

РОЗРОБКА ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ ДЛЯ ПОШУКУ ЗНИКЛИХ ТУРИСТІВ ГРУПОЮ БПЛА

Тези представляють теоретико-методологічний аналіз розробки людино-машинного інтерфейсу (ЛМІ) для пошуку зниклих туристів із застосуванням групи безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Людино-машинна взаємодія розглядається як ключовий компонент підвищення ефективності та безпеки під час виконання пошуково-рятувальних операцій у складних географічних, погодних та часових умовах.

У центрі дослідження знаходиться сучасний підхід до створення ЛМІ, орієнтованого на когнітивні можливості оператора, який повинен обробляти великий обсяг інформації в умовах обмеженого часу. Такий підхід включає в себе принципи адаптивного дизайну, ситуаційної обізнаності, візуального упорядкування інформаційних потоків, а також впровадження засобів штучного інтелекту для підтримки прийняття рішень. ЛМІ, що розробляється, є інтегрованою частиною командного центру управління групою БПЛА, об'єднуючи дані з картографічних сервісів, сенсорних систем, відеоаналітики та телеметрії у єдину інформаційно-аналітичну панель.

Наголошується, що поєднання автономної навігації БПЛА та інтуїтивного керування через ЛМІ створює передумови для швидкої локалізації постраждалих осіб та організації ефективного рятування. Актуальність дослідження зумовлена не лише потребами цивільного захисту, а й зростанням обсягів внутрішнього та міжнародного туризму, що супроводжується зростанням кількості нештатних ситуацій у віддалених регіонах.

Ключові слова: БПЛА, пошуково-рятувальні операції, людино-машинна взаємодія, інтерфейс, когнітивна навігація, сенсорна інтеграція, ситуаційна обізнаність, штучний інтелект, автономні системи.

У сучасному світі спостерігається тенденція до зростання кількості туристичних подорожей у важкодоступні природні середовища: гори, ліси, пустелі тощо. Разом із цим підвищується ризик зникнення туристів, що зумовлює потребу в інноваційних засобах пошуку. Традиційні методи, які включають людські пошукові бригади та кінологічні підрозділи, мають обмеження за часом, фізичними ресурсами та доступністю.

Використання БПЛА у таких операціях демонструє значні переваги — можливість швидкого охоплення великої території, оперативне отримання відеозображень та телеметричної інформації, безпека для персоналу. Однак ефективність такої системи значною мірою залежить від способу керування і представлення даних оператору, який приймає рішення в режимі реального часу.

Під людино-машинним інтерфейсом у цьому контексті розуміється програмно-апаратний засіб, що забезпечує візуалізацію, керування та зворотний зв'язок між оператором і групою БПЛА. Основні функції ЛМІ включають:

- відображення геопросторової інформації на основі карти місцевості з накладенням зон пошуку, маршрутів польоту та зон виявлення;
- моніторинг стану кожного БПЛА: рівень заряду акумулятора, висота, швидкість, напрямок руху, канал зв'язку;
- передача відео з камер у режимі реального часу та збереження фрагментів для аналізу;
- автоматичне повідомлення про виявлення об'єктів, що відповідають ознакам людини;
- інтерактивне керування з можливістю видачі команд групі або окремому дрону.

Розроблений інтерфейс (рис. 1) включає поділ екранного простору на логічні блоки: контрольний (стан системи), ситуаційний (карта місцевості), аналітичний (відео та AI-підказки) та блок дій (управління та введення команд).

