

## ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕІНЖІНІРИНГУ ЦИФРОВИХ ДЕРЖАВНИХ ПОСЛУГ: МЕТОДИКА, ПОКАЗНИКИ, РЕЗУЛЬТАТИ

У статті запропоновано методику, орієнтовану на практичне застосування в органах публічної влади. Під реінжинірингом розуміється не лише технічна модернізація інформаційних систем, а глибоке перепроєктування бізнес-процесів, ролей, каналів взаємодії й моделей прийняття рішень. Запропонована методика базується на системі ключових показників ефективності (KPI), інтегральних індикаторах, часових метриках, показниках задоволеності користувачів, індикаторах продуктивності та економічної результативності. На основі формального опису е-послуги розроблено багатофакторну модель, що пов'язує часові характеристики процесу, рівень автоматизації, якість даних, частоту помилок, навантаження на систему та обсяг звернень до служби підтримки. Введено інтегральний індекс ефективності реінжинірингу, який дозволяє агрегувати нормовані показники з урахуванням вагових коефіцієнтів важливості для конкретного органу влади. Наведено декілька варіантів математичного формалізму: часова модель виграшу, економічний ефект від скорочення тривалості процесу, ймовірнісна модель помилок і оптимізаційна постановка задачі розподілу ресурсів для досягнення цільових значень SLO. У роботі представлено приклади таблиць порівняння стану “до” та “після” реінжинірингу, схему візуалізації динаміки показників, а також псевдокод процедур збору даних, нормування, розрахунку інтегрального індексу й формування аналітичних звітів. Показано, як використання розробленої методики дозволяє виявляти “вузькі місця”, аргументовано обґрунтовувати інвестиції в цифрову трансформацію та контролювати реальний ефект від проведених змін у розрізі продуктивності, навантаження системи, рівня помилок і обсягу звернень користувачів.

**Ключові слова:** реінжиніринг бізнес-процесів, цифрові державні послуги, KPI, SLI/SLO, інтегральний індекс ефективності, часові метрики, економічна ефективність, задоволеність користувачів.

### Вступ та постановка проблеми

Протягом останнього десятиліття цифрові державні послуги перейшли від пілотних проєктів до масового інструмента взаємодії громадян і бізнесу з публічною адміністрацією. Електронні черги, кабінети користувача, реєстрові сервіси, системи міжвідомчого обміну даними стають основою для формування електронного уряду, який інтегрується у ширший контекст цифрової трансформації економіки та державного управління [1, 4, 5, 16].

Досвід трансформації університетів, міських служб, будівельної та комунальної інфраструктури показує, що бізнес-процеси стають ключовим об'єктом змін: саме перерозподіл ролей, каналів взаємодії та логіки маршрутів забезпечує реальний приріст ефективності, а не лише зовнішнє «оцифрування» паперових процедур [1, 15, 19]. Однак проста діджиталізація наявних регламентів без перегляду логіки процесів призводить до накопичення технічного боргу, дублювання операцій, неузгодженості даних та незадоволеності користувачів. Аналогічні ризики описуються в дослідженнях з управління якістю та реінжинірингу в промисловості, транспорті й фінансовому секторі, де наголошується, що автоматизація поверх неефективних схем лише консервує організаційні дисфункції [8, 11, 17]. У публічному секторі це проявляється у вигляді довгих «цифрових черг», надмірного навантаження на фронт-офіс, складності інтерфейсів, недостатньої прозорості статусу звернення, що безпосередньо впливає на довіру громадян до держави [6, 7, 21]. Реінжиніринг бізнес-процесів (business process reengineering, BPR) у сфері електронних державних послуг передбачає радикальне перепроєктування процедур на основі принципів орієнтації на кінцевий результат, мінімізації кількості кроків, усунення зайвих погоджень, максимальної автоматизації та повторного використання даних [8, 15, 19]. Сучасні концепції Industry 4.0, «розумних» об'єктів та кіберфізичних систем підкреслюють, що цифрова трансформація має спиратися на процесну модель, де кожен крок формалізований, вимірюваний та пов'язаний із конкретними показниками продуктивності й якості [10, 14, 15, 16]. Подібні підходи продемонстрували ефективність у приватному секторі (виробництво, авіаперевезення, туризм, енергетика), забезпечуючи підвищення продуктивності, скорочення

часу циклу та підвищення задоволеності клієнтів [3, 11, 12, 20]. У публічному управлінні зростає запит на такі методики, які дозволили б перенести найкращі практики бізнес-процес менеджменту (BPM) та реінжинірингу на ґрунт державних е-послуг, адаптувавши їх до нормативних обмежень, вимог прозорості, підвітності та соціальної справедливості [1, 4, 6, 7]. З огляду на масштабність цифрової трансформації, що відображена у численних міжнародних конференціях і дослідженнях міждисциплінарного характеру [2, 5, 9, 14], актуальним стає питання не лише проектування нових процесів, а й науково обґрунтованого вимірювання ефекту від реінжинірингу. Без прозорої та відтворюваної методики оцінювання реінжиніринг перетворюється на набір суб'єктивних рішень, які важко порівнювати між собою та захищати перед стейкхолдерами [17, 21].

У практиці публічного управління часто фіксується факт впровадження «нової» або «удосконаленої» е-послуги, тоді як систематичне вимірювання ефекту залишається фрагментарним. Нерідко аналіз обмежується підрахунком кількості користувачів чи загального обсягу поданих заяв. Такі показники важливі, але не відображають глибину змін процесної архітектури, вплив на час отримання результату, навантаження на інформаційну систему та персонал, рівень помилок чи обсяг повторних звернень [18, 21]. Між тим, у галузях, де питання продуктивності й надійності є критичними (авіація, виробництво, туризм, критична інфраструктура), давно сформувалися підходи до комплексної оцінки, що поєднують якісні та кількісні показники, методи багатокритеріального аналізу й інструменти управління якістю [3, 11, 12, 14]. Складність оцінювання посилюється тим, що реінжиніринг охоплює одночасно кілька вимірів:

- організаційний (зміна ролей, погоджень, маршрутів);
- технологічний (оновлення інформаційних систем, інтеграція з реєстрами, використання хмарних та мобільних платформ);
- користувацький (UX/UI, доступність, зрозумілість вимог, інклюзивність);
- дані (якість, повнота, уніфікація довідників і форматів, узгодженість між реєстрами).

