

ВІДГУК

офіційного опонента

Фесенка Германа Вікторовича

на дисертаційну роботу Чжана Мінцзяна

«Метод підвищення кібербезпеки безпілотних літальних апаратів із

вбудованою системою ADS-B»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія

Актуальність теми

У роботі Чжана Мінцзяна порушено важливе питання кіберзахисту повітряних суден нового покоління – БПЛА, зокрема, вразливості відкритих протоколів ADS-B, які є стандартом в авіаційній навігації. Актуальність проблематики безумовна, з огляду на те, що відкритість ADS-B трансляцій дає змогу не лише перехоплювати, але й фальсифікувати авіаційні повідомлення.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих в дисертаційній роботі.

Наукові підходи, обрані дисертантом, демонструють високу ступінь теоретичної підготовки. Розроблена математична модель на основі теорії залишків і скінченних кілець дозволяє формалізувати процес вбудовування інформації у частотні компоненти сигналу.

Висновки побудовані логічно, підкріплені аналітичними викладками та експериментальними перевірками.

Достовірність отриманих результатів.

Підтвердження достовірності отриманих результатів здійснено шляхом чисельного моделювання, використання GERT-схем, обчислення вірогіднісних показників BER, NMSE, а також експериментів на SDR-обладнанні. Такий комплексний підхід є науково виваженим і методично коректним.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

– 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.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Практична цінність підтверджується результатами тестування на реальній апаратній платформі. Запропонований метод може бути впроваджений у повітряні платформи управління БПЛА, у системи ADS-B IN, а також як компонент кіберзахисту в інфраструктурі Smart City.

Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих працях.

За темою дисертації автор опублікував 7 наукових праць, серед них:

- 2 статті у виданнях, включених до Scopus / WoS,
- 2 у фахових українських виданнях,

– 3 матеріали міжнародних конференцій.

У співавторських публікаціях чітко вказано авторський внесок здобувача. 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 КМУ від 12.01.2022 р. №44.

Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Робота побудована за всіма правилами наукового дослідження: від аналітичного огляду до реалізації й оцінки ефективності запропонованого підходу. Зміст викладено доступно, в логічній послідовності. Обсяг і структура відповідають вимогам: 4 розділи, висновки, повний список джерел (113 найменувань), додатки.

Академічна доброчесність.

Ознак порушення доброчесності не виявлено. Автор коректно використовує джерела, посилається на роботи інших дослідників, власні публікації винесені на захист.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

У розділі порівняльного аналізу ефективності недостатньо систематизовано представлено критерії вибору альтернативних методів.

Варто було б навести повноцінну оцінку стійкості методу до атаки зі спотворенням сигналу з боку активного супротивника.

В розділі імплементації алгоритму доцільно було б розширити опис енергетичних та ресурсних витрат при виконанні на реальному контролері.

Хоча вказано про застосування китайської теореми про остачі, її математичне формулювання подано у стислому вигляді, що ускладнює повторення моделі іншими дослідниками.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Чжана Мінцзяна «Метод підвищення кібербезпеки безпілотних літальних апаратів із вбудованою системою ADS-B» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому розв'язано важливу прикладну задачу розробки нових та удосконалення існуючих моделей та методів, пов'язаних з підвищення кібербезпеки БПЛА з вбудованою системою ADS-B.

Подана дисертаційна робота «Метод підвищення кібербезпеки безпілотних літальних апаратів із вбудованою системою ADS-B» Чжана Мінцзяна відповідає спеціальності 123 – «Комп'ютерна інженерія», 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 Чжан Мінцзян заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний опонент

Професор кафедри комп'ютерних систем,
мереж і кібербезпеки Національного
аерокосмічного університету «Харківський
авіаційний інститут»,

д.т.н., професор

05.08.2025



Герман ФЕСЕНКО

Підпис ФЕСЕНКА Германа Вікторовича засвідчую:
учений секретар Національного аерокосмічного
університету «Харківський авіаційний інститут»



Тетяна БОНДАРЄВА

05.08.2025 р.