ЗАТВЕРДЖУЮ
президент Національного університету
«Київський авіаційний інститут»

_____ Ксенія СЕМЕНОВА

«29» травня 2026 року

ВИСНОВОК

Національного університету «Київський авіаційний інститут» (далі – КАІ) про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Мирошниченка Ігната Васильовича на тему «Модель нейромережевого управління групою БПЛА», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Витяг

із протоколу № 9 розширеного засідання
кафедри комп'ютерних інформаційних технологій КАІ
від 29 травня 2026 року

Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники кафедри комп'ютерних інформаційних технологій:

Головуючий на засіданні – Савченко Аліна Станіславівна, д.т.н, проф., завідувач кафедри;

Віноградов Микола Анатолійович, д.т.н.,проф., професор кафедри;

Воронін Альбер Миколайович, д.т.н., проф., професор кафедри;

Гнатюк Сергій Олександрович, д.т.н., проф., професор кафедри;

Райчев Ігор Едуардович, к.т.н., доц., доцент кафедри;

Климова Асія Сабирівна, к.т.н., доц., доцент кафедри;

Чуба Ірина Вікторівна, к.т.н., доц., доцент кафедри;

Колісник Олена Василівна, к.т.н., доц., доцент кафедри;

Зудов Олег Миколайович, к.т.н., доцент кафедри;

Прокопенко Костянтин Ігорович, к.т.н., доц., доцент кафедри;

Толстікова Олена Володимирівна, к.т.н., доц., доцент кафедри;

Сидоренко Вікторія Миколаївна, к.т.н., доц., доцент кафедри;

Положенцев Артем Анатолійович, PhD, доцент кафедри.

Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники КАІ:

Нечипорук Олена Петрівна, д.т.н., проф., завідувач кафедри інтелектуальних кібернетичних систем;

Кучеров Дмитро Павлович, д.т.н., проф., професор кафедри інтелектуальних кібернетичних систем;

Заліський Максим Юрійович, д.т.н., проф., завідувач кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей;

Приставка Пилип Олександрович, д.т.н., професор, головний науковий співробітник наукової групи кафедри прикладної математики;

Охріменко Тетяна Олександрівна, к.т.н., ст. дослідник, заступник декана Факультету комп'ютерних наук та технологій;

Фесенко Андрій Олексійович, к.т.н., доцент, декан Факультету комп'ютерних наук та технологій.

Порядок денний:

Обговорення дисертаційного дослідження аспіранта кафедри комп'ютерних інформаційних технологій КАІ Мирошниченка Ігната Васильовича на тему «Модель нейромережевого управління групою БПЛА», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Науковий керівник – д.т.н., проф., професор кафедри інтелектуальних кібернетичних систем Факультету комп'ютерних наук та технологій КАІ Кучеров Дмитро Павлович.

Дисертація виконувалася на кафедрі комп'ютерних інформаційних технологій Факультету комп'ютерних наук та технологій КАІ. Тема дисертації затверджена на засіданні Вченої ради Факультету кібербезпеки, комп'ютерної та програмної інженерії НАУ (протокол № 9 від 28 листопада 2022 року).

Виступили:

Здобувач Мирошниченко Ігнат Васильович представив презентацію за основними положеннями дисертації «Модель нейромережевого управління групою БПЛА», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Здобувач представив результати своєї дисертаційної роботи, обґрунтувавши актуальність теми, мету, завдання, методи дослідження та наукову новизну. У виступі здобувач висвітлив основні положення роботи, підкреслив науково-практичну значущість отриманих результатів та навів відомості про проведену експериментальну верифікацію.

Дисертаційна робота присвячена розробці та дослідженню методів нейромережевого управління групою безпілотних літальних апаратів із використанням мультиагентного навчання та графових нейронних мереж з метою забезпечення ефективної координації, масштабованості та безпеки функціонування ройових систем у динамічному середовищі.

Актуальність дослідження зумовлена зростанням складності задач керування роями БПЛА в умовах обмежених ресурсів, невизначеності середовища та необхідності забезпечення узгодженості дій агентів.

Представлено теоретично обґрунтовану модель нейромережевого управління групою БПЛА, яка поєднує графові нейронні мережі з механізмом

уваги та мультиагентне навчання з підкріпленням у парадигмі централізованого навчання і децентралізованого виконання, а також розроблено методичні підходи до оцінки ефективності, безпеки та масштабованості ройових систем.

У роботі розроблено формальну математичну модель N-агентної системи БПЛА у вигляді динамічного графа, у якому структура взаємодії визначається радіусом комунікації між агентами. Стан кожного агента описується вектором розмірності 12, що включає просторові координати, лінійні та кутові швидкості, а також кути орієнтації. Запропоновано протокол міжагентної взаємодії розмірності 7, який враховує відносне положення, швидкість сусідніх агентів та їх відхилення у формації. Для оцінки ефективності функціонування введено метрику масштабованості, що визначається як відношення частоти успішних місій до кількості агентів, а також сформульовано умову безпеки на основі мінімально допустимої міжагентної відстані.

Представлено архітектуру нейромережевого управління у парадигмі централізованого навчання та децентралізованого виконання, що поєднує графові нейронні мережі з механізмом уваги та мультиагентне навчання з підкріпленням. «Актор» реалізовано на основі графової моделі з механізмом уваги, що функціонує на борту кожного БПЛА у реальному часі, тоді як централізований критик використовується на етапі навчання. Показано, що обчислювальна складність запропонованого підходу є лінійною відносно кількості агентів, що забезпечує його ефективну масштабованість.

Удосконалено механізми гарантування безпеки шляхом поєднання штрафних складових у функції винагороди та явного рівня безпеки, реалізованого на основі методів квадратичного програмування, що дозволяє забезпечити уникнення зіткнень у реальному часі з незначними обчислювальними витратами.

