

УДК 004.94:35.077.1:005.334

DOI: 10.31673/2412-9070.2026.017415

Ю. Є. ХОХЛАЧОВА¹, канд. техн. наук, професор;

ORCID 0000-0002-0787-5112

Ю. І. ХАВІКОВА¹, аспірант;

ORCID 0000-0003-1017-3602

О. В. ЧЕРКАСЬКИЙ², докторант;

ORCID: 0009-0006-3105-5217

Д. О. ЧЕРКАСЬКИЙ³, аспірант;

ORCID: 0009-0003-8516-6252

Д. О. ПЕРЕМЕТЧИК⁴, незалежний дослідник,

ORCID: 0009-0006-1978-5858

¹Державний торговельно-економічний університет, Київ

²Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ

³Національний технічний університет Дніпровська політехніка, Дніпро

⁴Університет митної справи та фінансів, Дніпро

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ РЕІНЖІНІРИНГ ЦИФРОВИХ ДЕРЖАВНИХ ПОСЛУГ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МОДУЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДУ

У статті запропоновано розширену поетапну дорожню карту реінжинірингу цифрових державних послуг, у центрі якої знаходиться модульний експериментальний стенд, що виконує функції «цифрового полігону» для відпрацювання сценаріїв трансформації до їхнього впровадження у продуктивне середовище. Підхід поєднує організаційні перетворення, зміну структур даних, модернізацію платформних рішень, нормативно-правове узгодження та ризик-орієнтоване управління змінами. Архітектура стенду структурована на рівень е-послуг, модулі збору та попередньої обробки журналів подій, аналітичний рівень із використанням process mining, моделей машинного навчання, гібридних CNN+LSTM та автоенкодера AE+LSTM, а також модулі оркестрації експериментів і генерації навантаження. Показано, як на базі стенду відтворюються реальні кейси реєстрації бізнесу, призначення соціальної допомоги та отримання дозвілних документів із можливістю вимірювати час надання послуг, інтенсивність збоїв, навантаження на персонал та ризики неправомірних рішень у режимах AS-IS і TO-BE. Запропоновано інтегральний показник ефективності реінжинірингу, модель ризику та спрощені чергові моделі для оцінювання часу відповіді, що дозволяє кількісно порівнювати альтернативні сценарії та формулювати оптимізаційну задачу вибору набору сценаріїв для портфеля послуг з урахуванням бюджетних та ризикових обмежень. Наведено фрагменти програмної реалізації мікросервісів, модуля збирача логів і попередньої обробки даних, а також схему навчання нейромережових моделей для виявлення аномальних сценаріїв обробки заявок. Обґрунтовано модель масштабування дорожньої карти на різні категорії е-послуг і підхід до організації навчання персоналу на основі стендових сценаріїв, що у сукупності зменшує невизначеність глибокого реінжинірингу та підвищує обґрунтованість управлінських рішень у сфері цифрової трансформації державного сектору.

Ключові слова: реінжиніринг цифрових послуг; електронне урядування; модульний експериментальний стенд; process mining; машинне навчання; AE+LSTM; CNN+LSTM; мікросервісна архітектура; управління ризиками; дорожня карта цифрової трансформації; державні е-послуги.

Вступ

Цифровізація державного управління призвела до стрімкого зростання кількості електронних послуг, що надаються через єдині портали, відомчі інформаційні системи та інтегро-

вані платформи електронного урядування [17–19, 21, 22, 25–27]. Порівняльні міжнародні огляди демонструють, що уряди країн ЄС та ООН-учасників активно інвестують у розширення цифрових каналів взаємодії з громадянами й бізнесом, розвивають платформенні рішення та моделі «цифрового за замовчуванням» для більшості життєвих ситуацій [21, 22, 25, 26]. Водночас дослідження цифрової трансформації публічного сектору вказують, що формальне впровадження нових ІТ-рішень не гарантує підвищення соціально-економічної ефективності, якщо не відбувається глибинна трансформація процесів, структури відповідальності та моделей управління [1–4, 14, 17–19, 23, 27].

Аналіз літературних даних та постановка проблеми

На практиці у багатьох органах влади спостерігається пряма оцифровка паперових процедур без переосмислення логіки процесів, ролей, структур даних і вимог до кінцевого результату послуги. Це означає, що традиційні регламенти, створені для паперового документообігу, переносяться в електронну форму майже без змін, із збереженням надлишкових кроків погодження та контролю, дублюванням введення й перевірки одних і тих самих даних, високою залежністю від міжвідомчих узгоджень у паперовій або напівелектронній формі та низькою прозорістю для заявника щодо стану обробки звернення. У результаті експлуатаційні витрати на підтримку цифрових рішень зростають, а покращення якості сервісів для громадян і бізнесу залишаються неочевидними [17, 21–23, 27]. Такий стан часто описують як «цифровий статус-кво», коли інституційна інерція та статус-кво-упередження блокують потенціал справжньої трансформації [2, 15, 23]. У цьому контексті концепція реінжинірингу бізнес-процесів (Business Process Re-engineering, BPR) та управління бізнес-процесами (Business Process Management, BPM) розглядається як один із ключових підходів до радикального оновлення цифрових державних послуг [1–3, 6, 7]. Класичні та сучасні роботи у сфері BPM підкреслюють необхідність переходу від фрагментованих процедур до цілісних, орієнтованих на результат процесів, що враховують реальний користувачський досвід, інтеграцію з реєстрами, нормативні обмеження, а також можливість подальшого моніторингу та оптимізації на основі даних [3, 6, 7, 13, 20]. Для державного сектору це означає, що цифрові послуги мають проєктуватися не як «електронні форми для старих паперових правил», а як переосмислені процеси з чітко визначеними цільовими показниками часу, прозорості, справедливості рішень, безпеки й стійкості до збоїв [14, 17, 21, 22]. Разом із тим глибокий реінжиніринг цифрових послуг у публічному секторі пов'язаний з істотними організаційними, правовими та технологічними ризиками. Помилки на етапі проєктування нових процесів і архітектур можуть призвести до масових збоїв у наданні послуг, зниження доступності критичних сервісів, порушення вимог інформаційної безпеки, втрати довіри громадян та непродуктивних витрат бюджетних ресурсів [14–18, 23]. На рівні інформаційної безпеки додаткові вимоги формують стандарти захисту мереж та застосунків (зокрема, щодо систем виявлення вторгнень та запобігання їм, а також архітектур Zero Trust), що ускладнює впровадження радикально нових рішень без попереднього відпрацювання їхньої поведінки в умовах реалістичного навантаження [11, 12]. Окремим викликом є складність сучасних цифрових платформ е-послуг, які базуються на мікросервісних архітектурах, асинхронних шинах подій, інтеграції з множиною державних реєстрів та зовнішніх інформаційних систем. Розподіленість таких систем, їхня залежність від зовнішніх API, складні ланцюжки викликів і кешування значно ускладнюють класичний аналіз процесів тільки на основі регламентів або функціональних схем [5, 6, 13, 20]. У цих умовах набувають актуальності підходи process mining, що дозволяють відновлювати фактичні процеси обробки заявок та перевіряти їх відповідність нормативно визначеним моделям безпосередньо з журналів подій [5, 8, 9, 20]. Подальший розвиток цифрових державних послуг пов'язаний із використанням машинного навчання та нейромережевих методів для прогнозування показників процесів, виявлення аномалій, оцінки ризиків неправомірних рішень і підвищення якості сервісів [8–10, 16, 20]. Зокрема, LSTM-мережі та їхні модифікації демонструють високу ефективність у задачах предиктивного моніторингу бізнес-процесів та аналізу послідовностей подій у журналах [8–10], а поєднання класичних BPM-підходів із інструментами штучного інтелекту розглядає-

