

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

ĐẶNG QUANG HIỆU

**NGHIÊN CỨU, XÂY DỰNG GIẢI PHÁP NÂNG CAO CHẤT
LƯỢNG XỬ LÝ, HỢP NHẤT QUỸ ĐẠO TRONG HỆ THỐNG
TỰ ĐỘNG HÓA CHỈ HUY**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI – NĂM 2022

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

ĐẶNG QUANG HIỆU

**NGHIÊN CỨU, XÂY DỰNG GIẢI PHÁP NÂNG CAO CHẤT
LƯỢNG XỬ LÝ, HỢP NHẤT QUỸ ĐẠO TRONG HỆ THỐNG
TỰ ĐỘNG HÓA CHỈ HUY**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

**Chuyên ngành: KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HOÁ
Mã số: 9.52.02.16**

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

PGS, TS LÊ ANH DŨNG

TS NGUYỄN PHÙNG BẢO

HÀ NỘI – NĂM 2022

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu khoa học của riêng tôi. Các số liệu, chương trình, kết quả nêu trong luận án là hoàn toàn trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ một công trình nào khác.

Tác giả

Đặng Quang Hiệu

LỜI CẢM ƠN

Để thực hiện được đề tài nghiên cứu này, tôi muốn bày tỏ lời cảm ơn sâu sắc tới hai thầy hướng dẫn: PGS, TS Lê Anh Dũng và TS GVC Nguyễn Phùng Bảo đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ tôi trong suốt quá trình chuẩn bị các nội dung nghiên cứu, định hướng giải quyết, tài liệu nghiên cứu, phương pháp làm việc khoa học, phát triển và hoàn thiện luận án.

Tôi cũng xin chân thành gửi lời cảm ơn tới tập thể cán bộ Phòng Sau đại học, các thầy giáo, đồng nghiệp thuộc Khoa Kỹ thuật Điều khiển, Viện Tích hợp Hệ thống / Học viện Kỹ thuật Quân sự đã tạo điều kiện thuận lợi, góp ý, động viên, hợp tác và nhiệt tình hỗ trợ trong quá trình thực hiện luận án.

Tôi luôn mong đợi và cảm ơn những đóng góp ý kiến của các thầy và các bạn đồng nghiệp. Tôi xin tiếp tục cập nhật, sửa chữa và bổ sung để hoàn thiện hướng nghiên cứu của luận án.

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ KÝ HIỆU	vi
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ.....	viii
MỞ ĐẦU	1
Chương 1 TỔNG QUÁT VỀ BÀI TOÁN TỔNG HỢP, HỢP NHẤT DỮ LIỆU TỪ NHIỀU NGUỒN.....	14
1.1. Tổng quát về các mô hình hệ thống và quá trình xử lý	14
1.1.1. Phân loại các mô hình hệ thống ra đa	15
1.1.2. Quá trình xử lý thông tin, dữ liệu và phân loại mô hình hệ thống theo công đoạn xử lý.....	16
1.1.3. Một số đặc điểm của mô hình hệ thống đa đầu đo ở Việt Nam	20
1.2. Xử lý thông tin, dữ liệu trong hệ thống theo cách tiếp cận XLQĐ	22
1.2.1. Đặt vấn đề	22
1.2.2. Tổng quan về tổng hợp, liên kết quỹ đạo trong bài toán XLQĐ	23
1.2.3. Thuật toán Bayes cận tối ưu liên kết dữ liệu theo xác suất.....	29
1.2.4. Một số nhận xét	33
1.3. Xử lý hợp nhất dữ liệu quỹ đạo và xây dựng nội dung nghiên cứu	36
1.3.1. Những vấn đề của bài toán “Tổng hợp, hợp nhất dữ liệu”	36
1.3.2. Xây dựng nội dung nghiên cứu của luận án	37
1.4. Kết luận chương 1	38
Chương 2 ỨNG DỤNG CÔNG CỤ PHÂN LỚP DỮ LIỆU GIẢI BÀI TOÁN XỬ LÝ HỢP NHẤT QUỸ ĐẠO TẠI TTXL	40
2.1. Một số điểm tương đồng của PLDL và bài toán XLQĐ	40

2.1.1. Tóm tắt về một số đặc điểm của lý thuyết KTDL và PLDL	40
2.1.2. Một số đặc điểm của PLDL và sự tương đồng với bài toán XLQĐ ...	43
2.2. Nghiên cứu, ứng dụng công cụ PLDL để xác định số lượng quỹ đạo.....	51
2.2.1. Bài toán PLDL khi chưa biết số lớp	51
2.2.2. Phương pháp SCM ứng dụng trong xác định số lượng quỹ đạo.....	54
2.2.3. Một số nhận xét	58
2.3. Nghiên cứu, ứng dụng PLDL trong liên kết ĐDQĐ với quỹ đạo	58
2.3.1. Tổng quát về phân lớp trung bình c ứng dụng trong liên kết ĐDQĐ với quỹ đạo	59
2.3.2. Ứng dụng công cụ phân lớp trung bình c tường minh giải bài toán liên kết điểm đầu với quỹ đạo	60
2.3.3. Ứng dụng công cụ phân lớp trung bình c-mờ (FCM) trong giải bài toán liên kết ĐDQĐ với quỹ đạo	62
2.3.4. Một số nhận xét	64
2.4. Ứng dụng PLDL liên kết ĐDQĐ với quỹ đạo chân thực tại TTXL.....	65
2.4.1. Đặt bài toán	65
2.4.2. Ứng dụng công cụ phân lớp tường minh liên kết các tập con ĐDQĐ với quỹ đạo chân thực.....	65
2.5. Tổng hợp sơ đồ chức năng tổng quát XLQĐ trên cơ sở PLDL	67
2.6. Kết luận chương 2	68
Chương 3 THUẬT TOÁN TỔNG HỢP, HỢP NHẤT QUỸ ĐẠO TRONG TTXL VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU.....	70
3.1. Tổng hợp lưu đồ thuật toán tổng quát tổng hợp, hợp nhất quỹ đạo tại TTXL.....	70
3.2. Tổng hợp thuật toán tạo giả và xuất tập dữ liệu các điểm đầu quỹ đạo phục vụ mô phỏng.....	72
3.3. Tổng hợp lưu đồ thuật toán xác định số các quỹ đạo chân thực	82

3.4. Tổng hợp lưu đồ thuật toán liên kết ĐDQĐ với quỹ đạo.....	89
3.5. Tổng hợp lưu đồ thuật toán liên kết các tập điểm dấu quỹ đạo đã được phân lớp với quỹ đạo chân thực	94
3.6. Đánh giá kết quả nghiên cứu lọc, bám quỹ đạo đã tổng hợp, hợp nhất....	98
3.6.1. Đánh giá khả năng cho qua và yêu cầu đáp ứng thời gian thực	98
3.6.2. Đánh giá về tính đầy đủ của TTRĐ.....	102
3.6.3. Đánh giá về độ chính xác.....	103
3.6.4. So sánh kết quả với một số công trình công bố khác	106
3.7. Mô phỏng với dữ liệu quỹ đạo mục tiêu trên không.....	107
3.8. Kết luận chương 3	111
KẾT LUẬN CHUNG	113
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ	115
TÀI LIỆU THAM KHẢO	116
PHỤ LỤC	126

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ KÝ HIỆU

1. Chữ viết tắt:

ACTIOY-BH	Hệ thống tự động thu nhận, xử lý thông tin và điều khiển chức năng quân sự
C2	Hệ thống Chỉ huy, Điều khiển / Kiểm soát
C4ISR	Hệ thống Chỉ huy - Điều khiển/Kiểm soát - Máy tính - Truyền thông - Tình báo - Giám sát và Nhận dạng
CKT	Chiến – Kỹ thuật
CSB	Cảnh sát biển
ĐDQĐ	Điểm dẫu quỹ đạo
FCM	Trung bình c mờ (Fuzzy c - mean)
GNN	Thuật toán lân cận gần nhất toàn cục (Global Nearest Neighbor)
HTRĐ	Hệ thống ra đa
JPDA	Thuật toán Liên kết dữ liệu theo xác suất đồng thời (Joint Probability Data Association)
KTDL	Khai thác (phá) dữ liệu (Data minning)
KTĐK	Kỹ thuật điều khiển
MHT	Thuật toán đa giả thuyết (Multi Hypothesis algorithm)
MCM	Phương pháp phân lớp núi (Mountain Clustering Method)
NN	Thuật toán lân cận gần nhất (Nearest Neighbor)
PDA	Thuật toán Liên kết dữ liệu theo xác suất (Probability Data Association)
PLDL	Phân lớp dữ liệu (Data Clustering)
QCHQ	Quân chủng Hải quân
QCPK-KQ	Quân chủng Phòng không – Không quân
SCH	Sở Chỉ huy

SCM	Phương pháp phân lớp trừ (Subtractive Clustering Method)
THRĐ	Tín hiệu ra đa
TTRĐ	Tin tức ra đa
TTXL	Trung tâm xử lý
VTĐT	Vô tuyến điện tử
VK-KT	Vũ khí – Khí tài
XLC1,2,3	Xử lý cấp 1, 2, 3 (O_1, O_2, O_3)
XLTH	Xử lý tín hiệu
XLQĐ	Xử lý quỹ đạo

2. Ký hiệu:

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
---------	--------	---------

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

Hình 0.1: Mô hình hệ thống АСПЮУ-ВН của Nga.....	2
Hình 0.2: Mô hình MIDS – hạt nhân của hệ thống C4ISR của Mỹ và nhiều nước hiện nay.....	2
Hình 0.3: Minh họa tổ chức phân lớp các VK-KT trong hệ thống C4ISR	4
Hình 0.4: Minh họa sơ đồ các chức năng chính của một hệ thống trung tâm chỉ huy – điều khiển/kiểm soát.....	5
Hình 0.5: Mô tả quá trình xử lý, tổng hợp và hợp nhất dữ liệu	6
Hình 0.6: Giải thích xử lý hợp nhất quỹ đạo các đối tượng từ nhiều nguồn	8
Hình 1.1: Sơ đồ phân loại các mô hình HTRĐ	15
Hình 1.2: Phân loại HTRĐ theo các công đoạn xử lý	18
Hình 1.3: Các cấu trúc cơ bản của hệ thống mạng ra đa	20
Hình 1.4: Cấu trúc hệ thống đa đầu đo của Việt Nam	21
Hình 1.5: Ví dụ về các tình huống cần hợp nhất chính xác	25
Hình 1.6: Mô tả việc tổng hợp hai thuật toán PDA và JPDA	33
Hình 1.7: Một số hình dạng cửa sóng trong xử lý liên kết	35
Hình 2.1: Khai thác dữ liệu là lĩnh vực KHKT đa ngành.....	41
Hình 2.2: Minh họa chức năng, nhiệm vụ của phân loại và phân lớp	42
Hình 2.3: Sơ đồ cấu trúc tổng quát TTXL thực hiện XLQĐ.	47
Hình 2.4: Minh họa cách tiếp cận liên kết điểm đầu quỹ đạo với quỹ đạo	49
Hình 2.5: Xử lý dữ liệu địa hình bằng MCM và hàm núi.	53
Hình 2.6: Minh họa đặc tính hội tụ của các ĐDQĐ khi xác định $N_t(k)$	55
Hình 2.7: Ví dụ về biểu diễn các giá trị của tâm lớp tiềm năng.....	56
Hình 2.8: Sơ đồ chức năng tổng quát quá trình XLQĐ ứng dụng PLDL	67
Hình 3.1: Lưu đồ tổng quát quá trình XLQĐ tại TTXL.....	71
Hình 3.2: Lưu đồ thuật toán tạo, xuất dữ liệu dùng cho tính toán, mô phỏng	77

Hình 3.3: Tạo giả bức tranh tình huống quỹ đạo mục tiêu (số lượng quỹ đạo chân thực = 50, số chu kỳ xử lý = 180)	79
Hình 3.4: Phóng to bức tranh tình huống quỹ đạo mục tiêu được tạo giả (số quỹ đạo thực $N=50$, số chu kỳ = 180)	80
Hình 3.5: Chi tiết dữ liệu tạo giả vị trí ĐDQĐ từ quỹ đạo thực (số lượng quỹ đạo chân thực $N=50$, số chu kỳ = 180).....	81
Hình 3.6: Lưu đồ thuật toán xác định số lượng quỹ đạo chân thực.....	82
Hình 3.7: Bức tranh tình huống tạo giả các dữ liệu ĐDQĐ đầu vào tại 1 chu kỳ nhịp; tổng số 150 quỹ đạo thực.....	86
Hình 3.8: Biểu tượng vị trí dữ liệu ĐDQĐ từ quỹ đạo chân thực tại 1 chu kỳ nhịp xử lý.....	87
Hình 3.9: Kết quả xử lý tính toán tâm cụm ĐDQĐ tương ứng quỹ đạo chân thực; số lượng quỹ đạo chân thực 150.....	88
Hình 3.10: Lưu đồ thuật toán dùng liên kết các ĐDQĐ với quỹ đạo sử dụng công cụ phân lớp trung bình c – mờ.....	89
Hình 3.11: Hiện thị chi tiết tính toán xác định tọa độ tâm cụm ĐDQĐ ứng với quỹ đạo chân thực tại 1 chu kỳ nhịp.....	93
Hình 3.12: Lưu đồ thuật toán liên kết các ĐDQĐ với quỹ đạo chân thực	95
Hình 3.13: Xử lý liên kết tâm cụm điểm dấu quỹ đạo với quỹ đạo tại trung tâm qua các chu kỳ nhịp.....	97
Hình 3.14: Bức tranh kết quả xử lý tổng hợp, hợp nhất quỹ đạo tại TTXL (300 quỹ đạo chân thực, chu kỳ nhịp 73)	99
Hình 3.15: Bức tranh tình huống quỹ đạo mục tiêu sau tổng hợp hợp nhất (đỏ) với 500 quỹ đạo chân thực (xanh).....	100
Hình 3.16: Bảng dữ liệu các tham số của quỹ đạo chân thực và quỹ đạo tương ứng sau tổng hợp, hợp nhất bằng các phương pháp PLDL	103

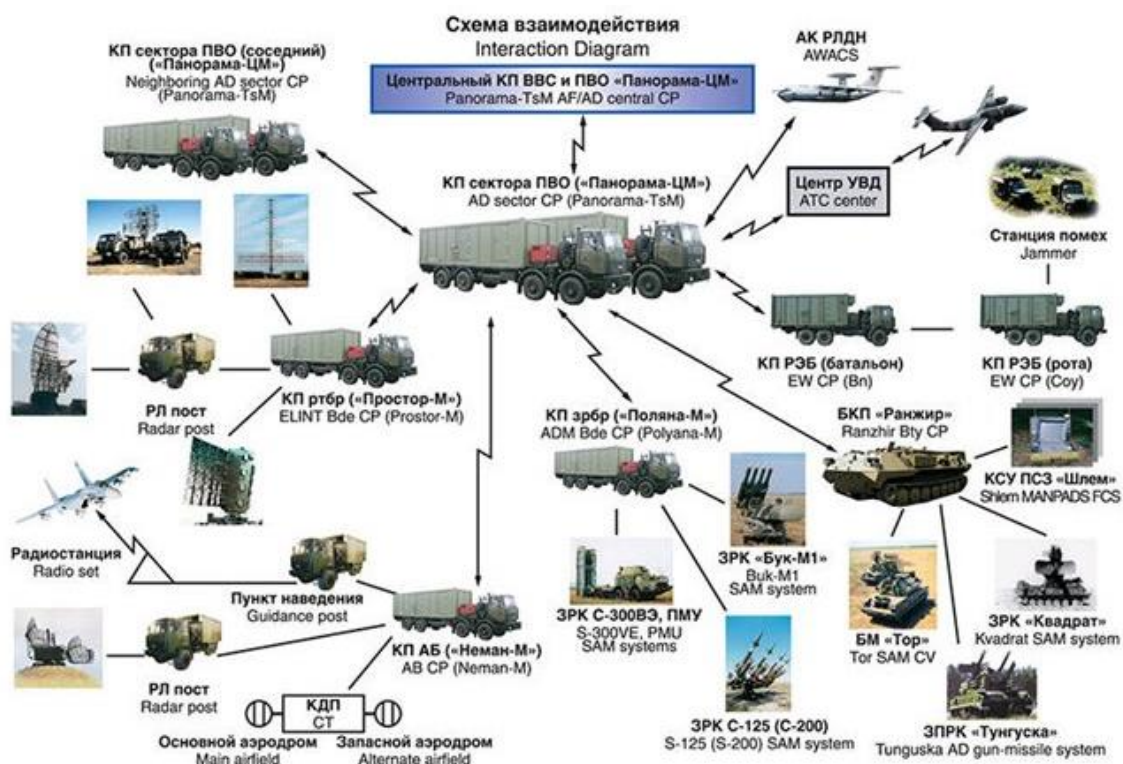
Hình 3.17: So sánh sai lệch Vị trí giữa các quỹ đạo nguồn vào (nét đứt) và quỹ đạo THHN (đỏ) với quỹ đạo chân thực (trục ngang)	104
Hình 3.18: Đồ thị ước lượng sai số các tham số vị trí (a), hướng đi (b) và tốc độ (c) giữa quỹ đạo chân thực và quỹ đạo sau hợp nhất.	105
Hình 3.19: Kết quả mô phỏng tương quan và lọc trong bám đa mục tiêu (200 quỹ đạo) sử dụng thuật toán UIMM và GNN	106
Hình 3.20: Bức tranh tình huống mục tiêu trên không được tổng hợp hợp nhất với 300 quỹ đạo chân thực	108
Hình 3.21: Chi tiết xử lý tổng hợp, hợp nhất quỹ đạo mục tiêu trên không từ các ĐDQĐ	109
Hình 3.22: So sánh sai số Vị trí (a) và Vận tốc (b) giữa quỹ đạo mục tiêu trên không sau THHN và quỹ đạo chân thực theo các chu kỳ xử lý....	110

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài luận án

Trong tài liệu [110], các nhà khoa học kỹ thuật thuộc trường Tổng hợp Kỹ thuật Quân sự hàng đầu của Nga đã đưa ra định nghĩa chuẩn mực về mô hình “Hệ thống tự động thu nhận xử lý thông tin và điều khiển chức năng quân sự – АСПОУ-ВН” (автоматическая система приёма, обработки и управления военного назначения) (hình 0.1). Theo đó, hệ thống là một thể thống nhất gồm các tập (hệ) con quân sự: phương tiện trinh sát, giám sát, thu thập tình báo không gian, xử lý thông tin, nhận dạng và đánh giá, ra các quyết định chỉ huy, chỉ thị mục tiêu và điều khiển các hệ thống vũ khí hỏa lực. Từ giữa những năm 1990, Mỹ và các quốc gia đồng minh đã xây dựng khái niệm mô hình “Hệ thống cung cấp thông tin đa chức năng - MIDS” (Multifunctional Information Distribution System) và là hạt nhân của hệ thống C4ISR (Command - Chỉ huy, Control - Điều khiển, Communication - Thông tin, Computer - Máy tính, Intelligence - Tình báo, Surveillance - Giám sát, Reconnaissance – Trinh sát) (hình 0.2) thực hiện tích hợp và đồng bộ các chức năng như: chỉ huy, điều khiển các phương tiện vũ khí, trang bị, chức năng trinh sát, tác chiến điện tử, thông tin liên lạc, dẫn đường, xác định và phân biệt chủ quyền.

Dù thể hiện ở các thuật ngữ khác nhau, việc thiết lập mô hình hệ thống thống nhất thực hiện chức năng tự động trinh sát, thu thập thông tin dữ liệu về tình huống không gian tác chiến, xử lý và đánh giá, ra quyết định chỉ huy và điều khiển, truyền tới hệ thống, phương tiện chấp hành,... đều có cùng một mục tiêu chung. Với Việt Nam, việc xây dựng các mô hình như vậy tại Sở chỉ huy (SCH) các Quân, Binh chủng cũng không là ngoại lệ và đang là yêu cầu cấp thiết trong tổ chức nghiên cứu xây dựng và triển khai ứng dụng.



Hình 0.1: Mô hình hệ thống АСПОУ-ВН của Nga



Hình 0.2: Mô hình MIDS – hạt nhân của hệ thống C4ISR của Mỹ và nhiều nước hiện nay

Thời điểm hiện nay, mô hình hoàn chỉnh có dạng như АСІОУ-ВН, C4ISR đang là mục tiêu trong định hướng hiện đại hóa quân đội nói riêng và lực lượng vũ trang nói chung. Trong đó, hệ thống thông tin chỉ huy, kiểm soát và điều khiển các hoạt động quân sự thực hiện nhiệm vụ quan trắc, trinh sát không gian bằng phương tiện khác nhau về hiệu ứng vật lý; xử lý thông tin, đánh giá tình huống với sự hỗ trợ của hệ thống máy tính; ra quyết định và truyền tới các hệ con, phương tiện chấp hành, v.v. là mô hình kỹ thuật tổng quát hiện hữu tại nhiều đơn vị như: Phòng không - Không quân (PK-KQ), Hải quân (QCHQ), Cảnh sát biển (CSB), Biên Phòng,...

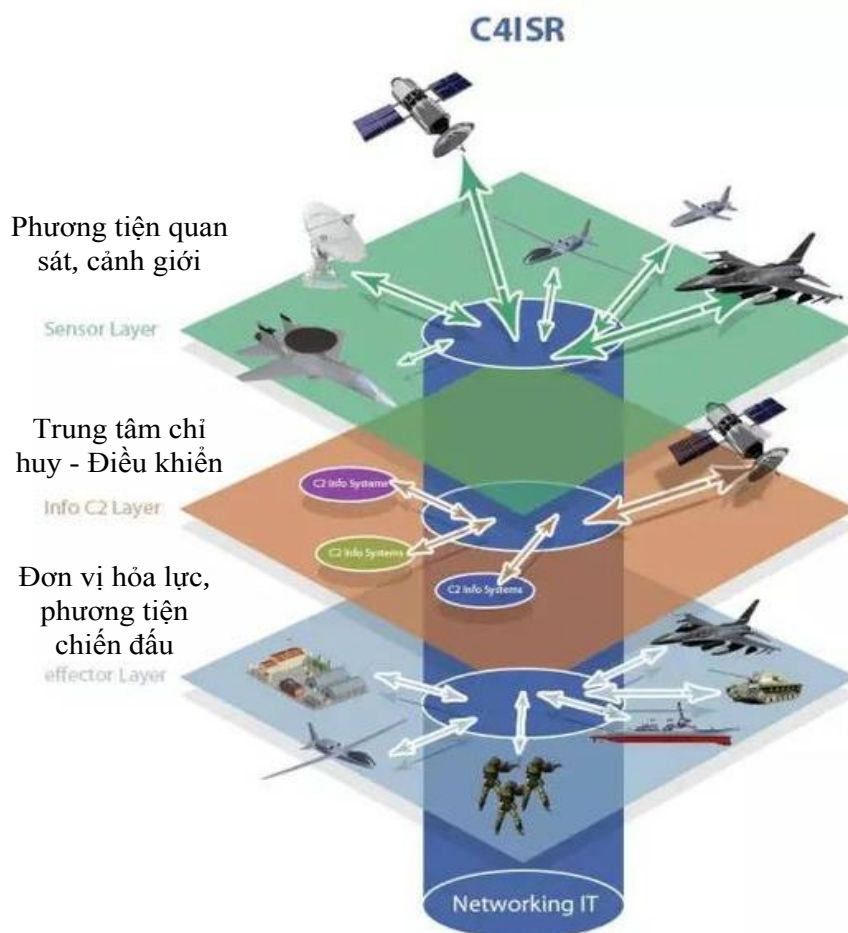
Theo [2], [5], [8], [17], [20], [89], [92], [103], hệ thống thông tin chỉ huy, kiểm soát và điều khiển quân sự (C2) thường sử dụng các giải pháp xử lý tổng hợp thông tin, dữ liệu thu nhận từ nhiều nguồn. Điều này xuất phát từ yêu cầu nhiệm vụ khi các phương tiện kỹ thuật quan trắc có tính năng chiến - kỹ thuật (CKT) khác nhau nhằm giải quyết các nhiệm vụ tác chiến cụ thể. Theo [6], [103], khái niệm “hợp nhất thông tin, dữ liệu” về các đối tượng được hiểu là quá trình ra quyết định về thông tin, dữ liệu được cập nhật từ nhiều nguồn trong cùng khoảng thời gian, xác định xem có thuộc về lớp được quan tâm hay không. Như vậy, tại Trung tâm xử lý (TTXL), nó thuộc lớp bài toán của hệ thống lớn, trong đó các phần tử quan trắc thuộc hệ con là *hệ các đầu đo (cảm biến)* cung cấp thông tin, dữ liệu để thực hiện bài toán chỉ huy – điều khiển.

Hình 0.3 minh họa tổ chức phân lớp các phương tiện vũ khí – khí tài (VK-KT) theo chức năng nhiệm vụ trong hệ thống C4ISR điển hình, gồm:

- *Sensor layer*: là tập hợp các phương tiện cảnh giới quan sát, thu thập thông tin tình huống trên chiến trường.
- *C2 layer*: là hệ thống thông tin – chỉ huy, kiểm soát và điều khiển quân sự tại Sở Chỉ huy.

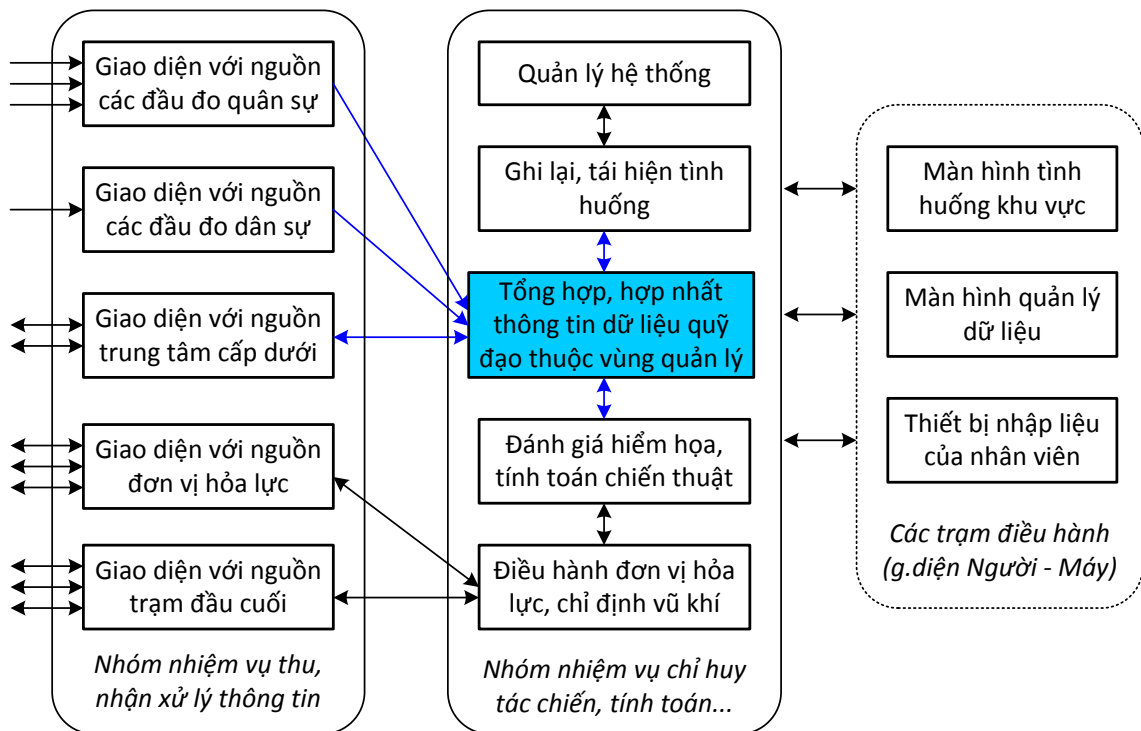
- *Effector layer*: là các đơn vị hỏa lực, phương tiện vũ khí thuộc quyền chỉ huy, đơn vị phối thuộc cùng thực hiện nhiệm vụ.

Kết nối giữa các lớp này là mạng truyền số liệu (hữu tuyến, vô tuyến) phục vụ trao đổi thông tin, mệnh lệnh chỉ huy với các dịch vụ đa dạng như: dữ liệu, thoại, video, tin nhắn,...



Hình 0.3: Minh họa tổ chức phân lớp các VK-KT trong hệ thống C4ISR

Một ví dụ trong [75], bộ tài liệu đề xuất xây dựng hệ thống C2 cho lực lượng PK-KQ. Trên Hình 0.4 mô tả sơ đồ các nhóm chức năng cơ bản của một hệ thống C2 cho lực lượng PK-KQ. Theo đó, chức năng “*tổng hợp, hợp nhất thông tin từ nhiều nguồn*” với các đầu đo sử dụng các hiệu ứng vật lý khác nhau là bài toán không thể thiếu, là yêu cầu bắt buộc phải thực hiện trong TTXL, từ quy mô cấp tổ hợp VK-KT đến SCH cấp cao.



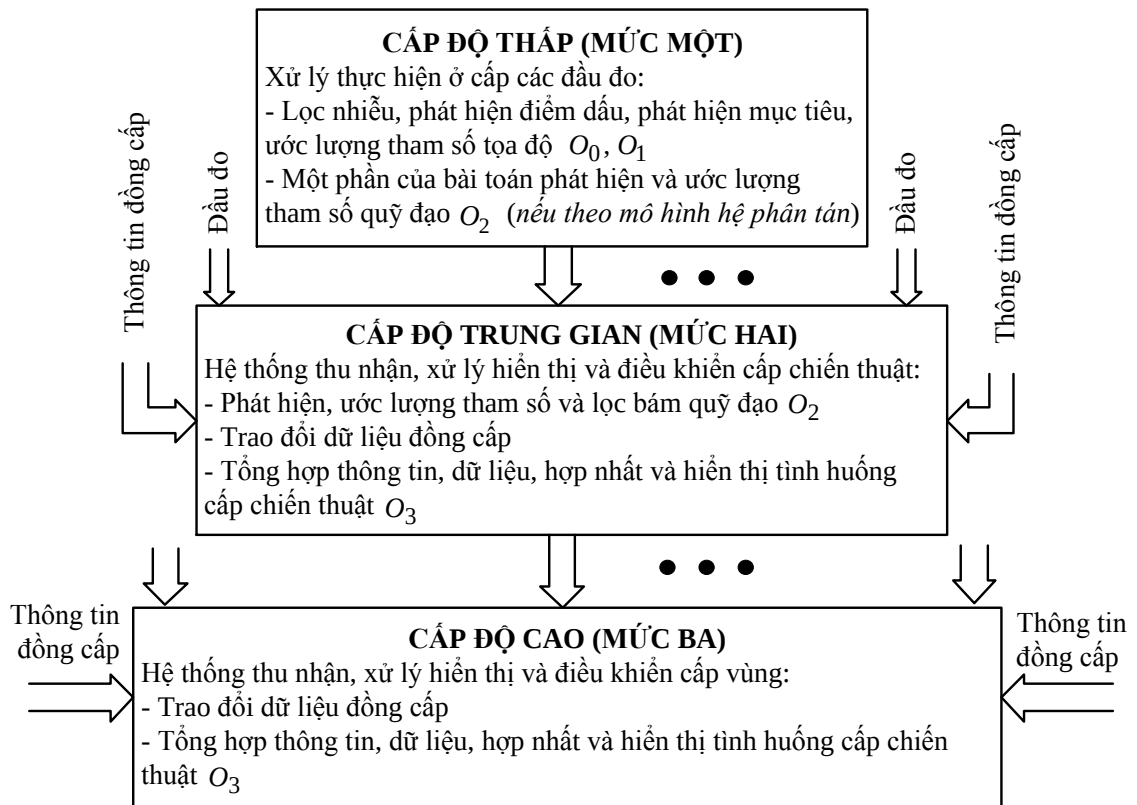
Hình 0.4: Minh họa sơ đồ các chức năng chính của một hệ thống trung tâm chỉ huy – điều khiển/kiểm soát

Theo [17], [97], việc xử lý *tổng hợp, hợp nhất dữ liệu* thường được xây dựng theo mô hình mà theo đó:

- Các phương tiện xử lý thông tin quan trắc mục tiêu được chia theo từng cấp độ (thứ bậc) mô tả trong Hình 0.5. Cấp độ thấp nhất được thực hiện tại các đầu đo để giải bài toán phát hiện, ước lượng tham số tọa độ và có thể một phần của bài toán phát hiện quỹ đạo, ước lượng tham số quỹ đạo (*theo mô hình xử lý phân tán* [89], [92]). Kết quả đầu ra là nguồn đầu vào của đơn vị xử lý cấp cao hơn.

