

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента **Роговенка Андрія Івановича**, кандидата технічних наук, завідувача кафедри інформаційних та комп'ютерних систем Національного університету «Чернігівська політехніка» на дисертаційну роботу **Семендяя Сергія Матвійовича** на тему: **«Методи та моделі забезпечення цілісності даних в безпроводних засобах передачі інформації»**, представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертації.

Стрімкий розвиток програмно-керованих засобів зв'язку та сучасних безпроводних інформаційних систем зумовлює необхідність удосконалення методів комп'ютерного моделювання й адаптивного керування процесами передачі даних. Використання технологій програмно-визначеного радіо дозволяє реалізовувати складні алгоритми адаптації параметрів передачі інформації у системах, що мають обмежені апаратні ресурси та порівняно невисоку вартість. Це відкриває можливість практичного використання методів забезпечення стійкого бездротового зв'язку, які раніше застосовувалися переважно у спеціалізованих високовартісних комплексах.

Зростаючий попит на такі підходи спостерігається у сфері використання безпілотних платформ, де безпроводні канали передачі даних функціонують в умовах підвищеної динамічності та навмисного завадового впливу. У подібних умовах традиційні методи забезпечення надійності передачі інформації не завжди забезпечують необхідний рівень стійкості функціонування системи, що потребує застосування більш розвинених адаптивних методів керування параметрами каналу передачі даних.

У зв'язку з цим актуальними є дослідження, пов'язані з комп'ютерним моделюванням процесів передачі даних у безпроводних системах, формалізацією впливу дестабілізуючих факторів та розробленням методів

адаптивного керування, здатних забезпечити збереження цілісності інформації в умовах навмисних завад. Отримані результати мають важливе значення для розвитку сучасних інформаційних технологій, пов'язаних із побудовою адаптивних безпроводних систем передачі даних.

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

Дисертаційна робота пов'язана з науковими дослідженнями у сфері комп'ютерного моделювання інформаційних процесів у безпроводних системах передачі даних та розроблення методів забезпечення цілісності інформації в умовах дестабілізуючих впливів.

Основні результати дослідження отримані в рамках виконання науково-дослідної роботи «Методи й моделі забезпечення цілісності даних у каналах керування БпЛА в умовах застосування засобів РЕБ» (державний реєстраційний номер 0125U001728). Тематика роботи охоплює питання моделювання процесів передачі даних, аналізу стану каналів зв'язку та розроблення алгоритмів адаптивного керування в умовах навмисних завад.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Отримані у дисертаційній роботі наукові результати є належним чином обґрунтованими. Для розв'язання поставлених завдань автором використано методи комп'ютерного моделювання, математичного аналізу, цифрової обробки сигналів та теорії передачі даних, що відповідають предмету й меті дослідження. Проведені дослідження характеризуються логічною послідовністю, узгодженістю етапів моделювання та коректністю застосованого модельно-алгоритмічного апарату.

Достовірність отриманих результатів підтверджується результатами обчислювальних експериментів, узгодженням результатів моделювання з відомими теоретичними залежностями, а також апробацією основних положень дисертації у наукових публікаціях та на науково-практичних

конференціях. Практична значущість результатів підтверджується їх впровадженням у діяльність ТОВ «Інформаційні системи захисту», ТОВ «НІКС» та використанням в освітньому процесі Національного університету «Чернігівська політехніка».

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у розробленні та розвитку методів і моделей забезпечення цілісності даних у безпроводних системах передачі інформації в умовах навмисних дестабілізуючих впливів.

У дисертації вперше розроблено узагальнену імітаційну модель каналу передачі даних, яка, на відміну від відомих, забезпечує моделювання процесів передачі інформації в умовах навмисних впливів шляхом інтеграції параметризованих моделей каналу, середовища та дестабілізуючих впливів у межах єдиної формалізованої структури, що дозволило реалізувати сценарно-орієнтоване моделювання функціонування каналу та обґрунтовувати вибір адаптивних стратегій керування параметрами каналу передачі даних.

Також уперше запропоновано метод адаптивного керування параметрами каналу передачі даних в умовах навмисних дестабілізуючих впливів, який, на відміну від існуючих підходів, базується на комплексному врахуванні апріорної інформації про множину допустимих каналів, поточного стану каналу, часової динаміки функціонування системи та історії попередніх станів каналів із використанням механізму їх тимчасового блокування.

У роботі удосконалено модельно-алгоритмічний підхід до адаптивного керування параметрами каналу передачі даних за рахунок інтегрованого використання обчислювальної моделі каналу, метрик цілісності даних, часової динаміки та історії станів каналу для реалізації багатокритеріального оцінювання його стану.

