

УДК 351:004.73](477+469)
DOI: 10.31673/2786-7412.2026.021671

Андрій АПОСТОЛ

аспірант кафедри системного аналізу та кібербезпеки
КНЕУ імені Вадима Гетьмана, м. Київ
ORCID-ID : 0009-0008-6286-6535
e-mail: apostol.andrii@kneu.edu.ua

Andrii APOSTOL

Postgraduate student, Department of Systems Analysis and Cybersecurity
KNEU Vadym Hetman National University of Economics, Kyiv
ORCID-ID: 0009-0008-6286-6535
e-mail: apostol.andrii@kneu.edu.ua

**ЧОМУ ПОТРІБЕН МАСШТАБОВАНИЙ EID:
УРОК ПОРТУГАЛІЇ І ВИКЛИК ДЛЯ УКРАЇНИ
ПРИ ІНТЕГРАЦІЇ В EUDI WALLET**

**WHY A SCALABLE EID IS NEEDED:
LESSONS FROM PORTUGAL AND THE CHALLENGE
FOR UKRAINE IN INTEGRATING INTO THE EUDI WALLET**

Анотація. Статтю присвячено кількісному аналізу динаміки використання системи електронної ідентифікації (eID) на прикладі Португалії з метою формування індикативного сценарію навантаження для майбутньої інтеграції України в екосистему EUDI Wallet. Актуальність дослідження зумовлена розвитком цифрових державних послуг у країнах Європейського Союзу, впровадженням оновленої нормативної рамки eIDAS 2.0 та необхідністю забезпечення масштабованості національних систем цифрової ідентифікації в умовах зростання кількості електронних взаємодій. На основі відкритого набору даних «Autenticações eletrónicas realizadas» за 2019-2024 роки побудовано лінійну регресійну модель, у якій кількість електронних автентифікацій пояснюється трендовим компонентом, сезонними фіктивними змінними для серпня, листопада та грудня, а також індикаторами структурних зламів DID_STRESS_2022 та EIDAS_2024. Для оцінювання якості моделі використано коефіцієнт детермінації, відносну середньоквадратичну похибку, критерії статистичної значущості параметрів і тест Дарбіна-Уотсона. Результати моделювання свідчать про наявність стійкого довгострокового зростання попиту на засоби електронної ідентифікації, регулярних сезонних коливань та окремих статистично значущих структурних змін. Побудована модель демонструє високу пояснювальну здатність ($R^2 \approx 96\%$) і прийнятний рівень похибки, відтворюючи поєднання трендових, сезонних і разових шоків впливів. На її основі сформовано прогноз на 2025-2027 роки, який вказує на подальше зростання кількості електронних автентифікацій та збереження

характерних піків навантаження наприкінці року. Отримані результати дозволяють використовувати португальську траєкторію як орієнтир для оцінювання перспектив розвитку української інфраструктури цифрової ідентифікації в умовах інтеграції до єдиного цифрового ринку ЄС та впровадження EUDI Wallet. Також визначено основні обмеження дослідження й окреслено напрями подальших досліджень, пов'язані з використанням панельних і динамічних моделей.

Ключові слова: електронна ідентифікація, eID, eIDAS 2.0, EUDI Wallet, цифрова автентифікація, сезонність, структурні злами, регресійний аналіз, цифрова трансформація, навантаження на інфраструктуру, Португалія, Україна, цифрові державні послуги, прогнозування, часові ряди.

Abstract. The article is devoted to a quantitative analysis of the dynamics of electronic identification (eID) usage in Portugal with the aim of developing an indicative load scenario for Ukraine's future integration into the EUDI Wallet ecosystem. The relevance of the study is driven by the ongoing expansion of digital public services across the European Union, the implementation of the updated eIDAS 2.0 regulatory framework, and the need to ensure the scalability of national digital identification systems in the context of a growing number of electronic interactions. Based on the open dataset "Autenticações eletrónicas realizadas" covering the period 2019-2024, a linear regression model was developed in which the number of electronic authentications is explained by a trend component, seasonal dummy variables for August, November, and December, as well as structural break indicators DID_STRESS_2022 and EIDAS_2024. Model quality was assessed using the coefficient of determination, relative root mean square error, statistical significance tests for the parameters, and the Durbin-Watson test. The modelling results indicate the presence of sustained long-term growth in demand for electronic identification services, regular seasonal fluctuations, and several statistically significant structural changes. The proposed model demonstrates high explanatory power ($R^2 \approx 96\%$) and an acceptable level of forecasting error, capturing the combined effects of trend, seasonality, and one-time shocks. Based on the estimated model, a forecast for 2025-2027 was generated, indicating further growth in the number of electronic authentications and the persistence of characteristic end-of-year load peaks. The findings suggest that the Portuguese trajectory may serve as a useful benchmark for assessing the prospects of Ukrainian digital identity infrastructure development in the context of integration into the EU Digital Single Market and the implementation of the EUDI Wallet. The study also identifies its main limitations and outlines directions for future research involving panel and dynamic modelling approaches.

Keywords: electronic identification, eID, eIDAS 2.0, EUDI Wallet, digital authentication, seasonality, structural breaks, regression analysis, digital transformation, infrastructure load, Portugal, Ukraine, digital public services, forecasting, time series.

