

Юрій КІЙКО, д-р філол. наук, проф.

ORCID ID: 0000-0002-2251-2811

e-mail: y.kiyko@chnu.edu.ua

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна

Світлана КІЙКО, д-р філол. наук, проф.

ORCID ID: 0000-0003-4964-7043

e-mail: kiyko@tu-berlin.de

Берлінський технічний університет, Берлін, Німеччина

ФРАКТАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛЮДСЬКОЇ МОВИ: ВІД ТЕОРЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДО ЕМПІРИЧНОГО АНАЛІЗУ

Вступ. Актуальність студії зумовлена зростанням інтересу науковців до вивчення мови з синергетичної перспективи, де мову розглядають як відкриту, динамічну і нелінійну систему. Одним із ключових понять цього підходу є фрактальність – властивість самоподібних структур на різних рівнях масштабування. Останнім часом застосування фрактального аналізу перейшло від метафоричного до емпіричного етапу, зокрема із залученням квантитативних методів. Незважаючи на значний прогрес, залишається низка невирішених питань, пов'язаних із методологією й інтерпретацією даних. Метою статті є комплексний аналіз фрактальних властивостей мови на основі інтеграції положень лінгвосинергетики, квантитативної лінгвістики й емпіричного аналізу мовних даних.

Методи. У дослідженні застосовано комбінований підхід із залученням якісних і квантитативних методів. Якісний аналіз передбачає застосування фрактальної моделі розгортання інформації. Кількісний аналіз реалізовано через детрендований флуктуаційний аналіз і його мультифрактальне узагальнення.

Результати. Якісний аналіз продемонстрував, що фрактальні патерни наявні на всіх рівнях мови: фонологічному, морфологічному, синтаксичному і текстовому. Аналіз медійного тексту підтвердив, що його структура організована за фрактальним принципом: ключова інформація повторюється на трьох рівнях масштабування зі зростаючою деталізацією. Кількісний аналіз послідовності довжин речень за допомогою DFA виявив показник скейлінгу $\alpha=0,72$, що перевищує критичний поріг 0,5 і свідчить про наявність сильних довготривалих кореляцій та нелінійну організацію тексту. Застосування MF-DFA показало широкий мультифрактальний спектр, що вказує на високу неоднорідність текстової структури, де чергуються більш впорядковані й інформаційно насичені нерегулярні фрагменти.

Висновки. Проведене дослідження підтверджує, що людська мова демонструє фрактальні властивості на різних рівнях своєї організації. Поєднання якісного і кількісного аналізів доводить, що структура тексту підпорядковується закономірностям самоподібності, а модель α -, φ -, ω -фракталів – це ефективний інструмент для опису розгортання інформації. Практичне значення роботи полягає у можливості використання її результатів для вдосконалення алгоритмів NLP (автоматичне реферування), розробки методик навчання письма в лінгводидактиці та ідентифікації авторського стилю в аналізі дискурсу. Перспективи подальших розвідок включають розширення емпіричної бази, міжмовні порівняння й аналіз великих текстових корпусів.

Ключові слова: синергетика, складна система, самоподібність, рекурсія, детрендований флуктуаційний аналіз, мультифрактальність, структура тексту, квантитативна лінгвістика.

Вступ

Актуальність нашого дослідження зумовлена становленням нової наукової парадигми на межі XX–XXI ст., пов'язаної з теорією складних систем. У лінгвістиці це привело до посилення інтересу до синергетичного підходу, який розглядає мову не як статичну, а як відкриту, динамічну і нелінійну систему. Одним із ключових понять у межах цього підходу є фрактальність – властивість, що дозволяє описувати складні, нерегулярні, але самоподібні структури, які раніше були поза увагою дослідників. Застосування фрактального аналізу відкриває нові перспективи для розуміння механізмів еволюції, структурування і функціонування мови на всіх її рівнях.

Огляд літератури. За останнє десятиліття фрактальний підхід у лінгвістиці перейшов від переважно метафоричного до емпіричного застосування. Дослідження проводяться в кількох ключових напрямках. По-перше, активно впроваджуються кількісні методи для виявлення фрактальних патернів у текстах. Зокрема, методи детренованого флуктуаційного аналізу (DFA) та мультифрактального аналізу (MF-DFA) використовуються для вивчення таких текстових характеристик як довжини слів, речень, частотності тощо. Такі наукові розвідки показують, що фрактальні параметри



можуть слугувати індикаторами авторського стилю, жанрової належності та навіть когнітивного стану мовця. Наприклад, Е. Наяфі і А. Дароонех (Najafi, Daroonch, 2015) показали, як фрактальний вимір позицій слів у тексті можна застосувати для автоматичного виокремлення ключових слів.

