

УДК 330.34:303.22
JEL: C53; D2; L51; P47
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-6-222-229>

РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ: СИСТЕМНИЙ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ТА ЕКОНОФІЗИЧНИЙ ПІДХОДИ У КОНТЕКСТІ МОДЕЛЮВАННЯ

©2023 БУРЕННІКОВА Н. В., ЯРМОЛЕНКО В. О.

УДК 330.34:303.22
JEL: C53; D2; L51; P47

Буреннікова Н. В., Ярмоленко В. О. Результативність процесу: системний, енергетичний та еконофізичний підходи у контексті моделювання

У статті з точки зору системного, енергетичного та еконофізичного підходів окреслено окремі аспекти теорії та практики вимірювання дієвості (зокрема, ефективності, результативності) процесів функціонування системи. Підкреслено, що сучасні реалії вказують на актуалізацію питань з квантової еконофізики, зокрема з адаптації та задіявання математичного апарату квантової механіки для моделювання процесів в економіці, використання квантово-механічних моделей та аналогій, застосування квантово-механічної ідеології, оскільки сучасні соціо-еколого-економічні системи є складними, нелінійними, в їх динаміці спостерігаються синергетичні явища, мають місце нестійкість і погана передбачуваність. Метою роботи є висвітлення деяких аналогів понять і показників, аналогічних фундаментальним фізичним поняттям, у парадигмі «пізнання – вимірювання – оцінювання – управління» щодо функціонування соціо-еколого-економічних систем і процесів у них із окресленням підходів до визначення результативності цих процесів на засадах моделювання з використанням системного, енергетичного та еконофізичного підходів. Запропоновано в парадигмі «пізнання – вимірювання – оцінювання – управління» щодо результативності процесів функціонування систем враховувати економічну інтерпретацію принципу невизначеності Гейзенберга та поняття економічного аналогу сталої Планка. Обґрунтовано, що теоретико-методологічний аналіз деяких основних фундаментальних фізичних понять (енергії, імпульсу тощо) та їхніх формальних і неформальних зв'язків з реальними економічними поняттями та процесами сприятиме вдосконалюванню процедури визначення та застосування ККД енергії процесів функціонування систем на основі авторських показників складових результативності процесів з урахуванням економічної інтерпретації принципу невизначеності Гейзенберга та поняття економічного аналогу сталої Планка.

Ключові слова: система, процес, результативність, масштабність, ефективність, еконофізика, енергія.
Формул: 2. **Бібл.:** 41.

Буреннікова Наталія Вікторівна – доктор економічних наук, професор, професор, кафедра економіки підприємства та виробничого менеджменту, Вінницький національний технічний університет (Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна)

E-mail: n.burennikova@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2529-1372>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/I-8441-2018>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57218139926>

Ярмоленко Віктор Олександрович – доктор фізико-математичних наук, доцент (Вінниця)

E-mail: 01559yarmol@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8550-3998>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/G-6998-2019>

UDC 330.34:303.22
JEL: C53; D2; L51; P47

Burennikova N. V., Yarmolenko V. O. Process Performance: The System, Energy, and Econophysic Approaches in the Context of Modeling

In the article from the point of view of the system, energy and econophysic approaches, certain aspects of the theory and practice of measuring the effectivity (in particular, efficiency, performance) of the processes of functioning of the system are outlined. It is emphasized that modern realities point to the actualization of issues in quantum econophysics, in particular the adaptation and use of the mathematical apparatus of quantum mechanics for modeling processes in the economy, the use of quantum mechanical models and analogies, the application of quantum mechanical ideology, since modern socio-ecological-economic systems are complex, nonlinear, synergistic phenomena are observed in their dynamics, instability and poor predictability occur. The aim of the publication is to highlight some analogues of concepts and indicators similar to fundamental physical concepts in the paradigm of «cognition – measurement – evaluation – management» regarding the functioning of socio-ecological-economic systems and processes in them along with outlining approaches to determining the performance of these processes on the basis of modeling using the system, energy and econophysic approaches. It is proposed in the paradigm of «cognition – measurement – evaluation – management» regarding the performance of the processes of functioning of systems to take into account the economic interpretation of the Heisenberg uncertainty principle and the concept of the economic analogue of the Planck constant. It is substantiated that the theoretical and methodological analysis of some basic fundamental physical concepts (energy, momentum, etc.) and their formal and informal connections with real economic concepts and processes will contribute to the improvement of the procedure for determining and applying the energy efficiency coefficient of the processes of functioning of systems based on the authors' indicators of the components of the performance of processes, taking into account the economic interpretation of the Heisenberg uncertainty principle and the concept of an economic analogue of the Planck constant.

Keywords: system, process, performance, scale, efficiency, econophysics, energy.

Formulae: 2. **Bibl.:** 41.

