

*К. І. Крицун,
аспірант кафедри економічної кібернетики, економічного факультету,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ.*

МУЛЬТИФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ФОНДОВИХ ІНДЕКСІВ УКРАЇНИ: ПФТС ТА UX

*К. І. Krytsun,
Phd student, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv*

MULTIFRACTAL ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE STOCK INDEXES: PFTS AND UX IN THE UKRAINIAN STOCK MARKET

У статті досліджено динаміку фондових індексів України, таких як: ПФТС та UX з 2006 по 2015 роки. При дослідженні було використано такий інструмент дослідження, як мультифрактальний аналіз та R/S аналіз. Розглянуто роботи науковців предметом дослідження яких є мультифрактальний аналіз. Розраховано коефіцієнт Херста у програмному середовищі Gretl та виявлено персистентність досліджуваних часових рядів. Виявлено мультифрактальні властивості рядів за допомогою програми SpectrAnalyzer. Здійснено розрахунки мультифрактального спектру сингулярності, а також графічно відображено флуктуаційні функції досліджуваних фондових індексів. Обґрунтовано доцільність застосування мультифрактального аналізу у дослідженні динаміки фондових індексів України. Фондовий індекс розглядається як індикатор стану не тільки фондового, але й фінансового ринку та економіки країни загалом. Окреслено подальші плани та ідеї у дослідженні фінансових індикаторів.

The paper investigates the dynamics of the stock indexes such as PFTS and UX from 2006 to 2015 years. The study uses such mathematical instrument such as multifractal analysis and R/S analysis. The research highlights recent papers of the scientist whose the subject of the study is multifractal analysis. The Herst coefficient was calculated for PFTS and UX indexes. The paper shows multifractal characteristics of the time series. The work calculates multifractal spectrum of singularity and shows with graphs fluctuation functions of the time series. The author highlights of relevance if using multifractal analysis in the research of the dynamics of the Ukrainian stock indexes is perspective. Stock indexes are investigated as indicators of the situation in the stock, financial markets and economy of country at all. Outlined further plans and ideas in the study of financial indicators.

Ключові слова: *мультифрактальний аналіз, фондовий ринок, фондові індекси, фінансовий ринок, нелінійні методи дослідження, динаміка фондових індексів, фінансові індикатори.*

Keywords: *multifractal analysis, stock market, stock indexes, financial market, nonlinear methods, the dynamics of stock indexes, financial indicators.*

Постановка проблеми.

Сучасні економічні дослідження перейшли в нову фазу свого розвитку. Причиною є ускладненням та глобалізаційними процесами економік. На сьогодні досить актуальним є застосування математичних методів нелінійної динаміки, а також наявність інформаційних технологій, що спрощують розрахунки, моделювання та прогнозування.

Методи нелінійної динаміки можуть представити ринок складною системою, яка здатна змінюватись в часі.

Фрактальні властивості часових рядів досить розповсюджені, що дає можливість досліджувати та виявити наявність універсального механізму, що призводить до виникнення фрактальності в різних системах. А тому пошук цієї схеми є найактуальнішою задачею.

Дослідження економічних та соціально-економічних систем є важливим, оскільки економіка та соціальні явища впливають як на окремого індивіда так на функціонуванні держави загалом. Проте такі системи надзвичайно важко досліджувати. І тому формується нова наука – еконофізика, завдяки якій узагальнені фізичні знання для створення нових інструментів аналізу та моделювання в економіці.[1, 3]

За допомогою моделювання та аналізу фінансових індикаторів фінансових ринків, країна зможе здійснювати на основі отриманих результатів, заходи та впроваджувати інструменти регулювання з метою стабілізації стану економіки. Вирішенню цих питань присвячено багато робіт економістів науковців, проте недостатньо досліджено окремі аспекти фінансових ринків України. Вибір теми обумовлено недостатнім висвітленням проблеми, а також з метою отримання найактуальнішої інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сучасному етапі розвитку науки, застосування мультифрактального аналізу є актуальним, проте досконало не вивченим при застосуванні цього методу в економічній сфері, тому свої наукові роботи присвятила значна кількість як вітчизняних, так й іноземних вчених та науковців.