Постановка проблеми. Умови цифрової трансформації державних сервісів та зростання транскордонної мобільності вимагають надійних, масштабованих та інтероперабельних рішень електронної ідентифікації (eID). У Європейському Союзі такою базовою інфраструктурою має стати EUDI

Wallet, концептуально та юридично визначений у межах оновленого регуляторного пакета eIDAS 2.0. Ініціатива передбачає створення уніфікованого, транскордонно сумісного цифрового інструмента, що забезпечує громадянам доступ до державних і приватних електронних послуг у межах єдиного цифрового ринку ЄС [1, с. 433; 2, с. 1-2; 3, с. 1].

Для України, яка здійснює інтенсивну інтеграцію в європейський цифровий простір і готується до впровадження EUDI Wallet, критично важливо заздалегідь оцінити можливе навантаження на eID-інфраструктуру, зокрема з огляду на майбутню взаємодію із цифровими сервісами ЄС. Однак ключова проблема полягає в тому, що Європейський Союз не надає агрегованих помісячних даних про використання eID, що унеможлиблює побудову моделей сезонності, пікових навантажень та структурних зламів на рівні всього ЄС. Це зазначається й у попередніх дослідженнях щодо ризиків масштабування eID-систем [5, с. 1-2], а також у пілотних проектах EU4Digital [7, с. 22].

Водночас існує окремий, але унікально цінний виняток: Португалія, яка не лише входить до числа лідерів цифрового урядування, але й активно бере участь у пілотах EUDI Wallet, системно публікує детальні статистичні дані про використання eID з 2015 року [9]. Національна система електронної ідентифікації Португалії широко аналізувалась у контексті європейської цифрової інфраструктури [10], а її розвиток часто розглядається як зразок ефективної цифрової трансформації.

Португальський кейс стає можливим індикатором того, як може поводитися система цифрової ідентифікації після масштабних реформ: він дозволяє ідентифікувати довгостроковий тренд зростання, стійкі сезонні коливання, а також аномальні реакції на реформи чи соціально-технічні події. Саме такі шаблони й відсутні у загальноєвропейських даних, що створює аналітичну прогалину.

Отже, виникає дослідницька проблема: як, використовуючи довгострокові португальські дані як індикативну модель поведінки зрілої eID-системи, оцінити потенційні навантаження на європейську eID-інфраструктуру та зробити прогнози щодо поведінки майбутньої EUDI-екосистеми в Україні? Це питання визначає актуальність і практичну значущість даного дослідження.

Аналіз досліджень і публікацій. Сучасні дослідження цифрової ідентичності в ЄС зосереджені передусім на нормативно-правових засадах, архітектурі EUDI Wallet та стратегічних наслідках його впровадження, але значно менше уваги приділяють кількісному аналізу реального навантаження на eID-інфраструктуру на довгих часових інтервалах.

У роботі Інзи розкрито концепцію Європейського цифрового гаманця (EUDI Wallet) як ключового інструмента реалізації оновленого регуляторного рамкового поля eIDAS 2.0, з акцентом на правовій природі гаманця, його функціях та ролі в єдиному цифровому ринку ЄС [1, с. 433-434]. Кудра та співавтори доповнюють цю картину, розглядаючи цифрові ідентифікаційні гаманці як нову модель керування ідентичністю, що змінює не лише технічну архітектуру, а й організаційні процеси взаємодії між користувачами, провайдерами послуг і державою [2, с. 1-2]. Обидві роботи окреслюють стратегічну важливість EUDI Wallet та його потенційний вплив на публічний

і приватний сектори, однак залишаються на рівні концептуально-регуляторного та архітектурного аналізу, без моделювання реальних потоків автентифікацій чи сезонної динаміки навантаження.

Важливий напрям дискусії стосується інтеграції біометрії в системи цифрової ідентичності. У статті Руіу, Саіу та Гроссо головну увагу приділено тому, як біометричні дані можуть бути інтегровані в eIDAS-рішення. Автори описують підходи до захисту приватності та можливу архітектуру такої системи, але не проводять аналізу реального використання eID у часовій динаміці [3, с. 1, 10-11].

Питання узгодження регуляторних вимог eIDAS 2.0 з технічними рішеннями детально розглянуто в роботі Де Марко, Маріно та Де Марія, які на прикладі італійського IT-Wallet аналізують перехід від тексту регламенту до конкретних технічних імплементацій, зокрема щодо Person Identification Data (PID) [4, с. 20-21]. Ліпс та співавтори у більш ранній праці також показують, як оновлення європейського цифрового ідентифікаційного фреймворку відображає зрушення в розумінні ролі держави, ринку й користувача в екосистемі цифрової ідентичності [6, с. 15-16]. Однак і ці дослідження зосереджені на дизайні, принципах та інституційних наслідках, а не на кількісному моделюванні динаміки попиту на eID-сервіси.

Окремий блок літератури стосується ризиків та вразливостей національних eID-систем. Еду, Гупер, Мейпл та Кроукрофт пропонують рамку оцінювання ризиків для національних систем електронної ідентифікації, яка враховує не лише технічні, а й соціальні, економічні та політичні виміри [5, с. 3-4]. Вони досліджують масштаб наслідків потенційних збоїв eID-інфраструктури, але не враховують проблему операційного навантаження: скільки автентифікацій система фактично обробляє, як це змінюється в часі, які фактори впливають на піки й провали.

У звіті EU4Digital щодо пілоту транскордонної цифрової ідентифікації між Вірменією, Грузією та Молдовою демонструється, як eIDAS-вузли можуть використовуватися для забезпечення взаємного доступу до електронних послуг, а також окреслюються технічні, організаційні та правові аспекти побудови транскордонної автентифікації [7, с. 5]. Це дослідження важливе як приклад піотної інтеграції eID-систем за межами ЄС, але в ньому йдеться переважно про архітектуру, рівні довіри та організацію пілоту; детальна динаміка обсягів автентифікацій лишається поза увагою.

