

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора Шкарупила Вадима Вікторовича

на дисертаційну роботу Леонтієва Костянтина Петровича

на тему

«Методи і засоби оцінювання функційної безпечності інформаційно-керуючих систем на програмовних платформах з урахуванням критичності припущень і помилок аналізу»,

подану на здобуття ступеня доктора філософії у галузі знань

12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обґрунтування актуальності теми дисертації.

Поточний рівень розвитку комп'ютерних систем критичного призначення, залучених, у тому числі, для розв'язання задач атомної енергетики, забезпечення належного функціонування транспортних систем тощо, досягається за рахунок використання програмовних платформ, включно із FPGA та програмованими логічними контролерами. Означені засоби уможливають досягнення цільових значень показників масштабованості, реконфігурованості та швидкодії розроблюваних систем критичного призначення. Водночас використання даних систем і відповідних компонентів обумовлює виникнення нових класів дефектів – таких, що потребують розроблення нових і удосконалення вже існуючих моделей і методів їх опрацювання.

З урахуванням зауваженого, у межах представленої дисертаційної роботи підсумовано, що існуючі методи оцінювання функційної безпечності FIT, FMECA/FMEDA характеризуються істотними обмеженнями. Ці обмеження полягають у їх орієнтованості переважно на одиничні відмови, без урахування мультирівневості дефектів, що мають місце в програмовних платформах. Більше того, можна констатувати істотну залежність таких методів від експертних припущень, що, у свою чергу, негативним чином відзначається на достовірності результуючих даних у частині оцінювання функційної безпечності. Особливої значимості цей аспект набуває у випадку розроблення систем класу SIL 3–SIL 4, для яких наявність дефектів та/або хибне їх оцінювання супроводжується високими матеріальними і часовими витратами.

Актуальність теми дисертаційного дослідження полягає у застосуванні системного підходу, спрямованого на проведення достовірного оцінювання функційної безпечності інформаційно-керуючих систем за рахунок як розроблення нового методу оцінювання, так і вдосконалення вже існуючих моделі і методу.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів, їх достовірності.

Дисертаційна робота викладена послідовно, із наведенням вичерпної аргументації.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів є високим. Це забезпечується, у тому числі, належним формулюванням мети, узгодженою із цим формулюванням постановкою вирішуваних задач. Обґрунтованості також сприяють використання здобувачем відповідних методів досліджень: методів системного аналізу, ризик-орієнтованого аналізу тощо. Додатковим аргументом у даному контексті є посилання на актуальні джерела за тематикою дослідження, переважна більшість з яких є англомовними.

Достовірність наукових результатів забезпечується, у тому числі, за рахунок їх апробації здобувачем на 10 міжнародних конференціях та опублікування загалом 19 наукових праць, 5 з яких – у виданнях, що індексуються в наукометричних базах Scopus та Web of Science.

Достовірності результатів також сприяє вагомий аспект впровадження наукових здобутків автора: у виробничих процесах НВП «Радій», ТОВ «НВП «Радікс» при створенні та сертифікації інформаційно-керуючих систем для атомних електростанцій.

Наукова новизна винесених на захист результатів.

Позиції наукової новизни дисертаційної роботи полягають у наступному:

- набула подальшого розвитку модель оцінювання функційної безпечності інформаційно-керуючих систем на програмовних платформах з використанням табличного методу аналізу видів і наслідків відмов (FMESA/FMEDA);
- набув подальшого розвитку метод експертного оцінювання функційної безпечності інформаційно-керуючих систем на програмовній логіці при використанні процедур FMESA/FMEDA;
- вперше розроблено метод оцінювання функційної безпечності двOVERсійних інформаційно-керуючих систем на програмовних платформах з використанням комбінованих процедур аналізу дефектів версій.

Практична значимість результатів.

Практична значущість винесених на захист результатів полягає у наступному: теоретичні положення доведено до форми алгоритмів і рекомендації, використовуваних при розробленні і впровадженні критичних інформаційно-керуючих систем.

Автором засвідчено впровадження результатів у наступних організаціях та установах:

- НВП «Радій» – при розробленні та впровадженні інформаційно-керуючих систем атомних електростанцій;
- ТОВ «Радікс» – при реалізації процесів сертифікації платформи RadICS на відповідність положенням стандарту IEC61508, а також вимогам Комісії з ядерного регулювання Сполучених Штатів Америки – The U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC);
- Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут» – у навчальному процесі.

