



Економіка

УДК 330.131.7:658.5:004.9

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.17305427>

**Економічна доцільність використання Tiered Solution Architecture у
стратегічному плануванні цифрових проєктів**

Абакумов Роман Валерійович,

інженер-програміст, DispatchHealth Management, LLC,
Денвер, Колорадо, США, <https://orcid.org/0009-0004-2743-3815>

Прийнято: 12.09.2025 | Опубліковано: 05.10.2025

Анотація. Високий рівень динамічності бізнес-середовища, що притаманний сучасному етапу цифрової трансформації, вимагає від підприємств пошуку нових підходів до управління цифровими проєктами. Традиційні архітектурні моделі програмних систем (монолітна, мікросервісна, багаторівнева) демонструють технічну ефективність, проте залишаються недостатньо орієнтованими на прогнозування економічних параметрів, зокрема часу реалізації, обсягів витрат і рівня віддачі від інвестицій. У цих умовах важливого значення набуває Tiered Solution Architecture (TSA), що поєднує архітектурні й економічні аспекти, дозволяючи підприємствам оцінювати різні сценарії розвитку цифрових проєктів з урахуванням стратегічних пріоритетів. **Мета.** Дослідження спрямоване на обґрунтування економічної доцільності застосування TSA у стратегічному плануванні цифрових проєктів і визначення її відмінностей від класичних архітектурних підходів. **Методи.** Для досягнення поставленої мети використано методи порівняльного аналізу архітектурних моделей, економічного моделювання й



оцінювання ROI, систематизації управлінських параметрів цифрових проєктів, а також методи графічної візуалізації результатів (таблиці, діаграми, графіки).

Результати. Доведено, що TSA варто розглядати як еволюційний підхід у системному проєктуванні, який поєднує технічні принципи архітектури програмних рішень із економічними параметрами управління цифровими трансформаціями. На відміну від класичних архітектурних моделей, TSA формує основу для прийняття управлінських рішень, орієнтованих не лише на функціональність системи, а й на стратегічні економічні цілі підприємства. Запропонована трирівнева модель TSA (MVP, оптимальне та ідеальне рішення) дозволяє здійснювати порівняльний аналіз сценаріїв реалізації залежно від наявних ресурсів та очікуваних результатів. **Висновок.** Результати дослідження свідчать, що TSA є актуальним і перспективним підходом у контексті сучасних викликів цифрової трансформації, адже вона не тільки полегшує технічне проєктування, але й трансформує його в комплексний управлінський інструмент, здатний підтримувати стратегічне планування, прогнозування інвестиційної віддачі та мінімізацію ризиків при виборі архітектурних рішень.

Ключові слова: цифрова трансформація, стратегічне планування, ROI, економічна ефективність, архітектура програмних систем, управлінська гнучкість.

Economic feasibility of using tiered solution Architecture in strategic planning of digital projects

Roman Abakumov,

Software Engineer, DispatchHealth Management, LLC,
Denver, CO, USA, <https://orcid.org/0009-0004-2743-3815>

Abstract. The current stage of digital transformation is characterized by a



high level of dynamism in the business environment, which requires enterprises to find new approaches to managing digital projects. Traditional architectural models of software systems (monolithic, microservice, multi-tier) demonstrate technical efficiency but remain insufficiently focused on predicting economic parameters, particularly implementation time, cost volumes, and the level of return on investment. In these conditions, Tiered Solution Architecture (TSA) becomes essential, as it combines architectural and economic aspects, allowing enterprises to evaluate various scenarios for the development of digital projects while taking into account strategic priorities. **Purpose.** The study aims to substantiate the economic feasibility of using TSA in the strategic planning of digital projects and to determine its differences from classical architectural approaches. **Methods.** To achieve the goal, methods of comparative analysis of architectural models, economic modeling and ROI assessment, systematization of management parameters of digital projects, as well as methods of graphical visualization of results (tables, diagrams, graphs) were used. **Results.** It has been proven that the TSA should be considered an evolutionary approach in system design, which combines the technical principles of software solution architecture with the economic parameters of digital transformation management. Unlike classical architectural models, TSA forms the basis for making management decisions that focus not only on the system's functionality but also on the strategic economic goals of the enterprise. The proposed three-level TSA model (MVP, optimal, and ideal solution) enables a comparative analysis of implementation scenarios based on available resources and expected results. **Conclusion.** The results of the study indicate that TSA is a relevant and promising approach in the context of modern digital transformation challenges, as it not only facilitates technical design but also transforms it into a comprehensive management tool capable of supporting strategic planning, forecasting investment returns, and minimizing risks when choosing architectural solutions.

Keywords: digital transformation, strategic planning, ROI, economic efficiency, software architecture, managerial flexibility.



