

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. 2025. № 11.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.11.49>

УДК 330.322:338.48:519.85

А. Д. Чикуркова,

д. е. н, професор, професор,

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

ORCID ID: <https://cid.org/0000-0001-8867-4357>

А. Ю. Андрусик,

аспірант, Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-5150-2639>

ДИНАМІЧНЕ ПРОГРАМУВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙ У ТУРИСТИЧНУ ГАЛУЗЬ

A. Chykurkova,

Doctor of Economic Sciences, Professor (Economy),

Higher Educational Institution "Podillia State University"

A. Andrusyk,

PhD student, Higher Educational Institution "Podillia State University"

DYNAMIC PROGRAMMING AS A TOOL FOR INCREASING INVESTMENT EFFICIENCY IN THE TOURISM INDUSTRY

У статті досліджено проблему оптимального розподілу інвестицій у туристичну галузь західного регіону України в умовах економічної нестабільності. На основі методів динамічного програмування розроблено

економіко-математичну модель, що забезпечує максимальний економічний ефект від інвестування у туристичну інфраструктуру регіонів. Проведено аналіз стану туристичної сфери, окреслено ключові тенденції її розвитку. Особливу увагу приділено впливу пандемії COVID-19, яка суттєво змінила структуру туристичного попиту та зумовила необхідність переорієнтації інвестиційних потоків. Запропонована модель дозволяє обґрунтовано формувати ефективну регіональну інвестиційну політику, раціонально розподіляти обмежені ресурси та підвищувати результативність управління туристичною сферою. Отримані результати можуть бути використані органами державної влади, регіональними структурами та приватними інвесторами під час планування інвестицій у туризм, особливо в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення економіки.

The article investigates the problem of optimal investment allocation in the tourism industry of the western region of Ukraine, with a focus on improving the efficiency of regional investment management under conditions of economic instability. Using dynamic programming methods, the study develops a mathematical model that allows for the rational distribution of investment resources among the regions of Western Ukraine to achieve the maximum possible economic effect. The methodological foundation of the research is based on Bellman's principle of optimality.

Statistical data for 2019 and 2020 were used in the calculations, representing two contrasting phases of the tourism industry's development: the stable pre-pandemic growth period and the crisis period caused by the COVID-19 pandemic. This choice of time frame makes it possible to assess the resilience of regional investment processes and to identify the adaptive capacity of the tourism sector under unprecedented global challenges. The analysis reveals a strong positive correlation between the volume of investments and revenues from tourism and hospitality services, confirming that efficient allocation of limited financial

resources can significantly enhance regional profitability even in adverse macroeconomic conditions.

The proposed model demonstrates that, under an optimal investment allocation scenario, the total potential profit could exceed the actual 2020 results by more than four times, illustrating the considerable untapped potential of the tourism sector. The findings highlight the practical significance of dynamic programming as an analytical tool for optimizing investment strategies and improving decision-making in regional economic policy. The model also contributes to the development of a scientifically grounded framework for managing public and private investment flows in the tourism industry.

In the context of Russia's full-scale invasion of Ukraine, the developed model acquires additional relevance. It can serve as an instrument for anti-crisis management, reorientation of investment flows toward safer western regions, and prioritization of reconstruction projects during post-war recovery. The results may be used by government institutions, regional administrations, and private investors to support sustainable tourism development and post-crisis economic resilience. The study concludes by outlining prospects for further research.

Ключові слова: інвестиції, туризм, оптимізація, динамічне програмування, Белман, інвестиційна модель, регіональна економіка.

Keywords: investments, tourism, optimization, dynamic programming, Bellman, investment model, regional economy.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Туризм є одним із провідних напрямів соціально-економічного розвитку України. Для західного регіону він відіграє роль стратегічного сектора, що формує значну частину валового регіонального продукту. Водночас ефективність функціонування туристичної галузі суттєво залежить від рівня та структури інвестиційних потоків.

