

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Романкевича Віталія Олексійовича «Методи і засоби оцінки технічних характеристик гарантоздатності відмовостійких багатопроцесорних систем управління складними об'єктами», яку подано на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 - комп'ютерні системи і компоненти

1. Актуальність тематики дисертаційної роботи

1.1. Забезпечення необхідного рівня надійності сучасних та перспективних комп'ютерних систем обробки інформації та управління (КСУ) є однією з важливіших з огляду на їх застосування у так званих критичних доменах з високою ціною відмов. КСУ включають до свого складу багатопроцесорні системи, високий рівень надійності яких забезпечують наданням властивості відмовостійкості за рахунок використання різних видів надмірності, у першу чергу, структурної. Застосування класичних (перш за все, логіко-імовірнісних) методів розрахунку показників надійності таких систем є обмеженим внаслідок не тільки їх структурної складності, але й складності визначення відмов.

Неточність оцінювання надійності критичних систем має наслідки двох типів: завищення оцінки показників збільшує ризики невиконання вимог до безпеки, заниження – до суттєвих додаткових витрат, які іноді негативно впливають і на безпеку, оскільки переускладнюють систему. Це обумовлює актуальність проблеми розроблення методології (сукупності моделей, методів і засобів) оцінювання надійності та функціональної безпеки відмовостійких багатопроцесорних систем (ВБС) зі складним визначенням стану відмов, яка вирішується у докторській дисертації Романкевича В.О. Методологія має дві складових: перша полягає у розробленні моделей поведінки ВБС, які надають можливість розраховувати ймовірності відмов в цілому і небезпечних, зокрема, і відповідних методів оцінювання; друга – у розробленні методів тестування і само- і взаємотестування таких систем із необхідною глибиною визначення діагнозу і обмеженим часом.

1.2. Тематика дисертації відповідає пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки «Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України та сталого розвитку

суспільства і держави». Дисертація виконувалася в рамках держбюджетних НДР, інформація про які надано у п.5.1.

2. Аналіз змісту та ступеня обґрунтованості наукових положень і висновків

Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

2.1. Перший розділ дисертації присвячено аналізу предметної області і відомих методів розрахунку показників надійності цифрових систем, ВБС і зокрема, системам типу *k-out-of-n* та їх класам *k-out-of-n:G* і *k-out-of-n:F*, *consecutive-k-out-of-n* і *weighted-k-out-of-n*). Аналізуються методи Рушді та Белфора, метод Барлоу-Хайдтмана, можливості розрахунку дерева відмов.

Зроблено ґрунтовний висновок про області їх застосування та складність використання універсальних методів, а також доцільність організації самотестування у контексті забезпечення необхідного рівня надійності ВБС.

Зауваження. Оскільки тема дисертації включає термін «гарантоздатність», доцільно було б більш детально проаналізувати його особливості та відповідні показники, а також більш чітко визначити їх вибір. Крім того, до якісного в цілому списку посилань, додати англомовні публікації останніх п'яти років та їх критичний аналіз з урахуванням еволюції архітектур і технологій ВБС.

2.2. Другий розділ призначений розробленню нових і удосконаленню існуючих методів само- та взаємотестування ВБС, скорочення часових витрат на їх проведення для різних варіантів структур і обмежень. Обґрунтовано низку тверджень і аналітичних оцінок, які забезпечують теоретичне підґрунтя для розроблення і впровадження методів.

Зауваження. У розділі не надано у систематизованому вигляді процедури вибору методів і засобів самотестування залежно від особливостей БВС, а також особливостей тестування програмних дефектів і вразливостей, що було б доцільно з огляду на використання концепції гарантоздатності. З результатів досліджень не достатньо зрозуміло, чи можливе застосування запропонованих методів самотестування для систем з багатоядерними процесорами.

2.3. Третій розділ присвячено розробленню і дослідженню моделей, які відображають поведінку ВБС в потоці відмов. Визначено можливості їх використання для розрахунку показників надійності.

