будова (структура) об'єкта дослідження. В ідеалі, коли показник Хаусдорфа–Безіковича дорівнює 0, контур являє собою пряму лінію, поверхня має бути ідеально гладенькою, а об'єм однорідним [2].

Показник Херста, навпаки, є мірою персистентності (впорядкованості) об'єкта чи явища, зокрема, схильності динамічних процесів до трендів (домінуючих тенденцій), на відміну від хаотичного броунівського руху.

Індекс Херста «H» є степеневим показником у формулі 2.

$$\frac{R}{\sigma} = \left(\frac{N}{2}\right)^H, \quad (2)$$

де: H – індекс Херста;

R – розмах варіації (інтервал – різниця між мінімальним і максимальним значеннями);

σ – середнє стандартне квадратове відхилення (сигма);

N – кількість років, взятих за основу при вирівнюванні динамічного ряду за методом найменших квадратів.

Значення індексу Херста, яке дорівнює ½, є граничним. Усі значення менше ½ свідчать про низьку вірогідність формування тренду (домінуючої тенденції) і відповідно про низьку вірогідність прогнозу.

Індекс Херста, який наближається до 0, свідчить про відсутність домінуючої тенденції (тренду), аналізовані величини набувають випадкових (хаотичних) значень. Так, індекс Херста дорівнює 0 при визначенні місцезнаходження часточок (молекул, іонів і атомів) розчиненої в рідинах речовини.

Значення H>½ означає спрямованість у певну сторону динаміки процесу в минулому і високу вірогідність продовження динаміки у тому ж напрямку в майбутньому. Чим більше значення індексу Херста, яке перевищує ½, тим вища вірогідність прогнозу [2].

Щоб зрозуміти значущість теорії фракталів, зокрема, обчислення індексу Херста і розмірності Хаусдорфа–Безіковича, доповнимо теоретичні викладки конкретним прикладом. Для цього скористаємося одним

із наукометричних показників контент-аналізу текстових документів – обчисленням низки статистичних показників стосовно кількості сторінок у магістерських роботах магістрів медсестринства – випускників Житомирського інституту медсестринства.

Стосовно магістерських робіт, індекс Херста H>½ означає досить високий ступінь ідеальності, що для наукових праць означає чітку структурованість і наявність виявлених закономірностей, на противагу хаосу і відсутності закономірностей.

Протягом 10 років (2008–2017) магістрами медсестринства підготовлено та захищено 137 магістерських дисертацій. Для того, щоб обчислити індекс Херста, необхідно мати середнє стандартне квадратове відхилення (сигма) та інтервал (різниця між мінімальною і максимальною кількістю сторінок у магістерських роботах).

Для обчислення цих показників заносимо значення кількості сторінок у магістерських роботах до комірок таблиці Excel. Потім до масиву даних застосовуємо такий алгоритм дій: *сервіс → аналіз даних → описова статистика → підсумкова статистика → вхідний інтервал.* В якості вхідного інтервалу нам слугує масив даних $A$1:$A$137, в якому символи «$» є розділовими; «A» – позначення стовпчика, до комірок якого були занесені дані про кількість сторінок; 1 і 137 – початок і кінець масиву даних, тобто номер першого і останнього рядочків масиву даних у таблиці Excel.

Якщо масив даних у таблиці Excel сформований коректно, то використання вищезазначеного алгоритму видає на окремому листу таблиці Excel низку показників статистичного аналізу, серед яких є і ті, що нам потрібні для обчислення індексу Херста: середнє стандартне квадратове відхилення «σ» та інтервал «R».

Стосовно нашого масиву даних ці показники мають такі числові значення (табл. 1).