У сучасних умовах повномасштабної війни питання інвестування набуває нових акцентів. Інвестиції у туристичну сферу можуть не лише стимулювати регіональний розвиток, а й виконувати функцію економічної стабілізації, створюючи робочі місця, підтримуючи місцевий бізнес та забезпечуючи диверсифікацію економіки. Тому актуальним завданням є розроблення моделі, яка забезпечить оптимальний розподіл ресурсів між областями з урахуванням регіональних особливостей і потенціалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблеми ефективного інвестування та розподілу капіталу в регіональному вимірі досліджувались багатьма українськими та зарубіжними науковцями. Зокрема, питання економіко-математичного моделювання розглянуто у працях Кузьміна О.Є. та Мельника О.Г. [1, с. 47–52], методологічні засади оптимізації інвестицій — у працях Литвиненко О.Ю. [3, с. 112–118] і Гриценка А.А. [11, с. 63–70].

Класичні підходи до оптимізації ресурсів розвинуті в працях Bellman R. [4], Bertsekas D. [5], Hillier F. та Lieberman G. [6], які заклали основи динамічного програмування. Сучасні дослідження у сфері багатокритеріальних рішень представлені в роботах Zeleny M. [7, с. 89–94] і Samuelson P.A., Nordhaus W.D. [8, с. 223–229].

Попри значну кількість наукових розвідок, недостатньо розробленими залишаються моделі, орієнтовані на специфіку туристичної галузі України, зокрема в контексті регіонального інвестування та застосування динамічного програмування до практичних економічних процесів [10, с. 54–57; 12, с. 36].

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Метою статті є побудова та аналітичне обґрунтування моделі оптимального розподілу інвестицій у туристичну галузь західного регіону України з використанням методу динамічного програмування для досягнення максимального економічного ефекту.

Виклад основного матеріалу дослідження

Згідно з даними Державної служби статистики України, у 2014–2020 роках доходи від туристичної діяльності зросли від 4,5 до 12,5 млрд грн [2]. Найвищі результати демонструють Львівська, Івано-Франківська та Закарпатська області, де активно розвивається внутрішній і міжнародний туризм.

Проте вплив пандемії COVID-19 у 2020 році спричинив різке зниження прибутковості галузі [14, с. 15–19], що виявило важливість ефективного планування інвестиційних потоків, але водночас створило передумови для переорієнтації туризму на внутрішнього споживача, розвитку малих готельних господарств та рекреаційної інфраструктури [15, с. 44–47].

Виявлено залежність між обсягами інвестицій та доходами від реалізованих послуг у туристичному секторі. Це обґрунтовує доцільність застосування методів оптимізації при формуванні інвестиційної політики [4, с. 67; 7, с. 90].

Серед методів розподілу інвестицій найбільш поширеними є:

- лінійне програмування, що дозволяє оптимізувати ресурси при пропорційних залежностях [4, с. 55–59].
- нелінійне програмування, яке враховує зниження граничної віддачі [5, с. 121–123];
- цільове програмування, що дозволяє узгоджувати кілька критеріїв одночасно [7, с. 91–94];
- динамічне програмування (ДП) — найбільш ефективне для поетапного розподілу інвестицій і формування довгострокових стратегій [9, с. 35–38; 17, с. 14].

Для оптимального розподілу інвестицій між областями західного регіону України було використано модель динамічного програмування, за якої

оптимальна стратегія залежить лише від поточного стану й не залежить від передісторії [4, с. 97–103],

Для проведення розрахунків у межах дослідження було обрано дані за 2019 та 2020 роки, оскільки саме цей часовий проміжок відображає контраст між докризовим і кризовим станом туристичної галузі, спричиненим пандемією COVID-19 та воєнними діями вподальшому [16].

2019 рік характеризувався відносною економічною стабільністю, активним розвитком туристичних потоків і зростанням інвестиційної привабливості регіонів [2, с. 35–37], тому взятий за базовий період ефективного функціонування галузі.

2020 рік, навпаки, став роком різкого спаду, коли через карантинні обмеження, закриття кордонів і скорочення внутрішніх поїздок більшість підприємств туристичного сектору зазнали суттєвих фінансових втрат [14, с. 45–49; 15, с. 52].

Згідно методики, динамічний процес розбивається на сукупність послідовних етапів (кроків). Кожний крок оптимізується окремо, а рішення (розв’язок), згідно з яким система переходить із поточного стану до нового, вибирається з урахуванням його майбутніх наслідків і не завжди дає найбільший ефект на даному етапі. На останньому кроці приймається рішення (відшукується розв’язок), яке забезпечує максимальний ефект [18, с. 255–267].