Постановка проблеми. Стрімка цифрова трансформація сучасного бізнесу зумовлює зростання потреби в таких архітектурних рішеннях, які забезпечують не лише технологічну надійність, а й економічну доцільність. Традиційні підходи до проєктування інформаційних систем (монолітні, мікросервісні, багаторівневі моделі) не завжди відповідають динаміці ринкових умов, оскільки обмежені в прогнозуванні витрат, часу реалізації та рівня віддачі від інвестицій [1, с. 87; 2, с. 125]. За цих умов Tiered Solution Architecture (TSA) набуває особливої значущості як модель, що поєднує технічні та управлінсько-економічні параметри, дозволяючи підприємствам зменшувати ризики, прогнозувати ROI й обирати оптимальні траєкторії цифрового розвитку. Саме тому дослідження економічної доцільності TSA в стратегічному плануванні цифрових проєктів є надзвичайно актуальним як у теоретичному, так і у практичному вимірах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження у сфері архітектури програмних систем дедалі більше орієнтовані на інтеграцію технічних рішень із економічними аспектами управління цифровими проєктами. Наприклад, Д. Собхі (D. Sobhy) зі співавторами довели, що поєднання методів машинного навчання з аналізом «витрати–вигоди» в режимі реального часу дає змогу підвищити ефективність прийняття архітектурних рішень в умовах динамічності та невизначеності середовища IoT, забезпечуючи досягнення необхідних показників якості [3]. У системах Big Data, як узагальнили Ч. Авджі (C. Avcı) з колегами, основним фактором є правильний вибір архітектури, що забезпечує виконання вимог користувачів і досягнення цільових якісних характеристик, а систематичний огляд сучасних рішень дозволяє ідентифікувати як перспективні підходи, так і наявні прогалини [4]. Водночас А. Букайоні (A. Busaioni) та співавтори акцентували, що застосування референтних архітектур створює основу для узгодженості між конкретними архітектурними рішеннями, нормативними вимогами й якістю систем, хоча вимагає формалізованих моделей і механізмів перевірки



відповідності [5, р. 891]. Доповнюють цю картину результати Е. Клотінса (E. Klotins) та співавторів, які виявили, що впровадження практик CI/CD поряд із беззаперечними вигодами від автоматизації внутрішніх процесів пов'язане зі значними організаційними ризиками, а їх подолання потребує системного застосування методів оцінки «витрати–вигоди» [6].

Особливу увагу сучасні дослідники приділяють мікросервісній архітектурі. Дж. Солдані (J. Soldani) та колеги визначили, що мікросервіси поєднують гнучкість і масштабованість із високою складністю інтеграції та операційної підтримки, що зумовлює нові виклики для практиків [7, р. 215]. Зі свого боку колектив авторів на чолі з П. Вайзенбургером (P. Weisenburger), узагальнили підходи до багаторушного програмування, що дозволяє інтегрувати клієнтські та серверні компоненти й спрощує супровід розподілених систем [8, р. 2]. Паралельно П. Вергоф (P. Verhoef) і колеги вивчали цифрову трансформацію бізнесу, окресливши її етапи та потребу в нових організаційних структурах, і показали, що вона радикально змінює бізнес-моделі та конкурентні стратегії [9, р. 889]. У цьому контексті С. Альденговен (C. Aldenhoven) та Р. Енгельшаллом (R. Engelschall) узагальнено, що «краса» програмної архітектури проявляється в зручності її використання, зниженні зусиль розробників і зростанні їхньої мотивації, що в підсумку позитивно впливає на якість програмних продуктів у середніх і великих проєктах [10, р. 117].

У напрямі дослідження міграційних процесів М. Аяс (M. Ayas) і колеги встановили, що перехід до мікросервісів має ітеративний характер і потребує поєднання бізнесових та технічних аспектів [11]. Це підтверджують результати Ф. Ауера (F. Auer) та співавторів, які запропонували фреймворк оцінювання для ухвалення рішень щодо доцільності міграції, спираючись на об'єктивні метрики [12]. Однак, як зазначають С. Балтес (S. Baltes) і П. Ральф (P. Ralph), у дослідженнях програмної інженерії наявна криза репрезентативності вибірки, що ставить під сумнів узагальнюваність багатьох



результатів [13, р. 2]. М. Камілі (M. Camilli) та Б. Руссо (B. Russo) у своїй праці показали, що продуктивність мікросервісних систем доцільно моделювати за допомогою нелінійних S-подібних моделей, які дають змогу точніше оцінити резилієнтність сервісів до навантажень [14]. У той же час З. Чен (Z. Chen) і співавтори систематизували труднощі розгортання програмного забезпечення на основі глибинного навчання, що створює нові вимоги до архітектурних рішень [15, р. 750]. У продовження цієї проблематики Дж. Аммерман (J. Ammermann) і співавтори довели, що використання мови запитів AIQL забезпечує доступ до актуальної архітектурної інформації, підтримує процес зворотного інжинірингу та зменшує ризики архітектурного дрейфу, що підвищує ефективність супроводу програмних систем [16, р. 337]. Важливим доповненням до цього є результати К. Фьогеле (C. Vögele) і колег, які довели ефективність підходу WESSBAS, що автоматизує створення специфікацій робочих навантажень для тестування та прогнозування продуктивності й тим самим забезпечує більшу точність оцінок [17, р. 443]. Отже, результати проведеного аналізу засвідчують, що сучасні архітектурні підходи виходять за межі суто технічних характеристик і дедалі частіше поєднують їх з економічними, організаційними й управлінськими аспектами. Це свідчить про становлення нового покоління методів, які здатні одночасно враховувати якість систем, бізнес-цілі та економічну доцільність цифрових рішень.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри проведені дослідження, низка питань у сфері архітектурного проєктування залишається відкритою. Зокрема, недостатньо вивчено інтеграцію технічних рішень із прогнозованими економічними показниками, такими як ROI у різних часових горизонтах; обмежена кількість емпіричних моделей, що дозволяють оцінювати ефективність переходу від прототипів до масштабованих систем; спостерігається також дефіцит комплексних методик, які б поєднували архітектурні патерни з інструментами стратегічного управління цифровими