Крім того, набув подальшого розвитку метод моделювання та оцінювання ефективності функціонування безпроводних систем передачі даних в умовах завадового впливу шляхом використання сценарного моделювання завад і системи інтегральних та ковзних метрик стану системи.

Отримані результати мають теоретичне та практичне значення для розвитку методів комп'ютерного моделювання інформаційних процесів і адаптивного керування параметрами каналів передачі даних у безпроводних інформаційних системах.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота Семендя С.М. відповідає напряму досліджень у сфері комп'ютерного моделювання інформаційних процесів, аналізу та адаптивного керування процесами передачі даних у безпроводних інформаційних системах, а також узгоджується з вимогами підготовки здобувачів за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Дисертація є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому відображено особистий внесок автора у розвиток методів комп'ютерного моделювання процесів обробки даних у безпроводних інформаційних системах.

Результати аналізу звіту подібності та перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння свідчать про дотримання здобувачем принципів академічної доброчесності. У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації чи інших форм недоброчесних запозичень. Виявлені текстові співпадиння мають коректний характер та пов'язані переважно з використанням загальноприйнятої наукової термінології, нормативних формулювань і фрагментів власних публікацій автора, на які у дисертації наведено відповідні посилання. Усі використані наукові положення, результати та ідеї інших авторів супроводжуються належними бібліографічними посиланнями.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційну роботу викладено українською мовою з дотриманням вимог наукового стилю. Матеріал подано послідовно, логічно та

структуровано, із коректним використанням фахової термінології. Текст дисертації характеризується належним рівнем наукового опрацювання, а оформлення роботи відповідає чинним вимогам до дисертаційних досліджень, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Кожний розділ завершується відповідними висновками. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 245 сторінок, із яких 188 сторінок займає основний текст.

У вступі автором обґрунтовано актуальність теми дослідження, визначено мету та основні завдання роботи, сформульовано об'єкт і предмет дослідження, наведено використані методи дослідження. Також у вступі висвітлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, наведено інформацію щодо апробації результатів дослідження, публікацій автора та впровадження результатів дисертаційної роботи.

У першому розділі дисертаційної роботи проведено аналіз сучасних підходів до побудови безпроводних систем передачі даних в умовах нестаціонарного завадового середовища. Розглянуто особливості застосування технологій програмно-визначеного та когнітивного радіо як основи для реалізації адаптивних методів керування параметрами передачі даних. Проаналізовано вплив дестабілізуючих факторів на функціонування безпроводних каналів передачі інформації, визначено основні обмеження таких систем та обґрунтовано необхідність використання адаптивних і інтелектуальних підходів до керування процесами передачі даних. Також сформульовано вимоги до апаратно-програмних засобів реалізації адаптивних алгоритмів, наведено огляд SDR-платформ, що використовуються як основа для побудови експериментального комплексу, та визначено основні етапи розроблення методів протидії дестабілізуючим впливам. Отримані результати створюють теоретичне підґрунтя для подальшого розроблення імітаційних

моделей, алгоритмів адаптивного керування та їх експериментальної перевірки у наступних розділах дисертації.

У другому розділі розроблено узагальнену імітаційну модель каналу передачі даних в умовах навмисних дестабілізуючих впливів, яка формалізує процес передачі інформації як динамічний інформаційний процес із урахуванням етапів формування, передавання, приймання та оцінювання цілісності даних. Побудовано параметризовані моделі передавальної та приймальної підсистем, а також модель нестационарного каналу передачі даних, що враховує часові, частотні та енергетичні збурення й навмисні завадові впливи. У складі моделі реалізовано механізм сценарного задання завадового середовища, що забезпечує можливість дослідження різних режимів деградації якості передачі даних без зміни структури моделі. Виконано перевірку узгодженості параметрів моделі та підтверджено відповідність її характеристик типовим умовам функціонування безпровідних систем передачі даних. Крім того, сформовано математичну модель каналу передачі даних у вигляді нелінійної динамічної системи з керуванням і збуреннями, що створює формалізовану основу для подальшого синтезу алгоритмів адаптивного керування параметрами каналу передачі даних.

