

Володимир Пасічник, Ярослав Виклюк, Наталія Іванушак*
 Національний університет «Львівська політехніка»
 *Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

МЕТОДОЛОГІЯ ЕКОНОФІЗИКИ ЯК ОСНОВА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ РОЗВИТКУ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СТРУКТУР

©Пасічник В.В., Виклюк Я.І., Іванушак Н.М., 2008

В роботі розглянуто необхідність створення інформаційних систем, які повинні базуватися на нових методологіях. Здійснено огляд концепцій представників еконофізики, визначено причини її ефективності як фундаменту при побудові нових інформаційних систем.

In this work has been shown the necessity of creation of the information systems, which must based on new methodologies. The review of conceptions of econophysic's representatives has been carried out, the reasons of its efficiency has determined as foundation in construction of the new information systems.

Вступ

Розвиток соціально-економічних систем потребує підтримки виробничих, адміністративних і управлінських процесів за допомогою аналітичних та інформаційних технологій.

Для вирішення проблем розвитку та економічного зростання важливим є питання формалізації інформації для здійснення ефективного управління інформаційними потоками. Для управління та планування соціально-економічних систем нині потрібні ефективні методи й інструменти підтримки рішень на всіх рівнях їх функціонування.

Ось чому вивчення та систематизація інформаційних технологій та систем, особливості їх використання в економічній сфері повинні бути в центрі уваги сучасних дослідників.

По характеру використання системи підтримки прийняття рішень (DSS – Decision Support Systems) можна умовно розділити на п'ять сегментів:

- засоби побудови сховищ і вітрин даних;
- OLAP-засоби;
- інструменти добування даних;
- управлінські інформаційні системи;
- інструменти кінцевого користувача для виконання запитів і побудови звітів.

Засоби побудови сховищ і вітрин даних. Відносяться до класу інформаційно-пошукових систем призначених для зберігання, пошуку і видачі інформації, яка цікавить користувача. До них належать:

- 1) засоби проектування сховищ і вітрин даних;

Входять до складу реляційних і багатовимірних СКБД таких виробників, як Microsoft, Oracle, IBM, Sybase. Часто застосовуються універсальні CASE-інструменти (ErWin).

- 2) засоби витягування, перетворення і завантаження даних;

Витягують інформацію з вихідної бази даних, перетворюють її у формат, який підтримує призначена БД і завантажують у неї перетворену інформацію. Входять до складу реляційних і багатовимірних СКБД, наприклад Microsoft SQL.

- 3) готові предметно-орієнтовані сховища даних.

OLAP-продукти. Засобами реалізації являються інструменти оперативної аналітичної обробки (On-Line Analytical Processing). Основна ідея OLAP полягає у побудові багатовимірних таблиць, доступних для запитів користувачів. Такі таблиці (багатовимірні куби) будуються на

основі вихідних і агрегатних даних. Дані таблиць можуть зберігатися як у реляційних, так і в багатовимірних базах даних.

Інструменти добування даних. Knowledge Discovery in Databases (KDD) – це процес пошуку корисних знань серед «сирих» даних. До них відносять засоби інтелектуального добування даних (data mining), які забезпечують пошук корисної інформації у великих масивах даних за допомогою методів математичного аналізу:

1. Фільтрація – первинна обробка даних, яка дає можливість підвищити якість вихідних даних.
2. Дерева рішень дозволяють подавати правила в ієрархічній, послідовній структурі, де кожному об'єктові відповідає єдиний вузол, що приймає рішення. Застосовують при розв'язанні задач пошуку оптимальних рішень на основі описаної моделі поведінки.
3. Асоціативні правила дозволяють знаходити закономірності між пов'язаними подіями.
4. Генетичні алгоритми застосовуються при розв'язанні задач оптимізації.
5. Нейронні мережі застосовуються для розв'язання задач пошуку закономірностей, класифікації і кластеризації даних, прогнозування і моделювання.

Управлінські інформаційні системи. Відносяться до класу експертних систем, здійснюють наступні види завдань:

- аналіз фінансового стану банку або підприємства за допомогою балансу, звіту про фінансові результати і т.д. (Audit Expert);
- інвестиційний аналіз – комплексна оцінка ефективності інвестиційних проектів і ухвалення рішення про їх фінансування (Project Expert);
- підготовка бізнес-планів – варіації схем виробництва, збуту і фінансування, комплексний аналіз маркетингової ситуації (Project Expert);
- маркетинговий аналіз – оцінка становища компанії на ринку, визначення прибутковості різних сегментів ринку (Marketing Expert);
- управління проектами – розробка розкладу виконання проекту, визначення критичного шляху і резервів часу, аналіз ринків і т.д. (MS Project, Open Plan);
- бюджетування – забезпечення планування, обліку і аналізу по центрах фінансової відповідальності і розрахунок фінансового результату (Hyperion Pillar, Comshare MPC);
- фінансове управління – задачі фінансового планування, управлінського обліку, трансферного керування ресурсами (Oracle Financial Services Application).