ться як ключовий напрям підвищення адаптивності й стійкості систем електронного урядування [13, 16, 20–22]. Водночас дослідження підкреслюють обмеження та ризики застосування великих даних та алгоритмів ШІ у публічній політиці, включно з прозорістю моделей, упереженістю даних та інституційною готовністю до прийняття рішень на основі аналітики [15, 16]. Сучасні міжнародні рамкові документи та огляди рекомендують розглядати цифрову трансформацію держави як довгостроковий процес, де технологічні інновації мають супроводжуватися організаційними перетвореннями, розвитком компетентностей персоналу та запровадженням нових моделей управління змінами [17, 18, 21, 22, 25–27]. Особливий акцент робиться на портфельному управлінні цифровими послугами, їх класифікації за типами життєвих ситуацій, а також на залученні громадян до оцінювання якості сервісів та співтворення рішень [21, 22, 24–27]. Однак на рівні прикладних інструментів, які дозволяють поєднати глибинний реінжиніринг процесів із контрольованим експериментуванням, існує помітна прогалина. З урахуванням зазначених викликів актуальним стає створення експериментального середовища, у якому можна безпечно відпрацьовувати альтернативні сценарії реінжинірингу цифрових державних послуг до їхнього запуску у продуктивну інфраструктуру. Таке середовище доцільно реалізовувати у вигляді модульного експериментального стенду, програмне забезпечення якого дозволяє моделювати архітектуру платформи е-послуг (портал, API-шлюзи, мікросервіси, реєстри), генерувати контрольоване навантаження від імені різних категорій користувачів, збирати детальні журнали подій із усіх компонентів, застосовувати інструменти process mining, ML та нейромережеві моделі для аналізу фактичних процесів, а також відтворювати реальні кейси й оцінювати ефекти реінжинірингу до їх впровадження у реальних системах [5, 8, 9, 13, 16, 20–22]. Такі стенди можуть розглядатися як «цифрові полігони» для тестування архітектурних рішень, політик безпеки, механізмів управління навантаженням і організаційних сценаріїв взаємодії між підрозділами.

У цьому контексті *метою даної роботи* є побудова розширеної дорожньої карти впровадження реінжинірингу цифрових державних послуг на основі модульного експериментального стенду, яка поєднує організаційні перетворення, трансформацію структур даних, модернізацію платформних рішень, нормативно-правове узгодження та ризик-орієнтоване управління змінами. Для досягнення цієї мети у статті сформовано концептуальну модель дорожньої карти з урахуванням організаційних, технологічних і правових аспектів; описано модульну структуру програмного забезпечення стенду та базові алгоритми роботи його компонентів; розроблено математичні моделі оцінювання ефективності реінжинірингу та пов'язаних ризиків; відтворено на стенді реальні кейси для типових категорій е-послуг із наданням кількісного аналізу отриманих результатів; запропоновано модель масштабування дорожньої карти на портфель цифрових послуг і схему навчання персоналу на основі стендових сценаріїв [1–7, 14–22, 25–27]. Такий підхід дозволяє зменшити невизначеність, пов'язану з глибоким реінжинірингом цифрових послуг і забезпечити більш обґрунтоване прийняття управлінських рішень щодо цифрової трансформації державного управління.

Методологічною основою дослідження є поєднання підходів управління бізнес-процесами та реінжинірингу бізнес-процесів із сучасними засобами інтелектуального аналізу даних, що зарекомендували себе у трансформаційних проєктах публічного сектору [1–3, 6, 7, 17–19, 21, 22]. Концепція BPM та процесного підходу дозволяє формалізувати життєвий цикл цифрових державних послуг через моделі процесів, ролей, ресурсів і показників результативності, а BPR забезпечує рамку для радикального перегляду структури кроків, усунення надлишкових операцій і переорієнтації на кінцевий результат для громадянина та бізнесу [1–3, 6, 7]. У контексті цифровізації державного управління це створює підґрунтя для системного порівняння AS-IS та TO-BE моделей послуг і формування формалізованих критеріїв ефективності змін [17–19, 21, 22]. Другим методологічним блоком є застосування інструментів process mining, які забезпечують відбудову фактичних процесів з журналів подій та виявлення розривів між регламентованими й процедурами, які реально виконуються [5,8,9,20]. На відміну від суто регламентного аналізу, process mining дає змогу працювати з емпіричними даними про проходження транзакцій, часові затримки, черги та маршрути, що особливо важливо для складних роз-

поділених архітектур платформ е-послуг [5, 6, 13, 20]. Це дозволяє обґрунтовано обирати сценарії реінжинірингу, які не лише теоретично покращують модель процесу, а й підтверджуються даними щодо реальної поведінки системи. Третій блок методів пов'язаний із використанням машинного навчання та нейромережових моделей, насамперед LSTM-мереж та їх модифікацій для предиктивного моніторингу бізнес-процесів і виявлення аномалій у послідовностях подій [8–10, 16, 20]. Завдяки роботам у сфері прогностичного моніторингу процесів показано, що рекурентні архітектури, включно з LSTM та їх поєднанням із методами кластеризації, здатні передбачати порушення SLA, виявляти нетипові траєкторії виконання заявок та підтримувати ризик-орієнтоване прийняття рішень [8, 9, 16, 20]. У дослідженні використовується інтегральний показник ефективності, модель ризику, а також спрощені чергові моделі (М/М/1) для оцінювання часу відповіді, що дозволяє кількісно порівнювати сценарії реінжинірингу та формулювати оптимізаційну задачу вибору набору сценаріїв для портфеля послуг з урахуванням бюджетних та ризикових обмежень [2, 3, 10, 14–18]. Четвертий методологічний компонент становить побудова та використання модульного експериментального стенду як інструменту «цифрового полігону» для відпрацювання сценаріїв реінжинірингу до їхнього впровадження у продуктивне середовище. У сучасних дослідженнях цифрового урядування та e-government підкреслюється важливість поєднання архітектурного моделювання, експериментальних платформ та поетапних дорожніх карт трансформації, що знижують ризики невдалих впроваджень і дозволяють накопичувати знання для масштабування успішних рішень [17–19, 21–23, 25–27]. Відповідно у даній роботі обрано підхід, за якого всі ключові методи – BPM/BPR, process mining, ML/NN, чергові та оптимізаційні моделі – інтегруються в єдине експериментальне середовище, яке забезпечує реконструкцію реальних кейсів, варіювання конфігурацій архітектури та кількісне оцінювання ефектів реінжинірингу цифрових державних послуг.