Кожен із цих вимірів має власні метрики та власну динаміку змін, а також взаємовплив, який складно вловити без інтегральної моделі [1, 13, 16]. Наприклад, скорочення кількості кроків процесу та підвищення рівня автоматизації можуть призвести як до зменшення тривалості обробки, так і до тимчасового зростання кількості помилок через адаптацію користувачів до нового інтерфейсу. Водночас зміни в організації роботи бек-офісу можуть суттєво вплинути на завантаження персоналу, але майже не відобразитися на формальних технологічних показниках [8, 17].

У літературі з реінжинірингу та управління змінами підкреслюється, що значна частина BPR-ініціатив не досягає очікуваних результатів саме через недостатню увагу до системного вимірювання ефективності й управління знаннями [8, 13, 18]. Дослідження з інформаційних систем демонструють, що оцінювання IT-проектів часто набуває інституційного характеру: показники використовуються радше для формального підтвердження успіху, ніж для реального управління й корекції курсу [21]. Подібні проблеми виявлено й у публічному секторі, де формальні звіти про «успішну діджиталізацію» не завжди корелюють із фактичним досвідом користувачів [2, 6, 7].

У галузях, де впроваджуються комплексні цифрові рішення (розумні будівлі, промислові системи, smart-homes), сформувалися підходи до оцінювання, які поєднують KPI продуктивності, показники задоволеності, економічну ефективність та сталість [4, 5, 15, 16, 20]. Для державних е-послуг аналогічні багатовимірні рамки поки що залишаються фрагментарними й переважно не стандартизованими. Це ускладнює порівняння результатів між галузями, регіонами та юрисдикціями, а також перешкоджає формуванню узагальнених рекомендацій щодо успішних моделей реінжинірингу [9, 10, 14]. Таким чином, наявний науковий і практичний доробок з BPR, управління якістю, оцінювання IT-проектів та організаційного навчання [3, 8, 11-13, 17, 18, 21] створює основу для побудови більш

системної моделі оцінювання реінжинірингу цифрових державних послуг. Проте ця основа потребує адаптації до специфіки публічного сектору, включно з вимогами прозорості, підзвітності, нормативного регулювання та необхідності врахування соціальних ефектів [2, 4, 6, 7].

#### **Мета та завдання дослідження**

Метою статті є розроблення узгодженої методики оцінювання ефективності реінжинірингу цифрових державних послуг, яка поєднує часові, операційні, якісні та економічні показники в єдину інтегральну модель, придатну для практичного застосування в органах публічної влади. Запропонований підхід має забезпечити можливість не лише «постфактум» констатувати успіх чи невдачу окремих проєктів, а й підтримувати прийняття рішень на всіх етапах життєвого циклу е-послуг: від ініціювання змін до їх масштабування й супроводу [1, 17, 18].

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. сформулювати систему КРІ, релевантних для аналізу реінжинірингу е-послуг, з урахуванням досвіду впровадження систем управління продуктивністю та якості в інших галузях [3; 11; 12; 15; 20];

2. запропонувати класифікацію часових, операційних, якісних та економічних метрик, що відображають багатовимірну природу змін у процесах, технологічній інфраструктурі, користувацькому досвіді й управлінні даними [1; 4; 16; 19; 21];

3. розробити математичні моделі нормування показників і побудови інтегрального індексу ефективності, здатні агрегувати різноманітні метрики з урахуванням пріоритетів конкретного органу влади та обмежень ресурсів [5; 14; 17];

4. описати процедуру збору вихідних даних «до» та «після» реінжинірингу, включно з використанням журналів подій, аналітичних звітів, опитувань користувачів і фінансової інформації, спираючись на підходи до організаційного навчання та керування знаннями [2; 6; 7; 18];

5. надати приклади таблиць і візуалізацій, що демонструють практичні результати застосування методики та підтримують інтерпретацію інтегрального індексу для різних груп стейкхолдерів [4; 9; 10; 16; 19];

6. представити псевдокод алгоритмів автоматизованого розрахунку показників і формування звітів, орієнтований на реалізацію в сучасних аналітичних платформах і системах моніторингу е-послуг [5; 10; 14].

Реалізація зазначених завдань дозволить поєднати концепції бізнес-процес менеджменту, реінжинірингу, управління якістю та цифрової трансформації в єдину рамку оцінювання, орієнтовану на практичні потреби публічної адміністрації. Очікується, що сформована методика створить підґрунтя для стандартизації підходів до оцінювання результатів реінжинірингу, забезпечить порівнюваність показників між різними е-послугами й органами влади та сприятиме підвищенню прозорості та обґрунтованості рішень щодо подальших інвестицій у цифрову трансформацію [1, 4, 6, 13, 16-18, 21].

#### **Методика та модель оцінювання**

Методична основа дослідження сформована відповідно до мети та завдань, визначених у розділі 1, і спирається на поєднання концепцій реінжинірингу бізнес-процесів, управління якістю, цифрової трансформації та оцінювання ІТ-проєктів [1, 3, 8, 11, 15, 17, 21]. Вихідною передумовою є трактування реінжинірингу як цілісної зміни процесної архітектури е-послуги, що охоплює організаційні процедури, інформаційні системи, канали взаємодії з користувачами та моделі використання даних [4, 6, 7, 16]. Відтак методика має забезпечувати відтворюваний порівняльний аналіз стану «до» та «після» реінжинірингу на основі набору формалізованих показників, які можуть бути отримані з наявних журналів подій, аналітичних звітів та опитувань. Запропонований підхід поєднує кілька груп методів:

(1) структурно-функціональний аналіз бізнес-процесів е-послуги з використанням принципів BPM/BPR для побудови «as-is» та «to-be» моделей [1, 8, 15, 19];

(2) формалізацію системи КРІ, орієнтованої на часові, операційні, якісні, користувацькі та економічні показники, з опорою на напрацювання у сфері управління продуктивністю, якості та надійності складних систем [3, 10, 11, 14, 20];

(3) математичне моделювання, що включає нормування показників, побудову інтегрального індексу ефективності, імовірнісні моделі помилок та оптимізаційну постановку задачі розподілу ресурсів [5, 14, 17, 18];

(4) емпіричний аналіз на основі даних експлуатації конкретної е-послуги, який дозволяє верифікувати запропоновану модель та інтерпретувати результати для практичних рішень органів публічної влади [2, 4, 6, 7, 21].

