



Висновок

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів
дисертації «Інформаційна технологія оцінювання проєктів
з розробки програмного забезпечення»
здобувача наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
122 Комп'ютерні науки
(галузь знань 12 Інформаційні технології)
Володимира ВОЙТИШИНА
розширеного наукового семінару кафедри АСУ**

1. Актуальність теми дисертації обумовлена:

1. *Невідповідністю існуючих методів оцінювання сучасним підходам до реалізації проєктів з розробки ПЗ.* Значна частина методів оцінювання була розроблена упродовж другої половини ХХ-ого століття і, як наслідок, вже не повністю відповідає сучасним вимогам. Зокрема, така невідповідність проявляється в тому, що переважна більшість проєктів зараз реалізується із застосуванням agile-підходів, що не враховується цими методами.

2. *Рівнем складності існуючих методів оцінювання.* Для прикладу, головною пересторогою до практичного застосування таких відомих методів як COSOMO II, FPA, COSMIC є їх складність, що вимагає спеціальної підготовки експертів, які їх використовують.

3. *Складність використання SLOC-метрики для визначення «розміру» ПЗ.* Використання SLOC-метрики розпочалося ще у «класичних» методах оцінювання (COSOMO, SLIM, методі функційних точок) більш як 50 років тому. З того часу сфера розробки ПЗ неодноразово зазнавала значних змін, і вимірювання розміру ПЗ з використанням SLOC-метрики багатократно піддавалося критиці. Тому практичне застосування методу оцінювання, що передбачає використання SLOC-метрики, викликає скептицизм у фахівців з оцінювання та розробки ПЗ.

4. *Недоступністю історичних даних.* Ряд «класичних» методів, зокрема: COCOMO та COCOMO II, FPA, COSMIC – вимагають наявності історичних даних для калібрування значень їх параметрів. Недоступність даних історичних проєктів також є пересторогою до використання методів, що базуються на застосуванні машинного навчання та штучного інтелекту. З однієї сторони, існує ряд джерел даних як комерційних (наприклад, SLIM), так і з відкритим доступом (наприклад, ISBSG). Однак, залишаються невирішеними питання щодо якості цих даних та їх відповідності реаліям конкретної організації. З іншої сторони, для організації, що займається розробкою ПЗ на постійній основі, важливо мати власну базу даних виконаних проєктів, дані з якої використовуватимуться для оцінювання наступних проєктів (часто, така база даних в організації відсутня тільки тому, що оцінювання здійснюється у Excel-документах).

5. *Неможливістю послідовного охоплення всіх етапів життєвого циклу розробки ПЗ.* Переважна більшість методів оцінювання (виняток становить COCOMO II) застосовна лише на певному етапі життєвого циклу проєкту. Яскравим прикладом цього є agile-методи оцінювання, які розроблені для застосування на етапі реалізації проєктною командою; такі методи, як правило, не передбачають можливості застосування до початку етапу реалізації, коли проєктна команда ще не сформована. Іншим аспектом цієї проблеми є передача оцінки від етапів аналізу та проєктування до етапу реалізації проєкту: несумісність методів оцінювання, які використовуються на цих етапах життєвого циклу, призводить до складнощів з порівнянням оцінки, наданої експертами до початку реалізації, з оцінкою від проєктної команди, зробленою вже на етапі реалізації.

6. *Низькою якістю «одноразових» оцінок,* які готуються лише один раз на завершальних етапах аналізу та проєктування, безпосередньо перед початком реалізації. На перший погляд, може здатися, що такий підхід дає змогу зекономити час та ресурси, що затрачаються на оцінювання. Але, як показує практика, застосування «одноразових» оцінок, особливо у випадку великих проєктів, має ряд негативних наслідків:

а) недостатність інформації щодо оцінки на ранніх етапах аналізу та проєктування;

б) низька якість та точність оцінки (що, значною мірою, зумовлено часовими обмеженнями на її підготовку);

в) високий рівень стресу для команди експертів, що займаються підготовкою оцінки (особливо, це стосується аналізу змісту проєктних робіт та оцінювання його трудоемності).

7. Недостатністю зворотного зв'язку від проєктної команди, яка здійснює реалізацію проєкту, щодо точності та якості оцінки, яка була підготована до початку реалізації командою експертів. Такий зворотний зв'язок, зокрема, є корисним для експертів, що займатимуться підготовкою оцінок майбутніх проєктів.