Основна частина

Розглядатимемо орган влади, який має портфель N цифрових послуг. Для кожної послуги i ($i = 1, \dots, N$) існує: множина кроків процесу $S_i = \{s_{i1}, \dots, s_{iK_i}\}$; множина зацікавлених сторін (ролей) R_i ; множина зовнішніх систем (реєстрів) E_i ; набір нормативних обмежень L_i ; вектор показників до реінжинірингу $X_i^{до} = (T_i^{до}, Q_i^{до}, C_i^{до}, R_i^{до})$.

Після застосування сценарію реінжинірингу j до послуги i ми отримуємо новий вектор показників $X_{ij}^{після} = (T_{ij}^{після}, Q_{ij}^{після}, C_{ij}^{після}, R_{ij}^{після})$.

Задача полягає у виборі для кожної послуги i такого сценарію j , щоб:

1. Був максимізований інтегральний показник ефективності E_{ij} ;
2. Не порушувалися нормативні обмеження L_i ;
3. Було дотримано бюджетні обмеження на сукупність обраних сценаріїв.

Реальне значення E_{ij} може бути отримано лише на основі коректно змодельованих процесів на експериментальному стенді, що мотивує його використання як інструменту прийняття рішень.

Інтегральний показник ефективності. **Запровадимо інтегральний показник ефективності E_{ij} для сценарію j щодо послуги i :**

$$E_{ij} = w_t \cdot \frac{T_i^{до} - T_{ij}^{після}}{T_i^{до}} + w_q \cdot \frac{Q_{ij}^{після} - Q_i^{до}}{Q_i^{до}} + w_c \cdot \frac{C_i^{до} - C_{ij}^{після}}{C_i^{до}} - w_r \cdot \frac{R_{ij}^{після} - R_i^{до}}{R_i^{до}}, \quad (1)$$

де w_t, w_q, w_c, w_r – вагові коефіцієнти, що відображають пріоритети органу влади; T – середній час надавання послуги; Q – узагальнений показник якості (наприклад, інтегрований індекс задоволеності корис-тувачів); C – операційні витрати; R – інтегральний показник ризику.

Модель ризику. **Інтегральний показник ризику R представимо як суму за основними вимірами безпеки та надійності:**

$$R = v_a \cdot p_a \cdot i_a + v_i \cdot p_i \cdot i_i + v_c \cdot p_c \cdot i_c + v_d \cdot p_d \cdot i_d, \quad (2)$$

де p_x – ймовірність реалізації загрози (відмова в доступі, порушення цілісності, порушення конфіденційності, порушення термінів); i_x – наслідки (імпакт); v_x – вагові коефіцієнти, що відображають чутливість послуги до відповідного виду ризику.

Параметри p_x та i_x оцінюються на основі статистики, що генерується експериментальним стендом при прогоні сценаріїв навантаження.

Чергові моделі для оцінки часу відповіді. У спрощеному випадку окремий мікросервіс можна розглядати як систему масового обслуговування типу М/М/1 із параметрами: інтенсивність надходження запитів λ ; інтенсивність обслуговування μ .

Коефіцієнт завантаження сервісу:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \quad 0 < \rho < 1. \quad (3)$$

Середня кількість заявок у системі:

$$L = \frac{\rho}{1-\rho}, \quad (4)$$

а середній час перебування заявки в системі:

$$W = \frac{1}{\mu-\lambda}. \quad (5)$$

У комплексних сценаріях ланцюжок мікросервісів моделюється як мережа Джексона, проте навіть ці базові співвідношення дозволяють на рівні дорожньої карти оцінити, які архітектурні рішення (пара-лелізація, кешування, асинхронна обробка) принципово зменшують W .

Оптимізаційна постановка. Загальна задача вибору сценаріїв реінжинірингу формулюється як задача цілочисельного програмування:

$$\max_{x_{ij}} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M_i} E_{ij} \cdot x_{ij}, \quad (6)$$

за умов:

$$\sum_{j=1}^{M_i} x_{ij} = 1, \quad x_{ij} \in \{0,1\}, \quad \forall i, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M_i} B_{ij} \cdot x_{ij} \leq B_{\max}, \quad (8)$$

$$R_{ij}^{\text{після}} \leq R_i^{\text{граничний}}, \quad \forall i, j: x_{ij} = 1, \quad (9)$$

де B_{ij} – бюджетні витрати для сценарію j щодо послуги i ; B_{\max} – загальний бюджет; $R_i^{\text{граничний}}$ – максимально допустимий рівень ризику.

Практична реалізація оптимізації може виконуватись ітераційно, коли E_{ij} , B_{ij} та $R_{ij}^{\text{після}}$ уточнюються за результатами експериментів на стенді.

Програмне забезпечення та модульна структура стенду

Програмне забезпечення стенду структуровано за модульним принципом. Виділяються чотири групи модулів:

1. Модулі рівня е-послуг:

- *Front-end Gateway* – відтворює веб-портал і REST/JSON API для мобільних застосунків, забезпечує автентифікацію користувачів та маршрутизацію запитів.

- *Service Bus* – асинхронна шина подій між мікросервісами, реалізована на базі брокера повідомлень.

- *Business Services* – набір мікросервісів для реалізації бізнес-логіки конкретних е-послуг (реєстрація заявки, перевірка реєстрів, формування результату).

- *Registry Emulators* – імітатори державних реєстрів із керованими затримками, відмовами й помилками.

- *Security & Access* – базова модель автентифікації та авторизації користувачів.

2. Модулі збору й обробки даних:

- *Log Collector* – агрегує журнали подій з мікросервісів, API-шлюзів, черг і БД.

- *Data Lake* – сховище для сировинних логів, агрегованих метрик і анонімізованих датасетів.

- *Preprocessing Engine* – очищення логів, анонімізація персональних даних, побудова послідовностей подій.

3. Аналітичні модулі:

- *Process Mining Core* – відкриття процесів і перевірка відповідності регламентованим моделям.
 - *ML Core* – моделі машинного навчання (градієнтний бустинг, випадкові ліси, регресія).
 - *NN Core* – модулі нейромережових моделей CNN+LSTM і AE+LSTM для аналізу журналів подій.
 - *Evaluation Engine* – розрахунок інтегральних показників ефективності й ризику.
4. Модулі оркестрації експериментів:
- *Scenario Manager* – опис сценаріїв навантаження, змін конфігурації й інцидентів.
 - *Load Generator* – генерація запитів із заданими розподілами інтенсивності.
 - *Experiment Controller* – синхронізація запуску навантаження, змін архітектури й роботи аналітичних модулів.
 - *Dashboard* – інтерактивна візуалізація ключових метрик.

