

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора

Теслюка Василя Миколайовича

на дисертаційну роботу

Угриновського Богдана Володимировича

на тему **«Методи і засоби підвищення надійності програмного забезпечення з урахуванням процесу його старіння»**,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення
в галузі знань 12 – Інформаційні технології

Актуальність теми дослідження та її зв'язок з планами роботи кафедри.

У сучасному світі програмне забезпечення стало одним з найважливіших елементів у роботі компаній та організацій у їхньому бізнес-середовищі. Разом з тим, програмне забезпечення використовується у повсякденному житті звичайними людьми в різних пристроях. Все це зумовлює важливість забезпечення високого рівня надійності та швидкодії програмного забезпечення.

В свою чергу, стрімкий розвиток технологій сприяє значному збільшенню складності програмного забезпечення, що збільшує імовірність виникнення помилок в програмному забезпеченні. В цьому контексті існує так зване явище старіння програмного забезпечення, яке має негативний вплив на надійність і продуктивність роботи програмного забезпечення під час тривалого використання пристрою і системи без перезавантажень. Ефективним методом протидії негативним ефектам явища старіння є виконання процедури оновлення програмного забезпечення.

Мобільні пристрої та системи, зокрема Android, є вразливі до ефектів старіння, тому актуальним завданнями є дослідження особливостей процесу старіння та розроблення відповідних засобів його оновлення для того, щоб покращити характеристики надійності програмного забезпечення. Зокрема, важливо також розробляти ефективні та більш точні моделі старіння та методи оновлення програмного забезпечення.

Дисертаційна робота Угриновського Богдана Володимировича стосується розв'язання актуального наукового завдання - підвищення рівня надійності програмного забезпечення мобільних систем шляхом визначення факторів, що впливають на процес його старіння, побудови математичних моделей старіння і оновлення програмного забезпечення та розроблення відповідних засобів.

Дисертаційна робота відповідає науковому напряму кафедри програмного забезпечення Національного університету «Львівська політехніка»: «Програмне та математичне забезпечення автоматизованих систем».

Актуальність теми дисертаційного дослідження також підтверджена використанням отриманих дисертантом результатів у науково-дослідній роботі, яка виконувалась у Національному університеті «Львівська політехніка» у 2021–2022 рр. «Розроблення інформаційної технології оцінювання та прогнозування надійності програмного забезпечення методами машинного навчання», номер держреєстрації 0121U109527.

Особистий внесок автора в отримання наукових результатів, поданих в роботі.

Особистий внесок автора полягає у формулюванні мети та основних завдань досліджень, обґрунтуванні наукових положень. Автором проаналізовано літературні джерела за темою дисертації, обґрунтовано напрями досліджень, розроблено моделі старіння та омолодження програмного забезпечення і метод оновлення програмного забезпечення для операційної системи Android, виконано експериментальні дослідження процесу, метрик та факторів старіння в операційній системі Android, систематизовано і узагальнено отримані результати. Робота містить прикладні положення та висновки, сформульовані дисертантом особисто. Ідеї, положення чи гіпотези інших авторів, які присутні в дисертації, мають відповідні посилання і використані лише для підкріплення ідей та результатів здобувача.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.

Основні теоретичні положення дисертації та емпіричні результати отримані шляхом коректного застосування методів теорії імовірностей та математичної статистики, обчислювальної математики, теорії марківських процесів, аналізу часових рядів, системного аналізу, теорії алгоритмів та об'єктно орієнтованої парадигми розроблення програмних засобів.

Враховуючи методику виконання дисертаційного дослідження, кількісне та якісне опублікування матеріалів дисертації, а також їхнє обговорення на міжнародних науково-практичних конференціях, наукових семінарах кафедри програмного забезпечення, вважаю, що наукові положення, висновки і рекомендації, що містяться в дисертаційній роботі, є обґрунтованими та достовірними.

Наукове значення отриманих результатів.

Дисертантом отримані наступні основні наукові результати:

- *Вперше* побудовано модель факторів старіння програмного забезпечення для Android, яка відрізняється урахуванням метрик тривалості відображення кадру

графічного інтерфейсу та частки пропущених кадрів графічного інтерфейсу, що дає змогу точніше виявляти ознаки процесу старіння програмного забезпечення;

- *Вперше* розроблено метод оновлення програмного забезпечення для операційної системи Android на основі комплексної моделі старіння та омолодження, який відрізняється врахуванням активності користувача, різних рівнів старіння програмного забезпечення та заряду батареї мобільного пристрою, що дає змогу визначити термін проведення оновлення програмного забезпечення з найменшим впливом на функцію готовності та досвід користувача мобільного пристрою;

- *Отримали подальший розвиток* моделі старіння та оновлення програмного забезпечення з урахуванням активності використання мобільного пристрою користувачем та різних рівнів старіння, які відрізняються урахуванням переходу із стану старіння в стан омолодження та відсутністю переходу із стану очікування в стан активності під час “холодного” омолодження, урахуванням фактору заряду батареї, а також працездатних та непрацездатних станів, що дає змогу точніше оцінити вплив процесів старіння на показники надійності програмного забезпечення та виконувати проектування щодо вибору параметрів методу омолодження програмного забезпечення.