У звіті Європейської комісії про попередньо нотифіковані (pre-notified) та нотифіковані (notified) схеми електронної ідентифікації наведено короткий огляд того, які eID-рішення використовують держави-члени ЄС, які рівні довіри вони мають та які технічні засоби автентифікації застосовують [8].

Окремі матеріали, присвячені Португалії, описують розвиток її eID-системи: впровадження картки громадянина (Citizen Card), мобільних механізмів входу та розширення їх використання у державних послугах [10]. У цих джерелах наголошується, що Португалія є однією з найбільш технологічно розвинених країн ЄС у сфері цифрового урядування.

Ключове значення для нашого дослідження має те, що Португалія, на відміну від більшості інших країн ЄС, публікує детальну помісячну статистику електронних автентифікацій у відкритому датасеті «Autenticações eletrónicas realizadas» [9]. Це створює унікальну можливість досліджувати не

лише загальний тренд, а й сезонні коливання, реакцію на реформи та потенційні структурні зміни в реальному часовому ряді використання eID. Водночас у наявних публікаціях цей датасет або взагалі не аналізується, або використовується фрагментарно, без побудови регресійних моделей і без спроб екстраполяції результатів на інші країни.

Таким чином, на перетині розглянутих робіт формується чітка дослідницька прогалина. Існує значний масив праць, присвячених правовим основам EUDI Wallet [1; 4; 6], концепції цифрових ідентифікаційних гаманців [2], біометричним аспектам [3], ризикам національних eID-систем [5] та транскордонним пілотам [7]. Водночас бракує емпіричних кількісних досліджень, які б:

- ґрунтувалися на довгострокових помісячних даних використання eID;
- моделювали тренд, сезонність та структурні зміни у використанні системи;
- інтерпретували ці результати в контексті впровадження EUDI Wallet та потенційних навантажень на інфраструктуру інших країн, зокрема України.

Саме цю прогалину покликана заповнити ця робота, яка використовує португальський часовий ряд eID-автентифікацій [9] як еталонний кейс зрілої європейської eID-системи та екстраполює виявлені закономірності на перспективу інтеграції України в екосистему EUDI Wallet.

Мета статті. Стаття має на меті визначити фактори, що впливають на використання системи електронної ідентифікації в Португалії, а також оцінити можливості екстраполяції виявлених закономірностей на українську eID-інфраструктуру з огляду на майбутню інтеграцію України в екосистему EUDI Wallet.

Виклад основного матеріалу. Методологічно дослідження ґрунтується на комбінації кількісних та аналітичних підходів, характерних для сучасної цифрової економіки та досліджень eID-систем. Першим етапом стало формування довгострокового помісячного ряду використання електронної ідентифікації в Португалії на основі офіційного відкритого датасета «Autenticações eletrónicas realizadas» [9]. Цей набір даних охоплює період 2015-2024 років і є одним з небагатьох у Європейському Союзі з такою деталізацією.

Другий етап включав побудову набору авторських фіктивних змінних для виявлення сезонних ефектів, потенційних структурних змін, аномальних періодів та реакції на регуляторні зміни, зокрема пов'язані із впровадженням eIDAS 2.0 [1, с. 423-424; 2, с. 1-2; 4, с. 21-22] та цифровими реформами Португалії [10]. Виявлення цих факторів базувалося на аналітичних висновках попередніх досліджень про вплив правових та технічних змін на eID-інфраструктуру [3, с. 10-11; 5, с. 3-5; 6, с. 13-16].

На третьому етапі була побудована лінійна регресійна модель, у якій залежною змінною виступає кількість електронних автентифікацій за місяць, а незалежними – трендовий компонент часу та сезонні індикатори окремих місяців (серпень, листопад і грудень), а також фіктивні змінні DID_STRESS_2022 та EIDAS_2024, що відображають структурні зміни у часовому ряді. Оцінювання параметрів моделі здійснювалося методом найменших квадратів. Якість моделі перевірялась за коефіцієнтом

детермінації R2, відносною середньоквадратичною похибкою, t-критеріями значущості окремих параметрів, F-критерієм загальної адекватності моделі, а також за наявності автокореляції за тестом Дарбіна-Уотсона.

Четвертий етап полягав у побудові прогнозу на основі найточнішої моделі та екстраполяції можливих сценаріїв для України, зокрема у контексті приєднання до європейського цифрового ринку та перспектив впровадження EUDI Wallet [7, с. 21-22].

Об'єктом дослідження є процес функціонування та використання систем електронної ідентифікації в умовах цифрової трансформації державних е-послуг.

Предметом є закономірності динаміки, сезонності та структурних зламів у використанні eID-інфраструктури, а також можливість застосування португальських даних як репрезентативної моделі для прогнозування навантаження на майбутню систему EUDI Wallet в Україні.

Для емпіричного аналізу використано відкритий набір даних «Autenticações eletrónicas realizadas», що публікується Португалією та містить інформацію про щомісячну кількість електронних автентифікацій за допомогою засобів eID [9]. З повного ряду 2015-2024 років було відібрано період 2019-2024 років, який відповідає фазі зрілої цифрової інфраструктури та підготовки до впровадження EUDI Wallet [1; 2; 10]. Португалія розглядається в роботі як показовий еталонний кейс держави – піонера цифрового урядування та активного учасника європейських ініціатив з цифрової ідентичності [6; 7; 10].