Методика організована у вигляді послідовності етапів, що відображають повний цикл оцінювання: інвентаризація та формалізація базового процесу, проектування цільової моделі, визначення переліку КРІ та джерел даних, збір і попередня обробка фактичних показників за періоди «до» і «після» реінжинірингу, нормування та агрегування показників у інтегральний індекс, аналіз чутливості та формування аналітичних звітів для стейкхолдерів [3, 8, 12, 13, 18]. У підрозділах 2.1-2.7 деталізовано концептуальну рамку системи КРІ, математичні залежності для розрахунку часових, операційних, якісних і економічних метрик, правила нормування й побудови інтегрального індексу, а також процедури збору даних і алгоритми автоматизованого обчислення показників у форматі, придатному для реалізації в інформаційно-аналітичних системах моніторингу е-послуг.

Запропонована система показників ефективності реінжинірингу цифрової державної послуги базується на розподілі КРІ на п'ять груп:

1. Часові метрики: середній загальний час отримання результату  $T_{avg}$ , номінальний час обробки  $T_{proc}$ , середній час очікування  $T_{wait}$ , час взаємодії з інтерфейсом користувача  $T_{UX}$ ;

2. Операційні показники: кількість кроків у процесі  $K_{step}$ , кількість ручних операцій  $R$ , частка автоматизованих операцій  $A$ , кількість звернень  $C$  та повторних звернень  $C_{rep}$ ;

3. Показники якості та помилок: частота технічних помилок  $E_{tech}$ , помилок валідації  $E_{val}$ , помилок заповнення форм  $E_{form}$ , частка кейсів, які потребували додаткових уточнень  $C_{clar}$ ;

4. Показники задоволеності користувачів: середній бал опитування CSAT, індекс рекомендації NPS, частота скарг на процес та інтерфейс;

5. Економічні показники: витрати на обробку одного кейсу  $C_{case}$ , витрати на підтримку інфраструктури  $C_{infra}$ , економія часу персоналу  $E_{staff}$ , економія коштів для заявника (зменшення поїздок, часу очікування)  $E_{user}$ .



Рис. 1. Концептуальна рамка КРІ реінжинірингу цифрової державної послуги

Для кожної групи КРІ визначаються джерела даних (журнали подій, аналітичні звіти, опитування, фінансові облікові системи) і період спостереження (наприклад, 3-6 місяців до та після реінжинірингу). На схемі по центру розташовано блок «Система КРІ реінжинірингу е-послуги», який виступає ядром моделі. До нього зверху підключені два узагальнені блоки: «Джерела даних» (журнали подій, аналітичні звіти, опитування користувачів, фінансові облікові системи) та «Період спостереження» (інтервали 3-6 місяців до та після реінжинірингу). Стрілки від цих блоків показують, що саме вони визначають масив вхідної інформації та часові рамки, у межах яких обчислюються всі показники. У нижньому ряді схеми змодельовано п'ять груп показників, що формують змістову структуру системи КРІ. Праворуч розміщені «1. Часові метрики» (загальний час отримання результату, номінальний час обробки, час очікування, час взаємодії з інтерфейсом), ліворуч – «2. Операційні показники» (кількість кроків, ручних операцій, частка автоматизованих дій, кількість звернень і повторних звернень). У центрі подано «3. Показники якості та помилок» (частота технічних збоїв, помилок валідації, помилок заповнення форм, частка кейсів з додатковими уточненнями) та «4. Задоволеність користувачів» (середній бал CSAT, NPS, частота скарг). Завершує ряд блок «5. Економічні показники», який охоплює витрати на обробку одного кейсу, підтримку інфраструктури, економію часу персоналу й коштів заявника. Багатоспрямовані стрілки між центральним блоком і всіма п'ятьма групами підкреслюють, що система КРІ не лише отримує від них дані, а й повертає результати у вигляді агрегованих індикаторів для подальшого управлінського аналізу.

На схемі по центру розташовано блок «Система КРІ реінжинірингу е-послуги», який виступає ядром моделі. До нього зверху підключені два узагальнені блоки: «Джерела даних» (журнали подій, аналітичні звіти, опитування користувачів, фінансові облікові системи) та «Період спостереження» (інтервали 3-6 місяців до та після реінжинірингу). Стрілки від цих блоків показують, що саме вони визначають масив вхідної інформації та часові рамки, у межах яких обчислюються всі показники.

У нижньому ряді схеми змодельовано п'ять груп показників, що формують змістову структуру системи КРІ. Праворуч розміщені «1. Часові метрики» (загальний час отримання результату, номінальний час обробки, час очікування, час взаємодії з інтерфейсом), ліворуч – «2. Операційні показники» (кількість кроків, ручних операцій, частка автоматизованих дій, кількість звернень і повторних звернень).

У центрі подано «3. Показники якості та помилок» (частота технічних збоїв, помилок валідації, помилок заповнення форм, частка кейсів з додатковими уточненнями) та «4. Задоволеність користувачів» (середній бал CSAT, NPS, частота скарг). Завершує ряд блок «5. Економічні показники», який охоплює витрати на обробку одного кейсу, підтримку інфраструктури, економію часу персоналу й коштів заявника. Багатоспрямовані стрілки між центральним блоком і всіма п'ятьма групами підкреслюють, що система КРІ не лише отримує від них дані, а й повертає результати у вигляді агрегованих індикаторів для подальшого управлінського аналізу.

