

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету
«Львівська політехніка»
доктору технічних наук, професору
Івану ЦМОЦЮ

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Приходька Сергія Борисовича
на дисертаційну роботу **Войтишина Володимира Володимировича**
«Інформаційна технологія оцінювання проєктів з розробки програмного
забезпечення», подану до захисту на здобуття наукового ступеня
доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології»
та спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Розробка програмного забезпечення є однією із найбільш динамічних та інноваційних, а отже високоризикованих галузей. Наслідком цього часто стають перевитрати обсягів часу та ресурсів, запланованих для реалізації програмних проєктів. Прогнозування часу, вартості та ресурсів, необхідних для реалізації проєктів з розробки програмного забезпечення, прийнято називати їх оцінюванням (англ. «estimation»). На сьогодні проблема точності оцінок таких проєктів загострюється під впливом постійно зростаючої конкуренції на ринку програмних продуктів.

Зараз існує значна кількість методів оцінювання, що розвивалися, починаючи з 1950-х років, комплементарно до індустрії розробки програмного забезпечення. Не зважаючи на значну кількість методів оцінювання, лише окремі з них отримали масове практичне застосування, наприклад, PERT та agile-методи. Однією із ключових пересторіг до застосування таких відомих і науково обґрунтованих методів оцінювання як COCOMO, COCOMO II, FPA, COSMIC, ISBSG є їх невисока точність. Вагомим недоліком методів, розроблених у період з 1950-х до 2000-х років, є їх невідповідність сучасним реаліям реалізації проєктів, зокрема, йдеться

про неврахування agile-природи підходів до організації процесів розробки. Хоча слід зазначити, що певні методи, наприклад, ISBSG постійно удосконалюють за рахунок побудови нових моделей на основі сучасних даних. Менш очевидною, але також суттєвою проблемою є й те, що ряд відомих методів оцінювання трудомісткості у якості основного фактору застосовують розмір програми. З точки зору автора дисертаційної роботи, ключовою проблемою на сучасному витку еволюції методів оцінювання є відсутність методів, які б послідовно охоплювали всі етапи життєвого циклу проєкту з розробки програмного забезпечення, беручи до уваги те, що найбільш критичними для оцінювання є етапи аналізу та проєктування.

Із сформульованого вище впливає, що розроблення інформаційної технології оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення, яка забезпечує застосування методів оцінювання на етапах аналізу та проєктування (що передують початку реалізації), враховує agile-природу підходів до реалізації проєктів, а також забезпечує формування бази даних оцінених та реалізованих проєктів, є актуальною науковою задачею.

Наукова новизна представлених теоретичних результатів проведених здобувачем досліджень, викладених у дисертації

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в тому, що автором розв'язано актуальну наукову задачу – розроблення методів оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення та їх імплементацію у інформаційну технологію. При цьому отримано такі нові наукові результати:

вперше розроблено:

- метод поетапного оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення, що передбачає послідовне отримання трьох оцінок: попередньої, проміжної та детальної, – кожна наступна з яких є більш точною за попередню; теоретичною основою методу слугують розроблені

автором дисертації структура робочого часу інженерів-розробників, підхід нормалізації до оцінювання трудоемності, система рівнянь балансу робочого часу проєктної команди;

- метод підтримки прийняття рішень, що дає змогу отримати різні варіанти складу проєктної команди та графіку реалізації проєкту, які є результатом розв'язання задач цілочисельного програмування із наступним застосуванням методу аналізу ієрархій для ранжування цих варіантів; розроблений метод підтримки прийняття рішень є комплементарним до методу поетапного оцінювання;

отримали подальший розвиток:

- метод List Scheduling (в україномовних джерелах відомий також як метод диспетчеризації) побудови розкладу реалізації проєктних задач, що базується на балансуванні нормалізованої оцінки розробки проєктних задач та нормалізованої спроможності розробки проєктної команди; при цьому критерієм якості побудованого розкладу виступає мінімізація нормалізованого робочого часу простою проєктної команди; розроблений метод є комплементарним до методу поетапного оцінювання і рекомендований до застосування на етапі детального оцінювання;
- метод процес-майнінгу Fuzzy Miner, що забезпечує побудову схеми бізнес-процесу оцінювання, базуючись на даних про його актуальний перебіг; при цьому враховується слабка структурованість бізнес-процесу оцінювання та еволюція схеми бізнес-процесу при постійному надходженні даних про його реальний перебіг.

Наукова обґрунтованість представлених теоретичних результатів проведених здобувачем досліджень та їх відповідність темі дисертації

Представлені в дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації є достатньо обґрунтованими за рахунок проведеного теоретичного аналізу, використаних емпіричних даних, а також практичного виробничого досвіду автора дисертації в оцінюванні проєктів з розробки програмного забезпечення. Тема дисертації повністю відповідає її змісту та проведеним дослідженням. Результати дисертаційного дослідження чітко відповідають заявленій темі.

Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення одержаних результатів полягає в першу чергу у створенні інформаційної технології для оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення, а також в програмній реалізації методу Fuzzy Miner у вигляді модулю RTBPM-E, для якого передбачена інтеграція з основною частиною зазначеної інформаційної технології. Практична цінність результатів підтверджується також їх використанням під час виконання держбюджетних наукових тем кафедри автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка» (підтверджено актами впровадження) та при викладанні таких навчальних дисциплін як «Командна робота і презентаційні навички» та «Математичні методи дослідження операцій», що вивчаються студентами, які здобувають освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» (підтверджено актом впровадження).

Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації, відсутність порушення академічної доброчесності

Аналіз наукових публікацій та особистого внеску здобувача у кожну з них підтверджує, що всі результати роботи отримано самостійно, і вони повною мірою

відображають основні положення та висновки дисертації. Ці результати були широко представлені у наукових публікаціях та на наукових конференціях.

Основні результати дисертації висвітлені у 5-ти наукових статтях, з яких: 3 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, та 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus, та віднесених до другого квартилю (Q2) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank. Додатково результати дисертації відображені ще в 1 статті у зарубіжному виданні. Ця стаття не має активного ідентифікатора DOI. Результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на 10-ти міжнародних наукових та науково-технічних конференціях.

Усі публікації безпосередньо пов'язані з темою дисертації та розкривають її основні положення. Обсяг та кількість друкованих праць відповідають вимогам, установленим Міністерством освіти і науки України для здобуття ступеня доктора філософії.

Публікація автором результатів досліджень у рецензованих виданнях, які передбачають попередню перевірку матеріалів на відсутність запозичень, є одним із елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності. В цілому у дисертаційній роботі академічного плагіату не виявлено.

Рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності

Результати дисертаційного дослідження мають високий рівень наукової обґрунтованості та чітко відповідають заявленій темі дослідження. У дисертаційній роботі послідовно викладено результати проведених досліджень.

Здобувач застосував такі методи дослідження: математичні методи дослідження операцій (зокрема, методи розв'язання задач цілочисельного програмування та метод аналізу ієрархій), методи теорії розкладів, методи процес-майнінгу, методи проєктування архітектури ІТ-систем, методи об'єктно-орієнтованого аналізу та проєктування.

Аналіз форми та змісту дисертаційної роботи

Рукопис дисертаційного дослідження є цілком логічно і послідовно структурованим та якісним за своїм змістовним наповненням. Дисертаційна робота викладена на 307 сторінках та складається з анотації (українською та англійською мовами), списку публікацій здобувача за темою дисертації, змісту, переліку скорочень, вступу, чотирьох основних розділів (в яких міститься 15 рисунків та 14 таблиць), висновків, списку використаних джерел з 154 найменувань та 13 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 157 сторінок або приблизно 6,5 авторських аркуші.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, вказано вчених, які зробили значний внесок у теорію та практику методів оцінювання, сформульовано мету дослідження та науково-прикладні завдання, необхідні для її досягнення, показано зв'язок дослідження з науковими програмами та темами, сформульовано наукову новизну отриманих результатів, їх практичну цінність та особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** сформульовано ключові поняття, що використовуються у дисертаційному дослідженні, а саме: оцінка проєкту з розробки програмного забезпечення та її основні складові, точність, надійність та правдивість оцінки. Проведено аналіз існуючих методів оцінювання та запропоновано їх класифікацію, що базується на основних етапах еволюції ІТ-технологій, починаючи із 1950-х та завершуючи сьогоденням. Окремий підрозділ присвячено огляду здобутків українських науковців та практиків у галузі оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення. У першому розділі дисертаційної роботи також представлено погляд на оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення як на бізнес-процес; надано аргументи, чому оцінювання належить до слабоструктурованих бізнес-процесів, а також проведено огляд існуючих методів процес-майнингу, які призначені для опрацювання бізнес-процесів такого типу. На завершення першого розділу сформульовано проблеми у галузі оцінювання

проектів з розробки програмного забезпечення та зроблено постановку наукових та технічних задач дисертаційного дослідження.