Побудова графіка місячної кількості електронних автентифікацій у Португалії за 2019-2024 роки (кількість спостережень – 72) показала складну, але структурно впорядковану динаміку показника: поєднання стійкого висхідного тренду, регулярних сезонних коливань та двох виразних структурних зламів. Загальний рівень навантаження на eID-систему за цей період зріс майже утричі – від близько 0.4 млн транзакцій на місяць у 2019 році до приблизно 2.6-3.0 млн у 2023-2024 роках. Це відображає як розширення спектра цифрових послуг, так і зростання довіри користувачів до електронної ідентифікації.

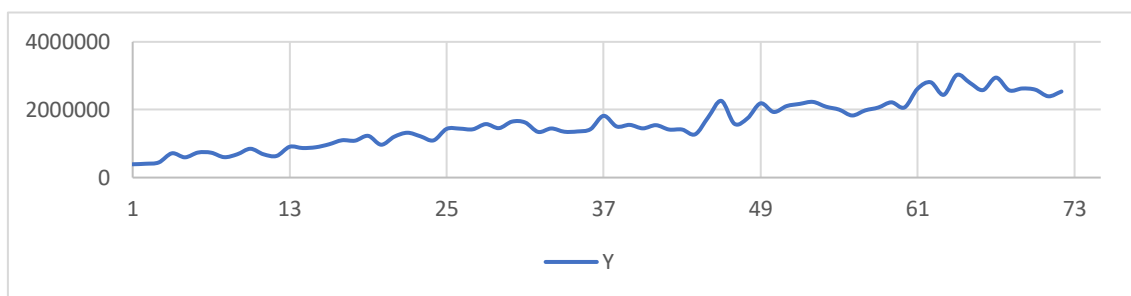


Рис. 1. (Власна розробка) Динаміка місячної кількості електронних автентифікацій у Португалії за 2019-2024 роки

Регулярна сезонність проявляється у трьох характерних точках року. По-перше, у серпні фіксується стабільне падіння кількості автентифікацій, що узгоджується з відпускним періодом і зниженням адміністративної активності. По-друге, у листопаді спостерігається перехідне зменшення

навантаження – місяць виконує функцію «підготовчого коридору» перед піком адміністративних процедур. По-третє, у грудні показник суттєво зростає, що пов'язано із завершенням фінансового та календарного року, оновленням документів і масовим використанням державних електронних сервісів. Саме ці три стійкі шаблони згодом було формалізовано у вигляді сезонних фіктивних змінних для серпня (M8), листопада (M11) та грудня (M12).

Окрім сезонних хвиль, у ряду виявлено два структурні злами. Перший припадає на 2022 рік і проявляється короткочасним, але помітним відхиленням від трендового зростання. Оскільки у відкритих джерелах відсутнє однозначне пояснення цієї динаміки, у роботі він інтерпретується як період підвищеного стресу для системи цифрової ідентифікації – сукупний ефект технічних, організаційних або зовнішніх соціально-економічних чинників. Для його врахування сформовано фіктивну змінну DID_STRESS_2022, яка набуває значення 1 у відповідні місяці та 0 в інших періодах.

Другий структурний злам пов'язаний з 2024 роком, коли кількість електронних автентифікацій стабілізується на істотно вищому рівні – близько трьох мільйонів транзакцій на місяць. Ця зміна збігається з активною фазою імплементації оновленої нормативної рамки eIDAS 2.0 та підготовки до розгортання EUDI Wallet [1; 4; 6], а також із розширенням функціональності національних цифрових ідентифікаторів [10]. Для моделювання цього ефекту введено фіктивну змінну EIDAS_2024, яка відображає перехід ряду на новий рівень після початку цифрових реформ.

Отже, вихідний часовий ряд формують три типи впливів: довгостроковий тренд, регулярна річна сезонність та одноразові структурні зміни, пов'язані з кризовими або реформаторськими подіями. Така структура є типовою для е-сервісів, що інтегровані у більш широкий контекст цифрової держави й регулюються наднаціональними нормами [2, с. 1-2].

Для кількісного опису динаміки навантаження на систему цифрової ідентифікації побудовано лінійну регресійну модель, де залежною змінною є кількість електронних автентифікацій за місяць Y , а незалежними – трендовий компонент, сезонні фіктивні змінні та індикатори структурних зламів. Остаточна модель має вигляд:

$$Y = 527942.1655 + 30328.8255 \cdot T - 191096.7189 \cdot M8 - 194877.6775 \cdot M11 - 216098.003 \cdot M12 + 281117.9233 \cdot EIDAS_2024 - 343175.8925 \cdot DID_STRESS_2022$$

Тут:

- T – порядковий номер місяця у вибірці, що відображає довгостроковий тренд;
- $M8$, $M11$, $M12$ – фіктивні змінні, що дорівнюють 1 відповідно для серпня, листопада та грудня;
- DID_STRESS_2022 – індикатор аномального стресового періоду 2022 року;
- $EIDAS_2024$ – індикатор періоду дії цифрових реформ eIDAS / підготовки до EUDI Wallet з 2024 року;
- Знаки коефіцієнтів відображають реальні закономірності часового ряду.
- Додатний коефіцієнт при T свідчить про стабільне довгострокове зростання попиту на електронну автентифікацію.

- Від’ємний ефект змінної DID_STRESS_2022 фіксує суттєве падіння активності у 2022 році, пов’язане зі структурним шоком.
- Позитивний коефіцієнт при EIDAS_2024 означає перехід на вищий рівень використання eID у період реформування системи відповідно до вимог eIDAS 2.0.