Таблиця 1

Результати статистичного аналізу програмою Excel магістерських робіт за показником кількості сторінок

Назва показника	Символ	Числове значення
Середня арифметична	M	111,1
Похибка	m	1,9
Медіана	Me	108
Мода	Mo	100
Середнє квадратове відхилення	σ	27,2
Дисперсія	D	739,8
Ексцес (коефіцієнт гостровершинності)	As	21,0
Коефіцієнт асиметрії	Ex	3,1
Інтервал	R	153
Мінімум	X_{min}	55
Максимум	X_{max}	208
Сума	∑	15225
Кількість	n	137

Окрім необхідних для обчислення індексу Херста даних, у таблиці 1 наведено ще декілька важливих показників, за якими проводиться контент-аналіз об'єктів інтелектуальної власності. Однак розкриття їх значущості не входить до мети даного дослідження.

У таблиці 2 представлено розподіл магістерських робіт за кількістю сторінок та роками захисту, а на рис. 4 – графік динаміки середньої кількості сторінок у магістерських роботах залежно від року захисту.

Таблиця 2

Розподіл кількості сторінок у магістерських роботах залежно від року захисту

Рік захисту	Кількість захищених робіт		Середня кількість сторінок в одній роботі, M±m
	абс.	M±m, %	
2010	19	13,9±3,0	112,7±5,7
2011	14	10,2±2,6	137,1±7,8
2012	24	17,5±3,3	128,2±4,7
2013	13	9,5±2,5	137,9±8,0
2014	14	10,2±2,6	123,7±4,9
2015	23	16,8±3,2	121,6±5,9

Продовження таблиці 2

2016	12	8,8±2,4	121,3±9,4
2017	18	13,1±2,9	117,0±6,7

За даними таблиці 2 та рис. 4, визначити тенденцію (тренд) зміни середньої кількості сторінок у магістерських роботах у часі, а тим більше, зробити прогноз на майбутнє, досить складно.

Для цього скористаємося методом вирівнювання рядів динаміки за принципом найменших квадратів, який дає можливість не лише визначити домінуючу тенденцію (тренд), але за допомогою екстраполяції прогнозувати значення досліджуваних параметрів (у нашому випадку – це середня кількість сторінок у магістерських роботах) на наступні роки [1].

Заповнимо таблицю 3 вихідними даними.

Хід обчислень (алгоритм) для заповнення таблиці 3:

1. За середину ряду приймаємо 2014 рік.

2. Визначаємо постійну величину рівняння (A_0) за формулою 3:

$$A_0 = \frac{\sum y}{n} = \frac{886,8}{7} = 126,7 \qquad (3)$$

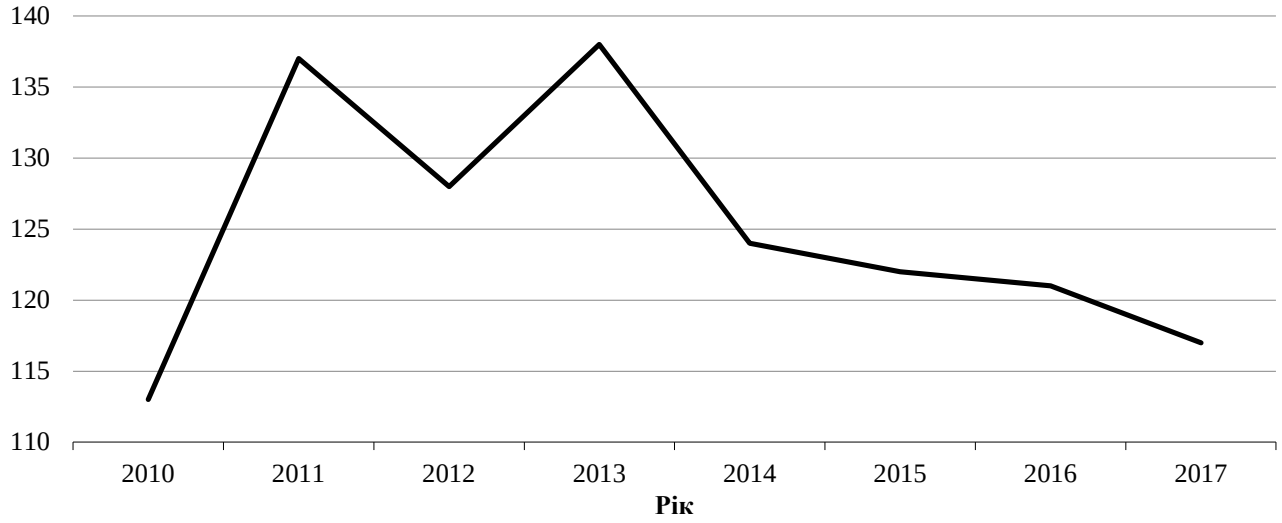

Рис. 4. *Графік динаміки кількості сторінок магістерських робіт*

3. Визначаємо суму значень у стовпчику ХУ. Для цього значення стовпчика Х та У перемножуємо і додаємо. Σух=-90,4

4. Значення у стовпчику Х підносимо до квадрату, отримуємо значення даних у стовпчику X^2. Додаємо значення у стовпчику X^2 і отримуємо суму: ΣX^2=28.

5. Обчислюємо другу постійну величину рівняння (A_1) за формулою 4:

$$A_1 = \frac{\sum yx}{\sum X^2} = \frac{-90,4}{28} = -3,23 \qquad (4)$$

6. Обчислюємо вирівняні дані ряду динаміки за формулою 5:

$$У_x = A_0 + A_1 \times x \qquad (5)$$

$У_1$ =126,7+(-3,23) · (-3)=136,4
$У_2$ =126,7+(-3,23) · (-2)=133,2
$У_3$ =126,7+(-3,23) · (-1)=129,9
$У_4$ =126,7+(-3,23) · 0=126,7
$У_5$ =126,7+(-3,23) · 1=123,5
$У_6$ =126,7+(-3,23) 2=120,2
$У_7$ =126,7+(-3,23) 3=117,0

На цьому етапі ми отримали 7 значень для побудови вирівняного ряду динаміки – тренду. Наступні 3 значення будуть отримані за допомогою екстраполяції тренду на 3 майбутні роки (2018, 2019 і 2020):

$У_8$ =126,7+(-3,23) 4=113,8
$У_9$ =126,7+(-3,23) 5=110,6
$У_{10}$=126,7+(-3,23) 6=107,3

Таблиця 3

Вихідні дані для трендування та прогнозу середньої кількості сторінок у магістерських роботах магістрів медсестринства на наступні три роки

Рік	Середні значення кількості сторінок, У	Умовний час, Х	ХУ	X^2	Вирівняні дані, ух
2011	137,1	-3	-411,3	9	136,4
2012	128,2	-2	-256,4	4	133,2

Продовження таблиці 3

2013	137,9	-1	-137,9	1	129,9
2014	123,7	0	0	0	126,7
2015	121,6	1	121,6	1	123,5
2016	121,3	2	242,6	4	120,2
2017	117,0	3	351,0	9	117,0
n=7	**Σ_y=886,8**		**Σ_{XY} =-90,4**	**ΣX^2=28**	
2018		4			113,8
2019		5			110,6
2020		6			107,3

Примітка: вирівнювання за методом найменших квадратів надає найбільш точні результати щодо прогнозування при непарних інтервалах величиною 5, 7, 9 років. У нашому випадку інтервал становить 7 років (2011–2017).

За значеннями в таблиці 3 будуємо два графіки: емпіричний та вирівняний (трендовий, прогностичний), рис 5.

На рис. 5 чітко простежується домінуюча тенденція (тренд) до зменшення кількості сторінок у магістерських робота. Крім того, ми можемо з певною долею ймовірності прогнозувати, що середнє значення кількості сторінок у магістерських роботах, які будуть захищатися у 2018 р., становитиме 113,8±6,7 сторінки, у 2019 р. – 110,6± 6,5 сторінки, у 2020 р. – 107,3±6,3 сторінки.

Для визначення величини ймовірність нашого прогнозу використаємо обчислення індексу Херста за формулою 2: підставляємо значення із таблиці 1 у формулу 2. У нашому прикладі середнє стандартне квадратове відхилення σ=27,2; інтервал R=153; кількість років, за які проводилося вирівнювання ряду динаміки за методом найменших квадратів N=7.