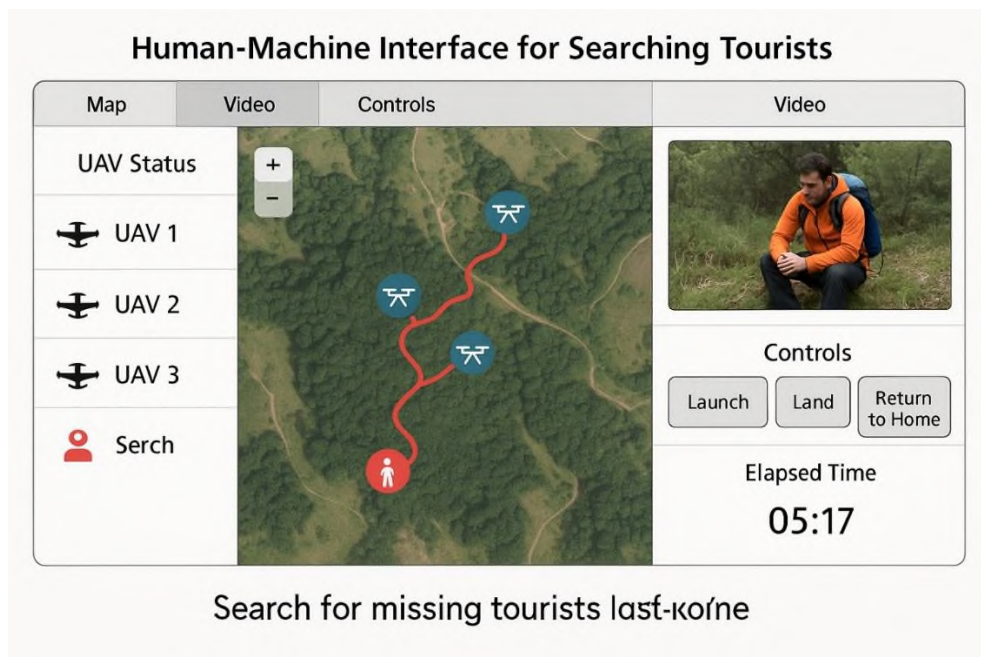


Рис. 1. Людино-машинний інтерфейс для пошуку зниклих туристів групою БПЛА

Людино-машинний інтерфейс розглядається як центральний компонент програмно-апаратного комплексу, що забезпечує ефективну взаємодію між оператором і групою БПЛА в реальному часі. Інтерфейс інтегрується в єдину архітектуру, яка включає в себе взаємодіючі модулі збору, обробки, візуалізації й аналізу даних, а також засоби прийняття рішень у критичних умовах.

До складу комплексу входять такі основні компоненти:

- наземна станція управління (НСУ);
- комунікаційний шлюз;
- група автономних БПЛА з сенсорними модулями;
- хмарна аналітична платформа.

Наземна станція управління (НСУ) — це ноутбук, планшет або захищений мобільний термінал, обладнаний спеціальним програмним забезпеченням, що реалізує функції ЛМІ. Вона є точкою централізованого управління та координації, забезпечує двосторонній зв'язок із БПЛА, прийом телеметрії, трансляцію відеопотоків та надає оператору змогу змінювати параметри місії у реальному часі.

Комунікаційний шлюз забезпечує стійкий та безперервний канал передачі даних між повітряними платформами та наземною станцією. Залежно від умов місцевості використовуються такі технології зв'язку:

- LTE/4G/5G мережі, якщо є покриття в районі операції;
- супутниковий зв'язок (Starlink, Iridium) — у віддалених регіонах;
- динамічні Mesh-сітки, що самовідновлюються, — при групових місіях із великою кількістю апаратів.

Група БПЛА складається з декількох автономних апаратів, які діють як єдина система. Кожен апарат обладнано бортовим комп'ютером, сенсорним комплексом та навігаційною системою. У типовій конфігурації присутні:

- оптична камера високої чіткості;
- тепловізор або інфрачервона камера;
- лазерний далекомір або лідар для об'ємного сканування;
- GPS/ГЛОНАСС навігаційний модуль з резервним інерціальним блоком.

Хмарна аналітична платформа виконує такі функції:

- зберігання історичних даних про польоти та виявлення об'єктів;
- обробка відео з використанням алгоритмів розпізнавання людини;
- машинне навчання на основі раніше виконаних місій;
- автоматичне формування звітів для рятувальників.

Завдяки хмарній обробці інформації значна частина обчислень знімається з оператора та апаратури на борту БПЛА, що дозволяє зменшити затримки в реакції системи.

