

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації *Канарського Євгенія Олександровича* на тему «Методи оцінювання якості людино-машинних інтерфейсів на основі доповненої реальності для безпілотних систем моніторингу потенційно небезпечних територій», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія

На засіданні кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій за участі:

Харченка Вячеслава Сергійовича, д.т.н., професора, завідувача кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Фесенка Германа Вікторовича, д.т.н., професора, професора кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Морозової Ольги Ігорівни, д.т.н., професора, професора кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Брежнєва Євгена Віталійовича, д.т.н., професора, професора кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Пєвнєва Володимира Яковлевича, д.т.н., доцента, професора кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Клюшнікова Ігоря Миколайовича, д.т.н., ст. наук. співр., доцента кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Фурманова Клайда Костянтиновича, к.т.н., професора, професора кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Орехова Олександра Олександровича, к.т.н., доцента, професора кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Перепелицина Артема Євгеновича, к.т.н., доцента, доцента кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Колісник Марини Олександрівни, к.т.н., доцента, доцента кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Піскачова Олександра Івановича, к.т.н., ст. наук. співр., доцента кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Бабешка Євгена Васильовича, к.т.н., доцента, доцента кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Дужого Вячеслава Ігоровича, к.т.н., доцента, доцента кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Тецького Артема Григоровича, к.т.н., доцента кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Лейченка Кирила Миколайовича, д.ф., доцента кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Землянка Георгія Андрійовича, д.ф., доцента кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;

Дужої Вікторії Вікторівни, ст. викладача кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Холодної Зої Борисівни, ст. викладача кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Желтухіна Олександра Васильовича, ст. викладача кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Годунова Олександра Сергійовича, ст. викладача кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Демури Руслана Івановича, аспіранта кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Неретіна Олексія Сергійовича, аспіранта кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Семенця Олександра Юрійовича, аспіранта кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Остапенка Леоніда Юрійовича, аспіранта кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Скоробогатька Станіслава Віталійовича, аспіранта кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Мішука Вадима Валерійовича, аспіранта кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Юдіна Олесь Вікторовича, аспіранта кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Черепакіна Дмитра Анатолійовича, аспіранта кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Косаревського Богдана Валерійовича, аспіранта кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Медведева Богдана Руслановича, аспіранта кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ»;
Лісних Олександра Ігоровича, аспіранта кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій «ХАІ».

а також запрошених:

Туркіна Ігоря Борисовича, д.т.н., професора, завідувача кафедри інженерії програмного забезпечення «ХАІ»;
Чухрая Андрія Григоровича, д.т.н., професора, професора кафедри інженерії програмного забезпечення «ХАІ»;
Соколової Євгенії Віталіївни, к.т.н., доцента, доцента кафедри інженерії програмного забезпечення «ХАІ»;
Малєєвої Ольги Володимирівни, д.т.н., професора, професора кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій «ХАІ»;
Заславського Володимира Анатолійовича, д.т.н., професора, професора кафедри математичної інформатики Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

Іванченка Олега Васильовича, д.т.н., доцента, професора кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Національного університету «Дніпровська політехніка»;

Шмельової Тетяни Федорівни, д.т.н., професора, професора кафедри аеронавігаційних систем Національного університету «Київський авіаційний інститут»;

Стрижака Олександра Євгенійовича, д.т.н., професора, головного наукового співробітника Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України;

Волочія Богдана Юрійовича, д.т.н., професора, професора кафедри програмно-апаратних систем інфокомунікацій Національного університету «Львівська політехніка»,

відбулася публічна презентація дисертаційної роботи *Канарського Євгенія Олександровича* на тему «**Методи оцінювання якості людино-машинних інтерфейсів на основі доповненої реальності для безпілотних систем моніторингу потенційно небезпечних територій**».

На підставі обговорення змісту презентації дисертаційної роботи ухвалено такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації (результати голосування – одноголосно).

1. Актуальність теми дослідження

Актуальність теми досліджень зумовлена стрімким розвитком безпілотних систем моніторингу та широким впровадженням технологій доповненої реальності в критично важливі сфери (екологічний контроль, ліквідація надзвичайних ситуацій, військові та інфраструктурні застосування), де ефективність прийняття рішень оператором безпосередньо впливає на безпеку й результативність виконання завдань. Водночас існуючі підходи до оцінювання якості людино-машинних інтерфейсів переважно мають суб'єктивний або фрагментарний характер і недостатньо враховують взаємозв'язок між ергономічними характеристиками інтерфейсу, поведінкою оператора та надійністю системи в умовах невизначеності й можливих відмов, що обумовлює необхідність розроблення методів оцінювання, здатних комплексно враховувати технічні й людські чинники та підвищувати загальну ефективність функціонування безпілотних систем.

