Голові разової спеціалізованої вченої ради Національного університету «Київський авіаційний інститут», доктору технічних наук, професору
Валерію КОЗЛОВСЬКОМУ

РЕЦЕНЗІЯ

Міщенка Андрія Віталійовича, професора кафедри технічного захисту інформації Факультету комп'ютерних наук та технологій, доктора технічних наук, професора, на дисертаційну роботу Шаптали Сергія Олександровича «Методи та моделі прийняття рішень щодо формування потоків повітряного руху при спільному використанні пілотованої та безпілотної авіації», подану до захисту у разову спеціалізовану вчену раду Національного університету «Київський авіаційний інститут» на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 272 – Авіаційний транспорт з галузі знань 27 – Транспорт

1. Актуальність теми дисертації, зв'язок з науковими програмами, темами

Розвиток безпілотної авіації фактично створив нову категорію користувачів повітряного простору. Їх стає дедалі більше, вони дедалі різноманітніші, а традиційні процедури організації повітряного руху за цим не встигають. Найскладнішим є перехід від сегрегованого застосування безпілотних авіаційних систем до їх повноцінної взаємодії з пілотованими повітряними суднами в єдиному операційному середовищі. У таких умовах вирішальними стають швидкість узгодження планів, здатність передбачати конфліктні стани та можливість швидко перебудувати структуру потоків, не знижуючи рівня безпеки польотів.

Саме цій проблематиці присвячено дисертацію Шаптали Сергія Олександровича. Автор розглядає формування потоків як багаторівневий процес прийняття рішень: локальні цілі окремих користувачів мають узгоджуватися з глобальним завданням системи, а вже сформований план — адаптуватися до непередбачуваних змін повітряної обстановки. Такий ракурс науково виправданий, адже інтегрувати безпілотну авіацію лише за рахунок розширення чинних процедур резервування зон неможливо — потрібен новий математичний та алгоритмічний апарат.

Для України робота має особливу актуальність. Система використання повітряного простору тут повинна враховувати одночасну діяльність цивільної і державної авіації, функціонування в особливий період та пріоритетність завдань національної безпеки й оборони. Результати дисертації пов'язані з виконанням НДР «Апостол» і «Ієрархія-3», розробленням підсистеми підтримки прийняття рішень Повітряних Сил Збройних Сил України та рекомендацій щодо застосування безпілотних систем. Це підтверджує, що тема відповідає реальним потребам замовників і практиці управління складними авіаційними системами.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх вірогідність

Наукові положення дисертації сформульовано послідовно: від аналізу предметної області до синтезу та перевірки авторських рішень. У першому розділі автор виявляє системне протиріччя — час на прийняття рішень потрібно скорочувати, тоді як обсяг інформації та кількість обмежень у спільному повітряному просторі зростають. Виходячи з цього, він обґрунтовує потребу у двох взаємопов'язаних контурах — координації та адаптації.

Другий розділ має виразно теоретичний характер. У ньому запропоновано модель ієрархічної системи, визначено чотири види узгодженості цілей, сформовано завдання координатора та локальні функції якості. Важливим є використання постулату сумісності: він дає змогу оцінювати не лише формальну оптимальність окремих рішень, а й те, чи поліпшують вони глобальні характеристики системи. У третьому розділі автор розглядає систему планування як динамічний об'єкт, ураховує нелінійні обмеження керування та запізнення в каналах передачі сигналів і переходить до рекурентних алгоритмів адаптації.

Застосовані методи відповідають предмету дослідження. Теоретичні результати супроводжуються формальними умовами та розрахунковими прикладами, а експериментальна частина містить серію варіантів — з малими і великими збуреннями, різними спектральними характеристиками, зміною швидкості, інтенсивності потоку та запізнення управління. Тому висновки можна вважати достатньо обґрунтованими в межах прийнятої моделі та сформульованих автором припущень.

Варто відзначити й коректний зв'язок між частковими завданнями та підсумковими результатами. Розроблення моделі прийняття рішень завершується формуванням координаційного контуру, синтез адаптивного регулятора — визначенням алгоритму та умов його збіжності, оцінювання ефективності — конкретними часовими, маршрутними й ресурсними показниками. Практичні рекомендації не відірвані від теоретичної частини, а прямо спираються на запропоновану структуру процесу прийняття рішень.

