

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP BỘ

NGHIÊN CỨU VÀ ĐỀ XUẤT THUẬT TOÁN MỚI
TRONG ĐIỀU KHIỂN, KỸ THUẬT TRUYỀN THÔNG VÀ
KẾT NỐI MẠNG CHO ĐÀN ROBOT TỰ HÀNH

MÃ SỐ: B2021-TNA-01

Chủ nhiệm đề tài: TS. Đỗ Trung Hải

Thái Nguyên, tháng 05 năm 2023

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP BỘ

NGHIÊN CỨU VÀ ĐỀ XUẤT THUẬT TOÁN MỚI
TRONG ĐIỀU KHIỂN, KỸ THUẬT TRUYỀN THÔNG VÀ
KẾT NỐI MẠNG CHO ĐÀN ROBOT TỰ HÀNH

MÃ SỐ: B2021-TNA-01

Xác nhận của cơ quan chủ trì
(Ký tên, đóng dấu)

Chủ nhiệm đề tài
(Ký, họ và tên)



TS. Đỗ Trung Hải

Thái Nguyên, tháng 05 năm 2023

**DANH SÁCH NHỮNG THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU ĐỀ
TÀI VÀ ĐƠN VỊ PHỐI HỢP CHÍNH**

Thành viên thực hiện đề tài

T T	Họ và tên	Đơn vị công tác	Vai trò
1	TS. Đỗ Trung Hải	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên	Chủ nhiệm đề tài
2	PGS. TS. Nguyễn Tuấn Minh	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên	Thư ký khoa học/ Thành viên chính
3	TS. Nguyễn Tiến Duy	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên	Thành viên chính
4	TS. Ngô Minh Đức	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên	Thành viên chính
5	TS. Nguyễn Thị Thanh Nga	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên	Thành viên chính
6	TS. Đinh Văn Nghiep	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên	Thành viên chính
7	TS. Nguyễn Hồng Quang	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên	Thành viên chính
8	ThS. Bạch Văn Nam	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên	Thành viên chính (NCS)
9	ThS. Trần Quế Sơn	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên	Thành viên chính
10	ThS. Nguyễn Thị Tuyết Hoa	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên	Thành viên chính (NCS)

Đơn vị phối hợp chính

Tên đơn vị trong và ngoài nước	Nội dung phối hợp nghiên cứu	Họ và tên người đại diện đơn vị
Viện nghiên cứu công nghệ cao về Kỹ thuật công nghiệp - Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp	Đóng góp ý kiến tư vấn về thuật toán và xây dựng mô hình.	Viện trưởng: PGS.TS. Nguyễn Văn Chí

MỤC LỤC

DANH SÁCH NHỮNG THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU ĐỀ TÀI VÀ ĐƠN VỊ PHỐI HỢP CHÍNH	3
MỤC LỤC.....	5
DANH MỤC HÌNH ẢNH	8
DANH MỤC BẢNG BIỂU	11
DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT	12
THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU.....	13
INFORMATION ON RESEARCH RESULTS.....	19
PHẦN MỞ ĐẦU	24
1. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU THUỘC LĨNH VỰC CỦA ĐỀ TÀI Ở TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC.....	24
2. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI	25
3. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI	26
4. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI NGHIÊN CỨU	27
4.1. Đối tượng nghiên cứu	27
4.2. Phạm vi nghiên cứu	27
5. CÁCH TIẾP CẬN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	27
5.1. Cách tiếp cận.....	27
5.2. Phương pháp nghiên cứu	28
6. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU CHÍNH	29
CHƯƠNG 1: NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN NHÓM CHO ĐÀN ROBOT TỰ HÀNH.....	30
1.1 Nghiên cứu tổng quan về mạng robot và các ứng dụng trên thực tế.....	30
1.2 Mô hình hóa đàn robot tự hành.....	33
1.2.1 Các mô hình chung của đàn robot tự hành	34
1.2.1.1 Mô đun trao đổi thông tin.....	34
1.2.1.2 Mô đun hành vi cơ bản.....	36
1.2.1.3 Mô đun hành vi nâng cao	36
1.2.2 Các phương pháp mô hình hóa đàn robot tự hành.....	37

1.2.2.1 Mô hình hóa dựa trên cảm biến.....	37
1.2.2.2 Mô hình vi mô.....	38
1.2.2.3 Mô hình vĩ mô.....	38
1.2.2.4 Mô hình hóa từ các thuật toán trí tuệ bầy đàn.....	38
1.3 Một số nghiên cứu tiêu biểu hiện nay về điều khiển cho đàn robot tự hành.....	39
1.4 Một số thách thức trong điều khiển đàn robot tự hành.....	41
CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU VÀ ĐÁNH GIÁ THỰC TRẠNG VỀ KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN NHÓM CHO ĐÀN ROBOT TỰ HÀNH.....	43
2.1 Nghiên cứu thu thập các kết quả nghiên cứu hiện tại về mạng robot....	43
2.2 Nghiên cứu và cập nhật các phương pháp điều khiển nhóm cho đàn robot tự hành	45
2.2.1 Cơ sở của kỹ thuật điều khiển nhóm	46
2.2.2 Nghiên cứu cụ thể các kỹ thuật truyền thông không dây áp dụng cho robot và mạng robot.....	55
CHƯƠNG 3. GIỚI THIỆU VỀ ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI - UAV.....	59
3.1 Giới thiệu về máy bay không người lái (UAV).....	59
3.2 Vấn đề điều khiển đàn UAVs	61
CHƯƠNG 4. THUẬT TOÁN XỬ LÝ ẢNH GIÁM SÁT SỬ DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO (AI) CHO PHƯƠNG TIỆN TỰ HÀNH KHÔNG NGƯỜI LÁI.....	70
4.1 Đặt vấn đề	70
4.2 Xử lý dữ liệu ở phía camera.....	71
4.3 Xử lý dữ liệu ở phía Server (trạm gốc).....	75
CHƯƠNG 5. KẾT NỐI MẠNG UAVS VÀ ỨNG DỤNG AI TRONG THU THẬP HÌNH ẢNH.....	78
5.1 Đặt vấn đề	78
5.2. Xây dựng hệ thống.....	81
5.2.1. Các hệ thống UAVs	81
5.2.2. Phương pháp xử lý dữ liệu sử dụng AI.....	82

5.3. Triển khai nhóm UAV ứng dụng AI trong thu thập hình ảnh	83
5.3.1. Điều khiển nhóm UAV	83
5.3.2. Xây dựng khung hình nền.....	85
5.3.3. Trích xuất đối tượng	86
5.3.4. Phân loại đối tượng.....	86
5.3.5. Khôi phục dữ liệu.....	87
CHƯƠNG 6. NGHIÊN CỨU CÁC THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN, CÁC THUẬT TOÁN TRUYỀN THÔNG VÀ KẾT NỐI MẠNG.....	89
6.1 Chiến lược điều khiển nhóm trường – thành viên	89
6.2 Chiến lược điều khiển dựa trên hành vi.....	90
6.3 Chiến lược điều khiển cấu trúc ảo	94
6.4 Thuật toán xử lý dữ liệu nâng cao	95
CHƯƠNG 7. MÔ PHÒNG THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN NHÓM CHO ĐÀN ROBOT TỰ HÀNH.....	96
7.1 Thiết kế điều khiển nhóm cho đàn robot tự hành.....	96
7.1.1 Xây dựng bài toán thiết kế.....	96
7.1.2 Xây dựng cấu trúc điều khiển	98
7.2 Mô phỏng hệ thống.....	104
CHƯƠNG 8. THIẾT KẾ ROBOT DẪN ĐƯỜNG TƯƠNG TÁC THÔNG MINH CHO CÁC SÂN BAY	110
8.1 Đặt vấn đề	110
8.2. Mô tả hệ thống	112
8.2.1. Bộ mã hóa	112
8.2.2. Cảm biến sóng siêu âm	113
8.2.3. Camera RGB.....	114
8.2.4. Các cảm biến xác định tọa độ.....	114
8.2.5. Bộ điều khiển PID.....	115
8.3. Triển khai iRobt hỗ trợ hành khách và tránh vật cản.....	116
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	120

DANH MỤC HÌNH ẢNH

<i>Hình 1. 1: Robot di động tự hành</i>	<i>30</i>
<i>Hình 1. 2: Phân loại robot di động tự hành theo môi trường làm việc</i>	<i>31</i>
<i>Hình 1. 3: Phân loại UAVs</i>	<i>31</i>
<i>Hình 1. 4: Mạng robot di động tự hành và một số ứng dụng</i>	<i>32</i>
<i>Hình 1.5: Mô hình chung của đàn robot tự hành</i>	<i>34</i>
<i>Hình 2. 1: Cấu trúc liên kết trong chiến lược điều khiển trưởng nhóm - thành viên</i>	<i>47</i>
<i>Hình 2. 2: Đồ thị trong đội hình một nhóm UGVs.....</i>	<i>48</i>
<i>Hình 2. 3: a) Đơn đồ thị; b) Đa đồ thị; c) Giả đồ thị</i>	<i>49</i>
<i>Hình 2. 4: a) Đồ thị có hướng và b) Đồ thị vô hướng</i>	<i>50</i>
<i>Hình 3. 1: Máy bay không người lái quadrotor UAV- FlameWheel 450 (F450).....</i>	<i>59</i>
<i>Hình 3. 2: Sơ đồ các thành phần điều khiển trên UAV F450</i>	<i>60</i>
<i>Hình 3. 3: Các phương án Tập trung và Phân tán</i>	<i>62</i>
<i>Hình 3. 4: Điều khiển dựa theo khoảng cách và không theo vị trí</i>	<i>63</i>
<i>Hình 3. 7: Các ứng dụng của AI trong các hệ thống sử dụng nhiều UAV</i>	<i>67</i>
<i>Hình 3. 8: Một số hình ảnh thu thập từ UAVs trong ứng dụng cứu hộ (AIDER)</i>	<i>68</i>
<i>Hình 4. 1: Sơ đồ khối mô tả các bước hoạt động của quá trình xử lý video ở phía giám sát UAV trước khi gửi dữ liệu đến phía máy chủ</i>	<i>71</i>
<i>Hình 4. 2: Lưu đồ thuật toán khởi tạo nền.....</i>	<i>71</i>
<i>Hình 4. 3: Bối cảnh ban đầu ở một vài khung hình đầu tiên từ bộ dữ liệu ATON.....</i>	<i>72</i>
<i>Hình 4. 4: Cập nhật đối tượng tĩnh để ước tính nền trong đó a) khung thô t, (b) nền được cập nhật với $TH_{still} = 20$ và (c) nền được cập nhật với $TH_{still} = 40$ tại các thời điểm khác nhau</i>	<i>73</i>
<i>Hình 4. 5: Trích xuất RoI (Region of Interests)</i>	<i>74</i>
<i>Hình 4. 6: Trích xuất RoIs trong findContour ở các frame ảnh ngẫu nhiên..</i>	<i>74</i>
<i>Hình 4. 7: Đánh giá độ chính xác của quá trình học máy.....</i>	<i>75</i>
<i>Hình 4. 8: Phân loại đối tượng sử dụng D-CNN.....</i>	<i>75</i>
<i>Hình 4. 9: Đánh giá quá trình học sử dụng D-CNN ở phía Server.....</i>	<i>76</i>
<i>Hình 5. 1 Minh họa mạng UAV phân tán giám sát khu vực cảm biến. UAV có thể bao phủ một khu vực rộng lớn cho mục đích giám sát.</i>	<i>80</i>
<i>Hình 5. 2: 10 UAV được triển khai theo đội hình, tránh vật cản trong môi trường làm việc khác nhau.....</i>	<i>83</i>
<i>Hình 5. 3: Nhóm UAV vượt qua các chướng ngại vật, tạo đội hình làm việc.....</i>	<i>84</i>

Hình 5. 4: Mô hình hóa nền và khung thô tương ứng.....	85
Hình 5. 5: Kết quả nền được chụp bởi các UAV khác nhau được ghép lại....	85
Hình 5. 6: Ước lượng – phân tích chuyển động theo thứ tự từ trái qua phải, từ trên xuống dưới a) Hình nền, b) Khung hình thực, c) Khung hình có chuyển động d) Phát hiện chuyển động.....	86
Hình 5. 7:Đánh giá phân loại đối tượng sử dụng CNN: Độ chính xác giữa đào tạo và thực tế.....	87
Hình 6. 1: Các chiến lược điều khiển nhóm cơ bản.....	89
Hình 6. 2: Chiến lược điều khiển trưởng nhóm - thành viên.....	89
Hình 6. 3: Chiến lược điều khiển dựa trên hành vi	91
Hình 6. 4: Sơ đồ khối mô tả phương pháp điều khiển dựa trên lược đồ chuyển động.....	91
Hình 6. 5: Chiến lược điều khiển cấu trúc ảo.....	94
Hình 7. 1: Mạng UAVs sử dụng trong nhiệm vụ giám sát.....	97
Hình 7. 2: Vòng điều khiển trong của hệ thống điều khiển bay cho một UAV99	
Hình 7. 3: Sơ đồ của hệ thống điều khiển bay cho một UAV	99
Hình 7. 4: Cấu trúc điều khiển cho đàn UAVs	100
Hình 7. 5: Cấu trúc 2D của mạng tinh thể α (a) và quasi- α (b).....	103
Hình 7. 6: Chương trình mô phỏng trên phần mềm MATLAB	104
Hình 7. 7: Nhóm 10 UAVs di chuyển đến mục tiêu (a) và tránh chướng ngại (b)	106
Hình 7. 8: Đội hình mạng quasi - alpha của 10 UAVs tại vị trí mục tiêu	106
Hình 7. 9: Nhóm 100 UAVs di chuyển đến mục tiêu (a) và tránh chướng ngại (b) (c) và đội hình mạng quasi - alpha tại vị trí mục tiêu (d) sau thời gian $t = 180s$	107
Hình 7. 10: Nhóm 100 UAVs di chuyển đến mục tiêu sau khi thay đổi số lượng vật cản	108
Hình 7. 11: Nhóm 100 UAVs di chuyển đến mục tiêu sau khi thay đổi tọa độ	109
Hình 8. 1 (a) Hình ảnh 3D của iRobt; (b) Hình ảnh lắp ráp thử nghiệm iRobt; (c) Các bộ cảm biến; (d) Các thông số của iRobt.....	110
Hình 8. 2: Sơ đồ khối của hệ thống iRobt.....	112
Hình 8. 3: Cấu trúc của bộ mã hóa quay.....	113
Hình 8. 4: Cảm biến sóng siêu âm.....	113
Hình 8. 5: Logitech BRIO 4K.....	114
Hình 8. 6: (a) Cảm biến điện từ và các điểm tham chiếu từ; (b) Tính toán vị trí và định hướng của iRobt	115

<i>Hình 8. 7: Sơ đồ khối của bộ điều khiển PID trong vòng hồi tiếp.....</i>	<i>115</i>
<i>Hình 8. 8: (a) Khách hàng giao tiếp với robot; (b) Robot hướng dẫn khách hàng tài xế hỗ trợ check-in.</i>	<i>116</i>
<i>Hình 8. 9: (a) Bản đồ sân bay và đường đi của robot; (b) Đường đi thực tế của robot trong khi hỗ trợ khách hàng.</i>	<i>117</i>
<i>Hình 8. 10: Vị trí của các điểm từ trường trên sàn của sân bay.....</i>	<i>117</i>
<i>Hình 8. 11: Quá trình robot tránh chướng ngại vật và biểu đồ cực VFH+..</i>	<i>118</i>

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 3. 1: Thông số kỹ thuật của quadrotor UAV- FlameWheel 450 (F450)59

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

STT	Ký hiệu chữ viết tắt	Chữ viết đầy đủ
1	AMR	Robot di động tự hành
2	FC	Điều khiển nhóm
3	MAS	Hệ thống đa tác tử
4	MRS	Hệ thống đa robot
5	UAVs	Thiết bị bay không người lái
6	UUVs	Thiết bị dưới nước không người lái
7	UGVs	Thiết bị mặt đất không người lái
8	VTOL	Cất cánh - hạ cánh thẳng đứng

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung

- Tên đề tài: **Nghiên cứu và đề xuất thuật toán mới trong điều khiển, kỹ thuật truyền thông và kết nối mạng cho đàn robot tự hành**

- Mã số: B2021-TNA-01

- Chủ nhiệm đề tài: TS. Đỗ Trung Hải

- Cơ quan chủ trì: Đại học Thái Nguyên

- Thời gian thực hiện: 24 tháng

2. Mục tiêu

Về điều khiển: nghiên cứu và đề xuất các thuật toán tối ưu cho robot/UAV hay mạng robot/UAV di chuyển trong nhiều địa hình khác nhau;

Về truyền thông: nghiên cứu và ứng dụng các công nghệ viễn thông mới áp dụng cho việc truyền thông giữa các robots, giữa robot và các trạm gốc thu thập và xử lý thông tin;

Về kết nối mạng robot: nghiên cứu và ứng dụng các thuật toán kết nối mạng phù hợp, giúp đàn robot/UAV có thể kết nối với nhau được tốt nhất, hoạt động trên các địa hình khác nhau mà vẫn giữ được thông tin liên lạc và hỗ trợ cho nhau trong việc thực hiện nhiệm vụ.

Mục tiêu tổng quát của đề tài nhằm đưa ra ứng dụng được những thuật toán điều khiển và truyền thông tối ưu cho đàn robot/UAV, hướng tới nhiều ứng dụng khác nhau như giám sát, thu thập dữ liệu, ...

3. Tính mới và sáng tạo

- Về vấn đề điều khiển, đề tài đã nghiên cứu các thuật toán điều hướng cho robot trong các môi trường khác nhau, tránh vật cản. Ngoài ra, một số thuật toán cho thiết bị bay không người lái (UAV) được triển khai. UAV có thể được coi là thiết bị robot hoạt động tự động trên không trung, thực hiện các nội dung theo yêu cầu.

- Về truyền thông, một số công nghệ truyền thông ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) vào xử lý hình ảnh, làm giảm băng thông truyền dẫn cũng như thời gian xử lý dữ liệu, nâng cao hiệu quả hoạt động của hệ thống robot nói chung, và cho UAV nói riêng.

- Về kết nối mạng robot, một số thuật toán điều khiển nhóm, kết nối mạng robot và UAV được triển khai. Các thiết bị tự động này được kết nối, hoạt động theo nhóm đáp ứng được nhiều ứng dụng thực tế.

4. Kết quả nghiên cứu

- Đề tài triển khai nghiên cứu các vấn đề về điều khiển robot di động nói chung và UAV nói riêng. Trọng tâm nghiên cứu tập trung khảo sát các thuật toán về điều khiển trên một thiết bị và nhóm thiết bị. Ngoài ra, các phương pháp thu thập dữ liệu, xử lý dữ liệu cũng được nghiên cứu khảo sát đầy đủ cùng những ứng dụng phổ biến. Một số kết quả nghiên cứu đã được công bố trên các tạp chí quốc tế có uy tín, các hội thảo quốc tế có uy tín.

- Đề tài đã đề xuất các phương pháp điều khiển mới cho thiết bị robot di động và UAV, có các mô hình toán, có các kết quả mô phỏng và thực nghiệm đi kèm làm minh chứng.

- Đề tài đã đề xuất các phương pháp kết nối mạng, truyền thông và xử lý dữ liệu có ứng dụng công nghệ trí tuệ nhân tạo (AI) cho việc xử lý hình ảnh thu thập từ camera gắn trên các UAV trong hoạt động giám sát.

5. Sản phẩm

5.1. Sản phẩm khoa học (các bài báo công bố)

Tạp chí Quốc tế có uy tín (ISI): 02 bài Q2; 01 bài Q3

Tạp chí Quốc tế có chỉ số ISSN: 01 bài

Hội thảo Quốc tế có uy tín (Web of Science/SCOPUS) : 02 bài

Cụ thể như sau:

Tạp chí Quốc tế có uy tín (trong danh mục trích dẫn của Web of Science/SCOPUS)

TT	Tên bài báo	Năm xuất bản	CSDL trích dẫn	Hạng (Rank)
1	Nguyen, Minh T., Cuong V. Nguyen, Hai T. Do , Hoang T. Hua, Thang A. Tran, An D. Nguyen, Guido Ala, and Fabio Viola. "UAV-assisted data collection in wireless sensor networks: A comprehensive survey." <i>Electronics</i> 10, no. 21 (2021): 2603.	2021	ISI/SC OPUS	Q2
2	Tran, Hoang T., Dong LT Tran, Vinh Q. Nguyen, Hai T. Do , and Minh T. Nguyen. "A novel framework of modelling, control, and simulation for autonomous quadrotor UAVs utilizing Arduino mega." <i>Wireless Communications and Mobile Computing</i> 2022 (2022).	2022	ISI/SC OPUS	Q2
3	Tran, Hoang T., Thanh C. Vo, Quan NA Nguyen, Quang N. Pham, Duyen M. Ha, Thanh Q. Le, Thang K. Nguyen, Dong LT Tran, Hai T. Do , and Minh T. Nguyen. "A novel design of a smart interactive guiding robot for busy airports." <i>International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems</i> 15, no. 1 (2022).	2022	ISI/SC OPUS	Q3

Hội thảo Quốc tế có uy tín (trong danh mục trích dẫn của Web of Science/SCOPUS)

TT	Tên bài báo	Năm xuất bản	CSDL trích dẫn (Index)	Hạng (Rank)	Ghi chú
1	Tran, Hoang T., Thanh C. Vo, Dong Lt Tran, Quan Na Nguyen, Duyen M. Ha, Quang N. Pham, Thanh Q. Le, Thang K. Nguyen, Hai T. Do ,	2022	WoS/ SCOPUS		Hội thảo Quốc tế tại Italy

	and Minh T. Nguyen. "Extended Kalman filter (EKF) based localization algorithms for mobile robots utilizing vision and odometry." In <i>2022 IEEE 21st Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON)</i> , pp. 91-96. IEEE, 2022.				
2	Tran, Dong LT, Hai T. Do , Hoang T. Tran, Thang Hoang, and Minh T. Nguyen. "A Design and Implement of Fuzzy Controller for Taking-off and Landing for Unmanned Aerial Vehicles." In <i>Advances in Engineering Research and Application: Proceedings of the International Conference on Engineering Research and Applications, ICERA 2022</i> , pp. 13-22. Cham: Springer International Publishing, 2022.	2022	SCOPUS	Q4	Hội thảo Quốc tế tại Việt Nam

Tap chí Quốc tế có chỉ số ISSN (online)

TT	Tên bài báo	Năm xuất bản	CSDL trích dẫn	Ghi chú
1	Do, Hai T. , Hoa Nguyen, Cuong Nguyen, Mui Nguyen, and Minh Nguyen. "Formation control of multiple unmanned vehicles based on graph theory: A Comprehensive Review." <i>EAI Endorsed Transactions on Mobile Communications and Applications</i> 7, no. 3 (2022).	2022	Google Scholar and others	

5.2. Sản phẩm đào tạo: ThS 01, NCS 02

1. Đào tạo thành công thạc sỹ Nguyễn Quang Minh, ngành Kỹ thuật Điều khiển và Tự động hóa tại Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên, đã bảo vệ thành công luận văn theo hướng nghiên cứu của đề tài “*Nghiên cứu thuật toán điều khiển cho đàn robot tự hành*”. *Đã nhận bằng tốt nghiệp theo Quyết định tốt nghiệp số 1798/QĐ-ĐHKTCN ngày 23 tháng 6 năm 2022.*

2. Hỗ trợ NCS Nguyễn Thị Tuyết Hoa, công tác tại Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên, làm NCS tại khoa Điện, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên; đã bảo vệ thành công 02 chuyên đề;

3. Hỗ trợ NCS Nguyễn Văn Cường, công tác tại Đại học Công nghệ Thông tin và Truyền thông - ĐH Thái Nguyên, làm NCS tại khoa Điện, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên; đã bảo vệ thành công 02 chuyên đề;

Sản phẩm sách phục vụ đào tạo, tham khảo: 01 sách chuyên khảo (tham khảo cho nghiên cứu sinh, học viên cao học và người học quan tâm):

Tên sách: *Kỹ thuật điều khiển nhóm cho đàn robot tự hành*

Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật;

Mã số sách tiêu chuẩn quốc tế - ISBN: 978-604-67-2595-4

Quyết định xuất bản Số: 59/QĐXB-NXBKHKT, ngày 11/05/2023

6. Phương thức chuyển giao, địa chỉ ứng dụng, tác động và lợi ích đem lại của kết quả nghiên cứu

Các thuật toán điều khiển, truyền thông kết nối mạng và xử lý dữ liệu ứng dụng công nghệ AI đã được xuất bản tại các nhà xuất bản có uy tín, được chỉ mục trong các cơ sở dữ liệu uy tín như WoS, SCOPUS. Các sản phẩm này sẽ là những tài liệu tham khảo cho các nhà nghiên cứu trẻ, các học viên sau đại học và sinh viên của các trường đại học.

Ngoài ra, những kết quả tốt mặc dù chưa được triển khai trên thực tế, những sẽ là những cơ sở tốt cho việc triển khai hiệu quả trong tương lai gần. Những kết quả giúp cho việc điều khiển hệ thống hiệu quả hơn, tiết kiệm băng thông truyền dẫn, giúp cho các hệ thống giám sát sử dụng robot di động, UAV hoạt động hiệu quả hơn.

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information

- Project title: Research and propose new algorithms in control, communication techniques and networking for autonomous robots
- Code number: B2021-TNA-01
- Coordinator: Dr. Do Trung Hai
- Implementing institution: Thai Nguyen University
- Duration: 24 months

2. Objectives

About control fields: research and propose optimal algorithms for robot networks moving in different terrains;;

About communication area: research and application of new telecommunications technologies applied to communication between robots, between robots and base stations that collect and process information;

About robot networking: research and come up with suitable network algorithms, network protocols that help the robot herd to connect with each other in the best way, operate on different terrains and still retain relevant information. communicate and support each other in performing tasks.

The overall goal of the project is to create optimal communication and control algorithms for the robot herd, towards many different applications such as monitoring, data collection,

3. Creativities and innovativeness

- Regarding control, the topic has studied navigation algorithms for robots in different environments, avoiding obstacles. In addition, several algorithms for unmanned aerial vehicles (UAVs) are implemented. UAVs can be considered as robotic devices that operate automatically in the air, performing on-demand content.

- Regarding communication, a number of communication technologies apply artificial intelligence (AI) to image processing, reducing transmission

bandwidth as well as data processing time, improving operational efficiency of robotic systems. in general, and for UAVs in particular.

- Regarding robot networking, a number of group control algorithms, robot and UAV networking are deployed. These automated devices are connected, working in groups to meet many practical applications.

4. Research results

- The project deploys and studies the issues of mobile robot control in general and UAV in particular. The focus of research focuses on investigating control algorithms on a device and group of devices. In addition, the methods of data collection and data processing are also fully investigated and popularized. Some research results have been published in prestigious international journals, prestigious international conferences.

- The topic has proposed new control methods for mobile robotic devices and UAVs, with mathematical models, simulation results and accompanying experiments as proofs..

- The topic has proposed methods of networking, communication and data processing with application of artificial intelligence (AI) technology for processing images collected from cameras mounted on UAVs in surveillance activities.

5. Product

5.1. Scientific products (Journal papers)

International Journals: 02 papers ranking Q2; 01 papers ranking Q3

Ordinary journals having ISSN: 01 papers

International Conference: 04 papers

Details about the publications

Good international journals (Indexing in Web of Science/SCOPUS)

No	Names of publications	Year	Index	Rank
1	Nguyen, Minh T., Cuong V. Nguyen, Hai T. Do , Hoang T. Hua, Thang A. Tran, An D.	2021	ISI/SCOPUS	Q2

	Nguyen, Guido Ala, and Fabio Viola. "UAV-assisted data collection in wireless sensor networks: A comprehensive survey." <i>Electronics</i> 10, no. 21 (2021): 2603.			
2	Tran, Hoang T., Dong LT Tran, Vinh Q. Nguyen, Hai T. Do , and Minh T. Nguyen. "A novel framework of modelling, control, and simulation for autonomous quadrotor UAVs utilizing Arduino mega." <i>Wireless Communications and Mobile Computing</i> 2022 (2022).	2022	ISI/SC OPUS	Q2
3	Tran, Hoang T., Thanh C. Vo, Quan NA Nguyen, Quang N. Pham, Duyen M. Ha, Thanh Q. Le, Thang K. Nguyen, Dong LT Tran, Hai T. Do , and Minh T. Nguyen. "A novel design of a smart interactive guiding robot for busy airports." <i>International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems</i> 15, no. 1 (2022).	2022	ISI/SC OPUS	Q3

Good international conference (Indexing in Web of Science/SCOPUS)

No	Names of publications	Year	Index	Rank	Note
1	Tran, Hoang T., Thanh C. Vo, Dong Lt Tran, Quan Na Nguyen, Duyen M. Ha, Quang N. Pham, Thanh Q. Le, Thang K. Nguyen, Hai T. Do , and Minh T. Nguyen. "Extended Kalman filter (EKF) based localization algorithms for mobile robots utilizing vision and odometry." In <i>2022 IEEE 21st Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON)</i> , pp. 91-96. IEEE, 2022.	2022	ISI/ SCOPUS		in Italy
2	Tran, Dong LT, Hai T. Do , Hoang T.	2022	SCOPUS	Q4	in

	Tran, Thang Hoang, and Minh T. Nguyen. "A Design and Implement of Fuzzy Controller for Taking-off and Landing for Unmanned Aerial Vehicles." In <i>Advances in Engineering Research and Application: Proceedings of the International Conference on Engineering Research and Applications, ICERA 2022</i> , pp. 13-22. Cham: Springer International Publishing, 2022.				Viet Nam
--	---	--	--	--	----------

Ordinary international journals having ISSN (online)

No	Names of publications	Year	Indexing	Note
1	Do, Hai T. , Hoa Nguyen, Cuong Nguyen, Mui Nguyen, and Minh Nguyen. "Formation control of multiple unmanned vehicles based on graph theory: A Comprehensive Review." <i>EAI Endorsed Transactions on Mobile Communications and Applications</i> 7, no. 3 (2022).	2022	Google Scholar and others	

5.2. Education

1. Successfully trained Master Nguyen Quang Minh, majoring in Automation and Control Engineering at the University of Industrial Technology - Thai Nguyen University, successfully defended his thesis in the direction of the topic "Research on control math for self-propelled robots". Received diploma according to Graduation Decision No. 1798/QĐ-ĐHKTCN dated June 23, 2022.

2. Supporting PhD student Nguyen Thi Tuyet Hoa, working at the University of Industrial Technology - Thai Nguyen University, working as a PhD student at the Faculty of Electrical Engineering, Thai Nguyen University

of Technology (TNUT)- Thai Nguyen University; successfully defended 02 topics;

3. Supporting PhD student Nguyen Van Cuong, working at the University of Information and Communication Technology - Thai Nguyen University, working as a PhD student at the Faculty of Electrical Engineering, Thai Nguyen University of Technology (TNUT) - Thai Nguyen University; successfully defended 02 topics;

Book for traing and reference: 01 Monographs (Technical book as reference for graduate students and other readers):

Book title: *Formation control for autonomous robots*

Science and Technics Publishing House;

ISBN: 978-604-67-2595-4

Publishing Decition No: 59/QĐXB-NXBKHKHKT, dated 11/05/2023

6. Transfer alternatives, application institution, impacts and benefits of research results

The control algorithms, networked communication and data processing applying AI technology have been published at reputable publishers, indexed in reputable databases such as WoS, SCOPUS. These products will be good references for young researchers, graduate students and university students.

In addition, the good results, although not yet implemented in practice, will be good bases for effective implementation in the near future. The results help control the system more effectively, save transmission bandwidth, and support monitoring systems using mobile robots and UAVs work more efficiently.

PHẦN MỞ ĐẦU

1. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU THUỘC LĨNH VỰC CỦA ĐỀ TÀI Ở TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC

Ở Việt Nam, nghiên cứu về mạng robot/UAV cũng đã được đề cập tuy nhiên chủ yếu vẫn đang tập trung ở mức độ nghiên cứu cơ bản nhất là trong các nghiên cứu dân sự. Các kết quả nghiên cứu trong nước về lĩnh vực này còn chưa nhiều và vẫn tồn tại hạn chế. Sự hạn chế này phụ thuộc nhiều vào thiết bị, vào thuật toán điều khiển, kỹ thuật truyền thông và kết nối mạng cho đàn Robot. Vì vậy đề tài “Nghiên cứu và đề xuất thuật toán mới trong điều khiển, kỹ thuật truyền thông và kết nối mạng cho đàn robot tự hành” nhằm đưa ra được những kết quả tối ưu nhằm làm hoàn thiện hơn về mặt khoa học và ý nghĩa thực tiễn cho hướng nghiên cứu đề xuất là cấp thiết.

Hiện nay trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu chuyên sâu về lĩnh vực robot tự hành, được triển khai trên nhiều lĩnh vực khác nhau. Các robot hoạt động đơn lẻ hoặc kết nối thành mạng được điều khiển tập trung hoặc phân tán, đã mang lại nhiều ứng dụng hữu ích không chỉ trong quân sự, công nghiệp mà cả trong nhiều mặt của đời sống xã hội.

Các hệ thống mạng robot đang được triển khai cho nhiều mục tiêu ứng dụng khác nhau, có kích thước khác nhau, phù hợp với nhiều môi trường làm việc. Các thuật toán điều khiển và truyền thông cho mạng robot được phát triển đa dạng, áp dụng được nhiều công nghệ mới, tạo sự linh hoạt cho việc kết nối. Ngoài ra, các công nghệ xử lý dữ liệu cho mạng robot cũng phát triển mạnh mẽ, giảm được dữ liệu dư thừa, đảm bảo được chất lượng truyền thông cũng như tiết kiệm năng lượng tiêu thụ cho mạng. Các công nghệ tiên tiến tích hợp cho các mạng robot cũng được nghiên cứu và triển khai trên nhiều mô hình hệ thống, Điển hình như công nghệ trí tuệ nhân tạo (AI), công nghệ thu lượng từ môi trường ngoài để cấp cho mạng robot, ... đang được tập trung nghiên cứu.

Tuy nhiên, với mối quan tâm cũng như nhu cầu ngày càng lớn hiện nay đặc biệt trong cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4, việc nghiên cứu phát triển robot nói chung và mạng robot nói riêng vẫn đang là vấn đề thời sự được các nhà khoa học trong nước và trên thế giới quan tâm nghiên cứu. Đã có

nhiều công trình nghiên cứu robot di động, máy bay không người lái... được đề xuất. Tuy nhiên, vấn đề về hiệu quả năng lượng tiêu thụ, truyền thông, các thuật toán điều khiển và kết nối mạng robot vẫn chưa được giải quyết một cách tối ưu.

Gần đây, máy bay không người lái (UAV) đã thu hút rất nhiều sự chú ý kể từ khi chúng có thị trường tiềm năng mới. UAV có vô số ứng dụng thương mại do kích thước tương đối nhỏ và khả năng bay mà không cần phi công trên máy bay, chẳng hạn như trong nông nghiệp, nhiếp ảnh, giám sát và nhiều hoạt động cứu hộ. Việc triển khai UAV trên toàn thế giới sẽ tăng lên khi công nghệ và các quy định đã đủ trưởng thành. Do khả năng sử dụng toàn cầu của nó, UAV sẽ đóng một vai trò quan trọng trong tầm nhìn Internet-of-Everything (IoE), và điều này sẽ đóng vai trò quan trọng trong tầm nhìn này.

UAV thường được trang bị cảm biến, máy ảnh và thiết bị truyền động nên chúng có thể cung cấp các dịch vụ IoE mới. Những ưu điểm độc đáo của UAV dành cho IoE bao gồm: khả năng triển khai ở các địa điểm từ xa, khả năng mang tải trọng linh hoạt, khả năng lập trình lại trong các nhiệm vụ và khả năng cảm nhận / đo lường mọi thứ, ở bất kỳ đâu. Những thách thức trong nghiên cứu để đưa các khả năng như vậy của UAV vào thực tế là rất nhiều và đáng kể. Các hệ thống UAV đang được mong đợi sẽ hỗ trợ tín hiệu điều khiển độ trễ thấp, điều hướng và giám sát thời gian thực có độ chính xác cao, cấu trúc liên kết mạng thay đổi nhanh chóng và truyền phát phương tiện tốc độ cao, và quan trọng nhất là thu thập và xử lý dữ liệu một cách hiệu quả.

Để đạt được tính hiệu quả hơn cho mạng UAV, cả trong và ngoài nước đã có nhiều nghiên cứu. Những nghiên cứu tập trung không chỉ vào điều khiển các hệ thống UAV mà còn tập trung vào truyền thông và xử lý dữ liệu. Việc tối ưu phương pháp thu thập dữ liệu cảm biến và nâng cấp các mạng UAV nói chung là cần thiết để đáp ứng rất nhiều các nhu cầu dịch vụ không dây khác nhau hiện nay.

2. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Hiện nay các kết quả nghiên cứu về mạng robot/UAV đã mở ra khả năng ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như: quân sự, y tế, thương mại, công nghiệp,... với

rất nhiều các chức năng khác nhau, như theo dõi, thu thập dữ liệu, cảnh báo giám sát và thực hiện nhiều nhiệm vụ khác với khả năng linh hoạt, chính xác.

Các robot/UAV hoạt động dưới nhiều hình thức khác nhau, nhiều nội dung gắn với kích thước cũng vùng hoạt động khác nhau dẫn đến yêu cầu cần được đáp ứng về kỹ thuật dành cho các loại robot cũng rất đa dạng và khó tiếp cận. Với từng mục tiêu cụ thể lại có những yêu cầu sát thực cần được đáp ứng. Như vậy cần có những kỹ thuật, công nghệ phù hợp đáp ứng được các yêu cầu ngày càng tăng từ người sử dụng hay các vùng dịch vụ cần có sự hỗ trợ thiết yếu của robot/UAV.

Hiện nay, đã có nhiều thuật toán được đề xuất để điều khiển, truyền thông và xử lý dữ liệu thu thập được từ đàn robot/UAV. Tuy nhiên, còn rất nhiều vấn đề cần được giải quyết, nhất là các giải pháp thích ứng cho từng dịch vụ và đối tượng cụ thể. Tiếp đó là những giải pháp tối ưu dành cho cả robot/UAV và mạng robot/UAV. Hiện nay, đã có rất nhiều công nghệ tiên tiến hỗ trợ cho việc truyền thông hay điều khiển nói chung và áp dụng cho robot và mạng robot nói riêng. Các giải pháp này sẽ mang lại nhiều cải tiến đáng kể. Tuy nhiên, việc áp dụng sẽ cần thêm nhiều chi phí, cả về trọng lượng, năng lượng tiêu thụ, máy tính để tính toán, ... Việc cân đối sử dụng phương án nào là rất cần thiết, đáp ứng được nhu cầu thực tế, lại đảm bảo chi phí phù hợp. Do vậy, đề tài “Nghiên cứu và đề xuất thuật toán mới trong điều khiển, kỹ thuật truyền thông và kết nối mạng cho đàn robot tự hành” sẽ tập trung giải quyết một số vấn đề cấp thiết đã trình bày ở trên.

Chính vì vậy, đề tài sẽ tập trung nghiên cứu đánh giá các phương pháp tiếp cận mới trong điều khiển, kỹ thuật truyền thông và kết nối mạng cho đàn robot/UAV tự hành nhằm đáp ứng các yêu cầu cấp thiết đã trình bày ở trên.

3. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

Về điều khiển: nghiên cứu và đề xuất các thuật toán tối ưu cho mạng robot/UAV di chuyển trong nhiều địa hình khác nhau;

Về truyền thông: nghiên cứu và ứng dụng các công nghệ viễn thông mới áp dụng cho việc truyền thông giữa các robot/UAV để thu thập và xử lý thông tin;

Về kết nối mạng robot: nghiên cứu và đưa ra các thuật toán mạng phù hợp, các giao thức mạng giúp đàn robot/UAV có thể kết nối với nhau được tốt nhất, hoạt động trên các địa hình khác nhau mà vẫn giữ được thông tin liên lạc và hỗ trợ cho nhau trong việc thực hiện nhiệm vụ.

4. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI NGHIÊN CỨU

4.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài tập trung vào một số vấn đề sau:

- Các thuật toán điều khiển robot/UAV và mạng robot/UAV tự hành;
- Các kỹ thuật/công nghệ truyền thông, xử lý dữ liệu đáp ứng được quá trình truyền nhận dữ liệu trong mạng robot/UAV;
- Các thuật toán định tuyến, phương pháp thu thập dữ liệu cảm biến tiết kiệm năng lượng cho robot/UAV;
- Các công nghệ tiên tiến tích hợp vào trong mạng robot/UAV hỗ trợ cho việc điều khiển, ví dụ như AI, ...

4.2. Phạm vi nghiên cứu

- Về mặt lý thuyết: Các kỹ thuật điều khiển cho robot/UAV đơn lẻ và có thể kết nối theo đàn;
- Về thực nghiệm: Thiết kế và xây dựng các mô hình hệ thống điều khiển và truyền thông cho robot/UAV và mạng robot/UAV. Các robot/UAV có thể chạy thử trên một số môi trường làm việc khác nhau;
- Các loại mạng UAVs khác nhau, hoạt động trên nhiều môi trường khác nhau sẽ có những đặc thù, đặc tính điều khiển khác nhau.
- Các công nghệ truyền thông và xử lý dữ liệu hỗ trợ cho điều khiển, ... được nghiên cứu để hỗ trợ một cách tốt nhất cho mạng robot/UAV hoạt động hiệu quả, đáp ứng được yêu cầu của thị trường.

5. CÁCH TIẾP CẬN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

5.1. Cách tiếp cận

- Từ những nghiên cứu tổng quát, chi tiết về các phương pháp định tuyến, kỹ thuật, công nghệ điều khiển nhóm và truyền thông cho mạng UAVs đã

được công bố, đề tài sẽ tiếp cận được các công nghệ, các giải pháp nền tảng và nâng cao. Từ đó đề tài sẽ triển khai các thuật toán và các phương pháp mới nhằm đáp ứng được các yêu cầu đề ra.

- Trên các cơ sở lý thuyết và thực tiễn, các thành viên của đề tài sẽ tiếp tục phát triển, có thể đề xuất các thuật toán, phương pháp điều khiển/ định tuyến/truyền thông mới.

5.2. Phương pháp nghiên cứu

- *Nghiên cứu tất cả các nội dung cơ bản liên quan*: những công trình đã công bố được nghiên cứu, xem xét tính ổn định, tính mới được ghi nhận thành những nội dung liên quan, nền móng, để từ đó có thể xây dựng ý tưởng mới, dự kiến có kết quả tốt hơn, mang lại nhiều ưu điểm hơn ở một góc độ nào đó trong nghiên cứu. Cơ sở dữ liệu online có uy tín như: IEEE, Elsevier, Springer, ...
- *Xây dựng hướng nghiên cứu mới, thuật toán mới*: khi những hướng nghiên cứu mới được hình thành, tác giả có thể phác thảo những thuật toán mới mang tính khả dụng cao có thể áp dụng để thay đổi, mang lại kết quả tốt hơn so với những kết quả đã có được ghi nhận tại các nguồn cơ sở dữ liệu uy tín đã nêu.
- *Xây dựng công thức toán*: đây là bước phức tạp đòi hỏi một số lượng kiến thức toán học cơ bản và nâng cao. Công thức toán được xây dựng phải đảm bảo tính chính xác của toán học, đồng thời cũng phải đảm bảo tích logic để có thể đưa vào chương trình máy tính chạy được.
- *Xây dựng chương trình mô phỏng*: dựa trên các ý tưởng, từ thuật toán đến phương trình toán học, mà các chương trình mô phỏng được xây dựng để đáp ứng hai mục tiêu: (i) thu được kết quả đúng như thuật toán đã mô tả (kết quả có thể tốt hơn hoặc kém hơn so với các kết quả đã công bố); (ii) so sánh kết quả mô phỏng với kết quả thực hiện bởi các phương trình toán học để thẩm định lại tính chính xác của các phương trình toán học đã được xây dựng.
- *Xây dựng và chạy thử mô hình thực nghiệm*: đây là bước rất quan trọng sau bước mô phỏng, để khẳng định được một lần nữa khả năng áp dụng

nhanh vào thực tế của các thuật toán cũng như các kết quả mô phỏng. Bước này đòi hỏi phải đầu tư cơ sở vật chất và các điều kiện thực tế liên quan.

- *Công bố kết quả nghiên cứu:* bước này là bước tổng hợp tất cả các kết quả nghiên cứu trong một chủ đề, một hướng chuyên sâu để viết báo khoa học đảm bảo tính logic của vấn đề, đảm bảo về ngôn ngữ sử dụng, đảm bảo về tính ngắn gọn, xúc tích, và đặc biệt là đảm bảo để không vi phạm đạo đức trong nghiên cứu khoa học.

6. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU CHÍNH

Về điều khiển:

- Nghiên cứu tổng quan về mạng robot/UAV và các ứng dụng trên thực tế;
- Nghiên cứu những kỹ thuật điều khiển robot/UAV trên thực tế;
- Nghiên cứu và xây dựng các mô hình điều khiển robot/UAV;
- Chạy mô phỏng và trích chọn các kết quả, thu thập dữ liệu phù hợp;
- Nghiên cứu tích hợp các công nghệ, kỹ thuật tiên tiến áp dụng cho việc điều khiển đàn robot/UAV; Triển khai các thuật toán mới vào robot/UAV thực tế để chạy thử
- Chạy thử robot/UAV và thu thập kết quả thực tế.

Về truyền thông xử lý dữ liệu và kết nối mạng robot/UAV:

- Nghiên cứu tổng quan các công nghệ truyền thông có thể áp dụng cho robot/UAV và mạng robot/UAV;
- Nghiên cứu cụ thể các kỹ thuật truyền thông và xử lý dữ liệu áp dụng cho robot/UAV và mạng robot/UAV;
- Kiểm tra, hiệu chỉnh các chương trình chạy mô phỏng trong mạng robot/UAV;
- Thu thập, lựa chọn các kết quả mô phỏng cho việc công bố
- Viết các bài báo khoa học công bố trên các tạp chí quốc tế
- Báo cáo các bài báo tiếng Anh tại hội thảo (seminar) của đơn vị
- Tổng kết, đánh giá: viết báo cáo tóm tắt, báo cáo tổng kết.

CHƯƠNG 1: NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN NHÓM CHO ĐÀN ROBOT TỰ HÀNH

1.1 Nghiên cứu tổng quan về mạng robot và các ứng dụng trên thực tế

Robot di động tự hành (Autonomous Mobile Robot - AMR) hay còn được gọi là robot tự hành là một thiết bị tự động có thể hiểu và di chuyển trong môi trường của nó mà không bị giám sát trực tiếp bởi người điều khiển hoặc trên một con đường cố định được xác định trước. Robot di động tự hành được trang bị một loạt các cảm biến tinh vi cho phép chúng hiểu và diễn giải môi trường của chúng, giúp chúng thực hiện nhiệm vụ của mình theo cách và đường đi hiệu quả nhất có thể, đồng thời chúng cũng có thể điều hướng xung quanh các vật cản cố định (ví dụ như tòa nhà, giá đỡ, trạm làm việc, v.v.) và vật cản động (chẳng hạn như người, xe nâng, các robot tự hành khác,...). Robot tự hành có khả năng linh hoạt tìm ra con đường hiệu quả nhất để đạt được từng nhiệm vụ và được thiết kế để làm việc cộng tác với các trung tâm điều hành.



Hình 1. 1: Robot di động tự hành

- **Phân loại robot tự hành**

Có nhiều cách phân loại robot tự hành như theo môi trường hoạt động, theo ứng dụng và nhiệm vụ mà robot cần thực hiện. Tuy nhiên cách phân loại phổ biến nhất là theo môi trường hoạt động của robot (hình 1.2): có ba môi trường chính cho robot di động tự hành hoạt động: dưới nước (Unmanned Underwater Vehicles - UUVs), trên cạn (Unmanned Ground Vehicles -

UGVs), và trên không (Unmanned Aerial Vehicles – UAVs), từ đó đòi hỏi các nguyên tắc thiết kế khác nhau đáng kể vì chúng khác nhau về cơ chế chuyển động. Ngoài ra cũng có những loại robot tự hành lai ví dụ như robot có khả năng di chuyển cả dưới nước và trên mặt đất.



a. UAVs

b. UGVs

c. UUVs

Hình 1. 2: Phân loại robot di động tự hành theo môi trường làm việc

Robot tự hành trong ba môi trường này cũng có thể được chia thành các phân lớp nhỏ hơn: robot trên mặt đất UGVs có thể có chân, bánh xe hoặc đường ray, robot trên không UAVs có thể là khinh khí cầu nhẹ hơn không khí hoặc máy bay nặng hơn không khí, hoặc chia theo loại cánh bao gồm loại cánh cố định và cánh quay.



a. UAV cánh cố định

b. UAV cánh quay

c. UAV lai

Hình 1. 3: Phân loại UAVs

Trong ba loại robot tự hành kể trên thì UAVs đang được nghiên cứu và ứng dụng nhiều hơn cả do tính chất cơ động, linh hoạt và phạm vi hoạt động rộng lớn của chúng. UAVs được định nghĩa là một phương tiện di chuyển trong không trung, không có người lái trực tiếp trong buồng lái, sử dụng lực khí động học để cung cấp lực đẩy và lực nâng. Có nhiều cách để phân loại UAVs như theo khối lượng, kích thước, ứng dụng, nhưng phổ biến nhất là phân loại theo cấu tạo cánh bao gồm UAV cánh cố định, UAV cánh quay hay

loại UAV lai có thể kết hợp cánh cứng và cánh quay (hình 1.3) Trong đó loại UAV cánh quay có khả năng vận hành linh hoạt do có thể cất cánh - hạ cánh thẳng đứng (VTOL) và bay lơ lửng, kích thước nhỏ gọn dễ dàng thiết kế và chế tạo hơn hai loại còn lại nên UAV cánh quay đang được nghiên cứu và sử dụng rộng rãi hơn trong thực tiễn [1,2].