проектами.

Наше дослідження спрямоване на обґрунтування TSA як інноваційної моделі, що дозволяє одночасно враховувати архітектурні, управлінські й економічні аспекти цифрової трансформації. Особливу увагу приділено порівнянню TSA з класичними архітектурними підходами та визначенню її переваг у стратегічному плануванні. Практична цінність статті полягає в обґрунтуванні застосування TSA як інструменту стратегічного планування цифрових проєктів, що дає змогу підприємствам оцінювати альтернативні сценарії реалізації з урахуванням ресурсів і очікуваного ROI. Запропонований підхід підвищує передбачуваність управлінських рішень, оптимізує інвестиції та знижує ризики, забезпечуючи основу для довгострокової конкурентоспроможності бізнесу.

Формулювання цілей статті. Мета статті - обґрунтування економічної доцільності застосування TSA в стратегічному плануванні цифрових проєктів шляхом аналізу її відмінностей від класичних архітектурних моделей, визначення переваг для бізнесу й оцінювання результатів трирівневого підходу до реалізації (MVP, оптимальне та ідеальне рішення).

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасній теорії та практиці проєктування інформаційних систем склалися кілька класичних архітектурних підходів, серед яких провідними є монолітна, мікросервісна та багаторівнева моделі. Монолітна архітектура передбачає реалізацію всіх функціональних модулів у єдиному середовищі, що забезпечує цілісність системи, але водночас ускладнює її масштабування та модернізацію. Мікросервісна архітектура, навпаки, орієнтована на модульність та розподіленість, дозволяючи розробникам створювати незалежні компоненти з чітко визначеними інтерфейсами [18, с. 72]. Її основна перевага - висока гнучкість і можливість паралельного розвитку окремих сервісів, проте вона потребує значних ресурсів для координації, тестування та підтримки взаємодії між компонентами. Багаторівнева архітектура (multitier) поєднує логічне



розмежування функцій (наприклад, рівень представлення, бізнес-логіки та даних), що підвищує керованість системи та полегшує внесення змін, але водночас не завжди дозволяє досягти необхідної швидкості масштабування при високій динаміці бізнес-середовища [19, с. 106].

У цьому контексті TSA постає як еволюційний розвиток класичних архітектурних моделей, поєднуючи їхні сильні сторони та усуваючи типові обмеження. Вона виходить за межі суто технічного проєктування, інтегруючи бізнес-виміри – економічну доцільність, часові горизонти реалізації та прогнозований рівень рентабельності інвестицій (ROI). Завдяки трирівневій системі вибору – від мінімально життєздатного продукту (MVP) до масштабованого ідеального рішення – TSA забезпечує гнучкість й адаптивність стратегічного планування цифрових проєктів. На відміну від традиційних підходів, орієнтованих переважно на технічну реалізацію, TSA вирізняється інтеграцією економічних та управлінських параметрів у процес проєктування. Її основна перевага для бізнесу полягає в можливості поетапного переходу: від швидкої перевірки концепції через створення MVP до поступового впровадження оптимізованих чи масштабованих рішень [18, с. 73]. Іншою важливою характеристикою є прогнозованість ROI, адже кожен рівень TSA супроводжується чітко визначеними термінами, витратами й очікуваною віддачею від інвестицій. Нарешті, TSA створює умови для прийняття швидких управлінських рішень, надаючи бізнесу кілька сценаріїв із заздалегідь визначеними обмеженнями й економічними наслідками [1, с. 90]. У підсумку TSA виступає не лише архітектурною моделлю, а й інструментом стратегічного управління, що дозволяє збалансувати швидкість розроблення, вартість і перспективи масштабування.

Ураховуючи зазначені відмінності, доцільно представити архітектурні підходи крізь призму їхнього впливу на бізнес-процеси. Такий формат дозволяє оцінити не лише технічні властивості, але й стратегічні наслідки для управління цифровими проєктами.



Порівняльна характеристика (табл. 1) чітко показує, що саме TSA забезпечує найбільш збалансовану комбінацію швидкості, економічної передбачуваності та можливості масштабування, що є визначальними чинниками в умовах цифрової економіки.

