

**ПРОБЛЕМИ
МОНІТОРИНГУ,
МОДЕЛЮВАННЯ ТА
МЕНЕДЖМЕНТУ
ЕМЕРДЖЕНТНОЇ
ЕКОНОМІКИ**

МОНОГРАФІЯ

ЧЕРКАСИ – 2013

Міністерство освіти і науки України
Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького (Україна)
ДВНЗ «Національний гірничий університет» (Україна)
ДВНЗ «Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана» (Україна)
Одеський національний економічний університет (Україна)
Черкаський державний технологічний університет (Україна)
Ben-Gurion University of the Negev (Israel)
Information Systems Management Institute (Latvia)

ПРОБЛЕМИ МОНІТОРИНГУ, МОДЕЛЮВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТУ ЕМЕРДЖЕНТНОЇ ЕКОНОМІКИ

МОНОГРАФІЯ

ЧЕРКАСИ – 2013

УДК 330.368(447)

ББК 65.9 (4УКР)

М 77

Рекомендовано Вченою радою ННІ економіки і права Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького (протокол № 9 від 30.08.2013)

Рецензенти: *Іванов М.М.*, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри менеджменту організацій Класичного приватного університету (м. Запоріжжя)

Клебанова Т.С., доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики Харківського національного економічного університету (м. Харків)

Черняк О.І., доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка (м. Київ)

Проблеми моніторингу, моделювання та менеджменту емерджентної економіки : Монографія / За заг.ред. Соловйова В.М. - Черкаси: Брама, видавець Вовчок О.Ю., 2013. - 218 с. : Англ. мова, рос. мова, укр.. мова : іл.

В монографії розглянуто сучасні підходи до моніторингу, моделювання та управління складними системами з емерджентними (такими, що виникають) властивостями. Показано, що теорія складності може слугувати природною парадигмою створення надійних методів і продуктивних моделей. Автори акцентують увагу на той факт, що на шляху до побудови емерджентної економіки Україні необхідно стимулювати розвиток інноваційної складової економічних реформ.

УДК 330.368(447)
ББК 65.9 (4УКР)

© В.М. Соловйов, 2013 р.
© Автори статей, 2013 р.

НАУКОВИЙ АВТОРСЬКИЙ КОЛЕКТИВ:

Вітлінський В.В., д.е.н., професор (розділ 4.2), Курбанов К.Р., д.т.н., професор (розділ 2.2), Орлова Е.Р., д.э.н., професор, (розділ 1.4.), Пурський О.І., д.ф.-м.н., професор, (розділ 1.2), Соловійов В. М., д.ф.-м.н., професор (розділ 3.1, 3.2., 3.3), Точилин В.А., д.э.н., професор (розділ 4.1), Швець В.Я., д.э.н., професор (розділ 2.3).

Дроботова М.В., к.е.н., доцент, (розділ 1.3), Гриценко К.Г., к.т.н., доцент (розділ 4.3), Кібальник Л.О., к.е.н., доцент, (розділ 1.1.), Кондур О.С., к.ф.-м.н., доцент, (розділ 2.1), Пушкар О.І., к.е.н. (розділ 2.2), Скіцько В.І., к.е.н. (розділ 4.2), Тиховская Т.Н., к.е.н., доцент (розділ 2.4), Щур Р.І., к.е.н. (розділ 2.1).

Данильчук Г.Б. (розділ 3.3), Иванова А.Я. (розділ 1.4), Куреня С.В. (розділ 4.1), Куценко М.О. (розділ 1.3), Лук'янчук О.С. (розділ 3.3), Мороз І.О., (розділ 1.2.), Музычка А.Р. (розділ 2.3), Стратійчук І.О. (розділ 3.4), Тобілевич Ю.Є. (розділ 3.2), Тулякова А. Ш (розділ 3.1), Чабаненко Д.М. (розділ 3.5).

ПЕРЕДМОВА

Феномен країн емерджентного типу досить пильно досліджується протягом останніх років з боку економічно розвинутих країн та провідних міжнародних організацій. Таку зацікавленість країнами емерджентного типу, звісно, неважко пояснити. По-перше, не є таємницею, що саме країни емерджентного типу виявились більш стійкими до наслідків світової фінансово-економічної кризи 2008-2009 рр. По-друге, вагомою є роль даних країн у сучасній світовій економічній системі.

Наявний рівень і потенційні можливості інноваційного розвитку є однією з основних характеристик країн з економіками емерджентного типу. Окрім зазначеного, до інших характерних рис країн емерджентного типу належать: наявність економік, що розвиваються, значна площа ефективної території, нестабільність політичної ситуації в країні, волатильність зовнішньоекономічної діяльності.

При всій зовнішній схожості з ознаками емерджентних економік, Україна, на жаль, не належить до групи країн з емерджентними ринками, а представляє собою країну з «граничним ринком» через наявність низького рівня ринкової капіталізації та ліквідності, надмірної економічної і політичної нестабільності.

Існування в Україні потенціалу офіційного набуття статусу країни з економікою емерджентного типу не викликає сумніву. Завдання полягає лише в активізації даного потенціалу. Для цього потрібно взяти курс на інноваційне економічне зростання, яке є основним засобом становлення економіки емерджентного типу. Підтримка інноваційних процесів може здійснюватись через створення об'єктів інноваційної інфраструктури.

В основу успіху економічної політики на сьогодні для України (і в цілому для світової економічної системи) має бути покладена синергія таких чинників - інформація, інвестиції та інновації. Поки що система державного управління в Україні виступає чинником,

що дезінтегрує ці компоненти та практично унеможлиблює інноваційний розвиток.

Більш обґрунтований та аргументований висновок може бути отриманий в результаті застосування математичних методів і моделей. Загальноприйнятною для емерджентних економік сьогодні є модель синергетичного ринку, якій притаманна нелінійність, багатоваріантність (альтернативність), здатність до якісних (фазових і структурних) переходів, що є властивостями і рушійними силами в розвитку ринків. В еволюційному розвитку ринків час грає системноформуючу роль. Ринки, як і всі економічні системи, в конкретному часовому форматі - не рівнозначні і біфуркаційні. На ринках можливі позитивні і негативні синергетичні ефекти (кризи, катастрофи тощо). Синергетичні ефекти в соціоекономічних системах, в тому числі на ринках, є результатом кооперативної (узгодженої або неузгодженої) дії різнорідних за природою сил (інновацій, інститутів, технологічних змін, екологічних катастроф і т.д.).

З проведеного математичного аналізу, на жаль, не слідує висновок щодо наявності в Україні економіки, подібної за рівнем емерджентного розвитку до економік Китаю чи Індії, які, безсумнівно, займають лідируючі позиції в групі даних економік.

Отже, для розбудови в Україні емерджентної економіки треба вирішити проблеми, які стають на заваді інноваційної активності вітчизняних підприємств, приділити особливу увагу факторам, які є джерелом волатильності зовнішньоекономічної діяльності та нестабільності політичної ситуації в Україні, а також активізувати зусилля держави, бізнесу, університетів (науково-учбових центрів) та більшості суб'єктів економічної діяльності для досягнення ефекту від запропонованих дій.

Саме розв'язанню вказаних проблем присвячена дана монографія.

Відповідальний редактор,
проф. Соловйов В.М.
Черкаси, вересень 2013 р.

3. Boccaletti S. Complex networks: Structure and dynamics / Boccaletti S., Latora V., Moreno Y., Chavez M., Hwang D.-U. // Phys. Rep. – 2006, - V.424. – P.175-209.
4. Lacasa L. From time series to complex networks: The visibility graph / L. Lacasa, B. Luque, F. Ballesteros et.al. // PNAS. -2008. – V. 105, No 13. – P. 4972-4975.
5. Соловйов В.М. Рекурентні міри як метод кількісної оцінки складності / В.М.Соловйов, А.В.Батир // Вісник КНУТД. - 2012, №5.- С.254-257.
6. Donner R.V. Recurrence-based time series analysis by means of complex network methods / R.V. Donner, M. Small, J.F. Donges, N. Marwan et.al. // [Електронний ресурс] – Режим доступу: arXiv:1010.6032v1 [nlin.CD] 25 Oct 2010.
7. Matlab Tools for Network Analysis // [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://strategic.mit.edu/downloads.php?page=matlab_networks
8. Цветкович Д., Дуб М., Захс Х. Спектры графов. Теория и применение. — Киев: Наукова думка, 1984. – 384 с.
9. Fiedler M. Algebraic connectivity of graphs / M. Fiedler // Czechoslovak Math. J. – 1973.-V.23.-P.:298 - 305.
10. M. Fiedler. A property of eigenvectors of nonnegative symmetric matrices and its application to graph theory / M. Fiedler // Czechoslovak Math. J. – 1973.-V. 25.-P.619 - 633.

3.3. ЕНТРОПІЙНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ СВІТОВОЇ БАНКІВСЬКОЇ СИСТЕМИ

Постановка проблеми. Світова економічна криза, наймасштабніша за наслідками, ще й досі має значний вплив на економічний розвиток країн, обмежуючи залучення до економічних процесів як внутрішніх, так і зовнішніх фінансових ресурсів. Не оминула ця глобальна проблема і банківську систему, яка цілком вірно вважається однією із центральних ланок економіки та виступає значним фактором економічного розвитку країни.

Метою роботи є дослідження світової банківської системи з використанням елементів теорії складності для розробки адекватних індикаторів, які б сигналізували про наближення кризових явищ.

Вступ. Процес глобалізації найбільш динамічно відбувається у фінансовій сфері та знаходить свій вияв у фінансовій лібералізації, глобальній фінансовій інтеграції та структурних змінах у міжнародних фінансах. Очевидним є взаємозв'язок лібералізації національних та міжнародних фінансових ринків, що призводить до прискорення руху капіталу на міжнародному рівні. Цей процес стає каталізатором хвилеподібного поширення фінансових і валютних криз. Причини фінансової нестабільності полягають також у незбалансованих взаємовідносинах основних гравців глобальних ринків – США, Євросоюзу та країн Азії. Вплив глобальної фінансової нестабільності на інші країни залежить від відкритості економіки, а відповідно – від імовірності, що фінансова нестабільність зумовить значні зовнішні шоки для економіки цих країн.

На сучасному етапі розвитку світового господарства, під впливом процесів лібералізації, інтеграції та глобалізації, відбувається активний розвиток сфери банківських послуг у більшості регіонах і країнах світу. Як показує практика, розвиток фінансового ринку, в тому числі і ринку банківських послуг, є однією із найважливіших і визначальних складових еволюції світової економічної системи. Так, загальні обсяги активів банків у розвинутих країнах значно перевищують обсяги ВВП цих країн (у Німеччині — у 3 рази, у Франції — у 4 рази, в Об'єднаному Королівстві — у 6 разів). Процес розвитку економіки кожної країни нерозривно пов'язаний із механізмом функціонування ефективної інфраструктури фінансового ринку, у центрі якої перебуває банківська система.

Вжитих урядами країн заходів виявилось недостатньо, щоб зупинити фінансову кризу у США. Після банкрутства навесні 2008 року великого інвестиційного банку Bear Stearns, що був викуплений своїм конкурентом JP Morgan Chase за вкрай низькою ціною, лише встановлення державного контролю врятувало

найбільші американські іпотечні компанії Fannie Mae і Freddie Mac. Проте подальший розвиток подій показав, що ці проблеми були далеко не найбільшими в американській фінансовій системі. У середині вересня фінансова криза отримала новий поштовх: усього за п'ять днів зі світового фінансового ринку зникли два із найбільших інвестиційних банків – Lehman Brothers та Merrill Lynch. Ще два банки – Goldman Sachs, Morgan Stanley та велика страхова група AIG – шукають нових власників [1].

Доречним буде зобразити динаміку досліджуваних часових рядів, котрими є акції світових банків: Bank of America Corporation (bac), BNP Paribas SA (bnp), HSBA Holdings Plc (hsba), Goldman Sachs Group (gs), JPMorgan Chase & Co (jpm), ING Groep NV (ing), Deutsche Bank AG (db), Credit Suisse Group AG (cs). Для наступних розрахунків дані взято з сайту [2] за період 01.01.2004р. і по 06.07.2013р.

Нами було проведено класифікацію банків за критерієм їх виходу з кризи відповідно до динаміки цін акцій. Результати у нормалізованому вигляді зображено на рис.1.

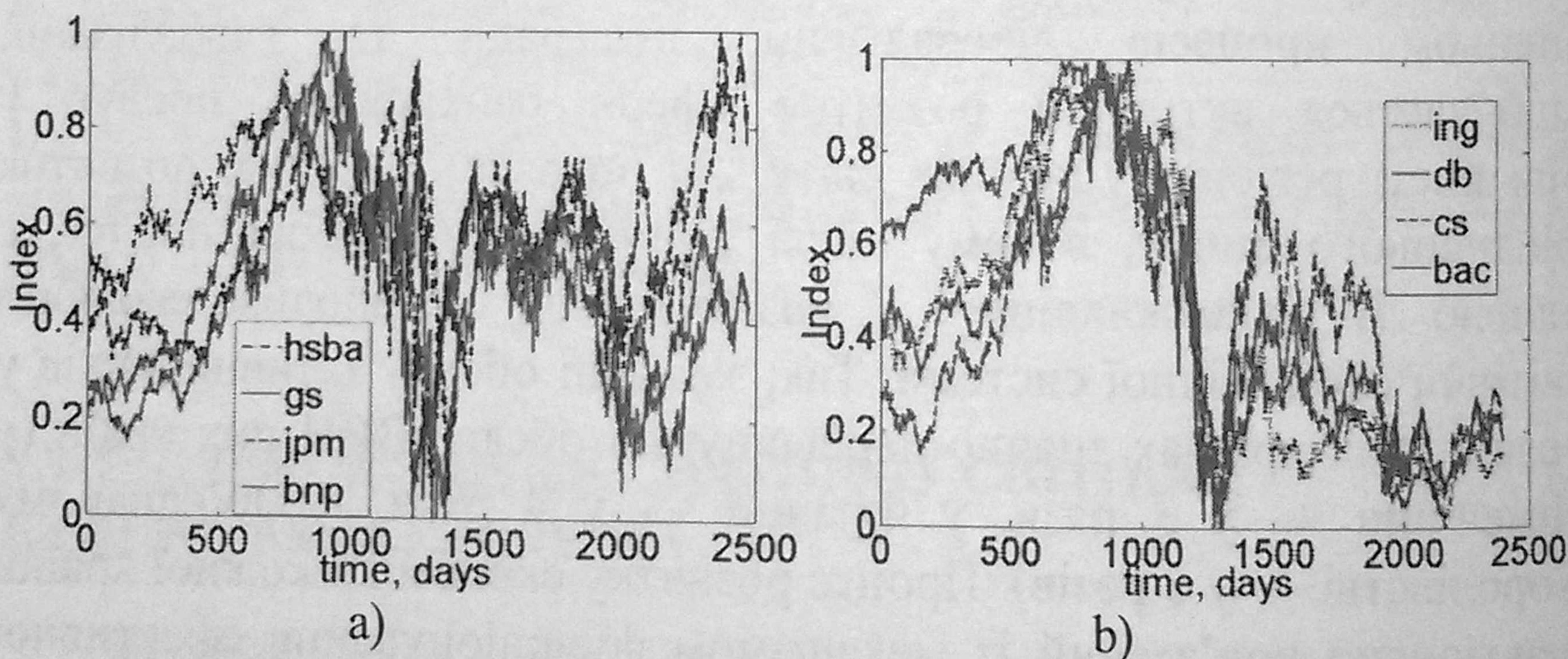


Рис. 1. Класифікація світової банківської системи: а) банки, що виходять з кризи; б) банки, що знаходяться в кризовому стані

2. Застосування синергетичного підходу в новій парадигмі складності для дослідження банківської системи. Аналіз останніх досліджень з даної проблематики виявив, що в світових

бізнес-виданнях питанням синергетики, та проблеми складності (complexity) синергетичних систем приділяється багато уваги. Останні декілька років ці проблеми стали також висвітлюватися вітчизняними вченими та науковцями пострадянських країн. За Хакеном [3], синергетика займається вивченням систем, що складаються з великої кількості частин, компонентів чи підсистем, які складним чином взаємодіють між собою. Застосування синергетичних підходів і методів в економічній сфері висвітлено Зангом [4]. Він застосував раніше відомі моделі нелінійних рівнянь для моделювання економічних систем.

Синергетика – це наука про самоорганізацію систем, виникнення впорядкованих складних систем, організацію колективних типів поведінки під впливом флуктуацій. Як зауважує сам Хакен, це приводить нас у певному сенсі до свого роду узагальненого дарвінізму, дія якого поширюється не тільки на органічний, але і на неорганічний світ [5].

Синергетичний ефект при цьому зводиться до збільшення ефективності діяльності в результаті з'єднання, інтеграції, злиття окремих частин в єдину систему за рахунок так званого системного ефекту (емерджентності) [6].

До складних синергетичних систем відносять системи, котрі задовольняють наступним вимогам:

- відкритості;
- нелінійності;
- ентропійності [7].

Крім того, синергетичним системам притаманні наступні особливості: складність, різноманітність, багатомірність і невизначеність [6].

Банківська система відноситься до складних систем, так як характеризується великою кількістю елементів та зв'язків між ними. Як кількість елементів, так і міжелементні зв'язки можуть неконтрольовано змінюватись, що робить поведінку цієї системи складно прогнозованою. Як складній системі банківській системі не притаманна адитивність, тобто якості системи не являються сумою якостей її елементів. Ця властивість має назву емерджентності, і результатом її дії є виникнення синергетичного ефекту.

Привертає увагу позиція І. Пригожина [8], у працях якого дослідження відповідного кола питань займає досить помітне місце. «Ми все ще далекі від того, - зазначає Пригожин, - щоб дати визначення складного». У чому специфіка представленого аналізу? Автором жодною мірою не ставиться завдання розкрити основи теорії складних систем. Йдеться про інше: про ті позиції відповідної теорії, на які може спиратись економічна наука при визначенні основних засад свого методологічного оновлення.

