

УДК 338.48:640.4:658.8

DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.217.101-109>**Зоря О.П.**

доктор економічних наук

Полтавський державний аграрний університет

Zoria Oleksii

Dr. of Economic Sc.

Poltava State Agrarian University

<https://orcid.org/0000-0002-5916-4689>**Вебер Б.С.**

Полтавський державний аграрний університет

Weber Bohdan

Poltava State Agrarian University

<https://orcid.org/0009-0005-1552-9884>**Крутько С.В.**

Полтавський державний аграрний університет

Krutko Stanislav

Poltava State Agrarian University

<https://orcid.org/0009-0002-7213-3075>

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНІ ЗАДАЧІ В УПРАВЛІННІ ІННОВАЦІЙНИМИ ПРОЄКТАМИ ГОТЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Метою окресленої статті є обґрунтування та розробка економіко-математичних моделей оптимального розподілу ресурсів як інструментарію управління інноваційними проєктами готельних підприємств. У межах дослідження формалізовано математичне ядро інструментарію управління інноваційними проєктами. Проілюстровано, що це ядро має орієнтуватися на задачі оптимального розподілу інвестиційних ресурсів, які базуються на модифікованому алгоритмі динамічного програмування Беллмана. Запропонований підхід враховує часову цінність грошей через ставку дисконтування, зважену на коефіцієнт ризику, та забезпечує оперативний перерозподіл капіталу в режимі реального часу на основі зчитування проміжних інформаційних сигналів. У межах дослідження розроблено програмно-модульну специфікацію інтеграції моделі для середовища Modelat, що адаптована під технологічну інфраструктуру підприємств готельного господарства. Практичні розрахунки довели високу швидкодію обчислювального ядра та високу інформаційну цінність аналітичних панелей пропонованого інструментарію управління інноваційними проєктами готельних підприємств.

Ключові слова: інноваційні проєкти, проєкт, інновації, управління, готельне підприємство, готельне господарство, економіко-математична модель, динамічне програмування, алгоритм Беллмана,

ECONOMIC AND MATHEMATICAL PROBLEMS IN MANAGEMENT OF HOTEL ENTERPRISES' INNOVATIVE PROJECTS

This paper intends to substantiate and develop economic-mathematical models for optimal resource allocation as a tool for managing innovative projects in hotel enterprises. The primary value of the research lies in the transition from static to dynamic investment management in the hotel business. Within the study's framework, the mathematical core of the innovative project management toolkit is formalized. This study addresses the necessity of transitioning from static to dynamic economic-mathematical methods in managing innovative projects of hotel enterprises. It is proven that this is driven by the limitations of rigid classical models, which are vulnerable to numerous risks and do not provide the level of flexibility required to ensure adaptability under high uncertainty, fierce competition, and the specific nature of hotel services. Based on the study results, the mathematical core of the innovative project management toolkit has been formalized. It is demonstrated that this core should be oriented toward the problem of optimal investment resource allocation, which is based on a modified Bellman dynamic programming algorithm. Unlike classical models, the proposed approach incorporates the time value of money through a risk-adjusted discount rate and provides operational, real-time (online) capital reallocation based on intermediate information signals (deviations of actual profit from planned targets). A software-module specification for model integration within the Modelat environment has been proposed, tailored to

ISSN друкованої версії: 2224-6282

ISSN електронної версії: 2224-6290

© Зоря О.П., Вебер Б.С., Крутько С.В., 2026

the technological infrastructure of hotel enterprises. Practical calculations have proven the high computational speed of the core and the significant informational value of the analytical dashboards within the proposed innovative project management toolkit for hotel enterprises. Future scope of this work involves expanding the model's mathematical framework by integrating neural network algorithms to automatically determine and adjust risk coefficients based on the analysis of big data concerning consumer behavior and seasonal market fluctuations.

Keywords: innovative projects, project, innovations, management, hotel enterprise, hotel industry, economic-mathematical model, dynamic programming, Bellman's algorithm.

JEL Classification: L83, O22, C61, G31.

Постановка проблеми. Застосування економіко-математичних методів і моделей в управлінні інноваційними проектами в готельному господарстві наразі набуває критичної значущості внаслідок їхньої високої інформативності в умовах посилення невизначеності (через дією воєнно-політичних та безпекових загроз, волатильності попиту та макроекономічної нестабільності) та зумовленої нею потреби в підвищеній гнучкості бізнесів, спрямованих на задоволення мінливих потреб споживачів у розміщенні, харчуванні, дозвіллі, розвагах та організації відпочинку. Проявом такої гнучкості є поширення готельних підприємств, які формують адаптивні пакети послуг під запити короткострокового бронювання або застосовують системи динамічного ціноутворення в режимі реального часу. Крім того, сучасний суб'єкт готельного бізнесу здебільшого функціонує в умовах «червоного океану» (зокрема, властивої йому жорсткої конкуренції [4]), що в комплексі з окресленими вище факторами вимагає безперервного впровадження багатofункціональних інновацій. Останні наразі охоплюють як цифровізацію систем управління ресурсами [6], так і інтелектуальні системи аналізу споживчої поведінки (зокрема, її реактивності до екологічних ініціатив та впровадження смарт-технологій обслуговування) [1].

