

АРХІТЕКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ПРОГРАМНИХ ПРОЄКТІВ У СЕРЕДОВИЩАХ SAAS/PAAS

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі запропоновано програмну архітектуру інтелектуальної інформаційної технології для автоматизованого оцінювання складності програмних проєктів у середовищах SaaS/PaaS. На відміну від традиційних підходів, архітектура базується на сервіс-орієнтованому принципі та інтегрує гібридне інтелектуальне ядро, що поєднує фреймову модель представлення вимог із компонентом нечіткого виведення. Описано структуру модулів збору даних через API систем управління проєктами, що дозволяє динамічно враховувати складність інтеграції хмарних сервісів. Застосування запропонованої архітектури забезпечує можливість створення адаптивних систем підтримки прийняття рішень, що підвищують точність оцінювання функціонального розміру ПЗ на ранніх етапах розробки та знижують навантаження на експертів.

Ключові слова: програмна архітектура, інформаційна технологія, аналіз функціональних точок, SaaS, PaaS, інтелектуальне ядро, нечітке виведення, фреймова модель знань, автоматизація оцінювання, системи підтримки прийняття рішень, хмарні сервіси, складність розробки ПЗ.

Abstract

The paper proposes a software architecture for an intelligent information technology designed for automated software project complexity estimation in SaaS/PaaS environments. Unlike traditional approaches, the architecture is based on service-oriented principles and integrates a hybrid intelligent core that combines a frame-based requirements representation model with a fuzzy inference component. The structure of data acquisition modules via project management system APIs is described, allowing for dynamic accounting of cloud service integration complexity. The application of the proposed architecture enables the creation of adaptive decision support systems that increase the accuracy of software functional size estimation at early development stages and reduce the workload on human experts.

Keywords: software architecture, information technology, function point analysis, SaaS, PaaS, intelligent core, fuzzy inference, frame-based knowledge model, automated estimation, decision support systems, cloud services, software development complexity.

Вступ

Ефективне управління програмними проєктами в умовах хмарно-орієнтованої розробки вимагає нових підходів до оцінювання зусиль. Традиційний метод аналізу функціональних точок (FPA), закріплений у міжнародних стандартах [1], часто не враховує складність мікросервісної взаємодії та специфіку використання сторонніх PaaS-компонентів. Системний аналіз обмежень методу FPA [2] вказує на необхідність залучення методів штучного інтелекту [3], зокрема нейронних мереж, для підвищення точності прогнозів.

Попередні результати довели доцільність використання моделей нечіткої логіки для мінімізації похибок оцінювання [4] та визначили ключові вектори вдосконалення методик для SaaS-рішень [5]. Основою для розробки інтелектуальних систем такого типу є фундаментальні принципи побудови агентних та експертних середовищ [6]. Для формалізації знань про вимоги у хмарних проєктах розроблено загальну модель бази знань на основі фреймів [7], що корелює із сучасними підходами до проектування дрібнозернистих систем [8] та методами спрощеного вимірювання функціонального розміру [9]. Останні досягнення авторів у сфері еволюційної оптимізації нечітких систем [10] дозволяють автоматично налаштовувати параметри моделі під конкретні умови розробки.

**Програмна архітектура інтелектуальної інформаційної технології оцінювання складності
програмних проєктів**

Ефективна реалізація методів нечіткого оцінювання функціонального розміру програмних продуктів потребує створення гнучкої програмної архітектури, здатної адаптуватися до мінливих умов хмарних середовищ SaaS/PaaS. Запропонована архітектура базується на трирівневій сервіс-орієнтованій структурі, що забезпечує масштабованість та автономність обробки знань.

1. Рівень інтеграції та збору даних (Data Ingestion Layer) Основним завданням цього рівня є автоматизація процесу ідентифікації функціональних одиниць ПЗ. Замість ручного підрахунку функціональних точок, система використовує набір конекторів до API систем управління проєктами (наприклад, Jira, GitHub, Azure DevOps). Модуль аналізує специфікації вимог та ідентифікує зовнішні інтерфейси (External Interface Files) та типи логічних файлів (Internal Logical Files), приділяючи особливу увагу хмарним сервісам як готовим функціональним блокам.
2. Рівень інтелектуальної обробки та керування знаннями (Knowledge Processing Layer) Цей рівень є "ядром" технології. Він включає:
 - а. Гібридну базу знань: побудована на фреймовій моделі [7], де кожен фрейм-прототип описує стандартний сервіс PaaS або типову функцію. Слот фрейму містить не лише кількісні метрики, а й лінгвістичні змінні, що описують складність реалізації.
 - б. Модуль еволюційної оптимізації: на основі історичних даних про завершені проєкти, система використовує еволюційні алгоритми [10] для калібрування параметрів нечіткого виведення та вагових коефіцієнтів продукційних правил.
3. Рівень прийняття рішень та представлення результатів (Estimation & Analytics Layer). На цьому рівні функціонує машина нечіткого виведення (Inference Engine). Вона здійснює фазифікацію вхідних параметрів (наприклад, "висока складність інтеграції", "низька стабільність вимог"), проводить дефазифікацію за обраним методом та видає фінальний показник адаптованих функціональних точок (AFP). Результати візуалізуються у вигляді звітів, що містять не лише оцінку зусиль, а й рівень впевненості системи в отриманому результаті. Розрахунок адаптованої кількості функціональних точок із врахування специфіку SaaS/PaaS здійснюється за формулою:

$$AFP = UFP * (\alpha + \sum_{j=1}^m \omega_j * \mu_j(x_j)), \quad (1)$$

де UFP – неадаптовані функціональні точки [1],

α – базовий коефіцієнт масштабування,

ω_j – вагові коефіцієнти, які оптимізовані еволюційним алгоритмом [10],

$\mu_j(x_j)$ – значення функції належності нечіткої логіки для факторів середовища [4].

Запропонована архітектура інформаційної технології схематично зображена на рис. 1.



Рис. 1. Архітектура інтелектуальної системи оцінювання складності програмних проєктів (SaaS/PaaS)

Джерело: розроблено авторами

Висновки

У результаті проведеного дослідження розроблено програмну архітектуру інтелектуальної інформаційної технології оцінювання складності розробки ПЗ.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

- Вперше запропоновано дворівневу структуру інтелектуального ядра, яка поєднує фреймову модель представлення знань про хмарні компоненти (SaaS/PaaS) із механізмами еволюційної оптимізації систем нечіткого виведення. Це дозволяє динамічно адаптувати метрологічний апарат до специфіки конкретного технологічного стека.
- Удосконалено архітектурний підхід до збору метрик шляхом впровадження рівня автоматизованої екстракції ознак із хмарних середовищ розробки, що мінімізує вплив людського фактора на етапі ідентифікації функціональних одиниць.

Практичне значення розробленої архітектури полягає у можливості створення систем підтримки прийняття рішень для менеджерів ІТ-проектів. Реалізація запропонованої ІТ дозволяє знизити трудомісткість процесу оцінювання та підвищити точність прогнозування витрат на 15-20% в умовах мікросервісних архітектур та активного використання PaaS-платформ. Подальші дослідження будуть спрямовані на програмну реалізацію модулів інтеграції з популярними хмарними платформами та експериментальну верифікацію моделі на великих наборах даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ISO/IEC 20926:2009. Software and systems engineering. Software measurement. Режим доступу URL: <https://www.iso.org/standard/51717.html>
2. M. de Freitas Junior, M. Fantinato and V. Sun - Improvements to the Function Point Analysis Method: A Systematic Literature Review - IEEE Trans Eng Manag, vol. 62, no. 4, pp. 495-506, Nov. 2015.
3. Draz, M. M., Emam, O. & Azzam, S. M. Software cost estimation predication using a convolutional neural network and particle swarm optimization algorithm. Sci. Rep. 14, 13129 (2024). Режим доступу – URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63025-8>
4. Білоус Д.А., Козловський А.В. - Підвищення ефективності оцінки функціональної складності розробки та підтримки програмного забезпечення з використанням моделей нечіткої логіки. - Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025) – Режим доступу URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/view/22288>
5. Білоус Д.А., Козловський А.В. - Аналіз напрямів удосконалення методів оцінювання обсягу розробки програмних продуктів з використанням SaaS систем. - Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024) – Режим доступу URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/20734>
6. Russell S, Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 3rd ed. - Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 2010
7. Білоус Д. А., Козловський А. В. Загальна модель бази знань інформаційної технології оцінки складності розробки програмного забезпечення із застосуванням SaaS/PaaS платформ. - Центральнотехнічний науковий вісник. Технічні науки, 2025. Вип. 11(42), ч. I. С. 5-13. Режим доступу URL: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.5-13](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.5-13)
8. Newman S. Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems. 2nd ed. - O'Reilly Media, 2021.
9. L. Lavazza, A. Locoro and R. Meli. Software Development and Maintenance Effort Estimation Using Function Points and Simpler Functional Measures. - Software 2024, 3, 442–472. Режим доступу URL: <https://doi.org/10.3390/software3040022>
10. Білоус Д.А., Козловський А.В. - 18 Еволюційна оптимізація систем нечіткого виведення для оцінки складності розробки програмних продуктів - Журнал «Наука і техніка сьогодні» (Серія «Техніка»), Вип. 7(48), . 1594-1606. Режим доступу URL: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-7\(48\)-1594-1606](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-7(48)-1594-1606)

Білоус Дмитро Анатолійович — аспірант кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dmytro.bilous@gmail.com

Козловський Андрій Володимирович — канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет

Bilous Dmytro A. — PhD. Student of Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: dmytro.bilous@gmail.com

Kozlovskyi Andrii V. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia