

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292. Ефективна економіка. 2023. № 1.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.1.20>

УДК 336.012.23

*Г. Т. Михальчинець,
к. е. н., старший викладач кафедри економіки та фінансів,
Мукачівський державний університет
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1109-5896>*

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ФІНАНСОВОГО РИНКУ

*Н. Mykhalchynets,
PhD in Economics, Senior Lecturer of the Department of Economics and Finance,
Mukachevo State University*

MODELING OF THE PERFORMANCE OF THE FINANCIAL MARKET

В статті здійснено процес моделювання результативності фінансового ринку. Наголошено, що значення результативності фінансового ринку залежить від періоду або від декількох періодів у часі. Відтак її вимірювання має бути реалізоване шляхом математичної обробки даних у конкретних динамічних, програмованих моделях, що у динаміці відтворюють покроковий процес зміни за секторною структурою та за властивими їм секторальними множинами. Вимірювання результативності має реалізуватися через призму комбінаторних задач щодо визначення можливостей мінімізації або підсилення результативних ознаками внаслідок дії ключових факторів впливу. Таке вимірювання доцільно здійснювати, виходячи з вибору та розташування елементів фінансового ринку, як комбінаторних конфігурацій та їх кінцевих множин. Результат вимірювання має відбивати дворівневий експеримент та доказові обчислення у структурних співвідношеннях: 1) щодо ємності ринку та кількості варіантів ефективних вкладень. За цією конструкцією результативність, як

цільова функція, унаочнюється у нелінійних залежностях. Пошук ефективності найбільш доцільний за змістом динамічного програмування із використанням задач оптимального розподілу інвестицій; 2) щодо співвідношення загальних та специфічних ризиків, що несе в собі вкладення в актив та його доходності. Вимірювання результативності у конструкції з означених елементів має визначити, як саме залежить у від інформації щодо факторів впливу, характерних для вихідної множини за комбінаторними конфігураціями.

Алгоритмічний зміст процедур прогонки змінних рівнянь демонструє розширені можливості для опису змін секторальної ефективності та поведінки агентів фінансового ринку щодо секторальних множин у будь-який довільний змінний момент часу. Поточна обробка даних здійснюється за допомогою інерційного вирішення стандартних диференціальних рівнянь, відтак лише унаочнює схеми рухів та приросту фінансових ресурсів за секторами фінансового ринку, однак не визначає їх реакційність за дією змінних. Щоб сформувані можливості оцінювати й прогнозувати потоки фінансових ресурсів та пов'язаних з ними змін, їх зміст має відтворюватися та програватися до функції Беллмана у динамічних моделях.

In the article, the process of modeling the effectiveness of the financial market is carried out. It is emphasized that the value of financial market performance depends on the period or several periods in time. Therefore, its measurement should be implemented by means of mathematical data processing in specific dynamic, programmable models that dynamically reproduce the step-by-step process of change according to the sectoral structure and according to their characteristic sectoral sets. Performance measurement should be implemented through the prism of combinatorial problems to determine the possibilities of minimizing or enhancing performance characteristics as a result of the action of key influencing factors. Such measurement is expedient to be carried out based on the selection and arrangement of elements of the financial market, as combinatorial configurations and their finite sets. The measurement result should reflect a two-level experiment and proof-of-concept calculations in structural relationships: 1) regarding market capacity and the number of effective investment options. According to this construction, performance, as an objective function, is visualized in non-linear dependencies. The search for efficiency is most expedient in terms of dynamic programming with the use of problems of optimal allocation of investments; 2) regarding the ratio of general and specific risks, which is involved

in investing in an asset and its profitability. Performance measurement in the design of the specified elements should determine how exactly it depends on the information about the influence factors characteristic of the original set according to combinatorial configurations.

The algorithmic content of the procedures for running variable equations demonstrates enhanced possibilities for describing changes in sectoral efficiency and the behavior of financial market agents in relation to sectoral sets at any arbitrary variable moment in time. Current data processing is carried out using the inertial solution of standard differential equations, so it only visualizes the patterns of movements and growth of financial resources by financial market sectors, but does not determine their reactivity under the action of variables. To form opportunities to estimate and forecast flows of financial resources and related changes, their content should be reproduced and played back to the Bellman function in dynamic models.