Усі обчислення, що дають можливість знайти оптимальне значення ефекту, що досягається за n кроків, $f_0(S_n)$ проводяться за формулою – основним функціональним рівнянням Белмана:

$$f_{n-1}(S_l) = \max_{x_{l+1}} [R_{l+1}(S_l, X_{l+1}) + f_{n-(l+1)}(S_{l+1})] \quad (1)$$

де $X_l = (x_{1l}, x_{2l}, \dots, x_{ml})$ – розв’язок, обраний на l -му кроці;

$S_l = (S_{1l}, S_{2l}, \dots, S_{ml})$ – стан системи на l -му кроці;

R_l – ефект, що досягається на l -му кроці;

f_{n-1} – оптимальне значення ефекту, що досягається за $n - 1$ кроків;

n – кількість кроків.

$$l = \overline{1, n}$$

Процес обчислення значень функції f_{n-1} здійснюється при початковій умові $f_0(S_n) = 0$, що означає, що за межами кінцевого стану системи ефект дорівнює нулю [17, с. 14].

На основі цього було розподілено інвестиції, виділені для областей у 2020 році, щоб порівняти розрахований результат з отриманим та наочно побачити різницю в можливому прибутку від обсягу реалізованих послуг у тимчасовому розміщуванні та харчуванні. [19-27],

Адитивна цільова функція моделі має вигляд:

$$\max f_n(C) = \sum_{i=1}^n g_i(x_i) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = C \quad (3)$$

$$x_i \geq 0, i = \overline{1, n} \quad (4)$$

де C – кількість інвестицій для розподілу між областями регіону;

n – кількість областей регіону;

x_i – кількість інвестицій, вкладених в i -область;

$g_i(x_i)$ – прибуток від вкладних інвестицій в i -область;

$f_n(C)$ – сумарний прибуток від розподілу інвестицій між областями регіону.

$$C = 195000 \text{ тис грн.}$$

Для кожної області (n) на основі показників обсягу реалізованих послуг та продукції за 2019 рік було розраховано можливий ефект (прибуток) від вкладень інвестицій – $g_i(x)$, залежно від вкладеної суми x . Обчислені значення можливого приросту наведено у Табл.1 – 2. Для зручності розрахунків, взято крок 5000 тис грн.

Кількість кроків дорівнює кількості областей, між якими розподіляються інвестиції – 9.

Розрахунок оптимальних значень приросту прибутку для кожної області здійснено за рівняннями:

$$f_1(C) = \max_{x_1} [g_1(x_1)] = g_1(C) \quad (5)$$

$$f_2(C) = \max_{0 \leq x_2 \leq C} [g_2(x_2) + f_1(C - x_2)] \quad (6)$$

$$f_3(C) = \max_{0 \leq x_3 \leq C} [g_3(x_3) + f_2(C - x_3)] \quad (7)$$

$$f_4(C) = \max_{0 \leq x_4 \leq C} [g_4(x_4) + f_3(C - x_4)] \quad (8)$$

$$f_5(C) = \max_{0 \leq x_5 \leq C} [g_5(x_5) + f_4(C - x_5)] \quad (9)$$

$$f_6(C) = \max_{0 \leq x_6 \leq C} [g_6(x_6) + f_5(C - x_6)] \quad (10)$$

$$f_7(C) = \max_{0 \leq x_7 \leq C} [g_7(x_7) + f_6(C - x_7)] \quad (11)$$

$$f_8(C) = \max_{0 \leq x_8 \leq C} [g_8(x_8) + f_7(C - x_8)] \quad (12)$$

$$f_9(C) = \max_{0 \leq x_9 \leq C} [g_9(x_9) + f_8(C - x_9)] \quad (13)$$

Максимальний приріст обсягу реалізованих послуг та продукції визначається як максимум суми приросту для n -області і приросту для решти ($n - 1$), за умови, що залишок коштів після n -ї області розподіляється між іншими областями оптимально.

Дану модель було реалізовано за допомогою MS Excel. Важливим було розподілити інвестиції так, щоб кожна область, не залежно від суми отримала певну частку інвестицій. А також, щоб інвестиції нараховувались одним нарахуванням. Оскільки інвестиційний план формується на наступний рік, при цьому додаткові нарахування не передбачаються. У результаті розрахунків отримано оптимальний розподіл інвестицій між областями західного регіону, що принесе максимальний прибуток (Рис.1).