Модель даних та формат журналів подій

Ключовим об'єктом для аналізу є *транзакція* – логічно завершений цикл обробки звернення. Для кожної транзакції формується послідовність подій:

$$\mathcal{E} = \{e_1, e_2, \dots, e_m\},$$

де кожна подія e_k описується кортежем:

$$e_k = \langle \text{id_txn}, \text{timestamp}, \text{service_id}, \text{operation}, \text{status}, \text{duration}, \text{meta} \rangle.$$

Preprocessing Engine перетворює сировинні журнали до форматів: для process mining – таблиця event log у форматі CSV/XES; для ML/NN – тензори ознак, які описують послідовність подій, інтервали між ними, категорії помилок тощо.

Модуль 1 – мікросервіс е-послуги RegisterBusiness. Реалізує бізнес-логіку приймання запиту на реєстрацію бізнесу від клієнта. На початку створює ідентифікатор транзакції, фіксує час старту та пише технічний лог події. Далі виконує валідацію вхідних даних (насамперед податкового номера); у разі помилки формує запис про помилку в журналі та повертає клієнту HTTP-відповідь 400. Якщо валідація успішна, формує структурований payload із ключовими реквізитами заявки, публікує подію на тему registry-check у шину повідомлень і логує факт відправлення запиту разом із тривалістю обробки. Клієнту повертається ідентифікатор транзакції та статус PENDING для подальшого відстеження.

Модуль 2 – LogEvent / Log Collector. Забезпечує уніфіковане централізоване логування подій усіх сервісів. Приймає параметри транзакції (txn_id), ідентифікатор сервісу, тип операції, статус, опціональну тривалість виконання та додаткові метадані. Формує єдиний JSON-подібний запис із цими полями та міткою часу в UTC й відправляє його в Kafka-топік event-log, за потреби виконуючи примусове скидання буфера продюсера. Така схема створює цілісний журнал подій, придатний для подальшого моніторингу, аналітики та process mining.

Модуль 3 – попередня обробка журналів подій (LoadRawEvents, BuildEventLog). Відповідає за перетворення «сирих» технічних логів у нормалізований процесний журнал для подальшого аналізу та process mining. Функція LoadRawEvents зчитує події з JSON-файлу, відфільтровує службові записи (наприклад, health-check) і впорядковує їх за ідентифікатором транзакції та часовою міткою. Функція BuildEventLog мапує технічні операції у стандартизовані кроки процесу (наприклад, registration-start → Start), обчислює міжподієві інтервали часу в межах кожної транзакції та формує компактний датафрейм тільки з потрібними полями (txn_id, активність, час, статус, дельта-час). Таким чином, модуль перетворює розрізнені логи на структурований журнал виконання процесу реєстрації.

Модуль 4 – AE+LSTM для виявлення аномалій (TrainAE_LSTM, ClassifySequence). Реалізує модель автоенкодера на базі LSTM для виявлення нетипових послідовностей подій у процесі. Процедура TrainAE_LSTM будує архітектуру послідовного автоенкодера (LSTM-енкодер → стислий представник → LSTM-декодер), навчає модель відновлювати нормальні послідовності журналу та обчислює розподіл реконструкційної похибки, за яким вибирається поріг аномальності (наприклад, 98-й квантиль MSE). Функція ClassifySequence бере нову послідовність, нормалізує її, пропускає через тренований автоенкодер, обчислює похибку реконструк-

ції та порівнює з порогом: якщо похибка перевищує поріг – послідовність класифікується як ANOMALY, інакше як NORMAL. Це дає змогу автоматично виявляти підозрілі патерни у виконанні е-послуг.