- Cấp xử lý trung gian thực hiện phát hiện, ước lượng tham số quỹ đạo các đối tượng trong vùng quản lý. Nếu xử lý tập trung [47], đầu vào cấp trung gian là tập các dữ liệu tham số tổng hợp điểm dấu gồm: tọa độ, kiểu loại, thời gian cập nhật, v.v). Khi đó, trước khi thực hiện phát hiện quỹ đạo, cần tiến hành lọc, liên kết dữ liệu (Data Association) điểm dấu với quỹ đạo. Còn với xử lý phân tán [17], [18], [20], [101], thông tin đầu vào là dữ liệu quỹ đạo đã

được xử lý tại từng đầu đo. Cấp xử lý trung gian thực hiện tổng hợp, hợp nhất dữ liệu quỹ đạo của từng đối tượng, hiển thị và cung cấp đến nơi dùng tin. Theo [20], [101], cấp trung gian thường là cấp chiến thuật với TTXL gắn liền với SCH trung, lữ đoàn, v.v.



Hình 0.5: Mô tả quá trình xử lý, tổng hợp và hợp nhất dữ liệu

- Cấp độ cao (mức 3) được thực hiện tại TTXL thuộc SCH cấp khu vực, cấp vùng. Thông tin cập nhật đầu vào là quỹ đạo các đối tượng hoặc nhóm đối tượng với những yêu cầu thống nhất về định dạng [89] nhằm thể hiện *bức tranh tình huống không gian tác chiến* ở cấp độ cao, phục vụ cho việc tự động hoặc bán tự động ra các quyết định chỉ huy, điều khiển.

Như vậy, toàn bộ quá trình xử lý thông tin gồm có các công đoạn:

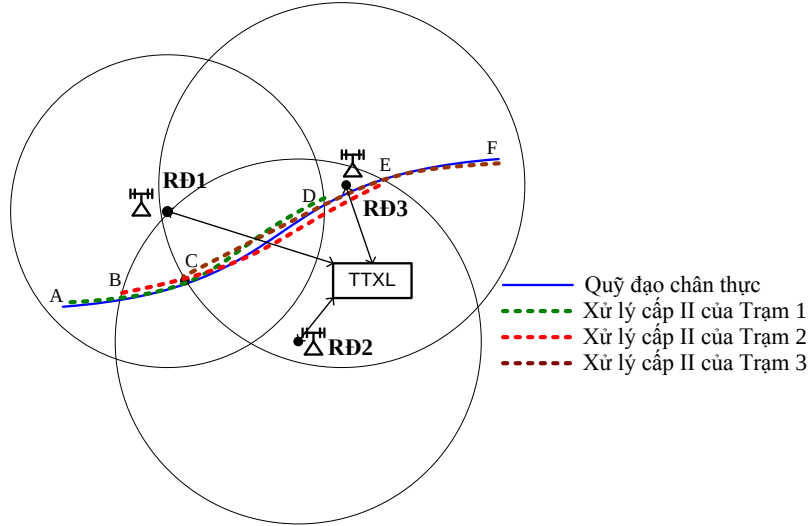
+ **Chuyển phổ và lọc** lấy tín hiệu có ích - công đoạn O_0 [89]: là một khâu đặc biệt quan trọng cung cấp nguồn thông tin đầu vào.

+ **Xử lý cấp 1** (XLC1) - công đoạn O_1 (còn gọi là *xử lý sơ cấp*): được thực hiện tại đầu đo, gồm: phát hiện tín hiệu có ích trên nền nhiễu, ước lượng tọa độ; ra quyết định về việc tồn tại đối tượng trong vùng quan sát và ước lượng tham số. Trên thực tế, đầu ra của XLC1 có dạng là tập các dữ liệu về tham số tọa độ và thời điểm phát hiện đối tượng. Tùy vào cấu trúc và phương thức xử lý, mà O_1 có thể phân chia thành: $O_1 = O_{1.1} + O_{1.2}$; trong đó: $O_{1.1}$ - là lọc tín hiệu có ích trên nền nhiễu và hình thành điểm dấu; $O_{1.2}$ - thực hiện ước lượng tham số tọa độ không – thời gian của điểm dấu đó. Như vậy, $O_{1.1}$ sẽ có liên quan nhiều tới xử lý tín hiệu (XLTH).

+ **Xử lý cấp 2** (XLC2) - công đoạn O_2 [89], [92] (còn gọi là *xử lý thứ cấp*): xử lý thông tin ra đa thực hiện các nội dung phát hiện quỹ đạo, ước lượng các tham số quỹ đạo, lọc và bám quỹ đạo. Khi đó, mô hình hệ thống dù được xây dựng theo phương thức xử lý nào, thì việc *liên kết điểm dấu phát hiện với quỹ đạo và bài toán lọc, bám quỹ đạo* được coi như hai mặt của một quá trình. Hiện nay, các thuật toán liên kết điểm dấu với quỹ đạo như: lân cận gần nhất (Nearest Neighbor Algorithm - NN), liên kết dữ liệu theo xác suất (Probability Data Association - PDA), liên kết dữ liệu theo xác suất đồng thời (Joint Probability Data Association - JPDA) và một số biến thể khác dùng để giải quyết bài toán liên kết điểm dấu với quỹ đạo [15÷18], [23], [26], [30].

+ **Xử lý cấp 3** (XLC3) - công đoạn O_3 [30], [70], [74], [84], [90] là bài toán tổng hợp, hợp nhất các quỹ đạo chân thực trong vùng phát hiện của hệ thống. Các bước cơ bản của XLC3 gồm: hợp nhất quỹ đạo thu được từ nhiều nguồn và lọc bám quỹ đạo đã hợp nhất. Trong đó, hợp nhất quỹ đạo thu được từ nhiều nguồn là nội dung đặc biệt quan trọng của XLC3 và được giải thích dựa trên ví dụ ở Hình 0.6. Tại TTXL quỹ đạo thực đối tượng từ A đến B chỉ lấy từ một nguồn T1 gắn với ra đa RĐ1; từ B đến C lấy từ hai nguồn T1 gắn

với RD1 và T2 gắn với RD2; và từ C đến D lấy từ ba nguồn T1, T2 và T3; từ D đến E lấy từ hai nguồn T2 và T3, và từ E đến F lấy từ một nguồn là T3, v.v.



Hình 0.6: Giải thích xử lý hợp nhất quỹ đạo các đối tượng từ nhiều nguồn

Như vậy, XLC3 sẽ hình thành nguồn thông tin chính thức, chân thực tạo ra bức tranh tình huống không gian toàn cảnh và cung cấp đến nơi dùng tin. Bài toán XLC3 luôn có tính cấp thiết và thực tiễn trong tác chiến hiện đại, nó phụ thuộc nhiều vào mô hình cấu trúc và phương thức xử lý. Về cấu trúc, có thể có các dạng như: đường thẳng (tuyến tính), vòng tròn, hình sao, đa liên kết, thứ bậc, v.v. và một số dạng biến thể khác [17], [18], [89]. Xét theo đường truyền thông tin, dữ liệu, hệ thống có thể có cấu trúc: tập trung (Centralized architecture), phân tán (Distributed architecture) và phân cấp (Hierarchical architecture) tùy theo cấp độ và yêu cầu. Hiện nay, các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm tập trung vào hai phương thức chính: xử lý *tập trung* (Centralized Processing) tương ứng với cấu trúc tập trung và xử lý *phân tán* (Distributed Processing) tương ứng với cấu trúc phân tán [2], [17], [18], [89], [92]. Việc nghiên cứu bài toán XLC3 phải gắn liền với mô hình cấu trúc, phương thức xử lý và yêu cầu thông tin đầu ra của bức tranh toàn cảnh.

Cho tới nay, có rất nhiều công trình nghiên cứu được công bố và trở thành tài liệu kinh điển. Trong các tài liệu [16÷18], [20], [29], [92], [103], các

tác giả đã tổng hợp nhiều thuật toán giải quyết XLC3 ứng với mô hình và phương thức xử lý tập trung, mà trọng tâm là bài toán liên kết dữ liệu điểm đầu với quỹ đạo. Ngoài ra, có rất nhiều các bài báo chuyên khảo về hợp nhất dữ liệu và xử lý quỹ đạo thường xuyên công bố trên các tạp chí “Радиотехника”, “Радиоэлектроника” (“Kỹ thuật Vô tuyến điện” và “Vô tuyến điện tử”) của Nga, các tạp chí chuyên ngành thuộc “IEEE” và “SPIE” và tại các hội thảo chuyên đề thường niên “Radar Information Fusion”, v.v.

Tổng hợp các công trình nghiên cứu liên quan cho thấy: chất lượng xử lý tổng hợp, hợp nhất thông tin, dữ liệu từ mạng các đầu đo ứng dụng cho chỉ huy và điều khiển đang là bài toán chưa có lời giải hệ thống trọn vẹn. Ở Việt Nam, nội dung trên được nhiều cán bộ nghiên cứu quan tâm và đã có những ứng dụng cụ thể [2÷9]. Tuy nhiên, dù đã được đề cập nhiều, nhưng các nội dung nghiên cứu nêu trên chưa thực sự giải quyết hết cả về lý thuyết cũng như các ứng dụng để có thể áp dụng một cách hiệu quả, phù hợp với chiến lược, nghệ thuật quân sự và điều kiện tác chiến của Việt Nam, đó là:

- + Mô hình hệ thống được xây dựng phổ biến có cấu trúc và phương thức xử lý phân tán. Kể cả khi đã ứng dụng kỹ thuật mới thì việc xử lý chỉ ở mức bán tự động cấp thấp có độ chính xác, độ trễ thời gian chưa đáp ứng với yêu cầu tác chiến hiện đại. Sự can thiệp của con người với các tình huống phức tạp có thể dẫn tới các quyết định có mức tổn hao lớn.

- + Về lý thuyết, hệ thống có thể xây dựng theo mô hình độc lập hay liên kết thị tần [89], [92] và xử lý thực hiện với chu kỳ nhịp khác nhau. Quá trình tổng hợp, hợp nhất thông tin, dữ liệu luôn phải có sự giám sát chặt chẽ, nên các thuật toán kinh điển được áp dụng [16÷19], [29], [92], [103] thường không xử lý hết các tình huống thực tiễn có thể có.

- + Theo cách tiếp cận kinh điển thì dung lượng tính toán sẽ vô cùng lớn. Ví dụ: tại TTXL, nếu theo cách tiếp cận Bayes tối ưu để giải quyết, bắt buộc

phải tính xác suất hậu nghiệm cho các phương án (có thể) hình thành quỹ đạo hợp nhất. Theo [92], [103], số các phương án là: $L(k) = \prod_{j=1}^k [1 + m(j)]$, với $m(j)$ là số lượng các điểm dấu trích xuất từ các quỹ đạo được xét hợp nhất ở chu kỳ thứ j ($j = 1 \rightarrow k$; k là chu kỳ hiện tại) tại TTXL. Nhưng ngay cả khi đã giảm thiểu các phương án có xác suất hậu nghiệm nhỏ thì cũng khó đáp ứng thời gian thực để đưa ra bức tranh tình huống và quyết định tương ứng, nhất là trong điều kiện thực tế của Việt Nam.

+ Phân tích từ các tài liệu cho thấy: các thuật toán “*tổng hợp, hợp nhất thông tin quỹ đạo*” thường chỉ sử dụng nguồn dữ liệu các tham số định lượng về đối tượng và đặc trưng của đầu đo mà ít (hoặc không) dùng những tham số định tính làm hạn chế đáng kể hiệu quả của chúng. Cách tiếp cận sử dụng trí tuệ nhân tạo, các công cụ và thuật toán có bổ sung xử lý các tham số định tính là một trong những hướng đi mới đang được quan tâm nghiên cứu nhiều trên thế giới [1], [4], [30], [33÷36].

Như vậy, việc tìm kiếm các giải pháp nâng cao chất lượng xử lý “*tổng hợp, hợp nhất dữ liệu*” tại TTXL là vấn đề luôn mang tính thời sự, cấp thiết trong lĩnh vực kỹ thuật điều khiển và tự động hóa. Việc bổ sung các tham số định tính và ứng dụng công cụ toán học khác về lý thuyết như gợi ý trong [81] có thể sẽ là cách tiếp cận phù hợp. Đặc biệt, vì đầu ra của hai công đoạn xử lý O_2 và O_3 đều là thông tin quỹ đạo của các đối tượng; như vậy có thể xây dựng cách tiếp cận khác. Đó là *bài toán xử lý quỹ đạo (XLQĐ)* chung, mà không phân chia theo cách tiếp cận kinh điển. Đây chính là một trong những nội dung nghiên cứu quan trọng của luận án.

2. Mục tiêu và nhiệm vụ nghiên cứu

Tên đề tài nghiên cứu: “*Nghiên cứu, xây dựng giải pháp nâng cao chất lượng xử lý, hợp nhất quỹ đạo trong các trung tâm tự động hóa chỉ huy*” được đặt ra với một số mục tiêu dưới đây:

- **Mục tiêu tổng quát:** trên cơ sở phân tích, đánh giá tổng quát các giải pháp, phương pháp XLQĐ để hình thành cách tiếp cận mới nhằm *nâng cao chất lượng xử lý, hợp nhất quỹ đạo các đối tượng trên cơ sở thông tin, dữ liệu từ các đầu đo khác nhau*.

- **Mục tiêu cụ thể:** Ứng dụng lý thuyết khai thác dữ liệu (Data Mining) và phân lớp dữ liệu (Data Clustering) để xem xét, kết hợp với thuật toán Bayes giải bài toán XLQĐ các đối tượng với *mô hình hệ thống đa đầu đo có cấu trúc và phương thức xử lý phân tán* phù hợp thực tế Việt Nam nhằm *nâng cao chất lượng xử lý, hợp nhất quỹ đạo trong hệ thống tự động hóa chỉ huy*”.

3. Các nội dung nghiên cứu, phương pháp thực hiện và công cụ áp dụng

Để thực hiện những mục tiêu trên, nội dung nghiên cứu gồm có:

- Nghiên cứu tổng quát mô hình hệ thống cấu trúc phân tán cùng các biến thể. Mô hình hệ thống ra đa cấu trúc phân tán được áp dụng ở Việt Nam.
- Tổng quát về XLQĐ theo các nhóm thuật toán Bayes và không Bayes.
- Ứng dụng lý thuyết khai thác dữ liệu (KTDL) và phân lớp dữ liệu (PLDL) trong giải bài toán XLQĐ, mà trong đó, tổng hợp và hợp nhất dữ liệu, thông tin quỹ đạo từ các đầu đo khác nhau là nội dung trọng tâm.
- Khảo sát đánh giá chất lượng hiệu quả trên cơ sở mô phỏng và kiểm nghiệm thực tiễn.

Các phương pháp thực hiện gồm: phương pháp nghiên cứu lý thuyết; toán học giải tích; mô hình hóa hệ thống; phương pháp mô phỏng thực nghiệm; phân tích và tổng hợp hệ thống điều khiển hiện đại.

Về công cụ áp dụng: sử dụng các công cụ lý thuyết KTDL và PLDL để xác định số lượng các quỹ đạo chân thực trong toàn bộ vùng phát hiện, quản lý của hệ thống đa đầu đo; thực hiện liên kết điểm dấu với quỹ đạo chân thực và lọc bám chúng.

4. Những điểm mới, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

* Những điểm mới cần phải đạt được:

- Xây dựng mô hình cấu trúc tổng quát quá trình XLQĐ tại TTXL phù hợp với điều kiện thực tiễn Việt Nam.

- Ứng dụng các công cụ của lý thuyết PLDL để xác định số lượng quỹ đạo chân thực hoạt động trong vùng phát hiện, quản lý của hệ thống và tổng hợp, phân lớp để thực hiện liên kết dữ liệu đầu vào với các quỹ đạo chân thực đã xác định.

- Đề xuất ứng dụng các giá trị cấp độ liên thuộc trong lý thuyết PLDL và thuật toán Bayes PDA đảm bảo chất lượng lọc, bám quỹ đạo theo yêu cầu đối với TTXL và phù hợp với điều kiện Việt Nam.

* Ý nghĩa khoa học cần đạt được:

- Xây dựng phương pháp giải bài toán XLQĐ sử dụng các công cụ của lý thuyết KTDL, PLDL.

- Kết quả nghiên cứu phải được kiểm định qua mô phỏng và thực nghiệm thực tiễn.

5. Bố cục của luận án

Luận án được trình bày và kết cấu thành 3 chương (cùng với phần MỞ ĐẦU và KẾT LUẬN) và Phụ lục như sau:

- MỞ ĐẦU

- Chương 1: *Tổng quát về bài toán tổng hợp, hợp nhất dữ liệu từ nhiều nguồn* trình bày những nội dung cơ bản về phân loại HTRĐ, phân tích quá

trình xử lý TTRĐ để hình thành cách tiếp cận mới - bài toán XLQĐ; phân tích các phương pháp kinh điển để hình thành nội dung nghiên cứu của luận án.

- Chương 2: ***Ứng dụng công cụ PLDL giải bài toán xử lý, hợp nhất quỹ đạo tại TTXL*** trình bày những điểm giống và khác nhau theo cách tiếp cận kinh điển và theo PLDL trong “tổng hợp, hợp nhất thông tin dữ liệu”. Trình bày các kết quả nghiên cứu ứng dụng các phương pháp PLDL để xác định số lượng các quỹ đạo chân thực; liên kết dữ liệu với quỹ đạo chân thực đã xác định và thực hiện lọc, bám các quỹ đạo đó trong vùng quản lý của hệ thống.

- Chương 3: ***Thuật toán tổng hợp, hợp nhất quỹ đạo trong TTXL và đánh giá kết quả nghiên cứu*** trình bày các kết quả về tổng hợp lưu đồ thuật toán tổng quát XLQĐ tại TTXL; tổng hợp lưu đồ thuật toán xác định số lượng các quỹ đạo chân thực; tổng hợp lưu đồ thuật toán phân lớp dữ liệu – điểm đầu quỹ đạo tương ứng và phù hợp với số quỹ đạo chân thực đã được xác định; thuật toán lọc, bám các quỹ đạo đã được hợp nhất và thuật toán tạo nguồn dữ liệu đầu vào. Trên cơ sở các kết quả mô phỏng, thực hiện so sánh, đánh giá “*chất lượng xử lý tổng hợp, hợp nhất dữ liệu quỹ đạo*” thông qua một số chỉ tiêu điển hình: khả năng cho qua của hệ thống; quy mô dữ liệu được xử lý; độ chính xác và yêu cầu đáp ứng thời gian thực.

- KẾT LUẬN.

Chương 1

TỔNG QUÁT VỀ BÀI TOÁN TỔNG HỢP, HỢP NHẤT DỮ LIỆU TỪ NHIỀU NGUỒN

Như đã trình bày ở Phần Mở đầu, trong quân sự, các hệ thống Thông tin – Chỉ huy và Điều khiển/Kiểm soát là bộ phận cấu thành nằm trong Trung tâm xử lý (TTXL) và là hạt nhân của SCH tự động hoá. TTXL thực hiện nhiệm vụ tổng hợp các thông tin tình báo từ nhiều nguồn khác nhau; hợp nhất chúng để đưa ra bức tranh toàn cảnh về tình huống không gian do cấp mình quản lý; phân tích, đánh giá và ra các quyết định chỉ huy điều hành tác chiến phù hợp. Đối với các SCH của QC PK-KQ, QCHQ, CSB và Biên phòng (BP) thì TTXL chính là trung tâm chỉ huy – điều khiển và cảnh giới. Do vậy, ở các phần sau của luận án, sẽ thống nhất sử dụng thuật ngữ TTXL thay cho cụm từ “trung tâm chỉ huy – điều khiển và cảnh giới”.

Với mục tiêu tổng quát của luận án như đã trình bày ở phần mở đầu, Chương 1 tập trung làm rõ các cách giải quyết “tổng hợp, hợp nhất dữ liệu từ nhiều nguồn” để hình thành đầu bài nghiên cứu cụ thể.

1.1. Tổng quát về các mô hình hệ thống và quá trình xử lý

Theo [89], [110], các hệ thống kỹ thuật vô tuyến điện tử (KTVTĐT) và kỹ thuật điều khiển (KTĐK) mang những đặc trưng hệ thống lớn điển hình với một tập các phương tiện có các mối liên hệ chức năng với nhau, được bố trí trên một vùng lãnh thổ xác định để thu thập, xử lý, tổng hợp và hợp nhất thành các thông tin tình huống cung cấp cho các đơn vị sử dụng thực hiện nhiệm vụ như: trinh sát – cảnh giới; chỉ thị và phân phối mục tiêu cho các đơn vị hỏa lực; điều khiển dẫn đường cho không quân, hải quân hay các đơn vị cơ giới, điều khiển các phương tiện hỏa lực, v.v. Như vậy, trong thành phần của nó bao gồm: hệ con là các phương tiện đầu đo; hệ con là các phương tiện thu

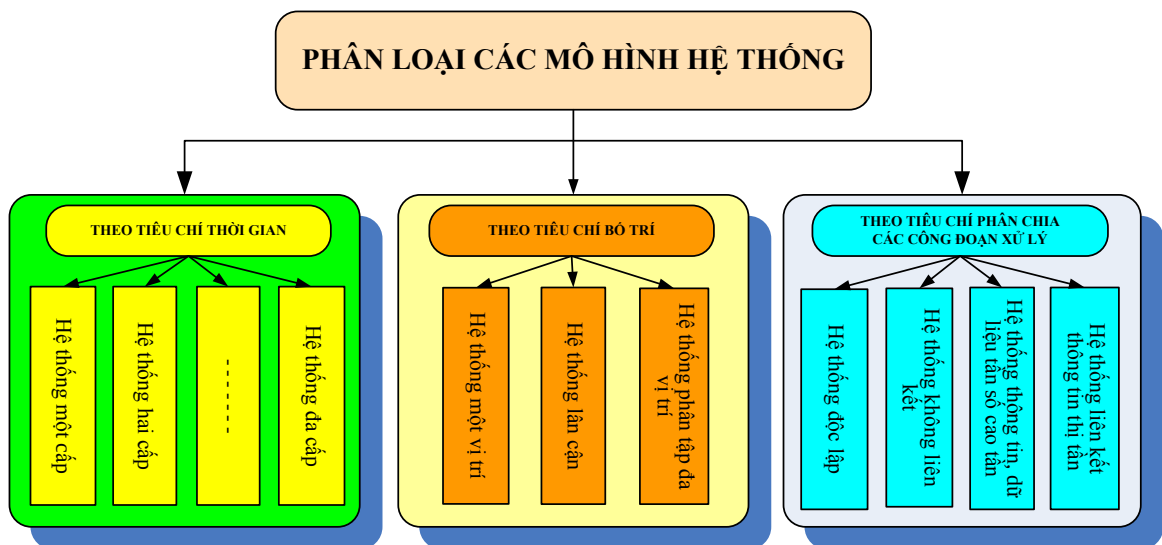
thập và truyền thông tin, dữ liệu, hệ con – TTXL và hệ con các phần tử chấp hành. Ở đây, khái niệm hệ con các đầu đo sẽ được mở rộng và không chỉ bao gồm các phương tiện KTVTD mà còn có các phương tiện đo, định vị sử dụng hiệu ứng vật lý khác [20], [103].

1.1.1. Phân loại các mô hình hệ thống ra đa

Theo [16÷18], [20], [29], việc phân loại hệ thống ra đa (HTRĐ) được thực hiện với nhiều tiêu chí, yêu cầu khác nhau như:

- + Tiêu chí về phân chia thời gian hoạt động của các phần tử đo.
- + Tiêu chí bố trí trên vùng lãnh thổ quản lý của hệ thống.
- + Tiêu chí về phân chia chức năng các công đoạn xử lý.

Hình 1.1 có vẽ sơ đồ dạng cây phân loại theo các tiêu chí đã nêu. Theo tiêu chí thứ nhất, hệ thống có thể là một (đồng) cấp, hai cấp hoặc đa cấp.



Hình 1.1: Sơ đồ phân loại các mô hình HTRĐ

Theo [89], [97], tiêu chí bố trí được hiểu là không gian bố trí của các phần tử trong hệ thống và tác động của nó đến tính chất thông tin trong hệ. Nghĩa là: trong thành phần của các đầu đo, thiết bị phát, thu và xử lý có thể được triển khai ở những vị trí khác nhau với tham số đặc trưng là đường đáy.

Việc phân loại mô hình hệ thống theo tiêu chí phân chia chức năng của các công đoạn xử lý và được trình bày cụ thể ở mục 1.1.2 tiếp sau.

1.1.2. Quá trình xử lý thông tin, dữ liệu và phân loại mô hình hệ thống theo công đoạn xử lý

Giải thiết rằng, quá trình xử lý thông tin dữ liệu đối với hệ thống đa đầu đo gồm một số điểm (W) phát, thu (Z) khác nhau; thông tin, dữ liệu được xử lý trong khoảng $[0, T]$ xác định nhằm quản lý tập M đối tượng. Như vậy, tập các tín hiệu thực hiện quan trắc có dạng:

$$S(t) = \{S_1(t), \dots, S_W(t)\} \quad (1.1.1)$$

Và tập các dữ liệu, thông tin có ích do Z điểm thu thực hiện thu được với những hiệu ứng vật lý đo khác nhau có dạng ma trận ba chiều:

$$\mathfrak{R}(t) = [\mathfrak{R}_{sjr}(t)]; s = 1 \div W; j = 1 \div M; r = 1 \div Z; t = 0 \rightarrow T \quad (1.1.2)$$

Ở đây, các phần tử của ma trận (1.1.2) có quan hệ với nhau và sẽ được tính tới trong xử lý. Bên cạnh đó, $\mathfrak{R}(t)$ là tập dữ liệu với từng thành phần tương ứng với dữ liệu do thiết bị thu thứ r thu nhận nằm trong khoảng con $T_i = t_{i+1} - t_i; T_i \subset [0, t_\nu]; i = 1, 2, \dots, \nu$, nên $[\mathfrak{R}_{sjr}(t)]$ có dạng:

$$[\mathfrak{R}_{sjr}(t)] = \{[\mathfrak{R}_{sjr}(t_1)], [\mathfrak{R}_{sjr}(t_2)], \dots, [\mathfrak{R}_{sjr}(t_\nu)]\}; t = 0 \rightarrow T \quad (1.1.3)$$

Khi có nhiều, mô hình đầy đủ là:

$$Y(t) = [Y_{sjr}(t)]; t \in [0, T]; s = 1 \div W; j = 1 \div M; r = 1 \div Z \quad (1.1.4)$$

với:

$$Y_{sjr}(t) = \mathfrak{R}_{sjr}(t) + \eta_{sjr}(t) \quad (1.1.5)$$

trong đó: $\eta_{sjr}(t)$ là nhiễu tổng cộng trong thành phần tín hiệu

Quá trình xử lý $Y(t)$ gồm các công đoạn:

+ Công đoạn biến đổi tín hiệu $O_0: Y^{(0)}(t) = O_0 Y(t)$ với kết quả:

$$Y^{(0)}(t) = [Y_{sjr}^{(0)}(t)] \quad (1.1.6)$$

+ *Công đoạn xử lý sơ cấp* (XLC1) có dạng $O_1: Y^{(1)}(t) = O_1 Y^{(0)}(t)$ nhằm tách từ $Y^{(0)}(t)$ dữ liệu có ích và ước lượng các tham số của nó. Kết quả của O_1 là hình thành véc tơ:

$$Y^{(1)}(t) = [Y_{sjr}^{(1)}(t_{sjr})] \quad (1.1.7)$$

trong đó: t_{sjr} là thời điểm thu tín hiệu Y_{sjr}

+ *Công đoạn xử lý thứ cấp* (XLC2) có dạng $O_2: Y^{(2)}(t) = O_2 Y^{(1)}(t)$ gồm: phát hiện các quỹ đạo, ước lượng bộ tham số cho từng quỹ đạo và lọc bám chúng. Kết quả thu được là tập các quỹ đạo có dạng:

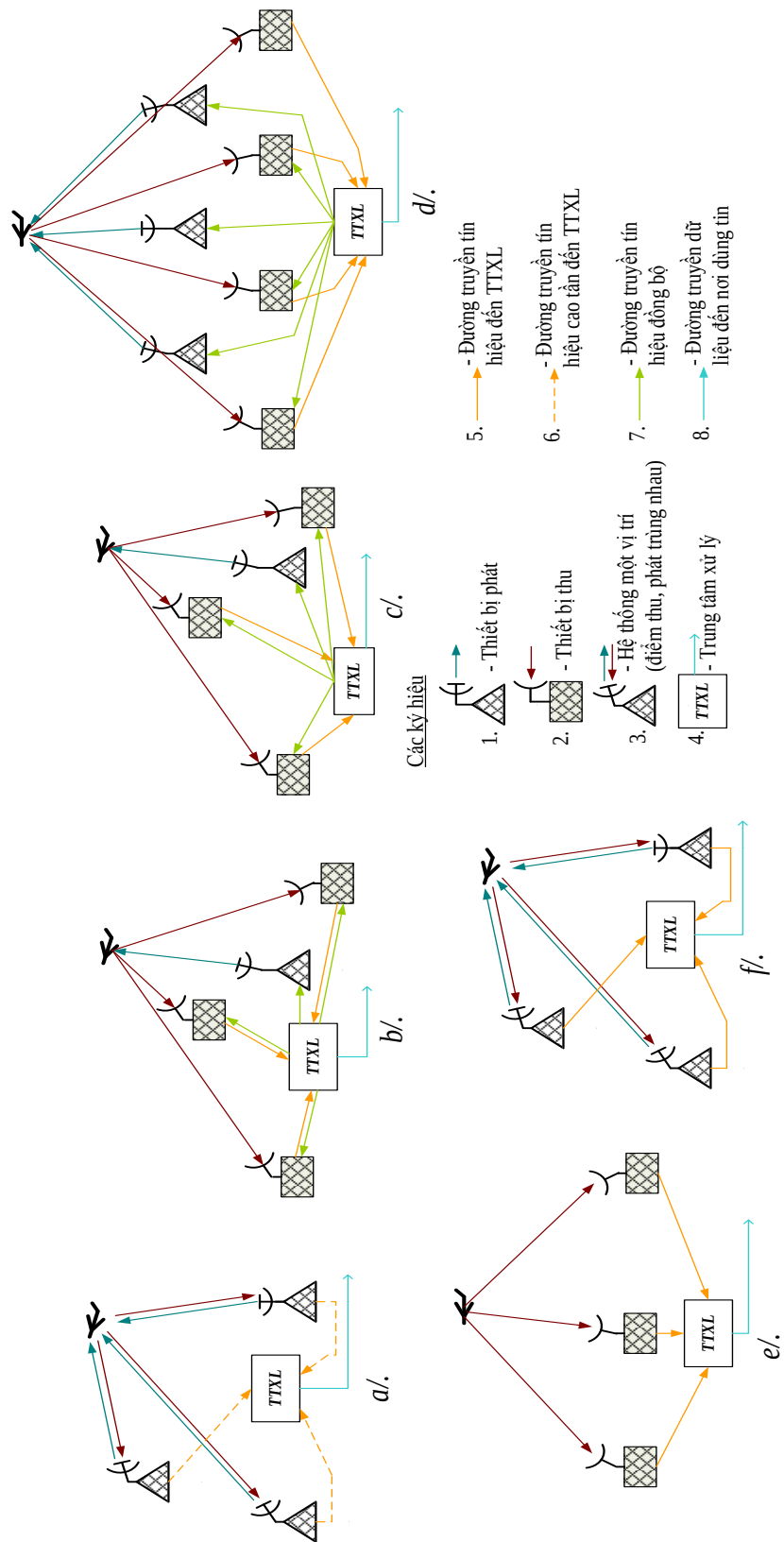
$$Y^{(2)}(t) = \{Y_1^{(2)}(t), \dots, Y_\nu^{(2)}(t), \dots, Y_V^{(2)}(t)\}; \text{ với } \nu = 1 \div V \quad (1.1.8)$$

+ *Công đoạn xử lý cấp ba* – XLC3 có dạng $O_3: Y^{(3)}(t) = O_3 Y^{(2)}(t)$ thực hiện tổng hợp thông tin từ nhiều nguồn để lọc, bám các quỹ đạo chân thực trong vùng quản lý. Kết quả thu được là tập các quỹ đạo chân thực có dạng:

$$Y^{(3)}(t) = \{Y_1^{(3)}(t), \dots, Y_{\nu'}^{(3)}(t), \dots, Y_{V'}^{(3)}(t)\}; \text{ với } \nu' = 1 \div V' \quad (1.1.9)$$

Như vậy, theo quá trình XLTT, có thể phân loại hệ thống như ví dụ trên Hình 1.2 đối với HTRĐ. Theo đó, ta có:

- Nếu như $Y(t)$ được tổng hợp và truyền thẳng tới TTXL để thực hiện tất cả các công đoạn thì được gọi *hệ thống liên kết cao tần* (hình 1.2.a). Các thông tin có ích nằm trong các thành phần điều chế đều được lưu giữ và đảm bảo. Tuy nhiên, đây là mô hình khó thực hiện do hạn chế về kỹ thuật.