Ключові слова: *фінансовий ринок, математичний інструментарій, моделювання, трансформаційні процеси.*

Keywords: *financial market, mathematical tools, modeling, transformational processes.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Значення результативності фінансового ринку залежить від періоду або від декількох періодів у часі. Відтак її вимірювання має бути реалізоване шляхом математичної обробки даних у конкретних динамічних, програмованих моделях, що у динаміці відтворюють покроковий процес зміни за секторною структурою та за властивими їм секторальними множинами. Однак враховуючи, що результативність, як цільова функція, часові та інші обмеження за нею, або ж перше і друге одночасно, характеризуються нелінійними залежностями, базисом відтворення таких моделей мають бути множинні секторальні диференціальні рівняння (або рівняння динамічного програмування).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вагомий внесок у дослідження процесу моделювання результативності фінансового ринку,

зробили вчені: Іванченкової Л.В., Купчишин О.А., Маслиган Р.Р., Немченко В.В., Вітюк В. О., Овандер Н. Л., Орлова К. Є., Пластун О.Л. тощо. Варто зазначити, що, незважаючи на значні проведенні наукові дослідження, процес моделювання результативності фінансового ринку є досить актуальним відповідно до сучасних умов.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є процес моделювання результативності фінансового ринку.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. У зв'язку з тим, що така модель має імітувати (відтворювати) секторальну результативність операцій із різними фінансовими активами, усі множинні секторальні диференціальні рівняння, у похідних із початковими умовами, мають забезпечувати їх розподіл. Мова йде про дії з розподілу/перерозподілу фінансових ресурсів до моменту, віддаленого від чергового, однак переобчислення на такий проміжок часу, якому властиве досягнення значень функції Беллмана (максимального та мінімального) [1, с. 106-124; 2, с. 15-40]. Зокрема, пріоритетне відтворення покрокового процесу змін результативності обертання фінансових активів для:

1) валютного ринку за секторними множинами диференціальних рівнянь формованих сумою курсових різниць у похідних із початковими умовами розподілу до функції Беллмана [3, с. 2019 – 2029]. Такі диференціальні рівняння формуються за множинами: банківські метали, інвестиційні монети; операції з національною та іноземною валютами (за видами валют);

2) депозитного ринку за секторними множинами диференціальних рівнянь формованих сумою грошових притоків від відсотків за засобами нагромадження або від акумулювання, використання залучених засобів, нагромадження у похідних. Такі диференціальні рівняння формуються за множинами: депозити з фізичним постачанням металу і без нього, у готівковій/безготівковій формі;

3) кредитного ринку за секторними множинами диференціальних рівнянь, сформованих сумою грошових притоків від циркуляції кредитних ресурсів. Ці диференціальні рівняння формуються для комерційного, споживчого, банківського, міжнародного і державного секторів кредитування;

4) ринку цінних паперів за секторними множинами диференціальних рівнянь, сформованих сумою номінальних грошових притоків (які змінюються або не змінюються залежно від доходу) та притоків від відсотків до функції Беллмана. Такі диференціальні рівняння можуть формуватися за: способами, видами розміщення цінних паперів; суб'єктами випуску цінних паперів; термінами обігу цінних паперів; територією обігу цінних паперів; механізмами виплати доходу;

5) ринку похідних фінансових інструментів за секторними множинами диференціальних рівнянь, сформованих сумою грошових притоків від купівлі/продажу активів за фіксованою ціною або перекриття ризиків зміни курсу активу до функції Беллмана;

6) ринку нерухомості за секторними множинами диференціальних рівнянь, сформованих сумою грошових притоків від купівлі/продажу (перепродажу) об'єктів нерухомості або від володіння об'єктом нерухомості. Такі диференціальні рівняння можуть формуватися за видами об'єктів нерухомості.

Виділено наступний базовий зміст класичних моделей динамічного програмування: 1) кожний крок імітації зміни об'єкту здійснюється не окремо, а з урахуванням усіх наслідків у майбутньому [4, с. 65-84; 5, с. 10-30; 6, с. 17–19]; 2) імітування багатокрокового процесу пов'язане зі зміною управління, яку слід добирати окремо до кожного кроку, крім останнього (з урахуванням майбутніх наслідків її застосування для наступних кроків, тому знаходиться ряд оптимальних рішень, причому послідовно для кожного етапу) [7, с. 88-96; 6, с. 17–19]; 3) змінна управління – це штучна змінна, за

допомогою якої задаються параметри налаштувань зміни об'єкту [3, с. 2019 – 2029].