Інструменти кінцевого користувача. Системи даного класу (Query & Reporting) призначені для формування і виконання запитів до інформаційних систем у термінах користувача, інтеграцію даних з різних джерел, перегляд даних з можливостями деталізації та узагальнення і побудова повноцінних звітів – як екранних, так і друкованих.

Слід зазначити, що аналітичні інформаційні системи моделюють класичні розрахунки, спираючись на статистичні дані. Експертні системи базуються на знаннях експертів, тому не можуть вийти за рамки побудованих продукційних правил. Робота нейромережних технологій є ефективною, якщо навчальна вибірка складається з великої кількості записів. Новостворені підприємства, фірми чи інші об'єкти такою статистикою не володіють.

Усунення цих недоліків полягає у створенні нової методології, в якій необхідно замінити економічні розрахунки на математичні моделі міждисциплінарних досліджень, які в останні роки активно проводяться у світі. Вони дозволяють співставити методи аналізу, сформулювати єдиний понятійний апарат, порівняти конкретну науку з іншими сферами знань. Широке застосування на початку 1990-х років методів, апробованих у фізиці для вивчення економічних явищ, привело до формування нового наукового напрямку, який отримав назву «економічна фізика».

Метою роботи є огляд передових методологій екофізики, які можуть бути використані для створення нових інформаційних систем.

Визначення інформації та енергії економічної системи.

Кожна подія несе в собі інформаційне навантаження. Важливість інформації визначається її техногенною й економічною складовими, актуальністю прогнозування ризиків у сьогоденні та в майбутньому. Є певна ієрархія інформації. Головною складовою інформації з точки зору економічних пріоритетів є ціни ринків (в першу чергу грошових і фінансових).

Актуальною проблемою є великі обсяги даних та інформації. Завжди існувала й буде існувати проблема ефективного і швидкого її збору, обробки й підготовці якісного продукту - прогнозу та плану його реалізації. Звідси - розвиток техногенної складової інформації - інформаційних технологій. Обидві складові інформації допомагають визначити інноваційні пріоритети, їхню реалізацію.

Іншою важливою складовою інформації є науково-технічна інформація про розвиток техніко-економічних і суспільних систем, що створюється відповідними науковими установами та окремими дослідниками. Результатом цієї діяльності є прогнози й гіпотези економічного розвитку, прогресу в цілому, а також рекомендації щодо ефективного використання результатів роботи наукових колективів.

Економічна теорія безпосередньо стикається з поняттям «інформації» принаймні в трьох випадках: по-перше, при вивченні вартості; по-друге, при аналізі поняття ринкової ефективності; по-третє, в теорії асиметричної інформації.

Вартість вимірює результат процесу виробництва, а процес виробництва є взаємодією енергії і інформації. Перша в ході цього процесу витрачається, переходить в новий стан, друга – використовується.

Можна висловити припущення про енергетичний характер грошей, адже вони, з одного боку, є множиною зв'язків між товаровиробниками та споживачами, а з іншого боку, - ресурсом, що забезпечує перерозподіл інших видів ресурсів (матеріальних, трудових). Гроші володіють властивістю мимоволі розширюватися і здатні перерозподіляти енергію в економіці, зокрема через фінансову систему і фінансовий ринок. Гроші як структура підлаштовуються під товарну масу в результаті процесу інфляції-дефляції. Вони колапсують при погашенні банківських кредитів, а також в ході фінансових криз, коли мають місце неповернення кредитів і банкрутства.

Приведене трактування грошей збігається з уявленням квантової механіки про хвильову функцію електрона. У квантовому стані електрон поводить себе як хвиля і відповідно вид енергії з певною імовірністю знаходиться в якій-небудь частині так званого хвильового пакету, тобто структури, що створена енергією. Хвильовий пакет може збільшуватися за рахунок розростання його структури, але при зустрічі з перешкодою в квантовому світі він здатний колапсувати, або схлопуватись. В цьому випадку «нарощена» електроном структура самоліквідується, а початкова енергія залишається.

