

С. В. ШЕВЧЕНКО

**ПРО КОНЦЕПЦІЮ ВЕКТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ В ЗАДАЧАХ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ**

Розглядаються задачі багатокритеріального вибору з оцінками претендентів по ряду локальних критеріїв. Відомі підходи до вирішення таких задач використовують їх особливості з виділенням відповідних класів задач та ряду припущень, що значно обмежують можливості їх практичного застосування. Це використання фіксованих шкал для порівняння значень, які не відповідають реальним діапазнам величин, що зіставляються, припущення про наявність лінійних залежностей між оцінками якості та атрибутами рішень, що приймаються, про відсутність нелінійних залежностей між оцінками за локальними критеріями та значеннями параметрів варіантів рішень з різних діапазонів. Наведені обставини можуть призводити до втрати адекватності рішень, що приймаються, та викликати неприйнятні наслідки. Викладається підхід до процедур багатокритеріальної оптимізації на основі змісту оптимізації як вибору претендента рішення з кращими значеннями обраного векторного критерію у складі елементів допустимої множини рішень. Для пошуку рішення пропонується використовувати узагальнений критерій у вигляді скалярного добутку векторів, один з яких містить компонентами значення локальних критеріїв для претендента рішення, а інший є віртуальним вектором еталону цілі у заданому просторі з кращими або прогнозованими значеннями. Для порівняння претендентів пропонуються підходи до формування підмножини Парето-оптимальних рішень як сукупності рішень за узгодженими локальними критеріями, використовуючи серію поступок за локальними критеріями, що представлені математичними моделями з виділенням альтернативних варіантів зміни значень оцінок локальних критеріїв, які дозволяють формувати узгоджені рішення. Результати аналізу дозволяють використовувати підходи, що пропонуються, для формування підмножини ефективних рішень у складі підсистем підтримки прийняття рішень, що забезпечують оперативне управління динамічними процесами обслуговування та виробництва.

**Ключові слова:** критерії, вектори, багатокритеріальна оптимізація, локальні критерії, еталонний вектор цілі, підсистеми прийняття рішень.

S. V. SHEVCHENKO

**ON THE CONCEPT OF VECTOR OPTIMIZATION IN THE TASKS OF MULTICRITERIAL CHOICE**

Problems of multi-criteria choice with estimates of applicants by a number of local criteria are considered. Known approaches to the solution of such problems use their peculiarities with the allocation of the corresponding classes of problems and a number of assumptions that significantly limit the possibilities of their practical application. This is the use of fixed scales to compare values that do not correspond to real ranges of values, the assumption of linear relationships between quality assessments and decision attributes, the absence of nonlinear relationships between estimates of local criteria and parameter values of solutions from different ranges. The given circumstances can lead to the loss of adequacy of the taken decisions and cause unacceptable consequences. An approach to procedures of multi-criteria optimization based on the content of optimization as a choice of a solution applicant with the best values of the chosen vector criterion within the elements of the admissible solution set is outlined. To find a solution, it is suggested to use a generalized criterion in the form of a scalar product of vectors, one of which contains components of the values of local criteria for the solution pretender, and the other is a virtual vector of the target reference in a given space with the best or predicted values. To compare the applicants, we propose approaches to forming a subset of Pareto optimal solutions as a set of solutions by consistent local criteria, using a series of concessions on the local criteria represented by mathematical models with the allocation of alternatives to change the values of local criterion estimates, allowing the formation of consistent solutions. The results of the analysis allow us to use the proposed approaches to form a subset of effective solutions in the decision support subsystems, providing operational management of dynamic processes of service and production

**Keywords:** criteria, vectors, multi criteria optimization, local criteria, reference target vector, decision subsystems.

**Вступ.** Задачі багатокритеріального вибору формалізують процес визначення кращого варіанту, використовуючи зіставлення характеристик претендентів, що аналізуються, на основі низки критеріїв із застосуванням методів багатокритеріальної оптимізації.

Якщо для порівняння варіантів вибору використовувати простір, утворений векторами, що визначають оцінки по обраним критеріям, то підсумкові оцінки претендентів можуть бути розглянуті з позицій узагальненого критерію ефективності у вигляді вектору, в якому компонентами є оцінки по локальним критеріям.