У ході моделювання у симуляційному середовищі підтверджено ефективність запропонованого підходу. Зокрема, середня похибка формації становить 0,14 м, що є суттєво кращим результатом порівняно з відомими підходами; частота міжагентних зіткнень не перевищує 1,2% при допустимому рівні 2%; частота успішного виконання місій досягає 93%, а середній час формування формації становить близько 5,5 секунд. Доведено статистичну значущість отриманих результатів, а також підтверджено здатність моделі зберігати ефективність при збільшенні кількості агентів, при цьому зниження показників якості є незначним.

Показано, що розроблена архітектура може бути реалізована на ресурсно обмежених апаратних платформах: зокрема, актор-мережа у квантизованому вигляді (INT8, близько 30 КБ) виконується на платформі ARM Raspberry Pi 4 із середнім часом 10,7 ± 1,2 мс, що забезпечує роботу у реальному часі та є у 77 разів швидше порівняно з централізованими методами керування. Отримані результати підтверджують відповідність розробленого підходу вимогам до точності, безпеки та масштабованості ройових систем, що проявляється у досягненні середньої похибки формації на рівні 0,14 м, частоти зіткнень не більше 1,2% та частоти успішного виконання місій до 93% із незначною деградацією показників при збільшенні кількості агентів.

Достовірність дослідження забезпечена використанням фізично обґрунтованого симуляційного середовища, порівнянням із класичними підходами, аналізом поведінкових характеристик системи та низкою допоміжних експериментів, спрямованих на перевірку впливу окремих компонентів алгоритму. Узгодженість отриманих висновків підтверджена комплексною оцінкою за попередньо визначеними критеріями якості, що дозволило продемонструвати цілісність і надійність запропонованого рішення. Створене програмне забезпечення охоплює повний набір функціональних модулів для взаємодії з платформою автопілотування та забезпечує коректну інтеграцію з комунікаційним протоколом, що використовує система керування.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості застосування розробленої методики для задач групового огляду територій, пошукових та моніторингових операцій, а також у цивільних сценаріях координації роїв безпілотних літальних апаратів.

Після закінчення презентації Мирошниченко І.В. присутніми на захисті фахівцями були поставлені наступні запитання:

Запитання до здобувача:

1. САВЧЕНКО А.С., д.т.н., проф., завідувач кафедри комп'ютерних інформаційних технологій КАІ.

Запитання: Процес створення складних технічних систем, зокрема мультиагентних, відбувається в умовах невизначеності. Чи враховано фактори невизначеності у запропонованій моделі управління групою БПЛА, і якщо так то яким чином?

Відповідь: Дякую за запитання. Так, фактор невизначеності в роботі враховано на декількох рівнях. По-перше, сама задача управління сформульована як децентралізований частково спостережуваний марківський процес прийняття рішень (Dec-POMDP), що безпосередньо відображає невизначеність через обмежену доступність інформації для кожного агента.

По-друге, у моделі враховано динамічну топологію взаємодій між БПЛА та обмежений радіус комунікації, що призводить до неповної та змінної інформації про стан сусідніх агентів. По-третє, у процесі навчання застосовано рандомізацію середовища та моделювання збурень, що дозволяє підвищити стійкість моделі до варіацій зовнішніх умов. Крім того, використання мультиагентного навчання з підкріпленням забезпечує адаптивність системи до стохастичних змін середовища та невизначеності. Таким чином, невизначеність врахована як на рівні математичної постановки задачі, так і на рівні алгоритмічної реалізації, що забезпечує робастність запропонованої моделі.

2. НЕЧИПОРУК О.П., д.т.н., професор, завідувач кафедри інтелектуальних кібернетичних систем КАІ.

Запитання: У чому полягає принципова відмінність запропонованої моделі від існуючих підходів на основі GNN та мультиагентного навчання?

Відповідь: Дякую за запитання. Принципова відмінність полягає у поєднанні трьох ключових властивостей, які в існуючих підходах забезпечуються окремо, але не разом: точність формації, гарантії безпеки та масштабованість без перенавчання. На відміну від класичних GNN-підходів, у

роботі реалізовано архітектуру з механізмом уваги (GAT), що дозволяє ефективно враховувати вплив сусідів у динамічному графі. Крім того, запропоновано двоступеневий механізм безпеки: через функцію винагороди та явний QP Safety Layer, чого немає у більшості аналогів. Також важливою відмінністю є забезпечення масштабованості без перенавчання завдяки інваріантності архітектури до кількості агентів.

3. СИДОРЕНКО В.М., к.т.н., доц., доцент кафедри комп'ютерних інформаційних технологій КАІ.

Запитання: Які основні обмеження має запропонована модель і в яких умовах її застосування може бути ускладнене?

Відповідь: Дякую за запитання. Запропонована модель має обмеження, пов'язані з тим, що її навчання та верифікація виконувались у симуляційному середовищі Gazebo з використанням ArduPilot SITL, тому при перенесенні в реальні умови може виникати розрив між моделлю та фізичним середовищем, що потребує додаткової адаптації. Її ефективність також залежить від наявності локального зв'язку між агентами в межах заданого радіуса комунікації, оскільки обмін повідомленнями є складовою механізму координації в динамічному графі взаємодій. Крім того, реалізація алгоритму на бортових платформах обмежується їх обчислювальними ресурсами, хоча у роботі показано можливість виконання актор-мережі в реальному часі на ARM-пристроях. Зазначені обмеження можуть бути зменшені шляхом застосування методів доменної адаптації, урахування більш складних моделей збурень та подальшої оптимізації нейромережевої архітектури

Запитання: Які обчислювальні витрати має запропонований метод?