- ***Ứng dụng trong thực tế của mạng robot tự hành***



Hình 1. 4: Mạng robot di động tự hành và một số ứng dụng

Trong cuộc sống hiện đại ngày nay, vai trò của robot tự hành không chỉ là đảm nhận những công việc nặng nhọc mà còn thực hiện các công việc có tính nguy hiểm và độc hại hoặc các công việc có tính lặp đi lặp lại và cần độ chính xác cao. Robot di động tự hành có thể sử dụng trong nhiều lĩnh vực như: quân sự, y tế, thương mại, công nghiệp, nông nghiệp... với rất nhiều các chức năng khác nhau như theo dõi, thu thập dữ liệu, cảnh báo giám sát, phân loại và vận chuyển hàng hóa, chăm sóc y tế, cứu hộ cứu nạn, giám sát và chăm sóc cây trồng, phun thuốc trừ sâu ... với khả năng linh hoạt, chính xác cao. Có thể kể đến một ví dụ cụ thể như robot di động tự hành được sử dụng trong môi trường nhà kho và trung tâm phân phối hàng hóa, những công nghệ phức tạp được tích hợp với hệ thống điều khiển cho phép các robot tự hành tăng tính linh hoạt để tạo các tuyến đường riêng giữa các vị trí trong nhà kho hoặc cơ sở. Kết quả cuối cùng là một robot có khả năng làm việc với con người tốt hơn nhiều trong môi trường động được cung cấp bởi hầu hết các

hoạt động thực hiện đơn hàng. Có thể nói robot tự hành giúp cho các quy trình làm việc trở nên hiệu quả với năng suất cao hơn. Điều này thường đạt được bằng cách thực hiện các công việc không mang lại giá trị gia tăng - chẳng hạn như vận chuyển, phân loại sản phẩm – từ đó giải phóng người lao động thực hiện các công việc khác làm tăng giá trị cho sản phẩm hay hoạt động như chọn, kiểm tra hoặc đóng gói một đơn đặt hàng. Hay trong ứng dụng khác như công tác kiểm tra và phát hiện các vết nứt trên cầu, trên các đập thủy điện cần các robot tự hành có các bánh xe từ tính để có thể đi lại trên các bề mặt thép mà không bị rơi.

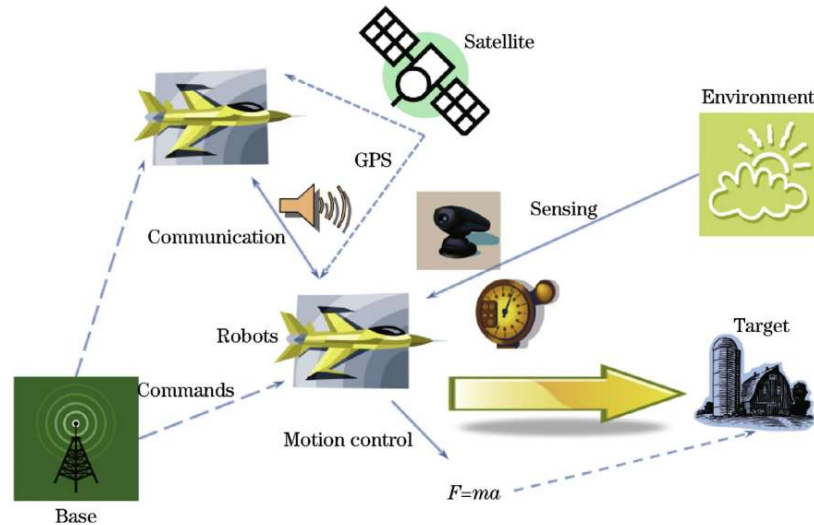
Các thiết bị UGVs có thể triển khai đo, kiểm tra, phát hiện vết nứt trên những cây cầu rộng lớn, hoạt động trên những bề mặt, những địa hình nguy hiểm, độc hại mà con người không thể trực tiếp kiểm tra [3,4], các phương tiện không người lái trên hệ thống đường cao tốc tự động [5]. Nhóm UAVs kết hợp với nhau để có thể thực hiện các nhiệm vụ như bay do thám, giám sát và thu thập thông tin và truyền toàn bộ bản đồ khu vực về trung tâm xử lý hình ảnh [6, 7] với nhiều ứng dụng cụ thể như phát hiện và cảnh báo cháy rừng [8,9], tìm kiếm cứu hộ cứu nạn [10,11], tuần tra và giám sát an ninh [12,13]. Nhóm các UUVs thực hiện các nhiệm vụ trong nghiên cứu hải dương học như thăm dò địa chất, khảo cổ và khai khoáng dưới đáy biển [14,15].

1.2 Mô hình hóa đàn robot tự hành

Trong mô hình đàn robot tự hành, các robot có một số chức năng cơ bản như cảm biến, giao tiếp, chuyển động, v.v. Thông thường mô hình đàn robot tự hành được chia thành ba mô đun và dựa trên các chức năng mà mô đun sử dụng để thực hiện các hành vi nhất định như trao đổi thông tin, hành vi cơ bản và hành vi nâng cao. Ngoài ra, việc trao đổi thông tin giữa ba module cũng đóng vai trò quan trọng nhất trong mô hình robot tự hành. Các robot trong đàn trao đổi thông tin với nhau và truyền thông tin đến toàn đội thông qua các hành vi tự hành dẫn đến sự hợp tác chặt chẽ trong đàn [3].

Mô hình chung của đàn robot được thể hiện trong hình 1.7, trong đó các robot trong đàn có thể giao tiếp với nhau. Do vậy, trong một số trường hợp, định vị toàn cầu hoặc các trung tâm điều khiển được sử dụng, nhưng các robot

trong đàn vẫn có thể hoàn thành nhiệm vụ kể cả khi giao tiếp toàn cầu bị gián đoạn.



Hình 1.5: Mô hình chung của đàn robot tự hành [3]

1.2.1 Các mô hình chung của đàn robot tự hành

Thông thường mô hình chung của đàn robot tự hành bao gồm 3 mô đun: Mô đun trao đổi thông tin, mô đun hành vi cơ bản, mô đun hành vi nâng cao

1.2.1.1 Mô đun trao đổi thông tin

Việc trao đổi thông tin đóng vai trò cơ bản và quan trọng khi các robot hợp tác với nhau và là phần cốt lõi để có thể điều khiển các hành vi bầy đàn. Các chức năng chính của các cá thể robot tham gia vào mô-đun này là giới hạn cảm biến và giao tiếp cục bộ.

Việc trao đổi thông tin của robot chia thành hai loại: tương tác giữa các robot và tương tác giữa robot và môi trường. Các chiến lược có thể giống hoặc khác nhau đối với bầy đàn do các ứng dụng khác nhau. Trong bầy đàn tự nhiên, các cá thể có thể có sự tương tác trực tiếp chẳng hạn như xúc tu, cử chỉ hoặc giọng nói. Tuy nhiên, các tương tác gián tiếp tinh tế hơn nhiều, các cá thể có thể cảm nhận thông tin trong môi trường hoạt động của đàn, phản ứng và để lại thông điệp tới môi trường. Môi trường lúc này đóng vai trò trung gian cho việc trao đổi thông tin trong đàn, nó như những tờ “giấy ghi chú” để các cá thể giao tiếp với nhau [7]. Dựa trên cơ chế như vậy thì chúng ta có thể áp dụng để tối ưu hóa hoạt động của đàn robot.

Có ba cách chia sẻ thông tin trong đàn robot [8]: Giao tiếp trực tiếp, giao tiếp thông qua môi trường và cảm biến. Trong một nhóm có thể sử dụng đồng thời nhiều loại tương tác, ví dụ, mỗi robot vừa cảm nhận môi trường và vừa giao tiếp với robot lân cận của chúng. Một số nhà nghiên cứu cũng thảo luận về khả năng hợp tác bầy đàn mà không cần giao tiếp, tuy nhiên, giao tiếp và cảm biến thực sự đóng vai trò quan trọng vì chúng có thể nâng cao hiệu quả hoạt động của bầy đàn trong hầu hết các ứng dụng.

❖ *Giao tiếp trực tiếp (Direct communication)*

Giao tiếp trực tiếp tương tự như mạng không dây và cũng bao gồm hai loại: ngang hàng (*peer-to-peer*) và quảng bá (*broadcast*). Hiện nay, nhờ sự phát triển của các thiết bị di động với công nghệ truyền thông tiên tiến như Ethernet, Bluetooth [9] mà giao tiếp trực tiếp có thể được áp dụng hiệu quả. Tuy nhiên, chi phí cho các cảm biến không dây có là khá cao và có thể chiếm một nửa tổng chi phí cho đàn robot. Một nhược điểm khác của giao tiếp trực tiếp là yêu cầu về băng thông khi số lượng robot tăng lên. Mặc dù đã có sẵn một số công nghệ không dây, nhưng các giao thức và cấu trúc liên kết chuyên dùng cho đàn robot vẫn chưa được khai thác nhiều. Các mạng máy tính hiện nay được thiết kế để xử lý dữ liệu và chia sẻ thông tin giữa các nút. Giao tiếp trong đàn robot nên tận dụng tối đa khả năng cảm biến và chuyển động cục bộ, đồng thời đặc biệt chú ý đến việc thúc đẩy các hành vi hợp tác của các cá nhân và cấu trúc liên kết động của bầy đàn [10].

❖ *Giao tiếp thông qua môi trường (Communication through environment)*

Môi trường có thể đóng vai trò trung gian cho sự tương tác của robot. Các robot để lại dấu vết của chúng trong môi trường sau một hành động để kích thích các robot khác có thể cảm nhận được dấu vết mà không cần giao tiếp trực tiếp giữa các cá nhân. Theo cách này, các hành động tiếp theo có xu hướng tiếp tục củng cố và xây dựng từ đó dẫn đến sự xuất hiện tự phát của các hoạt động ở cấp độ bầy đàn. Giao tiếp thông qua môi trường cũng có thể triển khai theo phương pháp bao phủ bằng cách sử dụng các điểm đánh dấu trong môi trường mà không cần giao tiếp trực tiếp [11]. Một số nghiên cứu hiện nay đã đề xuất phương pháp cho đàn robot sử dụng khái niệm 'pheromone ảo' lấy cảm hứng từ sinh học cho lưới điện toán phân tán được nhúng trong môi trường [12], [13].

❖ *Cảm biến (Sensing)*

Các cá thể robot trong đàn có thể cảm nhận được robot khác và môi trường xung quanh chúng bằng cách sử dụng các cảm biến nếu chúng có khả năng phân biệt được robot trong đàn và các vật thể khác với môi trường. Các robot cảm nhận các đối tượng hoặc mục tiêu trong môi trường và hoàn thành các nhiệm vụ như tránh chướng ngại vật, tìm kiếm mục tiêu, v.v. Vấn đề chính của phương thức này là tích hợp tất cả các cảm biến trong đàn một cách hiệu quả để tạo ra sự hợp tác chặt chẽ.

Việc giao tiếp một cách chính xác và đa dạng đòi hỏi phân cứng và đồng bộ hóa phức tạp hơn, chi phí băng thông, năng lượng và thời gian sẽ tăng cực nhanh khi dân số lượng robot trong đàn tăng lên. Mô hình hợp tác của đàn robot nên đơn giản hóa việc giao tiếp và sử dụng càng nhiều cảm biến càng tốt. Các loại cảm biến màu sắc, ánh sáng, hồng ngoại và vị trí tương đối có thể được sử dụng để cảm nhận và có thể cung cấp thông tin phong phú mà không cần giao tiếp. Trong một số nhiệm vụ, đàn robot có thể trao đổi tất cả thông tin chỉ với việc sử dụng các cảm biến.

1.2.1.2 *Mô đun hành vi cơ bản*

Các hành vi cơ bản của các robot trong đàn bao gồm các chức năng như chuyển động và lập kế hoạch cục bộ, đây là một trong những điểm khác biệt nhất của đàn robot tự hành so với các hệ thống mạng cảm biến và đa tác tử khác. Robot và các phương pháp điều khiển hành vi của chúng là đồng nhất và tạo nền tảng của các hành vi nhóm. Dựa trên các tín hiệu đầu vào từ truyền thông hoặc cảm biến, robot tính toán các chuyển động mong muốn của chúng. Với một mô đun điều khiển tốt thì đàn robot có thể ít phụ thuộc vào giao tiếp hơn với sự trợ giúp của dự đoán và các tương tác trực tiếp hơn thay vì truyền thông phát sóng. Từ đó đàn robot tự hành có thể cải thiện hiệu suất với ít trao đổi thông tin hơn và khả năng mở rộng cao.

1.2.1.3 *Mô đun hành vi nâng cao*

Robot trong các hệ thống robot bầy đàn phức tạp có thể có các chức năng bổ sung bao gồm phân tách nhiệm vụ, phân bổ nhiệm vụ, học thích nghi, v.v. Việc thực hiện các chức năng như vậy trong phân cứng hoặc phần mềm phụ thuộc vào thiết kế vật lý của robot, bộ điều khiển và các thiết bị cảm biến được trang bị kèm theo. Phân bổ nhiệm vụ và học thích nghi được đề cập ở

đây vì chúng thường khá quan trọng đối với một đàn robot tự hành. Phân tách và phân bổ nhiệm vụ có thể cải thiện đáng kể hiệu quả cho các nhiệm vụ đặc biệt phức tạp [14]. Việc học thích nghi cũng hữu ích vì các thông số của cơ chế điều khiển rất khó điều chỉnh. Với sự trợ giúp của các phương pháp tối ưu hóa và học tập tự thích nghi, đàn robot cho thấy khả năng thích ứng tốt hơn trong các môi trường khác nhau [15], [16].

Quá trình hợp tác giữa các robot cũng thuộc hành vi nâng cao trong mô hình robot bầy đàn. Trong đàn robot tự hành, sự hợp tác xảy ra ở hai cấp độ: Cấp độ cá thể và cấp độ bầy đàn. Sự hợp tác ở cấp độ cá thể là yêu cầu bắt buộc đối với các hoạt động của robot và điều phối các đầu vào từ môi trường với các hành vi phản ứng, học hỏi và thích nghi. Hợp tác cấp độ bầy đàn là sự tổng hợp của sự hợp tác trước đây, dẫn đến các nhiệm vụ tập thể điển hình như tập hợp, phân tán hoặc hình thành đội hình. Thông thường hệ thống hợp tác toàn cầu không được sử dụng trong việc định vị của đàn robot. Do đó, mỗi robot trong đàn phải duy trì một hệ thống hợp tác cục bộ và các robot này phải có khả năng phân biệt, xác định và định vị các robot lân cận. Một phương pháp định vị nhanh chóng và đơn giản đó là sử dụng các cảm biến được trang bị trên mỗi robot, các cảm biến này có thể cảm nhận được các loại sóng khác nhau, bao gồm sóng siêu âm, tia hồng ngoại hoặc âm thanh.

1.2.2 Các phương pháp mô hình hóa đàn robot tự hành

Mô hình hóa là một phương pháp được sử dụng trong nhiều lĩnh vực nghiên cứu để hiểu rõ hơn về hệ thống được nghiên cứu. Việc lập mô hình đàn robot tự hành, đặc biệt là với các hệ có số lượng cá thể lớn có vai trò rất quan trọng giúp tiết kiệm chi phí và thời gian thực hiện, đồng thời giúp các thử nghiệm có thể được thực hiện một cách dễ dàng hơn, tăng tỷ lệ thành công cho quá trình thực nghiệm.

Xuất phát từ các đặc điểm của đàn robot tự hành, các phương pháp mô hình hóa được chia thành bốn loại: mô hình hóa dựa trên cảm biến, vi mô, vĩ mô và dựa trên trí thông minh bầy đàn [17].

1.2.2.1 Mô hình hóa dựa trên cảm biến

Trong phương pháp mô hình hóa dựa trên cảm biến, các cảm biến và cơ cấu chấp hành của robot được mô hình hóa như các thành phần chính của hệ thống cùng với các đối tượng trong môi trường. Các tương tác của robot được

mô hình hóa gần với thực tế nhưng cũng đơn giản nhất có thể. Nghiên cứu sử dụng phương pháp mô hình dựa trên cảm biến cũng cần xem xét các giới hạn vật lý thực sự của hệ. Phương pháp mô hình hóa này hầu hết đã được sử dụng và là phương pháp lâu đời nhất được sử dụng cho thí nghiệm về robot [18],[19].

1.2.2.2 Mô hình vi mô

Trong mô hình vi mô, robot và các tương tác trong đàn được mô hình hóa như một máy trạng thái hữu hạn FSM (*Finite State Machine*). Các hành vi của mỗi robot được định nghĩa là một số trạng thái và các điều kiện truyền dựa trên đầu vào từ giao tiếp và cảm biến. Vì mô hình dựa trên hành vi của từng robot nên mô phỏng phải được chạy nhiều lần để thu được nhằm dự đoán hành vi của đàn [20].

1.2.2.3 Mô hình vĩ mô

Mô hình vĩ mô là một phương pháp mô hình hóa đối lập với mô hình vi mô. Trong mô hình vĩ mô, hành vi của hệ thống được xác định là dạng phương trình sai phân và trạng thái hệ thống biểu thị số lượng robot trung bình ở trạng thái này tại cùng một thời điểm.

Sự khác biệt chính giữa các mô hình vi mô và vĩ mô là mức độ chi tiết của các mô hình. Mô hình vi mô mô phỏng hành vi ở cấp độ cá nhân được sử dụng để mô phỏng các hành vi của nhóm trong khi mô hình vĩ mô mô phỏng các hành vi ở cấp độ bầy đàn. Mô hình vi mô lặp lại hành vi của bầy đàn còn mô hình vĩ mô có thể đưa ra trạng thái cuối cùng của bầy đàn. Theo cách này, mô hình vĩ mô có thể có một cái nhìn toàn diện về bầy đàn trong khi mô hình vi mô có thể hiển thị chi tiết về các hành vi của bầy đàn [21]. Các mô hình vĩ mô xác suất cũng được các nhà nghiên cứu sử dụng rộng rãi [22].

1.2.2.4 Mô hình hóa từ các thuật toán trí tuệ bầy đàn

Hiện nay, các kế hoạch hợp tác từ các thuật toán trí tuệ bầy đàn (*swarm intelligence algorithms*) đã được đưa vào đàn robot tự hành trong nhiều nghiên cứu. Do robot sử dụng các sơ đồ giống hoặc tương tự với các thuật toán này, từ cơ sở đó việc mô hình hóa từ thuật toán trí tuệ bầy đàn ứng dụng cho đàn robot tự hành cũng trở nên hoàn thiện, có thể được sử dụng trực tiếp cho nghiên cứu robot. Thuật toán được sử dụng phổ biến nhất từ trí thông minh bầy đàn là tối ưu hóa bầy đàn hạt (*Particle Swarm Optimization - PSO*)

lấy ý tưởng từ quá trình bay thành đàn của chim. Bên cạnh PSO, một số cách tiếp cận khác cũng đã được áp dụng vào mô phỏng hóa đàn robot tự hành dựa trên thuật toán trí tuệ bầy đàn như phương pháp phỏng đoán hiệu quả để tìm kiếm trong môi trường động [23] và định tuyến [24]. Tuy nhiên, vẫn còn một số vấn đề khi mô hình hóa từ trí thông minh bầy đàn có thể kể đến như: Các sơ đồ trong các thuật toán này xem xét các tương tác toàn cầu và đưa ra một lượng lớn các bước di chuyển ngẫu nhiên để có tính đa dạng cao. Một số sơ đồ cũng chứa các hoạt động để đặt lại vị trí của các cá thể tìm kiếm. Tuy nhiên, các hoạt động này lại không khả dụng đối với robot bầy đàn. Do vậy, việc mô hình hóa từ thuật toán trí tuệ bầy đàn cho đàn robot tự hành tránh được các hoạt động như vậy trong khi tận dụng tối đa khả năng mở rộng và tính linh hoạt vẫn là lĩnh vực cần tiếp tục nghiên cứu.

1.3 Một số nghiên cứu tiêu biểu hiện nay về điều khiển cho đàn robot tự hành

Hiện nay trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu chuyên sâu về lĩnh vực robot tự hành, được triển khai trên nhiều lĩnh vực khác nhau. Các robot hoạt động đơn lẻ hoặc kết nối thành mạng được điều khiển tập trung hoặc phân tán, đã mang lại nhiều ứng dụng hữu ích không chỉ trong quân sự, công nghiệp mà cả trong nhiều mặt của đời sống xã hội.

Các hệ thống mạng robot đang được triển khai cho nhiều mục tiêu ứng dụng khác nhau, có kích thước khác nhau, phù hợp với nhiều môi trường làm việc. Các thuật toán điều khiển và truyền thông cho mạng robot được phát triển đa dạng, áp dụng được nhiều công nghệ mới, tạo sự linh hoạt cho việc kết nối .

Một số hướng nghiên cứu chính trong [38 - 42] tập trung vào các chiến lược điều khiển dựa trên hành vi của mạng robot tự hành và cấu trúc điều khiển phân tán với tương tác cục bộ khi không có sự giám sát tập trung cấp cao và trao đổi thông tin toàn cầu. Đây là những nghiên cứu điển hình trong điều khiển đàn robot tự hành hợp tác thực hiện mục tiêu chung mà không cần điều khiển tập trung và phối hợp toàn cầu hệ thống. Các nghiên cứu liên quan đến chủ đề này tập trung chủ yếu vào kiến trúc hạ tầng cũng như tính ổn định của các hệ thống. Các nghiên cứu ban đầu về điều khiển cho đàn

robot tự hành chủ yếu tập trung vào việc xác định một hệ thống bằng cách sử dụng lý thuyết đồ thị [43 - 47], trong khi các vấn đề liên quan đến sự ổn định đối với một hệ thống được đề cập trong các nghiên cứu [38],[48-51] và điều khiển đội hình trong di chuyển [52 - 56]. Liên quan đến các hình thức cố định đội hình, đã có một số loại chiến lược điều khiển, ví dụ, luật điều khiển phản hồi affine [57 - 61], luật điều khiển phi tuyến gradient [49], [52], [62], [63] và gần đây là các thuật toán điều khiển dựa trên góc [64], [65]. Mục tiêu là đạt được một đội hình có kích thước xác định, chỉ có các quyền tự do về phép tịnh tiến và phép quay. Mặt khác, trong tài liệu [66] nghiên cứu vấn đề điều khiển đội hình cho đàn robot tự hành với mục tiêu hướng một nhóm robot vào một đội hình có quy mô thay đổi. Bằng cách cho phép quy mô của đội hình thay đổi, nhóm có thể thích ứng linh hoạt với những thay đổi của môi trường chẳng hạn như những vận cản di động, thích ứng với những thay đổi trong mục tiêu của nhóm hoặc phản ứng với các tình huống xảy ra quá trình vận hành. Có thể thấy rằng, các vấn đề về điều khiển cho đàn robot tự hành đã được rất nhiều nhà khoa học trên thế giới tập trung nghiên cứu, các chiến lược trong các tài liệu nêu trên đã chứng minh tính hiệu quả trong việc tạo ra sự phối hợp chặt chẽ giữa các robot trong việc thực hiện một số nhiệm vụ trong những môi trường cụ thể. Tuy nhiên, các vấn đề về đảm bảo chất lượng truyền thông và đảm bảo tính ổn định và nâng cao chất lượng điều khiển bền vững cho các bộ điều khiển khi nhóm robot thực hiện những nhiệm vụ phức tạp đòi hỏi tốc độ xử lý nhanh và độ chính xác cao hoặc các nhiệm vụ trong môi trường có nhiều biến động, không xác định trước vẫn còn rất nhiều khoảng trống và có thể tiếp tục nghiên cứu và phát triển.

Ở Việt Nam, các nghiên cứu về robot di động tự hành cũng đang được nghiên cứu, phát triển và ứng dụng. Nhiều viện nghiên cứu và các trường đại học ở Việt Nam có công trình nghiên cứu về robot tự hành phục vụ nhiệm vụ giám sát, phát hiện. Mỗi nhóm nghiên cứu đều thu được những kết quả thành công nhất định, có thể kể đến như học viện nông nghiệp Việt Nam đã có công trình nghiên cứu về ứng dụng hiệu quả của UAVs trong nông nghiệp tại Việt Nam. UAV được sử dụng để phun thuốc trừ sâu và giúp tiết kiệm đến 30% lượng thuốc bảo vệ thực vật, từ đó giảm chi phí thuốc đáng kể thay vì lãng phí thuốc như các phương pháp phun truyền thống. Trong

báo cáo “Điều khiển robot bay đàn tránh vật cản và tìm kiếm mục tiêu”[67] tại Hội nghị toàn quốc lần thứ 3 về Điều khiển và Tự động hoá - VCCA-2015, tác giả đã đưa ra giải pháp sử dụng kỹ thuật điều khiển hành vi dựa trên không gian rỗng NSB để điều khiển robot bay đàn thực hiện nhiệm vụ tìm kiếm mục tiêu và tránh vật cản với số lượng vật cản được xác định trước. Trong nghiên cứu [68] đã nghiên cứu các loại UAVs phổ biến trong lĩnh vực đo đạc và bản đồ, bài báo sử dụng UAV Swinglet - Cam của Thụy Sĩ để chụp ảnh trên không, xử lý dữ liệu, tạo 3D Point clouds, digital surface model (DSM), TrueOrthophoto, để lập bản đồ địa hình hành lang theo tỷ lệ 1/500, nhằm hỗ trợ công tác khảo sát, thiết kế hệ thống đường giao thông và đường dây điện. Trong một nghiên cứu khác, với mục tiêu làm tăng hiệu quả phát hiện dị thường trên ảnh uav ứng dụng trong công tác tìm kiếm cứu nạn [69] Nhóm nghiên cứu đã sử dụng UAV trong các hoạt động tìm kiếm và cứu nạn bao gồm việc tìm kiếm và giải cứu người và phương tiện bị mắc kẹt trong các tình huống khó khăn hoặc được báo nạn. Trong nghiên cứu này các tác giả đề xuất một phương pháp tăng hiệu quả phát hiện mục tiêu của thuật toán RX khi kết hợp với các phương pháp SIFT và SURF, kết quả thử nghiệm trên bộ dữ liệu mẫu cho kết quả khác biệt rõ rệt, nhất là các trường hợp ảnh bị ảnh hưởng bởi nhiễu. Mặc dù đã có nhiều nhà khoa học Việt Nam đã và đang khai thác các khía cạnh khác nhau trong bài toán điều khiển cho thiết bị bay không người lái UAVs và đã đạt được một số thành công nhất định trong việc nâng cao hiệu quả, chất lượng của hệ thống điều khiển. Tuy nhiên, các nghiên cứu nói trên chủ yếu tập trung nhiều vào điều khiển cho một robot tự hành, vấn đề điều khiển nhóm cho mạng robot tự hành vẫn là chủ đề khá mới mẻ, đang trong giai đoạn đầu về nghiên cứu và ứng dụng.

1.4 Một số thách thức trong điều khiển đàn robot tự hành

Việc phối hợp nhiều robot luôn đòi hỏi rất nhiều điều kiện phải đảm bảo, các thuật toán điều khiển cũng trở nên phức tạp hơn, hệ thống phải có khả năng thông tin qua lại giữa các thiết bị với nhau, việc trao đổi thông tin không chỉ là những thông tin thu thập được mà còn là những thông tin điều khiển, thông tin về môi trường điều khiển, giúp cho cả nhóm hoạt động ổn định, đạt được mục tiêu đề ra đối với nhiệm vụ chung. Trong các nghiên cứu hiện nay về vấn đề thường thực hiện một nhiệm vụ cụ thể đã đặt trước

và phần lớn trong số đó thường được thực hiện dưới dạng mô phỏng hoặc thực nghiệm trong môi trường lý tưởng giả định việc truyền thông tin giữa các robot là chính xác hoặc thực nghiệm trong phòng thí nghiệm. Bên cạnh đó, phần lớn các nghiên cứu hiện nay cũng chưa tính toán đến việc trích chọn đặc trưng dữ liệu.

Một thách thức nữa đối với mạng robot tự hành đó trong quá trình hoạt động chúng phải đối mặt với nhiều xáo trộn và nhiễu loạn từ môi trường bên ngoài đặc biệt là đối với các loại UAVs và UUVs. Trong khi thực hiện nhiệm vụ, các cảm biến và thiết bị truyền động như động cơ có thể xảy ra lỗi. Điều này dẫn đến việc liên lạc giữa các robot tự hành không thể tránh khỏi sự cố hoặc chậm trễ trong quá trình triển khai thực tế. Tất cả các trường hợp được đề cập có thể dẫn đến sự mất ổn định của hệ thống đa tác nhân như đàn robot di động tự hành. Những vấn đề này đòi một cách tiếp cận mạnh mẽ để có thể xử lý các vấn đề điều khiển đàn robot hoạt động trong các môi trường có nhiều biến động.

Hơn nữa, trong một nhóm robot mỗi UAV thực hiện nhiệm vụ của mình đối với các sứ mệnh chung. Phân tán đóng một vai trò quan trọng trong việc cải thiện hiệu suất của hệ thống. Với sự phát triển của phần cứng tính toán và bộ nhớ, các thuật toán phức tạp như Particle Swarm Optimization, Game Theory, Reinforcement Learning,, v.v. hiện nay đang được triển khai trong các ứng dụng thời gian thực. Do vậy để khai thác đàn robot tự hành một cách hiệu quả hơn, các chiến lược điều khiển và truyền thông cũng cần phải được thực hiện trên các phần mềm và thiết bị thông minh với chi phí lớn và đòi hỏi đội ngũ kỹ thuật viên có chuyên môn cao.

CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU VÀ ĐÁNH GIÁ THỰC TRẠNG VỀ KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN NHÓM CHO ĐÀN ROBOT TỰ HÀNH

2.1 Nghiên cứu thu thập các kết quả nghiên cứu hiện tại về mạng robot

Hiện nay trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu chuyên sâu về lĩnh vực robot tự hành, được triển khai trên nhiều lĩnh vực khác nhau. Các robot hoạt động đơn lẻ hoặc kết nối thành mạng được điều khiển tập trung hoặc phân tán, đã mang lại nhiều ứng dụng hữu ích không chỉ trong quân sự, công nghiệp mà cả trong nhiều mặt của đời sống xã hội.

Các hệ thống mạng robot đang được triển khai cho nhiều mục tiêu ứng dụng khác nhau, có kích thước khác nhau, phù hợp với nhiều môi trường làm việc. Các thuật toán điều khiển và truyền thông cho mạng robot được phát triển đa dạng, áp dụng được nhiều công nghệ mới, tạo sự linh hoạt cho việc kết nối.

Một số hướng nghiên cứu chính trong ([19] - [23]) tập trung vào các chiến lược điều khiển dựa trên hành vi của mạng robot tự hành và cấu trúc điều khiển phân tán với tương tác cục bộ khi không có sự giám sát tập trung cấp cao và trao đổi thông tin toàn cầu. Đây là những nghiên cứu điển hình trong điều khiển đàn robot tự hành hợp tác thực hiện mục tiêu chung mà không cần điều khiển tập trung và phối hợp toàn cầu hệ thống. Các nghiên cứu liên quan đến chủ đề này tập trung chủ yếu vào kiến trúc hạ tầng cũng như tính ổn định của các hệ thống. Các nghiên cứu ban đầu về điều khiển cho đàn robot tự hành chủ yếu tập trung vào việc xác định một hệ thống bằng cách sử dụng lý thuyết đồ thị ([24] - [28]), trong khi các vấn đề liên quan đến sự ổn định đối với một hệ thống được đề cập trong các nghiên cứu ([19],[29]-[32]) và kiểm soát hình dạng đội hình trong di chuyển ([33]-[37]) Liên quan đến các hình thức cố định đội hình, đã có một số loại chiến lược điều khiển, ví dụ, luật điều khiển phản hồi affine ([38] - [42]), luật điều khiển phi tuyến gradient ([30], [37], [43], [44]) và gần đây là các thuật toán điều khiển dựa trên góc ([44]-[46]). Mục tiêu là đạt được một đội hình có kích thước xác định, chỉ có các quyền tự do về phép tịnh tiến và phép quay.

Mặt khác, trong tài liệu [47] nghiên cứu vấn đề điều khiển đội hình cho đàn robot tự hành với mục tiêu hướng một nhóm robot vào một đội hình có quy mô thay đổi. Bằng cách cho phép quy mô của đội hình thay đổi, nhóm có thể thích ứng linh hoạt với những thay đổi của môi trường chẳng hạn như những vận cản di động, thích ứng với những thay đổi trong mục tiêu của nhóm hoặc phản ứng với các tình huống xảy ra quá trình vận hành. Có thể thấy rằng, các vấn đề về điều khiển cho đàn robot tự hành đã được rất nhiều nhà khoa học trên thế giới tập trung nghiên cứu, các chiến lược trong các tài liệu nêu trên đã chứng minh tính hiệu quả trong việc tạo ra sự phối hợp chặt chẽ giữa các robot trong việc thực hiện một số nhiệm vụ trong những môi trường cụ thể. Tuy nhiên, các vấn đề về đảm bảo chất lượng truyền thông và đảm bảo tính ổn định và nâng cao chất lượng điều khiển bền vững cho các bộ điều khiển khi nhóm robot thực hiện những nhiệm vụ phức tạp đòi hỏi tốc độ xử lý nhanh và độ chính xác cao hoặc các nhiệm vụ trong môi trường có nhiều biến động, không xác định trước vẫn còn rất nhiều khoảng trống và có thể tiếp tục nghiên cứu và phát triển.

Ở Việt Nam, các nghiên cứu về robot di động tự hành cũng đang được nghiên cứu, phát triển và ứng dụng. Nhiều viện nghiên cứu và các trường đại học ở Việt Nam có công trình nghiên cứu về robot tự hành phục vụ nhiệm vụ giám sát, phát hiện. Mỗi nhóm nghiên cứu đều thu được những kết quả thành công nhất định, có thể kể đến như học viện nông nghiệp Việt Nam đã có công trình nghiên cứu về ứng dụng hiệu quả của UAVs trong nông nghiệp tại Việt Nam. UAV được sử dụng để phun thuốc trừ sâu và giúp tiết kiệm đến 30% lượng thuốc bảo vệ thực vật, từ đó giảm chi phí thuốc đáng kể thay vì lãng phí thuốc như các phương pháp phun truyền thống. Trong báo cáo “Điều khiển robot bầy đàn tránh vật cản và tìm kiếm mục tiêu”[48] tại Hội nghị toàn quốc lần thứ 3 về Điều khiển và Tự động hoá - VCCA-2015, tác giả đã đưa ra giải pháp sử dụng kỹ thuật điều khiển hành vi dựa trên không gian rỗng NSB để điều khiển robot bầy đàn thực hiện nhiệm vụ tìm kiếm mục tiêu và tránh vật cản với số lượng vật cản được xác định trước. Trong nghiên cứu [49] đã nghiên cứu các loại UAVs phổ biến trong lĩnh vực đo đạc và bản đồ, bài báo sử dụng UAV Swinglet - Cam của Thụy Sĩ để chụp ảnh trên không, xử lý dữ liệu, tạo 3D Point clouds, digital surface

model (DSM), TrueOrthophoto, để lập bản đồ địa hình hành lang theo tỷ lệ 1/500, nhằm hỗ trợ công tác khảo sát, thiết kế hệ thống đường giao thông và đường dây điện. Trong một nghiên cứu khác, với mục tiêu làm tăng hiệu quả phát hiện dị thường trên ảnh uav ứng dụng trong công tác tìm kiếm cứu nạn [50] Nhóm nghiên cứu đã sử dụng UAV trong các các hoạt động tìm kiếm và cứu nạn bao gồm việc tìm kiếm và giải cứu người và phương tiện bị mắc kẹt trong các tình huống khó khăn hoặc được báo nạn. Trong nghiên cứu này các tác giả đề xuất một phương pháp tăng hiệu quả phát hiện mục tiêu của thuật toán RX khi kết hợp với các phương pháp SIFT và SURF, kết quả thử nghiệm trên bộ dữ liệu mẫu cho kết quả khác biệt rõ rệt, nhất là các trường hợp ảnh bị ảnh hưởng bởi nhiễu. Mặc dù đã có nhiều nhà khoa học Việt Nam đã và đang khai thác các khía cạnh khác nhau trong bài toán điều khiển cho thiết bị bay không người lái UAVs và đã đạt được một số thành công nhất định trong việc nâng cao hiệu quả, chất lượng của hệ thống điều khiển. Tuy nhiên, các nghiên cứu nói trên chủ yếu tập trung nhiều vào điều khiển cho một robot tự hành, vấn đề điều khiển nhóm cho mạng robot tự hành vẫn là chủ đề khá mới mẻ, đang trong giai đoạn đầu về nghiên cứu và ứng dụng.

2.2 Nghiên cứu và cập nhật các phương pháp điều khiển nhóm cho đàn robot tự hành

Việc nghiên cứu phương pháp điều khiển cho đàn robot tự hành đặt ra rất nhiều vấn đề cần được quan tâm, ví dụ như tính ổn định của các bộ điều khiển, khả năng duy trì đội hình và điều khiển được với nhiều dạng đội hình và môi trường khác nhau, khả năng khử nhiễu,...Ngoài ra, các robot phải có khả năng giao tiếp, chia sẻ thông tin và phối hợp chặt chẽ với nhau giúp cho cả hệ thống hoạt động ổn định và hoàn thành được nhiệm vụ chung đề ra, đặc biệt là khi đàn robot làm việc trong các địa hình nhiều vật cản, môi trường nhiều biến động, thậm chí là khắc nghiệt.

Hiện nay, điều khiển nhóm (Formation Control - FC) cho hệ thống đa robot (Multi-Robot Systems - MRS) đang dần trở thành một chủ đề nghiên cứu thu hút rất nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học trong lĩnh vực điều khiển robot tự hành. Điều khiển nhóm cho đàn robot là một phương pháp điều khiển phối hợp để một hay nhiều đàn robot cùng thực hiện các nhiệm vụ chung mà

vẫn duy trì được đội hình không gian mong muốn. Phương pháp này được lấy cảm hứng từ các hành vi tự nhiên của đàn cá, đàn chim hoặc bầy kiến và đảm bảo rằng các thành viên trong đàn phải di chuyển cùng nhau để đáp ứng một số điều kiện ràng buộc như phù hợp vận tốc và tránh va chạm... Có thể nói, điều khiển nhóm là một công nghệ quan trọng để đạt được sự điều phối và kiểm soát chặt chẽ giữa các robot tự hành di động theo bầy.

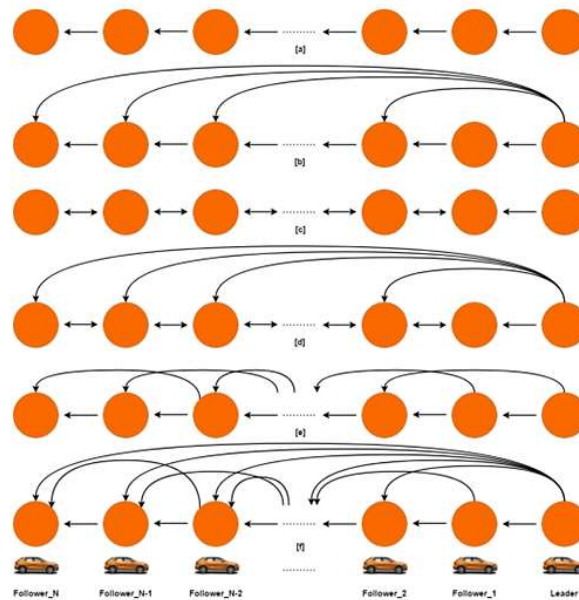
Đối với điều khiển nhóm cho đàn robot tự hành thì chiến lược và thuật toán điều khiển cũng trở nên phức tạp, hơn nữa để kiểm soát đội hình, các robot cần giao tiếp với nhau; do đó, chia sẻ thông tin đóng một vai trò quan trọng trong hoạt động chung. Hoạt động tổng thể này có thể được gọi là sự hợp tác giữa các robot. Sự hợp tác phụ thuộc vào hai vấn đề đó là cảm biến (sensing) và chia sẻ thông tin (information sharing) trong mạng robot. Thách thức trong điều khiển nhóm là làm thế nào để đạt được sự phối hợp đồng thuận giữa các robot trong đàn, từ đó mới có thể điều khiển đội hình thực hiện các nhiệm vụ như mong muốn. Đặc biệt là khi các đàn robot tự hành hoạt động trong môi trường biến động thậm chí là khắc nghiệt.

2.2.1 Cơ sở của kỹ thuật điều khiển nhóm

Trong kỹ thuật điều khiển nhóm cho đàn robot tự hành, các khái niệm cơ bản thường được sử dụng như cấu trúc liên kết (topology), lý thuyết đồ thị (graph theory) và sự đồng thuận (consensus). Sự đồng thuận được sử dụng để nghiên cứu sự tương tác giữa một nhóm các tác nhân động lực học. Một công cụ thường được sử dụng để phân tích sự đồng thuận là lý thuyết đồ thị, trong khi các cấu trúc liên kết chỉ ra sự tương tác giữa các robot trong đàn và thường được mô tả bằng đồ hình.

- Cấu trúc liên kết (Topology)

Đạt được khả năng kiểm soát đội hình, chia sẻ và trao đổi thông tin giữa các robot là nhiệm vụ cần thiết và quan trọng trong đàn robot tự hành. Cấu trúc liên kết (topology) là cấu trúc của mạng robot thể hiện mối liên kết không gian và sự tương tác giữa các robot, được thực hiện để giải quyết vấn đề trao đổi thông tin trong mạng robot và thường được mô tả dưới dạng đồ hình. Có nhiều loại cấu trúc liên kết khác nhau trong điều khiển đàn robot tự hành và một số cấu trúc liên kết điển hình được thể hiện trong hình 2.6.



Hình 2. 1: Cấu trúc liên kết trong chiến lược điều khiển trưởng nhóm - thành viên

Một mạng lưới điển hình của điều khiển nhóm bao gồm ba loại cấu trúc liên kết khác nhau, đó là cấu trúc liên kết cảm biến (sensing topology), cấu trúc liên kết hành động (điều khiển) (actuation/control topology) và cấu trúc liên kết truyền thông (communication topology). Hình 2.6 biểu diễn một số cấu trúc liên kết trong chiến lược điều khiển trưởng nhóm – thành viên. Ở đây, topology (a) là cấu trúc liên kết tuần tự theo sau đối tượng phía trước (predecessor following - PF), topology (b) là cấu trúc theo sau đối tượng phía trước và nhóm trưởng (predecessor–leader following - PLF), topology (c) là topo hai chiều (bidirectional - BD), topo D là cấu trúc kết hợp của topology (b) và (c) (BDL), topology (e) là cấu trúc liên kết theo sau hai đối tượng phía trước (two-predecessor following - TPF) và topology (f) là cấu trúc liên kết liên kết theo sau hai đối tượng phía trước và nhóm trưởng (two-predecessor–leader following - TPFL). Cấu trúc liên kết này minh họa dành cho một đàn robot. Trong quá trình hoạt động, một số tình huống có thể xảy ra như tương tác giữa nhiều đàn robot hoặc xảy ra hiện tượng mất liên lạc. Do vậy, khi làm việc trong các môi trường biến động hoặc có nhiều rủi ro thì các cấu trúc liên kết động cần được xem xét áp dụng để đảm bảo tính ổn định và linh hoạt của đội hình robot tự hành.

- *Lý thuyết đồ thị (Graph Theory)*



Hình 2. 2: Đồ thị trong đội hình một nhóm UGVs

Lý thuyết điều khiển nhóm phân tán được phát triển trên cơ sở các khái niệm toán học từ lý thuyết đồ thị (*Graph Theory*), mà cụ thể lý thuyết đồ thị đại số và lý thuyết độ cứng của đồ thị là hai nền tảng toán học chính. Tuy nhiên, bản chất của lý thuyết đồ thị là một thiết lập cấu trúc liên kết cơ bản, vì vậy để thêm các yếu tố điều khiển vào các lý thuyết này, chúng ta cần có một số nền tảng từ lý thuyết điều khiển phi tuyến và động lực học đồng thuận

Lý thuyết đồ thị đại số là một nền tảng chính của lý thuyết điều khiển nhóm. Nó là cơ sở toán học quan trọng trong việc điều khiển đội hình để trao đổi thông tin giữa các robot tự hành, từ đó ta có thể suy ra luật điều khiển và thực hiện phân tích độ ổn định của hệ thống. Ưu điểm nổi bật của lý thuyết đồ thị là tính phi tập trung, nhờ đó mạng robot tự hành có thể giữ một hành vi phù hợp với các cấu trúc liên lạc khác nhau. Bên cạnh đó, bằng cách sử dụng phương pháp này, có thể đạt được sự ổn định điều khiển nhóm nếu luồng thông tin ổn định miễn là bộ điều khiển cục bộ ổn định. Tuy nhiên, nhược điểm chính của phương pháp điều khiển nhóm dựa trên lý thuyết đồ thị là này là các robot tự hành trong đàn chỉ có thể nhận thông tin từ robot tự hành lân cận của chúng.

Một đồ thị được cho dưới dạng $G = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$

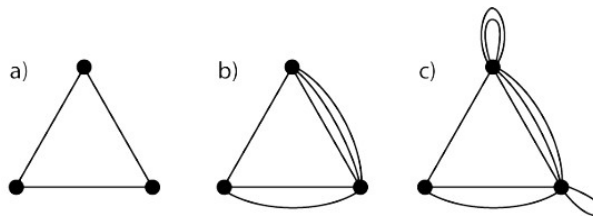
Trong đó, \mathcal{V} (*vertices*) là tập hợp các đỉnh hay nút đại diện cho n robot tự hành trong đàn, $\mathcal{V} = \{1, 2, \dots, n\}$. Tập cạnh \mathcal{E} (*edges*) thể hiện sự tương tác giữa các robot tự hành với nhau, tương tác này có thể là một chiều hoặc hai chiều và phụ thuộc vào các luồng thông tin ở trong hệ, $\mathcal{E} \subset \mathcal{V} \times \mathcal{V}$.

Ngoài ra, đồ thị G còn được biểu diễn dưới dạng: $G = (\mathcal{V}, \mathcal{E}, \mathcal{W})$. Trong đó, tập trọng số \mathcal{W} (*weights*) được sử dụng để biểu diễn thông tin khác nhau như khoảng cách khác nhau giữa các robot hay mức độ ưu tiên hơn về vai trò của từng robot trong đàn.

Hai robot i và j được gọi là kề nhau, hay lân cận của nhau khi chúng có chung một cạnh $ed = (i, j)^e \in \mathcal{E}, i, j \in \mathcal{V}$. Tập hợp các robot lân cận của robot thứ i : $N_i(\mathcal{E}) = \{j \in \mathcal{V} | (i, j) \in \mathcal{E}\}$. Gọi lượng số (*cardinality*) của tập \mathcal{V} và \mathcal{E} lần lượt là: $|\mathcal{V}| = n, |\mathcal{E}| = m$, các đỉnh của đồ thị thường được ký hiệu là v_1, v_2, \dots, v_n hoặc $1, 2, \dots, n$, các cạnh của đồ thị được ký hiệu ed_1, ed_2, \dots, ed_m hoặc $1, 2, \dots, m$.

Trong một đồ thị, nếu có cạnh nối từ đỉnh i đến chính nó được gọi vòng lặp, vòng lặp còn gọi là khuyên (*loop*). Với một cặp đỉnh lân cận bất kỳ i và j , nếu có nhiều hơn một cạnh nối từ i đến j thì đồ thị được gọi là có cạnh lặp (bội hoặc song song).

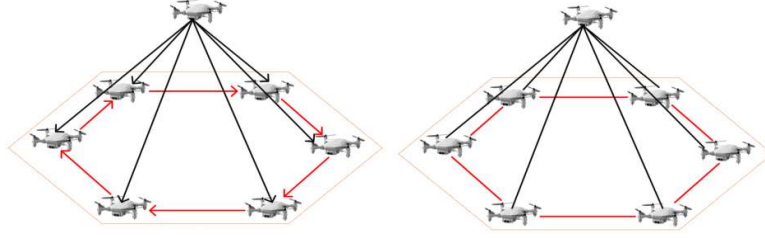
Nếu một đồ thị không có bất kỳ có cạnh lặp và không có bất kỳ vòng lặp nào thì nó được gọi là đồ thị đơn (*simple graph*). Nếu đồ thị chứa cạnh lặp thì được gọi là đa đồ thị (*multigraph*). Nếu đồ thị chứa cạnh lặp và vòng lặp (khuyên) thì được gọi là giả đồ thị (*pseudo graph*) (hình 2.3). Trong phạm vi nghiên cứu của cuốn sách này, chúng ta chỉ xem xét các loại đồ thị đơn.



Hình 2. 3: a) Đơn đồ thị; b) Đa đồ thị; c) Giả đồ thị

Một cạnh có hướng (cung) từ i sang j : $i \rightarrow j$ được ký hiệu là $(i, j)^e$. Nếu một đồ thị bao gồm tập đỉnh \mathcal{V} khác rỗng và tập cạnh \mathcal{E} chứa các cạnh có hướng thì nó được gọi là đồ thị có hướng (*Directed graph hoặc Digraph*), được ký hiệu là $\vec{G} = (\mathcal{V}, \vec{\mathcal{E}})$. Ngược lại, một đồ thị bao gồm tập đỉnh \mathcal{V} khác rỗng và tập cạnh \mathcal{E} chứa các cạnh vô hướng thì nó được gọi là đồ thị vô hướng (*Undirected graph*) (Hình 2.4). Lý thuyết đồ thị ứng dụng trong điều khiển nhóm có thể sử dụng đồ thị có hướng hoặc vô hướng để thể hiện sự

trao đổi các luồng thông tin giữa các thành viên trong nhóm, nếu là tương tác một chiều thì sử dụng đồ thị có hướng, nếu là tương tác hai chiều thì sử dụng đồ thị vô hướng.