Burennikova Nataliia V. – D. Sc. (Economics), Professor, Professor, Department of Enterprise Economics and Production Management, Vinnytsia National Technical University (95 Khmelnytske Rte., Vinnytsia, 21021, Ukraine)

E-mail: n.burennikova@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2529-1372>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/I-8441-2018>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57218139926>

Yarmolenko Viktor O. – D. Sc. (Physics and Mathematics), Associate Professor,

E-mail: 01559yarmol@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8550-3998>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/G-6998-2019>

Нестабільність функціонування систем різних типів та ієрархічних рівнів спонукає науковців час від часу здійснювати спроби зі створення адекватних моделей щодо оцінювання результативності різноманітних процесів, які відбуваються в цих системах. Нові парадигми математичного моделювання результативності процесів, як на це вказує теорія і практика, є прийнятними в контексті так званої екофізики. «Екофізика як молодий міждисциплінарний науковий напрям... оформився і отримав свою назву в кінці 90-х років минулого століття [1]. У середині першого десятиліття ХХІ століття сформувалася квантова екофізика, або фізична економіка, яка використовує математичний апарат квантової механіки, її принципово нові та фундаментальні світоглядні ідеї [2–4], у тому числі з урахуванням релятивістських аспектів [5; 6]» [7].

Узагальненою характеристикою системи, яка визначає її якісно-кількісний стан і зумовлює перетворення її структури шляхом зміни просторового та часового розташування елементів системи, може служити енергія процесу при функціонуванні системи [8, с. 261]. «Ефективність перетворення енергії характеризується коефіцієнтом корисної дії (ККД) системи, який, як доведено, завжди є меншим ста процентів, тобто перетворення енергії у принципі без втрат є неможливим. Аналізуючи процес функціонування системи як потоку певних складових процесів (підпроцесів), можна говорити про діяння його енергії через об'єкти впливу на кінцевий результат, а тому коефіцієнт корисної дії можна вимірювати на основі кінцевого результату дії енергії – продуктів процесу функціонування. У нашому розумінні енергія системи – така узагальнена характеристика системи, яка визначає її якісно-кількісний стан і зумовлює перетворення її структури шляхом зміни просторово-часового розташування елементів системи. Енергія (з грец. *νέρυα* перекладається як діяльність) є рушійною силою будь-яких змін, у тому числі й процесів функціонування та розвитку систем. Актуальною з погляду енергетичного підходу є практика вимірювання коефіцієнта корисної дії процесу функціонування системи» [8, с. 261].

З точки зору енергетичного та екофізичного підходів актуальними стають теорія та практика вимірювання дієвості (зокрема, ефективності, результативності) процесів функціонування компонентів системи, які дозволяють оцінити зазначені зміни. «Саме цим можна пояснити необхідність розроблювання й удосконалювання методики вимірювання дієвості (зокрема, ефективності, результативності) процесів функціонування компонентів системи (КС) на основі авторських моделей складових результативності з метою управління процесами» [9, с. 103].

Сучасні реалії вказують на актуалізацію питань з квантової екофізики, зокрема з адаптації та використання математичного апарату квантової механіки

для моделювання процесів в економіці (наприклад, рівняння Гайзенберга тощо), використання квантово-механічних моделей та аналогій, застосування квантово-механічної ідеології (принципу невизначеності, трактування динаміки системи та ін.).

Сучасні соціо-еколого-економічні системи є складними, нелінійними, в динаміці яких спостерігаються синергетичні явища, мають місце нестійкість і погана передбачуваність. Погоджуючись із Сапциним В. М. і Соловйовим В. М. [5], нагадаємо, що вони відзначили таке: моделі, які описують фізичні процеси, та моделі соціально-економічних процесів знаходяться на суттєво різних, у певному сенсі протилежних рівнях ієрархії моделей навколишнього світу. Як зазначають згадані автори, пряме використання фізичних підходів та відповідних їм математичних моделей в описі соціально-економічних систем є корисним, проте вихід за межі їх застосування може призвести до парадоксів, які вже спостерігалися в історії науки.

Термін «фізична економіка» вперше запропонував американський економіст Лінден Ларуш. Вітчизняні та закордонні науковці Гринів Л. С. [10], Канигін Ю. М. [11], Лупенко Ю. О. [12] час від часу висвітлювали питання екофізики стосовно систем. Системний підхід є предметом вивчення таких науковців, як Вовк В. М. [13], Зінченко В. В. [14], Корнаї Дж. [15], Норт Д. [16] та ін. Автори Колотило Д. М. [17], Мельник Л. Г. [18], Подолинський С. А. [19], Руденко М. Д. [20], Ягельська К. Ю. [21] присвятили свої роботи результатам вивчення енергії систем з різних точок зору. Проте висвітлення адекватних фундаментальним фізичним поняттям аналогів категорій/визначень і показників у парадигмі «пізнання – вимірювання – оцінювання – управління» функціонування соціо-еколого-економічних систем та процесів в них із окресленням основних аспектів результативності цих процесів на засадах моделювання в контексті системного, енергетичного та екофізичного підходів залишаються на сьогоднішній день поза увагою авторів.

Метою роботи є висвітлення деяких зіставних із фундаментальними фізичними поняттями аналогів понять і показників у парадигмі «пізнання – вимірювання – оцінювання – управління» щодо функціонування соціо-еколого-економічних систем і процесів у них із окресленням підходів до визначення результативності цих процесів на засадах моделювання з використанням системного, енергетичного та екофізичного підходів.