Розв'язуємо рівняння і отримуємо значення індексу Херста:

$$\frac{153}{27,2} = (\frac{7}{2})^H \qquad 5,625=3,5^H \qquad H=\log_{3,5}5,625=1,379$$

Як уже зазначалось вище, розмірність Хаусдорфа–Безіковича пов'язана з індексом Херста простою залежністю, (формула 1):

$$D=2–H=2–1,379=0,621$$

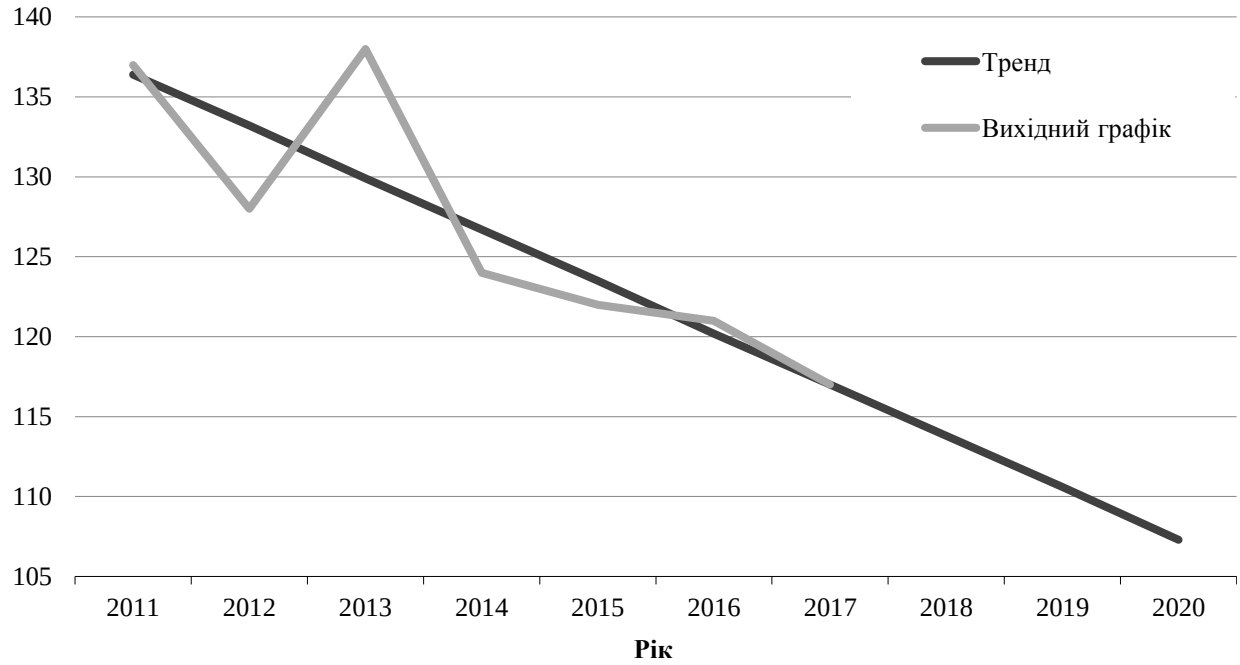

Рис. 5. *Тренд динаміки кількості сторінок магістерських робіт*

Отримані числові значення індексу Херста H=1,379 (його величина набагато перевищує граничне значення H=½) та розмірності Хаусдорфа–Безіковича D=0,621 (величина, якої ближче до 0, ніж до 2,0) дає змогу зробити висновок про високу вірогідність прогнозу.

Слід зазначити, що теорія фракталів має прикладне значення не тільки в соціальній медицині, але й у клінічній медицині. У людському організмі є низка природніх фракталів. Зокрема, бронхи розгалужуються за фрактальною закономірністю. Кожний із бронхів

ділиться на два меншого діаметру, які, своєю чергою, також діляться на два менші і так далі (рис. 6).

Розгалуження кровоносних судин також має фрактальну закономірність. І це не примха природи, а життєва необхідність забезпечення всіх однотипних клітин певної тканини організму киснем і поживними речовинами однаковою мірою.