Запропоновані так звані графо-логічні *GL*-моделі, відмінною рисою яких є спільне використання властивостей графів і булевих функцій задля опису поведінки в умовах відмов. Ці моделі є ключовим теоретичним результатом дисертації.

Зауваження. Деякі матеріалу розділу, які пов'язані з аналізом недоліків існуючих методів, тяжіють до аналітично-постановочної частини дисертації (розділу 1). Крім того, відсутня оцінка складності алгоритму формування і мінімізації *GL*-моделі загального виду

2.4. Наступний розділ присвячений дослідженню методів і особливостей перетворення моделей, запропонованих у третьому розділі. Обґрунтовано підходи до визначення рівня і умов відмовостійкості ВБС.

Зауваження. Не окреслено чітко кінцевий ефект від перетворень та області доцільного застосування кожного з методів перетворення базових моделей циклічного типу.

2.5. П'ятий розділ надає розрахункові моделі для ймовірності безвідмовної роботи ВБС на основі виконання статистичних експериментів з *GL*-моделями поведінки ВБС з використанням керованих генераторів псевдовипадкових двійкових векторів. Обґрунтовані поетапні процедури проведення статистичних експериментів, використовуючи кероване неповторне джерело рівновагових (по Хемінгу) векторів, що представляють стан системи на кожному етапі. Запропоновані модифікації методу статистичних випробувань враховують деякі особливості побудови і функціонування ВБС, інтенсивність відмов компонентів, особливості *GL*-моделей, що використовуються.

Важливо, що відповідні формули для оцінки ВБР строго доведені. Крім того, розроблено метод оцінювання функціональної безпеки ВБС з використанням запропонованих моделей.

Зауваження. Запропонований метод підвищення надійності ВБС не визначає процедуру оптимального вибору множини векторів стану системи, що треба блокувати, з множини станів, які блокувати можливо. При визначенні питань пов'язаних з функціональною безпекою, не проаналізовано такі складові її забезпечення як зменшення ризиків відмов за загальною причиною (наприклад, внаслідок програмних дефектів або атак на вразливості), застосування диверсності, аспекти використання принципу незалежності тощо.

2.6. У шостому розділі досліджено методи синтезу схеми генератора псевдовипадкових двійкових векторів, що задовольняють вимогам системи розрахунку та забезпечують підвищення швидкодії, а також питання практичного та технічного характеру. Хоча синтезований генератор рівновагових векторів повторює вектори, що породжує певну похибку при виконанні статистичного експерименту, але автором запропоновано метод побудови генератора, вільного від цього недоліку.

Зауваження. Запропоновані методи синтезу та обґрунтування їх характеристик представлено достатньо детально. Але не досить зрозуміло, яким чином ці рішення вбудовуються в програмно-апаратний комплекс оцінювання та забезпечення надійності ВБС. Взагалі системний опис результатів практичного впровадження відсутній. Крім того, не підкреслено недолік найбільш цікавого генератора, що працює автономно: для кожного значення ваги вектору потрібна своя функція управління, що ускладнює зміну ваги.

2.7. В цілому наукові результати і положення обґрунтовані достатньо ретельно, доведено низку формальних тверджень, аналітичних залежностей з використанням апарату теорії ймовірностей, комбінаторного аналізу, теорії експериментів, теорії самодіагностовних систем. Зазначимо, що частка тверджень могла б бути сформульована як теореми, оскільки доведення їх надано.

3. Оцінка новизни наукових положень та результатів

3.1. Наукова новизна одержаних результатів полягає у розвитку теоретичних основ і методів оцінювання надійності та самодіагностування відмовостійких систем.

