

ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук, доцента
ПОДОРОЖНЯКА Андрія Олексійовича
на дисертаційну роботу СКОРОБОГАТЬКА Станіслава Віталійовича
«Моделі та програмні засоби оцінювання надійності гібридних сенсорних мереж
систем моніторингу потенційно небезпечних територій»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
за спеціальністю 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Актуальність теми

Дисертаційна робота Скоробогатка Станіслава Віталійовича присвячена вирішенню актуального науково-прикладного завдання розроблення моделей та програмних засобів оцінювання надійності гібридних сенсорних мереж систем моніторингу потенційно небезпечних територій з урахуванням використання наземних сенсорів, безпілотних літальних апаратів та технологій хмарних, граничних і туманних обчислень. Актуальність теми дисертаційної роботи обумовлена необхідністю забезпечення надійного функціонування систем моніторингу потенційно небезпечних територій в умовах складної просторової структури об'єктів, дії множинних відмов, обмеженості ресурсів та необхідності оперативного реагування на критичні ситуації. Особливого значення набуває задача врахування просторових кластерних відмов сенсорних вузлів, що можуть призводити до утворення «сліпих зон» моніторингу та втрати критично важливої інформації. Про актуальність досліджень дисертанта свідчить те, що вони знайшли своє відображення у п'яти науково-дослідних роботах: «Наукові засади і методи забезпечення гарантоздатності флотів БПЛА інтелектуальних систем моніторингу потенційно небезпечних і військових об'єктів» (№ Д/Р 0121U112172, 2021-2023); «Методологія та інформаційні технології оцінювання та забезпечення безпеки цифрової інфраструктури малих модульних реакторів» (№ Д/Р 0122U000977, 2022-2024); «Методи та засоби виявлення вибухонебезпечних предметів з використанням багатофункційних інтелектуальних систем БПЛА» (№ Д/Р 0123U101992, 2023-2024); «Методи, моделі та інформаційні технології підвищення надійності та безпечності складних ІТ-систем на етапах розроблення та впровадження» (№ Д/Р 0121U113842, 2021-2023); «Методи, засоби та технології моделювання, розроблення, розгортання та забезпечення гарантоздатності

мобільних інтелектуальних систем для об'єктів критичної інфраструктури» (№ Д/Р 0124U003250, 2024-теперішній час).

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів дисертаційної роботи забезпечуються коректністю постановки наукових задач, використанням сучасних методів математичного, структурно-аналітичного та імітаційного моделювання, а також достатнім обсягом проведених теоретичних і експериментальних досліджень. У роботі застосовано комплекс взаємодоповнювальних методів дослідження, зокрема теорію надійності, теорію ймовірностей, дискретно-неперервні марковські ланцюги, метод Монте-Карло, структурно-автоматний підхід, методи графового аналізу та програмного моделювання. Це дозволило отримати науково обґрунтовані результати щодо оцінювання надійності гібридних сенсорних мереж систем моніторингу потенційно небезпечних територій. Достовірність отриманих результатів підтверджується узгодженістю результатів аналітичного та імітаційного моделювання, коректністю використаного математичного апарату, а також проведенням серії обчислювальних експериментів для різних конфігурацій сенсорних мереж і сценаріїв відмов. Запропоновані моделі враховують як кількісні показники відмов, так і просторові кластерні відмови, що підвищує адекватність оцінювання реальних умов функціонування систем моніторингу. Наукові положення, висновки та рекомендації логічно випливають із результатів проведених досліджень, підтверджуються результатами моделювання, апробацією основних результатів на трьох міжнародних наукових конференціях та під час виконання п'яти науково-дослідних робіт на замовлення МОН України.

Наукова новизна

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у розвитку методів оцінювання надійності розподілених сенсорних систем моніторингу за рахунок комплексного врахування просторових, функціональних та відновлювальних характеристик гібридних сенсорних мереж.

У роботі набули подальшого розвитку підходи до моделювання функціонування сенсорних мереж із використанням літаючих та наземних компонентів, що дозволило врахувати вплив архітектурних особливостей системи та варіантів організації обчислень на показники її надійності та готовності.

Новим є підхід до оцінювання працездатності систем моніторингу, який, на відміну від традиційних моделей, враховує не лише кількість відмовлених сенсорів, а й їх просторове розташування та можливість утворення критичних зон

непокриття території. Це дозволяє підвищити адекватність оцінювання ефективності функціонування мереж у реальних умовах експлуатації.

Також заслуговують на увагу удосконалені методи аналізу відновлюваних сенсорних мереж шляхом урахування багаторівневих станів працездатності, процедур технічного обслуговування та перерозподілу обчислювальних ресурсів між компонентами системи. Це забезпечує можливість дослідження впливу різних стратегій відновлення та резервування на безперервність процесу моніторингу.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Результати наукових досліджень відображено у восьми наукових публікаціях, зокрема: в чотирьох статтях у наукових фахових виданнях України (2 – категорія Б, з яких 1 стаття прирівнюється до 0,5 публікації; 2 – категорія А (Scopus, квартиль Q3)); одній публікації у закордонному періодичному виданні (Scopus, квартиль Q1); трьох публікаціях апробаційного характеру в матеріалах міжнародних наукових конференцій, з яких дві проіндексовано у базі Scopus. Всі наукові праці опубліковано у співавторстві, участь в них Скоробогатка С. В. зазначена 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, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМ України від 12.01.2022 р. №44.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання

Практична цінність результатів підтверджується розробленням спеціалізованих програмних засобів для оцінювання надійності гібридних сенсорних мереж та можливістю їх використання під час проєктування і експлуатації систем моніторингу потенційно небезпечних територій. Крім того, результати досліджень були впроваджені у науково-дослідній роботі, навчальному процесі Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», а також в одному з підрозділів Державного агентства лісових ресурсів України, що підтверджується відповідними актами, представленими у Додатку А.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота здобувача містить анотацію, вступ, чотири розділи, висновки та 3 додатки.

