

## АНОТАЦІЯ

**Даас Т.І. Знання-орієнтовані моделі та мікросервісні архітектури для розробки систем інтернет-банкінгу.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки (Галузь знань 12 Інформаційні технології). – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Міністерство освіти і науки України, Харків, 2026.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі підвищення якості процесів розробки та супроводу систем інтернет-банкінгу (e-Banking) шляхом застосування мікросервісних архітектур та знання-орієнтованих моделей при їх проєктуванні.

У дисертації виконано аналіз поточного стану процесів розробки та супроводу систем e-Banking. Встановлено, що основними проблемами є відсутність застосування знання-орієнтованих моделей та інтелектуальних методів при проєктуванні цих систем. А також відсутні архітектурні патерни проєктування, які б були адаптовані до особливостей функціонування систем e-Banking.

*Об'єкт дослідження* – процеси розробки та супроводу систем e-Banking, побудованих з використанням мікросервісної архітектури (МСА), з урахуванням необхідності забезпечення відповідного рівня показників якості їх функціонування.

*Предмет дослідження* – знання-орієнтовані моделі та інформаційні технології для побудови e-Banking на основі МСА з урахуванням вимог якості до такого програмного забезпечення (ПЗ).

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

вперше: запропонована знання-орієнтована доменна модель для процесу формування виписок за рахунками користувачів систем e-Banking,

яка відрізняється від існуючих побудовою та застосуванням онтологічних профілів користувачів таких систем, у поєднанні з експертними доменними правилами для обробки їх емпіричних знань, що дозволяє розширити інформаційний базис і враховувати семантичний контекст вимог до функціоналу системи e-Banking, і що, в кінцевому рахунку, сприяє підвищенню якості обслуговування клієнтів відповідного банку;

отримали подальший розвиток: методи аналізу та синтезу функціональної структури систем e-Banking за рахунок визначення та інтеграції у типову структуру таких систем додаткового інтелектуального модуля прогнозування можливих дій користувачів, що дозволяє адаптувати процеси використання системних обчислювальних ресурсів при виконанні деяких витратних і критично важливих операцій клієнтів банку, зокрема, при формуванні різних типів виписок за їх поточними рахунками;

удосконалено: процедури формування виписок за рахунками користувачів систем e-Banking шляхом комбінованого застосуванням знання-орієнтованої доменної моделі та модифікованого методу аналізу часових рядів, що дозволяє враховувати особливості реалізації функціональних вимог різних типів користувачів банківських послуг і забезпечує підвищення показників продуктивності та надійності функціонування таких систем у порівнянні з існуючими процедурами;

удосконалено: проєктні патерни для розробки програмного забезпечення (ПЗ) систем e-Banking шляхом використання переваг мікросервісної архітектури у поєднанні із розробленим переліком критеріїв і кількісних метрик для їх визначення, що забезпечує можливість отримання кращих показників якості функціонування ПЗ у порівнянні із монолітною архітектурою таких систем.

Запропоновані моделі та технологічні методи проєктування та супроводу систем e-Banking і розроблені для їх підтримки інструментальні засоби були успішно використані для вирішення цих завдань при виконанні

прикладної НДР МОН України «Концептуальні моделі, методи та технології створення адаптивних інформаційних систем на основі знання-орієнтованих підходів та засобів розробки програмного забезпечення» (№ДР: 0121U110310) на кафедрі інтелектуальних програмних систем і технологій Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, а також в розробках систем e-Banking української групи компаній CS Ltd (м. Харків).

У вступі до дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми дослідження, показано зв'язок дослідження з науковими темами. Сформульовано мету дослідження, визначено предмет та об'єкт дослідження. Визначено методи дослідження, які базуються на застосуванні об'єктно-орієнтованого аналізу та синтезу ПЗ із використанням уніфікованої мови моделювання UML, нотацій сімейства IDEF для формалізації процедур проєктування ПЗ систем e-Banking, кількісних метрик оцінки якості ПЗ, технологій побудови доменних моделей та еталонних системних архітектур. Описано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено інформацію про практичне застосування та особистий внесок здобувача, апробацію результатів дослідження та їх висвітлення у публікаціях, а також містяться відомості щодо структури та обсягу дисертаційної роботи.

