

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, кандидата технічних наук, доцента кафедри комп'ютерних наук Сумського державного університету Москаленка В'ячеслава Васильовича, на дисертацію Мироненка Микити Ігоровича на тему «Моделі та методи інформаційної технології машинного навчання автономного безпілотного літального апарату для відеомоніторингу місцевості», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми роботи.

Розширення функціональних можливостей безпілотного авіаційного комплексу пов'язано з наданням безпілотному літальному апарату (БПЛА) властивості автономності, що дозволяє йому самостійно виконувати допустимі запрограмовані завдання, підвищити як інформаційну захищеність, так і захист від несанкціонованих вторгнень та кібератак. Створення автономного БПЛА має важливе соціально-економічне значення, оскільки дозволяє йому самостійно, тобто без участі оператора наземної станції керування, виконувати такі складні завдання, як, наприклад, розпізнавання посадкового майданчику при доставці вантажу у важкодоступні райони, пошук транспортного засобу, моніторинг трубопроводів, виконання завдань в агропромисловому секторі пов'язані зі спостереженням за розвитком агрокультур, внесенням мінеральних добрив і пестицидів тощо. Крім того, розроблення методів інформаційного синтезу бортових систем розпізнавання наземних об'єктів має важливе значення для підвищення обороноздатності та безпеки України, оскільки дозволяє безпілотним авіаційним комплексам виконувати бойові завдання за умов впливу ворожих засобів радіоелектронної боротьби та використовувати БПЛА у режимі відеонавігації за наземними орієнтирами з відомими координатами, що виключає зв'язок автопілота з глобальною мережею позиціонування.

Основним шляхом створення автономного БПЛА є використання ідей і методів інтелектуального аналізу даних на основі машинного навчання та розпізнавання образів. При створенні автономного БПЛА з оптико-електронним каналом спостереження необхідно подолати ряд науково-методологічних ускладнень, пов'язаних з довільними умовами формування цифрових зображень наземних об'єктів інтересу, суттєвим перетином класів розпізнавання в просторі ознак, багатовимірністю простору ознак розпізнавання, високою потужністю алфавіту класів розпізнавання та впливом умов і режимів польоту. Тому тема дисертаційної роботи Мироненка М. І. є **актуальною**, оскільки присвячена підвищенню функціональної ефективності автономного БПЛА для розпізнавання наземних природних, інфраструктурних та малогабаритних об'єктів на основі машинного навчання та розпізнавання образів.

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

Дисертаційне дослідження Мироненка М. І. виконано в рамках науково-дослідних робіт кафедри комп'ютерних наук Сумського державного університету, зокрема за держбюджетними науково-дослідними роботами «Бортова система безпілотного літального апарату для автономного розпізнавання наземних малогабаритних об'єктів» (ДР № 0117U002248) та

«Інформаційна технологія автономної навігації безпілотного літального апарату за наземними природними та інфраструктурними орієнтирами» (ДР № 0122U000786), до яких здобувач був залучений як виконавець.

Ступінь обґрунтованості, достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій сформульованих в дисертації

Аналітичний огляд та теоретичне узагальнення широкого кола наукових праць вітчизняних та закордонних авторів, присвячених вирішенню проблеми розпізнавання наземних об'єктів дозволило автору обґрунтувати вибір перспективного методу наукових досліджень у рамках вітчизняної так званої інформаційно-екстремальної інтелектуальної технології аналізу даних. Наукові положення та результати, викладені здобувачем є достатньо обґрунтованими та логічно викладеними. Висновки роботи обґрунтовані, відповідають науковим завданням для досягнення поставленої мети та підтверджуються результатами досліджень.

Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на міжнародних науково-технічних конференціях, також були опубліковані у фахових виданнях України та закордонних виданнях, які входять у наукометричну базу даних Scopus.

Наукова і практична цінність дисертації, наукова новизна.

У дисертаційній роботі розв'язано важливе науково-практичне завдання розроблення інформаційної інтелектуальної технології машинного навчання бортової системи автономного БПЛА для відеомоніторингу місцевості за умови неповної визначеності даних в рамках функціонального підходу до моделювання когнітивних процесів природнього інтелекту.

Вперше розроблено метод інформаційно-екстремального машинного навчання автономного БПЛА для розпізнавання наземного транспортного засобу з оптимізацією рівня квантування яскравості пікселів кадру зони інтересу, що дозволяє детектувати контур транспортного засобу з метою визначення на ньому центру полярної системи координат для формування навчальної матриці та побудувати в процесі інформаційно-екстремального машинного навчання автономного БПЛА вирішальні правила, інваріантні до зсуву та повороту наземного об'єкту в кадрі зони інтересу.

Вперше розроблено метод інформаційно-екстремального машинного навчання автономного БПЛА для розпізнавання наземних об'єктів з оптимізацією розміру кадру зображення регіону, що дозволяє підвищити функціональну ефективність інформаційно-екстремального машинного навчання БСР через зменшення впливу неінформативних та заважаючих ознак розпізнавання оточуючого середовища наземного об'єкту.

Вперше розроблено метод інформаційно-екстремального машинного навчання автономного БПЛА для семантичної сегментації зображення регіону шляхом оптимізації за інформаційним критерієм вагових коефіцієнтів *RGB*-компонент зображень наземних об'єктів, що дозволяє підвищити повну ймовірність прийняття правильних класифікаційних рішень у порівнянні з початковими одиничними значеннями вагових коефіцієнтів як це приймалося в наукових дослідженнях попередників.