За окресленим базовим містом моделей динамічного програмування можна сформулювати задачу моделювання: отримання максимально точної імітації зміни всієї сукупності прийнятних управлінь (u_1, \dots, u_n), які трансформують результативність фінансового ринку за всіма його секторами з початкового стану ϵ_0 в кінцевий ϵ_n та максимізують цей показник. Це досягається шляхом розв'язання окресленої задачі через параметризацію досліджуваного об'єкта (результативності фінансового ринку за її секторальними множинами), за напрямками множинності, індивідуальності, адаптивності, детермінованості, варіаційності, прогностичності, еволюційності (історичності). Параметризація призводить до набуття моделлю досліджуваного об'єкта специфічних рис, що дозволяють застосовувати метод «програвавання» (шляхом зміни параметрів) щодо різних схеми реагування на нову інформацію.

Фактично вирішення окреслених завдань потребує відтворення n -крокового процесу змін результативності за секторними множинами фінансового ринку шляхом розбиття їх на покрокові субзадачі, які можливі за еволюції сегменту з поточного в деякий кінцевий стану. При формуванні базису відтворення моделі слід враховувати саме рівняння стану, його ітерації до функції Беллмана $F_t b$ (за досягнення якого має забезпечуватися принцип відсутності післядії) [3, с. 2019 – 2029]. При цьому процес моделювання запускається та коригується за змістом: 1) функції оптимального управління її стану у рівняннях стану; 2) функції оптимального управління її стану у рівняннях розподілу. Функція оптимального управління (F_t') у даному випадку може бути представлена, як: 1 – максимум курсових різниць у кінці k -го кроку; 2 – максимум чистого грошового притоку в кінці k -го кроку; 3 – максимум грошових притоків та притоків від відсотків купівлі/продажу активів за фіксованою ціною в кінці k -го кроку; 4 – максимум чистих грошових притоків перекриття ризиків зміни курсу активу

в кінці k -го кроку. Зокрема, за змістом функції оптимального управління її стану у рівняннях стану реалізується відтворення змін секторальної результативності фінансового ринку.

Зокрема, для початку моделювання умови розподілу похідних, для кожної секторальної множини задаються за сукупністю доступних активів (x_i) та результатами від їх обертання на ринку (f_i). Такі дані записуються в матриці, що має вигляд прямокутної таблиці чисел, за якими визначаються похідні рівнянь (що дозволять змоделювати швидкість зміни функції). За похідними імітується виконання умов відтворення n -крокового процесу з обертання того чи іншого активу у секторальній множині, визначається результативність певного сектору фінансового ринку на k -му кроці, яка під дією управління u_k переходить зі стану x_{k-1} у стан x_k (однак із принципу відсутності післядії x_k залежить тільки від x_{k-1} і u_k). Закономірно, вимір його результативності: іноді виявляється очевидним; іноді досягається після відповідних перетворень зі стану x_{k-1} в стан x_k . Такі перетворення прагнуть до пошуку оптимальності у межах рівнянь станів (за ітераціями яких буде досягнуте безпосереднє відтворення чи відображення, що імітує еволюцію сегменту з поточного в деякий кінцевий).

За змістом функції оптимального управління її стану у рівняннях розподілу реалізується ілюстрування процесів можливого перерозподілу потоків коштів, які можливі за кожною секторальною множиною фінансового ринку, а саме у розрізі довгострокових (які визначатимуться, як вкладені або їх проєкт) та короткострокових вкладень (які визначаються, як залишок коштів, що обертається). Однак це можливо, якщо відома початкова кількість вільних коштів ϵ_0 , які мають розподілитися за секторною множиною та між наявними у ній активами (залежно від змін їх ефективності).

Умови відтворення n -крокового процесу змін результативності у рівняннях стану до функції Беллмана за секторними множинами фінансового ринку є наступними: 1) результативність відбиватиме базове рівняння стану,

що визначатиме статичний стан ϵ_k від управління u_k ; 2) розподіл потоків коштів (за статикою результативності) відбиватиме рівняння розподілу. Початковий алгоритмічний вигляд рівнянь стану та рівнянь розподілу (табл. 1), забезпечує формування лише статичних моделей. Вони не є детермінованими, оскільки їх значення отримуються в конкретний момент часу, крім того, ці значення не визначаються значеннями величин попередніх моментів часу.