Не втрачаючи загальності можна вважати, що за допомогою адекватних перетворень всі критерії можуть бути приведені до максимізації значень. Тоді можна запропонувати підхід до процедур багатокритеріальної оптимізації, оснований на змісті процедур оптимізації як виборі претенденту на вирішення задачі, що має кращі значення обраного векторного критерію, який визначає цільові переваги оптимізації у складі елементів допустимої множини рішень. Кращі значення векторного критерію означають, що

значення жодного із локальних критеріїв, як компонентів узагальненого критерію, не можуть бути поліпшені без погіршення значень інших критеріїв.

**Постановка задачі.** Напрямок оптимізації рішень, що приймаються, може бути визначено деяким вектором, значеннями компонент якого повинні бути максимальні оцінки значень локальних критеріїв відповідно до зроблених припущень, що таким чином призводить до формування простору рішень у складі доступних варіантів.

Область допустимих рішень визначається перетином підмножин для допустимих значень змінних, які визначають варіанти рішень, що приймаються, шляхом використання сукупності обмежень та/або формування допустимих значень параметрів вектору вибору у складі наявних варіантів.

Зазвичай задачі векторної оптимізації розглядаються як завдання багатокритеріальної оптимізації. При цьому виділяються окремі класи задач зі специфічними особливостями, які дозволяють застосовувати відповідні підходи та алгоритми рішень, в наслідок чого зникає їх універсальність, відбувається

втрата ознак загальності результатів і відповідності змісту концепції векторної оптимізації, оскільки її результати формуються як об'єднання рішень, кожне з яких є скалярною оптимізацією по одному з локальних критеріїв, а в інших випадках використовуються лінійні перетворення параметрів і змінних задачі з урахуванням низки припущень (лінійність, відсутність залежностей та ін.) [1].

Врахування структурних особливостей задачі багатокритеріальної оптимізації найяскравіше демонструється на підході, запропонованому Т. Сааті як метод аналізу ієрархій [2]. В результаті його застосування формується ієрархія критеріїв з використанням фіксованої шкали порівнянь та низки припущень, що дозволяють застосувати лінійні перетворення та дозволяють швидко отримати оцінку доцільності вибору варіанту рішення серед доступних альтернатив. Допущення, що використовуються у методі аналізу ієрархій, є досить спірними і часто не мають місця в практичних ситуаціях. Це ігнорування наявності критеріїв, незрівнянних між собою за важливістю, виходячи з їх змісту, використання шкали порівнянь із застосуванням набору фіксованих рівнів, однакових для всіх можливих порівнянь з ігноруванням наявності існуючих діапазонів значень, запровадження різноманіття результатів порівнянь в залежності від проведення порядку порівнянь, що призводять до появи невизначеності, ігнорування наявності нелінійних залежностей між різними діапазонами значень, що порівнюються. Однак, незважаючи на це, простота отримання оцінок та певна правдоподібність обчислень призвели до широкого поширення методу аналізу ієрархій з ігноруванням можливості отримання помилкових результатів через використання спрощених припущень [3]–[9].

У загальному випадку, початковий зміст обчислень, що вкладається в поєднання термінів «векторна оптимізація», передбачає можливість побудови процедури вибору деякого вектору із заданої підмножини, що є сукупністю варіантів векторів, допустимих для використання згідно ряду обмежень як вирішення задачі вибору найкращого варіанту серед доступних альтернатив за значенням векторного критерію.

З цією метою кожен з варіантів вирішення у вигляді вектору з допустимої множини повинен містити у складі своїх компонент складові, величини яких дозволяють порівнювати доступні варіанти вирішення за значеннями оцінок локальних критеріїв.

**В роботі пропонується** використання концепції векторної оптимізації з формуванням вектору цілі, який задає напрямком оптимізації, та підмножини векторів, що визначають допустимі варіанти вирішення задачі вибору. Тоді результатом вирішення задачі вибору може бути визначення вектору з наявними оцінками характеристик варіантів вибору по локальним критеріям у складі допустимої множини за умови максимізації скалярного добутку цього вектору та вектору, що визначає цілі оптимізації. Дискретність підмножини доступних векторів задачі для вибору найкращого варіанту призводить до неприйнятності

застосування існуючих процедур оптимізації у просторі безперервних значень.