Означені позиції практичної складової підтверджено відповідними актами впровадження, зведеними у формі додатків.

Оцінка змісту дисертації, її структури, завершеності, оформлення.

Дисертаційна робота викладена послідовно, із наведенням необхідних обґрунтувань, є завершеною науковою працею. Можна констатувати суттєвий особистий внесок здобувача у розвинення теоретичних засад та прикладних аспектів оцінювання функційної безпечності критичних інформаційно-керуючих систем на програмовних платформах.

Праця оформлена відповідно до вимог Наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації». Науково-технічний рівень тексту є належним. За змістом дисертація повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» та спрямованості освітньо-наукової програми Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

Робота містить наступні структурні елементи: анотацію, перелік умовних скорочень, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел, три додатки.

У *першому розділі* висвітлено результати проведеного аналізу існуючих методів і програмно-апаратних засобів оцінювання функційної безпечності інформаційно-керуючих систем на програмовних платформах. За результатами проведеного аналізу підсумовано значимість розроблення і удосконалення моделей і методів оцінювання функційної безпечності одно- і мультиверсійних інформаційно-керуючих систем на програмовних платформах, з урахуванням наявних припущень та помилкових суджень експертів.

У *другому розділі* представлено удосконалену модель FMECA/FMEDA-аналізу (оцінювання) видів і наслідків відмов із видаленням частини припущень. При цьому здобувачем було розширено традиційне представлення FMECA/FMEDA, з урахуванням особливостей програмовних платформ, формалізовано таблично-множинне представлення множинних дефектів тощо.

Третій розділ містить представлення проведеного розвитку методу експертного оцінювання функційної безпечності інформаційно-керуючих систем. Означений розвиток іменовано здобувачем як MECA/FMEDA-FIT. Підсумовано, що даний метод може бути використаний як складова процедури оцінювання функційної безпечності програмовних інформаційно-керуючих систем у контексті аналізу мультиверсійних систем.

У *четвертому розділі* подано розроблений автором метод оцінювання функційної безпечності мультиверсійних інформаційно-керуючих систем на програмовних платформах. Також представлено результати впровадження. Відповідні результати належним чином проаналізовано. На основі проведеного аналізу підсумовано, що, за рахунок залучення висвітлених у другому розділі метрик, підвищення повноти і достовірності оцінювання можна подати діапазоном значень 25-30%.

У результуючих висновках отримані здобутки узагальнено.

Список використаних джерел містить 90 найменувань.

У трьох додатках зведено список публікацій здобувача, три акти впровадження, табличні дані стосовно результатів опитування експертів.

Загальний обсяг роботи, включно із трьома додатками, становить 208 сторінок.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Здобувачем зазначається, що дослідження проведено у відповідності до державних планів науково-дослідних робіт, програм та договорів, виконаних в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут», та індустріальних підприємствах галузі атомної енергетики відповідно до державних і галузевих програм модернізації інформаційно-керуючих систем атомних електростанцій. У якості таких вказано НВП «Радій», НВП «Радікс».

Дотримання принципів академічної доброчесності.

Опрацювання здобутків інших авторів супроводжується посиланнями на відповідні джерела, зведені у формі списку використаних джерел, оформленого належним чином.

У роботі не виявлено випадків привласнення здобутків інших авторів, фабрикації результатів.

Враховуючи зауважене, можна стверджувати стосовно відсутності порушень норм академічної доброчесності.

Мова, стиль викладення роботи.

Роботу представлено українською мовою. Науковий стиль викладення витримано. Залучено характерний для охопленої предметної області понятійний апарат.

Матеріал викладено послідовно, з належним рівнем аргументації. Формули, таблиці, рисунки подано із дотриманням відповідних норм. Для застосовуваних умовних позначень наведено інтерпретації.

Ілюстративний матеріал, табличні дані, включно із такими, представленими у формі додатків, формули, умовні позначення органічним чином доповнюють текстовий матеріал.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій у наукових публікаціях за темою дисертації.