Відповідь: Дякую за запитання. Основні обчислювальні витрати пов'язані з обробкою графа взаємодій та виконанням нейромережевої моделі актора. В моєму запропонованому підході використовується локальна взаємодія агентів, тому складність обчислень визначається не загальною кількістю БПЛА, а лише кількістю їхніх сусідів у межах радіуса зв'язку. Це забезпечує лінійне масштабування та дозволяє ефективно працювати навіть при збільшенні розміру рою. Середній час обчислення керуючої дії для одного агента становить одиниці мілісекунд, що є достатнім для задач управління польотом. Додатково варто зазначити, що використання механізму уваги не призводить до суттєвого зростання обчислювальних витрат, оскільки він застосовується лише в межах локального околу агента.

4. ГНАТЮК С.О., д.т.н., проф., професор кафедри комп'ютерних інформаційних технологій КАІ.

Запитання: Які саме дестабілізуючі фактори враховувалися у Ваших дослідженнях?

Відповідь: У дослідженні враховувалися різні фактори, які можуть дестабілізувати роботу групи БПЛА, зокрема зміни у зовнішньому середовищі, похибки сенсорів і внутрішніх систем апаратів, обмеження у зв'язку та адаптивні коливання параметрів нейромережі. Це дозволило оцінити стійкість рою, перевірити точність формації, безпеку між агентами та ефективність роботи системи навіть за змінної кількості БПЛА та обмежених ресурсів.

5. ФЕСЕНКО А.О., к.т.н., доц., декан факультету комп'ютерних наук та технологій КАІ.

Запитання: Яким чином у роботі забезпечується інваріантність моделі до кількості агентів?

Відповідь: Дякую за запитання. Інваріантність до кількості агентів досягається завдяки використанню графових нейронних мереж, зокрема архітектури GAT, яка оперує локальними околами вузлів, а не глобальною структурою системи. Це означає, що кожен агент обробляє лише інформацію від своїх сусідів, незалежно від загальної кількості БПЛА. Такий підхід дозволяє масштабувати систему без зміни параметрів мережі та без перенавчання, що є суттєвою науковою та практичною перевагою.

Запитання: Які саме метрики використовувалися для оцінки якості формації?

Відповідь: Дякую за запитання. Для оцінки якості формації використовувалися: середньоквадратичне відхилення від цільових позицій, мінімальна міжагентна відстань (для контролю безпеки), час досягнення формації, а також стабільність утримання формації у динамічних умовах. Це дозволило комплексно оцінити як точність, так і надійність системи.

6. НЕЧИПОРУК О.П, д.т.н., проф., завідувач кафедри інтелектуальних кібернетичних систем КАІ.

Запитання: Чому для моделювання взаємодії агентів обрано саме графову структуру?

Відповідь: Дякую за запитання. Графова структура природно відображає взаємодію між агентами в рої, де вершини відповідають БПЛА, а ребра, комунікаційним зв'язкам. Це дозволяє ефективно моделювати динамічну топологію системи, враховувати локальні взаємодії та зміну сусідства в часі, що є особливо важливим для децентралізованих мультиагентних систем. Також, у роботі враховується, що зв'язки між агентами не є фіксованими (вони формуються залежно від відстані та умов комунікації), тому структура графа постійно змінюється. Саме графова модель дозволяє коректно описати таку поведінку без спрощень. Використання графових нейронних мереж дає можливість кожному агенту приймати рішення на основі інформації лише від своїх сусідів, при цьому автоматично визначаючи, які з них є більш важливими в конкретний момент часу. Це підвищує ефективність координації та зменшує вплив неповної або зашумленої інформації. На відміну від централізованих або жорстко структурованих підходів, такий підхід забезпечує масштабованість, стійкість до втрат зв'язку та можливість роботи в реальних умовах із обмеженою комунікацією. Саме тому графова структура є найбільш адекватною моделлю для опису взаємодії в рої БПЛА.

7. ОХРІМЕНКО Т.О., к.т.н., ст. дослідник, заступник декана факультету комп'ютерних наук та технологій КАІ.

Запитання: Яким чином у роботі враховано обмеження комунікації між БПЛА?

Відповідь: Дякую за запитання. У моїй роботі обмеження комунікації враховано шляхом введення радіуса зв'язку, в межах якого формується граф

взаємодій. Агенти мають доступ лише до локальної інформації від сусідів, що моделює реальні умови обмеженого зв'язку та підвищує практичну застосовність моделі.

8. ПОЛОЖЕНЦЕВ А.А., PhD, доцент кафедри комп'ютерних інформаційних технологій КАІ.

Запитання: Чи забезпечує запропонований метод можливість роботи в режимі реального часу на вбудованих платформах та які обчислювальні характеристики при цьому досягаються?

Відповідь: Дякую за запитання. Обчислювальні витрати пов'язані з обробкою графа взаємодій та роботою нейромережі, при цьому вони визначаються кількістю сусідів агента, а не загальною кількістю БПЛА, що забезпечує масштабованість. У середовищі Gazebo з використанням ArduPilot SITL середній час обчислення керуючої дії становить близько 3–10 мс, що дозволяє працювати з частотою 50–100 Гц. Тестування на ARM-платформах підтвердило можливість виконання алгоритму в реальному часі при помірному завантаженні процесора. Отже, метод є обчислювально ефективним і придатним для використання у вбудованих системах управління БПЛА.

Після відповідей на запитання виступили:

Науковий керівник – д.т.н., проф., професор кафедри інтелектуальних кібернетичних систем КАІ **Кучеров Д.П.:**

КУЧЕРОВ Дмитро Павлович: Доброго дня, шановні колеги! Дякую за увагу до дисертаційного дослідження аспіранта Мирошниченко І.В. Представлена дисертація є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому вирішено актуальну науково-прикладну задачу розробки інтелектуальних методів управління групами безпілотних літальних апаратів на основі нейромережевих технологій та мультиагентних підходів. Актуальність теми обумовлена стрімким розвитком ройових технологій та необхідністю забезпечення ефективної координації БПЛА в умовах невизначеності та динамічного середовища.

