

ВИСНОВОК**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації**

на тему «Методи і засоби керування автономними безпілотними літальними
апаратами

(назва роботи)

здобувача наукового ступеня доктора філософії

Танасійчука Степана Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

з галузі знань 12 – Інформаційні технології

(шифр, назва галузі знань)

за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія

(шифр, назва спеціальності)

Публічна презентація проведена на кафедрі комп'ютерної інженерії та
інформаційних систем

(назва)

«3» вересня 2026 року, протокол № 2.

1. Актуальність теми дослідження

Нині безпілотні літальні апарати (БПЛА) активно впроваджуються у цивільний та оборонний сектори, де вони розв'язують критично важливі задачі моніторингу, точного позиціонування та автономного транспортування вантажів. Водночас зростаючі вимоги до прецизійності маневрування в середовищі з нестаціонарними зовнішніми завадами та динамічною невизначеністю зумовлюють потребу в створенні нових, обчислювально економних алгоритмів автоматичного керування.

Будучи складними кіберфізичними системами, сучасні автономні БПЛА мають суворі обмеження щодо продуктивності бортового обчислювального обладнання. Класичне робастне керування, зокрема методи на основі ковзних режимів, забезпечує високу стійкість, однак його цифрове втілення спричиняє ефект «деренчання» (chattering). Це призводить до появи високочастотних завад у каналах виконавчих механізмів та перевантаження шини даних. З іншого боку, передові моделі глибокого навчання вимагають надмірних обчислювальних ресурсів, що ускладнює їх застосування в системах жорсткого реального часу.

Критичним є етап прецизійного донаведення БПЛА, де необхідна максимальна точність виходу в точку при збереженні постійної кутової орієнтації. Застосування технології цифрових двійників дає змогу проводити високоточну верифікацію інтелектуальних алгоритмів у віртуальних середовищах високої деталізації із забезпеченням суворої детермінованості обчислень. Відтак, створення адаптивних методів керування із використанням самоеволюціонуючих обчислювальних структур, здатних оперативно ідентифікувати збурення за умови мінімальних витрат ресурсів, становить актуальну науково-практичну задачу.

Втім, попри розроблену теоретичну основу, системний огляд наявних рішень виявляє низку невирішених питань на межі теорії автоматичного керування та комп'ютерної інженерії. Переважна більшість сучасних

алгоритмів на базі глибоких нейромереж спрямована на високорівневе планування та потребує значних обчислювальних ресурсів (GPU, NPU), що унеможлиблює їх інтеграцію в низькорівневі контури стабілізації жорсткого реального часу. Натомість традиційні робастні регулятори, сумісні з бортовими мікроконтролерами, позбавлені можливостей адаптації до динамічних завад і спроможні викликати високочастотні коливання (ефект «деренчання»), які викличують перевантаження апаратної шини та передчасний знос актуаторів. Актуальною й досі нерозв'язаною задачею залишається побудова комплексних обчислювальних структур, здатних поєднати властиву штучному інтелекту онлайн-адаптацію з доведеною математичною стійкістю та суворим детермінізмом часу виконання (WCET) в умовах жорстко обмеженого обсягу оперативної пам'яті (RAM) мікроконтролерів.

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

. Робота виконувалася у Хмельницькому національному університеті згідно з планами науково-дослідних робіт кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем за договором про надання послуг №49-2026 та стандартною грантовою угодою № 101191415 — CLOTEX-HUB — DIGITAL-2023-EDIH-04 «Розробка програмного модуля для інтелектуального аналізу та керування автономними безпілотними літальними апаратами (БПЛА), із забезпеченням впровадження спеціалізованих алгоритмів захисту від витоків інформації та протидії зовнішнім деструктивним інформаційно-технічним впливам під час функціонування БПЛА».

3. Наукова новизна отриманих результатів.

У дисертації одержані такі нові наукові результати:

вперше розроблено:

1) уточнену математичну модель динаміки безпілотного літального апарата, яка, на відміну від існуючих підходів, що базуються на копланарних схемах із недостатньою актуацією, враховує векторну конфігурацію додаткових горизонтальних підрулюючих пристроїв, що дозволило математично реалізувати повну алгоритмічну декупеляцію каналів позиціонування та орієнтації для забезпечення прецизійного маневрування апарата без зміни кутового стану корпусу та створення умов для паралельної обробки обчислювальних потоків керування бортовою системою;

2) метод програмної реалізації інтелектуальних алгоритмів керування у системах жорсткого реального часу, який, на відміну від існуючих засобів впровадження штучного інтелекту на вбудованих платформах, використовує раціональні апроксимації Паде для обчислювально затратних функцій та архітектуру статичних пулів пам'яті для зберігання параметрів нейромережі, що забезпечило гарантовану детермінованість часу виконання обчислювального такту та усунуло ризики фрагментації оперативної пам'яті для підвищення загальної надійності вбудованої обчислювальної системи автономного апарата;