Професор Г.А.Бордовський [1] вважає, що гроші володіють всіма властивостями фізичних частинок, а саме:

- існують в одиничних станах і складають множини;
- неперервно рухаються і взаємодіють один з одним;
- володіють певною енергією і міняють її при взаємодії;
- можуть переходити одні в одних по певних законах;
- складають поле, в якому розповсюджуються (поле фінансового обігу);
- володіють своєю грошовою масою, яка пов'язана з їх енергією;
- мають свої джерела, які випускають і поглинають грошові частинки.

Другий випадок енерго-інформаційної взаємодії, що вивчається в економічній науці, пов'язаний із поступленням інформації на ринки і її впливом на коливання об'ємів попиту і пропозиції, а відповідно цін і валютних курсів. Тут потік даних визначає поведінку економічних суб'єктів. Їх дії приводять до ринкових коливань, які можна інтерпретувати як флуктуації потенціальної енергії.

Можливість інформаційної дії на стан фізичної системи відзначав, наприклад, Б.Кадомцев [2].

У теорії асиметричної інформації аналізуються наслідки нерівномірного розподілу відомостей про перебіг економічних процесів між їх учасниками. Причому виявляється, що виробники і споживачі товарів і послуг мають різну інформацію про їх якість. З цього слідує, що ціна не є об'єктивним показником, а ринок не є ефективним механізмом порівняння витрат і результатів на основі конкуренції.

Наведені приклади енерго-інформаційної взаємодії дозволяють проаналізувати специфіку трактування поняття «інформації», у тому числі в економічній науці.

У квантовій фізиці, що вивчає мікросвіт, поняття «інформації» використовується для характеристики взаємодії мікрочасток.

В природничих науках розроблено два підходи до трактування інформації. Перший з них полягає у визначенні кількості інформації на основі розрахунку частоти результатів конкретної події. В даному випадку інформація дорівнює логарифму з основою два імовірності здійснення події.

Другий підхід пов'язує інформацію з поняттям «ентропії». Остання характеризує процес теплообміну: передачу тепла від більш нагрітих тіл до менш нагрітих. Зростання ентропії означає наближення системи до теплової рівноваги. Ентропія визначається як імовірнісний стан системи, тобто здатність перебувати в якому-небудь з імовірних станів. Тому формула розрахунку ентропії схожа з формулою визначення кількості інформації.

Зростання ентропії наближає систему до рівноважного стану, при якому вона характеризується однорідністю, а всі напрями її розвитку вважаються рівноімовірними. З точки зору статистичної фізики рівноважний стан означає відсутність порядку в системі. І навпаки, нерівноважним станом є її впорядкований рух.

Для економіста рівновага означає такий стан системи, при якому її інформаційна насиченість мінімальна, а напрями розвитку не визначені.

Вже багато років учені обговорюють можливість використання поняття «ентропія» в економіці. Л. Вініарські ще в 1900 р. пропонував розглядати золото, тобто гроші, як соціобіологічну енергію [3]. Г. Девіс в роботі 1941 р. намагався ввести поняття «Економічна ентропія» [4].

Поняття «інформації» та «ентропії» розглядають Edward Jimenez, Douglas Moya у статті «Економіка: від теорії ігор та інформаційної теорії до квантової механіки» [5]. Автори продемонстрували можливість застосування принципів квантової механіки до інформаційної теорії та теорії ігор.

Використання принципів квантової механіки в теорії ігор та інформаційній теорії може відбуватися згідно таких причин:

1. формулювання ентропії (міри хаотичності інформації), використовуючи матрицю густини квантової механіки;
2. бездоганної аналогії між кореляційною рівновагою, що міститься всередині області теорії ігор і запутаності, яка існує усередині області квантової інформації;
3. розгляд загальної теорії прийняття рішень, як наслідок квантових ймовірностей, оскільки основи теорії ігор є частково зосередженими в теорії ймовірності;

Автори показали, що існує відношення між кількістю інформації і енергією системи.

$$\Delta I_m = -\frac{4\Delta S^2}{2\pi\sigma^2}, \quad (1)$$

що виражається через варіацію інформації ΔI_m та варіацію дії ΔS . Згідно з (1) варіація інформації приводить до варіації дії. При зменшенні середньої інформації генерується маса, оскільки дуже мале зменшення інформації виробляє величезні кількості енергії.

Отримані результати автори пропонують використовувати в квантовій теорії ігор для досягнення рівноваги Неша (максимізації корисності).

Моделювання поведінки людей.

Людина - відкрита система. Вона вимушена споживати ресурси, інформацію й енергію та має постійний мінімальний рівень споживання, що у сучасних форматах економічних категорій називається автономним споживанням. На величину автономного споживання впливають соціальні стандарти, що відповідають кожному етапу економіко-цивілізаційного розвитку. Необхідно враховувати, що людина є основним учасником фінансового ринку, тому моделювання її поведінки є важливим етапом прогнозування соціально-економічного розвитку.