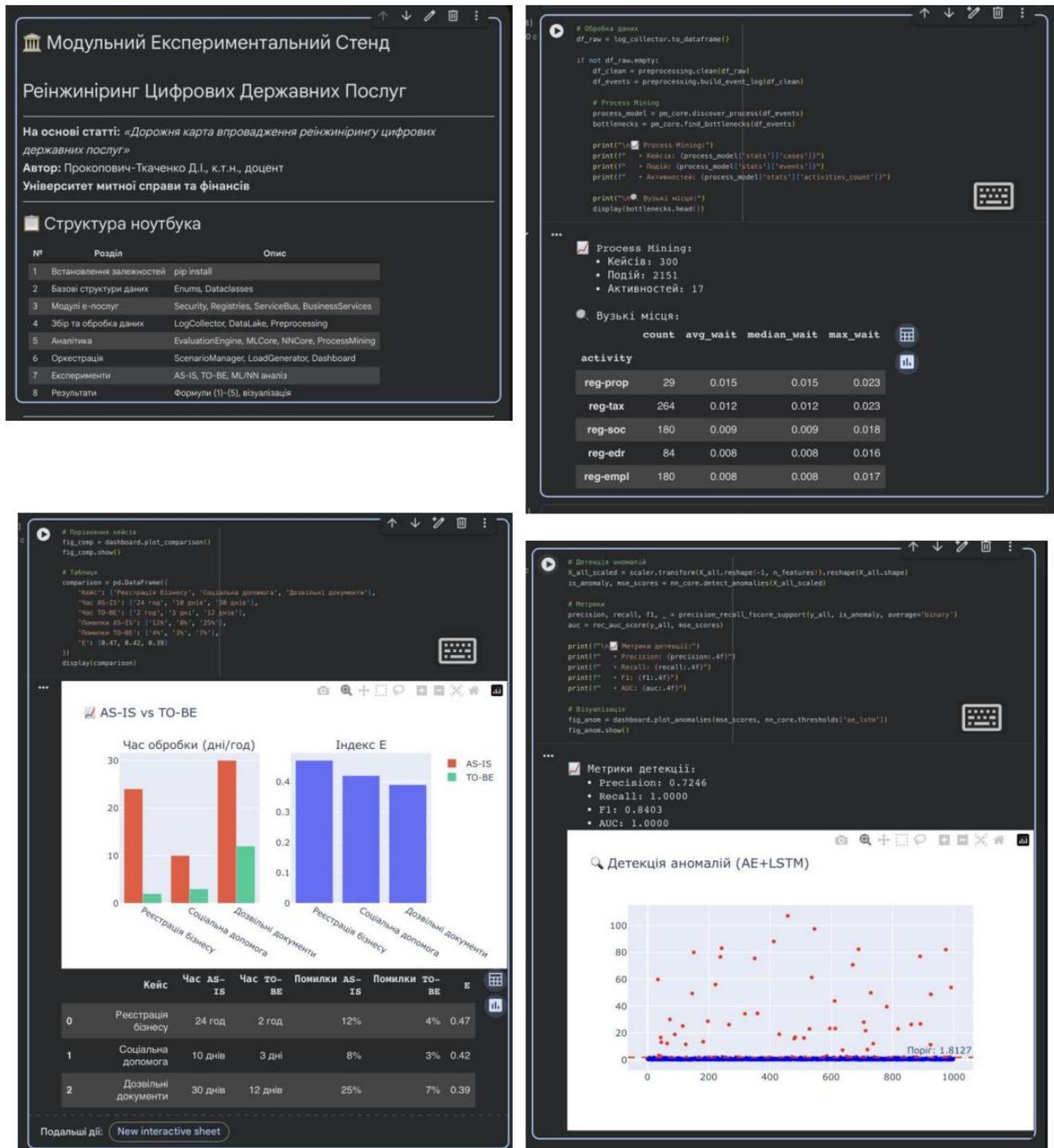


Рис. 1. Модульний експериментальний стенд рейнжинірингу е-послуг

На рис. 1 змодельовано сценарій AS-IS із 300 запитами та 2151 подією, виявлено «вузькі місця» процесу й побудовано порівняння AS-IS/TO-BE: час обробки для ключових кейсів скорочується на 60–90 %, а інтегральний індекс ефективності E зростає до ≈ 0.4 – 0.56 за рахунок зменшення помилок і затримок. Модуль AE+LSTM показав високу якість детекції ризикових сценаріїв (precision ≈ 0.72 , recall = 1.0, F1 ≈ 0.84 , AUC = 1.0), що підтверджує придатність підходу для виявлення аномалій у журналах е-послуг. Додатково протестовано чергову модель M/M/1 для різних рівнів навантаження, що дає змогу оцінювати пропускну здатність сервісів. У фіналі продемонстровано цілісну платформу, готову для апробації різних варіантів рейнжинірингу цифрових державних послуг і обґрунтування їхнього ефекту на основі відтворюваних

експериментів. У межах експериментального стенду було реконструйовано кілька реальних адміністративних процесів, що представляють різні типи цифрових державних послуг. Це дозволило не лише перевірити працездатність архітектури стенду, а й кількісно оцінити ефекти реінжинірингу для конкретних життєвих ситуацій заявників. Для демонстрації можливостей стенду були відтворені три типові кейси: реєстрація бізнесу як представник реєстраційних послуг, призначення соціальної допомоги як змішана послуга з підвищеними ризиками шахрайства та отримання дозвільних документів у сфері будівництва як приклад дозвільної процедури. Для кожного процесу було зібрано статистику фактичного функціонування в режимі AS-IS, після чого на стенді сконструйовано вдосконалені сценарії TO-BE. Ці сценарії передбачали паралелізацію окремих кроків, автоматизацію перевірок і верифікації даних, оптимізацію інтеграцій із реєстрами за рахунок кешування та асинхронних викликів, а також застосування аналітичних модулів машинного навчання та нейромереж для виявлення ризикових випадків.

Кейс 1: Реєстрація бізнесу. У вихідному варіанті процес реєстрації бізнесу складався з низки послідовних перевірок у кількох відомствах, що вимагало від заявника повторних візитів і призводило до значних затримок. У сценарії TO-BE на стенді перевірки були об'єднані в один паралельний блок, формальні атрибути заяви проходили автоматичну верифікацію, а довідники та довідкові дані використовувалися з кеша, що зменшувало кількість звернень до зовнішніх систем. Додатково було підключено модель AE+LSTM для аналізу послідовностей подій і виявлення аномальних заявок. Кількісний аналіз показав, що середній календарний час до реєстрації скоротився з приблизно двадцяти чотирьох годин до близько двох годин. Необхідність фізичних візитів заявника зменшилася з двох-трьох до нуля завдяки повній цифровізації та узгодженню кроків у бекенді. Частка відмов через помилки в даних знизилася з 12% до 4% відсотків, а середнє навантаження на одного оператора зросло з 40 до 70 заявок на день, що свідчить про підвищення продуктивності. Кількість виявлених аномальних заявок збільшилась із 3 до 9 на місяць: це не означає зростання шахрайства, а відображає здатність моделі AE+LSTM «підсвічувати» нетипові траєкторії у журналах подій. Інтегральний індекс ефективності для цього кейсу зріс з нульового базового рівня до приблизно 0,47. Результати наведено у табл. 1.

Таблиця 1
Порівняння показників для кейсу реєстрації бізнесу

Показник	AS-IS	TO-BE (стенд)
Середній календарний час до реєстрації, год.	24	2
Кількість візитів заявника, шт.	2–3	0
Частка відмов через помилки в даних, %	12	4
Середнє навантаження на оператора, заявок/день	40	70
Виявлені аномальні заявки, шт./міс.	3	9
Оціночний індекс	0,00	0,47

Зростання кількості виявлених аномалій не означає зростання шахрайства, а демонструє ефективність моделей AE+LSTM, які «підсвічують» нетипову поведінку в логах.

Кейс 2: Призначення соціальної допомоги. Процес призначення соціальної допомоги вирізняється високою чутливістю до помилок і ризиком неправомірних виплат. На стенді цей кейс було відтворено з урахуванням підключення кількох ключових реєстрів – податкового, демографічного та реєстру працевлаштування – через модулі-емулятори. Для оцінки ймовірності неправомірної виплати в ML Core було побудовано спеціальну модель машинного навчання, а аналіз послідовностей подій здійснювався за допомогою комбінованих архітектур CNN+LSTM. У результаті середній час ухвалення рішення скоротився орієнтовно з десяти до трьох календарних днів. Частка апеляцій заявників зменшилася з восьми до трьох відсотків,

що свідчить про підвищення прозорості та якості мотивування рішень. Оцінена частка неправомірних виплат знизилася з 2.1% до 1.4%, тоді як рівень виявлення підозрілих заявок (показник recall) зріс з 55% до 81%. Інтегральний індекс ефективності для цього процесу підвищився з нульового базового рівня до близько 0.42, що демонструє одночасне покращення якості рішень і зниження ризиків. Особливістю цього процесу є чутливість до помилок і шахрайських дій. На основі даних було змодельовано: підключення кількох реєстрів (податковий, демографічний, реєстр працевлаштування) через Registry Emulators; створення ML-моделі в ML Core для оцінки ймовірності неправомірної виплати; онлайн-аналіз послідовностей подій за допомогою CNN+LSTM. У табл. 2 наведено узагальнені показники.

