

ВІДГУК

опонентки, КУЧУК Ніни Георгіївни

на дисертаційну роботу ВДОВІЧЕНКА Олександра Олександровича
«Моделі, метод та засоби реконфігурації програмовних пристроїв безпілотних
систем з керованою багаторівневою деградацією»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія

Актуальність теми. Технологічний прогрес демонструє значний розвиток сучасних безпілотних апаратів (БПА) та відповідні до них систем (БПС), що породжує нові виклики щодо їх надійності та тривалості роботи. Це стає особливо критичним для систем, що працюють у екстремальних умовах без можливості технічного обслуговування. Для таких систем стають необхідними механізми підтримки працездатності, що відстрочують та пом'якшують перехід системи до стану повної відмови. Існуючі засоби підвищення надійності та відмовостійкості обчислювальних систем можуть бути обмежені через специфіку їх використання, потребу у періодичній участі людини. Тому виникає потреба у вбудованих автономних засобах програмно-апаратної реконфігурації, які дозволяють налаштовувати реакцію супроводжуваного пристрою на виникаючі відмови його компонентів. Для БПА подібні реалізації стають можливими завдяки наявності у їх комплектації програмованих пристроїв (ПП), що вирізняються значною гнучкістю при маніпуляціях з їх внутрішньою структурою. Дана властивість ПП виступає фундаментом для впровадження керованої багаторівневої деградації (БРД), де частина відмов переводиться у поступове зниження функціональності. У зв'язку з цим актуальним завданням є розробка моделей, методів та інструментів для аналізу та підвищення надійності програмованих пристроїв у БПА шляхом реалізації механізмів керованої БРД. Таким чином, вказані особливості предметної області досліджень вказують на актуальність теми дисертаційної роботи Вдовіченка О. О.

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій. Обґрунтованість наукових результатів, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, досягається автором шляхом застосування відомих методів системного аналізу, математичного моделювання, теорії надійності, оптимізації, теорії графів, а також ретельною порівняльним

аналізом результатів, отриманих під час теоретичних розрахунків та експериментальних досліджень. Результати досліджень аналізувалися і корегувалися під час апробацій на представницьких міжнародних конференціях, а також під час проходження рецензування наукових публікацій.

У якості *основних нових наукових результатів дисертаційної роботи* виступають такі:

1. Вперше запропоновано метод керованої багаторівневої деградації програмовних пристроїв, де ключовими особливостями виступають: формальний аналіз реконфігурації з використанням спеціальних метрик (об'єм, час) для оцінки можливостей архітектури адаптуватися до відмов, наявності адаптивних процедур реконфігурації з вибором та застосуванням конфігурацій залежно від типу дефектів, що підвищує надійність системи при відмовах апаратних компонентів. Застосування методу передбачає підвищення живучості системи та ефективне протидіяння накопиченню відмов.

2. Удосконалено моделі програмовних пристроїв з керованою деградацією, де ключовою відмінністю від відомих виступає декомпозиція компонентів за ступенем впливу на працездатність і можливість реконфігурації, що надає змогу формувати вимоги до засобів керування частковим або повним відновленням та розраховувати показники безвідмовності при різних варіантах їх виконання.

3. Удосконалено марковські моделі готовності програмовних пристроїв з керованою деградацією шляхом врахування впливу інтенсивності відмов окремих компонентів, можливості відновлення через реконфігурацію, часу та ймовірності успішної перебудови системи, наявності резервних елементів, роботу в режимі часткової працездатності. Розроблені марковські моделі дозволяють оцінювати рівень готовності системи, та її стійкість до поступової деградації.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях. Результати наукових досліджень відображено у п'яти наукових працях, зокрема в двох статтях у науковому фаховому виданні України категорії А (SCOPUS, квартиль Q3), одній публікації у закордонному періодичному науковому виданні (SCOPUS, квартиль Q4), двох статтях у науковому фаховому виданні України категорії Б у співавторстві. Крім того, автор має чотири публікації у статтях наукових видань України категорії Б, що не покривають спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія, дві публікації апробаційного характеру у матеріалах

міжнародних наукових конференцій, які проіндексовані у базі даних Scopus, та одну публікацію апробаційного характеру у матеріалах національної науково-технічної конференції. Всі наукові праці, що опубліковано у співавторстві за участі Вдовіченка О. О., були зазначені у дисертаційній роботі. Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, 4 наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМ України від 12.01.2022 р. №44.