У якості локальних критеріїв можуть бути використані не тільки значення деяких цільових функцій, а також визначення стану задоволення заданим обмеженням, а також оцінки значень ступеню такого задоволення (нечіткі множини) з рівнем прийнятної величини значимості, що задається відповідно до приведення до деякої числової шкали вимірювань [10].

Таким чином, цільовий вектор може бути представлений набором локальних критеріїв оптимальності з компонентами, склад яких визначається змістом задачі, виходячи зі специфіки предметної області та умов прийняття рішень.

Зіставлення значень критеріїв різного змісту та з різними фізичними одиницями виміру можливе при перетворенні їх величини до відносних значень. Крім цього, для врахування відмінностей рівнів важливості окремих критеріїв можна використовувати процедури експертного оцінювання значень їх коефіцієнтів важливості [11].

Відповідно до концепцій, що пропонуються в роботі, а також, враховуючи наявність різних діапазонів та одиниць вимірювання значень критеріїв, різні рівні їх важливості, для отримання адекватних оцінок має сенс використовувати процедури нормування критеріїв за кращими значеннями [12].

За змістом аналізу, наведеному в роботі [13], обсяг досліджень, присвячений багатокритеріальній оптимізації та підтримці прийняття рішень, свідчить про наявність широкого кола не повністю вирішених питань, що визначають нові напрямки досліджень.

Будемо вважати, що множина допустимих рішень представлена множиною  $D$ , що складається з низки претендентів для вибору, які задані векторами  $X_j, j \in J$ .

Значення компонент векторів претендентів вирішення  $X_j = \{x_{ij}\}, j \in J$ , обмежені допустимими значеннями, що визначаються відповідними підмножинами. Тоді множина допустимих рішень матиме вигляд

$$D = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}: X_j = \{x_{ij}\}, x_{ij} \in G_i, i \in I, j \in J,$$

де  $G_i$  підмножина допустимих значень параметрів  $i$ -го локального критерію.

Будемо вважати, що претенденти вибору можна порівняти між собою за значеннями введених локальних критеріїв ефективності

$$\{f_i\}, i \in I = \{1, 2, \dots, m\}.$$

Кожен претендент вибору  $X_j \in D$  є вектором вирішення задачі вибору  $X_j = \{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\}$ , компоненти якого визначають значення контрольованих параметрів претендентів вирішення задачі вибору і які можуть бути оцінені локальними критеріями.

Тоді для кожного значення компонента вектору рішення  $X_j \in D$  за допомогою визначеної процедури



$$X_i = \{x_{ij}\} \in D, \quad (4)$$

$$x_{ij} \in G_i, i \in I, j \in J, \quad (5)$$

$$\rho_{il} \geq 0, i \in I, l \in L, \quad (6)$$

де  $E$  – доступний обсяг фінансування;

$\rho = \{\rho_{il}\}$  – вектор, компоненти якого задають розподіл  $l$ -го ресурсу між процедурами, що визначають значення оцінок локальних критеріїв.

Зміст виразу (1) в математичній моделі (1)–(6) в термінах багатокритеріальної оптимізації відповідає відомому виразу адитивного узагальненого критерію з однорідними локальними критеріями у вигляді відносних значень, що передбачає отримання накопичуваного сумарного ефекту. Отриманий вираз свідчить про інваріантність наведеної процедури, що використовується для пошуку компромісних рішень з адитивним узагальненим критерієм.

В загальному випадку отримання оптимальних значень оцінок локальних критеріїв під час вирішення задачі (1)–(6) є самостійним завданням, вирішення якого залежить від особливостей предметної області. Однак можна виділити деякі загальні чинники, що визначають значення локальних критеріїв, використання яких може бути застосовано для визначення компромісних рішень.

Серед них насамперед слід назвати наявність доступних варіантів змін розглянутих претендентів рішення  $P = \{P_i\}, i \in I$ , які можуть відобразитися у структурі та складі технологій, що використовуються, або організації функціонування, які мають певну вартість і забезпечують відповідні значення локальних критеріїв. Крім цього, слід враховувати доступні обсяги фінансування варіантів змін.