У процесі виконання дисертаційної роботи здобувач проявив себе як сформований науковець, здатний до самостійного дослідження складних систем, глибокого аналізу сучасних підходів та розробки власних ефективних рішень. Мирошниченко І.В. продемонстрував високий рівень підготовки у галузі нейромережевого моделювання, мультиагентних систем та навчання з підкріпленням, а також відповідальність і системність у проведенні досліджень.

Наукова новизна роботи полягає у розробці моделі нейромережевого управління роєм БПЛА на основі поєднання графових нейронних мереж із механізмом уваги та мультиагентного навчання з підкріпленням у парадигмі централізованого навчання та децентралізованого виконання. Удосконалено методи мультиагентного навчання за рахунок зниження обчислювальної складності, а також запропоновано підходи до підвищення безпеки взаємодії агентів і оцінювання масштабованості системи.

Практичне значення отриманих результатів підтверджується розробкою програмного прототипу системи управління роєм БПЛА, який може бути інтегрований із сучасними платформами та використаний у задачах

моніторингу, пошуково-рятувальних операцій, картографування та оборонних застосуваннях. Результати роботи впроваджено у навчальний процес та практичну діяльність підприємства, що свідчить про їх прикладну цінність.

Здобувач повністю виконав індивідуальний план наукової роботи, результати дослідження пройшли апробацію та відображені у наукових публікаціях. Дисертаційне дослідження характеризується логічною структурою, обґрунтованістю висновків і відповідає встановленим вимогам до наукових праць. Результати, отримані в дисертаційному дослідженні, мають як фундаментальне значення, так і широкі прикладні перспективи.

Вважаю, що дисертаційна робота Мирошниченка Ігната Васильовича відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії на підставі Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, який затверджено Постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 року.

Рецензенти дисертаційної роботи, які наголосили на позитивних аспектах дослідження та висловили свої побажання та зауваження:

ПРИСТАВКА П.О., д.т.н., проф., головний науковий співробітник наукової групи кафедри прикладної математики КАІ:

Дисертаційна робота Мирошниченка Ігната Васильовича «Модель нейромережевого управління групою БПЛА», присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми підвищення ефективності децентралізованого управління мультиагентними системами в умовах невизначеності та динамічної топології взаємодії.

Актуальність теми зумовлена зростаючою потребою у створенні інтелектуальних систем координації роїв БПЛА, здатних функціонувати в умовах обмеженої комунікації та неповної інформації.

У роботі проведено ґрунтовний аналіз сучасних підходів, розроблено нейромережеву модель на основі графових нейронних мереж із механізмом уваги та мультиагентного навчання з підкріпленням, а також здійснено її експериментальну перевірку.

Запропонований підхід дозволяє ефективно враховувати динамічну структуру взаємодії агентів, забезпечувати узгодженість їхніх дій та досягати високої точності утримання формації за умов часткової спостережуваності.

Позитивним є також урахування факторів невизначеності на рівні математичної постановки задачі та алгоритмічної реалізації, що підвищує робастність системи.

До зауважень слід віднести те, що у роботі доцільно було б більш детально представити аналіз впливу параметрів середовища невизначеності (зокрема рівня зашумленості даних та обмежень комунікації) на якість функціонування системи.

Крім того, бажано було б розширити інтерпретацію отриманих результатів у контексті практичного застосування в реальних умовах експлуатації БПЛА.

Зазначені зауваження мають рекомендаційний характер і не знижують загальної наукової цінності роботи.

У цілому дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії.

НЕЧИПОРУК О.П., д.т.н., проф., завідувач кафедри інтелектуальних кібернетичних систем КАІ.

Дисертаційна робота Мирошниченка Ігната Васильовича на тему «Модель нейромережевого управління групою БПЛА» є завершеним науковим дослідженням, у якому вирішено актуальну науково-прикладну задачу розроблення ефективних методів децентралізованого управління мультиагентними системами.

Актуальність дослідження визначається необхідністю забезпечення узгодженого функціонування груп БПЛА в умовах часткової спостережуваності, обмежених комунікацій та стохастичних впливів середовища.

У дисертації запропоновано нейромережеву модель, що поєднує графові нейронні мережі з механізмом уваги та мультиагентне навчання з підкріпленням, що дозволяє формалізувати взаємодію агентів у вигляді динамічного графа та забезпечити масштабованість системи.

Отримані результати демонструють ефективність запропонованого підходу з точки зору точності утримання формації, стабільності функціонування та забезпечення безпечної міжагентної взаємодії.

Практичне значення роботи підтверджується можливістю реалізації запропонованого методу в реальних системах управління БПЛА.

До зауважень слід віднести те, що у роботі доцільно було б більш детально дослідити чутливість моделі до вибору гіперпараметрів навчання та їх вплив на збіжність у мультиагентному середовищі.

Також перспективним напрямом подальших досліджень є розширення експериментальної перевірки з урахуванням переходу від симуляційного середовища до реальних польотних умов, що дозволило б більш повно оцінити практичну застосовність запропонованого підходу.

Зазначені зауваження мають рекомендаційний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

З огляду на викладене, вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», а її автор заслуговує на присудження зазначеного ступеня доктора філософії.