Порушення фрактальності є ознакою патологічного процесу. Для прикладу злоякісні пухлини характеризуються втратою фрактальності артерій і артеріол (рис. 7).

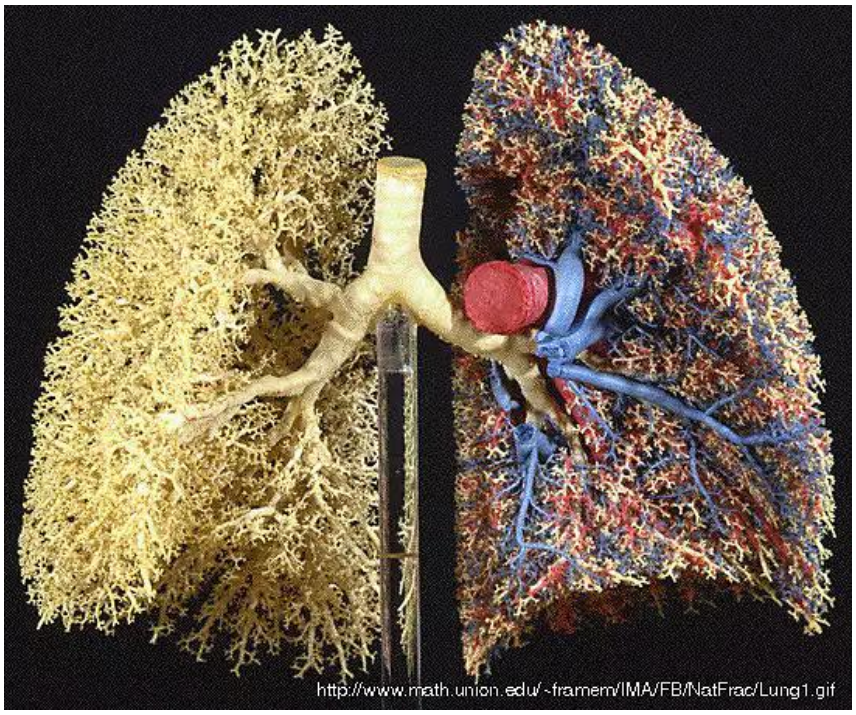

Рис. 6. *Фрактальна структура бронхіального дерева (зліва) і судинного русла легень (справа)*

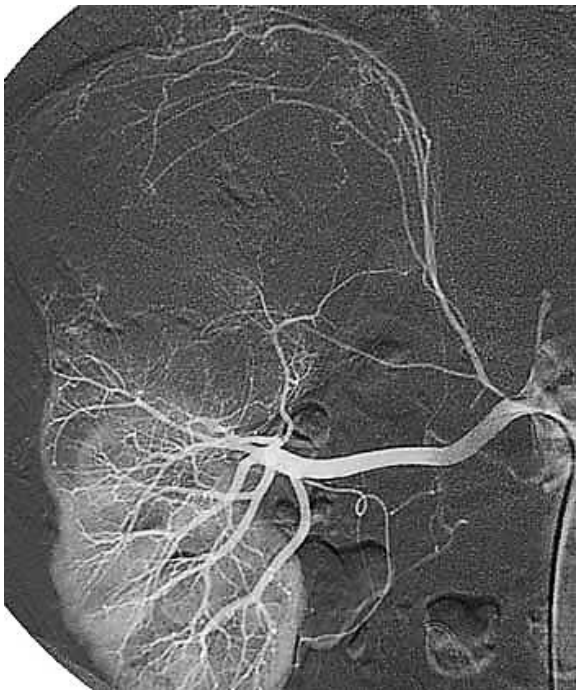

Рис. 7. *Ангіографія нирки. Втрата фрактальності судин у ділянці пухлини на верхньому полюсі нирки*

Висновки

Теорія фракталів має широку перспективу прикладного використання в медицині, як у соціальній, так і в клінічній.

У соціальній медицині теорія фракталів підвищує ефективність наукометричних методів оцінки значущості наукових досліджень і вже сьогодні досить широко використовується.

