

УДК 004.04

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.3.5>

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В ІТ-ПРОЕКТАХ МЕТОДАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Кошова О. П. – кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID ID: 0000-0003-0794-6774

Ольховська О. В. – кандидат фізико-математичних наук,
завідувач кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID ID: 0000-0001-5366-5995

Бражніченко А. О. – аспірант
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID ID: 0009-0006-8606-0312

У статті досліджується ефективність застосування методів імітаційного моделювання для прийняття управлінських рішень в ІТ-сфері, зокрема у проектному менеджменті. Проаналізовано останні наукові розробки з особливостей використання імітаційного моделювання у проектному менеджменті в ІТ та у моделюванні бізнес процесів. Розглядаються переваги та обмеження використання імітаційного моделювання для візуалізації та аналізу складних систем, прогнозування наслідків управлінських рішень, оптимізації ресурсів та управління ризиками. Аналізуються теоретичні основи імітаційного моделювання, його вплив на процеси планування, виконання та моніторингу проектів. Доведено, що використання методів імітаційного моделювання у проектному менеджменті в ІТ дозволяє керівникам приймати більш обґрунтовані рішення, оптимізувати ресурси та мінімізувати ризики. Це забезпечує успішне виконання проектів в умовах невизначеності та швидких змін, характерних для ІТ-сфери.

У статті наведено практичні завдання для формування у майбутніх фахівців із комп'ютерних наук, під час навчання у закладах вищої освіти, навичок використання імітаційного моделювання. Розглянуто приклади розв'язування методами імітаційного моделювання практичних бізнес ситуацій прийняття рішень менеджерами різних рівнів в умовах невизначеності та ризику; задачу моделювання попиту; приклад моделювання управління запасами з урахуванням витрат та задачу використання та заміни обладнання.

Стаття також надає рекомендації щодо практичних шляхів із впровадження імітаційного моделювання у практику проектного менеджменту ІТ-організацій, допомагаючи керівникам приймати обґрунтовані рішення, оптимізувати ресурси та мінімізувати ризики. Подальші дослідження у цьому напрямку можуть значно покращити розуміння і застосування імітаційного моделювання для бізнес аналізу та проектного менеджменту в ІТ та моделювання економічних процесів.

Ключові слова: імітаційне моделювання, прийняття управлінських рішень, ІТ проекти, комп'ютерні науки, бізнес аналіз та проектний менеджмент, моделювання економічних процесів.

Koshova O. P., Olkhovska O. V., Brazhnychenko A. O. Improving the efficiency of making management decisions in IT projects using of simulation modeling methods

The article examines the effectiveness of the application of simulation modeling methods for making managerial decisions in the IT sphere, in particular in project management. The latest scientific developments on the features of the use of simulation modeling in project management in IT and business process modeling are analyzed. Advantages and limitations of using simulation

modeling for visualization and analysis of complex systems, forecasting the consequences of management decisions, optimization of resources and risk management are considered. The theoretical foundations of simulation modeling, its influence on the processes of planning, execution and monitoring of projects are analyzed. It has been proven that the use of simulation modeling methods in project management in IT allows managers to make more informed decisions, optimize resources and minimize risks. This ensures the successful implementation of projects in conditions of uncertainty and rapid changes characteristic of the IT sphere.

The article presents practical tasks for the formation of future computer science specialists in the use of simulation modeling during their studies at higher education institutions. Examples of solving practical business making-decision situations by managers of different levels in conditions of uncertainty and risk are considered using simulation modeling methods; demand modeling task; an example of cost-based inventory management modeling and the task of using and replacing equipment.

The article also provides recommendations on practical ways to implement simulation modeling in the practice of project management of IT organizations, helping managers to make informed decisions, optimize resources and minimize risks. Further research in this direction could significantly improve the understanding and application of simulation modeling for business analysis and project management in IT and modeling of economic processes.

Key words: *simulation modeling, making a management decision, IT projects, computer science, business analysis and project management, modeling of economic processes.*

Постановка проблеми. Прийняття управлінських рішень є критично важливим процесом для будь-якої організації, оскільки від якості прийнятих рішень залежить успіх компанії, її конкурентоспроможність та здатність адаптуватися до змін зовнішнього середовища. В умовах швидких змін, глобалізації та технологічного прогресу, менеджери різного рівня стикаються з необхідністю приймати складні рішення в умовах невизначеності та ризику. Це вимагає не лише високого рівня компетенцій, але й використання сучасних інструментів та методик для аналізу ситуації та прогнозування наслідків різних варіантів дій.