Hình 2. 4: a) Đồ thị có hướng và b) Đồ thị vô hướng

Số bậc của đỉnh $d_G(i) = |N_i|$ là số cạnh đi qua đỉnh đó. Số bậc của đồ thị là tổng số bậc của từng đỉnh trong đồ thị. Đối với đồ thị có hướng thì phân ra hai khái niệm số bậc vào của đỉnh $d_G^I(i) = |N_i^I|$ và số bậc ra của đỉnh $d_G^O(i) = |N_i^O|$ với N_i^I là tập hợp tất cả các đỉnh lân cận hướng vào đỉnh i và N_i^O là tập hợp tất cả các đỉnh lân cận hướng ra khỏi đỉnh i

Thông thường, đối với sự tương tác giữa các robot tự hành trong đội hình là tương tác hai chiều, do vậy mà trong phạm vi nghiên cứu của lý thuyết điều khiển nhóm ta thường xét đồ thị vô hướng. Các khái niệm quan trọng nhất của lý thuyết đồ thị đại số được sử dụng trong hệ đa tác tử nói chung và mạng robot tự hành nói riêng là ma trận liên thuộc (\mathbb{H}_+), ma trận kề (\mathcal{A}) và ma trận Laplace (\mathcal{L})

Ma trận liên thuộc (Incidence matrix) $\mathbb{H}_+ = [h_{ki}] \in R^{m \times n}$ biểu diễn mối quan hệ giữa các đỉnh và các cạnh của đồ thị G . Trong đó, mỗi hàng của ma trận liên thuộc ứng với một cạnh của \mathcal{E} và mỗi cột tương ứng với một đỉnh của \mathcal{V} . Ma trận liên thuộc \mathbb{H}_+ được định nghĩa như sau:

$$h_{ki} = \begin{cases} -1, & \text{nếu } ed_k = (i, j) \\ 1, & \text{nếu } ed_k = (j, i) \\ 0, & \text{trường hợp khác} \end{cases} \quad (2.1)$$

Với k là cạnh nối giữa hai đỉnh i và j

Ma trận kề (Adjacency matrix) $\mathcal{A} = [a_{ij}] \in R^{n \times n}$ biểu diễn mối quan hệ giữa các đỉnh của của đồ thị $G = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$ được định nghĩa như sau:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{nếu } (i, j) \in \mathcal{E} \\ 0, & \text{nếu } (i, j) \notin \mathcal{E} \end{cases} \quad a_{ij} = a_{ji}, i \neq j, a_{ii} = 0 \quad (2.2)$$

Ma trận bậc (Degree matrix) \mathcal{D} biểu diễn số cạnh đi qua mỗi đỉnh của đồ thị G hay chính là số bậc của mỗi đỉnh, được định nghĩa như sau: $\mathcal{D} = \text{diag} \{d_G(i)\} \in \mathbb{R}^{n \times n}$ với $d_G(i)$ là số bậc của đỉnh i , ngoài ra $d_G(i) = \sum_{j \in N_i} a_{ij}$

Ma trận Laplace (Laplace matrix) $\Lambda = [\ell_{ij}] \in \mathbb{R}^{n \times n}$ được định nghĩa như sau:

$$\ell_{ij} = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad \text{và} \quad \ell_{ij} = -a_{ij}, i \neq j \quad (2.3a)$$

Ngoài ra, ma trận Laplace cũng có thể xác định theo ma trận bậc và ma trận kề:

$$\Lambda = \mathcal{D} - \mathcal{A} \quad (2.3b)$$

Ta cũng có thể định nghĩa ma trận Laplace dựa trên ma trận liên thuộc. Với một đồ thị G ta có một ma trận liên thuộc H tương ứng. Khi đó, ma trận Laplace có thể viết dưới dạng:

$$\Lambda = \mathbb{H}_+^T \mathbb{H}_+ \quad (2.3c)$$

Lưu ý rằng ma trận Laplace là ma trận đối xứng và thỏa mãn:

$$\sum_{j=1}^n \ell_{ij} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.4)$$

Cần chú ý một số tính chất quan trọng sau của ma trận Laplace trong lý thuyết đồ thị:

- Gọi $\lambda_1 \leq \dots \leq \lambda_n$ là các giá trị riêng của ma trận Laplace Λ thì giá trị riêng $\lambda_1 = 0$ và $\lambda_2 \geq 0$, điều này có nghĩa ma trận Laplace Λ là bán xác định dương.
- Nếu đồ thị G là liên thông thì $\lambda_2 > 0$ (tức là Λ có một giá trị riêng bằng 0 duy nhất). Trong trường hợp này, vector riêng ứng với giá trị riêng λ_1 là $\mathbf{1}_n$ sao cho:

$$\Lambda \mathbf{1}_n = 0 \quad (2.5)$$

Tức là:

$$\Lambda x = 0 \quad (2.6)$$

khi và chỉ khi $x \in \mathbb{R}^n$ với $x_i = x_j, \forall i, j$

- Thuật toán đồng thuận (*Consensus*)

Trong một đàn robot tự hành, đạt được sự đồng thuận có thể được coi là một trong những yêu cầu cơ bản và quan trọng. Các robot tự hành có thể đạt được thỏa thuận nhóm bằng cách chia sẻ thông tin cục bộ với các robot lân cận của chúng. Nói chung, sự đồng thuận là tìm ra một giao thức điều khiển đảm bảo rằng mỗi robot cập nhật trạng thái của nó dựa trên thông tin từ các robot liền kề và trạng thái cuối cùng hội tụ về một giá trị không đổi và điều này phụ thuộc vào giao tiếp giữa các robot tự hành. Phân tích mức độ xuất hiện của hành vi đồng thuận được thực hiện dựa trên kết quả của các tương tác cục bộ giữa các robot chia sẻ thông tin với robot lân cận theo một số giao thức phân tán. Sự đồng thuận của các robot trong đàn bao gồm hướng di chuyển, vị trí, vận tốc, đồng bộ hóa trong việc ra quyết định, ước tính và đo lường các giá trị từ cảm biến...

Hầu hết các nghiên cứu trong vấn đề đồng thuận xem xét các đối tượng có động lực học bậc nhất (vị trí) hoặc bậc hai (vị trí, vận tốc) [51]. Ở mức độ cao hơn, sự đồng thuận bậc ba trong đó các robot bị chi phối bởi động lực học bậc ba (vị trí, vận tốc và gia tốc)

Các điều kiện để đạt được sự đồng thuận đối với các mạng có động lực tích phân bậc nhất đã được nghiên cứu trong [52]. Đối với hệ thống bầy đàn bậc nhất gồm N đối tượng, động lực của mỗi tác nhân được mô hình hóa như:

$$\dot{x}_i(t) = u_i(t) \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (2.2)$$

Trong đó x_i thể hiện trạng thái của đối tượng thứ i và u_i là đáp ứng điều khiển đầu vào. Hệ thống nhận được đồng thuận nếu

$\lim_{t \rightarrow \infty} (x_j(t) - x_i(t)) = 0 \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, N)$. Giao thức đồng thuận được đề xuất như sau

$$u_i(t) = \sum_{j \in N_i} w_{ij} (x_j(t) - x_i(t)) \quad (2.3)$$

Trong đó N_i thể hiện tập hợp liên kề của robot thứ i và w_{ij} chỉ ra luồng thông tin từ robot j tới robot i . Hệ thống sẽ nhận được sự đồng thuận nếu kết nối mạng theo dạng cây có định hướng – cây bao trùm.

Sự đồng thuận của động lực học bậc hai được mô tả như sau:

$$\begin{aligned} \dot{x}_i(t) &= v_i(t) \\ \dot{v}_i(t) &= u_i(t) \end{aligned} \quad (2.4)$$

Trong đó x_i và v_i là các vị trí và vận tốc, và u_i là tín hiệu điều khiển. Thuật toán đồng thuận được đề xuất là:

$$u_i(t) = \sum_{j \in N_i} w_{ij} (x_j(t) - x_i(t) + \gamma_v (v_j(t) - v_i(t))) \quad (2.5)$$

Trong đó γ_v là hệ số khuếch đại (hằng số độ lợi).

Kết quả cho thấy rằng nếu liên hợp của cấu trúc liên kết mạng có dạng cây có hướng (cây bao trùm) thì có thể đạt được sự đồng thuận. Các kết nối truyền thông giữa các robot cũng là một vấn đề quan trọng. Hầu như tất cả các kết quả được xem xét dưới một mạng có cấu trúc liên lạc cố định trong đó ma trận Laplacian L là một ma trận không đổi. Một mạng có thể đạt được sự đồng thuận nếu và chỉ khi ma trận L có giá trị riêng bằng 0 [53]. Nếu không, một mạng không thể hội tụ tiệm cận đến giá trị đồng thuận vì hai nhóm con riêng biệt không nhận được bất kỳ thông tin nào. Để ma trận L có giá trị riêng bằng 0 thì cấu trúc liên kết mạng có hướng phải có một cây bao trùm có hướng. Tuy nhiên, trong thực tế giao tiếp giữa các đối tượng có thể không được cố định vì lỗi liên kết hoặc phạm vi giao tiếp hạn chế. Điều khiển đồng thuận theo cấu trúc liên kết chuyển mạch đã được nghiên cứu trong [54,55]. Ảnh hưởng của hạn chế giao tiếp và thất bại trong giao tiếp Markovian đã được nghiên cứu trong [56].

Sự đồng thuận được khai thác rộng rãi trong nhiều ứng dụng để thiết kế các chiến lược điều khiển cho các hệ thống đa đối tượng. Trong điều khiển đội hình, các robot duy trì một cấu hình hình học mong muốn trong khi thực hiện các nhiệm vụ. Sự khác biệt giữa kiểm soát đội hình và kiểm soát đồng thuận là trạng thái của tất cả các tác nhân đa dạng hơn. Điều khiển bầy đàn được thúc đẩy bởi các hành vi trong các nhóm. Các hành vi tập thể được

thực hiện bởi các tương tác cục bộ giữa các tác nhân. Ba quy tắc cơ bản của việc phân đàn đã được trình bày bởi Reynolds [57], đó là sự gắn kết, tách đàn và liên kết lại. Chiến lược điều khiển này đã được nghiên cứu trên các mô hình tích phân kép trong mặt phẳng 2-D [58] và không gian n-chiều [59]. Khả năng tránh chướng ngại vật và khả năng học tập hợp tác đã được nghiên cứu trong [60,61]. Giao thức điều khiển cục bộ của mỗi tác nhân được thiết kế để mỗi tác nhân trong mạng gặp nhau tại một điểm đến mà không cần giao tiếp trực tiếp giữa các tác nhân [62]. Các công thức đồng bộ và không đồng bộ đã được mở rộng trong [63]. Bằng cách sử dụng đồ thị lân cận, các vấn đề điểm hẹn n chiều đã được nghiên cứu trong [64]. Trong điều khiển ngăn chặn (containment control), một kế hoạch theo dõi robot dẫn đàn đã được thực hiện, trong đó tất cả những robot theo dõi đều hội tụ xung quanh robot dẫn đầu. Khoảng cách giữa các đối tượng là không được tính đến trong điều khiển ngăn chặn. Điều khiển ngăn chặn đã được nghiên cứu theo động lực học tích phân đơn [65], động lực học kép [66], cấu trúc liên lạc cố định [67], cấu trúc liên kết chuyển mạch [68].

Một phân tích về các thuật toán đồng thuận bậc hai đã được thực hiện bằng cách sử dụng lý thuyết đồ thị đại số và kết luận rằng phần thực và phần ảo của các giá trị riêng của ma trận Laplacian có vai trò quan trọng trong việc đạt được sự đồng thuận [69]. Hơn nữa, ảnh hưởng của độ trễ truyền thông đã được khảo sát trong nghiên cứu này và nó đã chỉ ra rằng sự đồng thuận bậc hai có thể đạt được trong hệ thống đa tác nhân với cây bao trùm có hướng chỉ khi độ trễ thời gian nhỏ hơn giá trị tới hạn. Một nghiên cứu khác đề xuất một giao thức đồng thuận bậc hai cho các hệ thống đa tác nhân với phản hồi thông tin gián đoạn đồng bộ và cấu trúc liên kết có hướng [70]. Trong nghiên cứu này, lý thuyết đại số và cách tiếp cận điều khiển Lyapunov đã được sử dụng để phân tích và chứng minh rằng có thể đạt được sự đồng thuận bậc hai nếu kết nối đại số tổng quát của cấu trúc liên kết lớn hơn giá trị ngưỡng và mỗi tác nhân giao tiếp với các tác nhân lân cận của nó đủ thường xuyên.

Sự đồng thuận bậc ba của một hệ thống động gồm có vị trí, vận tốc và gia tốc đã được nghiên cứu đối với trường hợp đồ thị vô hướng [71] và mạng có hướng [72]. Các nghiên cứu này sử dụng lý thuyết đồ thị đại số, các điều kiện

cần và đủ để đạt được sự đồng thuận đã được thiết lập về cường độ mở rộng quy mô và các giá trị riêng của ma trận Laplacian. Hơn nữa, một vấn đề đồng thuận đối với hệ thống đa tác nhân bậc hai và hệ thống đa tác nhân bậc ba đã được xem xét trong đó hệ thống không đồng nhất được chuyển đổi thành một hệ thống sai số tương đương để phân tích độ ổn định [73]. Trong nghiên cứu này, cả cấu trúc liên kết cố định và chuyển mạch đều được xem xét và đạt được sự đồng thuận bằng cách đạt được các điều kiện đủ và cần dựa trên lý thuyết hệ thống bước nhảy Markovian.

2.2.2 Nghiên cứu cụ thể các kỹ thuật truyền thông không dây áp dụng cho robot và mạng robot

Hệ thống truyền thông không dây áp dụng cho mạng robot hứa hẹn cung cấp kết nối không dây hiệu quả về chi phí cho các thiết bị không có cơ sở hạ tầng phủ sóng. So với thông tin liên lạc trên mặt đất hoặc những hệ thống dựa trên nền tảng độ cao, hệ thống không dây theo yêu cầu với robot tự hành tầm thấp nói chung triển khai nhanh hơn, được cấu hình lại linh hoạt hơn và có khả năng có các kênh liên lạc tốt hơn do sự hiện diện của các liên kết tầm ngắn và trong tầm nhìn (LoS).

Với tính cơ động cao và chi phí thấp, máy bay không người lái-UAV) còn thường được gọi là máy bay điều khiển từ xa, đã được ứng dụng rộng rãi trong vài thập kỷ qua [14]. Trong lịch sử, UAVS chủ yếu được sử dụng trong quân đội, chủ yếu được triển khai trên lãnh thổ thù địch để giảm tổn thất phi công. Với việc giảm chi phí liên tục và thu nhỏ thiết bị, các UAVS nhỏ (thường có trọng lượng không quá 25 kg) giờ đây dễ dàng tiếp cận với nhiều địa hình hơn; do đó, nhiều ứng dụng mới trong lĩnh vực dân sự và thương mại đã xuất hiện, với các ví dụ điển hình bao gồm giám sát thời tiết, phát hiện cháy rừng, kiểm soát giao thông, vận chuyển hàng hóa, tìm kiếm và cứu nạn khẩn cấp, chuyển tiếp thông tin liên lạc, và những ứng dụng khác [15]. UAVS có thể được phân thành hai loại, cánh cố định và cánh quay, mỗi loại đều có điểm mạnh và điểm yếu riêng. Ví dụ, UAVs cánh cố định thường có tốc độ cao và trọng tải lớn, nhưng chúng phải duy trì chuyển động tịnh tiến liên tục để ở trên cao, và do đó không thích hợp cho các ứng dụng tĩnh cần kiểm tra chặt chẽ. Ngược lại, các UAVs cánh quay như quadcopters, mặc dù có tính cơ động và trọng tải hạn chế, nhưng có thể di chuyển theo bất kỳ hướng nào

cũng như đứng yên trên không. Do đó, việc lựa chọn UAVs phụ thuộc rất nhiều vào các ứng dụng cụ thể.

Trong số các ứng dụng khác nhau được sử dụng UAVS, cầu truyền thông UAVs cần đạt được thông tin liên lạc không dây tốc độ cao, được kỳ vọng sẽ đóng một vai trò quan trọng trong các hệ thống thông tin liên lạc trong tương lai. Trên thực tế, giao tiếp không dây có sự hỗ trợ của UAVs cung cấp một giải pháp đầy hứa hẹn để cung cấp kết nối không dây cho các thiết bị không có cơ sở hạ tầng phủ sóng do bị che khuất nghiêm trọng bởi địa hình đô thị hoặc đồi núi hoặc hư hỏng cơ sở hạ tầng truyền thông do thiên tai gây ra [16]. Lưu ý ở đây, bên cạnh UAVs, một giải pháp thay thế cho kết nối không dây là thông qua các nền tảng độ cao (HAP), chẳng hạn như khí cầu, thường hoạt động ở tầng bình lưu cao hàng chục km so với bề mặt Trái đất. Thông tin liên lạc dựa trên HAP có một số lợi thế so với các nền tảng tầm thấp (LAP) dựa trên UAVs, chẳng hạn như phạm vi phủ sóng rộng hơn và độ bền lâu hơn. Do đó, HAP nói chung được ưa thích để cung cấp vùng phủ sóng không dây đáng tin cậy cho các khu vực địa lý rất lớn. Mặt khác, so với truyền thông dựa trên HAP, hoặc dựa trên hệ thống vệ tinh hoặc mặt đất, liên lạc không dây với UAVs ở độ cao thấp (thường ở độ cao không quá vài km) cũng có một số lợi thế quan trọng.

Thứ nhất, các hệ thống UAVs theo yêu cầu tiết kiệm chi phí hơn và có thể được triển khai nhanh chóng hơn nhiều, điều này khiến chúng đặc biệt thích hợp cho các nhiệm vụ đột xuất hoặc có thời gian giới hạn. Bên cạnh đó, với sự hỗ trợ của UAVs tầm thấp, các liên kết thông tin liên lạc tầm nhìn gần (LoS) có thể được thiết lập trong hầu hết các tình huống, điều này có khả năng dẫn đến cải thiện hiệu suất đáng kể so với liên lạc trực tiếp giữa nguồn và đích (nếu có thể) hoặc HAP chuyển tiếp qua các liên kết LoS đường dài. Ngoài ra, khả năng cơ động của UAVs mang lại những cơ hội mới để nâng cao hiệu suất, thông qua việc điều chỉnh động của trạng thái UAVs để phù hợp nhất với môi trường liên lạc. Hơn nữa, thông tin liên lạc thích ứng có thể được thiết kế chung với kiểm soát tính di động của UAVS để cải thiện hơn nữa hiệu suất liên lạc. Ví dụ, khi một UAVs trải nghiệm các kênh tốt với thiết bị đầu cuối mặt đất, bên cạnh việc truyền ở tốc độ cao hơn, nó cũng có thể giảm tốc độ để duy trì kết nối không dây tốt để truyền nhiều dữ liệu hơn đến

các thiết bị đầu cuối mặt đất. Những lợi ích rõ ràng này làm cho giao tiếp không dây có sự hỗ trợ của UAVS trở thành một thành phần không thể thiếu đầy hứa hẹn của các hệ thống không dây trong tương lai, vốn cần hỗ trợ các ứng dụng đa dạng hơn với việc cải thiện dung lượng theo cấp độ so với các hệ thống hiện tại.

- UAVS hỗ trợ phạm vi phủ sóng, nơi các UAVs được triển khai để hỗ trợ cơ sở hạ tầng thông tin liên lạc hiện có, cung cấp vùng phủ sóng không dây liền mạch trong khu vực phục vụ. Hai trường hợp ví dụ là phục hồi dịch vụ nhanh chóng sau khi cơ sở hạ tầng bị hư hỏng một phần hoặc toàn bộ do thiên tai và trạm gốc hoạt động ở những khu vực cực kỳ đông đúc (ví dụ: sân vận động trong một sự kiện thể thao). Lưu ý rằng trường hợp thứ hai đã được xác định là một trong năm kịch bản chính cần được giải quyết hiệu quả bởi các hệ thống không dây thế hệ thứ năm (5G) [17].

- UAVs hỗ trợ chuyển tiếp, trong đó các UAVs được triển khai để cung cấp kết nối không dây giữa hai hoặc nhiều người dùng hoặc nhóm người dùng ở xa mà không có liên kết giao tiếp trực tiếp đáng tin cậy. Ví dụ, điều này có thể nằm giữa tiền tuyến và trung tâm chỉ huy để ứng phó khẩn cấp.

- UAVs hỗ trợ thu thập dữ liệu và phổ biến thông tin, trong đó UAVs được phái đi để phổ biến (hoặc thu thập) thông tin có khả năng chịu trễ đến (từ) một số lượng lớn các thiết bị không dây phân tán. Một ví dụ là cảm biến không dây trong các ứng dụng nông nghiệp chính xác.

Mặc dù có nhiều lợi ích hứa hẹn, nhưng giao tiếp không dây với UAVs cũng phải đối mặt với một số thách thức thiết kế mới. Đầu tiên, bên cạnh các liên kết giao tiếp thông thường như trong các hệ thống trên mặt đất, các liên kết điều khiển bổ sung và liên lạc không trọng tải (CNPC) với độ trễ và yêu cầu bảo mật nghiêm ngặt hơn là cần thiết trong các hệ thống UAVs để hỗ trợ các chức năng quan trọng về an toàn, chẳng hạn như điều khiển thời gian thực, và tránh va chạm và va chạm. Điều này đòi hỏi các cơ chế quản lý tài nguyên và bảo mật hiệu quả hơn được thiết kế đặc biệt cho các hệ thống liên lạc UAVs. Bên cạnh đó, môi trường di động cao của các hệ thống UAVs thường dẫn đến cấu trúc mạng có tính năng động cao, thường được kết nối thưa thớt và không liên tục [18]. Do đó, sự phối hợp hiệu quả giữa nhiều UAVs, hoặc các hoạt động bầy đàn UAVs, cần được thiết kế để đảm bảo kết

nối mạng đáng tin cậy [19]. Đồng thời, các giao thức truyền thông mới cần được thiết kế có tính đến khả năng kết nối mạng thưa thớt và không liên tục. Một thách thức chính khác bắt nguồn từ những hạn chế về kích thước, trọng lượng và sức mạnh (SWAP) của UAVs, có thể hạn chế khả năng giao tiếp, tính toán và sức bền của chúng. Để giải quyết những vấn đề như vậy, cần có các cơ chế vận hành và triển khai UAVs nhận biết năng lượng để sử dụng và bổ sung năng lượng thông minh. Cuối cùng nhưng không kém phần quan trọng, do tính cơ động của UAVs cũng như thiếu các liên kết backhaul (kết nối chuyên tiếp) cố định và điều khiển tập trung, việc phối hợp gây nhiễu giữa các ô lân cận với các trạm gốc trên không hỗ trợ UAVs sẽ khó khăn hơn so với các hệ thống di động trên mặt đất. Do đó, các kỹ thuật quản lý nhiễu hiệu quả được thiết kế đặc biệt cho vùng phủ sóng di động có sự hỗ trợ của UAVs là cần thiết.

CHƯƠNG 3. GIỚI THIỆU VỀ ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI - UAV

3.1 Giới thiệu về máy bay không người lái (UAV)

Máy bay không người lái (UAV) là một loại robot tự hành được sử dụng phổ biến hiện nay do tính linh hoạt và cơ động của chúng. UAV có thể hoạt động dưới sự điều khiển từ xa của người điều khiển hoặc với nhiều mức độ tự chủ khác nhau, chẳng hạn như hỗ trợ lái tự động, cho đến máy bay tự động hoàn toàn không cần con người can thiệp.



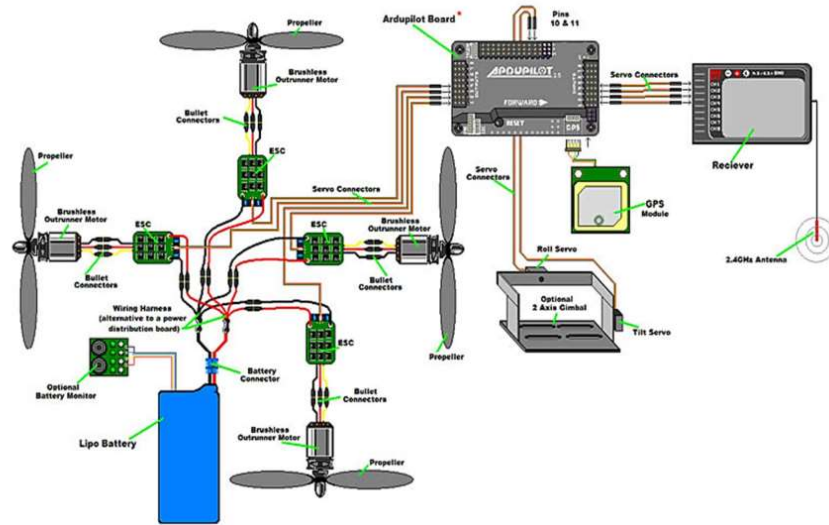
Hình 3. 1: Máy bay không người lái quadrotor UAV- FlameWheel 450 (F450)

Các thành phần	Thông số
Động cơ quay	4
Nặng	686g (không bao gồm pin)
Kích thước đường chéo	450mm
Tốc độ bay cực đại	100km/h
Khoảng cách hoạt động	2000m (trong điều kiện không bị che khuất bởi vật cản)
Pin	3700mAh 35C 11.1V 3SXT60 LiPo
GNSS	GPS+GLONASS Dual Mode
Dải tần hoạt động	2.4GHz
Thời gian bay tối đa	18 phút

Bảng 3. 1: Thông số kỹ thuật của quadrotor UAV- FlameWheel 450 (F450)

Quadrotor UAV- FlameWheel 450 (F450) như trong Hình 3.1 và thông số kỹ thuật của UAV trong Bảng 3.1

Sơ đồ lắp đặt các thành phần điều khiển bao gồm: Bộ điều khiển, 04 motor với 04 cánh quạt, ESC, receiver... được thể hiện ở hình 3.2. Theo đó các thành phần này được cố định lên thân UAV bằng hệ vít hoặc dây khóa.



Hình 3. 2: Sơ đồ các thành phần điều khiển trên UAV F450

UAV ban đầu được sử dụng cho các nhiệm vụ rất tốn kém hoặc nguy hiểm đối với con người. Mặc dù chúng bắt đầu chủ yếu trong các ứng dụng quân sự [20], việc sử dụng chúng nhanh chóng mở rộng sang các ứng dụng thương mại, khoa học, giải trí, nông nghiệp và các ứng dụng khác, chẳng hạn như giám sát và bảo vệ, giao hàng, chụp ảnh trên không, kiểm tra cơ sở hạ tầng. Trong bài báo [21] các ứng dụng được trình bày bao gồm giám sát, kiểm tra và lập bản đồ các khu vực nguy hiểm. UAV đã phát triển rất nhiều kể từ khi ra đời do những đổi mới liên tục trong lĩnh vực công nghệ và internet. Ngày nay, UAV được sử dụng làm công cụ điều hướng và giám sát trên mặt đất và trên không. Gần đây, việc sử dụng UAV đã phổ biến trong nhiều lĩnh vực như kiểm soát giao thông, phân tích thời tiết, giao hàng, các nhiệm vụ cứu hộ, và quản lý thảm họa phù hợp với yêu cầu của các thành phố thông minh và thông minh và sự quản lý của chúng [22]. Phân tích dựa trên UAV giúp quản lý các thảm họa như lũ lụt và cháy rừng [23].

UAV được ưu tiên thực hiện các nhiệm vụ ở những khu vực nguy hiểm và tác nghẽn có nguy cơ đe dọa đến tính mạng con người. UAV đã tăng năng suất lên rất nhiều, việc sử dụng UAV sẽ tiết kiệm được nhiều công sức và thời gian cho con người.

Một số thách thức với UAV đang cần được xem xét nâng cấp như sau:

Thách thức sạc: Các sứ mệnh UAV đòi hỏi phải quản lý năng lượng hiệu quả cho các UAV chạy bằng pin. Quản lý đáng tin cậy, liên tục và thông minh có thể giúp UAV đạt được nhiệm vụ và ngăn ngừa mất mát và hư hỏng. Dung lượng pin của UAV là yếu tố chính để thực hiện các nhiệm vụ bền bỉ. Nhưng khi dung lượng pin tăng lên, trọng lượng của nó tăng lên, điều này khiến UAV tiêu tốn nhiều năng lượng hơn cho một nhiệm vụ nhất định.

Các thách thức tránh va chạm và bày đàn: UAV có thể va chạm với các chướng ngại vật, có thể là vật thể chuyển động hoặc đứng yên trong môi trường trong nhà hoặc ngoài trời. Trong các chuyến bay của UAV, điều quan trọng là phải tránh tai nạn với những chướng ngại vật này.

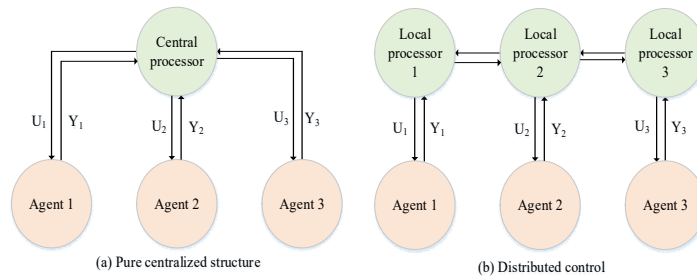
Những thách thức về bảo mật: Các thành phần khác nhau của các hệ thống UAV cung cấp một bề mặt tấn công lớn cho những xâm nhập phá hoại, điều này mang lại những thách thức lớn về an ninh mạng cho các hệ thống UAV.

3.2 Vấn đề điều khiển đàn UAVs

UAV được định nghĩa là một thực thể nằm trong một số môi trường và có thể tự chủ phản ứng với những thay đổi trong môi trường đó [24]. Môi trường là các yếu tố bên ngoài tới UAV. Môi trường có thể bị thay đổi bởi một số hành động do các UAV thực hiện. Hệ thống nhiều UAV là sự tích hợp của nhiều UAV trong đó các UAV phải tương tác với các thành viên khác để có được sự hợp tác. Điều khiển hợp tác cho nhiều UAV đã được nghiên cứu và khai thác rộng rãi trong nhiều lĩnh vực ứng dụng như hệ thống robot [25], phương tiện tự hành dưới nước (AUV) [26], máy bay không người lái (UAV) [27], mạng cảm biến [18], và lưới điện thông minh [29].

Trong hệ thống đa đối tượng, cấu trúc điều khiển được phân loại rộng rãi thành hai nhóm sơ đồ tập trung và phân tán [30]. Trong một cấu trúc tập trung, một đơn vị trung tâm có kết nối với tất cả các đối tượng nắm giữ thông

tin toàn cầu, thực hiện các tính toán và giám sát các đối tượng khác để đạt được nhiệm vụ. Do đó, một nguồn lực mạnh thường được yêu cầu cho đơn vị trung tâm. Ngược lại, cấu trúc phân tán giới thiệu một sơ đồ tính toán dựa trên việc chia sẻ thông tin cục bộ. Tất cả các đại lý đều có cùng loại thiết bị và cấp độ. Mỗi UAV cảm nhận thông tin tương đối của các UAV liền kề bằng các cảm biến cục bộ. Dựa trên dữ liệu này, một UAV đưa ra quyết định cho bước tiếp theo. Các UAV chỉ cần kết nối với UAV liền kề và không yêu cầu thông tin toàn cầu.



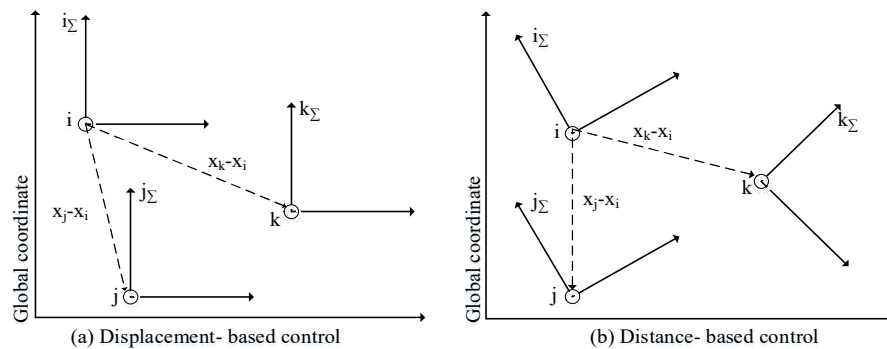
Hình 3. 3: Các phương án Tập trung và Phân tán

Các cấu trúc kiểm soát tập trung và phân tán có giá trị và ưu điểm riêng của chúng. Trong các chương trình tập trung, cấu trúc kiểm soát rõ ràng và dễ thực hiện. Một đơn vị trung tâm với khả năng tính toán và giao tiếp tuyệt vời sẽ thực hiện hiệu quả các phép tính và gửi các lệnh điều khiển đến các đối tượng khác. Tuy nhiên, hệ thống gặp sự cố lỗi một điểm. Sự cố của thiết bị trung tâm sẽ dẫn đến sự sụp đổ của toàn bộ hệ thống. Hơn nữa, các yêu cầu về một đơn vị trung tâm sẽ rất tốn kém. Trong các sơ đồ phi tập trung, cấu trúc điều khiển phức tạp hơn để thực hiện điều phối. Ngược lại, tính mạnh mẽ của hệ thống được cải thiện rất nhiều. Khi các nhiệm vụ tính toán được thực hiện trên một đối tượng, các nhiệm vụ có thể được hoàn thành ngay cả khi một số đối tượng khác bị thất bại. Ngoài ra, điều khiển phân tán có hiệu quả kinh tế hơn vì đơn vị lỗi đắt tiền có thể được thay thế bằng các thiết bị tính toán và cảm biến chi phí thấp.

❖ Điều khiển nhóm

Điều khiển nhóm đã được nghiên cứu rộng rãi trong lĩnh vực robot và điều khiển. Nhiều chiến lược kiểm soát đã được đề xuất để kiểm soát đội hình. Trong [53], các đối tượng đã phân loại các loại chiến lược điều khiển bằng

các biến số cảm nhận và điều khiển, đó là điều khiển dựa trên vị trí, độ dịch chuyển và khoảng cách. Trong điều khiển dựa trên vị trí, mỗi đối tượng có thể có được các vị trí của nó trong hệ tọa độ toàn cầu và bộ điều khiển sử dụng thông tin này để điều khiển một đối tượng đến mục tiêu. Đối với các trường hợp điều khiển dựa trên sự dịch chuyển, định hướng của tác nhân trong hệ tọa độ toàn cầu có sẵn và tác nhân có thể nhận ra vị trí tương đối của các đối tượng liền kề. Định hướng của tất cả các đối tượng phải phù hợp với tọa độ toàn cục. Trong điều khiển dựa trên sự dịch chuyển, các đối tượng có thể có được vị trí tương đối của các đối tượng gần trong sự phối hợp cục bộ của chúng như là các biến điều khiển. Định hướng có thể không cần phải liên kết với những đối tượng khác. Kiểm soát dựa trên độ dịch chuyển là cách tiếp cận thích hợp nhất vì nó yêu cầu ít tài nguyên hơn cho thông tin toàn cầu.



Hình 3. 4: Điều khiển dựa theo khoảng cách và không theo vị trí

Điều khiển nhóm có thể được phân loại theo ý tưởng của các sơ đồ kiểm soát. Ba loại chính là dựa trên UAV đi theo, dựa trên cấu trúc ảo và kiểm soát dựa trên hành vi. Trong kiểm soát dựa vào đi theo, một hoặc một số đối tượng được coi là dẫn hướng và các thành viên khác đi theo. Thông tin về các nhiệm vụ chỉ có sẵn cho các UAV dẫn hướng. UAV theo dõi chuyển động của UAV dẫn đường và giữ khoảng cách với UAV dẫn hướng. Ở điều khiển dựa trên hành vi, một số hành vi mong muốn được kết hợp để kiểm soát các đối tượng. Hoạt động phổ biến là duy trì đội hình, tránh va chạm và tìm kiếm mục tiêu. Mỗi hành vi có một trọng số riêng biệt. Trong điều khiển dựa trên cấu trúc ảo, các đối tượng theo dõi chuyển động của các UAV tương ứng với một cấu trúc ảo. Mỗi cách tiếp cận đều có ưu và nhược điểm riêng [54]. Phương pháp dựa trên Người dẫn đầu-Người theo dõi có cách triển khai đơn giản và tính toán

nhẹ. Tuy nhiên, cách tiếp cận này không mạnh mẽ vì toàn bộ hệ thống có thể bị thất bại do sai lầm của UAV dẫn hướng. Cách tiếp cận dựa trên hành vi có ưu điểm là nhiều mục tiêu kiểm soát có thể được kết hợp đồng thời trong một bộ điều khiển duy nhất. Mặt khác, động lực của các hệ thống sử dụng cách tiếp cận dựa trên hành vi rất khó được phân tích toán học, điều này gây khó khăn trong việc thiết kế mức tăng trọng lượng phù hợp cho các hành vi. Trong các phương pháp tiếp cận cấu trúc ảo, hình dạng hình thành có thể thu được một cách chính xác. Tuy nhiên, cách tiếp cận này đòi hỏi nhiều tài nguyên để tính toán và giao tiếp.

Như đã nói ở trên, lý thuyết đồng thuận đã được sử dụng rộng rãi để thiết kế các thuật toán điều khiển nhóm. Trong thiết kế dựa trên sự đồng thuận, mỗi tác nhân có các trạng thái giữ hiệu số liên quan đến tham chiếu nhóm. Các trạng thái đi đến thỏa thuận thông qua các tương tác cục bộ. Trong [55], Ren đã chỉ ra rằng các phương pháp tiếp cận dựa trên cấu trúc ảo, hành vi và UAV dẫn đường có thể được coi là những trường hợp đặc biệt của kiểm soát hình thành dựa trên sự đồng thuận. Nghiên cứu ở [56] đã đề xuất một giao thức điều khiển dựa trên sự đồng thuận cho một hệ thống bầy đàn với động lực học tích hợp thứ nhất. Kết quả cho thấy rằng sự hình thành đã đạt được trong một thời gian hữu hạn. Các vấn đề kiểm soát sự hình thành của các đối tượng với động lực học tích phân thứ hai và các cấu trúc liên kết tương tác vô hướng đã được nghiên cứu trong [57].

❖ Sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong điều khiển đàn UAV

Trí tuệ nhân tạo là việc nghiên cứu và phát triển các máy móc và phần mềm thông minh có thể học hỏi, thu thập kiến thức, giao tiếp, thao tác, suy luận và nhận thức các đối tượng. Từ đó có thể đưa ra những quyết định chính xác để giải quyết những vấn đề phức tạp. John McCarthy đã đặt ra thuật ngữ này vào năm 1956 như một nhánh của khoa học máy tính liên quan đến việc làm cho máy tính hoạt động giống như con người. Chính việc nghiên cứu tính toán giúp chúng ta có thể nhận thức lý trí và hành động. Trí tuệ nhân tạo khác với khoa học máy tính vì nó tập trung vào nhận thức, suy luận và hành động. Nó làm cho máy móc thông minh hơn và hữu ích hơn. Nó hoạt động với sự trợ giúp của các nơ-ron nhân tạo (mạng nơ-ron nhân tạo) và các định lý khoa học

(các câu lệnh if-then và logic). Mạng nơ-ron nhân tạo (ANN), học máy (ML), học sâu (DL), logic mờ, hệ thống giao thoa mờ nơ-ron (ANFIS), thuật toán di truyền, nhận dạng mẫu, phân cụm, tối ưu hóa bầy hạt (PSO), v.v. các công cụ quen thuộc của AI.

Các công nghệ AI đã phát triển đến mức mang lại những lợi ích thiết thực thực sự trong nhiều ứng dụng của chúng. Các lĩnh vực Trí tuệ nhân tạo chính là các hệ thống chuyên gia, xử lý ngôn ngữ tự nhiên, hiểu giọng nói, robot và hệ thống giác quan, thị giác máy tính và nhận dạng cảnh, tính toán thần kinh, hướng dẫn có sự hỗ trợ của máy tính thông minh. Trong phần này, chúng tôi chỉ tập trung điều tra vào các kỹ thuật AI cho robot.

Trong những năm gần đây, AI trở thành một công cụ đặc biệt hữu ích để giải quyết các vấn đề phức tạp của Hệ thống nhiều robot (MRS) như hành vi động phi tuyến, số lượng tác nhân ngày càng tăng, các nhiệm vụ đa robot trong một môi trường thay đổi năng động. Trong [77], các tác giả đã đề xuất kiến trúc của một hệ thống mờ cho mỗi điều khiển tốc độ robot và một hệ thống mờ-nơ-ron để tránh chướng ngại vật. Kỹ thuật dựa trên trí tuệ nhân tạo này đã được chứng minh là hiệu quả và độ tin cậy cao cho các nhiệm vụ nhiều robot trong môi trường thay đổi năng động. Các thuật toán học tăng cường cũng đã được trình bày với mục đích tạo ra một khuôn khổ linh hoạt có thể tự động thích ứng với các điều kiện môi trường khác nhau và với nhiều tác nhân khác nhau [78].

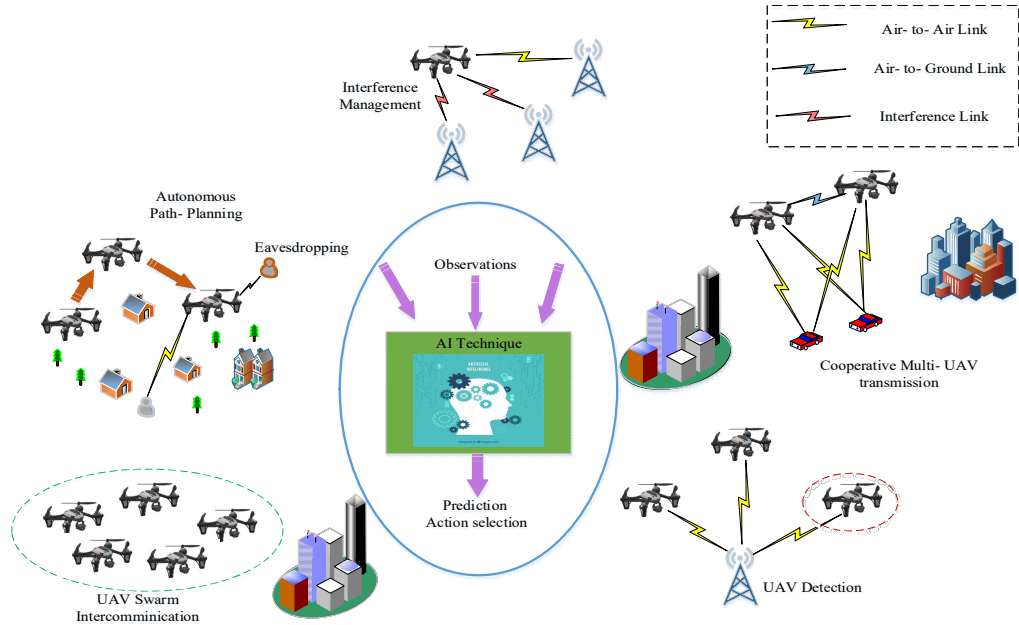
Việc tìm ra một quỹ đạo khả thi và không có va chạm cho mỗi tác nhân trong việc kiểm soát sự hình thành là rất quan trọng và thách thức đối với các hệ thống đa tác nhân. Bài báo [79] đã đề xuất một cách tiếp cận học tập củng cố sâu để giải quyết vấn đề này. Cụ thể, phương pháp này không chỉ có thể cho phép mỗi robot tự học chính sách của mình mà còn có thể ước lượng chính sách của các nước láng giềng để tìm ra các hành động chính xác sau quá trình đào tạo.

Hơn nữa, thuật toán điều khiển hình thành cho các hệ thống đa tác nhân dựa trên phương pháp tiếp cận AI cũng được áp dụng trong nhiệm vụ lập kế hoạch đường đi của UAV. Mục tiêu chính của nhiệm vụ này là thiết kế một

đường bay hướng đến mục tiêu với chi phí toàn diện tối thiểu, xác suất bị tiêu diệt tối thiểu trong khi đáp ứng các yêu cầu về hiệu suất của UAV [80,81,82].

Ngoài các vấn đề nêu trên, giao tiếp hiệu quả giữa bản thân robot và con người phải là một yêu cầu thiết yếu đối với các hệ thống nhiều robot. Sự kết hợp của các phương pháp tiếp cận tiên tiến sẽ giúp robot di chuyển tự động và mở rộng các chức năng của robot để thực hiện bất kỳ nhiệm vụ nào một cách hiệu quả. Hình 3.6 mô tả các ứng dụng khác nhau của các giải pháp AI trong các hệ thống đa UAV, ví dụ, truyền dẫn đa UAV hợp tác, thông tin liên lạc bày đàn UAV, phát hiện UAV, lập kế hoạch đường đi tự động [83]. Nói chung, tầm quan trọng của AI trong mạng truyền thông không dây đã được chỉ ra trong nhiều nghiên cứu. Trong [84], [85], [86] đã trình bày về khả năng kết nối của UAV và dự đoán số lượng người dùng được kết nối với UAV bằng cách sử dụng máy học. Các tác giả trong [87] tập trung vào Internet của vạn vật thông minh (IoT), đưa AI vào mạng lưới giao tiếp và vạn vật. Nghiên cứu này sử dụng các robot thông minh tại nhà để thu thập dữ liệu và kết nối với quá trình xử lý bằng AI.

Các ứng dụng thực tế của trí tuệ nhân tạo trong hệ thống nhiều đối tượng có thể kể đến như phát hiện cháy rừng, ứng cứu, giải quyết tình trạng quá tải thông tin liên lạc. Trong [88], sự hình thành của các UAV sử dụng AI để phát hiện cháy rừng sớm. Nghiên cứu này cho phép UAV sử dụng các phương pháp thị giác máy tính để nhận dạng và phát hiện khói hoặc lửa, dựa trên các hình ảnh tĩnh hoặc đầu vào video từ các camera bay không người lái. Một hệ thống nhiều UAV dựa trên máy học để tối đa hóa dung lượng của mạng 5G đã được trình bày trong [89]. Phương pháp được đề xuất sử dụng “học tăng cường” thiết lập một vị trí tối ưu với thông lượng tối đa để giải quyết vấn đề quá tải truyền thông.



Hình 3. 5: Các ứng dụng của AI trong các hệ thống sử dụng nhiều UAV

Tóm lại, trí tuệ nhân tạo đóng một vai trò quan trọng trong việc cung cấp các giải pháp khả thi cho những vấn đề này và giúp đưa ra quyết định được đánh giá cao và dự đoán chính xác theo các tình huống môi trường để đạt được hiệu quả tốt nhất từ các hệ thống nhiều robot hay UAVs.

Nội dung chi tiết về thuật toán xử lý ảnh giám sát sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI) cho thiết bị bay không người lái UAV sẽ được trình bày trong chương 4 của báo cáo này.

❖ Vấn đề nhận diện đối tượng, xây dựng bản đồ

Máy bay không người lái thường được trang bị cảm biến máy ảnh (camera), có thể là máy ảnh quang học hoạt động trên phổ ánh sáng nhìn thấy, tia hồng ngoại để hoạt động trong điều kiện ánh sáng yếu (bằng cách phát hiện nhiệt phát ra) hoặc cảm biến siêu kính, xem xét các phổ cụ thể cho các sự kiện quan tâm. Sau đó, hình ảnh do cảm biến thu thập có thể được xử lý cục bộ bằng hệ thống máy tính trên bo mạch hoặc gửi đến các trung tâm điều khiển để xử lý từ xa. Trong cả hai trường hợp xử lý cục bộ và từ xa, việc xác định tự động các sự kiện quan tâm (tức là các thảm họa tiềm ẩn) là rất quan trọng để cảm nhận thảm họa khi nó đang xảy ra, thực hiện các hành động cứu sống ngay lập tức, bởi các tổ chức chính phủ hoặc chính người dân. Trong

thập kỷ qua, hệ thống phân loại dựa trên AI (CNN) đã đạt được rất nhiều tiến bộ. Nhiều kiến trúc đã được đề xuất bởi cộng đồng học sâu được thúc đẩy bởi nhu cầu thực hiện tốt hơn nữa trong các nhiệm vụ phân loại hình ảnh như Cuộc thi Nhận biết Hình ảnh Quy mô lớn ImageNet (ILSVRC).

Tiếp theo, một số kiến trúc quan trọng nhất sẽ được chú ý, có các thành phần và ý tưởng sẽ được sử dụng để phát triển CNN hiệu quả để phân loại cảnh trên không với UAV. Tuy nhiên, việc phát hiện nạn nhân trong thảm họa bị thách thức rất nhiều bởi nhiễu của hình ảnh, bởi các thông số môi trường bên ngoài khác nhau.



Hình 3. 6: Một số hình ảnh thu thập từ UAVs trong ứng dụng cứu hộ (AIDER)

Các kỹ thuật dựa trên bộ lọc truyền thống để phân loại hình ảnh như biểu đồ của các bộ lọc gradient có định hướng và các thuật toán học máy hoạt động tốt đối với khối lượng lớn hình ảnh đầu vào của con người. Những tiến bộ trong thuật toán học sâu hoạt động tốt theo cấp số nhân trong việc xử lý khối lượng dữ liệu hình ảnh khổng lồ. Những thách thức trong việc phát hiện con người là do một số lý do như tư thế khác nhau mà con người thực hiện, có thể bị con người hoặc vật thể khác che khuất, nên có thể có vật thể hình người dẫn đến phát hiện sai. Nhiều đồ vật như bình cứu hỏa, ghế hoặc búp bê trong phạm vi phát hiện có thể có các đặc điểm giống con người nhưng được kết hợp sai với nạn nhân. Các phương pháp phát hiện đối tượng truyền thống được xây dựng dựa trên các tính năng thủ công và kiến trúc nông nghiệp có thể đào tạo được. Hiệu suất của chúng dễ dàng bị đình trệ bằng cách xây dựng các nhóm phức tạp kết hợp nhiều tính năng hình ảnh cấp thấp với bối cảnh cấp

cao từ bộ phát hiện đối tượng và bộ phân loại cảnh. Với sự phát triển nhanh chóng của học sâu, các công cụ mạnh mẽ hơn, có thể học ngữ nghĩa, các tính năng cấp cao, sâu hơn, được giới thiệu để giải quyết các vấn đề tồn tại trong các kiến trúc truyền thống. Các mô hình này hoạt động khác nhau về kiến trúc mạng, chiến lược đào tạo và chức năng tối ưu hóa.

