

ỨNG DỤNG MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI CHO NHIỆM VỤ TÌM KIẾM CỨU HỘ

● PHẠM MẠNH THẮNG¹ - VŨ ĐÌNH NAM¹

¹Khoa Cơ học kỹ thuật và Tự động hóa,
Trường Đại học Công nghệ (UET), Đại học Quốc gia Hà Nội
Email: thangpm@vnu.edu.vn, namvd1208@vnu.edu.vn

TÓM TẮT:

Bài viết giới thiệu ứng dụng hệ thống nhiều máy bay không người lái trong bài toán tìm kiếm cứu hộ. Trên cơ sở phần mềm điều khiển trung tâm, hệ thống cho phép hỗ trợ giám sát trạng thái hoạt động của các UAV, quản lý khu vực nhiệm vụ trên bản đồ, thu nhận dữ liệu hình ảnh từ hiện trường và phối hợp phương tiện trong quá trình tìm kiếm. Giải pháp được xây dựng theo hướng tích hợp giữa giao diện điều khiển, bản đồ số và các công cụ hỗ trợ xử lý dữ liệu nhằm nâng cao khả năng quan sát, tổ chức nhiệm vụ và phản ứng tại hiện trường. Kết quả bước đầu cho thấy, hệ thống có thể hỗ trợ hiệu quả cho công tác giám sát và tìm kiếm cứu hộ trên khu vực rộng, đồng thời là cơ sở để tiếp tục hoàn thiện các chức năng theo hướng ứng dụng thực tế.

Từ khóa: UAV, tìm kiếm cứu hộ, hệ thống nhiều UAV, lập kế hoạch nhiệm vụ, phát hiện người, trạm điều khiển mặt đất.

1. Đặt vấn đề

Trong phạm vi bài báo này, trọng tâm được đặt vào việc giới thiệu kiến trúc tổng thể của hệ thống, các nhóm chức năng chính của phần mềm điều khiển trung tâm và khả năng hỗ trợ nhiệm vụ tìm kiếm cứu hộ trong kịch bản nhiều UAV. Bài báo không đi sâu vào phân tích thuật toán riêng lẻ mà tập trung mô tả cách tích hợp các thành phần trong một nền tảng ứng dụng thống nhất.

Trong các tình huống thiên tai, tai nạn tại khu vực địa hình phức tạp hoặc những vùng bị chia cắt, công tác tìm kiếm cứu hộ thường gặp nhiều khó khăn do phạm vi tìm kiếm rộng, thời gian phản ứng ngắn và mức độ rủi ro cao đối với lực lượng tiếp cận mặt đất. Trong bối cảnh đó, máy bay không

người lái (UAV) là một giải pháp phù hợp nhờ khả năng cơ động cao, triển khai nhanh, mang theo cảm biến quang học và truyền dữ liệu về trạm điều khiển theo thời gian thực. Nhiều nghiên cứu tổng quan đã chỉ ra UAV ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong các nhiệm vụ tìm kiếm cứu hộ nhờ khả năng tiếp cận khu vực nguy hiểm, hỗ trợ quan sát hiện trường và cung cấp dữ liệu thời gian thực cho người vận hành [3]. Khi số lượng UAV tăng lên, bài toán không còn dừng ở điều khiển một phương tiện đơn lẻ mà chuyển thành bài toán tổ chức và điều phối một hệ thống nhiều UAV, trong đó trạm điều khiển mặt đất cần hỗ trợ giám sát trạng thái, lập kế hoạch nhiệm vụ và phối hợp hoạt động của toàn đội phương tiện [4].

Ở lớp lập kế hoạch nhiệm vụ, các nghiên cứu gần đây cho thấy việc phân chia khu vực tìm kiếm và sinh quỹ đạo bao phủ cho nhiều UAV có vai trò quan trọng trong việc giảm chồng lấn vùng bay, nâng cao hiệu quả bao phủ và rút ngắn thời gian hoàn thành nhiệm vụ [1,2]. Đặc biệt, các hướng tiếp cận về lập kế hoạch nhiệm vụ bao phủ phối hợp cho nhiều UAV và lập kế hoạch đường bay bao phủ đã chứng minh tính phù hợp đối với các khu vực tìm kiếm có hình dạng phức tạp hoặc quy mô lớn, nơi việc thiết kế đường bay thủ công thường kém hiệu quả [1,2]. Bên cạnh đó, ở lớp cảm nhận mục tiêu, các nghiên cứu về thị giác máy tính trên ảnh UAV cho thấy việc phát hiện người hoặc đối tượng nhỏ từ góc nhìn trên cao là một thách thức đáng kể do kích thước mục tiêu nhỏ, nền cảnh phức tạp, biến thiên tỷ lệ và yêu cầu xử lý gần thời gian thực [5], [6].