В сучасних умовах імітаційне моделювання стає невід'ємною частиною процесу прийняття рішень в таких галузях, як виробництво, логістика, фінанси, охорона здоров'я та багато інших. Використання цього підходу дозволяє не лише підвищити якість прийнятих рішень, але й забезпечити більш стійкий розвиток організації в довгостроковій перспективі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати численних досліджень науковців [1, 7-15] свідчать про те, що імітаційне моделювання значно покращує процес прийняття рішень у складних системах. Зокрема, дослідження показують, що використання імітаційних моделей дозволяє зменшити невизначеність та ризики, пов'язані з управлінськими рішеннями, а також підвищує ефективність стратегічного планування.

Основні висновки попередніх досліджень [1-15] підкреслюють важливість імітаційного моделювання як інструменту для прийняття управлінських рішень та використання набутих навичок у бізнес аналізі та проектному менеджменті в ІТ. Вони свідчать про його здатність підвищити ефективність управління, знизити витрати та покращити результати в різних галузях. Зокрема у дослідженні [4] представлено новий підхід до управління фінансовим станом малих бізнесів через створення механізмів та інструментів для підтримки процесу прийняття інвестиційних рішень, з використанням процедури ситуаційного аналізу ринку як складної соціально-економічної системи в умовах невизначеності. У роботах науковців [4-7, 9, 12, 15] досліджуються особливості моделювання бізнес процесів та роботи підприємств різних рівнів. Значна частина робіт [2, 5, 7, 11, 13] присвячена використанню ІТ технологій та математико-статистичних підходів до моделювання бізнес процесів. Не менш важливим для нашого дослідження є і роботи

науковців [1-3, 6, 8, 14] із аналізу ефективності та необхідності впровадження моделювання у проектному менеджменті у ІТ галузі. Проте, існують певні обмеження та виклики, пов'язані з впровадженням імітаційного моделювання, такі як складність моделювання та візуалізації складних систем та наявність висококваліфікованих фахівців, що в свою чергу вимагає удосконалення процесу професійної підготовки спеціалістів із комп'ютерних наук у закладах вищої освіти.

Постановка завдання. Основною метою даної статті є дослідження ефективності застосування методів імітаційного моделювання для прийняття управлінських рішень в сучасних організаціях ІТ сфери, зокрема і при управлінні проектами. Стаття спрямована на виявлення переваг та обмежень імітаційного моделювання, а також практичні шляхи підвищення рівня відповідних професійних умінь у майбутніх фахівців із комп'ютерних наук під час навчання у закладах вищої освіти та формування навичок щодо їх використання в управлінській практиці в майбутньому.

Виклад основного матеріалу. Імітаційне моделювання є потужним інструментом, який дозволяє керівникам візуалізувати та аналізувати складні системи, прогнозувати поведінку системи при різних умовах та приймати обґрунтовані рішення. Імітаційні моделі можуть бути використані для візуалізації проектних процесів, що сприяє кращому розумінню та комунікації між членами команди та зацікавленими сторонами. Застосування імітаційного моделювання в управлінських процесах має ряд переваг, серед яких можна виділити наступні:

1) візуалізація складних систем, адже моделювання із використанням прикладних комп'ютерних програм різного рівня дозволяють наочно представити складні взаємозв'язки та процеси, що відбуваються в організації, що полегшує розуміння та аналіз;

2) прогнозування, так як імітаційне моделювання також дає можливість прогнозувати наслідки управлінських рішень за різних сценаріїв, що допомагає уникнути помилок та мінімізувати ризики;

3) проведення експериментів – моделі дозволяють проводити дослідження з використанням різних стратегій без ризику для реальної організації, що сприяє знаходженню оптимальних рішень;

4) оптимізація ресурсів, адже завдяки моделюванню можна визначити найбільш ефективні способи використання ресурсів, що в свою чергу значно підвищує ефективність діяльності будь якої організації і у ІТ сфері у тому числі.

Імітаційне моделювання – процес створення моделі, яка відображає реальну життєву, виробничу або господарську ситуацію. Методи моделювання використовують для прийняття управлінських рішень, якщо аналітичні методи не прийнятні, або їх не можна застосувати

Імітаційне моделювання ефективно при розв'язанні задач: управління запасами; роботи систем масового обслуговування; виробничого планування; аналізу ризиків та прийняття рішень в умовах невизначеності; використання ресурсів та ін. Тому імітаційне моделювання стало важливим інструментом в управлінських науках, дозволяючи керівникам приймати більш обґрунтовані рішення.