Дисертаційна робота Скоробогатка Станіслава Віталійовича є цілісним і логічно завершеним науковим дослідженням, присвяченим вирішенню актуального науково-прикладного завдання оцінювання надійності гібридних сенсорних мереж

систем моніторингу потенційно небезпечних територій. Зміст роботи відповідає поставленій меті та сформульованим задачам дослідження, а структура дисертації забезпечує послідовне та обґрунтоване розкриття основних наукових положень і результатів.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, задачі, об'єкт і предмет дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі проведено системний аналіз сучасного стану досліджень у сфері побудови гібридних сенсорних мереж та оцінювання їх надійності. Визначено основні проблеми існуючих підходів і сформульовано напрями подальших досліджень.

Другий розділ присвячений розробленню структур гібридних сенсорних мереж і аналітичних моделей їх надійності. У розділі наведено варіанти організації літаючих хмарних, граничних і туманних обчислень, а також запропоновано моделі оцінювання працездатності систем моніторингу з урахуванням просторових кластерних відмов.

У третьому розділі розроблено марковські та імітаційні моделі оцінювання надійності сенсорних мереж, які дозволяють враховувати стохастичну динаміку відмов компонентів, процеси відновлення та різні сценарії функціонування мережі. Значну увагу приділено застосуванню методу Монте-Карло та алгоритмів виявлення кластерних відмов сенсорів.

У четвертому розділі представлено програмні засоби для оцінювання надійності гібридних сенсорних мереж, описано їх архітектуру, функціональні можливості та результати практичного застосування. Наведені результати експериментальних досліджень підтверджують працездатність і ефективність запропонованих моделей та методів.

Дисертаційна робота характеризується достатнім рівнем теоретичного опрацювання проблематики, послідовністю викладення матеріалу, коректністю застосування математичного апарату та належним рівнем обґрунтування отриманих результатів. Оформлення роботи відповідає встановленим вимогам до дисертаційних досліджень.

Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати роботи, не виявлено.

Оскільки всі наукові публікації здобувача мають співавторів, у кожній з них Скоробогатьком С. В. було використано тільки ті ідеї, підходи, положення, розрахунки, таблиці та рисунки, які є результатом його особистих наукових пошуків. Всі програмні засоби, які описуються у дисертації, розроблені автором особисто.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

До дисертаційної роботи зроблено такі зауваження:

1) у другому розділі, під час розроблення структур та аналітичних моделей гібридних сенсорних мереж, недостатньо детально розглянуто питання масштабованості запропонованих моделей у випадку значного збільшення кількості сенсорних вузлів і літаючих компонентів, що ускладнює оцінювання обчислювальної складності моделей для великомасштабних систем моніторингу;

2) у підрозділах 2.1.2 та 2.1.3 другого розділу обмежено висвітлено питання енергетичної ефективності функціонування безпілотних літальних апаратів та впливу енергетичних обмежень літаючих компонентів на показники надійності й готовності гібридної сенсорної мережі;

3) у третьому розділі, зокрема в підрозділах, присвячених імітаційному моделюванню, доцільно було б ширше розглянути вплив зовнішніх факторів, таких як погодні умови, завади бездротового зв'язку та втрата каналів передавання даних між компонентами системи моніторингу;

4) у підрозділі 4.1 четвертого розділу недостатньо повно наведено порівняльний аналіз розробленого програмного засобу з існуючими програмними платформами та симуляторами сенсорних мереж, що дозволило б більш наочно продемонструвати переваги запропонованого підходу;

5) у четвертому розділі під час представлення результатів експериментальних досліджень доцільно було б додатково навести кількісні оцінки похибки та точності моделювання для різних сценаріїв функціонування гібридної сенсорної мережі, що посилює обґрунтованість отриманих результатів.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку наукової цінності та практичну значущість дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота Скоробогатька Станіслава Віталійовича на тему «Моделі та програмні засоби оцінювання надійності гібридних сенсорних

мереж систем моніторингу потенційно небезпечних територій» за своїм змістом відповідає спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, характеризується достатнім рівнем наукової новизни, теоретичної обґрунтованості та практичної цінності отриманих результатів.

Дисертаційна робота відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 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 КМУ від 12.01.2022 р. № 44, а здобувач Скоробогатько Станіслав Віталійович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія у галузі знань 12 Інформаційні технології.

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:

кандидат технічних наук, доцент,
професор кафедри комп'ютерної
інженерії та програмування
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

Андрій ПОДОРОЖНЯК