Xuất phát từ yêu cầu đó, bài báo tập trung trình bày phần mềm điều khiển trung tâm cho hệ thống nhiều UAV phục vụ tìm kiếm cứu hộ. Phần mềm không chỉ cung cấp giao diện giám sát tập trung mà còn tích hợp các chức năng điều hành nhiệm vụ cho từng UAV, cấu hình tham số bay, thu nhận và xử lý video truyền trực tuyến theo giao thức RTSP, phát hiện người bằng học sâu, đồng thời triển khai một UAV chuyên trách cho pha tiếp cận cứu hộ. Điểm cốt lõi của hệ thống là kiến trúc xử lý khép kín: vùng tìm kiếm được xác lập trên bản đồ số, chuyển thành các điểm bay của nhiệm vụ; UAV thực hiện quét khu vực; dữ liệu hình ảnh từ camera được truyền về trạm mặt đất; mô hình nhận dạng xử lý và phát hiện mục tiêu; thông tin phát hiện sau đó được sử dụng để kích hoạt UAV cứu hộ tiếp cận vị trí nghi vấn. So với các công trình chủ yếu tập trung riêng vào lập kế hoạch bao phủ nhiều UAV [1,2], kiến trúc trạm điều khiển mặt đất [4] hoặc phát hiện mục tiêu từ ảnh UAV [5,6], hướng tiếp cận trong bài báo này là tích hợp các thành phần trên trong cùng một nền tảng phần mềm phục vụ tìm kiếm cứu hộ.

Trong phạm vi bài báo này, trọng tâm được đặt vào việc giới thiệu kiến trúc tổng thể của hệ thống, các nhóm chức năng chính của phần mềm điều khiển trung tâm và khả năng hỗ trợ nhiệm vụ tìm kiếm cứu

hộ trong kịch bản nhiều UAV. Bài báo không đi sâu vào phân tích thuật toán riêng lẻ mà tập trung mô tả cách tích hợp các thành phần trong một nền tảng ứng dụng thống nhất.

2. Kiến trúc và nguyên lý vận hành hệ thống

Khối kết nối và giám sát UAV có nhiệm vụ duy trì liên lạc giữa phần mềm trung tâm với từng phương tiện bay trong đội hình. Thông qua khối này, người vận hành có thể theo dõi trạng thái kết nối, chế độ hoạt động, mức pin, thông tin GPS, độ cao và vị trí của từng UAV theo thời gian thực. Đây là cơ sở để bảo đảm các UAV tham gia nhiệm vụ trong cùng một cơ chế giám sát và điều hành thống nhất.

Bên cạnh chức năng hiển thị trạng thái, khối này còn hỗ trợ kiểm tra và đồng bộ một số tham số vận hành trước khi thực hiện nhiệm vụ. Việc theo dõi liên tục các dữ liệu trạng thái không chỉ phục vụ quan sát trên giao diện mà còn tạo điều kiện cho các khối chức năng khác sử dụng thông tin vị trí và trạng thái bay trong quá trình lập kế hoạch, xử lý dữ liệu hiện trường và tổ chức phản ứng cứu hộ.

2.1. Khối kết nối và giám sát UAV

Khối kết nối và giám sát UAV có nhiệm vụ duy trì liên lạc giữa phần mềm trung tâm với từng phương tiện bay trong đội hình. Thông qua khối này, người vận hành có thể theo dõi trạng thái kết nối, chế độ hoạt động, mức pin, thông tin GPS, độ cao và vị trí của từng UAV theo thời gian thực. Đây là cơ sở để bảo đảm các UAV tham gia nhiệm vụ trong cùng một cơ chế giám sát và điều hành thống nhất.

Bên cạnh chức năng hiển thị trạng thái, khối này còn hỗ trợ kiểm tra và đồng bộ một số tham số vận hành trước khi thực hiện nhiệm vụ. Việc theo dõi liên tục các dữ liệu trạng thái không chỉ phục vụ quan sát trên giao diện mà còn tạo điều kiện cho các khối chức năng khác sử dụng thông tin vị trí và trạng thái bay trong quá trình lập kế hoạch, xử lý dữ liệu hiện trường và tổ chức phản ứng cứu hộ.