Hình 1.2: Phân loại HTRĐ theo các công đoạn xử lý

- *Hệ thống liên kết thị tần* là mô hình khi thực hiện O_0 tại các điểm thu, dữ liệu truyền tới TTXL để thực hiện $O_1 \div O_3$. Trên các Hình 1.2.c, 1.2.d tương ứng là *hệ thống liên kết thị tần* với một điểm phát, nhiều điểm thu và *hệ thống liên kết thị tần* với nhiều điểm phát, nhiều điểm thu có đồng bộ từ TTXL. Hình 1.2.e và 1.2.f tương ứng có vẽ mô hình *hệ thống liên kết thị tần* với nhiều điểm thu thụ động (Hình 1.2.e) và *hệ thống liên kết thị tần* gồm các phân tử đo hoạt độc lập (Hình 1.2.f). Khi đó, véc tơ dữ liệu tại TTXL có dạng:

$$Y^{(0)}(t) = \{Y_1^{(0)}(t), Y_2^{(0)}(t), \dots, Y_Z^{(0)}(t)\}; \text{ với } t \in [0, t_n] \quad (1.1.10)$$

- Nếu thực hiện đồng thời O_0 và O_1 tại các điểm thu; TTXL thực hiện O_2, O_3 thì đây là mô hình *hệ thống không liên kết*. Trên hình 1.2.f và 1.2.b là mô hình *hệ thống không liên kết* từ các đầu đo độc lập (hình 1.2.f) và *hệ thống không liên kết* có một phát, nhiều thu và đồng bộ trung tâm (hình 1.2.b). Véc tơ các tín hiệu đầu vào của TTXL có dạng:

$$Y^{(1)}(t) = \{Y_1^{(1)}(t), Y_2^{(1)}(t), \dots, Y_V^{(1)}(t)\} \quad (1.1.11)$$

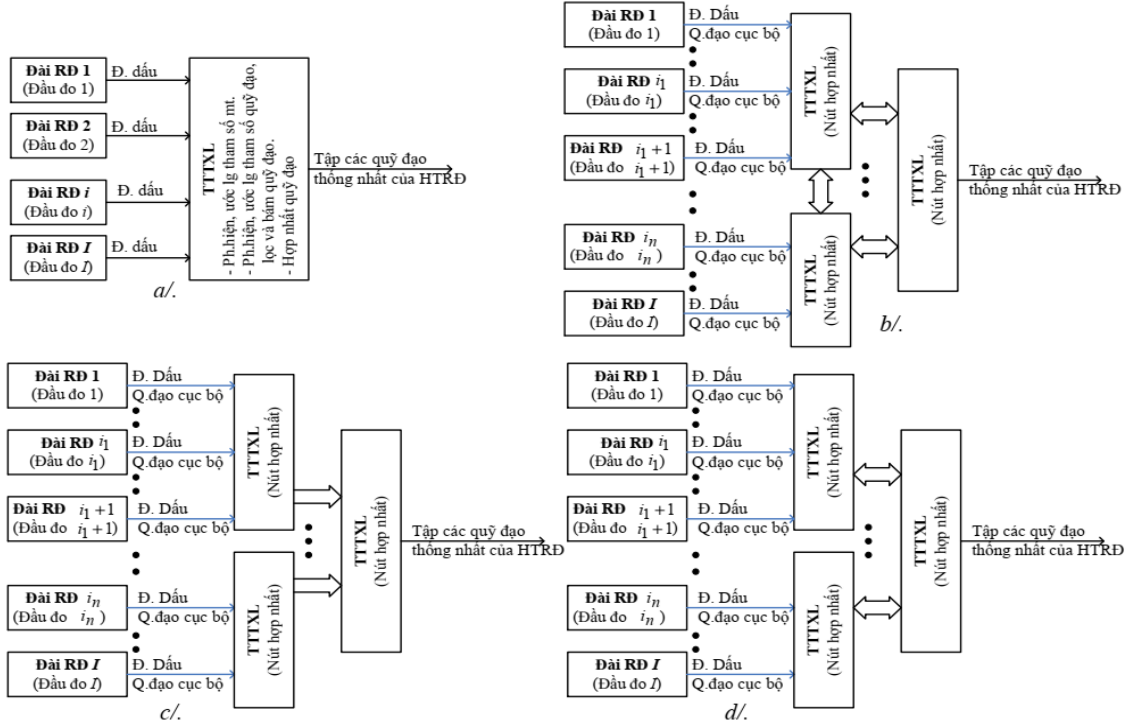
- Mô hình *hệ thống độc lập* là mô hình khi $O_0 \div O_2$ đều thực hiện tại các đầu đo (Hình 1.2.f.) Khi đó, hàm véc tơ tín hiệu đưa tới TTXL có dạng:

$$Y^{(2)}(t) = \{Y_1^{(2)}(t), Y_2^{(2)}(t), \dots, Y_{M'}^{(2)}(t)\} \quad (1.1.12)$$

Trong đó: M' là số quỹ đạo truyền từ Z các điểm thu.

Bên cạnh đó, còn có cách tiếp cận phân loại hệ thống theo phương thức tổ chức xử lý, nhưng phụ thuộc rất nhiều vào kiến trúc của hệ. Theo [89], hệ thống có thể có các cấu trúc: đường thẳng (tuyến tính), vòng tròn, đa liên kết và một số biến thể. Về phương thức xử lý có: xử lý tập trung (centralized processing) cấu trúc tập trung (Centralized architecture), xử lý phân cấp (Decentralized processing) cấu trúc phân cấp (Decentralized architecture) và

xử lý phân tán (Distributed processing) với cấu trúc phân tán (Distributed architecture) [97], như ví dụ trên hình 1.3 đối với HTRĐ.



Hình 1.3: Các cấu trúc cơ bản của hệ thống mạng ra đa

(a/. Tập trung; b/. Phân tán; c/. Phân cấp không phản hồi; d/. Phân cấp có phản hồi)

1.1.3. Một số đặc điểm của mô hình hệ thống đa đầu đo ở Việt Nam

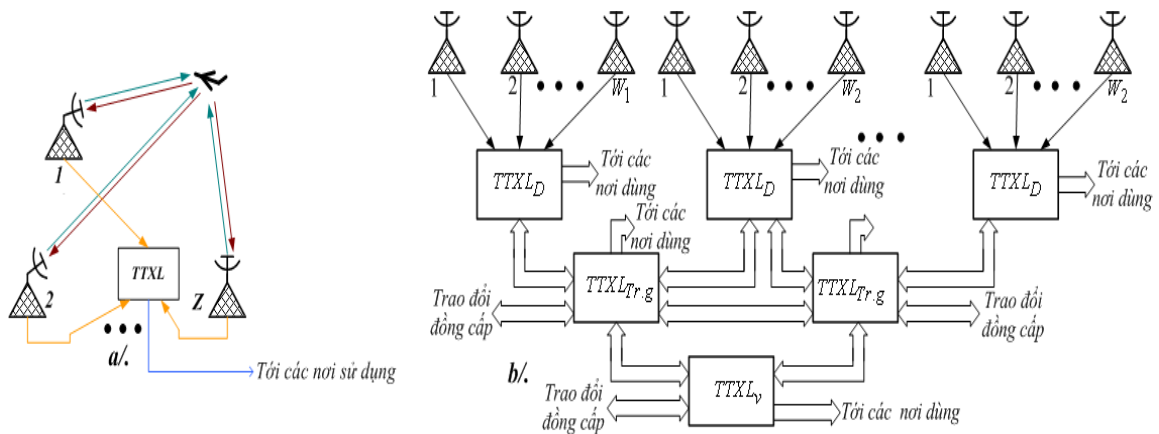
Tính cho tới nay, thực tiễn phát triển các hệ thống đa đầu đo ở Việt Nam có một số đặc điểm như sau:

- Các trang bị kỹ thuật là các đài ra đa làm nhiệm vụ quan sát không gian vùng trời, biển, đất liền v.v. của Việt Nam đều được thiết lập ở dạng là các đầu đo một vị trí. Do đó, trong biểu thức từ (1.1.6) trở đi, ta sẽ có: $s \equiv r$ và $w = z$ (hình 1.4.a). Như vậy, theo các công đoạn xử lý dữ liệu, mô hình hệ thống ở Việt Nam có thể là liên kết thị tần, không liên kết hoặc độc lập.

- Dù ở dạng nào cũng vậy, hệ thống được xây dựng từ các đầu đo cùng vị trí có nhược điểm lớn là không sử dụng hết khả năng về năng lượng của

toàn hệ. Tuy nhiên, mô hình có thể tự khôi phục hoạt động do hệ thống không cần đồng bộ trung tâm; có khả năng chống nhiễu cao và không bị phá vỡ cấu trúc nếu như một vài đầu đo bị loại trong quá trình hoạt động. Khi đó, hệ thống sẽ tự động chuyển đổi sang một số dạng khác mà không cần bổ sung mới nào về trang bị kỹ thuật hay phương tiện tính toán.

- Do thông tin đầu ra của hệ thống là tập quỹ đạo chân thực của các đối tượng bị phát hiện, lọc bám trong vùng quan trắc. Do đó, quá trình tổng hợp, hợp nhất quỹ đạo các đối tượng trong hệ thống vẫn gồm các công đoạn cơ bản và được thực hiện theo phương thức xử lý phân cấp (hình 1.4.b).



Hình 1.4: Cấu trúc hệ thống đa đầu đo của Việt Nam

(a/. Hệ thống xây dựng từ các đầu đo một vị trí; b/. Mô hình thực tế mạng đa đầu đo ở Việt Nam)

Như vậy, khi nghiên cứu bài toán “tổng hợp, hợp nhất thông tin, dữ liệu” đối với hệ thống đa đầu đo ở Việt Nam, có một số đặc điểm lưu ý sau:

+ Liên quan đến bài toán xử lý thông tin, dữ liệu, với mô hình có cấu trúc bất kỳ, đều có thể phân tích thành tổ hợp có trọng số của ba dạng cấu trúc cơ bản: tập trung, phân cấp và phân tán.

+ Với một nút bất kỳ trong hệ, đều có thể coi là hệ con có cấu trúc thuộc dạng cơ bản, hoặc phân rã tiếp để thực hiện xử lý trong một thể thống nhất về không gian, thời gian.

+ Tính chất phức tạp của mô hình cũng như cấu trúc hệ thống không cho phép xây dựng bài toán tổng quát theo tất cả các chỉ tiêu mà nên có cách tiếp cận tối ưu theo nhóm các chỉ tiêu.

1.2. Xử lý thông tin, dữ liệu trong hệ thống theo cách tiếp cận XLQĐ

1.2.1. Đặt vấn đề

Những nội dung đã trình bày ở phần Mở đầu và mục 1.1 của Chương 1 cho chúng ta một số nhận xét như sau:

- Quá trình xử lý thông tin, dữ liệu là quá trình lọc tín hiệu có ích và chuyển đổi chúng sang dạng thuận tiện, cần thiết để truyền đến nơi sử dụng hoặc để trên cơ sở đó giải quyết những bài toán thuộc về điều khiển, kiểm soát. Thông tin đầu ra của hệ thống là tập các quỹ đạo chân thực được phát hiện và lọc bám trong vùng không gian quản lý (biểu thức 1.1.9).

- Lý thuyết kinh điển về xử lý đã phân toàn bộ quá trình xử lý thành bốn công đoạn từ O_0 đến O_3 . Trong đó, hai công đoạn O_0 và O_1 giải quyết các bài toán liên quan nhiều tới xử lý tín hiệu (XLTH). Quá trình xử lý O_2 thực hiện qua nhiều chu kỳ quan sát liên tiếp nhau ở các đầu đo nhằm phát hiện quỹ đạo, ước lượng tham số và lọc, bám quỹ đạo. Công đoạn O_3 là tổng hợp, hợp nhất thông tin quỹ đạo từ nhiều nguồn khác nhau để hình thành bức tranh tình huống với các quỹ đạo chân thực trong vùng quan sát của toàn hệ thống.

- Thông tin đầu ra của O_2 và O_3 đều là tập các quỹ đạo. Nghĩa là, sau tổng hợp và hợp nhất thông tin dữ liệu về quỹ đạo, nội dung quan trọng của O_3 cũng lại là lọc, bám các *quỹ đạo đã hợp nhất*. Bên cạnh đó, khi đi qua hệ con là các phương tiện truyền dẫn, *thông tin quỹ đạo có dạng là tập các dữ liệu rời rạc* với những thuộc tính có trọng số xác định.

Từ những nhận xét trên, có thể xây dựng cách tiếp cận mới về bài toán xử lý như sau:

+ Hai công đoạn O_0 , O_1 có gắn kết chặt chẽ với các đầu đo và thực hiện bắt đầu từ tín hiệu cao tần cho tới đầu ra là dữ liệu điểm dẫu. Do vậy, có thể tổng hợp hai công đoạn đó trong một khái niệm là ***xử lý tín hiệu*** (XLTH).

+ Kết quả đầu ra của công đoạn O_2 và O_3 đều là thông tin, dữ liệu quỹ đạo. Như vậy, có thể tổng hợp chúng trong một khái niệm về ***xử lý quỹ đạo*** (XLQĐ), với nguồn thông tin đầu vào là tập các dữ liệu về quỹ đạo đã được rời rạc hóa theo thời gian.

Quá trình XLQĐ trong hệ đa đầu đo sẽ bao gồm:

- Ra quyết định về “xuất hiện đối tượng mới” trong vùng phát hiện - *Bài toán phát hiện quỹ đạo*.

- Ra quyết định về “sự tương thích của điểm dẫu nào đó (trong tập các điểm dẫu cập nhật được) vào một trong số quỹ đạo đang lọc, bám” - *Bài toán liên kết dữ liệu với quỹ đạo*.

- Ước lượng tham số chuyển động (tọa độ, tốc độ, chiều chuyển động v.v.) dựa trên các dữ liệu được coi là của quỹ đạo – *bài toán lọc quỹ đạo*.

Ở đây, có thể thấy thực chất chỉ có hai nội dung chính liên quan chặt chẽ với nhau là: liên kết dữ liệu điểm dẫu với quỹ đạo và lọc bám quỹ đạo. Trong đó, bài toán lọc bám quỹ đạo với công cụ chính là lọc Kalman với những biến thể khác nhau đã được nghiên cứu, phát triển và tự nó không phải là nội dung nghiên cứu chính của luận án. Về quan trọng thứ hai liên quan tới bài toán liên kết điểm dẫu với quỹ đạo chính là phần có quan hệ chặt chẽ tới bài toán tổng hợp, hợp nhất thông tin dữ liệu trong XLQĐ.

1.2.2. Tổng quan về tổng hợp, liên kết quỹ đạo trong bài toán XLQĐ

1.2.2.1. Mô tả bài toán tổng hợp, liên kết điểm dẫu với quỹ đạo trong bài toán XLQĐ

Trường hợp tổng quát, hệ thống XLQĐ phải giải quyết việc lọc, bám đồng thời nhiều đối tượng khi có tác động của nhiễu, của sai số đo, v.v.

Giả thiết: $Z(k) = \{z_i(k)\}$; $i = 1 \div m(k)$ là tập các điểm đầu thu được tại chu kỳ cập nhật thứ k của hệ thống. Các điểm đầu này cần phải được hợp nhất, liên kết với $N_{q,d}$ quỹ đạo. Nhiệm vụ cần giải “phân chia tối ưu” $m(k)$ điểm đầu thành các nhóm tương ứng theo $N_{q,d}$ quỹ đạo.

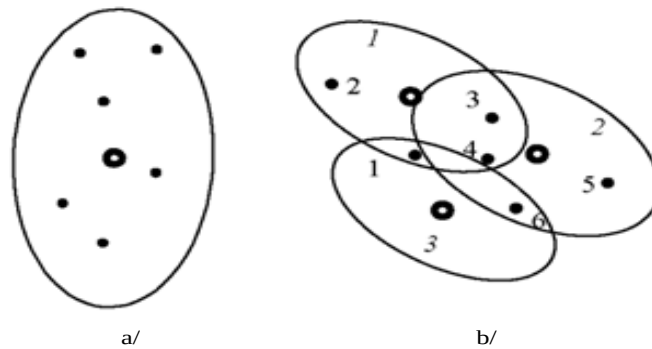
Cách đơn giản nhất là *phép định cửa* (thiết lập cửa sóng hợp nhất). Nghĩa là, tương ứng với từng quỹ đạo, lựa chọn sơ bộ tập con các điểm đầu có khả năng thuộc quỹ đạo đó trên cơ sở sử dụng các tham số có chứa trong từng dữ liệu đầu vào. Kết quả của phép định cửa là hình thành một tập các nhóm $Z_j(k) = \{z_i(k)\}$ với $j = 1 \div N_{q,d}$ và $i = 1 \div m(k)$ với các phương án:

+ $Z_j(k) = \emptyset$ - không có điểm đầu nào thuộc nhóm và quỹ đạo đang lọc bám được tiếp tục bằng việc sử dụng điểm đầu ngoại suy.

+ $Z_j(k) = \{1\}$; $1 \notin Z_{j^{(*)}}(k) \Big|_{j^{(*)} \neq j}$ - nhóm $Z_j(k)$ chỉ có một điểm đầu và nó không thuộc các nhóm khác. Khi đó, ra quyết định liên kết điểm đầu đó với quỹ đạo đang xét và kết thúc bước hợp nhất.

+ $Z_j(k) \geq 2$ - nhóm con có số lượng điểm đầu lớn hơn hoặc bằng 2; các điểm đầu cũng không thuộc các nhóm khác. Khi đó, phải tiến hành “hợp nhất chính xác” trong nhóm con $Z_j(k)$ (hình 1.5.a).

+ Tập $Z_j(k)$ có một số điểm đầu thuộc một hoặc vài nhóm con khác. Khi đó, cũng phải tiến hành hợp nhất chính xác các điểm đầu rơi vào vùng giao nhau của các cửa sóng hợp nhất để xác định chúng thuộc vào cửa sóng nào là hợp lý (hình 1.5.b).



Hình 1.5: Ví dụ về các tình huống cần hợp nhất chính xác

1.2.2.2. Tổng quát về các thuật toán tổng hợp liên kết dữ liệu với quỹ đạo trong bài toán XLQĐ

Từ mô tả bài toán ở trên, có thể thấy rằng các thuật toán chỉ nhằm giải quyết việc “hợp nhất chính xác” với các bước: hình thành các phương án liên kết có thể (thiết lập các giả thuyết, ước lượng xác suất liên kết hợp lý) và lựa chọn phương án tốt nhất cho XLQĐ. Cho tới nay, đã có rất nhiều tài liệu nghiên cứu về hướng này được công bố. Điển hình là những tài liệu [16], [17], [20], [25], [29] và [92] của các nhà khoa học trên thế giới qua nhiều giai đoạn và nhiều bài báo đăng trên các tạp chí của IEEE, SPIE, các hội thảo Radar, Information Fusion,... viết về XLQĐ nói chung và liên kết điểm dấu với quỹ đạo nói riêng. Theo đó, nếu xét theo diễn tiến của quá trình XLQĐ, có thể phân loại các thuật toán hợp nhất, liên kết điểm dấu với quỹ đạo như sau:

- + Các thuật toán xây dựng theo các đặc trưng của đối tượng – thuộc lớp đối tượng mục tiêu đơn hay mục tiêu nhóm.
- + Các thuật toán xây dựng theo số chu kỳ quan sát và các điểm dấu ở các chu kỳ đó đều tham gia vào quá trình hợp nhất lần lượt hoặc theo nhóm.
- + Các thuật toán xây dựng theo phương pháp hình thành các giả thuyết hợp nhất và tính xác suất hợp nhất hợp lý. Theo đó sẽ có nhóm các thuật toán Bayes và không Bayes.

+ Các thuật toán xây dựng theo cách thức ra quyết định. Theo đó sẽ có các thuật toán quyết định mềm (chọn một vài trong số các quyết định có thể) và quyết định cứng (chỉ chọn một trong số các quyết định có thể).

Tuy nhiên, xét theo khía cạnh chặt chẽ khoa học, các công trình nghiên cứu được công bố cũng như giá trị thực tiễn ứng dụng thì nhóm các thuật toán Bayes và không Bayes tổng hợp, liên kết dữ liệu điểm dấu với quỹ đạo trên cơ sở hình thành các giả thuyết hợp nhất và tính xác suất hợp nhất hợp lý có tỷ trọng cao hơn cả. Phần tiếp sau trình bày tóm tắt về hai nhóm thuật toán này.

1.2.2.3. Tóm tắt nhóm thuật toán không Bayes tổng hợp, liên kết điểm dấu với quỹ đạo

Trong nhóm thuật toán không Bayes, các giả thuyết về hợp nhất và liên kết được xây dựng trên cơ sở về tính chân thực của một trong số các điểm dấu được cập nhật trong chu kỳ nhịp lấy tin. Như vậy, giả thuyết mẫu được phát biểu dưới dạng: “*điểm dấu thứ i là chân thực đối với quỹ đạo thứ j* ”. Ứng với từng giả thuyết, cần kiểm tra tính hợp lý để từ đó chọn giả thuyết hợp lý nhất (trường hợp đối tượng đơn) hoặc tập con các giả thuyết hợp lý hơn (trường hợp đối tượng nhóm).

Như vậy, nếu tại chu kỳ cập nhật thứ k , số các điểm dấu đã được định cửa là $m(k)$, số các quỹ đạo đã ngoại suy là $N_{q,d}$, thì với các thuật toán không Bayes cần thiết lập tất cả các cặp liên kết có thể (theo kết quả định cửa) của điểm dấu i , $i = 1 \div m(k)$ với quỹ đạo j , $j = 1 \div N_{q,d}$ với đại lượng định lượng là khoảng cách giữa điểm dấu (có đặc trưng là $z_i(k)$ và tâm cửa sóng (điểm dấu ngoại suy $\hat{x}_j(k|k-1)$). Ở đây, có hai thuật toán: lân cận gần nhất - NN (Nearest Neighbor) và lân cận gần nhất toàn cục - GNN (Global Nearest Neighbor) là đại diện cho nhóm các thuật toán không Bayes. Theo nghĩa “Lân cận - Neighbor”, ta có thể dùng các đại lượng như:

+ Trị tuyệt đối “véc tơ dư” (residual vector) đặc trưng cho khả năng liên kết và bằng hiệu giữa lượng đo và lượng ngoại suy:

$$|v_{ij}| = |z_i(k) - H \times \hat{x}_j(k|k-1)| \quad (1.2.1)$$

+ Hàm bình phương lượng dư được chuẩn hóa – khoảng Mahatanobis (*khoảng thống kê*):

$$\rho_{ij} = (v_{ij})^T \times (S_{ij})^{-1} \times v_{ij} \quad (1.2.2)$$

trong đó: $S_{ij}(k)$ là ma trận hiệp biến của véc tơ dư.

+ Khoảng thống kê tổng quát có dạng:

$$c_{ij} = \rho_{ij} + \ln|S_{ij}| \quad (1.2.3)$$

và $\ln|S_{ij}|$ được sử dụng để mức độ bất định giữa kết quả đo và ngoại suy. Tức là, khi bị sót điểm dấu thì chất lượng lọc bám quỹ đạo sẽ thấp.

Nếu như trong *NN*, thực hiện hợp nhất từng quỹ đạo (điểm dấu ngoại suy) với điểm dấu gần nhất, thì trong *GNN*, sẽ tiến hành cực tiểu hóa “khoảng cách chung” trong số tất cả các điểm dấu và quỹ đạo.

Bên cạnh *NN*, *GNN*, theo cách tiếp cận không Bayes còn có thuật toán đa giả thuyết MHT (Multi Hypothesis algorithm) và các biến thể của nó và một số thuật toán sử dụng công cụ trí tuệ nhân tạo. Trong đó, thuật toán Đa giả thuyết và một số biến thể tìm cách giải quyết bài toán tổng hợp, liên kết điểm dấu với quỹ đạo trên nguyên tắc thiết lập tất cả các phương án liên kết có thể để thực hiện lọc, bám nối dài quỹ đạo. Sau đó thực hiện ước lượng mức độ hợp lý của từng phương án trên cơ sở so sánh với nhau và với ngưỡng để lựa chọn phương án tốt nhất [97]. Còn với các thuật toán sử dụng công cụ trí tuệ nhân tạo trong XLQĐ thì vẫn đang trong giai đoạn nghiên cứu, phát triển. Cách tiếp cận khi sử dụng các công cụ trí tuệ nhân tạo là bên cạnh việc sử dụng các thuộc tính định lượng thường nằm trong véc tơ điểm dấu, véc tơ quỹ

đạo, có bổ sung và sử dụng thêm các thuộc tính định tính nhằm giảm dung lượng tính toán, đáp ứng thời gian thực mà vẫn đảm bảo chất lượng XLQĐ.

1.2.2.4. Nhóm thuật toán Bayes tổng hợp, liên kết điểm dấu với quỹ đạo

Cơ sở của nhóm thuật toán Bayes là: khi ước lượng trạng thái động học đối tượng, cần phải tính tới các giả thuyết không chỉ liên quan tới điểm dấu hiện thời trong $m(k)$ mà còn ở tất cả các chu kỳ trước đó. Nghĩa là: *trong khuôn khổ một giả thuyết thì với từng điểm dấu, cần thiết phải có giả định về tính chân thực của nó*. Như vậy, giả thuyết mẫu sẽ có dạng: “*điểm dấu thứ i là chân thực, còn $m(k)-1$ là các điểm dấu giả*”. Còn với mục tiêu nhóm, giả thuyết có thể là: *các điểm dấu chân thực cho từng quỹ đạo, còn lại là các điểm dấu giả*. Sau đó, tiến hành ước lượng xác suất của từng giả thuyết; tính toán xác suất hậu nghiệm với từng điểm dấu phụ thuộc vào xác suất của giả thuyết mà ở đó có điểm dấu tham gia. Từ đó, chọn lấy giả thuyết có xác suất hậu nghiệm cao nhất. Tính tối ưu ở đây không chỉ là thực hiện theo tiêu chuẩn tối ưu (cực đại hàm hợp lý và cực đại xác suất hậu nghiệm) mà còn là tính đầy đủ của thông tin ở tất cả các chu kỳ cập nhật. *Thuật toán Bayes tối ưu* XLQĐ được hiểu là việc ước lượng trạng thái động học phải được thực hiện có tính tới tất cả lịch sử trước đó. Nghĩa là: tổng hợp tất cả các kết quả đo từ khi bắt đầu tới chu kỳ hiện thời. Như vậy, nếu số điểm dấu tại từng chu kỳ cập nhật là $m(j); j = 1, \dots, k$, thì tổng số điểm dấu lịch sử sẽ là:

$$L(k) = \sum_{j=1}^k [1 + m(j)] \quad (1.2.4)$$

Bản chất của thuật toán là xác định xác suất liên kết (*Probability of Association*) $\gamma_i(k); i = 1 \div L(k)$ sao cho từng điểm dấu trong số tất cả lịch sử đo được xác định là chân thực ($\gamma_i(k)$) được tính theo phương pháp hồi quy

trên cơ sở các giá trị $\gamma_i(k-1)$; $\gamma_i(k-2)\dots$). Ước lượng véc tơ trạng thái và hàm hiệp biến của đối tượng là:

$$\hat{x}(k) = \sum_i^k \gamma_i(k) \times \hat{x}_i(k) \quad (1.2.5).a$$

$$P(k) = \sum_i^{L(k)} \gamma_i(k) \times P_i(k) + \sum_i^{L(k)} \gamma_i(k) \times v_i(k) \times [v_i(k)]^T \quad (1.2.5).b$$

Trong đó: $v_i(k) = \hat{x}_i(k) - \hat{x}(k)$.

Để giảm dung lượng tính toán, bắt buộc phải thực hiện trong cách tiếp cận Bayes tối ưu, giải pháp cận tối ưu tổng hợp dữ liệu thông tin quỹ đạo chỉ ở một số chu kỳ cập nhật cuối. Đại diện cho cách tiếp cận *cận tối ưu* là hai thuật toán “*Tổng hợp, liên kết dữ liệu theo xác suất PDA – Probabilistic Data Association*” và “*Tổng hợp, liên kết dữ liệu theo xác suất đồng thời JPDA – Joint Probabilistic Data Association*”. Do có ý nghĩa lớn về cơ sở lý thuyết và khả năng ứng dụng thực tiễn cao, nên chúng được trình bày trong mục riêng dưới đây.

1.2.3. Thuật toán Bayes cận tối ưu liên kết dữ liệu theo xác suất

Những nội dung dưới đây không nhằm lặp lại các kết quả nghiên cứu đã được công bố mà chỉ xem xét phân tích bản chất của hai thuật toán để từ đó định hướng cho cách tiếp cận phù hợp.

1.2.3.1. Thuật toán liên kết điểm dấu với quỹ đạo theo xác suất - PDA

Thuật toán PDA là thuật toán tổng hợp, liên kết dữ liệu điểm dấu với quỹ đạo theo xác suất trong trường hợp chỉ có *một* quỹ đạo trong vùng quản lý của hệ thống.

Theo tư duy tương tự như một số thuật toán không Bayes, để giảm dung lượng tính toán, tại chu kỳ quan sát hiện thời, người ta vẫn sử dụng và thiết lập vùng không gian xác định xung quanh điểm cuối của quỹ đạo – vùng cửa

sóng liên kết. Sau đó, hình thành các *giả thuyết* (hypothesis) về nguồn gốc của các điểm dấu trong vùng cửa sóng đó, cụ thể là:

+ $\theta_i(k)$ - trong các điểm dấu thuộc cửa sóng liên kết chỉ có điểm dấu thứ i ; $i \in m(k)$ là chân thực; còn lại $m(k) - 1$ là các điểm dấu giả.

+ $\theta_0(k)$ - tất cả các điểm dấu đều là điểm dấu giả.

Xây dựng các giả thiết ban đầu để tổng hợp thuật toán:

+ Số các điểm dấu thuộc cửa sóng liên kết tại chu kỳ thứ k là $m(k) > 0$

+ Số các giả thuyết liên kết là $I(k) = m(k) + 1$. Trong đó: $\theta_i(k)$, $i = 1 \div m(k)$ là số các giả thuyết để điểm dấu thứ i ; $i \in m(k)$ là chân thực, còn lại $m(k) - 1$ là các điểm dấu giả và $\theta_0(k)$ - tất cả đều là giả.