По-друге, значний розвиток отримали дослідження на перетині фрактального аналізу, мережевої теорії та комп'ютерної лінгвістики. Так, Л. Рібейро і А. Бернардес (Ribeiro, Bernardes, 2023) запропонували моделі, де мовні структури представлені у вигляді багатовимірних фрактальних об'єктів, що дозволяє кластеризувати мови за їхньою структурною подібністю. Праці в галузі обробки природної мови, наприклад, Г. Мотта та інші (Motta et al., 2024) доводять, що мові притаманні довготривалі залежності, що є характерною ознакою фрактальних систем, і це може пояснювати успіх великих мовних моделей.

По-третє, фрактальний підхід почали застосовувати в дослідженнях засвоєння мови, зокрема другої іноземної. Розвідки в межах теорії складних динамічних систем показують, що розвиток синтаксичної складності в учнів регулюється фрактальним масштабуванням, де динамічні зв'язки між компонентами мови зберігають свою складність на різних часових масштабах (Li & Zheng, 2025).

Незважаючи на значний прогрес, залишається низка невирішених питань, пов'язаних зі стандартизацією методології фрактального аналізу й інтерпретацією отриманих даних, що підкреслює необхідність подальших досліджень у цій царині.

Метою статті є комплексний аналіз фрактальних властивостей людської мови на основі інтеграції положень лінгвосинергетики, квантитативної лінгвістики й емпіричного аналізу текстових даних.

Поняття "фрактал" є складовою синергетики – науки про еволюцію складних систем, процеси самоорганізації, хаосу та порядку (дет. див. Кійко, 2016; Hoerfer, 2003; Köhler, 1986). З погляду синергетики, будь-яка складна система (біологічна, соціальна, мовна) еволюціонує через чергування станів відносної рівноваги і хаотичних коливань (флуктуацій). У критичні моменти, які називають точками біфуркації, система робить вибір щодо подальшого шляху розвитку і переходить на якісно новий рівень організації. Мову можна розглядати прикладом такої системи (дет. див. Кіуко, 2020, с. 54–60).

Ієрархічна стратифікація мовної системи, що охоплює фонетичний, морфологічний, лексико-семантичний, синтаксичний та текстовий рівні, є її фундаментальною організаційною характеристикою. Міжрівневі відношення в цій системі підпорядковуються принципу фрактальності, який у класичній лінгвістиці визначений Є. Куриловичем як структурний паралелізм (див. Кочерган, 2010, с. 217). Маніфестацією цього принципу є функціональна тотожність голосного звука як конститутивного центру складу та предиката як структурного ядра речення.

Відповідно до концепції ієрархії рівнів французького лінгвіста Е. Бенвеніста, одиниці нижчого рівня функціонують як план вираження для одиниць вищого, водночас інтегруючись у їхній план змісту (див. Кочерган, 2010, с. 218). Цей механізм лежить в основі фрактальної організації, де елементи попереднього рівня залучені для формування одиниць наступного. Такий спосіб побудови системи зумовлює геометричну прогресію її комбінаторного потенціалу: від інвентарно обмеженої кількості фонем та морфем до теоретично нескінченного континууму речень і текстів. Когнітивне опанування цієї нескінченності забезпечується шляхом редукції варіативності до набору базових синтаксичних структур, що корелює з теорією генеративізму американського вченого Н. Хомського (пор. Селіванова, 2010, с. 76–79).

Термін "фрактал", етимологічно пов'язаний з латинським прикметником *fractus* ("подрібнений"), уведений у науковий обіг математиком Б. Мандельбротом у 1975 році (Mandelbrot, 2014). Цим поняттям науковець прагнув описати специфічний клас об'єктів, що вирізнялися візуальною нерегулярністю і фрагментованістю, але водночас демонстрували дивовижну властивість самоподібності. На відміну від ідеальних фігур евклідової геометрії (кола, квадрата), фрактали виявилися значно ефективнішими для моделювання природних об'єктів, таких як берегові лінії, сніжинки, гірські хребти чи крони дерев, структура яких здається хаотичною, проте підпорядковується внутрішнім закономірностям.

З погляду математики, ключовою характеристикою фракталу є його дробова розмірність, що також відома як розмірність Гаусдорфа-Безиковича. Якщо лінія має розмірність 1, площа – 2, а простір – 3, то фрактальний об'єкт, наприклад, крива Коха, займає проміжне положення між лінією та площиною, маючи розмірність приблизно 1,26. Ця нецілочисельна метрика кількісно виражає здатність об'єкта "заповнювати простір" ефективніше, ніж це робить звичайна лінія, завдяки своїй нескінченній деталізації. Таким чином, фундаментальна ідея фрактального підходу полягає в тому, що в структурі частини об'єкта закодована інформація про структуру цілого.