2.2. Khối bản đồ và lập kế hoạch nhiệm vụ

Khâu tổ chức nhiệm vụ tìm kiếm bắt đầu từ bản đồ số. Người vận hành xác định trực tiếp khu vực khảo sát bằng cách vẽ một vùng đa giác trên bản đồ. Từ vùng tìm kiếm ban đầu, phần mềm tiến hành chia khu

vực thành các tiểu vùng tương ứng với số lượng UAV tham gia nhiệm vụ. Cách tổ chức này giúp giảm mức độ chồng lấn giữa các quỹ đạo bay, đồng thời rút ngắn thời gian bao phủ toàn bộ khu vực cần khảo sát.

Sau khi hoàn tất bước chia vùng, hệ thống sinh các điểm khảo sát cho từng tiểu vùng và hỗ trợ xây dựng tuyến bay phù hợp cho từng UAV. Kích thước lưới khảo sát được xác định trên cơ sở độ cao bay và khả năng quan sát của camera, nhờ đó quá trình lập kế hoạch nhiệm vụ được gắn với điều kiện quan sát thực tế tại hiện trường. Trên cơ sở các vùng nhiệm vụ đã được thiết lập, phần mềm tiếp tục hỗ trợ tạo kế hoạch bay và xuất dữ liệu nhiệm vụ ở định dạng phù hợp để nạp cho UAV.

Bên cạnh chức năng lập kế hoạch nhiệm vụ, phần mềm còn duy trì việc cập nhật liên tục các dữ liệu trạng thái bay của từng UAV như chế độ hoạt động, mức pin, chất lượng GPS, độ cao tương đối và vị trí địa lý. Các dữ liệu này không chỉ phục vụ hiển thị trên giao diện điều khiển mà còn hỗ trợ theo dõi quá trình thực hiện nhiệm vụ và liên kết thông tin giữa bản đồ, quỹ đạo bay và dữ liệu hiện trường. Nhờ đó, hệ thống hình thành được một chuỗi xử lý tương đối thống nhất từ khâu tổ chức nhiệm vụ trên bản đồ đến khâu triển khai tìm kiếm và hỗ trợ cứu hộ.

2.3. Khối thu nhận và phân tích dữ liệu hình ảnh

Mỗi UAV tìm kiếm được gán một nguồn video, trong đó cấu hình hiện tại ưu tiên luồng RTSP. Trên máy trạm, một luồng xử lý riêng đảm nhiệm việc đọc khung hình, kiểm tra trạng thái kết nối, thực hiện ghi hình khi cần thiết và chuyển khung hình sang mô-đun phát hiện đối tượng. Mô hình được sử dụng trong hệ thống là YOLO, với cùng một bộ trọng số được áp dụng cho các nguồn ảnh khác nhau nhằm phục vụ nhiệm vụ phát hiện người. Để giảm tải tính toán và duy trì khả năng xử lý gần thời gian thực, hệ thống không thực hiện suy luận trên mọi khung hình mà lấy mẫu theo chu kỳ; đồng thời chỉ giữ lại các kết quả thuộc lớp người với ngưỡng tin cậy phù hợp nhằm hạn chế cảnh báo giả.

Khi phát hiện đối tượng người, hệ thống thực hiện đồng thời 3 tác vụ chính. *Thứ nhất*, ảnh có khung bao

được lưu lại làm bằng chứng trực quan. *Thứ hai*, sự kiện phát hiện được ghi xuống bảng thông báo và nhật ký hệ thống để phục vụ theo dõi và hậu kiểm. *Thứ ba*, hệ thống ước lượng vị trí mục tiêu trên mặt đất từ thông tin ảnh, độ cao bay và vị trí GPS tức thời của UAV nhằm tạo đầu vào cho nhánh cứu hộ.