8. Недоліками програмного забезпечення, що використовується для автоматизації оцінювання та підготовки окремих складових оцінки. Найбільш поширеним інструментом для підготовки оцінок є Microsoft Office 365, зокрема, Excel, суттєвим недоліком якого є неможливість реалізації складних математичних методів, зокрема, методів математичного програмування та підтримки прийняття рішень. Застосування Excel також суттєво ускладнює формування бази даних історичних проєктів. Недоліком такого відомого програмного продукту як Microsoft Project є, зокрема, складність його пристосування до планування проєктів, що реалізуються за agile-підходами.

9. Підходом до оцінювання як до структурованого бізнес-процесу, що призводить, як правило, до того, що побудовані схеми цього бізнес-процесу не враховують багатьох його практичних аспектів, і тому його реальний перебіг може суттєво відрізнятись від таких схем.

Таким чином, для усунення виявлених проблем пропонується розробити методи оцінювання проєктів з розробки ПЗ та відповідну інформаційну технологію для забезпечення практичного застосування цих методів.

2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

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).

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Усі наукові результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Особисто здобувачеві належать такі наукові результати: проведено

аналіз існуючих методів оцінювання проєктів з розробки ПЗ; розроблено метод поетапного оцінювання, застосовний під час аналізу та проектування, що передбачає підготовку попередньої, проміжної та детальної оцінок; розроблено метод побудови розкладу реалізації елементів оцінювання, що базується на балансуванні нормалізованої оцінки змісту проєктних робіт та нормалізованої спроможності розробки команди; розроблено метод підтримки прийняття рішень щодо складу команди та графіку реалізації проєкту; розроблено метод побудови схеми слабоструктурованого бізнес-процесу оцінювання, що забезпечує обробку потоку даних та враховує еволюцію схеми бізнес-процесу.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Аналіз змісту розділів, використаного інструментарію та способів його застосування дозволяє зробити висновок про належну обґрунтованість наукових результатів. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, повністю обґрунтовано теоретичним аналізом, результатами практичного використання та інформацією з науково-технічної літератури.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-практичну задачу розроблення методів оцінювання проєктів з розробки ПЗ та 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 ПЗ, що передбачає послідовну підготовку попередньої, проміжної та детальної оцінок, поступово підвищуючи рівень деталізації та точність оцінки по мірі поглиблення розуміння вимог до проєкту, а також враховуючи agile-природу підходів, використовуваних на етапі реалізації проєкту;

- метод підтримки прийняття рішень щодо складу команди та графіку реалізації проєкту, що базується на розв'язанні задач цілочисельного програмування та ранжуванні альтернатив зі застосуванням методу аналізу ієрархій, який у поєднанні з методом поетапного оцінювання дає змогу підвищити ефективність роботи експертів над оцінкою;

отримали подальший розвиток:

- метод List Scheduling, використаний для побудови графіку реалізації елементів оцінювання, враховуючи умову балансу між нормалізованою оцінкою розробки змісту проєктних робіт та нормалізованою спроможністю розробки проєктної команди; сформульовано критерій якості графіку реалізації елементів оцінювання, який базується на мінімізації нормалізованого часу

простою проектною команди;

– метод Fuzzy Miner, до основної здатності якого будувати схеми слабо-структурованих бізнес-процесів додано також можливості опрацювання потоків даних та врахування еволюції схеми бізнес-процесу, що дає змогу підтримувати схему бізнес-процесу в актуальному стані за умов постійного надходження даних про його реальний перебіг.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Основні наукові результати дисертації опубліковано в 16-ти працях, зокрема: три статті – у наукових фахових періодичних виданнях України; три статті – у наукових періодичних виданнях інших держав (дві з яких включені до науко-метричних баз Scopus та Web of Science); десять публікацій – у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій.

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. A. Batyuk and V. Voityshyn, "Process Mining: Applied Discipline and Software Implementations," KPI Science News, no. 5, pp. 22-36, Nov. 2018. doi: 10.20535/1810-0546.2018.5.146178

2. A. Batyuk and V. Voityshyn, "Distributed software system with web interface for automated business process discovery," Bulletin of Lviv Polytechnic National University: Information Systems and Networks, vol. 5, pp. 70-77, Jun. 2019. doi: 10.23939/sisn2019.01.070

3. В. Теслюк, А. Батюк, В. Войтишин, "Метод побудови нормалізованого розкладу реалізації задач проекту з розробки програмного забезпечення для scrum-команди без диференціації спеціалізацій," Український журнал інформаційних технологій, Т. 6, № 2, С. 11–19, 2024, doi: 10.23939/ujit2024.02.011