удосконалено:

3) гібридний метод адаптивного керування змінним режимом, який, на відміну від класичних робастних методів, базується на інтеграції інтелектуального нейромережевого спостерігача для онлайн-компенсації

нелінійних складових динаміки та збурень, що дозволило суттєво знизити коефіцієнти підсилення розривної частини контролера, забезпечивши мінімізацію ефекту «деренчання» та підвищення енергоефективності актуаторів при збереженні математично доведеної за методом Ляпунова практичної асимптотичної стійкості замкненої системи в усьому просторі станів;

набула подальшого розвитку:

4) архітектура вбудованої обчислювальної структури предиктивного оцінювання збурень на основі рекурентної нечіткої нейронної мережі, яка, на відміну від існуючих рішень із жорстко заданою топологією обробки даних, забезпечує можливість автоматичної реконфігурації кількості активних обчислювальних вузлів графа та використання внутрішніх ліній затримки для формування динамічної пам'яті системи, що дозволило реалізувати механізм адаптивного керування обчислювальною інтенсивністю алгоритмів та навантаженням на апаратні ресурси в реальному часі відповідно до складності ідентифікованих зовнішніх впливів.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації

На теоретичному рівні застосовуються методи ідеалізації (оперування ідеальними об'єктами, які, на відміну від реальних, характеризуються обмеженою кількістю властивостей), сходження від абстрактного до конкретного. Емпіричне дослідження в якості методів використовує емпіричний опис, реальний експеримент, складання графіків, таблиць тощо. В дисертації задача синтезу зводиться до розроблення моделей, методів та вбудованої обчислювальної структури предиктивного оцінювання збурень на основі рекурентної нечіткої нейронної мережі, а задача аналізу – до підвищення ефективності керування автономними БПЛА на етапі донаведення шляхом розробки методів адаптивного керування та обчислювально легких нейромережевих структур, що забезпечують компенсацію нестационарних збурень у реальному часі.

При розв'язанні поставленої науково-прикладної задачі використовувались аналіз та синтез, теорія автоматичного керування, апарат нелінійної динаміки, теорія стійкості Ляпунова, методи штучного інтелекту з використанням нейро-нечіткої логіки, чисельні методи інтегрування та імітаційного моделювання у середовищі MATLAB.

Практичне значення отриманих результатів полягає в доведенні теоретичних результатів дисертаційної роботи до реалізації та у безпосередньому використанні їх на підприємствах.

Розроблено комплекс імітаційних моделей у середовищі MATLAB, що реалізують концепцію цифрового двійника БПЛА з надлишковою актуацією. Впроваджено програмні модулі адаптивного керування ASMC та самоеволюціонуючої нейромережі RSEFNN, які можуть бути інтегровані у бортові обчислювальні системи реального часу. Отримані результати дозволяють підвищити точність донаведення БПЛА в умовах інтенсивного вітрового навантаження, знизити енергоспоживання актуаторів та гарантувати обчислювальну стабільність систем керування.

5. Використання результатів роботи

Результати дисертаційної роботи впроваджено у: ТОВ «Жало» (акт впровадження від 11.02.2026 р.); ТОВ «Центр III Технологій» (акт

впровадження від 15.01.2026 р.); ГО «ІТ Кластер м. Хмельницького» (акт впровадження від 19.03.2026 р.); у навчальному процесі Хмельницького національного університету (акт впровадження від 10.04.2026 р.); при виконанні договору про надання послуг №49-2026 та стандартної грантової угоди № 101191415 — CLOTEX-HUB — DIGITAL-2023-EDIH-04 «Розробка програмного модуля для інтелектуального аналізу та керування автономними безпілотними літальними апаратами (БПЛА), із забезпеченням впровадження спеціалізованих алгоритмів захисту від витоків інформації та протидії зовнішнім деструктивним інформаційно-технічним впливам під час функціонування БПЛА».

6. Особиста участь автора в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі Танасійчука С.А.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі комп'ютерної інженерії та інформаційних систем Хмельницького національного університету,

(назва кафедри (відділу), назва установи)

наукові керівники д.т.н., професор, декан факультету інформаційних технологій ХНУ Говорущенко Т.О., к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем ХНУ Медзатий Д.М.