*Часові метрики та модель виграшу*

Нехай  $T_{avg}^{(b)}$  – середній загальний час отримання результату до реінжинірингу, а  $T_{avg}^{(a)}$  – після. Часовий виграш визначимо як:

$$\Delta T_{avg} = T_{avg}^{(b)} - T_{avg}^{(a)} \quad (1)$$

Аналогічно визначаються виграші за окремими фазами процесу:

$$\Delta T_{proc} = T_{proc}^{(b)} - T_{proc}^{(a)}, \quad \Delta T_{wait} = T_{wait}^{(b)} - T_{wait}^{(a)}, \quad (2)$$

$$\Delta T_{UX} = T_{UX}^{(b)} - T_{UX}^{(a)}. \quad (3)$$

Сумарний часовий ефект для  $N$  кейсів за звітний період можна оцінити як:

$$E_T = (\Delta T_{\text{avg}}) \cdot N. \quad (4)$$

Якщо перевести час у грошовий еквівалент, враховуючи середню вартість години роботи персоналу  $C_{1h}^{\text{staff}}$  та середню оціночну вартість години заявника  $C_{1h}^{\text{user}}$ , отримаємо економічний результат реінжинірингу:

$$E_{\text{money}} = E_T^{\text{staff}} \cdot C_{1h}^{\text{staff}} + E_T^{\text{user}} \cdot C_{1h}^{\text{user}}. \quad (5)$$

*Операційні показники й індекс автоматизації*

Частка автоматизованих операцій у процесі розраховується як:

$$A = \frac{K_{\text{auto}}}{K_{\text{step}}}, \quad (6)$$

де  $K_{\text{auto}}$  – кількість автоматизованих кроків,  $K_{\text{step}}$  – загальна кількість кроків процесу.

Індекс скорочення ручних операцій:

$$I_R = 1 - \frac{R^{(a)}}{R^{(b)}}, \quad (7)$$

де  $R^{(b)}$  та  $R^{(a)}$  – середня кількість ручних операцій до та після реінжинірингу відповідно. Значення  $I_R$  близьке до 1 означає суттєве зменшення ручної роботи.

*Модель помилок і показників якості*

Частота помилок розглядається як інтенсивність процесу відмов. Якщо за період  $T$  зафіксовано  $n$  помилок, то:

$$\lambda = \frac{n}{T}. \quad (8)$$

Ймовірність того, що протягом інтервалу тривалості  $\tau$  станеться принаймні одна помилка, за пуассонівської моделі:

$$P(E; \tau) = 1 - e^{-\lambda\tau}. \quad (9)$$

Після реінжинірингу очікується зменшення  $\lambda$ , тобто:

$$\lambda^{(a)} < \lambda^{(b)}, \quad P^{(a)}(E; \tau) < P^{(b)}(E; \tau). \quad (10)$$

*Інтегральний індекс ефективності*

Для побудови інтегрального індексу усі показники нормуються до інтервалу  $[0; 1]$ . Для показників типу “чим менше – тим краще” (час, кількість помилок, кількість звернень) використовуємо зворотне нормування:

$$K_i = \frac{X_{\text{max}} - X_i}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}. \quad (11)$$

Для показників типу “чим більше – тим краще” (частка автоматизації, рівень задоволеності) – пряме нормування:

$$K_i = \frac{X_i - X_{\text{min}}}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}. \quad (12)$$

Інтегральний індекс ефективності реінжинірингу визначається як зважена сума нормованих показників:

$$I_{\text{eff}} = \sum_{i=1}^n w_i K_i, \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad w_i \geq 0. \quad (13)$$

Вагові коефіцієнти  $w_i$  задаються експертно або визначаються методом аналізу ієрархій чи іншими методами багатокритеріального аналізу.

*Оптимізаційна постановка задачі*

Розглянемо задачу вибору конфігурації параметрів системи  $x \in \mathbb{R}^m$  (наприклад, кількість серверів, тайм-аути, глибина черг), що забезпечує максимальний інтегральний індекс ефективності за умови обмеженості ресурсів:

$$\max_x I_{\text{eff}}(x), \quad (14)$$

$$\text{за умов } C(x) \leq C_{\text{max}}, \quad R_j(x) \leq R_j^{\text{max}}, \quad j = 1, \dots, k, \quad (15)$$

де  $C(x)$  – функція сукупних витрат (апаратних, програмних, організаційних),  $R_j(x)$  – обмеження за ресурсами (наприклад, кількість операторів, пропускна здатність каналів тощо).

За принципом відкритої науки візуалізації та програмний результат заходяться за авторизованим посиланням : <https://doi.org/10.5281/zenodo.18601755>.

**Результати***1. Порівняння часових показників*

У якості ілюстративного прикладу розглянемо умовну державну послугу, для якої було проведено реінжиніринг. На основі журналів подій і аналітичних звітів отримано середні значення часових показників до та після змін (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння часових метрик до та після реінжинірінгу

Показник	До BPR	Після BPR	Зміна
Середній загальний час отримання результату, хв	74	29	-45
Середній час технологічної обробки, хв	41	17	-24
Середній час очікування в черзі, хв	33	12	-21
Середній час взаємодії користувача з інтерфейсом, хв	14	8	-6

Зменшення всіх часових показників понад 40% свідчить про суттєвий ефект від скорочення кроків, автоматизації перевірок та інтеграції з реєстрами. Особливо важливим є скорочення часу очікування в черзі, яке безпосередньо впливає на суб'єктивне сприйняття якості сервісу.

*2. Операційні показники й навантаження*

Реінжиніринг зазвичай передбачає перегляд ролей операторів, перерозподіл навантаження між фронт-офісом і бек-офісом, а також зміну логіки маршрутизації заяв. У табл. 2 наведено приклад зміни операційних показників.

Таблиця 2

Операційні показники процесу до та після реінжинірінгу

Показник	До BPR	Після BPR	Зміна
Середня кількість кроків у процесі, шт.	11	6	-5
Середня кількість ручних операцій, шт.	7	2	-5
Частка автоматизованих операцій	0,36	0,67	+31 п.п.
Кількість повторних звернень на 1000 кейсів	132	57	-75
Частка кейсів, що потребували уточнень, %	42	18	-24 п.п.

Отримані дані демонструють значне зменшення ручних операцій та повторних звернень, що, з одного боку, зменшує навантаження на персонал, а з іншого – свідчить про покращення зрозумілості вимог і якості інтерфейсу.