Негативні коефіцієнти при змінних M8, M11 та M12 свідчать про те, що в серпні, листопаді та грудні фактичні значення є нижчими за той рівень, який прогнозував би довгостроковий тренд за відсутності сезонних ефектів. Це не означає, що ці місяці завжди мають меншу активність порівняно із сусідніми місяцями: у «сирих» даних грудень нерідко демонструє локальне підвищення, а серпень та листопад – коливання залежно від року. Проте після контролю за трендом модель порівнює кожен місяць з очікуваним значенням, що зростає з часом. У цьому порівнянні серпень, листопад і грудень системно не досягають трендової траєкторії, що й відображається у від’ємних значеннях відповідних коефіцієнтів. Іншими словами, від’ємні оцінки фіксують недосягнення трендового рівня, а не абсолютне зниження активності відносно попереднього чи наступного місяця.

Параметри моделі оцінено методом найменших квадратів. Серед кількох альтернативних специфікацій (модель з одним трендом, моделі з різними комбінаціями сезонних змінних і структурних індикаторів) найкращою виявилася дана модель, що збалансовує точність та інтерпретованість. Для оцінки якості моделі застосовувалися такі критерії:

- коефіцієнт детермінації R²;
- відносна середньоквадратична похибка s/усер;
- статистична значущість параметрів за t-критерієм;
- загальна адекватність моделі за F-критерієм Фішера;
- наявність автокореляції залишків за тестом Дарбіна-Уотсона.

Отримане значення відносної середньоквадратичної похибки становить близько 8.93%, що є прийнятним для ряду з високою варіативністю, сезонністю та двома структурними зламами. Коефіцієнт детермінації R² = 96.07% означає, що приблизно 96.07% варіації показника пояснюється включеними факторами. Усі ключові змінні T, M8, M11, M12, EIDAS_2024, DID_STRESS_2022 мають статистично значущі оцінки.

Тест Дарбіна-Уотсона показав значення 1.735, що знаходиться в зоні невизначеності, але не свідчить про виражену автокореляцію. Отже, параметри моделі є досить стабільними і придатними для прогнозування.

Отже, побудована модель адекватно відтворює як довгострокове зростання навантаження на систему цифрової ідентифікації, так і повторювані сезонні цикли та ефекти цифрових реформ, і може використовуватись для аналізу майбутнього навантаження на eID-інфраструктуру ЄС та України.

На основі оціненої регресійної моделі побудовано прогноз місячної кількості електронних автентифікацій в Португалії на 2025-2027 роки. Прогноз розраховувався шляхом екстраполяції трендового компоненту, врахування сезонних змінних (M8, M11, M12) та дії структурних ефектів (EIDAS_2024, DID_STRESS_2022). Результати прогнозу зображено на рисунку 2 та подано в таблиці 1.

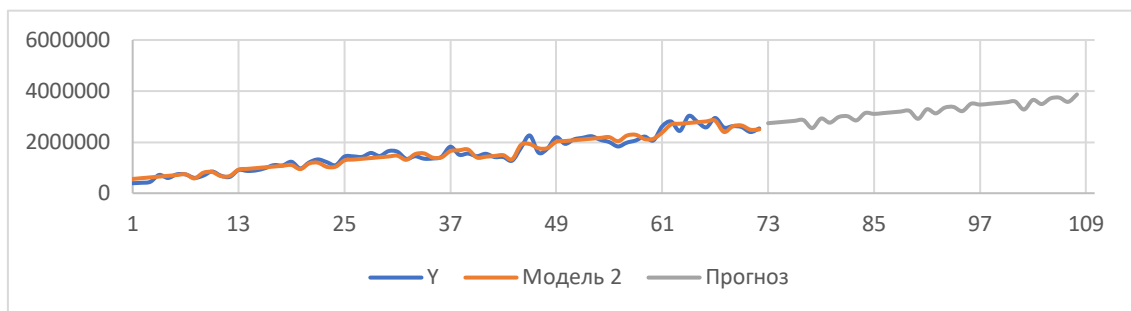


Рис. 2. (Власна розробка) Лінійна регресійна модель і прогноз кількості електронних автентифікацій в Португалії на 2025-2027 роки

Таблиця 1

Прогноз кількості електронних автентифікацій в Португалії на 2025-2027 роки

Рік	Місяць	Прогноз
2025	січень	2741946.427
2025	лютий	2772275.252
2025	березень	2802604.078
2025	квітень	2832932.903
2025	травень	2863261.729
2025	червень	2550414.662
2025	липень	2923919.38
2025	серпень	2763151.486
2025	вересень	2984577.031
2025	жовтень	3014905.856
2025	листопад	2850357.004
2025	грудень	3140583.428
2026	січень	3105892.333
2026	лютий	3136221.158
2026	березень	3166549.984
2026	квітень	3196878.809
2026	травень	3227207.635
2026	червень	2914360.568
2026	липень	3287865.286
2026	серпень	3127097.392
2026	вересень	3348522.937
2026	жовтень	3378851.762
2026	листопад	3214302.91
2026	грудень	3504529.333
2027	січень	3469838.239
2027	лютий	3500167.064
2027	березень	3530495.89
2027	квітень	3560824.715
2027	травень	3591153.541

2027	червень	3278306.474
2027	липень	3651811.192
2027	серпень	3491043.298
2027	вересень	3712468.843
2027	жовтень	3742797.668
2027	листопад	3578248.816
2027	грудень	3868475.239

Власна розробка

Побудований прогноз демонструє стійке продовження висхідного тренду використання електронної ідентифікації: до кінця 2027 року показник перевищує 3.8 млн транзакцій на місяць. Це підвищення зберігається навіть за наявності сезонних відхилень, які залишаються характерною рисою динаміки. Найглибші сезонні зниження традиційно припадають на серпень, що збігається з літнім спадом адміністративної активності, та на листопад, який виконує роль перехідного «коридору» перед завершенням року.