+ Các điểm dấu giả trong cửa sóng liên kết có phân bố đều với mật độ là $p[Z_i(k)] = 1/V_s(k)$; $V_s(k)$ - là kích thước không gian của cửa sóng.

+ Phân bố các điểm dấu chân thực là phân bố chuẩn.

+ Xác suất tiên nghiệm về điểm dấu trong cửa sóng thuộc quỹ đạo được coi như nhau.

Như vậy, tổng hợp thuật toán PDA sẽ quy về việc tính toán $\gamma_i(k)$ là xác suất của giả thuyết $\theta_i(k)$: điểm dấu thứ i ; $i \in m(k)$ là chân thực thuộc quỹ đạo; và tính $\gamma_0(k)$ là xác suất của giả thuyết $\theta_0(k)$: không có điểm dấu nào trong $m(k)$ thuộc quỹ đạo. Vì vậy, ta có:

$$\gamma_0(k) + \sum_{i=1}^{m(k)} \gamma_i(k) = 1 \quad (1.2.6)$$

Bỏ qua chi tiết các bước tính toán: $\gamma_0(k)$, $\gamma_i(k)$ với i ; $i \in m(k)$, mà chuyển sang phương trình lọc Kalman để thực hiện ước lượng trạng thái động học, có thể sử dụng một trong hai phương án:

- Phương án Một: trong tập $m(k)$ các điểm dấu thuộc cửa sóng, chọn điểm dấu thứ j , mà khi đó $\gamma_j(k) = \max_{j \neq i} \gamma_i(k)$; $\forall i \in m(k)$ là điểm dấu để tiếp tục nối dài, phát triển quỹ đạo.

- Phương án Hai: ước lượng tham số tọa độ điểm dấu để lọc, phát triển quỹ đạo theo trung bình có trọng số tất cả các điểm dấu thuộc $m(k)$. Nghĩa là:

$$\hat{x}(k) = \sum_i^{m(k)} \gamma_i(k) \times \hat{x}_i(k) \quad (1.2.7)$$

trong đó: $\gamma_i(k)$ là xác suất để điểm dấu thứ i ; $i \in m(k)$ là điểm dấu chân thực.

1.2.3.2. Thuật toán tổng hợp, liên kết điểm dấu với quỹ đạo theo xác suất đồng thời JPDA

JPDA được xây dựng để xử lý với tình huống không gian có nhiều quỹ đạo lân cận nhau. Khi đó, việc ước lượng xác suất liên kết điểm dấu đã được chọn với một quỹ đạo nào đó phải tính đến cả khả năng điểm dấu đó cũng thuộc quỹ đạo khác hay không. Nghĩa là: quá trình liên kết các kết quả đo (các điểm dấu) của nhóm con trong cửa sóng nào đó với các quỹ đạo phải tiến hành đồng thời theo từng bước với việc cập nhật dữ liệu và có tính tới tham số của cả các điểm dấu mới lẫn của quỹ đạo đang lọc, bám.

Điểm khác biệt có tính nguyên tắc giữa JPDA và PDA ở việc tính toán xác suất để điểm dấu thứ i ; $i \in m(k)$ liên kết với quỹ đạo thứ t ; $t \in N_t(k)$ - $\gamma_{it}(k)$. Trong đó $N(k)$ là số lượng quỹ đạo đang được lọc, bám và đã biết; và xác suất không có điểm dấu i ; $i \in m(k)$ thuộc bất kỳ quỹ đạo nào $\gamma_{i0}(k)$.

Khi đó, vẫn theo cách tiếp cận của PDA về sự cần thiết phải thiết lập cửa sóng liên kết đối với từng quỹ đạo t ; $t \in N_t(k)$. Tuy nhiên, cần có một khâu trung gian nhằm xem xét những tình huống có sự giao nhau của các cửa sóng

liên kết đó. Mô hình toán học của khâu thể hiện các phương án liên kết có dạng là ma trận có kích thước $[m(k) \times (N_t + 1)]$.

$$\Omega = [\omega_{it}]; i = 1 \div m(k); t = 0 \div N_t(k) \quad (1.2.8)$$

Với các phần tử ω_{it} mang giá trị nhị phân $[0,1]$ nói lên khả năng điểm dấu thứ i ; $i \in m(k)$ rơi vào vùng cửa sóng liên kết của quỹ đạo thứ t ; $t \in N_t(k)$.

Tiếp theo, vẫn tương tự như đối với *PDA*, sẽ hình thành tập $\mathcal{G}_j[\theta_{it}]$ các giả thuyết về “sự kiện đồng thời” nhằm thể hiện tất cả các phương án liên kết có thể xảy ra giữa tập điểm dấu $m(k)$ và tập quỹ đạo $N_t(k)$. Do mang đặc tính chỉ thị nên phần tử θ_{it} cũng nhận hai giá trị 1 và 0. Khi đó, các giả thuyết về “sự kiện đồng thời” nào đó cũng có dạng ma trận:

$$\hat{\Omega}_j(\mathcal{G}) = [\hat{\omega}_{it}(\mathcal{G}_j)]; \text{ trong đó: } \hat{\omega}_{it}(\mathcal{G}_j) = \begin{cases} 1 & \text{neu } \theta_{it} \in \mathcal{G}_j \\ 0 & \text{neu } \theta_{it} \notin \mathcal{G}_j \end{cases} \quad (1.2.9)$$

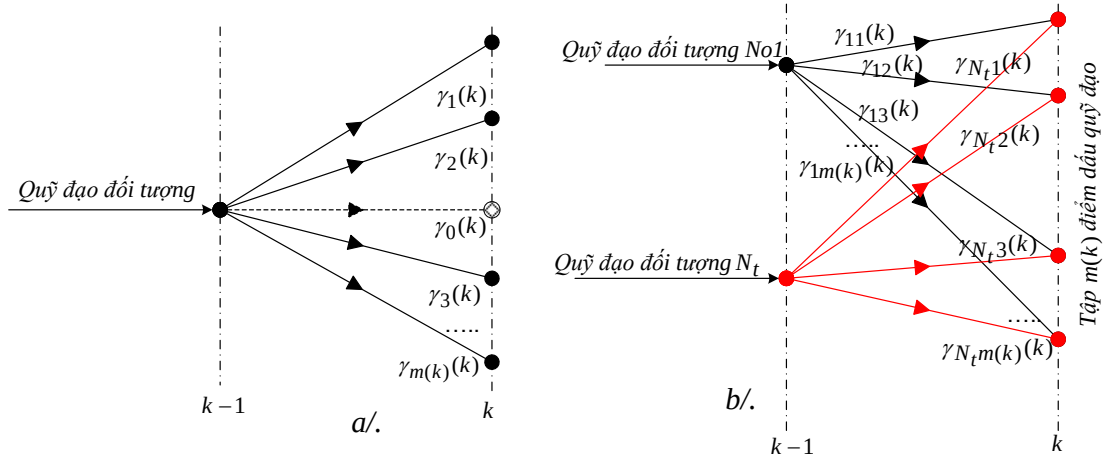
Và tương tự như *PDA*, ta cũng sẽ có:

$$\gamma_{0t}(k) + \sum_{i=1}^{m(k)} \gamma_{it}(k) = 1; \forall t \in N_t(k) \quad (1.2.10)$$

Điểm khác biệt so với *PDA* là ước lượng trạng thái động học của đối tượng thứ t nào đó với $t \in N_t(k)$ sẽ chỉ có một phương án là tổng có trọng số của các điểm dấu có khả năng liên kết:

$$\hat{x}_t(k) = \sum_{i=1}^{m(k)} \hat{x}_{it}(k) \times \gamma_{it}(k) \times \omega_{it}(k) \quad (1.2.11)$$

Hình 1.6 mô tả bản chất việc tổng hợp hai thuật toán *PDA* và *JPDA*.



Hình 1.6: Mô tả việc tổng hợp hai thuật toán PDA và JPDA

1.2.4. Một số nhận xét

Từ những nội dung đã trình bày trên, cho phép đưa ra một số nhận xét:

1. Cách tiếp cận XLQĐ trình bày trong mục thực hiện tổng hợp cả hai công đoạn O_2 , O_3 không phụ thuộc quá nhiều vào mô hình, cấu trúc cũng như phương thức xử lý TTRĐ, có thể được xem là cách tiếp cận mới phù hợp với yêu cầu của tác chiến hiện đại và cơ bản có thể phù hợp với thực tiễn hoạt động của các hệ đa đầu đo ở Việt Nam.

2. Trong XLQĐ, hai nội dung: lọc, lựa chọn điểm dấu phù hợp để liên kết với quỹ đạo và lọc, ước lượng tham số cũng như phát triển nối dài quỹ đạo là hai mặt của cùng một vấn đề. Các kết quả nghiên cứu nhiều năm trở lại đây thường tập trung giải quyết nội dung thứ nhất. Mặc dù có thể với nhiều cách tiếp cận khác nhau, nhưng vẫn sử dụng các công cụ kinh điển như xác suất thống kê, quyết định thống kê, v.v. dẫn tới việc cụ thể hóa thành những thuật toán thực hiện trong thiết bị tính toán có những hạn chế xác định.

3. Có thể nói, cho tới nay, các thuật toán không Bayes và Bayes (tối ưu và cận tối ưu) về tổng hợp, liên kết điểm dấu với quỹ đạo cùng với những biến thể của chúng vẫn hiện hữu là những công cụ có ý nghĩa quan trọng gần như chưa thay thế được trong giải quyết bài toán XLQĐ. Tuy nhiên, từ việc

nghiên cứu, phân tích đã trình bày ở trên, có thể đưa ra một số điểm chưa được hoàn thiện như sau:

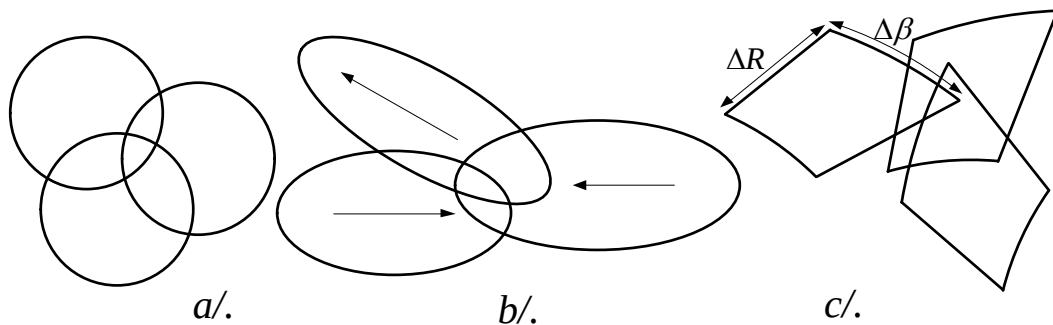
- *Thứ nhất:* Hệ đa đầu đo được xây dựng ở Việt Nam chủ yếu sử dụng các đầu đo độc lập. Theo đó, thông tin, dữ liệu cung cấp ở đầu ra thường có chu kỳ nhịp tương ứng với chu kỳ quan sát không gian mà đầu đo đó quản lý. Nói cách khác, các nhịp k cung cấp thông tin từ các nguồn sẽ là khác nhau. Việc xác định khoảng cách giữa $(k-1)$, k và $(k+1)$... tại TTXL là vấn đề chưa giải quyết trọn vẹn về định nghĩa cũng như cách tiếp cận.

- *Thứ hai:* các thuật toán không Bayes và Bayes đều giả định số lượng quỹ đạo các đối tượng được lọc bám $N_t(k)$ trong vùng quản lý của hệ thống tiền định được biết trước. Điều này chưa thực sự hoàn toàn phù hợp với mô hình hệ đa đầu đo thực tiễn của Việt nam – mô hình phân cấp khi mà tại thời điểm xác định ở nút SCH cấp trên nào đó mới bắt đầu hoạt động để tiếp nhận thông tin, dữ liệu từ các đầu đo độc lập và một số nút cấp dưới. Rõ ràng khi đó, số $N_t(k)$ chân thực không phải là thông tin tiên nghiệm.

- *Thứ ba:* Điểm hạn chế khá quan trọng trong các thuật toán không Bayes và Bayes ở chỗ: để giảm dung lượng tính toán, trong tất cả các thuật toán, người ta thường sử dụng mô hình cửa sóng liên kết. Vì có sự khác biệt giữa các cửa sóng lý thuyết (hình 1.7.a,b) và cửa sóng kỹ thuật (hình 1.7.c) do thiết bị đầu đo hình thành, có thể dẫn đến sự sai lệch trong tổng hợp, liên kết điểm đầu với quỹ đạo.

Thêm vào đó, tính đa dạng, bất định của hướng phát triển quỹ đạo, đặc biệt khi các đối tượng thực hiện cơ động dẫn tới việc khó có thể biểu diễn cửa sóng thực tế bằng toán học. Thêm nữa, việc sử dụng công cụ kiểu ma trận của sóng liên kết hay tập ma trận các “sự kiện liên kết đồng thời” dường như làm giảm được mức độ phức tạp trong tính toán, nhưng thực chất số lượng các phương án tính lại tăng lên đáng kể. Trong hai tài liệu [92], [103] đều cùng

dẫn ví dụ với tình huống ba điểm đầu và hai quỹ đạo, thì số lượng ma trận là $2^3 = 8$ (tài liệu 91 trang 300). Nếu lấy ví dụ như hình 1.5 thì sẽ có $3^6 = 729$ ma trận. Ngoài ra, với các đối tượng là các phương tiện kỹ thuật, công nghệ hiện đại có khả năng cơ động cao, thì thông tin, dữ liệu về điểm đầu chân thực có thể sẽ nằm ngoài vùng cửa sóng và không được xử lý dẫn tới sai lệch trong lọc, phát triển quỹ đạo.



Hình 1.7: Một số hình dạng cửa sóng trong xử lý liên kết
(a/. Cửa sóng tròn; b/. cửa sóng ellip có tính tới hướng phát triển quỹ đạo; c/. cửa sóng kỹ thuật do các đầu đo thiết lập)

- Thứ tư: các thông tin, dữ liệu dùng trong tất cả các thuật toán thường là có thuộc tính định lượng (như: tọa độ không gian, vận tốc, gia tốc, thời gian v.v.) và ít (hoặc không) chứa các thuộc tính định tính. Xét thực chất đây cũng chính là hệ quả của sự phân chia tường minh quá trình xử lý thông tin, dữ liệu trong hệ đa đầu đo theo các công đoạn kinh điển từ O_0 đến O_3 . Trên thực tế, thông tin, dữ liệu định tính (ví dụ: chủ quyền quốc gia, kiểu loại, nhận dạng, cấp độ nguy hiểm, lớp đối tượng, v.v.) là kết quả của quá trình XLTH có bổ sung nhận dạng có thể có ý nghĩa quan trọng trong quá trình XLQĐ.

Chính những điểm hạn chế chưa hoàn thiện này cho phép xây dựng và hình thành chi tiết nội dung nghiên cứu trong mục tiếp sau.

1.3. Xử lý hợp nhất dữ liệu quỹ đạo và xây dựng nội dung nghiên cứu

Như đã trình bày ở mục trước, với cách tiếp cận quy về bài toán XLQĐ, trong đó “Tổng hợp, hợp nhất dữ liệu thông tin quỹ đạo” các đối tượng là nội dung quan trọng và luôn có tính thời sự. Tính quan trọng và thời sự ở đây được thể hiện một số điểm như sau:

1. Một trong những đặc điểm nổi bật của tác chiến hiện đại là tốc độ biến đổi tình huống không gian rất nhanh. Việc cung cấp kịp thời dữ liệu và thông tin quỹ đạo các đối tượng hoạt động trong vùng quản lý của hệ thống đóng vai trò đặc biệt quan trọng nhằm giúp TTXL tự động đưa ra các quyết định nhanh chóng, chính xác và hiệu quả.

2. Các quyết định “nhanh chóng, chính xác v.v.” tại TTXL thể hiện ở bộ các chỉ tiêu chất lượng thông tin dữ liệu đầu ra. Đó là: *tính chính xác, tính thời gian thực và tính đầy đủ chứa trong dữ liệu, thông tin quỹ đạo đầu ra* cung cấp cho các đơn vị hỏa lực, dẫn đường v.v.

3. Khái niệm hệ thống đa đầu đo không chỉ là các phương tiện quan trắc đơn thuần như các đài ra đa mà còn là các phương tiện trinh sát không sử dụng nguyên lý ra đa mà theo những hiệu ứng vật lý khác v.v. Do đó, để giải quyết bài toán “tổng hợp, hợp nhất dữ liệu thông tin” quỹ đạo các đối tượng trong trường hợp những nguồn dữ liệu đầu vào với nhiều thuộc tính khác nhau cũng là vấn đề có tính thời sự cả về lý thuyết cũng như thực tiễn hiện nay không chỉ ở Việt Nam.

1.3.1. Những vấn đề của bài toán “Tổng hợp, hợp nhất dữ liệu”

Như đã thống nhất ở phần trên, XLQĐ được coi là phần chủ đạo và cơ bản nhất của quá trình xử lý trong các hệ thống quan trắc đa đầu đo. Trong đó, “tổng hợp, hợp nhất thông tin, dữ liệu” với tập các bài toán con liên quan tới việc phân tích lựa chọn điểm dấu phù hợp theo những tiêu chuẩn xác định có khả năng liên kết với một quỹ đạo xác định nào đó là một trong những

thành phần quan trọng nhằm cung cấp nguồn dữ liệu đầu vào cho xử lý lọc, băm để nối dài, chia tách, sát nhập hoặc loại bỏ quỹ đạo đó.

Từ đó, ta thấy có một số vấn đề như sau:

- Cần thiết đưa ra khái niệm và định nghĩa nhịp thời gian hoạt động cho TTXL. Theo đó, có thể thực hiện đồng nhất nhịp cho toàn bộ các phần tử trong hệ hoặc chỉ xác định nhịp cho riêng TTXL nhằm giải quyết tồn tại *thứ nhất* đã chỉ ra trong mục 1.2.4.

- Cần thiết nghiên cứu, đề thảo hình thành cách tiếp cận giải quyết bài toán xác định số lượng quỹ đạo chân thực hoạt động trong toàn vùng quản lý của hệ thống nhằm giải quyết tồn tại *thứ hai*.

- Cần thiết nghiên cứu, hình thành cách tiếp cận mới trong liên kết dữ liệu, thông tin điểm dấu với quỹ đạo nhằm giải quyết tồn tại *thứ ba* và *thứ bốn*. Đặc biệt trong đó, bên cạnh việc sử dụng các thuộc tính định lượng, định tính có thể có cả những thuộc tính suy nghiệm (*heuristics*) chưa được quan tâm đúng mức.

Những vấn đề đã nêu ở trên tạo cơ sở cho việc hình thành, xây dựng nội dung “Nghiên cứu, xây dựng giải pháp nâng cao chất lượng xử lý tổng hợp, hợp nhất quỹ đạo cho các TTXL” trong hệ thống tự động hóa chỉ huy với đầu vào là hệ thống đa đầu đo có mô hình cấu trúc bất kỳ.

1.3.2. Xây dựng nội dung nghiên cứu của luận án

Bài toán nghiên cứu trong luận án giới hạn giải quyết những vấn đề sau:

1. Xây dựng cách tiếp cận mới trong định nghĩa một số khái niệm như: *quỹ đạo, điểm dấu quỹ đạo, chu kỳ cập nhật thông tin, dữ liệu...* sao cho phù hợp với mô hình hệ đa đầu đo hoạt động thực thực tiễn của Việt Nam, cũng như quá trình XLQĐ trong đó. Nghiên cứu, tiến tới bổ sung các thuộc tính – tham số định tính, các tham số mang đặc trưng suy nghiệm vào thành phần

của “điểm dấu quỹ đạo” tham gia vào quá trình XLQĐ góp phần giảm dung lượng tính toán, thời gian tính toán tại TTXL.

2. Nghiên cứu ứng dụng công cụ phân lớp thống kê (Statistical Clustering) nói chung và phân lớp mờ (Fuzzy Clustering) nói riêng giải quyết các bài toán cụ thể gồm:

- + Xác định số lượng quỹ đạo chân thực $N_t(k)$.
- + Liên kết điểm dấu quỹ đạo (theo khái niệm, định nghĩa mới) với các quỹ đạo chân thực không chỉ trong miền giao nhau của các vùng quan sát của mạng các đầu đo mà trong toàn bộ vùng quản lý của hệ thống.

3. Nghiên cứu kết hợp các thuật toán tổng hợp, liên kết dữ liệu theo xác suất và thuật toán phân lớp mờ trong giải bài toán XLQĐ tại các miền giao nhau trong vùng quản lý của hệ thống.

Kết quả các nội dung nghiên cứu trong luận án sẽ phải là bức tranh tình huống không gian mà TTXL cung cấp cho các đối tượng sử dụng theo đúng chỉ tiêu chất lượng của mô hình hệ thống lớn như ACPIOY-BH, C⁴ISR.

1.4. Kết luận chương 1

Với mục tiêu hình thành, xây dựng và giới hạn các nội dung nghiên cứu của bài toán “Nghiên cứu, nâng cao chất lượng xử lý tổng hợp, hợp nhất dữ liệu quỹ đạo cho các Trung tâm xử lý”, chương Một của luận án tập trung xem xét giải quyết những vấn đề sau đây:

- Tiến hành phân loại mô hình hệ thống thông tin, chỉ huy và điều khiển, mà trong đó tập trung xem xét việc phân loại theo quá trình xử lý thông tin nhằm chỉ ra những giới hạn của chúng theo yêu cầu của tác chiến hiện đại đối với một hệ thống tự động cần thiết lập như ACPIOY-BH, C⁴ISR v.v.
- Trên cơ sở phân tích đặc điểm, các yêu cầu đầu vào / ra của các công đoạn xử lý kinh điển, tiến hành đề thảo xử lý thông tin, dữ liệu theo cách tiếp cận mới gồm: *xử lý tín hiệu* và *xử lý quỹ đạo*. Trình bày tóm tắt nội dung quan

trọng trong XLQĐ là bài toán tổng hợp, liên kết thông tin, dữ liệu điểm đầu với quỹ đạo nhằm chỉ ra những mặt tồn tại của các thuật toán kinh điển liên kết dữ liệu với quỹ đạo tiến tới cụ thể hóa các nội dung nghiên cứu cần đạt được trong luận án.

- Hình thành và giới hạn những nội dung nghiên cứu của luận án giải quyết những điểm tồn tại trong XLQĐ theo kinh điển bằng cách tiếp cận mới, ứng dụng lý thuyết khai thác dữ liệu, các phương pháp và công cụ của phân lớp thống kê, phân lớp mờ để giải quyết việc xác định số lượng quỹ đạo chân thực trong toàn bộ vùng quản lý của hệ thống; liên kết các điểm đầu quỹ đạo với các quỹ đạo chân thực và thực hiện lọc bám, phát triển quỹ đạo đảm bảo hình thành bức tranh tình huống cung cấp cho các đối tượng sử dụng theo các chỉ tiêu chất lượng của mô hình hệ thống lớn.

Các kết quả nghiên cứu phân tích lý thuyết những nội dung nghiên cứu trên sẽ được trình bày trong chương Hai. Chương Ba tập trung trình bày thuật toán thực hiện, các kết quả mô hình hóa và đánh giá.

Chương 2

ỨNG DỤNG CÔNG CỤ PHÂN LỚP DỮ LIỆU GIẢI BÀI TOÁN XỬ LÝ HỢP NHẤT QUỸ ĐẠO TẠI TTXL

Kết quả nghiên cứu quan trọng của chương Một đã chỉ ra những vấn đề tồn tại trong XLQĐ khi sử dụng các phương pháp và thuật toán kinh điển. Đồng thời, chương Một cũng xác định rõ những nội dung khoa học cần giải quyết của luận án. Mục tiêu chính của chương Hai là trình bày các kết quả nghiên cứu về cách tiếp cận mới giải bài toán tổng hợp, hợp nhất thông tin trong XLQĐ tại TTXL. Cụ thể là ứng dụng lý thuyết khai thác dữ liệu (KTDL) với các công cụ, phương pháp và các thuật toán của phân lớp dữ liệu (PLDT) để thực hiện nội dung quan trọng trong XLQĐ. Đó là liên kết điểm đầu với quỹ đạo bao gồm những vấn đề như:

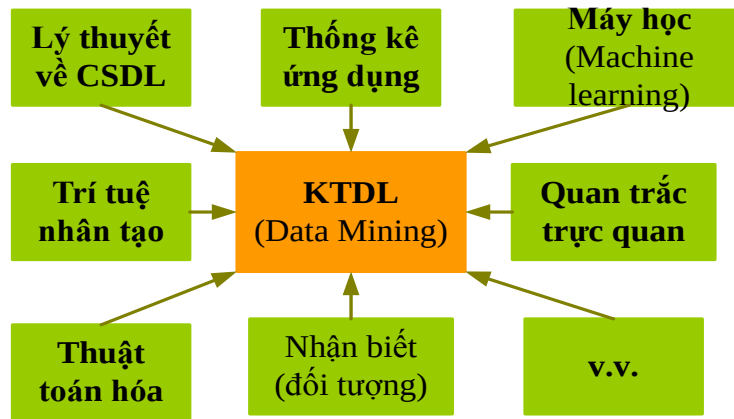
- Đặc điểm của lý thuyết KTDL nói chung và PLDL nói riêng.
- Một số điểm tương đồng của PLDL với bài toán XLQĐ có thể khai thác, ứng dụng được trong giải quyết việc liên kết điểm đầu với quỹ đạo.
- Xây dựng sơ đồ cấu trúc XLQĐ tại TTXL theo lý thuyết KTDL và các phương pháp PLDL.
- Giải quyết những vấn đề cụ thể: xác định số lượng quỹ đạo chân thực trong vùng quản lý của hệ thống; tổng hợp và liên kết các điểm đầu quỹ đạo tổng hợp từ các đầu đo, TTLX cấp dưới theo quỹ đạo chân thực; lọc bám và phát triển quỹ đạo trên cơ sở PLDL v.v.

2.1. Một số điểm tương đồng của PLDL và bài toán XLQĐ

2.1.1. Tóm tắt về một số đặc điểm của lý thuyết KTDL và PLDL

Theo [28], [76÷78], từ khai thác dữ liệu (KTDL) - *Data Mining* được tổng hợp từ hai khái niệm và nhiệm vụ chính là *tìm kiếm* thông tin có ích (theo các tiêu chí xác định) trong tập dữ liệu đầu vào và *khai thác* chúng.

Ngày nay, KTDL được coi là lĩnh vực khoa học được tích hợp và phát triển trên cơ sở của khoa học thống kê ứng dụng, quan trắc trực quan, nhận dạng đối tượng lý thuyết cơ sở dữ liệu và một số lĩnh vực khác (hình 2.1).



Hình 2.1: Khai thác dữ liệu là lĩnh vực KHKH đa ngành

Theo định nghĩa [74], [77], KTDL là quá trình xử lý tập dữ liệu đầu vào chưa biết để phát hiện lấy dữ liệu cần thiết, có ý nghĩa phục vụ cho việc ra quyết định khác nhau theo hàm mục tiêu. Tuy nhiên, nhiều nhà nghiên cứu ứng dụng chưa hiểu đúng bản chất của KTDL, nên thường đồng nhất nó với quá trình phân tích dữ liệu [94], [98], [104]. Thực chất, phân tích dữ liệu là các phương pháp mà trong đó chủ yếu nhằm kiểm tra những giả thuyết tiên định có liên quan tới dữ liệu. Còn KTDL là quan tâm tới việc tìm kiếm độc lập các quy luật có thể có trong tập dữ liệu; tiến tới hình thành, xây dựng các giả thuyết về những mối quan hệ giữa chúng trong quá trình khai thác.

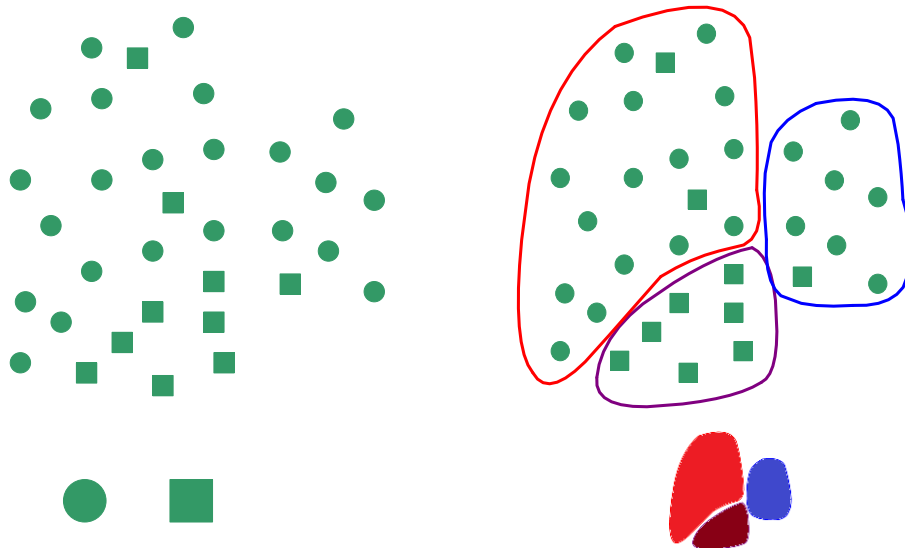
Với cách đặt vấn đề như vậy, phân loại tổng quát nhóm những bài toán mà KTDL thường giải quyết như sau [87], [88]:

1. *Nhóm các bài toán phân loại – Classification* nhằm phát hiện những thuộc tính đặc trưng cho lớp các đối tượng thuộc tập khảo sát đầu vào. Sau đó, đối tượng mới nào đó sẽ được phân chia về một trong số các nhóm theo thuộc tính đặc trưng đã phát hiện ở trên.

2. *Nhóm các phương pháp phân lớp – Clustering*: có thể hiểu là nhóm được phát triển tiếp sau của ý tưởng phân loại. Các phương pháp phân lớp thường được áp dụng để giải những bài toán phức tạp khi mà các lớp dữ liệu tiên nghiệm không biết trước.

3. *Nhóm các phương pháp liên kết – Association*: là nhóm giải quyết bài toán tìm kiếm các quy tắc liên kết giữa các sự kiện ràng buộc lẫn nhau trong tập dữ liệu đầu vào. Khác với hai nhóm trên, nhóm này không xử lý dựa trên các tính chất đối tượng cần phân tích mà dựa vào quan hệ qua lại giữa các sự kiện xảy ra đồng thời đối với bản thân đối tượng.

Từ đó, có thể thấy rằng: *phân lớp – Clustering* có chức năng gần giống với *phân loại – Classification* ở diễn tiến lô gích trong quá trình thực hiện, nhưng lại khác ở điểm quan trọng là thông tin tiên nghiệm đầu vào. Hình 2.2 biểu diễn dạng sơ đồ sự khác nhau của bài toán phân loại và phân lớp.



Phân loại: Tiên nghiệm đã biết số các lớp

Phân lớp: - Không biết trước số các lớp
- Cần xác định các lớp gồm những dữ liệu có các thuộc tính như nhau.

Hình 2.2: Minh họa chức năng, nhiệm vụ của phân loại và phân lớp

Còn trên cơ sở ứng dụng cách tiếp cận của nhóm các phương pháp liên kết để thực hiện việc phân lớp có độ chắc chắn cao hơn khi thực hiện các thuật toán đối với từng mô hình tập dữ liệu đầu vào.

Như vậy, có thể thấy rằng: trong lý thuyết KTDL thì *phân lớp* và các phương pháp phân lớp được thực hiện nhằm thiết lập quy trình cho phép nghiên cứu, phân tích tập dữ liệu đầu vào chứ không đưa ra các kết luận thống kê về chúng [11÷13], [21], [22], [25], [33÷35].