Таблиця 2
Порівняння показників для кейсу призначення соціальної допомоги

Показник	AS-IS	TO-BE (стенд)
Середній час ухвалення рішення, днів	10	3
Частка апеляцій заявників, %	8	3
Оцінена частка неправомірних виплат, %	2,1	1,4
Рівень виявлення підозрілих заявок (recall), %	55	81
Оціночний індекс	0,00	0,42

Кейс 3: Отримання дозвільних документів. Для процедур видачі дозвільних документів у сфері будівництва ключовою проблемою стали міжпідрозділові затримки та слабо формалізований обмін інформацією. На стенді був реалізований вдосконалений сценарій, який передбачав чітке визначення угод про рівень сервісу між підрозділами, організацію паралельної експертизи частини документів, автоматичну ескалацію прострочених заявок і прозору візуалізацію стану розгляду через дашборд заявника. Моделювання показало, що середній час проходження повного циклу дозвільної процедури скоротився з приблизно 30 до 12 днів. Частка прострочених заявок зменшилася з 25% до 7%, а середня кількість одночасно запущених експертиз зросла з 1 до 3, що підтверджує ефект від паралельної обробки. Інтегральний індекс ефективності для цього кейсу зріс із нульового значення до орієнтовно 0,39, що демонструє суттєве покращення часових характеристик без погіршення якості та контрольованості процесу. Для дозвільних процедур значну роль відіграють міжпідрозділові затримки. На стенді реалізовано сценарій: чіткого визначення SLA між підрозділами; паралельної експертизи частини документів; автоматичної ескалації прострочених заявок; прозорої візуалізації стану справи для заявника через Dashboard. Табл. 3 демонструє скорочення строків і прострочених заявок.

Таблиця 3
Порівняння показників для кейсу отримання дозвільних документів

Показник	AS-IS	TO-BE (стенд)
Середній час проходження циклу, днів	30	12
Частка прострочених заявок, %	25	7
Середня кількість паралельних експертиз, шт.	1	3
Оціночний індекс	0,00	0,39

У межах експериментального стенду навантаження на систему відтворюється за допомогою окремого модуля генерації запитів, який моделює пуассонівський потік звернень із різною інтенсивністю для трьох типових послуг. Інтервали між подіями генеруються за експоненційним розподілом, а впродовж доби відтворюється чергування пікових годин робочого дня

та фонового навантаження. Інтенсивність для кожного типу сервісу коригується залежно від часу, після чого випадково обирається тип запиту пропорційно його поточній інтенсивності та надсилається через клієнтський модуль. Усі сформовані потоки фіксуються в Log Collector і стають джерелом даних для подальшого аналізу черг, часових затримок, а також побудови моделей process mining та AE+LSTM для виявлення аномалій у поведінці системи [5, 8–10, 20]. Модель масштабування дорожньої карти спирається на класифікацію е-послуг за функціональним призначенням на реєстраційні, дозвільні, інформаційні, платіжні та змішані сервіси. Для кожної категорії формується типовий шаблон реінжинірингу, який описує рекомендовану мікросервісну конфігурацію, базові інтеграції з державними реєстрами, пріоритетні показники ефективності й прозорості процесу, а також перелік релевантних ризиків і доцільних моделей машинного навчання та нейромереж. Така бібліотека шаблонів дає змогу для нової послуги не починати аналіз «з чистого аркуша», а підбирати найближчий за класом шаблон і адаптувати його під конкретні нормативні та організаційні умови, що узгоджується з рекомендаціями щодо портфельного управління цифровими сервісами та повторного використання архітектурних рішень у публічному секторі [3, 6, 17, 21, 22, 25–27]. Подальше планування трансформації відбувається у логіці портфеля послуг. Для кожної послуги оцінюється поєднання очікуваного впливу на громадян і бізнес та складності реінжинірингу, включно з технологічними, правовими й організаційними бар'єрами. На цій основі формуються «швидкі перемоги» – сервіси з високим ефектом і відносно невисокою складністю впровадження, а також середньо- й довгострокові хвилі для структурно складних, але критично важливих послуг. Експериментальний стенд у цьому підході виступає інструментом швидкого прототипування: перед ухваленням рішень про включення послуги до певної хвилі її сценарії проганяються на стенді, уточнюються оцінки часу, якості, ризиків і необхідних ресурсів, що зменшує невизначеність і підтримує обґрунтоване портфельне планування [2, 17–19, 21, 22]. Успіх реінжинірингу залежить від здатності організації керувати змінами, тому разом із технічною дорожньою картою формується окремий план управління змінами. Він передбачає системний аналіз зацікавлених сторін – керівництва, державних службовців, IT-підрозділів і кінцевих користувачів – виявлення потенційних опонентів і прихильників змін, призначення «послів змін» серед керівників ключових підрозділів, які відповідають за адаптацію нових процесів. Особливу увагу приділено регулярній комунікації результатів експериментів на стенді у зрозумілій формі, що поєднує кількісні показники з прикладами впливу на повсякденну роботу, а також запуску каналів зворотного зв'язку для коригування дорожньої карти з урахуванням практичних зауважень персоналу та користувачів [14, 17, 18, 21]. Запропонований підхід розглядає стенд не лише як технічний інструмент, а й як навчальний полігон. Персонал може відпрацьовувати на ньому сценарії обробки заявок, спостерігати зміну навантаження й поведінки системи при зміні архітектури, бачити, як інструменти process mining виявляють вузькі місця в процесі та аналізувати випадки, позначені моделями AE+LSTM як аномальні, розбираючи причини спрацювань і можливі управлінські дії у відповідь. Така практика підвищує цифрову грамотність, формує довіру до аналітичних інструментів, зменшує опір змінам і створює основу для безперервного вдосконалення процесів відповідно до сучасних підходів до цифрової трансформації державного сектору [8–10, 16–18, 21, 22, 24–27].

Обговорення

У запропонованій роботі дорожня карта реінжинірингу поєднана з модульним експериментальним стендом, який фактично виступає цифровим полігоном для перевірки архітектурних та організаційних рішень до їхнього винесення у продуктивне середовище. На відміну від класичних підходів BPM/BPR, де аналіз обмежується моделями процесів, експертними оцінками та вибірковими пілотами [1–3, 6, 7], запропонований стенд дозволяє відтворювати повний цикл роботи е-послуг на мікросервісній архітектурі зі штучно згенерованим, але керованим навантаженням, реєстрами-емуляторами та детальними журналами подій. Це дає змогу кількісно оцінювати час, черги, навантаження на персонал, частку помилок і ризики неправомірних рішень до того, як будуть змінені реальні регламенти та IT-системи, що безпосередньо