У першому розділі виконано аналітичний огляд існуючих підходів до проєктування систем e-Banking. Огляд та порівняльний аналіз функціонуючих в Україні найбільш поширених систем e-Banking дозволив визначити типову функціональність систем цього класу, а також визначити основні критерії, за якими можна виконати оцінку типової системи e-Banking. Було визначено, що більшість систем досі побудовані з використанням монолітних архітектур, а також майже без застосування знання-орієнтованих моделей та інтелектуальних методів. В свою чергу використання МСА дозволяє значно ширше та якісніше використовувати

модельні методи як при побудові нових систем, так і при додаванні нового функціоналу у вже існуючі. Виділено основні проблеми, з якими стикаються при розробці цих систем. Виконано постановку основних задач дослідження та їх зв'язок з очікуваними науковими та практичними результатами, а також побудовано концептуальну схему дисертаційного дослідження.

У другому розділі були представлені методологічні основи розробки та супроводу систем e-Banking. Розглянуто можливість застосування доменного моделювання в якості концептуальної основи для розробки перспективної версії системи e-Banking. Була запропонована схема розширеної функціональності для систем e-Banking, яка передбачає використання інтелектуального модуля прогнозування (ІМП). Модуль має застосовуватися для прогнозування дій користувача при побудові виписок за рахунками. Це має дозволити системі заздалегідь підготувати дані, які необхідні для формування конкретної виписки, особливо виписок великого розміру. Що в свою чергу дозволяє адаптувати процеси використання системних обчислювальних ресурсів при виконанні витратних і критично важливих операції клієнтів банку. У цьому розділі також було проведено огляд можливих підходів до побудови ІМП. На основі проведеного аналізу було аргументовано обрано метод аналізу часових рядів SARIMA в якості базового інтелектуального методу, який використовуватиме знання-орієнтовані моделі під час свого функціонування. Враховуючи визначені нефункціональні вимоги до ПЗ систем e-Banking було мотивовано запропоновано використання МСА для побудови програмної архітектури розширеної системи e-Banking.

У третьому розділі було розроблено та наведено у вигляді IDEF0-діаграми бізнес-логіку модуля ІМП, а також побудовано доменну модель для функціоналу формування виписок за рахунками користувачів у системі e-Banking. Визначено основні інформаційні сутності з їх атрибутами та

зв'язки між сутностями. Запропонована доменна модель є знання-орієнтованою та відрізняється від існуючих побудовою та застосуванням онтологічних профілів користувачів систем e-Banking, у поєднанні з експертними доменними правилами для обробки їх емпіричних знань, що дозволяє розширити інформаційний базис і враховувати семантичний контекст вимог до функціоналу таких систем.

Також у цьому розділі було виконано проектування МСА для реалізації пропонованого підходу у системі e-Banking, зокрема імплементацію ІМП. Архітектура наведена у вигляді UML-діаграми розгортання компонентів. Провідну роль у проектуванні МСА відіграє доменне моделювання (Domain-Driven Design – DDD), яке використовується для визначення меж сервісів та формалізації бізнес-логіки предметної області. Було визначено сервіси, на які має бути поділена система, а також протоколи для їх взаємодії. Для імплементації пропонованої МСА було розроблено концептуальні принципи її проектування та визначено перелік архітектурних патернів, придатних для інтеграції у системи e-Banking та які мають дозволити досягти кращих показників якості ПЗ. Окремо було визначено критерії оцінки якості функціонування ІМП та пропонованого підходу в цілому. При цьому враховані як суто технічні показники, так і переваги для кінцевих користувачів системи e-Banking та/або банку.

Четвертий розділ дисертації присвячено програмній реалізації та експериментальному дослідженню запропонованого підходу та розробці модельно-технологічного інструментарію. Було мотивовано запропоновано стек технологій для реалізації МСА у системі e-Banking, який також враховує імплементацію знання-орієнтованого модуля ІМП. В процесі дослідження було розроблено архітектуру та програмно реалізовано прототип фрагменту системи e-Banking, який обмежений доменом «формування виписок за рахунком». Було виконано експериментальне дослідження розробленого прототипу та на основі визначених критеріїв та

метрик виконано оцінку показників якості при застосуванні запропонованого у роботі підходу. Аналіз отриманих метрик показав, що використання МСА та ІМП дозволило покращити показники продуктивності та надійності у порівнянні з використовуваними підходами до побудови виписок за рахунками у системах з монолітними архітектурами. В середньому досягнуто зменшення навантаження на ЦП на 12–15%. Пропускна здатність була збільшена в середньому на 60%. На виписках великого розміру було досягнуто суттєве зменшення відсотку помилок. Для виписки на 500 сторінок: з 5% до 0.39%. Такі результати зумовлені як застосуванням МСА та передового програмного стеку технологій, так і використанням знання-орієнтованих моделей та інтелектуальних методів.