Таблиця 1. Початковий алгоритмічний вигляд рівнянь стану та рівнянь розподілу у відтворенні секторальної результативності фінансового ринку

Рівняння	Початковий алгоритмічний вигляд ітераційної обробки даних	Роль у формуванні моделі	Результат застосування
рівняння стану*	$\epsilon^k = T_k(\epsilon^{k-1}, u^k), k = 1, \dots, n$ $\epsilon^k P_V \dots = \dots$ $\rightarrow \sum \dots, (1)$ $\epsilon^k P_H \dots = \dots$	повторне застосування за напрямками перетворень зі стану ϵ_{k-1} в стан ϵ_k за принципом оптимальності	Статична модель
рівняння розподілу**	$a^k = T_k(x_{k-1} + y_{k-1} = a_{k-1} - kx_k + ky_{k-1}, u^k), k = 1, \dots, n \rightarrow \sum \dots, (2), \text{ де } n1, \dots, n - 1 -$ $a^k P_V \dots = \dots$ $a^k P_H \dots = \dots$ <p>й актив приносить $g_n(y)$ на кроці x_k, n-й на кроці y_k, Загальний $g_n(y)$ на k-ом кроці $kx_k + ky_k$.</p>		

Примітка

*де: ϵ_{k-1} та ϵ_k – початковий та кінцевий стан ϵ_{k-1} у стан ϵ_k за множинами (...) P_V (банківські метали, інвестиційні монети; національної та іноземної валюти); за множинами (...) P_D (депозити з фізичним постачанням металу і без нього, у готівковій / безготівковій формі); за множинами (...) P_K (комерційні, споживчі, банківські, міжнародні і державні); за множинами (...) P_{CP} (за способами, видами розміщення цінних паперів; суб'єктами випуску цінних паперів); за множинами (...) P_{PF} (за ф'ючерсами, опціонами та форвардами та ін); за множинами (...) P_H (за видами об'єктів нерухомості); u^k - дія управління на k -му кроці; $k = 1, \dots, n$ – крок управління станом.

** x_k і y_k - кількість коштів, що виділяються для вкладення у кожний актив з максимальною ефективністю; за множинами (...) P_V (банківські метали, інвестиційні монети; національної та іноземної валюти); за множинами (...) P_D (депозити з фізичним постачанням металу і без неї, у готівковій / безготівковій формі); за множинами (...) P_K (комерційні, споживчі, банківські, міжнародні і державні); за множинами (...) P_{CP} (за способами, видами розміщення цінних паперів; суб'єктами випуску цінних паперів); за множинами (...) P_{PF} (за ф'ючерсами, опціонами та форвардами та ін.); за множинами (...) P_H (за видами об'єктів нерухомості); u^k - дія управління на k -му кроці; $k = 1, \dots, n$ – крок з управління розподілом; a^k - обсяг доступних вільних грошових коштів.

Джерело: [3, с. 2019 – 2029]

З огляду на класичні рівняння стану та розподілу коштів за всіма секторними множинами, має здійснюватися багаторазове повторення математичних операцій із визначення ϵ_k та a_k . Це доцільно за напрямками їх перерозподілу або перетворень із початкового стану ϵ_{k-1} у стан ϵ_k . Під час ітерацій важливо наблизитися до принципу оптимальності.

За перетворень рівнянь розподілу слід враховувати, що a_k , крім обсягу доступних вільних грошових коштів, позначатиме кошти, які виділяються усіма активами на k -му етапі, відтак вони визначаються також залишком коштів, одержуваних на попередньому $k-1$ -му етапі.

Таблиця 2. Трансформований алгоритмічний вигляд для ітерацій рівнянь стану та рівнянь розподілу, що прагне до оптимального управління

Рівняння	Трансформований алгоритмічний вигляд для ітераційної обробки даних	Роль у формуванні моделі	Результат застосування
рівняння стану*	$F_{k+1} = \sum_{i=k+1}^n (\epsilon^{i-1}, u^i) = F_{k+1}(\epsilon^k, u^{k+1}, \dots, u^n) \rightarrow \sum \dots, (3),$ <p>прагне до $F_{k+1}^*(\epsilon^k)$</p>	<p>Реалізація здатності забезпечити оптимальне управління</p> $F_{k+1}^*(\epsilon^k) = \max_{u^{k+1}} F_{k+1}(\epsilon^k, u^{k+1}), (3)$	Динамічна модель
рівняння розподілу/перерозподілу**	$F_{ak+1} = \sum_{i=k+1}^n (da^{i-1}, u^i) = F_{ak+1}(a^k, u^{k+1}, \dots, u^n) \rightarrow \sum \dots, (4),$ <p>прагне до $F_k^*(a_k)$</p>	<p>Реалізація здатності забезпечити оптимальне управління</p> $F_k^*(a_k) = \max \{x_k + y_k + F_{k+1}(a_{k+1})\}. (4)$	

Примітка

де: u^{k+1}, \dots, u^n - первинні ітерації з управління результативністю або $u^{k+1} = (u^{k+1}, \dots, u^n)$ наступні ітерації з управління результативністю; ϵ^k - кінцевий стан; $k+1, \dots, n$ - ітерація (ітераційний крок); $F_{k+1} = F_{k+1}(\epsilon^k, u^{k+1}, \dots, u^n)$ - показники ефективності управління результативністю секторальної множини фінансово ринку; $F_{k+1}^(\epsilon^k)$ - умовний максимум результативності;

** де: u^{k+1}, \dots, u^n - первинні ітерації з управління розподілом/перерозподілом коштів або $u^{k+1} = (u^{k+1}, \dots, u^n)$ наступні ітерації з управління розподілом коштів; a^k - кінцева кількість вільних коштів; $k+1, \dots, n$ - ітерація (ітераційний крок); $F_{ak+1} = F_{ak+1}(a^k, u^{k+1}, \dots, u^n)$ - показники загального обсягу вільних коштів секторальної множини фінансово ринку; $F_k^*(a_k)$ - умовний максимум по притоках коштів $fn(y)$ на всіх етапах операції; da - частка кількості коштів, що вивільнені за активом;

*** прагнення до оптимального управління у моделях, що формовані $u_{k+1} = (u(k+1), \dots, u^n)$ на кроках $k+1, \dots, n$.

Джерело: [3, с. 2019 – 2029, 8, с. 324-360; 241]

Відтак, оптимальне управління розподілом на кожному етапі буде орієнтуватися на вагові коефіцієнти доступних вільних грошових коштів за активами. Це важливо для реалізації здатності забезпечити оптимальне управління (яке формується у межах прагнення обчислювальних задач до оптимального управління результативністю активів або розподілу вільних коштів) у моделях, що формовані. Отже, трансформований алгоритмічний вигляд для ітерацій рівнянь стану та рівнянь розподілу, що прагнуть до оптимального управління (табл. 2), забезпечує формування динамічних моделей, які відтворюють зміни модельованих об'єктів, які можуть відбутися з плином часу.

Трансформували алгоритмічний вигляд рівнянь для ітерацій, отримаємо такі відтворення n-крокового процесу змін, які прагнутимуть до їх умовного максимуму. Відтак базовим елементом відтворення результативності фінансового ринку та розподілу вільних коштів за секторні множини є комбінаторні задачі вибору їх оптимального управління на k-му кроці, якщо відомі оптимальне управління u_{k+1}^* , ..., u_n^* на наступних кроках $k+1, \dots, n$ та максимальні значення показника результативності $F^{*k+1}(\epsilon_k)$, та $F^*k(a_k)$ умовний максимум припливів коштів $f_n(y)$ від операцій на цих кроках. Водночас величини $F^{*k+1}(\epsilon_k)$ та $F^*k(a_k)$ визначаються виключно ϵ_k та a_k для кроків $k+1, \dots, n$. Відтак аналітично процес формування знань про:

- мінімальну та максимальну секторальні результативності визначає те, як стан ϵ_k залежить від управління u_k за рівнянням стану або як $F^{*k+1}(\epsilon_k)$ залежить від u_k . Алгоритм розрахунку є наступним [3, с. 2020 – 2025]:

$$F^{*k+1}(\epsilon_k) = , \quad (5);$$

мінімальний та максимальний обсяги повернення коштів визначає те, як стан a_k залежить від управління u_k за рівнянням стану та як $F^*k(a_k)$ залежить від u_k . Алгоритм розрахунку є наступним [3, с. 2020 – 2025]:

$$F^{*k+1}(a_k) = , \quad (6);$$

Кожний із наведених алгоритмів 7 та 8 є шуканим виразом функціонального рівняння (або рівнянням Беллмана) [3, с. 2020 – 2025].