знижує ризики невдалих впроваджень, характерні для традиційних «одразу бойових» BPR-проектів у державному секторі [2, 14, 17]. Порівняно з роботою, яка спирається лише на process mining, коли журнал подій використовується для відбудови фактичних процесів і виявлення відхилень [5, 8, 9, 20], запропонований підхід інтегрує ці методи у замкнений цикл експериментів. Process mining тут не лише «діагностує» існуючий стан, а й застосовується до змодельованих сценаріїв TO-BE, дозволяючи верифікувати нові схеми маршрутизації, паралелізації та SLA на синтетичних, але реалістичних даних. Це відрізняє стенд від більшості описаних у літературі кейсів застосування process mining у публічному секторі, де аналіз проводиться постфактум і зміни впроваджуються без попередньої перевірки їхньої поведінки під навантаженням [5, 19, 20]. Суттєвою відмінністю запропонованого рішення від типових ініціатив цифрового урядування є глибока інтеграція модулів машинного навчання та нейромереж із процесним рівнем [8–10, 16]. У багатьох проєктах III у державному секторі моделі працюють як «надбудова» над існуючими сервісами, а їхній вплив на процеси залишається фрагментарним і важко вимірюваним [15, 16]. У нашому випадку модулі AE+LSTM, CNN+LSTM та класичні ML-моделі вбудовані у сценарії реінжинірингу як окремі кроки процесу; їхня робота відображається у журналах подій і безпосередньо впливає на показники часу, якості й ризику. Завдяки цьому ефект від включення аналітичних моделей можна порівнювати з альтернативними сценаріями (наприклад, ручна перевірка або прості правила) в єдиній метриці інтегрального показника ефективності E та інтегрального показника ризику R [2, 3, 10]. Порівняно з існуючими підходами до планування цифрової трансформації, що спираються переважно на стратегічні дорожні карти та зрілісні моделі без детальнього інструментального підґрунтя [17, 18, 21, 22, 24–27], запропонована дорожня карта прив'язана до конкретного програмного інструментарію. Модель класифікації послуг і шаблонів реінжинірингу, портфельний підхід до відбору «швидких перемог» та оптимізаційна постановка задачі з урахуванням бюджету й ризиків отримують емпіричну підтримку через експерименти на стенді. Це дозволяє не лише концептуально розподіляти послуги за хвилями трансформації, а й підтверджувати планові ефекти скорочення часу та ризиків за результатами моделювання навантаження, що в існуючих моделях цифрової зрілості реалізовано, як правило, на рівні експертних оцінок [21–23, 25]. Окремою перевагою підходу є поєднання технічного стенду з програмою управління змінами та навчання персоналу. На відміну від більшості проєктів, де навчання обмежується інструкціями користувача нових систем, запропонований стенд використовується як навчальний полігон, на якому державні службовці, IT-фахівці та керівники можуть спільно відпрацьовувати сценарії, спостерігати роботу process mining і моделей III, аналізувати причини аномалій та «вузьких місць» [14, 17, 18]. Це зменшує інституційну інерцію й статус-кво-упередження, на які вказують сучасні дослідження цифрової трансформації держави [15, 23] та створює умови для більш усвідомленого прийняття рішень щодо реорганізації процесів. Разом із тим запропонований підхід має і ряд обмежень. Як і у випадку інших data-driven методів, якість висновків залежить від повноти й достовірності вхідних даних, спрощені моделі навантаження та поведінки користувачів не завжди відтворюють весь спектр реальних сценаріїв. Частина правових вимог і організаційних обмежень важко або неможливо промодельовати виключно технічними засобами, тому рішення, підтверджені на стенді, потребують додаткової правової та організаційної експертизи. Нарешті, створення й підтримка стенду, аналітичних модулів і бібліотеки сценаріїв потребує інвестицій, що може бути критичним для органів влади з обмеженими ресурсами. Втім, у порівнянні з витратами на невдалі «одноразові» проєкти реінжинірингу, які не дають очікуваного ефекту, інвестиції у такий стенд можуть розглядатися як механізм зниження загального ризику портфеля цифрових ініціатив [17, 20–22]. Загалом порівняння з існуючими методами показує, що запропонований підхід не заперечує класичні BPM/BPR, process mining або цифрові стратегії, а інтегрує їх у єдину експериментальну платформу, де архітектурні рішення, аналітичні моделі та управлінські припущення можна швидко перевіряти, вимірювати та масштабувати. Саме ця інтеграція – поєднання «цифрового полігону», формалізованих показників ефективності й ризику та портфельного підходу – є ключовою перевагою запропонованого методу реінжинірингу цифрових державних послуг.

Висновки

У роботі представлено розширену дорожню карту впровадження реінжинірингу цифрових державних послуг, у центрі якої знаходиться модульний експериментальний стенд як інструмент аналізу, прототипування та навчання. Запропоновано інтегральний показник ефективності та модель ризику, що дають можливість кількісно порівнювати альтернативні сценарії трансформації й оцінювати баланс між скороченням часу, підвищенням якості та зниженням уразливості процесів. Розроблена архітектура стенду охоплює рівень е-послуг, модулі збору й попередньої обробки даних, аналітичний рівень із process mining та ML/NN, а також блок оркестрації експериментів, що забезпечує повний цикл від генерації навантаження до інтерпретації результатів. Продемонстровано, що застосування цієї архітектури до трьох реальних кейсів – реєстрації бізнесу, призначення соціальної допомоги та отримання дозвільних документів – дозволяє суттєво покращити показники часу, якості й ризиків у порівнянні з вихідним станом AS-IS. Класифікація е-послуг і набір шаблонів реінжинірингу створюють основу для масштабування підходу на весь портфель послуг, а вбудований механізм управління змінами та навчання персоналу забезпечує організаційну готовність до впровадження результатів експериментів у продуктивне середовище. Практичне використання запропонованого підходу дає змогу органам влади зменшити невизначеність, притаманну глибокому реінжинірингу, підвищити керованість ризиками та забезпечити більш ефективне й обґрунтоване використання бюджетних ресурсів у процесі цифрової трансформації.

Список літератури

1. Ammirato S., Cutrì L., Felicetti A. M., Di Maio F. *Business process management and digital transition: The case study of an Italian public university* // *Transforming Government: People, Process and Policy*. – 2024. – Vol. 18, № 4. – P. 825–855. – DOI: 10.1108/TG-04-2024-0087.
2. Fasna M. F. F., Gunatilake S. *Towards successful strategies to overcome BPR implementation issues: case of Sri Lanka* // *Business Process Management Journal*. – 2020. – Vol. 26, № 6. – P. 1241–1259. – DOI: 10.1108/BPMJ-03-2019-0087.
3. Tupa J., Steiner F. *Industry 4.0 and business process management* // *Tehnički glasnik*. – 2019. – Vol. 13, № 4. – P. 349–355. – DOI: 10.31803/tg20181008155243.
4. Veit D. R., Lacerda D. P., Camargo L. F. R., Kipper L. M., Dresch A. *Towards Mode 2 knowledge production* // *Business Process Management Journal*. – 2017. – Vol. 23, № 2. – P. 293–328. – DOI: 10.1108/BPMJ-03-2016-0045.
5. van der Aalst W. *Process Mining: Data Science in Action*. – 2nd ed. – Berlin: Springer, 2016. – 467 p. – DOI: 10.1007/978-3-662-49851-4.
6. Dumas M., La Rosa M., Mendling J., Reijers H. A. *Fundamentals of Business Process Management*. – 2nd ed. – Berlin: Springer, 2018. – 527 p. – DOI: 10.1007/978-3-662-56509-4.
7. Biazzo S. *Process mapping techniques and organisational analysis: Lessons from sociotechnical system theory* // *Business Process Management Journal*. – 2002. – Vol. 8, № 1. – P. 42–52. – DOI: 10.1108/14637150210418629.
8. Tax N., Verenich I., La Rosa M., Dumas M. *Predictive business process monitoring with LSTM neural networks* // *Business Process Management Workshops (CAiSE 2017)*. – Cham: Springer, 2017. – P. 477–492. – DOI: 10.1007/978-3-319-59536-8_30.
9. Di Francescomarino C., Dumas M., La Rosa M., Maggi F. M., Palpanas T., Mecella M. *Clustering-based predictive process monitoring* // *IEEE Transactions on Services Computing*. – 2018. – Vol. 12, № 6. – P. 896–909. – DOI: 10.1109/TSC.2016.2645153.
10. Hochreiter S., Schmidhuber J. *Long short-term memory* // *Neural Computation*. – 1997. – Vol. 9, № 8. – P. 1735–1780. – DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.
11. Scarfone K., Mell P. *Guide to intrusion detection and prevention systems (IDPS)*. – NIST Special Publication 800-94. – Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2007. – 143 p. – DOI: 10.6028/NIST.SP.800-94.