3. Достовірність та наукова новизна одержаних результатів, повнота їх викладу в опублікованих працях

Достовірність результатів забезпечує узгодженість аналітичної та експериментальної частин дослідження. Побудовані математичні моделі не відірвані від предметної області: їх параметри інтерпретуються через характеристики повітряного простору, керуючі впливи, локальні цілі користувачів та зовнішні збурення. У чисельних експериментах автор простежує не тільки кінцевий результат, а й сам процес самонавчання — кількість порушень цільової нерівності, тривалість перенавчання та вплив накопиченого досвіду на подальші режими.

Наукову новизну роботи визначають такі результати:

– модель прийняття рішень для управління потоками пілотованої та безпілотної авіації;

– метод координації, що узгоджує глобальну мету системи з локальними цілями органів управління та користувачів повітряного простору;
– метод адаптації, орієнтований на прогноз стану системи на наступному кроці;
– модель синтезу адаптивного регулятора, наближена до реальних властивостей інформаційно-керуючої системи.

Цінність цих результатів полягає не лише в окремих процедурах. Автор сформував взаємопов'язану схему, у якій координація відповідає за консолідацію рішень і розподіл цілей, а адаптація — за працездатність системи при зміні умов. Такий поділ функцій є продуктивним для подальшого створення автоматизованих систем управління гетерогенними потоками.

Про самостійність дослідження свідчить і те, що автор доводить запропонований апарат до рівня процедур, придатних для програмної реалізації: визначає вхідні дані, параметри регулятора, критерії задовільного керування, правила корекції локальних рішень і показники якості навчання. Завдяки цьому наукова новизна має не лише формальний, а й конструктивний зміст.

4. Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях

Публікаційна активність здобувача відповідає напряму та змісту дисертації. За темою опубліковано 11 праць: 6 статей, розділ у колективній монографії та 4 публікації за матеріалами конференцій. У них послідовно розглянуто методичні засади впровадження новітніх технологій, формування потоків в інтегрованому повітряному просторі, координацію управлінських рішень, адаптацію до змінної обстановки, управління гетерогенними потоками та застосування методів штучного інтелекту в децентралізованих групах БПЛА.

Основні положення новизни викладено у фахових статтях, а додаткові результати й окремі прикладні аспекти апробовано на міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях. Наведений у дисертації розподіл особистого внеску у спільних публікаціях дає змогу визначити, які результати одержав безпосередньо здобувач. Публікації змістовно охоплюють усі ключові етапи дослідження.

5. Практичне значення одержаних результатів дослідження

Практична спрямованість дисертації виявляється у трьох взаємопов'язаних результатах. Перший — алгоритмічний: запропоновані методи можуть стати основою автоматизованої підтримки прийняття рішень під час формування потоків у динамічному повітряному середовищі. Другий — розрахунковий: на прикладі маршрутизації між 14 аеропортами та аеродромами показано, що можна скоротити маршрути, час зайнятості повітряного простору та витрати пального. Третій — організаційний: розроблено схему реформування структури управління ОЦВ СОПР із введенням інформаційних і управлінських підрозділів, відповідальних за виявлення, класифікацію та вирішення проблемних ситуацій.

Важливо, що автор описує повний цикл роботи з проблемною ситуацією: від збирання інформації та виявлення симптомів до формування альтернатив, погодження рішення, його впровадження і перевірки ефективності. Це створює передумови для переходу від математичної моделі до функціональної архітектури системи підтримки прийняття рішень.

Результати дослідження впроваджено у трьох установах та організаціях — для вдосконалення методичного апарату оцінювання процесів управління, розроблення перспективної підсистеми підтримки прийняття рішень і підготовки рекомендацій щодо безпілотних систем. Акти впровадження підтверджують практичну цінність роботи та її відповідність запитам профільних структур.

Матеріали роботи можна використати і в підготовці персоналу органів управління повітряним рухом та операторів безпілотних систем. Сценарії зміни зовнішніх збурень, перенавчання регулятора та опрацювання проблемних ситуацій дають основу для тренажерних завдань, у яких оцінюється не лише кінцеве рішення, а й своєчасність його вироблення та узгодженість дій різних рівнів управління.