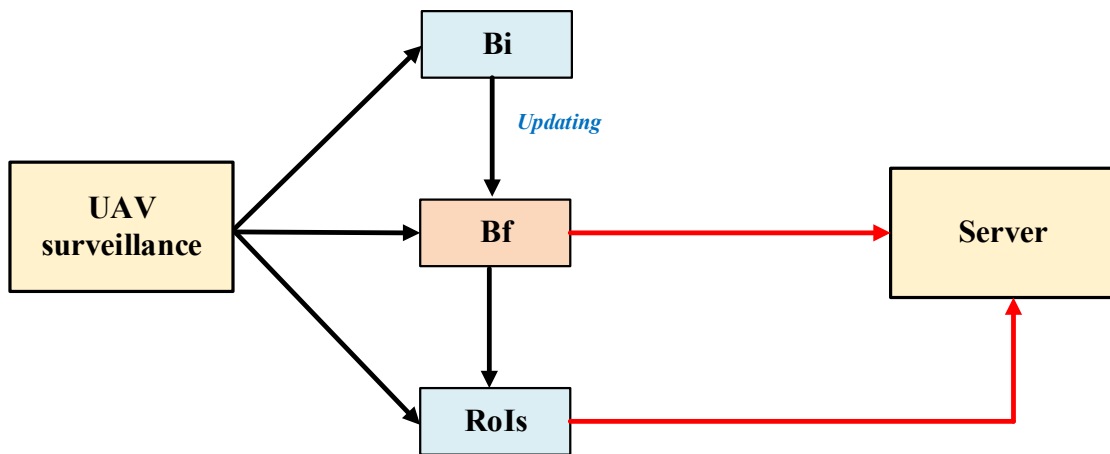
CHƯƠNG 4. THUẬT TOÁN XỬ LÝ ẢNH GIÁM SÁT SỬ DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO (AI) CHO PHƯƠNG TIỆN TỰ HÀNH KHÔNG NGƯỜI LÁI

4.1 Đặt vấn đề

Trong nhiều thập kỷ, máy bay không người lái (UAV) được coi là một giải pháp thay thế, nhằm tạo ra môi trường làm việc an toàn nhất cho con người từ những khu vực nguy hiểm hoặc những nhiệm vụ có rủi ro cao. Với khả năng giám sát từ xa theo thời gian thực, UAV được trang bị camera có thể ghi lại hình ảnh hoặc video để theo dõi các mục tiêu như con người, phương tiện hoặc các khu vực cụ thể. Hiện nay, UAV giám sát đã được nâng cấp thêm nhiều tính năng tự điều khiển, phân tích và xử lý dữ liệu bằng cách tích hợp UAV với trí tuệ nhân tạo (AI). Sử dụng các công nghệ này, UAV có thể được đào tạo để thực hiện các nhiệm vụ cụ thể bằng cách xử lý một lượng lớn hình ảnh và video, đồng thời xác định khu vực quan tâm hiện diện (RoI) trong các khung như kiểm tra mặt cầu phát hiện cốt thép, thực hiện các nhiệm vụ giám sát để cảnh báo sớm thiên tai hoặc phát hiện vết nứt. Thật vậy, sự tích hợp giữa UAV với công nghệ AI có thể giúp UAV thực hiện các nhiệm vụ phức tạp hơn là giám sát. Ngoài ra, công nghệ AI còn cải thiện những hạn chế còn tồn tại của hệ thống giám sát UAV như dung lượng lưu trữ, khả năng xử lý, băng thông truyền dẫn, giúp truyền dữ liệu liên tục, giảm chi phí tính toán và tăng độ chính xác của việc phát hiện RoI.

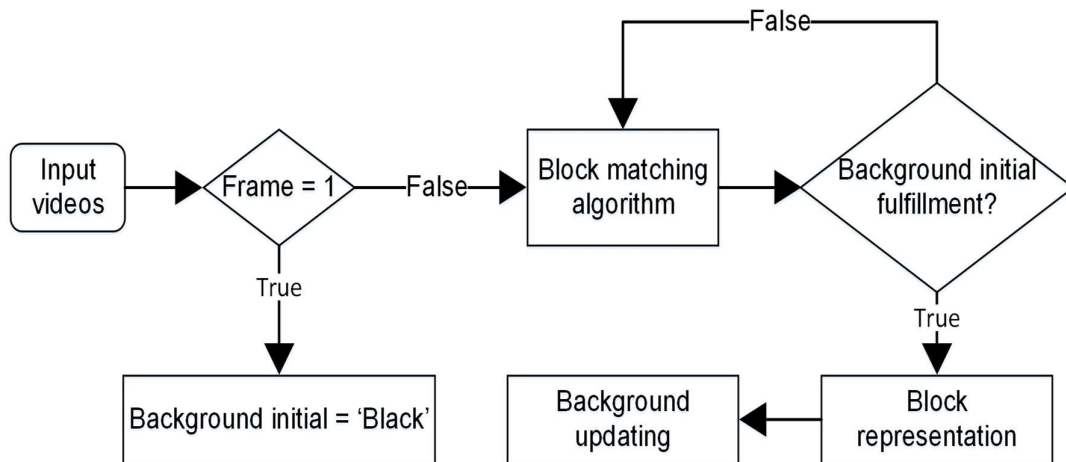
Xuất phát từ nhu cầu thực tế, nghiên cứu này giới thiệu một phương pháp mới nhằm phân bổ phù hợp hơn trong quá trình xử lý dữ liệu trên cả hai phía UAV và Server của hệ thống giám sát UAV. Sơ đồ khối trong hình 4.1 mô tả các bước hoạt động của quá trình xử lý video ở phía giám sát UAV trước khi gửi dữ liệu đến phía máy chủ. Mỗi khung hình của video đầu vào được sử dụng cho hai mục đích, đó là nền biểu diễn, Bf và vùng quan tâm, RoI. Bf được gọi là nền được cập nhật nếu có thay đổi tĩnh so với các khung trước đó. Mặt khác, RoI chứa các đối tượng chuyển động thu được bằng cách áp dụng kỹ thuật trừ nền. Điểm đặc biệt là chỉ những RoI mới được gửi đến máy chủ. Trong khi đó, nền thông qua quá trình cập nhật từ Bi thành Bf, nền cuối cùng.

Bf sau đó được gửi đến phía máy chủ. Hợp nhất Bf và ROI (các đối tượng chuyển động) ở phía máy chủ sẽ tạo ra các khung có nền trước và nền sau đầy đủ. Ngoài ra, kỹ thuật này được áp dụng ở phía máy ảnh giúp máy chủ ở phía máy chủ chỉ cần tập trung ROI để xử lý các tác vụ tiếp theo. Qua đó giảm gánh nặng tính toán cho phía máy chủ.



Hình 4. 1: Sơ đồ khối mô tả các bước hoạt động của quá trình xử lý video ở phía giám sát UAV trước khi gửi dữ liệu đến phía máy chủ

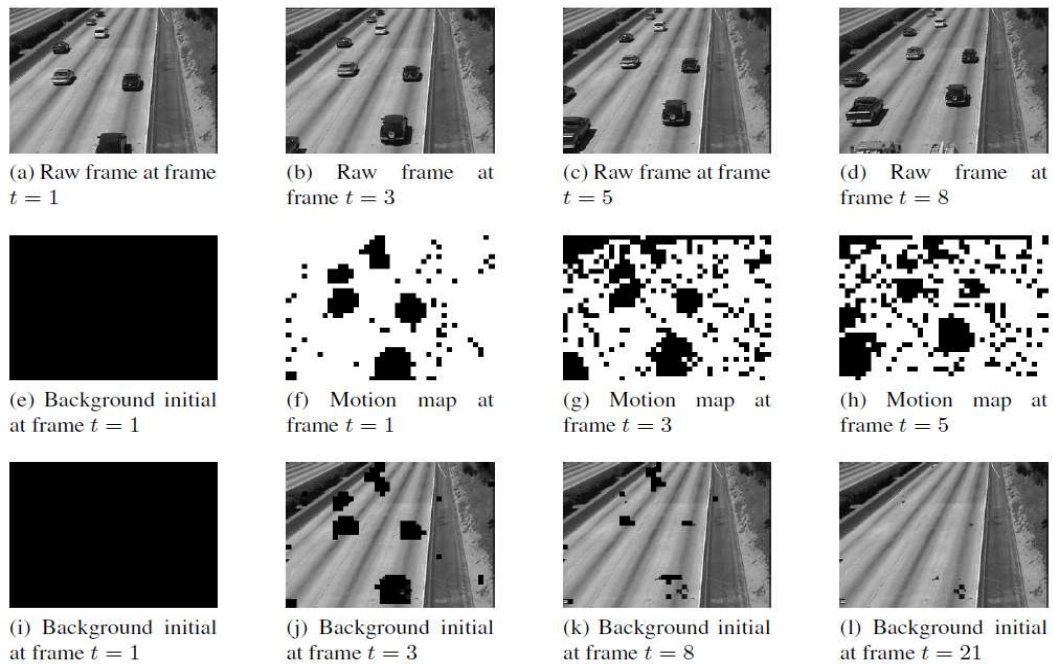
4.2 Xử lý dữ liệu ở phía camera



Hình 4. 2: Lưu đồ thuật toán khởi tạo nền

Mỗi khung hình của video đầu vào ban đầu có kích thước chiều rộng, W và chiều cao, H đều có các khối tĩnh và có thể chứa các khối chuyển động. Để mô hình hóa nền mà không có các đối tượng chuyển động, một thuật toán được hiển thị trong hình 4.2 được đề xuất. Nền được mô phỏng theo t khung

hình video liên tiếp, t có thể thay đổi dựa trên các cảnh cụ thể. Các khung tại thời điểm $t = 1$ và thời điểm $t + 1$. Tại khung đầu tiên của video đầu vào F1 hoặc $t = 1$, khung nền ban đầu B_t được xác định là không xác định và biểu thị là các khối “đen”. Đối với các khung tiếp theo, khung t được so sánh với khung $t - 1$ trước đó bằng thuật toán khớp khối để xác định các vùng chuyển động có thể được gọi là vùng chứa các đối tượng chuyển động và tạo bản đồ chuyển động. Thuật toán khớp khối tính toán hàm chi phí tại mỗi vị trí có thể có trong cửa sổ tìm kiếm. Điều này dẫn đến khả năng khớp khối macro trong khung tham chiếu với một khối trong khung khác. Nền, được cập nhật dựa trên khung chuyển động và nền ban đầu trước đó. Quy trình cập nhật nền được thực hiện cho đến khi tất cả các khối không xác định được lấp đầy bởi các khối nền.



Hình 4. 3: Bối cảnh ban đầu ở một vài khung hình đầu tiên từ bộ dữ liệu

ATON

Như thể hiện trong hình 4.3 có các khung hình gốc, khung hình chuyển động trong đó các khối chuyển động được ký hiệu là các khối “đen” và các khối “trắng” là các khối tĩnh và các chữ cái đầu nền ở các khung hình khác nhau. Ở khung đầu tiên, $t = 1$, nền ban đầu, được mô hình hóa với tất cả các khối “đen”, như trong hình 4.3e. Từ $t = 2$, bằng cách áp dụng thuật toán khớp

khối, nếu một khung bao gồm các đối tượng chuyển động, bản đồ chuyển động, các khối sẽ được đánh dấu bằng khối “đen”, nếu không sẽ là khối “trắng”. Quá trình tạo mô hình nền được thực hiện thông qua và nền trước đó, . Ngoài ra, tại khung này, nếu khối trong đó là khối “trắng” và khối tương ứng ở phần đầu là “đen” thì các khối ở nền ban đầu đó sẽ được nhân bản ra khỏi khung. Tương tự, sau khi tất cả các khối “đen” trong phần đầu của nền được thay thế bằng các khối “màu trắng” trong , phần đầu của nền được thực hiện. Từ đó, background initial sẽ tham gia vào quá trình cập nhật background.



(a) Original at frame $t = 176$



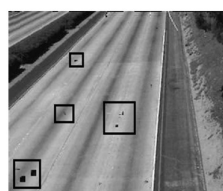
(b) Original at frame $t = 191$



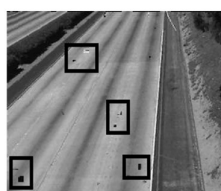
(c) Original at frame $t = 212$



(d) Original at frame $t = 273$



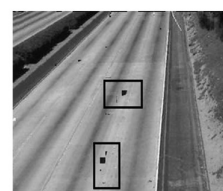
(e) Background updated where $TH_{still} = 20$ at frame $t = 176$



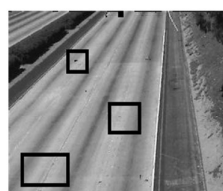
(f) Background updated where $TH_{still} = 20$ at frame $t = 191$



(g) Background updated where $TH_{still} = 20$ at frame $t = 212$



(h) Background updated where $TH_{still} = 20$ at frame $t = 273$



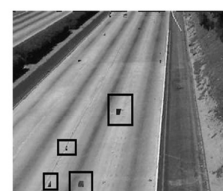
(i) Background updated where $TH_{still} = 40$ at frame $t = 176$



(j) Background updated where $TH_{still} = 40$ at frame $t = 191$

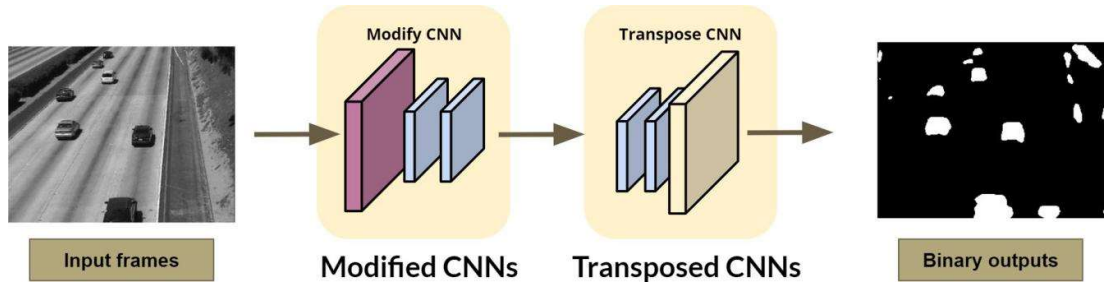


(k) Background updated where $TH_{still} = 40$ at frame $t = 212$

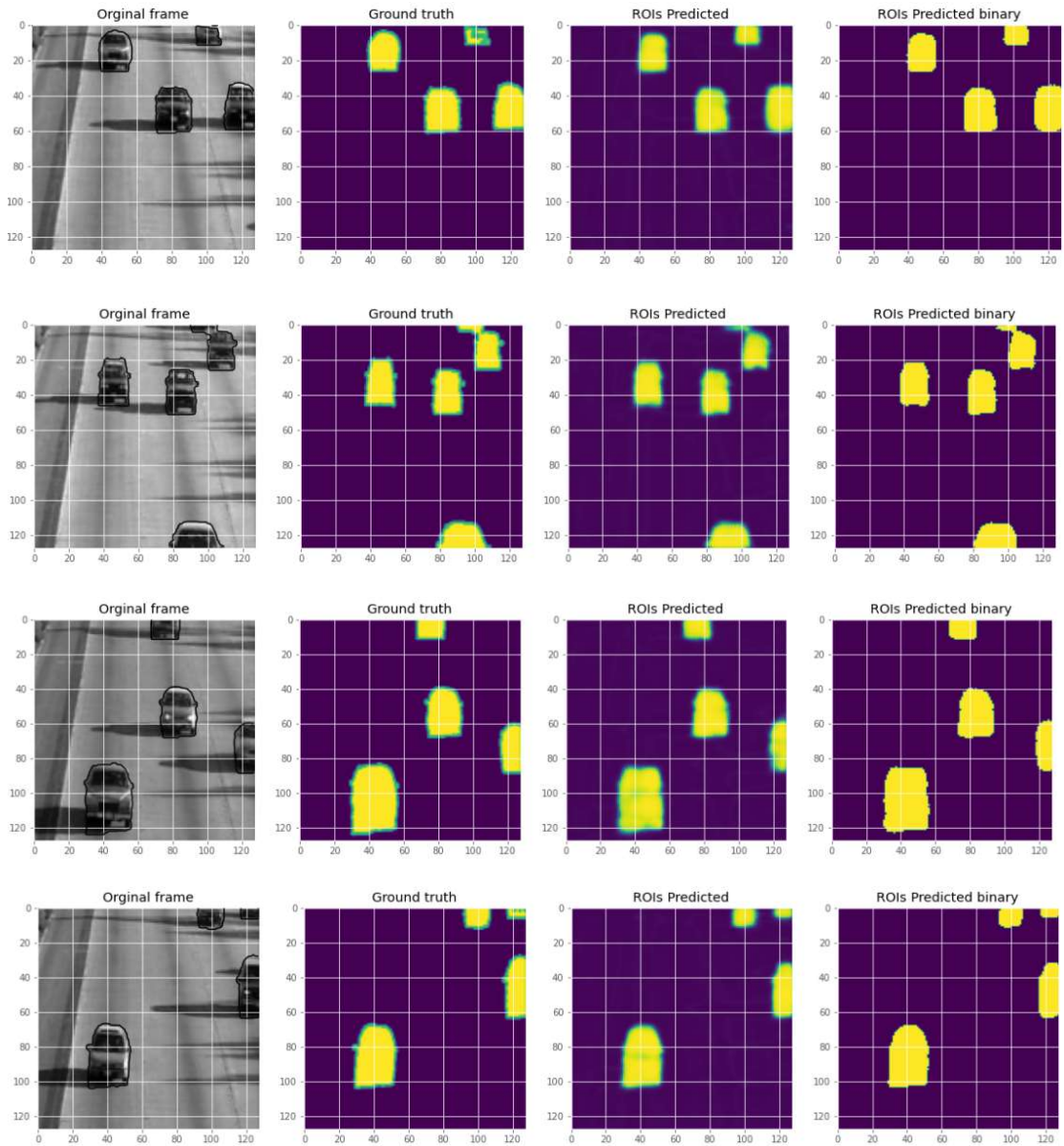


(l) Background updated where $TH_{still} = 40$ at frame $t = 273$

Hình 4. 4: Cập nhật đối tượng tĩnh để ước tính nền trong đó a) khung thô t , (b) nền được cập nhật với $TH_{still} = 20$ và (c) nền được cập nhật với $TH_{still} = 40$ tại các thời điểm khác nhau

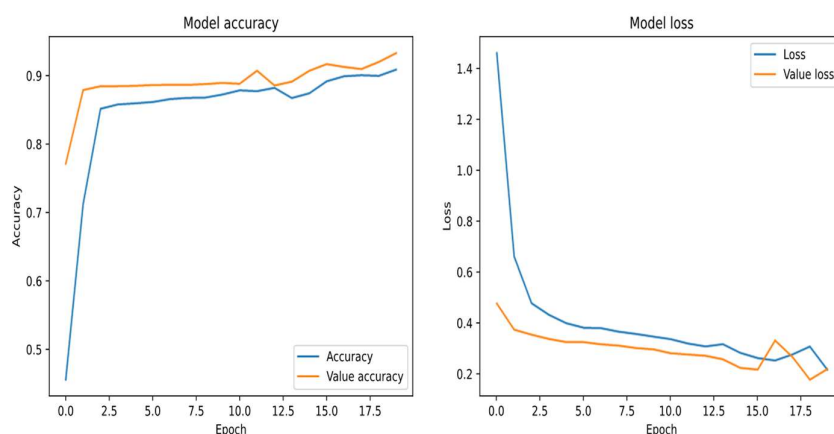


Hình 4. 5: Trích xuất RoI (Region of Interests)



Hình 4. 6: Trích xuất RoIs trong `findContour` ở các frame ảnh ngẫu nhiên

Khoảng 50 đến 200 ví dụ đào tạo được sử dụng trong mô hình đề xuất này. Từ tập dữ liệu SBI làm ví dụ huấn luyện, các thử nghiệm chọn ngẫu nhiên 100 hình ảnh. Tổng cộng có khoảng 1,2 triệu tham số. Nhận thức so sánh với giá trị dự đoán bằng cách sử dụng hàm mất entropy chéo nhị phân. Trình tối ưu hóa RMSProp với kích thước lô 5, 100 kỷ nguyên được áp dụng nhằm mục đích huấn luyện mạng. Dựa trên mô tả trong hình 4.7, điểm kiểm tra mô hình giúp cải thiện hiệu suất mạng và tăng độ chính xác của mô hình. Điểm này không cập nhật cho đến khi độ chính xác huấn luyện tăng lên hoặc tổn thất huấn luyện giảm xuống. Do đó, chiến lược này giúp mạng giữ kết quả đào tạo tốt hơn.

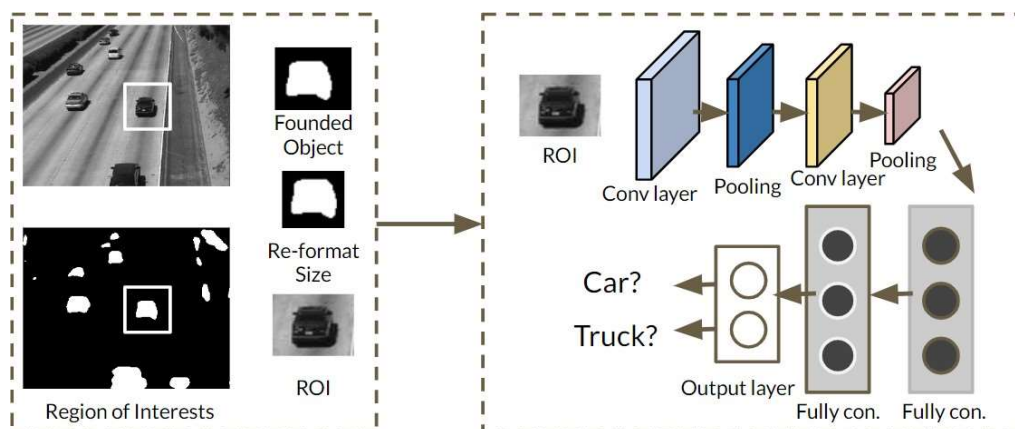


a) Training accuracy

b) Training loss

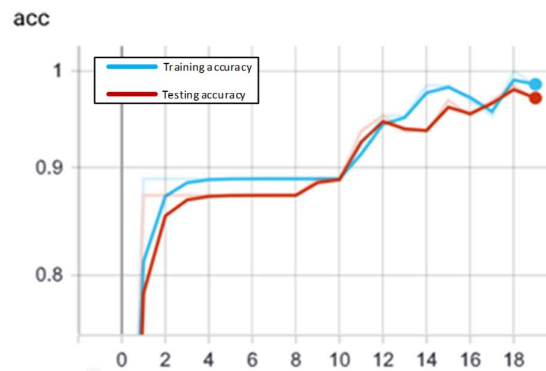
Hình 4. 7: Đánh giá độ chính xác của quá trình học máy

4.3 Xử lý dữ liệu ở phía Server (trạm gốc)

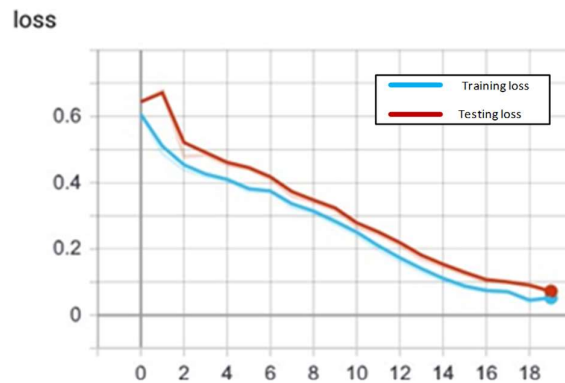


Hình 4. 8: Phân loại đối tượng sử dụng D-CNN

Khi mạng dựa trên những dữ liệu thực tế đó, độ chính xác và mức độ liên quan sẽ tăng lên đáng kể. Kích thước đầu vào mặc định đầu tiên của ROI là 64×64 pixel RGB để đáp ứng yêu cầu hình ảnh đầu vào từ kích thước ROI khác nhau được tách ra từ bước trước. Ngoài ra, khoảng 200 ROI được triển khai để đào tạo DCNN ở phía máy chủ. Hệ thống mô hình này cần trải qua nhiều thử nghiệm để đạt được hiệu quả tốt nhất với kích thước tối ưu. Khi máy chủ nhận được các ROI được xác định rõ, hệ thống chỉ cần tập trung vào các ROI có kích thước nhỏ và không cần phân loại phức tạp. Tất cả các ROI có kích thước mặc định được chọn theo cách thủ công sẽ phân loại thành hai loại là “ô tô” và “xe tải”. Hệ thống phân loại bao gồm hai lớp tích chập, hai lớp tổng hợp được sắp xếp xen kẽ, hai lớp được kết nối đầy đủ và cuối cùng là lớp đầu ra. Các đơn vị tuyến tính chỉnh lưu (ReLU) trong lớp cuối cùng đóng vai trò là chức năng hoạt động.



a) The training accuracy and testing accuracy line



b) The training loss and testing loss line

Hình 4. 9: Đánh giá quá trình học sử dụng D-CNN ở phía Server

Số lượng ROI được chia theo hai loại 100 ROI được chọn là ô tô và 100 ROI là xe tải, tất cả được trích xuất từ video trong bộ dữ liệu ATON- thời lượng 33 giây với 25 khung hình mỗi giây, do đó tổng số khung hình là 825 khung hình (<http://cvrr.ucsd.edu/aton/shad>).

Việc phân loại các đối tượng được chú ý dựa trên việc đánh giá hiệu suất của CNN tùy chỉnh. Ngoài ra, phép đo F cũng được thực hiện như phép đo. Độ chính xác, thu hồi và thước đo F được tính toán chi tiết. Đối với từng kích thước hình ảnh đầu vào, thử nghiệm được lặp lại 10 lần bằng cách sử dụng lấy mẫu phụ ngẫu nhiên. Do kích thước và dung lượng của tập dữ liệu nhỏ hơn nên hiệu năng của hệ thống không cao. Trong tương lai, khi lượng dữ liệu được nâng cao, hiệu suất này chắc chắn sẽ được cải thiện. Thước đo ở đây là giá trị trung bình của 10 thí nghiệm với độ chính xác, độ chính xác và khả năng thu hồi. Mạng được đề xuất cho thấy kết quả xử lý rất tốt với số lượng hoạt động nhỏ hơn trong cả đào tạo và phân loại.

CHƯƠNG 5. KẾT NỐI MẠNG UAVS VÀ ỨNG DỤNG AI TRONG THU THẬP HÌNH ẢNH

5.1 Đặt vấn đề

Mạng UAV tự hành đã được triển khai trong nhiều ứng dụng trong cả lĩnh vực quân sự và dân sự. Với khả năng xử lý dữ liệu lớn cũng như khả năng cơ động, UAV có khả năng hoàn thành một loạt các ứng dụng như cơ sở dầu khí cho an ninh, giám sát, ứng phó khẩn cấp, cảng biển, v.v. năng động và hiệu quả cho các mục đích cảm biến, theo dõi giám sát và đặc biệt, chúng có thể là công nghệ cốt lõi trong tầm nhìn Internet of Things, trong đó các UAV phân tán có thể thu thập dữ liệu cảm biến và trao đổi dữ liệu với nhau.

Mạng UAV bao gồm các thiết bị cảm biến, thuật toán điều khiển và thông tin liên lạc. Các UAV trong mạng hợp tác làm việc cùng nhau để hoàn thành các nhiệm vụ cụ thể. Mỗi UAV có thể thu được dữ liệu cảm biến trực quan bằng camera được trang bị. Dữ liệu cảm biến sau đó được trao đổi trên toàn mạng cho các mục đích nhiệm vụ. Có hai cấu trúc chia sẻ thông tin chính là tập trung và phân tán. Trong các mạng tập trung, bộ xử lý trung tâm thực hiện tất cả các tác vụ bao gồm thu thập, tính toán và gửi lệnh tới các nút khác trong mạng. Sơ đồ tập trung có một điểm lõi duy nhất của bộ xử lý trung tâm và các nút khác phải duy trì kết nối với nút trung tâm. Trong các mạng phân tán, thông tin được trao đổi giữa các nút và các chiến lược tính toán và ra quyết định được thực hiện trong chính mỗi UAV. Thông thường, các mạng UAV hoạt động theo kiểu phân tán để cải thiện độ bền và giảm gánh nặng liên lạc do một UAV chỉ cần kết nối với các lân cận của nó. Bên cạnh việc chia sẻ thông tin, một vấn đề cần cân nhắc khác là các thuật toán điều khiển cho nhiều đội hình UAV. Trong các hệ thống giám sát dựa trên UAV, UAV phải gặp nhiều trở ngại vì chúng thường hoạt động ở độ cao thấp trong môi trường đô thị do các hạn chế về chính sách.

Các thuật toán điều khiển sẽ có thể điều khiển đội hình UAV đến các khu vực mục tiêu mà không va chạm với chướng ngại vật cũng như các UAV khác. Các phương pháp được đề xuất ở trên đã cho thấy hiệu quả tốt về mặt giữ hình dạng đội hình và cơ động trơn tru. Tuy nhiên, việc tránh chướng ngại

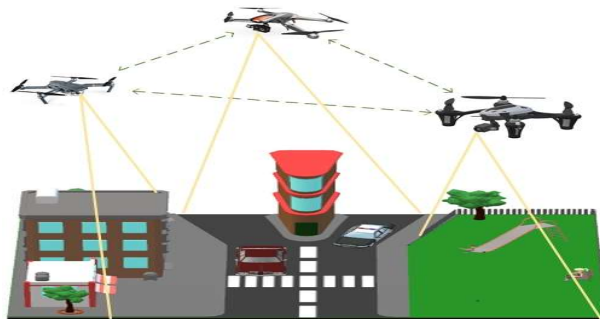
vật đã không được xem xét. Phương pháp trường tiềm năng nhân tạo (APF) đã được nghiên cứu để giải quyết các vấn đề tránh chướng ngại vật. Trong các bài báo, các lực hấp dẫn và xung được tạo ra bởi trường tiềm năng để một tác nhân tránh va chạm và duy trì khoảng cách mong muốn trong một đội hình. Tuy nhiên, phương pháp APF có những hạn chế do các vấn đề cục tiểu cục bộ. Tại những điểm này, tổng lực do lực hấp dẫn và lực đẩy bằng không, điều này ngăn UAV tiếp cận mục tiêu. Ngoài ra, các phương pháp APF đã cho thấy hiệu suất kém trong việc xử lý các chướng ngại vật có hình dạng lồi và lõm. Trong kiểm soát bầy đàn, các tác nhân trong một nhóm chỉ cần giữ một khoảng cách nhất định với hàng xóm của họ, điều này khác với thuật toán điều khiển đội hình trong đó các tác nhân duy trì một vị trí cứng nhắc tôn trọng hàng xóm của họ. Các thuật toán điều khiển đồ xô cho phép đội hình thay đổi hình dạng đội hình một cách hiệu quả khi gặp chướng ngại vật. Tính năng này làm cho các thuật toán đồ xô trở thành phương pháp tiếp cận phù hợp cho các hệ thống giám sát dựa trên UAV.

Hệ thống giám sát thông minh (ISS) là một hệ thống giám sát có khả năng phân tích dữ liệu mạnh mẽ. Một ISS không chỉ có thể phát hiện hoặc theo dõi các đối tượng mà còn có thể phân tích dữ liệu để dự đoán hành vi của các đối tượng hoặc các sự kiện sắp tới. Những loại công việc này đã được thực hiện với sự can thiệp tối thiểu từ con người. Có thể tìm thấy nhiều ứng dụng của ISS trong tài liệu như giám sát giao thông hoặc an ninh gia đình. ISS là một công nghệ hiện đại sử dụng kiến thức từ các lĩnh vực kỹ thuật khác nhau như thiết bị cảm biến, thông tin liên lạc, xử lý tín hiệu và trí tuệ nhân tạo (AI). Tuy nhiên, do số lượng lớn camera được triển khai trong các hệ thống giám sát thực tế nên dữ liệu cảm biến thu thập được từ camera cũng lớn. Điều này dẫn đến nhiều vấn đề về độ chính xác của hệ thống, thời gian, độ phức tạp của dữ liệu, v.v.

Sự phát triển của các công nghệ AI đã tăng lên nhanh chóng trong những năm gần đây. Các kỹ thuật AI cũng đã được sử dụng trong việc quản lý lưu lượng mạng. Ant Colony Optimization (ACO) được áp dụng để cải thiện hiệu suất của các mạng do phần mềm xác định (SDN). Chất lượng trải nghiệm của SDN tăng 24,1% bằng cách áp dụng ACO trên biểu đồ trọng số của bộ điều khiển SDN. Hầu hết các thuật toán AI thường yêu cầu phần cứng mạnh mẽ để

xử lý một lượng dữ liệu khổng lồ. Tính năng này giới hạn các ứng dụng của thuật toán xử lý tín hiệu dựa trên AI tiên tiến trong thực tế.

Các ràng buộc phần cứng nghiêm ngặt hơn trong các hệ thống giám sát mạng UAV. Một UAV chỉ có thể mang theo một lượng pin hữu hạn. Việc trang bị thêm các thiết bị xử lý trên tàu sẽ làm tăng trọng lượng của UAV, giúp giảm thời gian hoạt động. UAV thương mại có thể hoạt động trong vòng 20-40 phút cho mỗi chu kỳ sạc. Hầu hết năng lượng tiêu thụ đến từ động cơ đẩy, điều này có thể được giải quyết bằng cách tối ưu hóa tổng thời gian bay trong trường hợp thu thập và phân tích dữ liệu trong ứng dụng mạng cảm biến không dây trên một lần sạc. Trong các ứng dụng giám sát, các UAV thường thực hiện nhiệm vụ ở một độ cao và vị trí nhất định cho đến khi cạn kiệt năng lượng, việc tối ưu hóa thời gian bay có thể chưa phù hợp. Dữ liệu giám sát hoặc cảm biến có thể là hình ảnh hoặc video có thể tiêu tốn một lượng lớn bộ nhớ lưu trữ trong mỗi UAV. Điều này cũng tiêu tốn rất nhiều năng lượng trong trường hợp các UAV truyền dữ liệu đến các phía máy chủ hoặc giữa các UAV thông qua truyền dữ liệu không dây. Như đã đề cập trong, mức tiêu thụ năng lượng của truyền dữ liệu không dây tỷ lệ thuận với kích thước gói; do đó, kích thước dữ liệu được truyền càng nhỏ thì mức tiêu thụ năng lượng càng nhỏ.



Hình 5. 1 Minh họa mạng UAV phân tán giám sát khu vực cảm biến. UAV có thể bao phủ một khu vực rộng lớn cho mục đích giám sát.

Như hình 5.1, trong ứng dụng giám sát, mỗi UAV giám sát ở một khu vực nhất định. Dữ liệu từ UAV có thể được trao đổi giữa các UAV lân cận. Việc thu thập dữ liệu dưới dạng định dạng video của UAV có thể tiêu tốn một lượng lớn bộ nhớ lưu trữ trong mỗi UAV và cả băng thông truyền dẫn. Ngoài

ra, khi thực hiện giám sát, các UAV thường bay ở một vị trí cố định, do đó, hầu hết các cảnh không thay đổi theo thời gian và chỉ có các vật thể chuyển động là đáng chú ý. Việc truyền dữ liệu dư thừa như khung nền, vùng chồng lấp, v.v. gây lãng phí tài nguyên; tuy nhiên, các nhiệm vụ phân tích sâu hơn chỉ liên quan đến các đối tượng chuyển động.

Trong phần nghiên cứu này, một khuôn khổ cho các mạng giám sát UAV tiết kiệm năng lượng cao được đề xuất. Một nhóm UAV được triển khai bao phủ một khu vực cần quan sát. Một thuật toán đồ xô được sử dụng để điều khiển một nhóm UAV di chuyển đến các khu vực cảm biến. Thuật toán đảm bảo rằng nhóm UAV có thể di chuyển an toàn đến các vị trí cần thiết và tạo thành một hình dạng phù hợp để bao phủ các khu vực cảm biến. Sau đó, một phương pháp dựa trên AI được đề xuất với mục đích giảm dữ liệu dư thừa cho UAV khi thực hiện nhiệm vụ giám sát thu thập dữ liệu. Thuật toán xử lý dữ liệu có thể được chia thành ba bước chính: (i) Mô hình hóa nền loại bỏ tất cả các đối tượng chuyển động trong cảnh và ghép nền kết hợp nền được mô hình hóa từ mỗi UAV, (ii) Trích xuất đối tượng được chú ý của từng khung hình do UAV chụp và (iii) Tái tạo dữ liệu kết hợp Nền được mô hình hóa ở bước (i) và Đối tượng được chú ý ở bước (ii). Phương pháp này có thể được gọi là một loại kỹ thuật cảm biến nén nhằm mục đích tiết kiệm điện năng tiêu thụ bằng cách loại bỏ dữ liệu dư thừa của các cảm biến.

5.2. Xây dựng hệ thống

5.2.1. Các hệ thống UAVs

Xem xét một đội UAV, đội được triển khai ở trung tâm mặt đất. Sau khi nhận được yêu cầu nhiệm vụ, tổ UAV sẽ di chuyển đến địa điểm mục tiêu. Vị trí mục tiêu được xác định là một nhà lãnh đạo ảo để có thể dẫn dắt các UAV trong thuật toán điều khiển đồ xô. Thuật toán cộng tác được chọn để thúc đẩy nhóm UAV. Đội hình UAV có thể cấu hình lại hình dạng đội hình một cách an toàn để tránh va chạm với chướng ngại vật khi di chuyển. Khi đội UAV đến địa điểm mục tiêu, đội sẽ dần dần hình thành đội hình gần như mạng tinh thể để bao phủ hoàn toàn các khu vực cảm biến.

Giả sử mỗi UAV có thể có được vị trí toàn cầu của nó bằng các cảm biến như GPS. Một camera hướng xuống được gắn trên UAV, cung cấp cho mỗi UAV một phạm vi cảm biến liên tục là RS. UAV được trang bị các thiết bị liên lạc không dây tầm ngắn cho phép chúng liên lạc không dây với những người khác nếu khoảng cách Euclide giữa chúng nhỏ hơn R_c không đổi, được gọi là phạm vi liên lạc. Phạm vi cảm biến RS không bắt buộc phải nhỏ hơn phạm vi giao tiếp R_c để đảm bảo các vùng không chồng lấp. Trong công việc này, các vùng chồng lấp được chấp nhận để đảm bảo hiệu suất phủ sóng. Trong khi xử lý, dữ liệu chồng chéo được xử lý bằng thuật toán xử lý dữ liệu dựa trên AI, được đề xuất như sau.

5.2.2. Phương pháp xử lý dữ liệu sử dụng AI

Cấu trúc của hệ thống UAV được đưa ra trong Hình 1. Một UAV giám sát một khu vực riêng biệt và các khu vực do các UAV khác nhau xử lý có thể bị chồng chéo lên nhau. UAV tạo thành một mạng phân tán và chia sẻ thông tin cảm biến cục bộ của chúng với những người khác để tái tạo lại dữ liệu cảm biến toàn cầu.

Trong bước đầu tiên, mô hình nền được thực hiện trên UAV. Các video đã quay được xử lý để tạo nên chỉ bao gồm các đối tượng không chuyển động. Sau đó, hình nền được gửi cho những người hàng xóm ăn xin và chỉ được cập nhật khi có bất kỳ thay đổi nào về hình nền. Các nền riêng lẻ sau đó được ghép lại với nhau để tạo thành một nền hoàn chỉnh của khu vực cảm nhận. Trong trường hợp các hình ảnh chồng lên nhau, một thuật toán phát hiện chồng chéo được trình bày. Thuật toán phát hiện các điểm chính và bộ mô tả bất biến cục bộ, sau đó đối sánh các bộ mô tả của các hình ảnh chồng lấp, thuật toán đồng thuận mẫu ngẫu nhiên (RANSAC) được sử dụng để thu được bản đồ đồng nhất. Ma trận homography thu được sau đó được sử dụng để làm cong và ghép các hình ảnh chồng lên nhau.

Bước tiếp theo, UAV thực hiện các chức năng trích xuất đối tượng trong đó các đối tượng chuyển động được phát hiện bằng cách so sánh sự khác biệt trong chuỗi khung hình liên tục. Nếu có chuyển động được phát hiện, chi tiết của các đối tượng chuyển động được xác định bởi mạng thần kinh tích chập (CNN). Những dữ liệu hữu ích này cũng được chia sẻ giữa các mạng UAV.

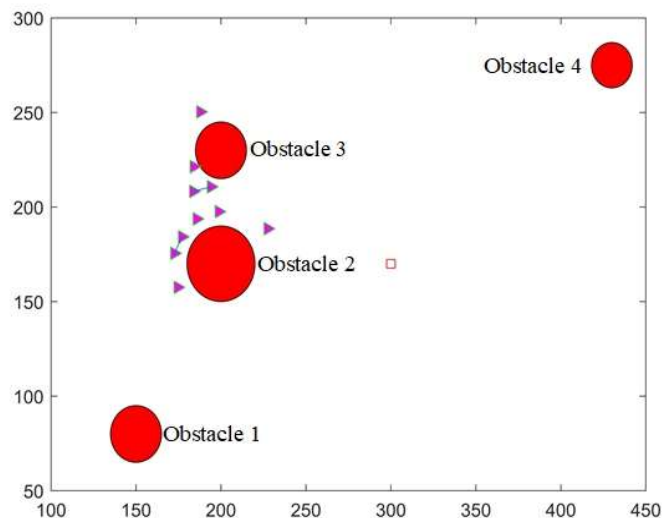
Cuối cùng, các hình ảnh tái tạo được xây dựng dựa trên dữ liệu trích xuất được gửi bởi các UAV khác. Các quy trình tái tạo có thể được thực hiện trên UAV. Khi dữ liệu cảm biến được giảm bớt bằng phương pháp được đề xuất, gánh nặng đối với băng thông truyền dẫn và tài nguyên tính toán sẽ giảm đi rất nhiều.

5.3. Triển khai nhóm UAV ứng dụng AI trong thu thập hình ảnh

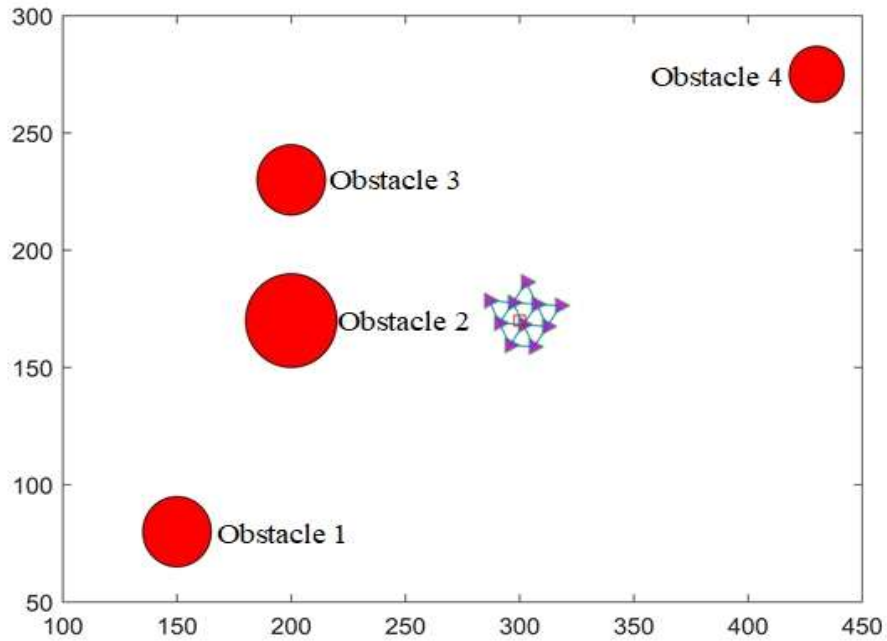
Trong phần này, thuật toán điều khiển đề xuất được gọi là thuật toán “đồ xô” (flocking) được mô phỏng với 10 UAV. Sau đó, kết quả thử nghiệm thể hiện tất cả các bước đã đề cập. Kết quả thử nghiệm được thực hiện bằng Python 3.6 với thư viện TensorFlow và Keras trên nền tảng Intel Xeon E3, 16GB RAM, Window-10. Bộ dữ liệu được chọn từ Stanford Drone Data.

5.3.1. Điều khiển nhóm UAV

Trong phần này, một nhóm 10 UAV được triển khai để thực hiện nhiệm vụ giám sát trong một khu vực rộng lớn. Chúng tôi xác định một đơn vị để tính khoảng cách Euclide giữa các UAV, các chướng ngại vật trong trường cảm biến. Mỗi UAV có phạm vi liên lạc không đổi $R_c = 10$ đơn vị. Một vị trí ảo đại diện cho một vị trí mục tiêu cho nhóm (hiển thị là hình vuông đỏ, nhỏ).



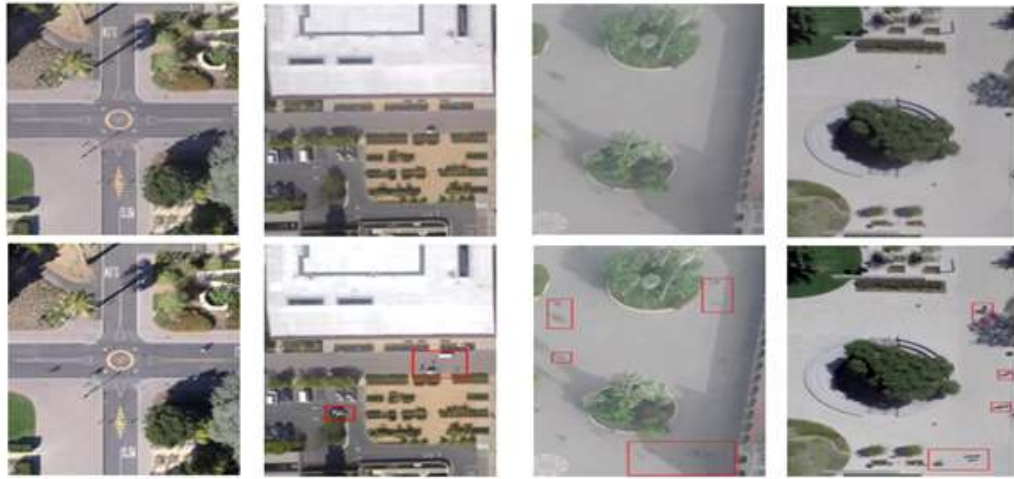
Hình 5. 2: 10 UAV được triển khai theo đội hình, tránh vật cản trong môi trường làm việc khác nhau.



Hình 5. 3: Nhóm UAV vượt qua các chướng ngại vật, tạo đội hình làm việc.

Trong hình 5.2, khi các UAV trong nhóm gặp chướng ngại vật, chúng sẽ tách ra và di chuyển xung quanh chướng ngại vật. Kết nối giữa các thành viên có thể bị gián đoạn mà không ảnh hưởng đến hiệu suất điều khiển. Khi nhóm tiếp cận mục tiêu, các thành viên UAV dần dần kết nối lại để tạo thành hình dạng mạng gần như alpha. Hình dạng bao phủ một khu vực xung quanh một điểm mục tiêu. Hình 5.3 minh họa hình dạng mạng gần như alpha được hình thành bởi nhóm UAV. Tất cả 10 UAV sẽ ở xung quanh vị trí làm việc và bắt đầu nhiệm vụ của mình là nhiệm vụ giám sát. Dựa trên phạm vi liên lạc cố định R_c , chúng giữ các kết nối của chúng với các lân cận dưới dạng mạng lưới như trong hình.

5.3.2. Xây dựng khung hình nền



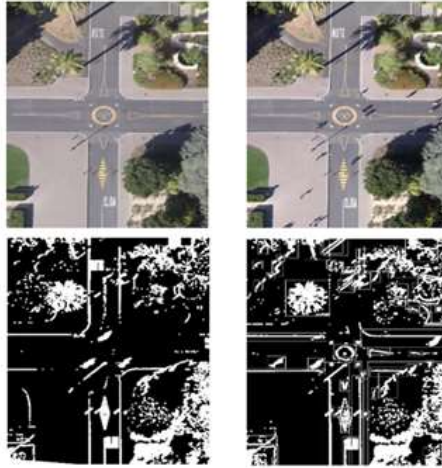
Hình 5. 4: Mô hình hóa nền và khung thô tương ứng

Bằng cách sử dụng nhiều khung hình nhận được từ giám sát UAV, nền được mô hình hóa bằng cách sử dụng kỹ thuật bộ lọc trung vị. Số lượng khung hình cần thiết để thực hiện nền có thể được chọn tùy thuộc vào bối cảnh và vị trí của nhiệm vụ giám sát. Trong đề tài này, do các UAV thực hiện nhiệm vụ giám sát của cán bộ nhà trường, lưu lượng phương tiện và người tham gia giao thông thấp. Vì vậy, 20 khung hình được chọn ngẫu nhiên để thực hiện nền như hình 5.4. Sau khi nền từ các cảnh khác nhau được UAV chụp và gửi đến các UAV khác, trong trường hợp chồng lấn, các vùng chồng lấn sẽ được xử lý bằng thuật toán đã trình bày ở phần trước như trong hình 5.5.



Hình 5. 5: Kết quả nền được chụp bởi các UAV khác nhau được ghép lại

5.3.3. Trích xuất đối tượng

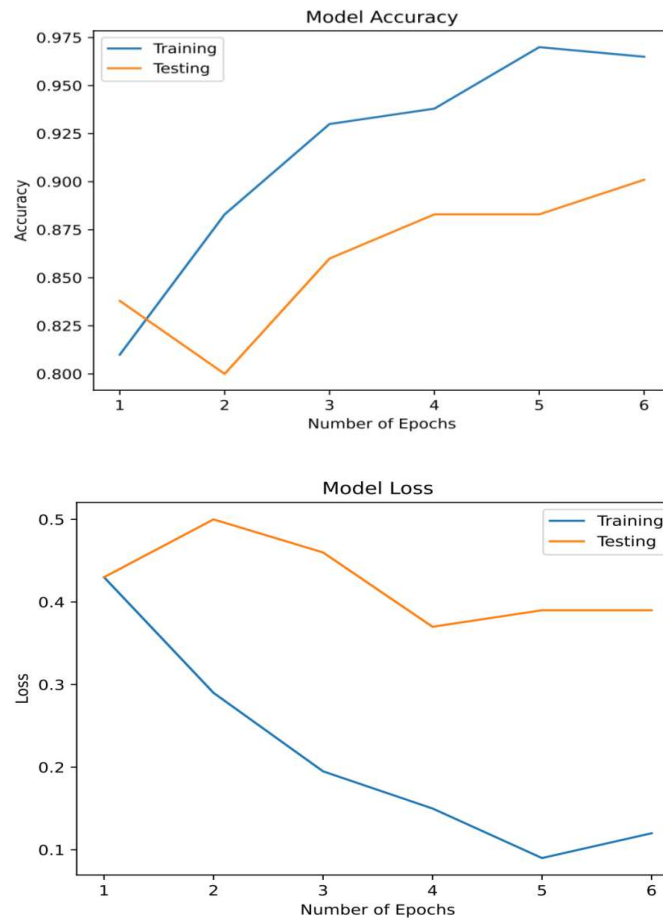


Hình 5. 6: Ước lượng – phân tích chuyển động theo thứ tự từ trái qua phải, từ trên xuống dưới a) Hình nền, b) Khung hình thực, c) Khung hình có chuyển động d) Phát hiện chuyển động.