Французький фізик Жан-Філіпп Бушо [6] припускає, що глобальних економічних криз можна в майбутньому уникнути, якщо використовувати фізичні підходи до моделювання економічних процесів, змінивши при цьому систему мислення економістів і їх підготовку. Бушо стверджує, що в описі поведінки людських мас повинні існувати деякі статистичні

закономірності, подібно до законів ідеального газу, що виникають з хаотичного руху окремо взятих молекул. Для нього головна відмінність між моделюванням фізичних і економічних процесів полягає в різному підході цих двох наук до використання наукових концепцій, рівнянь і емпіричних даних, на яких це моделювання базується.

Одна з найбільш вдалих моделей в економіфізиці була розроблена економістом Т.Лаксом і фізиком М.Марчезі [7]. У ній представлено три групи учасників фондового ринку: реалісти, що купують акції при падінні їх котирувань нижче рівня, визначеного довгостроковими чинниками; песимісти, що продають акції при підвищенні котирувань для фіксації прибутку; оптимісти, що купують акції при їх зростанні. Дана модель базується на уявленнях статистичної фізики про взаємодію часток під впливом внутрішніх чинників системи. У моделі встановлюється імовірність переходів учасників ринку з однієї групи в дві інші, причому функції переходів визначаються прибутками від використання фундаментальних або технічних стратегій. Динаміка котирувань залежить від співвідношень попиту трьох груп учасників. Згідно з даною моделлю, стабільний стан ринку настає після значних коливань, коли скорочується число прибічників технічного аналізу – песимістів та оптимістів і зростають ряди прибічників фундаментального підходу – реалістів.

Дана робота цікава тим, що задається питання моделювання поведінки людей в кризовій ситуації, адже паніка натовпу суттєво впливає на діяльність фінансових ринків в період кризи.

Інформаційні потоки в економічній системі.

Економічна система, як і людина, також є відкритою системою. Вона взаємодіє із зовнішнім середовищем, споживаючи інформацію, ресурси та енергію, створюючи й розподіляючи продукти взаємодії. Дані системи мають свій рівень постійного споживання інформаційних ресурсів та свій рівень ризиків. Для економічної системи актуальним є питання знаходження корисності, яке проявляється в моделюванні інформаційних потоків, в першу чергу, на фінансових і грошових ринках.

Моделюванням фінансових потоків займаються Є.В.Шипіцин, В.В.Попков, Д.Б.Берг у статтях [8,9]. Автори успішно застосували Фізичні методи фізики твердого тіла в аналізі динаміки фінансових ринків. Кристалічне тверде тіло (типичний фізичний об'єкт) має таку ж структуру своєї динамічної мережі, як і фінансовий ринок (типичний економічний об'єкт) (рис.1).

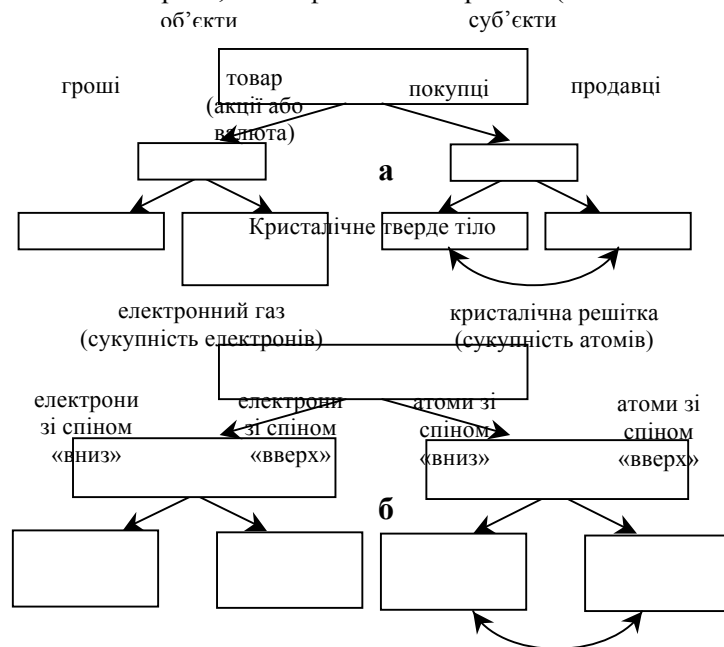


Рис.1. Ізоморфні структури динамічних мереж:
 а – фінансовий ринок (економічний об'єкт)
 б – кристалічне тверде тіло (фізичний об'єкт)

Аналогічні і механізми функціонування двох мереж: електрони рухаються по кристалічному твердому тілу шляхом перескакування з одного атому на інший, а гроші і товари переміщуються по фінансовому ринку за рахунок переходів від одного покупця чи продавця до іншого.