Природним є існування різних підходів до визначення специфіки складного. Усіх їх поєднують акценти на складностях структурної побудови, взаємозалежності та взаємодії різноякісних складових частин, які функціонують у межах системи. «Складність, - пишуть М. Згуровський і Н. Панкратова [9], - це спільна властивість єдиної множини різноманітних об'єктів, які структурно взаємозв'язані, функціонально взаємозалежні та взаємодіють між собою...». З таким визначенням не можна не погодитися. Водночас треба бачити те, що традиційні для системного аналізу позиції, згідно з якими складність визначається цілісним поєднанням структурно неоднорідних частин, не враховують якісної визначеності складних систем.

Сучасна методологія виходить з того, що в новітніх системних трансформаціях складність проникає в суть самого порядку речей. Важливо враховувати й те, що зміщення акцентів від простого до складного - це не просто констатація певної наукової парадигми. В роботі [10] А. Гальчинський зазначає, що йдеться про значно більше, про нові світоглядні засади, нову культуру мислення, про базові принципи сучасного постмодерністського світосприйняття. За оцінками І. Пригожина, мова йде про наукову революцію в дослідженнях сучасного світоустрою, за якої акценти на дослідженнях складних систем «не залежать від того, чи йде мова про молекули, біологічні або соціальні системи».

На противагу статичним поглядам на світоустрій, складність у І. Пригожина розглядається як «невід'ємна частина світу динамічних систем», у витоків дослідження яких стоїть видатний французький учений, математик, фізик і філософ А. Пуанкаре. Саме він запропонував обґрунтування нелінійних рівнянь, на яких

базується теорія динамічних систем і які становлять методологічний фундамент дослідження складних систем. Так, складні системи - це насамперед динамічні, з точки зору наявного потенціалу саморозвитку, системи.

Складність – «це впорядкованість, до якої ми поки що не маємо ключа». «Складність, - пише А. Атлан, - передбачає, що ми маємо про структуру глобальне уявлення, і водночас це уявлення не дає нам змоги пізнати її досконально. Ось чому складність вимірюється інформацією, якою ми не володіємо і яка потрібна, щоб визначити систему в усіх її деталях» [10].

Поняття складного органічно кореспондується і з специфікою так званих дисипативних систем, які виключають можливість зворотного розвитку, базуються на принципах незворотності процесів. Поняття дисипативності структури, наголошують В. Бранський і С. Пожарський [11], це концептуальний фундамент теорії складних систем.

При розгляді генетики складних систем треба враховувати й те, що для їх визначень притаманними є не детерміністські закономірності, а імовірнісний підхід. Складні системи не можна охарактеризувати в термінах ньютонівської детерміністської логіки (події «х» породжують події «у»), а лише через принципи спонтанності, ймовірності та нестійкості. Відповідно змінюється і методологічна основа дослідження складних систем. Складні системи - це за своїм змістом не просто динамічні системи, а нерівноважні динамічні системи, методологія яких кореспондується з методологією квантової механіки і теорії відносності, принципами ймовірності [12]. Складність визначається мірою нелінійності. У цьому відношенні складні нелінійні системи слід розглядати як антипод лінійним цілісним системам, які у світлі нових обґрунтувань можна віднести, скоріше за все, до класу простих систем.

За А. Гальчинським йдеться не про коригування діючих методологічних механізмів, а про їх сутнісну перебудову. У зв'язку саме з такою перебудовою нині у методології та методах дослідження утворюються «глибокі розлами» (Ж. Рюс [13]), які розхитують наявні принципи наукового пізнання: старі

(ортодоксальні) методологічні канони вже не працюють, а нові ще не працюють - вони ще системно не сформовані. Принципові виклики сучасному науковому процесові, які породжують кризові явища у сфері наукових досліджень, у тому числі й в теорії економічного аналізу, мають розглядатися, насамперед, у відповідному контексті. Методологія складних систем містить у собі широкі потенціальні можливості їх розв'язання.

Для дослідження складних систем нами було створено загальний блок програмного забезпечення, який включає потужний ентропійний комплекс, реалізовується засобами у середовищі matlab.

До його складу було включено ряд ентропій:

- ентропія Колмогорова;
- ентропія Шеннона;
- ентропія подібності;
- ентропія шаблонів;
- перестановочна ентропія;
- ентропія Рені;
- ентропія Тсалліса.

Кожний з видів ентропії при своєму розрахунку має свою методику обчислення, одні з них розраховуються в фізичному просторі, тоді як інші використовують фазовий, який відновлюється з вихідного часового ряду. В даній роботі часові ряди являють собою ціни акцій провідних світових банків.

Головна ідея застосування методів хаотичної динаміки до аналізу часових рядів полягає в тому, що основна структура хаотичної системи, що містить у собі всю інформацію про систему, а саме атрактор динамічної системи (підмножина фазового простору, яка притягує траєкторії в межі нескінченного часу), може бути відновлена через вимірювання тільки однієї спостережуваної характеристики цієї динамічної системи, зафіксованої як часовий ряд.

Згідно із методом Грасбергера і Прокаччі [14] процедура реконструкції фазового простору і відновлення хаотичного атрактора системи при динамічному аналізі часового ряду

зводиться до побудови так званого фазового простору з певною розмірністю.

Дисипативні системи описуються кінетичними рівняннями, в яких змінними можуть бути будь-які фізичні величини, наприклад, концентрації частинок певного роду, температура тощо. Багатовимірний простір, утворений цими змінними теж називають фазовим простором [15].

На рис.2 представлено фазове відображення реальної економічної системи на прикладі ряду значень акцій банку Barclays (barcl) для вихідного та перемішаного часового ряду.

З рисунку 2 видно, що фазове відображення дозволяє чітко визначити наявність стійких залежностей у досліджуваному наборі даних: якщо для вихідного ряду характерним є «притягнення» до певних точок, то для перемішаної послідовності такі закономірності не прослідковуються.

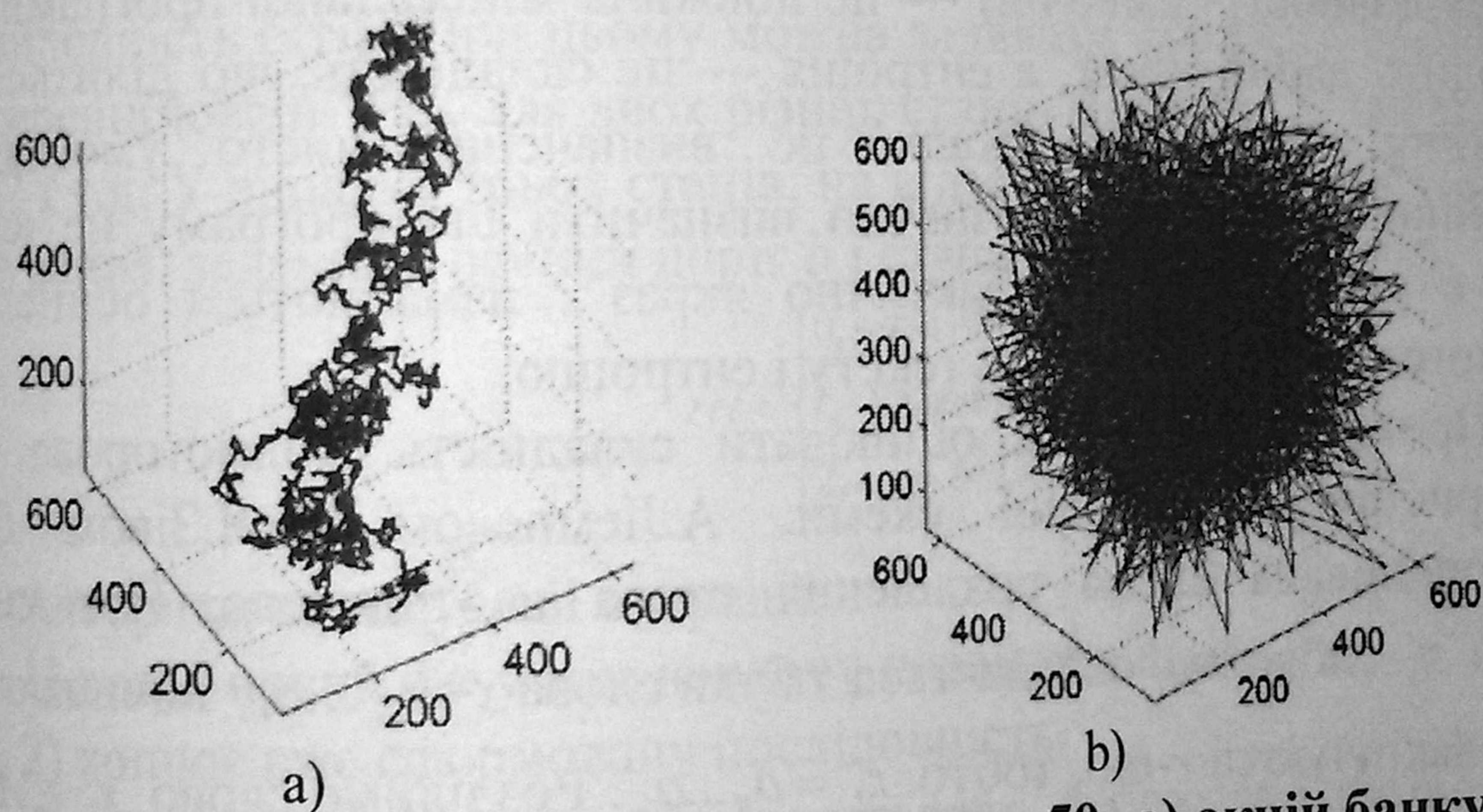


Рис. 2. Фазове відображення для лагу 50: а) акцій банку barcl ; б) перемішаних значень акцій barcl.

Перш ніж перейти до розгляду ентропій, котрі являються мірами складності системи та можуть бути використані, як індикатори кризових явищ банківської системи, коротко зупинимося на понятті алгоритмічної складності.

3. Алгоритмічна складність за Лемпелем-Зівом. Найбільш відомою і простою мірою складності є колмогорівська складність. Поняття колмогорівської складності (алгоритмічної ентропії) з'явилося в 1960-і роки на стику теорії алгоритмів, теорії інформації і теорії ймовірності.

Ідея А. М. Колмогорова [16], полягала в тому, щоб вимірювати кількість інформації, що міститься в індивідуальних скінчених об'єктах (а не у випадкових величинах, як у шеннонівській теорії інформації). Колмогоров запропонував вимірювати кількість інформації в скінчених об'єктах за допомогою теорії алгоритмів, визначивши складність об'єкту як мінімальну довжину програми, що породжує цей об'єкт. Це визначення стало базисом алгоритмічної теорії інформації, а також алгоритмічної теорії ймовірностей: об'єкт вважається випадковим, якщо його складність наближена до максимальної.

Отже, за Колмогоровим, складність об'єкту (наприклад, тексту - послідовності символів) — це довжина мінімальної програми яка виводить даний текст, а ентропія — це складність, що ділиться на довжину тексту. На жаль, це визначення чисто умоглядне. Надійного способу однозначно визначити цю програму не існує. Але є алгоритми, які фактично якраз і намагаються обчислити колмогорівські складність тексту і ентропію.

Проте є доцільним оцінювати складність Колмогорова при використанні наступної схеми. А.Лемпелом і Я.Зівом була запропонована схема розділення слова на підслова. Позначимо через x_l^r слово, що складається з букв слова $x = a_{i1} \dots a_{in}$, починаючи з l -ої і закінчуючи r -ою, тобто $x_l^r = a_{il} \dots a_{ir}$. Розділимо слово $x_l^n \in A^n$ на підслова $\sigma_i, i = 1, \dots, m$ за наступним правилом. Нехай початок слова x_l^n вже розділено на підслова, тобто є конкатенацією підслів $\sigma_1 \sigma_2 \dots \sigma_{i-1}$ і $x_l^n = \sigma_1 \dots \sigma_{i-1} x_{li}^n$. Виберемо наступне підслово $\sigma_i = x_{li}^{l_{i-1}-1}$ так, щоб слово $x_{li}^{l_{i-1}-2}$ було найдовшим префіксом слова x_{li}^n і вже містилося як підслово в слові $x_{li}^{l_{i-1}-3}$, тобто $\sigma_i = x_{li}^{l_{i+1}-d_i, -2} a_i$,

де $d \leq l_i$. Кожне підслово σ_i і визначається трійкою чисел $(d_i, l_{i+1} - l_i, j_i)$.

Схема Лемпела-Зіва породжує програму P_{LZ} , яка поновлює слово за послідовністю трійок чисел. Щоб двійкові коди натуральних чисел можна було однозначно розділяти, перше число в кожній трійці доцільно записувати у двійковому вигляді з використанням рівно $\log l_i$ бітів, друге можна кодувати довільним префіксним кодом чисел натурального ряду, для запису третього досить $\log |A|$ бітів.

Будемо знаходити складність за Лемпелем-Зівом (LZ) для часового ряду, який являє собою, наприклад, щоденні значення цін акцій банківських установ. Для дослідження динаміки LZ та порівняння з іншими активами, будемо знаходити дану міру складності для підряду фіксованої довжини (вікна). Для цього обчислимо логарифмічні прибутковості та перетворимо їх у послідовність бітів. При цьому можна задавати кількість станів, які диференційовані. Так, для двох різних станів маємо 0, 1, для трьох — 0, 1, 2 і т.д. У випадку трьох станів, на відміну від двійкової системи кодування, задається певний поріг b і стани ret кодуються так:

$$ret = \begin{cases} 0, ret \triangleleft -b \\ 1, -b \leq ret \leq b \\ 2, ret \triangleright b \end{cases}$$

Алгоритм виконує дві операції:

- 1) додає новий біт у вже існуючу послідовність;
- 2) копіює вже сформовану послідовність.

Алгоритмічна складність представляє собою кількість таких операцій, необхідних для формування заданої послідовності.

Для випадкової послідовності довжини n алгоритмічна складність є максимальною і обчислюється за виразом $SLZ_T = n/\log(n)$. Тоді відносна алгоритмічна складність знаходиться як відношення отриманої складності до випадкової: $SLZ = SLZ / SLZ_T$.

На рис. За алгоритмічна складність за Лемпелем-Зівом розрахована для тестових сигналів: періодичної функції $\sin x$, білого

(w_{noise}) і $1/f$ (f_{noise})-шумів та складного біологічного сигналу – фрагменту електрокардіограми (ECG). Додатково розраховану міру LZ для випадковим чином перемішаного сигналу ECG.

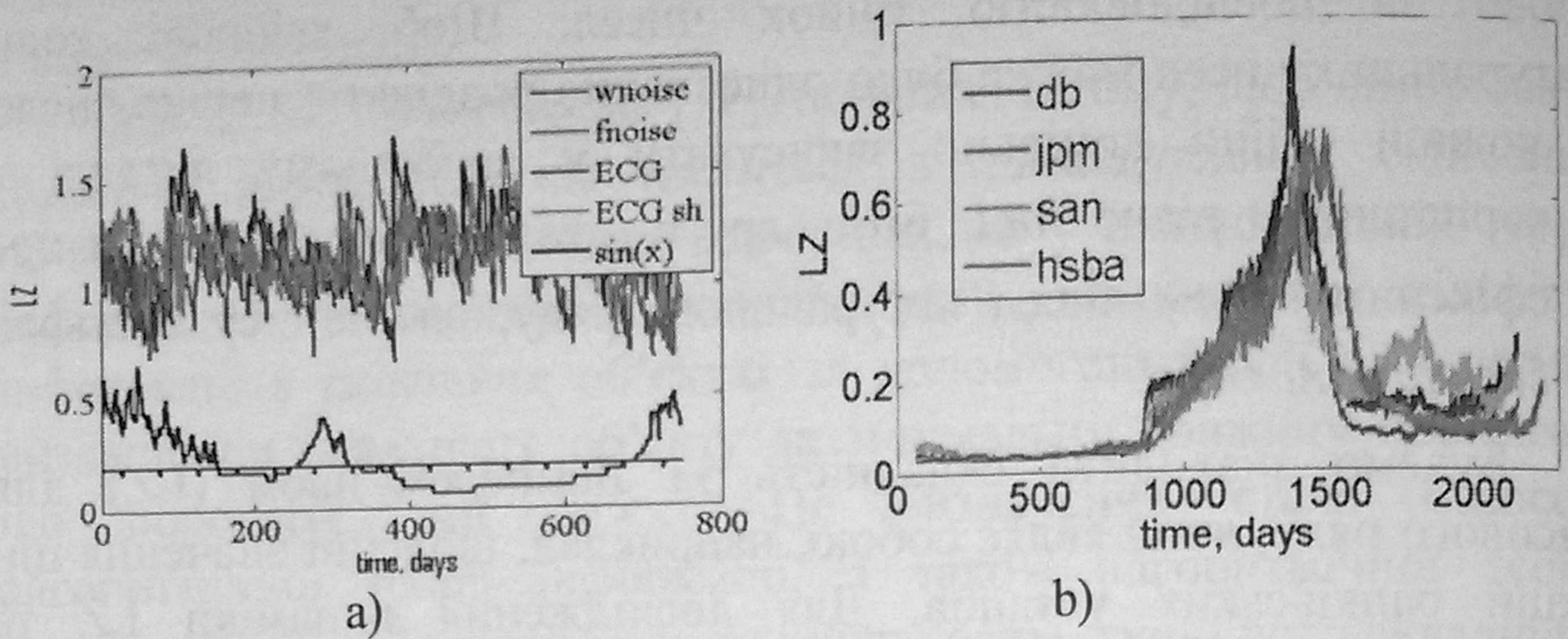


Рис. 3. а) Динаміка показника алгоритмічної складності у випадку бінарного кодування для фрагментів окремих сигналів довжиною у 1000 точок, шириною вікна 250 точок; б) віконна динаміка міри LZ для щоденних значень акцій банків

Як і очікувалось, найбільшу складність мають випадковий та перемішаний сигнали, а найменшу – періодичний. Якщо з періодичним сигналом все зрозуміло, то залишається питання із $1/f$ та складним біологічним сигналом. Відомо, що такі сигнали являються одними з найскладніших у природі, містять довготривалі кореляції і, принаймні, є більш складними, ніж випадкові послідовності [17]. З рисунку 2б також не просто відрізнити більш складні сигнали, які відповідають банкам розвинених країн від аналогічних для країн, що розвиваються.

