

Голові разової спеціалізованої  
вченої ради ДФ 70.052.038  
Хмельницького національного університету  
доктору технічних наук, професору  
Олегу САВЕНКУ

## **РЕЦЕНЗІЯ**

**на дисертаційне дослідження Войчура Юрія Олексійовича  
на тему «Методи і засоби прогнозування рівня якості та безпеки  
програмного забезпечення комп'ютерних систем», подане на здобуття  
ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології  
за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія**

**Актуальність теми дослідження та її зв'язок із планами наукових робіт університету.**

Успішне та якісне функціонування комп'ютерних систем залежить від якості їх різноманітних компонентів. Серед цих компонентів програмне забезпечення відіграє одну з ключових ролей, і якість цього програмного забезпечення суттєво впливає на загальну якість та успішність функціонування комп'ютерної системи.

Оцінювання та прогнозування якості та безпеки є однією з ключових задач при розробці програмного забезпечення комп'ютерних систем (ПЗКС), оскільки вплив програмного забезпечення на якість і безпеку апаратних та програмних компонентів комп'ютерних систем є доволі значущим.

Оцінка якості ПЗКС згідно зі стандартом ISO 25010 виконується таким чином: на базі атрибутів якості, визначених у стандарті ISO 25023, проводиться оцінка підхарактеристик та характеристик якості, за якими, у свою чергу, формується комплексна оцінка якості програмного забезпечення. На даний момент оцінка атрибутів, спрямована на визначення якості та безпеки ПЗКС, переважно здійснюється лише для програмного (сирцевого) коду. Однак всі необхідні атрибути для цієї оцінки повинні бути враховані вже у специфікації вимог до програмного забезпечення. Отже, вже на основі значень атрибутів зі специфікації вимог можна прогнозувати рівень якості та безпеки ПЗКС.

Проведене дисертантом дослідження значної кількості відомих моделей, методів, інструментальних засобів оцінювання і прогнозування якості та безпеки ПЗКС показало, що жодне з проаналізованих рішень не підходить для

оцінювання та прогнозування якості та безпеки ПЗКС за стандартом ISO 25010 на ранніх етапах життєвого циклу.

Отже, на даний момент часу з одного боку зростають відповідальність, покладена на ПЗКС, та вимоги до якості ПЗКС, а з іншого боку методи та засоби прогнозування якості та безпеки ПЗКС є недосконалими, особливо на ранніх етапах життєвого циклу. Таким чином, прогнозування і оцінювання рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем на основі атрибутів якості на початкових етапах життєвого циклу є актуальною науково-прикладною задачею.

Зазначена науково-прикладна задача відповідає предметній області Стандарту вищої освіти України зі спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, зокрема, такому об'єкту вивчення та діяльності, як «процедури та засоби підтримки та керування життєвим циклом, забезпеченням якості, надійності та безпеки».

Дослідження, результати яких наведено в дисертації, проведені в рамках науково-дослідної тематики Хмельницького національного університету: держбюджетної науково-дослідної теми 1Б-2021 «Самоорганізована розподілена система виявлення зловмисного програмного забезпечення в комп'ютерних мережах» (ДР № 0121U109936), держбюджетної науково-дослідної теми 2Б-2024 «Система виявлення ЗПЗ та комп'ютерних атак в корпоративних мережах з використанням хибних об'єктів атак та пасток» (ДР № 0124U000980), в яких автор дисертації був виконавцем.

#### **Формулювання наукової задачі, мети й задач дослідження.**

Здобувачем правильно визначено наукову задачу, об'єкт і предмет дослідження, відповідно до висунутої заздалегідь гіпотези дослідження. Так, науково-прикладною задачею визначено прогнозування і оцінювання рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем на основі атрибутів якості на початкових етапах життєвого циклу. Об'єктом дослідження визначено процеси прогнозування рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем. Предметом дослідження визначено методи та засоби прогнозування рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем.

Мету дисертаційного дослідження визначено як забезпечення оцінювання наявного набору вимог з позиції прогнозованого рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем, яке планується до реалізації за таким набором вимог, шляхом розроблення методів та засобів прогнозування рівня безпеки та якості програмного забезпечення комп'ютерних систем.