Основні наукові результати дисертаційної роботи висвітлено в 19 наукових працях, у складі яких наступні: 5 статей у виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах Web of Science та Scopus, з яких 2 – у виданнях категорії Q1–Q3 (<https://www.scimagojr.com/>); 6 статей, опублікованих у періодичних фахових виданнях України.

Апробацію результатів проведено на 10 міжнародних науково-технічних конференціях провідного рівня, включно із наступними: 10th International Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation, Control, and Human-Machine Interface Technologies (NPIC & HMIT 2017), San Francisco, California, USA; 11th IEEE International Conference «Dependable Systems, Services, and Technologies» (DESSERT'2020), Kyiv, Ukraine тощо.

Кількість публікації за темою дисертації, їх науково-технічний рівень, а також рівень визнання міжнародних видань, у межах яких результати представлено, слугують наочною демонстрацією належної повноти їх висвітлення, а також їх значимості і достовірності.

Дискусійні положення, рекомендації, зауваження стосовно дисертаційної роботи.

Констатуючи високий науково-технічний рівень представленої дисертаційної роботи, як доповнення вважаємо за доцільне вказати на наступні зауваження і дискусійні аспекти:

1. У першому розділі результати проведеного автором роботи аналізу подаються, у тому числі, у формі рисунку 1.3 (с. 70). На вказаному рисунку фігурує градація на кшталт «Понад 30%», «Понад 50%» тощо. Доречним вбачається супроводжувати таку градацію відповідним роз'ясненням. Як доповнення до зауваженого можна припустити, що заміщення рисунку 1.3 відповідною таблицею позитивним чином відзначилось би на сприйнятті матеріалу.

2. У другому розділі, присвяченому висвітленню проведеного удосконалення моделі FMECA/FMEDA-аналізу, фігурує аналітичне подання отриманого здобувачем кількісного показника підвищення повноти оцінювання (с. 98). Доцільним вбачається деталізація представлення даного результату шляхом додаткової підстановки і інтерпретації значень у якості елементів означеного виразу. Це дозволило би сформулювати у читача більш комплексне сприйняття у частині обмежень представленого до захисту удосконалення моделі FMECA/FMEDA-аналізу.

3. У третьому розділі при викладенні проведеного розвитку методу експертного оцінювання функційної безпечності інформаційно-керуючих систем пропонується залучати нечітку (трирівневу) шкалу ризиків (с. 111, абзац 1). Додаткове аргументування вибору саме

такої шкали позитивним чином відзначилось би на достовірності результуючих здобутків, представлених у межах розділу.

4. Четвертий розділ присвячено, у тому числі, висвітленню аспектів впровадження отриманих результатів, із констатацією вагомого поліпшення повноти і достовірності оцінювання на рівні 25-30% (с. 181). Водночас повноті висвітлення результатів сприяв би також і окремий акцент на нижній границі одержуваного корисного ефекту.

5. У якості рекомендації стосовно покращення представлення здобутків можна вказати на доцільність поліпшення рівня деталізації текстової інформації, поданої у формі рисунку 1.1 (с. 49) і рисунку 1.2 (с. 52).

Перелічені зауваження і дискусійні аспекти несуть рекомендаційний характер і не ставлять під сумнів достовірність і наукове значення отриманих здобувачем результатів.

Загальний висновок.

Вважаємо, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Леонтієва Костянтина Петровича на тему «Методи і засоби оцінювання функційної безпечності інформаційно-керуючих систем на програмовних платформах з урахуванням критичності припущень і помилок аналізу» виконана на належному науковому рівні, відповідає принципам академічної доброчесності, є завершеним науковим дослідженням, сукупність теоретичних і практичних результатів якого уможливорює вирішення важливого науково-технічного завдання, що має істотне значення для галузі інформаційних технологій у частині забезпечення функційної безпечності критичних інформаційно-керуючих систем. Дисертаційна робота є актуальною, характеризується науковою новизною і практичним значенням, повністю відповідає вимогам, встановленим у пп. 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.

Здобувач Леонтієв Костянтин Петрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний опонент:

професор кафедри комп'ютерних систем,
мереж та кібербезпеки
Національного університету біоресурсів і
природокористування України,
доктор технічних наук, професор

Вадим ШКАРУПИЛО