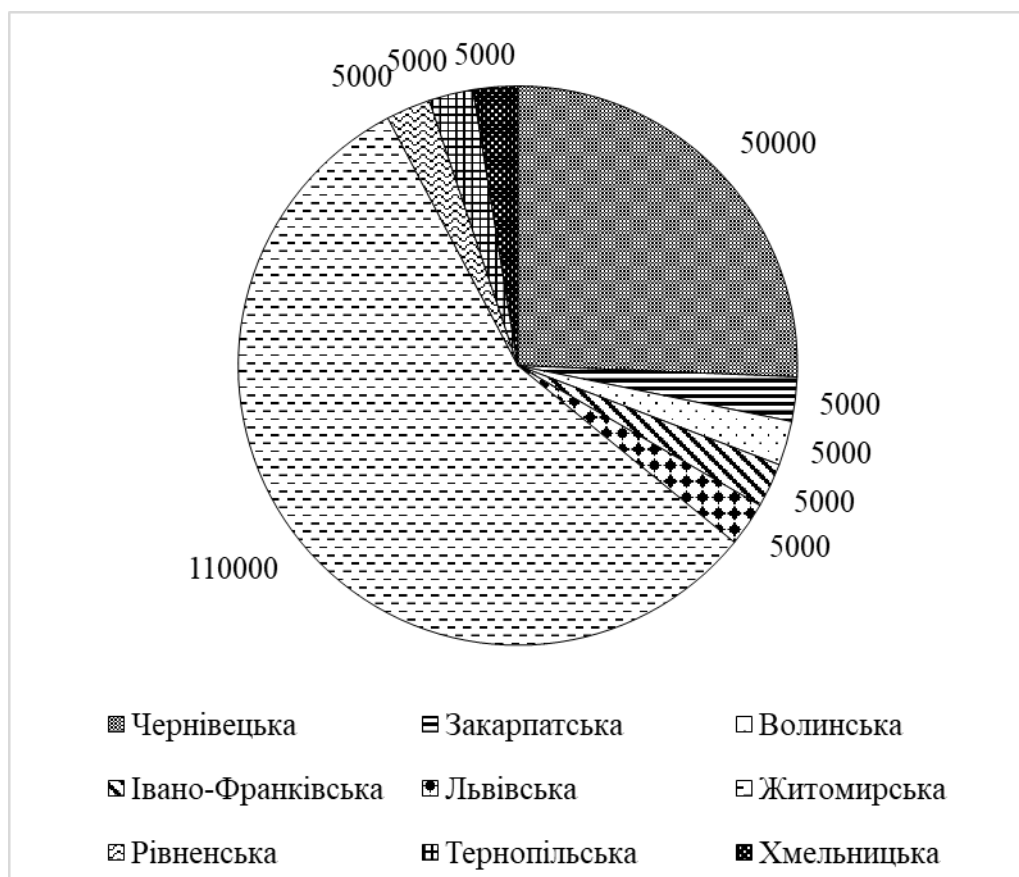


Рис. 1. Розподіл інвестицій між областями західного регіону України

Джерело: сформовано за дослідженням автора

Оптимальним виявився розподіл, за яким Житомирська область отримує 110 000 тис грн, Чернівецька — 50 000 тис грн, інші області — по 5 000 тис грн (Рис.1). Максимальний прибуток від розподілу інвестицій становить - 80931233,01 тис грн. Прибуток отриманий як обсяг реалізованих послуг та продукції від тимчасового розміщування та харчування за 2020 рік склав - 12556074,8 тис грн. Варто взяти до уваги, що прибуток міг бути значно

більшим, якби не кризове явище у вигляді пандемії COVID-19. Тому було розраховано максимально можливий прибуток від розподілених інвестицій 2020 року, що склав – 17358027 тис грн. Дана сума у 4,6 разів менша за отриманий прибуток на основі моделі динамічного програмування.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Оптимальний розподіл інвестицій у туристичну галузь забезпечує ефективніше використання ресурсів і підвищення прибутковості регіонів.

В умовах воєнного стану та економічної нестабільності запропонована модель може стати інструментом антикризового управління інвестиційними потоками. Її практичне застосування дозволяє:

- переорієнтувати інвестиції на безпечні регіони (захід України), які стали центрами внутрішньої релокації бізнесу;
- оптимізувати використання обмежених бюджетних і приватних коштів, визначаючи напрями з найбільшою потенційною віддачею;
- підтримувати внутрішній туризм як форму соціально-економічної реабілітації населення та стимулювання місцевих економік;
- планувати відновлення туристичної інфраструктури після звільнення територій, визначаючи пріоритетні об'єкти для реконструкції.
- Модель дає можливість визначити напрями, де інвестиції матимуть найбільший мультиплікативний ефект, що важливо для економічного відновлення України.