Таблиця 1

Порівняння архітектурних моделей з позицій бізнес-ефективності

Управлінська гнучкість	Прогнозованість ROI	Швидкість прийняття рішень	Масштабованість	Типові бізнес-ризики
<i>Монолітна</i>				
Низька – зміни потребують перебудови всієї системи	Непередбачувана через складність адаптації	Повільна, рішення залежить від централізованої структури	Обмежена, зростає складність підтримки	Ризик високих витрат при модернізації
<i>Мікро-сервісна</i>				
Висока – незалежність сервісів	Середня – залежить від координації компонентів	Відносно швидко завдяки модульності	Висока, але потребує значних ресурсів	Ризик фрагментації та високих витрат на інтеграцію
<i>Багаторівнева</i>				
Середня – чітке розмежування рівнів	Вища, ніж у моноліту, але залежить від складності бізнес-логіки	Середня, рішення ухвалюються у межах окремих рівнів	Добра, проте обмежена динамічними ринками	Ризик надмірної бюрократизації
<i>TSA</i>				
Дуже висока – вибір між трьома сценаріями (MVP, оптимальне, ідеальне)	Висока – кожен сценарій має оцінку ROI	Швидко – бізнес отримує альтернативні моделі реалізації	Максимальна – поетапне масштабування без втрати контролю	Мінімізовані завдяки варіативності й адаптивності

Джерело: розробка автора на підставі [1; 2; 18; 19]

Як бачимо, саме TSA поєднує ключові параметри, що є визначальними для стратегічного управління цифровими проєктами: високу гнучкість, прогнозованість економічних результатів і варіативність у прийнятті рішень. Вона мінімізує характерні ризики інших архітектурних моделей, надаючи бізнесу інструмент поетапної реалізації залежно від пріоритетів і доступних



ресурсів. Це робить TSA не лише технічним, а й управлінським рішенням, що інтегрує вимоги ефективності, швидкості та масштабованості.

Ключовий елемент TSA - трирівневий підхід до реалізації, який надає підприємству три різні сценарії розвитку цифрового проєкту (табл. 2). Кожен із них має чітко визначені терміни, ресурсне забезпечення, обмеження та прогнозований рівень ROI, що дозволяє обирати між швидкою перевіркою концепції, збалансованим варіантом чи повнофункціональним рішенням із довгостроковою перспективою масштабування.

Таблиця 2

Варіанти TSA: терміни – ресурси – ROI – обмеження

Варіант	Терміни реалізації	Ресурсне забезпечення	Очікуваний ROI	Ключові обмеження
MVP (мінімально життєздатний продукт)	1–2 тижні	Мінімальні витрати часу та коштів, залучення невеликої команди	Низький у короткостроковій перспективі, але високий потенціал перевірки гіпотези	Обмежений функціонал, відсутність масштабованості, ризик низької користувацької цінності
Оптимальне рішення	1–2 місяці	Середні витрати, залучення міжфункціональної команди, часткове використання зовнішніх ресурсів	Середній - забезпечує баланс між витратами та вигодами, дозволяє вихід на ринок	Обмежена гнучкість у разі різких змін вимог, потреба в додатковій підтримці
Ідеальне рішення	3+ місяці	Значні інвестиції, масштабна команда, використання комплексних інструментів	Високий у довгостроковій перспективі завдяки масштабованості та повному функціоналу	Тривалі терміни реалізації, високий ризик перевитрат, залежність від стратегічної стабільності ринку

Джерело: розробка автора

Порівняння трьох варіантів TSA засвідчує, що запропонована модель здатна забезпечити бізнесу широкий спектр можливостей у стратегічному плануванні цифрових проєктів. MVP-рівень дозволяє в найкоротші терміни перевірити життєздатність ідеї та мінімізувати початкові витрати, що особливо важливо в умовах високої невизначеності ринку. Оптимальне



рішення забезпечує баланс між функціональністю та витратами, створюючи умови для виходу на ринок у прийнятні терміни та з відносно стабільним рівнем прогнозованої віддачі. Ідеальний варіант орієнтований на довгострокову перспективу, дозволяючи сформувати масштабовану систему, яка відповідає стратегічним завданням компанії та враховує можливості майбутнього розвитку.

Управлінська цінність TSA полягає в поєднанні технічних і економічних параметрів: кожен рівень має визначені терміни, ресурси й очікуваний ROI. Це дозволяє порівнювати сценарії не лише за функціональністю, а й за економічними критеріями, мінімізуючи ризики інвестиційних рішень і забезпечуючи основу для оцінки економічної доцільності в стратегічному управлінні цифровими проектами.

Для обґрунтування економічної доцільності TSA варто застосувати підхід, що враховує співвідношення між витратами, часом реалізації та очікуваним ROI. Такий аналіз дає змогу не лише кількісно оцінити потенційний ефект, а й продемонструвати, як на різних рівнях TSA змінюється баланс між обсягом інвестицій і можливою віддачею.