Значимість отриманих результатів для з науки |і практичного використання. Значимість отриманих результатів для науки підтверджується їх впровадженням у науково-дослідницьку та навчальну діяльність кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут». Про актуальність досліджень дисертанта свідчить їх відображення у п'яти виконуваних на кафедрі комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки науково дослідних роботах:

1. «Методологічні засади та технології оцінювання та забезпечення безпеки (захисту) критичних інформаційних інфраструктур» (№ ДР 0119U100979, 2019–2021 pp.),

2. «Розроблення науково-методичного апарату і засобів для оцінювання та забезпечення надійності та безпечності гарантоздатних ІТ-систем та інфраструктур» (№ ДР 0121U113842, 2021–2023 pp.),

3. «Наукові засади і методи забезпечення гарантоздатності флотів БПЛА інтелектуальних систем моніторингу потенційно небезпечних і військових об'єктів» (Д 503-1/2021-Ф, № Д/Р 0121U112172, 2021-2023 pp.),

4. «Методи, програмно-апаратні засоби та технології забезпечення гарантоздатності інтелектуальних систем індустриального Інтернету речей» (Д 503-10/2022-П, № Д/Р 0122U001065, 2022-2023),

5. «Методи та кейс-технології доказового оцінювання кібербезпеки програмовних систем для забезпечення захисту критичної ІТ-інфраструктури» (Д 503-10/2023-П, № ДР 0123U102106, 2023-2024).

Практична цінність результатів дисертаційної роботи Вдовіченка О. О. полягає у тому, що розроблені метод та програмні засоби є основою для впровадження системи забезпечення та підтримки керованої багаторівневої

деградації для програмовних пристроїв безпілотних апаратів як альтернативи класичним засобам підвищення надійності систем з обмеженим доступом до апаратного ресурсу.

Оцінка змісту дисертаційної роботи. Дисертаційна робота Вдовіченка О. О. складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 101 найменування та двох додатків, загальним обсягом у 171 сторінку.

Дисертаційна робота являє собою одноособово написану кваліфікаційну наукову працю, яка містить сукупність результатів та наукових положень, має внутрішню єдність і свідчить про особистий внесок автора у науку. Дослідження спрямовано на розроблення методів та програмних засобів керування потенційною реконфігуроприсадиністю програмовних пристроїв безпілотних систем, та моделі оцінювання їх готовності під час керованої багаторівневої деградації. Дисертація виконана з дотриманням вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави говорити про оригінальність роботи.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, об'єкт, предмет і завдання дослідження, перелічено використовувані методи досліджень, показано наукову новизну отриманих результатів, повноту їх опублікування і апробацію, а також зазначено зв'язок матеріалів дисертаційної роботи з науковими програмами і темами.

Перший розділ надає аналіз та класифікацію програмовних пристроїв за архітектурними та модельними особливостями, визначає основні виклики, з якими доводиться стикатися під час застосування БПА в умовах експлуатації. В рамках розділу проаналізовано існуючі методи та засоби оцінювання та забезпечення надійності програмовних пристроїв БПА. Описана загальна задача дисертаційного дослідження, яка була декомпозована на три етапи виконання переліку часткових задач.

Другий розділ присвячено розробленню моделей реконфігуроприсадиптих програмовних пристроїв, відповідних моделям дефектів та процедур реконфігурації у вигляді структурних схем надійності. В рамках розділу розроблено аналітичні моделі надійності та метод аналізу реконфігуроприсадиптих програмовних пристроїв відповідно до метрик об'єму(потенційна та реалізована) та часу(інтервальні моментні показники). На основі представлених моделей і методу було визначено ключові етапи

проведення оцінювання реконфігуропридатності, надійності та живучості безпілотних систем.