Водночас грудень, як і в ретроспективних даних, стабільно формує річний пік навантаження: в окремі роки й прогнозних періодах він перевищує середньомісячний рівень приблизно на 300-400 тис. транзакцій. Це відповідає практиці завершення адміністративних процесів, оновлення документів та підвищеної активності користувачів наприкінці фінансового циклу.

Значний внесок у формування прогнозної траєкторії має ефект EIDAS_2024: модель показує, що після впровадження реформ кількість автентифікацій стабілізується на якісно новому, суттєво вищому рівні порівняно з попередніми періодами. Це узгоджується з європейськими тенденціями щодо розширення функціональності цифрової ідентифікації та інтеграції національних систем у майбутній EUDI Wallet [1, с. 433-434; 2, с. 1-2].

Натомість стресовий період 2022 року не повторюється в прогнозі, що свідчить про його разовий, а не структурно-постійний характер. Модель інтерпретує його як тимчасове порушення трендової динаміки, масштаби якого не впливають на середньострокову траєкторію зростання.

У цілому прогноз підтверджує: за відсутності нових значущих шоків та з урахуванням подальшої імплементації eIDAS 2.0, попит на цифрову ідентифікацію в Португалії й надалі зростатиме, а сезонні шаблони збережуться без суттєвих змін.

Висновки і пропозиції. Отримані результати дозволяють розглядати Португалію як показовий приклад зрілої системи електронної ідентифікації, динаміка якої відображає і ширші тенденції цифрової трансформації в Європейському Союзі. Виявлена структура часових рядів (стійке трендове зростання, повторювана сезонність і чутливість до регуляторних змін) цілком узгоджується з тим, що описують сучасні дослідження еволюції eID-інфраструктур у межах eIDAS 2.0 та підготовки до впровадження EUDI Wallet [1, с. 433-434; 2, с. 1-2; 6, с. 15-16].

Сезонні ефекти, які проявляються у зниженні активності в серпні, перехідних коливаннях восени та різкому сплеску в грудні, мають не випадковий характер. Подібна поведінка фіксується в багатьох державах-

членах ЄС, де публічні сервіси демонструють циклічність, пов'язану з відпуском періодом, закриттям фінансового року та завершенням адміністративних процедур. Це означає, що майбутня архітектура EUDI Wallet, яка інтегруватиме національні схеми ідентифікації, цілком ймовірно успадкує такі самі піки навантаження, і саме вони визначатимуть вимоги до масштабування та стійкості інфраструктури.

Особливу увагу привертає помітний структурний стрибок після 2024 року. Модель показує, що впровадження нових регуляторних вимог згідно з eIDAS 2.0 здатне підняти використання на якісно вищий рівень. Такий ефект добре описаний у європейській літературі: модернізація електронної ідентифікації, розширення набору атрибутів та підготовка до EUDI Wallet суттєво збільшують кількість взаємодій з цифровими сервісами [2, с. 1-2; 3, с. 1, 10-11; 4, с. 20-25]. У випадку Португалії цей перехід підтверджений емпірично і водночас відображає ширшу тенденцію, характерну для країн, які швидко розширюють функціональність своїх eID-рішень [10].

Отримані прогнози дозволяють побачити майбутню поведінку системи у більшій перспективі. Якщо умовно екстраполювати португальську траєкторію 2025-2027 років на загальноєвропейський рівень як індикативний сценарій, можна припустити зростання навантаження на рівні близько 10-12 % щороку, із концентрацією пікових навантажень у кінці року. І хоча ЄС не публікує консолідованої щомісячної статистики eID, регуляторні документи та аналітичні матеріали дають підстави очікувати, що впровадження EUDI Wallet спричинить різке збільшення кількості транзакцій через нові моделі керування ідентичністю, обміну атрибутами та цифрових довірчих послуг [1, с. 433-434; 2, с. 1-2].

Для України це має пряме прикладне значення. Динаміка українських цифрових сервісів, зокрема «Дії», уже демонструє подібні закономірності зростання попиту. Водночас майбутня інтеграція до EUDI Wallet означає, що Україні доведеться оперувати не лише національним навантаженням, а й загальноєвропейськими вимогами до масштабованості, стійкості та сезонної адаптації інфраструктури. Португальська траєкторія фактично виступає еталонним кейсом: вона показує як технічні, так і організаційні вимоги, з якими країна стикається при переході від класичних eID-систем до моделі «цифрового гаманця» європейського рівня.

Отже, результати моделювання демонструють, що Португалія може служити валідним еталоном майбутньої динаміки навантаження у межах EUDI Wallet. Отримані закономірності дають можливість оцінити довгострокові сценарії розвитку, підготуватися до пікових періодів та сформулювати рекомендації для країн, що готуються до інтеграції, включно з Україною.

Отримані результати слід інтерпретувати з урахуванням низки обмежень. По-перше, аналіз базується на даних лише однієї держави – Португалії. Вона є показовим, але специфічним кейсом із власною структурою економіки, демографічними характеристиками, рівнем проникнення цифрових послуг та історією розвитку eID-інфраструктури. Тому португальський часовий ряд доцільно розглядати як еталонну модель поведінки зрілої eID-системи, а не як репрезентативну вибірку для всього ЄС чи безпосередньо для України. Екстраполяція результатів на інші країни має

сценарний характер і потребує подальшої верифікації з урахуванням їхніх інституційних та технологічних особливостей.

По-друге, у роботі застосовано відносно просту лінійну регресійну модель, оцінену методом найменших квадратів. Хоча вона демонструє високу пояснювальну здатність і прийнятну точність прогнозу, модель не враховує можливих складніших динамічних залежностей (авторегресійних та сезонних компонентів в рамках ARIMA/SARIMA-підходів, гетероскедастичності, робастних оцінок тощо). Розширення аналізу за рахунок динамічних моделей і порівняння їхньої прогнозовної якості із запропонованою специфікацією є перспективним напрямом подальших досліджень.

По-третє, інтерпретація змінної DID_STRESS_2022 має гіпотетичний характер. Вона фіксує статистично значущий структурний збій у динаміці показника, однак наявні відкриті джерела не дозволяють однозначно ідентифікувати його природу (чи йдеться про технічні, організаційні, регуляторні або зовнішні соціально-економічні фактори). Аналогічно змінна EIDAS_2024 може відображати сукупний ефект кількох реформ і змін середовища.

Тому зроблені висновки щодо сутності цих зламів слід розглядати як аналітичну інтерпретацію, що потребує подальшого уточнення на основі додаткових даних.

Подальший розвиток теми потребує розширення як емпіричної бази, так і аналітичних підходів. Перспективним є залучення даних інших держав-членів ЄС для формування порівняльної панельної моделі, що дозволило б виокремити ефекти, спільні для всіх зрілих eID-інфраструктур, та відділити їх від унікальних особливостей окремих країн. Важливим напрямом є поглиблення аналізу за рахунок використання більш складних часових моделей (SARIMA, ARDL, структурних моделей із сезонними та циклічними компонентами, моделей з робастними стандартними похибками) для підвищення точності прогнозування та виявлення латентних закономірностей у динаміці цифрової автентифікації.

Перспективним видається також інтеграція мікрорівневих даних, зокрема статистики за типами електронних послуг, групами користувачів або секторами економіки. Така деталізація дала б змогу пояснити, які сегменти створюють основне навантаження на eID-інфраструктуру та як змінюється структура використання цифрових сервісів у відповідь на регуляторні новації. Окремий інтерес становить аналіз поведінкових патернів користувачів, адже запровадження EUDI Wallet може трансформувати логіку доступу до е-послуг та стимулювати нові сценарії взаємодії з цифровою державою.

Не менш важливим завданням є адаптація моделі до українського контексту. Майбутній розвиток е-ідентифікації в Україні значною мірою залежатиме від швидкості інтеграції до європейського цифрового ринку, рівня цифрової довіри, структури державних послуг та інституційних рішень щодо впровадження EUDI Wallet. Побудова спеціалізованої української моделі на основі власних часових рядів (після їх накопичення у достатньому обсязі) дозволить порівняти реальні траєкторії розвитку з прогнозами, отриманими на португальському еталоні, та уточнити оцінки навантаження на національну інфраструктуру е-ідентифікації.

Підбиваючи підсумки, можемо сказати, що дане дослідження показало, що динаміка використання системи електронної ідентифікації в Португалії формується поєднанням стійкого трендового зростання, повторюваної сезонності та окремих структурних зламів, пов'язаних із регуляторними змінами та стресовими подіями. На основі довгострокового ряду за 2019-2024 роки побудовано регресійну модель, яка кількісно описує ці ефекти та забезпечує прийнятну точність відтворення фактичних даних.

Оцінені параметри моделі свідчать, що попит на електронні автентифікації в Португалії стабільно зростає, тоді як серпень, листопад і грудень системно відхиляються від трендової траєкторії. Серпень і листопад відображають сезонні провали, пов'язані з відпуском періодом та перехідною фазою перед завершенням року, тоді як грудень формує пікове навантаження на eID-інфраструктуру. Структурний збій 2022 року зафіксовано як короточасний негативний шок, а 2024 рік означає перехід до нового, вищого рівня використання eID, що узгоджується з імплементацією eIDAS 2.0 та підготовкою до EUDI Wallet.

Побудований прогноз на 2025-2027 роки демонструє подальше посилення навантаження на eID-систему за збереження наявних сезонних та реформаторських ефектів. Це підтверджує інерційний характер еволюції цифрової ідентифікації та високу чутливість інфраструктури до змін регуляторної та технологічної рамки.

Отримані результати можуть бути використані як еталонний сценарій для оцінки майбутнього навантаження на українську eID-інфраструктуру в умовах інтеграції до спільного цифрового ринку ЄС. Португальська траєкторія показує, до яких масштабів може зрости кількість електронних автентифікацій при розширенні е-послуг і впровадженні EUDI Wallet, а також які сезонні піки варто враховувати при плануванні потужностей. Це підкреслює необхідність завчасного проектування масштабованої та стійкої української eID-екосистеми, здатної працювати як на національному рівні, так і в рамках майбутнього українського сегмента EUDI Wallet.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Інза Х. Європейський цифровий гаманець ідентичності відповідно до Регламенту eIDAS 2.0. Управління та контроль даних і цифрової економіки на Єдиному ринку Європейського Союзу / за ред. С. Pastor Sempere. Cham : Springer, 2025. Т. 71. (Law, Governance and Technology Series). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-74889-9_19.
2. Кудра А., Рігер А., Зедльмаєр Й., Рот Т., Фрідген Г., Янг А. Цифрові гаманці ідентичності: путівник новою моделлю цифрової ідентичності Європейського Союзу. Information Systems Journal. 2025. С. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1111/isj.70009>.
3. Руїу П., Саїу С., Гроссо Е. Цифрова ідентичність у Європейському Союзі: просування рішень eIDAS на основі біометрії. Future Internet. 2024. Т. 16. № 7. Ст. 228. DOI: <https://doi.org/10.3390/fi16070228>.
4. Де Марко Г., Маріно Ф. А., Де Марія А. Поєднання правових вимог eIDAS 2.0 та технічних рішень. TDI2024: Proceedings of the Workshop on Trust in