Інтерфейс спроектовано за принципом багаторівневої взаємодії, що дозволяє одночасно відображати загальну ситуацію, деталі по окремих дронах та інструменти управління.

Основні інформаційні блоки інтерфейсу включають:

- головне картографічне поле із зоною пошуку, маршрутами, позначками тривоги;
- панель моніторингу БПЛА зі статусами: заряд акумулятора; швидкість; висота; координати; стан зв'язку;

- відеопотоки в реальному часі з можливістю перемикання між джерелами;
- блок керування польотами з основними командами: старт; пауза; повернення на базу; зміна маршруту;
- спливаючі повідомлення з автоматичними попередженнями про інциденти: втрату сигналу; перетин меж зони; виявлення підозрілих об'єктів.

Інтерфейс забезпечує адаптивне представлення інформації: залежно від ступеня загрози або важливості подій, змінюється колірна схема, з'являються візуальні попередження, звукові сигнали та вібровідгук (на мобільних пристроях).

Особливістю запропонованого інтерфейсу є наявність вбудованого модуля штучного інтелекту, який виконує роль цифрового помічника. Його функції:

- автоматичне розпізнавання людей на відео з точністю понад 90%;
- аналіз траєкторій руху БПЛА для оптимізації маршрутів покриття;
- рекомендації щодо зміни плану місії у разі виявлення аномалій або вичерпання ресурсу апаратів;
- прогнозування потенційного місця перебування зниклої особи на основі даних про рельєф, погоду, напрямку руху.

Модуль машинного навчання постійно оновлюється під час експлуатації системи, що дозволяє адаптувати поведінку інтерфейсу до специфіки кожної місцевості або категорії пошукових місій.

Для верифікації працездатності інтерфейсу було проведено симуляційні тести за допомогою платформи MATLAB Simulink із моделями польоту групи дронів. Основними метриками стали:

- час до виявлення об'єкта у заданій зоні;
- середній рівень навантаження на оператора (оцінюється за кількістю кліків та часу реакції);
- кількість помилкових спрацювань або пропущених цілей;
- загальна ефективність з точки зору охоплення зони та витрат енергії.

За результатами імітацій та обмежених польових випробувань встановлено, що новий ЛМІ дозволяє скоротити час виявлення зниклого на 25–35% у порівнянні з класичними способами керування.

У ході розробки ЛМІ особлива увага приділялася когнітивним характеристикам оператора, який, як правило, працює у стресових умовах, має обмежений час на ухвалення рішень та часто змушений взаємодіяти з великим обсягом інформації одночасно. Неправильно спроектований інтерфейс у такій ситуації може призвести до критичних помилок, що ставлять під загрозу ефективність усієї пошукової операції.

До ключових принципів когнітивного дизайну, що були реалізовані в інтерфейсі, належать:

- мінімізація надлишкового інформаційного потоку;
- виділення ключових візуальних маркерів через колір;
- пріоритетність подій — автоматичне фокусування на найважливіших ділянках екрану;
- використання знайомих оператору схем і піктограм;
- відсутність «схитрих» функцій — кожна дія має бути очевидною.

Дослідження в галузі ергономіки показують, що час реакції людини на візуальні подразники в умовах навантаження може зростати на 40–60%. Саме тому в інтерфейсі реалізовані елементи пасивного контролю:

- автоматичне масштабування карти при виявленні підозрілої активності;
- спливаючі вікна із підказками AI-алгоритмів;
- сигналізація зміною кольору об'єктів (наприклад, жовтий — втрата сигналу; червоний — низький заряд).

Таким чином, ЛМІ не просто інформує, а активно підтримує прийняття рішень, зменшуючи когнітивне навантаження на людину.

Оскільки умови пошуку зниклих людей є унікальними для кожного випадку, критично важливою є здатність інтерфейсу до адаптації. Система проєктувалася як масштабована, з можливістю:

- додавання нових БПЛА у групу без перезапуску місії;
- інтеграції нових сенсорів (наприклад, CO₂ -датчиків для пошуку людей у завалах);
- зменшення/розширення функціональності залежно від рівня кваліфікації оператора.