Для ідентифікації фрактальних структур виокремлюють три взаємопов'язані властивості. Перша і найважливіша – це самоподібність, або масштабна інваріантність, що означає збереження струк-

турних патернів об'єкта при зміні масштабу спостереження. У природних системах ця подібність зазвичай є наближеною або статистичною. Друга властивість – це нетривіальна структура на всіх масштабах, яка полягає в тому, що фрактал не спрощується при збільшенні, а, навпаки, розкриває нові й нові рівні складності. Третя властивість – рекурсивність, що описує генеративний механізм фракталу: його складна структура часто є результатом багаторазового повторення простої математичної операції чи правила (пор. Кірко, 2020, с. 55–60; Eroms, 2025).

Методи

Перехід від метафоричного до емпіричного опису фрактальності мови вимагає залучення кількісних методів. Одними з новітніх інструментів для аналізу складних систем є детрендований флуктуаційний аналіз (DFA) та його узагальнення – мультифрактальний детрендований флуктуаційний аналіз (MF-DFA).

Детрендований флуктуаційний аналіз (DFA) розроблений для виявлення довготривалих кореляцій (long-range correlations) у нелінійних і нестационарних числових послідовностях, якими, по суті, й є текстові дані. Процедура аналізу включає такі етапи:

1. Створення числової послідовності: Текст перетворюють на послідовність числових значень. Це може бути, наприклад, послідовність довжин слів, довжин речень, інтервалів між певними словами тощо.

2. Інтегрування: послідовність інтегрується (накопичується сума) для перетворення на профіль, схожий на випадкове блукання.

3. Сегментація і детрендування: Профіль ділиться на сегменти однакової довжини. У кожному сегменті обчислюється локальний тренд (зазвичай за допомогою поліноміальної апроксимації), який потім віднімається від даних. Цей крок ("детрендування") дозволяє усунути локальні тенденції і зосередитись на внутрішніх коливаннях (флуктуаціях).

4. Обчислення флуктуацій: Для кожної довжини сегмента обчислюється середньоквадратична флуктуація.

5. Визначення скейлінгового показника: Залежність флуктуацій від довжини сегмента в логарифмічних координатах дає змогу визначити показник скейлінгу α (альфа), або показник Херста. Значення $\alpha = 0,5$ вказує на випадковий процес без кореляцій. Значення $\alpha > 0,5$ свідчить про наявність довготривалих кореляцій, що є ознакою фрактальної структури.

Однак часто складні системи, як-от мова, не можуть бути описані одним показником скейлінгу. Різні частини тексту можуть мати різні статистичні властивості. Тут на допомогу приходить мультифрактальний аналіз (MF-DFA). Цей метод є узагальненням DFA і дозволяє виявити, чи залежить скейлінгова поведінка від величини флуктуацій. Замість одного показника α , MF-DFA генерує цілий спектр скейлінгових показників, який допомагає описати складну палітру фрактальної структури. Ширина цього спектра вказує на ступінь мультифрактальності: чим він більший, тим складнішою і неодноріднішою є структура тексту.

Застосування цих методів дозволяє об'єктивно підтвердити, що структура тексту не є випадковою, а підпорядковується складним закономірностям самоподібності, характерним для фрактальних об'єктів.

Результати

Перш ніж аналізувати текст як макрооб'єкт, розглянемо, як принцип фрактальності реалізується на основних рівнях мовної системи.

1. На фонологічному рівні мови спостерігаємо чітку ієрархію і ритмічну самоподібність. У мовленнєвому потоці можна виокремити таку послідовність вкладених одиниць: фонема > склад > фонетичне слово > синтагма > фраза. Наприклад, у фразі "моя донька читає книгу" можна виокремити синтагми (моя донька | читає книгу), які складаються з фонетичних слів ([мо]адон'ка], [чита]єкнигу]), ті, у свою чергу, з послідовності складів ([мо]-[ja] [дон']-[ка] [чи]-[та]-[je] [кни]-[гу]), а кожен склад – з набору фонем (/м/, /о/, /ja/, /д/, /о/, /н/, /к/, /а/ тощо).

Склад, як базова ритмічна одиниця мовлення, сам має внутрішню самоподібну структуру. Його ядром завжди є голосний, оточений приголосними. Цей базовий патерн SVC (приголосний – голосний – приголосний) може варіюватися (V, CV, VC, CCV), але він рекурсивно повторюється для побудови слів. Наприклад, у слові *мо-ло-ко* тричі повторюється проста структура CV, а у слові *транс-порт* комбінуються складніші структури C(C)VC. Таким чином, обмежений набір складових моделей, повторюючись, генерує лексичне різноманіття мови.

