

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Кравчука Олександра Анатолійовича

на тему «Метод оцінювання ризиків життєвого циклу моделей штучного інтелекту геопросторового сприйняття для інформаційних підсистем роїв безпілотних літальних апаратів»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 – Інформаційні технології

за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертації

Застосування роїв БпЛА для моніторингу енергетичних та інших критичних об'єктів потребує надійного геопросторового сприйняття. Інформаційна підсистема має розпізнавати об'єкти й перешкоди, оцінювати їх взаємне розташування, працювати за погіршеної видимості та передавати результат іншим агентам. Помилка в оцінці відстані, просвіту, висоти або прохідності може сформувати небезпечне навігаційне рішення навіть тоді, коли семантичне розпізнавання сцени є правильним.

Для систем такого класу важливі не лише точність моделі, а й простежуваність даних, наявність еталона, оцінка невизначеності, стійкість сенсорів і перевірка результату в умовах, наближених до експлуатаційних. Крім того, локальна хибна оцінка може поширюватися через механізми колективного узгодження та впливати на весь рій.

Дисертаційне дослідження О. А. Кравчука поєднує аналіз ризиків протягом життєвого циклу моделі, їх пріоритизування, експериментальне дослідження просторово-геометричних помилок і симуляцію колективних наслідків. Така комплексна постановка є актуальною для інформаційно-вимірювальних систем, комп'ютеризованого моніторингу, автономних комплексів та діагностики критичних об'єктів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукове завдання дисертації полягає в розробленні методу комплексного оцінювання ризиків, що виникають на різних стадіях життєвого циклу ШП-моделей геопросторового сприйняття для інформаційних підсистем роїв БпЛА, з урахуванням можливості поширення в ройовій системі локальних помилок сприйняття через взаємодію агентів і формування внаслідок цього системних ризиків порушення колективної поведінки рою.

Об'єктом дослідження є процес комплексного оцінювання ризиків, що виникають на різних стадіях життєвого циклу ШП-моделей геопросторового сприйняття для інформаційних підсистем роїв БпЛА. Предметом дослідження є метод комплексного оцінювання цих ризиків з урахуванням можливих системних наслідків поширення локальних помилок сприйняття, а також

моделі, критерії, показники та процедури, які забезпечують його реалізацію і перевірку результатів оцінювання. Мета й вісім завдань узгоджені з об'єктом і предметом.

У першому розділі сформовано предметну основу дослідження. Проаналізовано функції моделей геопросторового сприйняття, властивості роєвих систем, вимоги стандартів і можливі джерела помилок. Окрему увагу приділено невизначеності, сенсорним артефактам, доменному зсуву та перетворенню локальної помилки на колективний збій.

У другому розділі автор розробив метод, що охоплює чотири стадії життєвого циклу. Сформовано таксономію, де для кожного ризику визначено механізм, індикатори раннього попередження, заходи зниження і спосіб перевірки. Кількісне пріоритизування виконано за МАІ, а варіативність ваг і рангів досліджено методом Монте-Карло.

Експеримент А організовано за єдиним протоколом запитів і рубрикою оцінювання. Використано 30 зображень п'яти класів та вісім показників: OCS, ZCS, SRS, CDS, PQP, CRate, UQS і RS. Результати показали, що семантичне розпізнавання є стабільнішим за просторово-геометричну інтерпретацію, особливо для оцінки проходів, висоти, просвіту, тіней, диму й частково перекритих об'єктів.

Експеримент В відтворює поширення локальної помилки у графі взаємодії. Досліджено кілька типів помилок, три топології, п'ять рівнів координації та режими деградації зв'язку. Висновки про більший вплив частково корельованих помилок і центрального агента в топології «зірка» узгоджуються з результатами моделювання.

Сильним боком роботи є пряме зазначення обмежень. Автор не стверджує, що експеримент із загальними мультимодальними системами оцінює всі спеціалізовані моделі. Так само графова симуляція не подається як повна модель фізичної динаміки польоту.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна дисертації полягає в таких трьох положеннях:

1. Розроблено метод комплексного оцінювання ризиків, що виникають на різних стадіях життєвого циклу ШІ-моделей геопросторового сприйняття для інформаційних підсистем роїв БпЛА. Метод поєднує структурування і класифікацію ризиків за стадіями життєвого циклу, кількісне пріоритизування, аналіз стійкості результатів оцінювання та врахування можливих системних наслідків локальних помилок сприйняття.