Поставлену мету досягнуто в результаті розв'язання таких задач:

- проаналізувати відомі методи та засоби прогнозування безпеки і якості програмного забезпечення комп'ютерних систем;
- розробити метод пошуку значень атрибутів якості у вимогах до програмного забезпечення комп'ютерних систем;
- розробити метод прогнозування рівня якості програмного забезпечення комп'ютерних систем на основі атрибутів якості;
- розробити метод прогнозування рівня безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем;
- розробити метод ідентифікації та класифікації відмов і вразливостей програмного забезпечення комп'ютерних систем;
- спроектувати та реалізувати системи прогнозування рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем;
- спроектувати та реалізувати систему ідентифікації та класифікації відмов і вразливостей програмного забезпечення комп'ютерних систем.

**Наукова новизна одержаних автором результатів** полягає в наступному:

- 1) вперше розроблено метод пошуку значень атрибутів якості у вимогах до програмного забезпечення комп'ютерних систем, який забезпечує вибір значень атрибутів якості ПЗ з природомовної специфікації вимог і дозволяє автоматизувати опрацювання вимог та мінімізувати суб'єктивний вплив людини у процесах оцінювання;
- 2) вперше розроблено метод прогнозування рівня якості програмного забезпечення комп'ютерних систем на основі атрибутів якості, який дозволяє прогнозувати рівень якості розроблюваного програмного забезпечення на основі обробки значень атрибутів якості, доступних у специфікації вимог, дозволяє порівнювати специфікації вимог, одразу відмовляти від реалізації ПЗКС на основі невдалих специфікацій та виконувати ґрунтовний вибір специфікації для подальшої реалізації ПЗКС саме високої якості;
- 3) удосконалено метод ідентифікації та класифікації відмов і вразливостей програмного забезпечення комп'ютерних систем, який виконує аналіз припинення функціонування ПЗКС і функційних можливостей ПЗКС та забезпечує висновок щодо того, чи є припинення функціонування ПЗКС відмовою і чи є функційна можливість вразливістю;
- 4) метод прогнозування рівня безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем, який встановлює залежність значення безпеки ПЗКС від значень атрибутів якості та формує прогнозоване числове значення безпеки ПЗКС на основі атрибутів, і забезпечує прогнозування рівня безпеки ПЗКС на основі отриманого числового значення, а також порівняння специфікацій вимог за прогнозованим рівнем безпеки розроблюваного ПЗКС.

## **Короткий аналіз основного змісту дисертації.**

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг роботи становить 169 сторінок, з них 125 сторінок основного тексту.

У вступі автором обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, основні завдання, предмет та об'єкт дослідження, наведено наукову новизну, практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі проаналізовано відомі моделі, методи та засоби прогнозування рівня якості та безпеки ПЗКС, зокрема, висвітлено поняття та завдання забезпечення якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем, проаналізовано методи та засоби прогнозування рівня якості програмного забезпечення комп'ютерних систем, а також методи та засоби оцінювання і забезпечення безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем та ідентифікації відмов та вразливостей. Також, підведено підсумки проведеного аналізу та здійснено постановку задачі дослідження.

У другому розділі виконано прогнозування рівня якості ПЗКС на основі атрибутів якості, зокрема, розроблено метод пошуку значень атрибутів якості у вимогах до програмного забезпечення комп'ютерних систем, виконано моделювання процесу прогнозування характеристик якості програмного забезпечення комп'ютерних систем на основі атрибутів якості, розроблено метод прогнозування рівня якості програмного забезпечення комп'ютерних систем на основі атрибутів якості.

У третьому розділі виконано прогнозування та оцінювання безпеки ПЗКС, зокрема, розроблено метод прогнозування рівня безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем та метод ідентифікації та класифікації відмов і вразливостей програмного забезпечення комп'ютерних систем.

У четвертому розділі розроблено засоби прогнозування та оцінювання рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем, зокрема, розроблено системи прогнозування рівня якості та безпеки (як характеристики якості) програмного забезпечення комп'ютерних систем, систему ідентифікації та класифікації відмов і вразливостей програмного забезпечення комп'ютерних систем, а також наведено результати експериментальних досліджень розроблених систем.