### 3. Показники помилок і якості

У табл. 3 наведено приклад зміни структури помилок.

Таблиця 3

Показники помилок до та після реінжинірингу

Тип помилки	До BPR (на 1000 кейсів)	Після BPR (на 1000 кейсів)	Зміна
Технічні збої (недоступність, тайм-аут)	18	7	-11
Помилки валідації даних (формат, обов'язковість)	34	12	-22
Помилки заповнення форм користувачем	51	19	-32
Скарги на некоректність результату	9	4	-5

Зменшення кількості помилок усіх типів свідчить як про покращення технічної стабільності, так і про підвищення якості UX та логіки валідації.

### 4. Задоволеність користувачів

Нехай середній бал задоволеності (за шкалою 1-5) до реінжинірингу становив  $CSAT^{(b)} = 3,2$ , а після –  $CSAT^{(a)} = 4,1$ . Відносна зміна:

$$\Delta CSAT = \frac{CSAT^{(a)} - CSAT^{(b)}}{CSAT^{(b)}} \cdot 100\% \approx 28\%. \quad (16)$$

Індекс рекомендації (NPS) збільшився з 9 до 32, що свідчить про перехід від переважання критиків до зростання частки промоутерів.

### 5. Інтегральний індекс ефективності

Після нормування показників і вибору вагових коефіцієнтів, наприклад:

$$w_T = 0,35, \quad w_A = 0,2, \quad w_E = 0,2, \quad w_{CSAT} = 0,15, \quad w_{eco} = 0,1,$$

отримано значення інтегрального індексу:

$$I_{\text{eff}}^{(b)} = 0,41, \quad I_{\text{eff}}^{(a)} = 0,78.$$

Приріст становить:

$$\Delta I_{\text{eff}} = I_{\text{eff}}^{(a)} - I_{\text{eff}}^{(b)} = 0,37.$$

### 6. Візуалізація результатів

Для узагальнення результатів доцільно використовувати графічні візуалізації. На рис. 6 наведено приклад порівняння основних показників до та після реінжинірингу.

#### Обговорення

##### 1. Інтерпретація інтегрального індексу

Отримане зростання інтегрального індексу ефективності з 0,41 до 0,78 свідчить про значний системний ефект. Важливо наголосити, що індекс агрегує різноманітні показники (часові, операційні, показники помилок, задоволеності та економічні метрики), і тому його інтерпретація має проводитися разом із аналізом внеску окремих компонент. На відміну від традиційних підходів, де оцінювання обмежується окремими КРІ на кшталт середнього часу обробки або кількості заяв за період [3, 11, 21], запропонований інтегральний показник дозволяє отримати цілісну картину ефекту від реінжинірингу, не втрачаючи при цьому можливості деталізації за групами метрик.

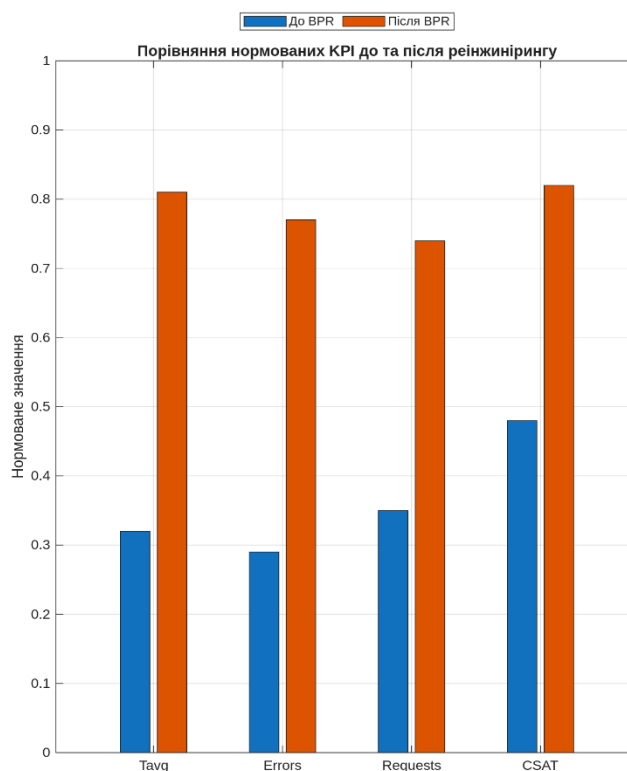


Рис. 6. Порівняння нормованих показників до та після реінжинірингу

Практична інтерпретація індексу передбачає аналіз структури його формування: нормовані показники, згруповані за часовими, операційними, якісними та економічними характеристиками, підсумовуються з урахуванням вагових коефіцієнтів. Якщо найбільший вклад у приріст індексу внесли часові показники й автоматизація, а показники задоволеності зросли менш суттєво, це може бути сигналом, що інтерфейс і комунікація з користувачами потребують додаткової уваги, незважаючи на загальне покращення процесу [4, 6, 19]. Навпаки, ситуація, коли індекс зростає переважно за рахунок CSAT та NPS за відсутності істотного скорочення тривалості циклу, може вказувати на успішні UX-покращення, але обмежений вплив на внутрішню продуктивність. Порівняно з відомими методами, що використовують збалансовані системи показників або окремі індекси якості обслуговування (наприклад, у моделях TQM і сервісного менеджменту [11, 12]), запропонований інтегральний індекс має дві ключові переваги. По-перше, він побудований спеціально під специфіку цифрових державних послуг, де одночасно важливі нормативні вимоги, зручність для громадянина та ефективність використання ресурсів. По-друге, його структура безпосередньо пов'язана з формулами нормування (11)–(13) і набором КРІ, що автоматично розраховуються на основі журналів подій, що спрощує впровадження в інформаційні системи моніторингу [5, 14, 17].