У поезії фрактальність є головним принципом організації ритму. Базова ритмічна одиниця, стопа, повторюється для створення віршованого рядка. Наприклад, у "Заповіті" Т. Шевченка стопа ямба (U-) є тим "атомом", з якого будується вся структура:

Як ум-ру́, | то по-хо-ва́й-те (стопа U- повторюється 4 рази).

У свою чергу, рядки з подібною ритмічною структурою об'єднуються у строфу (катрен), створюючи самоподібність на трьох масштабах: стопа > рядок > строфа. Ця вкладеність і повторюваність базового ритмічного малюнка на різних рівнях тексту є яскравим проявом фрактальної організації.

2. На морфологічному рівні мови фрактальність найяскравіше проявляється в рекурсії словотвірних компонентів. Рекурсивність, тобто здатність застосовувати певне правило до результату його ж застосування, є генеративним ядром фрактальності у словотворі. Базова модель [твірна основа] + [словотвірний афікс] багаторазово повторюється, щоразу створюючи нову, складнішу лексичну одиницю. Цей процес нагадує побудову фрактальної кривої, де до кожного сегмента додається новий, подібний до попереднього.

Цей принцип можна проілюструвати на прикладах різних типів словотворення. При рекурсивній префіксації кожен новий префікс приєднується до основи, що вже містить попередній, як у ланцюжку: *дід* > *пра-дід* > *пра-пра-дід* або *чемпіон* > *екс-чемпіон* > *екс-екс-чемпіон*. Ще виразніше це видно при послідовній суфіксації, де основа поступово обростає афіксами, утворюючи довгі дериваційні ланцюги: *учити* > *учи-тель* > *учитель-к(а)* > *учитель-чин*; *нація* > *наці-ональн(ий)* > *національн-ість* > *націоналіст-ичн(ий)*. Фрактальна логіка також простежується в основоскладанні, коли новоутворений композит сам стає твірною основою для наступної деривації: *пара* + *плавати* > *пароплав* > *пароплав-ств(о)*.

Дослідження словотвірних систем на матеріалі різних мов підтверджують, що цей процес не є хаотичним, а розвивається за лінгвосинергетичними принципами. Розвідки С. Єнікєєвої (2011) на матеріалі англійської мови та Л. Щигло (2019) на матеріалі німецької мови доводять, що словотвір функціонує як самоорганізована система, якій притаманна фрактальна побудова. Це означає, що обмежений набір простих, рекурсивно застосовуваних правил генерує нескінченне лексичне багатство мови, демонструючи класичний фрактальний принцип – породження складності з простоти.

3. На синтаксичному рівні фрактальність проявляється найбільш наочно, оскільки саме тут мова демонструє свою здатність до нескінченного породження нових структур за допомогою рекурсії – вкладення однієї синтаксичної конструкції в іншу того ж типу (пор. суб'єктно-предикатні структури у Т. Домброван 2013). Цей механізм, який Н. Хомський вважав ключовою властивістю людської мови, дозволяє створювати складні ієрархічні залежності, де структура цілого повторюється в його частинах.

Перший тип рекурсії спостерігається при вкладенні підрядних речень (клауз), що створює ефект "матрьошки". У складнопідрядному реченні підрядна частина, що пояснює один із членів головної, може сама містити ще одну підрядну частину, і так далі. Розглянемо класичний приклад: *Це була історія про хлопчика, який знайшов скриню, що містила карту, яка вела до скарбів...*. Тут ми бачимо чітку ієрархію: [...історія про хлопчика, [який знайшов скриню, [що містила карту, [яка вела до скарбів]]]]. Структурний патерн [...іменник + [сполучне слово + предикативна основа]...] повторюється тричі. Ця конструкція побудована на принципі лінійної темо-рематичної прогресії: рема (нова інформація) попереднього речення стає темою (відомою інформацією) для наступного (хлопчик > скриня; скриня > карта; карта > скарби). Теоретично, такий ланцюг можна продовжувати нескінченно, а його довжина обмежується лише когнітивними можливостями мовця і слухача.

Другий, не менш поширений тип рекурсії, відбувається на рівні фраз, зокрема при розгортанні іменникових груп через атрибутизацію. У цьому випадку до іменника додається залежне слово чи словосполучення, яке, у свою чергу, може мати власні залежні компоненти. Наприклад, у ланцюжку: *ключ від кімнати* > *ключ від кімнати брата* > *ключ від кімнати брата мого найкращого друга*. Тут рекурсивно повторюється модель [іменник 1] + [іменник 2 у родовому відмінку], де другий іменник сам стає "головним" для наступного розширення: [ключ [від кімнати [брата [мого найкращого друга]]]]. Подібний принцип діє і при нанизуванні прикметників: *стіл* > *дерев'яний стіл* > *старий дерев'яний стіл* > *великий старий дерев'яний стіл*. В обох випадках просте синтаксичне правило застосовується до власного результату, породжуючи складні номінації з простої основи, що є класичним проявом фрактальної самоподібності.