Sau khi lập mô hình nền, việc phát hiện khu vực chuyển động có thể được thực hiện thông qua chính nền và theo các khung có thể chứa các đối tượng chuyển động. Vùng khác nhau dựa trên ngưỡng được xác định trước sẽ chuyển thành $[0, 1]$. Bằng cách sử dụng kỹ thuật này thay vì phương pháp khung phân biệt truyền thống, kết quả sẽ tốt hơn như trong hình 5.6.

5.3.4. Phân loại đối tượng

Trong huấn luyện, khu vực chuyển động được phát hiện; quá trình phân loại đối tượng sẽ được tiến hành. Mô hình phân loại đối tượng được đào tạo bởi bộ dữ liệu Stanford Drone Data bao gồm các đối tượng như phương tiện, người đi bộ, người đi xe đạp, v.v. Sau nhiều thử nghiệm để chọn ra siêu tham số tốt nhất, mô hình phân loại đối tượng để có hiệu suất tốt nhất với số kỷ nguyên = 6, số bước trên mỗi kỷ nguyên = 1000. Độ chính xác huấn luyện tại kỷ nguyên = 6 là 0,965, tổn thất huấn luyện = 0,11, độ chính xác kiểm tra = 0,90, tổn thất kiểm tra = 0,39, như trong hình 5.7.



Hình 5. 7:Đánh giá phân loại đối tượng sử dụng CNN: Độ chính xác giữa đào tạo và thực tế

Để đánh giá hiệu suất của mô hình phân loại đối tượng CNN tùy chỉnh, các chỉ số F1, độ chính xác và thu hồi được sử dụng. Do kích thước của đối tượng của tập dữ liệu nhỏ hơn, hiệu suất của mạng được đề xuất có thể được nâng cao trong cải tiến trong tương lai. Ngược lại, mạng được đề xuất cho thấy hiệu quả tính toán rất tốt với số lượng hoạt động nhỏ hơn trong cả giai đoạn đào tạo và phân loại.

5.3.5. Khôi phục dữ liệu

Sau khi các đối tượng chuyển động được theo dõi và trích xuất, dựa trên thông tin vị trí, x, y, w, h trong đó x, y là vị trí bắt đầu và w, h là chiều rộng và chiều cao của kích thước của vùng quan tâm giới hạn hình chữ nhật. Để đo lường hiệu quả của phương pháp được đề xuất, các video trong bộ Dữ liệu

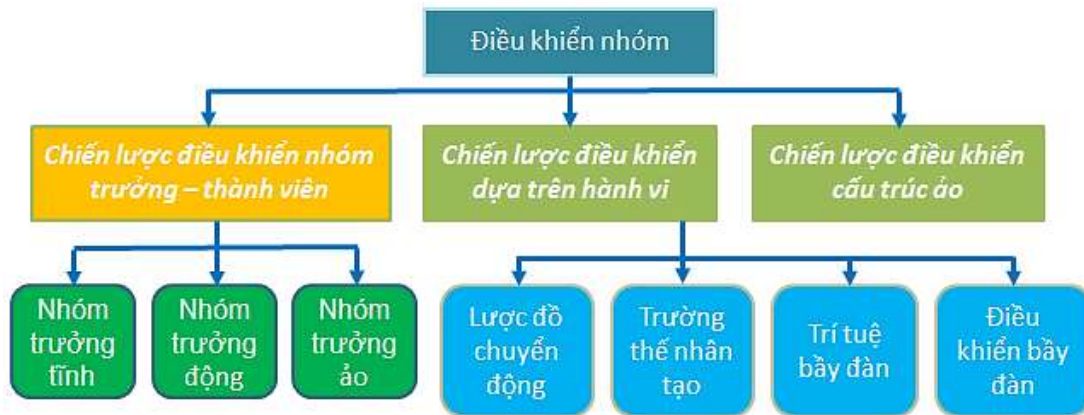
máy bay không người lái của Stanford được chia thành các khung và được so sánh với tổng dung lượng của nền và đối tượng chuyển động được trích xuất. Các video trong Stanford Drone Data có 1422×1945 , 30 khung hình/giây, tốc độ dữ liệu = 50890kbps. 300 khung hình được lấy từ một video bất kỳ có dung lượng 138MB. Sau khi xử lý, tổng dung lượng còn lại xấp xỉ 14MB. Như vậy, tỷ lệ giảm là 90% nhưng vẫn đảm bảo chất lượng của hình ảnh. Do đó, tỷ lệ đối tượng trong mỗi khung hình là cực kỳ nhỏ so với toàn bộ khung hình. Nếu chúng ta có thể loại bỏ hầu hết các dữ liệu không cần thiết, điều này có thể làm giảm đáng kể một lượng dữ liệu khổng lồ. Kết quả là tiết kiệm năng lượng cho việc truyền dữ liệu giữa các UAV hoặc tiết kiệm dung lượng lưu trữ cho UAV.

Nhìn chung, mạng UAV phân tán có thể giảm đáng kể việc truyền dữ liệu khổng lồ cho mục đích giám sát video dựa trên các phương pháp xử lý dữ liệu AI. Ngoài ra, thuật toán điều khiển đồ xô còn giúp các UAV làm việc trong các lĩnh vực phù hợp với nhiệm vụ công tác. Cách tiếp cận tiết kiệm năng lượng được trình bày và giải quyết hoàn toàn.

Nghiên cứu này của đề tài đã đề xuất các phương pháp mới để điều khiển nhiều UAV hoặc xử lý dữ liệu giám sát video dựa trên kỹ thuật AI với CNN. Các thuật toán điều khiển đồ xô được áp dụng vào các UAV phân tán để dẫn UAV di chuyển trên các lĩnh vực làm việc và tránh va chạm và chướng ngại vật. Phương pháp xử lý dữ liệu dựa trên AI giúp giảm đáng kể luồng dữ liệu dư thừa giữa các UAV được đề xuất. Phương pháp này cũng giảm thời gian đào tạo và thời gian phân loại so với các phương pháp hiện có, chẳng hạn như phát hiện YOLO. Tổng thể các phương pháp được đề xuất giúp giảm dung lượng lưu trữ, băng thông truyền dẫn và hiệu suất trong ứng dụng giám sát của UAV. Thật vậy, tỷ lệ đối tượng trong mỗi khung hình là vô cùng nhỏ, việc truyền tải dư thừa trong mỗi khung hình là không cần thiết. Việc áp dụng phương pháp giúp giảm khoảng 90% dung lượng dữ liệu thừa nhưng vẫn đảm bảo chất lượng của hình ảnh. Điều này làm giảm đáng kể mức tiêu thụ năng lượng cho UAV trong các nhiệm vụ của chúng.

CHƯƠNG 6. NGHIÊN CỨU CÁC THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN, CÁC THUẬT TOÁN TRUYỀN THÔNG VÀ KẾT NỐI MẠNG

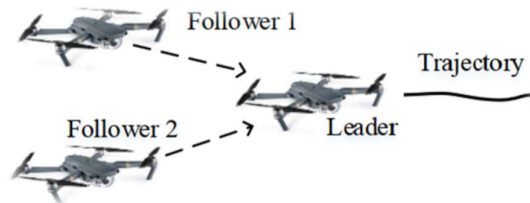
Các chiến lược điều khiển nhóm cho đàn robot có thể chia ra ba chiến lược phổ biến đó là điều khiển nhóm trưởng – thành viên, điều khiển dựa trên hành vi và điều khiển theo cấu trúc ảo (hình 6.1) [74],[2].



Hình 6. 1: Các chiến lược điều khiển nhóm cơ bản

6.1 Chiến lược điều khiển nhóm trưởng – thành viên

Trong chiến lược điều khiển nhóm trưởng – thành viên (Leader–Follower Approach) một robot được chỉ định là nhóm trưởng. Trong cách tiếp cận này, robot nhóm trưởng đi theo quỹ đạo mong muốn của nó trong khi các robot còn lại sẽ đi theo vị trí của nhóm trưởng. Phụ thuộc vào tính chất của nhóm trưởng có ba loại nhóm trưởng đó là nhóm trưởng tĩnh, nhóm trưởng động và nhóm trưởng ảo.



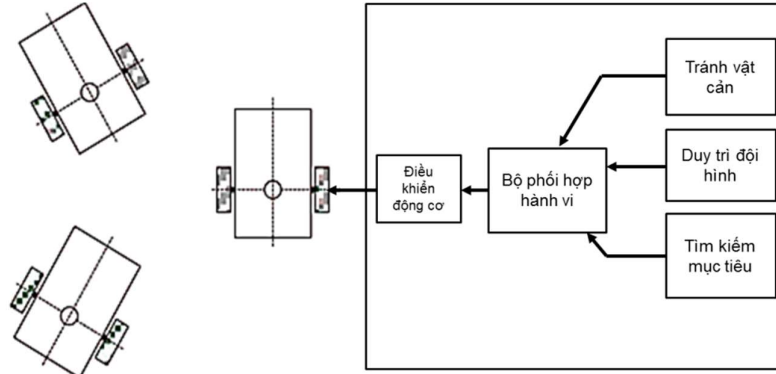
Hình 6. 2: Chiến lược điều khiển trưởng nhóm - thành viên

Ưu điểm của chiến lược này là giảm sai số theo dõi và có thể được phân tích bằng cách sử dụng các phương pháp điều khiển tiêu chuẩn [75]. Một ưu

điểm khác là chỉ nhóm trưởng chịu trách nhiệm hoạch định quỹ đạo và những thành viên phải tuân theo tọa độ của robot nhóm trưởng; do đó, chiến lược này có bộ điều khiển đơn giản hơn so với các chiến lược điều khiển khác. Về nhược điểm hoạt động toàn đội bị phụ thuộc rất nhiều thậm chí hoàn toàn vào nhóm trưởng dẫn đến giảm độ linh hoạt và bền vững của hệ thống khi hoạt động trong môi trường khắc nghiệt có nhiều rủi ro và phản hồi từ những robot thành viên đối với nhóm trưởng thường chưa được áp dụng trong cách tiếp cận này.

6.2 Chiến lược điều khiển dựa trên hành vi

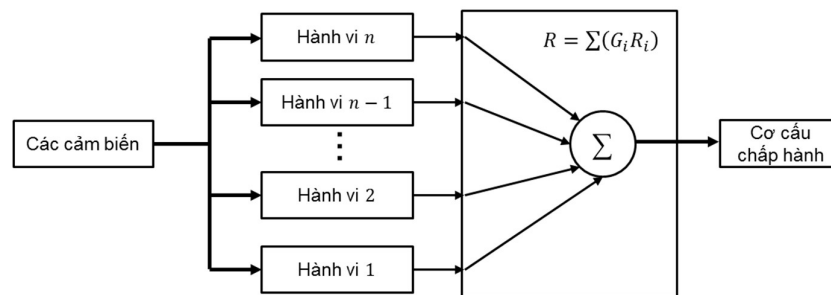
Trong phương pháp tiếp cận dựa trên hành vi (Behaviour-Based Approach) mỗi robot riêng lẻ thể hiện một số hành vi dựa trên các yếu tố đầu vào của cảm biến như tránh chướng ngại vật, tìm kiếm mục tiêu và duy trì đội hình, hành vi điều khiển cuối cùng được suy ra từ việc đánh giá tầm quan trọng tương đối của mỗi hành vi. Có bốn phương pháp chính trong cách tiếp cận này, đó là điều khiển dựa trên lược đồ chuyển động (motor schema-based control), trường thế nhân tạo (artificial potential field), trí tuệ bầy đàn (swarm intelligence) và điều khiển bầy đàn (flocking control). Bộ điều phối hành vi sẽ nhân kết quả đầu ra của mỗi hành vi với trọng số tương đối của nó, sau đó tổng hợp và chuẩn hóa kết quả. Một ưu điểm của phương pháp này là nó có thể hoạt động trong môi trường không xác định và biến động vì nó là phương pháp song song, thời gian thực và phân tán [75]. Một ưu điểm khác của phương pháp này đó là mỗi hành vi có ý nghĩa vật lý của nó và sự phản hồi của đội hình có thể được kết hợp vào động lực nhóm bằng cách kết hợp các đầu ra của mỗi hành vi riêng lẻ. Để áp dụng phương pháp này cần phải xây dựng mô hình toán học mô tả động lực học của nhóm robot, yêu cầu hệ thống phải có khả năng tính toán mạnh mẽ để quyết định giá trị trọng số hành vi từ đó mới có thể đưa ra được chính xác hành vi cuối cùng của toàn đội [76].



Hình 6. 3: Chiến lược điều khiển dựa trên hành vi

a. Phương pháp điều khiển dựa trên lược đồ chuyển động (Motor Schema-Based Control):

Các lược đồ chuyển động được sử dụng cho robot di động tự hành là các chuỗi hành động thực hiện hành vi hướng đến mục tiêu. Thay vì đại diện cho các hành động cơ bản đơn giản nhất có sẵn của robot, các lược đồ và cơ chế chuyển động thể hiện ở mức độ cao hơn, chẳng hạn như tránh chướng ngại vật, tránh robot khác, duy trì đội hình và di chuyển theo mục tiêu. Các lược đồ và cơ chế chuyển động ban đầu này xác định các luật điều khiển được mã hóa bằng một số tham số và đóng vai trò là tập hợp cơ sở chuyển động của robot. Những chuyển động ban đầu như vậy đủ để tạo ra toàn bộ chuyển động của robot thông qua sự kết hợp của các lược đồ.



Hình 6. 4: Sơ đồ khối mô tả phương pháp điều khiển dựa trên lược đồ chuyển động

Lược đồ chuyển động sử dụng cơ chế phối hợp. Cụ thể như sau: các hành vi khác nhau được điều phối thông qua vectơ tổng. Mỗi hành vi đóng góp vào phản ứng toàn cầu phụ thuộc vào hệ số hành vi (G_i). Mỗi vectơ đầu ra (R_i)

được nhân với hệ số hành vi của nó và cộng lại với nhau để tạo ra một vector đầu ra duy nhất sẽ được gửi đến bộ truyền động của robot (hình 2.4) [78]. Trong các nhiệm vụ cụ thể tùy từng mức độ ưu tiên hành vi khác nhau mà có thể thay đổi hệ số hành vi phù hợp.

b. Phương pháp trường thế nhân tạo (Artificial Potential Field)

Để tăng cường khả năng tránh vật cản trong các địa hình phức tạp các nhà khoa học trên thế giới đã sử dụng công nghệ trường thế nhân tạo, phương pháp điều khiển này dựa trên lực hấp dẫn và lực đẩy. Các lực này là độ dốc âm của trường thế năng hấp dẫn và trường thế năng đẩy. Trong phương pháp này, xung quanh mỗi robot sẽ hình thành một trường thế ảo bao gồm trường hút và trường đẩy. Trường hút sẽ điều hướng các phương tiện lại gần nhau, trong khi trường lực đẩy sẽ cho phép các phương tiện di chuyển ra xa nhau từ đó hệ sẽ có khả năng tránh va chạm lẫn nhau và tránh vật cản trong khi cả đội hình vẫn có thể di chuyển với tốc độ cao [77].

c. Phương pháp điều khiển bầy đàn (Flocking Control)[87]-[89]

Phương pháp điều khiển bầy đàn mô tả hành vi của một nhóm chim bay, đàn cá hoặc hành vi bầy đàn của côn trùng. Phương pháp điều khiển bầy đàn chủ yếu bao gồm ba hành vi: tránh va chạm hay còn gọi là hành vi tách đàn (separation), phối hợp vận tốc còn gọi liên kết lại (alignment), và tập trung đàn (flock centering).

Có thể coi điều khiển bầy đàn (flocking control) là một phương pháp của điều khiển nhóm, tuy nhiên đối với điều khiển nhóm có yêu cầu nghiêm ngặt hơn về vị trí của từng robot trong đội hình. Có thể thiết lập mối liên hệ giữa điều khiển nhóm và hành vi bầy đàn đối với nhiều tác nhân động học phi mô học bằng cách sử dụng lý thuyết đồ thị đại số và phân tích độ ổn định Lyapunov [79]. Ở đây, nó được chỉ ra rằng khi các mục tiêu hình thành giữa các tác nhân không thể xảy ra đồng thời trong không gian trạng thái, thì theo các giả thiết nhất định, các vector vận tốc và hướng của các tác nhân hội tụ về một giá trị chung ở trạng thái ổn định, trong cùng một chiến lược điều khiển sẽ dẫn đến thành một sự hình thành khả thi. Hơn nữa, bằng cách sử dụng nguyên tắc bất biến của LaSalle, người ta đã chứng minh rằng các tác nhân

hội tụ đến cấu hình mong muốn khi tất cả các tác nhân đều có định hướng chung.

Lấy cảm hứng từ hành vi bầy đàn, một thuật toán cho các phương tiện đã được thực hiện để ứng dụng trong việc kiểm soát dòng xe trên đường cao tốc [80]. Trong bài báo này, một phương tiện ảo đã được sử dụng để mô hình hóa phương tiện xe tự động và các nguyên tắc bất biến của LaSalle đã được sử dụng để chứng minh sự hội tụ của toàn bộ hệ thống. Hơn nữa, kết quả mô phỏng cho thấy nhiều xe có thể đạt được trạng thái di chuyển ổn định đồng thời duy trì được đội hình trong suốt quá trình di chuyển của toàn hệ thống. Trong một công bố khoa học khác, một thuật toán điều khiển nhóm phân tán đã được đề xuất cho robot di động nhiều bánh trong môi trường không gian tự do [81]. Trong nghiên cứu này, các nguyên tắc bất biến của LaSalle đã được sử dụng để phân tích độ ổn định. Hơn nữa, kết quả mô phỏng cho thấy rằng phương pháp đề xuất có thể đạt được hình dạng đội hình mong muốn của hệ thống trong khi vẫn giữ nguyên vận tốc và góc hướng.

Một kiến trúc điều khiển bao gồm các bộ điều khiển: bộ điều khiển lập kế hoạch đường đi, điều khiển bầy đàn và điều khiển nhóm để điều khiển đội hình của các robot di động. Trong đó bộ điều khiển bầy đàn cung cấp sự ổn định tiệm cận để kiểm soát đội hình và hình dạng đội hình đạt được nhờ vector vận tốc đồng bộ của các phương tiện cá nhân [82]. Trong một nghiên cứu khác, các tác giả đã thiết kế bộ điều khiển nhóm phi tập trung và xây dựng đội hình của nhóm robot tự hành có bánh xe, một thuật toán điều hướng phi tập trung ngẫu nhiên đã được nghiên cứu trong đó các robot tự hành di chuyển theo cùng một hướng với cùng tốc độ [83]. Ở đây, mỗi robot không biết trước vị trí của nó trong cấu hình mong muốn và các robot đã đạt được sự đồng thuận về vị trí của chúng thông qua trao đổi thông tin cục bộ. Trong bài báo này, sự đồng thuận cho việc xây dựng đội hình đã đạt được thông qua các biến số về vận tốc và hướng.

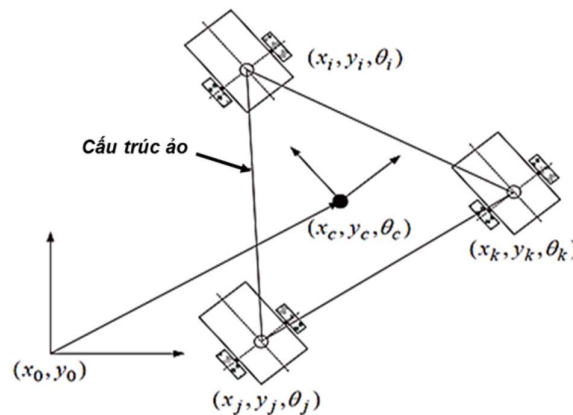
d. Phương pháp trí tuệ bầy đàn (Swarm Intelligence)

Các kỹ thuật trí tuệ bầy đàn trong đó một hành vi tập thể mong muốn xuất hiện từ các tương tác cục bộ giữa các robot với nhau và với môi trường của chúng. Nguồn cảm hứng thường đến từ thiên nhiên, đặc biệt là các hệ thống

sinh học. Các tác nhân tuân theo các quy tắc đơn giản và tương tác cục bộ, ngẫu nhiên, tuy nhiên những tương tác giữa các tác nhân này dẫn đến sự xuất hiện của hành vi toàn cầu "thông minh". Một số thuật toán trong kỹ thuật trí tuệ bầy đàn: Tối ưu hóa bầy đàn (PSO); Tối ưu hóa Ant Colony (ACO); Tối ưu hóa bầy đàn Glowworm (GSO)...

6.3 Chiến lược điều khiển cấu trúc ảo

Trong cách tiếp cận cấu trúc ảo (Virtual Structure Approach), một cấu trúc ảo của đàn robot tự hành được xây dựng. Sau đó chuyển chuyển động của cấu trúc ảo này sang chuyển động của mạng robot thực. Trong cách tiếp cận này, quỹ đạo mong muốn không được chỉ định cho một robot duy nhất, mà nó được chia sẻ bởi toàn bộ đội hình. Về ưu điểm, chiến lược này dễ dàng phối hợp hành vi cho cả nhóm [75] phù hợp với các ứng dụng sử dụng đàn robot trong trình diễn đội hình. Về mặt nhược điểm, đây là phương pháp điều khiển tập trung nên do đó một điểm sai sót của trung tâm điều khiển có thể làm ảnh hưởng toàn bộ hệ thống. Hơn nữa, gánh nặng về truyền thông và khối lượng tính toán lớn cũng làm giảm hiệu suất tổng thể của hệ thống [84].



Hình 6. 5: Chiến lược điều khiển cấu trúc ảo

Ngoài ba chiến lược chính nêu trên thì một số phương pháp điều khiển nâng cao đang được tập trung nghiên cứu phát triển để nâng cao chất lượng hệ thống và giải quyết các vấn đề phức tạp còn tồn tại của điều khiển nhóm cho đàn robot. Hiện nay, với sự phát triển mạnh mẽ của trí tuệ nhân tạo AI thì kỹ thuật tiên tiến này đang trở thành một công cụ đặc biệt hữu ích để giải quyết các vấn đề phức tạp của đàn robot tự hành như tính động học phi tuyến, số

lượng thành viên lớn, thực hiện tác vụ trong các môi trường biến động, không xác định trước. Một trong những công cụ của AI là thuật toán học tăng cường đã được sử dụng trong điều khiển nhóm cho đàn robot với mục đích tạo ra một hệ thống với khuôn khổ linh hoạt có thể tự động thích ứng với các điều kiện môi trường khác nhau.

6.4 Thuật toán xử lý dữ liệu nâng cao

- Áp dụng kỹ thuật Trực quan hóa dữ liệu (Data visualization) vào các thuật toán xử lý dữ liệu sẽ được nhúng vào UAV: Điều này nhằm mục đích phân loại và nhận biết thông tin chính cần thiết được thu thập từ các UAV. Ví dụ, vì tất cả các UAV đều được kết nối với internet (mạng IoT), mỗi UAV có thể phân loại thông tin từ các phương tiện truyền thông xã hội và tìm ra khu vực nào bị ảnh hưởng nhiều nhất bởi thảm họa và báo cáo cho các nhà điều hành cứu hộ. Ngoài ra, dựa trên dữ liệu thu thập được tại mỗi UAV phân tán, các sự kiện, thông tin cần tập trung sẽ được phân loại và sau đó báo cáo cho các đội cứu hộ.

- Kỹ thuật trí tuệ nhân tạo (AI): Kỹ thuật này dường như rất phổ biến đối với lĩnh vực xử lý dữ liệu hoặc nhận dạng dữ liệu. Tuy nhiên, để giảm việc thu thập dữ liệu giữa các UAV hoặc việc truyền dữ liệu giữa các UAV và các trạm gốc mặt đất, các kỹ thuật AI sẽ giúp giảm đáng kể lượng dữ liệu khổng lồ giúp tiết kiệm năng lượng. Ví dụ, các UAV thu thập video giám sát từ các khu vực bị ảnh hưởng để gửi cho các đội cứu hộ hoặc các trạm gốc trên mặt đất sẽ tốn rất nhiều băng thông và năng lượng để truyền tải. Nếu AI được tích hợp vào các thuật toán thu thập, chỉ các đối tượng chính sẽ được truyền đi và phần còn lại làm nền của tất cả các khung hình sẽ không được gửi đi. Điều này sẽ tiết kiệm hơn 95% trọng tải trong quá trình truyền tải như vậy. Có rất nhiều lợi ích bắt nguồn từ việc sử dụng các kỹ thuật học sâu trong các ứng dụng ứng phó khẩn cấp và quản lý thảm họa để truy xuất thông tin quan trọng kịp thời và cho phép chuẩn bị và phản ứng tốt hơn trong các tình huống quan trọng và hỗ trợ quá trình ra quyết định. Kỹ thuật học sâu có thể cung cấp khả năng xác định sự kiện có độ chính xác cao trong thời gian thực mà không đòi hỏi nhiều năng lực xử lý và hỗ trợ quá trình ra quyết định.

CHƯƠNG 7. MÔ PHỎNG THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN NHÓM CHO ĐÀN ROBOT TỰ HÀNH

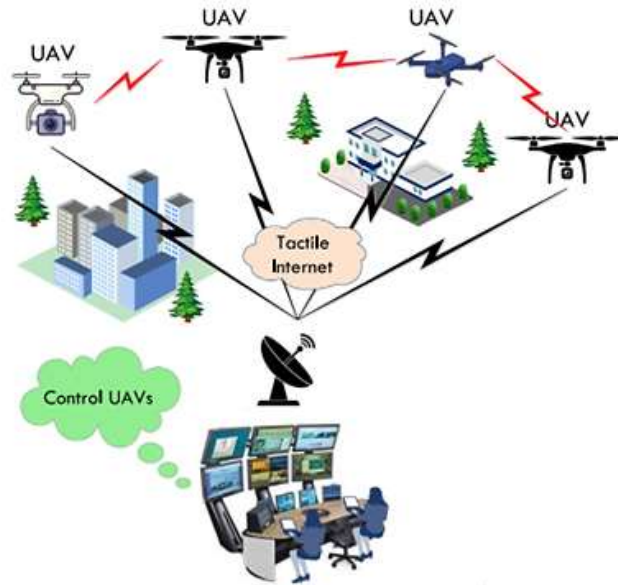
7.1 Thiết kế điều khiển nhóm cho đàn robot tự hành

7.1.1 Xây dựng bài toán thiết kế

Như đã trình bày trong các phần trước, tùy theo môi trường hoạt động của robot di động tự hành mà có thể phân chúng ra ba loại đó là: robot di động dưới nước (UUVs), robot di động trên cạn (UGVs), và robot di động trên không (UAVs), do cơ chế truyền động khác nhau mà nguyên tắc thiết kế và phạm vi ứng dụng các loại robot này cũng khác nhau.

Do có những tính chất ưu việt hơn so với các loại robot di động tự hành khác như: tính cơ động, linh hoạt, phạm vi hoạt động rộng lớn mà UAVs đang trở thành một thiết bị di động tự hành được nghiên cứu và ứng dụng phổ biến nhất hiện nay. UAVs được định nghĩa là một phương tiện di chuyển trong không trung, không có người lái trực tiếp trong buồng lái, sử dụng lực khí động học để cung cấp lực đẩy và lực nâng, có thể bay tự hành hoặc được điều khiển từ xa, trong đó các loại UAVs tự hành đang được nghiên cứu, phát triển với nhiều ứng dụng từ dân sự đến quân sự: như vận chuyển hàng hóa, tìm kiếm cứu hộ cứu nạn trong thiên tai, lập bản đồ, theo dõi giám sát trong giao thông, xây dựng, nông nghiệp, phát hiện và cảnh báo cháy rừng, tuần tra giám sát trong quân sự...

Có thể thấy một trong những ứng dụng phổ biến nhất của mạng UAVs là hệ thống giám sát. Trong hình 7.1 minh họa một mạng UAV đang làm nhiệm vụ giám sát một khu vực đã định trước. Mỗi UAV giám sát ở một khu vực nhất định. Vì vậy, mạng UAV có thể bao phủ một khu vực rộng lớn. Dữ liệu từ các UAV có thể được trao đổi giữa các UAV lân cận hoặc truyền tới các phía máy chủ thông qua đường truyền dữ liệu không dây. Các nhiệm vụ giám sát thường đòi hỏi khả năng bao quát rộng, nhanh chóng và chính xác. Vì môi trường hoạt động của UAV là ở trên không nên chúng có tầm bao quát rộng hơn và gặp ít chướng ngại vật hơn các loại robot di động tự hành khác.



Hình 7. 1: Mạng UAVs sử dụng trong nhiệm vụ giám sát

Việc xây dựng một mạng UAV bao gồm 3 yếu tố: thiết bị cảm biến, thuật toán điều khiển và thông tin liên lạc. UAV có thể thu được dữ liệu cảm biến trực quan bằng máy ảnh được trang bị trên thân thiết bị. Dữ liệu cảm biến sau đó được trao đổi trên toàn mạng cho các mục đích nhiệm vụ. Có hai cấu trúc chính của mạng chia sẻ thông tin tập trung và mạng phân tán. Mạng lưới UAVs hoạt động theo kiểu phân tán để cải thiện độ mạnh và giảm gánh nặng liên lạc. Các thuật toán điều khiển sẽ có thể điều khiển đội hình UAV đến các khu vực được nhắm mục tiêu mà không bị va chạm với chướng ngại vật cũng như các UAVs khác.

Ngoài ra, trong khi thực hiện giám sát, các UAV thường bay ở một vị trí cố định, do đó, hầu hết các cảnh không thay đổi theo thời gian, và chỉ có các vật thể chuyển động là đáng chú ý. Việc truyền dữ liệu dư thừa như khung nền, vùng chồng chéo, v.v. gây lãng phí tài nguyên. Hệ thống giám sát cần một giải pháp hiệu quả để giảm dữ liệu dư thừa để tăng hiệu quả truyền dẫn và giải quyết bài toán tiết kiệm năng lượng. Các UAV phải gặp vô số trở ngại vì hoạt động ở độ cao thấp trong môi trường đô thị do các hạn chế về chính sách. Trong các nghiên cứu gần đây về việc sử dụng UAVs cho hệ thống giám sát có thể đến một số phương pháp: APF (Trường thế năng nhân tạo) đây là một phương pháp thường được sử dụng để giải quyết các vấn đề về tránh chướng ngại vật. Nhưng nó vẫn còn một số hạn chế do các vấn đề tối thiểu cục bộ,

hiệu suất kém trong việc xử lý chướng ngại vật khi nó có hình dạng lồi và lõm. Một số hệ thống giám sát dựa trên UAV gần đây sử dụng ISS. Nó là một hệ thống giám sát với khả năng phân tích dữ liệu mạnh mẽ. Tuy nhiên, do số lượng lớn các camera được triển khai trong các hệ thống giám sát thực tế, dữ liệu cảm biến thu thập được từ các camera cũng lớn. Vì vậy, nó gây ra những hạn chế về độ chính xác của hệ thống, thời gian, độ phức tạp của dữ liệu, v.v.

Trước những thách thức đặt ra cho vấn đề điều khiển đàn UAVs trong nhiệm vụ giám sát và những hạn chế còn tồn tại trong một số phương pháp thì thuật toán điều khiển bầy đàn (flocking control) đang được nghiên cứu và áp dụng vào mạng UAVs để dẫn các UAV di chuyển trên vị trí giám sát và tránh va chạm với chướng ngại vật. Trong phương pháp này, các robot trong một nhóm chỉ cần giữ một khoảng cách tối thiểu nhất định với robot lân cận của mình, khoảng cách lớn nhất giữa các robot cũng có thể thay đổi trong trường hợp gặp vật cản thay vì cần duy trì khoảng cách không đổi như các thuật toán điều khiển nhóm khác. Điều đó có nghĩa là các thuật toán điều khiển bầy đàn (flocking control) cho phép đội hình thay đổi hình dạng đội hình một cách linh hoạt và hiệu quả khi gặp chướng ngại vật. Hay nói cách khác, nhóm UAVs có thể cấu hình lại hình dạng đội hình một cách an toàn để tránh va chạm với chướng ngại vật khi di chuyển. Vì vậy, các thuật toán của phương pháp flocking trở thành phương pháp tiếp cận phù hợp cho UAV trong nhiệm vụ giám sát.

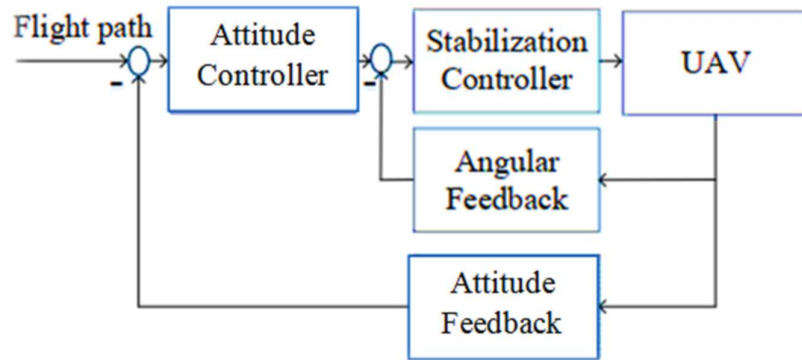
Tóm lại, bài toán thiết kế của đề tài được xây dựng như sau:

- Đối tượng điều khiển: Đàn UAVs
- Nhiệm vụ thực hiện của mạng UAVs: Di chuyển từ trạm trung tâm điều khiển, phát hiện và tránh chướng ngại vật, bay tới vị trí mục tiêu, duy trì đội hình để thực hiện nhiệm vụ giám sát tại khu vực đã định trước.
- Chiến lược điều khiển: Điều khiển nhóm UAVs phân tán sử dụng chiến lược điều khiển hành vi theo phương pháp bầy đàn (Flocking Control)

7.1.2 Xây dựng cấu trúc điều khiển

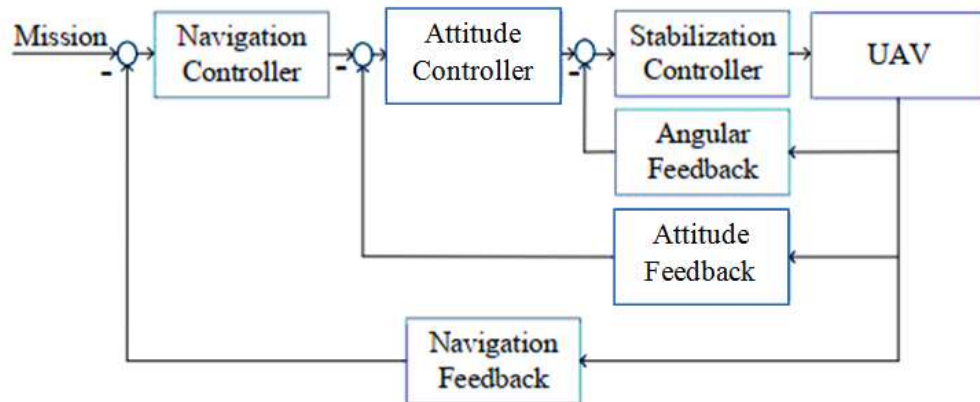
Một hệ thống điều khiển bay của một UAV đơn lẻ bao gồm của hai vòng điều khiển. Vòng điều khiển trong bao gồm bộ điều khiển định hướng (Attitude controller) và bộ điều khiển ổn định bay (Stabilization controller)

như trong hình 7.2. Bộ điều khiển định hướng có nhiệm vụ điều chỉnh hướng của UAV bằng cách kiểm soát cao độ (góc yaw) và các góc roll, pitch để xác định hướng của phương tiện. Do có khối lượng và kích thước nhỏ, độ ổn định của UAV thường kém do vậy vòng điều khiển ổn định được sử dụng để đảm bảo sự ổn định của hệ thống trong quá trình thực hiện nhiệm vụ.

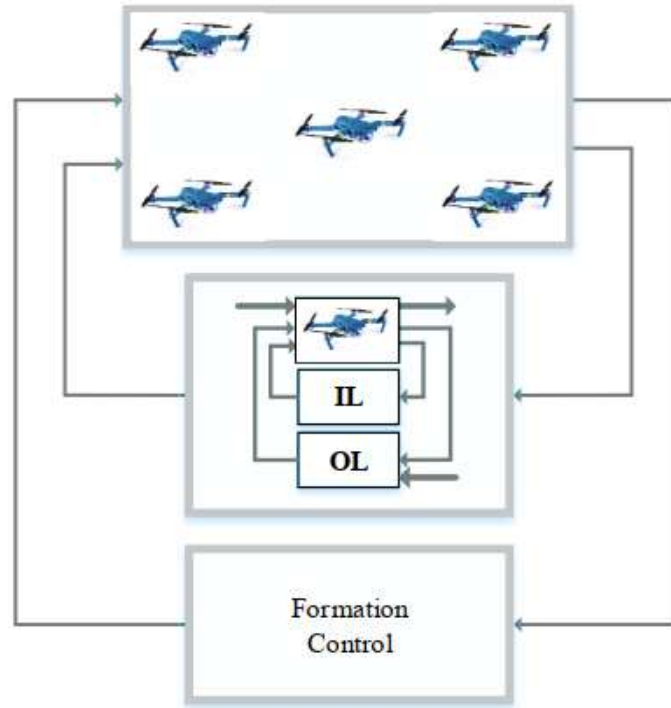


Hình 7. 2: Vòng điều khiển trong của hệ thống điều khiển bay cho một UAV

Vòng điều khiển ngoài bao gồm bộ điều hướng (navigation and guidance controller) Vòng điều khiển này xác định quỹ đạo bay cho UAV. Di động tự hành là một điều quan trọng yêu cầu đối với UAV vì chúng thường phải hoạt động từ xa mà không có sự điều hướng trực tiếp từ người điều khiển. Toàn bộ sơ đồ hệ thống điều khiển bay cho một UAV như sau:



Hình 7. 3: Sơ đồ của hệ thống điều khiển bay cho một UAV



Hình 7. 4: Cấu trúc điều khiển cho đàn UAVs

Đối với hệ thống điều khiển nhóm cho đàn robot tự hành thì việc kết nối nhiều UAVs luôn đòi hỏi rất nhiều điều kiện phải đảm bảo, các thuật toán điều khiển cũng trở nên phức tạp hơn, hệ thống phải có khả năng thông tin qua lại giữa các thiết bị với nhau, việc trao đổi thông tin không chỉ là những thông tin thu thập được mà còn là những thông tin điều khiển, thông tin về môi trường điều khiển, giúp cho cả nhóm hoạt động ổn định, đạt được mục tiêu đề ra đối với nhiệm vụ chung. Điều khiển nhóm cho đàn UAVs là một phương pháp điều khiển phối hợp để một hay nhiều đàn robot cùng thực hiện các nhiệm vụ chung mà vẫn duy trì được đội hình không gian mong muốn. Khi làm việc trong nhóm, mỗi hành động được thực hiện bởi một UAV có thể có ảnh hưởng đến hiệu suất của toàn hệ thống. Cấu trúc điều khiển cho đàn UAVs được trình bày trong hình 7.4

❖ ***Chiến lược điều khiển hành vi theo phương pháp điều khiển bầy đàn (flocking control)***

Đàn UAVs bao gồm “ N ” robot được mô hình hóa bởi đồ thị $G(V,E)$

Trong đó: V là tập hợp đỉnh $V=\{1,2,\dots,N\}$ đại diện cho các UAVs trong đàn; E là tập hợp các cạnh $E=\{(i,j);i,j \in V,i \neq j\}$ thể hiện mối liên hệ và giao tiếp giữa các UAVs

$p_i, v_i \in R^2$ lần lượt là vị trí và vec tơ vận tốc của UAV thứ i . Động lực học bậc 2 của một UAV được mô tả như sau:

$$\begin{cases} \dot{p}_i = v_i \\ \dot{v}_i = u_i \end{cases} \quad (i=1,2,\dots,N) \quad (7.1)$$

Trong đó u_i là vec tơ đầu vào điều khiển cho UAV thứ i . Hệ phương trình (3.1) được sử dụng để mô hình hóa các UAV phân tán có khả năng chuyển động đa hướng

UAVs thực lân cận (actual neighbors): Mỗi UAV có khoảng cách/dải truyền thông (communication range): R_c . Tập những UAVs thực lân cận của UAV thứ i được xác định bởi:

$$N_i^a(t) = \{j \in V : \|p_j - p_i\| \leq R_c, i \neq j\} \quad (7.2)$$

Trong đó $\|p_j - p_i\| = d$ là độ lớn khoảng cách Euclid giữa UAV thứ i và thứ j

UAVs ảo lân cận (virtual neighbors): Để đàn UAVs có khả năng tránh chướng ngại vật trong phương pháp này sử dụng “UAV ảo lân cận”. Mỗi chướng ngại vật xuất hiện trên quỹ đạo di chuyển của đàn UAVs sẽ coi là một “UAV ảo lân cận”. Tập những UAVs lân cận ảo của UAV thứ i được mô tả như sau:

$$N_i^v(t) = \{k \in V_o : \|p_{ik} - p_i\| \leq r_o, V_o = \{1,2,\dots,K\}\} \quad (7.3)$$

Trong đó r_o là khoảng cách/dải phát hiện vật cản (obstacle detection range), V_o là tập hợp các vật cản, p_{ik} là vị trí của chướng ngại vật thứ k so với vị trí của UAV thứ i .

Các UAV lân cận ảo được sử dụng để tạo ra lực đẩy nhằm tránh va chạm giữa UAV và chướng ngại vật.

Một nhóm UAV tạo thành một cấu trúc đội hình nhất định để điều hướng một trường cảm biến rộng lớn. Mỗi UAV cần phải tránh va chạm với các thành viên khác cũng như các chướng ngại vật. Thuật toán bầy đàn phân tán (distributed flocking algorithm) bao gồm ba thành phần là hàm điều khiển nhóm f_i^f , hàm tránh chướng ngại vật f_i^o và hàm điều hướng f_i^n . Từ đó ta có véc tơ đầu vào điều khiển u_i cho UAV thứ i :

$$u_i = f_i^f + f_i^o + f_i^n \quad (7.4)$$

f_i^f để tạo ra lực hút và lực đẩy cho các thành viên UAV tạo thành đội hình. Thành phần này cũng được sử dụng để điều chỉnh sự phù hợp vận tốc của các UAV trong nhóm. f_i^f được xây dựng theo công thức (7.5):

$$f_i^f = c_1^a \sum_{j \in N_i^a} \phi_a(\|p_{ik} - p_i\|_\sigma) n_{ij} + c_2^a \sum_{j \in N_i^a} a_{ij}(p)(v_j - v_i) \quad (7.5)$$

Trong đó: ϕ_a là hàm tác động (action function) [85]; n_{ij} là vecto nối giữa p_i và p_j ; c_1^a và c_2^a là các hệ số dương; $\|p_{ik} - p_i\|_\sigma$ là hàm khả vi tại mọi điểm trừ điểm 0, được sử dụng để tạo ra một tập hợp thế năng trơn (smooth collective potentials) của một đàn UAVs và ma trận kề không gian của một mạng gồm các UAVs lân cận, cần xác định một ánh xạ không âm được gọi là σ -norm. σ -norm của một vecto là ánh xạ: $\mathbf{R}^m \rightarrow \mathbf{R}_{\geq 0}$;

$$\|p_{ik} - p_i\|_\sigma = \frac{1}{\varepsilon} \left(\sqrt{1 + \varepsilon \|p_{ik} - p_i\|^2} - 1 \right) \text{ trong đó hệ số } \varepsilon > 0$$

f_i^o để ngăn các UAV va chạm với các chướng ngại vật trong môi trường. f_i^o được xây dựng theo công thức (7.6):

$$f_i^o = c_1^o \sum_{j \in N_i^o} \phi_o(\|p_{ik} - p_j\|_\sigma) n_{ik} + c_2^o \sum_{j \in N_i^o} b_{ik}(p)(v_{ik} - v_j) \quad (7.6)$$

Trong đó ϕ_o là hàm tác động đẩy (repulsive action function) [85], n_{ik} là vecto nối p_{ik} và p_i . Các ma trận kề $A = [a_{ij}]$ và $B = [b_{ik}]$ được xác định bởi đồ thị [86].

Các UAVs có thể được triển khai ở trung tâm tại mặt đất và chúng phải di chuyển đến những địa điểm nhất định tùy thuộc vào các nhiệm vụ. Hàm điều

hướng f_i^n được sử dụng để cung cấp khả năng điều hướng cho các đội hình UAV. Thành phần này được xác định theo công thức (7.7):

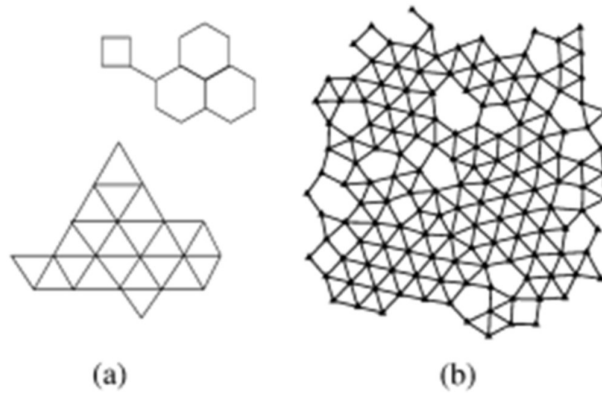
$$f_i^n = -c_1 (p_i - p_t) - c_2 (\bar{p}_{(N_i^a \cup \{i\})} - p_t) \quad (7.7)$$

Trong đó: c_1 và c_2 là các hệ số dương; $\bar{p}_{(N_i^a \cup \{i\})}$ được xác định như sau:

$\bar{p}_{(N_i^a \cup \{i\})} = \frac{1}{|N_i^a \cup \{i\}|} \sum_{i=1}^{|N_i^a \cup \{i\}|} p_i$; $|N_i^a \cup \{i\}|$ là những UAVs lân cận thực của UAV thứ i bao gồm cả UAV thứ i . Vị trí mục tiêu là p_t nơi mà đàn UAVs cần phải điều hướng đến.

Cấu trúc hình học của điều khiển bầy đàn flocking control: Thông thường để thiết lập trật tự không gian cho các đàn robot, phương pháp điều khiển bầy đàn (flocking control) sử dụng cấu trúc kiểu mạng tinh thể (lattice-type structure) để mô hình hóa dạng hình học cho cấu trúc bầy đàn. Điều này thực hiện bằng cách tìm tập hợp các cấu hình q của n điểm trong đó mỗi điểm đều cách đều tất cả các điểm lân cận của nó. Về khoảng cách giữa các đối tượng, cấu trúc hình học này có thể được mô tả như các nghiệm của tập hợp các ràng buộc đại số sau:

$$\|p_j - p_i\| = d \quad \forall j \in N_i(q) \quad (7.8)$$



Hình 7. 5: Cấu trúc 2D của mạng tinh thể α (a) và quasi- α (b)

$$-\delta \leq \|p_j - p_i\| - d \leq \delta \quad \forall (i, j) \in E(q) \quad (7.9)$$

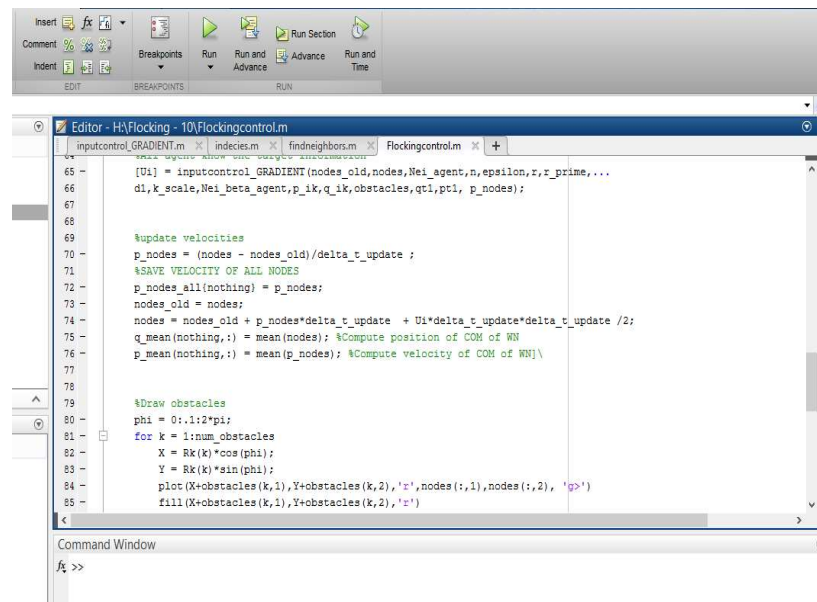
Cấu trúc hình học của đàn robot theo phương pháp bầy đàn thường được mô tả ở hai cấu trúc: cấu trúc mạng tinh thể α và cấu trúc mạng tinh thể *quasi- α* . Cấu trúc mạng tinh thể α là một cấu hình q thỏa mãn tập các ràng buộc trong (7.8). Mạng tinh thể này bao gồm khoảng cách d và tỷ số $\kappa = r/d$. Mạng tinh thể α không bắt buộc phải kết nối tất cả các mắt lưới (ô đa giác) lại với nhau, tất cả các cạnh của các mắt lưới đều có cùng độ dài. Cấu trúc mạng tinh thể *quasi- α* là một cấu hình q' thỏa mãn tập các ràng buộc (7.9).

7.2 Mô phỏng hệ thống

a. Thực hiện mô phỏng hệ thống trên phần mềm MATLAB

Thực hiện mô phỏng hệ thống điều khiển bầy đàn (flocking control) cho đàn UAVs thực hiện nhiệm vụ giám sát tại tọa độ xác định trên phần mềm Matlab với các trường hợp khác nhau về số lượng UAVs; số lượng chướng ngại vật và vị trí mục tiêu.