Не завжди класичні моделі та методи аналізу, які застосовуються в економічній науці, є відповідними природі економічних, соціальних та інших систем і процесів у них. Зазначені процеси відбуваються в умовах нелінійності, динамічності, складності, наявності синергетичних ефектів у системах тощо. Дослідження

соціо-еколого-економічних систем різних типів і рівнів ієрархії має сьогодні базуватися на синергетиці та теорії складності. Новим і досить перспективним напрямком дослідження згаданих систем є застосування синергетики та еконофізики з аналізом динаміки часових рядів. Як відомо, більшість систем через їхню складність, емерджентність тощо не можуть бути адекватно описаними з достатньою точністю певною формалізованою моделлю. Проте їх опис може бути виконаний за допомогою інших підходів. Серед підходів, які застосовано в нашому дослідженні, результати якого презентуються, слід виокремити комплексний, інноваційний, процесний, ресурсний, системний, ситуаційний, функціональний, цільовий тощо підходи, які доповнено пропозицією використання енергетичного та еконофізичного підходів у контексті парадигми «пізнання – вимірювання – оцінювання – управління» щодо результативності процесів, які вивчаються, на засадах моделювання. Моделями результативності будь-яких процесів функціонування систем різних типів і рівнів ієрархії послужили авторські моделі складових результативності процесів Буреннікової (Поліщук) – Ярмоленка та моделі вимірювання на практиці коефіцієнтів корисної дії (ККД) процесів (ефективності енергій процесів).

Існують різні визначення системи. Система (з давн.-грец. Σύστημα – ціле, складене з частин; з'єднання) являє собою множини елементів, що знаходяться у відносинах і зв'язках один з одним, яка утворює певну цілісність, єдність [22–25]. Вона «...підтримує взаємозв'язок усіх елементів, виступає як єдине утворення, де кожен елемент системи має виконувати свої функції...» [26; 27]. До головних принципів загальної теорії систем, які визначають сутність системного підходу, відносять ієрархічність, дискретність, емерджентність, відкритість тощо. При формуванні оновленої парадигми математичного моделювання використовуватимемо контекст еконофізичного аналізу авторів [7], котрими пропонуються концепції, на яких має ґрунтуватися моделювання реальних соціо-еколого-економічних систем. Серед таких концепцій:

- ✦ первинність процедури вимірювання по відношенню до її результату;
- ✦ скінченна тривалість будь-якої процедури вимірювання та її вплив на стан і майбутню поведінку системи;
- ✦ вторинний характер поняття «стан системи»;
- ✦ принцип невизначеності змінних стану системи та його фундаментальний зв'язок з тривалістю процедури вимірювання;
- ✦ наявність післядії як фундаментальної властивості будь-якої динамічної системи;
- ✦ принцип незворотності часу тощо.

Аналіз концептуальних положень існуючих моделей, екскурс у загальну теорію систем і практика

функціонування реальних складних систем дозволяють дещо по-новому розглянути питання моделювання соціо-еколого-економічних систем.

Дослідження результатів процесів, які виникають у системах різних типів і рівнів, вказує на те, що ці результати окреслюються дещо «розмитістю» низкою показників, які їх характеризують. Стосовно показників дієвості будь-яких процесів як їхньої спроможності давати певний результат вітчизняними та закордонними науковцями часто використовуються поняття ефективності як поняття, еквівалентного результативності [28; 29 та ін.], що породжує недосконалу смислово конструкцію стосовно як результативності, так і ефективності. Мають місце й інші точки зору, до прикладу в роботах [30–34], у яких відсутній поверхневий розгляд наслідків процесів функціонування систем.

Результатами наших досліджень дієвості процесів при функціонуванні систем протягом понад 25 років доведено, що є сенс застосовувати ці результати до категорії результативності будь-якого процесу як такої, котра одночасно характеризується з кількісної сторони (у вигляді його масштабного продукту) і з якісної, з урахуванням ефективності процесу. При цьому нами запропоновано використовувати комплекс взаємопов'язаних авторських показників як індикаторів процесу [9; 35–37]. Застосування згаданих показників сприяє пізнанню процесу функціонування систем, їхніх окремих елементів. Тим самим вкладається оновлений смисл у вишукування впливу змін просторово-часового розташування елементів системи на її функціонування, на вимірювання й оцінювання складових результативності процесів, які відбуваються в цій системі.

Розкриємо далі деякі питання результатів наших досліджень, пов'язаних із використанням системного, енергетичного та еконофізичного підходів з удосконалюванням аспектів методики вимірювання на практиці коефіцієнта корисної дії (ККД) процесів функціонування систем на основі авторських показників результативності та ефективності (якісної складової результативності) процесів.

Як відомо, до строго не визначених фізичних понять зазвичай відносять час, відстань і масу, вважаючи, що шляхом певних процедур вимірювання їм можуть бути поставлені у відповідність певні числові значення. Інші фізичні величини, такі як швидкість, прискорення, імпульс тощо, можуть бути вираженими та визначеними через три зазначені вище основні поняття з використанням відповідних фізичних законів [38].