Відповідно до змісту та базових алгоритмів відтворення секторальної результативності фінансового ринку констатовано, що вибірка даних у моделі починається з формування первинного рівняння її стану [10]. Це здійснюється за секторними множинами без перетворень зі стану ϵ_{k-1} у стан ϵ_k (алг. 1), яке має доповнюватися даними рівнянь із розподілу/перерозподілу вільних коштів (алг. 2). Однак, саме імітації змін результативності та розподілу/перерозподілу вільних коштів у секторних множинах запускають множинні ітераційні перетворення отриманих сукупностей значень :1) зі станів ϵ_{k-1} в стан ϵ_k (алг. 3), до досягнення умовного максимуму результативності (алг. 5); 2) з розподілу a_{k-1} в розподіл a_k (алг. 4), до досягнення умовного максимуму за обсягом повернення коштів (алг. 6).

При цьому загальна функціональність множинних моделей забезпечується виключно через дію змінних управління результативністю та розподілом/перерозподілом u_k . Ці змінні, за сукупністю значень u_{k+1}^* , ..., u_n^* , відбивають спосіб дій зі швидкого досягнення загального максимуму кожної окремої секторної множини від початкового ітераційного кроку k до кінцевого $k+1, \dots, n$. Дія кожної змінної у множинних моделях буде використана як елемент динамічної трансляції змін результативності та перерозподілу вільних коштів у секторних множинах. Це доцільно за схемою, відповідно до якої будується ланцюг запуску змін (забезпечується одночасне, паралельне виконання декількох імітацій). Ланцюг запуску змін керується за уніфікованим алгоритмом, що однаково обчислюється в процесі всіх ітераційних перетворень рівнянь стану результативності та рівнянь розподілу/перерозподілу коштів у моменти часу моделювання (від ітерації до ітерації). Алгоритм ланцюга запуску змін рівнянь стану та перерозподілу коштів у секторних множинах наведений у табл. 3.

Таблиця 3. Алгоритм ланцюга запуску змін рівнянь стану та рівнянь перерозподілу у секторних множинах

Рівняння	Ланцюг запуску дій з обробки даних, щодо змін	Результат обробки даних
рівнянь стану*	$F_n^* = (\varepsilon^{n-1}) = \max_{uk} [f_n(\varepsilon^{n-1}, u^n)], \dots \dots (7)$	створення ескізів зміни результативності
рівняння розподілу/перерозподілу**	$F_n^* = (a^{n-1}) = \max_{uk} [f_n(a^{n-1}, u^n)], \dots \dots (8);$	створення ескізів перерозподілу коштів, вкладених у секторну множину. Ескіз особливо докладний, якщо відомі функції поквартального доходу й поквартального залишку вільних коштів

Примітка.

* u^k – початкова змінна управління для рівняння стану результативності секторних множин; u^n – змінна управління на інших ітераціях перетворення рівняння стану результативності в секторних множинах; ε^{n-1} – рівняння стану за передньою ітерацією перетворень;

** u^k – початкова змінна управління для рівняння перерозподілу коштів секторних множин; u^n – змінна управління на інших ітераціях перерозподілу вільних коштів за активами секторних множин; a^{n-1} – рівняння перерозподілу за передньою ітерацією перетворень.

Джерело: [288, с. 2019 – 2029, 278, с. 324-360]

Відповідно, логічна схема процесу моделювання секторальної результативності фінансового ринку може бути представлена на рис. 1.

За представленою логікою, запуск ланцюга дій із обробки даних щодо переобчислення змінної управління u^k здійснюватиметься на k -му ітераційному кроці, за яким досягається умовний максимум (3-4), який залежний від стану ε_k та обсягу a_k на початку k -го ітераційного кроку. Оскільки серед усіх можливих у майбутньому станів для чергового кроку ітерації відбираються найближчі події, $u^k = u^k(\varepsilon_{k-1})$ або $u^k = u^k(a_{k-1})$ – розглянуті як умовне оптимальне керування на k -му кроці, для якого змінна управління за алгоритмом 3, 4 прийме вигляд $k=n$: $F_{n+1}^* = 0$, що передбачає відсутність наступної ітерації ($n + 1$). Для полегшення переобчислень змінної управління u^k та передуючих їй ітераційних перетворень рівняння стану зі стану ε_{k-1} в стан ε_k , та перерозподілу a_{k-1} в стан a_k , мають бути введені сервісні елементи ланцюга запуску змін таких рівнянь у секторних множинах.

комівояжера (оскільки всі розв'язання задачі комівояжера евристичні, відтак є неточними) [12, с. 174-177].