Về nguyên lý, giả sử UAV bay ở độ cao tương đối h , camera có góc mở ngang θ_h và kích thước ảnh là $N_x \times N_y$, trong đó N_x là số điểm ảnh theo chiều ngang và N_y là số điểm ảnh theo chiều dọc. Khi đó, góc mở dọc của camera có thể được xấp xỉ theo tỷ lệ khung hình:

$$\theta_v = 2 \arctan \left(\frac{N_y}{N_x} \tan \frac{\theta_h}{2} \right)$$

Bề rộng và chiều cao vùng quan sát trên mặt đất lần lượt được xấp xỉ bởi:

$$W_v = 2h \tan \frac{\theta_h}{2}$$

$$H_v = 2h \tan \frac{\theta_v}{2}$$

Từ đó, kích thước quy đổi của một điểm ảnh theo 2 phương được xác định gần đúng như sau:

$$s_x = \frac{W}{N_x}, \quad s_y = \frac{H}{N_y}$$

Giả sử tâm của khung hình là $(N_x/2, N_y/2)$, còn tâm của mục tiêu phát hiện được là (x_t, y_t) . Khi đó, độ lệch của mục tiêu so với tâm ảnh trên mặt đất được xấp xỉ bởi:

$$d_x = \left(x_t - \frac{N_x}{2} \right) s_x$$

$$d_y = \left(y_t - \frac{N_y}{2} \right) s_y$$

Khoảng cách từ hình chiếu của UAV đến mục tiêu trên mặt đất được tính gần đúng theo:

$$d = d_x^2 + d_y^2$$

Trong khi đó, góc phương vị tương đối của mục tiêu trong hệ quy chiếu ảnh được xác định bởi:

$$\alpha = \arctan 2(d_y, d_x)$$

Từ khoảng cách, góc và tọa độ hiện tại của UAV, hệ thống thực hiện phép tính trắc địa để ước lượng tọa độ mục tiêu nghi vấn trên mặt đất. Về bản chất, bước này cho phép chuyển thông tin phát hiện từ hệ tọa độ ảnh sang hệ tọa độ địa lý để phục vụ điều phối cứu hộ.

3. Thử nghiệm và kết quả

Hệ thống đã được thử nghiệm bước đầu theo kịch bản nhiều UAV phối hợp trong nhiệm vụ tìm kiếm cứu hộ. Trong kịch bản này, các UAV tìm kiếm được sử dụng để khảo sát khu vực và truyền dữ liệu hiện trường về phần mềm điều khiển trung tâm, trong khi một UAV chuyên trách được dành cho nhánh cứu hộ. Mục tiêu của quá trình thử nghiệm là đánh giá khả năng vận hành liên thông của hệ thống ở các khâu giám sát phương tiện, lập kế hoạch nhiệm vụ trên bản đồ, tiếp nhận dữ liệu hình ảnh và hỗ trợ phối hợp cứu hộ.

Kết quả thử nghiệm cho thấy, phần mềm có thể khởi động giao diện điều khiển trung tâm, thiết lập kết nối với từng UAV, đọc trạng thái kết nối, đồng bộ một số tham số vận hành và hiển thị liên tục các thông tin cơ bản như mức pin, GPS, chế độ bay và vị trí địa lý. Đây là cơ sở để bảo đảm các UAV tham gia nhiệm vụ trong cùng một cơ chế giám sát và điều hành thống nhất.

Trên lớp bản đồ, người vận hành có thể xác lập vùng tìm kiếm bằng đa giác, thực hiện chia khu vực theo số lượng UAV, sinh các điểm khảo sát, tạo tuyến bay và xuất tệp nhiệm vụ ở định dạng phù hợp để nạp cho từng phương tiện. Chuỗi xử lý này cho phép chuyển trực tiếp thao tác trực quan trên bản đồ thành kế hoạch bay cụ thể, góp phần nâng cao khả năng tổ chức nhiệm vụ trong khu vực rộng hoặc có địa hình phức tạp. Hình 1 và Hình 2 minh họa quá trình triển khai nhiều UAV tại hiện trường và hoạt động bay khảo sát trong khu vực tìm kiếm.

Hình 1 cho thấy, giai đoạn chuẩn bị và triển khai các UAV tại hiện trường trước khi thực hiện nhiệm vụ. Ở giai đoạn này, các phương tiện được bố trí đồng thời để kiểm tra kết nối, đồng bộ trạng thái vận hành và sẵn sàng nhận kế hoạch bay từ trạm điều khiển trung tâm. Việc tổ chức nhiều UAV theo cùng một cấu hình triển khai giúp rút ngắn thời gian chuẩn bị, đồng thời tạo cơ sở cho quá trình phối hợp phương tiện trong khu vực tìm kiếm. Sau bước khởi tạo này, các UAV được đưa vào pha bay khảo sát để thực hiện nhiệm vụ tìm kiếm theo các tuyến đã lập trên bản đồ, như minh họa ở Hình 2.