Удосконалено метод інформаційно-екстремального машинного навчання автономного БПЛА для відеомоніторингу місцевості за ієрархічною структурою

даних у вигляді декурсивного бінарного дерева, що дозволяє побудувати в процесі машинного навчання із заданою глибиною безпомилкові за навчальною матрицею вирішальні правила. Доведено доцільність реалізації інформаційно-екстремального машинного навчання за ієрархічною структурою даних у вигляді декурсивного бінарного дерева при кількості класів розпізнавання більше двох.

Набув подальшого розвитку метод автономної відеонавігації за наземними природними та інфраструктурними орієнтирами з відомими географічними координатами, що дозволяє визначати місцезнаходження автономного БПЛА без використання глобальної мережі позиціонування GPS і цим підвищити інформаційну та/або кіберзахищеність літального апарату.

Практична цінність одержаних наукових результатів полягає в розробленні засобів технології інформаційного синтезу здатної навчатися бортової системи автономного БПЛА за умови неповної визначеності даних та нечіткої компактності вхідних даних, що дозволило за результатами машинного навчання побудувати безпомилкові за навчальною матрицею вирішальні правила, які дозволяють у робочому режимі приймати високодостовірні оперативні класифікаційні рішення. Крім того, розроблено засоби інформаційної технології проектування системи підтримки прийняття рішень (СППР) для оператора НСК, який здійснює машинне навчання та перенавчання БСР автономного БПЛА.

Результати досліджень упроваджено у вигляді розробленого інформаційного та програмного забезпечення при модернізації тренажеру операторів керування БПЛА в Науково-дослідному центрі ракетних військ і артилерії Збройних сил України та в навчальний процес кафедри комп'ютерних наук Сумського державного університету.

Повнота викладу матеріалів дисертації в опублікованих працях.

Основні положення дисертації викладено у 18 наукових працях, зокрема 5 статей у наукових фахових виданнях України (журналах, індексованих у міжнародних наукометричних базах даних) з яких дві статті входять у базу даних Scopus, одна стаття опублікована в закордонному журналі, який входить у базу даних Scopus; 9 праць – тези доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях, з яких 4 праці входять у базу даних Scopus, і 3 свідоцтва на реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму.

Сукупність усіх публікацій відображає викладені в дисертації результати дослідження, що відповідає вимогам п. 8, 9 вимог до присудження ступеня доктора філософії «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 №44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 22 січня 2022 р.

Академічна добросовісність.

За результатами перевірки дисертаційної роботи Мироненка М. І. на тему «Моделі та методи інформаційної технології машинного навчання автономного безпілотного літального апарату для відеомоніторингу місцевості», на наявність ознак академічного плагіату встановлено коректність посилань на першоджерела для текстових та ілюстративних запозичень; навмисних спотворень не виявлено.

Звідси можна зробити висновок про відсутність порушень академічної доброчесності.

Оформлення дисертації.

Матеріали дисертації викладено українською мовою, послідовно за формально-логічною структурою з дотриманням наукового стилю написання. Дисертаційна робота оформлена згідно з існуючими стандартами та рекомендаціями.

Зауваження щодо змісту дисертації.

1. Мета дисертаційної роботи полягає в підвищенні функціональної ефективності машинного навчання автономного БПЛА для розпізнавання наземних об'єктів. Оскільки функціональна ефективність має декілька складових, то слід було б вказати конкретні складові, які розглядалися в дисертаційному дослідженні.

2. Аналітичний огляд методів машинного навчання розосереджено по всьому першому розділу дисертаційної роботи, тому доцільно цей огляд сконцентрувати в одному підрозділі, що спростило би порівняльний аналіз методів машинного навчання.

3. Одна й та сама категорія машинного навчання в тексті дисертації використовується під різними назвами. Наприклад, “структурований вектор ознак” і “реалізація класу розпізнавання”, що ускладнює сприйняття змісту роботи

4. При візуальному аналізі результатів сегментації зображення регіону спостереження слід було б пояснити як обчислювалася точність ідентифікації кадрів зображення.

5. У третьому розділі запропонована регуляція зображення кадру при появі в ньому фрагмента іншого автомобіля потребує обмеження на розмір фрагменту, оскільки при великих його розмірах на мій погляд цей алгоритм не спрацьовує.

6. Для автономного БПЛА одним з важливих показників є оперативність розпізнавання наземного об'єкту при виконанні польотного завдання. Тому слід було б оцінити оперативність розпізнавання наземного об'єкту за структурованим вектором ознак, сформованим шляхом оброблення зображення об'єкту в полярній системі координат.

Вище подані зауваження не впливають на рівень наукової цінності поданої до захисту дисертаційної роботи Мироненка М.І., в якій представлено результати вирішення актуальної наукової задачі, що має теоретичне і практичне значення.

Висновок.

Дисертаційна робота Мироненка Микити Ігоровича «Моделі та методи інформаційної технології машинного навчання автономного безпілотного літального апарату для відеомоніторингу місцевості» за актуальністю проблеми, методичними підходами, обсягом, ґрунтовністю аналізу та інтерпретацією отриманих даних, повнотою викладу наукових положень, науково-теоретичним та практичним значенням повністю відповідає вимогам пункту 6 «Порядку присудження ступеня доктор 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 Мироненко Микита Ігорович з урахуванням виконання в повному обсязі освітньої складової

освітньо-наукової програми та індивідуального плану наукової роботи, заслугове присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Рецензент

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних наук
Сумського державного університету

В'ячеслав МОСКАЛЕНКО