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

Представлені в роботі результати дослідження застосовувались при виконанні науково-дослідницької роботи «Наукові засади і методи забезпечення гарантоздатності флотів БПЛА інтелектуальних систем моніторингу потенційно небезпечних і військових об'єктів» (№ Д/Р 0121U112172, 2022–2023 рр.).

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Удосконалено теоретико-множинну модель і архітектуру системи моніторингу потенційно небезпечних територій, де керування безпілотними літальними апаратами здійснюється з використанням інтерфейсів людино-машинної взаємодії на основі доповненої реальності, що дає змогу обґрунтовувати функціональні та нефункціональні вимоги, а також модифікувати модель життєвого циклу таких систем.

2. Удосконалено метод оцінювання якості інтерфейсів людино-машинної взаємодії на основі доповненої реальності для систем моніторингу шляхом формування профілю вимог та множини відповідних евристик, експертного оцінювання значень спеціальних метрик та визначення інтегрованого показника якості, що забезпечує підвищення достовірності оцінки.

3. Вперше запропоновано метод оцінювання готовності систем моніторингу потенційно небезпечних територій з інтерфейсами людино-машинної взаємодії на основі доповненої реальності, що, на відміну від відомих, базується на одно- та багатофрагментних марковських моделях, які враховують характеристики реактивності та безпомилковості дій операторів, часткові відмови та наявність резервних безпілотних літальних апаратів, що надає змогу аналізувати вплив значень параметрів при розрахунку функції готовності системи та здійснювати їх вибір для забезпечення відповідності вимогам.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

Теоретичне значення результатів роботи полягає у розвитку підходів до оцінювання якості людино-машинних інтерфейсів доповненої реальності в безпілотних системах моніторингу шляхом поєднання методів експертного оцінювання з математичним апаратом марковських процесів, що дозволяє враховувати вплив людського фактора, відмов технічних компонентів і умов експлуатації на узагальнені показники ефективності та надійності систем. Отримані моделі, критерії та показники розширюють методологічну базу досліджень у галузі оцінювання складних людино-машинних систем. Практичне значення полягає у можливості використання розроблених методів та інформаційної технології для проектування, аналізу та вдосконалення людино-машинних інтерфейсів доповненої реальності безпілотних систем моніторингу, підвищення якості операторської діяльності та зменшення ймовірності помилок у реальних умовах експлуатації. Результати можуть бути застосовані у системах екологічного моніторингу, цивільного захисту, військових і рятувальних операціях, інфраструктурному нагляді, а також у навчальних і тренажерних комплексах для підготовки операторів безпілотних платформ.

5. Апробація/використання результатів дисертації

Основні результати роботи представлені на:

1. Міжнародному науково-технічному семінарі «Критичні комп'ютерні технології та системи (КриКТехС 2022-5/170)» (Харків, Україна, 19.07.2022);
2. Науково-технічному семінарі «Гарантоздатні Інформаційні Технології», (Харків, Україна, 14.02.2024, 20.03.2024, 05.03.2025);
3. Студентській науково-технічній конференції «Перспективні мережні та комп'ютерні технології (ПерСиК)» (Харків, Україна, 2024, 2025);
4. 13-й Міжнародній конференції "International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)" (Глівіце, Польща, 2025);
5. Міжнародній науково-технічній конференції "ICTM-2025: Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering" (Харків, Україна, 2025).

Результати дисертаційного дослідження впроваджено:

- у навчальному процесі кафедри кібербезпеки та інтелектуальних інформаційних технологій ХАІ у вигляді методичного забезпечення для проведення лабораторних занять в навчальних дисциплінах «Розробка проєктів доповненої реальності» та «Технології віртуальної та доповненої реальності», а також при виконанні кваліфікаційних робіт магістрів кафедри за спеціальністю «Комп'ютерна інженерія»;
- при виконанні науково-дослідницької роботи «Наукові засади і методи забезпечення гарантоздатності флотів БПЛА інтелектуальних систем моніторингу потенційно небезпечних і військових об'єктів» (№ Д/Р 0121U112172 впродовж 2022–2023 рр.);
- при тестуванні оновленої версії ПОРТАЛУ «Ліси України» в Українському ордена "Знак пошани" науково-дослідному інституті лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького Державного агентства лісових ресурсів України та Національної академії наук України.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертація Є. О. Канарського є оригінальною роботою, виконана здобувачем самостійно й доброчесно, текст рукопису дисертаційної роботи не містить ознак академічного шахрайства. Роботу передано експерту для проведення науково-технічної експертизи щодо збігів з Internet-джерелами, про що буде надано відповідний звіт.