## 2. Вплив на продуктивність і навантаження системи

Скорочення середнього часу обробки та кількості кроків безпосередньо впливає на продуктивність системи. За умов сталої інфраструктури збільшення пропускної здатності (кількості кейсів, які обробляються за одиницю часу) дозволяє або зменшити пікові черги, або обробляти більший обсяг запитів без додаткових витрат. На відміну від класичних підходів, де продуктивність аналізують ізольовано через моделі масового обслуговування чи розрахунок завантаження серверів [10; 14], запропонована методика пов'язує часові метрики з операційними показниками (кількістю кроків, часткою автоматизованих операцій, повторними зверненнями) та інтегральним індексом ефективності. Це дозволяє оцінювати не тільки «скільки кейсів обробляється», а й «якою ціною» для користувачів і персоналу.

Зниження кількості повторних звернень і скарг означає також зменшення навантаження на службу підтримки, що дозволяє їм зосередитися на складних випадках замість масового реагування на типові проблеми інтерфейсу або незрозумілі вимоги. У літературі з BPR наголошується, що значна частина виграшу від реінжинірингу досягається саме через перерозподіл навантаження й усунення непотрібних контактів із користувачем [8; 18]. Запропонована модель робить цей ефект кількісно вимірюваним завдяки включенню у систему КРІ показників повторних звернень, звернень із уточненнями та структури помилок. Порівняно з існуючими підходами до оцінювання продуктивності в публічному секторі, які часто обмежуються агрегованими статистичними показниками (наприклад, кількість наданих послуг чи середній час обробки без деталізації) [2; 6; 21], наш метод забезпечує багатовимірний аналіз. Він дозволяє оцінити вплив реінжинірингу одночасно на продуктивність, якість, задоволеність та економічний ефект, а також пов'язати ці зміни з конкретними рішеннями щодо спрощення маршрутів, автоматизації перевірок або інтеграції з реєстрами.

### *3. Ризики та обмеження методики*

Запропонована методика має низку практичних переваг: вона є прозорою, відтворюваною та дозволяє порівнювати різні послуги між собою. На відміну від багаторазово описаних у літературі рамок оцінювання IT-проектів, що використовують переважно фінансові або суто технічні критерії [13; 21], наш підхід побудований навколо реальних експлуатаційних даних е-послуг і поєднує процесні, користувацькі та економічні аспекти. Це відповідає сучасній тенденції до «Mode 2» виробництва знань, коли аналітичні моделі одразу інтегруються в управлінську практику [13]. Водночас існують обмеження, які необхідно враховувати при застосуванні методики:

- якість вхідних даних може варіюватися залежно від рівня зрілості систем журналювання й аналітики; у випадках, коли журнали подій є неповними або непослідовними, частина показників може потребувати додаткового опитування чи експертної оцінки [2; 18];
- нормування показників потребує коректного вибору референтних значень та , що може бути складним для послуг з унікальною специфікою або відсутністю галузевих бенчмарків;
- вагові коефіцієнти залежать від пріоритетів органу влади й можуть змінюватися в часі, що ускладнює довгострокові порівняння між періодами; проте ця гнучкість одночасно є перевагою, оскільки дозволяє адаптувати модель до стратегічних цілей конкретної установи [4; 17];
- інтегральний індекс, будучи агрегованим показником, може маскувати локальні проблеми, тому його необхідно доповнювати деталізованим аналізом окремих метрик та розрізів (канали подання, категорії користувачів, регіони) [6, 7].

У порівнянні з існуючими методами BPR, де оцінювання часто завершується разовим «аудитом» процесу після впровадження змін [8, 9, 16], наша методика орієнтована на багаторазове застосування в циклі безперервного вдосконалення. Це дозволяє не лише зафіксувати початковий ефект, а й відстежувати подальшу динаміку показників, виявляти вторинні ефекти та коригувати процеси на основі даних.

### *4. Перспективи автоматизації оцінювання*

Подальший розвиток підходів до оцінювання ефективності реінжинірингу пов'язаний з інтеграцією зазначених методик у системи моніторингу й управління якістю е-послуг. Цілком доцільним є розгортання централізованих панелей (дашбордів), які відображають інтегральний індекс і ключові КРІ в режимі, наближеному до реального часу, з можливістю деталізації до окремих підпроцесів та точок контакту з користувачем [4, 5, 16]. На відміну від традиційної практики періодичних звітів, дашборд, побудований на основі запропонованого індексу, дозволяє оперативно фіксувати відхилення від цільових значень SLO і запускати локальні ініціативи реінжинірингу на рівні конкретних етапів процесу. Перспективним

напрямом є застосування методів машинного навчання для прогнозування впливу окремих змін процесу на цільові показники. Існуючі роботи в галузі управління якістю та продуктивністю демонструють потенціал використання моделей прогнозування для підтримки рішень щодо планування ресурсів і оптимізації процесів [3, 10, 14]. У межах запропонованої методики це може означати побудову моделей, які на основі історичних KPI оцінюють очікуваний вплив зміни черговості кроків, впровадження нових інтеграцій з реєстрами чи змін валідаційних правил на інтегральний індекс ефективності. Окремий вектор розвитку стосується використання аномалій у часових рядах SLI/SLO як тригерів для ініціювання локального реінжинірингу. У поєднанні з підходами до управління надійністю та безпекою складних систем [14, 15] це дає змогу перейти від реактивного до проактивного управління: замість періодичного «ручного» перегляду процесів система автоматично сигналізує про накопичення відхилень (зростання часу очікування, частоти помилок, падіння CSAT), що перевищують допустимі пороги. У цьому сенсі запропонована методика виступає «аналітичним ядром» для таких систем, оскільки забезпечує узгоджені правила розрахунку KPI, їх нормування та інтеграцію в єдину шкалу ефективності. Таким чином, порівняно з існуючими методами оцінювання BPR, що часто зосереджені на разових опитуваннях або вузькому наборі показників, розроблений підхід поєднує формальний математичний апарат, можливість автоматизованого розрахунку та інтеграцію з сучасними аналітичними платформами. Це забезпечує йому перевагу як інструменту для постійного, даними керованого управління якістю та продуктивністю цифрових державних послуг.