Обмеженість фінансових ресурсів та висока ризикованість інноваційних проєктів ставлять перед менеджментом складне завдання оптимізації інвестиційних портфелів. Зокрема, за наявності декількох альтернативних проєктних ініціатив (таких як впровадження PMS, систем динамічного ціноутворення або мобільних сервісів для гостей) менеджмент готелю має визначити такий обсяг фінансування кожного з них, який за заданого бюджету забезпечуватиме максимізацію очікуваного економічного ефекту (з урахуванням рівня ризику, строків реалізації та взаємозалежності окремих проєктів). При цьому динамічний характер надходження грошових потоків, мінливість попиту на готельні послуги та специфіка сервісної сфери (невідчутність, незбережуваність і невіддільність послуг від джерел їх надання) унеможливають використання виключно статичних підходів до інвестиційного планування та актуалізують напрямок застосування задач оптимального розподілу інвестицій у реальному часі (тобто в режимі безперервного онлайн-моніторингу й оперативного коригування).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Серед досліджень, на які спиралися автори при дослідженні сучасних особливостей управління інноваційними проєктами готельних підприємств напрацьовані: Світлиць О., Вовк С., Банева І. [12], Марусей Т. В. та

Буторіна В. Б. [10], що присвячені аналізу потенціалу сучасних інформаційних систем та цифрових інновацій у розвитку готельного бізнесу (зокрема, пов'язаних з ними можливостей підвищення ефективності функціонування, досягнення стійкого розвитку і розширення клієнтської аудиторії); Ільницької-Гикавчук Г. [8] присвячені характеристики загального механізму управління інноваційною діяльністю та висвітленню дієвості інноваційних технологій, які можуть бути використані для вдосконалення управління готельним підприємством.

Попри значну кількість публікацій, присвячених управлінню інноваційними проєктами готельних підприємств, недостатньо дослідженим є його економіко-математичний інструментарій, а саме питання динамічного розподілу обмежених інвестиційних ресурсів між конкуруючими проєктами з урахуванням стохастичного характеру попиту, специфічних сервісних ризиків та можливості оптимізації рішень у режимі реального часу. Окреслені теоретичні та практичні прогалини визначили ключовий напрям і мету цього дослідження.

Метою статті є обґрунтування та розробка економіко-математичних моделей оптимального розподілу ресурсів як інструментарію управління інноваційними проєктами готельних підприємств.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети статті було застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження. Методи системного аналізу та типологізації застосовано для окреслення ризиків інноваційних проєктів у сфері гостинності та розподілу можливих рівнів інноваційного розвитку готельних підприємств. Метод динамічного програмування (зокрема, задачі оптимального розподілу інвестицій) застосовано для формалізації процесу розподілу інвестиційного ресурсу між проєктами з урахуванням часової цінності грошей та рівня ризику. Методи дискретної та стохастичної оптимізації використано для добору векторів рішень щодо розподілу капітальних вкладень (потреба у формуванні яких зумовлена наявністю кількох дискретних варіантів інвестування). Метод економіко-математичного моделювання в середовищі Modelat використано для розробки програмно-модульної специфікації API/скриптів та побудови графічно-матричної сітки умовних оптимумів. Методи візуалізації та аналітичного моделювання використано для оцінки чутливості оптимального інвестиційного портфеля до змін загального бюджету та операційної віддачі проєктів на прикладі конкретного готельного комплексу.

Виклад основних результатів дослідження.

Відповідно до [12; 8], інструментарій управління інноваційними проектами готельного господарства є комплексом технологій, методів та програмних рішень, які за допомогою теоретико-методологічного апарату сприяють постійному «інноваційному апгрейду готелів, мотелів, хостелів, курортних комплексів» (зокрема, ефективному плануванню таких проектів, їх реалізації та контролю нововведень у готельній сфері). Така сутність інструментарію зумовлена ітеративним та адаптивним характером управління, яке, як зазначається в [8, с. 81], має базуватися не лише на принципах економічності (відповідності критерію «мінімуму витрат за максимуму доходів») та постійності вдосконалень, але й на принципі гнучкості — тобто здатності систем оперативно пристосовуватися до численних ризиків (операційно-технологічних, ринково-кон'юнктурних, фінансово-інвестиційних, поведінкових та сервісних) і пов'язаних із ними змін умов розвитку.

Значущість гнучкості та адаптивності вимагає застосування відповідного математичного апарату. У цьому контексті дослідження [2] доводить, що саме використання економіко-математичного моделювання дозволяє досягти необхідного формату впливу на інноваційні проекти підприємств готельного комплексу, адже їх фінансування реалізується відповідно до: поточного стану готельного підприємства; змінності ринкової кон'юнктури (сезонних коливань попиту, дій конкурентів, цінових трендів); проміжних результатів реалізації інновацій (наприклад, проміжного прибутку чи приросту доходу на один доступний номер — RevPAR тощо). Саме ці дані мають бути основним інформаційним сигналом для алгоритму онлайн-оптимізації.

У цьому контексті пропонується застосування спеціалізованого програмного середовища Modelat (зокрема, Modelat v3.x, Modelat Web/Cloud або спеціалізованого модуля багатокритеріальної оптимізації Dynamic Resource Allocation) з інтегрованим інструментом для оптимального розподілу обмеженого фінансового ресурсу між альтернативними інноваційними проектами. Зазначене поєднання формує цілісну інструментальну модель, яка інтегрує теоретико-

методологічний апарат онлайн-оптимізації з прикладними програмно-технологічними засобами його практичного втілення.