Отже, стає зрозумілим, що алгоритмічна складність не в змозі описати дійсну складність таких сигналів. Справа в тому, що складні сигнали проявляють притаманну їм складність на різних просторових і часових масштабах, тобто мають масштабно інваріантні властивості.

Для подолання цих труднощів було запропоновано використовувати масштабний аналіз ентропії (Multiscale Entropy

Analysis – MSE), де у якості міри ентропії на різних масштабах декомпозиції початкового часового ряду використовувався параметр ентропії. Метод MSE включав дві послідовно виконувані процедури:

1) процес «грубого дроблення» (coarse graining) початкового часового ряду – усереднення даних на сегментах, що не перетинаються;

2) обчислення на кожному з масштабів показника ентропії.

Процес «грубого дроблення» («грануляція») полягає в усередненні послідовних відліків ряду в межах вікон, що не перетинаються, а розмір яких τ – збільшується при переході від масштабу до масштабу. Кожен елемент «гранульованого» часового ряду $y_j^{(\tau)}$ знаходиться у відповідності до виразу:

$$y_j^{(\tau)} = \frac{1}{\tau} \sum_{i=(j-1)\tau+1}^{j\tau} x_i, \quad 1 < j < N/\tau,$$

де τ характеризує масштабний фактор. Довжина кожного «гранульованого» ряду залежить від розміру вікна і рівна τ/N . Для масштабу рівного 1 «гранульований» ряд просто тотожний оригінальному. Для кожного з отриманих «гранульованих» часових рядів обчислювалася показник ентропії як функція масштабу [18].

Використання мультимасштабного аналізу ентропії дозволяє уникнути неправильного тлумачення, викликаного традиційними методами, в яких більше значення ентропії завжди асоціюється зі зростанням складності.

Було також розраховано алгоритмічну складність для тотожних вихідних рядів, проте з урахуванням масштабного фактору.

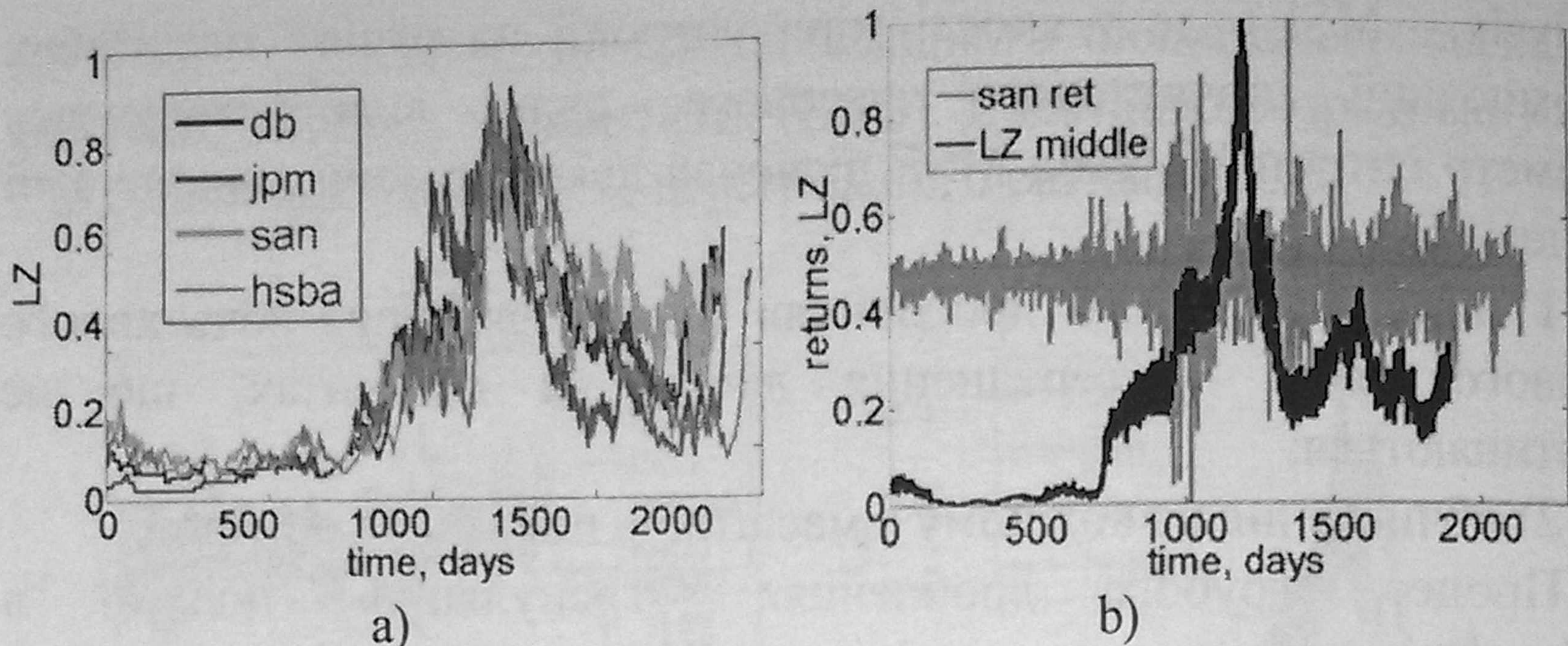


Рис.4 а) Мультимасштабна ентропія для акцій банків розрахована за схемою LZ; б) порівняльна динаміка прибутковостей з розрахованою мультимасштабною ентропією для банку Santander (san)

Помітно, що дана методика при використанні «грануляції» не в змозі ілюструвати інформативні результати, але обернене твердження доводять наступні різновиди ентропії.

4. Ентропія Шеннона. В попередніх роботах нами неодноразово розглядалася ентропія Шеннона для дослідження фондових та валютних ринків [19]. Ентропія Шеннона була введена для оцінки невизначеності кодової інформації в каналах зв'язку. Вона обчислюється за формулою:

$$S = -k \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i ,$$

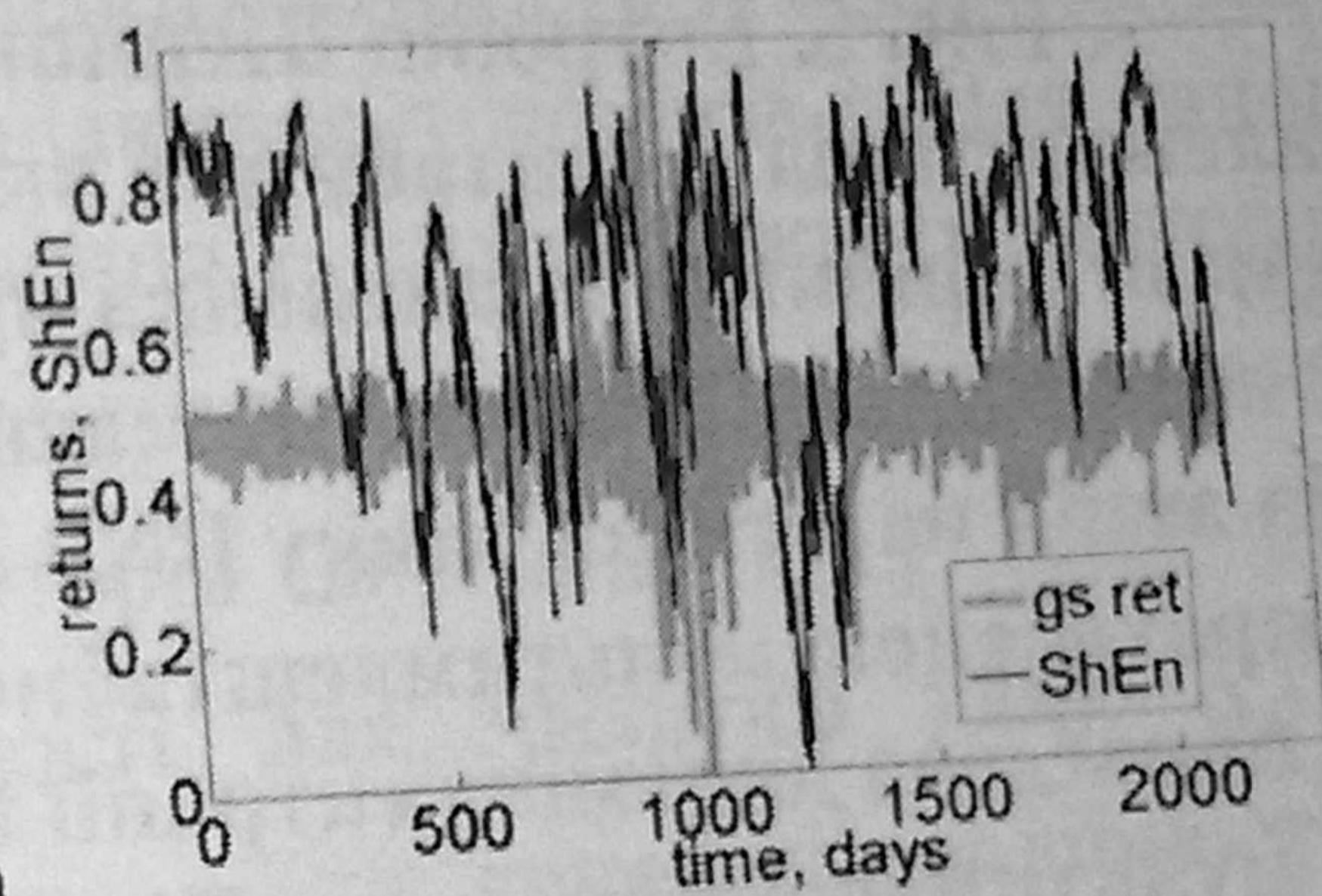
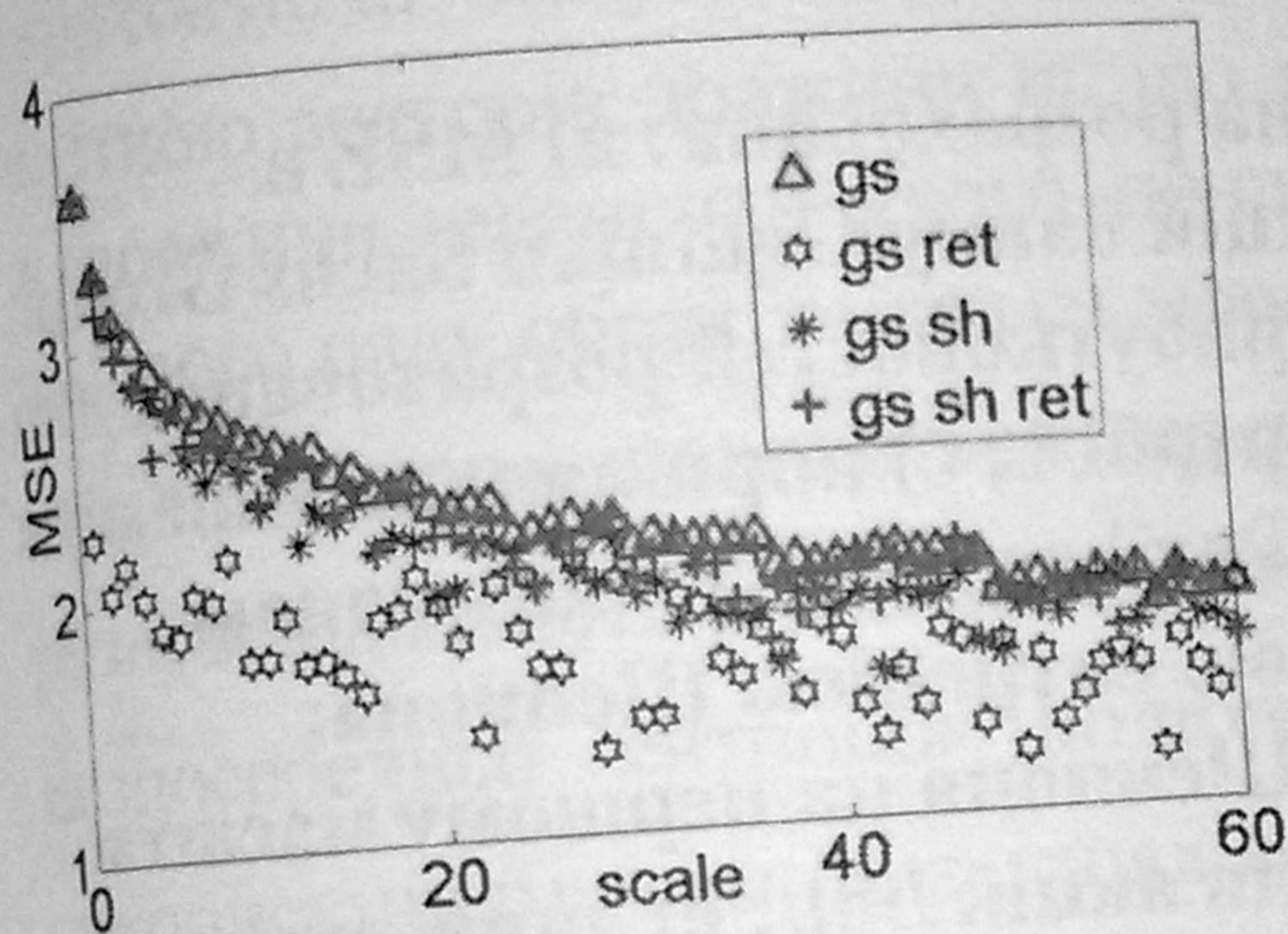
де p_i — ймовірність того, що символ i зустрічається в коді, який містить n символів, k — розмірний множник [20].

Результати розрахунків віконної мультимасштабної ентропії Шеннона для щоденних значень акцій банків можна прослідкувати з рис. 5.

З рис. 5а помітно, що ентропія Шеннона при використанні мультимасштабного фактора на масштабах 1-60 показує, що найскладнішим є вихідний часовий ряд, а не перемішаний, проте для прибутковостей ми маємо протилежні результати. Це говорить про доцільність застосування даної ентропії лише для вихідного