Отже, динамічні мережі фінансового ринку і кристалічного твердого тіла ізоморфні один до одного.

Кристалічна решітка твердого тіла представляє собою статичну мережу, а додавання до неї електронного газу «збуджує» цю мережу і перетворює з статичної в динамічну.

Основними фундаментальними теоретичними моделями фізики твердого тіла являється t - J - A модель. В рамках цієї моделі можливі тільки три різних електронних стани атома:

$$|0\rangle, |\downarrow\rangle, |\uparrow\rangle, \quad (2)$$

що означають відповідно відсутність на ньому електронів і наявність одного електрона зі спіном «вниз» або «вверх».

Виходячи з ізоморфізму динамічних мереж фінансового ринку і кристалічного твердого тіла, електрони зі спіном «вниз» або «вверх» можна співставити відповідно з грошима і товаром (під якими підрозуміваються акції і валюта), а атоми зі спінами «вниз» і «вверх» - з покупцями і продавцями. З врахуванням проведеного вище співставлення фізичних понять з економічними, дане твердження означає, що покупець – це суб'єкт фінансового ринку, в якого є гроші, а продавець – той, у кого є товар.

Відмітимо, що перший з перелічених елементів в (1) – атом без електронів (тобто суб'єкт фінансового ринку без грошей і товару) – можна вважати статичним елементом динамічної мережі (або пасивним учасником ринку), а останні два – атоми з електроном зі спіном «вниз» або «вверх» - вважати динамічними елементами мережі (або активними учасниками ринку). Збільшення кількості електронів в розглядуваному кристалічному твердому тілі (прибуття на фінансовий ринок грошей і товару) приводить до «активізації» пасивних учасників, тобто до зменшення числа статичних елементів динамічної мережі.

Модель t - J - A характеризується трьома основними фізичними параметрами, кожному з яких можна дати економічну інтерпретацію:

1. обмінна енергія J – являється характеристикою процесу обміну електронами зі спіном «вниз» і «вверх» між двома атомами; чим більша величина J , тим легше і швидше відбувається обмін. На економічній мові параметр J можна інтерпретувати, як ступінь легкості і швидкості купівлі-продажу товару, тобто як ліквідність.

2. ширина W зони розкиду енергій – являється характеристикою безпорядку в кристалічній ґратці. Зауважимо, що електронний енергетичний рівень атома являє собою сумарну енергію атома в двох його станах - $|\downarrow\rangle$ і $|\uparrow\rangle$, а величина W дорівнює різниці між максимальним (найвищим) і мінімальним (найнижчим) електронними енергетичними рівнями атомів розглядуваного твердого тіла. Якщо тепер фізичному поняттю «енергія» співставити економічну категорію «вартість», то електронний енергетичний рівень атома можна інтерпретувати як сумарну вартість грошей і товару, яка може мати різне значення тільки за рахунок різної вартості товару, тобто в результаті коливань його ціни. Тоді параметр W фактично представлятиме собою різницю між максимальною і мінімальною ціною товару, в результаті чого даний параметр можна інтерпретувати як ступінь зміни ринкової ціни товару, тобто як волатильність.

3. електронна концентрація n (що змінюється в межах від 0 до 1) – представляє собою відношення числа електронів в твердому тілі (N_e) до числа атомів в ньому (N):

$$n = \frac{N_e}{N}.$$

З економічної точки зору параметру n можна дати подвійне взаємодоповнююче тлумачення. З одного боку, величина n представляє собою відношення сукупної кількості ресурсів фінансового ринку (тобто сумарного числа грошей і товару, які обертаються на ньому) до числа всіх учасників цього ринку (як активних, так в пасивних), що дозволяє інтерпретувати її як концентрацію ресурсів. З іншого боку, на економічній мові параметр n можна назвати концентрацією активних учасників ринку (що являє собою відношення числа активних учасників ринку до повного числа учасників ринку), або коефіцієнтом динамічності сітки

фінансового ринку (що показує, яка частина елементів динамічної сітки втягнута у взаємодію один з одним).