Статичні моделі управління, зокрема, сформовані на основі традиційних моделей вибору портфеля проектів, «заморожують» графік фінансування на початку проектного горизонту і не дозволяють реагувати на поточні ризики [3]. Натомість застосування в Modelat динамічного підходу хоча й підпорядковується класичній логіці (тобто здійснюється за алгоритмічно структурованим принципом), дозволяє активно управляти одним або багатьма проектами у міру того, як розкривається невизначеність [3]. За таких умов загальний зміст етапів динамічного управління інноваційними проектами готельних підприємств охоплює: (i) формалізацію математичного ядра моделі, яка програмується на засадах гнучкості та адаптивності; (ii) програмно-модульну адаптацію (з інтегрованими в неї API та скриптами); (iii) налаштування зворотного зв'язку (що підтримує онлайн-режим); (iv) створення передумов для візуалізації та сценарного аналізу. Зокрема, важливо, щоб така сумісність створила умову для трансформації теоретичних задач оптимального розподілу інвестицій у практичний інструмент прийняття рішень для топменеджменту підприємств індустрії гостинності.

З цієї метою у межах формалізації математичного ядра моделі теоретичний зміст задачі оптимального розподілу інвестицій адаптується під математичний апарат середовища Modelat. Це доцільно через подання такої задачі у формі багатокритеріальної дискретної (або стохастичної) оптимізації з планами реалізації інноваційних проектів, що сформовані з урахуванням нечітких параметрів (тобто величин, точне значення яких невідоме внаслідок дії невизначеності та часової динаміки [11]). Як цільову функцію класично використовують максимізацію інтегрального ефекту від реалізації портфеля інновацій (наприклад, максимального відсотка приросту прибутку або RevPAR) за умов дотримання жорстких бюджетних, часових та ресурсних обмежень [7]. Тобто йдеться про застосування алгоритму (1):

$$F_k(s) = \max_{0 \leq x_k \leq s} \{f_k(x_k) + F_{k-1}(s - x_k)\} \quad (1)$$

де:

s — залишок проектного бюджету на кроці k ;

x_k — обсяг інвестицій у проект k .

Врахування часової цінності грошей та ризикованості інноваційних проектів на багатоквартальному горизонті T реалізується через цільову функцію максимізації інтегрального ефекту. Часова цінність грошових

потоків враховується шляхом їх дисконтування за ставкою g_i , тоді як ризикованість реалізації окремих інноваційних проектів — за допомогою коефіцієнта ризикового коригування $1 - \gamma_k$ (2) [5]:

$$F_k(s_k) = \max_{0 \leq x_k \leq s_k} \left[\frac{f_k(x_k, t)}{(1+g_i)^t} \cdot (1 - \gamma_k) + F_{k+1}(s_k - x_k) \right] \quad (2)$$

де:

t — номер періоду (кварталу, року, місяця);

g_i — базова ставка дисконтування для інноваційного проекту i ;

$\gamma_k \in [0, 1]$ — коефіцієнт ризику невиконання / затримки реалізації k -го етапу проекту (визначається експертним шляхом або на основі волатильності проміжних Cash Flow);

$f_k(x_k, t)$ — очікуваний операційний прибуток від k -ї інновації в періоді t .

Фактично, більший ризик у готельному бізнесі матиме проєкт із вищим коефіцієнтом γ_k , оскільки він найбільше зменшує дисконтовані грошові потоки у загальній цільовій функції багатокритеріальної оптимізації.

Відмінність пропонованої моделі у прикладному

ефекті від її математичного ядра, що із статичності переходить до принципової динамічності (табл. 1). Враховуючи це, у середовищі Modelat алгоритм (2) реалізовано через динамічну переоцінку γ_k на кожному кроці k .

Таблиця 1

Порівняльна характеристика класичної та пропонованої моделей оптимізації розподілу інвестиційних ресурсів у готельному господарстві

Критерій порівняння	Класична модель	Нова модель розподілу
Логіка прийняття рішень про проєктах	Приймає рішення один раз → Планує витрати наперед → Вразлива до ризиків та відхилень.	Отримує проміжні дані → Оцінює фактичну ефективність інновацій → Автоматично перенаправляє капітал туди, де він дасть найбільший прибуток на даний момент.
Система обмежень моделі	Жорстка та статична система, що орієнтована на фіксований загальний бюджет на весь період, жорсткі часові межі та абсолютні граничні витрати*	Гнучка та динамічна система, орієнтована на бюджетний ліміт, що перераховується окремо для кожного кроку та адаптивні межі $x_i^{\min} \leq x_{i,t} \leq x_i^{\max}$
Режим оптимізації	Одноразовий (використовується дискретний вибір на початку проєктного горизонту).	Адаптивний або онлайн-режим (застосовується ітераційне коригування та переоцінка параметрів на кожному кроці).

Примітка

* показник встановлювання за кожним проєктом без можливості їх оперативного коригування.

** показник встановлювання з урахуванням невикористаного залишку грошових ресурсів та проміжного прибутку, що може бути сформований.

Джерело: сформовано авторами на основі [11; 7; 5].

За рахунок нових властивостей у такій моделі будь-яке рішення за проєктом не приймається одноразово на весь проєктний горизонт.