Результати дисертаційного дослідження були також використані у навчальному процесі кафедри інтелектуальних програмних систем і технологій Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Результати знайшли застосування для лекцій, лабораторних та практичних робіт студентів за ОП 122(Комп'ютерні науки) у дисциплінах «Розробка сервіс-орієнтованих програмних систем», «Проектування розподілених інформаційних систем», «Розробка та супровід проблемно-орієнтованих програмних систем».

У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-прикладна задача підвищення якості процесів розробки та супроводу систем e-Banking шляхом застосування МСА та знання-орієнтованих моделей. Запропонований у роботі підхід забезпечує покращення основних показників якості ПЗ, таких як продуктивність та надійність, а також відкриває перспективи для подальших досліджень його застосування в інших доменних областях систем e-Banking.

**Ключові слова:** системи інтернет-банкінгу, доменне моделювання, програмне забезпечення, мікросервісна архітектура, знання-орієнтовані

*моделі, виписка за рахунком, прогнозування, методи аналізу часових рядів, метрики якості, інтелектуальний підхід, продуктивність, надійність, масштабування системи, UML-діаграми*

## ABSTRACT

*To be added after final confirming Ukrainian part by prof. Tkachuk...*

**Keywords:** *e-banking systems, domain modeling, software, microservice architecture, knowledge-based models, account statement, forecasting, time series analysis methods, quality metrics, intelligent approach, performance, reliability, system scaling, UML diagrams*

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті у наукових фахових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science:*

1. Daas, T., Tkachuk, M. (2026). Development of intelligent model-technological tools for e-Banking systems based on microservices. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (2 (139)), 48-57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2026.351604>

*Статті у наукових фахових виданнях України:*

2. Даас Т.І., Ткачук М.В. Аналіз сучасного стану і перспектив розвитку у галузі розробки та супроводу систем інтернет-банкінгу. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління. 2024. вип. 62. С.6–18. <https://doi.org/10.26565/2304-6201-2024-62-01>
3. Даас Т.І., Ткачук М.В. Застосування методів аналізу часових рядів та доменного моделювання при розробці інтелектуального модуля прогнозування в системі інтернет-банкінгу. Системи обробки інформації. 2025. вип. 3 (182). С.34-43. <https://doi.org/10.30748/soi.2025.182.04>

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:*

4. Даас Т.І., Ткачук М.В. Про один підхід до розробки банківських інформаційних систем: знання-орієнтовані моделі та мікросервісні архітектури // Збірник наукових праць міжнародної науково-технічної конференції «Комп'ютерне моделювання в наукоємних

- технологіях» (КМНТ-2022). м. Харків, 23-25 листопада 2022 р. – С. 54 – 57.
5. Daas T.I. Towards domain modeling approach to software development for bank information systems // Матеріали XXIII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій». м. Одеса, 20 – 21 квітня 2023 р. – Одеса, Видавництво ОНТУ, 2023 р. – С. 183 – 185.
  6. Даас Т.І., Ткачук М.В. Застосування методів аналізу часових рядів для розробки інтелектуального модуля прогнозування у системах e-Banking. Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація 2024». м. Одеса, 31 жовтня – 1 листопада 2024 р. – Одеса, Видавництво ОНТУ, 2024 р. – С. 442– 445.
  7. Даас Т.І., Ткачук М.В. До питання вдосконалення алгоритмів побудови виписок за рахунками клієнтів систем e-Banking // Збірник наукових праць міжнародної науково-технічної конференції «Комп'ютерне моделювання в наукоємних технологіях» (КМНТ-2024). м. Харків, 27-29 листопада 2024 р. – С. 73 – 76.
  8. Daas T.I. Design principles and tools to develop of microservice architecture for e-banking systems // Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції "Пріоритетні шляхи розвитку науки і освіти". Львів. 29-30 вересня 2025 р. – С. 51 – 55.
  9. Даас Т.І., Ткачук М.В. Інтелектуальні підходи до розробки та супроводу мікросервісних архітектур: класифікація, основні виклики та досвід застосування // Збірник наукових праць міжнародної науково-технічної конференції «Інтелектуальні технології у міждисциплінарних дослідженнях» (ІТМД-2025). м. Харків, 12-14 листопада 2025 р.