Побудовою інформаційних потоків для відносно простих ринкових економічних систем займається А.В.Кондратенко [10]. В якості дослідження розглядаються системи, які складаються з економічної підсистеми з певним числом покупців і продавців, і її зовнішнього середовища з певними взаємодіями між суб'єктами і зовнішнім середовищем. В роботі автора припускається, що побудувати динамічну модель можна по аналогії з методом побудови теоретичних моделей фізичних систем, які складаються із системи взаємодіючих між собою матеріальних точок, що знаходяться в області дії зовнішніх сил або зовнішнього середовища. Крім того, автор припускає, що рівняння руху, які отримані для фізичних систем – прототипів в координатному або фізичному просторі – являються достатньо хорошим наближенням для рівнянь руху модельованих економічних систем в деякому ціновому просторі.

Незважаючи на різницю у властивостях координатного і цінового простору та властивостях економічної і фізичної системи, прийнятною стартовою позицією у вивченні динаміки економічних систем являються рівняння руху для фізичного прототипу, тобто вид рівнянь обох систем в своїх просторах буде однаковий, хоча зміст параметрів і потенціалів в них буде зовсім різний. У фізиці допускається, коли одні і ті ж рівняння описують зовсім різні системи. Так, наприклад, рівняння гармонічного осцилятора описує рух як простого маятника, так і рух електромагнітної хвилі. Іншими словами, формальна схожість рівнянь не означає тотожності самих систем, які вони описують.

У фізиці накопичений величезний досвід розрахунку фізичних систем різної міри складності з різними взаємодіями між членами системи і системи із зовнішнім середовищем. Можна спробувати знайти спосіб використовувати ці досягнення для вирішення економічних проблем. В разі успіху відкрилася б можливість за допомогою комп'ютерних розрахунків фізичних моделей досліджувати чисельний вплив різних як внутрішніх, так і зовнішніх чинників на поведінку кожного суб'єкта економіки і на результати діяльності всієї системи в цілому. Теоретична економіка отримала б в свої руки щонайпотужніший інструмент для дослідження, порівняний по своїх можливостях з тим, що дало свого часу фізиці відкриття рівнянь руху відносно простих фізичних систем.

Фрактальний аналіз як інструмент оцінки складних економічних систем. Одним з напрямків еконофізики являється фрактальний аналіз структури фінансового ринку, який розглядає ринкові системи як нелінійні та динамічні. Фрактали присутні всюди в нашому світі і грають істотну роль, у тому числі, і в структурі фінансових ринків, які локально випадкові, але глобально детерміновані. Вченими розглядаються методи фрактального аналізу ринків акцій, облігацій і валют, методи розрізнення незалежного процесу, нелінійного стохастичного процесу і нелінійного детермінованого процесу, досліджується вплив цих відмінностей на призначені для користувача інвестиційні стратегії і способи моделювання. Такі стратегії і способи моделювання тісно пов'язані з типом активів і інвестиційним горизонтом користувача.

Аналіз показує, що загальний об'єм ринку має тенденцію до безкінечного росту: сумарний об'єм малих ринкових ніш може перевищувати сумарний об'єм великих ніш. Знаючи розташування «незанятого» простору на ринку, можна «розташувати» там нових агентів з відповідним набором послуг і оборотом. При цьому буде отримана нова, густіша конфігурація ринкової структури. Така процедура може продовжуватися нескінченно. Практичний інтерес представляє здобуття густих, оптимальних по заповненню конфігурацій, розмір ніш яких варіюється в допустимих межах. Сукупність однорідних агентів, що діють на ринку, описується розподілом числових значень їх характеристик.

Відмінною особливістю фрактальних розподілів є нескінченна дисперсія. Саме такою є статистика біржових крахів і багатьох інших подій в економіці.

Автори статті [11] досліджують кластерну поведінку фінансових ринків. В створеній моделі кластер формується підключенням до агентів, які перебувають в однакових станах. Встановлено, що сукупний розподіл кластерів підпорядковується степеневому закону. Імовірність розподілу ліквідності (параметру, що вимірює енергію фінансових ринків) є достатньо стабільною. Крім того, часові ряди параметру ліквідності мають характеристики шуму, що можуть свідчити про фрактальну геометрію фінансових ринків.

Слід зазначити, що фрактальний аналіз здійснюється не лише для фінансового ринку, а і для інших економічних систем, наприклад, ринку туризму. В основу аналізу покладене моделювання фінансових та економічних процесів у фракталах згідно із змодельованою внутрішньою структурою туристичного ринку.