Т. В. Кравець [8] досліджує ефекти синхронізації на фондових ринках, валютного ринку за допомогою мультифрактального аналізу з вейвлет перетвореннями. В. Д. Дербенцев, О. А. Сердюк, В. М. Соловійов, О. Д. Шарипов[6] у своїй роботі описують мультифрактальні методи для досліджень складних соціально-економічних систем та їх динаміку, а також інші методи нелінійного моделювання. А.В. Сірош, Д. Є. Семьонов[9] у своїй праці описують застосування мультифрактального аналізу при дослідженні фондових індексів США, Європи, Австралії та України.

Дослідженню фондових індексів, фондового ринку із застосуванням мультифрактального аналізу присвятили такі іноземні вчені та науковці як: Е. Петерс[5], Я. Корбел та П. Джизба[11], Л. Кириченко[10], М. Дубовиков[6], А. Марков, К. Кривоносова, А. Любушин[3].

Постановка завдання. Дослідити динаміку фондових індексів, таких як: ПФТС та UX з 2006 по 2015 роки, використовуючи мультифрактальний аналіз. Проаналізувати динаміку фондового індексу на різних часових проміжках. Виявити фрактальні властивостей ряду. Проаналізувати фондові індекси, як сигнал за допомогою діаграми Морле. Розрахувати спектр сингулярності, мультифрактальний спектр. Обґрунтувати доцільність застосування мультифрактального аналізу у дослідженні динаміки фондових індексів України.

Невирішені частини проблеми. Не зважаючи на значну кількість досліджень із застосуванням мультифрактального аналізу, досі існує нечіткість у поясненні отриманих результатів досліджень, тому це призводить до аналізу вже існуючих моделей та праць в цій сфері та їх вдосконалення і побудова нових моделей динаміки фондових індексів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У словнику бізнес-термінів поняття «індикатор» являє собою узагальнену характеристику будь-якого об'єкта, процесу чи його результату, властивостей, які зазвичай виражені кількісно.

В економіці індикатором є кількісний показник, який вказує на динаміку певної економічної чи фінансової величини.

Фінансовий індикатор – це числове значення чи їх сукупність на підставі якого(яких) отримується інформація/сигнал про тенденції явища чи процесу(ів) на фінансовому ринку.

Наприклад, фінансовим індикатором як на фінансовому ринку та економіки загалом можна вважати курс валют та фондові індекси.

Для дослідження фінансового індикатора такого як фондовий індекс було обрано два часових ряди: ПФТС та UX.