2. Розроблено таксономію ризиків, відмінністю якої є пов'язування ризиків зі стадіями селекції знань, аналізу знань, навчання й експлуатації моделі та їх розподіл за людськими і технологічними факторами.

3. Удосконалено процедуру кількісного пріоритизування ризиків на основі МАІ шляхом використання кількох профілів змодельованих експертних

суджень і моделювання Монте-Карло з контролем узгодженості матриць попарних порівнянь.

Система експериментальних показників і встановлені в симуляції залежності характеризують результати перевірки проявів ризиків. Вони обґрунтовують висновки роботи, але не заявлені у вступі як окремі положення наукової новизни.

Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення полягає в можливості застосування розробленого методу для відтворюваного оцінювання ризиків ІІІ-моделей геопросторового сприйняття та визначення пріоритетних напрямів їх подальшої перевірки.

Прикладними результатами є ядро таксономії з 20 ризиків для первинного оцінювання, розширена таксономія з 71 ризику для ведення деталізованого реєстру, протоколи експериментальної і симуляційної перевірки, індикатори раннього попередження, способи перевірки та рекомендації щодо контролю невизначеності. Для задач моніторингу критичних об'єктів практично значущою є вимога не формувати метричні висновки без масштабу, GSD, тривимірних або висотних даних і підтверджувати просторові оцінки з кількох ракурсів чи сенсорів.

Відкриті програмні матеріали й зафіксовані версії репозиторіїв підтримують відтворюваність розрахунків і протоколів. Водночас практичне значення не слід ототожнювати з доведеною готовністю методу до експлуатаційного впровадження: для цього потрібна подальша перевірка на спеціалізованій моделі, реальних сенсорних даних і фізичному або напівнатурному стенді.

Оцінка змісту та структури дисертації, її завершеності й дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертація має загальний обсяг 185 сторінок. Основний текст викладено на 112 сторінках. Робота містить вступ, чотири розділи, висновки, список із 93 джерел і чотири додатки, 9 рисунків та 17 таблиць.

У вступі сформульовано наукове завдання, мету, об'єкт, предмет, завдання та методи дослідження. Визначено наукову новизну, практичне значення й особистий внесок здобувача.

Перший розділ містить аналіз ройових систем, моделей геопросторового сприйняття і документів з управління ризиками. Сформульовано вимоги до комплексного методу.

Другий розділ присвячено розробленню методу. Наведено модель життєвого циклу, таксономію, ієрархію МАІ, профілі змодельованих суджень, правила Монте-Карло-моделювання та схему зіставлення очікуваного і спостережуваного профілів. Важливими є правила деталізації, об'єднання та версіонування ризиків.

У третьому розділі наведено результати пріоритизування і двох блоків перевірки. Для ядра таксономії виокремлено два ризики зі стійкою міжпрофільною пріоритетністю. Експеримент А характеризує типові помилки аналізу аерофотозображень. Експеримент В показує можливе поширення хибної оцінки через колективну взаємодію.

У четвертому розділі сформульовано рекомендації щодо організації оцінювання, контролю невизначеності, перевірки просторових висновків і обмеження каскадного поширення помилок. Загальні висновки узгоджуються із завданнями та результатами.

Додатки містять список публікацій, опис процедури МАІ, протоколи експериментів і розширену таксономію. Це робить роботу завершеною на рівні поставленого наукового завдання.

Дисертація містить посилання на використані джерела. Особистий внесок автора описано в основному тексті та для кожної публікації зі співавторами. Здобувач задекларував використання ChatGPT для допоміжних операцій із літературою та мовного редагування, зазначивши особисту відповідальність за наукові положення, результати і висновки.

Повнота викладення основних результатів у наукових публікаціях

Основні результати опубліковано у чотирьох статтях. Дві статті вийшли у фахових виданнях України категорії «Б», ще дві – у виданнях, що індексуються Scopus. Одне видання віднесено до першого квартиля за класифікацією SCImago Journal and Country Rank. Апробацію засвідчують чотири публікації у збірниках матеріалів конференцій.

Зміст публікацій відповідає темі та основним результатам дисертації. Відомості про внесок здобувача свідчать про його участь у розробленні методу, програмного забезпечення, чисельних експериментах та інтерпретації результатів.