Ở lớp xử lý dữ liệu hình ảnh, các luồng video từ UAV được thu nhận và phân tích theo thời gian thực. Khi mô hình phát hiện người hoạt động thành công, hệ thống tạo ra các đầu ra phục vụ quá trình theo dõi và hỗ trợ cứu hộ, bao gồm ảnh đánh dấu mục tiêu, nhật ký sự kiện và thông tin vị trí nghi vấn. Trên cơ sở đó, UAV cứu hộ có thể được điều tới khu vực tương ứng để thực hiện bước tiếp cận và hỗ trợ theo kịch bản vận hành đã thiết lập. Hình 3 minh họa ví dụ kết quả phát hiện người từ ảnh UAV.

Nhìn chung, kết quả thử nghiệm bước đầu cho thấy hệ thống có khả năng liên kết các khâu từ tổ chức nhiệm vụ trên bản đồ, giám sát hoạt động của UAV, tiếp nhận dữ liệu hiện trường đến hỗ trợ phản ứng cứu hộ trong cùng một nền tảng phần mềm. Tuy nhiên, các kết quả hiện tại chủ yếu phản ánh khả năng vận hành chức năng của hệ thống; việc đánh giá định lượng về độ chính xác phát hiện,

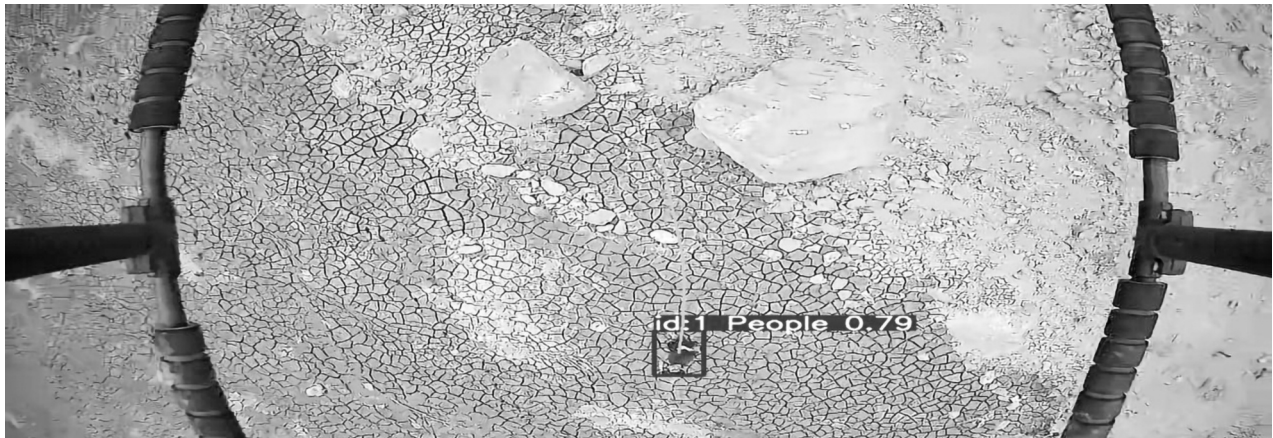
Hình 1: Triển khai nhiều UAV tại khu vực thực địa trước khi thực hiện nhiệm vụ



Hình 2: UAV thực hiện bay khảo sát trong khu vực tìm kiếm



Hình 3. Kết quả phát hiện người từ ảnh UAV bằng mô hình YOLO



độ chính xác vị trí nghi vấn và hiệu quả cứu hộ vẫn cần tiếp tục được thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo.

4. Kết luận

Bài báo đã giới thiệu một hệ thống nhiều UAV phục vụ nhiệm vụ tìm kiếm cứu hộ trên cơ sở phần mềm điều khiển trung tâm. Hệ thống cho phép giám sát hoạt động của các phương tiện bay, tổ chức nhiệm vụ trên bản đồ, tiếp nhận dữ liệu hình ảnh từ hiện trường và hỗ trợ phối hợp giữa UAV tìm kiếm với UAV cứu hộ trong cùng một quy trình vận hành thống nhất. Việc tích hợp các khối chức năng này cho thấy khả năng ứng dụng của hệ thống trong các

bài toán tìm kiếm cứu hộ trên khu vực rộng hoặc khó tiếp cận.