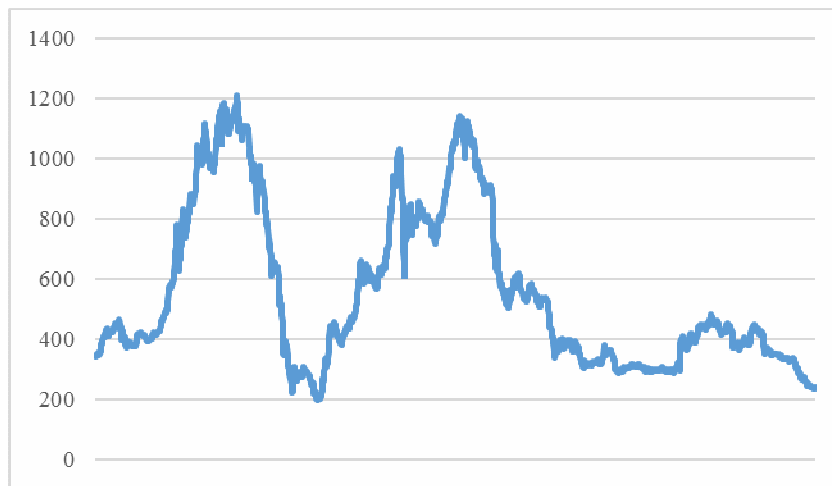


Рис. 1. Динаміка фондового індексу ПФТС 2006 - 2015 рр., щоденно

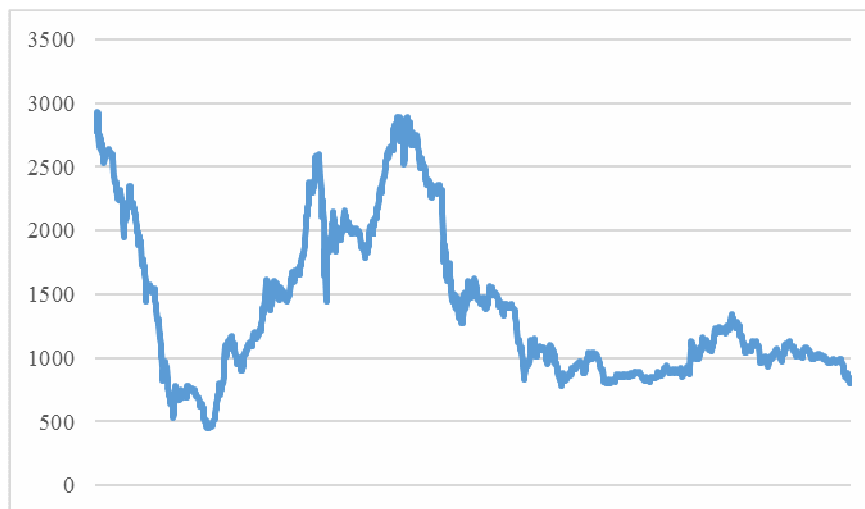


Рис. 2. Динаміка фондового індексу UX 2008 - 2015 рр., щоденно

Із рис.1 та рис.2 помітно, що фондові індекси мають схожу динаміку, це перш за все це характеризується тим, яка формула розрахунку індексу, а також вплив кількості та приналежності цінних паперів емітенту, що беруться для розрахунку індексу. Криза 2008 року досягла свого дна в березні 2009 року, після чого спостерігається пожвавлення та зростання значення індексу. В кінці квітня 2011 року почався спад який триває досі. Це пов'язано з політичною ситуацією в країні, через зростання загострення політичної проблеми спричиняє відтік капіталу з фінансових ринків, відповідно і відтік ресурсів із реального сектору, зменшуються обсяги виробництва, експорту, гривня «падає» в ціні, а фондовий індекс, як індикатор відображає поточний стан фінансового ринку і економіки держави.

Проте часовий ряд такий як фондовий індекс може характеризуватись фрактальними властивостями. Це означає, що на різних проміжках часу він може бути самоподібний собі при зміні часового масштабу.

За допомогою програми Gretl розраховано індекс Херста для виявлення в часовому ряді фрактальних властивостей, характеристик ряду як наявність пам'яті та неперіодичних циклів.

**Таблиця 1.
Коефіцієнт Херста для динаміки фондового індексу ПФТС**

Rescaled range figures for pfts (логарифми з основою 2)

Розмір	RS(avg)	log(Размер)	log(RS)
2447	84,071	11,257	6,3935
1223	81,350	10,256	6,3461
611	45,990	9,2550	5,5233
305	32,203	8,2527	5,0091
152	19,063	7,2479	4,2527
76	12,911	6,2479	3,6905
38	7,8818	5,2479	2,9785
19	5,0163	4,2479	2,3266
9	3,0094	3,1699	1,5895

Результати регресії (n = 9)

	коэф.	ст. похибка
Константа	-0,28564	0,17232
Кут. коэф.	0,62410	0,022395
Оцінка моделі експонента Херста = 0,624104		

Таблиця 2.

Коефіцієнт Херста для динаміки фондового індексу UX

Rescaled range figures for UX (логарифми з основою 2)

Розмір	RS(avg)	log(Размер)	log(RS)
1657	71,771	10,694	6,1653
828	51,103	9,6935	5,6753
414	25,587	8,6935	4,6774
207	19,736	7,6935	4,3028
103	13,963	6,6865	3,8035
51	8,5045	5,6724	3,0882
25	5,3184	4,6439	2,4110
12	3,5974	3,5850	1,8470

Результати регресії (n = 8)

	коэф.	ст. похибка
Константа	-0,37010	0,14483
Кут. коэф.	0,60896	0,019216
Оцінка моделі експонента Херста = 0,608957		

Коефіцієнт Херста – це статистичний показник, що використовується для аналізу часових рядів. Часові ряди, які добре описуються формулою Херста, характеризуються фрактальністю.[1, ст. 20]

Фрактальна розмірність часових рядів відповідно: $D_{PFTS} = 1,375896$ та $D_{UX} = 1,391043$, Якщо $D > 1$, то це свідчить про наявність фрактальної структури у досліджуваних часових рядах. А також вони є персистентними, тобто часові ряди характеризуються пам'яттю і будуть зберігати тенденцію.

Можна сказати, що піднесення фондового індексу, як індикатора зміниться у випадку залучення нових інвесторів, стабілізації політичного та економічного стану країни.

Часовий ряд може мати властивості монофрактала, або мультифрактала. Монофрактал – це часовий ряд який на різних проміжках характеризується однаковим коефіцієнтом масштабування. Мультифрактал – це комплекс фракталів, що змінюють один одного на різних проміжках, із зміною скейлінгового параметру масштабування. [2]

Для дослідження часових рядів необхідно звести їх до стаціонарного вигляду позбувшись трендової компоненти. В нашому випадку це перші різниці ряду.