2.1.2. Một số đặc điểm của PLDL và sự tương đồng với bài toán XLQĐ

2.1.2.1. Một số đặc điểm của PLDL

Nghiên cứu lý thuyết KTDL cho thấy: các bài toán PLDL có một vị trí rất quan trọng. Có ba lý do chính xuất phát từ đặc điểm của PLDL như sau:

+ *Thứ nhất*: trong phân lớp, phân tích lớp các đối tượng đầu vào, một số bài toán tưởng như rất phức tạp đều có thể giải quyết bằng các suy luận lô-gích đối với các thuộc tính không định lượng thường ít được quan tâm [37].

+ *Thứ hai*: về kỹ thuật thực hiện, các quy trình xử lý PLDL thường có cấu trúc khá đơn giản và dễ tiếp cận. Đặc biệt là các bài toán liên quan tới khảo sát, nhận diện các dữ liệu, hoặc tập các dữ liệu đầu vào.

+ *Thứ ba*: các phương pháp phân lớp và phân tích lớp cho phép bổ sung, tích lũy công cụ trong việc hình thành các giải pháp và phương án điều hành, điều khiển. Điều này là kết quả của việc khai thác thành phần, tính chất cũng như thông tin nằm trong thuộc tính của từng dữ liệu [42], [96].

Để là rõ điều này, cần thống nhất một vài khái niệm, định nghĩa và những tính chất của PLDL có liên quan trực tiếp tới luận án.

1. Như đã nêu ở trên, PLDL là quá trình phân chia *tập đầu vào* X các đối tượng không đồng nhất thành các nhóm (hoặc lớp) tập con với điều kiện từng đối tượng trong tập con đó có thể quy ước là đồng nhất theo một số thuộc tính xác định. Điều đó nghĩa là: với tập X đầu vào có thể viết dưới dạng véc tơ:

$$X = \{x_1, \dots, x_{m(k)}\} \quad (2.1.1)$$

Hoặc dưới dạng ma trận tường minh:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m(k)1} & x_{m(k)2} & \dots & x_{m(k)p} \end{bmatrix} \quad (2.1.2)$$

trong đó: $x_i = \{x_{i1}, \dots, x_{ip}\}$ là đối tượng thứ i ($i = 1 \div m(k)$) có $x_{i1}, \dots, x_{ip}$ các thuộc tính ($p = 1 \div P$).

2. Theo [83], [98], *thuộc tính* của đối tượng có thể hiểu là tập các đặc tính đặc trưng được mô tả dưới dạng tham số định lượng, hoặc tham số định tính của đối tượng đó. Như vậy, ta có: $p = p_1 + p_2$, với p_1 là các thuộc tính định lượng và p_2 là các thuộc tính định tính.

3. Theo lô-gíc toán học, việc phân các đối tượng vào lớp dựa vào việc so sánh giá trị thuộc tính giữa chúng với nhau và được thể hiện thông qua hàm gọi là *hàm gần nhau* (*Proximity functions*; trong nhiều tài liệu về “Data Mining” gọi là *Similarity functions*). Việc so sánh giống và khác nhau về giá trị các thuộc tính được thực hiện thông qua *thước đo* thuộc tính và phụ thuộc vào mục tiêu của phân lớp. Theo lý thuyết KTDL và PLDL, thước đo thuộc tính sẽ được dùng để đánh giá các dữ liệu và khoảng cách giữa chúng.

Cho tập dữ liệu $X = \{x_1, \dots, x_{m(k)}\}$, *thước đo khoảng cách* giữa hai đối tượng x_i và x_j ; $\forall i, j \in m(k)$ là *hàm gần nhau* không âm có dạng:

$$\begin{cases} d(x_i, x_j) \geq 0 \\ d(x_i, x_j) = d(x_j, x_i) \\ 0 \Leftrightarrow x_i = x_j \\ d(x_i, x_j) \leq d(x_i, x_m) + d(x_m, x_j) \end{cases} \quad (2.1.3)$$

Tại bảng 2.1 có trình bày một số thước đo đặc trưng thường áp dụng trong PLDL [10], [44], [50], [64÷67], [71].

Bảng 2.1: Một số dạng thước đo đặc trưng

STT	Tên gọi	Dạng thuộc tính	Biểu thức tính toán
1	Khoảng Euclide	Định lượng	$d_E(x_i, x_j) = \{ \sum_{p=1}^{p_1} [x_{ip} - x_{jp}]^2 \}^{(1/2)}$
2	Thước đo hội tụ Hamming	Chất lượng	$\mu_{ij}^\alpha = n_{ij} / N$; với n_{ij} - là số các thuộc tính giống nhau của x_i và x_j
3	Khoảng Manhattan	Định lượng	$d_{Man}(x_i, x_j) = \sum_{p=1}^{p_1} x_{ip} - x_{jp} $
4	Khoảng Mahalanobis	Định lượng	$d_{Man}(x_i, x_j) = [x_{ip} - x_{jp}]^T W^{-1} [x_{ip} - x_{jp}]$ trong đó: W là ma trận hiệp biến các mẫu
5	Khoảng Zhuravlev	Hỗn hợp	$d_{Zur}(x_i, x_j) = \sum_{p=1}^P I_{ij}(p) \cdot$ trong đó: $I_{ij}(p) = \begin{cases} 1 & \text{if } x_{ip} - x_{jp} \leq \delta \\ 0 & \text{if } x_{ip} - x_{jp} > \delta \end{cases}$

Trong đó: x_{lp} , p_1 và p_2 - tương ứng là giá trị định lượng hoặc được lượng hóa của dữ liệu thứ l theo thuộc tính thứ p ; thuộc tính định lượng và không định lượng.

4. Trong nhiều bài toán PLDL, để thực hiện ánh xạ dữ liệu từ tập đầu vào sang tập các lớp, không chỉ so sánh giữa các dữ liệu với nhau mà còn phải so sánh từng dữ liệu với đại diện của mỗi lớp - *tâm lớp*. Theo lý thuyết KTDL [87], [88], tâm lớp được định nghĩa là kỳ vọng toán của các thuộc tính định lượng, hoặc được lượng hóa các dữ liệu thuộc lớp đó. Trong số các bài toán

phân lớp điển hình có bài toán dựa trên cơ sở thiết lập các đặc trưng tiên nghiệm để hình thành điều kiện biên hoặc xây dựng “đường bao” cho lớp. Sau đó, kiểm định các dữ liệu đầu vào so với *tâm lớp* để thực hiện phân lớp.

5. Thông thường, mục tiêu của phân lớp là để hình thành những nhóm đáp ứng theo tập các tiêu chuẩn tối ưu nào đó theo mục tiêu đề ra thông qua ***hàm đích***. Đồng thời, xác định theo nội dung của lớp, các đặc trưng yêu cầu, số lớp cũng như các yếu tố điều khiển cần thiết ở đầu ra đối với từng lớp. Tuy nhiên, có khá nhiều trường hợp thiếu các thông tin tiên nghiệm về tính tối ưu cũng như cách tiếp cận giải quyết. Tổng hợp hệ thống tài liệu về lý thuyết KTDL [35], [38], [43], [46], [48], [57], [73], [81], [82], [87], [88], có thể dẫn ra đây một số dạng hàm đích có khả năng đánh giá chất lượng phân lớp và lựa chọn phương án tối ưu theo tính chất những đối tượng đầu vào. Đó là:

+ Hàm đích theo tiêu chuẩn cực tiểu mất mát dữ liệu:

$$\sum_{c \in m(k)} c \rightarrow \min \quad (2.1.4)$$

Trong đó, c - là đối tượng không rơi vào bất kỳ lớp nào sau khi kết thúc phân lớp.

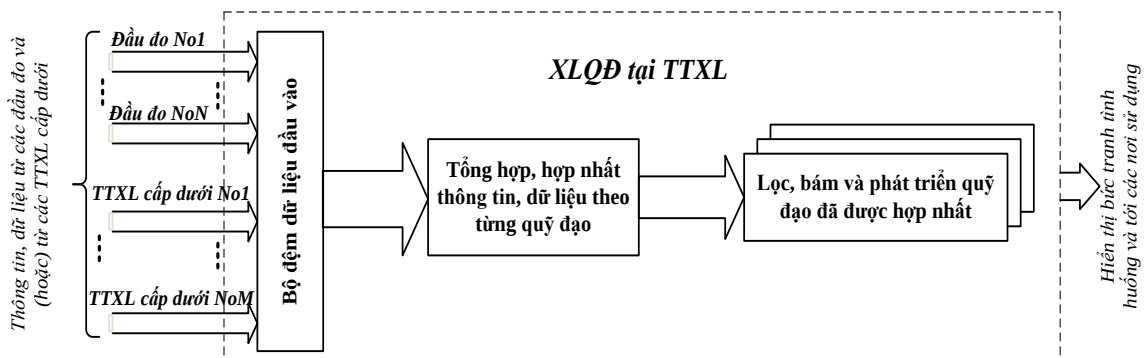
+ Hàm đích theo *tiêu chuẩn độ tập trung* (mật độ phân bố dữ liệu) có thể của từng lớp. Theo đó, độ tập trung của lớp được xác định theo các bước: phân tập đầu vào thành các lớp; với mỗi lớp, tính tâm quy ước của lớp; xác định độ tập trung của một lớp theo tổng các bình phương độ lệch của dữ liệu và tâm quy ước theo thuộc tính và được gọi là hàm đích của lớp theo tiêu chuẩn mật độ. Hàm đích phân lớp sẽ được đánh giá theo tiêu chuẩn cực tiểu tổng hàm đích các lớp [98÷100].

+ Hàm đích theo tiêu chuẩn cực đại khoảng cách giữa các biên của lớp là hàm sử dụng để đánh giá mức độ khác nhau giữa các lớp.

- + Hàm đích theo tiêu chuẩn cực đại đồng nhất các thuộc tính trong từng lớp (hay còn gọi là hàm đích đồng nhất).
- + Hàm đích theo tiêu chuẩn tiệm cận cực đại số các lớp thực so với lý thuyết.
- + Hàm đích theo tiêu chuẩn hội tụ cực đại số các đối tượng trong một lớp so với tâm lớp lý thuyết v.v.

2.1.2.2. Thống nhất một số khái niệm, định nghĩa

Như đã trình bày, mục tiêu chính của luận án là ứng dụng cách tiếp cận của lý thuyết KTDL, các phương pháp của PLDL để giải tổng quát bài toán XLQĐ tại TTXL mà không phụ thuộc vào mô hình cấu trúc hệ thống. Trong Hình 2.3 trình bày sơ đồ cấu trúc tổng quát TTXL thực hiện XLQĐ hoàn toàn không khác gì so với các sơ đồ truyền thống.



Hình 2.3: Sơ đồ cấu trúc tổng quát TTXL thực hiện XLQĐ.

Để xác định các điểm tương đồng giữa PLDL và XLQĐ, dưới đây sẽ thống nhất một số khái niệm, định nghĩa.

1. **Định nghĩa về “điểm dấu quỹ đạo” (ĐDQĐ):** Theo hình 2.3, đầu vào TTXL là các thông tin, dữ liệu về quỹ đạo các đối tượng đã được xử lý và truyền từ mạng đầu đo và (hoặc) các TTXL cấp dưới. Dưới bất kỳ phương thức truyền nào (thủ công, bán tự động hay tự động), thì thông tin, dữ liệu đầu vào cũng đều được rời rạc hóa theo thời gian với theo chu kỳ xác định của từng đầu đo và TTXL cấp dưới. Như vậy, có thể hiểu tập đầu vào đối với

TTXL cũng có dạng như (2.1.1), trong đó $x_i = \{x_{i1}, \dots, x_{ip}\}$ là *véc tơ ĐDQĐ* mang các thuộc tính định lượng và định tính của đối tượng cụ thể.

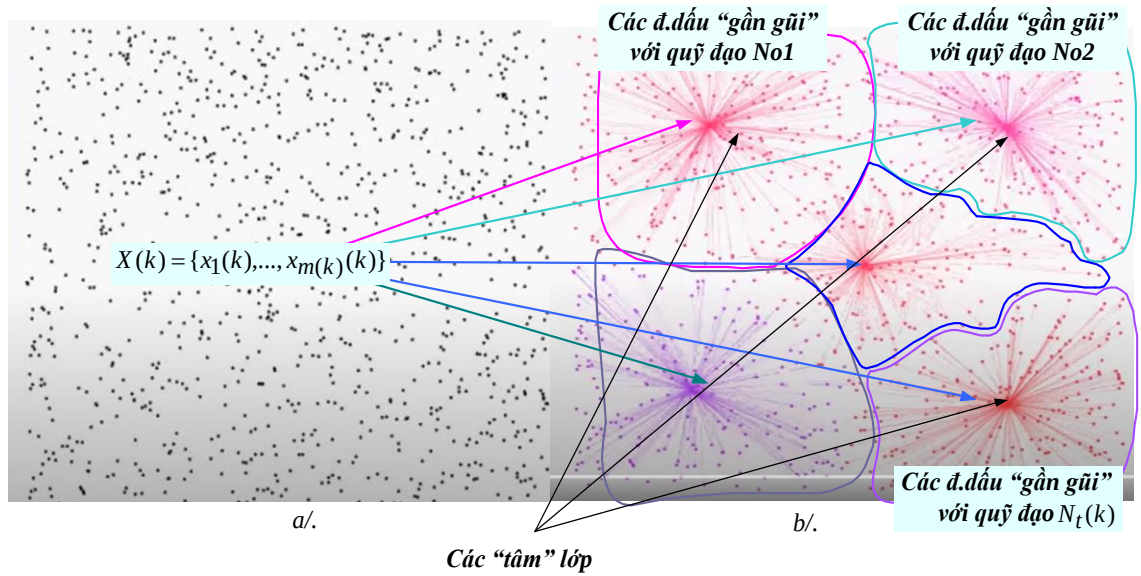
2. *Về chu kỳ cập nhật*: Thực tế là trong tất cả các phương trình của lọc Kalman, người ta thường sử dụng ký hiệu $(k-1)$, k , $(k+1)$... để biểu diễn việc thay đổi các nhịp xử lý. Với trường hợp tổng quát, nhịp xử lý của từng đầu đầu đo và TTXL cấp dưới sẽ khác nhau. Ở đây, để thích ứng với bài toán thực tế, có thể đề xuất nhịp xử lý tại TTXL hoàn toàn độc lập với đầu đo và TTXL cấp dưới. Như vậy, khoảng thời gian giữa $(k-1)$, k , $(k+1)$... tại TTXL sẽ được gọi là *chu kỳ cập nhật của TTXL* T_{upd} , và được định nghĩa là *khoảng thời gian tính từ thời điểm bắt đầu cập nhật dữ liệu và XLQĐ cho đến đầu ra tại TTXL*. Bộ đệm dữ liệu đầu vào (hình 2.3) sẽ tham gia giải quyết vấn đề này và công cụ phần mềm định thời thuộc hệ điều hành trong hệ thống máy tính của TTXL sẽ quyết định độ lớn của T_{upd} : $T_{upd} = t_k - t_{k-1} = t_{k+1} - t_k$ để phù hợp các thuật toán của lọc Kalman.

Khi đó, có thể có xảy ra hiện tượng là trong một T_{upd} của TTXL số lượng ĐDQĐ của cùng một đối tượng được truyền từ cùng một đầu đo lớn hơn 1 và khác hoàn toàn với điều kiện “*chỉ có một điểm dấu chân thực đối với với một quỹ đạo*” trong các cách tiếp cận xử lý kinh điển. Giải quyết vấn đề trong PLDL khá đơn giản dựa trên “*cấp độ liên thuộc*” của chúng so với *tâm lớp* trong vấn đề hợp nhất.

Như vậy, bộ đệm dữ liệu đầu vào có ý nghĩa quan trọng tại TTXL. Nó giải quyết không chỉ bài toán định mốc T_{upd} , mà còn thực hiện chuyển đổi hệ tọa độ các thuộc tính định lượng, định tính đối với các ĐDQĐ.

2.1.2.3. Về một số điểm tương đồng giữa PLDL và XLQĐ

Hình 2.4 minh họa bức tranh mô tả sự tương đồng giữa PLDL và xử lý liên kết các ĐDQĐ với quỹ đạo. Theo đó, trong các thuật toán kinh điển, việc xác định ĐDQĐ có khả năng liên kết với quỹ đạo nào đó đều dựa trên kết quả tính toán giá trị xác suất liên kết như đối với thuật toán PDA là $(\gamma_0, \gamma_i), i=1 \div m(k)$ và JPDA là $(\gamma_{0t}, \gamma_{it}), i=1 \div m(k), t=1 \div N_t(k)$ như trình bày tại mục 1.2.2.4 và 1.2.3.



Hình 2.4: Minh họa cách tiếp cận liên kết điểm dấu quỹ đạo với quỹ đạo

Từ đó, có thể chỉ ra một số điểm tương đồng như sau:

Thứ nhất: khi coi $X(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m(k)}(k)\}$ là tập là $m(k)$ ĐDQĐ đầu vào và cần phân chia chúng theo các lớp có số lượng $N_t(k)$ tương ứng với số quỹ đạo chân thực trong vùng quản lý của hệ thống thì rõ ràng ta có thể ứng dụng các công cụ của PLDL để phân chia $X(k)$ theo $N_t(k)$ theo thước đo xác định.

Thứ hai: về cách thực hiện, trong trường hợp $N_t(k) \geq 2$, thuật toán JPDA sẽ phải thực hiện xác định các ma trận của sóng liên kết nhằm thiết lập tất cả các phương án liên kết từng điểm dấu quỹ đạo với từng quỹ đạo và ứng

với từng “sự kiện - phương án” tiến tới xác định $\gamma_{0t}(k)$, $\gamma_{it}(k)$ với $i=1 \div m(k)$; $t=2 \div N_t$. Điều này cũng tương đồng với phân lớp thực hiện thông qua hàm có tên gọi là *hàm gần nhau* xác định mức độ “gần gũi” của từng điểm đầu với phân tử đặc trưng của quỹ đạo đó. Trong lý thuyết PLDL, mức độ gần gũi và hàm gần nhau được thể hiện qua khái niệm *cấp độ liên thuộc* và *hàm liên thuộc*.

Hai điểm tương đồng đã nêu là kết quả quan trọng của quá trình phân tích, nghiên cứu tìm kiếm cách tiếp cận mới, công cụ mới trong giải bài toán XLQĐ. Tuy nhiên, trong mục này cũng cần chỉ rõ những hạn chế trong XLQĐ theo các phương pháp kinh điển mà PLDL có thể giải quyết được.

- Thứ nhất: theo các phương pháp xử lý kinh điển (cả không Bayes và Bayes tối ưu, cận tối ưu) thì một trong những điều kiện đặt ra là $N_t(k)$ tiên nghiệm biết trước. Nhưng với hệ thống có cấu trúc phân cấp đa dạng, thì chưa hẳn lúc nào TTXL cũng hoạt động. Như vậy, tại thời điểm bắt đầu làm việc và có dữ liệu đầu vào đến khâu chức năng đệm, dữ liệu $N_t(k)$ sẽ không còn là thông tin tiên nghiệm. Bên cạnh đó, có rất nhiều tình huống thực tế xảy ra liên quan tới $N_t(k)$ như: đối tượng là mục tiêu nhóm thực hiện tách thành nhiều quỹ đạo; bị tiêu diệt hoặc mất bám; đối tượng là các phương tiện bay hạ cánh, v.v. Việc sử dụng công cụ PLDL để xử lý khi chưa biết số lớp $N_t(k)$ có thể thực hiện được khi chọn hàm đích phù hợp. Ví dụ như dựa trên mật độ ĐDQĐ trong một vùng cửa sóng xác định nào đó trên Hình 2.4.b.

- Thứ hai: Các phương pháp kinh điển thường sử dụng công cụ cửa sóng để giới hạn số lượng các ĐDQĐ trong tính toán. Nói cách khác, XLQĐ chỉ thực hiện trên tập con $X'(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m'(k)}(k)\}$ với $X'(k) < X(k)$ và $m'(k) < m(k)$. Còn trong PLDL, tập $X(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m(k)}(k)\}$ được xem xét

phân chia tất cả $m(k)$ ĐDQĐ theo các lớp $N_t(k)$. Khi đó, hàm đích được xây dựng theo tiêu chuẩn cực tiểu mất mát dữ liệu.

- Thứ ba: Gần như tất cả các thuật toán XLQĐ kinh điển chỉ sử dụng các thuộc tính định lượng nhằm tính toán giá trị (γ_0, γ_i) , $i = 1 \div m(k)$ đối với PDA và $(\gamma_{0t}, \gamma_{it})$, $i = 1 \div m(k)$, $t = 1 \div N_t(k)$ đối với JPDA. Vì thế nhiều kết quả nghiên cứu cũng tập trung triển khai xác định chúng với những tình huống không gian cụ thể [14], [18], [21], [25], [32], [39], [40], [52], [54], [59], v.v. Còn trong PLDL, việc sử dụng bổ sung các thuộc tính định tính, thuộc tính suy nghiệm có trong véc tơ ĐDQĐ sẽ giảm đáng kể độ phức tạp của quá trình phân lớp.

- Thứ tư: sự khác biệt không mang tính nguyên tắc như sau: Các cách tiếp cận Bayes cho phép xác định chính xác sự liên kết của ĐDQĐ với quỹ đạo. Trong khi đó, các công cụ của PLDL có thể xác định số lượng quỹ đạo $N_t(k)$ và phân chia tập $X(k)$ thành các tập con $\{X_1(k), \dots, X_{N_t(k)}(k)\}$. Việc chỉ định tập con $X_t(k)$ thuộc quỹ đạo chân thực cụ thể buộc phải sử dụng bổ sung thêm thuật toán phân lớp con.

2.2. Nghiên cứu, ứng dụng công cụ PLDL để xác định số lượng quỹ đạo

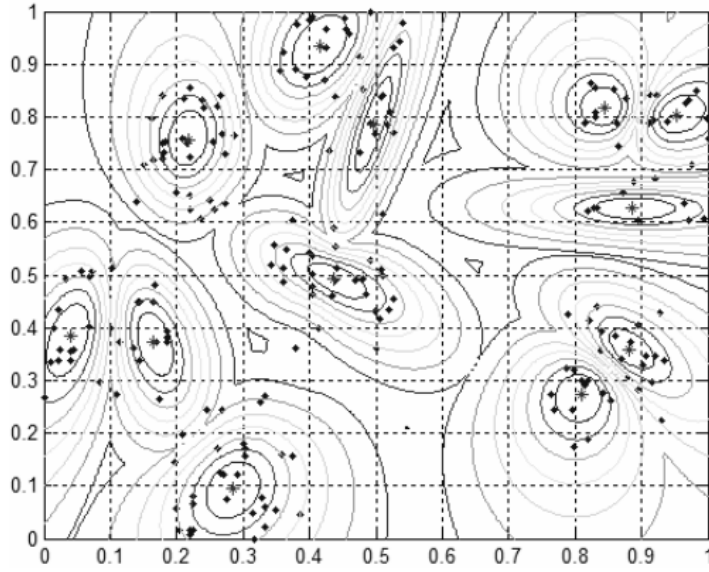
2.2.1. Bài toán PLDL khi chưa biết số lớp

Như đã trình bày ở mục 2.1, PLDL bao gồm phương pháp và công cụ để giải quyết bài toán tổng quát có dạng: *Với tập dữ liệu đầu vào xác định trong không gian thuộc tính xác định, cần tìm kiếm xác định số lượng các lớp phù hợp với không gian thuộc tính đó, phù hợp với hàm đích (hàm mục tiêu) của bài toán và thực hiện phân chia tập dữ liệu đầu vào các lớp thành các tập con theo số các lớp đã xác định được.* Trong đó, PLDL tự động không giám sát được coi là một trong những kỹ thuật KTDL phổ biến sử dụng trong khá nhiều lĩnh vực khác nhau như: nhận dạng, xử lý ảnh, kỹ thuật điều khiển và

kiểm soát các hệ thống, v.v. Đặc biệt là các bài toán xử lý dữ liệu lớn (Big Data) thuộc các lĩnh vực như: khí tượng, thủy văn, phân tích địa hình biển dựa trên bộ dữ liệu độ sâu thềm lục địa; phân tích nguồn nhân lực quốc gia trong phát triển kinh tế, xã hội, v.v.

Với các bài toán như vậy, PLDL sẽ thực hiện phân chia dữ liệu thành những nhóm (lớp) mà trong đó, dữ liệu cùng nhóm sẽ có sự tương đồng (giống) lớn khi so sánh chúng với nhau và khác rất lớn khi so sánh với nhóm khác trong không gian thuộc tính và theo hàm đích đặt ra. Ở đây, theo tiêu chí về thước đo về tính tương đồng trong không gian thuộc tính và hàm đích, PLDL có thể phân thành nhiều nhóm như: tường minh, không tường minh (phân lớp mờ) và nhóm phương pháp kết hợp. Theo [81], [90], phương pháp phân lớp khi chưa biết số lớp được xếp trong nhóm các phương pháp kết hợp do hai nhà khoa học Yager. R.R và Filev. D.F đề thảo năm 1994 khi giải quyết một số bài toán xử lý dữ liệu địa hình. Vì thế, nó còn có tên gọi là phương pháp phân lớp núi - MCM (Mountain Clustering Method). Theo đó, phương pháp sử dụng các điểm lưới có hàm đích được gọi là hàm núi (Mountain Function - MF) nhận giá cực trị trong không gian dữ liệu làm dữ liệu đặc trưng – tâm lớp (hình 2.5).

Tuy nhiên, với các vùng địa hình phức tạp, có nhiều điểm dữ liệu sự tương đồng về độ cao (cùng bình độ) sẽ hình thành các đường bao lớp phức tạp dẫn tới khó khăn trong tính toán khi cần độ chính xác cao. Phát triển từ MCM, năm 1994, nhà bác học người Mỹ gốc Hoa S.L. Chiu đề xuất phương pháp phân lớp trừ (Subtractive Clustering Method - SCM). Khác với MCM, SCM sẽ không sử dụng các điểm lưới và hàm núi, mà sử dụng một hàm đặc trưng cho khả năng tiềm năng của điểm dữ liệu có thể là tâm của một lớp nào đó. Ở đây, hàm đích trong SCM cũng được đánh giá bằng mật độ của dữ liệu xung quanh điểm được xét.



Hình 2.5: Xử lý dữ liệu địa hình bằng MCM và hàm núi.

Cụ thể như sau: với $X(k) = \{x_1(k), \dots, x_i(k), \dots, x_{m(k)}(k)\}$, $i = 1 \div m(k)$ là tập dữ liệu đầu vào trong không gian thuộc tính P để thực hiện phân lớp. Thước đo xác định độ lân cận và tương đồng giữa hai điểm dữ liệu $x_i(k)$, $x_j(k) \in X(k)$ được mô tả là khoảng cách hai dữ liệu đó:

$$d[x_i(k), x_j(k)] = \sum_{p=1}^P |x_{ip}(k) - x_{jp}(k)|^2 \quad (2.2.1)$$

+ Giả thiết $Z_H(k) = \{z_1(k), \dots, z_h(k), \dots, z_H(k)\}$; $h = 1 \div H$ là tập các phần tử đại diện – tập các tâm lớp tiềm năng sau khi thực hiện phân lớp $X(k)$.

+ Với từng dữ liệu $x_i(k) \in X(k)$, sử dụng hàm MF thực hiện ước lượng giá trị khả năng tiềm năng để $x_i(k)$ có thể trở thành tâm lớp:

$$P_{h-1}[x_i(k)] = \sum_{j=1}^{m(k)} \exp\{-\alpha \times d[x_j(k), x_i(k)]\} \quad (2.2.2)$$

trong đó: $\alpha > 0$ là hệ số đặc trưng tỷ lệ thước đo khoảng cách giữa các dữ liệu và thường được lấy bằng đại lượng tỷ lệ nghịch với tổng khoảng cách giữa các dữ liệu.

+ Dữ liệu $x_i(k) \in X(k)$ nào đó được coi là tâm lớp nếu:

$$P_{h-1}[x_i(k)] > P_{h-1}[x_j(k)]; \forall j \neq i; i, j \in m(k) \quad (2.2.3)$$

+ Nếu $x_i(k)$ thỏa mãn điều kiện (2.2.3) thì gán: $x_i(k) := z_{h-1}(k)$.

+ Với từng dữ liệu $x_i(k)$, thực hiện phép trừ để so sánh:

$$P_h[x_i(k)] = P_{h-1}[x_i(k)] - P_{h-1}[x_i(k)] \times \exp\{-\beta \times d[x_j(k), x_i(k)]\} \quad (2.2.4)$$

Từ các biểu thức đã nêu ở trên, có thể đưa ra một số nhận xét như sau:

- Biểu thức (2.2.1) thể hiện thước đo “khoảng cách” – tính tương đồng (giống nhau) của $x_i(k)$ so với các dữ liệu $x_j(k) \in X(k)$.

- Hai biểu thức (2.2.2) và (2.2.3) cho phép thể hiện và đánh giá độ tập trung của $x_j(k) \in X(k)$ xung quanh $x_i(k)$ khi coi dữ liệu này là tâm lớp.

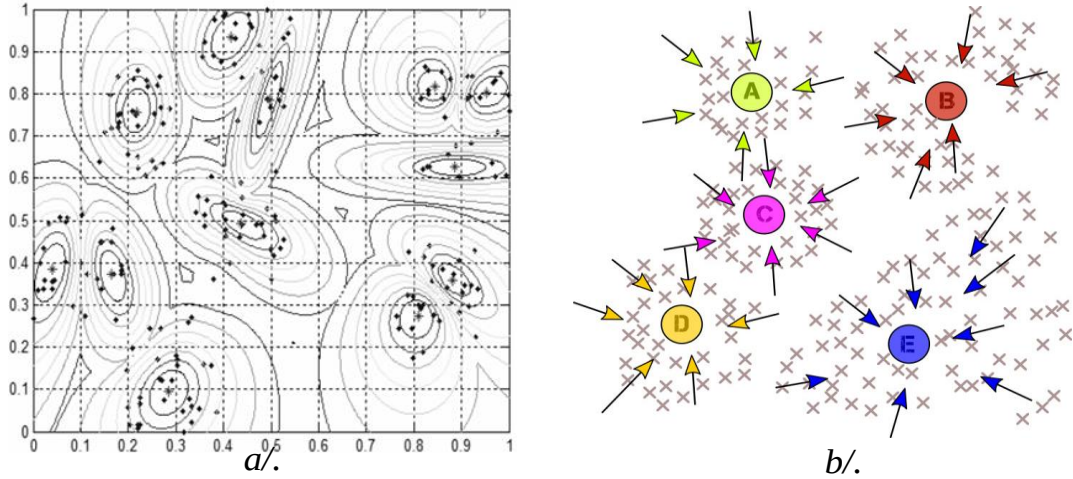
- Biểu thức (2.2.4) sẽ khẳng định độ chắc chắn việc lựa chọn tâm lớp.

Từ những dẫn giải, phân tích trên, có thể ứng dụng cách tiếp cận của phương pháp phân lớp trừ trong giải bài toán xác định số lớp và tâm lớp.