В **обговоренні** дисертаційного дослідження взяли участь:

САВЧЕНКО А.С., д.т.н., проф., завідувач кафедри комп'ютерних інформаційних технологій КАІ, підкреслила комплексний характер дисертаційної роботи. Було відзначено, що дослідження охоплює всі основні етапи наукового пошуку: від аналізу сучасного стану проблеми та формалізації задачі до розроблення математичної моделі, алгоритмічної реалізації та проведення експериментальної перевірки. Це свідчить про завершеність роботи та високий рівень підготовки здобувача. Особливо цінним є те, що автору вдалося поєднати сучасні методи мультиагентного навчання з підкріпленням, графові нейронні мережі та механізми уваги в єдиному підході до керування групою безпілотних літальних апаратів. Така інтеграція створює перспективну

основу для розв'язання складних задач колективної автономної поведінки. У цілому дисертаційна робота справляє позитивне враження, є актуальною та виконаною на належному науковому рівні. Висловлені під час обговорення зауваження мають рекомендаційний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. Відзначив, що дисертаційна робота Мирошниченка І. є цілісним і завершеним науковим дослідженням, відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії.

ФЕСЕНКО А.О., к.т.н., доц., декан факультету комп'ютерних наук та технологій КАІ, відзначив високий рівень теоретичного узагальнення, здійснений у дисертації. Особливу увагу було приділено обґрунтованому використанню сучасного математичного апарату, зокрема децентралізованих частково спостережуваних марківських процесів прийняття рішень та графових моделей взаємодії агентів. Було наголошено, що поєднання методів мультиагентного навчання з підкріпленням і графових нейронних мереж створює перспективну основу для розвитку інтелектуальних систем керування роями БПЛА. Важливо, що запропоновані рішення враховують особливості динамічної взаємодії агентів та дозволяють адаптувати поведінку системи до змін умов зовнішнього середовища. Отримані результати мають наукову новизну та можуть слугувати підґрунтям для подальших досліджень у галузі мультиагентних систем, висловлені зауваження на попередніх етапах рецензування роботи мають рекомендаційний характер і були враховані здобувачем. Зазначив, що дисертаційна робота здобувача Мирошниченка відповідає встановленим вимогам до завершених наукових досліджень за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», у зв'язку з чим її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії.

ОХРІМЕНКО Т.О., к.т.н., ст. дослідник., заступник декана факультету комп'ютерних наук та технологій КАІ, акцентував увагу на науковій новизні отриманих результатів, зокрема на інтеграції механізму уваги в графових нейронних мережах із алгоритмом мультиагентного навчання MAPPO. Було відзначено, що запропонований підхід дозволяє забезпечити одночасно масштабованість системи, точність утримання формації та дотримання обмежень безпеки, що є важливим досягненням у галузі управління мультиагентними системами. Особливий інтерес становить використання механізму уваги для визначення значущості взаємодій між агентами, що сприяє підвищенню ефективності координації у великих групах БПЛА. Зазначила, що за теоретичним значенням та практичним рівнем дисертація Мирошниченка Ігната Васильовича має завершений характер наукового дослідження, відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії.

ЗАЛІСЬКИЙ М.Ю., д.т.н., проф., завідувач кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей КАІ, відзначив практичну значущість отриманих результатів. Було наголошено, що запропонований підхід може бути використаний у реальних системах керування групами БПЛА, зокрема у задачах моніторингу, пошуково-рятувальних операцій

та інших прикладних сферах, де необхідна узгоджена робота автономних агентів. Важливо, що результати дослідження можуть бути інтегровані в перспективні робототехнічні комплекси та системи колективного управління автономними платформами, що підвищує їх практичну цінність і перспективність впровадження. У цілому робота є завершеним науковим дослідженням, а врахування висловлених під час обговорення рекомендацій сприятиме подальшому підвищенню її наукової та практичної цінності. Наголосив, що дисертація Мирошниченка Ігната Васильовича є завершеною науковою працею, повністю відповідає вимогам та спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», а її автор є гідним присудження ступеня доктора філософії.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Мирошниченка Ігната Васильовича на тему «Модель нейромережевого управління групою БПЛА», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

1. Обґрунтування вибору теми дослідження. Вибір теми дисертаційної роботи Мирошниченка Ігната Васильовича зумовлений сучасними викликами, що постають у сфері розроблення та застосування мультиагентних систем, зокрема роїв безпілотних літальних апаратів, в умовах стрімкого розвитку цифрових технологій та автономних систем управління.

Зростання складності задач, які вирішуються із застосуванням груп БПЛА, таких як моніторинг територій, пошуково-рятувальні операції, екологічний контроль та спеціалізовані прикладні задачі, потребує створення ефективних методів координації їхньої спільної роботи. Особливої актуальності набуває забезпечення децентралізованого управління, яке дозволяє системі функціонувати без єдиного центру керування в умовах обмеженої комунікації, часткової спостережуваності середовища та наявності стохастичних впливів.

Підвищення динамічності середовища функціонування, наявність завад, похибок сенсорів, обмежень каналів зв'язку та зміни кількості агентів у рої формують потребу у розробленні адаптивних та масштабованих методів управління, здатних забезпечити стійкість, узгодженість дій агентів та безпечну міжагентну взаємодію в реальному часі.

Одним із перспективних напрямів вирішення зазначених задач є використання методів мультиагентного навчання з підкріпленням у поєднанні з графовими нейронними мережами, що дозволяють адекватно враховувати динамічну топологію взаємодії між агентами та забезпечувати прийняття рішень на основі локальної інформації.

Крім того, актуальність теми визначається необхідністю підвищення ефективності управління роями БПЛА за рахунок одночасного забезпечення точності утримання формації, гарантій безпеки та масштабованості системи без перенавчання, що є складною науково-технічною задачею.

Обраний напрям дослідження має як фундаментальне наукове значення, пов'язане з розвитком методів децентралізованого управління

мультиагентними системами, так і практичну цінність, оскільки отримані результати можуть бути використані при створенні сучасних систем керування групами безпілотних літальних апаратів.