Зокрема, проілюструємо, як математичне ядро формує умови, у межах яких можливе динамічне оперування обсягами фінансування наступних кроків залежно від фактичного виконання проміжних показників, на прикладі готельного комплексу Pava De Luxe (площа Ференца Ракоці II, 1, Берегове, Закарпатська область), який в 2026 р. у межах інноваційного розвитку розвиває такі альтернативні проєктні напрями ($N = 3$), як:

- проєкт 1 ($i = 1$): цифровізація та впровадження хмарної PMS-системи;
- проєкт 2 ($i = 2$): інтеграція смарт-технологій обслуговування в номерах (Smart Room / IoT);
- проєкт 3 ($i = 3$) запуск інтелектуальної системи аналізу споживчої поведінки та динамічного ціноутворення.

За умови подання такої задачі у формі багатокритеріальної дискретної оптимізації математичний апарат Modelat сформував гнучку та адаптивну модель оперування інноваційними проєктами за даними очікуваного річного прибутку від їх реалізації $f_i(x_i)$. Зміст окресленої моделі візуалізовано в табл. 2.

Передбачається, що система оперування інноваційними проєктами перераховуватиме вектор інвестицій у

реальному часі за допомогою обрахунку відхилень фактичного прибутку від планового (3):

$$\Delta f_i(x_i) = f_i^{\text{факт}}(x_i) - f_i^{\text{план}}(x_i) \quad (3)$$

Наприклад, якщо проєкт 2 (Smart Room) за 1-й квартал перевищує план (наприклад, завдяки впровадженню безконтактного доступу за $x_2 = 1$ млн. грн., фактичний приріст складає 180 тис. грн. замість планових 110 тис. грн. (тобто зміна $f_2 = +70$ тис. грн.), при цьому математичне ядро автоматично скоригує оцінку віддачі додаткових інвестицій у проєкт 2 на наступних кроках.

Відтак, для дієвості ядра (тобто функціональності моделі оперування інноваційними проєктами) мають бути чітко прописані вхідні умови для її програмно-модульної адаптації (адже через неї за [9] запускається оптимізаційний алгоритм або оптимізація Беллмана). Так, нижче проілюстровано, як це реалізовано саме під специфіку готелю Pava De Luxe (де процес оперування потребує створення можливостей для застосування оптимізаційного алгоритму не лише під бюджет, але й під технічну та IT-інфраструктуру конкретного проєкту) (табл. 3).

Таблиця 2

Модель оперування інноваційними проєктами готельного комплексу Pava De Luxe, $f_i(x_i)$, 2026 р.

Варіанти інвестування, x_i ,	Приріст прибутку на квартал, тис. грн.			Доступний бюджет, млн. грн.	Обсяги можливих інвестицій у кожен проєкт x_i , млн. грн.
	Проєкт 1 (f1) PMS*	Проєкт 2 (f2) Smart Room**	Проєкт 3 (f3) Dynamic Pricing***		
0	40	30	35	4	Без вкладень
1	90	110	94,66		1
2	394,87	385	268,76		2
3	438,75	470	630		3
4	619	738	699		4

Примітка

* $i = 1$: (0) використання наявної бази без змін; (1) закупівля базових ліцензій хмарної PMS, міграція основних даних (бази гостей, номерного фонду) та базове навчання персоналу; (2) усі опції рівня 1 + інтеграція з каналами продажів та модулем онлайн-бронювання на власному сайті готелю; (3) усі опції рівня 2 + автоматизація ресторанного комплексу, складського обліку та фінансового модуля; (4) усі опції рівня 3 + інтеграція з бухгалтерськими та податковими системами, безпаперовий документообіг (e-Check-in) та безперебійне хмарне резервування.

** $i = 2$: (0) використання наявної бази без змін; (1) впровадження безключового доступу в номери (Mobile Key / Smart Locks) через смартфон гостя, інтеграція базових датчиків енергозбереження (автоматичне вимкнення світла та клімат-контролю при виході гостя); (2) усі опції рівня 1 + оснащення номерного фонду розумними термостатами, автоматичними шторами та сценаріями освітлення; (3) усі опції рівня 2 + інтеграція голосових помічників у номерах для замовлення послуг room service; (4) усі опції рівня 3 + оснащення номерного фонду інтегрованою системою IoT, сенсорними панелями управління, інтерактивним Smart TV та повним централізованим диспетчерським контролем інженерних мереж.

*** $i = 3$: (0) використання наявної бази без змін; (1) впровадження простих алгоритмів відстеження цінової кон'юнктури конкурентів (Rate Shopper); (2) усі опції рівня 1 + алгоритми автоматичного коригування тарифів залежно від завантаженості готелю; (3) усі опції рівня 2 + впровадження повнофункціональної системи Revenue Management на базі штучного інтелекту; (4) усі опції рівня 3 + повномасштабна інтеграція з програмою лояльності, предикція кастомних послуг та наскрізна предиктивна аналітика LTV гостей.

Джерело: сформовано авторами за даними готельного комплексу Pava De Luxe.