У статті [12] розглядається методологія аплікації методів фрактального росту кристалів у нечіткому потенціальному полі атрактивності для прогнозування соціально-економічних процесів. Автором запропоновані методика побудови нечіткого потенціального поля привабливості та методика модифікації та інтеграції класичних методів фрактального росту: дифузно обмеженої агрегації та «випадкового дощу» з теорією молекулярної динаміки. Наведено детальний опис та обґрунтування даних модифікованих моделей. Для моделі дифузно-обмеженої агрегації показано, що врахування елементів апарату молекулярної динаміки, сили в'язкого тертя й обмежень в моделі ДОА дозволяє адекватно описувати рух акреційованої частинки в нечіткому потенціальному полі. Для моделі фрактального росту «випадковий дощ» показано, що методика врахування декількох центрів кластеризації та визначення імовірності агрегації частинки дозволяють адекватно описувати рух акреційованої частинки в нечіткому потенціальному полі.

Також здійснюється апробація методології при прогнозуванні геометричної структури населених пунктів.

Стаття [13] присвячена методу сегментації для прогнозування соціально-економічних процесів згідно із запропонованими методологіями з метою визначення якісного та кількісного складу й обсягу послуг, що надаються сегменту, в залежності від побажань туристів та рекреантів. Інтегрування за об'ємом дозволяє визначити середню кількість рекреантів і відповідно передбачити грошові потоки модельованої системи.

Математичне моделювання. Одним з напрямків екофізичних досліджень є математичне моделювання процесів розвитку і еволюції, яке може призвести до побудови економічних систем за принципами точних природничих наук. Особливість цього напрямку полягає в тому, що фізичні і економічні поняття не співставляються, а просто використовуються методи математичного моделювання, які описують фізичні процеси.

Даний вид досліджень використовує академік РАН В.П. Маслов в книзі «Квантова економіка» [14]. Він вважає, що закони фінансових ринків у певні періоди часу підпорядковуються або лінійній, або нелінійній арифметиці, причому закони нелінійної арифметики на деяких етапах рухають фінансовим ринком більш інтенсивно, ніж закони лінійної арифметики. В певні періоди відбуваються «фазові переходи» від однієї арифметики до іншої. Найскладніші розрахунки зв'язані з перехідним періодом, коли одна частина суспільства живе за однією «арифметикою», а інша - за іншою...

Для автора лінійна арифметика є класичною теорією імовірності. При класичному розрахунку середнього математичного сподівання значення величини, отримується результат, який не відображає реального явища, оскільки моральні збитки від програшу можуть неспіврозмірно перевищувати задоволення від виграшу. Вводяться додаткові обмеження, на основі яких вибудовується «нелінійна арифметика», згідно з якою математичне сподівання обчислюється за іншими формулами, які суттєво відрізняються від класичних. Система нелінійних рівнянь для прибутків безпосередньо переходить в аксіому Гіббса для квантової статистики. Крім того, грошові купюри підпорядковуються квантовій статистиці Бозе-Ейнштейна.

За допомогою квантової теорії рідини (а саме, ефекту фонтанування) автор зміг пояснити відомі ефекти в економіці (дефолт, пробій курсу акцій), які не в змозі спрогнозувати сучасна економічна теорія.

У своїх працях автор багато уваги приділяє законам, що діють в економіці і фізиці. Але це швидше не співставлення явищ, а перевірка параметрів явища на відповідність критеріям математичної моделі [15].

Застосування фундаментальних фізичних законів та понять при аналізі економічних систем. Предметом вивчення цього напрямку екофізичних досліджень є властивості, закони, фундаментальні характеристики процесів в економіці та фізиці, які мають спільну основу.

Прикладом фундаментальної теоретичної роботи може бути книга авторів А.В.Мосийчук, В.А.Мосийчук «Вступ у реальну квантову економіку» [16]. В центрі вивчення – «Природа», під якою розуміється «гігантська самоорганізована система функціонально пов'язаних елементів об'єктивної і суб'єктивної реальності, що утримуються вкупі силами, дія яких визначається детерміністичними та ймовірнісними законами. Кожен з елементів цієї системи, в тому числі і людина, повинен виконувати свою роль, підкоряючись загальним законам, які діють у системі». Центральним завданням є адекватне відображення природи у свідомості людей.

Як відзначали Г.Стенлі та ін.: «Вчені, що займаються статистичною фізикою, встановили, що фізичні системи, які складаються з великого числа взаємодіючих часток, підпорядковуються законам, незалежним від конкретних умов. Цей прогрес був досягнутий в основному завдяки розвитку теорії подібності (scaling theory). Оскільки економічні системи також складаються з великого числа взаємодіючих одиниць, ймовірно, що теорія подібності може бути застосована до економіки» [17]. Однак, закони подібності можуть проявлятися лише при стійких потоках інформації.

Автори статті [18] вважають, що ціни, а також час між угодами на фінансових ринках можна розглядати, як випадкові величини. Ці властивості є критично розглянутими в рамках теоретичних прогнозів, що базуються на сталій по часу моделі випадкового блукання.