3.2. До найбільш важливих наукових результатів, отриманих особисто автором, слід віднести:

1) нові методи самодіагностування 3- та 4-відмовостійких багатопроцесорних систем, коли кожний процесор тестується всього 2-ма іншими процесорами, для чого запропонований спеціальний діагностичний граф та його перетворення, що суттєво скорочує час самотестування;

2) нові графо-логічні моделі (GL-моделі), які описують реакцію базової відмовостійкої багатопроцесорної системи на появу відмов довільної кількості процесорів, особливістю яких є

приписування ребрам графа булевих функцій, що дозволяє зручно і формально визначати та попереджувати стани відмов;

3) метод мінімізації GL-моделей, що значно спрощує модель і зменшує час моделювання, а також забезпечує побудову моделі, яка втрачає мінімум ребер при появі зайвих відмов, що спрощує подальше її перетворення і застосування;

4) методи перетворення моделей шляхом введення додаткових ребер з своїми функціями, які ураховують теоретичні обмеження і границі і базуються на трансформації окремих реберних функцій, що забезпечує зменшення складності визначення зв'язності графа моделі;

5) методи розрахунку ймовірності безвідмовної роботи відмовостійких багатопроесорних систем, що базуються на виконанні експериментів з GL-моделями, а також урахуванні спільних елементів ієрархічних систем, що забезпечує підвищення точності оцінювання;

6) метод розрахунку ймовірності переходу багатопроесорної системи управління у небезпечний стан для випадків, коли множина небезпечних станів системи відома і невідома, що надає можливість за певних умов підвищити точність оцінювання функціональної безпеки;

7) методи синтезу і структури керованих генераторів псевдовипадкових двійкових рівновагових векторів, що відповідають вимогам до джерел потоку відмов у багатопроесорних системах при проведенні статистичних експериментів з GL-моделями і забезпечують можливість більш точного оцінювання надійності та безпеки.

3.3. Означені результати сформульовано в цілому відповідно до дисертації і автореферату. Різниця полягає у тому, що проведено їх певне узагальнення, стилістичне редагування формулювань з метою виключення тавтологічних пояснень і висловів, а також уточнено кінцевий ефект.

4. Достовірність наукових положень і висновків дисертації.

Основні загальні висновки і рекомендації дисертації є правомірними і логічно витікають з результатів, що наведено у її розділах.

Достовірність основних наукових результатів і висновків забезпечується коректним використанням сучасного математичного апарату і підтверджується результатами моделювання та практичного застосування в реальних проектах, що виконані автором в науково-дослідних роботах.

5. Практична цінність одержаних результатів. Значення для науки і практики

5.1. Практична цінність отриманих результатів обумовлюється запропонованим комплексом методів, засобів, алгоритмів та програм оцінювання надійності та функціональної безпеки відмовостійких багатопроцесорних систем управління складними об'єктами під час проектування.

Результати досліджень застосовані в ряді науково дослідних робіт, що виконувалися на кафедрі системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», зокрема у роботах: «Методи та засоби побудови тестопридатних цифрових об'єктів», № держреєстрації 0104U000686 (2004-2006рр.); «Методи та засоби оцінки надійності реконфігурованих відмовостійких багатопроцесорних систем», № держреєстрації 0107U002168 (2007-2009рр.); «Спеціалізована комп'ютерна система діагностування та розрахунку надійності реконфігурованих відмовостійких багатопроцесорних систем», № держреєстрації 0110U000262 (2010–2011 рр.); «Методи та засоби підвищення надійності та інформаційної стійкості багатопроцесорних систем для об'єктів критичного призначення», № держреєстрації 0113U000716 (2013-2014рр.); «Методи оцінки та забезпечення необхідного рівня технічної безпеки роботи спеціалізованих багатопроцесорних систем управління», № держреєстрації 0115U000323 (з 2015р.).

Крім того, результати досліджень використовуються в навчальному процесі на кафедрі системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», а також наукових дослідженнях Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, що підтверджується відповідними актами.

5.2. Дисертаційна робота має суттєве значення для науки і практики, оскільки:

- завдяки запропонованим методам самодіагностування ВБС з різними топологіями зменшується час взамотестування, а також ймовірність появи нової відмови під час тестування;

- одержані математичні моделі описують поведінку ВБС і забезпечують виконання статистичних експериментів з нею з використанням запропонованих генераторів псевдовипадкових рівновагових векторів у якості джерела потоку відмов процесорів;

- на етапі проектування шляхом виконання статистичних експериментів з GL-моделями забезпечується розрахунок ймовірності безвідмовної роботи реальних ВБС, у тому числі з ієрархічною структурою, запропонованими програмними засобами;

- забезпечується розрахунок ймовірності переходу багатопроекторної системи управління у небезпечний стан як на етапі проектування, так і під час експлуатації після відмов певної множини процесорів.