Một nhóm gồm “N” UAVs được triển khai để thực hiện các nhiệm vụ giám sát trong một khu vực đã định (khu vực này có thể thay đổi tùy trường hợp). Cần xác định một đơn vị để tính toán khoảng cách Euclid giữa các UAVs, các chướng ngại vật trong trường cảm biến. Mỗi UAV có phạm vi liên lạc không đổi R_C . Một nhóm trưởng ảo “virtual leader” đại diện cho vị trí mục tiêu cho nhóm. Nhóm UAVs sẽ thiết lập đội hình theo cấu trúc mạng tinh thể *quasi- α* tại vị trí mục tiêu.



```

65 [U] = inputcontrol_GRADIENT(nodes_old,nodes,Nei_agent,n,epsilon,r,r_prime,...
66 dl,k_scale,Nei_beta_agent,p_ik,q_ik,obstacles,q1,p1, p_nodes);
67
68
69 %update velocities
70 p_nodes = (nodes - nodes_old)/delta_t_update ;
71 %SAVE VELOCITY OF ALL NODES
72 p_nodes_all(nothing) = p_nodes;
73 nodes_old = nodes;
74 nodes = nodes_old + p_nodes*delta_t_update + U1*delta_t_update*delta_t_update /2;
75 q_mean(nothing,:) = mean(nodes); %Compute position of COM of WN
76 p_mean(nothing,:) = mean(p_nodes); %Compute velocity of COM of WN\
77
78
79 %Draw obstacles
80 phi = 0:.1:2*pi;
81 for k = 1:num_obstacles
82 X = Rk(k)*cos(phi);
83 Y = Rk(k)*sin(phi);
84 plot(X+obstacles(k,1),Y+obstacles(k,2),'r',nodes(:,1),nodes(:,2), 'g')
85 fill(X+obstacles(k,1),Y+obstacles(k,2),'r')

```

Hình 7. 6: Chương trình mô phỏng trên phần mềm MATLAB

Dựa vào các công thức tính toán từ (7.1) đến (7.9) ta thiết lập và lựa chọn các thông số cho hệ thống như sau:

Tham số đầu vào điều khiển bao gồm :

- Vị trí của ban đầu ($nodes_old$) và vị trí hiện tại ($nodes$) của các UAV_{*i*}
- Số lượng UAVs (N)
- Số chiều (n)
- Tham số của hàm va chạm (ε)
- Phạm vi hoạt động của UAV alpha (r)
- Phạm vi hoạt động của tác nhân beta để phát hiện chướng ngại vật (r_prime)
- Tham số tính toán phạm vi hoạt động ($d1, k_sale$)
- Tham số UAVs lân cận của UAV beta (Nei_beta)
- Vận tốc và vị trí của UAV beta (p_ik, q_ik)
- Vị trí của chướng ngại vật ($obstacles$)
- Vận tốc mong muốn cho mỗi UAV (qt)
- Vận tốc của tất cả các UAVs (p_nodes)
- Các tham số thuật toán c_1 và c_2 cho đối tượng UAV_{*i*} ($gamma$); UAV_{*j*} ($anpha$) là lân cận của UAV_{*i*} và chướng ngại vật ($beta$)

Ngoài ra, cần thiết lập các tham số cho hàm tìm UAVs lân cận chính là quá trình tìm các UAV anpha và beta. Quá trình lập trình hệ thống bao gồm giai đoạn: Thiết lập thông số ban đầu bao gồm giá trị các tham số đầu vào điều khiển, thiết lập chướng ngại vật (tọa độ của vị trí, kích thước và số lượng chướng ngại vật), vị trí của mục tiêu và chương trình hệ thống được trình bày chi tiết trong phần phụ lục của báo cáo này.

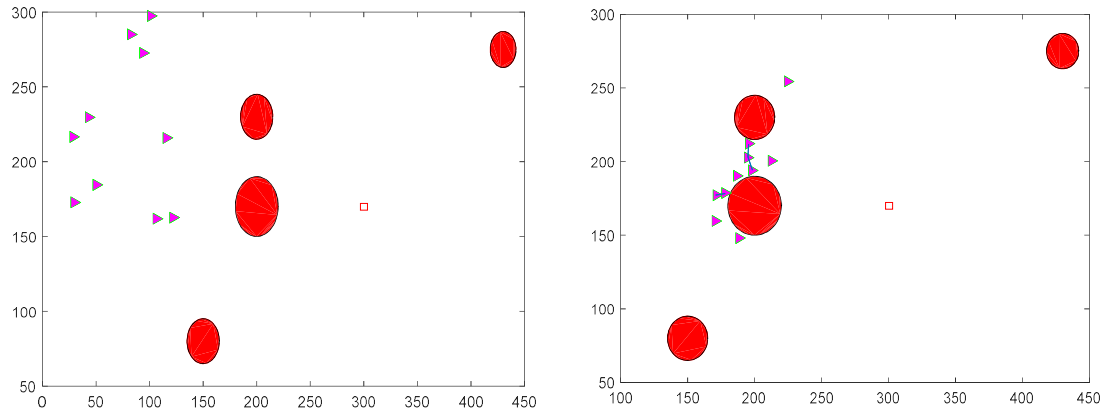
b. Kết quả mô phỏng và nhận xét

Sau khi lập trình hệ thống tiến hành thử nghiệm với các trường hợp khác nhau về số lượng UAVs, số lượng vật cản và vị trí mục tiêu để kiểm nghiệm tính đúng đắn của thuật toán

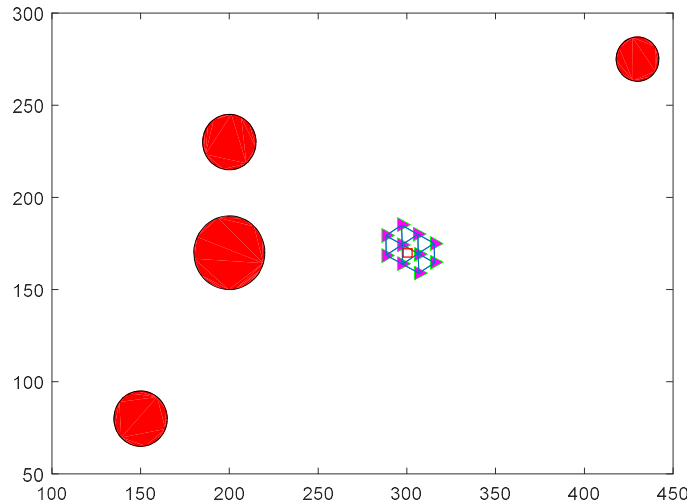
❖ Trường hợp 1: Nhóm 10 UAVs và 4 chướng ngại vật

Từ vị trí ban đầu đàn UAV di chuyển đến vị trí mục tiêu – được coi như một trường nhóm ảo (hình 7.7a), trong quá trình di chuyển gặp

chướng ngại vật, các UAV sẽ tách ra và di chuyển xung quanh chướng ngại vật (hình 7.7b). Kết nối giữa các thành viên trong nhóm có thể bị gián đoạn tuy nhiên điều này không ảnh hưởng đến hiệu suất điều khiển. Khi nhóm tiếp cận mục tiêu, các thành viên UAV dần dần kết nối lại với nhau theo giá trị giao tiếp R_c cố định để tạo thành hình dạng mạng lưới *quasi- α* . Nhóm UAVs sẽ duy trì đội hình này để bao phủ một khu vực xung quanh vị trí điểm mục tiêu (hình 7.8).

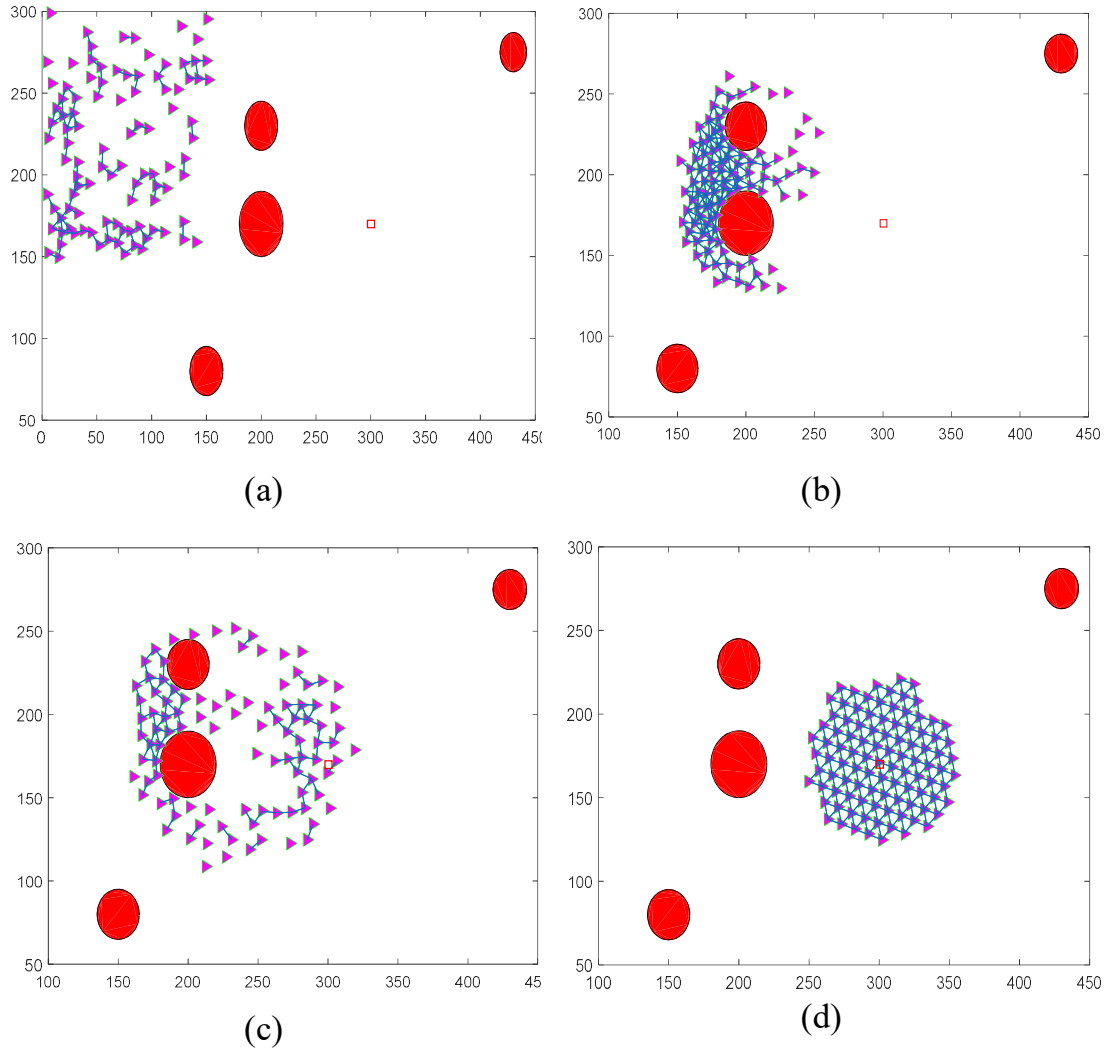


Hình 7. 7: Nhóm 10 UAVs di chuyển đến mục tiêu (a) và tránh chướng ngại vật (b)



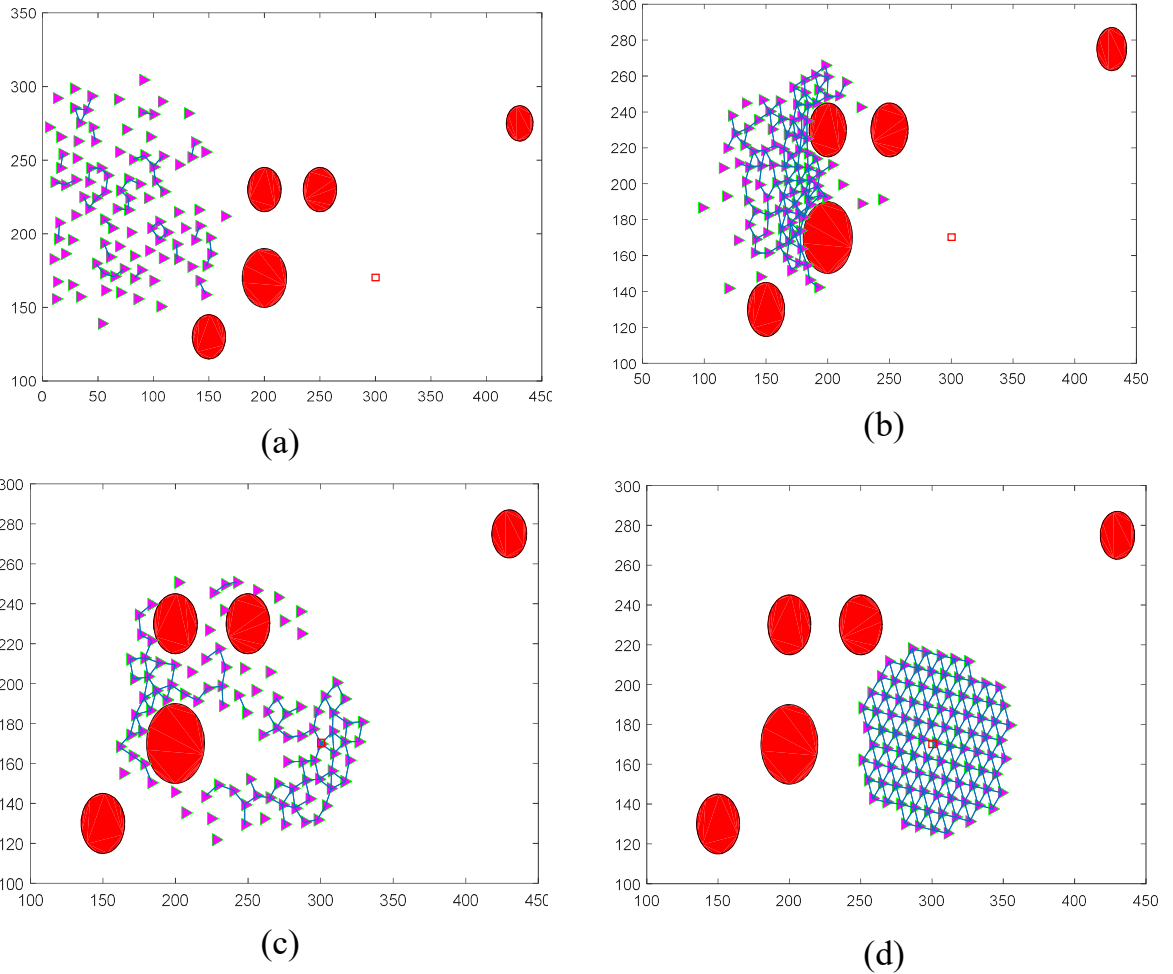
Hình 7. 8: Đội hình mạng quasi - alpha của 10 UAVs tại vị trí mục tiêu sau thời gian $t=40s$

❖ **Trường hợp 2:** Thay đổi số lượng UAVs. Thay đổi số lượng UAVs từ 10 UAVs lên 100 UAVs ta thu được các kết quả như hình 7.9. Ta thấy với thuật toán đề xuất nhóm 100 UAVs vẫn có khả năng tránh chướng ngại vật và hình thành đội hình đặt để bao phủ một khu vực xung quanh vị trí điểm mục tiêu sau thời gian $t = 180s$



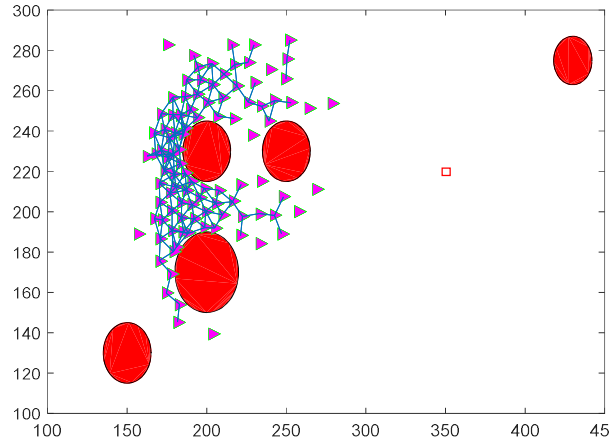
Hình 7. 9: Nhóm 100 UAVs di chuyển đến mục tiêu (a) và tránh chướng ngại (b) (c) và đội hình mạng quasi - alpha tại vị trí mục tiêu (d) sau thời gian $t = 180s$

❖ **Trường hợp 3:** Thay đổi số lượng và vị trí chướng ngại vật thì kết quả mô phỏng cho thấy rằng: nhóm 100 UAVs vẫn có khả năng tránh chướng ngại vật và hình thành đội hình đặt để bao phủ khu vực xung quanh vị trí điểm mục tiêu sau thời gian $t=300s$ (Hình 7.10)

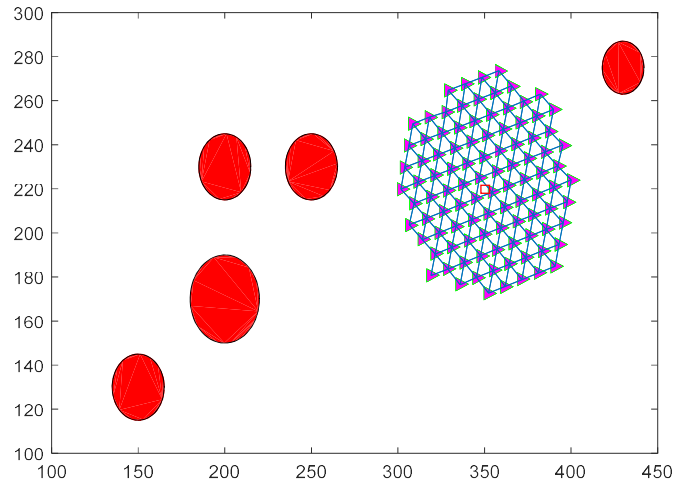


Hình 7. 10: Nhóm 100 UAVs di chuyển đến mục tiêu sau khi thay đổi số lượng vật cản

- ❖ **Trường hợp 4:** Thay đổi vị trí mục tiêu. Thay đổi tọa độ của mục tiêu từ $(x_0, y_0) = (300, 170)$ sang tọa độ $(x_1, y_1) = (360, 220)$ ta có các kết quả như hình 7.11. Ta thấy với thuật toán đề xuất nhóm 100 UAVs vẫn có khả năng tránh chướng ngại vật và đảm bảo hình thành đội hình đặt để bao phủ khu vực xung quanh vị trí điểm mục tiêu mới.



(a)



(b)

Hình 7. 11: Nhóm 100 UAVs di chuyển đến mục tiêu sau khi thay đổi tọa độ mục tiêu

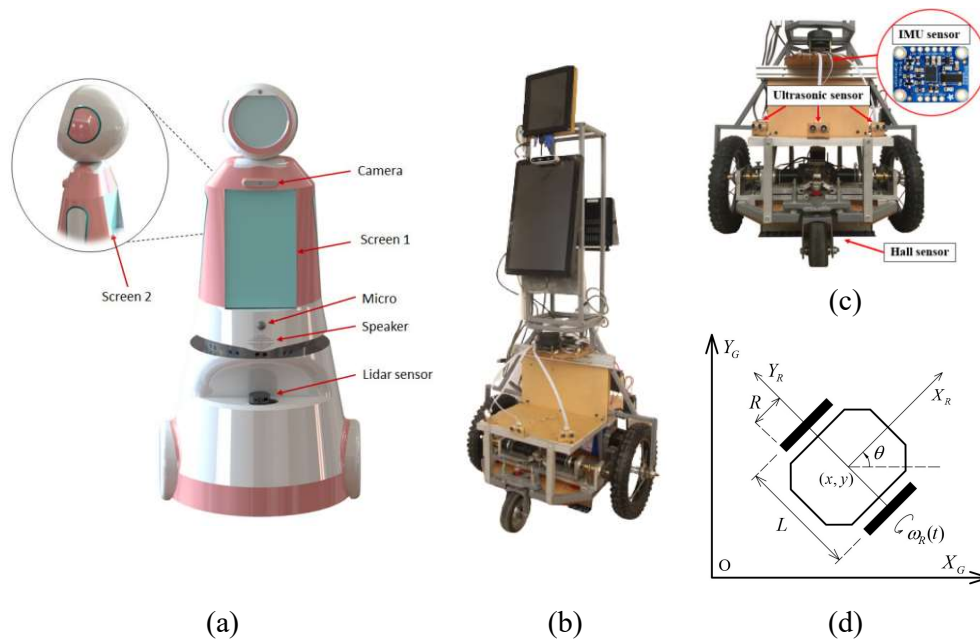
❖ **Nhận xét:**

Thực hiện mô phỏng hệ thống với các trường hợp khác nhau về thay đổi số lượng UAVs, số lượng và vị trí vật cản, vị trí mục tiêu, từ các kết quả trên ta thấy hệ đều có khả năng đáp ứng tốt: Phát hiện và tránh được vật cản, tới đúng khu vực mục tiêu, thời gian hội tụ đàn nhanh, sau đó duy trì đội hình theo cấu trúc mạng quasi- α . Điều này cho thấy tính linh hoạt của hệ thống và khẳng định tính đúng đắn của thuật toán đề xuất.

CHƯƠNG 8. THIẾT KẾ ROBOT DẪN ĐƯỜNG TƯƠNG TÁC THÔNG MINH CHO CÁC SÂN BAY

8.1 Đặt vấn đề

Từ thế hệ ban đầu của rô-bốt tái tạo giảng dạy có thể lập trình đến rô-bốt lập trình ngoại tuyến có chức năng cảm biến và khả năng thích ứng cụ thể, cho đến rô-bốt thông minh sau giữa những năm 1980, rô-bốt đã trải qua khoảng 60 năm tiến hóa. Các công nghệ liên quan được sử dụng trong rô-bốt thông minh không ngừng phát triển, chẳng hạn như hợp nhất thông tin đa cảm biến, lập kế hoạch đường đi, thị giác rô-bốt và giao diện người-máy thông minh, do sự phát triển nhanh chóng của máy tính, công nghệ thông tin, trí tuệ nhân tạo và lý thuyết điều khiển. Robot thông minh với nhiều loại cảm biến có thể phản ứng hiệu quả với những thay đổi của môi trường thông qua tổng hợp thông tin và có chức năng tự thích ứng, học hỏi và tự chủ mạnh mẽ. Gần đây, robot được ứng dụng nhiều trong các lĩnh vực khác nhau kể cả dân dụng và quân sự. Đặc biệt, robot phục vụ rất quan trọng trong môi trường độc hại, khu vực cách ly,... mà con người khó tiếp cận được.



Hình 8. 1 (a) Hình ảnh 3D của iRobot; (b) Hình ảnh lắp ráp thử nghiệm iRobot; (c) Các bộ cảm biến; (d) Các thông số của iRobot.

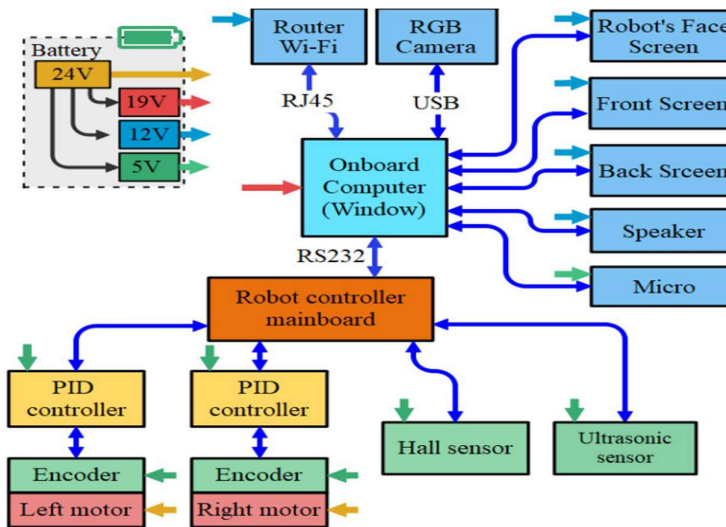
Về một số vấn đề quan trọng, các nhà nghiên cứu đã cố gắng phát triển các kỹ thuật khác nhau liên quan đến khả năng thị giác máy tính với các ứng dụng và sản phẩm để theo dõi các đối tượng chuyển động. Hỗ trợ trực quan là một kỹ thuật điều khiển chuyển động của rô bốt bằng phản hồi được gửi từ cảm biến thị giác. Trong điều khiển trực quan, rất khó để theo dõi một đối tượng đang chuyển động nếu không thể đạt được khoảng cách của đối tượng, trong một nghiên cứu khác, đối tượng được theo dõi là khuôn mặt của một chuyển động đứng hoặc tới lui hoặc lùi và sau. trước ống kính máy quay. Để ước tính khoảng cách từ đối tượng, việc theo dõi đối tượng phải được giải quyết trước. Các phương pháp theo dõi dựa trên mô hình yêu cầu kiến thức trước về hình dạng đối tượng cho quá trình so khớp và tìm đối tượng trong trường. Các nghiên cứu này cũng áp dụng phương pháp tính toán độ dài tiêu cự của máy ảnh nhờ vào một hình ảnh khuôn mặt ban đầu được chụp ở một khoảng cách nhất định. Tuy nhiên, độ chính xác sẽ giảm đi nếu nó được thay thế bởi một người khác với khuôn mặt khác. Từ xuất phát điểm nêu trên, bài báo này tập trung xây dựng một hệ thống robot dịch vụ thông minh, ngoài chức năng robot có thể tự động di chuyển, còn có chức năng tương tác với hành khách và cung cấp các thông tin về robot dịch vụ như (cụ thể là IRobot), như trong hình 8.1. Robot bao gồm một số chức năng như (1)-Hiển thị thông tin lịch bay trong ngày; (2)-Hiển thị bản đồ nhà ga; (3)-Hướng dẫn tìm quán ăn, quán cà phê, cửa hàng mua sắm; (4)-Thông báo về những vật dụng bị cầm mang lên máy bay; (5)-Cung cấp dịch vụ chụp ảnh và gửi email cho hành khách; (6)-Hiển thị hướng dẫn, chỉ dẫn vị trí, địa điểm và thông tin về quy định của nhà ga và quy tắc chuyến bay dựa trên yêu cầu của hành khách. Tất cả các hướng dẫn hiển thị, hướng dẫn vị trí và địa điểm, thông tin về quy định của nhà ga và quy tắc chuyến bay đều dựa trên các câu hỏi thường gặp của hành khách.

Để tương tác với hành khách, hệ thống được tích hợp thêm tính năng nhận dạng giọng nói qua Google Cloud Speech-to-Text API để xử lý ngôn ngữ. còn công việc dẫn hành khách đến khu vực yêu cầu sử dụng mạng nơ ron tích chập chồng nhận diện khuôn mặt người rồi dựa vào tỷ lệ đồng dạng của hai tam giác để xác định và theo dõi khoảng cách từ robot đến hành khách. Phần điều khiển chuyển động theo dõi chính xác được áp dụng theo

các phương pháp đã được nhóm nghiên cứu công bố trước đây và ngoài việc tránh các chướng ngại vật ngẫu nhiên cũng được trình bày trong nghiên cứu này.

8. 2. Mô tả hệ thống

Để đáp ứng các yêu cầu ứng dụng cho robot sân bay như đã đề cập ở mục X.1, chúng tôi đề xuất một hệ thống cảm biến và cơ cấu chấp hành có thể đáp ứng các yêu cầu đó. Hình 8.2 cung cấp một sơ đồ khối tổng quan của hệ thống robot. Trong phần này, chúng tôi tập trung vào hệ thống cảm biến và bộ điều khiển PID như trong hình 8.2.

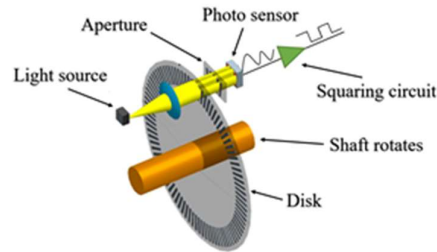


Hình 8. 2: Sơ đồ khối của hệ thống iRobot.

8.2.1. Bộ mã hóa

Bộ mã hóa quang học có nguồn sáng LED, bộ dò ánh sáng, đĩa/bánh xe “mã” được gắn trên trục và bộ xử lý tín hiệu đầu ra, hình 8.3. Đĩa có các đoạn mờ và trong suốt xen kẽ và được đặt giữa đèn LED và bộ tách sóng quang. Khi trục bộ mã hóa quay, chùm ánh sáng từ đèn LED bị gián đoạn bởi các vạch mờ trên đĩa “mã” trước khi được bộ tách sóng quang thu nhận. Điều này tạo ra tín hiệu xung: light = on; không có ánh sáng = tắt. Tín hiệu được gửi đến bộ đếm hoặc bộ điều khiển, sau đó sẽ gửi tín hiệu để tạo ra chức năng mong muốn. Trong robot di động, bộ mã hóa được sử dụng để đo chuyển

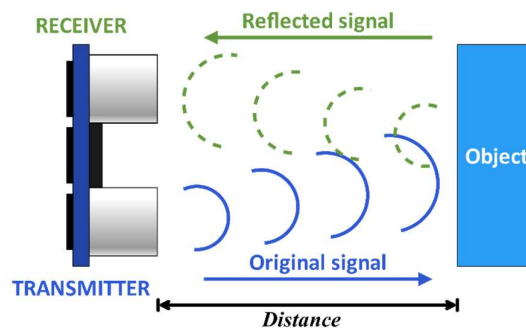
động (hướng và tốc độ) của từng bánh xe của robot. Việc xác định vị trí của robot bằng bộ mã hóa này là một phương pháp phổ biến trên thế giới gọi là phương pháp Odometry



Hình 8. 3: Cấu trúc của bộ mã hóa quay.

8.2.2. Cảm biến sóng siêu âm

Cảm biến siêu âm là một thiết bị điện tử đo khoảng cách của đối tượng mục tiêu bằng cách phát ra sóng âm thanh siêu âm và chuyển đổi âm thanh phản xạ thành tín hiệu điện. Sóng siêu âm di chuyển nhanh hơn tốc độ của âm thanh nghe được (âm thanh mà con người có thể nghe thấy). Cảm biến siêu âm có hai thành phần chính: bộ phát (phát ra âm thanh bằng cách sử dụng các tinh thể áp điện) và bộ thu (bắt gặp âm thanh sau khi nó di chuyển đến và đi từ mục tiêu). Các cảm biến siêu âm được sử dụng chủ yếu như cảm biến tiệm cận. Chúng có thể được tìm thấy trong công nghệ tự động xe ô tô và hệ thống an toàn chống va chạm. Vì vậy, chúng tôi sử dụng cảm biến siêu âm SRF05 cho robot để robot có thể tránh chướng ngại vật, như minh họa trong Hình 8.4.



Hình 8. 4: Cảm biến sóng siêu âm.

8.2.3. Camera RGB

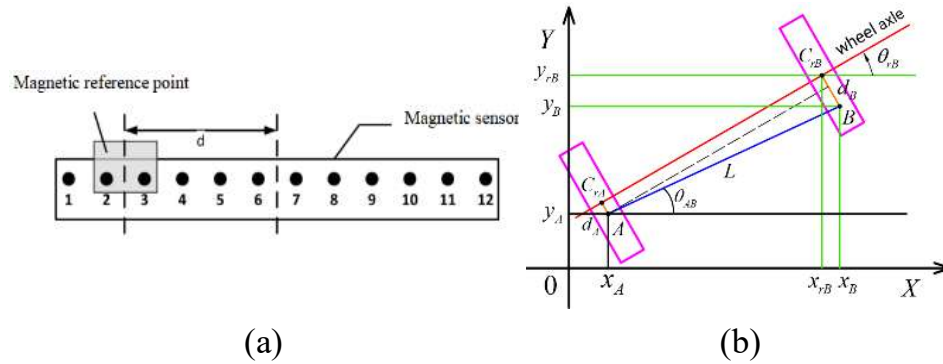
Robot được thiết kế ngoài các chức năng kể trên còn có chức năng hướng dẫn hành khách di chuyển trong sân bay. Theo đó, robot vừa di chuyển vừa theo dõi khuôn mặt của hành khách để duy trì khoảng cách với người qua đường trong quá trình di chuyển. Nếu hành khách dừng lại hoặc đi chậm lại, robot sẽ dừng lại để chờ, điều này có thể thực hiện được nhờ phương pháp dự đoán khoảng cách từ cảm biến hình ảnh đến khuôn mặt của người đó bằng camera một mắt. Chúng tôi sử dụng Camera Logitech BRIO 4K như trong Hình 8.5, được cài đặt trên robot để chụp ảnh khuôn mặt của hành khách.



Hình 8. 5: Logitech BRIO 4K.

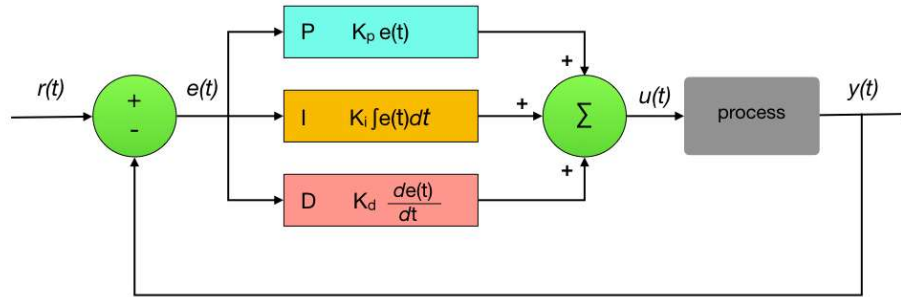
8.2.4. Các cảm biến xác định tọa độ

Khi rô-bốt di chuyển qua các điểm tham chiếu này, một cảm biến từ tính sẽ được thêm vào để xác định các điểm tham chiếu có tọa độ đã biết và điều chỉnh lại lộ trình. Cảm biến từ được sử dụng là một thanh gồm 12 cảm biến định vị đặt thành một hàng và cách nhau một khoảng $l=20\text{mm}$. Kết quả là chiều rộng của cảm biến từ tính là 240mm . Tại điểm giữa của thanh cảm biến sẽ vuông góc với trục dọc của cơ thể. Các cảm biến hội trường di chuyển phía trên điểm tham chiếu sẽ được kích hoạt khi rô-bốt đi qua các điểm tham chiếu từ tính trên sàn. Độ lệch d của trục dọc của cơ thể có thể được xác định từ điểm tham chiếu bằng cách sử dụng vị trí của các cảm biến sánh được kích hoạt, như trong hình 8.6.



Hình 8. 6: (a) Cảm biến điện từ và các điểm tham chiếu từ; (b) Tính toán vị trí và định hướng của iRobot

8.2.5. Bộ điều khiển PID



Hình 8. 7: Sơ đồ khối của bộ điều khiển PID trong vòng hồi tiếp

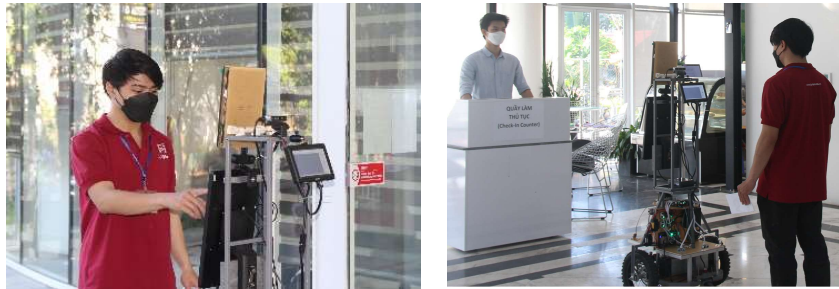
Động cơ DC tốc độ cao, mô-men xoắn cao, có thể đảo ngược được sử dụng trong hệ thống truyền động. Để phát hiện vị trí và tốc độ chính xác, một bộ mã hóa trực quang cầu phương với 600 xung mỗi vòng quay được gắn vào mỗi động cơ. Một mạch điện dựa trên bộ vi xử lý với phần mềm tích hợp được sử dụng để thực hiện điều khiển động cơ, cho phép điều khiển động cơ bằng thuật toán PID được hiển thị trong hình 8.7.

Bộ điều khiển PID được phân biệt bằng cơ chế phản hồi vòng điều khiển tính toán sự khác biệt giữa điểm đặt mong muốn và đầu ra thực tế của một quy trình và sử dụng kết quả để điều chỉnh hoạt động. PID là viết tắt của Proportional, Integral và Derivative. Công việc của quy trình là giữ cho giá trị điểm đặt không đổi. Chẳng hạn, bạn có thể muốn một động cơ DC duy trì giá trị điểm đặt $r(t)$ là 600 xung bộ mã hóa mỗi giây. Số lỗi $e(t)$ được tính bằng cách lấy giá trị điểm đặt là 600 trừ tốc độ động cơ thực tế $y(t)$. Dựa trên giá trị lỗi đã tính toán, bộ điều khiển PID tính toán giá trị điều khiển mới $u(t)$ để áp

dụng cho động cơ . Giá trị điều khiển cho động cơ DC sẽ là tín hiệu Điều chế độ rộng xung (PWM).

8.3. Triển khai iRobot hỗ trợ hành khách và tránh vật cản

Robot được thử nghiệm mô phỏng một nhà ga sân bay thu nhỏ với kích thước khoảng 20mx20m. Trong môi trường thử nghiệm có đầy đủ các vị trí như cửa ra vào, cổng khởi hành, quầy làm thủ tục, quán cà phê. Vị trí bắt đầu của robot sẽ ở cửa. Khi có người giao tiếp với rô-bốt và yêu cầu rô-bốt dẫn đường đến vị trí mong muốn trên bản đồ, rô-bốt sẽ vạch ra quỹ đạo tối ưu nhất và sẽ dẫn đường cho hành khách, như hình 8.8. Màn hình phía sau rô-bốt sẽ hiển thị hành khách con đường để đi. Camera phía sau cũng được sử dụng để nhận dạng và xác định xem hành khách có còn đi theo robot hay không, nếu hành khách không đi theo robot, robot sẽ quay trở lại vị trí xuất phát.

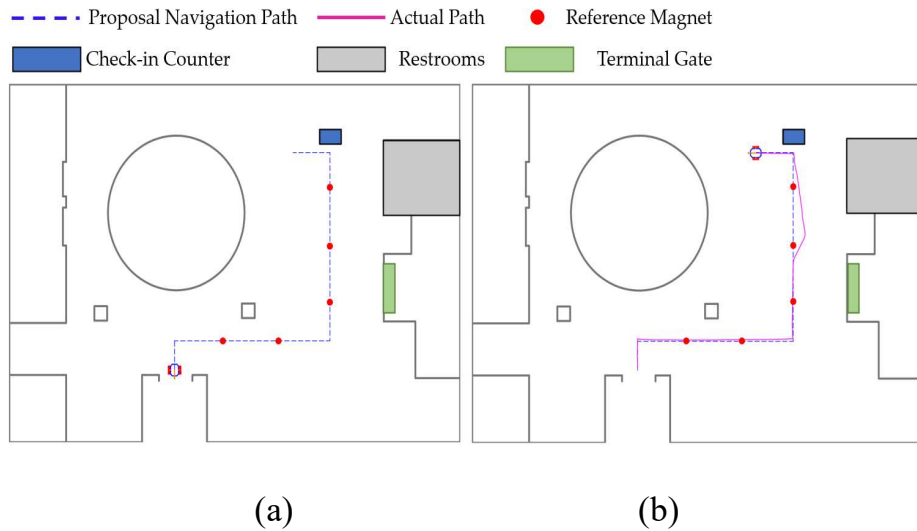


(a)

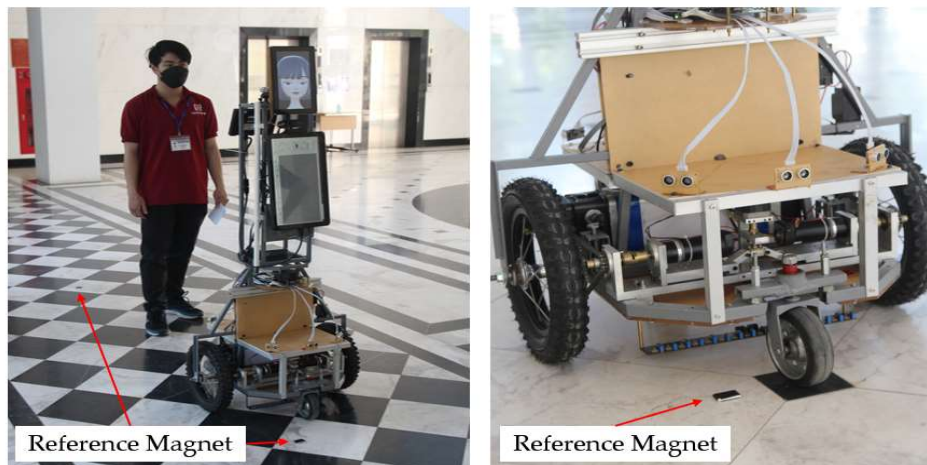
(b)

Hình 8. 8: (a) Khách hàng giao tiếp với robot; (b) Robot hướng dẫn khách hàng tài quầy hỗ trợ check-in.

Trên sàn nhà ga sân bay có gắn nam châm ở những vị trí cố định để robot có thể xác định vị trí. Khi robot dẫn đường, nó sẽ tìm đường đi tối ưu qua các điểm nam châm tham chiếu này và gần nhất với vị trí hiện tại của robot. Vị trí của các nam châm có thể được nhìn thấy trong hình 8.9 và 8.10. Khoảng cách giữa các nam châm được tối ưu hóa để robot không bị lệch khỏi quỹ đạo trong quá trình di chuyển, ở đây khoảng cách của các nam châm là khoảng 3m.

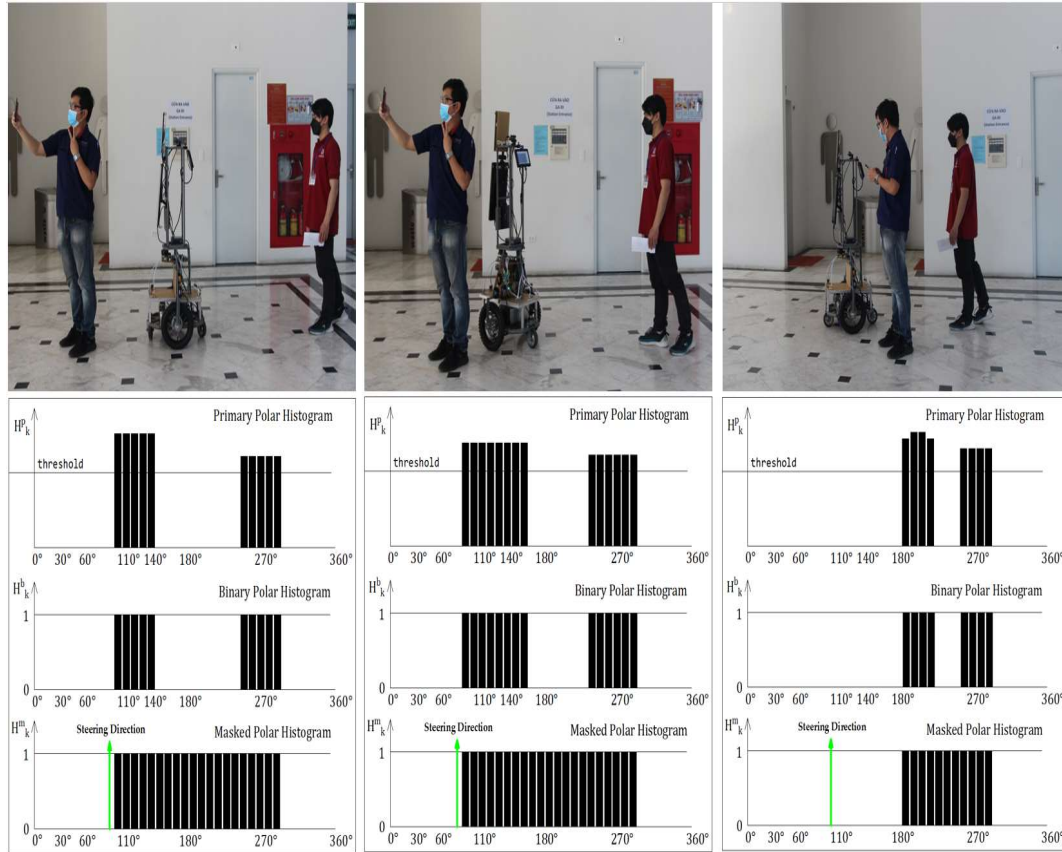


Hình 8. 9: (a) Bản đồ sân bay và đường đi của robot; (b) Đường đi thực tế của robot trong khi hỗ trợ khách hàng.



Hình 8. 10: Vị trí của các điểm từ trường trên sàn của sân bay

Trong quá trình di chuyển, nếu robot gặp chướng ngại vật hoặc có người vượt quỹ đạo, robot sẽ sử dụng phương thức VFH+ với dữ liệu khoảng cách từ cảm biến siêu âm. Kết quả tránh chướng ngại vật được hiển thị trong hình 8.11. Biểu đồ của phương pháp VFH+ và hướng đã chọn tương ứng tại các vị trí của rô-bốt trong quá trình tránh chướng ngại vật.



Hình 8. 11: Quá trình robot tránh chướng ngại vật và biểu đồ cực VFH+.

Các kết quả nghiên cứu trong chương 8 cung cấp khung xây dựng hệ thống robot thông minh hỗ trợ hành khách tại sân bay thông minh và có thể mở rộng ra các khu vực khác, đặc biệt trong các tình huống COVID-19. Hệ thống được xây dựng dựa trên hệ thống robot di động thông minh tự hành, được mô phỏng trên nhà ga khởi hành. Để đảm bảo độ chính xác của việc di chuyển theo quỹ đạo mong muốn khi không có (hoặc yếu) tín hiệu GPS, các thuật toán định vị mới sử dụng công nghệ Ultra Wideband với việc tổng hợp dữ liệu cảm biến từ các lidar và cảm biến mã hóa được đề xuất. Chương trình ứng dụng các thuật toán phân đoạn và trích xuất điểm đặc trưng đáp ứng yêu cầu lập bản đồ môi trường cục bộ và tránh chướng ngại vật cũng được đề xuất. Các dịch vụ tương tác giữa robot và hành khách bằng giao tiếp bằng giọng nói kết hợp với kỹ thuật máy học để phân tích và hiểu các yêu cầu của hành khách. Ngoài ra, kỹ thuật nhận diện khuôn mặt dựa trên mạng nơ ron tích chập chồng dự đoán khoảng cách giữa robot và hành khách để thực hiện chức năng hướng dẫn hành khách đến các khu vực trong sân bay. Các nhiệm

vụ hỗ trợ hành khách đi máy bay đã được khảo sát, khảo sát mô phỏng, đánh giá kết quả thực nghiệm và chứng minh tính hiệu quả của các phương pháp đề xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tan, Ying, and Zhong-yang Zheng. "Research advance in swarm robotics." *Defence Technology* 9.1 (2013): 18-39
- [2] Siegwart, Roland, Illah Reza Nourbakhsh, and Davide Scaramuzza. *Introduction to autonomous mobile robots*. MIT press, 2011
- [3] Rubio, Francisco, Francisco Valero, and Carlos Llopis-Albert. "A review of mobile robots: Concepts, methods, theoretical framework, and applications." *International Journal of Advanced Robotic Systems* 16.2 (2019): 1729881419839596.
- [4] Büchner, Ludwig. *La vie psychique des bêtes*. C. Reinwald, 1881.
- [5] Jha S, Casey-Ford RG, Jes SP, Thomas GP, Rita C, David CQ, et al. The queen is not a pacemaker in the small-colony wasps *polistes instabilis* and *p dominulus*. *Anim Behav* 2006;71(5):1197e203
- [6] Deneubourg JL, Pasteels JM, Verhaeghe JC. Probabilistic behaviour in ants: a strategy of errors. *J Theor Biol* 1983;105(2):259e71
- [7] Dorigo M, Bonabeau E, Theraulaz G. Ant algorithms and stigmergy. *Future Gener Comput Syst* 2000;16(8):851e71
- [8] Cao YU, Fukunaga AS, Kahng A. Cooperative mobile robotics: antecedents and directions. *Auton Robot* 1997;4(1):7e27.
- [9] Hawick, K. A., et al. "An Architecture for Swarm Robots (DHCP-121)." Wales: University of Wales (2002).
- [10] Dorigo M, Tuci E, Groß R, Trianni V, Labella TH, Nouyan S, et al. The swarm-bots project. In: *Swarm robotics. Lecture notes in computer science*, vol. 3342. Springer; 2005. p. 31e44.
- [11] Ranjbar-Sahraei B, Weiss G, Nakisaee A. A multi-robot coverage approach based on stigmergic communication. In: *Multiagent system technologies. Lecture notes in computer science*, vol. 7598. Springer; 2012. p. 126e38
- [12] Payton D, Estkowski R, Howard M. Pheromone robotics and the logic of virtual pheromones. In: *Swarm robotics. Lecture notes in computer science*, vol. 3342. Springer; 2005. p. 45e57.

- [13] Grushin A, Reggia JA. Stigmergic self-assembly of prespecified artificial structures in a constrained and continuous environment. *Integr Comput Aided Eng* 2006;13(4):289e312
- [14] Kalra N, Martinoli A. Comparative study of market-based and threshold-based task allocation. In: *Distributed autonomous robotic systems 7*. Japan: Springer; 2006. p. 91e101
- [15] Li L, Alcherio M, Abu-Mostafa YS. Learning and measuring specialization in collaborative swarm systems. *Adapt Behav* 2004;12(3e4):199e212
- [16] Zhang YZ, Antonsson EK, Martinoli A. Evolving neural controllers for collective robotic inspection. In: *Applied soft computing technologies, the challenge of complexity, advances in soft computing*, vol. 34. Springer; 2006. p. 717e29.
- [17] Bayindir L, Sahin E. A review of studies in swarm robotics. *Turk J Electr Eng* 2007;15(2):115e47
- [18] Bahgeci E, Sahin E. Evolving aggregation behaviors for swarm robotic systems: a systematic case study. In: *Proceedings of swarm intelligence symposium*. IEEE; 2005. p. 333e40
- [19] Min HK, Wang ZD. Group escape behavior of multiple mobile robot system by mimicking fish schools. In: *International conference on robotics and biomimetics*. IEEE; 2010. p. 320e6
- [20] Auke JI, Alcherio M, Aude B, Gambardella LM. Collaboration through the exploitation of local interactions in autonomous collective robotics. The stick pulling experiment. *Auton Robot* 2001;11(2):149e71.
- [21] Kristina L, Alcherio M, Aram G. A review of probabilistic macroscopic models for swarm robotic systems. In: *Swarm robotics, lecture notes in computer science*, vol. 3342. Springer; 2005. p. 143e52.