Практичне значення одержаних результатів.

Практичне значення одержаних результатів полягає, насамперед, в розроблених програмних засобах експериментальних досліджень процесу старіння в операційній системі Android, які можуть бути використані для подальших досліджень та мати практичне застосування під час розроблення програмного забезпечення: засоби виконання стресових тестів в операційній системі Android; засоби оброблення системних даних та формування часових рядів; засоби аналізу часових рядів метрик старіння. З допомогою розроблених програмних засобів виконано ряд експериментальних досліджень факторів та процесів старіння в операційній системі Android, які дали змогу обґрунтувати ефективність використання нових метрик старіння (метрики відображення кадрів) в різних сценаріях використання мобільного пристрою користувачем, вразливість кросплатформових Flutter застосунків до ефектів старіння, а також, виявити вразливі до старіння системні процеси.

Практична цінність запропонованих в даній роботі моделей старіння та оновлення полягає у можливості їх використання для оцінки показників якості існуючого програмного забезпечення, для показників ефективності оновлення програмного забезпечення, а також для проектування та вибору параметрів методу оновлення програмного забезпечення, що дає змогу формувати технічне завдання на його розроблення.

Крім того, для запропонованого методу оновлення програмного забезпечення розроблено структуру модулів програмного засобу, визначено основні вимоги до модулів, а також, описано публічні методи цього програмного засобу, які можуть бути використані розробниками на етапі проектування та конструювання користувацьких застосунків для протидії і реагуванню на процеси старіння в системі.

Результати роботи впроваджені у навчальному процесі кафедри Програмного забезпечення Національного університету «Львівська політехніка» для студентів спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» в лекційному курсі та практикумі дисципліни «Теорія надійності програмних систем». Результати дисертації були виконані в ході 1-ї держбюджетної науково-дослідницької роботи та пройшли дослідницьке випробування на підприємствах ТОВ «Українські Інформаційні Технології» і ПП «Лінк Ап Студіо».

Висновок про повноту опублікування основних положень дисертації.

Результати дисертаційного дослідження достатньо повно представлені у 12 наукових працях, з яких 6 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття в науковому періодичному виданні, яке включено до міжнародної наукометричної бази Web of Science, 5 тез доповідей та матеріалів конференцій.

Аналіз основного змісту роботи.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження; описано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; сформульовано мету та основні завдання дисертаційної роботи; представлено методи дослідження та визначено наукову новизну та відображено практичне значення одержаних результатів дослідження; презентовано списки опублікованих праць за тематикою дисертаційної роботи та конференцій, на котрих було апробовано основні результати дисертаційної роботи.

У *першому розділі* розглянуто поняття старіння програмного забезпечення та такі основні характеристики як дефекти, помилки, ефекти, метрики та фактори старіння. Розглянуто та проаналізовано різні методи дослідження та моделювання явища старіння програмного забезпечення. Обґрунтовано важливість емпіричного та теоретичного дослідження процесу старіння та методів протидії його ефектам в мобільних операційних системах, зокрема, Android.

У *другому розділі* виконано аналіз існуючої моделі процесу старіння та оновлення програмного забезпечення для операційної системи Android з урахуванням активності використання мобільного пристрою користувачем. Запропоновано покращені моделі старіння та оновлення, які враховують як активність використання мобільного пристрою користувачем, так і механізми

«теплого» та «холодного» виконання процедури оновлення, різні рівні старіння та можливі стратегії виконання процедури оновлення, а також, фактор рівня заряду батареї. Виконано симуляції процесу старіння та омолодження з допомогою запропонованих моделей для обґрунтування доцільності їх використання.

В *третьому розділі* представлено результати експериментальних досліджень явища старіння програмного забезпечення в операційній системі Android, зокрема, виконано аналіз метрик та факторів старіння. На основі виконаних теоретичних та практичних досліджень запропоновано і описано метод оновлення програмного забезпечення для операційної системи Android, який використовує комплексну модель старіння та оновлення для прогнозування часу виконання процедури омолодження.

У *четвертому розділі* описано існуючу методологію дослідження явища старіння програмного забезпечення в операційній системі Android. Розроблено фреймворк для виконання стресового тестування мобільних застосунків Android та виконання аналізу зібраних даних. Розроблено структуру модулів програмного засобу оновлення програмного забезпечення для операційної системи Android, в контексті якої можливо реалізувати метод оновлення програмного забезпечення.