6. Оцінка ідентичності анотації та основних положень дисертації

Анотація відтворює основну логіку дисертаційного дослідження: від обґрунтування потреби в інтегрованому повітряному просторі до створення адаптивно-скоординованого апарату та оцінювання його ефективності. У ній правильно відображено зміст кожного розділу, основні елементи наукової новизни, методичну базу і практичні результати.

Кількісні показники анотації — час пошуку допустимого управління, скорочення тривалості зайнятості повітряного простору та оцінка економії пального — відповідають матеріалам четвертого розділу і загальним висновкам. Англомовна анотація за змістом збігається з україномовною. Отже, анотація дає достатнє й загалом точне уявлення про дисертацію.

У межах допустимого для анотації обсягу передано й причинно-наслідковий зв'язок: інерційність чинних процедур — потреба в координації ієрархічних рішень — введення адаптивного механізму. Завдяки цьому читач бачить не лише перелік одержаних результатів, а й логіку їх одержання.

7. Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

Дисертаційна робота має завершений характер, однак окремі її положення можуть бути предметом подальшої наукової дискусії.

По-перше, у вступі та анотації дослідження пов'язується із застосуванням штучного інтелекту, тоді як основний математичний апарат викладено через адаптивне управління, рекурентні цільові нерівності та процедури самонавчання. Варто чіткіше визначити, які саме компоненти запропонованої системи автор відносить до методів штучного інтелекту, і відмежувати їх від класичних адаптивних алгоритмів.

По-друге, експерименти на стор. 205–218 виконано з псевдовипадковою складовою збурення і низкою варіативних параметрів, але статистичних характеристик для повторних реалізацій одного сценарію в роботі немає. Порівняння середніх значень, дисперсій або довірчих інтервалів дало б змогу точніше оцінити, наскільки одержані показники стійкі до випадкової реалізації впливу.

По-третє, маршрутну та паливну ефективність оцінено на прикладі RQ-4 Global Hawk і Bayraktar TB2. Було б корисно докладніше обґрунтувати, наскільки

ці типи репрезентативні для всього спектра цивільних і військових БПЛА, та показати, як змінюються результати для апаратів з іншими швидкісними, висотними й енергетичними характеристиками.

По-четверте, рекомендації на стор. 220–225 передбачають створення нових підрозділів інформації та управління на різних рівнях ієрархії. Водночас потребують конкретизації їх інформаційна взаємодія з чинними органами ОЦВ СОПР, розподіл відповідальності, захист каналів обміну даними, відмовостійкість і порядок дій у разі втрати зв'язку з безпілотним повітряним судном.

По-п'яте, ефективність запропонованих методів доцільно було б порівняти за єдиними сценаріями з альтернативним оптимізаційним або евристичним алгоритмом. Таке зіставлення дало б змогу кількісно відокремити ефект саме авторського координаційно-адаптивного механізму від ефекту спрямлення маршрутів та інших прийнятих умов моделювання.

Ці зауваження не є принциповими запереченнями. Вони радше свідчать про складність і багатоплановість обраної проблеми та можуть бути враховані під час подальшої апробації результатів і створення дослідного зразка системи.

8. Загальний висновок та оцінка дисертації

Дисертація Шаптали Сергія Олександровича «Методи та моделі прийняття рішень щодо формування потоків повітряного руху при спільному використанні пілотованої та безпілотної авіації» є цілісною кваліфікаційною науковою працею, у якій одержано нові теоретичні та прикладні результати у сфері організації повітряного руху. Автор запропонував модель прийняття рішень, удосконалив методи координації та адаптації, розвинув модель синтезу адаптивного регулятора, провів чисельні експерименти й розробив організаційні рекомендації щодо реалізації запропонованого підходу.

Роботу виконано на належному науковому рівні, вона має внутрішню логіку, обґрунтовані висновки та підтверджені результати практичного впровадження. Ознак академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації результатів під час ознайомлення з текстом дисертації не виявлено.

Вважаю, що дисертаційна робота Шаптали Сергія Олександровича на тему «Методи та моделі прийняття рішень щодо формування потоків повітряного руху при спільному використанні пілотованої та безпілотної авіації» відповідає вимогам пунктів 6–9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а Шаптала Сергій Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 272 – Авіаційний транспорт.

Професор кафедри технічного захисту інформації Факультету комп'ютерних наук та технологій, доктор технічних наук, професор Андрій МІЩЕНКО

особистий підпис

ЗАСВІДЧУЮ
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»