У статті [19] розглядається степеневий закон розподілу динамічної поведінки фондових ринків. Модель фондових ринків вводиться по аналогії з моделлю Ізінга для магнітної системи і описується узагальненим рівнянням Ланжевена.

Робота [20] присвячена використанню динамічної моделі Лотки-Вольтера для характеристики ймовірності розподілу багатства. Згідно з теорією, воно має два характерні режими: при великому значенні приймає форму степеневого закону Парето, при малих значеннях функція розподілу наближається до нуля. Степеневі закони, які виникають у даній функції, визначаються певними логарифмічними умовами у функції розподілу Больцмана.

Висновки

В статті наведено огляд концепцій представників економічної фізики, виявлено причини її ефективності в порівнянні з іншими методологіями інформаційних систем для здійснення прогнозування соціально-економічних процесів. Дані концепції відкривають широкі перспективи для наукових досліджень, які можуть стати фундаментом передових інформаційних технологій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Бордовский Г.А.* Физические основы естествознания. Учебное пособие для студентов вузов. 2-е изд. М:Дрофа, 2004.
2. *Кадомцев Б. Б.* Динамика и информация. М.: Редакция журнала "Успехи физических наук", 1999. С. 345.
3. *Winiarski L.* Essai sur la mécanique sociale: l'entropie sociale et ses mensurations // *Revue Philosophique*. 1900. Vol. 49. P. 265.
4. *Davis H.* The Theory of Econometrics. Bloomington: Indiana University Press, 1941.
5. *Edward Jimenez, Douglas Moya.* Econophysics: from Game Theory and Information Theory to Quantum Mechanics // *Physica A* 348 (2005) 505–543.
6. *Jean-Philippe Bouchaud.* [Economics needs a scientific revolution](#) // *Nature*. V. 455. P. 1181 (30 October 2008).
7. *Lux T., Marchesi M.* Scaling and Criticality in a Stochastic Multiagent Model of a Financial Market. // *Nature*. 1999. Vol. 397. P. 498.
8. *Шулицын Е.В., Попков В.В.* Двойственность и золотое сечение в физике твердого тела. // Вестник Международного института А. Богданова, 2000, № 4, С. 6 – 27.
9. *В.В.Попков, Д.Б.Берг* Эконофизика и эволюционная экономика – перспективное направление исследований, Международный институт А.Богданова // <http://www.ephes.ru/vved/issl.php>
10. *А.В.Кондратенко* Физическое моделирование экономических систем. Классические и квантовые экономики. Российская экономика на новых путях: Сборник статей/Под

- редакцией Э.И. Гойзмана и Р.Н. Евстигнеева. М.: Институт Бизнеса и Экономики, 2005. – 150с.
11. *J. Jiang, W. Li, X. Cai* Cluster behavior of a simple model in financial markets // *Physica A* 387 (2008), pp. 528–536.
 12. *Я.І.Виклюк* Методологія прогнозування соціально-економічних процесів методами фрактального росту кристалів у нечіткому потенціальному полі // *Вісник ТДТУ*, 2008р., №2, с. 153-162.
 13. *Я.І.Виклюк* Метод сегментації соціально-економічних об'єктів у процесі фрактального росту в нечіткому потенціальному полі // *Науковий вісник Національного Львівського університету*, 2008р., №18.4, с. 271-284.
 14. *В.П.Маслов* Квантовая экономика: Монография/ В.П. Маслов. - М.: Наука, 2005. - 68 с.
 15. *V.P.Maslov* Econophysics and Quantum Statistics, *Mathematical Notes*, vol. 72, no. 6, 2002, pp. 811–818.
 16. *А.В.Мосийчук, В.А.Мосийчук* Введение в реальную квантовую экономику. М., Научно-техническое общество имени академика С.И. Вавилова, 2006.
 17. *Stanley M., Amaral L., Buldyrev S. et al.* Self-organized Complexity in Economics and Finance // <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.022582899>. P. 2562
 18. *M. Raberto, E. Scalas, F. Mainardi.* Waiting-times and returns in high-frequency financial data: an empirical study. *Physica A* 314 No. 1-4, November 2002, pp. 749-755.
 19. *P. Richmond.* Power law distributions and dynamic behaviour of stock markets. *Eur Phys J B* 20 No. 4, April 2001, pp. 523-526.
 20. *P. Richmond, S. Solomon.* Power laws are disguised Boltzmann laws. *Int J Mod Phys C* 12 No. 3, March 2001, pp. 333-343.