За допомогою програми Spectra Analyzer отримано наступні результати.

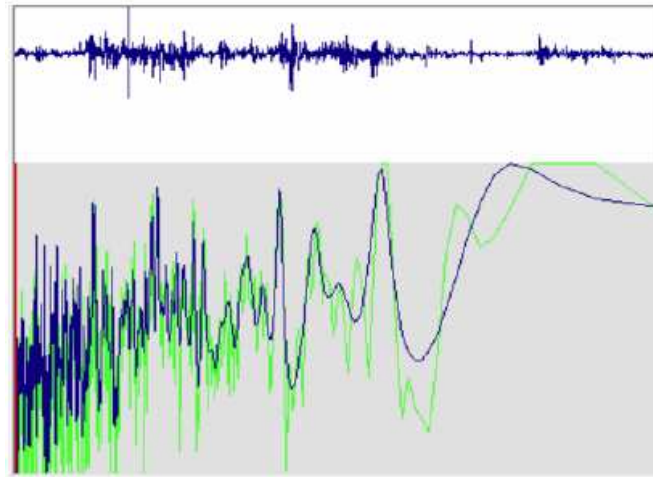


Рис. 3. Оцінка максимальної ентропії для ПФТС

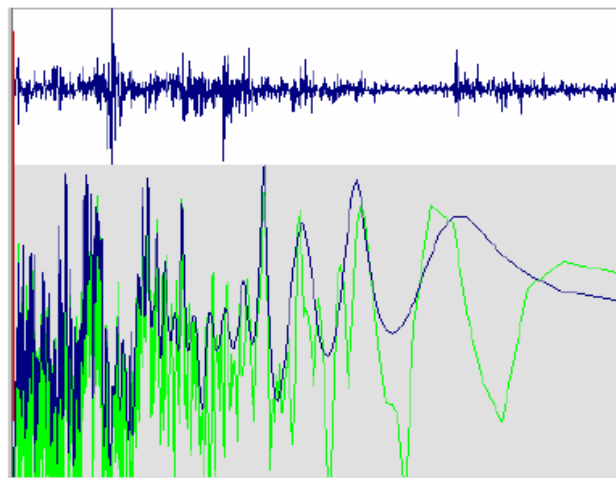


Рис. 4. Оцінка максимальної ентропії для UX

На рис. 3 та рис. 4 зображено два графіки, темносинім кольором на сірому фоні оцінка максимальної ентропії, та салативим допоміжна – Фур'є. Метод дозволяє отримати найбільш випадкового в заданих обмеженнях прогноз, який одночасно є й найбільш вірогідним. На графіках, бачимо, що ряд має чітко виражені піки, проте для того, щоб виявити чи являються вони періодичними, цієї оцінки не достатньо. Таке коливання може характеризуватись наявністю високого рівня шуму в даних. Тому варто додатково проаналізувати динаміку часових рядів, але на різних фрагментах часового вікна.