Розглянемо декілька прикладів задач прийняття рішень, які розв'язуються методами імітаційного моделювання та будуть ефективними при формуванні відповідних компетентностей у фахівців із комп'ютерних наук.

Приклад 1. Визначити оптимальну стратегію заміни наявної дворічної комп'ютерної техніки деякої фірми протягом наступних чотирьох років. Техніку, яке експлуатувалася 6 років, обов'язково змінюють. Вартість нової комп'ютерної техніки

\$100400. У кінці четвертого року комп'ютерна техніка обов'язково продається. Дані задачі наведені в таблиці:

Вік, років	Прибуток, USD	Вартість обслуговування, USD	Залишкова вартість, USD
t	$r(t)$	$c(t)$	$s(t)$
0	19800	250	100400
1	18600	650	80400
2	18100	1300	60800
3	16600	1600	50800
4	14900	1850	31200
5	13200	1950	11200
6	11200	2400	6600

Під час розв'язування задачі використовуємо дві стратегії: u_1 – продовжити використовувати техніку та u_2 – замінити техніку на нову

Для рішення u_1 функція ефективності дорівнює різниці між прибутком та витратами: $f(t, u_1) = r(t) - c(t)$.

Для рішення u_2 слід урахувати витрати на покупку нової техніки та дохід від продажу старої: $f(t, u_2) = r(0) - c(0) - s(0) + s(t)$:

t	$f(t, u_1) = r(t) - c(t)$	$f(t, u_2) = r(0) - c(0) - s(0) + s(t)$
0	19550	19550
1	17950	-450
2	16800	-20050
3	15000	-30050
4	13050	-49650
5	11250	-69650
6	8800	-74250

На четвертому етапі:

t	$f(t, u_1) + s(t+1)$	$f(t, u_2) + s(t)$	$W_4(t)$	$x_4(t)$
1	78750	79950	79950	U_2
2	67600	60350	67600	U_1
3	46200	50350	50350	U_2
5	17850	10750	17850	U_1

На третьому етапі:

t	$f(t, u_1) + W_4(t+1)$	$f(t, u_2) + W_4(t)$	$W_3(t)$	$x_3(t)$
1	85550	79500	85550	U_1
2	67150	59900	67150	U_1
4	30900	30300	30900	U_1

На другому етапі:

t	$f(t, u_1) + W_3(t+1)$	$f(t, u_2) + W_3(t)$	$W_2(t)$	$x_2(t)$
1	85100	85100	85100	U_1, U_2
3	45900	55500	55500	U_2

На першому етапі:

t	$f(t, u_1) + W_1(t+1)$	$f(t, u_2) + W_2(t)$	$W_1(t)$	$x_1(t)$
2	72300	65050	72300	U_1

На першому етапі оптимальним рішенням буде стратегія u_1 – продовження експлуатації комп'ютерної техніки.

На другому етапі техніці буде вже один рік і оптимальними виявляться обидві стратегії u_1 і u_2 , тобто ми можемо експлуатувати техніку надалі або замінити її новою.

На третьому етапі комп'ютерній техніці буде два роки, її слід буде залишити ще на рік. На четвертому етапі цій техніці буде три роки і її треба буде замінити на нову.

Альтернативним оптимальним розв'язком буде наступна стратегія заміни комп'ютерної техніки. Якщо на другому етапі замінити техніку, то на третьому етапі їй буде один рік, і техніку потрібно залишити. На четвертому етапі техніці буде два роки і оптимальною стратегією є збереження комп'ютерної техніки. Таким чином маємо такі дві оптимальні стратегії:

Перша стратегія: u_1, u_1, u_1, u_2 .

Друга стратегія: u_1, u_2, u_1, u_1 .

Приклад 2. За допомогою випадкових чисел змоделювати попит на товар у онлайн магазині комп'ютерної техніки протягом 10 днів для наступної стратегії розміщення замовлень: замовляти партії з 7 одиниць товару при точці замовлення 7. Рівень запасів перевіряється на початку кожного дня. У минулому році розподіл денного попиту на цей товар мав вигляд:

Денний попит	2	4	5	6	7
Відсоткова частка	8	27	30	32	3

Ціна товару складає 170 \$, витрати на підготовку замовлення – 32 \$, втрати внаслідок дефіциту – 43 \$ на добу за одиницю товару, а витрати на зберігання запасу – 17 \$ на день за одиницю товару. Доставка відбувається на початку третього дня від дати розміщення замовлення. Рівень запасів на початку першого дня складає 10 одиниць товару.

За результатами моделювання дати відповідь на наступні питання.