Таким чином, модель динамічного програмування може бути інтегрована у державні програми післявоєнного відновлення, регіональні стратегії розвитку та ініціативи з підтримки малого і середнього бізнесу у сфері туризму.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на поєднання динамічного програмування з ризик-орієнтованими методами та моделюванням невизначеності воєнного середовища.

Література

1. Кузьмін О. Є., Мельник О. Г. Економіко-математичні методи та моделі. – Львів : Національний університет “Львівська політехніка”, 2020.
2. Державна служба статистики України. Туризм і рекреація в Україні : статистичний збірник 2014-2023 рр. Київ, 2023.
3. Литвиненко О. Ю. Математичне моделювання економічних процесів. – Київ : КНЕУ, 2019.
4. Беллман Р. Динамічне програмування. Принстон : Princeton University Press, 1957.
5. Бертсєкас Д. Динамічне програмування та оптимальне керування. Бостон : Athena Scientific, 2017.
6. Гіллієр Ф., Ліберман Г. Вступ до дослідження операцій. Нью-Йорк : McGraw-Hill, 2015.
7. Зелені М. Багатокритеріальне прийняття рішень. Нью-Йорк : McGraw-Hill, 1982.
8. Самуельсон П. А., Нордгауз В. Д. Економіка. Нью-Йорк : McGraw-Hill Education, 2010.
9. Всесвітня туристична організація (UNWTO). Керівництво з інвестування в туризм. Мадрид, 2023.
10. Моделювання соціально-економічних систем / за ред. В. Сидоренка. Київ : КНЕУ, 2021.
11. Гриценко А. А. Інвестиційна стратегія розвитку регіонів України. Харків : ХНЕУ, 2020.
12. Романовський О. Економіко-математичне забезпечення інвестиційного менеджменту. Київ : НТУУ «КПІ», 2018.

13. Кваснюк Б. Інвестиційна політика в Україні: проблеми та пріоритети. Київ : НАН України, 2019.
14. Організація економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР). Тенденції та політика у сфері туризму. 2022. Париж : OECD Publishing, 2022.
15. Конференція ООН з торгівлі та розвитку. Світовий інвестиційний звіт. 2023. Женева : UNCTAD, 2023.
16. Туризм і гостинність. Економічний вплив туристичного та туристично-гостинного сектору у 2019 році та наслідки кризи 2020 року. URL: <https://www.tohology.com/hospitality/industry/economic-impact-of-traveltourism/> (дата звернення: 01.10.2025).
17. Артими-Дрогомирецька З. Б. Динамічне програмування : лекційний матеріал для студентів. Львів, 2019. 24 с.
18. Шумейко О. А. Динамічна модель оптимального розподілу інвестицій при заміні обладнання // *Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем* : зб. наук. праць. 2012. Вип. 17. С. 255-267.
19. Головне управління статистики у Волинській області. URL: <http://www.lutsk.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 01.10.2025).
20. Головне управління статистики у Житомирській області. URL: <http://www.zt.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 01.10.2025).
21. Головне управління статистики у Закарпатській області. URL: <http://www.uz.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 01.10.2025).
22. Головне управління статистики в Івано-Франківській області. URL: <https://ifstat.gov.ua/> (дата звернення: 01.10.2025).
23. Головне управління статистики у Львівській області. URL: <https://www.lv.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 01.10.2025).
24. Головне управління статистики у Рівненській області. URL: <http://www.gusrv.gov.ua/> (дата звернення: 01.10.2025).
25. Головне управління статистики у Тернопільській області. URL: <http://www.te.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 01.10.2025).

26. Головне управління статистики у Хмельницькій області. URL: <https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/> (дата звернення: 01.10.2025).

27. Головне управління статистики у Чернівецькій області. URL: <http://www.cv.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 01.10.2025).

References

1. Kuzmin, O. and Melnyk, O. (2020), *Ekonomiko-matematychni metody ta modeli* [Economic and Mathematical Methods and Models], Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine.
2. State Statistics Service of Ukraine. (2023), *Turyzm i rekreatsiia v Ukraini : statystychnyj zbirnyk 2014-2023 rr.* [Tourism and Recreation in Ukraine: Statistical Collection 2014-2023], Kyiv, Ukraine.
3. Lytvynenko, O. (2019), *Matematychne modeliuvannia ekonomichnykh protsesiv* [Mathematical Modelling of Economic Processes], KNEU, Kyiv, Ukraine.
4. Bellman, R. (1957), *Dynamic Programming*, Princeton University Press, Princeton, USA.
5. Bertsekas, D. (2017), *Dynamic Programming and Optimal Control*, Athena Scientific, Nashua, USA.
6. Hillier, F. and Lieberman, G. (2015), *Introduction to Operations Research*, McGraw-Hill, NY, USA.
7. Zeleny, M. (1982), *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill, NY, USA.
8. Samuelson, P.A. and Nordhaus, W.D. (2010), *Economics*, McGraw-Hill Education, NY, USA.
9. World Tourism Organization (UNWTO). (2023), *Tourism Investment Guidelines*, UNWTO, Madrid.
10. Sydorenko, V. (2021), *Modeliuvannia sotsialno-ekonomichnykh system* [Modeling of Socio-Economic Systems], , Kyiv, Ukraine KNEU.

11. Hrytsenko, A. (2020), Investytsiina stratehiia rozvytku rehioniv Ukrainy [Investment Strategy for the Development of Ukrainian Regions], KhNEU, Kharkiv, Ukraine.
12. Romanovskiy, O. (2018), Ekonomiko-matematychne zabezpechennia investytsiinoho menedzhmentu [Economic and Mathematical Support of Investment Management], NTUU "KPI", Kyiv, Ukraine.
13. Kvasniuk, B. (2019), Investytsiina polityka v Ukraini: problemy ta priorityty [Investment Policy in Ukraine: Problems and Priorities], NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine.
14. OECD. (2022), Tourism Trends and Policies 2022, OECD Publishing, Paris.
15. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2023), World Investment Report 2023, UNCTAD. Geneva.
16. Tohology (2020), "Tourism & Hospitality, "Economic impact of the tourism and travel sector in 2019 and the impact of the 2020 crisis", available at: <https://www.tohology.com/hospitality/industry/economic-impact-of-traveltourism/> (Accessed 15 October 2025).
17. Artym-Drohomyretska, Z. B. (2019), Dynamichne prohramuvannia dlia studentiv: Lektsiinyi material [Dynamic Programming for Students: Lecture Material], Lviv, Ukraine.
18. Shumeiko, O.A. (2012). "Dynamic model of optimal investment allocation during equipment replacement", Ekonomiko-matematychne modeliuvannia sotsialno-ekonomichnykh system: zbirnyk naukovykh prats, vol. 17, pp. 255-267.
19. Holovne upravlinnia statystyky u Volynskii oblasti. (2025), available at: <http://www.lutsk.ukrstat.gov.ua/> (Accessed 15 October 2025).
20. Holovne upravlinnia statystyky u Zhytomyrskii oblasti. (2025), available at: <http://www.zt.ukrstat.gov.ua/> (Accessed 15 October 2025).
21. Holovne upravlinnia statystyky u Zakarpatskii oblasti. (2025), available at: <http://www.uz.ukrstat.gov.ua/> (Accessed 15 October 2025).

22. Holovne upravlinnia statystyky v Ivano-Frankivskii oblasti. (2025), available at: <https://ifstat.gov.ua/> (Accessed 15 October 2025).
23. Holovne upravlinnia statystyky u Lvivskii oblasti. (2025), available at: <https://www.lv.ukrstat.gov.ua/> (Accessed 15 October 2025).
24. Holovne upravlinnia statystyky u Rivnenskii oblasti. (2025), available at: <http://www.gusrv.gov.ua/> (Accessed 15 October 2025).
25. Holovne upravlinnia statystyky u Ternopilskii oblasti. (2025), available at: <http://www.te.ukrstat.gov.ua/> (Accessed 15 October 2025).
26. Holovne upravlinnia statystyky u Khmelnytskii oblasti. (2025), available at: <https://www.km.ukrstat.gov.ua/ukr/> (Accessed 15 October 2025).

Стаття надійшла до редакції 13.11.2025 р.