Таким чином, вибір теми дисертаційного дослідження є обґрунтованим з точки зору сучасних тенденцій розвитку інтелектуальних систем, наявних наукових проблем у сфері мультиагентного управління та актуальних потреб практичного застосування роїв БПЛА.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дисертаційна робота є складовою частиною досліджень, що проводяться в КАІ і спрямовані на підвищення якості систем управління рухомих об'єктів широкого класу, зокрема державної науково-дослідної роботи НДР 26-2024/14.03 «Підвищення достовірності цифрової обробки зображень з бортової відеокамери БПЛА» (2024-2025), здобувачем проводилось дослідження методів бортової обробки даних та алгоритмів навігації для БПЛА; НДР 17-2022/09.01.05 «Інтелектуальна система управління локальною електромережею класу Microgrid на основі SmartGrid» (0122U200903, 2022-2024), здобувачем проводилось розробка методів розподіленого управління мультиагентними системами з використанням GNN та MARL.

Тема дисертації відповідає освітньої-науковій програмі «Комп'ютерні науки» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань 12 «Інформаційні технології» в КАІ (зокрема, ОК 1.3.1, ОК 1.3.4 та ОК 1.3.5).

3. Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності групового управління БПЛА на основі застосування верифікованого децентралізованого нейромережевого управління.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

1) виконати систематичний огляд та порівняльний аналіз існуючих методів координації групи БПЛА і виявити їхні обмеження щодо точності, безпеки та масштабованості;

2) розробити математичну модель N-агентної системи БПЛА на основі графового підходу із забезпеченням безпечної взаємодії агентів ;

3) запропонувати архітектуру нейромережевого управління групою БПЛА;

4) розробити механізми гарантування безпеки, точності та масштабування групи агентів та провести їх експериментальне.

4. Об'єкт дослідження – процес децентралізованого управління групою автономних БПЛА в умовах обмеженого зв'язку, динамічної топології взаємодій та вимог безпеки між агентами рою.

5. Предмет дослідження – графові нейронні мережі та методи мультиагентного навчання з підкріпленням для координації групи БПЛА.

6. Методи дослідження. У процесі дослідження використовувалися методи математичного моделювання динаміки мультиагентних систем і теорія динамічних графів; алгоритми мультиагентного навчання з підкріпленням (MAPPO, MADDPG); метод потенційних полів; симуляційне моделювання; статистичний аналіз.

7. Наукова новизна дослідження: базується на таких основних положеннях:

уперше:

- розроблено метод децентралізованого просторового управління роєм БПЛА, який, за рахунок застосування графової нейронної мережі з механізмом уваги на основі парадигми централізованого навчання та децентралізованого виконання з інваріантним до перестановок агрегуванням повідомлень між агентами, що замінює конкатенацію глобальних станів та забезпечує обчислювальну лінійну складність актора замість квадратичної, що дозволяє досягти масштабованості рою БПЛА без перенавчання за одночасного підвищення точності утримання формації і часу бортового виконання на ARM-процесорі;

удосконалено:

- метод мультиагентного навчання з підкріпленням, який за рахунок введення «Актора» та «Критика» уваги на графі з глобальним об'єднанням замість конкатенації станів агентів, що дозволяє знизити обчислювальну складність алгоритму з квадратичної до лінійної та забезпечити стійкість навчання при зміні кількості агентів у рої БПЛА;
- підхід до забезпечення безпечної взаємодії агентів рою БПЛА за рахунок впровадження дворівневого механізму гарантування безпеки, який поєднує формування функції винагороди з урахуванням міжагентних відстаней та корекцію керуючих дій на основі квадратичного програмування, що дозволяє забезпечити дотримання безпечних дистанцій між агентами та знизити ризик міжагентних зіткнень під час виконання групових місій;

набули подальшого розвитку:

- метрики оцінювання масштабованості алгоритмів координації груп БПЛА, які, за рахунок уніфікованого формування на основі частоти успішних місій та набору тестових сценаріїв з нормуванням (центруванням) до еталону, дозволяють об'єктивно порівнювати робастність різних алгоритмів координації за змінної кількості агентів.

8. Теоретичне значення. Теоретичне значення дисертаційної роботи полягає у розвитку наукових уявлень про процеси координації та самоорганізації груп автономних БПЛА в умовах обмеженого зв'язку, динамічної топології взаємодій та дестабілізуючих факторів. Сформовано узагальнену математичну модель N-агентної системи у вигляді динамічного графа, яка враховує вплив похибок сенсорів, затримок у комунікації та зовнішніх умов середовища, що дозволяє описувати поведінку рою у реальних експлуатаційних умовах. Удосконалено методи координації на основі графових нейронних мереж із механізмом уваги та алгоритму мультиагентного навчання з підкріпленням MAPPO, що дало змогу теоретично обґрунтувати новий підхід до централізованого навчання і децентралізованого виконання дій агентів. Отримані результати становлять основу для подальших досліджень у галузі інтелектуальних систем управління автономними групами, мультиагентних алгоритмів і засобів забезпечення стійкості та безпечної взаємодії груп БПЛА.

9. Практичне значення та використання результатів дисертаційного дослідження полягає у розробці програмного прототипу моделі ройового управління (Python, PyTorch 2.0, PyG 2.3, ROS Noetic) з pip-пакетом та MAVLink-інтерфейсом до ArduPilot, який придатний до застосування у системах координованого картографування, що дозволяє підвищити покриття у 8-10 разів краще за одиночний апарат при виконанні пошуково-рятувальних операцій та оборонних БПЛА-місіях.