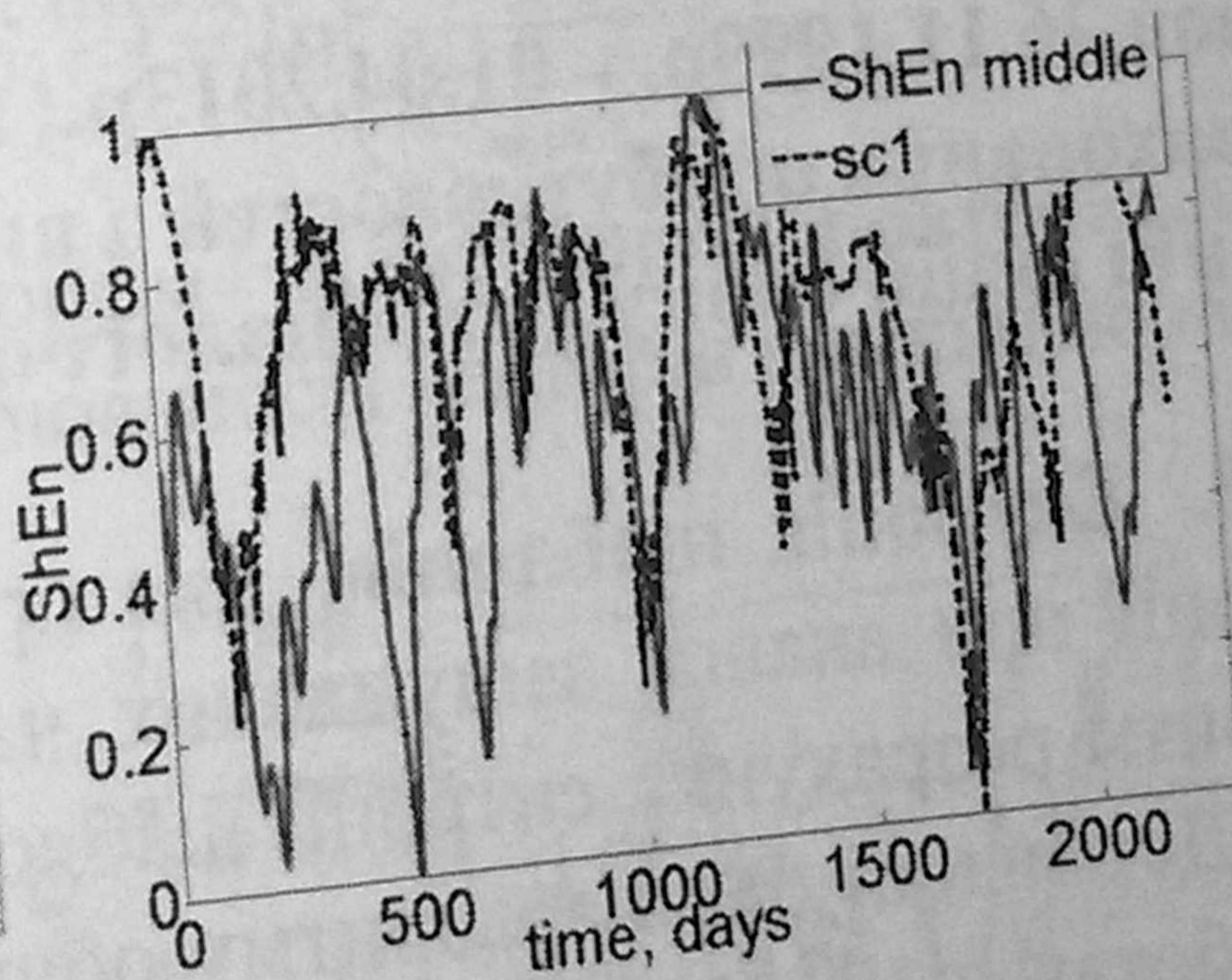
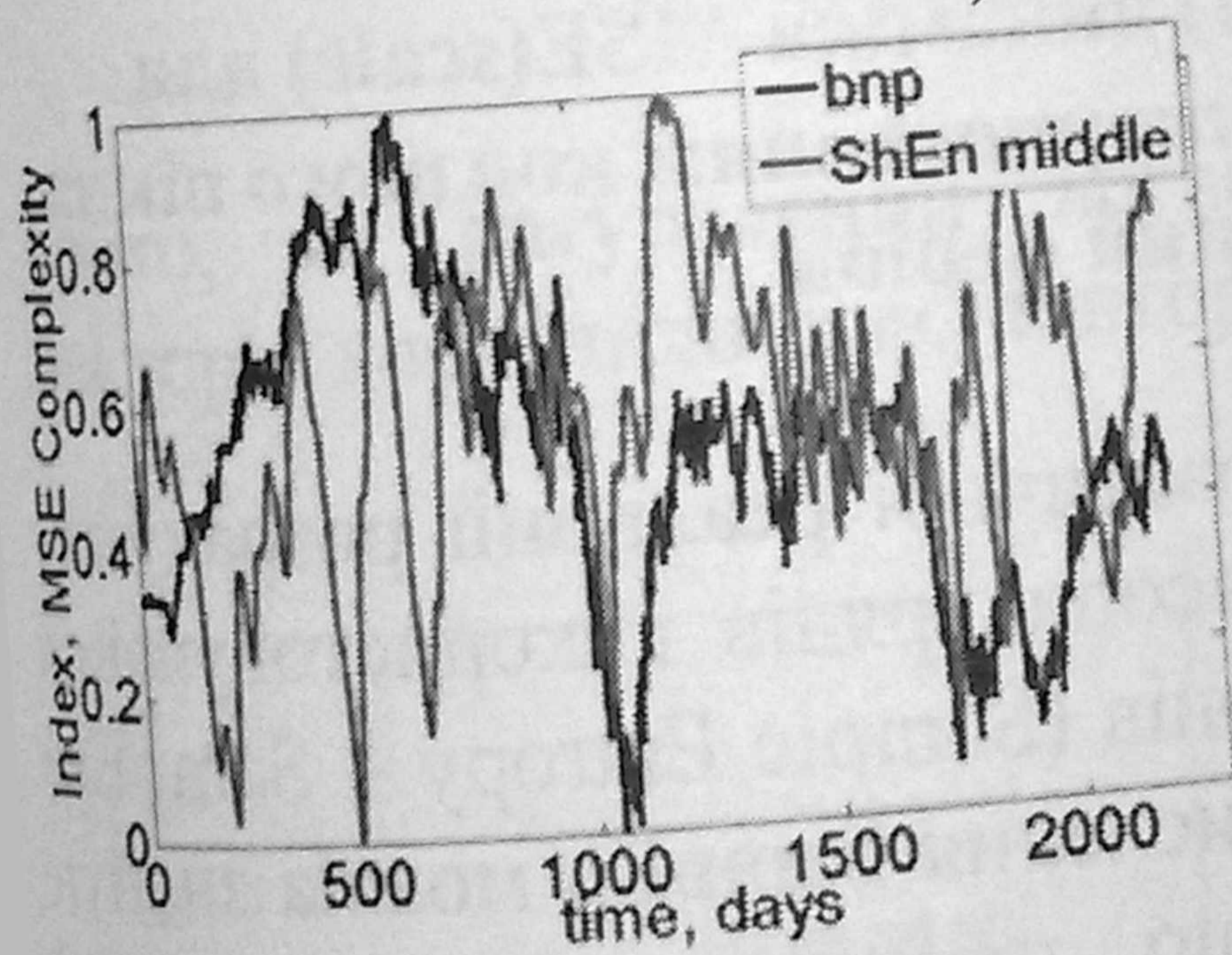
часового ряду, що дасть змогу отримати більш інформативні результати.

Далі з рис. 5 легко бачити, що ентропія Шеннона помітним зниженням реагує на кризові явища: поступово знижується при настанні кризових явищ та відновлюється при відновленні системи. В тому числі з рисунків 5(e, f) видно, що при роботі з даним видом ентропії можна розраховувати її лише на першому масштабі не втрачаючи важливої інформації.



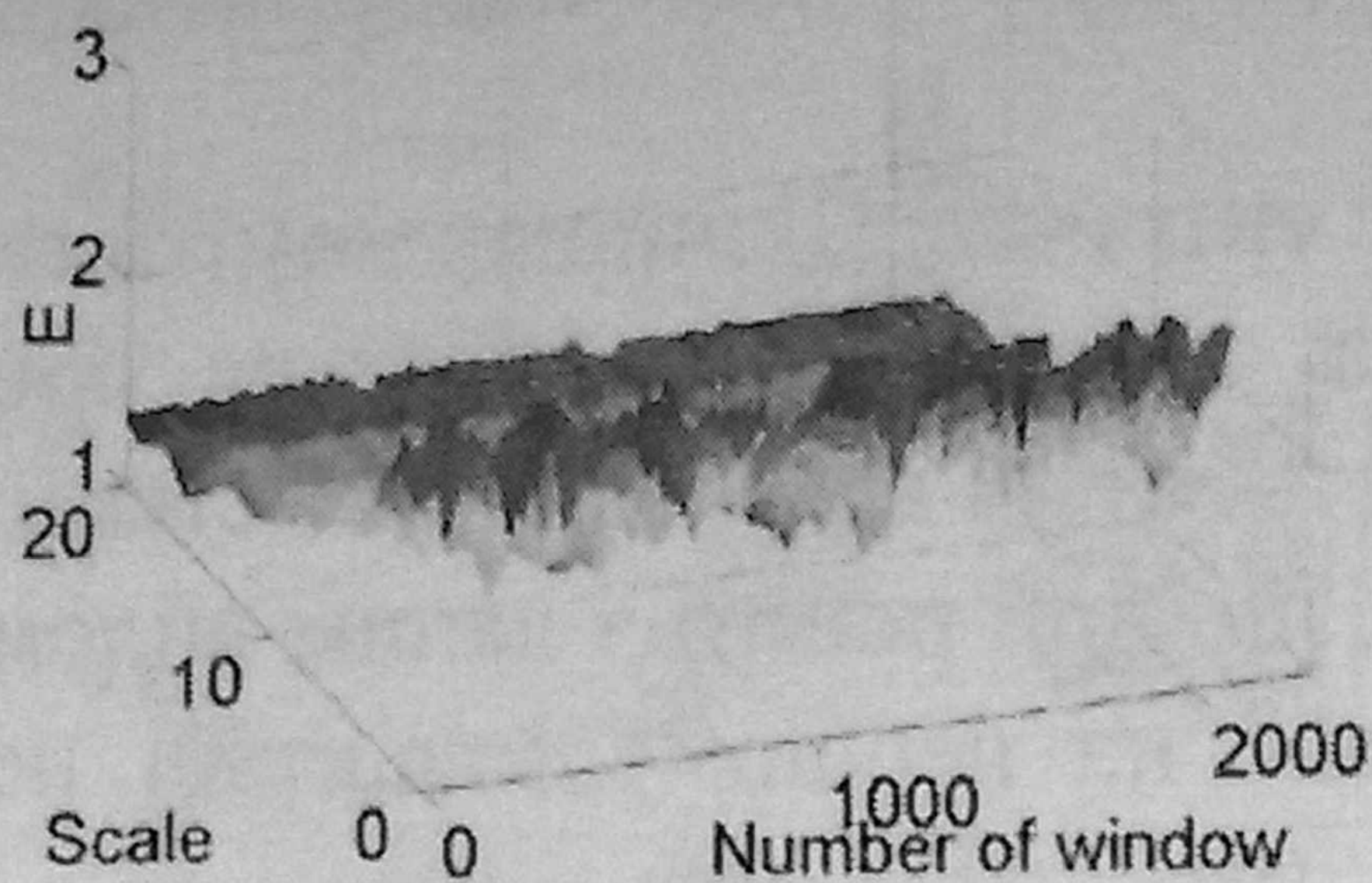
a)

b)

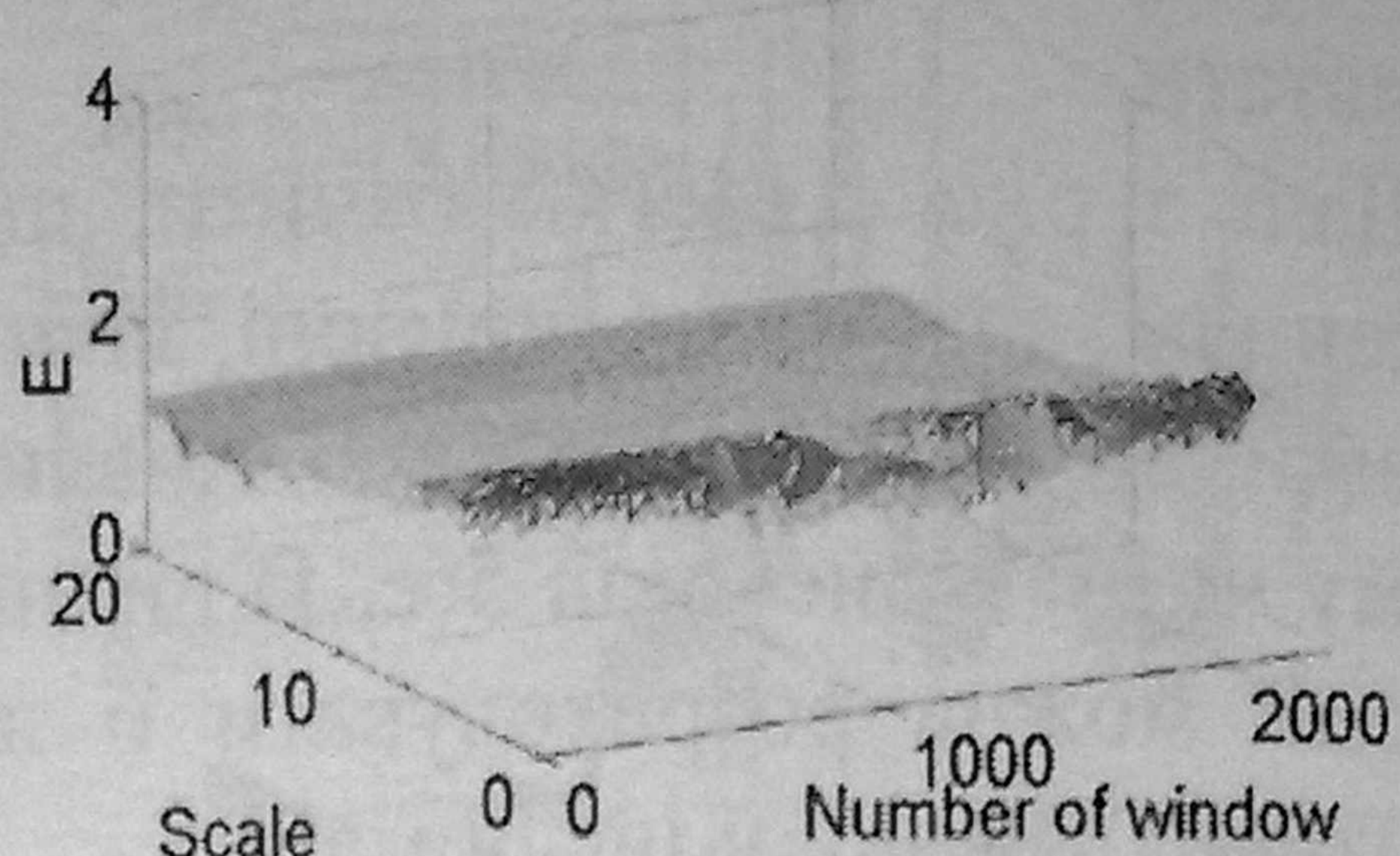


c)

d)



e)



f)

Рис. 5. Ентропія Шеннона розрахована: а) MSE в залежності від масштабу для акцій банку Goldman Sachs Group (gs); б) порівняльна динаміка прибутковостей розрахованих для gs з ентропією Шеннона на масштабі 1; с) порівняльна динаміка цін акцій на активи банку BNP Paribas (bnp) з відповідною розрахованою мультимасштабною ентропією Шеннона; д) приведена динаміка ентропії Шеннона на першому масштабі та мультимасштабна ентропія для акцій bnp; е) динаміка MSE(scale) для ковзного вікна шириною у 250 днів, яке переміщується з кроком у 1 день для цін акцій банку gs за період 26.11.1990р. – 01.04.2013р.; ф) динаміка MSE(scale) для розрахованих прибутковостей з використанням ковзного вікна для цін акцій банку gs за аналогічний період

5. Ентропія шаблонів. Для практичної реалізації розрахунку ентропії при аналізі зашумлених часових рядів використовувався алгоритм розрахунку ентропії шаблонів (Sample Entropy – SampEn) [21]. Детальний опис алгоритму обчислення SampEn можна знайти в роботах [19, 22], тому доречно привести тільки короткі зауваження стосовно їх обчислення. Вхідними даними для розрахунку SampEn є часовий ряд, а також два параметри, m та r . Параметр m характеризує розмірність вкладень, а другий – r – є пороговим критерієм, який дозволяє вважати два довільні вектори однаковими («фільтруючий чинник»). Досліджуються

підпослідовності елементів часового ряду S_N , що складаються з m чисел, взятих, починаючи з номера i , і називаються векторами $p_m(i)$.

Для розглядуваної множини P_m всіх векторів довжини m часового ряду S_N можна обраховувати значення:

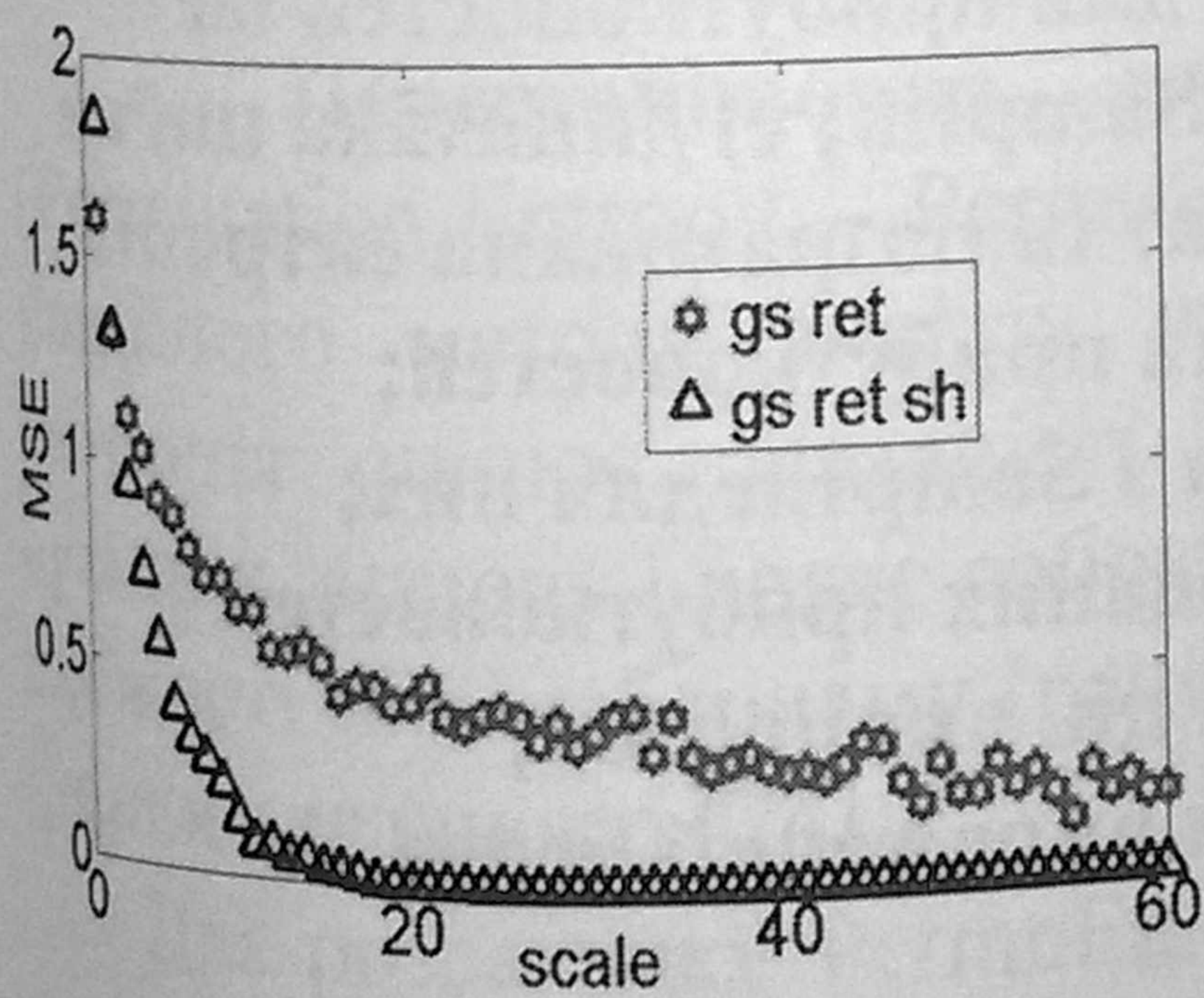
$$C_{im}(r) = \frac{n_{im}(r)}{N - m + 1},$$

де $n_{im}(r)$ — кількість векторів у P_m , що подібні вектору $p_m(i)$ (враховуючи вибраний критерій подібності r). Значення $C_{im}(r)$ є часткою векторів довжини m , що мають схожість із вектором такої ж довжини, елементи якого починаються з номера i . Для даного часового ряду обраховуються значення $C_{im}(r)$ для кожного вектора у P_m , після чого знаходиться середнє значення $C_m(r)$, яке виражає розповсюдженість подібних векторів довжини m у ряду S_N .