Узагальненою характеристикою руху матерії є енергія. Відомо, що енергію виробляють, передають, вимірюють її кількість. Будь-які процеси певного типу та ієрархічного рівня, розвиваючись у просторі та часі, виступають формою реалізації у просторово-

часовому розташуванні специфічної для цього типу та рівня енергії. Наслідком (результатом) дії енергії процесу функціонування системи є його продукти, тому є можливість вимірювати ККД певного процесу за його продуктами. Це можна здійснювати, наприклад, на основі авторських показників складових результативності, ефективності тощо як індикаторів дієвості процесу.

Основою наших моделей служить те, що наслідком будь-якого процесу є його продукти: як користь; як затрати; загальний продукт у вигляді продукту як користі та продукту як затрат; масштабний продукт у вигляді продукту як користі та тієї частини продукту як затрат, котра пропорційна частці продукту як користі в загальному продукті. Складові показники результативності R процесу мають такий вигляд: V – показник загального продукту процесу; Z – показник його продукту як затрат; $G = (V - Z)$ – показник продукту як користі процесу; $E = V / Z$ – показник ефективності процесу як відношення показників загального продукту V і продукту як затрат Z (якісна складова результативності процесу); $K = (G + Z \cdot G / V)$ – показник масштабного продукту процесу (кількісна складова показника результативності процесу); $R = K \cdot E = K \cdot V / Z = G(1 + V / Z)$ – показник результативності процесу [8; 9; 37; 39; 40].

У контексті якісної складової процесу (якою є його ефективність) для розрахунку, наприклад, коефіцієнта корисної дії (ККД) η процесу нами запропоновано використовувати модель (1) у вигляді відношення показника G продукту як користі процесу до показника V загального продукту процесу [8; 39; 40]:

$$\eta = G / V. \quad (1)$$

У роботах [8; 9] нами визначено ККД процесу у вигляді відношення показника чистого продукту процесу до показника його загального продукту. «Зазначений коефіцієнт описує ефективність в основному з точки зору вигоди (користі). До цього в публікаціях ефективність процесу ми описували за допомогою показника ефективності у класичному розумінні (у вигляді відношення показника загального продукту процесу до показника його витрат); цей показник визначає особливості ефективності з точки зору витрат (втратах). Ефективність процесу перетворення енергії, своєю чергою, можна характеризувати за допомогою показника ефективності у класичному розумінні – з точки зору витрат.

У статті [40] ми реалізували таку нашу ідею: на основі моделювання сформулювати характеристику ефективності процесу одночасно як з позицій вигоди, так і з точки зору витрат; це й визначило мету дослідження цієї статті. У ній же ми сформулювали й інші нові характеристики дієвості процесу функціонуван-

ня системи – показники результативності процесу з точки зору як вигоди, так і вигоди та витрат. Їх природно було приєднано до показника результативності з точки зору витрат, який було запропоновано нами до цього» [9].

Підкреслимо, що будь-які процеси в системах певного типу та рівня ієрархії, розвиваючись у часі, виступають формою реалізації енергії, у просторово-часовому просторі специфічної саме для цього типу й ієрархічного рівня. Явища та процеси на різних світоглядних рівнях повинні мати певні аналогічні риси, підкорятися відповідним загальним законам. До зазначеного вище можна застосувати принцип невизначеності Гейзенберга – закон, який встановлює обмеження на точність одночасного вимірювання змінних стану системи, наприклад положення та імпульсу матеріального об'єкта (частинки, елементу системи).

Економічні закони ґрунтуються на результатах динамічних вимірювань фізичного/матеріального (наприклад, кількості ресурсів) та економічного/фінансового/соціального (наприклад, вартості ресурсів) характеру. Їхній математичний опис має підлягати перевірці та мати можливість коригування в процесі управління. У парадигмі «пізнання – вимірювання – оцінювання – управління» щодо результативності процесів функціонування систем вимірюванням може служити порівняння певних показників результативності з плановими, еталонними тощо значеннями. Це вимірювання (порівняння) має локальний у часі, просторі та інших соціально-економічних координатах характер (див. [9]).

В окресленій вище парадигмі «оцінюванням» результативності процесів для вивчення їхнього стану, тенденцій та перспектив розвитку є аналіз відповідних часових рядів показників складових результативності процесу, який досліджується. Процедура оцінювання результативності процесу, на нашу думку, потребує врахування при такому оцінюванні економічної інтерпретації принципу невизначеності Гейзенберга та поняття економічного аналогу сталої Планка. Принцип невизначеності спрацьовує у випадку врахування енергії та часу процесу, результативність якого підлягає вимірюванню та оцінюванню з метою управління (див. [9]).

Джерелом інформації про складну систему та процеси в ній є дискретні ряди даних стосовно складових результативності. Вони характеризують динамічну зміну станів системи протягом деякого достатньо довгого проміжку часу t за показниками складових результативності процесу, який вивчається. Час характеризує тривалість процесів. Слід підкреслити: якщо енергію процесу, ККД (коефіцієнт стосується якісної складової результативності процесу, тобто ефективності процесу) якої нами запропоновано визначати за моделлю (1), позначити літерою W , то

невизначеність величини енергії та інтервалу часу t можна пов'язати так:

$$\Delta W \cdot \Delta t \geq h, \quad (2)$$

де ΔW – невизначеність величини енергії процесу;
 Δt – «тривалість» (проміжок часу) ефективності процесу як якісної складової його результативності;

h – економічний аналог сталої Планка (залежить від історичного періоду часу, для якого взято часові ряди, від положення та величини інтервалу усереднення (економічні, екологічні, соціальні процеси протікають по-різному), від номера ряду тощо).