Впровадження окреслених процедур доцільне за напрямками перетворень зі стану $\epsilon k-1$ в стан ϵk , що властиві алгоритмам 2 та 3. Це призведе до реалізації 2-х стадій перетворень: попередньої; остаточної. Відповідно алгоритмічний зміст процедур переобчислень змінної управління uk^* та передуючих їй значень стану (зі стану $\epsilon k-1$ в стан ϵk), у межах алгоритмів 2 та 3, наведений у таблиці 3. Дієвий методичний інструментарій математичної обробки даних для динамічного моделювання результативності фінансового ринку має формуватися шляхом описово-чисельного представлення операцій, як систем потоків фінансових ресурсів, які зумовлюють якісні зміни у структурах фінансового ринку та кількісні за величиною притоків доходів (як приростом вигід) на кожному часовому кроці.

Відтак алгоритмічний зміст процедур прогонки змінних рівнянь демонструє розширені можливості для опису змін секторальної ефективності та поведінки агентів фінансового ринку щодо секторальних множин у будь-який довільний змінний момент часу.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі. Вимірювання результативності має реалізуватися через призму комбінаторних задач щодо визначення можливостей мінімізації або підсилення результативних ознаками внаслідок дії ключових факторів впливу. Таке вимірювання доцільно здійснювати, виходячи з вибору та розташування елементів фінансового ринку, як комбінаторних конфігурацій та їх кінцевих множин. Результат вимірювання має відбивати дворівневий експеримент та доказові обчислення у структурних співвідношеннях: 1) щодо ємності ринку та кількості варіантів ефективних вкладень. За цією конструкцією результативність, як цільова функція, унаочнюється у нелінійних залежностях. Пошук ефективності найбільш доцільний за змістом динамічного програмування із використанням задач оптимального розподілу

інвестицій; 2) щодо співвідношення загальних та специфічних ризиків, що несе в собі вкладення в актив та його доходності. Вимірювання результативності у конструкції з означених елементів має визначити, як саме залежить у від інформації щодо факторів впливу, характерних для вихідної множини за комбінаторними конфігураціями.

Література

1. Ball, R. Anomalies in relationships between securities' yields and yield-surrogates. *Journal of Financial Economics*. 1978. 6 (2-3), pp. 103-126.
2. Пластун О.Л. Моделювання та прогнозування поведінки фінансових ринків як інформаційний базис забезпечення фінансової стійкості та безпеки держави: звіт про НДР (проміжний). Суми: СумДУ, 2018. 87 с.
3. Zaidon Z., Wei W., Honglei X. Hamilton– Jacobi–Bellman equations on time scales. *Mathematical and Computer Modelling*. 2009. pp. 2019 – 2028
4. Адаптаційний потенціал забезпечення стійкого функціонування реального сектора економіки України в умовах глобальної нестабільності: кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима та ін. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2021. 176 с.
5. Стасюк В. Моделі адаптивного управління підприємством у нестабільному зовнішньому середовищі: автореф. дис. д-ра. екон. наук. Донецьк: ДНУ, 2003. 35 с.
6. Мороз О.В., Карачина Н.П., Острий І.Ф. Сучасність та перспективи досліджень економічної поведінки підприємств. *Економіка та держава*. 2017. № 4. С. 16–20.
7. Ячменьова В.М. Ідентифікація стійкості діяльності промислових підприємств: монографія. Сімферополь: Доля. 2007. 384 с.
8. Merton, R. On estimating the expected return on the market: and exploratory investigation. *Journal of Financial Economics*, 1980. 8(4), P, 323-361.
9. Фарина О.І. Динамічні моделі оцінювання стабільності фінансової системи України.: дис. к.е. наук : 08.00.11 / Нац. університет

«Києво-Могилянська академія» Міністерства освіти і науки України, Київ, 2016 199 с.

10. Зленко Ю. Математична складова задач динамічного програмування. *Наукові записки молодих учених*. 2018. № 1. URL.: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/1389>

11. Немічева О.В., Малецький А.В., Савенко А.Ю. Аналіз структури фінансової системи України на основі системного підходу. *Вісник Хмельницького нац. ун-ту*. 2011. № 2(1). С. 174-177

12. Фадєєва І.Г. Інтелектуальні технології у фінансовому інженерингу. *Сталий розвиток економіки*. 2014. № 3. С. 234-242.