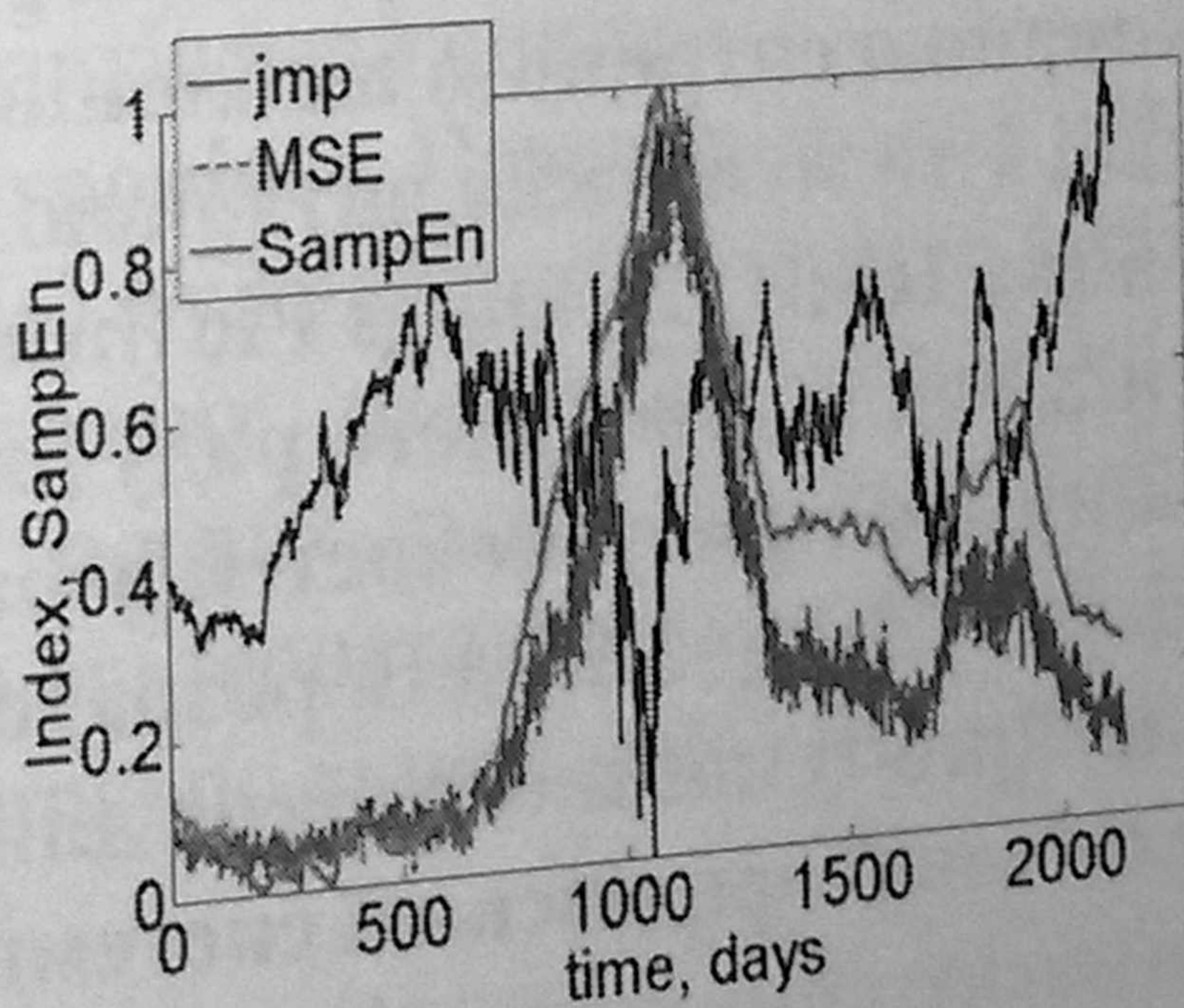
Безпосередньо ентропія подібності для часового ряду S_N з використанням векторів довжини m та критерію подібності r визначається за формулою:

$$\text{SampEn}(S_N, m, r) = \ln \left(\frac{C_m(r)}{C_{m+1}(r)} \right),$$

тобто, як натуральний логарифм відношення повторюваності векторів довжиною m до повторюваності векторів довжиною $m+1$.



a)



b)

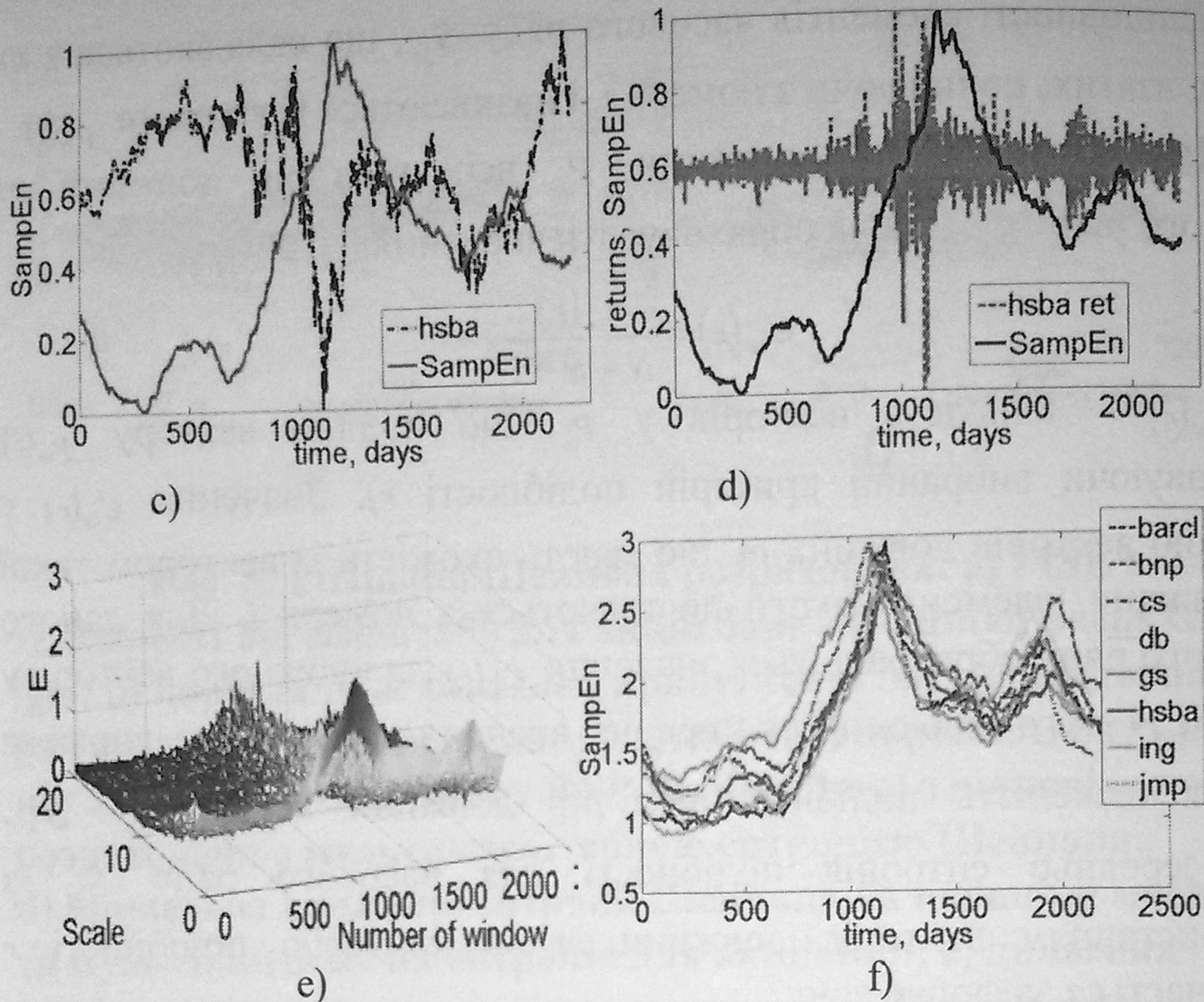


Рис. 6. Дослідження кризових явищ світової банківської системи при використанні ентропії шаблонів:
 а) мультимасштабна ентропія шаблонів розрахована для прибутковостей цін акцій gs. б) порівняльна динаміка вихідного часового ряду акцій банку JPMorgan Chase & Co (jpm) з розрахованою ентропією шаблонів для прибутковостей на масштабі 1 та мультимасштабною SampEn; с) динаміка цін на акції банку HSBC Holdings Plc (hsba) та розрахована ентропія шаблонів для аналогічного ряду для прибутковостей;
 д) порівняння прибутковостей hsba з SampEn для них;
 е) динаміка MSE(scale) для розрахованих прибутковостей з використанням ковзного вікна для цін акцій hsba;
 ф) стан світової банківської системи виражений через мультимасштабну ентропію

Отже, при дослідженні світової банківської системи із використанням ентропії шаблонів як показника складності системи, були отримані наступні результати (рис.6).

Розрахунки проводились як для вихідного ряду, так і для нормалізованих прибутковостей. З рис. 6а видно, що вищі значення ентропії на масштабах 1-60 припадають на ентропію шаблонів для прибутковостей власне вихідного ряду та нижчі для перемішаного. Це говорить про правильність отриманих результатів, тобто складність, котру відображає ентропія, є вищою для вихідного ряду а ніж перемішаного. Обернені результати показують розрахунки SampEn для вихідного ряду, що говорить про їх неієздатність при дослідженні кризових явищ в складних системах.

Рис. 6б свідчить про те, що ентропія шаблонів реагує зростанням на кризові явища в системі, тобто має висхідний тренд при низхідному для вихідного ряду цін акцій, що може бути використано як адекватний індикатор-передвісник кризових явищ в системах подібного типу.

Також легко бачити, що ентропія шаблонів на першому масштабі майже накладається на мультимасштабні (усереднені на кількох масштабах) значення SampEn. Таким чином не має доцільності розраховувати мультимасштабну ентропію шаблонів і достатньо використовувати лише ентропію на масштабі 1, що також підтверджує рисунок 6е.

З рисунків 6с та 6д помітно універсальність даної методики для моніторингу криз в будь-якій банківській системі.

6. Перестановочна ентропія. Перестановочна ентропія (Permutation Entropy – PermuEn) була введена в якості швидкого і надійного методу аналізу часових рядів [23]. Перестановочна ентропія оцінює складність часових рядів шляхом порівняння сусідніх значень і являє собою альтернативний спосіб вимірювання схожості між шаблонами (patterns) по відношенню до інших методів оцінки складності [24].

Для розрахунку PermuEn береться ряд $\{x(i) \ i = 1, 2, \dots\}$, де m – вимірний вектор затримки вкладень, який в момент часу i розраховується як:

$$X_i^m = [x(i), x(i + \tau), \dots, x(i + (m - 1)\tau)],$$

де m – розмірність вкладення та τ – час затримки. Як правило, обирається $\tau = 1$, проте дослідження показали, що оптимальне значення цього параметру може бути й іншим. Функція X_i^m має перестановки $\pi_{r_0 r_1 \dots r_{m-1}}$, якщо вона задовольняє умову:

$$x(t + r_0 \tau) \leq x(t + r_1 \tau) \leq \dots \leq x(t + r_{m-1} \tau), \quad 0 \leq r_i \leq m - 1, r_i \neq r_j.$$

Існує $m!$ перестановок для m -вимірного вектора. Для кожної перестановки π , визначаємо відносну частоту:

$$p(\pi) = \frac{\text{Number}\{t/t \leq T - (m - 1)\tau, x_i^m\}}{N - (m - 1)\tau}.$$

Тоді PermuEn у m -вимірному фазовому просторі розраховується як

$$H_{\text{PermuEn}} = - \sum_{\pi=1}^{m!} p(\pi) \ln(p(\pi)).$$

Максимальне значення $H_{\text{PermuEn}}(m)$ набуває при $\log(m!)$ і досягається у рівноймовірнісному випадку, тобто, коли у вибірці всі випадки m рівні [25]. Такі значення перестановочної ентропії може мати нескінченний ряд випадкових чисел. Мінімальне значення ентропії H_{PermuEn} досягається у випадках, коли у всій вибірці реалізується тільки одна з $m!$ перестановок. Наприклад, це може бути ряд монотонно зростаючих або монотонно спадаючих значень [20].

Тому для зручності отриману величину доречно нормалізувати множителем $\frac{1}{\ln(m!)}$:

$$H_{N\text{PermuEn}} = \frac{H_{\text{PermuEn}}(m)}{\ln(m!)}, \quad 0 \leq H_{\text{PermuEn}} \leq 1.$$

Таким чином, значення PermuEn залежить від вибору розмірності вкладення m та затримки τ .

Нами було проведено широке дослідження перестановочної ентропії [26], було показано як доречно підбирати параметри та як вони впливають на вихідні результати.

Дослідження показують, що на відміну від ентропії шаблонів перестановочна ентропія розрахована для вихідного ряду правдоподібно відображає динаміку зміни складності системи в стані хаосу та спокою системи [26]. Тому при роботі з даним різновидом ентропії доречно обирати саме вихідний ряд. Результати розрахунків для даного виду ентропії зображені на рис.7.

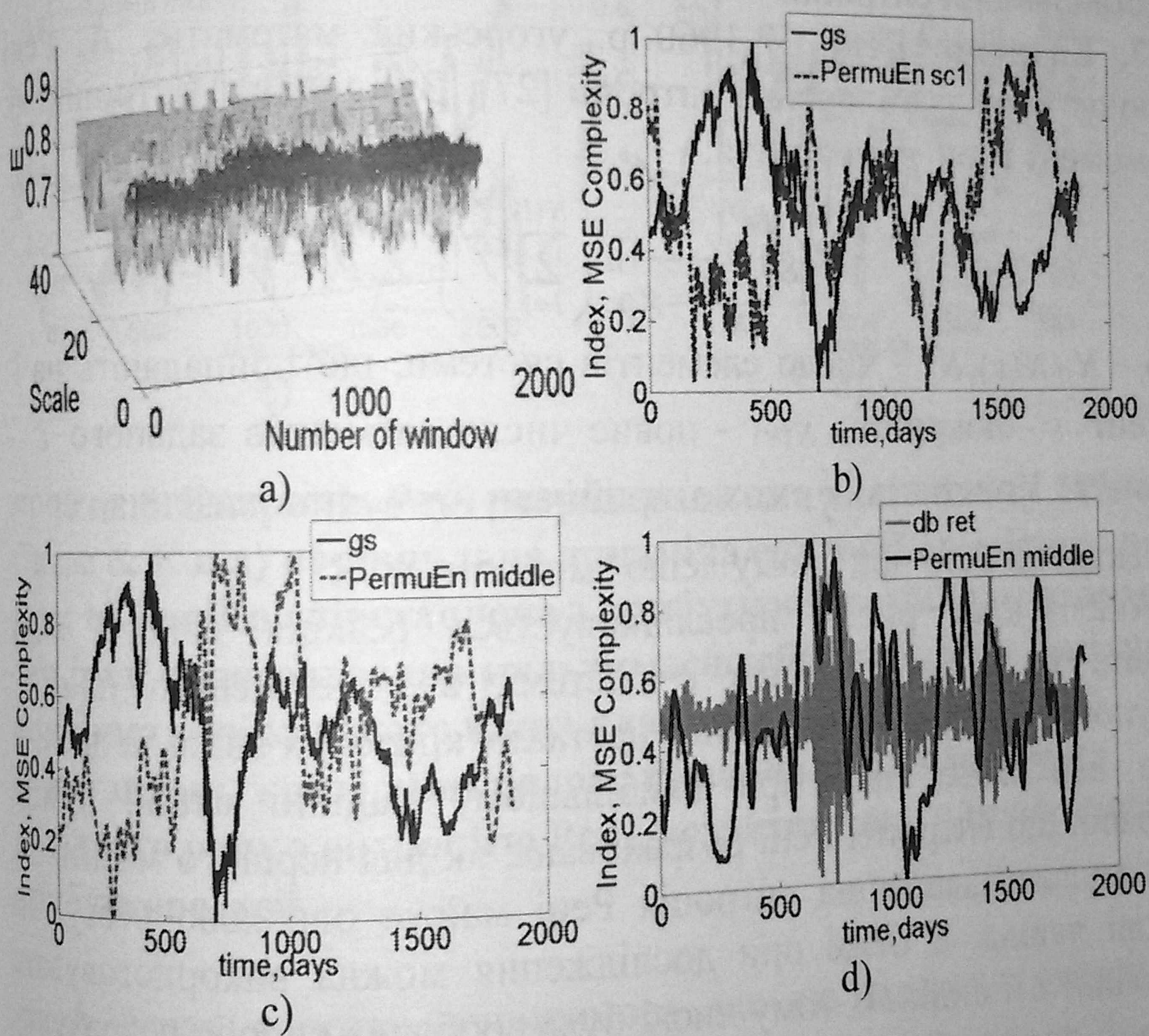


Рис. 7. Порівняльна динаміка перестановочної ентропії з вихідними рядами для банків: а) динаміка MSE в залежності від масштабу (1-30) з використанням ковзного вікна для значень часового ряду цін акцій gs; б) динаміка вихідного ряду gs та відповідної перестановочної ентропія для масштабу 1;

с) динаміка gs та розрахована мультимасштабна перестановочна ентропія на масштабах 1-20; d) порівняльна динаміка прибутковостей розрахованих для db з мультимасштабною ентропією, розрахованою для відповідних значень індексу

З рисунку 7 видно, що в період стрімких стрибків значень цін на банківські активи зростають флуктуації прибутковостей. В ці періоди система хаотизується, що призводить до зростання перестановочної ентропії.