Kết quả thử nghiệm bước đầu cho thấy, hệ thống có thể hỗ trợ tương đối hiệu quả cho các khâu giám sát phương tiện, lập kế hoạch nhiệm vụ, thu nhận dữ liệu hiện trường và phản ứng cứu hộ theo kịch bản đã thiết lập. Đây là cơ sở để tiếp tục hoàn thiện hệ thống theo hướng nâng cao độ chính xác của thông tin vị trí nghi vấn, tăng mức độ tự động trong quá trình phối hợp cứu hộ và mở rộng đánh giá thực nghiệm trong các điều kiện hiện trường khác nhau. Khi được hoàn thiện thêm, hệ thống có tiềm năng trở thành một giải pháp hỗ trợ tìm kiếm cứu hộ có giá trị ứng dụng thực tế ■

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Khoa học và Công nghệ trong chương trình hỗ trợ nghiên cứu, phát triển và ứng dụng công nghệ của công nghiệp 4.0. Mã số đề tài: KC.4.0.49/19-25.

TÀI LIỆU TRÍCH DẪN VÀ THAM KHẢO:

- [1] S. D. Apostolidis, P. C. Kapoutsis, A. C. Kapoutsis, and E. B. Kosmatopoulos (2022). Cooperative Multi-UAV Coverage Mission Planning Platform for Remote Sensing Applications. *Autonomous Robots*, vol. 46, pp. 373–400, , doi: 10.1007/s10514-021-10028-3.
- [2] S. W. Cho, H. J. Park, H. Lee, D. H. Shim, and S.-Y. Kim (2021). Coverage Path Planning for Multiple Unmanned Aerial Vehicles in Maritime Search and Rescue Operations. *Computers & Industrial Engineering*, 161, Art. no. 107612, doi: 10.1016/j.cie.2021.107612.
- [3] M. Lyu, Y. Zhao, C. Huang, and H. Huang (2023). Unmanned Aerial Vehicles for Search and Rescue: A Survey. *Remote Sensing*, 15(13), Art. no. 3266, doi: 10.3390/rs15133266.

- [4] A. Poma, A. Sojo, I. Maza, and A. Ollero (2025). Ground Control Station for Multi-UAV Systems in Infrastructure Inspection and Environmental Monitoring Applications. *Journal of Intelligent and Robotic System*, 111, Art. no. 109, doi: 10.1007/s10846-025-02312-6.
- [5] F. Ciccone and A. Ceruti (2025). Real-Time Search and Rescue with Drones: A Deep Learning Approach for Small-Object Detection Based on YOLO. *Drones*, 9(8), Art. no. 514, doi: 10.3390/drones9080514.
- [6] G. Tang, J. Ni, Y. Zhao, Y. Gu, and W. Cao (2024). A Survey of Object Detection for UAVs Based on Deep Learning. *Remote Sensing*, 16(1), Art. no. 149, doi: 10.3390/rs16010149.

Ngày nhận bài: 10/03/2026

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 27/3/2026

Ngày chấp nhận đăng bài: 12/04/2026

APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR SEARCH AND RESCUE MISSIONS

● PHAM MANH THANG¹

● VU DINH NAM¹

¹Faculty of Engineering Mechanics and Automation,
University of Engineering and Technology,
Vietnam National University - Hanoi

ABSTRACT:

This study presents the application of a multi-drone system in search-and-rescue operations, emphasizing its role in enhancing situational awareness, operational coordination, and emergency response efficiency. Built upon a centralized control software platform, the proposed system enables real-time monitoring of unmanned aerial vehicle (UAV) operational status, management of mission areas through digital maps, acquisition of visual data from the field, and coordination of resources throughout the search process. The solution adopts an integrated approach that combines a control interface, digital mapping technologies, and data-processing tools to improve observation capabilities, mission planning, and on-site response management. Initial experimental results demonstrate that the system effectively supports wide-area surveillance and search-and-rescue activities while facilitating more efficient operational coordination. The findings further indicate that the proposed framework provides a practical foundation for the continued development and refinement of multi-drone systems for real-world emergency response applications.

Keywords: UAVs, search and rescue, multi-UAV systems, mission planning, people detection, surface control station.