На відміну від традиційних архітектурних підходів, TSA забезпечує можливість поетапного прогнозування економічного ефекту, що створює основу для вибору оптимальної траєкторії розвитку цифрового проекту відповідно до ресурсних можливостей підприємства. Водночас такий підхід дозволяє інтегрувати технічні параметри з економічними, формуючи єдину модель управлінського аналізу. Це посилює аргументацію для інвесторів і менеджменту, адже показники витрат, термінів і ROI набувають наочного та системного вираження. Узагальнені дані наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Вихідні дані для аналізу економічної доцільності TSA

Варіант TSA	Терміни реалізації	Орієнтовні витрати (умовні одиниці, %)	Очікуваний ROI (% у річному вимірі)	Характер ROI
-------------	--------------------	--	-------------------------------------	--------------



MVP	1–2 тижні	10–15 % від загальних витрат на проєкт	5–10 % (низький, але швидкий результат перевірки)	Швидкий старт, низька віддача
Оптимальне рішення	1–2 місяці	35–45 % від загальних витрат	25–35 % (середній рівень, стабільна віддача)	Плавне зростання ROI разом з витратами
Ідеальне рішення	3+ місяці	80–100 % від загальних витрат	60–80 % (високий довгостроковий ефект)	Значне зростання ROI після масштабних інвестицій

Джерело: розробка автора

Отже, таблиця відображає ключові параметри трирівневої моделі TSA, однак для глибшого розкриття логіки її застосування важливо залучити графічні інструменти. На рис. 1 подано співвідношення витрат і ROI для кожного з варіантів TSA, що дозволяє наочно простежити динаміку зміни економічної віддачі залежно від обраного масштабу рішень.

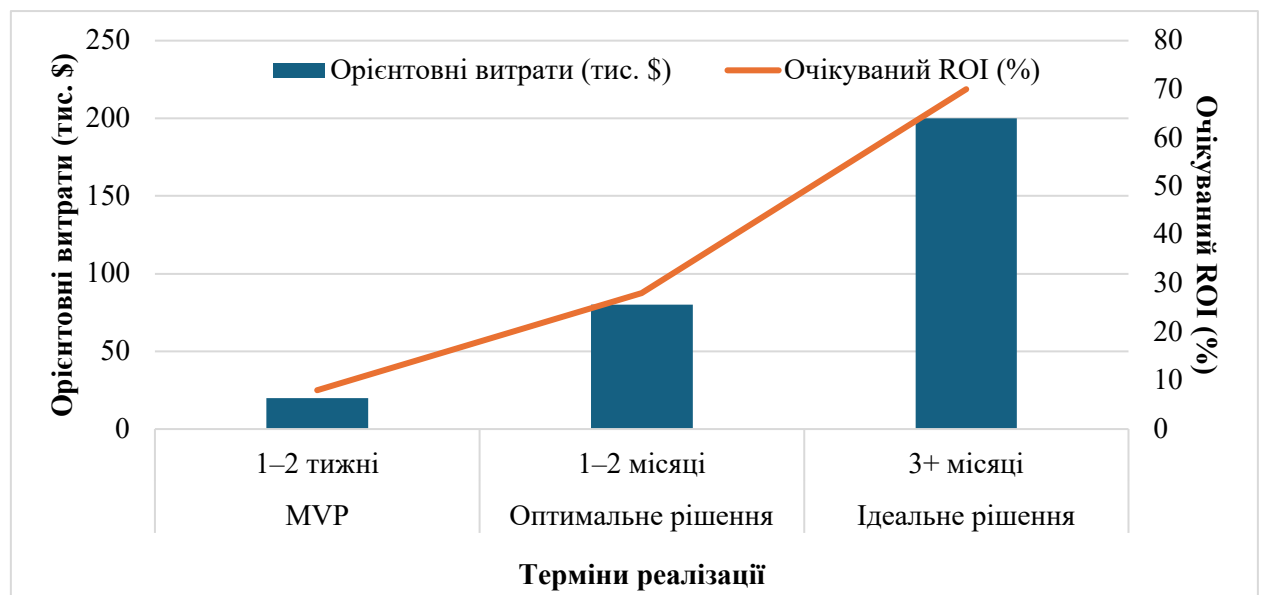


Рис. 1. Співвідношення витрат і ROI для різних варіантів TSA

Джерело: складено автором

Отримані результати свідчать, що MVP-рівень характеризується найнижчими витратами (20 тис. \$) і водночас обмеженою віддачею (ROI – 8%), що робить його доцільним для тестування концепцій і швидкої перевірки ринкових гіпотез. Оптимальне рішення вимагає вже суттєвіших інвестицій



(80 тис. \$), проте забезпечує чотириразове зростання ROI (28%), створюючи економічно виправданий баланс між вартістю та результатами. Найбільш привабливим у довгостроковій перспективі є ідеальне рішення, яке потребує максимальних витрат (200 тис. \$), але забезпечує стратегічну віддачу на рівні 70%, формуючи значний потенціал прибутковості (140 тис. \$).