7. Ентропія Рені. У 1960 р. угорський математик А. Рені пропонує своє узагальнення ентропії [27]. Він вводить ентропію як q – момент міри ε -покриття:

$$R(g) = \frac{1}{1-g} \ln \left(\sum_{i=1}^{N(l)} P_i^g \right), \quad \sum_{i=1}^{N(l)} P_i = 1,$$

де $p_i = N_i/N(\varepsilon)$, N_i – число елементів системи, що припадають на i -елемент ε -покриття, $N(\varepsilon)$ - повне число елементів заданого ε -покриття. Константа q може приймати будь-які значення, проте сенс ентропії Рені при цьому дещо змінюється.

Аналізуючи рис.8, прослідковується реакція даного виду ентропії на кризові явища в системі, а саме ReniEn почитає поступово зростати дещо раніше настання кризових явищ та досягає свого верхнього піку при найбільшому падінні акцій. Також показано, що ентропія Рені розрахована, як для першого масштабу, так і мультимасштабна ентропія Рені майже однаково реагує на кризові явища, а отже при дослідженні можна використовувати будь який з її видів. В тому числі була зроблена спроба розрахунку ентропії для прибутковостей. Можна бачити, що вона також реагує на кризові явища, проте знижується в періоди кризи, та зростає в після кризові стани системи.

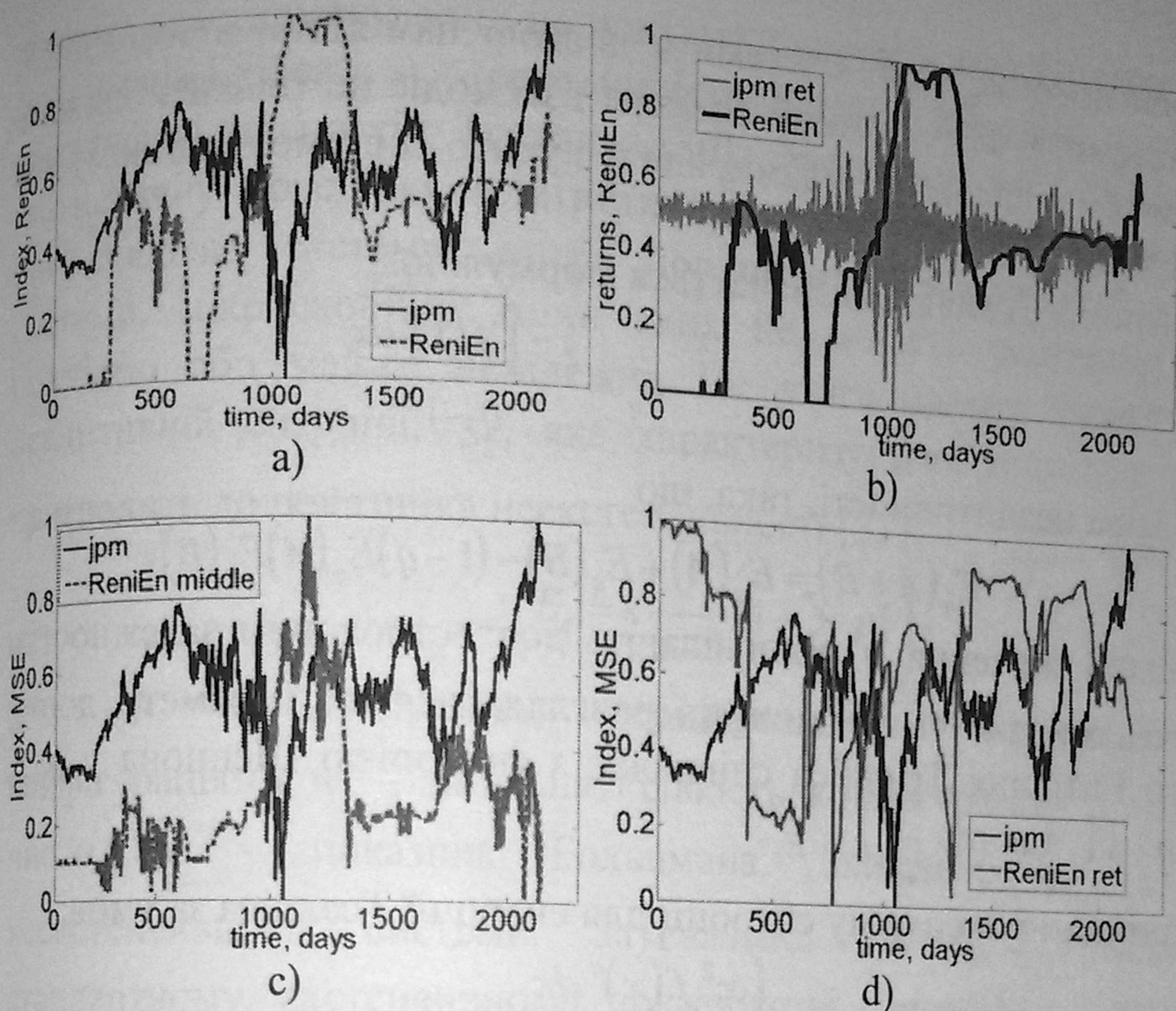


Рис.8. Ентропія Рені розрахована для акцій банку JPMorgan Chase & Co: а) порівняльна динаміка ентропії з вихідним рядом jpm; б) ReniEn співставлена з прибутковостями, розрахованими для jpm; в) розрахована мультимасштабна ентропія Рені при використанні ковзного вікна для масштабів 1-20 та співставлень з вихідним рядом; г) порівняльна динаміка вихідного ряду з ентропією Рені, розрахованою для відповідних прибутковостей

А зараз коротко зупинимося ще на одному узагальненні ентропії - так званій ентропії Тсалліса.

8. Ентропія Тсалліса. В роботі [28] запропонована узагальнена неекстенсивна (неадитивна) ентропія.

Від решти ентропій, в тому числі і від ентропії Рені, ентропія Тсалліса відрізняється тим, що вона являється неадитивною. На думку Тсалліса та його наступників, ця відмінність дозволяє побудувати нову термодинаміку та нову статистичну теорію, які здатні просто

та коректно описувати системи з довгою пам'яттю, в тому числі такі системи, в яких кожний елемент взаємодіє не тільки з ближнім сусідом або кількома сусідами, але й з усією системою в цілому або ж її частиною [29].

Ентропія Тсалліса визначається формулою:

$$E_q = \frac{1 - \int f(x)^q dx}{q-1},$$

де q - міра неадитивності, така, що

$$E_q(A+B) = E_q(A) + E_q(B) - (1-q)E_q(A)E_q(B).$$

Великі значення q відповідають довгостроковим залежностям між станами системи і можуть розглядатися як параметр довгої пам'яті. Ентропія Тсалліса співпадає з ентропією Шеннона у разі, коли $q \rightarrow 1$, так що $\lim_{q \rightarrow 1} E_q = E_S$.

Принцип максимуму ентропії для ентропії Тсалліса за умов:

$$\int f(x) dx = 1, \quad \frac{\int x^2 f(x)^q dx}{\int f(y)^q dy} = \sigma^2,$$

відповідає функції щільності розподілу, званої q -Гауссіан:

$$f(x) = \frac{\exp_q(-\beta_q x^2)}{\int \exp_q(-\beta_q x^2) dx} \propto \frac{1}{Z} \left(1 + (1-q)(-\beta_q x^2)\right)^{\frac{1}{1-q}},$$

де β_q та Z залежать від q , а $\exp_q(x)$ є q -експоненційною функцією, що визначається як:

$$\exp_q(x) = \begin{cases} (1 + (1-q)x)^{\frac{1}{1-q}}, & \text{якщо } 1 + (1-q)x > 0. \\ 0, & \text{якщо } 1 + (1-q)x \leq 0 \end{cases}$$

Для $q \rightarrow 1$ q -Гауссіан відповідає звичайному Гауссовому розподілу.

Виникаючі в природі довгострокові залежності або ефекти з довгою пам'яттю часто показують досить цікаву поведінку. Однією з найбільш цікавих виникаючих характеристик у складних системах є неекстенсивність (неадитивність). Такі системи володіють дуже

тонкою властивістю: вони порушують основну гіпотезу статистики Больцмана-Гіббса – ергодичність. На підставі концепції мультифрактальності Тсалліс [30] запропонував узагальнену статистичну поведінку (статистичну механіку) Больцмана-Гіббса, що включає системи, котрі порушують ергодичність, тобто, системи, мікроскопічні зміни яких не можуть розглядатися як повністю або майже незалежні. Це узагальнення базується на неадитивній ентропії, S_q , яка характеризується індексом q , що призводить до показника неекстенсивності [31]:

$$E_q = k \frac{1}{q-1} \left(1 - \sum_{i=1}^w p_i^q \right),$$

де p_i – ймовірність, асоційована з мікроскопічними конфігураціями, w – загальна кількість конфігурацій, q – дійсне число, k – показник Больцмана. Значення q є мірою неекстенсивності системи. Зауважимо, що $q=1$ відповідає стандартному, екстенсивному показникові статистики Больцмана-Гібса [31].

Індекс ентропії q характеризує ступінь неекстенсивності, відображається в наступному правилі псевдоадитивності:

$$\frac{E_q(A+B)}{k} = \frac{E_q(A)}{k} + \frac{E_q(B)}{k} + (q-1) \frac{E_q(A)}{k} \frac{E_q(B)}{k}.$$

Для підсистем, що мають особливі імовірнісні кореляції, адитивність:

$$E_{B-G}(A+B) = E_{B-G}(A) + E_{B-G}(B),$$

не є правильною для E_{B-G} , але може виникати для E_q з дійсним значенням індексу q . Такі системи і називають неекстенсивними [30].

Випадки $q > 1$ і $q < 1$ відповідають субекстенсивності і суперекстенсивності. Сам показник q можна розглядати як пороговий параметр: $q < 1$ показує перевагу рідкісних явищ, у той час як $q > 1$ відповідає перевазі повторюваних явищ [32].

У роботі [33] робиться припущення, що показник q сам по собі не є мірою складності системи, а є мірою її не екстенсивності. Але ми вважаємо, що показник q є саме мірою складності системи, котрий, можливо, навіть краще ніж сама ентропія описує стан системи, що підтверджують наступні рисунки. При дослідженні динаміки ентропії Тсалліса E_q також спостерігаються зміни її значення з часом для даного q , що свідчить про зміни складної системи з часом.

Менше значення E_q відповідає сигналу з найменшою складністю.

Параметр q можна розраховувати використовуючи функцію кумулятивного розподілу:

$$P_{q,k}(X \geq x) = \left(1 - \frac{(1-q)x}{k}\right)^{\frac{1}{1-q}},$$

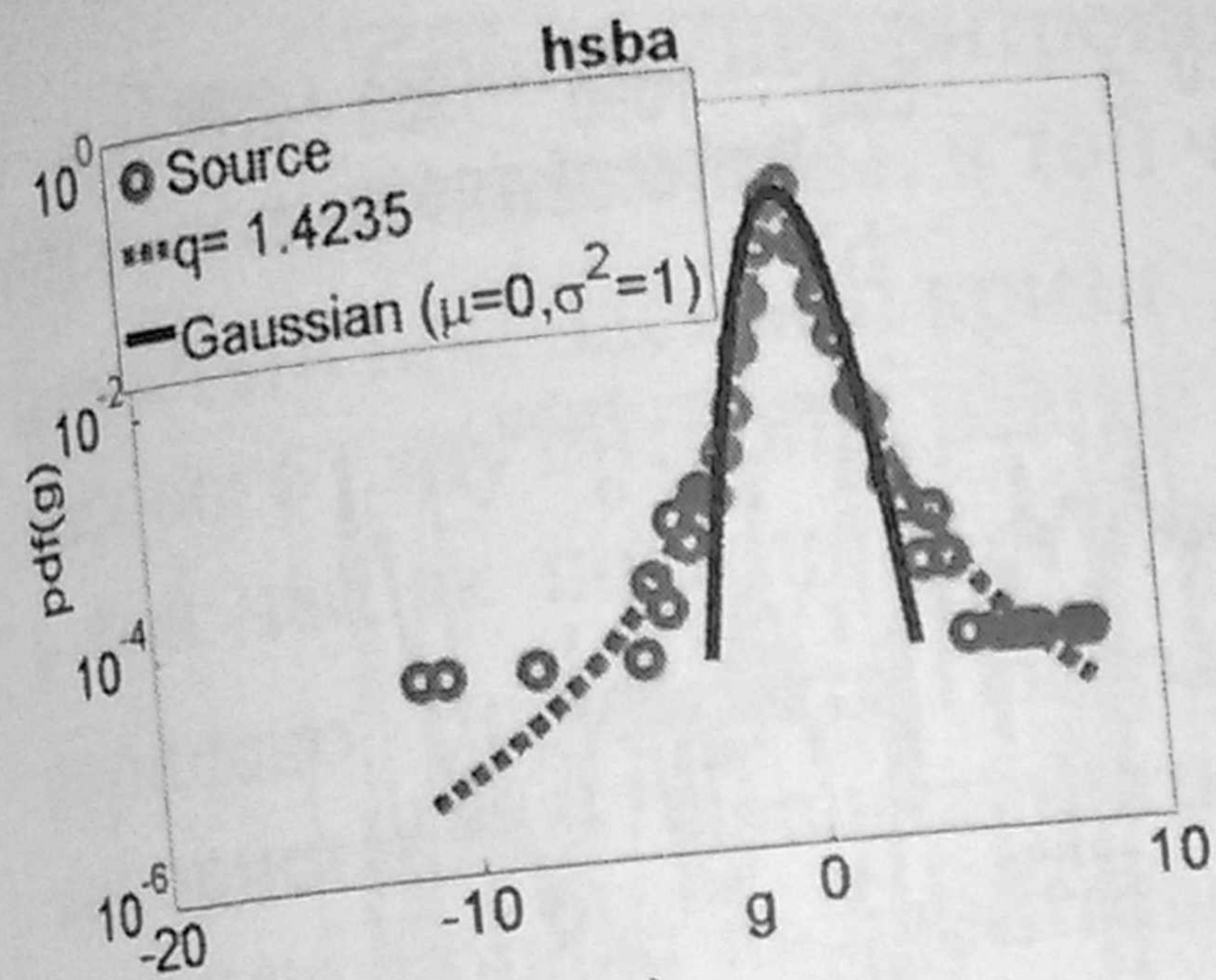
де k визначає обмеження, q – міру неекстенсивності. Однак, використання математичних і чисельних методів розрахунку параметра приводить до визначення його значень з великою похибкою, тому необхідний підхід, здатний мінімізувати похибка розрахунку.

Такий підхід запропоновано в роботі [34] і використовує для оцінки значення параметра метод максимальної правдоподібності з попередньо приведеною функції розподілу до розподілу Парето.

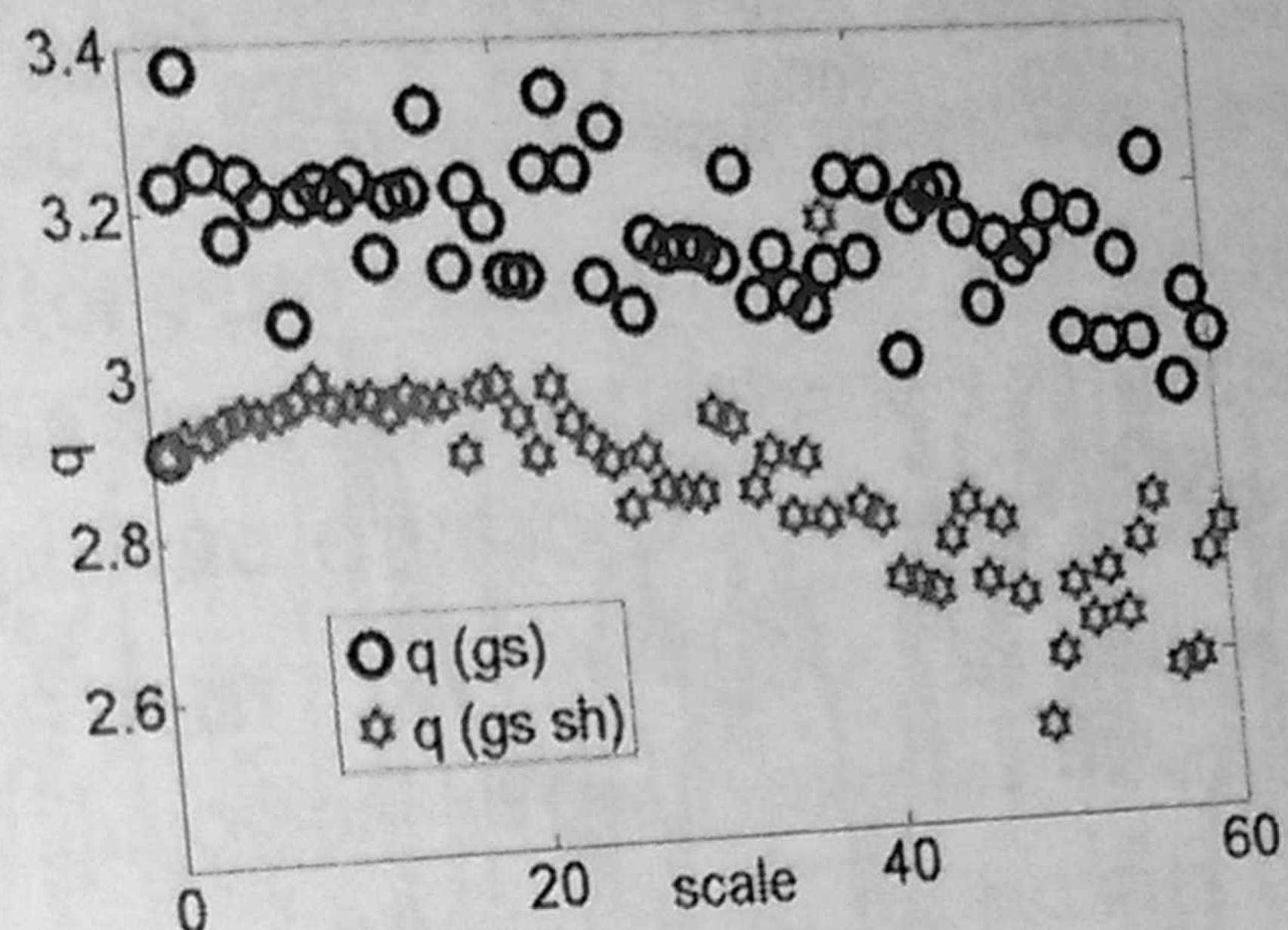
В процесі дослідження ентропійних мір складності також розраховувалася і ентропія Тсалліса, її результати можна бачити на наступному рисунку. Також доречно зазначити, що працюючи з даною ентропією було проаналізовано та виявлено, що мірою складності можна вважати не лише ентропію, а і проміжний показник q .

