

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, д.т.н., професора Гавриленко Світлани Юрїївни

на дисертаційну роботу Чжана Мінцзяна

«Метод підвищення кібербезпеки безпілотних літальних апаратів із

вбудованою системою ADS-B»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія

Детальний аналіз дисертаційної роботи Чжана Мінцзяна на тему «Метод підвищення кібербезпеки безпілотних літальних апаратів із вбудованою системою ADS-B», що представлена для захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», дає змогу зробити комплексний висновок щодо її актуальності, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності та значущості отриманих результатів, наукової новизни, теоретичної та практичної цінності, надати загальну оцінку дисертації.

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Система ADS-B є важливим компонентом сучасного авіаційного контролю, однак її архітектурна відкритість без належного захисту створює потенційні вектори атак. У контексті стрімкого зростання кількості БПЛА, особливо у густонаселених регіонах та критичній інфраструктурі, питання безпеки передачі ідентифікаційних даних набуває особливої ваги. Дисертаційна робота спрямована на подолання реальних і технологічно складних загроз, отже її актуальність не викликає сумнівів.

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

Дисертаційна робота відповідає планам науково-дослідних робіт кафедри «Комп'ютерна інженерія та програмування» в рамках держбюджетної теми

МОН України: «Дослідження методів контролю та захисту інформації в комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних та розподілених системах» (ДР № 0119U002603), у рамках якої здобувач брав участь у виконанні окремих етапів.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Серед інноваційних здобутків, що підтверджують новизну роботи:

– вперше розроблено математичну модель процесу стеганографічного вбудовування ідентифікатора БПЛА в дані формату ADS-B. Модель базується на китайській теоремі про остачі та теоремі про кінцеве цілісне кільце. Комплексна математична формалізація дозволила оцінити еквівалентні W -функції часу стеганографічного кодування та декодування ідентифікаторів БПЛА із вбудованою системою ADS-B;

– вперше розроблено метод стеганографічного вбудовування ідентифікаторів в дані формату ADS-B з використанням перетворення Фур'є. Відмінною особливістю розробленого методу є комплексне використання алгоритмів адаптивної модифікації спектральних компонентів сигналу для зменшення спотворень даних формату ADS-B. Це дозволило до 4 разів підвищити рівень скритності вбудованої інформації;

– вдосконалено спосіб адаптивного вибору спектральних компонентів сигналу ADS-B для вбудовування ідентифікатора, який відрізняється від відомих динамічним регулюванням амплітуди вбудовування у кожному фрагменті сигналу. Це дозволило зменшити ймовірність помилок розпізнавання прихованої інформації до 2 разів.

4. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Розроблені методи можуть бути використані у системах управління польотом, моніторингових комплексах міського повітряного трафіку, а також у військових та спеціальних аплікаціях, де непомітність ідентифікаційної

інформації має критичне значення. Практична реалізація свідчить про придатність запропонованого підходу до впровадження в існуючу інфраструктуру.

5. Повнота викладення матеріалів дисертації в наукових працях, які опубліковані автором

Здобувач опублікував результати дослідження у 7 наукових працях, серед яких є публікації у міжнародних журналах, що індексуються Scopus та Web of Science. Обсяг і рівень апробації цілком достатній для підтвердження результатів дисертаційного дослідження.

Зазначене вище дозволяє стверджувати, що представлена дисертаційна робота є самостійним, завершеним науковим дослідженням.

6. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертація присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної задачі забезпечення безпеки безпілотних літальних апаратів (БПЛА) шляхом розробки методів прихованого вбудовування ідентифікаторів у повідомлення формату ADS-B на базі спектрального стеганографічного підходу.

Об'єкт дослідження – процес захисту ідентифікаційних даних безпілотних літальних апаратів у форматі ADS-B.

Предмет дослідження – метод підвищення кібербезпеки БПЛА шляхом стеганографічного вбудовування ідентифікаторів формату ADS-B.

Мета дослідження – підвищення кібербезпеки БПЛА з вбудованою системою ADS-B шляхом розробки методу прихованого вбудовування ідентифікаторів з використанням методу прямого розширення спектра та модифікації частотних компонентів сигналу.

Робота має чітку логіку викладу від постановки проблеми до аналізу результатів. Розділи послідовно охоплюють стан проблеми, побудову моделей, розробку методу, симуляції, імплементацію та практичні

рекомендації. Наведені висновки є коректними та узагальнюють результати дослідження.

Висновки, сформульовані у роботі, висвітлюють результати дослідження як вирішення висунутих в дисертації завдань. В цілому висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури повний і включає вітчизняні та зарубіжні публікації, присвячені тематиці дисертаційного дослідження.

7. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність отриманих наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечується аргументованими результатами досліджень і підтверджується співставленням з результатами експериментальних досліджень.

8. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях

Дисертаційне дослідження виконано відповідно до наукових стандартів та академічної доброчесності. Отримані результати підтверджують оригінальність дослідження. Ознак плагіату або недоброчесності не виявлено. У тексті чітко зазначено джерела запозичень, власні напрацювання, а також внесок здобувача у співавторські публікації.

9. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1) Було б доцільно надати більш детальну порівняльну характеристику ефективності запропонованого методу відносно інших засобів прихованого вбудовування, зокрема в контексті атак типу "reverse stego".

2) Обговорення потенційної сертифікації методу для застосування в цивільній авіації потребує окремої уваги. Наразі ця тема згадана лише побіжно.

3) Інтерфейсна частина алгоритму реалізована на Python, однак не оцінено продуктивність при виконанні на low-power платформах. Це важливо з огляду на інтеграцію у вбудовані системи БПЛА.

4) Теоретичне підґрунтя, що стосується китайської теореми про остачі, подано досить стисло. Це ускладнює відтворення моделі іншими дослідниками без залучення додаткової літератури. Доцільно було б розширити пояснення або винести їх до додатку.


10. Висновок

Дисертаційна робота Чжана Мінцзяна «Метод підвищення кібербезпеки безпілотних літальних апаратів із вбудованою системою ADS-B» є завершеним науковим дослідженням, що вирішує надзвичайно актуальну інженерну задачу розробки нових та удосконалення існуючих моделей та методів, пов'язаних з підвищення кібербезпеки БПЛА з вбудованою системою ADS-B.

Дослідження відзначається системністю, новизною та прикладною цінністю та відповідає вимогам 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2017 № 40,

Вважаю, що автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія.

Рецензент, професор кафедри комп'ютерної інженерії та програмування НТУ «ХПІ», доктор технічних наук, професор

 Світлана ГАВРИЛЕНКО

Посада, науковий ступінь, вчене звання

«07» серпня 2025 р

Национальний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"
підпис Світлани Гавриленко
Засвідчую: С.Г.
Начальник відділу кадрів Томшия