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище, ініціали)

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, встановлено, що дисертаційна робота Танасійчука Степана Андрійовича

(прізвище, ініціали здобувача)

є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дисертація характеризується єдністю змісту та відповідає вимогам щодо її оформлення.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковані 8 наукових праць. Основні результати дисертації викладені у: 6 статтях у фахових наукових журналах України, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України категорії Б, одна з яких, згідно із п.8 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (із змінами), може бути зарахована як 0,5 публікації, оскільки число співавторів у ній (разом із здобувачем) становить більше двох осіб – **отже, для захисту зараховано 5,5 наукових публікацій з викладеними основними результатами досліджень.** Крім цього, результати дисертації викладені у 2 публікаціях, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Танасійчук С. Аналіз методів і засобів керування автономними безпілотними літальними апаратами. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2023. №4. С. 127–133. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-76-16>

С. Танасійчуком виконано аналіз методів та засобів керування автономними безпілотними літальними апаратами.

2. Танасійчук С., Говорущенко Т. Аналіз методів управління БПЛА (GPS позиціонування та інтелектуальні методи управління). Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки». 2024. №1. С.462-468. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-331-70>

С. Танасійчуком проаналізовані методи управління БПЛА. Т. Говорущенко виконувала адміністрування та концептуалізацію дослідження.

3. Танасійчук С. Математична модель динаміки безпілотних літальних апаратів. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2025. №3. С. 523-531. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-83-64>

С. Танасійчуком розроблено математичну модель динаміки безпілотних літальних апаратів.

4. Tanasiichuk S. Hybrid method of adaptive control of variable mode of unmanned aerial vehicles with intelligent online compensation of disturbances. Computer Systems and Information Technologies. 2026. №1. Pp. 205-214. <https://doi.org/10.31891/csit-2026-1-19>

С. Танасійчуком розроблено гібридний метод адаптивного керування змінним режимом.

5. Medzaty D., Tanasiichuk S. Method of software implementation of intelligent algorithms for control of unmanned aerial vehicles in hard real-time systems. Computer systems and information technologies. 2026. №2. Pp. 61-69. <https://doi.org/10.31891/csit-2026-2-6>

С. Танасійчуком розроблено метод програмної реалізації інтелектуальних алгоритмів керування у системах жорсткого реального часу. Д. Медзатий виконував адміністрування та концептуалізацію дослідження, рецензування та коригування рукопису.

6. Говорущенко Т.О., Войчур Ю.О., Танасійчук С.А. Архітектура вбудованої обчислювальної структури предиктивного оцінювання збурень БПЛА на основі рекурентної нечіткої нейронної мережі. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2026. №2. С. 234-247. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2026-86-29>

С. Танасійчуком розроблено архітектуру вбудованої обчислювальної структури предиктивного оцінювання збурень БПЛА на основі рекурентної нечіткої нейронної мережі. Т. Говорущенко виконувала концептуалізацію дослідження, керівництво проєктом, рецензування та коригування рукопису. Ю. Войчур здійснював постанову експерименту, обговорення результатів дослідження.

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. Novorushchenko T., Tanasiichuk S., Kit D., Voichur O. Adaptive guidance system for unmanned aerial vehicles. In: Proceedings of 2025 IEEE 15th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DeSSerT-2025, Athens, Greece, December 19-21, 2025).

С. Танасійчуком спроектовано вбудовану обчислювальну структуру предиктивного оцінювання збурень БПЛА. Т. Говорущенко виконувала адміністрування та концептуалізацію дослідження, рецензування та коригування рукопису. Д. Кіт та О. Войчур спільно з С. Танасійчуком проводили експерименти.

8. Танасійчук С. Валідація динамічної моделі БПЛА з надлишковою актуацією. Збірник тез доповідей VI Міжнародної наукової конференції «Воєнні конфлікти та техногенні катастрофи: історичні та психологічні наслідки (до 40-х роковин аварії на Чорнобильській АЕС)» (Тернопіль, 23-24 квітня 2026 р.). С. 182-184.

С. Танасійчуком проведено валідацію динамічної моделі БПЛА з надлишковою актуацією.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Танасійчука Степана Андрійовича

(прізвище, ініціали здобувача)

«Методи і засоби керування автономними безпілотними літальними апаратами»

(назва)

яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми Хмельницького національного університету зі спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія

(шифр, назва)

РЕКОМЕНДУВАТИ:

Дисертаційну роботу «Методи і засоби керування автономними безпілотними літальними апаратами»

назва роботи

подану Танасійчуком Степаном Андрійовичем

прізвище, ім'я, по батькові

на здобуття ступеня доктора філософії, до захисту.

Головуюча публічної презентації:

доктор філософії, доцент

(науковий ступінь,

завідувач кафедри комп'ютерної інженерії

та інформаційних систем



Підпис дійсний підпис
Відділ кадрів
С. С. Танасійчук

Ольга ПАВЛОВА

Ім'я ПРИЗВИЩЕ