У клінічній медицині прикладне використання теорії фракталів здатне привести до появи нових та удосконалення відомих методів діагностики й лікування.

Перспективним напрямом розробки нових діагностичних методів є створення нових і удосконалення існуючих методів діагностики, здатних вимірювати або візуалізувати фрактальність різних органів і тканин організму.

Література

1. *Біостатистика* / В. Ф. Москаленко, О. П. Гульчій, М. В. Голубчиков [та ін.] ; за заг. редакцією члена-кореспондента АМН України, професора В.Ф. Москаленка. – Київ : Книга плюс, 2009. – 184 с.
2. *Ландэ Д. В.* Фракталы и кластеры в информационном пространстве / Д. В. Ландэ // Корпоративные системы. – 2005. – № 6. – С. 35–39.
3. *Мандельброт Б.* Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт. – Москва : Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
4. *Фрактал*. Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Фрактал. – Назва з екрана.
5. *Фрактал*. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Фрактал. – Название с экрана.

Дата надходження рукопису до редакції: 16.01.2017 р.

Теория фракталов и её использование в медицине

В.З. Свиридюк
КВУУ «Житомирский институт медсестринства» Житомирского областного совета, г. Житомир, Украина

Цель – провести теоретический анализ перспективных подходов, касающихся использования наукометрических методов, которые основаны на теории фракталов, в медицине.

Методы: контент-анализа, системного анализа и логического обобщения.

Результаты. При помощи наукометрических методик проанализированы 137 магистерских диссертаций магистров медсестринства Житомирского института медсестринства, которые были защищены в течение 2010–2017 гг. При помощи выравнивания рядов динамики та экстраполяции установлено, что среднее количество страниц в магистерских работах имеет тенденцию к уменьшению, и в 2018 г. будет составлять 113,8±6,7 страницы; в 2019 г. – 110,6±6,5 страницы; в 2020 г. – 107,3±6,3 страницы. Индекс Херста равнялся 1,379, размерность Хаусдорфа–Безиковича составляла 0,621. Найденные значения индекса Херста и размерности Хаусдорфа–Безиковича подтверждают высокую достоверность прогноза.

Выводы. Теория фракталов имеет широкую перспективу прикладного использования в медицине, как в социальной, так и в клинической.

Ключевые слова: фрактал, наукометрия, индекс Херста, размерность Хаусдорфа–Безиковича, медицина.

The theory of fractals and its use in medicine

V.Z. Svyrydiok
MHEI "Zhytomyr Nursing Institute" of Zhytomyr Regional Council, Zhytomyr, Ukraine

Purpose – to conduct the theoretical analysis of perspective approaches in medicine in relation to the use of scientometric methods that are base on theory of fractals.

Methods: content-analysis, analysis of the systems and logical generalization.

Results. By means of scientometric methodologies of content-analysis of 137 master's degree theses of master's degrees of the Zhytomyr Nursing Institute are studied, that were protected during 2010–2017. It is set by means of smoothing of rows of dynamics and extrapolation, that the AV amount of pages in master's degree theses has a tendency to reduction and in 2018 will present 113.8±6.7 pages; in 2019 will present 110.6±6.5 pages; in 2020 will present 107.3±6.3. The Hurst index is equalled 1.379, the dimension of Hausdorff–Bezikovch is presented 0.621. The brought values over of Hurst index and dimension of Hausdorff–Bezikovch confirms high authenticity of prognosis.

Conclusions. The theory of fractals has a wide prospect of the applied use in medicine, both in social and in clinical.

Key words: fractal, scientometric, Hurst index, dimension of Hausdorff–Bezikovch, medicine.

Відомості про автора

Свиридюк Василь Зіновійович – д.мед.н., проф., проректор з наукової роботи КВНЗ «Житомирський інститут медсестринства» Житомирської обласної ради, професор кафедри «Сестринська справа» КВНЗ «Житомирський інститут медсестринства» Житомирської обласної ради; вул. Велика Бердичівська, 46/15, м. Житомир, 10002, Україна.