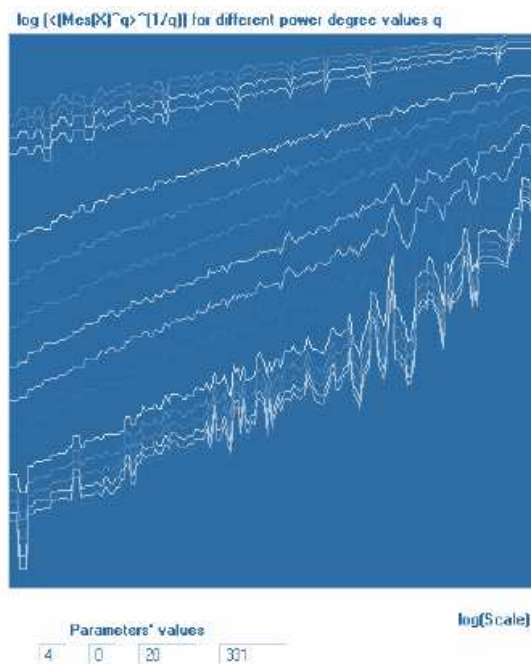


Рис. 5. Мультифрактальний спектр сингулярності індексу ПФТС

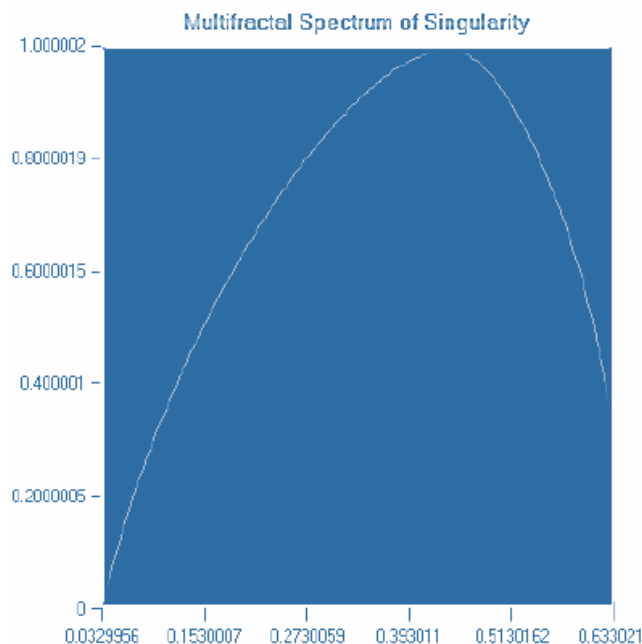


Рис. 6. Мультифрактальний спектр сингулярності індексу УХ

На рис. 5 та 6 побудовано мультифрактальні спектри сингулярності та динаміку зміни флуктуаційних функцій. Спектр сингулярності представляє інформативну статистику, що характеризує режим хаотичних флуктуацій досліджуваного часового ряду.[3, ст.16]

Флуктуаційні функції монофрактальних часових рядів паралельні між собою, інтервал зміни коефіцієнту Херста близький до нуля, а спектр сингулярності наближається до ідеального у вигляді точки, а для мультифрактальних часових рядів, їх флуктуаційні функції уже не паралельні між собою, коефіцієнт Херста – змінюється в значних межах, а спектр сингулярності має параболічний вигляд.[4, 64]

Отже, в нашому випадку фондові індекси є мультифрактальними часовими рядами. Це означає, що часовий ряд містить у собі цілий комплекс фрактальних властивостей. Крім того фондовий ринок не варто розглядати окремо від валютного та ринку, дорогоцінних металів, також ринку тих товарів, якими торгує на фондовому ринку Україна, адже ці ринки взаємопов'язані і зміни в одному з них спричинить зміни в іншому. А тому є потреба у дослідженні їх фрактальних властивостей на різних часових проміжках та явища когерентності між вище зазначеними ринками України.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Результати досліджень вчених та науковців свідчать про те, що неоднорідність фрактальної структури визначається не тільки природою часового ряду але і його локальними характеристиками.

Виявивши мультифрактальні властивості, можна підібрати більш ефективну математичну модель випадкового процесу, що генерує аналогічні часові реалізації.

Також, зазвичай аналогічні монофрактальні випадкові процеси мають менш громіздкий математичний апарат і являються більш простими в реалізації на відміну від мультифрактальних процесів. Перспективи подальших досліджень полягають у тому, щоб розглядати фондовий ринок разом з валютним та ринком золота та дослідити їх когерентність з метою прогнозування їх взаємовпливу та динаміки. А також дослідити локальну динаміку часових рядів до кризи, в період кризи та після. Що може дати важливу інформацію щодо прогнозування майбутньої їх динаміки.

Список літератури.