- [22] Alcherio M, Kjerstin E, William A. Modeling swarm robotic systems: a case study in collaborative distributed manipulation. *Int J Robot Res* 2004;23(4e5):415e36.
- [23] Dorigo M, Birattari M, Stutzle T. Ant colony optimization. *Computational intelligence magazine*, vol. 1(4). IEEE; 2006. p. 28e39
- [24] Arora T, Moses ME. Ant colony optimization for power efficient routing in manhattan and non-manhattanvlsi architectures. In: *Swarm intelligence symposium*. IEEE; 2009. p. 137e44.
- [25] Pham, A.Q., La, H.M., La, K.T. and Nguyen, M.T.(2019), “A Magnetic Wheeled Robot for Steel Bridge Inspection” *International Conference on Engineering Research and Applications* (pp. 11-17). Springer, Cham.
- [26] Shladover, S. E. (2005). “Automated vehicles for highway operations (automated highway systems)”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, 219(1), pp.53-75.
- [27] M. T. Nguyen, H. M. La and K. A. Teague (2018), “Collaborative and Compressed Mobile Sensing for Data Collection in Distributed Robotic Networks” *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, 5(4), pp. 1729-1740
- [28] H. X. Pham, H. M. La, D. Feil-Seifer and M. C. Deans. (2020), “A Distributed Control Framework of Multiple Unmanned Aerial Vehicles for Dynamic Wildfire Tracking” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 50(4), pp. 1537-1548
- [29] Nguyen, Hoa T., et al. "Control Algorithms for UAVs: A Comprehensive Survey." *EAI Endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems* 7.23 (2020).
- [30] Kinaneva, D., Hristov, G., Raychev, J., & Zahariev, P. (2019), “Early forest fire detection using drones and artificial intelligence”, *42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, pp. 1060-1065. IEEE.

- [31] Waharte, S., & Trigoni, N. (2010), "Supporting search and rescue operations with UAVs", 2010 International Conference on Emerging Security Technologies, pp. 142-147. IEEE.
- [32] Tomic, T., Schmid, K., Lutz, P., Domel, A., Kassecker, M., Mair, E., ... & Burschka, D. (2012), "Toward a fully autonomous UAV: Research platform for indoor and outdoor urban search and rescue", IEEE robotics & automation magazine, 19(3), pp.46-56
- [33] Lee, K. S., Ovinis, M., Nagarajan, T., Seulin, R., & Morel, O. (2015), "Autonomous patrol and surveillance system using unmanned aerial vehicles", 2015 IEEE 15th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), pp. 1291-1297. IEEE.
- [34] ZHOU, You, et al. (2019), "A UAV patrol system using panoramic stitching and object detection", Computers & Electrical Engineering, 80, 106473.
- [35] Yang, H., & Zhang, F. (2010), "Geometric formation control for autonomous underwater vehicles", 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 4288-4293. IEEE.
- [36] Gafurov, S. A., & Klochkov, E. V. (2015), "Autonomous unmanned underwater vehicles development tendencies", Procedia Engineering, 106, pp.141-148
- [37] W. Ren and R. W. Beard, Distributed consensus in multi-vehicle cooperative control, vol. 27. Springer, 2008
- [38] A. Jadbabaie, J. Lin, and A. S. Morse, "Coordination of groups of mobile autonomous agents using nearest neighbor rules," IEEE Trans. Autom. Control, vol. 48, no. 6, pp. 988–1001, 2003
- [39] Z. Lin, M. E. Broucke, and B. A. Francis, "Local control strategies for groups of mobile autonomous agents," IEEE Trans. Autom. Control, vol. 49, no. 4, pp. 622–629, 2004.
- [40] R. M. Murray, "Recent research in cooperative control of multivehicle systems," J. Dynam. Syst., Measur., and Control, vol. 129, no. 5, pp. 571– 583, 2007.

- [41] W. Ren and R. W. Beard, "Consensus seeking in multiagent systems under dynamically changing interaction topologies," *IEEE Trans. Autom. Control*, vol. 50, no. 5, pp. 655–661, 2005.
- [42] B. D. O. Anderson, C. Yu, B. Fidan, and J. M. Hendrickx, "Rigid graph control architectures for autonomous formations," *IEEE Control Syst. Mag.*, vol. 28, no. 6, pp. 48–63, 2008
- [43] T. Eren, "Using angle of arrival (bearing) information for localization in robot networks," *Turkish J. Elect. Eng.*, vol. 15, no. 2, pp. 169–186, 2007.
- [44] T. Eren, P. N. Belhumeur, and A. S. Morse, "Closing ranks in vehicle formations based on rigidity," in *Proc. 41st IEEE Conf. Decision and Control*, Las Vegas, NV, 2002, pp. 2959–2964.
- [45] J. M. Hendrickx, B. D. O. Anderson, J. C. Delvenne, and V. D. Blondel, "Directed graphs for the analysis of rigidity and persistence in autonomous agent systems," *Int. J. Robust and Nonlin. Control*, vol. 17, no. 10–11, pp. 960–981, 2007.
- [46] R. Olfati-Saber and R. M. Murray, "Graph rigidity and distributed formation stabilization of multivehicle systems," in *Proc. 41st IEEE Conf. Decision and Control*, Las Vegas, NV, 2002, pp. 2965–2971
- [47] M. Cao, B. D. O. Anderson, A. S. Morse, and C. Yu, "Control of acyclic formations of mobile autonomous agents," in *Proc. 47th IEEE Conf. Decision and Control*, Cancun, Mexico, 2008, pp. 1187–1192.
- [48] M. Cao, A. S. Morse, C. Yu, B. D. O. Anderson, and S. Dasgupta, "Maintaining a directed, triangular formation of mobile autonomous agents," *Commun. Inform. and Syst.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–16, 2011.
- [49] J. Cortés, "Global and robust formation-shape stabilization of relative sensing networks," *Automatica*, vol. 45, no. 10, pp. 2754–2762, 2009.
- [50] L. Krick, M. E. Broucke, and B. A. Francis, "Stabilisation of infinitesimally rigid formations of multi-robot networks," *Int. J. Control*, vol. 82, no. 3, pp. 423–439, 2009.

- [51] H. Bai, M. Arcak, and J. T. Wen, “Adaptive design for reference velocity recovery in motion coordination,” *Syst. & Control Lett.*, vol. 57, no. 8, pp. 602–610, 2008.
- [52] D. V. Dimarogona and K. H. Johansson, “On the stability of distancebased formation control,” in *Proc. 47th IEEE Conf. Decision and Control*, Cancun, Mexico, 2008, pp. 1200–1205.
- [53] D. V. Dimarogona and K. H. Johansson, “Further results on the stability of distance-based multi-robot formations,” in *Proc. 2009 American Control Conf.*, St. Louis, MO, 2009, pp. 2972–2977.
- [54] W. Ding, G. Yan, and Z. Lin, “Collective motions and formations under pursuit strategies on directed acyclic graphs,” *Automatica*, vol. 46, no. 1, pp. 174–181, 2010.
- [55] J. Guo, Z. Lin, M. Cao, and G. Yan, “Adaptive control schemes for mobile robot formations with triangularized structures,” *IET Control Theory & Applic.*, vol. 4, no. 9, pp. 1817–1827, 2010.
- [56] R. O. Abel, S. Dasgupta, and J. G. Kuhl, “Coordinated fault-tolerant control of autonomous agents: Geometry and communications architecture,” in *Proc. IFAC World Congr.*, Prague, Czech Republic, 2005.
- [57] R. O. Abel, S. Dasgupta, and J. G. Kuhl, “The relation between redundancy and convergence rate in distributed multi-agent formation control,” in *Proc. 48th IEEE Conf. Decision and Control*, Shanghai, China, 2008, pp. 3977–3982.
- [58] J. A. Fax and R. M. Murray, “Information flow and cooperative control of vehicle formations,” *IEEE Trans. Autom. Control*, vol. 49, no. 9, pp. 1465–1476, 2004.
- [59] G. Lafferriere, A. Williams, J. Caughman, and J. J. P. Veerman, “Decentralized control of vehicle formations,” *Syst. & Control Lett.*, vol. 54, no. 9, pp. 899–910, 2005.
- [60] Z. Lin, B. A. Francis, and M. Maggiore, “Necessary and sufficient graphical conditions for formation control of unicycles,” *IEEE Trans. Autom. Control*, vol. 50, no. 1, pp. 121–127, 2005.

- [61] J. Guo, Z. Lin, M. Cao, and G. Yan, "Adaptive control schemes for mobile robot formations with triangularized structures," *IET Control Theory & Applic.*, vol. 4, no. 9, pp. 1817–1827, 2010
- [62] L. Krick, M. E. Broucke, and B. A. Francis, "Stabilisation of infinitesimally rigid formations of multi-robot networks," *Int. J. Control*, vol. 82, no. 3, pp. 423–439, 2009
- [63] M. Basiri, A. N. Bishop, and P. Jensfelt, "Distributed control of triangular formations with angle-only constraints," *Syst. & Control Lett.*, vol. 59, no. 2, pp. 147–154, 2010
- [64] J. Guo, G. Yan, and Z. Lin, "Balanced circular formation control based on gossip communication," in *Proc. 30th Chinese Control Conf.*, Yantai, China, 2011, pp. 6036–6041
- [65] N. Moshtagh, N. Michael, A. Jadbabaie, and K. Daniilidis, "Visionbased, distributed control laws for motion coordination of nonholonomic robots," *IEEE Trans. Robotics*, vol. 25, no. 4, pp. 851–860, 2009.
- [66] S. Coogan and M. Arcaç, "Scaling the size of a formation using relative position feedback," *Automatica*, vol. 48, no. 10, pp. 2677–2685, 2012
- [67] Lê Thị Thúy Nga, Lê Hùng Lân, "Điều khiển robot bày đàn tránh vật cản và tìm kiếm mục tiêu", Hội nghị toàn quốc lần thứ 3 về Điều khiển và Tự động hoá - VCCA-2015
- [68] Hoàng Quốc Long, Vũ Phan Long, "Using unmanned aerial vehicle (UAV) taking aerial photography to support surveying and designing traffic roads." *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCVXD)-ĐHXD*. 9(3) (2015). pp.104-110.
- [69] Nguyễn Văn Phương, Đào Khánh Hoài, Tống Minh Đức trong bài báo "Tăng Hiệu Quả Phát Hiện Dị Thường Trên Ảnh UAV Ứng Dụng Trong Công Tác Tìm Kiếm Cứu Nạn." *tạp chí Khoa học Công nghệ Thông tin và Truyền thông*.1(2) (2019). pp.9-18
- [70] Wen, G.; Duan, Z.; Yu, W.; Chen, G. Consensus in multi-agent systems with communication constraints. *Int. J. Robust Nonlinear Control* 2011, 22, 170–182.

- [71] Cao, Y.F.; Sun, Y.G. Necessary and Sufficient Conditions for Consensus of Third-Order Multi-Agent Systems. In Proceedings of the 14th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2014), Gyeonggi, Korea, 22–25 October 2014.
- [72] Cao, Y.; Sun, Y. Consensus of discrete-time third-order multi-agent systems in directed networks. *Neurocomputing* 2016, 177, 394–400.
- [73] Zhao, H.; Fei, S. The Consensus for Discrete-Time Heterogeneous Networked Systems Consisting of Second-Order Agents and Third-Order Agents. *IEEE Access* 2018, 6, 14204–14211
- [74] Soni, Aakash, and Huosheng Hu. "Formation control for a fleet of autonomous ground vehicles: A survey." *Robotics 7.4* (2018): 67.
- [75] Chunyu, J.; Qu, Z.; Pollak, E.; Falash, M. A New Multi-objective Control Design for Autonomous Vehicles. In *Optimization and Cooperative Control Strategies*; Hirsch, M.J., Commander, C.W., Pardalos, P.M., Murphey, R., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2009; pp. 81–102; ISBN 978-3-540-88063-9.
- [76] Lawton, J.R.T.; Beard, W.A.; Young, B.J. A Decentralized Approach to Formation Maneuvers. *IEEE Trans. Robot. Autom.* 2003, 19, 933–941.
- [77] Y. Zhao, L. Jiao, R. Zhou, and J. Zhang, "UAV formation control with obstacle avoidance using improved artificial potential fields," in *2017 36th Chinese Control Conference (CCC)*, pp. 6219–6224, IEEE, 2017
- [78] http://eia.udg.es/~busquets/thesis/thesis_html/node15.html
- [79] Dimarogonas, D.V.; Kyriakopoulos, K.J. A connection between formation control and flocking behavior in nonholonomic multiagent systems. In Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Orlando, FL, USA, 15–19 May 2006.
- [80] Hayashi, Y.; Namerikawa, T. Flocking algorithm for multiple nonholonomic cars. In Proceedings of the 55th Annual Conference

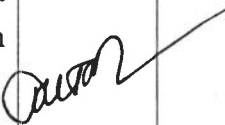


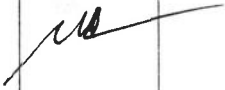
of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE), Tsukuba, Japan, 20–23 September 2016

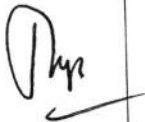




- [81] Lei, B.; Li, W. Formation Control for Multi-robots Based on Flocking Algorithm. In *Intelligent Robotics and Applications*; Xiong, C., Liu, H., Huang, Y., Xiong, Y., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2008; pp. 1238–1247, ISBN 3-540-88512-9.
- [82] Reyes, L.A.V.; Tanner, H.G. Flocking, Formation Control, and Path Following for a Group of Mobile Robots. *IEEE Trans. Control Syst. Technol.* 2015, 23, 1268–1282
- [83] Savkina, A.V.; Wang, C.; Baranzadeh, A.; Xi, Z.; Nguyen, H. Distributed formation building algorithms for groups of wheeled mobile robots. *Robot. Auton. Syst.* 2016, 75, 463–474.
- [84] Ren, W.; Beard, R.W. Decentralized Scheme for Spacecraft Formation Flying via the Virtual Structure Approach. *J. Guid. Control Dyn.* 2004, 27, 73–82.
- [85] Olfati-Saber, R. Flocking for multi-agent dynamic systems: algorithms and theory. *IEEE Trans Automat Contr* 2006; 51(3): 401–420.
- [86] Agnarsson, Geir, and Raymond Greenlaw. *Graph theory: Modeling, applications, and algorithms*. Prentice-Hall, Inc., 2006.
- [87] La, Hung Manh, and Weihua Sheng. "Adaptive flocking control for dynamic target tracking in mobile sensor networks." 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. IEEE, 2009.
- [88] La, Hung Manh, and Weihua Sheng. "Flocking control of multiple agents in noisy environments." 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation. IEEE, 2010.
- [89] La, Hung Manh, et al. "Cooperative flocking and learning in multi-robot systems for predator avoidance." 2013 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control and Intelligent Systems. IEEE, 2013.


BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN

THUYẾT MINH ĐỀ TÀI
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP BỘ

1. TÊN ĐỀ TÀI Nghiên cứu và đề xuất thuật toán mới trong điều khiển, kỹ thuật truyền thông và kết nối mạng cho đàn robot tự hành		2. MÃ SỐ B2021-TNA-01		
3. LĨNH VỰC NGHIÊN CỨU Khoa học Tự nhiên <input type="checkbox"/> Khoa học Kỹ thuật và Công nghệ <input checked="" type="checkbox"/> Khoa học Y, dược <input type="checkbox"/> Khoa học Nông nghiệp <input type="checkbox"/> Khoa học Xã hội <input type="checkbox"/> Khoa học Nhân văn <input type="checkbox"/>		4. LOẠI HÌNH NGHIÊN CỨU Cơ bản <input checked="" type="checkbox"/> Ứng dụng <input checked="" type="checkbox"/> Triển khai <input type="checkbox"/>		
5. THỜI GIAN THỰC HIỆN: 24 tháng Từ tháng 1 năm 2021 đến tháng 12 năm 2022				
6. TỔ CHỨC CHỦ TRÌ ĐỀ TÀI Tên tổ chức chủ trì: Đại học Thái Nguyên Điện thoại: (0280) 3.654.096 E-mail: banQLKH.DHTN@moet.edu.vn Địa chỉ: Phường Tân Thịnh – Tp. Thái Nguyên, tỉnh Thái Nguyên Họ và tên thủ trưởng tổ chức chủ trì: GS.TS. Phạm Hồng Quang				
7. CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI Họ và tên: Đỗ Trung Hải Học vị: Tiến sỹ Chức danh khoa học: Năm sinh: 07/01/1974 Địa chỉ cơ quan: Phường Tích Lương - Tp. Thái Nguyên, tỉnh Thái Nguyên Điện thoại cơ quan: 0280 3847145 Di động: 0912224733 Fax: 0280 3847403 E-mail: dotrunghai@tnut.edu.vn				
8. NHỮNG THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU ĐỀ TÀI				
TT	Họ và tên	Đơn vị công tác và lĩnh vực chuyên	Nội dung nghiên cứu cụ thể được giao	Chữ ký

		môn		
1	TS. Đỗ Trung Hải Chủ nhiệm đề tài	Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên Chuyên ngành: Kỹ thuật Điều khiển – Tự Động Hóa	Nghiên cứu tổng quan Nghiên cứu và đánh giá thực trạng Nghiên cứu các thuật toán điều khiển, các thuật toán truyền thông và kết nối mạng Viết sách tham khảo Viết các bài báo khoa học Tổng kết, đánh giá	
2	PGS. TS. Nguyễn Tuấn Minh Thư ký khoa học/ Thành viên chính	Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp Chuyên ngành: Điện tử Viễn thông	Nghiên cứu tổng quan Nghiên cứu và đánh giá thực trạng Đề xuất giải pháp, các thuật toán mới trong điều khiển và truyền thông cho mạng robot Viết sách tham khảo Viết các bài báo khoa học	
3	TS. Nguyễn Tiến Duy Thành viên chính	Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp Chuyên ngành: Khoa học Máy tính	Nghiên cứu và đánh giá thực trạng Thu thập thông tin, tài liệu, dữ liệu; xử lý số liệu, phân tích thông tin, tài liệu, dữ liệu Viết sách tham khảo	
4	TS. Ngô Minh Đức Thành viên chính	Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp Chuyên ngành: Kỹ thuật Điều khiển – Tự Động Hóa	Nghiên cứu và đánh giá thực trạng Thu thập thông tin, tài liệu, dữ liệu; xử lý số liệu, phân tích thông tin, tài liệu, dữ liệu Nghiên cứu các thuật toán điều khiển, các thuật toán truyền thông và kết nối mạng Tiến hành mô phỏng, chạy thử chương trình trên máy tính Đề xuất giải pháp, các thuật toán mới trong điều khiển và truyền thông cho mạng robot Viết các bài báo khoa học	

5	TS. Nguyễn Thị Thanh Nga Thành viên chính	Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp Chuyên ngành Kỹ thuật Điện tử	Thu thập thông tin, tài liệu, dữ liệu; xử lý số liệu, phân tích thông tin, tài liệu, dữ liệu Nghiên cứu các thuật toán điều khiển, các thuật toán truyền thông và kết nối mạng Tiến hành mô phỏng, chạy thử chương trình trên máy tính Đề xuất giải pháp, các thuật toán mới trong điều khiển và truyền thông cho mạng robot	
6	TS. Đinh Văn Nghiệp Thành viên chính	Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp Chuyên ngành Kỹ thuật Điều khiển – Tự Động Hóa	Thu thập thông tin, tài liệu, dữ liệu; xử lý số liệu, phân tích thông tin, tài liệu, dữ liệu Nghiên cứu các thuật toán điều khiển, các thuật toán truyền thông và kết nối mạng Tiến hành mô phỏng, chạy thử chương trình trên máy tính Đề xuất giải pháp, các thuật toán mới trong điều khiển và truyền thông cho mạng robot	
7	TS. Nguyễn Hồng Quang Thành viên chính	Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp Chuyên ngành Kỹ thuật Điều khiển – Tự Động Hóa	Nghiên cứu và đánh giá thực trạng Thu thập thông tin, tài liệu, dữ liệu; xử lý số liệu, phân tích thông tin, tài liệu, dữ liệu Nghiên cứu các thuật toán điều khiển, các thuật toán truyền thông và kết nối mạng Viết sách tham khảo Viết các bài báo khoa học	
8	ThS. Bạch Văn Nam Thành viên chính (Nghiên cứu sinh)	Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp Chuyên ngành Điện tử Viễn thông	Tiến hành mô phỏng, chạy thử chương trình trên máy tính Viết các bài báo khoa học	
9	ThS. Trần Quế Sơn Thành viên chính (Nghiên cứu sinh)	Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp Chuyên ngành Kỹ thuật Điện tử	Tiến hành mô phỏng, chạy thử chương trình trên máy tính Viết báo cáo tổng kết	

10	ThS. Nguyễn Thị Tuyệt Hoa Thành viên chính (Nghiên cứu sinh)	Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp Chuyên ngành Kỹ thuật Điều khiển – Tự Động Hóa	Nghiên cứu các thuật toán điều khiển, các thuật toán truyền thông và kết nối mạng Tiến hành mô phỏng, chạy thử chương trình trên máy tính Đề xuất giải pháp, các thuật toán mới trong điều khiển và truyền thông cho mạng robot Viết sách tham khảo	
----	---	---	---	---

9. ĐƠN VỊ PHỐI HỢP CHÍNH

Tên đơn vị trong và ngoài nước	Nội dung phối hợp nghiên cứu	Họ và tên người đại diện đơn vị
Viện nghiên cứu công nghệ cao về Kỹ thuật công nghiệp – Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp	Đóng góp ý kiến tư vấn về thuật toán và xây dựng mô hình.	Viện trưởng: PGS.TS. Nguyễn Văn Chí

10. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU THUỘC LĨNH VỰC CỦA ĐỀ TÀI Ở TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC

10.1. Trong nước (*phân tích, đánh giá tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực của đề tài ở Việt Nam, liệt kê danh mục các công trình nghiên cứu, tài liệu có liên quan đến đề tài được trích dẫn khi đánh giá tổng quan*)

Ở Việt Nam, nghiên cứu về mạng robot cũng đã được đề cập tuy nhiên chủ yếu vẫn đang tập trung ở mức độ nghiên cứu cơ bản nhất là trong các nghiên cứu dân sự. Các kết quả nghiên cứu trong nước về lĩnh vực này còn chưa nhiều và vẫn tồn tại hạn chế. Sự hạn chế này phụ thuộc nhiều vào thiết bị, vào thuật toán điều khiển, kỹ thuật truyền thông và kết nối mạng cho đàn Robot [1, 2, 3]. Vì vậy đề tài “Nghiên cứu và đề xuất thuật toán mới trong điều khiển, kỹ thuật truyền thông và kết nối mạng cho đàn robot tự hành” nhằm đưa ra được những kết quả tối ưu nhằm làm hoàn thiện hơn về mặt khoa học và ý nghĩa thực tiễn cho hướng nghiên cứu đề xuất là cấp thiết.

Tài liệu tham khảo:

- [1] Nguyen, K.T., Van Pham, T., Do, L.T., Tran, A.V. and Tran, D.T., 2020. Development of a Smartphone Application for Safe Car Driving Using Google API and Built-in Sensor. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 14(02), pp.178-195..
- [2] M. Nguyen, L. D. Nguyen, T. Q. Duong and H. D. Tuan, "Real-Time Optimal Resource Allocation for Embedded UAV Communication Systems," in *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 8, no. 1, pp. 225-228, Feb. 2019.

- [3] Pham, A.Q., La, H.M., La, K.T. and Nguyen, M.T., 2019, December. "A Magnetic Wheeled Robot for Steel Bridge Inspection" In *International Conference on Engineering Research and Applications* (pp. 11-17). Springer, Cham.

10.2. Ngoài nước (*phân tích, đánh giá tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực của đề tài trên thế giới, liệt kê danh mục các công trình nghiên cứu, tài liệu có liên quan đến đề tài được trích dẫn khi đánh giá tổng quan*)

Hiện nay trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu chuyên sâu về lĩnh vực robot tự hành, được triển khai trên nhiều lĩnh vực khác nhau. Các robot hoạt động đơn lẻ hoặc kết nối thành mạng được điều khiển tập trung hoặc phân tán, đã mang lại nhiều ứng dụng hữu ích không chỉ trong quân sự, công nghiệp mà cả trong nhiều mặt của đời sống xã hội [1, 2].

Các hệ thống mạng robot đang được triển khai cho nhiều mục tiêu ứng dụng khác nhau, có kích thước khác nhau, phù hợp với nhiều môi trường làm việc. Các thuật toán điều khiển và truyền thông cho mạng robot được phát triển đa dạng, áp dụng được nhiều công nghệ mới, tạo sự linh hoạt cho việc kết nối [4, 5]. Ngoài ra, các công nghệ xử lý dữ liệu cho mạng robot cũng phát triển mạnh mẽ, giảm được dữ liệu dư thừa, đảm bảo được chất lượng truyền thông cũng như tiết kiệm năng lượng tiêu thụ cho mạng. Các công nghệ tiên tiến tích hợp cho các mạng robot cũng được nghiên cứu và triển khai trên nhiều mô hình hệ thống, Điển hình như công nghệ trí tuệ nhân tạo (AI), công nghệ thu lượng từ môi trường ngoài để cấp cho mạng robot, ... đang được tập trung nghiên cứu [6].

Tuy nhiên, với mối quan tâm cũng như nhu cầu ngày càng lớn hiện nay đặc biệt trong cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4, việc nghiên cứu phát triển robot nói chung và mạng robot nói riêng vẫn đang là vấn đề thời sự được các nhà khoa học trong nước và trên thế giới quan tâm nghiên cứu. Đã có nhiều công trình nghiên cứu robot di động, máy bay không người lái... được đề xuất. Tuy nhiên, vấn đề về hiệu quả năng lượng tiêu thụ, truyền thông, các thuật toán điều khiển và kết nối mạng robot vẫn chưa được giải quyết một cách tối ưu.

Có thể thấy một số nghiên cứu thuộc lĩnh vực này như sau:

Tài liệu tham khảo:

- [4] M. T. Nguyen, H. M. La and K. A. Teague, "Collaborative and Compressed Mobile Sensing for Data Collection in Distributed Robotic Networks," in *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, vol. 5, no. 4, pp. 1729-1740, Dec. 2018.
- [5] H. X. Pham, H. M. La, D. Feil-Seifer and M. C. Deans, "A Distributed Control Framework of Multiple Unmanned Aerial Vehicles for Dynamic Wildfire Tracking," in *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 50, no. 4, pp. 1537-1548, April 2020.
- [6] J. Yu, L. Zhang, G. Bian and C. Liu, "Path planning method of a humanoid robot based on a home network," *2019 IEEE 4th International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM)*, Toyonaka, Japan, 2019, pp. 875-880.
- [7] D. Bin, M. Ruijiu, N. Kong and D. Sun, "Distributed Data Fusion for On-Scene Signal

Sensing with a Multi-UAV System," in *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, Feb. 20th 2020.

[8] P. D. Hung, H. M. La and T. D. Ngo, "Adaptive Hierarchical Distributed Control with Cooperative Task Allocation for Robot Swarms," *2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)*, Honolulu, HI, USA, 2020, pp. 1300-1305.

[9] F. Dai, M. Chen, X. Wei and H. Wang, "Swarm Intelligence-Inspired Autonomous Flocking Control in UAV Networks," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 61786-61796, 2019.

10.3. Danh mục các công trình đã công bố thuộc lĩnh vực của đề tài của chủ nhiệm và những thành viên tham gia nghiên cứu (*họ và tên tác giả; bài báo; ấn phẩm; các yếu tố về xuất bản*)

a. Chủ nhiệm đề tài

[1] Do Trung Hai, Bach Van Nam, (2019). "Design of a Fuzzy Logic Controller Based on Genetic Algorithm for Controlling Dissolved Oxygen in Wasted-Water Treatment System Using Activated Sludge Method", *Proceedings of the International Conference, ICERA 2018, LNNS 63*, pp. 217–228.

[2] Nguyen Van Lanh, Bach Van Nam, Do Trung Hai, Nguyen Tuan Minh, "ILC combined with a PI regulator for Wastewater Treatment Plants". *TELKOMNIKA; Yogyakarta Vol. 18, Iss. 2, (Apr 2020): 1054-1061*.

[3] Trung Hai, D., Hong Quang, N. Influence of initial conditions on motion behaviors of robot arm. *International Journal of Engineering Research and Technology*. Volume 12, Issue 12(2019). ISSN: 0974-3154.

[4] Dang Ngoc Trung, Dao Phuong Nam, Do Trung Hai. *Nonlinear Design of Adaptive Controllers for Bilateral Teleoperation Systems with Variable Time Delays*. *Advances in Engineering Research and Application (ICERA 2019)*. pp520-533(2019). ISBN 978-3-030-37496-9.

[5] Quang, N.H., Quang, N.P., Hai, D.T., Hien, N.N. On tracking control problem for polysolenoid motor model predictive approach. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. Volume 10, Issue 1, pp 849-855(2020). ISSN: 2088-8708.

[6] Nguyen Hong Quang, Nguyen Van Quyen, Do Trung Hai, Nguyen Nhu Hien. *Dynamic Modelling of 3-RUS Spatial Parallel Robot Manipulator*. *Review of Computer Engineering Research*. Volume 7, 1, pp 2026(2020).

b. Của những người khác

[1] Minh T Nguyen, Hamid R Boveiri, "Energy-Efficient Sensing in Robotic Networks" *Elsevier journal: Measurement*, 10 March 2020 (SCIE/ISI/SCOPUS/Q1)

[2] Minh T. Nguyen, Cuong V. Nguyen, Linh H. Truong, Anh M. Le, Toan V. Quyen, A. Masaracchia, Keith A. Teague, "Electromagnetic Field Based WPT Technologies for UAVs: A Comprehensive Survey". *MDPI Electronics*, 9, 461, March 2020 (SCIE/ISI/SCOPUS/Q1)

- [3] M. T. Nguyen, H. M. La and K. A. Teague, "Collaborative and Compressed Mobile Sensing for Data Collection in Distributed Robotic Networks" in *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, Volume: 5 , Issue: 4, page 1729 - 1740. Dec. 2018 (SCI/ISI/SCOPUS/Q1)
- [4] M. T. Nguyen and K. A. Teague "Compressive Sensing Based Random Walk Routing in Wireless Sensor Networks" ScienceDirect ELSEVIER Ad-hoc Networks , Volume 54, 31 January 2017, Pages 99-110. (SCIE/ISI/SCOPUS/Q1)
- [5] M. T. Nguyen, K. A. Teague and N. Rahnavard, "CCS: Energy-Efficient Data Collection for Clustered Wireless Sensor Networks utilizing Block-wise Compressive Sensing" ScienceDirect ELSEVIER Computer Network (COMNET). Volume 106, 4 September 2016, Pages 171–185 (SCIE/ISI/SCOPUS/Q1)
- [6] Dinko Vukadinovic, Tien Duy Nguyen, Cat Ho Nguyen, Nhu Lan Vu, Mateo Bašić, and Ivan Grgic, "Hedge-Algebra-Based Phase-Locked Loop for Distorted Utility Conditions", *Journal of Control Science and Engineering*, Vol 2019.
- [7] Nguyen Tien Duy, Tran Thai Son, "A Group Decision-Making Model with Comparative Linguistic Expression Based on Hedge Algebra", *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, ISSN 2150-7988 Vol 11 (2019) pp. 073-081.
- [8] Vu Duc Vuong, Nguyen Quang Hoang, Nguyen Tien Duy, "Control Parallel Robots Driven by DC Motors Using Fuzzy Sliding Mode Controller and Optimizing Parameters by Genetic Algorithm", *Proceedings of the International Conference on Engineering Research and Applications, ICERA 2019* (Advances in Engineering Research and Application), Vol 104.
- [9] Nguyen Tien Duy, Vu Nhu Lan, "Interpolation based on semantic distance weighting in hedge algebra and its application", *Journal of Computer and Cybernetics*, V.33, N.1, pp. 19 - 33, 2017.
- [10] Minh-Duc Ngo, Joon-Ho Choi, Sang-Yun Yun and Seon-Ju Ahn, "Short-term Load forecasting of Campus building based on ANN method," in *Proceeding of 24th International Conference on Electrical Engineering*, pp. 515-519, Soul-Korea, Jun. 2018.
- [11] Dong-Hyun Joo, Seon-Ju Ahn, Seok-il Go, Ngo Minh Duc, Kwan-Shik Shim and Joon-Ho Choi, "Comparison of Effects of CVR with different load reconstruction methods," in *Proceeding of KIEE Summer Conference*. 2016- Korea.
- [12] Chan-Hyeok Oh, Minh-Duc Ngo, Seok-il Go, Seon-Ju Ahn and Joon-Ho Choi, "Development of Photovoltaic output prediction program using measurement data and weather information," in *Proceeding of KIEE Summer Conference*. 2016- Korea.
- [13] Minh-Duc Ngo, Sang-Yun Yun, Joon-Ho Choi and Seon-Ju Ahn, "Short-term Load forecasting of Buildings based on ANN and Clustering Technique," in *Institute of*

Korean Electrical and Electronics Engineers Journal, Vol.22, No.3, pp.672-679, ISSN: 1226-7244. 2018

- [14] Dinh Van Nghiep, Nguyen Nhu Hien (2014), "Dynamic modelling of twin rotor MIMO system", *Journal of Control and Automation*, Special Issue, 12/2014, pp.32-39, ISSN: 1859-0551.
- [15] Dinh Van Nghiep, Nguyen Nhu Hien (2016), "Design adaptive controller for TRMS", *Journal of Science and Technology*, Thai Nguyen University, ISSN 1859-2171, Vol. 09, No. 154, pp.49-54.
- [16] Dinh Van Nghiep, Nguyen Nhu Hien, Nguyen Thu Ha, Nguyen Doan Phuoc (2017), "Input Constrained Hover Control with Receding Horizon LQR for Disturbed TRMS", *IEEE International Conference on Systems Science and Engineering*.
- [17] Dinh Van Nghiep, Nguyen Nhu Hien, Nguyen Phuong Chi (2018), "Real-Time Optimal Control of TRMS with State Dependent Riccati Equation" Proceedings of the International Conference, *ICERA 2018*.
- [18] A. Masaracchia, D. B. Da Costa, T. Q. Duong, M. Nguyen and M. T. Nguyen, "A PSO-Based Approach for User-Pairing Schemes in NOMA Systems: Theory and Applications," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 90550-90564, 2019. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2926641(SCIE/ISI/SCOPUS/Q1)
- [19] M. T. Nguyen "Advanced Flocking Control Algorithms in Mobile Sensor Networks," ICSES Interdisciplinary Transactions on Cloud Computing, IoT, and Big Data (IITCIB), vol. 2, no. 4, pp. 4-9, Dec. 2018
- [20] M. T. Nguyen, Linh H. Truong, Trang T. Tran, Chen-Fu Chien, "Artificial Intelligence based Data Processing Algorithm for Video Surveillance to Empower Industry 3.5" *Elsevier Computers & Industrial Engineering*, 2020 (SCIE/ISI/SCOPUS/Q1)
- [21] Minh T. Nguyen, Cuong V. Nguyen, Toan V. Quyen, Anh M. Le, Antonino Masaracchia, Ha T. Nguyen, Huy P. Nguyen, Long D. Nguyen, Hoa T. Nguyen, Vinh Q. Nguyen "Hybrid Solar-RF Energy Harvesting Systems for Electric Operated Wheelchairs" *MDPI Electronics*, May 2020 (SCIE/ISI/SCOPUS/Q1)
- [22] Minh T. Nguyen, "Distributed compressive and collaborative sensing data collection in mobile sensor networks", *Elsevier Journal: Internet of Things: Engineering Cyber Physical Human Systems*, Volume 9, March 2020 (SCOPUS)
- [23] Cuong V. Nguyen, Minh T. Nguyen, Toan V. Quyen, Anh M. Le, Linh H. Truong, "The Hybrid Solar-RF Energy for Base Transceiver Stations" *Wireless Communications and Mobile Computing - Hindawi*, July 2020 (SCIE/ISI/SCOPUS/Q2)

11. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

11.1. Luận giải tính cấp thiết về ứng dụng của đề tài

Hiện nay các kết quả nghiên cứu về mạng robot đã mở ra khả năng ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như: quân sự, y tế, thương mại, công nghiệp,... với rất nhiều các chức năng khác nhau, như theo dõi, thu thập dữ liệu, cảnh báo giám sát và thực hiện nhiều nhiệm vụ khác với khả năng linh hoạt, chính xác.

Các robot hoạt động dưới nhiều hình thức khác nhau, nhiều nội dung gắn với kích thước cũng vùng hoạt động khác nhau dẫn đến yêu cầu cần được đáp ứng về kỹ thuật dành cho các loại robot cũng rất đa dạng và khó tiếp cận. Với từng mục tiêu cụ thể lại có những yêu cầu sát thực cần được đáp ứng. Như vậy cần có những kỹ thuật, công nghệ phù hợp đáp ứng được các yêu cầu ngày càng tăng từ người sử dụng hay các vùng dịch vụ cần có sự hỗ trợ thiết yếu của robot.

Hiện nay việc nghiên cứu và phát triển các loại robot và mạng robot đang được tập trung nhiều cả về phần cứng và phần mềm, dành cho nhiều dịch vụ khác nhau. Do vậy, rất cần thiết có nhiều những nghiên cứu bám sát mục tiêu cụ thể của từng loại hình dịch vụ, từng đối tượng áp dụng. Ví dụ như công tác kiểm tra và phát hiện các vết nứt trên cầu, trên các đập thủy điện cần các robot có các bánh xe từ tính để có thể đi lại trên các bề mặt thép mà không bị rơi. Ngoài ra trang bị cho những loại robot này lại cần nhiều thiết bị hỗ trợ nhưng máy siêu âm, máy tính cỡ nhỏ, ... Những thiết bị hỗ trợ này càng nhiều sẽ tiêu hao năng lượng càng nhanh trên các bộ ắc-qui gắn sẵn trên thân các robot. Để cân đối năng lượng tiêu thụ cho nhiều công việc trên mỗi robot hay một mạng robot, như điều khiển robot di chuyển, thu thập dữ liệu, tính toán dữ liệu và chuyển phát dữ liệu, việc duy trì hoạt động của robot một cách ổn định là rất cần thiết. Việc đảm bảo hoạt động cho cả đàn robot cùng hoạt động trên bề mặt cầu, đập nước còn khó khăn hơn. Với một ví dụ như vậy đã cho thấy thấy sự cần thiết của việc phát triển các thuật toán điều khiển và truyền thông cho không chỉ cho mỗi robot đơn lẻ mà còn cho cả đàn robot.

Hiện nay, đã có nhiều thuật toán được đề xuất để điều khiển, truyền thông và xử lý dữ liệu thu thập được từ đàn robot. Tuy nhiên, còn rất nhiều vấn đề cần được giải quyết, nhất là các giải pháp thích ứng cho từng dịch vụ và đối tượng cụ thể. Tiếp đó là những giải pháp tối ưu dành cho cả robot và mạng robot. Hiện nay, đã có rất nhiều công nghệ tiên tiến hỗ trợ cho việc truyền thông hay điều khiển nói chung và áp dụng cho robot và mạng robot nói riêng. Các giải pháp này sẽ mang lại nhiều cải tiến đáng kể. Tuy nhiên, việc áp dụng sẽ cần thêm nhiều chi phí, cả về trọng lượng, năng lượng tiêu thụ, máy tính để tính toán, ... Việc cân đối sử dụng phương án nào là rất cần thiết, đáp ứng được nhu cầu thực tế, lại đảm bảo chi phí phù hợp. Do vậy, đề tài “Nghiên cứu và đề xuất thuật toán mới trong điều khiển, kỹ thuật truyền thông và kết nối mạng cho đàn robot tự hành” sẽ tập trung giải quyết một số vấn đề cấp thiết đã trình bày ở trên.

11.2. Luận giải tính cấp thiết về học thuật của đề tài

Trong những năm gần đây, đã có rất nhiều công trình công bố, đưa ra các hướng tiếp cận khác nhau cho việc giải quyết bài toán điều khiển, truyền thông cũng như xử lý dữ liệu giám sát, cảm biến cho robot và mạng robot trên nhiều lĩnh vực khác nhau. Tuy nhiên, khi đưa ra các vấn đề và các giải pháp, các kết quả nghiên cứu thu được thường giải quyết các vấn đề cục bộ,

tức là chỉ thường tập trung vào một vài vấn đề, vấn đề về điều khiển, vấn đề truyền thông hoặc vấn đề kết nối mạng. Các vấn đề trên thường được giải quyết theo từng ứng dụng cụ thể, chưa có sự đồng bộ và tối ưu toàn bộ hệ thống. Đây thực sự là một vấn đề rất khó giải quyết, vì không thể tối ưu trên nhiều mục tiêu khác nhau.

Đề tài này sẽ tập trung vào giải quyết tổng thể các bài toán. Các tình huống, các vấn đề sẽ được đưa ra phân tích một cách tổng quan, và sau đó là chi tiết. Từ đó sẽ đưa ra các đề xuất phù hợp. Ví dụ về vấn đề điều khiển nhóm cho mạng robot: những đàn robot khi vận hành sẽ gặp những chướng ngại vật nhất định. Việc duy trì kết nối là rất khó khăn khi đàn robot phải tách ra để tránh chướng ngại vật. Việc mất kết nối trong mạng robot sẽ dẫn tới việc có thể mất dữ liệu không thể phục hồi, hoặc có thể dẫn tới việc mất điều khiển. Các vấn đề trên thường được giải quyết bằng cách điều khiển tập trung, hoặc sử dụng công nghệ truyền thông khoảng cách rộng để kết nối lại các đàn robot. Tuy nhiên, điều này sẽ dẫn tới việc tiêu tốn rất nhiều năng lượng tiêu thụ, tốn chi phí ban đầu cho việc triển khai đàn robot, và làm giảm tính linh hoạt, tự chủ động của mỗi robot cũng như cả đàn robot.

Việc xây dựng các thuật toán mới, tích hợp các công nghệ mới đang được triển khai rất mạnh mẽ trên nhiều thiết bị khác nhau, nhất là với robot. Do vậy, việc robot có thể độc lập tác chiến/hoạt động và tự kết nối lại với mạng là hoàn toàn khả thi. Điều này đòi hỏi rất nhiều những nghiên cứu không chỉ về mặt điều khiển, truyền thông và xử lý dữ liệu, mà còn phải đầu tư nghiên cứu đến các công nghệ mới có thể ứng dụng phù hợp. Ví dụ như khi robot đang di chuyển và đang duy trì kết nối với mạng của đàn robot thì các mô hình truyền sóng phải được nghiên cứu cụ thể để đảm bảo chất lượng liên lạc, tránh mất liên lạc và mất dữ liệu. Ngoài ra, các tín hiệu điều khiển phải được xử lý linh hoạt, giúp đàn robot sớm khôi phục được mạng sau khi mất kết nối, cũng như thông tin đoán trước được vật cản để có thể tránh được một cách an toàn, không bị tổn thất về phần cứng cũng nhưng kết nối. Đây là một vấn đề rất khó khăn đang được các nhà nghiên cứu trên toàn thế giới tập trung giải quyết.

Số lượng robot trong một đàn, cũng như cấu trúc mạng đàn robot triển khai như thế nào cho hiệu quả cũng đang rất được quan tâm. Ví dụ, nếu đầu tư triển khai nhiều robot sẽ tốn kém nhưng thu được dữ liệu có vẻ đáng tin cậy hơn đầu tư ít robot. Tuy nhiên, việc lựa chọn số lượng cũng như cấu trúc lại không phải như vậy, mà là lựa chọn vừa đủ, kết nối ổn định lại mang lại hiệu quả hơn. Đây là bài toán tối ưu kết hợp nhiều vấn đề, cả về điều khiển và truyền thông mạng, đang cần được giải quyết.

Chính vì vậy, đề tài sẽ tập trung nghiên cứu đánh giá các phương pháp tiếp cận mới trong điều khiển, kỹ thuật truyền thông và kết nối mạng cho đàn robot tự hành nhằm đáp ứng các yêu cầu cấp thiết đã trình bày ở trên.

12. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

Về điều khiển: nghiên cứu và đề xuất các thuật toán tối ưu cho mạng robot di chuyển trong nhiều địa hình khác nhau;

Về truyền thông: nghiên cứu và ứng dụng các công nghệ viễn thông mới áp dụng cho việc

truyền thông giữa các robots, giữa robot và các trạm gốc thu thập và xử lý thông tin;

Về kết nối mạng robot: nghiên cứu và đưa ra các thuật toán mạng phù hợp, các giao thức mạng giúp đàn robot có thể kết nối với nhau được tốt nhất, hoạt động trên các địa hình khác nhau mà vẫn giữ được thông tin liên lạc và hỗ trợ cho nhau trong việc thực hiện nhiệm vụ.

Mục tiêu tổng quát của đề tài nhằm tạo ra được những thuật toán điều khiển và truyền thông tối ưu cho đàn robot, hướng tới nhiều ứng dụng khác nhau như giám sát, thu thập dữ liệu, ...

13. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI NGHIÊN CỨU

13.1. Đối tượng nghiên cứu

- Các thuật toán điều khiển robot và mạng robot tự hành
- Các giải pháp thu thập, xử lý và trích chọn đặc trưng dữ liệu từ mạng robot
- Các kỹ thuật/công nghệ truyền thông không dây đáp ứng được quá trình truyền nhận dữ liệu trong mạng robot
- Các giao thức, thuật toán kết nối mạng không dây cho đàn robot
- Các công nghệ tích hợp đáp ứng được nhu cầu điều khiển, truyền thông trong mạng robot tự hành.

13.2. Phạm vi nghiên cứu

- Về mặt lý thuyết: Các kỹ thuật điều khiển cho robot đơn lẻ và đàn robot sẽ được nghiên cứu và cập nhật tới những kết quả mới nhất, phù hợp nhất. Từ đó sẽ có những phương pháp mới được đề xuất, được cải thiện để mang lại hiệu quả hoạt động cho mạng robot.
- Về thực tiễn: Thiết kế và xây dựng các mô hình hệ thống điều khiển và truyền thông cho robot và mạng robot. Từ đó có thể triển khai được thực tế các ý tưởng nghiên cứu cơ bản vào các thiết bị thực. Các robot có thể chạy thử trên một số môi trường làm việc khác nhau để kiểm nghiệm. Từ đó có thể đưa ra các kết luận sát với thực tế.

14. CÁCH TIẾP CẬN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

14.1. Cách tiếp cận

- Từ những nghiên cứu tổng quát, chi tiết về các phương pháp, kỹ thuật, công nghệ điều khiển và truyền thông cho mạng robot đã được công bố, đề tài sẽ tiếp cận được các công nghệ, các giải pháp nền tảng và nâng cao. Từ đó đề tài sẽ triển khai các thuật toán và các phương pháp mới nhằm đáp ứng được các yêu cầu đề ra.
- Trên các cơ sở lý thuyết và thực tiễn, các thành viên của đề tài sẽ tiếp tục phát triển, có thể đề xuất các thuật toán, phương pháp điều khiển và truyền thông mới.
- Cách tiếp cận cụ thể: triển khai thử nghiệm trên đàn robot các thuật toán ở cả dạng mô phỏng và thực tế, từ đó có thể đưa ra các kết luận mới, phù hợp cho công bố.

14.2. Phương pháp nghiên cứu

- *Nghiên cứu tất cả các nội dung cơ bản liên quan*: những công trình đã công bố được nghiên cứu, xem xét tính ổn định, tính mới được ghi nhận thành những nội dung liên quan, nền móng, để từ đó có thể xây dựng ý tưởng mới, dự kiến có kết quả tốt hơn, mang lại nhiều ưu điểm hơn ở một góc độ nào đó trong nghiên cứu. Cơ sở dữ liệu online có uy tín như: IEEE, Elsevier, Springer, ...
- *Xây dựng hướng nghiên cứu mới, thuật toán mới*: khi những hướng nghiên cứu mới được hình thành, tác giả có thể phác thảo những thuật toán mới mang tính khả dụng cao có thể áp dụng để thay đổi, mang lại kết quả tốt hơn so với những kết quả đã có được ghi nhận tại các nguồn cơ sở dữ liệu uy tín đã nêu.
- *Xây dựng công thức toán*: đây là bước phức tạp đòi hỏi một số lượng kiến thức toán học cơ bản và nâng cao. Công thức toán được xây dựng phải đảm bảo tính chính xác của toán học, đồng thời cũng phải đảm bảo tích logic để có thể đưa vào chương trình máy tính chạy được.
- *Xây dựng chương trình mô phỏng*: dựa trên các ý tưởng, từ thuật toán đến phương trình toán học, mà các chương trình mô phỏng được xây dựng để đáp ứng hai mục tiêu: (i) thu được kết quả đúng như thuật toán đã mô tả (kết quả có thể tốt hơn hoặc kém hơn so với các kết quả đã công bố); (ii) so sánh kết quả mô phỏng với kết quả thực hiện bởi các phương trình toán học để thẩm định lại tính chính xác của các phương trình toán học đã được xây dựng.
- *Xây dựng và chạy thử mô hình thực nghiệm*: đây là bước rất quan trọng sau bước mô phỏng, để khẳng định được một lần nữa khả năng áp dụng nhanh vào thực tế của các thuật toán cũng như các kết quả mô phỏng. Bước này đòi hỏi phải đầu tư cơ sở vật chất và các điều kiện thực tế liên quan.
- *Công bố kết quả nghiên cứu*: bước này là bước tổng hợp tất cả các kết quả nghiên cứu trong một chủ đề, một hướng chuyên sâu để viết báo khoa học đảm bảo tính logic của vấn đề, đảm bảo về ngôn ngữ sử dụng, đảm bảo về tính ngắn gọn, xúc tích, và đặc biệt là đảm bảo để không vi phạm đạo đức trong nghiên cứu khoa học.

15. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU VÀ TIẾN ĐỘ THỰC HIỆN

15.1. Nội dung nghiên cứu (trình bày dưới dạng đề cương nghiên cứu chi tiết)

Đề tài tập trung vào các nội dung nghiên cứu chính như sau:

Về điều khiển:

- Xây dựng đề cương chi tiết các vấn đề thực thi trong đề tài
- Nghiên cứu tổng quan về mạng robot và các ứng dụng trên thực tế
- Nghiên cứu những kỹ thuật điều khiển robot trên thực tế
- Nghiên cứu thu thập các kết quả nghiên cứu hiện tại về mạng robot
- Nghiên cứu và cập nhật một cách chi tiết các phương pháp điều khiển robot
- Nghiên cứu và cập nhật một cách chi tiết các phương pháp điều khiển đàn robot

- Nghiên cứu và xây dựng các mô hình mạng robot
- Nghiên cứu các thuật toán điều khiển mạng robot tự hành
- Nghiên cứu phát triển các thuật toán điều khiển robot theo nhóm
- Lập trình điều khiển mạng robot theo đàn
- Hiệu chỉnh các thuật toán điều khiển robot
- Chạy mô phỏng và trích chọn các kết quả, thu thập dữ liệu phù hợp
- Nghiên cứu tích hợp các công nghệ, kỹ thuật tiên tiến áp dụng cho việc điều khiển đàn robot
- Nghiên cứu triển khai các thuật toán mới vào đàn robot thực tế để chạy thử
- Chạy thử đàn robot và thu thập kết quả thực tế

Về truyền thông:

- Nghiên cứu tổng quan các công nghệ truyền thông có thể áp dụng cho robot và mạng robot
- Nghiên cứu các thuật toán hiện đang sử dụng để truyền thông cho mạng robot
- Nghiên cứu cụ thể các kỹ thuật truyền thông không dây áp dụng cho robot và mạng robot
- Đề xuất các phương án truyền thông cho mạng robot
- Đề xuất các phương án xử lý dữ liệu trong mạng robot
- Triển khai các thuật toán mới cho truyền thông trong mạng robot
- Thu thập dữ liệu cho mạng robot
- Kiểm tra, hiệu chỉnh các chương trình chạy mô phỏng trong mạng robot
- Thu thập, lựa chọn các kết quả mô phỏng cho việc công bố

Về kết nối mạng robot:

- Nghiên cứu các giao thức kết nối trong mạng robot
- Triển khai các thuật toán, giao thức cho việc kết nối mạng robot
- Thực hiện mô phỏng kết nối các mạng robot
- Thu thập dữ liệu của việc kết nối mạng, từ đó lựa chọn các kết quả phù hợp cho việc công bố các kết quả của đề tài
- Nghiên cứu các giải pháp nâng cao hiệu quả hoạt động cho mạng robot

15.2. Tiến độ thực hiện

STT	Các nội dung, công việc thực hiện	Sản phẩm	Thời gian (bắt đầu-kết thúc)	Người thực hiện
1	<p>Nghiên cứu tổng quan</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nghiên cứu tổng quan về mạng robot và các ứng dụng trên thực tế - Nghiên cứu tổng quan các công nghệ truyền thông có thể áp dụng cho robot và mạng robot 	Báo cáo tổng quan	01/2021 -3/2021	TS. Đỗ Trung Hải PGS. TS. Nguyễn Tuấn Minh

2	<p>Nghiên cứu và đánh giá thực trạng</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nghiên cứu thu thập các kết quả nghiên cứu hiện tại về mạng robot - Nghiên cứu và cập nhật một cách chi tiết các phương pháp điều khiển đàn robot - Nghiên cứu các thuật toán hiện đang sử dụng để truyền thông cho mạng robot - Nghiên cứu cụ thể các kỹ thuật truyền thông không dây áp dụng cho robot và mạng robot 	Báo cáo thực trạng vấn đề cần nghiên cứu	03/2021 -5/2021	<p>TS. Đỗ Trung Hải PGS. TS. Nguyễn Tuấn Minh TS. Nguyễn Tiến Duy TS. Ngô Minh Đức TS. Nguyễn Hồng Quang</p>
3	Thu thập thông tin, tài liệu, dữ liệu; xử lý số liệu, phân tích thông tin, tài liệu, dữ liệu	Báo cáo kết quả thu thập tài liệu, dữ liệu, xử lý số liệu, phân tích thông tin, tài liệu, dữ liệu	05/2021 -7/2021	<p>TS. Nguyễn Tiến Duy TS. Ngô Minh Đức TS. Nguyễn Thị Thanh Nga TS. Đinh Văn Nghiệp TS. Nguyễn Hồng Quang</p>
4	<p>Nghiên cứu các thuật toán điều khiển, các thuật toán truyền thông và kết nối mạng</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nghiên cứu và xây dựng các mô hình mạng robot - Nghiên cứu các thuật toán điều khiển mạng robot tự hành 	Báo cáo kết quả nghiên cứu	08/2021 -9/2021	<p>TS. Đỗ Trung Hải TS. Nguyễn Thị Thanh Nga ThS. Nguyễn Thị Tuyết Hoa TS. Ngô Minh Đức TS. Đinh Văn Nghiệp TS. Nguyễn Hồng Quang</p>
5	<p>Tiến hành mô phỏng, chạy thử chương trình trên máy tính</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lập trình điều khiển mạng robot theo đàn - Hiệu chỉnh các thuật toán điều khiển robot - Thu thập dữ liệu cho mạng robot - Kiểm tra, hiệu chỉnh các chương trình chạy mô phỏng trong mạng robot 	Báo cáo về kết quả mô phỏng	10/2021 - 12/2021	<p>TS. Nguyễn Thị Thanh Nga ThS. Nguyễn Thị Tuyết Hoa TS. Ngô Minh Đức ThS. Trần Quế Sơn TS. Đinh Văn Nghiệp ThS. Bạch Văn Nam</p>
6	<p>Đề xuất giải pháp, các thuật toán mới trong điều khiển và truyền thông cho mạng robot</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nghiên cứu phát triển các 	Giải pháp, thuật toán mới	01/2022 -3/2022	<p>PGS. TS. Nguyễn Tuấn Minh TS. Ngô Minh Đức TS. Đinh Văn Nghiệp TS. Nguyễn Thị</p>

	thuật toán điều khiển robot theo nhóm - Đề xuất các phương án truyền thông cho mạng robot - Đề xuất các phương án xử lý dữ liệu trong mạng robot - Triển khai các thuật toán mới cho truyền thông trong mạng robot			Thanh Nga ThS. Nguyễn Thị Tuyết Hoa
7	Viết sách tham khảo - Viết bản thảo - Hiệu chỉnh	Sách tham khảo	12/2021 - 12/2022	TS. Đỗ Trung Hải PGS. TS. Nguyễn Tuấn Minh TS. Nguyễn Hồng Quang ThS. Nguyễn Thị Tuyết Hoa TS. Nguyễn Tiến Duy
8	Công bố kết quả nghiên cứu trên các tạp chí uy tín	Bản thảo được chấp nhận đăng của các bài báo khoa học	6/2021- 12/2022	TS. Đỗ Trung Hải PGS. TS. Nguyễn Tuấn Minh TS. Ngô Minh Đức TS. Nguyễn Hồng Quang ThS. Bạch Văn Nam
9	Tổng kết, đánh giá	Báo cáo tóm tắt và báo cáo tổng kết đề tài	12/2022	TS. Đỗ Trung Hải PGS. TS. Nguyễn Tuấn Minh TS. Nguyễn Tiến Duy ThS. Trần Quế Sơn

16. SẢN PHẨM

STT	Tên sản phẩm	Số lượng	Yêu cầu chất lượng sản phẩm (Mô tả chi tiết chất lượng sản phẩm đạt được như nội dung, hình thức, các chỉ tiêu, thông số kỹ thuật, ...)
I	Sản phẩm khoa học (Các công trình khoa học sẽ được công bố: sách, bài báo khoa học...)		
1.1	Bài báo đăng tạp chí nước ngoài	03	01 bài tạp chí thuộc nhóm Q1 trong danh mục SCIE (được chấp nhận đăng); 01 bài tạp chí thuộc nhóm Q2 trong danh mục SCIE (được chấp nhận đăng); 01 bài đăng trên tạp chí khoa học quốc tế có chỉ số ISSN.
1.2	Sách tham khảo	01	Sách tham khảo được xuất bản có

			chỉ số ISBN
II	Sản phẩm đào tạo (Cử nhân, Thạc sỹ, Tiến sỹ,...)		
2.1	Học viên cao học	01	Bảo vệ thành công theo hướng nghiên cứu của đề tài
2.2	Nghiên cứu sinh	01	Hỗ trợ đào tạo (hoàn thành 1 đến hai chuyên đề theo hướng nghiên cứu của đề tài).
III	Sản phẩm ứng dụng		
17. PHƯƠNG THỨC CHUYỂN GIAO KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ĐỊA CHỈ ỨNG DỤNG			
17.1. Phương thức chuyển giao			
<ul style="list-style-type: none"> - Kết quả nghiên cứu sẽ là tài liệu tham khảo, hỗ trợ đào tạo cho sinh viên, học viên và các nhà nghiên cứu trong các lĩnh vực liên quan quan tâm. 			
17.2. Địa chỉ có thể ứng dụng (tên địa phương, đơn vị ứng dụng)			
<ul style="list-style-type: none"> - Nhà trường, các viện nghiên cứu 			
18. TÁC ĐỘNG VÀ LỢI ÍCH MANG LẠI CỦA KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU			
18.1. Đối với lĩnh vực giáo dục và đào tạo			
<ul style="list-style-type: none"> - Sản phẩm khẳng định phương pháp luận đúng đắn của định hướng nghiên cứu. - Là tài liệu tham khảo hữu ích cho sinh viên và học viên cao học. - Góp phần nâng cao nghiệp vụ chuyên môn của các thành viên nghiên cứu. 			
18.2. Đối với lĩnh vực khoa học và công nghệ có liên quan			
<ul style="list-style-type: none"> - Mạng robot hoạt động trên nhiều lĩnh vực nghiên cứu và công nghiệp, do đó, các kết quả nghiên cứu sẽ mang lại hiệu quả thực tế cho nhiều các lĩnh vực liên quan sử dụng robot. 			
18.3. Đối với phát triển Kinh tế - xã hội			
<ul style="list-style-type: none"> - Những kết quả bao gồm các giải pháp điều khiển, truyền thông cho robot và mạng robot, có thể sẽ được triển khai thực tế, và mang lại hiệu quả không chỉ cho phát triển kinh tế xã hội mà còn cho cả quốc phòng an ninh. 			
18.4. Đối với tổ chức chủ trì và các cơ sở ứng dụng kết quả nghiên cứu			
<ul style="list-style-type: none"> - Kết quả nghiên cứu sẽ là nguồn động lực, khuyến khích các nhóm nghiên cứu, các cá nhân quan tâm tích cực tham khảo và nghiên cứu những bước tiếp theo của đề tài. - Kết quả nghiên cứu là nguồn tài liệu tham khảo tốt, định hướng nghiên cứu cho học viên sau đại học và những nghiên cứu khác cho các đơn vị thành viên. 			

19. KINH PHÍ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI VÀ NGUỒN KINH PHÍ

Kinh phí thực hiện đề tài: 340.000.000đ (Bằng chữ: Ba trăm bốn mươi triệu đồng chẵn)

Trong đó:

Ngân sách Nhà nước: 340.000.000 đ (Bằng chữ: Ba trăm bốn mươi triệu đồng chẵn)

Các nguồn khác: 0

Số TT	Khoản chi, nội dung chi	Thời gian thực hiện	Tổng kinh phí	Nguồn kinh phí		Ghi chú
				Ngân sách nhà nước	Nguồn khác	
1	Chi tiền công lao động trực tiếp	2021-2022	317.623.300	317.623.300	0	
2	Chi văn phòng, phẩm, thông tin liên lạc, in ấn	2021-2022	876.700	876.700	0	
3	Chi họp hội đồng đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở	2022	4.500.000	4.500.000	0	
4	Chi quản lý chung	2021-2022	17.000.000	17.000.000	0	
	Tổng cộng		340.000.000	340.000.000	0	

(Dự toán chi tiết các mục chi kèm theo và xác nhận của cơ quan chủ trì).

Ngày 09 tháng 12 năm 2020

Tổ chức chủ trì
GIÁM ĐỐC
PHÓ GIÁM ĐỐC
PGS. TS. Trần Thanh Bình

Ngày 09 tháng 12 năm 2020

Chủ nhiệm đề tài

TS. Đỗ Trung Hải

Ngày 21 tháng 12 năm 2020

Cơ quan chủ quản duyệt

TL. BỘ TRƯỞNG BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
VỤ TRƯỞNG VỤ KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ MÔI TRƯỜNG

PHÓ VỤ TRƯỞNG VỤ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ VÀ MT

Vũ Thanh Bình

GIẢI TRÌNH CHI TIẾT CÁC MỤC CHI

Mục 1. Công lao động trực tiếp tham gia thực hiện đề tài:

Số TT	Nội dung công việc	Họ và tên người thực hiện	Chức danh thực hiện nhiệm vụ KH&CN	Hệ số tiền công theo ngày	Số ngày công	Lương cơ sở (đồng)	Tổng tiền công (đồng)	Nguồn kinh phí	
								Từ NSNN	Nguồn khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)=(5)x(6)x(7)	(9)	(10)
1	Nghiên cứu tổng quan						19.891.500	19.891.500	
		Đỗ Trung Hải	Chủ nhiệm	0,55	15	1.490.000	12.292.500	12.292.500	
		Nguyễn Tuấn Minh	Thư ký khoa học	0,34	15	1.490.000	7.599.000	7.599.000	
2	Nghiên cứu và đánh giá thực trạng						46.741.300	46.741.300	
		Đỗ Trung Hải	Chủ nhiệm	0,55	15	1.490.000	12.292.500	12.292.500	
		Nguyễn Tuấn Minh	Thư ký khoa học	0,34	18	1.490.000	9.118.800	9.118.800	
		Nguyễn Tiến Duy	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
		Ngô Minh Đức	Thành viên thực hiện chính	0,34	10	1.490.000	5.066.000	5.066.000	
		Nguyễn Hồng Quang	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
3	Thu thập thông tin, tài liệu, dữ liệu; xử lý số liệu, phân tích thông tin, tài liệu, dữ liệu						40.528.000	40.528.000	
		Nguyễn Tiến Duy	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
		Ngô Minh Đức	Thành viên thực hiện chính	0,34	10	1.490.000	5.066.000	5.066.000	
		Nguyễn Thị Thanh Nga	Thành viên thực hiện chính	0,34	10	1.490.000	5.066.000	5.066.000	
		Đinh Văn Nghiệp	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
		Nguyễn Hồng Quang	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
4	Nghiên cứu các thuật toán điều khiển, các thuật toán truyền thông và kết nối mạng						52.820.500	52.820.500	
		Đỗ Trung Hải	Chủ nhiệm	0,55	15	1.490.000	12.292.500	12.292.500	
		Nguyễn Thị Thanh Nga	Thành viên thực hiện chính	0,34	10	1.490.000	5.066.000	5.066.000	
		Nguyễn Thị Tuyết Hoa	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
		Đinh Văn Nghiệp	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
		Nguyễn Hồng Quang	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
		Ngô Minh Đức	Thành viên thực hiện chính	0,34	10	1.490.000	5.066.000	5.066.000	
5	Tiến hành mô phỏng, chạy thử chương trình trên máy tính						70.924.000	70.924.000	
		Nguyễn Thị Thanh Nga	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
		Ngô Minh Đức	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
		Nguyễn Thị Tuyết Hoa	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	

Số TT	Nội dung công việc	Họ và tên người thực hiện	Chức danh thực hiện nhiệm vụ KH&CN	Hệ số tiền công theo ngày	Số ngày công	Lương cơ sở (đồng)	Tổng tiền công (đồng)	Nguồn kinh phí	
								Từ NSNN	Nguồn khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)=(5)x(6)x(7)	(9)	(10)
		Đinh Văn Nghiệp	Thành viên thực hiện chính	0,34	10	1.490.000	5.066.000	5.066.000	
		Trần Quế Sơn	Thành viên thực hiện chính	0,34	30	1.490.000	15.198.000	15.198.000	
		Bạch Văn Nam	Thành viên thực hiện chính	0,34	40	1.490.000	20.264.000	20.264.000	
6	Đề xuất giải pháp, các thuật toán mới trong điều khiển và truyền thông cho mạng robot						50.660.000	50.660.000	
		Nguyễn Tuấn Minh	Thư ký khoa học	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
		Đinh Văn Nghiệp	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
		Ngô Minh Đức	Thành viên thực hiện chính	0,34	10	1.490.000	5.066.000	5.066.000	
		Nguyễn Thị Thanh Nga	Thành viên thực hiện chính	0,34	30	1.490.000	15.198.000	15.198.000	
		Nguyễn Thị Tuyết Hoa	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
9	Viết báo cáo tổng kết đề tài						36.058.000	36.058.000	
		Đỗ Trung Hải	Chủ nhiệm	0,55	10	1.490.000	8.195.000	8.195.000	
		Nguyễn Tuấn Minh	Thư ký khoa học	0,34	5	1.490.000	2.533.000	2.533.000	
		Nguyễn Tiến Duy	Thành viên thực hiện chính	0,34	20	1.490.000	10.132.000	10.132.000	
		Trần Quế Sơn	Thành viên thực hiện chính	0,34	30	1.490.000	15.198.000	15.198.000	
Tổng cộng					593		317.623.300	317.623.300	

Mục 2: Chi văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn:

Số TT	Nội dung	Đơn vị tính	Số lượng	Đơn giá (đồng)	Tổng kinh phí (đồng)	Nguồn kinh phí	
						NSNN	Nguồn khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	Văn phòng phẩm, in ấn tài liệu				876.700	876.700	
	Tổng cộng				876.700	876.700	

Mục 3. Chi họp hội đồng đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở

Số TT	Nội dung	Đơn vị tính	Số lượng	Đơn giá (đồng)	Tổng kinh phí (đồng)	Nguồn kinh phí	
						NSNN	Nguồn khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
3	Đánh giá, nghiệm thu đề tài cấp cơ sở				4.500.000	4.500.000	0
3.1	Chủ tịch	Người	1	750.000	750.000		
3.2	Thành viên Hội đồng	Người	6	500.000	3.000.000		
3.3	Thư ký hành chính	Người	1	150.000	150.000		
3.4	Nhận xét đánh giá của ủy viên phản biện	Người	2	300.000	600.000		
	Tổng cộng				4.500.000	4.500.000	0

Mục 4: Chi quản lý chung:

Số TT	Nội dung	Đơn vị tính	Số lượng	Đơn giá (đồng)	Tổng kinh phí (đồng)	Nguồn kinh phí	
						NSNN	Nguồn khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
4	Quản lý chung của cơ quan chủ trì (5% tổng kinh phí đề tài)				17.000.000	17.000.000	0
	Tổng cộng				17.000.000	17.000.000	0

Thái Nguyên, ngày 09 tháng 12 năm 2020

TỔ CHỨC CHỦ TRÌ



(Ký tên đóng dấu)
KT. GIÁM ĐỐC
PHÓ GIÁM ĐỐC
PGS. TS. Trần Thanh Vân

Thái Nguyên, ngày 09 tháng 12 năm 2020

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI

TS. Đỗ Trung Hải

Tổng hợp công lao động

Lương cơ sở: 1.490.000

Đơn vị: đồng

Số TT	Họ và tên người thực hiện	Chức danh thực hiện nhiệm vụ KH&CN	Số ngày công	Hstc theo ngày	Tổng số tiền công (đồng)	Nguồn kinh phí		Tỷ lệ%
						NSNN	Nguồn khác	
1	Đỗ Trung Hải	Chủ nhiệm nhiệm vụ	55	0,55	45.072.500	45.072.500	0	14,2%
2	Nguyễn Tuấn Minh	Thư ký khoa học	58	0,34	29.382.800	29.382.800	0	9,3%
3	Nguyễn Tiến Duy	Thành viên thực hiện chính	60	0,34	30.396.000	30.396.000	0	9,6%
4	Ngô Minh Đức	Thành viên thực hiện chính	60	0,34	30.396.000	30.396.000	0	9,6%
5	Nguyễn Hồng Quang	Thành viên thực hiện chính	60	0,34	30.396.000	30.396.000	0	9,6%
6	Nguyễn Thị Thanh Nga	Thành viên thực hiện chính	70	0,34	35.462.000	35.462.000	0	11,2%
7	Đình Văn Nghiệp	Thành viên thực hiện chính	70	0,34	35.462.000	35.462.000	0	11,2%
8	Bạch Văn Nam	Thành viên thực hiện chính	40	0,34	20.264.000	20.264.000	0	6,4%
9	Trần Quế Sơn	Thành viên thực hiện chính	60	0,34	30.396.000	30.396.000	0	9,6%
10	Nguyễn Thị Tuyết Hoa	Thành viên thực hiện chính	60	0,34	30.396.000	30.396.000	0	9,6%
		Tổng	593		317.623.300	317.623.300	0	100,0%

TIỀM LỰC KHOA HỌC CỦA TỔ CHỨC, CÁ NHÂN THỰC HIỆN ĐỀ TÀI KH&CN CẤP BỘ

(Kèm theo Thuyết minh đề tài KH&CN cấp Bộ)

A. Thông tin về chủ nhiệm và các thành viên tham gia nghiên cứu đề tài:

1. Chủ nhiệm đề tài: Đỗ Trung Hải

1.1. Các hướng nghiên cứu khoa học chủ yếu:

Nghiên cứu lý thuyết điều khiển hiện đại trong điều khiển chuyển động, điều khiển quá trình.

1.2. Kết quả nghiên cứu khoa học trong 5 năm gần đây:

- Chủ nhiệm hoặc tham gia chương trình, đề tài NCKH đã nghiệm thu:

Stt	Tên chương trình, đề tài	Chủ nhiệm	Tham gia	Mã số và cấp quản lý	Thời gian thực hiện	Kết quả nghiệm thu
1	Nghiên cứu chế tạo Robot nhện	Chủ nhiệm		T2014-23 Trường	1 năm	Khá
2	Nghiên cứu, thiết kế chế tạo card điều khiển số ứng dụng trong điều khiển thời gian thực	Chủ nhiệm		ĐH2015-TN02-09 Đại học Thái Nguyên	2 năm	Đạt
3	Thiết kế chế tạo lắp đặt bàn thí nghiệm hệ điều khiển tần số động cơ xoay chiều	Chủ nhiệm		T2016-97 Trường	1 năm	Đạt
4	Thiết kế chế tạo lắp đặt bàn thí nghiệm hệ điều khiển động cơ bước ứng dụng PLC s7-200	Chủ nhiệm		T2017-S03 Trường	1 năm	Đạt
5	Thiết kế, chế tạo, lắp đặt hệ thống truyền động nhiều biến tần	Chủ nhiệm		T2018-TN12 Trường	1 năm	Xuất sắc

- Công trình khoa học đã công bố (chỉ nêu tối đa 5 công trình tiêu biểu nhất):

Stt	Tên công trình khoa học	Tác giả/Đồng tác giả	Địa chỉ công bố	Năm công bố
1	Design of a Fuzzy logic Controller Based on Genetic	Đồng tác giả	Advances in Engineering Research and	2019

	Algorithm for Controlling Dissolved Oxygen in Wasted-Water treatment System Using Activated Sludge Method		Application (ICERA 2018)	
2	Influence of initial conditions on motion behaviors of robot arm	Đồng tác giả	International Journal of Engineering Research and Technology. Volume 12, Issue 12. ISSN: 0974-3154	2019
3	Nonlinear Design of Adaptive Controllers for Bilateral Teleoperation Systems with Variable Time Delays	Đồng tác giả	Advances in Engineering Research and Application (ICERA 2019). pp 520-533. ISBN 978-3-030-37496-9.	2019
4	On tracking control problem for polysolenoid motor model predictive approach	Đồng tác giả	International Journal of Electrical and Computer Engineering. Volume 10, Issue 1, Pages 849-855. ISSN: 2088-8708	2020
5	Dynamic Modelling of 3-RUS Spatial Parallel Robot Manipulator	Đồng tác giả	Review of Computer Engineering Research. Volume 7, 1, pp 20-26. DOI: 10.18488/journal.7.6.2020.71.20.26	2020

1.3. Kết quả đào tạo trong 5 năm gần đây:

▪ *Hướng dẫn thực sỹ, tiến sỹ:*

Stt	Tên đề tài luận văn, luận án	Đối tượng		Trách nhiệm		Cơ sở đào tạo	Năm bảo vệ
		Nghiên cứu sinh	Học viên cao học	Chính	Phụ		
1	Nhận dạng tham số mô hình và quan sát trạng thái có ảnh hưởng bởi các tín hiệu ngẫu nhiên ứng dụng trong điều khiển hệ chuyển động	X			X	Trường ĐH KTCN	2016
2	Nâng cao chất lượng điều khiển hệ Teleoperation	X		X		Trường ĐH KTCN	2017
3	Xây dựng thuật toán và ứng dụng vi xử lý điều khiển hệ thống cân bằng phối liệu trong công nghệ sản xuất xi		X	X		Trường ĐH KTCN	2016

	mãng					
4	Xây dựng thuật toán và ứng dụng PLC điều khiển hệ thống cân bằng phối liệu trong công nghệ sản xuất xi măng	X	X		Trường ĐH KTCN	2016
5	Xây dựng thuật toán và ứng dụng phần mềm Matlab – Simulink điều khiển hệ thống cân bằng phối liệu trong công nghệ sản xuất xi măng	X	X		Trường ĐH KTCN	2016
6	Nghiên cứu phương pháp phân tích phổ bằng Wavelet của quá trình truyền sóng để xác định vị trí sự cố trên đường dây tải điện	X	X		Trường ĐH KTCN	2017
7	Nghiên cứu chế tạo và kiểm nghiệm card điều khiển thời gian thực trong điều khiển hệ truyền động	X	X		Trường ĐH KTCN	2017
8	Nghiên cứu xây dựng bộ điều khiển cho đối tượng gia nhiệt	X	X		Trường ĐH KTCN	2018
9	Cải thiện chất lượng điều khiển thiết bị gia nhiệt bằng bộ điều khiển mờ chỉnh định tham số PID	X	X		Trường ĐH KTCN	2018
10	Thiết kế hệ chẩn đoán sự cố tiềm ẩn của máy biến áp lực dựa trên Fuzzy Logic	X	X		Trường ĐH KTCN	2019
11	Nghiên cứu ứng dụng đại số gia tử trong chẩn đoán sự cố tiềm ẩn của máy biến áp lực	X	X		Trường ĐH KTCN	2019

▪ Biên soạn sách phục vụ đào tạo đại học và sau đại học:

Stt	Tên sách	Loại sách	Nhà xuất bản và năm xuất bản	Chủ biên hoặc tham gia
	Điện tử công suất	Giáo trình	Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2016	Tham gia

2. Các thành viên tham gia nghiên cứu (mỗi thành viên chỉ nêu tối đa 3 công trình tiêu biểu nhất):

Stt	Họ tên thành viên	Tên công trình khoa học	Địa chỉ công bố	Năm công bố
1	PGS. TS. Nguyễn Tuấn Minh	Energy-Efficient Sensing in Robotic Networks	Elsevier journal: Measurement (SCIE/ISI/SCOPUS/Q1)	2020
		Hybrid Solar-RF Energy Harvesting Systems for Electric Operated Wheelchairs	MDPI Electronics, (SCIE/ISI/SCOPUS/Q1)	2020
		Collaborative and Compressed Mobile Sensing for Data Collection in Distributed Robotic Networks	IEEE Transactions on Control of Network Systems, (SCI/ISI/SCOPUS/Q1)	2018
2	TS. Nguyễn Tiến Duy	Hedge-Algebra-Based Phase-Locked Loop for Distorted Utility Conditions	Journal of Control Science and Engineering	2019
		A Group Decision-Making Model with Comparative Linguistic Expression Based on Hedge Algebra	International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications	2019
		Control Parallel Robots Driven by DC Motors Using Fuzzy Sliding Mode Controller and Optimizing Parameters by Genetic Algorithm	Proceedings of the International Conference on Engineering Research and Applications, ICERA 2019	2019
3	TS. Ngô Minh Đức	Short-term Load forecasting of Campus building based on ANN method,	Proceeding of 24 th International Conference on Electrical Engineering, pp. 515-519, Soul-Korea	2018

		Short-term Load forecasting of Buildings based on ANN and Clustering Technique,	Institute of Korean Electrical and Electronics Engineers Journal, Vol.22, No.3, pp.672-679, ISSN: 1226-7244.	2018
		Effect of soybean oil as a carbon source on the electrochemical property of $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ cathode material for lithium ion battery,	Carbon Letters, Print ISSN 1976-4251. SCIE-IF 2.0	2020
4	TS. Nguyễn Thị Thanh Nga	Research on the application of genetic algorithm combined with the “cleft-overstep” algorithm for improving learning process of MLP neural network with special error surface	The 7th International Conference on Natural Computation (ICNC'11) and the 8th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD'11), 26-28 July, Shanghai, China.	2011
		The Influence of Initial Weights During Neural Network Training	Journal of Science & Technology Technical Universities Vol 93. ISSN 0868-3980, pp.18-25	2013
		Design a Hybrid PI – Hedge Algebraic Controller for Controlling Brushless DC Motor	SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering (SSRG - IJEEE), V5(6), pp. 28-33 June 2018. ISSN:2348 - 8379.	2018
5	TS. Đinh Văn Nghiệp	Thiết kế bộ điều khiển thích nghi cho hệ TRMS	Tạp chí Khoa học và công nghệ đại học Thái Nguyên, Tập 154(09):49-54.	2016

		Exact Linearization Control for Twin Rotor MIMO System	International Journal of Electrical and Electronics Engineering (SSRG-IJEEE) – volume 3 Issue 12– December 2016, ISSN: 2348 – 8379, pp.40-45.	2016
		Input Constrained Hover Control with Receding Horizon LQR for Disturbed TRMS	IEEE International Conference on Systems Science and Engineering	2017
6	TS. Nguyễn Hồng Quang	An Adaptive Backstepping Trajectory Tracking Control of a Tractor Trailer Wheeled Mobile Robot	International Journal of Control, Automation and Systems. (SCIE, IF: 2,93)	2019
		Flocking control for two-dimensional multiple agents with limited communication ranges	International Journal of Control; (SCIE, IF: 2,78)	2020
		Observer-Based Tracking Control for Polysolenoid Linear Motor with Unknown Disturbance Load.	Actuators 2020, 9,23; (SCIE, IF : 1,957)	2020
7	ThS. Bạch Văn Nam	ILC combined with a PI regulator for Wastewater Treatment Plants	TELKOMNIKA; Yogyakarta	2020
		Design of a Fuzzy Logic Controller Based on Genetic Algorithm for Controlling Dissolved Oxygen in Wasted-Water Treatment System Using Activated Sludge Method	Proceedings of the International Conference, ICERA 2019	2019

		The design of remote traffic light control system using Raspberry-Pi	International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS), ISSN: 2394-3661	2018
8	ThS. Trần Quế Sơn	Optimizations of integrated energy systems for animal farms in Vietnam.	International Journal of Smart Grid and Clean Energy, vol. 9 , no. 2.	2020
		Design on controllers for electrical appliances in smart home.	International Journal of Smart Grid and Clean Energy, vol. 6, no. 2	2017
		Design of a PD Controller Combined with a MRAS-Based LFFC for a Two - Link Robot Manipulator.	Applied Mechanics and Materials, Volumes 541-542, pp. 1102-1106	2014
9	ThS. Nguyễn Thị Tuyết Hoa	Hybrid Solar-RF Energy Harvesting Systems for Electric Operated Wheelchairs	MDPI Electronics, (SCIE/ISI/SCOPUS/Q1)	2020
		Control Algorithms for UAVs: A Comprehensive Survey	EAI Endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems	2020
		Design control system static reactive power compensators	Tạp chí Khoa học Công nghệ Đại học Thái Nguyên	2016

B. Tiềm lực về trang thiết bị của cơ quan chủ trì đề tài:

STT	Tên trang thiết bị	Thuộc phòng thí nghiệm	Mô tả vai trò của thiết bị đối với đề tài	Tình trạng
1	Robot và hệ thống điều khiển	Phòng Thí nghiệm Khoa Điện - Trường ĐH KTCN	Thử nghiệm các thuật toán điều khiển	Tốt
2	Hệ thu thập dữ liệu và điều khiển DSP 1102	Phòng Thí nghiệm Khoa Điện - Trường ĐH KTCN	Thử nghiệm các thuật toán điều khiển	Tốt

3	Bộ thí nghiệm điều khiển động cơ một chiều	Phòng Thí nghiệm Khoa Điện - Trường ĐH KTCN	Thử nghiệm các thuật toán điều khiển	Tốt
---	--	---	--------------------------------------	-----

Ngày 08 tháng 12 năm 2020

Xác nhận của tổ chức chủ trì



KT. GIÁM ĐỐC
PHÓ GIÁM ĐỐC
PGS. TS. Trần Thanh Văn

Chủ nhiệm đề tài

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Đỗ Trung Hải".

Đỗ Trung Hải

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

Thái Nguyên, ngày 21 tháng 01 năm 2021

HỢP ĐỒNG THỰC HIỆN ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
CẤP BỘ CỦA BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

Số: 01/B2021-TNA-01

Căn cứ Bộ luật dân sự số 91/2015/QH-13, ngày 24 tháng 11 năm 2015;

Căn cứ Luật Khoa học và Công nghệ ngày 18 tháng 6 năm 2013;

Căn cứ Thông tư số 11/2016/TT-BGDĐT ngày 11 tháng 4 năm 2016 của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo Ban hành quy định về quản lý đề tài khoa học và công nghệ cấp bộ của Bộ Giáo dục và Đào tạo;

Căn cứ Quyết định số 3813/QĐ-BGDĐT ngày 20 tháng 11 năm 2020 của Bộ Giáo dục và Đào tạo về việc phê duyệt Danh mục đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ thực hiện từ năm 2021;

Căn cứ Thuyết minh đề tài: Nghiên cứu và đề xuất thuật toán mới trong điều khiển, kỹ thuật truyền thông và kết nối mạng cho đàn robot tự hành; Mã số: B2021-TNA-01.

CHÚNG TÔI GỒM:

1. Bên đặt hàng (Bên A): Đại học Thái Nguyên

- Do Ông: PGS.TS. Trần Thanh Vân
- Chức vụ: Phó Giám đốc Đại học Thái Nguyên làm đại diện
- Địa chỉ phường Tân Thịnh, thành phố Thái Nguyên, tỉnh Thái Nguyên
- Điện thoại: 02083.852.650; Email: banqlkh.dhtn@moet.edu.vn
- Số tài khoản: 9527.1.1055684
- Tại: Kho bạc nhà nước Thái Nguyên

2. Bên nhận đặt hàng (Bên B):

Chủ nhiệm đề tài và nhóm thành viên tham gia nghiên cứu đề tài (theo thuyết minh)

- Do Ông: Đỗ Trung Hải – Chủ nhiệm đề tài làm đại diện
- Địa chỉ: Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp
- Điện thoại: 0912.224.733 ; Email: dotrunghai@tnut.edu.vn
- Số tài khoản: 100004558717

Tại: Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương Việt Nam Chi nhánh Lưu xá

- Mã số thuế: 4600416670

Cùng thỏa thuận và thống nhất ký kết Hợp đồng thực hiện đề tài khoa học và công nghệ cấp bộ (sau đây gọi tắt là Hợp đồng) với các điều khoản sau:

Điều 1. Đặt hàng và nhận đặt hàng thực hiện đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ do Đại học Thái Nguyên chủ trì

Bên A đặt hàng và Bên B nhận đặt hàng thực hiện đề tài khoa học và công nghệ cấp bộ (sau đây gọi là đề tài) theo các nội dung trong Thuyết minh đề tài đã được phê duyệt (sau đây gọi tắt là Thuyết minh).

Thuyết minh là bộ phận không tách rời của Hợp đồng.

Điều 2. Thời gian thực hiện Hợp đồng

Thời gian thực hiện đề tài: 24 tháng, từ ngày 01 tháng 01 năm 2021 đến ngày 31 tháng 12 năm 2022.

Điều 3. Kinh phí thực hiện đề tài cấp từ ngân sách nhà nước

Kinh phí thực hiện đề tài là 340.000.000 đồng (bằng chữ: Ba trăm bốn mươi triệu đồng chẵn), trong đó:

- Kinh phí thực hiện đề tài cấp từ ngân sách nhà nước là 340.000.000 đồng (bằng chữ: Ba trăm bốn mươi triệu đồng chẵn);
- Kinh phí thực hiện đề tài cấp từ nguồn khác: Không.

Điều 4. Quyền và nghĩa vụ của các bên

1. Quyền và nghĩa vụ của Bên A

- a) Cung cấp các thông tin cần thiết cho việc triển khai, thực hiện Hợp đồng;
- b) Bố trí cho Bên B số kinh phí từ ngân sách nhà nước quy định tại Điều 3 Hợp đồng này theo tiến độ kế hoạch, tương ứng với các nội dung nghiên cứu được phê duyệt;
- c) Tổ chức phê duyệt kế hoạch đấu thầu, mua sắm máy móc, thiết bị, nguyên vật liệu và dịch vụ của đề tài bằng kinh phí do Bên A cấp (nếu có) theo quy định;
- d) Trước mỗi đợt cấp kinh phí, trên cơ sở báo cáo tình hình thực hiện đề tài của Bên B, Bên A căn cứ vào sản phẩm, khối lượng công việc đã hoàn thành theo Thuyết minh để cấp tiếp kinh phí thực hiện Hợp đồng. Bên A có quyền thay đổi tiến độ cấp hoặc ngừng cấp kinh phí nếu Bên B không hoàn thành công việc đúng tiến độ, đúng nội dung công việc được giao;
- đ) Kiểm tra định kỳ hoặc đột xuất để đánh giá tình hình Bên B thực hiện đề tài theo Thuyết minh;
- e) Kịp thời xem xét, giải quyết theo thẩm quyền hoặc trình cấp có thẩm quyền giải quyết kiến nghị, đề xuất của Bên B về điều chỉnh nội dung chuyên môn, kinh phí và các vấn đề phát sinh khác trong quá trình thực hiện đề tài;
- g) Tổ chức đánh giá, nghiệm thu kết quả thực hiện đề tài của Bên B theo các yêu cầu, chỉ tiêu trong Thuyết minh;
- h) Có trách nhiệm cùng Bên B tiến hành thanh lý Hợp đồng theo quy định hiện hành;

- i) Thanh quyết toán các nội dung thuê khoán chuyên môn theo đề nghị của bên B;
- k) Phối hợp cùng Bên B xử lý tài sản được mua sắm bằng ngân sách nhà nước hoặc được tạo ra từ kết quả nghiên cứu của đề tài sử dụng ngân sách nhà nước (nếu có) theo quy định của pháp luật;
- l) Tiếp nhận kết quả thực hiện đề tài, bàn giao kết quả thực hiện đề tài cho tổ chức đề xuất đặt hàng hoặc tổ chức triển khai ứng dụng sau khi được nghiệm thu;
- m) Có trách nhiệm hướng dẫn việc trả thù lao cho tác giả nếu có lợi nhuận thu được từ việc ứng dụng kết quả của đề tài và thông báo cho tác giả việc bàn giao kết quả thực hiện đề tài (nếu có);
- n) Ủy quyền cho Bên B tiến hành đăng ký bảo hộ quyền sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện đề tài (nếu có) theo quy định hiện hành;
- o) Thực hiện các quyền và nghĩa vụ khác theo quy định của Luật Khoa học và Công nghệ và các văn bản liên quan.

2. Quyền và nghĩa vụ của Bên B

- a) Tổ chức triển khai đầy đủ các nội dung nghiên cứu của đề tài đáp ứng các yêu cầu chất lượng, tiến độ và chỉ tiêu theo Thuyết minh;
- b) Cam kết thực hiện và bàn giao sản phẩm cuối cùng đáp ứng đầy đủ các tiêu chí đã được phê duyệt;
- c) Được quyền tự chủ, tự quyết định việc sử dụng phần kinh phí để thực hiện đề tài theo dự toán kinh phí đề tài;
- d) Yêu cầu Bên A cung cấp thông tin cần thiết để triển khai thực hiện Hợp đồng;
- đ) Kiến nghị, đề xuất điều chỉnh các nội dung chuyên môn, kinh phí và thời hạn thực hiện Hợp đồng khi cần thiết;
- e) Yêu cầu Bên A cấp đủ kinh phí theo đúng tiến độ quy định trong Hợp đồng khi hoàn thành đầy đủ nội dung công việc theo tiến độ cam kết. Đảm bảo huy động đủ nguồn kinh phí khác theo cam kết. Sử dụng kinh phí đúng mục đích, đúng chế độ hiện hành và có hiệu quả;
- g) Xây dựng kế hoạch đấu thầu mua sắm máy móc, thiết bị, nguyên vật liệu và dịch vụ của đề tài bằng kinh phí do Bên A cấp (nếu có) để gửi Bên A phê duyệt và thực hiện mua sắm theo quy định của pháp luật;
- h) Chấp hành các quy định pháp luật trong quá trình thực hiện Hợp đồng. Tạo điều kiện thuận lợi và cung cấp đầy đủ thông tin cho các cơ quan quản lý trong việc giám sát, kiểm tra, thanh tra đối với đề tài theo quy định của pháp luật;
- i) Thực hiện việc tự đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở theo quy định hiện hành khi kết thúc đề tài. Sau khi đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở hoàn chỉnh lại hồ sơ theo kết luận của Hội đồng đánh giá cấp cơ sở, Bên B có trách nhiệm chuyển cho Bên A các hồ sơ để Bên A tiến hành việc đánh giá, nghiệm thu theo quy định;
- k) Có trách nhiệm quản lý tài sản được mua sắm bằng ngân sách nhà nước hoặc được tạo ra từ kết quả nghiên cứu của đề tài sử dụng ngân sách nhà nước (nếu có). Chủ nhiệm



đề tài có trách nhiệm bàn giao tài sản được mua sắm bằng ngân sách nhà nước hoặc được tạo ra từ kết quả nghiên cứu của đề tài cho cơ quan chủ trì đề tài để quản lý và sử dụng.

l) Có trách nhiệm cùng Bên A tiến hành thanh lý Hợp đồng theo quy định;

m) Thực hiện việc đăng ký bảo hộ quyền sở hữu trí tuệ theo ủy quyền của Bên A đối với kết quả nghiên cứu (nếu có);

n) Chủ nhiệm đề tài giao nộp kết quả thực hiện đề tài cho bộ phận lưu giữ thông tin của cơ quan chủ trì đề tài. Cơ quan chủ trì đề tài xác nhận việc giao nộp kết quả thực hiện đề tài cho chủ nhiệm đề tài.

o) Công bố kết quả thực hiện đề tài theo quy định hiện hành;

p) Chủ nhiệm đề tài cùng với các cá nhân trực tiếp sáng tạo ra kết quả nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ được đứng tên tác giả trong đề tài và hưởng quyền tác giả bao gồm cả các lợi ích thu được (nếu có) từ việc khai thác thương mại các kết quả thực hiện đề tài theo quy định pháp luật và các quy định của Đại học Thái Nguyên;

q) Có trách nhiệm trực tiếp hoặc tham gia triển khai ứng dụng kết quả nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ theo yêu cầu của Bên A hoặc tổ chức, cá nhân được Bên A giao quyền sở hữu, sử dụng kết quả thực hiện đề tài;

r) Thực hiện bảo mật các kết quả thực hiện đề tài theo quy định về bảo vệ bí mật của nhà nước;

s) Thực hiện các quyền và nghĩa vụ khác theo quy định Luật Khoa học và Công nghệ và các văn bản liên quan.

Điều 5. Chấm dứt Hợp đồng

Hợp đồng này chấm dứt trong các trường hợp sau:

1. Đề tài đã kết thúc và được nghiệm thu.

2. Bên B bị chấm dứt hợp đồng thực hiện đề tài khi có đề nghị thanh lý Hợp đồng của Hội đồng thanh lý đề tài cấp bộ.

Điều 6. Xử lý tài chính khi chấm dứt Hợp đồng

1. Đối với đề tài đã kết thúc và được nghiệm thu:

a) Đề tài đã kết thúc và đánh giá nghiệm thu từ mức “Đạt” trở lên thì Bên A thanh toán đầy đủ kinh phí cho Bên B theo quy định tại Hợp đồng này.

b) Đề tài đã kết thúc, nhưng nghiệm thu mức “không đạt” thì Bên B có trách nhiệm hoàn trả toàn bộ số kinh phí ngân sách nhà nước đã cấp nhưng chưa sử dụng. Bên B nộp hoàn trả ngân sách nhà nước, kinh phí chi công lao động trực tiếp của chủ nhiệm đề tài trên tổng kinh phí ngân sách nhà nước đã sử dụng cho đề tài nếu do lỗi khách quan hoặc toàn bộ tổng kinh phí ngân sách nhà nước đã sử dụng cho đề tài nếu do lỗi chủ quan.

2. Đối với đề tài chấm dứt khi có căn cứ khẳng định không còn nhu cầu thực hiện:

a) Trường hợp Đề tài chấm dứt khi có căn cứ khẳng định không còn nhu cầu thực hiện thì hai bên cùng nhau xác định khối lượng công việc Bên B đã thực hiện để làm căn cứ thanh

toán số kinh phí Bên B đã sử dụng nhằm thực hiện đề tài và thu hồi số kinh phí còn lại đã cấp cho Bên B.

b) Trường hợp hai bên thỏa thuận ký Hợp đồng mới để thay thế và kết quả nghiên cứu của Hợp đồng cũ là một bộ phận cấu thành kết quả nghiên cứu của Hợp đồng mới thì số kinh phí đã cấp cho Hợp đồng cũ được tính vào kinh phí cấp cho Hợp đồng mới và được tiếp tục thực hiện với Hợp đồng mới.

3. Đối với Đề tài bị đình chỉ theo quyết định của cơ quan có thẩm quyền hoặc Hợp đồng bị chấm dứt do Bên B không nộp hồ sơ để đánh giá, nghiệm thu Đề tài theo quy định pháp luật thì Bên B có trách nhiệm hoàn trả toàn bộ số kinh phí ngân sách nhà nước đã được cấp nhưng chưa sử dụng. Bên B nộp hoàn trả ngân sách nhà nước, kinh phí chi công lao động trực tiếp của chủ nhiệm đề tài trên tổng kinh phí ngân sách nhà nước đã sử dụng cho đề tài nếu do lỗi khách quan hoặc toàn bộ tổng kinh phí ngân sách nhà nước đã sử dụng cho đề tài nếu do lỗi chủ quan.

4. Đối với Đề tài không hoàn thành do lỗi của Bên A dẫn đến việc chấm dứt Hợp đồng thì Bên B không phải bồi hoàn số kinh phí đã sử dụng để thực hiện Đề tài, nhưng vẫn phải thực hiện việc quyết toán kinh phí theo quy định của pháp luật.

Điều 7. Xử lý tài sản khi chấm dứt Hợp đồng

1. Khi chấm dứt Hợp đồng, việc xử lý tài sản được mua sắm hoặc được hình thành bằng ngân sách nhà nước cấp cho đề tài được thực hiện theo quy định pháp luật và quy định của Đại học Thái Nguyên.

2. Các sản phẩm vật chất của Đề tài sử dụng ngân sách nhà nước: nguồn thu khi các sản phẩm này được tiêu thụ trên thị trường sau khi trừ các khoản chi phí cần thiết, hợp lệ, được phân chia theo quy định pháp luật và quy định của Đại học Thái Nguyên.

Điều 8. Điều khoản chung

1. Trong quá trình thực hiện Hợp đồng, nếu một trong hai bên có yêu cầu sửa đổi, bổ sung nội dung hoặc có căn cứ để chấm dứt thực hiện Hợp đồng thì phải thông báo cho bên kia ít nhất là 15 ngày làm việc trước khi tiến hành sửa đổi, bổ sung hoặc chấm dứt thực hiện Hợp đồng, xác định trách nhiệm của mỗi bên và hình thức xử lý. Các sửa đổi, bổ sung (nếu có) phải lập thành văn bản có đầy đủ chữ ký của các bên và được coi là bộ phận của Hợp đồng và là căn cứ để nghiệm thu kết quả của đề tài.

2. Khi một trong hai bên gặp phải trường hợp bất khả kháng dẫn đến việc không thể hoặc chậm thực hiện nghĩa vụ đã thỏa thuận trong Hợp đồng thì có trách nhiệm thông báo cho Bên kia trong 10 ngày làm việc kể từ ngày xảy ra sự kiện bất khả kháng. Hai bên có trách nhiệm phối hợp xác định nguyên nhân và báo cáo cơ quan quản lý nhà nước có thẩm quyền để giải quyết theo quy định của pháp luật.

3. Hai bên cam kết thực hiện đúng các quy định của Hợp đồng và có trách nhiệm hợp tác giải quyết các vướng mắc phát sinh trong quá trình thực hiện. Bên vi phạm các cam kết trong Hợp đồng phải chịu trách nhiệm theo quy định pháp luật.

4. Mọi tranh chấp phát sinh trong quá trình thực hiện Hợp đồng do các bên thương lượng hoà giải để giải quyết. Trường hợp không hoà giải được thì một trong hai bên có quyền đưa tranh chấp ra để giải quyết theo quy định của pháp luật.

Điều 9. Hiệu lực của Hợp đồng

Hợp đồng này có hiệu lực từ ngày ký. Hợp đồng này được lập thành 06 bản và có giá trị như nhau, Bên A giữ 02 bản, Bên B giữ 04 bản.

BÊN A

(Bên đặt hàng)

(Chữ ký, họ và tên và đóng dấu)



KỶ GIÁM ĐỐC
PHÓ GIÁM ĐỐC
PGS. TS. Trần Thanh Vân

BÊN B

(Bên nhận đặt hàng)

Chủ nhiệm đề tài

(Chữ ký, họ và tên)



Đỗ Trung Hải

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

ĐIỀU CHỈNH ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP BỘ

1. Tên đề tài: **Nghiên cứu và đề xuất thuật toán mới trong điều khiển, kỹ thuật truyền thông và kết nối mạng cho đàn robot tự hành**
2. Mã số: **B2021-TNA-01**
3. Họ và tên, học vị, chức danh khoa học của chủ nhiệm đề tài: **TS. Đỗ Trung Hải**
4. Tổ chức chủ trì: **Đại học Thái Nguyên**
5. Nội dung điều chỉnh (*giải trình lý do và nội dung thay đổi*):
 - 5.1. Điều chỉnh về thời gian thực hiện: **Gia hạn thời gian thực hiện thêm 06 tháng, đến hết 30/6/2023; Lý do: Xin gia hạn để hoàn thiện sản phẩm bài báo khoa học (do quá trình phản biện bài ISI Q1 kéo dài).**
 - 5.2. Điều chỉnh về chủ nhiệm đề tài:
 - 5.3. Điều chỉnh về nội dung của đề tài:
 - 5.4. Điều chỉnh về tiến độ thực hiện đề tài: **Điều chỉnh theo thời gian thực hiện đề tài.**

Ngày 23 tháng 12 năm 2022

Tổ chức chủ trì

(*ký, họ và tên, đóng dấu*)



**KT. GIÁM ĐỐC
PHÓ GIÁM ĐỐC
PGS. TS. Trần Thanh Vân**

Ngày 01 tháng 12 năm 2022

Chủ nhiệm đề tài

(*ký, họ và tên*)

TS. Đỗ Trung Hải

Ngày 29 tháng 12 năm 2022

Cơ quan chủ quản duyệt

**TL. BỘ TRƯỞNG BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
VỤ TRƯỞNG VỤ KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ MÔI TRƯỜNG**



PHÓ VỤ TRƯỞNG VỤ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ VÀ MT

Vũ Thanh Bình