Наведені рекурсивні механізми, що діють на мікрорівні, створюють необхідну інфраструктуру для фрактального розгортання інформації вже на вищому – текстовому – рівні, що ми й продемонструємо на конкретному прикладі.

Розглянемо, як фрактальна модель працює на рівні медійного тексту. Матеріалом для аналізу слугуватиме повний текст новинної статті "У Лондоні «ПриватБанк» виграв багатомільярдний судовий процес проти Коломойського і Боголюбова" з щоденної газети День (30.07.2025).

Аналізований текст:

[Заголовок] У Лондоні «ПриватБанк» виграв багатомільярдний судовий процес проти Коломойського і Боголюбова

[Лід] У столиці Британії Лондоні Верховний Суд розглядав позов ПриватБанку проти його колишніх власників – Ігоря Коломойського і Геннадія Боголюбова: рішення ухвалили на користь фінустанови. Про це пише Рубрика, посилаючись на рішення суду. Як зазначається у документі, Високий суд Лондона визнав, що Коломойський та Боголюбов незаконно привласнили близько 2 мільярдів доларів США з банку за допомогою складної схеми перекредитування. «ПриватБанк здобув беззастережну перемогу в багатомільярдному англійському судовому процесі проти Коломойського і Боголюбова», повідомили у пресслужбі ПриватБанку.

[Основний текст] Щобільше суд визнав, що йдеться про шахрайство «візантійської складності», спрямоване проти банку у 2013–2014 роках. Суддя Вільям Трауер відхилив твердження відповідачів <...> і заявив, що їхня позиція «повністю побудована на нечесній підставі». «Пан Коломойський, мабуть, вважав себе вищим за закон», – йдеться в рішенні. «А пан Боголюбов <...> діяв нечесно, використовуючи документи, що вводять в оману... Суд задовольнив позов ПриватБанку в повному обсязі». Хоча точної суми компенсації ще не визначено, вона може перевищити 1,7 млрд доларів <...>. З урахуванням відсотків <...> сума виплати може перевищити 2 млрд доларів <...>. Відповідачі не давали свідчень <...>. Суд також встановив, що Коломойський «цілеспрямовано знищував дані» <...>. Як відомо, з 2017 року діє судовий наказ про глобальне заморожування активів відповідачів. Тепер ПриватБанк <...> переходить до стадії примусового стягнення збитків <...>.

Фрактальний аналіз розгортання інформації у статті можна представити у такому вигляді:

1. У α -фракталі (заголовок) формулюється інформаційне ядро повідомлення, а саме: *ПриватБанк, виграв, судовий процес, Коломойський і Боголюбов, Лондон*.

2. У ϕ -фракталі (лід) йде розгортання інформаційного ядра із збереженням його складників (ХТО, ЩО, ДЕ, КОЛИ) та додаванням нових даних. Дія "виграв" конкретизується як "рішення ухвалили на користь фінустанови" та "здобув беззастережну перемогу". Названа причина (ЧОМУ): "незаконно привласнили близько 2 мільярдів доларів".

3. У ω -фракталі (основний текст) максимально розгорнуто представлена уся новина. Журналіст наводить прямі цитати судді ("шахрайство візантійської складності", "повністю побудована на нечесній підставі"), уточнює фінансові деталі (сума може перевищити 1,7 млрд доларів, з відсотками – 2 млрд), розкриває процесуальні моменти (відповідачі не давали свідчень, знищували дані), окреслює подальші кроки (примусове стягнення збитків). Кожен елемент, заявлений раніше, отримує у цьому фракталі розгорнуте пояснення та доказову базу. Інформаційне розгортання проявляється у переході від номінативних конструкцій заголовка до розгорнутих речень з підрядними зв'язками у ліді, а в основному тексті – до використання прямої мови, специфічної юридичної термінології ("нечесна підстава", "документи, що вводять в оману") та модальних конструкцій ("мабуть, вважав"), що додає тексту доказовості та оцінності.

Аналіз медійної статті чітко доводить, що її структура організована за фрактальним принципом: ключова інформація багаторазово повторюється на різних рівнях масштабування зі зростаючою мірою деталізації (пор. Kiyko & Kiyko, 2020).

Щоб доповнити якісний аналіз кількісними даними, проведемо DFA та MF-DFA аналізи на прикладі згаданого вище медіатексту.

На початковому етапі створюємо числову послідовність компонентів у тексті шляхом вимірювання довжини кожного речення тексту у словоформах. Текст статті складається з 21 речення. Числова послідовність довжин речень: $X = [27, 8, 31, 22, 19, 29, 12, 22, 8, 19, 15, 11, 9, 8, 32, 23, 14, 13, 13, 24, 29]$.

Після застосування алгоритму DFA до цієї числової послідовності, ми отримали показник скейлінгу $\alpha = 0,72$. Оскільки значення α перевищує 0,5, це свідчить про наявність сильних довготривалих кореляцій у тексті. Це означає, що структура тексту не є випадковою. Існує "пам'ять" системи: довгі речення мають тенденцію групуватися з довгими, а короткі – з короткими, і ця тенденція зберігається на різних масштабах тексту. Це можна вважати прямою кількісною ознакою фрактальної організації.

Застосування мультифрактального аналізу дає змогу побачити, чи є ця фрактальна структура однорідною. Аналіз показує не одну точку, а широкий мультифрактальний спектр, що має форму перевернутої параболи. Широкий спектр свідчить про високу мультифрактальність тексту. Це означає, що складність тексту не є однаковою в усіх його частинах. Деякі фрагменти мають більш передбачувану, впорядковану структуру (відповідають великим значенням α), тоді як інші є більш "різкими", нерегулярними та інформаційно насиченими (відповідають малим значенням α). Саме ця різноманітність структурних варіацій, що співіснують у межах одного тексту, є характерною рисою природної мови.

Таким чином, поєднання якісного та кількісного аналізу дозволяє всебічно продемонструвати фрактальну природу тексту: від логіки розгортання змісту до статистичних закономірностей у його структурі.

Дискусія і висновки

Попри евристичну цінність фрактального підходу, його застосування в лінгвістиці пов'язане з низкою дискусійних питань.

Фрактальність у мові є метафорою чи реальністю? Головне питання полягає в тому, чи є фрактальність реальною, іманентною властивістю мови, чи це лише вдала метафора лінгвістів для опису її складності. На відміну від математичних фракталів, мовні структури не ідеально само-подібні, тому термін "фракталоподібність" видається коректнішим.

При аналізі зазначеного явища у мові постає й проблема визначення одиниць дослідження. Для кількісного аналізу необхідно чітко визначити одиниці вимірювання (слова, склади, речення), межі яких у мові не завжди чіткі (наприклад, складні слова чи синтаксичні конструкції), що може впливати на результати вимірювань.

Як і в інших наукових студіях, важливо прагнути до статистичної валідності отриманих результатів. Необхідно довести, що отримані фрактальні показники є статистично значущими та не є артефактом обраного методу чи даних.

Окрім того, наявна проблема сегментації одиниць дослідження у якісному аналізі. У нашому дослідженні ми виокремили три рівні (α , ϕ , ω), однак це можна розглядати як певну ідеалізацію. Лід (ϕ -фрактал) сам по собі є неоднорідним і містить кілька речень з різним ступенем деталізації. Це показує, що межі між фрактальними рівнями є не чіткими, а розмитими, що ускладнює формалізацію якісного аналізу. Зазвичай, якщо реципієнт отримує текст в оригінальному дизайні від адресанта, то його структурування допомагає розмежувати наведені фрактали.

Критичне осмислення цих проблем є необхідною умовою для подальшого розвитку фрактальної лінгвістики й уникнення надмірного спрощення.

Проведений аналіз підтверджує, що людська мова на різних рівнях своєї організації демонструє фрактальні властивості, такі як самоподібність і рекурсивність. Модель α -, ϕ -, ω -фракталів виявляється ефективним інструментом для опису процесів розгортання інформації в тексті.

Практичне значення дослідження полягає в тому, що розуміння фрактальної природи мови відкриває нові перспективи для: а) обробки природної мови через удосконалення алгоритмів автоматичного реферування і генерації тексту; б) лінгводидактики при розробці методик навчання створення зв'язних текстів; в) аналізу дискурсу при ідентифікації фрактальних патернів як індикаторів авторського стилю.

Перспективи подальших досліджень лежать у площині розширення емпіричної бази: проведення міжмовних порівняльних досліджень, аналіз великих корпусів текстів та поєднання якісного аналізу з валідними кількісними методами.

Внесок акторів: Юрій Кійко – концептуалізація, дизайн, збір та розбір даних; Світлана Кійко – валідація даних, упорядкування та інтерпретація результатів; обоє авторів – підготування рукопису.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Домброван, Т. І. (2013). Фрактальність як фундаментальна властивість мовної матерії. *Записки з романогерманської філології*, 1(30), 57–67.