Тоді постає задача розподілу обсягів фінансування для реалізації варіантів зміни стану претендентів, що аналізуються, і які забезпечують максимізацію значень локальних критеріїв та узагальненого критерію при обмеженні на обсяг фінансування.

Позначимо  $A_{ijp}$  – вартість  $p$ -го варіанту зміни  $j$ -го претенденту для забезпечення значення  $i$ -го локального критерію,  $\beta_{ijp}$  – оцінка очікуваного значення  $i$ -го критерію при використанні  $p$ -го варіанту зміни  $j$ -го претенденту,  $p \in P, i \in I, A_0 \geq E$  – доступний обсяг фінансування варіантів змін.

Будемо вважати, що  $\forall j \in J$  та  $\forall i \in I$  елементи множини  $p \in P$  проіндексовані за зростанням значень.

Введемо логічні змінні  $\{y_{ijp}\}$ :  $y_{ijp} = 1$ , якщо використовується  $p$ -й варіант, і  $y_{ijp} = 0$  в іншому випадку,  $p \in P, i \in I$ .

В результаті може бути розглянута серія наступних задач  $k = 1, 2, \dots$  для визначення нових значень локальних критеріїв з рівноважними станами, використовуючи поступки та зміни розподілу ресурсів.

Знайти  $Y = \{y_{ijp}\}$ , що забезпечує

$$\max G = \sum_{i \in I} r_i \sum_{j \in J} \sum_{p \in P^{(k)}} \beta_{ijp} y_{ijp} \quad (7)$$

при обмеженнях

$$\sum_{p \in P^{(k)}} y_{ijp} \leq 1, i \in I, j \in J, \quad (8)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{p \in P^{(k)}} A_{ijp} y_{ijp} \leq A_0, \quad (9)$$

$$y_{ijp} \in \{0, 1\}, i \in I, j \in J, p \in P^{(k)}. \quad (10)$$

В математичній моделі задачі (7)–(10) використовуються додаткові позначення:

$$P^{(k)} = P^{(k-1)} \setminus \{p \in P : y_{ijp}^{*(k-1)} = 1\},$$

де  $\{y_{ijp}^{*(k-1)}\}$  – розв'язання задачі (7)–(10) на  $(k-1)$ -й ітерації;

$P^{(0)}$  – вихідна множина введених варіантів змін.

**Висновки.** Порівняння варіантів вибору альтернатив в підсистемах підтримки прийняття рішень потребує застосування методів багатокритеріальної оптимізації, які мають забезпечити прозоре обґрунтування оцінок рішень, що приймаються, з позицій введених локальних критеріїв з формуванням загальної оцінки якості претендентів вирішення задачі вибору. Існуючі підходи до формування загальної оцінки варіантів вибору орієнтовані на використання наявних особливостей виділених класів задач і втрачають ефективність при порушенні прийнятих припущень, які не виконуються для ряду практичних ситуацій. Запропонований підхід та математичні моделі дозволяють формувати оцінки рішень, що приймаються, використовуючи логічне обґрунтування обчислень з використанням векторної оптимізації рішень в задачах багатокритеріального вибору.

Застосування процедур формування оцінок варіантів вибору в підсистемах підтримки прийняття рішень, що пропонуються в роботі, дозволяє формувати підмножини Парето-оптимальних рішень, інтегрувати результати розрахунків з іншими процедурами, підвищуючи рівень їх достовірності та стійкості, що сприяє зростанню адекватності розрахунків умовам прийняття рішень. Результати аналізу дозволяють використовувати підходи, що пропонуються, для формування підмножини ефективних рішень у складі підсистем підтримки прийняття рішень, що забезпечують оперативне управління динамічними процесами обслуговування та виробництва [14].