Проведені в дисертаційній роботі дослідження реалізовані й впроваджені:

– у навчальний процес кафедри комп'ютерних інформаційних технологій Національного університету «Київський авіаційний інститут» (*акт про впровадження від 02.03.2026*), а саме: децентралізовану архітектуру управління роєм БПЛА на основі графових нейронних мереж з механізмом уваги та алгоритму MAPPO включено до навчальної програми дисципліни «Методи та системи штучного інтелекту» для спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

– у діяльність ТОВ «ДЕФЕНДЕР ДІНАМІКС» (*акт про впровадження результатів від 04.03.2026*), де під час науково-аналітичної діяльності з розробки програмного забезпечення систем управління безпілотними авіаційними комплексами аналітичні матеріали щодо методу децентралізованого управління роєм БПЛА на основі алгоритму MAPPO, який не потребує перенавчання при зміні кількості агентів, та програмного прототипу системи з підключенням до польотного контролера через протокол MAVLink використано в технічних пропозиціях і внутрішній документації з проєктування групових місій БПЛА;

– у діяльність ПрАТ «РАМЗАЙ» (*довідка про впровадження*), де метод нейромережевого навчання з підкріпленням мультиагентної системи з централізованим навчанням та децентралізованим виконанням , інваріантний до масштабованості, підхід до забезпечення безпекової відстані при взаємодії агентів на основі поєднання функції винагороди та квадратичного програмування, а також метрики розрахунку якості місій і сценаріїв для оцінки робастності алгоритмів координації впроваджено в існуючі та заплановано до впровадження в перспективні розробки компанії.

10. Особистий внесок здобувача. Дисертація «Модель нейромережевого управління групою БПЛА» Мирошниченко Ігната Васильовича є самостійною науковою працею, в якій наведено теоретичні положення і висновки, власні ідеї та розробки автора, які дають змогу вирішити поставлені завдання. Усі висновки та практичні рекомендації, винесені на захист, розроблені дисертантом особисто. Використані в дисертації ідеї, положення чи гіпотези інших авторів мають відповідні посилання і використані лише для підкріплення ідей здобувача.

11. Апробація результатів дослідження. Найважливіші ідеї, висновки, рекомендації, отримані в дисертації, оприлюднені на наукових та науково-практичних конференціях, у тому числі міжнародних, всеукраїнських та за міжнародною участю: CEUR Workshop Proceedings, (Київ, 2023); «ABIA» (Київ, 2023); «Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)» (Афіни, 2023); «Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC)» (Київ, 2023); «KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)» (Харків, 2023); «AVIATION IN THE XXI-st CENTURY: Safety in Aviation and Space Technologies» (Київ, 2024).

12. Публікації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження опубліковано у 12,5 наукових працях, у тому числі: 2 публікації у наукових виданнях, що індексуються у міжнародній наукометричній базі Scopus; 3,5 статті у фахових виданнях України категорії Б; 7 тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських конференціях.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті у наукових фахових виданнях:

1. Кучеров Д. П., Перепеліцин С.О., Пошивайло О.М., Мирошниченко І.В. Налаштування ПІД-регулятора генетичним алгоритмом за багатокритеріальною цільовою функцією для керування нестійким об'єктом. *Проблеми інформатизації та управління.* 2023. №4(76). С.42-47. DOI: https://doi.org/10.18372/2073-4751.76.18239

Особистий внесок автора: програмна реалізація алгоритму та участь у проведенні чисельних експериментів.

Особистий внесок Кучерова Д.П.: постановка наукової задачі, формування загальної концепції дослідження.

Особистий внесок Перепеліцина С.О.: розробка математичної моделі об'єкта керування та формалізація задачі оптимізації.

Особистий внесок Пошивайла О.М.: реалізація генетичного алгоритму для налаштування параметрів ПІД-регулятора та аналіз результатів моделювання.

2. Мирошниченко І. В. Інформаційних технологій в системах управління безпілотних літальних апаратів. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences.* 2025. №*357*(5.1). С. 299-306. DOI: https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-357-38

3. Мирошниченко І.В. Інтегровані навігаційні та комунікаційні протоколи для автономних інтелектуальних систем: архітектури, моделі та виклики реалізації в динамічних середовищах. *Інформаційні технології та суспільство*. 2025. №2 (17). С. 116-122. DOI: https://doi.org/10.32689/maup.it.2025.2.17

4. Myroshychenko I. Multi-agent Control of UAVs Using Deep Reinforcement Learning. *Electronics and Control Systems*. 2025. № *2*(84). С. 15–20. DOI: https://doi.org/10.18372/1990-5548.84.20187

Стаття у виданні, яке включено до міжнародних наукометричних баз:

1. Myroshnychenko I., Kucherov D., Dolgikh, S., Kondratyuk V. Navigation and Communications Protocols for Autonomous Intelligent Mobility. *Proceedings - International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT.* 2024. DOI: https://doi.org/10.1109/acit62333.2024.10712508 **(індексується базою Scopus). Q3, ISSN ISSN 2770-5218**

Особистий внесок автора: розробка моделей протоколів навігації та комунікації для автономної інтелектуальної мобільності, аналіз ефективності функціонування автономної системи.

2. Kucherov D., Dolgikh S., Myroshnychenko I., Poshyvailo O., Kravchenko O. A flight situation advisory system for uninterrupted and efficient air transportation. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ.* 2024. DOI:

https://doi.org/10.1088/1755-1315/1415/1/012035 **(індексується базою Scopus) Q3, ISSN 1755-1307**

Особистий внесок автора: формалізація польотних ситуацій, розробка моделей оцінювання пріоритетів на основі даних сенсорів, участь у побудові математичного апарату бортової рекомендаційної системи та аналіз результатів дослідження.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