Статті у наукових виданнях інших держав:

4. V. Teslyuk, A. Batyuk, and V. Voityshyn, "Method of Software Development Project Duration Estimation for Scrum Teams with Differentiated Specializations," Systems, vol. 123, no. 10, pp. 1–19, Aug. 2022, doi: 10.3390/systems10040123 (Scopus, Web of Science, Q2)

5. V. Teslyuk, A. Batyuk, and V. Voityshyn, "Preliminary Estimation for Software Development Projects Empowered with a Method of Recommending Optimal Duration and Team Composition," Appl. Syst. Innov., vol. 7, no. 3, pp. 1–21, Apr. 2024, doi: 10.3390/asi7030034 (Scopus, Web of Science, Q2)

6. A. Batyuk and V. Voityshyn, "Software Architecture Design of the Information Technology for Real-Time Business Process Monitoring," ECONTechMOD, vol. 7, no. 3, pp. 13-22, 2018.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. A. Batyuk and V. Voityshyn, "Apache Storm based on topology for real-time processing of streaming data from social networks," in 2016 IEEE First International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP'2016), Lviv, Ukraine, Aug. 2016, pp. 345-349. doi: 10.1109/DSMP.2016.7583573 (Scopus, Web of Science)
8. A. Batyuk and V. Voityshyn, "Business Processes Monitoring by Means of Real-Time Visual Dashboards," in 2017 6th International Academic Conference on Information, Communication, Society 2017 (ICS'2017), Slavske, Lviv, Ukraine, May 2017, pp. 204-205.
9. A. Batyuk, V. Voityshyn, and V. Verhun, "Software Architecture Design of the Real-Time Processes Monitoring Platform," in 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP'2018), Lviv, Ukraine, Aug. 2018, pp. 98-101. doi: 10.1109/DSMP.2018.8478589 (Scopus, Web of Science)
10. A. Batyuk and V. Voityshyn, "Streaming Process Discovery for Lambda Architecture-based Process Monitoring Platform," in 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2018), Lviv, Ukraine, Sep. 2018, pp. 298-301. doi: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526592 (Scopus, Web of Science)
11. A. Batyuk and V. Voityshyn, "Real-Time Process Monitoring Platform: Technical Implementation," in 2018 7th International Academic Conference on Information, Communication, Society 2018 (ICS'2018), Chynadiyovo, Lviv, Ukraine, May 2018, pp. 275-276.
12. A. Batyuk and V. Voityshyn, "Real-Time Process Monitoring Platform Based on Streaming Process Discovery Techniques," in 2018 XIV International Scientific Conference on Intellectual Systems of Decision-Making and Problems of Computational Intelligence (ISDMCI'2018), Zaliznyi Port, Kherson, Ukraine, May 2018, pp. 7-8.
13. A. Batyuk and V. Voityshyn, "Cloud-based Architecture of the Business Process Monitoring Information Technology," in 2019 8th International Academic Conference on Information, Communication, Society 2019 (ICS'2019), Chynadiyovo, Lviv, Ukraine, May 2019, pp. 17-18.
14. A. Batyuk and V. Voityshyn " Streaming Process Discovery Method for Semi-Structured Business Processes," in 2020 IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP'2020), Lviv, Ukraine, Aug. 2020, pp. 444-448. doi: 10.1109/DSMP47368.2020.9204201 (Scopus, Web of Science)
15. A. Batyuk and V. Voityshyn, "Process mining-based information

technology for operational support of software projects estimation," in 2020 XVI International Scientific Conference on Intellectual Systems of Decision-Making and Problems of Computational Intelligence (ISDMCI'2020), Zaliznyi Port, Kherson, Ukraine, 2020, pp. 9-11.