#### Список літератури

1. Podinovski V. V. Potential optimality in multicriterial optimization. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. 2014. Vol. 54. P. 429–438.
2. Саати Т. *Прийняття рішень. Метод аналізу ієрархій* / Пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. Москва: Радио и связь, 1993. 278 с.
3. Євстрат Д. І., Кушнерук Ю. І. Застосування методу аналізу ієрархій для оцінки маркетингової активності торговельних

- підприємств. *Проблеми економіки*. 2012. № 2. С. 66–71. URL: [https://www.problecon.com/export\\_pdf/problems-of-economy-2012-2\\_0-pages-66\\_71.pdf](https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2012-2_0-pages-66_71.pdf) (дата звернення: 15.05.2022).
4. Нісфоян С. С., Сисолина Н. П., Савеленко Г. В. Розвиток методу аналізу ієрархій як механізму вибору інвестиційного проєкту на підприємстві. *Центральноукраїнський науковий вісник. Економічні науки*. 2020. Вип. 5(38). С. 228–237.
  5. Ершова Н. М. Принятие решений на основе метода анализа иерархий. *Вісник Придніпровської держ. акад. буд-ва і архітектури*. 2015. № 9 (210). С. 39–45.
  6. Кульчицька Х. Б., Предко Л. С. Застосування методу аналізу ієрархій при виборі проєкту поліграфії. *Поліграфія і видавнича справа*. 2018. № 1. С. 51–60.
  7. Трунова О. В. Застосування методу Саати при прийнятті управлінських рішень. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Педагогічні науки*. 2013. Вип. 108.1. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP\\_2013\\_1\\_108\\_34](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2013_1_108_34) (дата звернення: 19.11.2020).
  8. Бадюл М. Г., Крамаренко В. А. Застосування методу аналізу ієрархій у проєктуванні та будівництві. *Будівництво, матеріалознавство, машинобудування*. 2013. Вип. 70. С. 27–35.
  9. Чибісов Ю. В., Шульга Ю. С. Застосування методів багатокритеріальної оптимізації для вирішення задачі розподілу вагонів по вантажним фронтам. *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень»*. 2014. Вип. 7. С. 65–72.
  10. Андриевская Н. В., Резников А. С., Черанев А. А. Особенности применения нейро-нечетких моделей для задач синтеза систем автоматического управления. *Фундаментальные исследования*. 2014. Ч. 7, № 11. С. 1445–1449.
  11. Podinovski V. V., Podinovskaya O. V. An approach of the criteria importance theory to decision making problems with hierarchical criterial structures. *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*. 2014. Vol. 48, № 1. P. 1–5.
  12. Odu G. O., Charles–Owaba O. E. Review of Multi–criteria Optimization Methods – Theory and Applications. *OSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*. Vol. 3. Issue 10. 2013. P. 1–14.
  13. Bronevich A. G., Rosenberg I. N. Applying models of imprecise probabilities in the mathematical theory of criteria importance. *Automation and Remote Control*. 2017. Vol. 78. P. 1460–1473.
  14. Nelyubin A. P., Podinovski V. V., Potapov M. A. Methods of criteria importance theory and their software implementation. *Conference proceedings «Computational Aspects and Applications in Large–Scale Networks»*. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics. 2018. Vol. 247. P. 189–196.
  4. Nisfoian S. S., Sysolina N. P., Savelenko H. V. Rozvytok metodu analizu iierarkhii yak mekhanizmu vyboru investytsiinoho proiektu na pidpriemstvi [Development of the method of analysis of hierarchies as a mechanism for choosing an investment project in the enterprise]. *Tsentrálnoukrainskyi naukovyi visnyk. Ekonomichni nauky* [Central Ukrainian Scientific Bulletin. Economic sciences]. 2020, issue 5(38), pp. 228–237.
  5. Ershova N. M. Pryniatyte reshenyi na osnove metoda analiza yerarkhyi [Decision making based on the hierarchy analysis method]. *Visnyk Prydniprovskoi derzh. akad. bud–va i arkhitektury* [Bulletin of the Dnieper State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2015, no. 9 (210), pp. 39–45.
  6. Kulchytska Kh. B., Predko L. S. Zastosuvannia metodu analizu iierarkhii pry vybori proektu polihrafii [Application of the method of analysis of hierarchies when choosing a printing project]. *Polihrafia i vydavnycha sprava* [Printing and publishing]. 2018, no. 1, pp. 51–60.
  7. Trunova O. V. Zastosuvannia metodu Saati pry pryiniatti upravlynskykh rishen [Application of Saati method in making managerial decisions]. *Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Pedahohichni nauky* [Bulletin of Chernihiv National Pedagogical University. Pedagogical sciences]. 2013, vyp. 108.1. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP\\_2013\\_1\\_108\\_34](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2013_1_108_34) (accessed: 19.11.2020).
  8. Badiul M. H., Kramarenko V. A. Zastosuvannia metodu analizu iierarkhii u proiektuvanni ta budivnytstvi [Application of the method of hierarchy analysis in design and construction]. *Budivnytstvo, materialoznavstvo, mashynobuduвання* [Construction, materials science, mechanical engineering]. 2013, vyp. 70, pp. 27–35.
  9. Chybisov Yu. V., Shulha Yu. S. Zastosuvannia metodiv bahatokryterialnoi optymizatsii dlia vyrishennia zadachi rozpodilu vahoniv po vantazhnym frontam [Application of multicriteria optimization methods to solve the problem of distribution of cars on freight fronts]. *Zbirnyk naukovykh prats DNUZT im. akad. V. Lazariana «Transportni systemy ta tekhnologii perevezenn»* [Collection of scientific works of DNUZT named after acad. V. Lazaryan «Transport systems and transportation technologies»]. 2014, vyp. 7, pp. 65–72.
  10. Andriyevskaya N. V., Reznikov A. S., Cheranav A. A. Osobennosti primeneniya neyro–nечetkikh modeley dlya zadach sinteza sistem avtomaticheskogo upravleniya [Features of the application of neuro–fuzzy models for the synthesis of automatic control systems]. *Fundamental'nyye issledovaniya* [Basic research]. 2014, part. 7, no. 11, pp. 1445–1449.
  11. Podinovski V. V., Podinovskaya O. V. An approach of the criteria importance theory to decision making problems with hierarchical criterial structures. *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*. 2014, vol. 48, no. 1, pp. 1–5.
  12. Odu G. O., Charles–Owaba O. E. Review of Multi–criteria Optimization Methods – Theory and Applications. *OSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*. 2013, vol. 3, issue 10, pp. 1–14.
  13. Bronevich A. G., Rosenberg I. N. Applying models of imprecise probabilities in the mathematical theory of criteria importance. *Automation and Remote Control*. 2017, vol. 78, pp. 1460–1473.
  14. Nelyubin A. P., Podinovski V. V., Potapov M. A. Methods of criteria importance theory and their software implementation. *Conference proceedings «Computational Aspects and Applications in Large–Scale Networks»*. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, 2018, vol. 247, pp. 189–196.

#### References (transliterated)

1. Podinovski V. V. Potential optimality in multicriterial optimization. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 2014, vol. 54, pp. 429–438.
2. Saaty T. L. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York, McGraw–Hill Publ., 1980. 287 p. (Russ. ed.: Saaty T. Prinyatiye resheniy. Metod analiza iyerarkhiy. Moscow, Radyo y svyaz Publ., 1993. 278 p.).
3. Yevstrat D. I., Kushneruk Yu. I. Zastosuvannia metodu analizu iierarkhii dlia otsinky marketynhovoї aktyvnosti torhovelnkykh pidpriemstv [Application of the method of hierarchy analysis to assess the marketing activity of commercial enterprises]. *Problemy ekonomiky* [Problems of the economy]. 2012, no. 2, pp. 66–71. Available at: [https://www.problecon.com/export\\_pdf/problems-of-economy-2012-2\\_0-pages-66\\_71.pdf](https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2012-2_0-pages-66_71.pdf) (accessed: 15.05.2022).

Надійшла (received) 20.05.2022

#### Відомості про автора / About the Authors

**Шевченко Сергій Васильович** – кандидат технічних наук, професор НТУ «ХПІ», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри програмної інженерії та інтелектуальних технологій управління; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3831-5425>; e-mail: [serhii.shevchenko@khi.edu.ua](mailto:serhii.shevchenko@khi.edu.ua)

**Shevchenko Sergiy Vasyliovych** – Candidate of Technical Sciences (PhD), Professor of NTU "KhPI", National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Professor of the Department of Software Engineering and Intelligent Technology Management; Kharkiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3831-5425>; e-mail: [serhii.shevchenko@khi.edu.ua](mailto:serhii.shevchenko@khi.edu.ua)