У **другому розділі** представлено основні наукові результати дисертаційної роботи. Викладено теоретичні основи, на яких базуються розроблені в дисертаційній роботі методи оцінювання проектів з розробки програмного забезпечення, зокрема: етапи оцінювання в контексті життєвого циклу проекту, ієрархічна структура елементів оцінювання, структура робочого часу інженера-розробника, підхід нормалізації до оцінювання трудоемності, система рівнянь балансу робочого часу. Детально описано розроблений в цій дисертаційній роботі метод поетапного оцінювання, що передбачає підготовку попередньої, проміжної та детальної оцінок, а також надано схеми застосування методу для кожного з цих етапів. У другому розділі представлено методи, комплементарні до методу поетапного оцінювання: метод побудови розкладу реалізації елементів оцінювання (що базується на балансуванні нормалізованої оцінки розробки проектних задач та нормалізованої спроможності розробки проектної команди) та метод підтримки прийняття рішень щодо складу команди та графіку реалізації проекту (що поєднує цілочисельне програмування та метод аналізу ієрархій). У висновках до другого розділу сформульовано три пункти наукової новизни дисертаційної роботи, кожен з яких відповідає одному із розроблених методів.

У **третьому розділі** представлено погляд на оцінювання проектів з розробки програмного забезпечення як на бізнес-процес, який функціонує в організації, що займається розробкою програмного забезпечення на регулярній основі. Враховуючи слабку структурованість цього бізнес-процесу, сформульовано поняття концептуальної та актуальної схем слабоструктурованого бізнес-процесу оцінювання. Побудовано концептуальну схему цього бізнес-процесу та представлено метод побудови актуальної схеми, який є подальшим розвитком існуючого методу процес-майнінгу Fuzzy Miner. Окремий підрозділ третього розділу присвячено опису архітектури модуля інформаційної технології, що

акумулює дані про актуальне проходження бізнес-процесу оцінювання та реалізує метод побудови його актуальної схеми. У висновках до третього розділу сформульовано пункт наукової новизни, що відповідає розробленому методу побудови актуальної схеми бізнес-процесу оцінювання.

Четвертий розділ дисертаційної роботи присвячено інформаційній технології, що реалізує розроблені методи оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення. Зокрема, представлено аналіз вимог, проєктування архітектури, сформульовано завдання, сферу застосування та ідентифіковано користувачів цієї інформаційної технології. З метою демонстрації можливостей методів оцінювання, розроблених в цій дисертаційній роботі, проведено попереднє, проміжне та детальне оцінювання програмного забезпечення інформаційної технології (деталі відповідних розрахунків надано у додатках до роботи).

У **висновках** сформульовано основні результати дисертаційної роботи, що повністю узгоджуються з метою та завданнями дослідження.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Загальне враження від дисертаційної роботи є позитивним. Проте, варто відзначити деякі недоліки та зауваження:

1. Хоча на с.24 зазначено, що «Метою дисертаційної роботи є підвищити точність оцінок проєктів з розробки ПЗ шляхом розроблення нових методів оцінювання та інформаційної технології, що забезпечує застосування цих методів на практиці», але числового порівняння підвищення точності оцінок з іншими методами, нажаль, не наведено.

2. При формулюванні наукової новизни одержаних результатів, що стосуються методу List Scheduling, який отримав подальший розвиток, чітко не зазначено, в чому саме полягає цей подальший розвиток.

3. Не зрозуміло, чому система рівнянь балансу робочого часу проектної команди (2.12) для обчислення проектного робочого часу ролі W^m містить два різні рівняння. Подібне питання стосується і систем рівнянь (2.27) та (2.31).

4. В тексті роботи не одноразово згадується база даних оцінених та виконаних проєктів, яка є частиною інформаційної технології, однак немає опису структури цієї бази даних.

5. Відсутнє порівняння методу поетапного оцінювання, розробленого в рамках цієї дисертаційної роботи, з вже існуючими відомими методами, наприклад: COCOMO, COCOMO II, COSMIC, FPA, ISBSG.

6. У тексті дисертації зустрічаються деякі стилістичні та орфографічні неточності. Так, на с.24 зазначено «спроєктувати архітектуру інформаційної оцінювання проєктів», а на с.47 розподіл Релея має назву «розподіл Рейля».

Попри вказані недоліки, робота демонструє цілісність наукового підходу, а отримані результати є обґрунтованими та мають наукову і прикладну цінність. Викладені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

Загальні висновки

Представлена дисертаційна робота Войтишина Володимира Володимировича на тему «Інформаційна технологія оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення» є завершеною самостійною науковою працею. У дисертаційній роботі розв'язано актуальну наукову задачу в галузі інформаційних технологій – підвищення точності оцінок проєктів з розробки програмного забезпечення шляхом розроблення нових методів оцінювання та інформаційної технології, що забезпечує застосування цих методів на практиці.

Одержані наукові та практичні результати дисертаційної роботи відповідають спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» (галузь знань 12 «Інформаційні технології»).

Дисертаційна робота відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019) та Постанові Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024), що висуваються до дисертації, поданої на здобуття ступеня доктора філософії, а її автор, Войтишин Володимир Володимирович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Офіційний опонент:

завідувач кафедри програмного

забезпечення автоматизованих систем

Національного університету кораблебудування

імені адмірала Макарова,

доктор технічних наук, професор

Сергій ПРИХОДЬКО