Єнікєєва, С. М. (2011). *Система словотвору сучасної англійської мови: синергетичний аспект (на матеріалі новоутворень кінця XX – початку XXI століть)* [Автореф. дис. д-ра філол. наук. Київський національний лінгвістичний університет]. <https://uacademic.info/ua/document/0511U000771>

Кійко, С. В. (2016). *Синергетика омонімії як мовного, мовленнєвого і міжмовного явища*. Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича.

Кочерган, М. П. (2010). *Загальне мовознавство*. Академія.

Селіванова, О. О. (2010). *Лінгвістична енциклопедія*. Довкілля-К.

Щигло, Л. В. (2019). Фрактальна самоорганізація словотвірної системи німецької мови. *Філологічні трактати*, 11(1), 70–79.

Eroms, H.-W. (2025). *Kürze, Verdichtung und Fraktalität*. Schmidt Erich Verlag.

Hoepfner, H. (2003). Der Text als gerichtetes Chaos: Einblicke in Textentstehung und ihre Umsetzung bei der Vermittlung von Textgestaltungskompetenz. LIT.

Kiyko, Y. (2020). *Medientexte aus fraktalthoeretischer Perspektive: deutsch-ukrainische Kontraste*. Peter Lang.

Kiyko, Y., & Kiyko, S. (2020). Medientextsorte Meldung in deutscher und ukrainischer Kultur aus fraktaler Perspektive. *Glottology*, 11(1), 117–136.

- Köhler, R. (1986). *Zur linguistischen Synergetik: Struktur und Dynamik der Lexik*. Brockmeyer.
- Li, H., & Zheng, Y. (2025). A systematic review of time-intensive methods for capturing non-linear L2 development. *Applied Linguistics Review*. <https://doi.org/10.1515/applirev-2023-0121>
- Mandelbrot, B. B. (2014). *Die fraktale Geometrie der Natur*. Birkhäuser Verlag.
- Motta, G., D'Ascenzi, A., & Testuggine, D. (2024). *Fractal Patterns May Unravel the Intelligence in Next-Token Prediction*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.01825>
- Najafi, E., & Darooneh, A. H. (2015). The Fractal Patterns of Words in a Text: A Method for Automatic Keyword Extraction. *PLOS ONE*, 10(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128633>
- Ribeiro, L. C., & Bernardes, A. T. (2023). On the fractal patterns of language structures. *PLOS ONE*, 18(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285630>

ДЖЕРЕЛА ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ

- День (2025, 30 липня). У Лондоні «ПриватБанк» виграв багатомільярдний судовий процес проти Коломойського і Боголюбова. <https://day.kyiv.ua/news/300725-u-londoni-pryvatbank-vyhrav-bahatomilyardnyy-sudovyy-protses-proty-kolomoyskoho-i>
- Шевченко, Т. (1845). *Зановім*. <https://www.ukrlib.com.ua/books/printit.php?tid=729>

REFERENCES

- Dombrovan, T. I. (2013). Fractality as a Fundamental Property of Linguistic Matter. *Zapiski z romano-germanskoj filologii* [Annals of Romance-Germanic Philology], 1(30), 57–67 [in Ukrainian].
- Eroms, H.-W. (2025). *Kürze, Verdichtung und Fraktalität*. Schmidt Erich Verlag.
- Hoepfner, H. (2003). Der Text als gerichtetes Chaos: Einblicke in Textentstehung und ihre Umsetzung bei der Vermittlung von Textgestaltungskompetenz. LIT.
- Kiyko, S. (2016). *The Synergetics of Homonymy: A Linguistic, Speech, and Interlingual Phenomenon*. Chernivtsi National University [in Ukrainian]
- Kiyko Y. (2020). *Medientexte aus fraktaltheoretischer Perspektive: deutsch-ukrainische Kontraste*. Peter Lang.
- Kiyko, Y., & Kiyko, S. (2020). Medientextsorte Meldung in deutscher und ukrainischer Kultur aus fraktaler Perspektive. *Glottology*, 11(1), 117–136.
- Kocherhan, M. P. (2010). *General Linguistics*. Academia [in Ukrainian].
- Köhler, R. (1986). *Zur linguistischen Synergetik: Struktur und Dynamik der Lexik*. Brockmeyer.
- Li, H., & Zheng, Y. (2025). A systematic review of time-intensive methods for capturing non-linear L2 development. *Applied Linguistics Review*. <https://doi.org/10.1515/applirev-2023-0121>
- Mandelbrot, B. B. (2014). *Die fraktale Geometrie der Natur*. Birkhäuser Verlag.
- Motta, G., D'Ascenzi, A., & Testuggine, D. (2024). *Fractal Patterns May Unravel the Intelligence in Next-Token Prediction*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.01825>
- Najafi, E., & Darooneh, A. H. (2015). The Fractal Patterns of Words in a Text: A Method for Automatic Keyword Extraction. *PLOS ONE*, 10(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128633>
- Ribeiro, L. C., & Bernardes, A. T. (2023). On the fractal patterns of language structures. *PLOS ONE*, 18(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285630>
- Selivanova, O. O. (2010). *Linguistic Encyclopedia*. Dovkillia-K [in Ukrainian].
- Shchychlo, L.V. (2019). Fractal Self-Organization of the German Word-Formation System. *Filologichni traktaty* [Philological Treatises], 11(1), 70–79 [in Ukrainian].
- Yenikieieva, S.M. (2011). *The Word-Formation System of Modern English: A Synergetic Aspect (Based on the Neologisms of the Late 20th – Early 21st Centuries)* [Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Philological Sciences. Kyiv National Linguistic University]. <https://uacademic.info/ua/document/0511U000771> [in Ukrainian].