У концептуальні основи математичного моделювання будь-яких складних динамічних систем можуть бути покладені:

- ✦ первинність процедури вимірювання по відношенню до результату;
- ✦ поняття стану системи як її фундаментальної характеристики;
- ✦ дискретність і наближений характер часової динаміки системи як послідовності її спостережуваних наближених станів;
- ✦ вплив будь-якої процедури вимірювання, зокрема спостереження та прогнозу, одержаного в результаті реалізації тієї чи іншої алгоритмічної процедури, на стан і майбутню поведінку системи;
- ✦ незворотність часу тощо [41].

Зазначене повною мірою стосується моделювання будь-яких процесів, результативність яких досліджувалася нами протягом тривалого часу (понад 25 років).

Ми продовжуватиме і в подальшому як узагальнення теоретичних засад, так і здійснення прикладної реалізації викладених вище концепцій з моделювання складових результативності процесів за реальними даними (див. [8; 9; 37; 39; 40 та ін.]). Результати дослідження показали, що деякі з презентованих нами положень збігаються з положеннями загальної теорії систем, що певною мірою дозволяє трактувати наші доробки як економічне обґрунтування системних концепцій у моделюванні складних систем.

ВИСНОВКИ

Теоретико-методологічний аналіз деяких основних фундаментальних фізичних понять (енергії, імпульсу тощо) та їхніх формальних і неформальних зв'язків з реальними економічними поняттями та процесами сприятиме вдосконаленню процедур визначення та застосування ККД енергії процесів функціонування систем на основі авторських показників складових результативності процесів з урахуванням економічної інтерпретації принципу невизначеності Гейзенберга та поняття економічного аналогу сталої Планка. Подальша апробація результатів дослідження на реальних процесах, як і тих, що вже пропонувалися в наших роботах [8; 9; 39; 40], свідчатиме про їхню перспективність. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Mantegna R. N., Stanley H. E. An Introduction to Econophysics. Cambridge University Press, 2000. 144 p.
2. Baaquie B. E. Quantum Finance. Cambridge University Press, 2004. 332 p.
3. Hidalgo E. G. Quantum Econophysics. Conference: Quantum Interaction. *Papers from the 2007 AAAI Spring Symposium, Technical Report SS-07-08*. Stanford, California, USA, March 26–28, 2007. URL: <https://studylib.net/doc/13788600/quantum-econophysics-esteban-guevara-hidalgo-the-von-neum...>
4. Soloviev V. N., Sapsin V. M., Shokotko L. N. Heisenberg Uncertainty Principle and Financial Markets. *The 9th International conference «Information technologies and management 2011»*. April 14–15, 2011. Riga, Latvia : Information Systems Management Institute, 2011. P. 135–136.
5. Сапцін В. М., Соловьев В. Н. Релятивистская квантовая эконофизика. Новые парадигмы моделирования сложных систем : монография. Черкассы : Брама-Украина, 2009. 64 с.
6. Sapsin V., Soloviev V. Relativistic Quantum Econophysics – New Paradigms in Complex Systems Modelling. *Physics and Society*. 2009. P. 20–23. URL: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/0564/1134/1/0907.1142v1.pdf>
7. Сапцін В. М., Соловйов В. М., Шокотько Л. М. Квантова еконофізика – проблеми та нові концепції. *Формування ринкової економіки в Україні*. 2011. Вип. 25. С. 214–217. URL: http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/0564/1192/1/Сапцін_Соловьев_Шокотько.pdf
8. Ярмоленко В. О., Буреннікова Н. В. Практика вимірювання коефіцієнта корисної дії процесу функціонування системи на основі показників складових результативності. *Проблеми економіки*. 2018. № 3. С. 260–266. URL: https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2018-3_0-pages-260_266.pdf
9. Ярмоленко В. О., Буреннікова Н. В. Вимірювання ефективності процесів функціонування компонент системи на основі моделей складових результативності: енергетичний аспект. *Бізнес Інформ*. 2019. № 12. С. 102–110. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-12-102-110>
10. Гринів Л. С. Фізична економія: нові моделі сталого розвитку : монографія. Львів : Ліга-прес, 2016. 424 с.
11. Каныгин Ю. М. Физическая экономия как альтернатива политэкономии. Энергия прогресса. Киев : Арий, 2016. 272 с.
12. Фізична економія у вимірах теорії і практики господарювання : монографія / за ред. Ю. О. Лупенка, В. М. Жука, В. О. Шевчука, О. В. Ходаківської. Київ : ННЦ «Інститут аграрної економіки», 2013. 502 с.
13. Вовк В. М. Математичні методи дослідження операцій в економіко-виробничих системах : монографія. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 584 с.
14. Зінченко В. В. Концепція глобальної «фізичної соціальної економіки парадигм розвитку»: зарубіжні моделі та український контекст // Антикризисний розвиток соціальних та економічних процесів в умовах глобалізації. 2011. С. 34–39.