Таблиця 3

Програмно-модульна адаптація та специфікація інструментарію інтеграції готельного комплексу Pava De Luxe

Рівень розвитку	Проєкт 1: PMS (хмарна система)	Проєкт 2 (Smart Room / IoT)	Проєкт 3 (Dynamic Pricing & AI)
1	2	3	4
1	Функціонал: базові ліцензії, міграція даних, навчальний курс. Специфікація API/Скриптів: REST API Connector для вивантаження базових статусів кімнатного фонду (зокрема, планується впровадити Pava PMS API).	Функціонал: безконтактний доступ (Smart Locks) + датчики енергозбереження. Специфікація API/Скриптів: IoT Mobile Key Controller + Webhook-сповіщення про стан енергоспоживання.	Функціонал: базовий Rate Shopper (моніторинг цін конкурентів). Специфікація API/Скриптів: Web Scraping & OTA Price Aggregator Script для збору тарифів готелів-конкурентів.
2	Функціонал: рівень 1 + Channel Manager та модуль веб-бронювання. Специфікація API/Скриптів: Two-Way Channel Manager API (Booking, Expedia) + Booking Engine Widget для сайту.	Функціонал: рівень 1 + Smart-клімат та сценарії освітлення. Специфікація API/Скриптів: Modbus/Zigbee Protocol Bridge Script для синхронізації PMS із контролерами клімат-контролю.	Функціонал: рівень 1 + автокоригування тарифів за завантаженістю. Специфікація API/Скриптів: Rule-Based Pricing Engine (автоматична зміна базової сітки тарифів при досягненні threshold завантаження).

Продовження табл. 3

1	2	3	4
3	Функціонал: рівень 2 + POS-система готелю та складський облік. Специфікація API/Скриптів: POS Integration API (Micros/Poster) для нарахування витрат на номер гостя (зокрема, планується впровадити Room Charge API).	Функціонал: рівень 2 + голосове управління та сервісні смарт-колонки. Специфікація API/Скриптів: Voice Assistant NLP Interface (зокрема, Amazon Alexa/Google Home) + In-Room Guest Request Gateway.	Функціонал: рівень 2 + AI-система RMS: предиктивна аналітика, сегментація попиту та ціноутворення в реальному часі Специфікація API/Скриптів: Machine Learning Forecast Model + Real-time Elasticity Pricing Script.
4	Функціонал: рівень + e-Check-in та інтеграція з податковим обліком. Специфікація API/Скриптів: Digital ID Passport Scanner API + PPPO / ERP Fiscal Connector Script (зокрема, планується впровадити 1C/BAS).	Функціонал: рівень 3 + 100% покриття IoT та інтерактивне Smart TV. Специфікація API/Скриптів: IPTV Interactive Platform API + Centralized BMS (Building Management System) Dashboard.	Функціонал: рівень 3 + омніканальна програма лояльності та прогнозування LTV. Специфікація API/Скриптів: Predictive LTV Algorithm + Omnichannel CRM API Connector для персоналізації послуг.

Джерело: розроблено авторами в середовищі Modelat v3.x за даними готельного комплексу Pava De Luxe.

Зокрема, для Modelat v3.x (Desktop / Local Solver) окреслена програмно-модульна адаптація та специфікація інструментарію інтеграції реалізовані через інтерфейс та обчислювальне середовище, у яке вноситься розширений макрос, який формує: матрицю станів та альтернатив (які задають вектор обмежень $B = 4$ та масиви значень $f1(x1)$, $f2(x2)$, $f_3(x3)$ із табл. 2); модифікований алгоритм Беллмана (скрипт, що реалізує рекурсивний перебір та знаходження ребер графа оптимального шляху).

Завдяки цьому, якщо, наприклад, маржинальна віддача $f2(2) - f2(1)$ з урахуванням позитивного тренду перевищить віддачу інших проєктів, система скоригує план для наступного кроку (зокрема збільшить

фінансування $x2$ до 2 млн грн застосувавши перерозподіл ресурсів із проєкту 3 або залучивши отриманий готельним комплексом надприбуток).

Щодо налаштувань зворотного зв'язку (онлайн-режим), це відбувається внаслідок динамічного оновлення даних щодо вкладення та залишку коштів за проєктами. Таке оновлення визначено нами як режим умовного розподілу інвестиційних ресурсів, ілюстрація дії якого для розглянутого прикладу Pava De Luxe представлена в графічно-матричній сітці оптимумів (табл. 4). За її змістом очевидно, що онлайн-система при зміні фактичного залишку бюджету ек не запускає повний перебір усіх альтернатив інвестування, а звертається до функції умовного оптимуму $uk(ek-1)$.

Таблиця 4

**Графічно-матрична сітка оптимумів розподілу інвестиційних ресурсів
готельного комплексу Pava De Luxe на основі зворотного зв'язку (онлайн-режим)**

Основа зворотного зв'язку*			Проміжні показники на 1-му кроці (k = 3)			Проміжні показники на 2-му кроці (k = 2)					Проміжні показники на 1-му кроці (k = 1)				
e2	u3	e3 = e2 - u3	F3(u3)	F*3(e3)	U3(e3)	f2(u2)	F*2(e1)	F1(u2,e1)	F*2(e2)	U2(e2)	f1(u1)	F*1(e0)	F0(u1,e0)	F*1(e1)	u1(e1)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	2	3	4	5	6	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
1	0	1	35	-	-	→	→	→	→	→	40	125	165	165	0
	1	0	95	95	1	→	→	→	→	→	90	0	90	-	-
	2	0	35	-	-	→	→	→	→	→	40	385	425	425	0
	1	1	95	-	-	→	→	→	→	→	90	125	215	-	-
	2	0	270	270	2	→	→	→	→	→	395	0	395	-	-