Отже, аналізуючи дані рисунку 9 можна прослідковувати певну динаміку зміни ентропії Тсалліса при протіканні кризових явищ в банківській системі. Проведено дослідження, як для вихідної послідовності даних, так і розрахованих прибутковостей.

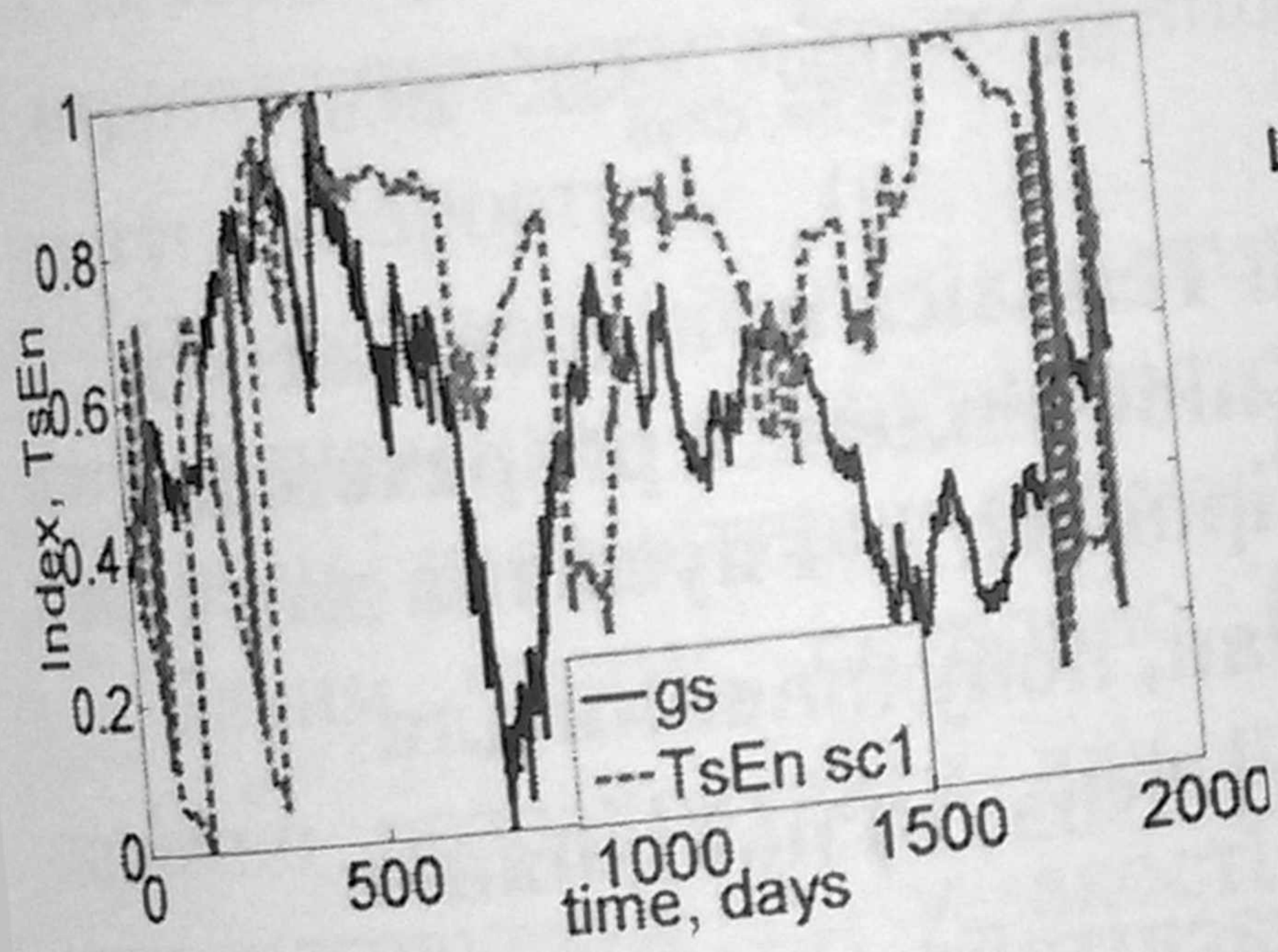
Заслугове на увагу рис. 9b, аналізуючи його можна бачити, що більш складний сигнал приходиться саме на вихідний ряд, а не на перемішаний, що дає нам право використовувати інформативний показник q як міру складності системи. На наступних рисунках проілюстровано, яким чином ентропія Тсалліса та показник q реагують на кризові явища в системі.



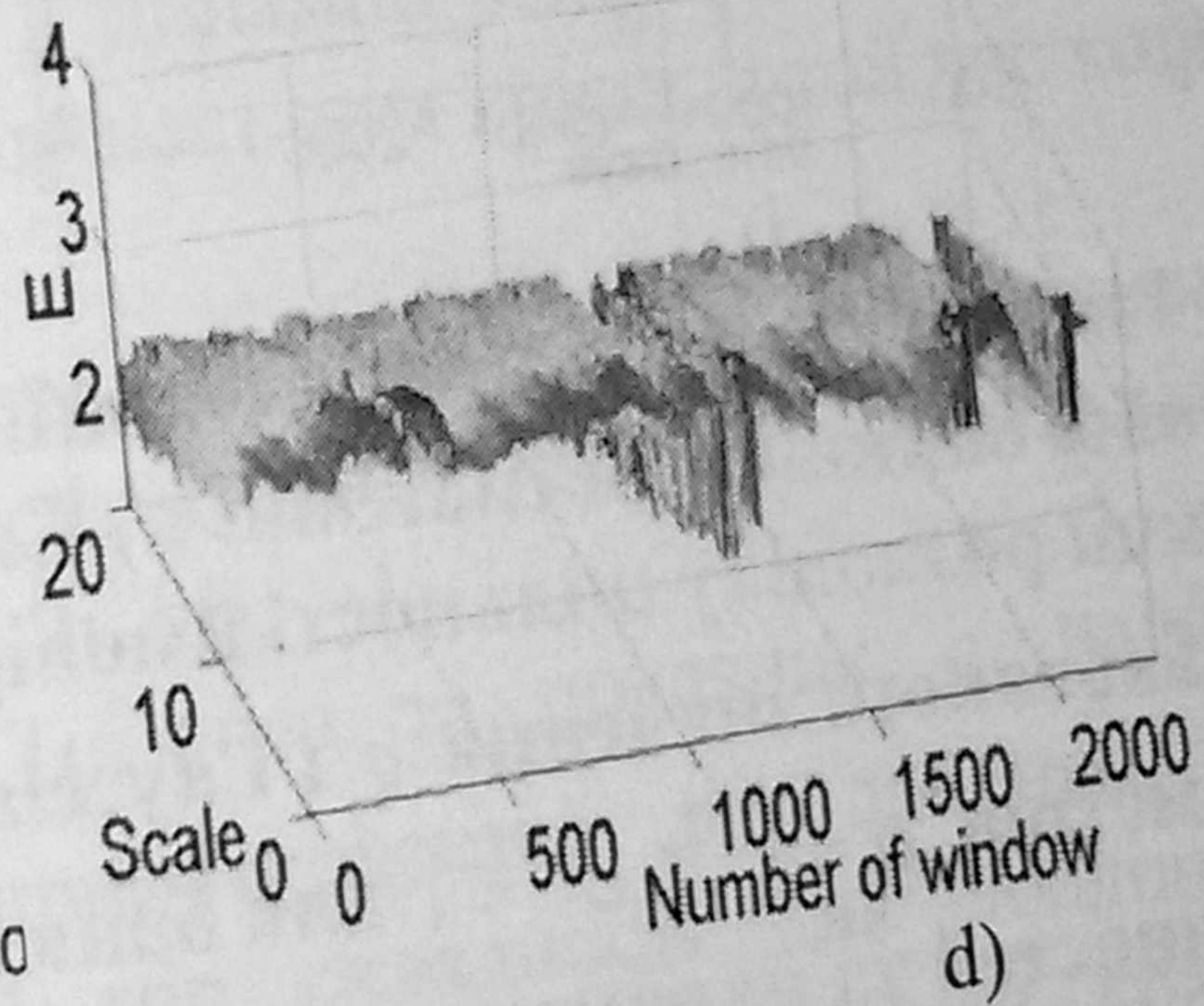
a)



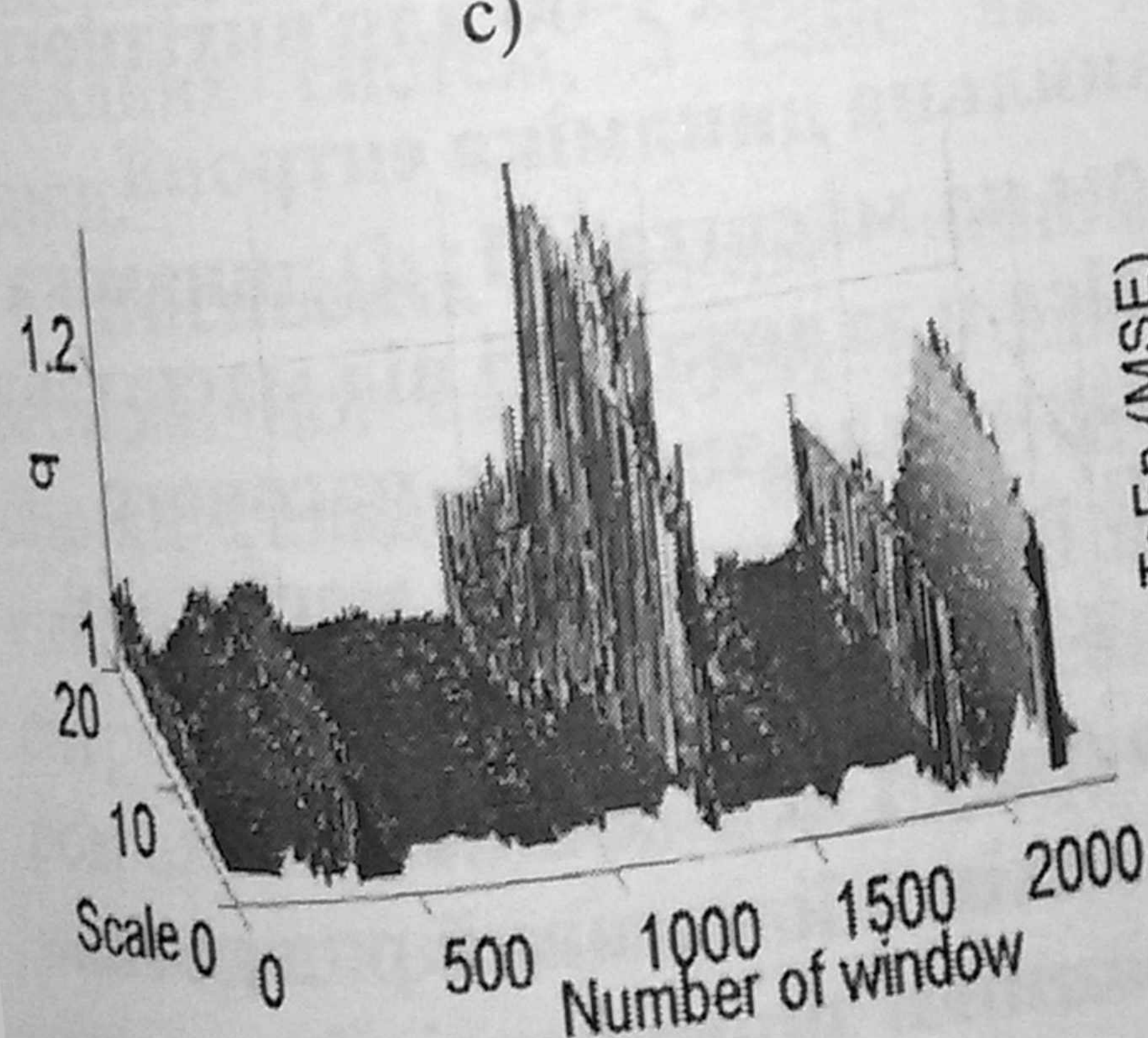
b)



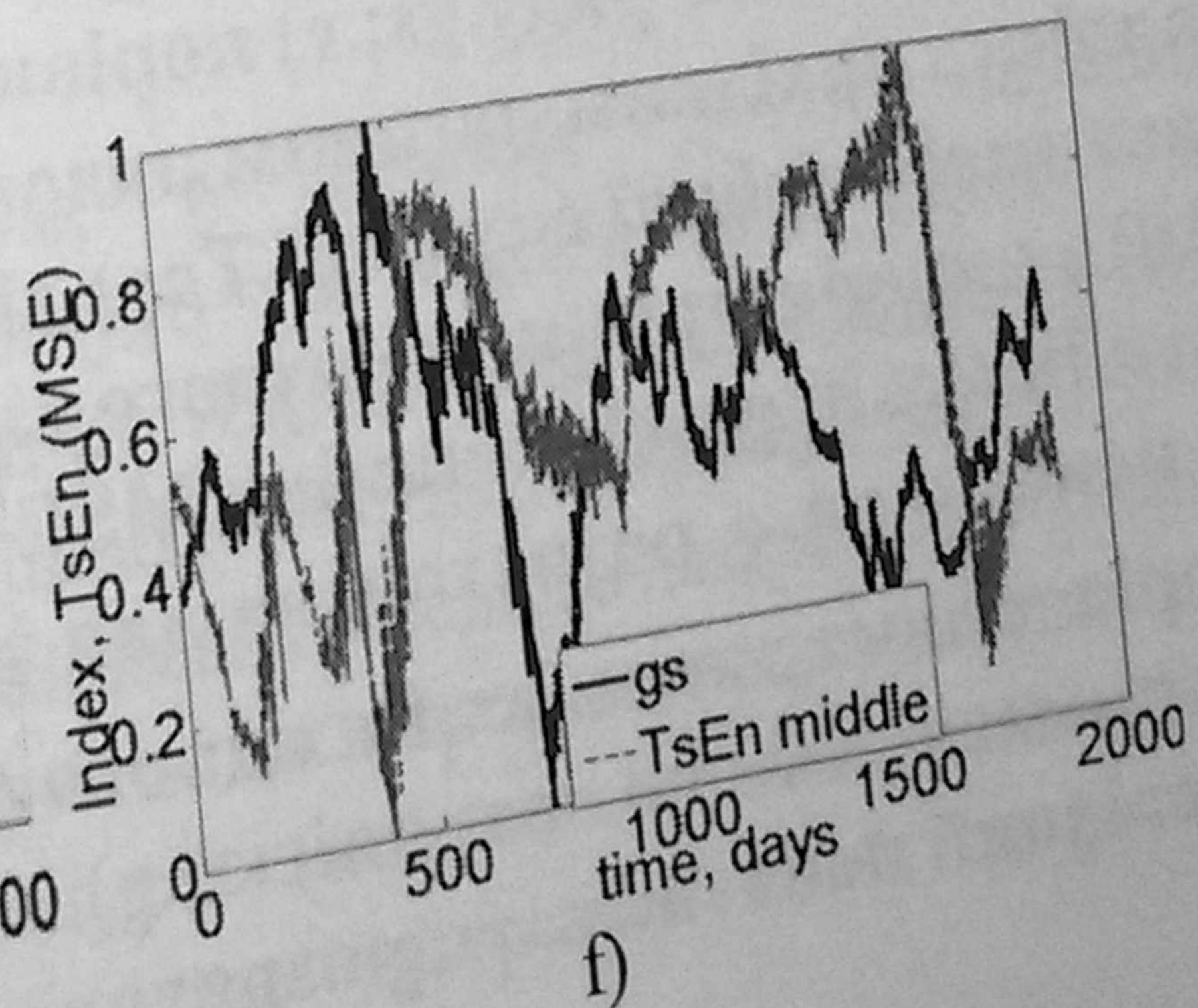
c)



d)



e)



f)