2.2.2. Phương pháp SCM ứng dụng trong xác định số lượng quỹ đạo

Khi xem xét tập dữ liệu $X(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m(k)}(k)\}$ các điểm dấu quỹ đạo từ nhiều nguồn khác nhau mang thông tin về số quỹ đạo $N_t(k)$. Theo Bayes [16÷18], [20], hàm phân bố các dữ liệu – điểm dấu có ích là phân bố chuẩn, còn phân bố các dữ liệu – điểm dấu nhiễu là phân bố đều trong cửa sóng hợp nhất. Về bản chất vật lý, nếu bỏ qua sai số đo, độ lệch thời gian đo, thì các giá trị ước lượng tham số trạng thái động học quỹ đạo một đối tượng nào đó từ tập đầu đo độc lập phải trùng nhau. Do trên thực tế tồn tại những sai lệch như vậy, nên các dữ liệu ĐDQĐ sẽ không hoàn toàn trùng nhau nhưng có tính hội tụ theo mật độ kiểu hàm núi (hình 2.6.a). Hay chính xác hơn là: các dữ liệu ĐDQĐ có xu hướng hội tụ về “điểm dấu chân thực” (hình 2.6.b). Từ đó, ta cũng có thể giả thiết rằng: hàm phân bố mật độ điểm dấu quỹ đạo từ

nhiều nguồn ở trong một “lớp quỹ đạo” thứ t cũng sẽ là phân bố chuẩn so với tâm của “lớp quỹ đạo” theo trục phát triển của chính quỹ đạo đó. Như vậy, nếu sử dụng ý tưởng về mật độ phân bố và trên cơ sở phân tích, lựa chọn, ta có thể thấy phương pháp phân lớp trừ (SCM) có thể áp dụng được để xác định số lớp – số lượng quỹ đạo $N_t(k)$.



Hình 2.6: Minh họa đặc tính hội tụ của các ĐDQĐ khi xác định $N_t(k)$

Giả thiết rằng: ta có tập ĐDQĐ $X(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m(k)}(k)\}$ với hàm $d[x_i(k), x_j(k)]$ có dạng như (2.2.1):

$$d[x_i(k), x_j(k)] = \sum_{p=1}^p |x_{ip}(k) - x_{jp}(k)| \quad (2.2.5)$$

là hàm xác định khoảng cách hai dữ liệu - hai ĐDQĐ: $x_i(k)$, $x_j(k)$.

1. Việc đầu tiên khi bắt đầu tìm kiếm số lớp là cần phải xác định những dữ liệu nào có thể là các tâm lớp. Tuy nhiên, do không có các thông tin tiên nghiệm về tâm lớp, nên ta có thể lấy bản thân từng ĐDQĐ làm tâm lớp - *tâm lớp tiềm năng*. Như vậy, $Z_{N_t(k)}(k) = \{z_1(k), \dots, z_h(k), \dots, z_{N_t(k)}(k)\}$ được gọi là tập các tâm lớp tiềm năng, nghĩa là:

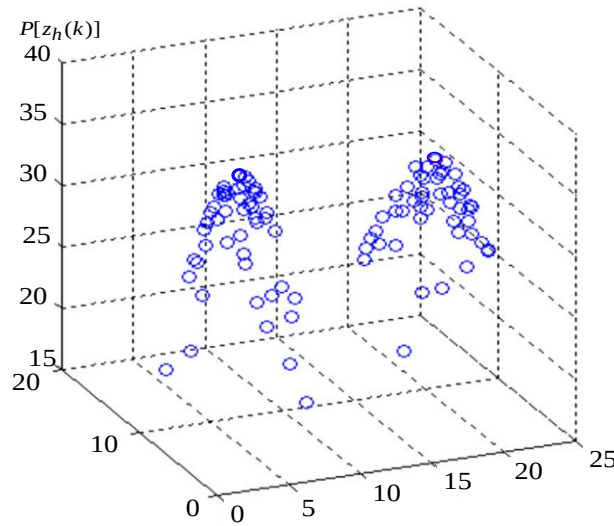
$$z_h(k) \equiv x_i(k); \text{ với } h, i \in m(k); N_t(k) = m(k) \quad (2.2.6)$$

2. Tiếp theo, ứng với từng dữ liệu như vậy, cần xác định đại lượng đặc trưng cho *khả năng tiềm năng* hình thành lớp xung quanh bản thân dữ liệu đó. Đại lượng này phải được biểu diễn ở dạng nếu mật độ phân bố các dữ liệu xung quanh “tâm lớp tiềm năng”. Nếu nó có giá trị mà lớn, thì khả năng trở thành tâm lớp của nó sẽ lớn. Áp dụng như trong đề xuất sử dụng *hàm tiềm năng* tâm lớp có dạng:

$$P[z_h(k)] = \sum_{i=1}^{m(k)} \exp\{-\alpha \times d[z_h(k), x_i(k)]\} \quad (2.2.7)$$

Trong đó: $x_i(k)$ là dữ liệu điểm dấu quỹ đạo thuộc $m(k)$; α là hằng số dương đặc trưng tỷ lệ thước đo khoảng cách giữa các dữ liệu và thường được lấy bằng đại lượng tỷ lệ nghịch với tổng khoảng cách giữa các dữ liệu.

3. Kết quả tính toán theo (2.2.7) sẽ là tập các giá trị của hàm tiềm năng tâm lớp $P[z_h(k)]$ với $h = 1 \div N_t(k)$; $N_t(k) = m(k)$ như ví dụ Hình 2.7.



Hình 2.7: Ví dụ về biểu diễn các giá trị của tâm lớp tiềm năng

Theo đó, các giá trị của $P[z_h(k)]$ hình thành bức tranh như các đỉnh núi và phụ thuộc vào mật độ tập trung của dữ liệu xung quanh tâm lớp tiềm năng. Như vậy, tâm lớp đầu tiên sẽ được chọn là dữ liệu thứ $t = h$ nào đó trong số $m(k)$ – điểm dấu quỹ đạo đầu vào có giá trị hàm tiềm năng:

$$P_1[z_h(k)] = \max_{h \in m(k)} \{P[z_h(k)]\} \quad (2.2.8)$$

Thông thường, xung quanh đỉnh cao nhất cũng sẽ có một số đỉnh khác đủ cao do tự dữ liệu đó cũng có các quan hệ với ĐDQĐ khác xung quanh về mật độ. Do vậy, để chọn tâm lớp tiềm năng tiếp theo, cần phải loại bỏ tác động của lớp đầu bằng cách các giá trị của hàm tiềm năng của những tâm lớp có thể còn mà chưa được xác định sẽ phải tính toán lại. Theo đó, ta có:

$$P_2[z_h(k)] = P_1[z_h(k)] - P_1[\eta_1(k)] \times \exp\{-\beta \times d[z_h(k), \eta_1(k)]\}; \quad (2.2.9)$$

$$z_h(k) \neq \eta_1(k)$$

Trong đó: $P_1[*]$ và $P_2[*]$ tương ứng là giá trị hàm tiềm năng của biến (*) ở vòng lặp thứ nhất và vòng lặp thứ hai; $\eta_1(k)$ là tâm của lớp thứ nhất; β là hằng số dương đặc trưng tỷ lệ thước đo khoảng cách và có thể lấy bằng α .
Viết lại biểu thức cho tâm lớp thứ nhất:

$$\eta_1(k) = \arg_{z_1(k), \dots, z_h(k), \dots, z_{m(k)}(k)} \{P_1[z_1(k)], \dots, P_1[z_h(k)], \dots, P_1[z_{m(k)}(k)]\} \quad (2.2.10)$$

Hoàn toàn tương đương như cách viết trong (2.2.8).

Như vậy, cũng có thể xác định tâm lớp thứ hai trên cơ sở xác định giá trị max trong số các hàm tiềm năng được làm mới theo (2.2.9):

$$\eta_2(k) = \arg_{z_h(k): z_h(k) \neq \eta_1(k)} \{P_2[z_1(k)], \dots, P_2[z_h(k)], \dots, P_2[z_{m(k)}(k)]\} \quad (2.2.11)$$

Sau đó, lại tiếp tục tính các giá trị hàm tiềm năng:

$$P_3[z_h(k)] = P_2[z_h(k)] - P_2[\eta_2(k)] \times \exp\{-\beta \times d[z_h(k), \eta_2(k)]\}; \quad (2.2.12)$$

$$z_h(k) \neq \eta_1(k), \eta_2(k)$$

Vòng lặp để tách và xác định các tâm lớp tương ứng với xác định số lượng các quỹ đạo sẽ được thực hiện cho đến khi giá trị cực đại của hàm tiềm năng tiệm cận tới ngưỡng xác định. Số lượng các lớp thu được chính bằng tham số $N_t(k)$ - số lượng quỹ đạo xác định với tập các tâm lớp

$\{\eta_1(k), \dots, \eta_t(k), \dots, \eta_{N_t(k)}(k)\}$. Chi tiết thuật toán xác định số lượng quỹ đạo được trình bày trong chương Ba.

2.2.3. Một số nhận xét

Từ kết quả của việc ứng dụng thuật toán SCM để xác định $N_t(k)$ như đã trình bày, cho phép đưa ra hai nhận xét như sau:

- Xét về lý thuyết, SCM thuộc dạng phân lớp kết hợp giữa tường minh và không tường minh. Tuy nhiên, phương pháp SCM vẫn có thể hỗ trợ rất nhiều trong các bài toán khi cần tổng hợp các quy tắc, các phương pháp phân lớp mờ khác. Cụ thể trong nội dung nghiên cứu của luận án, bằng công cụ SCM, đã xác định được số lượng quỹ đạo $N_t(k)$ trước khi tổng hợp để phân chia tập ĐDQĐ đầu vào theo số các quỹ đạo đó.

- Cũng tương tự như đối với các phương pháp phân lớp khác, SCM nói riêng sử dụng rất ít các thông tin tiên nghiệm. Như trong bài toán xác định $N_t(k)$, chỉ có một điều kiện tiên nghiệm là điều kiện phân bố chuẩn của tập dữ liệu chân thực – các điểm dấu quỹ đạo chân thực phân bố chuẩn theo mật độ so với tâm lớp theo trục tọa độ tương ứng với chiều phát triển của quỹ đạo. Như vậy, với cách tiếp cận của PLDL nói chung, SCM nói riêng, sẽ không cần thiết phải thiết lập các cửa sóng liên kết cả về tính toán lý thuyết lẫn triển khai kỹ thuật. Thêm vào đó, việc xác định $N_t(k)$ được giải quyết dễ dàng không chỉ ở các miền giao nhau mà là toàn vùng quản lý.

2.3. Nghiên cứu, ứng dụng PLDL trong liên kết ĐDQĐ với quỹ đạo

Trước hết, cần khẳng định rằng, việc sử dụng các công cụ của PLDL chỉ nhằm tìm kiếm cách tiếp cận phù hợp khác so với cách tiếp cận trong lý thuyết quyết định thống kê kinh điển giúp giải bài toán liên kết ĐDQĐ một cách đơn giản hơn, không phức tạp, công kênh trong tính toán nhưng vẫn đảm bảo chất lượng về độ chính xác, thời gian thực. Với cách đặt vấn đề như vậy,

trong mục 2.3 này trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng công cụ phân lớp trung bình c (c-mean clustering - CM) trong phân chia tập dữ liệu là các dữ liệu - điểm đầu quỹ đạo thu được từ mạng các đầu đo và TTXL cấp thấp theo các lớp (các quỹ đạo).

2.3.1. Tổng quát về phân lớp trung bình c ứng dụng trong liên kết ĐDQĐ với quỹ đạo

Từ các nội dung trình bày trong mục 2.1, có thể diễn đạt về PLDL là phân chia các dữ liệu đầu vào theo dấu hiệu – các thuộc tính đề xuất vào các lớp mà tiền định số lượng các lớp đã biết. Nếu các thuộc tính đều rõ ràng, tường minh, thì việc phân lớp là nhất quán và giữa các lớp không có sự giao nhau. Tuy nhiên, trên thực tế lại không hoàn toàn như vậy do bản thân các thuộc tính cũng có thể không được rõ ràng. Ví dụ: tính chất rõ ràng của các thuộc tính định lượng hoàn toàn phụ thuộc vào độ chính xác đo giá trị định lượng đó; các thuộc tính chất lượng – định tính hoặc hỗn hợp thường được thể hiện thông qua các biến ngôn ngữ và hoàn toàn phụ thuộc vào việc mô tả chúng. Vì thế mà việc phân lớp chúng cũng trở nên không rõ ràng. Quá trình phân lớp như vậy có thể gọi là phân lớp không tường minh - *phân lớp mờ*. Theo [25÷27], [51], [53], [71], [72], [81], mặc dù được nghiên cứu, phát triển từ những năm 50 thế kỷ trước, nhưng cho tới hiện nay thì phân lớp trung bình c và một số dạng cụ thể của nó vẫn đang là công cụ hữu hiệu trong nhiều bài toán xử lý dữ liệu ở nhiều lĩnh vực khoa học khác nhau. Tuy nhiên, liên quan những vấn đề cụ thể của bài toán XLQĐ thì vẫn đang còn ở mức độ xác định.

2.3.2. Ứng dụng công cụ phân lớp trung bình c tường minh giải bài toán liên kết điểm đầu với quỹ đạo

Giả thiết $X(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m(k)}(k)\}$ là tập dữ liệu các ĐDQĐ đầu vào TTXL tại chu kỳ cập nhật thứ k . Cần chia tập $X(k)$ thành các tập con: $X(k) = \{X_1(k), \dots, X_t(k), \dots, X_{N_t(k)}(k)\}; t = 1 \div N_t(k)$ với các điều kiện sau:

$$\bigcup_{t=1}^{N_t(k)} X_t(k) = X(k) \quad (2.3.1)$$

$$X_{t_i}(k) \cap X_{t_j}(k) = \emptyset; t_i, t_j \in N_t; \forall t_i \neq t_j \in N_t \quad (2.3.2)$$

$$\emptyset \subsetneq X_t(k) \subset X(k); t = 1 \div N_t(k) \quad (2.3.3)$$

trong đó:

+ Biểu thức (2.3.1) là điều kiện để tất cả các dữ liệu – điểm đầu quỹ đạo đều phải được phân thuộc về các lớp – các quỹ đạo;

+ Biểu thức (2.3.2) là một điểm đầu quỹ đạo không thể cùng đồng thời thuộc hai lớp quỹ đạo trở lên;

+ Biểu thức (2.3.3) là điều kiện không tồn tại tập con trống. Nghĩa là không tồn tại điểm đầu mà không được xét để liên kết quỹ đạo nào đó.

Cách giải quyết của phân lớp trung bình c tường minh như sau:

1. Đầu tiên, thiết lập ma trận phân lớp trung bình c tường minh có dạng:

$$U(k) = [u_{mt}(k)] \text{ với } u_{mt}(k) = \begin{cases} 1 & \text{if } x_m(k) \in t; \\ 0 & \text{if } x_m(k) \notin t; \end{cases} \quad (2.3.4)$$

với: $m = 1 \div m(k); t = 1 \div N_t(k)$

Khi đó, dòng thứ m của $U(k)$ chỉ thị khả năng để dữ liệu $x_m(k)$ có dạng $x_m(k) = \{x_{m1}, \dots, x_{mp}\}$ thuộc một trong số $X_1(k), \dots, X_t(k), \dots, X_{N_t(k)}(k)$ - là số các tập con.

2. Khi đó, các phần tử $u_{mt}(k)$ của $U(k)$ sẽ có hai tính chất:

$$\sum_{t=1}^{N_t} u_{mt}(k) = 1; m = 1 \div m(k) \quad (2.3.5)$$

$$0 < \sum_{m=1}^{m(k)} u_{mt}(k) < m(k); t = 2 \div N_t(k) \quad (2.3.6)$$

3. Như đã trình bày ở mục 2.1, phần tử đại diện đặc trưng cho một lớp thứ t nào đó được gọi là *tâm lớp*. Theo [82], trong phân lớp trung bình c tường minh, tâm lớp v_t của lớp thứ t được xác định theo biểu thức:

$$v_t(k) = \frac{1}{|X_t(k)|} \sum_{x_m(k) \in X_t(k)} x_{m(k)} \quad (2.3.7)$$

trong đó: $|X_t(k)| = \Delta$ được định nghĩa là số lượng các ĐDQĐ thuộc lớp – tập con $X_t(k)$. Nghĩa là số các ĐDQĐ có khả năng thuộc quỹ đạo thứ t .

4. Hàm đích đánh giá chất lượng phân lớp được xây dựng theo *tiêu chuẩn độ tập trung có thể của từng lớp*:

$$Q(k) = \sum_{t=2}^{N_t(k)} \sum_{m=1}^{m(k)} u_{mt}^\alpha(k) \times \|x_m(k) - v_t(k)\| \rightarrow \min \quad (2.3.8)$$

Với $x_m(k)$ có $p = 1 \div P$: $\{x_{m1}, \dots, x_{mP}\}$ là các thuộc tính và tương ứng: $v_t = \{v_{t1}, \dots, v_{tP}\}$; $p = 1 \div P$; v_{tp} là giá trị định lượng theo thuộc tính thứ p của tâm lớp v_t .

Như vậy, *thuật toán trung bình c tường minh xác định các điểm dấu quỹ đạo* $x_m(k) \in X(k)$, $m \in m(k)$ *thuộc quỹ đạo thứ* $t \in N_t(k)$ được quy về tìm ma trận $U(k) = [u_{mt}(k)]$ thỏa mãn điều kiện (2.3.8).

Nhận xét: Thuật toán phân lớp trung bình c tường minh trình bày ở trên phần nào cho thấy ứng dụng công cụ PLDL cho phép làm giảm đáng kể độ phức tạp trong tính toán xác định khả năng liên kết điểm dấu với quỹ đạo.

Tuy nhiên, khi phân tích thuật toán có tính đến đặc điểm của quá trình XLQĐ, cho thấy tự nó có một số điểm hạn chế như sau:

+ *Thứ nhất*: khái niệm “tường minh” trong phân lớp thể hiện khi thiết lập $U(k)=[u_{mt}(k)]$. Trong đó $u_{mt}(k)$ chỉ tiếp nhận hai giá trị nhị phân “0” hoặc “1” mô tả tính “chắc chắn” điểm dấu $x_m(k)$ “thuộc” hoặc “không thuộc” quỹ đạo t . Vô hình chung điều này sẽ dẫn tới khả năng không phải tất cả $x_m(k) \in X(k)$ được xem xét trong quá trình “phân chia” vào $N_t(k)$ quỹ đạo. Vì trên thực tế, tồn tại nhiều ĐDQĐ nằm ở biên giữa các lớp sẽ bị loại do điều kiện (2.3.4) không xử lý được.

+ *Thứ hai*: Xét theo quan điểm toán học, chính đặc tính “tường minh” sẽ dẫn tới điểm khó khăn trong xác định điểm cực trị hàm đích $Q(k)$ tương ứng với phân lớp tối ưu $X(k)$ do bản thân $Q(k)$ có dạng nhảy bậc. Trong các tài liệu [76], [81], [82] và rõ nhất trong [106], [108] đã chỉ ra vấn đề này.

2.3.3. Ứng dụng công cụ phân lớp trung bình c-mờ (FCM) trong giải bài toán liên kết ĐDQĐ với quỹ đạo

Điểm khác biệt quan trọng trong phân lớp tường minh và phân lớp mờ là việc thiết lập ma trận phân lớp có dạng:

$$F(k)=[\gamma_{mt}(k)]; m=1 \div m(k), t=2 \div N_t(k) \quad (2.3.9)$$

Trong đó: $\gamma_{mt}(k)$ là phần tử của ma trận thể hiện mức độ có liên quan giữa điểm dấu thứ m với quỹ đạo thứ t (lớp thứ t) và được định nghĩa là **cấp độ liên thuộc**. Như vậy, so với $u_{mt}(k)$ chỉ nhận 1 hoặc 0 thì trong FCM, cấp độ liên thuộc $\gamma_{mt}(k)$ sẽ nhận giá trị nằm trong khoảng $[0,1]$: $0 \leq \gamma_{mt}(k) \leq 1$.

Hoàn toàn tương tự như (2.3.5) và (2.3.6), ta có thể thiết lập **ma trận các cấp độ liên thuộc** $F(k)=[\gamma_{mt}(k)]$ các điểm dấu điểm dấu thứ m với quỹ đạo thứ t với hai tính chất:

$$\sum_{t=1}^{N_t} \gamma_{mt}(k) = 1; \quad m = 1 \div m(k) \quad (2.3.10)$$

$$0 < \sum_{m=1}^{m(k)} \gamma_{mt}(k) < m(k); \quad t = 1 \div N_t \quad (2.3.11)$$

Rõ ràng với cách tiếp cận FCM, ta giải quyết được vấn đề “ĐDQĐ nằm ở biên giữa các lớp” có cấp độ liên thuộc ngang nhau (bằng 0.5). Điểm hạn chế của FCM ở chỗ khi các điểm đầu nằm quá xa so với tất cả các tâm lớp (quá xa so với các quỹ đạo đang được lọc, bám). Khi đó, bằng trực giác, ta muốn gán các cấp độ liên thuộc đối với điểm đầu xa những giá trị nhỏ bất kỳ. Tuy nhiên, điều này sẽ bị giới hạn bởi (2.3.10), nên trong quá trình phân lớp cần tính toán sao cho kết quả phân lớp phải đảm bảo điểm đầu bất kỳ nào đó $x_m(k) \in X(k)$ phải thuộc một trong số các lớp $N_t(k)$. Cách tiếp cận này sẽ dẫn tới cần phải giảm độ chặt chẽ bằng cách sử dụng điều kiện (2.3.12) thay cho (2.3.10):

$$\exists t: \gamma_{mt}(k) > 0; \quad \forall m \in m(k) \quad (2.3.12)$$

Tâm lớp thứ t trong phân lớp mờ xác định theo biểu thức:

$$v_t(k) = \frac{\sum_{m=1}^{m(k)} \gamma_{mt}^{\alpha}(k) \times x_m(k)}{\sum_{m=1}^{m(k)} \gamma_{mt}^{\alpha}(k)}; \quad t \in N_t(k) \quad (2.3.13)$$

Hàm đích đánh giá chất lượng phân lớp có dạng:

$$Q(k) = \sum_{t=2}^{N_t(k)} \sum_{m=1}^{m(k)} \gamma_{mt}^{\alpha}(k) \times |x_m(k) - v_t(k)|^2 \quad (2.3.14)$$

Phương pháp thường được áp dụng nhiều trong thực tiễn là phương pháp FCM dựa trên cực tiểu hóa hàm (2.3.14) cho bài toán cực trị cục bộ có điều kiện [76÷78].

Như vậy, với cách tiếp cận sử dụng công cụ phân lớp mờ, ta đã có thể giải được bài toán: từ tập đầu vào $X(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m(k)}(k)\}$ mà TTXL cập nhật được từ nhiều nguồn khác nhau, tiến hành phân chia, tổng hợp chúng thành các tập con $\{X_1(k), \dots, X_t(k), \dots, X_{N_t(k)}(k)\}$ có khả năng liên kết với lớp các quỹ đạo $\{1, \dots, t, \dots, N_t(k)\}$ để thực hiện lọc, bám nối dài quỹ đạo. Chi tiết các bước của thuật toán sẽ được trình bày trong chương Ba.

2.3.4. Một số nhận xét

Từ kết quả nghiên cứu ứng dụng một số thuật toán phân lớp trong liên kết dữ liệu điểm dấu với quỹ đạo trình bày ở trên, có thể rút ra một số nhận xét như sau:

1. So với cách tiếp cận Bayes tối ưu và cận tối ưu, sử dụng FCM giải bài toán phân chia tập $X(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m(k)}(k)\}$ các ĐDQĐ đầu vào thành tập con $\{X_1(k), \dots, X_t(k), \dots, X_{N_t(k)}(k)\}$ có khả năng liên kết với lớp các quỹ đạo $\{1, \dots, t, \dots, N_t(k)\}$ dựa trên dấu hiệu cấp độ liên thuộc $\gamma_{mt}(k)$ cho phép phân nào giảm được mức độ phức tạp khi thiết kế thuật toán và thời gian tính toán.

2. Do tính đơn giản, thuận tiện và dễ cập nhật của công cụ FCM mà tất cả các dữ liệu ĐDQĐ đều được xem xét trong quá trình phân lớp nhằm để loại bỏ khả năng bỏ sót dữ liệu. Đây là một trong những điểm quan trọng có tính mới so với cách tiếp cận Bayes tối ưu và cận tối ưu trong giải quyết bài toán liên kết ĐDQĐ với quỹ đạo.

3. Về lý thuyết, FCM dù đã được nghiên cứu phát triển từ lâu và đã được ứng dụng rất nhiều trong các lĩnh vực khác nhau, Tuy nhiên, nó chưa được ứng dụng nhiều trong các bài toán của XLQĐ có liên quan cụ thể tới tổng hợp, hợp nhất dữ liệu từ nhiều nguồn với các thuộc tính khác nhau gồm cả định lượng và định tính.

4. Điểm giới hạn của FCM nằm ở thông tin (điều kiện) tiên nghiệm của nó. Đó là số lớp – số lượng quỹ đạo $N_t(k)$ phải được biết trước. Điều này phù hợp với quá trình khi TTXL đang thực hiện XLQĐ. Còn với những trường hợp TTXL bắt đầu làm việc, thực hiện nhiệm vụ thì $N_t(k)$ sẽ là thông tin chưa biết. Chính vì vậy, mà kết quả của nội dung nghiên cứu này được trình bày sau khi số lượng quỹ đạo $N_t(k)$ được xác định ở mục 2.2.

2.4. Ứng dụng PLDL liên kết ĐDQĐ với quỹ đạo chân thực tại TTXL

2.4.1. Đặt bài toán

Vấn đề đặt ra là như sau: mục 2.2 đã giải quyết bài toán xác định số lớp - số lượng quỹ đạo $N_t(k)$ từ tập ĐDQĐ $X(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m(k)}(k)\}$ đầu vào. Mục 2.3 thực hiện phân chia $X(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m(k)}(k)\}$ thành $N_t(k)$ lớp – các tập con $X_1(k), \dots, X_t(k), \dots, X_{N_t(k)}(k)$. Tuy nhiên, việc xác định một cách cụ thể tập con $X_t(k)$ thứ t nào đó là thuộc của quỹ đạo thứ $l: l \in N_t(k)$ thì vẫn còn đang để ngỏ. Đây chính là khâu cuối cùng của bài toán “tổng hợp, hợp nhất dữ liệu TTRĐ” trước khi thực hiện tiếp bài toán lọc, bám phát triển quỹ đạo nhằm giải quyết trọn vẹn nội dung XLQĐ tại TTXL.

Phần dưới đây trình bày kết quả nghiên cứu giải quyết bài toán đã nêu.

2.4.2. Ứng dụng công cụ phân lớp tường minh liên kết các tập con ĐDQĐ với quỹ đạo chân thực

Giả thiết rằng: $X(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m(k)}(k)\}$ là tập ĐDQĐ đầu vào:

1. $l:l = 1 \div N_t(k)$ - số các quỹ đạo đầu ra với các phần tử đại diện tương ứng và đơn nhất là tập các tâm quỹ đạo $\{\eta_1(k), \dots, \eta_l(k), \dots, \eta_{N_t(k)}(k)\}$ là kết quả của mục 2.2.

2. $\{X_1(k), \dots, X_t(k), \dots, X_{N_t(k)}(k)\}$ là tập các tập con đầu vào với các phần tử đại diện tương ứng, đơn nhất là tập các tâm lớp các tập con $\{v_1(k), \dots, v_t(k), \dots, v_{N_t(k)}(k)\}$ là kết quả của mục 2.3.

Yêu cầu: thực phép ánh xạ từ tập $\{X_1(k), \dots, X_t(k), \dots, X_{N_t(k)}(k)\}$ sang tập $l : l = 1 \div N_t(k)$.

Lời giải:

1. Phân tích đầu bài dễ dàng nhận thấy rằng: phép ánh xạ cần thực hiện từ tập $\{X_1(k), \dots, X_t(k), \dots, X_{N_t(k)}(k)\}$ sang $l : l = 1 \div N_t(k)$ hoàn toàn tương đương với phép ánh xạ từ $\{v_1(k), \dots, v_t(k), \dots, v_{N_t(k)}(k)\}$ sang $\{\eta_1(k), \dots, \eta_l(k), \dots, \eta_{N_t(k)}(k)\}$.

2. Nếu phát biểu theo ngôn ngữ của lý thuyết PLDL thì phép ánh xạ trên tương đương với việc phân chia $\{v_1(k), \dots, v_t(k), \dots, v_{N_t(k)}(k)\}$ vào các lớp $\{\eta_1(k), \dots, \eta_l(k), \dots, \eta_{N_t(k)}(k)\}$ theo hàm đích xác định nào đó.

3. Phân tích và so sánh với các tính chất, điều kiện của công cụ phân lớp trung bình – c tường minh cho thấy:

$$\bigcup_{t=1}^{N_t(k)} v_t(k) = V(k) \quad (2.4.1)$$

$$v_{t_i}(k) \cap v_{t_j}(k) = \emptyset; \quad t_i, t_j \in N_t; \quad \forall t_i \neq t_j \in N_t \quad (2.4.2)$$

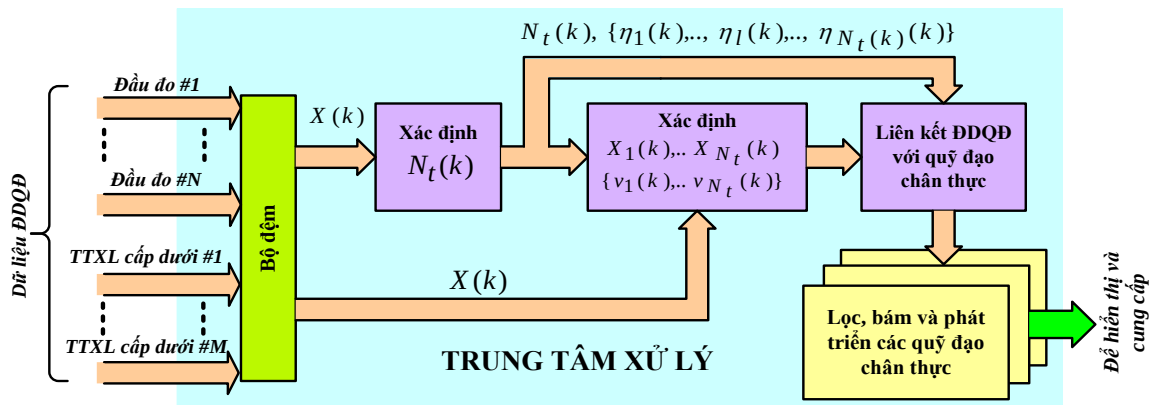
$$\emptyset \subsetneq v_t(k) \subset V(k); \quad t = 1 \div N_t(k) \quad (2.4.3)$$

trong đó: (2.4.1) là điều kiện để tất cả các dữ liệu – điểm dấu tâm quỹ đạo đều phải được phân thuộc về các lớp – các quỹ đạo; (2.4.2) là một điểm dấu tâm quỹ đạo không thể cùng đồng thời thuộc hai lớp quỹ đạo trở lên; (2.4.3) là điều kiện không tồn tại tập con trống. Nghĩa là tất cả các điểm dấu tâm quỹ đạo được xem xét và gắn chính xác với quỹ đạo cụ thể.

Nghĩa là đủ để có thể ứng dụng công cụ phân lớp trung bình K (K - mean), trung bình – C tường minh với hàm đích theo *tiêu chuẩn độ tập trung có thể của từng lớp*. Nói cách khác là: so sánh và lấy thước đo cực tiểu khoảng cách giữa $v_t(k)$ và $\eta_l(k)$ với $t=1 \div N_t(k)$, $l=1 \div N_t(k)$ để xác định chính xác việc liên kết tâm lớp với quỹ đạo. Suy ra là xác định chính xác việc liên kết các dữ liệu của một tập con nào đó với quỹ đạo xác định nào đó.

2.5. Tổng hợp sơ đồ chức năng tổng quát XLQĐ trên cơ sở PLDL

Với các nội dung được phân tích, so sánh trên, ta có thể thiết lập sơ đồ cấu trúc tổng quát quá trình XLQĐ tại TTXL ứng dụng công cụ PLDL như sau (Hình 2.8):



Hình 2.8: Sơ đồ chức năng tổng quát quá trình XLQĐ ứng dụng PLDL

- Tất cả các dữ liệu ĐDQĐ từ các đầu đo / nguồn cấp dưới vào được lưu tại **bộ đệm**. Theo chu kỳ nhịp xử lý tại TTXL, các tập con dữ liệu đầu vào $X(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m(k)}(k)\}; i=1 \div m(k)$ theo (2.1.5) được lấy ra để thực hiện quá trình “tổng hợp, hợp nhất quỹ đạo”.