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	0	3	35	-	-	→	→	→	→	→	40	660	699	699	0
1	2	95	-	-	→	→	→	→	→	→	90	385	475	-	-
2	1	270	-	-	→	→	→	→	→	→	395	125	520	-	-
3	0	629	629	3	→	→	→	→	→	→	438	0	438	-	-
4	0	4	35	-	-	→	→	→	→	→	40	738	779	779	0
1	3	95	-	-	→	→	→	→	→	→	90	660	750	-	-
2	2	270	-	-	→	→	→	→	→	→	395	385	779	-	-
3	1	629	-	-	→	→	→	→	→	→	438	125	565	-	-
4	0	699	699	4	→	→	→	→	→	→	619	0	619	-	-

Примітка:

* Стовпці 1 (вкладені кошти), 2 (проект) та 3 (залишок коштів) забезпечують в Modelat основу зворотного зв'язку.

** Стовпці 4—5 забезпечують зворотний зв'язок, скільки: стовпець 4 заповнюється на основі даних про функції доходу, стовпець 5 — на основі значень із стовпця 7 попереднього кроку, стовпець 6 — на основі значень стовпців 4 і 5, стовпець 7 та 8 — на основі даних про максимуми попереднього стовпця.

Джерело: розроблено авторами в середовищі Modelat v3.x за даними табл. 1 та даними готельного комплексу Pava De Luxe.

Окреслена специфіка зв'язку забезпечує швидкодію (та миттєвий відгук на зміни ринкового середовища). Наприклад, щодо дії графічно-матричної сітки на кроці ($k = 3$, проект 3 — Dynamic Pricing), якщо оцінюються альтернативи інвестування в AI-ціноутворення при залишку ресурсу e_2 , то при $e_2 = 3$ млн грн $u_3 = 3$ млн грн з максимальним приростом ≈ 629 тис. грн. Однак якщо у режимі реального часу фактична віддача від впровадження алгоритмів зростає, наприклад, до 680 тис. грн., точка умовного оптимуму автоматично оновить стовпець 7 та перевизначить пріоритетність кроку 3. Фактично завдяки роботі в межах графічно-матричної сітки в онлайн-режимі в Modelat менеджмент готельного комплексу Pava De Luxe отримує не статичний графік фінансування, а самонавчальну управлінську систему.

Зауважимо, що фраза «самонавчальна управлінська система» (у контексті Modelat та динамічного програмування Беллмана) означає, що вона автоматично перераховує вектор рішень за даними зворотного зв'язку, а не діє за зафіксованим план-графіком.

Щодо візуалізації та сценарного аналізу, то в межах розглянутого інструментарію управління інноваційними проектами готельного підприємства вона реалізується через наочні аналітичні панелі, зрозумілі для менеджменту. Їх зміст формується виходячи з розрахованого вектора рішень.

Зокрема, щодо вектора рішень готельного комплексу Pava De Luxe, аналітична панель відображає підсумкову конфігурацію інвестиційного портфеля сумарним обсягом ≈ 4 млн грн (табл. 5).

Таблиця 5

Аналітична панель оптимального розподілу капіталу за проектами інноваційного розвитку готельного комплексу Pava De Luxe

Проект / напрям інвестування	Оптимальний обсяг фінансування (uі)	Частка в загальному бюджеті (%)	Очікуваний приріст прибутку (fi)
1 / PMS & e-Check-in	Без вкладень	0%	Відсутній
2 / Smart Room / IoT)	1 млн. грн.	25%	≈ 110 тис. грн
3 / Dynamic Pricing & AI	3 млн. грн.	75%	≈ 629 тис. грн
РАЗОМ	4 млн. грн.	100%	≈ 779 тис. грн

Джерело: розроблено авторами в середовищі Modelat v3.x за даними готельного комплексу Pava De Luxe.

Окреслений інтерактивний інструментарій дозволяє керівництву готельного підприємства проводити експрес-моделювання альтернативних операційних

сценаріїв розвитку проєктів у реальному часі за принципом «Що, якщо...». Наприклад, окреслена аналітична панель може візуалізувати сценарій «Що, якщо

бюджет готельного комплексу Pava De Luxe скоротиться з 4 до 3 млн грн.?». Для цього система миттєво звертається до алгоритму Беллмана та виводить оновлений оптимальний вектор $X = (0; 0; 3)$ млн. грн., але вже з очікуваним прибутком до ≈ 629 тис. грн, демонструючи, що при скороченні ресурсів фінансування проєкту 2 стає неефективним, порівняно з максимальним залученням AI-ціноутворення. Так само аналітична панель може візуалізувати сценарій «Що, якщо віддача від впровадження модуля Smart Room (f2(1)) зросте на 20% за рахунок додаткової економії електроенергії?» Зокрема, панель перераховує сітку умовних оптимумів та демонструє зміщення точки рівноваги, показуючи менеджменту, чи доцільно перерозподілити фінансові ресурси з проєкту 3 на проєкт 2.