Зауваження та дискусійні положення

1. Запропонований у дослідженні експериментальний протокол дав змогу виявити характерні прояви помилкової просторово-геометричної інтерпретації під час аналізу аерофотозображень складних геопросторових середовищ. Водночас робота могла б бути додатково посилена апробацією цього протоколу на наборах даних із документованими параметрами знімання та просторової прив'язки. Така апробація дозволила б пов'язати виявлені прояви помилок із характеристиками оптики, просторової роздільності, калібрування камери, висоти знімання та параметрами навігаційно-позиційного забезпечення.

2. Однією із сильних сторін запропонованого експериментального протоколу є можливість виявляти типові прояви помилкової просторово-геометричної інтерпретації та необґрунтованих кількісних тверджень. На мою думку, цікавим доповненням до нього могло б стати використання сцен з

наперед відомими просторовими параметрами — відстанями, висотами, просвітами або координатами об'єктів. Це дозволило б поряд із визначенням типу помилки оцінювати абсолютну або відносну величину відхилення просторової оцінки.

3. У сформованій таксономії змістовно представлено ризики, пов'язані із сенсорними артефактами та іншими технологічними факторами, що можуть впливати на результати геопросторового сприйняття. Експериментальна частина могла б бути ще повнішою, якби її було доповнено дослідженнями з контрольованою зміною параметрів формування та якості зображень, зокрема фокусування, експозиції, рівня компресії, вібраційних впливів або забруднення оптики. Це дало б змогу детальніше простежити зв'язок між характером деградації вхідних даних, зміною результатів ШІ-систем та індикаторами раннього попередження, передбаченими таксономією ризиків.

4. Розроблена симуляційна модель взаємодії агентів на графі дала змогу дослідити механізми поширення локальної помилки через інформаційну взаємодію між агентами та оцінити її вплив на колективний стан рою. Цікавим напрямом подальшого розвитку моделі могло б стати поєднання інформаційного стану агентів із кінематичною або траєкторною моделлю їх руху та конкретними просторовими показниками, зокрема координатним відхиленням, відхиленням траєкторії чи порушенням безпечного інтервалу. Це дозволило б детальніше дослідити зв'язок між поширенням помилкової інформаційної оцінки та можливими наслідками для безпечності колективної поведінки рою.

5. Охоплення п'яти класів складних сцен у сформованому наборі забезпечує можливість порівнювати результати аналізу різних мультимодальних ШІ-систем за єдиним експериментальним протоколом. Окремий інтерес, на мою думку, становило б його подальше доповнення послідовностями аерофотозображень або відеокадрів поряд зі статичними зображеннями. Це дозволило б дослідити часову узгодженість просторових оцінок, стійкість результатів під час зміни положення платформи та вплив зміни ракурсу, освітлення і видимості на результати геопросторового сприйняття.

6. В окремих елементах графічного і текстового оформлення роботи трапляються технічні та стилістичні неточності. Назви, підписи осей і легенди окремих графіків на с. 95–97 і 111 наведено англійською мовою, а десяткові дробі на них записано через крапку. Перелік джерел зображень до рис. 3.1 розірвано між с. 100 і 101. На с. 112 також трапляється граматична неточність у словосполученні «мав низьке значенням», а в заголовку додатка Б на с. 148 прийменник «з» помилково відображається як надрядковий символ. У додатку В назви окремих топологій і сценаріїв подано англійською мовою поряд з українськими поясненнями. Зазначені особливості мають переважно технічний і редакційний характер та не впливають на змістовність і достовірність отриманих результатів.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Кравчука Олександра Анатолійовича «Метод оцінювання ризиків життєвого циклу моделей штучного інтелекту геопросторового сприйняття для інформаційних підсистем роїв безпілотних літальних апаратів» є завершеною кваліфікаційною науковою працею. У ній розв'язано актуальне наукове завдання. Наукові положення, висновки і рекомендації мають належне обґрунтування; дисертація містить заявлені положення наукової новизни та результати, що мають практичне значення.

За змістом, структурою, повнотою досліджень і публікацій дисертація відповідає вимогам 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.

Кравчук Олександр Анатолійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент:

завідувач відділу
теоретичної електротехніки та
діагностики електротехнічного обладнання
Інституту електродинаміки
Національної академії наук України,
д.т.н., професор



Євген ЗАЙЦЕВ

Підпис засвідчую

Вчений секретар
Інституту електродинаміки НАН України



Марина ГУТОРОВА

«___» _____ 2026 року