У третьому розділі дисертаційної роботи розроблено метод адаптивного керування параметрами каналу передачі даних в умовах навмисних дестабілізуючих впливів та удосконалено модельно-алгоритмічний підхід до адаптивного керування шляхом інтегрованого використання моделі каналу, метрик цілісності даних, часової динаміки та значень минулих результатів вимірювань характеристик каналу для реалізації багатокритеріального оцінювання його стану. Сформульовано принципи адаптивного керування процесами передачі даних, розроблено алгоритми моніторингу стану каналу, виявлення деградації якості передачі, блокування непридатних каналів та вибору альтернативних конфігурацій системи. Запропоновано метод вибору частотних слотів каналів зв'язку на основі множини допустимих альтернатив із урахуванням їх параметрів і пріоритетів використання. Також сформовано

систему показників оцінювання цілісності даних та ефективності передачі інформації із використанням миттєвих, інтегральних і ковзних метрик. Побудовано модель взаємодії каналу передачі даних, системи керування та середовища розповсюдження з використанням адаптивного алгоритму керування з урахуванням часових затримок процесів спостереження, аналізу та прийняття рішень. Отримані результати створюють алгоритмічну основу для реалізації адаптивного керування параметрами каналу передачі даних у динамічному заводовому середовищі.

У четвертому розділі дисертаційної роботи здійснено експериментальне дослідження ефективності розробленого методу адаптивного керування параметрами каналу передачі даних в умовах навмисних дестабілізуючих впливів. На основі створеної імітаційної моделі проведено серію обчислювальних експериментів для різних сценаріїв заводового впливу та виконано порівняльний аналіз адаптивного і неадаптивного режимів функціонування системи. Підтверджено адекватність розробленої моделі шляхом узгодження результатів моделювання з теоретичними характеристиками передачі сигналів QPSK у каналі AWGN. Досліджено вплив частотного зсуву та апаратних факторів на процес синхронізації і часові характеристики системи. Обґрунтовано використання інтегральних і ковзних метрик BER для оцінювання стану каналу передачі даних та своєчасного виявлення деградації якості передачі. Результати експериментів підтвердили, що застосування адаптивного алгоритму забезпечує суттєве зменшення рівня бітових помилок, підвищення стійкості функціонування системи та збереження цілісності даних в умовах активного заводового впливу.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Основні положення та результати дисертаційного дослідження відображено у 8 наукових публікаціях, серед яких 5 наукових статей, зокрема 4 статті у фахових наукових виданнях України та 1 стаття у зарубіжному

науковому виданні, що індексується у наукометричній базі Scopus, а також 3 публікації у матеріалах наукових конференцій.

Опубліковані праці достатньо повно висвітлюють зміст дисертаційної роботи та отримані наукові результати, зокрема питання комп'ютерного моделювання процесів передачі даних, розроблення адаптивних алгоритмів керування та результати проведених обчислювальних експериментів.

Аналіз наукових публікацій дає підстави стверджувати, що здобувач дотримується принципів академічної доброчесності. У роботах відсутні ознаки недоброчесних запозичень, а результати дослідження пройшли належну апробацію у фаховому науковому середовищі.

Таким чином, результати дисертаційної роботи достатньою мірою оприлюднені у наукових працях автора.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Позитивно оцінюючи науковий рівень дисертаційної роботи, її практичне значення та обґрунтованість отриманих результатів, доцільно висловити окремі зауваження та побажання, що мають переважно рекомендаційний характер:

1. Окремі положення дисертаційної роботи мають надмірно деталізований опис, що дещо ускладнює сприйняття основних результатів дослідження.

2. У роботі більше уваги могло б бути приділено питанням використання накопичених результатів моніторингу каналу для прогнозування змін стану середовища передачі даних.

3. У роботі значну увагу приділено питанням адаптивного керування каналом передачі даних, однак аспекти оптимізації використання обчислювальних ресурсів розглянуто стисло.

4. Частина графічних матеріалів містить значний обсяг інформації, що дещо ускладнює їх сприйняття без додаткових пояснень.

5. Доцільним було б доповнити роботу аналізом можливостей використання запропонованих підходів у інших типах безпроводних інформаційних систем.

Разом із тим зазначені зауваження не мають принципового характеру та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, її наукову новизну, обґрунтованість і практичне значення отриманих результатів.

Висновок про дисертаційну роботу.

Дисертаційна робота Семендя Сергія Матвійовича на тему «Методи та моделі забезпечення цілісності даних в безпроводних засобах передачі інформації» є завершеним науковим дослідженням, у якому вирішено актуальне науково-прикладне завдання у сфері комп'ютерного моделювання та адаптивного керування процесами передачі даних у безпроводних системах.

Отримані автором результати є обґрунтованими, достовірними та мають теоретичне і практичне значення. Дисертаційна робота відповідає вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, а її зміст відповідає спеціальності 122 Комп'ютерні науки галузі знань 12 Інформаційні технології.

Вважаю, що Семендяй Сергій Матвійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Офіційний рецензент:

кандидат технічних наук, завідувач

кафедри інформаційних та

комп'ютерних систем

Національного університету

«Чернігівська політехніка»



Андрій РОГОВЕНКО