

Голові разової спеціалізованої вченої ради

Національного університету

«Львівська політехніка»

д.т.н., проф. Цмоцю Івану Григоровичу

### **ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА**

доктора технічних наук, професора Яковини Віталія Степановича  
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 дисертації.** Розробку програмного забезпечення справедливо відносять до галузей з високим рівнем ризику. При цьому, з точки зору бізнесу, критично важливою є прогнозованість часу та ресурсів, необхідних для реалізації проєктів в цій галузі. Отримання таких прогнозів у сфері розробки програмного забезпечення називають оцінюванням (англ. «estimation»). З практики відомо, що неналежне оцінювання часто є джерелом проблем під час реалізації проєкту, призводить до перевищення запланованих ресурсів та термінів реалізації і навіть може навіть стати причиною неуспішного завершення проєкту.

Методи оцінювання проєктів розвивалися комплементарно до еволюції індустрії розробки програмного забезпечення, починаючи з середини 1950-х років. Не зважаючи на те, що на сьогодні розроблено значну кількість методів оцінювання, окремі з яких отримали широке практичне застосування, все ще існує ряд невирішених проблем, серед яких варто підкреслити наступні:

1) високий рівень складності окремих відомих методів (наприклад, COCOMO II, FPA, COSMIC), що потребує тривалої підготовки експертів, які їх використовують;

2) невідповідність існуючих методів сучасним реаліям реалізації проєктів; це, зокрема, стосується методів оцінювання, розроблених у період з 1950 до 2000 років, які не враховують agile-природу підходів до організації процесів розробки;

3) складнощі з послідовним охопленням всіх етапів життєвого циклу проєктів, починаючи із виникнення ідеї проєкту аж до завершення його реалізації; яскравим прикладом в цьому випадку є agile-методи оцінювання, які застосовні на етапі реалізації, однак, як правило, не можуть бути використані на етапах аналізу та проєктування, що передують початку реалізації;

4) організації, що займаються розробкою програмного забезпечення, як правило, використовують для оцінювання MS Excel (і значно рідше MS Project), що, з однієї сторони, є прагматичним працюючим рішенням, але з іншої накладає суттєві обмеження щодо застосування математичних методів (наприклад, методів дослідження операцій) та ускладнює формування централізованої бази даних проєктів організації.

Із сформульованого вище випливає, 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.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація виконувалася відповідно до пріоритетних напрямів науково-дослідних робіт Національного університету «Львівська політехніка» та відповідно до координаційних планів Міністерства освіти й науки України. Зокрема, наукові дослідження виконувалися в рамках держбюджетних наукових тем кафедри автоматизованих систем управління: «Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону» (номер держреєстрації 0117U004450, роки виконання: 2017-2018); «Методи та засоби нейронечіткого управління групою

мобільних робототехнічних платформ» (номер держреєстрації: 0123U101688, роки виконання: 2023-2024); «Методи та засоби інтелектуального вимірювання параметрів руху та визначення просторової орієнтації наземних мобільних робототехнічних платформ» (номер держреєстрації: 0124U000822, роки виконання: 2024-2026).

**Наукова новизна роботи полягає в тому, що автором розв'язано актуальну наукову задачу – розроблення методів оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення, а також розроблення інформаційної технології, що забезпечує застосування цих методів на практиці. 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

проектної 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.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків дисертації та їх достовірність.** При вирішенні поставлених у дисертації задач, формуванні наукових положень, висновків та рекомендацій застосовані дані, які одержані з літературних джерел, з результатів аналізу сучасного стану та перспектив розвитку методів оцінювання, а також, базуючись на практичному виробничому досвіді автора дисертації в оцінюванні проєктів з розробки програмного забезпечення. Тому наведені в дисертації результати слід вважати достатньо обґрунтованими, про що, зокрема, свідчать проведені експериментальні дослідження та практичні результати, підтверджені відповідними актами впровадження.

**Наукове значення виконаного дослідження.** Розроблені автором методи оцінювання базуються на теоретичних основах, що також розроблені в рамках цієї дисертаційної роботи, зокрема: ієрархічній структурі елементів оцінювання, структурі робочого часу інженерів-розробників, підході нормалізації до оцінювання трудоемності проєктних робіт та спроможності розробки проєктної команди, системі рівнянь балансу робочого часу. При цьому розроблений в дисертаційній роботі метод поетапного оцінювання органічно «вбудовується» в екосистему вже існуючих методів, наприклад, допускається його поєднання із методом PERT, 3-точкова оцінка якого може застосовуватися для оцінювання трудоемності проєктних задач.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблені в дисертаційній роботі методи оцінювання, концептуальна схема слабоструктурованого бізнес-процесу оцінювання, метод побудови актуальної схеми бізнес-процесу оцінювання та інформаційна технологія можуть бути використані організаціями, які займаються розробкою програмного забезпечення на постійній основі для власних потреб або на замовлення. Очікуваний ефект від впровадження результатів дисертаційної роботи: підвищення точності оцінок проєктів, більш «плавна» передача результатів оцінювання з етапів аналізу та проєктування на етап реалізації, покращення зворотного зв'язку від команди, що здійснює реалізацію проєкту, до команди експертів, які надавали оцінку до початку реалізації, а також формування бази даних проєктів, що буде використовуватися для оцінювання майбутніх проєктів.

Результати, отримані в цій дисертаційній роботі, використані 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 відповідним актом впровадження).

Отже, отримані в дисертації результати є значущими для галузі 12 «Інформаційні технології» та спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

**Повнота оприлюднення результатів дисертаційної роботи.** Результати дисертаційної роботи Войтишина В.В. доповідалися і обговорювалися на 10-ти міжнародних наукових та науково-технічних конференціях, а також на семінарах кафедри автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка». Основні результати дисертації відображені у 6-ти наукових статтях, з яких: 3 статті у наукових фахових періодичних виданнях України та 3 статті у наукових періодичних виданнях інших держав (дві з яких включені до науко-метричних баз Scopus та Web of Science).

**Короткий аналіз структури та змісту дисертаційної роботи.** 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. За структурою, мовою та стилем викладення дисертація відповідає вимогам МОН України. Робота написана грамотною українською мовою з використанням сучасної наукової термінології, а стиль викладення матеріалу є послідовним, структурованим та логічним.

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** дисертаційного дослідження конкретизовано поняття оцінки проєкту з розробки програмного забезпечення та надано перелік її основних складових; сформульовано поняття точності, надійності та правдивості оцінки (опираюсь на відповідний стандарт ISO); проведено аналіз існуючих методів оцінювання та запропоновано їх класифікацію, яка відповідає основним етапам їх еволюції; проведено огляд здобутків українських науковців та практиків у галузі оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення. Окремий підрозділ першого розділу присвячено обґрунтуванню того, що оцінювання проєктів в організації, що займається розробкою програмного забезпечення на регулярній основі, є слабоструктурованим бізнес-процесом; праведно огляд існуючих методів процес-майнінгу, які призначені для опрацювання бізнес-процесів такого типу. Як підсумок першого розділу, сформульовано проблеми, виявлені автором у галузі

оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення, та зроблено постановку наукових та технічних задач дисертаційного дослідження.

У **другому розділі** викладено основні наукові результати дисертації. Сформульовано теоретичні положення, на яких базуються розроблені автором методи оцінювання, до яких, зокрема, належать: етапи оцінювання в контексті життєвого циклу проєкту, ієрархічна структура елементів оцінювання, структура робочого часу інженера-розробника, підхід нормалізації до оцінювання трудоемності, система рівнянь балансу робочого часу. Викладено теоретичні основи методу поетапного оцінювання для попереднього, проміжного та детального оцінювань, а також надано схеми застосування методу для кожного з цих етапів. Представлено метод побудови розкладу реалізації елементів оцінювання, що є подальшим розвитком існуючого методу List Scheduling, та базується на балансуванні нормалізованої оцінки розробки проєктних задач та нормалізованої спроможності розробки проєктної команди. Представлено метод підтримки прийняття рішень щодо складу команди та графіку реалізації проєкту, який дає змогу згенерувати множину варіантів, як результат розв'язання задач цілочисельного програмування, із наступним ранжуванням цих варіантів, застосовуючи метод аналізу ієрархій. У висновках до другого розділу сформульовано три пункти наукової новизни дисертаційної роботи.

У **третьому розділі** оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення представлено з точки зору бізнес-процесу в організації, яка займається розробкою програмного забезпечення на регулярній основі для власних потреб або на замовлення. Сформульовано поняття концептуальної та актуальної схем слабо-структурованого бізнес-процесу оцінювання. Побудовано концептуальну схему цього бізнес-процесу. Представлено розроблений автором метод побудови актуальної схеми, який є подальшим розвитком існуючого методу процес-майнінгу Fuzzy Miner, а також описано архітектуру модуля інформаційної технології, що реалізує цей метод.

У четвертому розділі представлено аналіз вимог, проектування архітектури та оцінювання інформаційної технології. Зокрема, сформульовано завдання, сферу застосування та користувачів цієї інформаційної технології. З метою демонстрації можливостей методів оцінювання, розроблених автором в рамках цієї дисертаційної роботи, проведено попереднє, проміжне та детальне оцінювання програмного забезпечення інформаційної технології (деталі відповідних розрахунків у розгорнутому вигляді представлено у додатках 9-11). На завершення четвертого розділу окреслено подальші перспективи розвитку інформаційної технології як програмного продукту.

У загальних висновках дисертаційної роботи сформульовано основні результати дисертаційної роботи, які узгоджуються з метою та завданнями дослідження.

#### **Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.**

1. У п. 3 наукової новизни зазначено, що розроблений метод дає змогу «підвищити ефективність роботи експертів над оцінкою», проте не наводиться визначення, що автор розуміє під «ефективністю».

2. З тексту роботи незрозуміло, чому збільшення кількості спринтів у графіку реалізації проєкту гарантує існування допустимого розкладу (стор. 109).

3. На стор. 113 автор вживає термін «найкращі» варіанти комбінацій складу команди та графіку реалізації проєкту, хоча фактично далі виконує постановку та розв'язок оптимізаційної задачі. Вважаю доцільним вживати термін «оптимальні».

4. Не зрозуміло, чому автор не використав нотацію UML в діаграмах компонентів (рис. 3.3, 3.4, 3.5, 4.2, 4.3).

5. Доцільним було б додати загальну схему розробленої інформаційної технології в розділі 4 роботи.

6. У загальних висновках доцільно було б подати не коротку анотацію виконаних досліджень, але й числові результати застосування розроблених методів та ІТ, їх перевагу над існуючими підходами та області їх застосування і обмеження (які наведено в основній частині дисертації).

7. У тексті дисертаційної роботи зустрічається ряд стилістичних та орфографічних неточностей.

Варто підкреслити, що вище зазначені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

### **Висновок**

Не зважаючи на виявлені недоліки, дисертаційна робота Войтишина Володимира Володимировича на тему «Інформаційна технологія оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення» є завершеною науковою працею, яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» (галузь знань 12 «Інформаційні технології»), яка за своїм змістом, структурою, обсягом, науковою новизною та практичним значенням відповідає паспорту спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44 зі змінами згідно з Постановою КМ №9341 від 21.03.2022, а її автор, Войтишин Володимир Володимирович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Офіційний рецензент, доктор технічних наук,  
професор, професор кафедри  
систем штучного інтелекту  
Національного університету  
«Львівська політехніка»

Віталій ЯКОВИНА

«Підпис Яковини В.С. засвідчую»:

Вчений секретар  
Національного університету  
«Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