- 1) Який загальний об'єм виручки від реалізації за цей термін?
- 2) Які загальні витрати на зберігання товару?
- 3) Які загальні збитки внаслідок дефіциту?
- 4) Який загальний прибуток?

Скористаємося для розгляду наступних питань переліком 20 послідовних випадкових чисел, які взяті із статистичної таблиці: 89 07 37 29 28 08 75 01 21 63 34 65 11 80 34 14 92 48 83 91

Поставимо у відповідність до кожної відсоткової частки таку ж саму кількість випадкових чисел. Обираємо послідовні випадкові числа. Отримаємо таблицю відповідності між попитом та випадковими числами:

Об'єм попиту	2	4	5	6	7
Випадкові числа	00-07	08-34	35-64	65-96	97-99

Змоделюємо попит на товар, використовуючи вихідні дані та випадкові числа. Перше випадкове число 89 належить інтервалу [65-96], тому вважаємо, що в перший день попит дорівнює 6; друге випадкове число 07 належить інтервалу [00-07], вважаємо, що попит дорівнює 2 і так далі. Отримаємо модель попиту.

День	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкове число	89	07	37	29	28	08	475	01	21	63
Попит	6	2	5	4	4	4	6	2	4	5

Далі будемо розрахункову таблицю для оцінки усіх параметрів.

День	Вихідний рівень запасів	Попит	Розміщені замовлення	Отримані замовлення	Дефіцит	Продане	Виторг	Витрати на зберігання	Витрати внаслідок дефіциту	Витрати на підготовку замовлення	Рівень при закритті
1	10	6	0	0	0	6	1020	170	0	0	4
2	4	2	7	0	0	2	340	68	0	32	2
3	2	5	0	0	3	2	340	34	129	0	0
4	0	4	0	7	0	4	680	0	0	0	3
5	3	4	7	0	1	3	510	51	43	32	0
6	0	4	0	0	4	0	0	0	172	0	0
7	0	6	0	7	0	6	1020	0	0	0	1
8	1	2	7	0	1	1	170	17	43	32	0
9	0	4	0	0	4	0	0	0	172	0	0
10	0	5	0	7	0	5	850	0	0	0	2
Сума							4930	340	559	96	

У цій таблиці значення у відповідних стовпцях отримані в такий спосіб:

Вихідний рівень запасів. У день 1 вихідний рівень запасів відомий і рівний 10. У наступні дні вихідний рівень запасів дорівнює рівню запасів по закриттю попереднього дня.

Розміщення замовлень. Замовлення на 7 товарів розміщається в той день, коли рівень запасів стає рівний 7 або менше. До одержання поточного замовлення інші замовлення не розміщаються (тобто як мінімум в 2 попередніх дня не було зроблено замовлень).

Одержання замовлень. Доставка 7-ми товарів займе два дні після розміщення замовлення, тобто поставка відбувається на початку третього дня від дати розміщення замовлення.

Рівень запасів при закритті. Рівень запасів наприкінці кожного дня розраховується в такий спосіб:

Рівень запасів при закритті = Вихідний рівень запасів – Попит + Отримані замовлення.

За результатами моделювання обчислюємо в останньому рядку:

- 1) загальний об'єм виручки від реалізації – 4930 \$.
- 2) загальні витрати на зберігання товару – 340 \$.

3) загальні збитки внаслідок дефіциту – 559 \$.

4) загальний прибуток: $4930 - 340 - 559 - 96 = 3935$ \$.

Висновки: за 10 днів замовлення розміщалися 3 рази, загальні витрати на підготовку розміщення замовлень склали 96 \$.; дефіцит спостерігався 5 разів, тому через дефіцит, попит буде задоволено частково; загальні витрати від дефіциту склали 559 \$; загальний прибуток склав 3935 \$.

Для уникнення дефіциту необхідно збільшувати вихідний рівень запасів, збільшувати розмір замовлення а також скорочувати термін доставки замовлення.

Крім того, методи імітаційного моделювання можуть бути тісно пов'язані з проектним менеджментом в ІТ [1, 4, 6, 14]. Ці методи можуть значно покращити планування, виконання та моніторинг ІТ-проектів, забезпечуючи більш обґрунтовані рішення та підвищуючи ефективність управління проектами. Наведемо кілька прикладів, як імітаційне моделювання може бути корисним у проектному менеджменті в ІТ.

Важливим етапом у розробці ІТ проекту є планування. Саме на цьому етапі може і застосовується сценарне моделювання – імітаційні моделі можуть використовуватись для створення різних сценаріїв розвитку проекту, що дозволяє оцінити потенційні ризики та наслідки. Це допомагає краще підготуватися до можливих проблем та оптимізувати ресурси.

Також, за допомогою імітаційного моделювання можна точніше оцінити часові рамки виконання проекту, враховуючи взаємозалежності між завданнями та можливі затримки.

Управління ресурсами – це важлива складова ефективної реалізації будь якого проекту. Імітаційне моделювання допомагає визначити оптимальний розподіл ресурсів (людських, фінансових, технічних) для виконання завдань проекту. Це дозволяє зменшити витрати та підвищити продуктивність тобто провести оптимізацію ресурсів, тобто виявити та вирішити конфлікти між ресурсами, що можуть виникнути в процесі виконання проекту.

Методи імітаційного моделювання впливають на реальне часове моделювання. Імітаційні моделі можуть використовуватись для моніторингу прогресу проекту в реальному часі, дозволяючи вчасно виявляти відхилення від плану та приймати коригуючі дії.

За допомогою імітаційного моделювання можна проводити аналіз ефективності різних підходів та методик, що використовуються в проекті, визначаючи найбільш результативні з них.

Процес управління ризиками також можна моделювати підходами імітаційного моделювання, а саме через оцінку ризиків та прогнозування наслідків. Імітаційне моделювання дозволяє провести глибокий аналіз ризиків, пов'язаних з проектом, та розробити стратегії їх мінімізації. Моделювання допомагає прогнозувати наслідки можливих ризиків та розробити плани дій для зменшення їхнього впливу на проект.

Розглянемо приклад такого завдання. Наступне завдання є прикладом прийняття рішень менеджерами в умовах невизначеності та ризику.

Приклад 3. Фірма повинна визначити рівень пропозиції послуг так, щоби задовольнити потреби бізнес фірм (клієнтів) під час розробки певного програмного забезпечення. Точна кількість клієнтів невідома, але очікують, що вона може прийняти одне з чотирьох значень. Для кожного з цих можливих значень існує найкращий рівень пропозиції (з точки зору можливих витрат). Відхилення від цих рівнів приводять до додаткових витрат. Витрати (в тис. грн.) наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Матриця витрат

	S_1	S_2	S_3	S_4
a_1	33	38	41	45
a_2	42	40	47	52
a_3	62	57	53	63
a_4	75	67	63	60

Визначити найкращий рівень пропозиції послуг за критеріями Лапласа, Вальда, Севіджа та за критерієм Гурвіца для заданого показника оптимізму рівному $\alpha=0,03$.

При прийнятті рішень в умовах ризику вартісні альтернативи рішень описуються розподілом ймовірностей. Альтернативи порівнюються за максимальним очікуваним (середнім) прибутком або мінімальними очікуваними (середніми) витратами

Найкращий рівень пропозиції за критерієм Лапласа, буде таким (див. таблицю 2):

Таблиця 2

Обчислення найкращого рівня пропозиції за критерієм Лапласа

Альтернатива	Споживачі:				$\sum_{j=1}^4 V(a_i, S_j)$	$\frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 V(a_i, S_j)$	$\min_i \{M(a_i)\}$
	S_1	S_2	S_3	S_4			
a_1	33	38	41	45	157	39,25	39,25
a_2	42	40	47	52	181	45,25	
a_3	62	57	53	63	235	58,75	
a_4	75	67	63	60	265	66,25	

Згідно з принципом Лапласа, події S_1, S_2, S_3, S_4 рівноймовірні – тобто $p(S = S_j) = \frac{1}{4}, j = \overline{1,4}$.

Математичні сподівання витрат для кожної альтернативи, будуть такими: $M(a_1)=39,25; M(a_2)=45,25; M(a_3)=58,75; M(a_4)=66,25$.

Тоді: $R_1 = \min_i \{M(a_i)\} = \{39,25; 45,25; 58,75; 66,25\} = 39,25$.

Таким чином, за критерієм Лапласа найкращою пропозицією буде альтернатива a_1 .

Розрахунок найкращого рівня пропозиції послуг за критерієм Вальда.

Оскільки $\sum_{j=1}^4 V(a_i, S_j)$ відображає втрати, використовуємо мінімаксий критерій. Для знаходження найкращої альтернативи будемо таблицю 3.