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

За результатами досліджень опубліковано 7 наукових публікацій, у тому числі:

- три статті в наукових фахових виданнях України категорії «Б» за спеціальністю;
- одна стаття в фаховому виданні України категорії «А», проіндексована в базі Scopus;

- один розділ в колективній монографії;
- одна доповідь на міжнародній науковій конференції.

Стаття в фаховому виданні України категорії «А», проіндексована в базі Scopus:

1. Kanarskyi Y., Kharchenko V., Orekhov O., Ponochovnyi Y. Markov modelling of human-machine interaction in an augmented reality environment for UAV/UGV-based hazardous area monitoring systems. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2025. № 4 (116). P. 35–54. DOI: 10.32620/reks.2025.4.03

Здобувачем виконано формалізацію людино-машинної взаємодії в безпілотних системах моніторингу з використанням доповненої реальності, розроблено низку марковських моделей, що враховують відмови технічних засобів і помилки оператора, проведено імітаційне моделювання різних сценаріїв функціонування. Отримані результати дозволяють оцінити вплив AR-інтерфейсів на реактивність оператора та готовність системи загалом.

Статті в наукових виданнях України категорії «Б», затверджених як фахові за спеціальністю 123:

1. Канарський Є. О., Орехов О. О., Стадник А. О. Оцінювання якості систем доповненої реальності: аналіз стану досліджень. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2022. Вип. 4 (70), С. 79–87. DOI: 10.26906/SUNZ.2022.4.079

У статті виконано системний огляд сучасних підходів до оцінювання якості систем доповненої реальності, проаналізовано існуючі методи оцінювання людино-машинної взаємодії, визначено ключові фактори, що впливають на ефективність і зручність використання доповненої реальності, а також виявлено основні недоліки наявних підходів.

2. Канарський Є. О., Орехов О. О. Експертне оцінювання критеріїв якості людино-машинних інтерфейсів доповненої реальності. *Автоматизовані системи управління та прилади автоматики*. 2025. №187, С. 87–102. DOI: 10.30837/0135-1710.2025.187.087

У статті було виконано розробку та дослідження підходу до експертного оцінювання якості людино-машинних інтерфейсів доповненої реальності для безпілотних систем, зокрема сформовано систему критеріїв якості (керованість, захист від помилок, узгодженість, надійність тощо), створено прототип інтерфейсу людино-машинної взаємодії на основі доповненої реальності, розроблено анкету на основі цих критеріїв і проведено експертне опитування, результати якого подано у вигляді радіальної діаграми для виявлення переваг і недоліків інтерфейсу та визначення напрямів його вдосконалення.

3. Канарський Є. О., Орехов О. О. Інформаційна технологія оцінювання якості інтерфейсів людино-машинної взаємодії на основі доповненої реальності безпілотних систем моніторингу. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2026. №1, С. 70–76. DOI: 10.31891/2219-9365-2026-85-

У статті здобувачем виконано розробку інформаційної технології оцінювання якості інтерфейсів людино-машинної взаємодії на основі доповненої реальності для безпілотних систем моніторингу, що поєднує експертне оцінювання характеристик інтерфейсу з формалізованим моделюванням готовності системи на основі одно- та багатофрагментних марковських моделей. Запропоновану методику формалізовано у вигляді функціональної моделі IDEF0, яка охоплює процеси аналізу архітектурних рішень, формування критеріїв якості, обчислення узагальненого показника та розробки рекомендацій, що дозволяє кількісно оцінювати вплив параметрів інтерфейсу людино-машинної взаємодії на основі доповненої реальності на надійність і ефективність функціонування системи.

8. Висновок наукового керівника

Виконання індивідуального навчального плану, індивідуального плану наукової роботи, досягнення результатів навчання за відповідною науково-освітньою програмою та написання дисертації Канарським Євгенієм Олександровичем вважаю успішним. Дисертаційна робота є результатом самостійного дослідження, завершеною науковою працею, яка містить наукову новизну. Вона виконана на високому науковому рівні та відповідає всім установленим вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, й може бути рекомендована до захисту, а її автор Канарський Євгеній Олександрович – до присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

Отже, вважаємо, що дисертаційна робота Канарського Євгенія Олександровича на тему «Методи оцінювання якості людино-машинних інтерфейсів на основі доповненої реальності для безпілотних систем моніторингу потенційно небезпечних територій», представлена на здобуття ступеня доктора філософії, відповідає вимогам Порядку присудження наукового ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44). Відтак, вона може бути представлена до захисту в разовій спеціалізованій раді для присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

Головуючий на засіданні
член-кореспондент Національної академії наук України,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри кібербезпеки та
інтелектуальних інформаційних технологій
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»

Вячеслав ХАРЧЕНКО

03.04.2026 р.