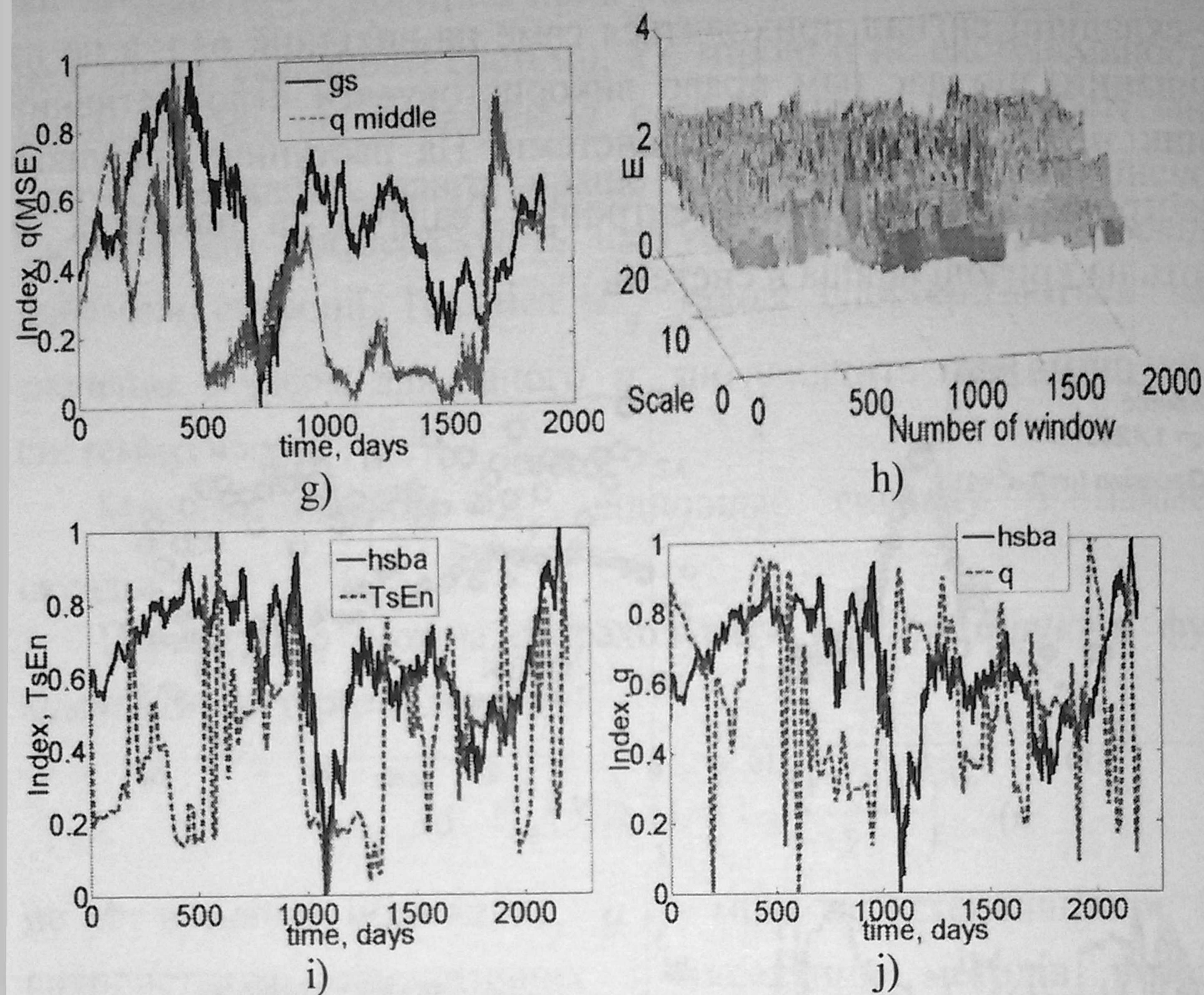


Рис. 9. Використання ентропії Тсалліса при дослідженні світової банківської системи: а) Співставлення розрахованої функції розподілу щільності ймовірності, q -Гауссіана для розрахованого значення q і Гауссіан, побудований для параметрів $\mu = 0$ и $\sigma^2 = 1$ для банку hsba; б) порівняння складностей за параметром q на масштабах 1-60 для вихідного та перемішаного ряду gs; в) порівняльна динаміка ентропії Тсалліса з вихідним часовим рядом на масштабі 1; г) динаміка мультимасштабної ентропії Тсалліса в залежності від масштабу (1-20) з використанням ковзного вікна для значень часового ряду цін акцій gs; д) динаміка MSE в залежності від масштабу для показника q розрахована для часового ряду gs; е) порівняльна динаміка вихідного ряду з відповідною мультимасштабною ентропією; ж) вихідний часовий ряд gs та відповідний показник q , розрахований в залежності від

масштабу при використанні ковзного вікна; h) динаміка MSE в залежності від масштабу, що розраховується для прибутковостей, котрі вираховані для банку $hsba$; i) вихідний часовий ряд $hsba$ та відповідна ентропія Тсалліса, розрахована для нормалізованих прибутковостей; j) динаміка цін акцій $hsba$ та значення показника q для прибутковостей $hsba$

Легко бачити, що ентропія Тсалліса реагує на кризові явища поступовим зниженням, в той час коли показник q навпаки починає наростати при настанні кризи. Доречно зазначити, що для вихідного часового ряду ентропія реагує на кризові явища дещо з запізненням, в той час як показник q зовсім не є інформативним. Тому було вирішено спробувати розрахувати їх значення в динаміці з використанням масштабного фактора («грануляції»). Результати виявилися більш інформативними. З рисунків 9f, 9g можна бачити, як змінюються міри складності в динаміці залежно від масштабу. Ентропія знижується дещо раніше настання кризи, в той час коли q поступово зростає.

Наступним кроком були розраховані аналогічні міри складності для визначених прибутковостей. Видно, що дані результати є найбільш інформативними (рис. 9i, 9j).

Таким чином, ентропію Тсалліса та показник q найбільш доречно розраховувати для прибутковостей, що дає нам змогу використовувати їх у якості мір складності для дослідження складних систем, а саме як індикатори-передвісники кризових явищ.

Висновки. Таким чином, у рамках нової парадигми економічної складності розглянуто та використано новітні міри оцінки складності – алгоритмічну складність за Лемпелем-Зівом, ентропію Шеннона, ентропію шаблонів, перестановочну ентропію, ентропію Рені та ентропію Тсалліса. Наведено теоретичні засади їх розрахунку та область використання. Проілюстровано результати застосування віконної процедури (ковзного вікна) для оцінки складності системи та передбачення кризових явищ на реальних

часових рядах світової банківської системи. Експериментально доведено дієвість запропонованих методик при оцінці складності фінансово-економічної системи.

Подальші дослідження полягатимуть у формалізації інших мір складності, зокрема, мережеподібних, з огляду на те, що вони є найбільш поширеною формою структурної організації складних соціально-економічних систем. На увагу заслуговують і методи прогнозування з використанням нових мір складності.

Література

1. Мошенец Е. Крах // [Електронний ресурс] – режим доступу: www.finance.ua. – 22.09.2008.
2. Джерело статистики індексів світового фондового ринку [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://finance.yahoo.com>
3. Хакен Г., Синергетика [Текст] : пер. з англ. / Г. Хакен. – М.: Мир, 1980. – 404 с.
4. Занг В. Б., Синергетическая экономика [Текст] / В. Б. Занг. – М.: Мир, 1999. – 335 с.
5. Эткінс, П. Порядок и беспорядок в природе [Текст] / П. Эткінс. – М.: Мир, 87. – 224 с.
6. Логинов М. П., Теоретические аспекты синергетики в системе ипотечных услуг [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://vestnik.uara.ru/issue/2009/02/09/>. – Заголовок з екрану.
7. Кузнецов Б. Л., Введение в экономическую синергетику [Текст] / Б. Л. Кузнецов. – Наб. Челны: Изд-во КамПИ, 1999. – 326 с.
8. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение. / Г. Николис - М.: ЛКИ, 2008.- 354 с.
9. Згуровский М. З. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения / М.З. Згуровский, Н.Д. Панкратова. – Киев: Наукова думка, 2005. – 744 с.
10. Гальчинський А. Методологія складних систем / А. Гальчинський // Економіка України - 2007. - №8. – С.4-18.

11. Бранський В.П. Соціальна синергетика і акмеологія. Теорія самоорганізації індивідуума і соціуму // В.П. Бранський, С.Д. Пожарський // СПб.- 2001.
12. Сапцин В. М. Релятивистская квантовая эконофизика. Новые парадигмы моделирования сложных систем: Монография / В. М. Сапцин, В. Н. Соловьев. – Черкассы: Брама-Украина, 2009. – 64 с.
13. Рюс Ж. Поступ сучасних ідей: Панорама новітньої науки // К.- 1998. - 669 с.
14. Grassberger P., Procaccia I. Characterization of strange attractors. // Phys. Rev. Lett. 50 // 1983.- P. 346-349.
15. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка / Э. Петерс // [2-е изд.]. – : Мир.– 2000. – 333с.
16. Успенский В.А., Колмогоровская сложность и алгоритмическая случайность. // В.А.Успенский Н.К. Верещагин, А. Шень. - М.:МЦНМО, 2010. - 556 с.: ил.
17. Miguel M.S., Johnson J.H., Kertesz J. et. al. Challenges in Complex Systems Science [Електронний ресурс] – Режим доступу: arXiv:1204.4928v1 [nlin.AO] 22 Apr 2012.
18. Costa M. Multiscale entropy analysis of biological signals / M. Costa, A.L. Goldberger, C.-K. Peng // Phys Rev E. – 2005.–V.71.– P.021906.
19. Данильчук А. Б., Лук'янчук О.С. // Використання елементів теорії складності для моделювання динаміки валюти в контексті емерджентних змін // Наука і економіка // Науково-теоретичний журнал хмельницького економічного університету. // 2012.- № 4(28).- Т.2;
20. Чумак О . В . Энтропии и фракталы в анализе данных. — М.—Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011. — 164 с.
21. Richman J. S. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. // J. S. Richman, J. R. Moorman // Am J Physiol Heart Circ Physiol // 278: H2039-H2049. - 2000

22. Дербенцев В.Д., Сердюк О.А., Соловйов В.М., Шарапов О.Д. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем – Черкаси: Брама-Україна, 2010. – 300 с.

23. Bandt C. Permutation entropy — A natural complexity measure for time series / C. Bandt, B. Pompe // *Phys. Rev. Lett.*— 2002.— v. 88. — P. 174102–174102.

24. Plastino A. Rosso, O.A. Entropy and statistical complexity in brain activity. / O.A. Rosso, A. Plastino // *Eur. News.*— 2005.—v. 36.— P. 224–228.

25. Wu S.D. Bearing Fault Diagnosis Based on Multiscale Permutation Entropy and Support Vector Machine / S.D. Wu, P. H. Wu, C.W. Wu, J.J. Ding, C.C. Wang. // *Entropy.*—2012.—14.—P. 1343–1356.

26. Данильчук Г.Б. Використання мультимасштабної перестановочної ентропії для дослідження складності / Г.Б. Данильчук, О.С. Лук'янчук, В.М. Соловйов // Інформаційні технології та моделювання в економіці: на шляху до міждисциплінарності: Монографія / За ред. д.ф.-м.н., проф. Соловйова В.М. та ін. - Черкаси: Брама-Україна, 2013. - с. 90-100.

27. Renyi A. Proc. Fourth Berkeley Symposium. // Vol. 1. Berkeley, Los-Angeles: University of California Press // 1961.- P. 547.

28. Tsallis C. Possible Generalization of Boltzmann-Gibbs-Statistics // *J. Stat. Phys* // 1988.- v. 52.- N 1/2.- P. 479–487.

29. Колмогоров А. Н. Об энтропии на единицу времени как метрическом инварианте автоморфизмов. // *ДАН СССР* // Т. 124.- 1959.- С. 754–755.

30. Tsallis C. Introduction to Nonextensive Statistical Mechanics, Approaching a Complex World // Springer, New York, 2009.- [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://www.springer.com/978-0-387-85358-1>

31. Tsallis, C., Nonadditive entropy S_q and nonextensive statistical mechanics.

Applications in Geophysics and elsewhere. // *Acta Geophysica*, 60/3, 2012. *Acta Geophysica*. // № 60(3).- 2012.- P. 502-525.

32. Zunino L Fractional Brownian motion, fractional Gaussian noise, and Tsallis permutation entropy // L. Zunino , D. Perez, A.

Kowalski, M. Martin, A. Plastino, O. Rosso //Physica A. 387 (2008) P. 6057-6088.

33. Potirakis S.M. Zitis P.I. Eftaxias K. Dynamical analogy between economical crisis and earthquake dynamics within the nonextensive statistical mechanics framework. // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications // 14313

34. Shalizi C.R. Maximum likelihood estimation for q-exponential (Tsallis) distributions. // [Электронный ресурс] – Режим доступа: arXiv:math/0701854v2 [math.ST] 1 Feb 2007

indicators of social and economic development are defined. The study presents seven strategic principles for indicators system forming of socio-economic development at regional level and draws the attention of managers to the development purpose of regional governance.

Shchvets V.Ya, Muzichka A.R. Possibilities of application of methods of control over projects as mechanism of introduction of organizational changes

Possibility of application of methods of management by projects for organizational development is considered. The system of organizational changes in quality of creation of rational system of resource use of the enterprise is presented. Introduction of system of rational resource use as project is proved. Characteristics and project tasks are defined.

Soloviev V., Tobilevich Yu. Spectral analysis of stock market

This article discusses the possible application of spectral analysis to the study of stock indices' time series, presented in the form of graphs. Certain spectral characteristics of stock indices have been produced based on the various types of spectra. The article studies and analyses the dynamics of changes in generated graphs' characteristics. The possibility of applying the spectral analysis to the investigation and forecast of stock market's behavior is considered.

Soloviev V., Tuliakova A. Recurrence networks based methodology of dynamical complexity of stock markets research

The new concept of «time series analysis» methodology is being discussed in this article. The authors use it together with other methodologies to investigate complexity of the financial markets. The principle of this method indicates how to construct new measures of dynamical complexity of the market; financial time series are being transformed into complex networks based on idea of recurrence of states in system's phase trajectory. The algorithm for stock market has been worked out.

Stratiychuk I.O. Evaluation of stock market efficiency by using index of fractality

The method of calculation index of fractality based on scale-dependent Lyapunov exponent for evaluation of complex and economic efficiency, results of experimental work of stock market indices efficiency ranking were shown in this paper. Shown that the highest efficiency have ftse

(England), aex (Netherlands), dax (Germany), lowest - iseq (Ireland), jkse (Indonesia), bvsp (Brazil) among the shown stock market indices.

Tochilin V. A., Kureni S. V. Simulation of manufacturing systems under unstable market conditions

Based on the production type models – modifications of the Kantorovich model, this paper presents a final output production program sustainability analysis under unstable external environment conditions, including market conditions change – demand, supply and prices. Marginal or optimal estimates serve as an analysis tool. A necessary condition of such an analysis effectiveness is fulfillment of the mathematical and economical (content-related) consistency criteria for the mathematical economic model construction.

Tyhovskaia T. The use of artificial neural networks in the project analysis

This article proved relevance finding new methods of project analysis and an improved project performance monitoring model using neural networks to determine the reliability of risk taking low-quality solutions for continuing the project. Exposed applied aspects of the application of improved methods of design analysis.

Vitlinskiy V.V., Skitsko V.I. SIMULATION OF CHOICE purchasing goods in online store WITH reflexivity

This paper describes and analyzes the current situation of e-commerce in Ukraine. One of the main tasks of commerce is selling products so that the buyer and seller are satisfied. Thus, there is a need to influence the decision to implement such a buyer purchases. Purchase - a primarily choice buyer. Should make every effort to make it really did. Therefore there is a need to influence the decision to implement such a buyer purchases. Shown that online shopping can carry reflexive management actions buyer.

Shows the model that describes the willingness of the buyer reflection before making a purchase. We describe the components of this model. A fuzzy model of consumer willingness to choose a specific product and approach to solve this problem using fuzzy inference.

The results can be the starting point of a variety of theoretical and applied research on the choice of the buyer of the goods.

ПЕРЕДМОВА.....	4
РОЗДІЛ 1. МОНІТОРИНГ ГЕОЕКОНОМІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНО-КУЛЬТУРНОГО РОЗВИТКУ КРАЇН З ЕМЕРДЖЕНТНОЮ ЕКОНОМІКОЮ	
1.1. Світові фінансові кризи та геоекономічна стратегія України.....	6
1.2. Принципи формування системи показників соціально-економічного розвитку регіонів	19
1.3. Рекреаційна складова туристського кластеру Черкащини і розвиток її інфраструктури.....	29
1.4. Американские кампусы против провинциальных российских университетов.....	38
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНИМИ ПРОЕКТАМИ	
2.1. Оптимізація структури фінансування інвестиційного проекту.....	48
2.2. Фінансово-інвестиційний потенціал України та комплексний підхід до управління ним на державному та регіональному рівні.....	65
2.3. Возможности применения методов управления проектами как механизма внедрения организационных изменений	74
2.4. Применение искусственных нейронных сетей в проектном анализе.....	82
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОФІЗИЧНІ ТА ГРАФОДИНАМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ З ЕМЕРДЖЕНТНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	
3.1. Методологія дослідження динамічної складності фондових ринків з використанням рекурентних мереж.....	91

3.2. Спектральний аналіз фондових ринків.....	112
3.3. Ентропійний аналіз стану світової банківської системи.....	122
3.4. Оцінка ефективності фондових ринків за індексом фрактальності.....	154
3.5. Методи прогнозування часових рядів та проблема складності	161
 РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СОЦІАЛЬНО- ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ	
4.1. Моделирование производственных систем для условий неустойчивой конъюнктуры.....	173
4.2. Моделювання вибору покупцем товару в інтернет- магазині з урахуванням рефлексивності.....	181
4.3. Оцінка ефективності витрат вітчизняних страхових компаній на основі методу стохастичної границі	198
 ANNOTATION.....	 211

Наукове видання

**ПРОБЛЕМИ МОНІТОРИНГУ,
МОДЕЛЮВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТУ
ЕМЕРДЖЕНТНОЇ ЕКОНОМІКИ**

Монографія

За ред. В.М. Соловйова

Підп. до друку 2.09.2013. Формат 60x84/16. Папір офсетний.

Гарнітура Таймс.

Умовн. друк. арк. 20,7. Тираж 300 прим.

«БРАМА-УКРАЇНА». Видавництво.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців.

Серія ДК № 1996 від 28.10.2004 р.

Україна, 18000, м. Черкаси, вул. Слави, 1.

Тел: 8/0472/50-35-86, 8/067/470-13-14.

E-mail: book_brama@ukr.net