12. Rose S., Borchert O., Mitchell S., Connelly S. *Zero trust architecture*. – NIST Special Publication 800-207. – Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2020. – 59 p. – DOI: 10.6028/NIST.SP.800-207.
13. Mendling J., Weber I., van der Aalst W., vom Brocke J., Cabanillas C. *Blockchain for business process management – challenges and opportunities* // *ACM Transactions on Management Information Systems*. – 2018. – Vol. 9, № 1. – Art. 4. – DOI: 10.1145/3183367.
14. Janssen M., van der Voort H. *Adaptive governance: Towards a stable, accountable and responsive government* // *Government Information Quarterly*. – 2016. – Vol. 33, № 1. – P. 1–5. – DOI: 10.1016/j.giq.2016.02.003.
15. Janssen M., Kuk G. *The challenges and limits of big data algorithms in public policy making* // *Government Information Quarterly*. – 2016. – Vol. 33, № 3. – P. 371–377. – DOI: 10.1016/j.giq.2016.08.011.
16. Sun T. Q., Medaglia R. *Mapping the challenges of artificial intelligence in the public sector* // *Government Information Quarterly*. – 2019. – Vol. 36, № 2. – P. 368–383. – DOI: 10.1016/j.giq.2018.09.008.
17. Sanina A., Balashov A., Rubtcova M. *The socio-economic efficiency of digital government transformation* // *International Journal of Public Administration*. – 2022. – Vol. 45, № 16. – P. 1210–1223. – DOI: 10.1080/01900692.2021.1988637.
18. Hamdani M. *E-government as a strategic foundation for building the digital economy: Analytical perspectives on infrastructure, governance, and policy challenges* // *International Journal of Electronic Government Research*. – 2023. – Vol. 19, № 1. – P. 1–15. – DOI: 10.4018/IJEGR.316139.
19. Lin H. H., Lin Y. W., Chiang C. T., Liao C. H. *Motivations for digital transformation in government: insights from the push-pull-mooring model and age-related inertia* // *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*. – 2024. – Vol. 34, № 2. – P. 158–175. – DOI: 10.1080/10919392.2024.2326716.
20. Racis S., Spano A. *Unlocking the promise of process mining: shaping perceptions and impact in the public sector* // *European Journal of Innovation Management*. – 2024. – Vol. 28, № 8. – P. 3165–3191. – DOI: 10.1108/EJIM-10-2023-0887.
21. Kitsios F., Kamariotou M., Mavromatis A. *Drivers and outcomes of digital transformation: the case of public sector services* // *Information*. – 2023. – Vol. 14, № 1. – Art. 43. – DOI: 10.3390/info14010043.
22. Latupeirissa J. J. P., Dewi N. L. Y., Prayana I. K. R., Srikandi M. B., Ramadiansyah S. A., Pramana I. B. G. A. Y. *Transforming public service delivery: a comprehensive review of digitization initiatives* // *Sustainability*. – 2024. – Vol. 16, № 7. – Art. 2818. – DOI: 10.3390/su16072818.
23. Norling K. *Digital transformation or digital standstill? Status quo bias in Swedish public sector strategies* // *Transforming Government: People, Process and Policy*. – 2024. – Vol. 19, № 1. – P. 91–107. – DOI: 10.1108/TG-04-2024-0078.
24. Waara Å. *Examining digital government maturity models: evaluating the inclusion of citizens* // *Administrative Sciences*. – 2025. – Vol. 15, № 3. – Art. 73. – DOI: 10.3390/admsci15030073.
25. European Commission. *eGovernment Benchmark 2022: Synchronising digital governments: background report*. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. – 126 p. – DOI: 10.2759/204448.
26. United Nations. *E-Government Survey 2022: The Future of Digital Government*. – New York: United Nations, 2022. – 164 p. – DOI: 10.18356/9789210018093.
27. OECD. *Digital Government Review: Towards user-driven public services*. – Paris: OECD Publishing, 2019. – DOI: 10.1787/354732cc-en.

Y. Khoklachova, Y. Khavikova, O. Cherkaskyi, D. Cherkaskyi, D. Peremetchuk

RISK-ORIENTED RE-ENGINEERING OF DIGITAL GOVERNMENT SERVICES USING A MODULAR TEST BENCH

The article proposes an expanded step-by-step roadmap for the reengineering of digital public services, centered on a modular experimental stand that functions as a “digital testing ground” for

testing transformation scenarios before their implementation in a productive environment. The approach combines organizational transformations, data structure changes, platform solution modernization, regulatory compliance, and risk-based change management. The stand architecture is structured into an e-services layer, event log collection and preprocessing modules, an analytical layer using process mining, machine learning models, hybrid CNN+LSTM and AE+LSTM autoencoder, as well as experiment orchestration and load generation modules. It is shown how the stand reproduces real cases of business registration, social assistance allocation, and obtaining permits with the ability to measure service provision time, failure intensity, staff workload, and risks of illegal decisions in AS-IS and TO-BE modes. An integral indicator of reengineering efficiency, a risk model and simplified queue models for assessing response time are proposed, which allows quantitatively comparing alternative scenarios and formulating an optimization problem for selecting a set of scenarios for a service portfolio taking into account budget and risk constraints. Fragments of the software implementation of microservices, the log collector module and data preprocessing are presented, as well as a scheme for training neural network models to detect anomalous application processing scenarios. A model for scaling the roadmap to different categories of e-services and an approach to organizing personnel training based on bench scenarios are substantiated, which together reduce the uncertainty of deep reengineering and increase the validity of management decisions in the field of digital transformation of the public sector.

Keywords: digital service reengineering; e-government; modular experimental stand; process mining; machine learning; AE+LSTM; CNN+LSTM; microservice architecture; risk management; digital transformation roadmap; government e-services.

Надійшла до редакції: 18.12.2025

Прийнята до друку: 28.01.2026

Опубліковано: 27.02.2026

© 2026 Хохлачова Ю. Є., Хавікова Ю. І., Черкаський О. В., Черкаський Д. О., Переметчик Д. О.
Цей матеріал ліцензовано за умовами CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>