У висновках дисертації подано отримані наукові та практичні результати дослідження. Основні висновки і рекомендації логічно витікають із результатів, які наведено у розділах роботи.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

## **Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.**

Наукові висновки та рекомендації, наведені в дисертації, ґрунтуються на адекватному та цілеспрямованому використанні математичних методів та алгоритмів для синтезу засобів прогнозування та оцінювання рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем. Успішна реалізація засобів прогнозування та оцінювання рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем, а також ефективне впровадження результатів дослідження в комерційну діяльність підприємств демонструє відповідність отриманих теоретичних результатів реальним результатам їхнього використання.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Реалізована система прогнозування рівня якості ПЗКС надає користувачу прогнозовані оцінки восьми характеристик якості ПЗКС, комплексний показник прогнозованої якості ПЗКС та висновок про рівень якості майбутнього ПЗКС, на основі якого можна виконати порівняння специфікацій вимог та обґрунтований вибір специфікації вимог для подальшої реалізації.

Реалізована система прогнозування рівня безпеки ПЗКС забезпечує аналіз вимог, на основі якого надає користувачу прогнозовану оцінку безпеки ПЗКС (як характеристики якості) та висновок про рівень безпеки майбутнього ПЗКС, на основі якого можна виконати порівняння специфікацій вимог та обґрунтований вибір специфікації для подальшої реалізації.

Реалізована система ідентифікації та класифікації відмов і вразливостей ПЗКС надає висновок щодо того, чи є припинення функціонування ПЗКС відмовою ПЗКС; висновок щодо того, чи є функційна можливість ПЗКС вразливістю ПЗКС; висновок про тип відмови та/або вразливості за їх наявності.

У результаті проведених експериментальних досліджень з розробленими системами було підтверджено їх коректне функціонування, а також можливість їх використання для прогнозування рівня якості та безпеки ПЗКС.

Теоретичні та практичні результати дослідження впроваджені в ПП «Авіві» (м. Хмельницький), ТОВ «Деймос» (м. Хмельницький), ГО «ІТ Кластер м. Хмельницького» (м. Хмельницький), у освітньому процесі Хмельницького національного університету при викладанні дисциплін на кафедрі комп'ютерної інженерії та інформаційних систем для спеціальностей 123 Комп'ютерна інженерія, 126 Інформаційні системи та технології, а також при виконанні держбюджетних тем Хмельницького національного університету «Самоорганізована розподілена система виявлення зловмисного програмного забезпечення в комп'ютерних мережах» (ДР № 0121U109936), «Система

виявлення ЗПЗ та комп'ютерних атак в корпоративних мережах з використанням хибних об'єктів атак та пасток» (ДР № 0124U000980)

**Особистий внесок здобувача** полягає в розробленні методів пошуку значень атрибутів якості у вимогах до програмного забезпечення комп'ютерних систем, прогнозування рівня якості програмного забезпечення комп'ютерних систем на основі атрибутів якості, ідентифікації та класифікації відмов і вразливостей програмного забезпечення комп'ютерних систем, прогнозування рівня безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем, що забезпечують розв'язання поставлених у дисертації задач. Усі наукові результати дисертаційного дослідження отримані автором особисто.

За результатами проведених досліджень основні наукові результати опубліковані у 10 наукових працях, серед яких 3 статті у періодичних виданнях, що індексуються в наукометричних базах Scopus, Web of Science (в тому числі 1 стаття у періодичному виданні 2-го квартилю, що індексується в наукометричних базах Scopus та WoS та 2 статті у періодичних виданнях 3-го квартилю, що індексуються в наукометричній базі Scopus); 2 статті у фахових наукових журналах України, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України категорії Б; 3 публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації (статті в матеріалах конференцій, що індексуються в наукометричній базі Scopus); 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір.