1. Старченко Н.В. Индекс фрактальности и локальный анализ хаотических временных рядов: дис. ... кандидата физ.-мат. наук: 01.01.03/ Старченко Николай Викторович. – Москва 2005. – 122 с.
2. Николаева Е.В. Города как фрактальные перекрестки мира / Николаева Е.В.// Лабиринт. Журнал социально-гуманитарных исследований: Лабиринт. Журнал социально-гуманитарных исследований. – 2012. – №3. – С.92-106.
3. Любушин А.А. Исследование случайных флуктуаций геофизических полей - [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.ifz.ru/fileadmin/user_upload/subdivisions/506/Konferencii/2015/Lectons/Lyubushin.pdf
4. Дегтяренко И.В., Гарматенко А.М. Алгоритм поиска интервалов монофрактальности в неоднородных фрактальных процессах / Дегтяренко И.В., Гарматенко А.М.// Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2014 – №37. – С.59-67.
5. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков: Применение теории Хаоса в инвестициях и экономике. / Э. Петерс. – М.: Интернет-трейдинг, 2004. – 304 с.
6. Дубовиков. М. М. О фрактальном анализе хаотических временных рядов / М. М. Дубовиков, Н. А. Старченко // Вестник РУДН, Серия Прикладная и компьютерная математика, Т. 3, № 1, 2004. – С. 30 – 44.
7. Дербенцев В. Д. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем / [В. Д. Дербенцев, О. А. Сердюк, В. М. Соловійов, О. Д. Шарапов]. – Черкаси: Брама-Україна, 2010. – 287 с.
8. Кравець Т. В. Моделювання доходностей фондових індексів методами вейвлет-аналізу / Т. В. Кравець // Бізнес Ін-форм. – 2013. – № 7. – С. 104 – 109.
9. Сірош А. В. Мультифрактальний аналіз фондового ринку / А. В. Сірош, Д. Є. Семьонов // Моделювання та інформаційні системи в економіці : зб. наук. праць / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, ДВНЗ "Київський нац. екон. ун-т ім. В. Гетьмана"; відп. ред. В. К. Галіцин. — 2012. — № 87. — С. 201–210.
10. Кириченко Л. О. Исследование выборочных характеристик, полученных методом мультифрактального флуктуационного анализа // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: зб. наук. пр. – 2011. – № 54. – С.101–111
11. P. Jizba, J. Korbel. Methods and Techniques for Multifractal Spectrum Estimation in Financial Time Series May 2013. [Electronic resource] – [Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering Czech Technical University in Prague, 2013] – Mode of access: http://www.lorentzcenter.nl/lc/web/2013/566/presentations/Contributed%20talk_Korbel.pdf

References.

1. Starchenko N.V. (2005) "Indeks fractalnosti I lokalnyi analiz haoticheskikh vremennykh ryadov", Abstract of Ph.D. dissertation, mathematical physics, Engineering-physics institute of Moscow, Moscow, Russia.
2. Nikolaeva E.V. (2012) Goroda kak fraktal'nye perekrestki mira / Nikolaeva E.V.// Labirint. Zhurnal socialno-gumanitarnykh issledovaniy. Vol. №3. Ivanovo, Russia, p.92-106.
3. A. Lyubushin. Issledovanie sluchaynykh fluctuaciy geofizicheskikh polej. [Electronic resource] – mode access: http://www.ifz.ru/fileadmin/user_upload/subdivisions/506/Konferencii/2015/Lectons/Lyubushin.pdf
4. Dehtiarenko I.V., Garmatenko A.M. (2014) Algoritm poiska intervalov monofraktalnosti v neodnorodnykh fraktalnih processah. Zbirnyk naukovykh prac DonIZT. Vol. №37, pp. 59-67.
5. Peters E. (2004) Fractalnyj analiz finansovykh rynkov: priminenie teorii haosa v investiciyah I v ekonomike. Internet trading. Moscow, p. 304
6. Dybovikov M. M. (2004) O fraktalnom analize haoticheskikh vremennykh ryadov. Vestnik RUDN. Seria Prikladnaya i kompjuternaya matematika. Vol. 3, № 1, pp. 30 – 44.
7. Dербенцев V.D. (2010) Synergetychni ta ekonofizychni metody doslidzhennia dunamichnykh ta strukturnykh harakterystyk ekonomichnykh system. Brama-Ukraina, Cherkassy, p. 287
8. Kravets T.V. (2013) Modelyvannia dohodnostei fondovykh indeksiv metodamu veivlet-analizu. Biznes-inform. Kyiv. Vol. 7, pp. 104-109

9. Sirosh A.V. (2012) Multyfraktalniy analiz fondovogo rynku. Modeluvannia ta informacijni system v ekonomici. Zbiryk naukovyh prats. Kyiv. Vol. № 87, pp. 201–210.
10. Kyrychenko L.O.(2011) Issledovanie viborochnih harakteristik, poluchenim metodom myltifraktalnogo fluktuacionnogo analiza. Visnyk NTUU “KPI”. Kyiv. Vol. № 54, pp. C.101–111
11. P. Jizba, J. Korbek. Methods and Techniques for Multifractal Spectrum Estimation in Financial Time Series May 2013. [Electronic resource] – [Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering Czech Technical University in Prague, 2013] – Mode of access: http://www.lorentzcenter.nl/lc/web/2013/566/presentations/Contributed%20talk_Korbek.pdf

Стаття надійшла до редакції 20.02.2016 р.