13. Іртищева І.О. Стратегія розвитку фінансово-кредитного забезпечення агропродовольчої сфери України: монографія. Миколаїв: Дизайн та поліграфія, 2012. 256 с.

14. Крамаренко І.С. Формування та розвиток регіонального інвестиційного потенціалу в умовах структурних трансформацій економіки: теорія, методологія та практика: монографія. Миколаїв: ФОП Швець, 2019. 356 с.

15. Іртищева І.О. Факторинг як напрям стратегічного розвитку фінансового забезпечення агропродовольчої сфери. *Вісник ХНАУ*. 2011. №8. С.16-21

References

1. Ball, R. (1978), “Anomalies in relationships between securities' yields and yield-surrogates”, *Journal of Financial Economics*, vol. 6 (2-3), pp. 103-126.

2. Plastun, O.L. (2018), *Modeliuvannia ta prohnozuvannia povedinky finansovykh rynkiv iak informatsijnyj bazys zabezpechennia finansovoi stijkosti ta bezpeky derzhavy* [Modeling and forecasting the behavior of financial markets as an information base for ensuring the financial stability and security of the state], Sumy State University, Sumy, Ukraine

3. Zaidon, Z., Wei, W. and Honglei, X. (2009), "Hamilton–Jacobi–Bellman equations on time scales", *Mathematical and Computer Modeling*, pp. 2019 - 2028
4. Kyzyma, M. O. (2021). *Adaptatsijnyj potentsial zabezpechennia stijkoho funkcionuvannia real'noho sektora ekonomiky Ukrainy v umovakh hlobal'noi nestabil'nosti* [Adaptation potential of ensuring sustainable functioning of the real sector of the economy of Ukraine in conditions of global instability], FOP Liburkina L.M., Kharkiv, Ukraine
5. Stasiuk, V. (2003), *Modeli adaptivnoho upravlinnia pidprijemstvom u nestabil'nomu zovnishn'omu seredovyschi* [Models of adaptive enterprise management in an unstable external environment], DNU, Donetsk, Ukraine
6. Moroz, O.V., Karachina, N.P. and Ostryi, I.F. (2017), "Modernity and prospects of research on the economic behavior of enterprises", *Economy and the state*, vol. 4, pp. 16–20.
7. Yachmenyova, V.M. (2007), *Identyfikatsiia stijkosti diial'nosti promyslovykh pidprijemstv* [Identification of sustainability of industrial enterprises], Destiny. Simferopol, Ukraine
8. Merton, R. (1980), "On estimating the expected return on the market: and exploratory investigation", *Journal of Financial Economics*, 8(4), pp. 323-361.
9. Farina, O.I. (2016), *Dynamichni modeli otsiniuvannia stabil'nosti finansovoi systemy Ukrainy* [Dynamic models of assessing the stability of the financial system of Ukraine], Nat. University "Kyiv-Mohyla Academy" of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine
10. Zlenko, Yu. (2018), "Mathematical component of dynamic programming problems", *Scientific notes of young scientists*, vol. 1, available at: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/1389> (Accessed 22 August 2021).
11. Nemicheva, O.V., Maletskyi, A.V. and Savenko, A.Yu. (2011), "Analysis of the structure of the financial system of Ukraine based on a systemic approach", *Herald of Khmelnytskyi nats. university*, vol.2(1), pp. 174-177

12. Fadeeva, I.H. (2014), “Intelligent technologies in financial engineering” *Sustainable economic development*, vol. 3, pp. 234-242.
13. Irtysheva, I.O. (2012), *Stratehiia rozvytku finansovo-kredytnoho zabezpechennia ahroprodovol'choi sfery Ukrainy* [Strategy for the development of financial and credit provision of the agri-food sector of Ukraine], Design and printing, Mykolaiv, Ukraine.
14. Kramarenko, I.S. (2019), *Formuvannia ta rozvytok rehional'noho investytsijnoho potentsialu v umovakh strukturnykh transformatsij ekonomiky: teoriia, metodolohiia ta praktyka* [Formation and development of regional investment potential in conditions of structural transformations of the economy: theory, methodology and practice], FOP Shvets, Mykolaiv, Ukraine.
15. Irtysheva, I.O. (2011), “Factoring as a direction of strategic development of financial support of the agro-food sector”, *KHNAU Bulletin*, vol. 8, pp.16-21

Стаття надійшла до редакції 13.01.2023 р.