### Висновки

У проведеному дослідженні сформовано й обґрунтовано комплексну методику оцінювання ефективності реінжинірингу цифрових державних послуг, яка поєднує формальний математичний апарат з вимогами практики публічного управління. Сутність підходу полягає в інтеграції розгорнутої системи ключових показників ефективності, що охоплюють часові, операційні, якісні, користувацькі й економічні аспекти функціонування е-послуг, з моделями нормування та побудови інтегрального індексу ефективності, а також з оптимізаційною постановкою задачі налаштування параметрів системи відповідно до цільових значень SLO за обмежених ресурсів. На відміну від поширених у літературі фрагментарних підходів, орієнтованих на окремі групи метрик або суто фінансові критерії, запропонована методика забезпечує єдину логічно узгоджену рамку, у якій усі показники зводяться до спільної шкали та можуть інтерпретуватися через інтегральний індекс ефективності реінжинірингу. Застосування методики на умовному прикладі е-послуги реєстраційного типу продемонструвало її здатність надійно фіксувати зміни, що виникають унаслідок глибинної трансформації процесів, а не лише поверхневої діджиталізації регламентів. Отримані результати засвідчили скорочення часу отримання результату більш ніж на 60 %, суттєве зменшення кількості помилок, повторних звернень і кейсів, що потребують уточнень, зростання частки автоматизованих операцій та покращення показників задоволеності користувачів. Інтегральний індекс ефективності зріс майже вдвічі, що підтверджує кумулятивний ефект одночасних змін у часових, операційних та якісних характеристиках процесу. У сукупності ці результати інтерпретуються як аргумент на користь системного перегляду бізнес-процесів з опорою на принципи BPR, а не обмеження модернізації простим перенесенням існуючих процедур в електронну форму. Практичне значення роботи полягає у можливості безпосереднього впровадження розробленої методики в органах публічної влади як стандартного інструмента оцінювання результатів реінжинірингу е-послуг. Наявність чітко визначеного набору KPI, правил їхнього розрахунку, нормування та агрегації дає змогу інтегрувати запропоновані моделі в наявні інформаційно-аналітичні системи, дашборди моніторингу та внутрішні регламенти управління якістю. Це, у свою чергу, створює підґрунтя для обґрунтованого планування й пріоритизації інвестицій у цифрову трансформацію, забезпечує порівнюваність результатів між різними послугами й органами

влади, а також підсилює прозорість і підзвітність перед громадянами та іншими стейкхолдерами, оскільки ефект від упроваджених змін може бути продемонстрований на основі об'єктивних даних, а не лише експертних суджень. Перспективи подальших досліджень пов'язані, передусім, із поглибленням предметно-орієнтованих моделей для окремих класів цифрових послуг, де процесні структури й профілі ризиків істотно відрізняються. Для реєстраційних, дозвільних та інформаційних сервісів доцільно уточнювати як склад КРІ, так і параметри нормування, враховуючи галузеві нормативи, вимоги до часу надання послуги та очікування користувачів. Важливим напрямом еволюції методики є її інтеграція з моделями кіберстійкості та інформаційної безпеки, що дозволить оцінювати ефективність реінжинірингу не лише з позицій продуктивності й зручності, а й з урахуванням ризиків порушення конфіденційності, цілісності та доступності даних. Окремого розвитку потребує використання симуляційних моделей і методів машинного навчання для попередньої оцінки очікуваного ефекту від запропонованих змін ще до їхнього впровадження у промислову експлуатацію, а також для виявлення аномалій у часових рядах SLI/SLO, які можуть слугувати тригерами для запуску нових хвиль реінжинірингу. Поєднання таких підходів із запропонованим інтегральним індексом здатне сформувати основу для проактивного, даними керованого управління життєвим циклом цифрових державних послуг.

### Перелік посилань:

1. Ammirato, S., Cutri, L., Felicetti, A.M., Di Maio, F. (2024). Business process management and digital transition. The case study of an Italian Public University. *Transforming Government: People, Process and Policy*, 18, 4, 825–855. DOI: 10.1108/TG-04-2024-0087.
2. International Conference on Multidisciplinary Research 2021: proceedings (Makassar, Indonesia, 16–17 Jan. 2021) / ed. by M.N. Badu. Hasanuddin University, Faculty of Social and Political Sciences, 2021. 855 p. DOI: 10.1515/9788366675407.
3. Swamy, A., Mishra, S.K. (2021). Prioritising the factors influencing productivity in an Aerospace manufacturing sector: an application of Analytical Hierarchical Process. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, 12, 6, 6244–6255. Retrieved from: <https://tojqi.net/index.php/journal/article/view/2676>.
4. Economic Sustainability and Social Equality in the Technological Era: proceedings of the 3rd International Conference on Humanities and Social Sciences (ICHSSOS 2023), 30–31 Aug. 2023, Malang, Indonesia / D. Irawan, A.P.N. Wicaksono, A. Widyastuti, R. Febriani, A. Roziqin (eds). London: Routledge, 2024. DOI: 10.1201/9781003534495.
5. Innovation and Technological Advances for Sustainability: proceedings of the International Conference on Innovation and Technological Advances for Sustainability (ITAS 2023), March 01–03 2023, Doha, Qatar / S. Al-Naemi, R. Benlamri, R. Sadiq, A. Farooque, M. Phillips (eds). London: CRC Press, 2024. DOI: 10.1201/9781003496724.
6. Proceedings of the 2nd International Conference on Administrative Science (ICAS 2024) / Ahmad Yani Andi, Ismail Nuralamsyah (eds). Dordrecht: Atlantis Press, 2025. DOI: 10.2991/978-94-6463-791-5.
7. Proceedings of the 9th International Conference on Accounting, Management, and Economics 2024 (ICAME 2024) / Mursalim Nohong, F.R. Cahaya, P.M. Tuan, A. Mannan, A.I. Anwar (eds). Dordrecht: Atlantis Press, 2025. DOI: 10.2991/978-94-6463-758-8.
8. Fasna, M.F.F., Gunatilake, S. (2020). Towards successful strategies to overcome BPR implementation issues: case of Sri Lanka. *Business Process Management Journal*, 26, 6, 1241–1259. DOI: 10.1108/BPMJ-03-2019-0087.
9. Proceedings of the International Conference on Enterprise and Industrial Systems (ICOEINS 2023) / Mahmud Dwi Sulistiyo, Ryan Adhitya Nugraha (eds). Dordrecht: Atlantis Press, 2023. DOI: 10.2991/978-94-6463-340-5.
10. Proceeding of 2021 International Conference on Wireless Communications, Networking and Applications / Zhihong Qian, M.A. Jabbar, Xiaolong Li (eds). Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. DOI: 10.1007/978-981-19-2456-9.
11. Singh, A.K. (2013). Sushil. Modeling enablers of TQM to improve airline performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 62, 3, 250–275. DOI: 10.1108/17410401311309177.
12. Križaj, D. (2020). Integration of Quality, Continuous Improvement, and Innovation in Tourism: The QCII Model. *Academica Turistica*, 13, 1, 97–110. DOI: 10.26493/2335-4194.13.97-110.
13. Veit, D.R., Lacerda, D.P., Camargo, L.F.R., Kipper, L.M., Dresch, A. (2017). Towards, Mode 2 knowledge production. *Business Process Management Journal*, 23, 2, 293–328. DOI: 10.1108/BPMJ-03-2016-0045.
14. Haugen, S., Barros, A., van Gulijk, C., Kongsvik, T., Vinnem, J.E. (eds) (2018). Safety and Reliability – Safe Societies in a Changing World: proceedings of ESREL 2018, June 17–21 2018, Trondheim, Norway. London: CRC Press. DOI: 10.1201/9781351174664.
15. Tupa, J., Steiner, F. (2019). Industry 4.0 and business process management. *Tehnički glasnik*, 13, 4, 349–355. DOI: 10.31803/tg-20181008155243.

16. Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment / Bruno Daniotti, Marco Gianinetti, Stefano Della Torre (eds). Cham: Springer International Publishing, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-33570-0.
17. Alrabiah, A., Drew, S. (2018). Formulating optimal business process change decisions using a computational hierarchical change management structure framework. *Journal of Systems and Information Technology*, 20, 2, 207–240. DOI: 10.1108/jsit-08-2017-0069.
18. Serrat, O. *Knowledge Solutions: Tools, Methods, and Approaches to Drive Organizational Performance*. Singapore: Springer, 2017. DOI: 10.1007/978-981-10-0983-9.
19. Rimini, G., Robert, P. (2008). Reengineering Lead to Cash – Process and Organization. In: *E-Government: ICT Professionalism and Competences; Service Science*. Boston, MA: Springer US, 219–226. DOI: 10.1007/978-0-387-09712-1\_24.
20. Chang, S., Nam, K. (2022). Exploring the Sustainable Values of Smart Homes to Strengthen Adoption. *Buildings*, 12, 11, 1919. DOI: 10.3390/buildings12111919.
21. Serafeimidis, V., Smithson, S. (2003). Information systems evaluation as an organizational institution – experience from a case study. *Information Systems Journal*, 13, 3, 251–274. DOI: 10.1046/j.1365-2575.2003.00142.x.

Надійшла до редакції (Received): 07.02.2026

Прийнята до друку (Accepted): 17.03.2026

Опубліковано онлайн (Available online): 30.03.2026

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

This work is licensed under Creative Commons Attribution-noncommercial-sharealike 4.0 International License.

УДК 004.056.53:004.7

DOI: 10.31673/2409-7292.2026.011184

Прокопович-Ткаченко Д.І., Єжихін А.В., Бушков В.Г.,  
Черкаський О.В., Черкаський Д.О.

## ФОРМУВАННЯ ЦІЛЬОВОГО ЦИФРОВОГО ПРОФІЛЮ БЕЗПЕКИ МЕРЕЖ ЕЛЕКТРОННИХ КОМУНІКАЦІЙ В УМОВАХ ГІБРИДНИХ КІБЕРАТАК: РИЗИК- ОРІЄНТОВАНИЙ ТА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ПІДХІД

У статті розроблено концепцію цільового цифрового профілю безпеки мереж електронних комунікацій як формалізованого набору вимог, контролів, параметрів конфігурації та метрик спостережуваності, що забезпечує досягнення заданого рівня кіберзахисту в умовах гібридних кібератак. Актуальність зумовлена розривом між формальним виконанням мінімальних вимог і потребою доказового керування ризиками для сервісів доступу, транспортних сегментів і прикладних платформ за неповних та неоднорідних даних телеметрії. Метою є методика, що поєднує оцінювання ризику, багатокритеріальну пріоритизацію заходів і параметризацію технічних налаштувань для циклу виявлення та реагування у центрі операцій кібербезпеки. Запропоновано алгоритм: визначення меж системи і класифікації трафіку та даних; моделювання загроз із урахуванням уразливостей протоколу Secure Sockets Layer і протоколу Simple Network Management Protocol у атаках на вбудоване програмне забезпечення; мапування контролів на стандарти; відбір портфеля; визначення метрик достатності та доказової бази. Для підвищення якості детекції застосовано перетворення пакетних дампів і зразків прошивок у зображення з байтів та ансамбль глибоких моделей: згортова нейронна мережа у поєднанні з мережею довготривалої короткочасної пам'яті для класифікації інцидентів і автоенкодер у поєднанні з мережею довготривалої короткочасної пам'яті для виявлення аномалій; кореляцію подій виконано у системі керування інформацією та подіями безпеки. Експерименти показали приріст узгодженої метрики точності й повноти на 7–12 відсотків і скорочення часу локалізації інцидентів завдяки сегментації, мікроавторизації та принципам архітектури нульової довіри. Практична цінність полягає у відтворюваному формуванні дорожньої карти кіберзахисту та швидкій перевірці профілю під час змін архітектури й ланцюгів постачання. Це спрощує керування змінами й аудит мереж оператора.

**Ключові слова:** цифровий профіль безпеки, мережі електронних комунікацій, гібридні кібератаки, система виявлення вторгнень, система керування інформацією та подіями безпеки, архітектура нульової довіри, протокол Secure Sockets Layer, протокол Simple Network Management Protocol, безпека вбудованого програмного забезпечення, глибоке навчання, багатокритеріальна оптимізація.

### Вступ

Мережі електронних комунікацій еволюціонують від класичних ієрархічних топологій до програмно керованих, віртуалізованих та хмарно-інтегрованих архітектур, у яких межа між