Висновки до дисертації включають узагальнені результати дослідження та рекомендації щодо їх практичного застосування

Оцінка структури дисертації, мови та стилю викладення.

Робота складається зі переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та шести додатків. Обсяг роботи є досить повним і складає 194 сторінки друкарського тексту, із них 136 сторінок основного тексту, 45 рисунків, 11 таблиць, список використаних джерел із 118 найменувань.

Дисертаційна робота написана українською мовою з використанням сучасної наукової термінології. Викладення матеріалу дисертації є логічним і відповідає вимогам до наукових праць, а зміст роботи висвітлює основні результати наукових досліджень.

Зауваження щодо змісту дисертації.

До роботи є наступні пропозиції та зауваження:

1. В анотації автор пише про вирішувану “...науково-прикладну задачу...”, а в наступних частинах дисертаційного дослідження “...наукова задача...”.
2. В дисертаційній роботі наведено моделі, але відсутні дані щодо їх параметрів (область адекватності, економічність моделей та ін.).
3. В роботі часто використовується формулювання в назвах моделей Маркова, що вони призначені для операційної системи Android. Однак, очевидно, що вони можуть бути застосовані для більш широкого кола систем та пристроїв, які

володіють подібними особливостями, та для яких також важливо урахувати відповідні фактори, зокрема, фактор заряду батареї. Окрім того, варто було б узагальнити можливість застосування запропонованих в даній роботі моделей старіння та омолодження.

4. На рис. 2.16, 2.17 дуже малі значення ймовірностей, що це означає – подію яка ніколи не відбудеться.

5. Для моделі старіння та омолодження з урахуванням заряду батареї виконано тільки одну симуляцію і її порівняння із моделлю без урахуванням заряду. Для ґрунтовної верифікації моделі варто було б виконати симуляції із різними умовами старіння та швидкості розряджання батареї.

6. Чи розглядалась така популярна мобільна система як iOS? Який стан досліджень явища старіння в цій системі?

7. В експериментах не вказуються одиниці вимірювання інтенсивностей переходів. В тексті дисертацій вказано, що одиниця часу є хвилини, тому інтенсивність 0,002 мала б бути подана у вигляді 0,002 хв.-1.

8. В роботі, на мою думку, присутні ряд некоректних виразів: "... оброблення даних ..." – "... опрацювання даних ..."; "... система дозволяє ..." – "... система дає змогу ..."; "... омолодження ПЗ ..." – "... оновлення ПЗ ...", "... модернізація ПЗ ..." або "... нова версія ПЗ ..." та ін.

Відповідність дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту.

Дисертаційна робота Угриновського Б. В. на тему «Методи і засоби підвищення надійності програмного забезпечення з урахуванням процесу його старіння» відповідає вимогам та паспорту спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Загальні висновки.

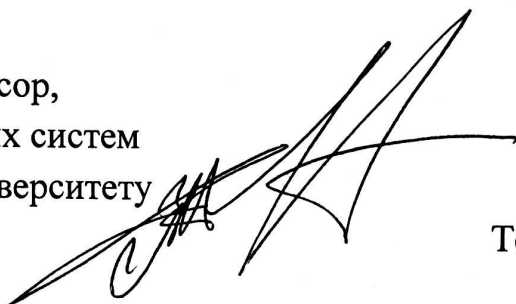
В цілому, дисертаційна робота Угриновського Богдана Володимировича є повністю завершеною науковою роботою, в якій розв'язана актуальна наукова задача підвищення рівня надійності програмного забезпечення мобільних систем шляхом визначення факторів, що впливають на процес його старіння, побудови математичних моделей старіння і оновлення програмного забезпечення та розроблення відповідних засобів.

Наведені зауваження можна розглядати як побажання для майбутніх подальших досліджень автора. З урахуванням обґрунтованості наукових положень та висновків наведених у дисертації, наукової та практичної цінності отриманих автором наукових результатів, вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам до наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог

до оформлення дисертації» та КМ від 12 січня 2022 р. № 44 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» з останніми змінами внесеними постановою КМ № 341 від 21.03.2022, а її автор, Угриновський Богдан Володимирович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Рецензент:

Доктор технічних наук, професор,
завідувач каф. автоматизованих систем
управління Національного університету
"Львівська політехніка"



Теслюк В.М.

Підпис д.т.н., професора Теслюка В.М.

«ЗАСВІДЧУЮ»

Вчений секретар Національного Університету
«Львівська Політехніка»

"14" 06 2022 р.



Брилинський Р.Б.