- Digital Identity. 2024. С. 18–30. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-3863/paper2.pdf> (дата звернення: 16.04.2026).
5. Еду Дж., Гупер М., Мейпл К., Кроукрофт Дж. Рамкова модель оцінювання впливу та ризиків національних систем електронної ідентифікації (eID). arXiv. 2023. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.15784>.
 6. Ліпс С., Виноградова Н., Кріммер Р., Драгейм Д. Переосмислення рамкової системи цифрової ідентичності Європейського Союзу. Proceedings of the 23rd Annual International Conference on Digital Government Research. New York : Association for Computing Machinery, 2022. С. 13–21. DOI: <https://doi.org/10.1145/3543434.3543652>.
 7. EU4Digital Facility. Звіт із рекомендаціями за результатами пілотного проєкту транскордонної електронної ідентифікації (eID). 2024. URL: <https://eufordigital.eu/wp-content/uploads/2025/02/EU4Digital-II-Cross-border-eID-pilot-recommendations-report-2024.12.30.pdf> (дата звернення: 16.04.2026).
 8. Європейська Комісія. Огляд попередньо нотифікованих та нотифікованих схем електронної ідентифікації відповідно до eIDAS. Спільнота користувачів eID. 2023. URL: <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/sites/spaces/EIDCOMMUNITY/pages/48762251/Overview%2Bof%2Bpre-notified%2Band%2Bnotified%2BeID%2Bschemes%2Bunder%2BeIDAS> (дата звернення: 16.04.2026).
 9. Виконані електронні автентифікації : набір даних. dados.gov.pt. URL: <https://dados.gov.pt/pt/datasets/autenticacoes-eletronicas-realizadas/> (дата звернення: 16.04.2026).
 10. Європейська Комісія. Піонерські рішення Португалії у сфері електронної ідентифікації. Interoperable Europe Portal. 2021. URL: <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/portuguese-egovernment-solutions/news/portugals-pioneering-eid-solutions> (дата звернення: 16.04.2026).

REFERENCES

1. Inza, J. (2025). The European digital identity wallet under the eIDAS 2.0 regulation. In C. Pastor Sempere (Ed.), *Data governance and control in the digital economy of the European Union single market* (Law, Governance and Technology Series, Vol. 71). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-74889-9_19 [In English].
2. Kudra, A., Rieger, A., Sedlmair, J., Roth, T., Friedgen, G., & Young, A. (2025). Digital identity wallets: A guide to the European Union's new digital identity model. *Information Systems Journal*, 1–10. <https://doi.org/10.1111/isj.70009> [In English].
3. Ruiu, P., Saiu, S., & Grosso, E. (2024). Digital identity in the European Union: Advancing biometric-based eIDAS solutions. *Future Internet*, 16(7), 228. <https://doi.org/10.3390/fi16070228> [In English].
4. De Marco, G., Marino, F. A., & De Maria, A. (2024). Combining eIDAS 2.0 legal requirements and technical solutions. In *TDI2024: Proceedings of the Workshop*

- on Trust in Digital Identity* (pp. 18–30). Retrieved from <http://ceur-ws.org/Vol-3863/paper2.pdf> [In English].
5. Edu, J., Hooper, M., Maple, C., & Crowcroft, J. (2023). A framework for assessing impacts and risks of national electronic identification systems (eID). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.15784> [In English].
 6. Lips, S., Vinogradova, N., Krimmer, R., & Draheim, D. (2022). Rethinking the European Union digital identity framework. In *Proceedings of the 23rd Annual International Conference on Digital Government Research* (pp. 13–21). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3543434.3543652> [In English].
 7. EU4Digital Facility. (2024). *Recommendations report on the cross-border electronic identification (eID) pilot project*. Retrieved from <https://eufordigital.eu/wp-content/uploads/2025/02/EU4Digital-II-Cross-border-eID-pilot-recommendations-report-2024.12.30.pdf> [In English].
 8. European Commission. (2023). *Overview of pre-notified and notified electronic identification schemes under eIDAS*. eID User Community. Retrieved from <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/sites/spaces/EIDCOMMUNITY/pages/48762251/Overview%2Bof%2Bpre-notified%2Band%2Bnotified%2BeID%2Bschemes%2Bunder%2BeIDAS> [In English].
 9. dados.gov.pt. (n.d.). *Electronic authentications performed: Dataset*. Retrieved from <https://dados.gov.pt/pt/datasets/autenticacoes-eletronicas-realizadas/> [In Portuguese].
 10. European Commission. (2021). *Portugal's pioneering eID solutions*. Interoperable Europe Portal. Retrieved from <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/portuguese-egovernment-solutions/news/portugals-pioneering-eid-solutions> [In English].

Received (надійшла до редакції): 11.04.2026

Accepted (прийнята до друку): 05.05.2026

Published (опублікована): 12.06.2026