1. Kucherov D., Poshyvailo O., Myroshnychenko I. Simulation of PID-Regulator Tuning Using Genetic Algorithm on Multi-Criteria Objective Function for Controlling Unstable Objects. *CEUR Workshop Proceedings*. 2023. Vol. 3887. P. 108-118. https://ceur-ws.org/Vol-3887/paper10.pdf *(Scopus)*
2. Myroshnychenko I., Kucherov D. Approach for controlling a group of unmanned aerial vehicles using neural network. *«ABIA-2023» міжнародна науково-технічна конференція*: тези доп., 18-20 квіт, 2023. Київ, Україна. С. 10.1-10.5. URL: https://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2023/paper/view/9268/7607
3. Kucherov D., Dolgikh S., Myroshnychenko I., Poshyvailo O. Protocol and Logical Models for Robustness and Survivability in Autonomous UAV Systems. 2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT): conf. paper, 13-15 oct. 2023. Athens, Greece, 2023, P. 1-7, DOI: https://doi.org/10.1109/dessert61349.2023.10416491 *(Scopus)*
4. Kucherov D., Poshyvailo O., Myroshnychenko I. Dynamics of UAV Discrete-Continuous Terminal Control System, *2023 IEEE 7th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC)*: conf. paper, 24-27 oct, 2023 Kyiv, Ukraine. 2023. P. 66-69, DOI: https://doi.org/10.1109/msnmc61017.2023.10329065 *(Scopus)*
5. Kucherov D., Shmelova T., Poshyvailo O., Tkachenko V., Myroshnychenko I., Ogirko I. Mathematical Model of Damping of UAV Oscillations in the Cargo Delivery Problem, *2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek):* conf. paper,, 02-06 Oct. 2023. Kharkiv, Ukraine, 2023, P. 1-6, DOI: https://doi.org/10.1109/khpiweek61412.2023.10312855 *(Scopus)*
6. Myroshnychenko I., Kucherov D. Intellectual Control Systems for Aviation: Enhancing Autonomy and Safety. *Safetyin Aviation and Space Technologies. The Eleventh World Congress "AVIATION IN THE XXI-st CENTURY":* тези доп., 25-27 вер., 2024. Київ, Україна. С. 2.3.65-2.3.67 URL: https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/congress/article/view/19225
7. Kucherov D., Myroshnychenko I., Khalimon N., Tkachenko V. Training of the Dynamic Systems Control: A Neural Network or a Learning Algorithm. *Artificial Intelligence and Applications*. 2025. DOI: https://doi.org/10.47852/bonviewAIA52025435

13. Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації становить 171 сторінку, із них – 155 основного тексту. Робота містить 17 рисунків, 24 таблиці, 5 додатків. Список використаних джерел налічує 101 найменування.

14. Характеристика особистості здобувача. Під час підготовки дисертаційної роботи Мирошниченко І.В. проявив себе як творчий дослідник і науковець, здатний самостійно на високому науково-методичному рівні вирішувати наукові та практичні завдання. Він повною мірою володіє сучасними методами проектування стабілізаційних платформ, має належний рівень теоретичної та практичної підготовки.

15. Оцінка мови та стилю дисертації. Текст дисертації викладено фаховою українською (англійською) мовою. Текстове подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури. Матеріали дослідження оформлені відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України.

16. Відповідність принципам академічної доброчесності. Дисертація не містить необґрунтованих запозичень та плагіату. У роботі дотримано правила посилання на джерела інформації у випадку використання підходів, положень, тверджень, відомостей. Надано достовірну інформацію про результати досліджень, джерела використаної інформації.

17. Рецензенти рекомендують: відповідно до **пп. 15, 16** 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 року № 44, ***пропонується такий склад разової ради:***

Голова ради:

ЗАЛІСЬКИЙ Максим Юрійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей КАІ.

Рецензенти:

ПРИСТАВКА Пилип Олександрович, доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник наукової групи кафедри прикладної математики КАІ.

НЕЧИПОРУК Олена Петрівна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інтелектуальних кібернетичних систем КАІ.

Офіційні опоненти:

КЛЮШНІКОВ Ігор Миколайович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки, Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

АРТЮШИН Леонід Михайлович, доктор технічних наук, професор, Заслужений працівник народної освіти України, Лауреат державної премії України з науки та техніки, головний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту авіації.

Усі члени разової спеціалізованої вченої ради не мають реального чи

потенційного конфлікту інтересів щодо здобувача Мирошниченка Ігната Васильовича (зокрема, не є його близькою особою) та/або його наукового керівника.

У результаті попередньої експертизи дисертації Мирошниченка Ігната Васильовича і повноти публікації основних результатів дослідження

УХВАЛЕНО:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Мирошниченка Ігната Васильовича на тему «Модель нейромережевого управління групою БПЛА».

2. Вважати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Мирошниченка Ігната Васильовича відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» та вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року. № 261 (зі змінами і доповненнями від 03 квітня 2019 року № 283), 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 року № 44.

3. Рекомендувати дисертаційну роботу «Модель нейромережевого управління групою БПЛА», подану Мирошниченком Ігнатом Васильовичем на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології», за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

4. Рекомендувати Вченій раді затвердити склад разової спеціалізованої вченої ради:

Голова ради:

ЗАЛІСЬКИЙ Максим Юрійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей КАІ.

Рецензенти:

ПРИСТАВКА Пилип Олександрович, доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник наукової групи кафедри прикладної математики КАІ.

НЕЧИПОРУК Олена Петрівна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інтелектуальних кібернетичних систем КАІ.

Офіційні опоненти:

КЛЮШНІКОВ Ігор Миколайович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

АРТЮШИН Леонід Михайлович, доктор технічних наук, професор, Заслужений працівник народної освіти України, Лауреат державної премії України з науки та техніки, головний науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту авіації.

Результати голосування щодо рекомендації до захисту дисертації Мирошниченка Ігната Васильовича

«за» – 10
«проти» – немає
«утримались» – немає

Головуючий на засіданні:
завідувачка кафедри комп'ютерних
інформаційних технологій КАІ,
д.т.н., професор Аліна САВЧЕНКО

Секретар засідання:
доцент кафедри комп'ютерних
інформаційних технологій КАІ,
к.т.н., доцент Вікторія СИДОРЕНКО

ПОГОДЖЕНО:
проректор з наукових досліджень та
трансферу технологій КАІ,
д.т.н., професор Сергій ГНАТЮК