15. Kornai J. The Road to a Free Economy. Shifting from a Socialist System. The Example of Hungary. New York : W. W. Norton & Company, 1991. 224 p.
16. North D. Understanding the Process of Economic Change. Princeton University Press, 2010. 200 p.
17. Колотило Д. М. Екологія і економіка : навч. посіб. Київ : КНЕУ, 1999. 368 с.
18. Мельник Л. Г. Фундаментальные основы развития. Сумы : Университетская книга, 2003. 288 с.
19. Подолинський С. А. Вибрані твори. Київ : КНЕУ, 2000. 328 с.
20. Руденко М. Д. Енергія прогресу. Тернопіль : Джура, 2005. 412 с.
21. Ягельская Е. Ю. Сущность и структура экономической энергии. *Проблемы экономики и менеджмента*. 2013. № 8. С. 98–111.
22. Bertalanffy L. The History and Status of General Systems Theory. *The Academy of Management Journal*. 1972. Vol. 15. No. 4. P. 407–426. URL: <http://www.jstor.org/stable/255139>
23. Економічні системи : монографія. Т. 5 / за ред. Г. І. Башнянина. Львів : Ліга-Прес, 2014. 428 с.
24. Економічні системи : монографія. Т. 6 / за ред. Г. І. Башнянина. Львів : Ліга-Прес, 2015. 500 с.
25. Вовк В. М., Камінська Н. І., Прийма С. С. Моделювання економічних процесів підприємства : монографія. Дрогобич : Коло, 2011. 448 с.
26. Соціальні системи у дискурсі синергетичної парадигми / за наук. ред. В. П. Беха. Київ : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2011. 486 с.
27. Бех Ю. В. Філософія управління соціальними системами : монографія. Київ : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2012. 623 с.
28. Лямець В. І., Тевяшев А. Д. Системний аналіз. Вступний курс. Харків : ХНУРЕ, 2004. 448 с.
29. Мочерний С. В. Економічна теорія. Київ : Академія (Альма-матер), 2003. 656 с.
30. Загорна Т. О. Економічна діагностика. Київ : ЦУЛ, 2007. 440 с.
31. Климаш Н. І. Науково-теоретичні аспекти сутності понять «ефективність» та «результативність». *Наукові праці НУХТ*. 2009. № 28. С. 124–125. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/253/3/ntasz.pdf>
32. Олексюк О. І. Економіка результативності : монографія. Київ : КНЕУ, 2008. 362 с.
33. Тесленок І. М., Михайлова О. В., Богаченко О. П. Сучасні підходи до визначення результативності управління підприємством. *Економічний вісник Донбасу*. 2012. № 1. С. 208–212. URL: http://eir.zp.edu.ua/bitstream/123456789/3732/1/Teslenok_Modern.pdf
34. Тищенко А. Н., Кизим Н. А., Догадайло Я. В. Економічеська результативність діяльності підприємства : монографія. Харків : ІД «ИНЖЭК», 2005. 144 с.
35. Буреннікова Н. В., Ярмоленко В. О. Результативність функціонування складних економічних систем аграрного спрямування : монографія. Вінниця : ВНАУ, 2017. 168 с.
36. Поліщук (Буреннікова) Н. В., Ярмоленко В. О. Генезис авторських підходів до розв'язання проблеми оцінювання дієвості функціонування складних систем за допомогою складових результативності // Економіка XXI сторіччя: проблеми та шляхи їх вирішення : монографія / за заг. ред. Г. О. Дорошенко, М. С. Пашкевич. Дніпропетровськ : НГУ, 2014. С. 359–369.
37. Ярмоленко В. О., Поліщук (Буреннікова) Н. В. Складові результативності функціонування складних систем як об'єкти моделювання. *Вісник Черкаського університету. Серія «Економічні науки»*. 2012. № 33. С. 86–93.
38. Sapsin V. M., Soloviev V. M. Heisenberg Uncertainty Principle and Economic Analogues of Basic Physical Quantities. *Computer Modelling and New Technologies*. 2011. Vol. 15. No. 3. P. 21–26. URL: http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/0564/1188/1/15_3-3_soloviev_sapsin.pdf
39. Yarmolenko V., Burennikova N., Pavlov S. et al. Practice Analysis of Effectiveness Components for the System Functioning Process: Energy Aspect. *International Scientific Conference «Intellectual Systems of Decision Making and Problem of Computational Intelligence»*. ISDMCI 2021: Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. 2021. P. 282–296. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-82014-5_19.
40. Ярмоленко В. О., Буреннікова Н. В. Вимірювання ефективності процесу функціонування системи з одночасним урахуванням його ефективності у класичному розумінні й коефіцієнта корисної дії: енергетичний аспект. *Проблеми економіки*. 2019. № 3. С. 179–185. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-3-178-185>
41. Дербенцев В. Д., Сердюк О. А., Соловйов В. М., Шарапов О. Д. Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем : монографія. Черкаси : Брама-Україна, 2010. 287 с.