Третій розділ присвячений розробленню класифікатора моделей готовності програмовних пристроїв з багаторівневою деградацією з обґрунтуванням 7 ознак класифікації та визначенням ключових сутностей і зв'язків між ними. У розділі розроблено моделі готовності програмовних пристроїв за двома основним групами – однофрагментними та мультифрагментними, відповідно до яких був проведений порівняльний аналіз п'яти моделей.

Четвертий розділ надає опис архітектур, базового функціоналу та наводить приклади застосування програмних засобів, розроблених з метою впровадження та супроводу елементів керування багаторівневою деградацією шляхом реалізації потенційної реконфігуропридатності ПП БПА.

У *висновках* подано сумарну оцінку результатів дослідження, їх значимість і практичну застосовність, а також запропоновані напрямки подальших досліджень.

Список використаних джерел характеризується достатньою для обраного предмету досліджень кількістю сучасних наукових праць вітчизняних та закордонних науковців, має тісний зв'язок з вирішуваними у дисертаційній роботі завданнями.

У *додатку А* подано копії актів впровадження наукових результатів, а у *додатку Б* наведено лістинги кодів розроблених програмних засобів.

Дисертаційна робота написана у сучасному науковому стилі, а її оформлення здійснено із дотриманням вимог наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Дотримання вимог академічної доброчесності. Дисертація виконана з дотриманням вимог щодо академічної доброчесності. Отримані результати є оригінальними. У тексті не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх публікації. Усі наукові та практичні результати опубліковані у необхідному обсязі у фахових виданнях України та закордонному періодичному виданні, а також апробовані на міжнародних наукових конференціях. Таким чином, порушень академічної доброчесності в дисертаційній роботі та наукових працях Вдовіченка О. О., де висвітлені основні наукові результати, не виявлено.

Зауваження до дисертаційної роботи. Зауваження щодо дисертаційної роботи полягають у наступному. До зауважень та дискусійних питань варто віднести наступні:

1. В дисертації напрацьовано доволі потужну модельну базу для оцінювання надійності програмовних пристроїв і надано багато результатів дослідження моделей в графічному вигляді. Однак аналіз деяких результатів дослідження представлено суто в констатуючому стилі, без пояснення фізичного сенсу і рекомендацій, які впливають з аналізу. Це стосується, наприклад, рисунків 3.19-3.21 і опису до них (стор. 94,95);

2. На наш погляд, результат, який стосується метрик реконфігуропридатності та алгоритмів її аналізу і оцінювання, є цілком автономним і важливим, а отже, міг би бути сформульований як самостійний;

3. Для роботизованого апарату (підрозділ 4.4) необхідно було дати більш детальний опис і аналіз того, як саме реалізовано в ньому запропоновані методи та засоби;

4. Висновки до розділу 4 є суто анотованим описом результатів без достатнього опису відмінностей, відповідних рекомендацій щодо їх застосування та можливих обмежень.

Наведені недоліки несуттєво впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи та не знижують цінність отриманих автором наукових та практичних результатів.

Висновок. Дисертаційна робота Вдовіченка Олександра Олександровича на тему «Моделі, метод та засоби реконфігурації програмовних пристроїв безпілотних систем з керованою багаторівневою деградацією» відповідає спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, розв'язує важливу науковотехнічну задачу, яка полягає в розробленні методу та програмних засобів впровадження та підтримки керованої багаторівневої деградації для програмовних пристроїв безпілотних апаратів.

Дисертаційна робота Вдовіченка Олександра Олександровича на тему «Моделі, метод та засоби реконфігурації програмовних пристроїв безпілотних систем з керованою багаторівневою деградацією» відповідає вимогам пунктів 6-9 «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 здобувач Вдовіченко Олександр Олександрович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

Опонентка:

д.т.н., професорка кафедри
комп'ютерної інженерії та програмування
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

Ніна КУЧУК

"30" 04 2025 року

Підпис КУЧУК Ніни Георгіївни засвідчую:
Учений секретар
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»,
к.т.н., професор



Максим МАЛЬКО

"30" 04 2025 року