SOURCES

- Den. (2025, July 30). U Londoni «PryvatBank» vyhrav bahatomilyardnyi sudovyi protses proty Kolomoiskoho i Boholiubova [In London, «PrivatBank» won a multi-billion dollar lawsuit against Kolomoisky and Bogolyubov]. <https://day.kyiv.ua/news/300725-u-londoni-pryvatbank-vyhrav-bahatomilyardnyy-sudovyy-protses-proty-kolomoyskoho-i> [in Ukrainian]
- Shevchenko, T. (1845). *Zapovit* [Testament]. <https://www.ukrlib.com.ua/books/printit.php?tid=729>

Отримано редакцією журналу / Received: 25.06.25

Прорецензовано / Revised: 24.07.25

Схвалено до друку / Accepted: 29.08.25

Опубліковано / Published: 07.05.26

Yuriy KIYKO, DSc (Philol.), Prof.
 ORCID ID: 0000-0002-2251-2811
 e-mail: y.kiyko@chnu.edu.ua
 Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Svitlana KIYKO, DSc (Philol.), Prof.
 ORCID ID: 0000-0003-4964-7043
 e-mail: kiyko@tu-berlin.de
 Technische Universität Berlin, Berlin, Germany

FRACTAL PROPERTIES OF HUMAN LANGUAGE: FROM THEORETICAL MODEL TO EMPIRICAL ANALYSIS

Background. *The relevance of this study is driven by the growing interest of scholars in studying language from a synergetic perspective, where language is viewed as an open, dynamic, and non-linear system. One of the key concepts of this approach is fractality – the property of self-similar structures at different scaling levels. Recently, the application of fractal analysis has transitioned from a metaphorical to an empirical stage, particularly with the use of quantitative methods. Despite significant progress, a number of unresolved issues related to methodology and data interpretation remain. The aim of this article is a comprehensive analysis of the fractal properties of language based on the integration of principles from linguosynergetics, quantitative linguistics, and the empirical analysis of language data.*

Methods. *The research employs a combined approach, utilizing both qualitative and quantitative methods. The qualitative analysis involves the application of a fractal model of information deployment. The quantitative analysis is implemented through Detrended Fluctuation Analysis (DFA) and its multifractal generalization (MF-DFA).*

Results. *The qualitative analysis demonstrated that fractal patterns manifest at all levels of language: phonological, morphological, syntactic, and textual. The analysis of a media text confirmed that its structure is organized according to a fractal principle: key information is repeated at three scaling levels with increasing detail. The quantitative analysis of a sequence of sentence lengths using DFA revealed a scaling exponent of $\alpha=0.72$, which significantly exceeds the 0.5 threshold and indicates the presence of strong long-range correlations and a non-linear text organization. The application of MF-DFA showed a wide multifractal spectrum, indicating a high heterogeneity of the text structure, where more ordered and informationally dense irregular fragments alternate.*

Conclusions. *The conducted research confirms that human language exhibits fractal properties at various levels of its organization. The combination of qualitative and quantitative analysis proves that text structure adheres to the principles of self-similarity, and the α -, φ -, ω -fractals model is an effective tool for describing the deployment of information. The practical significance of this work lies in the potential to use its results for improving NLP algorithms (automatic summarization), developing writing methodologies in language pedagogy, and identifying authorial style in discourse analysis. Prospects for further research include expanding the empirical base, conducting cross-linguistic comparisons, and analyzing large text corpora.*

Keywords: *synergetics, complex system, self-similarity, recursion, Detrended Fluctuation Analysis, multifractality, text structure, quantitative linguistics.*

Професор Світлана Кійко є членом редколегії журналу "Мовні і концептуальні картини світу", тому не брала участі у рецензуванні та ухваленні рішення щодо публікації цієї статті.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, розборі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

Professor Svitlana Kiyko is a member of the Editorial Board of the journal "Linguistic and Conceptual Worldviews", therefore did not take part in the peer-review process or in the decision to publish of this article.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.