REFERENCES

- Baaquie, B. E. *Quantum Finance*. Cambridge University Press, 2004.
- Bekh, Yu. V. *Filosofia upravlinnia sotsialnykh systemamy* [Philosophy of Management of Social Systems]. Kyiv: Vyd-vo NPU imeni M. P. Drahomanova, 2012.
- Bertalanffy, L. "The History and Status of General Systems Theory". *The Academy of Management Journal*. 1972. <http://www.jstor.org/stable/255139>
- Buriennikova, N. V., and Yarmolenko, V. O. *Rezultatyvnist funktsionuvannia skladnykh ekonomichnykh system ahrarnoho spriamuvannia* [Efficiency of Functioning of Folding Economical Systems of Agricultural Directing]. Vinnytsia: VNAU, 2017.
- Derbentsev, V. D. et al. *Synerhetychni ta ekonofizychni metody doslidzhennia dynamichnykh ta strukturnykh kharakterystyk ekonomichnykh system* [Synergistic and Econophysical Methods of Studying Dynamic and Structural Characteristics of Economic Systems]. Cherkasy: Brama-Ukraine, 2010.
- Ekonomichni systemy* [Economic Systems], vol. 5. Lviv: Liha-Pres, 2014.
- Ekonomichni systemy* [Economic Systems], vol. 6. Lviv: Liha-Pres, 2015.
- Fizychna ekonomiiia u vymirakh teorii i praktyky hospodariuvannia* [Physical Economy in Terms of the Theory and Practice of Management]. Kyiv: NNTS «Instytut ahrarnoi ekonomiky», 2013.

- Hidalgo, E. G. "Quantum Econophysics. Conference: Quantum Interaction. Papers from the 2007 AAAI Spring Symposium, Technical Report SS-07-08". Stanford, California, USA, March 26-28, 2007. <https://studylib.net/doc/13788600/quantum-econophysics-esteban-guevara-hidalgo-the-von-neum...>
- Hryniv, L. S. *Fizychna ekonomii: novi modeli staloho rozvytku* [Physical Economy: New Models of Sustainable Development]. Lviv: Liha-pres, 2016.
- Kanygin, Yu. M. *Fizicheskaya ekonomiya kak alternativa politekonomii. Energiya progressa* [Physical Economy as an Alternative to Political Economy. Energy of Progress]. Kyiv: Ariy, 2016.
- Klymash, N. I. "Naukovo-teoretychni aspekty sutnosti poniat «efektyvnist» ta «rezultatyvnist»" [Scientific-Theoretical Aspects of Essence of Concepts "Efficiency" and "Productivity"]. *Naukovi pratsi NUKhT*, no. 28 (2009): 124-125. <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/253/3/ntasz.pdf>
- Kolotylo, D. M. *Ekolohiia i ekonomika* [Ecology and Economy]. Kyiv: KNEU, 1999.
- Kornai, J. *The Road to a Free Economy. Shifting from a Socialist System. The Example of Hungary*. New York: W. W. Norton & Company, 1991.
- Liamets, V. I., and Teviashev, A. D. *Systemnyi analiz. Vstupnyi kurs* [System Analysis. Introductory Course]. Kharkiv: KhNURE, 2004.
- Mantegna, R. N., and Stanley, H. E. *An Introduction to Econophysics*. Cambridge University Press, 2000.
- Melnik, L. G. *Fundamentalnyye osnovy razvitiya* [Fundamentals of Development]. Sumy: Universitetskaya kniga, 2003.
- Mochernyi, S. V. *Ekonomichna teoriia* [Economic Theory]. Kyiv: Akademiia (Alma-mater), 2003.
- North, D. *Understanding the Process of Economic Change*. Princeton University Press, 2010.
- Oleksiuk, O. I. *Ekonomika rezultatyvnosti* [Performance Economics]. Kyiv: KNEU, 2008.
- Podolynskyi, S. A. *Vybrani tvory* [Selected Works]. Kyiv: KNEU, 2000.
- Polishchuk (Buriennikova), N. V., and Yarmolenko, V. O. "Henezys avtorskykh pidkhodiv do rozv'iazannia problemy otsiniuvannia diievosti funktsionuvannia skladnykh system za dopomohoiu skladovykh rezultatyvnosti" [The Genesis of the Author's Approaches to Solving the Problem of Evaluating the Effectiveness of the Functioning of Complex Systems Using Performance Components]. In *Ekonomika XXI storichchia: problemy ta shliakhy yikh vyrishennia*, 359-369. Dnipropetrovsk: NHU, 2014.
- Rudenko, M. D. *Enerhiia prohresu* [The Energy of Progress]. Ternopil: Dzhura, 2005.
- Saptsin, V. M., and Soloviev, V. N. *Relyativistskaya kvantovaya ekonofizika. Novyye paradigmy modelirovaniya slozhnykh sistem* [Relativistic Quantum Econophysics. New Paradigms for Modeling Complex Systems]. Cherkassy: Brama-Ukraina, 2009.
- Saptsin, V. M., and Soloviev, V. M. "Heisenberg Uncertainty Principle and Economic Analogues of Basic Physical Quantities". *Computer Modelling and New Technologies*, vol. 15, no. 3 (2011): 21-26. http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/0564/1188/1/15_3-3_soloviev_saptsin.pdf
- Saptsin, V. M., Soloviev, V. M., and Shokotko, L. M. "Kvantova ekonofizyka – problemy ta novi kontseptsii" [Quantum Econophysics – Problems and New Concepts]. *Formuvannya rynkovoï ekonomiky v Ukraini*, iss. 25 (2011): 214-217. http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/0564/1192/1/Сапцін_Соловьев_Шокотко.pdf
- Saptsin, V., and Soloviev, V. "Relativistic Quantum Econophysics - New Paradigms in Complex Systems Modeling". *Physics and Society* (2009): 20-23. <http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/0564/1134/1/0907.1142v1.pdf>
- Soloviev, V. N., Saptsin, V. M., and Shokotko, L. N. "Heisenberg Uncertainty Principle and Financial Markets". *Information technologies and management 2011*. Riga, Latvia: Information Systems Management Institute, 2011. 135-136.
- Sotsialni systemy u dyskursi synerhetychnoi paradyhmy* [Social Systems in the Discourse of the Synergistic Paradigm]. Kyiv: Vyd-vo NPU im. M. P. Drahomanova, 2011.
- Teslenok, I. M., Mykhailova, O. V., and Bohachenko, O. P. "Suchasni pidkhody do vyznachennia rezultatyvnosti upravlinnia pidpriemstvom" [Modern Approaches of Determination of Effectiveness of Management Enterprise]. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu*, no. 1 (2012): 208-212. http://eir.zp.edu.ua/bitstream/123456789/3732/1/Teslenok_Modern.pdf
- Tishchenko, A. N., Kizim, N. A., and Dogadaylo, Ya. V. *Ekonomicheskaya rezultativnost deyatelnosti predpriyatiya* [Economic Performance of the Enterprise]. Kharkiv: ID «INZhEK», 2005.
- Vovk, V. M. *Matematychni metody doslidzhennia operatsii v ekonomiko-vyrobnychkh systemakh* [Mathematical Methods of Researching Operations in Economic and Production Systems]. Lviv: Vydavnychiy tsentr LNU imeni Ivana Franka, 2007.
- Vovk, V. M., Kaminska, N. I., and Pryima, S. S. *Modeliuvannya ekonomichnykh protsesiv pidpriemstva* [Modeling of Economic Processes of the Enterprise]. Drohobych: Kolo, 2011.
- Yagelskaya, Ye. Yu. "Sushchnost i struktura ekonomicheskoy energii" [Essence and Structure of Economic Energy]. *Problemy ekonomiki i menezhmenta*, no. 8 (2013): 98-111.
- Yarmolenko, V. "Practice Analysis of Effectiveness Components for the System Functioning Process: Energy Aspect". *Intellectual Systems of Decision Making and Problem of Computational Intelligence*. 282-296 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-82014-5_19
- Yarmolenko, V. O., and Buriennikova, N. V. "Praktyka vymyruvannia koefitsiienta korysnoi dii protsesu funktsionuvannia systemy na osnovi pokaznykiv skladovykh rezultatyvnosti" [The Practice of Measuring the Efficiency Coefficient of the Process of System Operation Based on Indicators of Efficiency Components]. *Problemy ekonomiky*, no. 3 (2018): 260-266. https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2018-3_0-pages-260_266.pdf
- Yarmolenko, V. O., and Buriennikova, N. V. "Vymyruvannia efektyvnosti protsesiv funktsionuvannia komponent systemy na osnovi modelei skladovykh rezultatyvnosti: enerhetychnyi aspekt" [Measuring the Efficiency of the Processes of Functioning of a Component System Based on the Models of the Efficiency Constituents: The Energy Aspect]. *Biznes Inform*, no. 12 (2019): 102-110. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-12-102-110>