Завдяки візуалізації та швидкодії обчислювального ядра Modelat, окреслений інтерактивний інструментарій може використовуватися як для одного готелю, мотелю, хостелу, або курортного комплексу, так і для сукупності підприємств, які надають послуги з тимчасового проживання (розміщення), харчування, а також широкий спектр додаткових і сервісних послуг для туристів, ділових мандрівників та інших категорій гостей.

Фактично розроблений інструментарій управління інноваційними проєктами на прикладі готельного комплексу Pava De Luxe (м. Берегове, 2026 р.) демонструє значну прикладну цінність. Наведені аналітичні панелі (табл. 5) та графічно-матрична сітка оптимумів (табл. 4) формують для топменеджменту можливості здійснювати сценарне моделювання за принципом «Що, якщо...» без необхідності глибинного занурення в математичну теорію.

Висновки. У межах окресленого дослідження доведена доцільність переходу від статичних до динамічних економіко-математичних методів в управлінні інноваційними проєктами готельних підприємств. Зокрема, зроблено висновок, що це зумовлено обмеженістю традиційних (статичних) підходів, які: (i) є вразливими до численних ризиків; (ii) не забезпечують того рівня гнучкості, який гарантує адаптивність в умовах високої невизначеності, жорсткої конкуренції та

специфіки готельних послуг.

За результатами дослідження формалізовано математичне ядро інструментарію управління інноваційними проєктами. При цьому зроблено висновок, що воно: (i) має орієнтуватися на задачу оптимального розподілу інвестиційних ресурсів; (ii) має базуватися на модифікованому алгоритмі динамічного програмування Беллмана.

На відміну від класичних моделей, запропонований підхід: (i) враховує часову цінність грошей через ставку дисконтування, зважену на коефіцієнт ризику; (ii) забезпечує оперативний перерозподіл капіталу в режимі реального часу на основі зчитування проміжних інформаційних сигналів.

На основі отриманих результатів було запропоновано програмно-модульну специфікацію інтеграції моделі для середовища Modelat, адаптовану під технологічну інфраструктуру підприємств готельного господарства. При цьому зроблені на її основі практичні розрахунки довели: (i) високу швидкодію обчислювального ядра; (ii) високу інформаційну цінність аналітичних панелей пропонованого інструментарію управління інноваційними проєктами готельних підприємств.

Перспективи подальших досліджень у цьому напрямі полягають у розширенні математичного апарату задач оптимального розподілу інвестицій шляхом інтеграції нейромережових алгоритмів для автоматичного визначення та коригування коефіцієнтів ризику інноваційного проєкту на основі аналізу великих масивів даних споживчої поведінки та сезонних коливань ринку.

Декларація щодо використання інструментів штучного інтелекту. Під час підготовки цієї статті було використано інструменти ШІ (зокрема, ChatGPT-4, OpenAI, 2025). Запевняємо, що використання ШІ обмежувалося редагуванням англomовного тексту анотації та структуруванням, упорядкуванням текстів та даних таблиць з обов'язковою прикінцевою перевіркою та погодженням авторами. Автори несуть повну відповідальність за науковість, зміст, дані, висновки та актуальний перелік джерел.

Список використаних джерел:

1. Aldhamiri A. An Advanced Eco-Solution to Address the Excessive Consumption of Water, Electricity and Towels/Linen at Luxury Hotels/Resorts: An Incentive-Linked Smart Meter System to Influence Consumer Behaviors. *Sustainability*. 2026. Vol. 18. No. 5. DOI: <https://doi.org/10.3390/su18052447>
2. Білоцерківський О. Б. Задача розподілу інвестицій в динамічному програмуванні. Стратегії інноваційного розвитку економіки України : проблеми, перспективи, ефективність: матер. щорічної Міжнarp. Internet-конф. студ. та молодих вчених, (Харків, 10 грудня 2010 р.). НТУ «ХП», 2010. С. 274–276.
3. Chao Fang, Yajing Hu, Weibo Zheng, Gengzhong Feng. Dynamic Selection of New Product Development Project Portfolio Based on Online Learning with Uncertain Revenue Information. *Chinese Journal of Management Science*. 2024. No. 6. Pp. 151–162. DOI: <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.1861>
4. Chen G., Li N., Tong Y. The Evolution of the Hotel Industry (A): Red Ocean Perspective. INSEAD Publishing. 2024. No. 7. URL: <https://publishing.insead.edu/case/evolution-hotel-industry-a-red-ocean-perspective> (дата звернення: 20.05.2026).
5. Gassmann H. I., Zhang Y. Valuation of project portfolios: An endogenously discounted method. *European Journal of Operational Research*. Elsevier. 2010. No. 206(3). Pp. 653–666. URL: <https://ideas.repec.org/a/eee/ejores/v206y2010i3p653-666.html> (дата звернення: 20.05.2026).
6. Hongjie M., Suryani E. Exploring the Hotel Management Systems in China: A Systematic Literature Review. *Asian Journal of Applied Business and Management*. 2025. No. 4. Pp. 389–404. DOI: <https://doi.org/10.55927/ajabm.v4i1.93>