З позицій стратегічного управління TSA вирізняється здатністю поєднувати динаміку інвестицій із прогнозованою економічною віддачею. Кожен наступний рівень не лише потребує більшого обсягу ресурсів, а й забезпечує суттєве зростання прибутку, що створює можливість для поступового вибору оптимальної траєкторії розвитку відповідно до фінансових можливостей і стратегічних цілей підприємства. Візуалізацію цієї залежності подано на рис. 2, де відображено співвідношення прибутку та часу реалізації TSA.

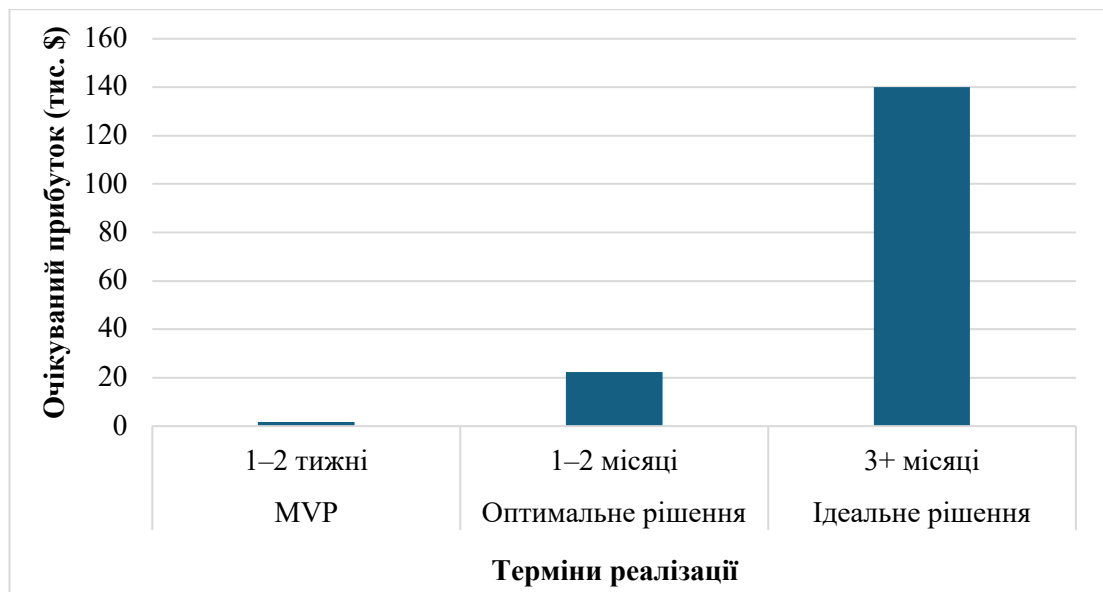


Рис. 2. Залежність прибутку від часу реалізації TSA

Джерело: складено автором

Динаміка показників прибутковості свідчить про різну економічну вагу трьох сценаріїв TSA. На етапі MVP прибуток є незначним (1,6 тис. \$), оскільки основна мета цього рівня полягає не у формуванні доходу, а у швидкому підтвердженні життєздатності концепції та перевірці її відповідності



очікуванню користувачів. Оптимальне рішення забезпечує вже суттєве зростання прибутковості (22,4 тис. \$), що робить цей варіант економічно виправданим у середньостроковій перспективі та дозволяє компанії компенсувати початкові інвестиції. Найвищий ефект демонструє ідеальне рішення, яке забезпечує стратегічний прибуток у розмірі 140 тис. \$, що перевищує результат MVP майже в 90 разів і формує стабільний фундамент для подальшого масштабування бізнесу. Отже, рис. 2 підтверджує, що TSA формує поетапну логіку зростання прибутковості: від перевірки ідей із мінімальними витратами до досягнення довгострокової конкурентної переваги завдяки повнофункціональній системі. Наступний крок аналізу полягає в урахуванні комплексного співвідношення основних економічних параметрів. На рис. 3 подано баланс витрат, прибутку та ROI для різних варіантів TSA, що дозволяє оцінити інтегральний ефект від кожного рівня та визначити оптимальну траєкторію інвестицій.