6. Публікація, апробація, оформлення дисертації і автореферату

Результати дисертації викладені в друкованих наукових роботах, опублікованих у фахових виданнях України та інших країн, які знаходяться в міжнародних наукометричних базах даних.

За результатами досліджень опубліковано 96 наукових праць, серед яких 47 статей у наукових фахових виданнях (в тому числі 6 статей у закордонних наукових періодичних виданнях та 9 статей у наукових фахових виданнях України, що включені до наукометричних баз даних), 43 публікації в збірниках тез доповідей науково-технічних конференцій (15 з яких - міжнародні); 6 свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір. Друковані праці досить повно відбивають основні наукові результати дисертації.

Оформлення дисертації і автореферату відповідають існуючим вимогам за усіма їх складовими.

Автореферат дисертації достатньо повно відображає її зміст і суть, у ньому стисло відображено основні отримані дисертантом результати.

7. Зауваження та дискусійні моменти

7.1. Частина зауважень у пп.2.1-2.6. Крім того, слід відзначити наступне:

- тема і мета дисертації сформульовані неідеально, оскільки:

1) у дисертації розробляються не тільки методи оцінки (оцінювання), але й методи забезпечення надійності і певним чином функціональної безпеки; за умов формулювання узагальнюючої концепції (визначення відмов складних ВБС з використанням графо-логічного опису їх впливів на функції системи) і відповідного

структурування запропонованих моделей, методів і засобів вони мали б подаватися як методологічні основи;

2) використання терміну «гарантоздатність» обумовлено тим, що досліджуються надійність і певним чином функціональна безпека, але аспект інформаційної (кібер) безпеки не приймається до уваги;

3) не зовсім зрозумілим є формулювання мети (підвищення ефективності розрахунку характеристик гарантоздатності), оскільки не надано показників оцінювання ефективності оцінювання;

- в авторефераті і дисертації формулювання протиріччя і наукової проблеми не є чіткими. На наш погляд, наукова проблема, яка вирішується є проблемою розроблення методології (сукупності моделей, методів і засобів) оцінювання надійності та функціональної безпеки відмовостійких багатопроцесорних систем (ВБС) зі складним визначенням стану непрацездатності;

- автор, на жаль, надає обмаль кількісних розрахунків показників надійності і функціональної безпеки для методів, які пропонуються, у порівнянні з відомими;

- практичне використання обмежується впровадженням у НДР і навчальному процесі.

7.2. Зазначені зауваження не є принциповими і не впливають на загальний позитивний висновок.

8. Загальні висновки

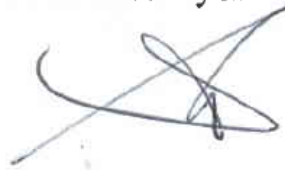
8.1. Дисертаційна робота Романкевича В.О. «Методи і засоби оцінки технічних характеристик гарантоздатності відмовостійких багатопроцесорних систем управління складними об'єктами», є самостійною закінченою науково-дослідною роботою, що виконана на актуальну тему, на високому теоретичному рівні, містить нові наукові та практичні результати, що в сукупності вирішують важливу науково-прикладну проблему.

8.2. Дисертаційна робота відповідає спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

8.3. За обсягом досліджень, науковою значимістю й практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота «Методи і засоби оцінки технічних характеристик гарантоздатності відмовостійких багатопроцесорних систем управління складними об'єктами», відповідає вимогам до докторських дисертацій (згідно пп. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів»), а її автор – Романкевич Віталій Олексійович заслуговує на присудження наукового ступеня

доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент – завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»
заслужений винахідник України
доктор технічних наук, професор



В.С. Харченко

12 січня 2018 р.

Підпис Харченка Вячеслава Сергійовича засвідчую.
Проректор Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» з наукової роботи
доктор технічних наук, професор



О.В. Гайдачук