16. V. Teslyuk, A. Batyuk and V. Voityshyn, "Method of Recommending a Scrum Team Composition for Intermediate Estimation of Software Development Projects," in 2022 IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT'2022), Nov. 2022, pp. 373-376, doi: 10.1109/CSIT56902.2022.10000432 (Scopus, Web of Science)

7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо

Основні наукові та практичні результати роботи доповідались та обговорювались на міжнародних наукових та науково-технічних конференціях: 1-й міжнародній конференції «IEEE Data Stream Mining & Processing 2016» (DSMP'2016), 6-й міжнародній науковій конференції «Інформація, комунікація, суспільство 2017» (ICS'2017), 2-й міжнародній конференції «IEEE Data Stream Mining & Processing 2018» (DSMP'2018), 13-й міжнародній науково-технічній конференції «IEEE Computer Science and Information Technologies 2018» (CSIT'2018), 7-й міжнародній науковій конференції «Інформація, комунікація, суспільство 2018» (ICS'2018), 14-й міжнародній науковій конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту 2018» (ISDMCI'2018), 8-й міжнародній науковій конференції «Інформація, комунікація, суспільство 2019» (ICS'2019), 3-й міжнародній конференції «IEEE Data Stream Mining & Processing 2020» (DSMP'2020), 16-й міжнародній науковій конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту 2020» (ISDMCI'2020), 17-й міжнародній науково-технічній конференції «IEEE Computer Science and Information Technologies 2022» (CSIT'2022).

Матеріали дисертації неодноразово доповідалися та обговорювалися на наукових семінарах кафедри автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка».

8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати

Впровадження результатів дисертаційної роботи полягає у їхньому використанні при викладанні навчальних дисциплін як окремих розділів лекційних курсів, так і в циклах лабораторних робіт.

Для викладання дисципліни «Командна робота і презентаційні навички»

для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», що навчаються за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», використано наступні результати дисертаційної роботи:

- огляд, класифікація та порівняння методів оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення (Розділ 1. Аналіз існуючих методів оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення);

- метод поетапного оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення, що застосовний під час аналізу та проєктування і передбачає підготовку попередньої, проміжної та детальної оцінок (Розділ 2. Розроблення методів оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення);

- метод побудови розкладу реалізації елементів оцінювання (Розділ 2. Розроблення методів оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення).

Для викладання дисципліни «Математичні методи дослідження операцій» для іноземних студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», що навчаються за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», використано наступні результати дисертаційної роботи:

- метод підтримки прийняття рішень щодо складу проєктної команди та графіку реалізації проєкту, що, в свою чергу, передбачає розв'язання задач цілочисельного програмування та застосування методу аналізу ієрархій для ранжування альтернатив (Розділ 2. Розроблення методів оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення).

9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані

Запропоновані методи впроваджені у навчальний процес Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні дисциплін «Командна робота і презентаційні навички» та «Математичні методи дослідження операцій» (підтверджено актом впровадження). Результати дисертаційного дослідження використані під час виконання держбюджетних наукових тем кафедри автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка» (підтверджено актами впровадження): «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).

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані для оцінювання проєктів з розробки ПЗ в організації, яка займається розробкою ПЗ на замовлення або для власних потреб.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Дисертація складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел (154 найменування). Загальний обсяг роботи становить 307 сторінок: з них 177 сторінок основного тексту, 19 сторінок зі списком використаних джерел, 111 сторінок додатків.

Встановлено, що дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

11.3 урахуванням зазначеного, на розширеному кафедральному науковому семінарі кафедри автоматизованих систем управління ухвалили:

11.1. Дисертація Войтишина Володимира Володимировича «Інформаційна технологія оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання із розроблення методів оцінювання проєктів з розробки ПЗ та розроблення інформаційної технології, яка забезпечує практичне застосування цих методів, що має важливе значення для галузі знань 12 *Інформаційні технології*.

11.2. Основні наукові положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, логічні, послідовні, аргументовані, достовірні, достатньо обґрунтовані. Дисертація характеризується єдністю змісту.

11.3. У 16 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 3 статті у наукових фахових виданнях України та 3 статті у наукових періодичних виданнях інших держав (дві з яких включені до наукометричних баз Scopus та Web of Science); 10 тез доповідей науково-технічних конференцій.

11.4. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, зі змінами).

11.5. Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

11.6.3 урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Войтишина В.В. дисертація «Інформаційна технологія оцінювання проєктів з розробки програмного забезпечення» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

за	-	37 (тридцять сім)
проти	-	(немає)
утримались	-	(немає)

Головуючий на розширеному
науковому семінарі
кафедри АСУ,
професор кафедри АСУ,
д.т.н., професор



Іван ЦМОЦЬ

Рецензенти:

д.т.н., професор, професор
кафедри СШІ



Віталій ЯКОВИНА

к.т.н., асистент кафедри АСУ



Андрій ПУКАЧ

Відповідальний у ІКНІ
за атестацію PhD
к.т.н., доцент



Віктор ХАВАЛКО

"05" травня 2025 р.