У публікаціях, що опубліковані у співавторстві, здобувачеві належать основні ідеї, теоретична та практична розробка положень, відображених у характеристиці наукової новизни отриманих результатів, а саме: метод прогнозування рівня якості програмного забезпечення комп'ютерних систем на основі атрибутів якості, архітектура та реалізація системи прогнозування рівня якості програмного забезпечення комп'ютерних систем, огляд факторів, які впливають на безпеку програмного забезпечення мобільних додатків, та вразливостей мобільних додатків, а також моделювання предметної галузі оцінювання та прогнозування безпеки мобільних додатків, засіб ідентифікації та класифікації відмов і вразливостей програмного забезпечення, метод аналізу вимог до програмного забезпечення на предмет пошуку значень атрибутів якості, метод ідентифікації та класифікації відмов і вразливостей, метод визначення кількості рядків програмного коду, написаного вручну, метод прогнозування рівня безпеки ПЗКС, нейромережна модель прогнозування рівня якості ПЗКС.

#### **Апробація матеріалів дисертації.**

Апробацію основних положень, ідей, висновків дисертаційної роботи проведено на науковому семінарі кафедри комп'ютерної інженерії та

інформаційних систем Хмельницького національного університету. Наукові результати доповідалися на трьох міжнародних науково-технічних та науково-практичних семінарах: 5th International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security IntellITSIS-2024 (м. Хмельницький, 2024); 2nd, 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems ITTAP (м. Тернопіль, 2022; м. Тернопіль (Україна) та м. Ополе (Польща), 2023).

### **Структура та обсяг дисертації.**

Дисертація складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 165 найменувань на 17 сторінках та 4 додатків на 14 сторінках. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 169 сторінок друкованого тексту, з них 125 сторінок основного тексту. Дисертація містить 35 рисунків та 8 таблиць.

### **Зауваження.**

У результаті розгляду дисертації сформовано наступні зауваження та рекомендації:

1) у Вступі (стор. 15) варто було не тільки перерахувати українських та іноземних учених, які присвячували та присвячують свої дослідження питанням прогнозування та оцінювання безпеки і якості програмного забезпечення комп'ютерних систем, але й зазначити їх внесок у вирішення такої науково-прикладної задачі;

2) при висвітленні практичного значення отриманих результатів та впровадження результатів дисертаційної роботи у Вступі (стор. 19) не зазначено кількісного значення ефекту, який забезпечили розроблені автором засоби прогнозування рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем;

3) на мою думку, дисертант недостатню увагу приділив формалізації кроку препроцесінгу специфікації вимог методу пошуку значень атрибутів якості у вимогах до програмного забезпечення комп'ютерних систем (стор. 57);

4) до підрозділу 4.3 варто було б додати ще один підрозділ 4.3.4, в якому показати результати порівняльного аналізу розроблених засобів прогнозування рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем з відомими проаналізованими у підрозділах 1.2 та 1.3 засобами за вісьмома пропонованими у дисертації критеріями;

5) по тексту дисертації зустрічаються каскадні (групові) цитування (наприклад, [4-8] на стор. 15, [4, 76, 77] на стор. 25 тощо); на мою думку, не варто використовувати таку політику цитування – якщо всі літературні джерела є важливими, їх слід аналізувати окремо;

б) у дисертації автор припустився деяких орфографічних та пунктуаційних помилок, зустрічаються неузгодженості відмінків слів, пропущені слова тощо.

Втім, зазначені зауваження суттєво не впливають на загальний, доволі високий, рівень проведеного дослідження.

### **Загальний висновок.**

Вважаю, що дисертаційна робота Войчура Юрія Олексійовича на тему «Методи і засоби прогнозування рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем» містить нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія галузі 12 Інформаційні технології, які в сукупності забезпечують розв'язання актуальної науково-прикладної задачі прогнозування і оцінювання рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем на основі атрибутів якості на початкових етапах життєвого циклу.

Дисертаційна робота «Методи і засоби прогнозування рівня якості та безпеки програмного забезпечення комп'ютерних систем», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає пп. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, Войчур Юрій Олексійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

### **Рецензент:**

завідувач кафедри комп'ютерних наук  
Хмельницького національного  
університету, доктор технічних  
наук, професор

Олександр БАРМАК

«Підпис Олександр БАРМАКА засвідчую»:

Проректор з НР ХНУ



Олег СИНЮК