- Bước xử lý đầu tiên cần xác định số lượng quỹ đạo chân thực $N_t(k)$ từ tập các ĐDQĐ $X(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m(k)}(k)\}$ ứng dụng thuật toán phân lớp trừ - SCM như trình bày trong mục 2.2.

- Từ số lượng quỹ đạo chân thực $N_t(k)$ đã xác định, bước tiếp theo thực hiện phân cụm tập con ĐDQĐ vào $N_t(k)$ nhóm sử dụng thuật toán FCM dựa

trên hàm cấp độ liên thuộc, như trình bày ở mục 2.3. Đầu ra ta có các tập con $\{X_1(k), \dots, X_t(k), \dots, X_{N_t(k)}(k)\}$ có khả năng liên kết với lớp các quỹ đạo $\{1, \dots, t, \dots, N_t(k)\}$ để thực hiện lọc, bám nối dài quỹ đạo.

- Với bộ dữ liệu là tập con ĐDQĐ (2.1.5), số lượng quỹ đạo thực $N_t(k)$ các tâm lớp đã xác định là $\{v_1(k), \dots, v_t(k), \dots, v_{N_t(k)}(k)\}$, bước thực hiện tiếp ứng dụng công cụ phân lớp tường minh liên kết các tập con ĐDQĐ với quỹ đạo chân thực tại TTXL để phát triển, nối dài quỹ đạo hệ thống như mô tả trong mục 2.4.

2.6. Kết luận chương 2

Chương Hai trình bày các kết quả nghiên cứu việc ứng dụng lý thuyết KTDL nói chung, các phương pháp PLDL nói riêng vào các nội dung của bài toán XLQĐ. Trên cơ sở phân tích đặc điểm của lý thuyết KTDL, các phương pháp trong PLDL để chỉ ra những điểm tương đồng giữa PLDL và XLQĐ và một số điểm cần lưu ý khi ứng dụng các phương pháp đó giải quyết những nội dung cơ bản nhất của “tổng hợp, hợp nhất thông tin, dữ liệu tại TTXL” đối với hệ thống đa đầu đo có mô hình cấu trúc bất kỳ.

Các kết quả lý thuyết quan trọng của chương Hai là:

1. Ứng dụng phương pháp phân lớp trừ - SCM để *xác định số lượng quỹ đạo chân thực* từ tập các ĐDQĐ $X(k)$ đầu vào. Các biểu thức từ (2.2.6) đến (2.2.12) là kết quả nghiên cứu ứng dụng lý thuyết SCM được sử dụng để xây dựng thuật toán xác định *số lượng quỹ đạo chân thực* $N_t(k)$ trong vùng không gian quản lý của hệ thống và đại diện đặc trưng của quỹ đạo chân thực là $\{\eta_1(k), \dots, \eta_l(k), \dots, \eta_{N_t(k)}(k)\}$.

2. Ứng dụng phương pháp phân lớp trung bình mờ - FCM để phân chia tập dữ liệu đầu vào theo số lượng quỹ đạo chân thực $N_t(k)$. Các biểu thức từ (2.3.9) đến (2.3.14) là kết quả nghiên cứu để thực hiện phân chia từ $X(k)$ là

tập các ĐDQĐ thành $N_t(k)$ các tập con $X_1(k), \dots, X_t(k), \dots, X_{N_t(k)}(k)$ cùng với phần tử đặc trưng là các tâm lớp $\{v_1(k), \dots, v_t(k), \dots, v_{N_t(k)}(k)\}$.

3. Ứng dụng phương pháp phân lớp tường minh nhằm xác định chính xác các tập con ĐDQĐ $X_1(k), \dots, X_t(k), \dots, X_{N_t(k)}(k)$ sẽ thuộc quỹ đạo chân thực nào trên cơ sở liên kết các phần tử đặc trưng $\{\eta_1(k), \dots, \eta_l(k), \dots, \eta_{N_t(k)}(k)\}$ và $\{v_1(k), \dots, v_t(k), \dots, v_{N_t(k)}(k)\}$ thông qua thước đo khoảng cách.

4. Đã tổng hợp sơ đồ chức năng XLQĐ tại TTXL thực hiện theo cách tiếp cận mới ứng dụng lý thuyết KTDL và các phương pháp PLDL cho hệ thống đa đầu đo có cấu trúc bất kỳ.

Điểm đặc biệt quan trọng trong kết quả nghiên cứu của chương là đã giải quyết căn bản bốn điểm chưa hoàn thiện của các phương pháp, thuật toán XLQĐ kinh điển đã được trình bày trong mục 1.2.4. Việc triển khai cụ thể hóa các kết quả nghiên cứu lý thuyết và kiểm nghiệm tính đúng đắn được trình bày tại chương Ba.

Chương 3

THUẬT TOÁN TỔNG HỢP, HỢP NHẤT QUỸ ĐẠO TRONG TTXL VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Các kết quả nghiên cứu lý thuyết về ứng dụng KTDL, các công cụ PLDL giải quyết ba nội dung quan trọng trong XLQĐ được trình bày tại chương Hai. Để chứng minh tính đúng đắn của các kết quả đó, chương Ba tập trung trình bày việc kiểm nghiệm thông qua triển khai cụ thể kết quả nghiên cứu bằng hệ thống các thuật toán, chương trình mô phỏng và kiểm nghiệm thực tiễn. Việc đánh giá kết quả nghiên cứu được thực hiện thông qua một số chỉ tiêu đánh giá hệ thống như: *khả năng cho qua, khả năng đáp ứng thời gian thực, độ chính xác dữ liệu quỹ đạo sau tổng hợp hợp nhất* v.v.

3.1. Tổng hợp lưu đồ thuật toán tổng quát tổng hợp, hợp nhất quỹ đạo tại TTXL

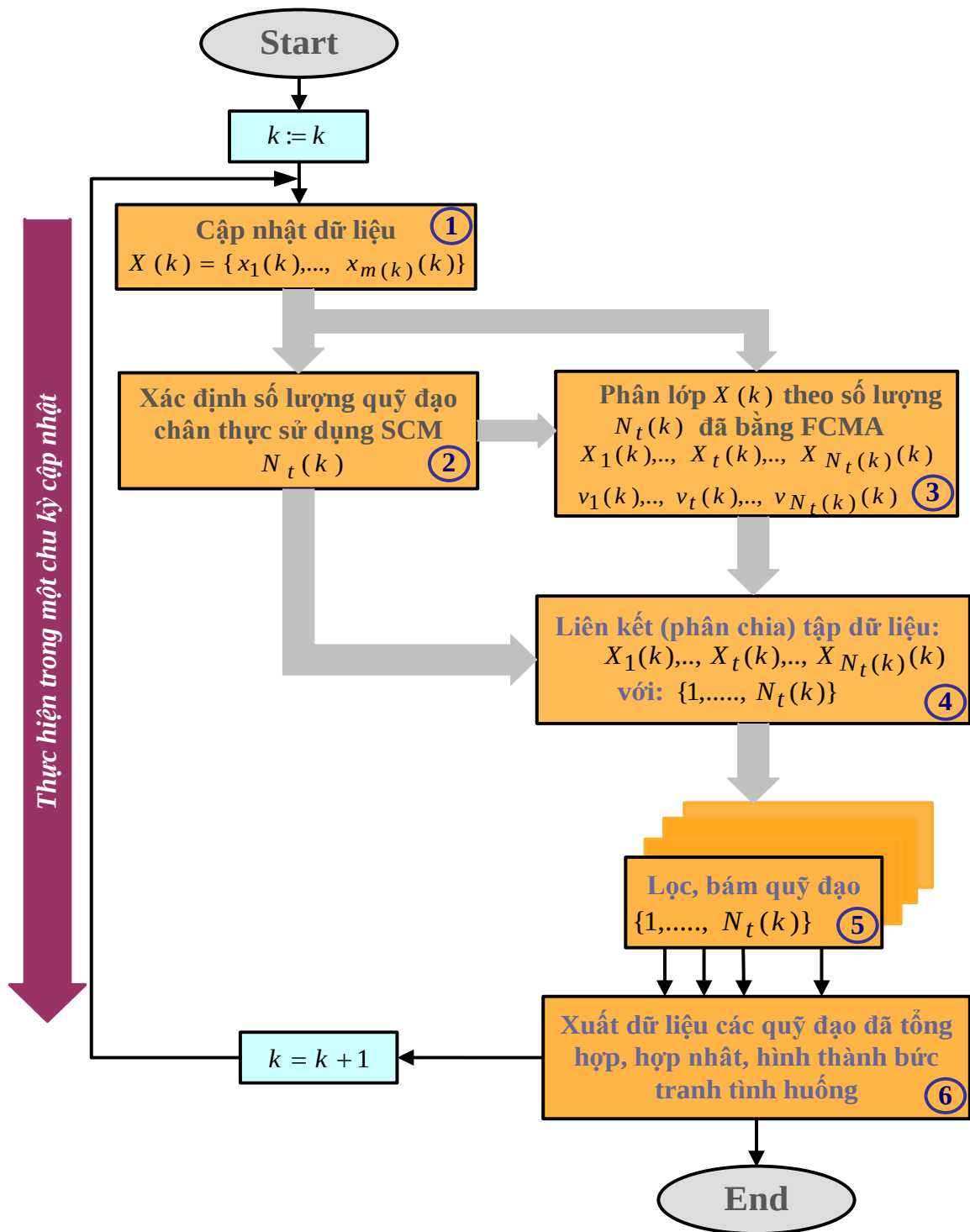
Việc nghiên cứu ứng dụng lý thuyết KTDL và các công cụ của PLDL đã cho phép từ sơ đồ cấu trúc tổng quát XLQĐ (hình 2.8, với ba ô màu tím) được triển khai cụ thể hóa thành lược đồ giải thuật tổng quát quá trình XLQĐ tại TTXL theo các tiếp cận mới (hình 3.1).

Theo đó, hoạt động của một chu trình XLQĐ tại TTXL sẽ là như sau:

- *Bước No1*: thực hiện ***cập nhật dữ liệu*** các ĐDQĐ từ các đầu đo và/hoặc từ các TTXL cấp dưới. Bộ đệm đầu vào (hình 2.8) sẽ thực hiện biến đổi và đồng nhất hệ tọa độ đo để hình thành tập có dạng:

$$X(k) = \{x_1(k), \dots, x_{m(k)}(k)\} \quad (3.1.1)$$

Nghĩa là: trong khoảng thời gian tương ứng với chu kỳ cập nhật thứ k nào đó của TTXL dữ liệu từ các đầu đo và/hoặc từ các TTXL cấp dưới được tổng hợp để hình thành ra $X(k)$ tại bộ đệm đầu vào, mà hoàn toàn không phụ thuộc vào chu kỳ quan sát/cập nhật của chúng.



Hình 3.1: Lưu đồ tổng quát quá trình XLQD tại TTXL.

- Bước No2: Ứng dụng công cụ thuật toán phân lớp trừ SCMA, từ $X(k)$ tiến hành xác định số lượng quỹ đạo chân thực $N_t(k)$ trong tập dữ liệu đầu vào cùng với tâm lớp tương ứng $\eta_t(k)$; $t = 1 \div N_t(k)$.

- *Bước No3*: Từ tập $X(k)$ và giá trị $N_t(k)$ đã tìm được ở bước No2, ứng dụng công cụ phân lớp trung bình mờ - FCM, để phân thành $X(k) = \{X_t(k)\}$ cùng các tâm lớp tương ứng $v_t(k)$; $t = 1 \div N_t(k)$.

- *Bước No4*: Ứng dụng công cụ phân lớp tương minh để liên kết các tập con $\{X_t(k)\}$ với các quỹ đạo chân thực, do số thứ tự phân lớp theo SCM sẽ khác với thứ tự phân lớp theo FCM và sắp xếp lại các chỉ số cho phù hợp để hình thành các tập con ĐDQĐ của quỹ đạo chân thực có dạng:

$$X(k) = \{X_1(k), \dots, X_{N_t(k)}(k)\} \text{ và } \{v_1(k), \dots, v_{N_t(k)}(k)\} \quad (3.1.2)$$

- *Bước No5*: Thực hiện lọc, bám quỹ đạo đã được tổng hợp hợp nhất dựa trên việc ứng dụng công cụ của thuật toán liên kết các ĐDQĐ với quỹ đạo theo xác suất PDA bằng cách thay *xác suất liên kết bằng cấp độ liên thuộc* có bản chất vật lý tương đồng.

- *Bước No6*: Xuất dữ liệu các quỹ đạo đã được tổng hợp, hợp nhất và hình thành bức tranh tình huống vùng không gian quản lý phục vụ công tác chỉ huy – điều khiển và cảnh giới.

3.2. Tổng hợp thuật toán tạo giả và xuất tập dữ liệu các điểm dấu quỹ đạo phục vụ mô phỏng

Để thuận tiện trong quá trình tổng hợp thuật toán và dễ theo dõi, có thể mô tả bằng lời những dữ liệu đầu vào như sau:

Giả thiết rằng đưa đến đầu vào TTXL, ta cần có:

- Dữ liệu tham số tọa độ *thực* của T_{max} các đối tượng ứng với từng chu kỳ cập nhật $k = 1 \rightarrow k_{max}$.

- Dữ liệu tham số điểm dấu quỹ đạo được coi là kết quả đo của $m_{max}(k)$ đối tượng ứng với $k = 1 \rightarrow k_{max}$ được *trộn* (ghép tương ứng) với số lượng xác định “ĐDQĐ giả” - ĐDG.

- Để sát với thực tiễn, với $N_{t,max}$ đối tượng, trong quá trình tạo dữ liệu, cần xét cả trường hợp các đối tượng cơ động. Như vậy, cần phải tạo dữ liệu tham số tọa độ điểm đầu khi cơ động. Theo đó, có thể giả thiết cần có thêm tham số J_{max}^i - là số lần cơ động của đối tượng thứ t .

Tóm lại, ở chu kỳ cập nhật thứ k nào đó, thông tin đưa vào xử lý sẽ gồm: ĐDQĐ chân thực với các thuộc tính xác định, điểm đầu quỹ đạo cập nhật (có thể có hoặc không) và các ĐDG.

Từ cách đặt vấn đề như đã nêu, có thể tổng hợp lưu đồ thuật toán tạo và xuất dữ liệu đầu vào xử lý LKĐD theo các bước sau:

- *Bước No1*: Khởi tạo chương trình.

- *Bước No2*: Đặt số lượng đối tượng để thực hiện mô phỏng T_{max} ; số lượng chu kỳ cập nhật k_{max} ; kích thước gói dữ liệu G_{max} . Trong đó, yêu cầu $G_{max} > 2T_{max}$.

- *Bước No3*: Đặt các tham số ban đầu cho các quỹ đạo:

$$[\beta_{0t}; R_{0t}; V_t; HB_t; J_{max}^t]; t := 1 \div T_{max} \quad (3.2.1)$$

Trong đó: $\beta_{0t}; R_{0t}; V_t; HB_t; J_{max}^t$ - góc phương vị ban đầu; cự ly nghiêng ban đầu, tốc độ; hướng chuyển động và số lần cơ động của đối tượng thứ t .

- *Bước No4*: Kiểm tra điều kiện:

$$k \leq k_{max} \quad (3.2.2)$$

Nếu đúng thì chuyển sang bước 5; nếu sai thì chuyển tới bước 12. Đây là bước xác định chỉ số của số các chu kỳ cập nhật.

- *Bước No5*: Kiểm tra điều kiện:

$$t \leq T_{max} \quad (3.2.3)$$

Bước này kiểm tra số lượng đối tượng cần có dữ liệu ĐDQĐ. Nếu đúng thì chuyển sang bước 7, nếu sai thì chuyển sang bước 6.

- *Bước No6*: Tăng chỉ số chu kỳ cập nhật lên 1,

$$k := k + 1 \quad (3.2.4)$$

- *Bước No7*: Xác định thời điểm cơ động của đối tượng thứ i đang xét. Việc xác định thời điểm đối tượng thứ t cơ động có thể dựa vào chỉ số k . Theo đó, khi cho trước J_{max}^i , có thể xác định thời điểm cơ động theo chỉ số $\left\lceil \frac{k_{max}}{1 + J_{max}^t} \right\rceil$. Trong đó $\lceil . \rceil$ được định nghĩa là số nguyên lần biểu thức trong nó.

Do vậy, trong bước này sẽ là kiểm tra điều kiện:

$$k = \left\lceil \frac{k_{max}}{1 + J_{max}^t} \right\rceil \quad (3.2.5)$$

Nếu thỏa mãn thì chuyển sang bước xác định tham số cơ động gồm tốc độ và hướng đi (Bước 8). Nếu không thỏa mãn thì bỏ qua bước xác định này chuyển sang bước lấy tọa độ ĐDQĐ chân thực (Bước 9).

- *Bước No8*: Xác định tham số cơ động của đối tượng thứ t :

$$\begin{cases} V_t := V_t + a_t \times T_{c.nh} \\ HB_t := HB_t + \Delta HB_t \end{cases} \quad (3.2.6)$$

trong đó: a_t và HB_t được định nghĩa là gia tốc và hướng đi của đối tượng thứ t tại thời điểm k đang xét. $T_{c.nh}$ là độ lớn của chu kỳ cập nhật được xác định bằng chu kỳ cập nhật của TTXL.

- *Bước No9*: Lấy (tạo giả) tọa độ điểm dấu quỹ đạo chân thực:

$$\begin{cases} X_{true}(k, t) := X_{true}[(k-1), t] + V_t \times T_{c.nha} \times \sin(HB_t) \\ Y_{true}(k, t) := Y_{true}[(k-1), t] + V_t \times T_{c.nha} \times \cos(HB_t) \end{cases} \quad (3.2.7)$$

- *Bước No10*: Lấy (tạo giả) tọa độ ĐDQĐ cập nhật. Việc tạo giả ĐDQĐ cập nhật có thể dựa vào tham số của ĐDQĐ chân thực như sau:

$$\begin{cases} X_{measure}(k,t) := X_{true}(k,t) + \lambda_i \times \delta_X \times randn(1,1) \\ Y_{measure}(k,t) := Y_{true}(k,t) + \lambda_i \times \delta_Y \times randn(1,1) \end{cases} \quad (3.2.8)$$

- *Bước No11*: Tăng chỉ số đối tượng lên 1 và đưa quay trở lại bước 5:

$$t := t + 1 \quad (3.2.9)$$

Sau khi kết thúc bước này, trong các tập dữ liệu (thuộc gói dữ liệu) tương ứng với chỉ số của chu kỳ cập nhật $k = 1 \rightarrow k_{max}$, mới chỉ có tham số tọa độ điểm dấu quỹ đạo chân thực và điểm dấu cập nhật đối với từng đối tượng thứ $t : t = 1 \rightarrow T_{max}$.

Việc tạo các điểm dấu quỹ đạo giả tương ứng theo k và t được bắt đầu từ các bước tiếp sau:

- *Bước No12*: thực hiện gán:

$$k := 1 \text{ và } t := 1 \quad (3.2.10)$$

- *Bước No13*: Kiểm tra điều kiện:

$$k \leq k_{max} \quad (3.2.11)$$

Nếu thỏa mãn, thì thực hiện bước 14, nếu không thỏa mãn thì thực hiện bước cuối 25 là bước truy xuất gói dữ liệu và kết thúc.

- *Bước No14*: Truy xuất ĐDQĐ chân thực tương ứng theo chỉ số k, t từ gói dữ liệu.

- *Bước No15*: Khởi tạo số lượng chỉ số điểm dấu giả:

$$M := 0; M_{max} \quad (3.2.12)$$

- *Bước No16*: Kiểm tra điều kiện:

$$t \leq T_{max} \quad (3.2.13)$$

Nếu thỏa mãn, thực hiện bước 17. Nếu không, thực hiện bước 23.

- *Bước No17*: Xác định số lượng điểm dấu quỹ đạo giả:

$$m := rand(\%M_{max}) \quad (3.2.14)$$

$rand(\%M_{max})$ lấy số lượng ngẫu nhiên trong khoảng từ 0 đến M_{max} .

- *Bước No18*: Tính:

$$M := M + m \quad (3.2.15)$$

- *Bước No19*: Kiểm tra điều kiện:

$$M \leq G_{max} - T_{max} \quad (3.2.16)$$

Thực chất bước này để kiểm tra xem trong kích thước gói dữ liệu còn đủ để nhập dữ liệu các điểm dấu giả hay không. Nếu thỏa mãn thì thực hiện bước 20, nếu không thỏa mãn thì thực hiện bước 23.

- *Bước No20*: Gọi t_m là chỉ số của số điểm dấu giả m được tính ở bước 17. Thực hiện kiểm tra điều kiện:

$$t_m \leq m \quad (3.2.17)$$

Nếu thỏa mãn, thực hiện bước 21. Nếu không thỏa mãn, quay về thực hiện bước 16.

- *Bước No21*: Gọi g là chỉ số của G_{max} . Thực hiện tạo tọa độ các điểm dấu quỹ đạo giả:

$$\begin{aligned} g &:= g + t_m \\ \begin{cases} Z_{Xnoise}(k, g) := X_{measure}(k, t) + \eta_t \times \delta_X \times randn(1,1) \\ Z_{Ynoise}(k, g) := Y_{measure}(k, t) + \eta_t \times \delta_X \times randn(1,1) \end{cases} \end{aligned} \quad (3.2.18)$$

Tiến hành truy nhập dữ liệu tọa độ các điểm dấu giả vào mảng tương ứng với chu kỳ cập nhật k và của đối tượng thứ t , mà ở đó đã có dữ liệu tọa độ điểm dấu quỹ đạo thực, điểm dấu cập nhật.

- *Bước No22*: Tăng chỉ số điểm dấu giả t_m và quay về bước 20.

$$t_m := t_m + 1 \quad (3.2.19)$$

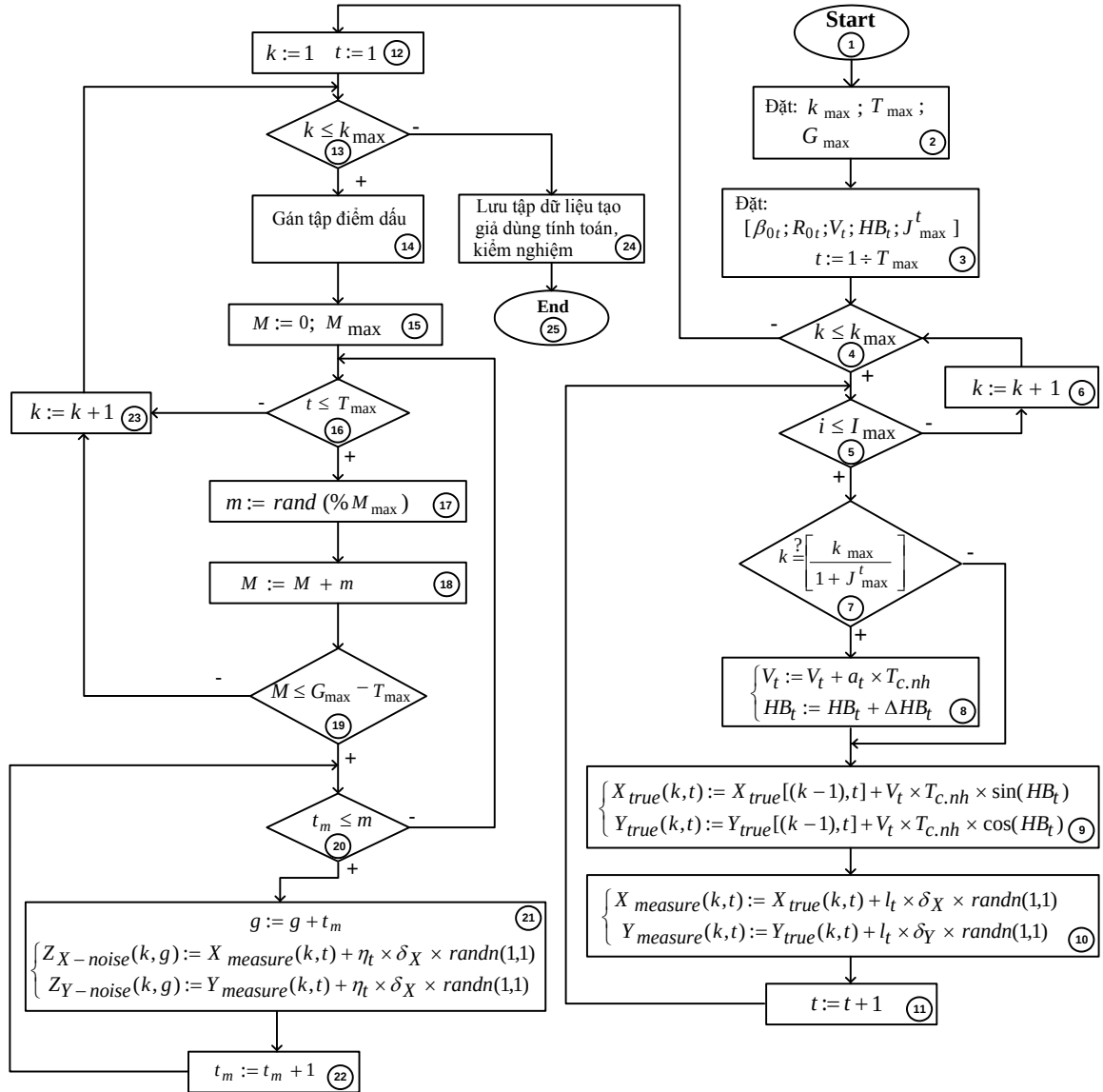
- *Bước No23*: Thực hiện tăng chu kỳ cập nhật để quét hết toàn bộ số chu kỳ thực hiện tính toán thử nghiệm và quay trở về bước 13:

$$k := k + 1 \quad (3.2.20)$$

- *Bước No24*: Thực hiện nhập, sắp xếp dữ liệu tham số tọa độ quỹ đạo chân thực, điểm dấu quỹ đạo đo và của các điểm dấu quỹ đạo giả theo k và t .

- *Bước No25*: Kết thúc.

Lưu đồ thuật toán tạo và xuất dữ liệu được vẽ trên Hình 3.2.



Hình 3.2: Lưu đồ thuật toán tạo, xuất dữ liệu dùng cho tính toán, mô phỏng

Quá trình tổng hợp thuật toán tạo giả và xuất dữ liệu đầu vào xử lý có một số điểm cần lưu ý như sau:

1. Xét bản chất vật lý, thông tin đầu vào TTXL được tổng hợp từ các đầu đo hoặc từ TTXL cấp thấp. Do vậy, ở bước 24, khi hình thành gói dữ liệu,

chúng ta chỉ có hai mảng. Đó là mảng dữ liệu các điểm dấu quỹ đạo trung thực và mảng dữ liệu các điểm dấu cập nhật tương ứng với chỉ số các đối tượng và chỉ số chu kỳ cập nhật. Để quá trình mô phỏng sát với thực tế, ngoài những ĐDQĐ chân thực của các đối tượng, cần tạo ra các điểm dấu giả (là kết quả của sự ảnh hưởng của nhiễu hoặc do hạn chế của xử lý cấp dưới). Do đó, sau khi hình thành mảng "*measure*" cần tạo thêm mảng "*noise*" ở bước 21 và chúng sẽ được trộn với nhau trong bước 24. Có hai cách tạo giả "*noise*": Cách thứ nhất thực hiện tạo giả từ bản thân "*true*" và cách thứ hai thực hiện tạo giả từ "*measure*". Theo lô-gic thì cách thứ hai hợp lý hơn do dữ liệu từ mảng "*measure*" đã có nhân tố ngẫu nhiên từ hàm *randn()* trong các phần mềm mô phỏng. Nhiễu ngẫu nhiên này là nguồn tạp trắng có phân bố đều.

2. Các hệ số λ_t và η_t trong (3.2.8) và (3.2.18) được sử dụng để xác định độ lớn vùng cửa sóng. Nếu sử dụng tiêu chuẩn $3 \times \sigma$ thì đồng nhất:

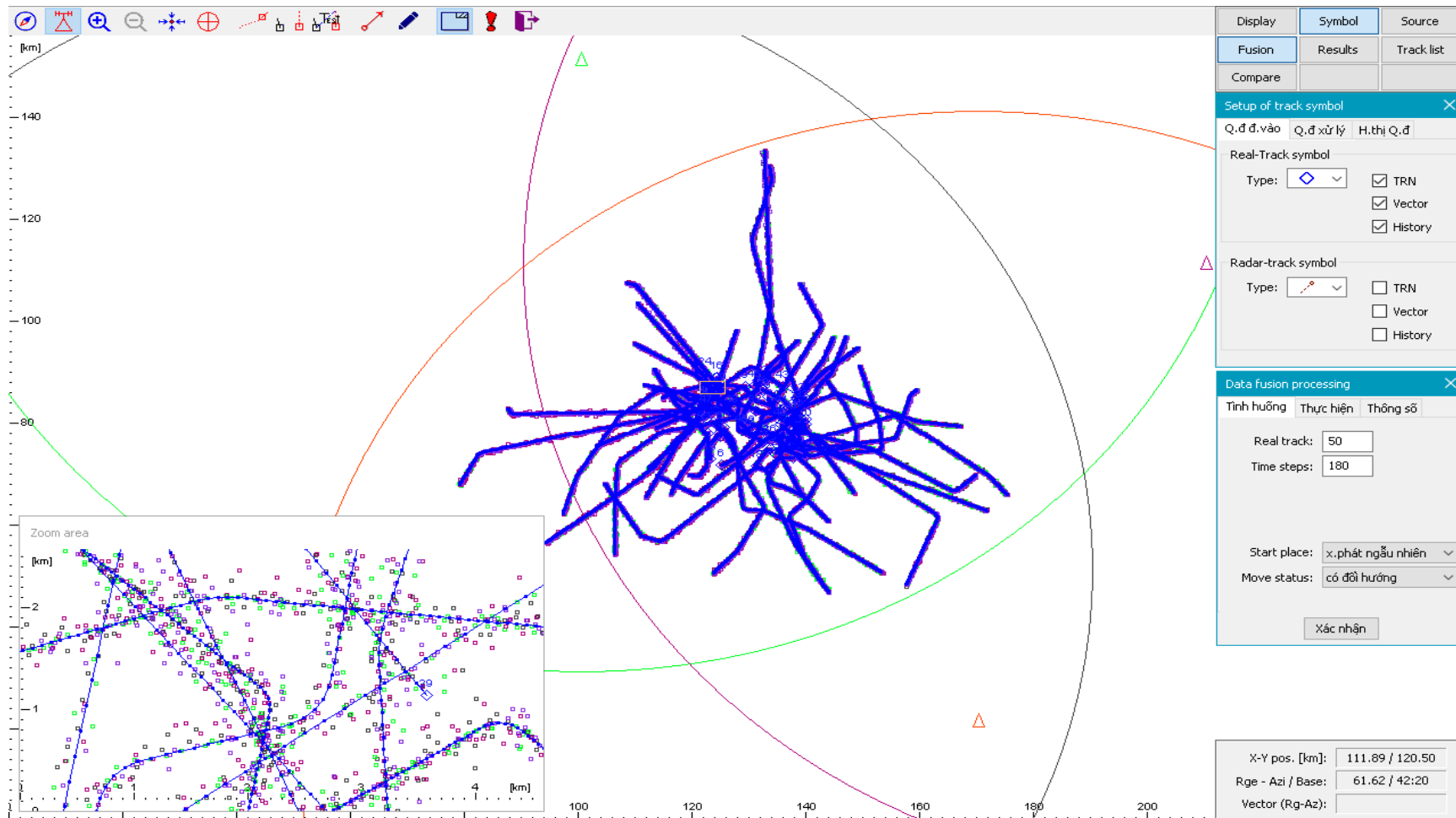
$$\lambda_t = \eta_t = 3; \quad \forall t : [1, T_{max}] \quad (3.2.21)$$

Tại Hình 3.3 ÷ 3.5: có trình bày kết quả mô phỏng quỹ đạo dùng để trích xuất và hình thành các tập dữ liệu điểm dấu quỹ đạo đầu vào.