7. Hoseini A. R., Ghannadpour S. F., Hemmati M. A comprehensive mathematical model for resource-constrained multi-objective project portfolio selection and scheduling considering sustainability and projects splitting. *Journal of Cleaner Production*. 2020. No. 269. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122073>
8. Ільницька-Гикавчук Г. Інноваційні інструменти менеджменту готельного підприємства. *Review of Transport Economics and Management*. 2025. № 13(29). С. 80–85. DOI: <https://doi.org/10.15802/rtem2025/338862>
9. Loucks D. P., van Beek E. *Water Resource Systems Planning and Management*. 2017. Pp. 93–177. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-44234-1_4
10. Марусей Т. В., Буторіна В. Б. Інноваційні інструменти менеджменту туризму та гостинності. *Ефективна економіка*. 2024. № 12. DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.12.54>
11. Pérez F., Gómez T., Caballero R., Liern V. Project portfolio selection and planning with fuzzy constraints. *Technological Forecasting and Social Change*. 2017. Vol. 131. No. 4. Pp. 117–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.07.012>
12. Світлинєць О., Вовк С., Банєва І. Інноваційні технології в готельному бізнесі: від віртуальних консьєржів до розумних номерів. *Економіка та суспільство*. 2025. № 82. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-82-24>

References:

1. Aldhamiri, A. (2026). An advanced eco-solution to address the excessive consumption of water, electricity and towels/linen at luxury hotels/resorts: An incentive-linked smart meter system to influence consumer behaviors [An advanced eco-solution to address the excessive consumption of water, electricity and towels/linen at luxury hotels/resorts: An incentive-linked smart meter system to influence consumer behaviors]. *Sustainability*, 18(5). <https://doi.org/10.3390/su18052447> [in English].
2. Bilotserkivskyi, O. B. (2010). Zadacha rozpodilu investytzii v dynamichnomu prohramuvanni [Investment allocation problem in dynamic programming]. *Strategii innovatsiinoho rozvytku ekonomiky Ukrainy: problemy, perspektyvy, efektyvnist: materialy shchorichnoi Mizhnar. Internet-konf. studentiv ta molodykh vchenykh, 10 hrudnia 2010 r.*, 274–276. NTU «KhPI». [in Ukrainian].
3. Chao, F., Hu, Y., Zheng, W., & Feng, G. (2024). Dynamic selection of new product development project portfolio based on online learning with uncertain revenue information [Dynamic selection of new product development project portfolio based on online learning with uncertain revenue information]. *Chinese Journal of Management Science*, (6), 151–162. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.1861> [in English].
4. Chen, G., Li, N., & Tong, Y. (2024). The evolution of the hotel industry (A): Red Ocean perspective [The evolution of the hotel industry (A): Red Ocean perspective]. INSEAD Publishing, (7). <https://publishing.insead.edu/case/evolution-hotel-industry-a-red-ocean-perspective> [in English].
5. Gassmann, H. I., & Zhang, Y. (2010). Valuation of project portfolios: An endogenously discounted method [Valuation of project portfolios: An endogenously discounted method]. *European Journal of Operational Research*, 206(3), 653–666. <https://ideas.repec.org/a/eee/ejores/v206y2010i3p653-666.html> [in English].
6. Hongjie, M., & Suryani, E. (2025). Exploring the hotel management systems in China: A systematic literature review [Exploring the hotel management systems in China: A systematic literature review]. *Asian Journal of Applied Business and Management*, (4), 389–404. <https://doi.org/10.55927/ajabm.v4i1.93> [in English].
7. Hoseini, A. R., Ghannadpour, S. F., & Hemmati, M. (2020). A comprehensive mathematical model for resource-constrained multi-objective project portfolio selection and scheduling considering sustainability and projects splitting [A comprehensive mathematical model for resource-constrained multi-objective project portfolio selection and scheduling considering sustainability and projects splitting]. *Journal of Cleaner Production*, (269). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122073> [in English].
8. Ільницька-Гикавчук, Г. (2025). Innovatsiini instrumenty menedzhmentu hotelnoho pidpriemstva [Innovative management tools of a hotel enterprise]. *Review of Transport Economics and Management*, 13(29), 80–85. <https://doi.org/10.15802/rtem2025/338862> [in Ukrainian].
9. Loucks, D. P., & van Beek, E. (2017). Water resource systems planning and management [Water resource systems planning and management], 93–177. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44234-1_4 [in English].
10. Marusei, T. V., & Butorina, V. B. (2024). Innovatsiini instrumenty menedzhmentu turyzmu ta hostynnosti [Innovative management tools in tourism and hospitality]. *Efektivna ekonomika*, (12). <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.12.54> [in Ukrainian].
11. Pérez, F., Gómez, T., Caballero, R., & Liern, V. (2017). Project portfolio selection and planning with fuzzy constraints [Project portfolio selection and planning with fuzzy constraints]. *Technological Forecasting and Social Change*, 131(4), 117–129. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.07.012> [in English].
12. Svitlynets, O., Vovk, S., & Banieva, I. (2025). Innovatsiini tekhnolohii v hotelnomu biznesi: vid virtualnykh konsierzhiv do rozumnykh nomeriv [Innovative technologies in the hotel business: From virtual concierges to smart rooms]. *Ekonomika ta suspilstvo*, (82). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-82-24> [in Ukrainian].

Дата надходження статті: 06.08.2026 р.

Дата прийняття статті до друку: 18.09.2026 р.

Дата публікації (оприлюднення) статті: 01.10.2026 р.

Стаття поширюється на умовах ліцензії Creative Commons Attribution License International CC-BY.