Також підтримується декілька режимів роботи:

- «Режим експерта» — всі функції, доступ до алгоритмів, ручне управління маршрутом;
- «Стандартний режим» — тільки ключові дії та автоматичне наведення;
- «Режим навчання» — інтерфейс подає поетапні підказки для новачків.

Завдяки використанню адаптивних шаблонів інтерфейс коригується в реальному часі під потреби користувача, забезпечуючи максимальну ефективність у конкретному контексті.

Запропонований людино-машинний інтерфейс відповідає сучасним вимогам до систем управління БПЛА у пошуково-рятувальних місіях. Його головні переваги:

- когнітивна простота та зручність навігації;
- модульність та гнучкість налаштувань;
- інтеграція штучного інтелекту для аналітики даних;
- адаптація під різні сценарії використання.

На основі проведених симуляцій та обмежених польових тестів можна стверджувати, що ЛМІ підвищує ефективність і безпечність пошукових операцій, скорочуючи час реагування та оптимізуючи ресурси.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на:

- вдосконалення алгоритмів машинного навчання для більш точного розпізнавання;
- розширення підтримки сенсорних та теплових модулів;
- підвищення кібербезпеки системи зв'язку;
- розробку мобільної версії ЛМІ для роботи на планшетах і смартфонах у польових умовах.

References

1. Haider SK, Nauman A, Jamshed MA, Jiang A, Batool S, Kim SW(2022) Internet of drones: routing algorithms. Tech Chall Math10(9):1488.
2. Sabino, Hullysses, Rodrigo V. S. Almeida, Lucas Baptista de Moraes, Walber Paschoal da Silva, Raphael Guerra, Carlos Malcher, Diego Passos, and Fernanda G. O. Passos. "A systematic literature review on the main factors for public acceptance of drones." Technology in Society (2022): 102097.
3. Chen, Long, Jianghao Wu, and Bo Cheng. "Leading-edge vortex formation and transient lift generation on a revolving wing at low Reynolds number." Aerospace Science and Technology 97 (2020): 105589.

DOI 10.34132/mspc2025.01.14.17

Oleksandr Skakodub

DEVELOPMENT OF A HUMAN-MACHINE INTERFACE FOR SEARCHING MISSING TOURISTS BY A UAV GROUP

The theses present a theoretical and methodological analysis of the development of a human-machine interface (HMI) for searching missing tourists using a group of unmanned aerial vehicles (UAVs). Human-machine interaction is viewed as a key component for improving the efficiency and safety of search and rescue operations under challenging geographic, weather, and temporal conditions.

At the core of this study lies a modern approach to designing an HMI focused on the cognitive capabilities of the operator, who must process a large volume of data within a limited timeframe. This approach incorporates principles of adaptive design, situational awareness, structured visualization of information flows, and the implementation of artificial intelligence tools to support decision-making. The developed HMI is an integrated part of a UAV group control command center, combining data from mapping services, sensor systems, video analytics, and telemetry into a unified informational-analytical dashboard.

It is emphasized that the combination of autonomous UAV navigation and intuitive control via HMI creates the foundation for rapid localization of affected individuals and the organization of effective rescue efforts. The relevance of the study stems not only from the needs of civil protection but also from the increasing volume of domestic and international tourism, which is accompanied by a growing number of emergency situations in remote regions.

Key words: UAV, search and rescue operations, human-machine interaction, interface, cognitive navigation, sensor integration, situational awareness, artificial intelligence, autonomous systems.

Відомості про автора / Information about the Author

Олександр Скакодуб, викладач кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського національного університету імені Петра Могили, Миколаїв, Україна. E-mail: skakodub@chmnu.edu.ua, orcid.org/0000-0002-5643-775X

Oleksandr Skakodub, Lecturer at the Department of Intellectual Information Systems, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: skakodub@chmnu.edu.ua, orcid.org/0000-0002-5643-775X

© О. Скакодуб
19.05.2025.

Стаття отримана редакцією