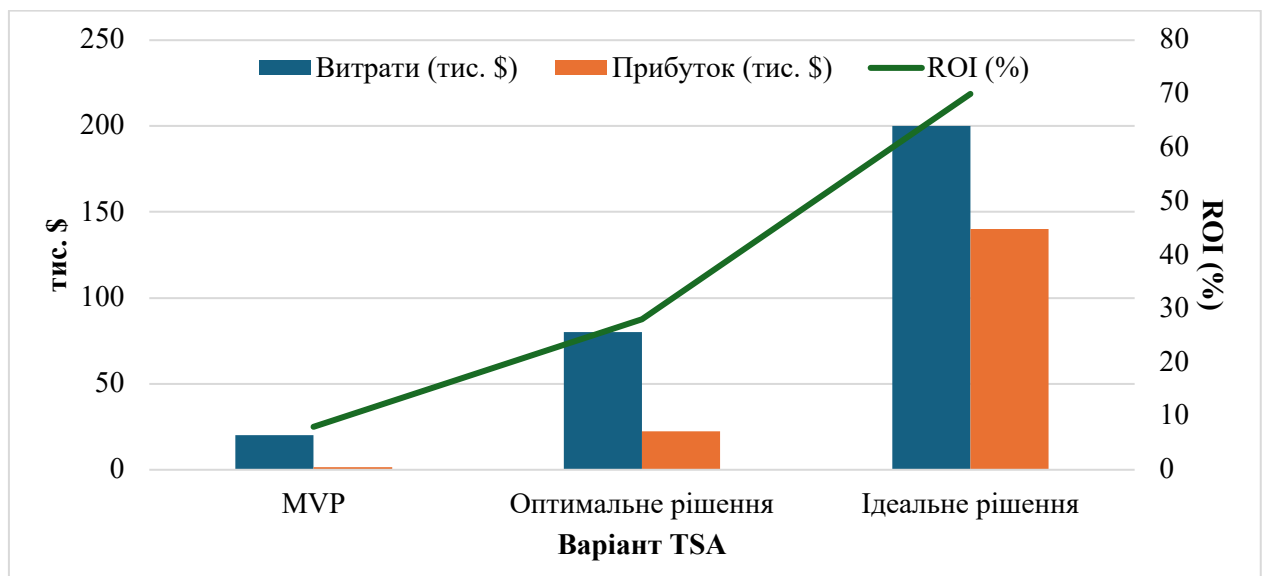


Рис. 3. Баланс витрат, прибутку та ROI для різних варіантів TSA

Джерело: складено автором

Порівняльна матриця демонструє комплексну картину економічних характеристик TSA. MVP-рівень, незважаючи на мінімальні витрати (20 тис. \$), генерує низький прибуток і ROI, що підтверджує його допоміжний



характер – швидке тестування концепцій без стратегічного економічного ефекту. Оптимальне рішення займає проміжну позицію, адже за витрат у 80 тис. \$ генерує 22,4 тис. \$ прибутку та ROI на рівні 28 %, створюючи баланс між фінансовими витратами та віддачею. Найвищі результати демонструє ідеальне рішення, де зростання витрат до 200 тис. \$ супроводжує значний прибуток у 140 тис. \$ і максимальний ROI у 70%, що вказує на його стратегічну доцільність у довгостроковій перспективі. Отже, рис. 3 підтверджує, що TSA забезпечує градацію економічних результатів: від мінімізації ризиків на етапі MVP до максимізації прибутковості й окупності на етапі ідеальної реалізації. Саме така структурована логіка робить TSA ефективним інструментом для стратегічного планування цифрових проєктів.

Розгляд TSA крізь призму витрат, термінів реалізації й очікуваного ROI довів, що даний підхід є не лише технічною інновацією, але й потужним економічним інструментом для управління цифровими проєктами. Кожен із рівнів TSA формує окрему траєкторію розвитку: MVP забезпечує швидку перевірку ідей із мінімальними витратами, оптимальне рішення гарантує стабільний баланс між інвестиціями та результатами, тоді як ідеальне рішення створює основу для довгострокової прибутковості та масштабованості.

Аналітичні розрахунки підтвердили, що TSA дозволяє бізнесу порівнювати сценарії не лише за технічними, а й за економічними критеріями. Це дає змогу знизити ризики, пов'язані з невизначеністю ринку, і забезпечити прозорість стратегічного планування. Гнучкість і прогнозованість TSA перетворюють його на ефективний інструмент узгодження інвестиційних рішень із довгостроковими цілями компанії. Таким чином, економічна доцільність TSA стає основним аргументом на користь його впровадження в практику управління цифровими трансформаціями.

Висновки. Отже, TSA виступає еволюційною моделлю системного проєктування, яка поєднує технічні й економічні параметри управління цифровими проєктами. На відміну від класичних архітектурних підходів –



монолітного, мікросервісного та багаторівневого – TSA орієнтується не лише на структурну організацію програмного забезпечення, але й на забезпечення прогнозованої економічної віддачі на кожному етапі реалізації.

Запропонований трирівневий підхід (MVP, оптимальне та ідеальне рішення) формує гнучку траєкторію розвитку проєктів, яка дозволяє підприємствам адаптувати інвестиційні стратегії залежно від ресурсних можливостей і стратегічних цілей. Економічні розрахунки засвідчили, що TSA забезпечує не лише мінімізацію початкових ризиків і перевірку гіпотез, але й створює умови для досягнення високого рівня ROI у довгостроковій перспективі.