Yarmolenko, V. O., and Buriennikova, N. V. "Vymiriuвання efektyvnosti protsesu funktsionuvannya systemy z odnochasnym urakhuvanniam yoho efektyvnosti u klasychnomu rozuminni i koefitsiienta korysnoi dii: enerhetychnyi aspekt" [Measuring the Effectiveness of the Process of System Operation with Simultaneous Consideration for Its Effectiveness in the Classical Sense and Its Efficiency Coefficient: Energy Aspect]. *Problemy ekonomiky*, no. 3 (2019): 179-185.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-3-178-185>

Yarmolenko, V. O., and Polishchuk (Buriennikova), N. V. "Skladovi rezultatyvnosti funktsionuvannya skladnykh system yak obiekty modeliuvannya" [Components of the

Effectiveness of the Functioning of Complex Systems as Objects of Modeling]. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. Seriya «Ekonomichni nauky»*, no. 33 (2012): 86-93.

Zahorna, T. O. *Ekonomichna diahnostyka* [Economic Diagnosis]. Kyiv: TsUL, 2007.

Zinchenko, V. V. "Kontseptsiiia hlobalnoi «fizychnoi sotsialnoi ekonomiky paradyhm rozvytku»: zarubizhni modeli ta ukrainskyi kontekst" [The Concept of the Global "Physical Social Economy of Development Paradigms": Foreign Models and the Ukrainian Context]. In *Antykryzovyi rozvytok sotsialnykh ta ekonomichnykh protsesiv v umovakh hlobalizatsii*, 34-39. 2011.