Таблиця 3

Обчислення найкращого рівня пропозиції за критерієм Вальда

Альтернатива	Споживачі:				$\max_j \{V(a_i, S_j)\}$	\min_i
	S_1	S_2	S_3	S_4		
a_1	33	38	41	45	45	45
a_2	42	40	47	52	52	
a_3	62	57	53	63	63	
a_4	75	67	63	60	75	

$$R_2 = \min_i \{M(a_i)\} = \{45; 52; 63; 75\} = 45.$$

Мінімаксною альтернативою буде a_1 . Й отриманий результат співпадає з результатом за критерієм Лапласа.

Обчислення найкращого рівня пропозиції послуг за критерієм Севіджа.

Знаходимо числові значення: $\min_k \{V(a_i, S_1)\} = 33$ тис. грн.; $\min_k \{V(a_i, S_2)\} = 38$ тис. грн.; $\min_k \{V(a_i, S_3)\} = 41$ тис. грн.; $\min_k \{V(a_i, S_4)\} = 45$ тис. грн.

Тоді величина ризику $W(a_i, S_j)$ матиме вигляд (див. таблицю 4):

Таблиця 4

Обчислення найкращого рівня пропозиції за критерієм Севіджа

$W(a_i, S_j)$	Альтернатива	Споживачі:				$\max_j \{W(a_i, S_j)\}$	\min_i
		S_1	S_2	S_3	S_4		
S_j	a_1	0	0	0	0	0	
	a_2	9	2	6	7		
	a_3	29	19	12	18		
	a_4	42	29	22	15		

$$R_3 = \min_i \{M(a_i)\} = \{0; 9; 29; 42\} = 0.$$

Отже, найкращою пропозицією знову виявилася альтернатива a_1 .

Обчислення найкращого рівня пропозиції послуг за критерієм Гурвіца.

Для знаходження оптимального рішення будемо таблицю 5.

Таблиця 5

Обчислення найкращого рівня пропозиції за критерієм Гурвіца

Альтернатива	$\min_j \{V(a_i, S_j)\}$	$\max_j \{V(a_i, S_j)\}$	$\alpha \times \min_j \{V(a_i, S_j)\} + (1 - \alpha) \times \max_j \{V(a_i, S_j)\}$	\min_i
a_1	33	45	44,64	44,64
a_2	40	52	51,64	
a_3	53	63	62,7	
a_4	60	75	74,55	

І за критерієм Гурвіца, найкращим рівнем пропозиції послуги при показнику оптимізму 0,03, щоби задовольнити потреби клієнтів, буде:

$$R_4 = \min_i \{M(a_i)\} = \{44,64; 51,64; 62,70; 74,55\} = 44,64 - \text{альтернатива } a_1.$$

Оскільки і за критерієм Лапласа, і за критерієм Вальда, і за критерієм Севіджа, і за критерієм Гурвіца, найкращою альтернативою є рівень пропозиції послуг, що відповідає альтернативі a_1 , то оптимальним рішенням буде a_1 .

Такі моделі бізнес ситуацій можуть використовуватись для тренування команди проекту і також для підготовки студентів під час навчання у закладах вищої освіти, допомагаючи їм краще підготуватись до реальних викликів, які можуть виникнути в ході проекту.

Як видно із наведених прикладів, імітаційне моделювання забезпечує можливість створення різних сценаріїв розвитку проекту, що дозволяє менеджерам оцінювати потенційні ризики та наслідки прийнятих рішень, оптимізувати використання ресурсів, а також точніше планувати часові рамки виконання проекту. Це допомагає підготуватися до можливих проблем і знайти найбільш ефективні шляхи їх вирішення без ризику для реальної організації.

Одним із ключових аспектів застосування імітаційного моделювання у проектному менеджменті в ІТ є управління ресурсами. Моделювання дозволяє визначити оптимальний розподіл ресурсів та виявити конфлікти, які можуть виникнути в процесі виконання проекту, що знижує витрати та підвищує продуктивність. Крім того, імітаційне моделювання сприяє реальному часовому моніторингу прогресу проекту, дозволяючи вчасно виявляти відхилення від плану та приймати коригуючі дії.

Імітаційне моделювання також є ефективним інструментом для управління ризиками. Воно дозволяє провести глибокий аналіз ризиків, розробити стратегії їх мінімізації та прогнозувати наслідки можливих ризиків. Це допомагає розробити плани дій для зменшення їхнього впливу на проект.

Важливим аспектом є також візуалізація процесів. Імітаційні моделі сприяють кращому розумінню проектних процесів та покращують комунікацію між членами команди та зацікавленими сторонами. Вони можуть бути використані для тренування команди, що допоможе їм краще підготуватися до реальних викликів.