Узагальнюючи, TSA варто розглядати як комплексний інструмент стратегічного управління, який інтегрує технічні архітектурні рішення з економічними критеріями ефективності. Використання TSA підвищує прозорість процесу прийняття управлінських рішень, сприяє зниженню ризиків у цифрових трансформаціях і формує передумови для сталого зростання конкурентоспроможності підприємств. Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення методології кількісного оцінювання TSA в різних галузевих контекстах, а також вивчення його взаємодії з сучасними трендами – штучним інтелектом, ESG-стратегіями та гнучкими методологіями управління проєктами.

Список використаних джерел

1. Форкун Ю., Мартинюк В., Яшина О. Метод розробки та проєктування архітектурної складової програмного застосунку. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*. 2023. № 4. С. 87–93. DOI: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-76-11>.
2. Дивак М., Манжула В., Мельник А., Юшко А. Архітектура програмного забезпечення для математичного моделювання на основі аналізу інтервальних даних з використанням хмарних технологій. *Measuring and*



Computing Devices in Technological Processes. 2024. № 1. С. 125–139. DOI: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-77-15>.

3. Sobhy D., Minku L., Bahsoon R., Chen T., Kazman R. Run-time evaluation of architectures: A case study of diversification in IoT. *Journal of Systems and Software*. 2020. Vol. 159. 110428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2019.110428>.

4. Avci C., Tekinerdogan B., Athanasiadis I. N. Software architectures for big data: a systematic literature review. *Big Data Analytics*. 2020. Vol. 5. 5. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41044-020-00045-1>.

5. Bucaioni A., Di Salle A., Iovino L., Cicchetti A., Ciccozzi F., Eramo R., Mubeen S., Sjödin M. Reference architectures modelling and compliance checking. *Software and Systems Modeling*. 2023. Vol. 22. P. 891–917. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10270-022-01022-z>.

6. Klotins E., Gorschek T., Sundelin K., Falk E. Towards cost-benefit evaluation for continuous software engineering activities. *Empirical Software Engineering*. 2022. Vol. 27. 157. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10664-022-10191-w>.

7. Soldani J., Tamburri D. A., van den Heuvel W.-J. The pains and gains of microservices: a systematic grey literature review. *Journal of Systems and Software*. 2018. Vol. 146. P. 215–232. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.09.082>.

8. Weisenburger P., Wirth J., Salvaneschi G. A Survey of multitier programming. *ACM Computing Surveys*. 2021. Vol. 53, № 4. 81. DOI: <https://doi.org/10.1145/3397495>.

9. Verhoef P. C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J. Q., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*. 2021. Vol. 122. P. 889–901. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>.

10. Aldenhoven C. M., Engelschall R. S. The beauty of software architecture. *2023 IEEE 20th International Conference on Software Architecture (ICSA)*: proc. conf. (Aquila, Italy, 13–17 march 2023). Aquila, Italy. 2023. P. 117–128. DOI:



<https://doi.org/10.1109/ICSA56044.2023.00019>.

11. Ayas M. H., Leitner P., Hebig R. An empirical study of the systemic and technical migration towards microservices. *Empirical Software Engineering*. 2023. Vol. 28. 85. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10664-023-10308-9>.

12. Auer F., Lenarduzzi V., Felderer M., Taibi D. From monolithic systems to Microservices: An assessment framework. *Information and Software Technology*. 2021. Vol. 137. 106600. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2021.106600>.

13. Baltes S., Ralph P. Sampling in software engineering research: a critical review and guidelines. *Empirical Software Engineering*. 2020. 38 p. arXiv:2002.07764. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2002.07764>.

14. Camilli M., Russo B. Modeling performance of microservices systems with growth theory. *Empirical Software Engineering*. 2022. Vol. 27. 39. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10664-021-10088-0>.

15. Chen Z., Cao Y., Liu Y., Wang H., Xie T., Liu X. A comprehensive study on challenges in deploying deep learning based software. *28th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE 2020)*: proc. New York, USA: ACM, 2020. P. 750–762. DOI: <https://doi.org/10.1145/3368089.3409759.3>.

16. Ammermann J., Jordan S., Linsbauer L., Schaefer I. A Query language for software architecture information. *Software architecture. Lecture notes in computer science* / eds B. Tekinerdogan, C. Trubiani, C. Tibermachine, P. Scandurra, C.E. Cuesta. Springer: Cham, 2023. Vol. 14212. P. 337–345. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-42592-9_23.

17. Vögele C., van Hoorn A., Schulz E., Hasselbring W., Kremer H. WESSBAS: extraction of probabilistic workload specifications for load testing and performance prediction-a model-driven approach for session-based application systems. *Software and Systems Modeling*. 2018. Vol. 17. P. 443–477. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10270-016-0566-5>.

18. Гончаренко Т. Архітектура програмної системи на основі концепції



рефлексивної адаптації. *Управління розвитком складних систем*. 2023. № 54. С. 69–76. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.54.69-76>.

19. Волович В., Береженко Б., Боднарчук І. Задача проєктування програмної архітектури в процесах забезпечення якості. *Матеріали X науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя*. 2022. С. 104–106. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/40339/2/XNTK_2022_Volovych_V-The_problem_of_software_104-106.pdf (дата звернення 01.06.2024).