Висновки. У статті було досліджено застосування методів імітаційного моделювання для прийняття управлінських рішень у сфері проектного менеджменту в ІТ. Аналіз теоретичних основ і практичних прикладів показав, що імітаційне моделювання є потужним інструментом, який дозволяє значно підвищити ефективність управління проектами.

Таким чином, використання методів імітаційного моделювання у проектному менеджменті в ІТ дозволяє керівникам приймати більш обґрунтовані рішення, оптимізувати ресурси та мінімізувати ризики. Це забезпечує успішне виконання проектів в умовах невизначеності та швидких змін, характерних для ІТ-сфери. Впровадження імітаційного моделювання у практику проектного менеджменту може стати важливим кроком на шляху до підвищення ефективності та конкурентоспроможності сучасних ІТ-організацій. Подальші дослідження можуть зосередитися на удосконаленні візуалізації, розробці нових підходів та ІТ продуктів для використання імітаційного моделювання у бізнес аналізі, проектному менеджменті та моделюванні економічних процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Данилюк, Н., Шулик, Ю., & Качан, О. Сучасні підходи до управління проектною діяльністю ІТ-компаній. Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка»: науковий журнал. 2021. № 22(50). С. 88–94.
2. Засорнова, І., Лисенко, С., & Засорнов, О. (2022). Вибір методології SCRUM або KANBAN для управління проектами в ІТ компаніях. *Computer Systems and Information Technologies* (4), 6–12. <https://doi.org/10.31891/csit-2022-4-1>
3. Лавринюк, Л. Кар'єра в ІТ: чим займається Project Manager, плюси та мінуси професії URL: <https://dou.ua/lenta/articles/project-manager-pros-and-cons/> (дата звернення 10.07.2024).
4. Лобода, О. (2024). Удосконалення імітаційної моделі в системі підтримки управлінських рішень на підприємствах малого бізнесу. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (6), 82-93. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.10>

5. Січко Т. Методи моделювання бізнес-процесів підприємства засобами системного аналізу. Галицький економічний вісник. 2016. № 2 (51). С. 190–201. URL: <https://galicianvisnyk.tntu.edu.ua/pdf/51/74.pdf> (дата звернення 10.07.2024).
6. Храпкін, О., Кіндрат, О., & Чопей, Р. (2023). Управління проєктами в IT-галузі: методика, інструменти та керування ризиками. Економіка та суспільство, (55). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-110>
7. Шапран, Є., Сергієнко О., & Білоцерківський, О. Моделювання бізнес-процесів підприємства оптової торгівлі. Інфраструктура ринку : електрон. наук.-практ. журн. 2021. Вип. 51. С. 331-338. URL: http://www.market-infr.od.ua/journals/2021/51_2021_ukr/55.pdf, doi.org/10.32843/infrastruct51-53 (дата звернення 10.07.2024)
8. Шашкова, Н., Фадєєва, І., & Казакова, Т. (2021). Управління проєктами в IT сфері: застосування гнучких методологій. Наукові записки Львівського університету бізнесу та права, 28, 166-172. URL: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/402> (дата звернення 11.07.2024).
9. Bischi, G.I., Baiardi, L.C., Lamantia, F. et al. Nonlinear dynamics and game-theoretic modeling in economics and finance. *Ann Oper Res* 337, 731–737 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10479-024-06016-2>
10. Chang, P.C., Huang, D.H. & Huang, C.F. Simulation-based system reliability estimation of a multi-state flow network for all possible demand levels. *Ann Oper Res* (2024). <https://doi.org/10.1007/s10479-024-06141-y>
11. Huang, X., Liang, M. Simulation of construction project management system by using visualization technology and improvement algorithm. *Soft Comput* (2023). <https://doi.org/10.1007/s00500-023-08869-4>
12. Ihlayyel, Hani A.K. et al. 'An Enhanced Feature Representation Based on Linear Regression Model for Stock Market Prediction'. 1 Jan. 2018 : 45 – 76.
13. Kozyra, P. M. (2024). A new method for multi-state flow networks reliability estimation based on a Monte Carlo simulation and intersections of sets. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 130, 102846. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1569190X23001235?via%3Dihub>
14. Servranckx, T., Coelho, J. & Vanhoucke, M. Project management and scheduling 2022. *Ann Oper Res* (2024). <https://doi.org/10.1007/s10479-024-05971-0>
15. Steinbacher, M., Raddant, M., Karimi, F. et al. Advances in the agent-based modeling of economic and social behavior. *SN Bus Econ* 1, 99 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43546-021-00103-3>

REFERENCES:

1. Danyliuk, N., Shulyk, Yu., & Kachan, O. (2021) Suchasni pidkhody do upravlinnia proiektnoiu diialnistiu IT-kompanii [Modern approaches to project management of IT companies]. *Scientific notes of the National University "Ostroh Academy". "Economics" series: a scientific journal*. No. 22(50). P. 88–94. [in Ukrainian]
2. Zasornova, I., Lysenko, S., & Zasornov, O. (2022). Vybir metodolohii SCRUM abo KANBAN dlia upravlinnia proiektyamy v IT kompaniiakh [Choice of SCRUM or KANBAN methodology for project management in IT companies]. *Computer Systems and Information Technologies* (4), 6–12. <https://doi.org/10.31891/csit-2022-4-1> [in Ukrainian]
3. Lavryniuk, L. Kariera v IT: chym zaimaietsia Project Manager, pliusy ta minusy profesii [Career in IT: what does a Project Manager do, pros and cons of the profession]. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/project-manager-pros-and-cons/> (date of application 10.07. 2024). [in Ukrainian]
4. Loboda, O. (2024). Udoskonalennia imitatsiinoi modeli v systemi pidtrymky upravlinskykh rishen na pidpriemstvakh maloho biznesu [Improvement of the simulation model in the management decision support system at small business

enterprises]. *Taurida Scientific Herald. Series: Technical Sciences*, (6), 82-93. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.10> [in Ukrainian]

5. Sichko, T. (2016) *Metody modeliuвання biznes-protsesiv pidprijemstva zasobamy systemnoho analizu* [Techniques of business process modelling of enterprise via system analysis]. *Galician economic bulletin (Tern.)*, No 2 (51), pp. 190-201 URL: <https://galicianvisnyk.tntu.edu.ua/pdf/51/74.pdf> (date of application 10.07. 2024). [in Ukrainian].

6. Khrapkin, O., Kindrat, O., & Chohey, R. (2023). *Upravlinnia proiektamy v IT-haluzi: metodyky, instrumenty ta keruvannya ryzykamy* [Project management in the it industry: methods, tools and risk management]. *Economy and Society*, (55). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-110>. [in Ukrainian]

7. Shapran, E., Sergienko O., & Bilotserkivskiy, O. *Modeliuвання biznes-protsesiv pidprijemstva optovoi torhivli* [Modeling of business processes of a wholesale trade enterprise]. *Market infrastructure: electronic. science and practice journal 2021. Issue 51*. P. 331-338. URL: http://www.market-infr.od.ua/journals/2021/51_2021_ukr/55.pdf, doi.org/10.32843/infrastruct51-53 (date of application 07/10/2024) [in Ukrainian]

8. Shashkova, N., Fadeeva, I., & Kazakova, T. (2021). *Upravlinnia proiektamy v IT sferi: zastosuvannya hnuchkykh metodolohii* [Project management in the IT field: application of flexible methodologies]. *Scientific Notes of the Lviv University of Business and Law*, 28, 166-172. URL: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/402> (date of application 10.07. 2024). [in Ukrainian].

9. Bisch, G.I., Baiardi, L.C., Lamantia, F. et al. *Nonlinear dynamics and game-theoretic modeling in economics and finance*. *Ann Oper Res* 337, 731–737 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10479-024-06016-2> [in English]

10. Chang, P.C., Huang, D.H. & Huang, C.F. *Simulation-based system reliability estimation of a multi-state flow network for all possible demand levels*. *Ann Oper Res* (2024). <https://doi.org/10.1007/s10479-024-06141-y> [in English]

11. Huang, X., Liang, M. *Simulation of construction project management system by using visualization technology and improvement algorithm*. *Soft Comput* (2023). <https://doi.org/10.1007/s00500-023-08869-4> [in English]

12. Ihlayyel, Hani A.K. et al. 'An Enhanced Feature Representation Based on Linear Regression Model for Stock Market Prediction'. 1 Jan. 2018 : 45 – 76. [in English]

13. Kozyra, P. M. (2024). *A new method for multi-state flow networks reliability estimation based on a Monte Carlo simulation and intersections of sets*. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 130, 102846. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1569190X23001235?via%3Dihub> [in English]

14. Servranckx, T., Coelho, J. & Vanhoucke, M. *Project management and scheduling 2022*. *Ann Oper Res* (2024). <https://doi.org/10.1007/s10479-024-05971-0> [in English]

15. Steinbacher, M., Raddant, M., Karimi, F. et al. *Advances in the agent-based modeling of economic and social behavior*. *SN Bus Econ* 1, 99 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43546-021-00103-3> [in English]