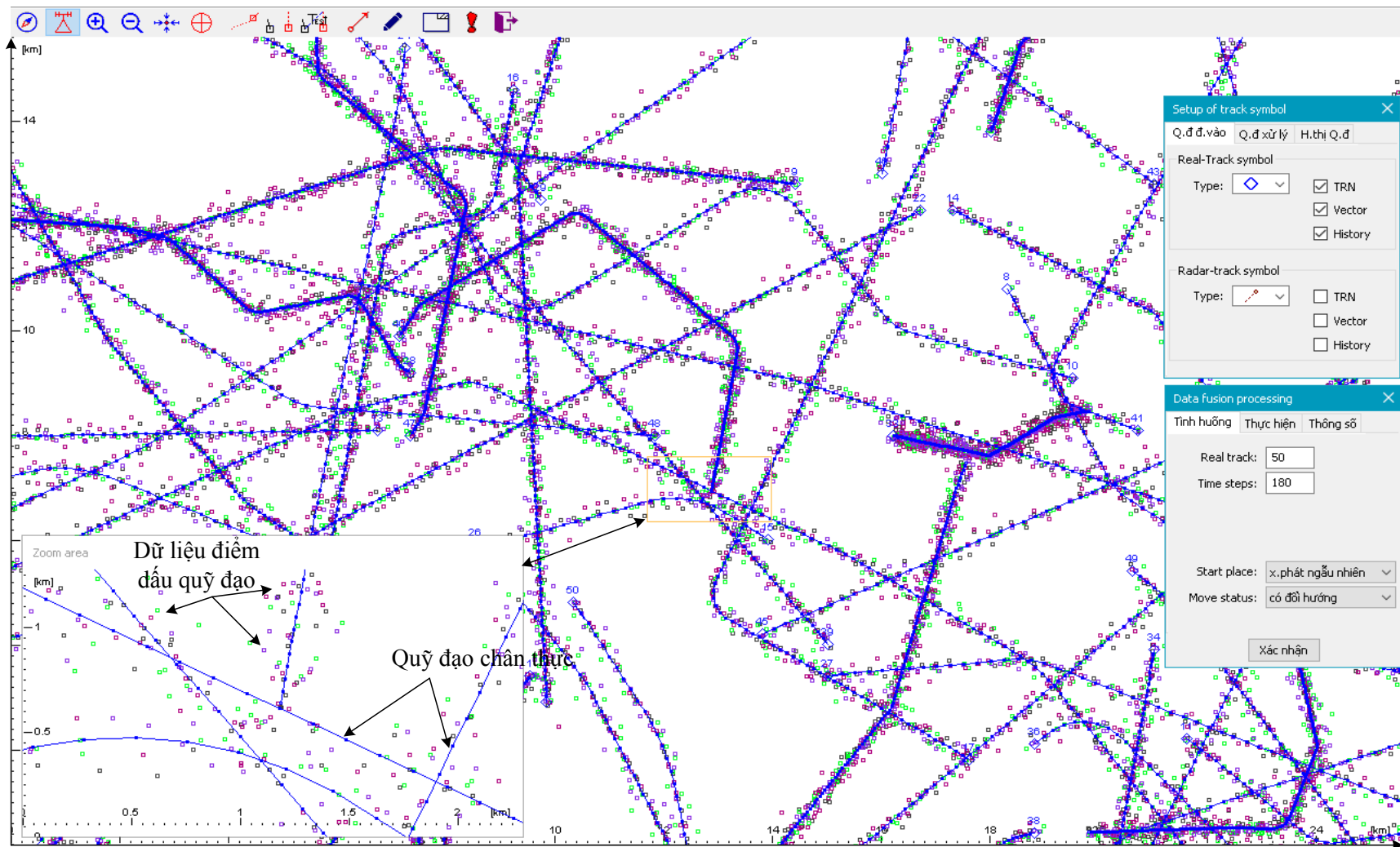
+ Hình 3.3: Tạo giả bức tranh tình huống mục tiêu với 50 quỹ đạo chân thực, vị trí khởi đầu trong vùng giao nhau 4 đài ra đa với quỹ đạo chuyển động có đổi hướng ngẫu nhiên; khoảng thời gian trong 180 chu kỳ nhịp 10s.

+ Hình 3.4: Bức tranh tình huống mục tiêu tạo giả được phóng to thể hiện các vị trí điểm dấu quỹ đạo, quỹ đạo chân thực theo các chu kỳ xử lý.

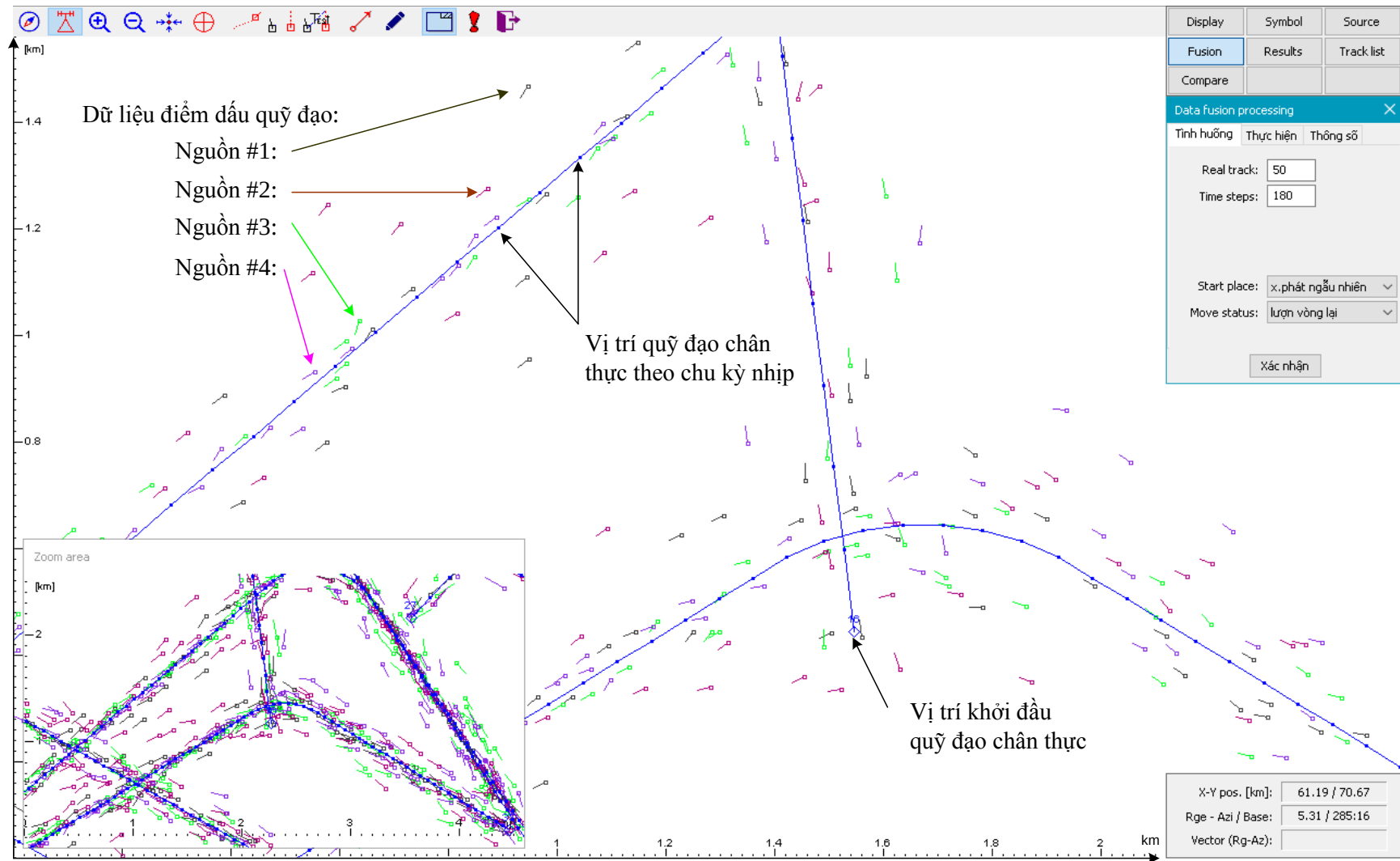
+ Hình 3.5: Chi tiết dữ liệu các điểm dấu quỹ đạo được tạo giả từ dữ liệu quỹ đạo chân thực theo các chu kỳ nhịp. Màu biểu tượng điểm dấu quỹ đạo tương ứng nguồn tin cung cấp dữ liệu.



Hình 3.3: Tạo giả bức tranh tình huống quỹ đạo mục tiêu (số lượng quỹ đạo chân thực = 50, số chu kỳ xử lý = 180)



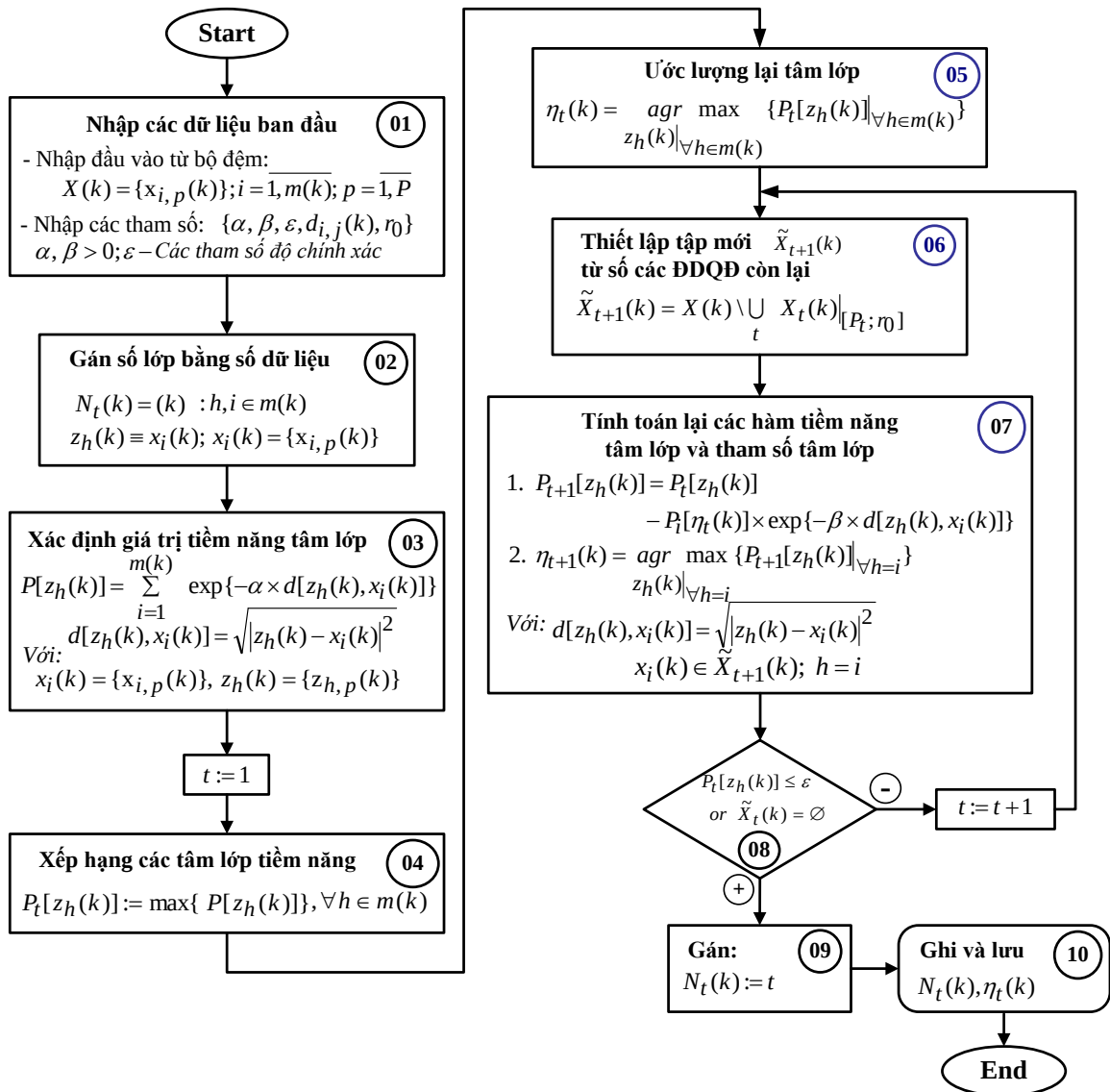
Hình 3.4: Phóng to bức tranh tình huống quỹ đạo mục tiêu được tạo giả (số quỹ đạo thực $N=50$, số chu kỳ $=180$)



Hình 3.5: Chi tiết dữ liệu tạo giả vị trí ĐDQĐ từ quỹ đạo thực (số lượng quỹ đạo chân thực $N=50$, số chu kỳ $=180$)

3.3. Tổng hợp lưu đồ thuật toán xác định số các quỹ đạo chân thực

Như trình bày tại mục 2.2, việc nghiên cứu các công cụ, thuật toán PLDL cho thấy thuật toán phân lớp trừ SCM cho phép xác định số lượng các lớp (cụm) dựa trên đặc trưng mật độ phân bố dữ liệu thông qua phần tử đại diện là tâm lớp. Điều này tương đồng với chân dung phân bố các điểm dấu quỹ đạo thu từ nhiều nguồn đối với quỹ đạo chân thực. Hình 3.6 trình bày lưu đồ thuật toán xác định số lượng quỹ đạo chân thực trên cơ sở ứng dụng công cụ SCM.



Hình 3.6: Lưu đồ thuật toán xác định số lượng quỹ đạo chân thực

Theo đó, để thuận tiện, tiến trình thuật toán có thể mô tả như sau:

- *Bước No1*: Nhập các dữ liệu ban đầu bao gồm:

+ Nhập mảng dữ liệu các ĐDQĐ thu từ nhiều nguồn đã được chuyển đổi tham số tọa độ có dạng:

$$X(k) = \{x_i(k)\} = \{x_{i,p}(k)\}; i = 1 \div m(k); p = 1 \div p \quad (3.3.1)$$

với $p = p_1 + p_2$; p_1 là các thuộc tính định lượng; p_2 là các thuộc tính định tính.

+ Nhập các tham số của SCM: $\alpha, \beta, \varepsilon, d_{i,j}(k), r_0$ tương ứng là: tham số của thuật toán (heuristic) $\alpha, \beta > 0$, độ chính xác, thước đo và kích thước lớp.

- *Bước No2*: Với giả thiết là có bao nhiêu ĐDQĐ thì tương ứng có bấy nhiêu quỹ đạo, nên thực hiện gán ban đầu số lượng lớp (số lượng quỹ đạo) bằng số lượng dữ liệu đầu vào: $z_h(k) \equiv x_i(k)$, $N_t(k) = m(k)$; $h, i \in m(k)$.

- *Bước No3*: Dựa trên giả thiết ban đầu là phân bố các điểm đầu quỹ đạo thu từ nhiều nguồn so với điểm đầu quỹ đạo tổng hợp, hợp nhất (giả thiết là tâm lớp – tâm quỹ đạo) tại chu kỳ cập nhật k là phân bố chuẩn, thì theo SCM, có thể sử dụng hàm tiềm năng tâm lớp để xác định khả năng tiềm năng để trở thành tâm lớp của tất cả các điểm đầu quỹ đạo đầu vào. Mật độ của các điểm đầu quỹ đạo so với các điểm đầu lân cận xung quanh được xác định thông qua thước đo khoảng cách. Theo đó, ta có:

$$P[z_h(k)] = \sum_{i=1}^{m(k)} \exp\{-\alpha \times d[z_h(k), x_i(k)]\} \quad (3.3.2)$$

trong đó: $d[z_h(k), x_i(k)] = \sqrt{|z_h(k) - x_i(k)|^2}$

với: $x_i(k) = \{x_{i,p}(k)\}$, $z_h(k) = \{z_{h,p}(k)\}$

- *Bước No4*: Với giả thiết tất cả các điểm đầu quỹ đạo đầu vào là của cùng một quỹ đạo chân thực $t = N_t(k) = 1$, thì đương nhiên phải chọn điểm

dấu nào có hàm tiềm năng đạt giá trị max . Điều này đồng nghĩa với cần thiết phải xếp hạng “ranking” giá trị hàm tiềm năng của tất cả các điểm dấu và lấy max . Nghĩa là:

$$P[z_h(k)] := \max\{P[z_h(k)]\}, \forall h \in m(k) \quad (3.3.3)$$

- *Bước No5*: Và tâm lớp (điểm dấu quỹ đạo đặc trưng) tương ứng:

$$\eta_t(k) = \underset{z_h(k)|_{\forall h \in m(k)}}{agr} \max\{P[z_h(k)]\} \quad (3.3.4)$$

- *Bước No6*: Thiết lập tập mới $\tilde{X}_{t+1}$. Việc hình thành tập mới xuất phát từ lý do: sau khi đã xác định được lớp đầu tiên, với các điểm dấu quỹ đạo nằm lân cận xung quanh điểm dấu có hàm tiềm năng đạt **max**, việc xác định lớp tiếp theo phải được tiến hành thực hiện mà không có sự tham gia, tác động của các điểm dấu quỹ đạo đã tham gia vào lớp trước. Theo đó, biểu thức xác định tập mới sẽ có dạng là:

$$\tilde{X}_{t+1}(k) = X(k) \setminus \bigcup_t \tilde{X}_t(k) \Big|_{[P_t, r_0]} \quad (3.3.5)$$

Nghĩa là tập dữ liệu ban đầu loại bỏ tất cả các điểm dấu đã tham gia hình thành các lớp trước đó tương ứng trong phạm vi bán kính r_0 tính từ tâm lớp tiềm năng.

- *Bước No7*: Tiến hành tính toán mới với hàm tiềm năng và tham số tâm lớp đối với tập $\tilde{X}_{t+1}(k)$. Theo đó, ta có:

$$P_{t+1}[z_h(k)] = P_t[z_h(k)] - P_t[\eta_t(k)] \times \exp\{-\beta \times d[z_h(k), x_i(k)]\} \quad (3.3.6)$$

với: $x_i(k) \in \tilde{X}_{t+1}(k); h = i$

và tham số tâm lớp tương ứng:

$$\eta_{t+1}(k) = \underset{z_h(k)|_{\forall h=i}}{agr} \max\{P_{t+1}[z_h(k)]\} \quad (3.3.7)$$

- *Bước No8*: Vòng lặp để xác định số lượng quỹ đạo được kiểm tra bởi một trong hai điều kiện:

+ Hàm tiềm năng của điểm dấu quỹ đạo không đủ lớn, mà bản chất vật lý là: không tồn tại điểm dấu quỹ đạo xung quanh điểm dấu quỹ đạo đang xét trong phạm vi bán kính r_0 tính từ tâm lớp tiềm năng.

+ Các điểm dấu quỹ đạo đã được xử lý hết tương ứng với $\tilde{X}_t(k) = \emptyset$.

Nếu một trong hai điều kiện kiểm tra thỏa mãn thì chuyển *bước No9*. Còn nếu không thỏa mãn thì tăng chỉ số t : $t := t + 1$ và quay lại *Bước No6*.

- *Bước No9*: Thực hiện gán số lượng t đếm được bằng số quỹ đạo: $N_t(k) := t$

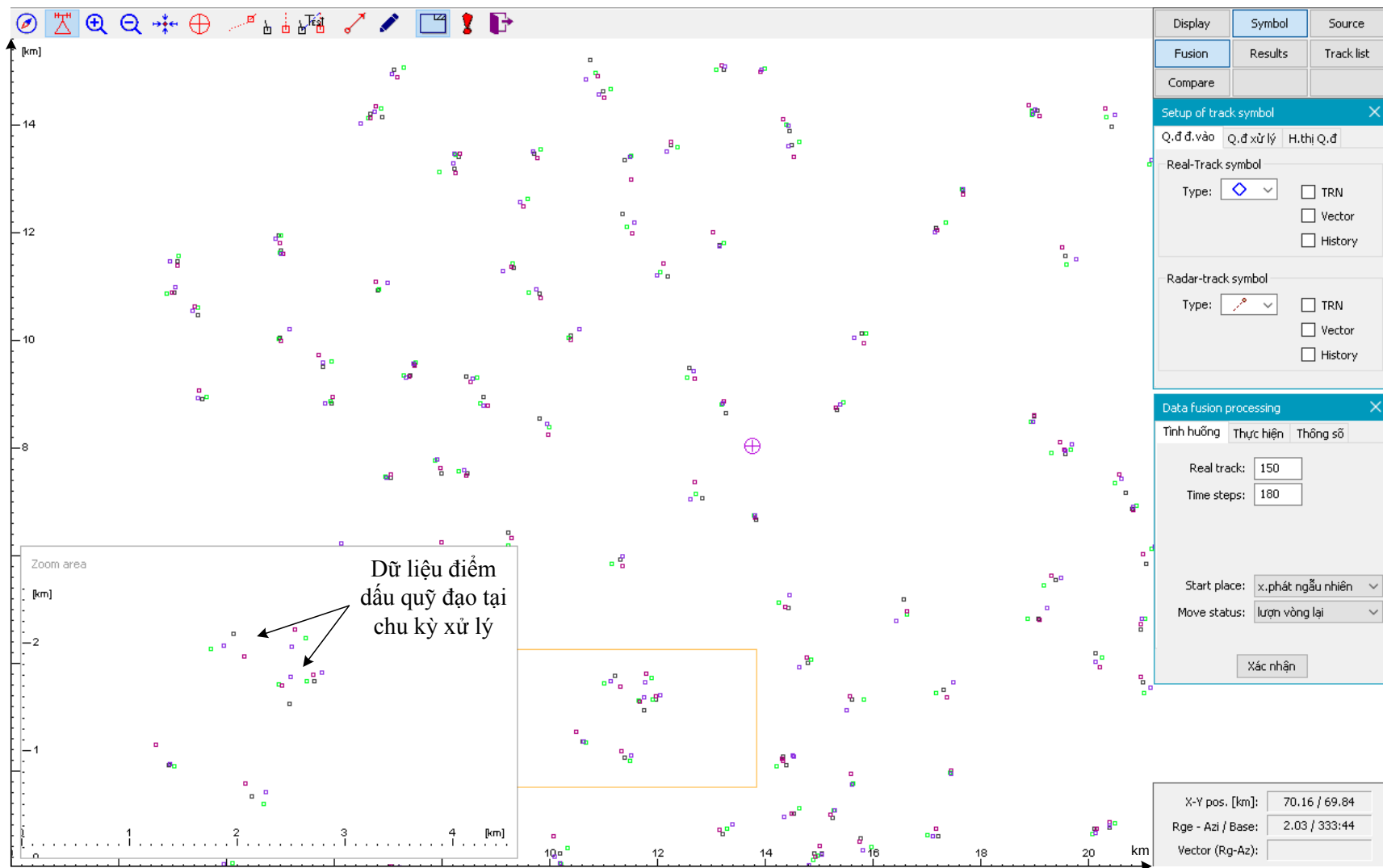
- *Bước No10*: Thực hiện ghi lưu $N_t(k)$ và $\{\eta_t(k)\}$; $t = 1 \div N_t(k)$ tương ứng để sử dụng cho các thuật toán tiếp sau.

Tại các Hình 3.7 ÷ 3.9 có trình bày một số kết quả tính toán xác định số lượng quỹ đạo và tham số tâm lớp tương ứng.

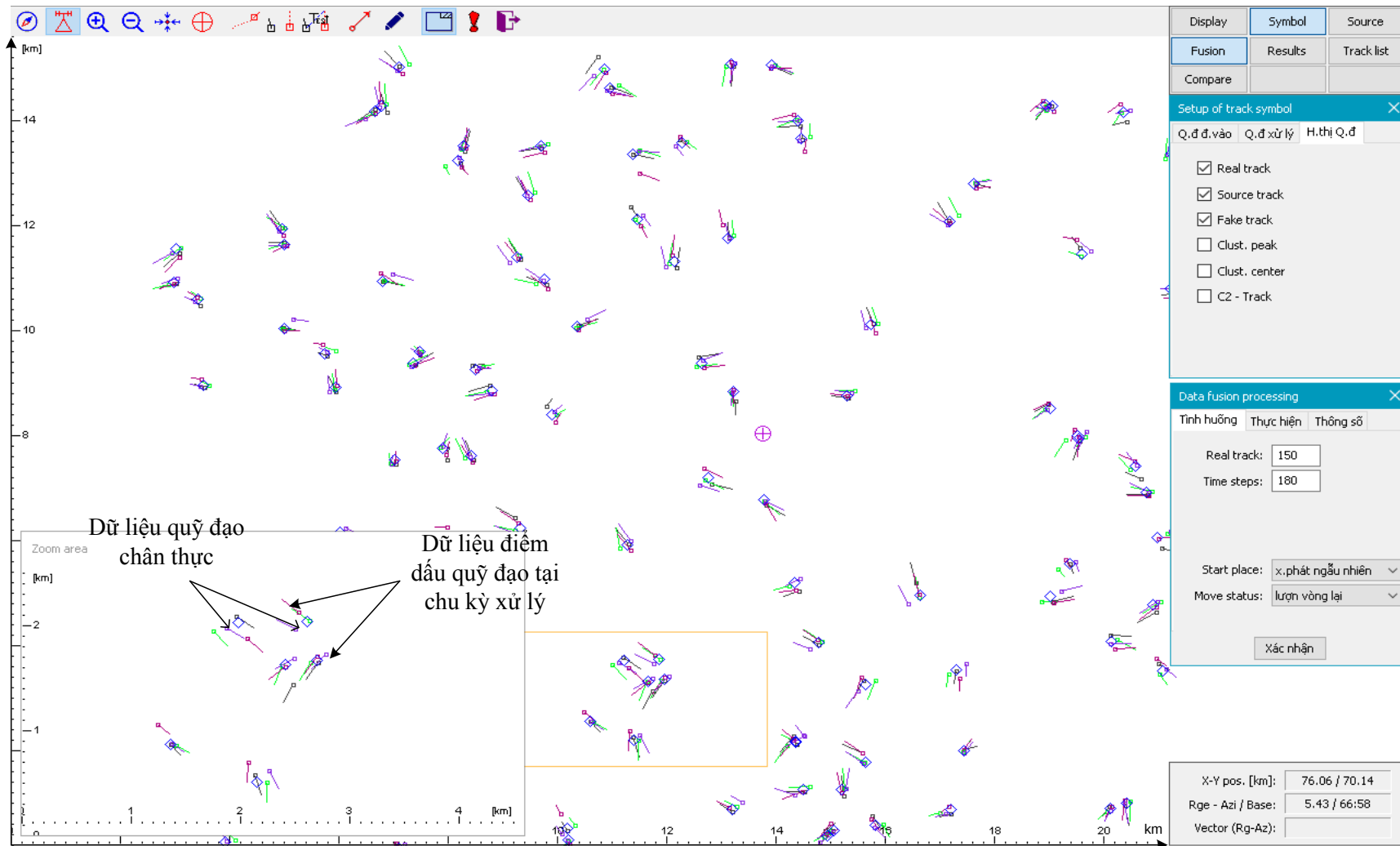
+ Hình 3.7: Bức tranh tình huống tạo giả với các vị trí điểm dấu quỹ đạo đầu vào tại 1 chu kỳ nhịp xử lý. Mẫu biểu tượng tương ứng nguồn dữ liệu điểm dấu quỹ đạo.

+ Hình 3.8: Bức tranh tình huống tạo giả tại 1 chu kỳ nhịp xử lý với các biểu tượng điểm dấu quỹ đạo đầu vào có vector hướng chuyển động và biểu tượng vị trí quỹ đạo chân thực.

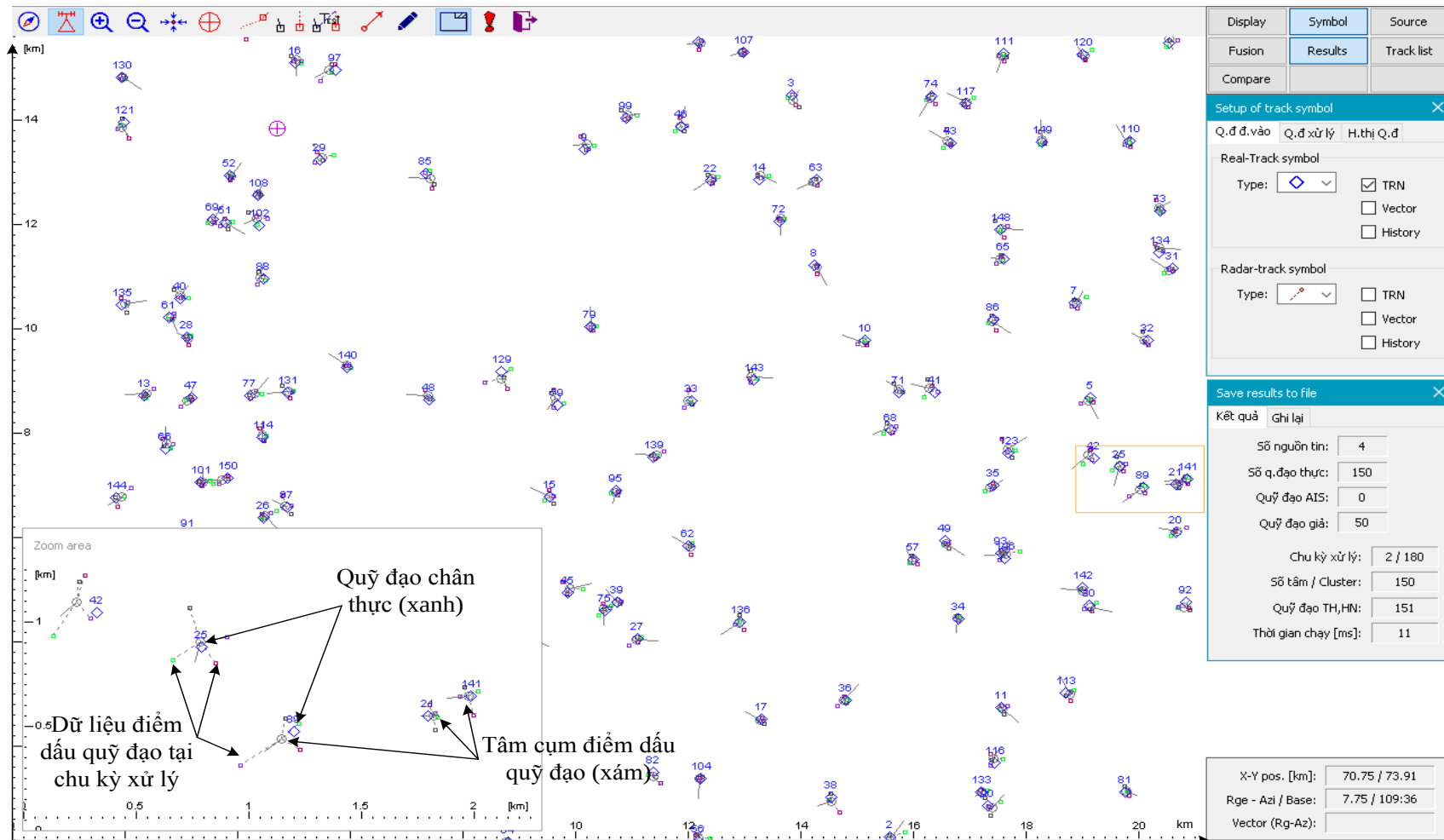
+ Hình 3.9: Kết quả tính toán xác định số lượng các vị trí tâm lớp (xám) của nhóm điểm dấu quỹ đạo ứng với từng quỹ đạo chân thực (xanh) tại 1 chu kỳ nhịp xử lý.



Hình 3.7: Bức tranh tình huống tạo giả các dữ liệu ĐDQĐ đầu vào tại 1 chu kỳ nhịp; tổng số 150 quỹ đạo thực



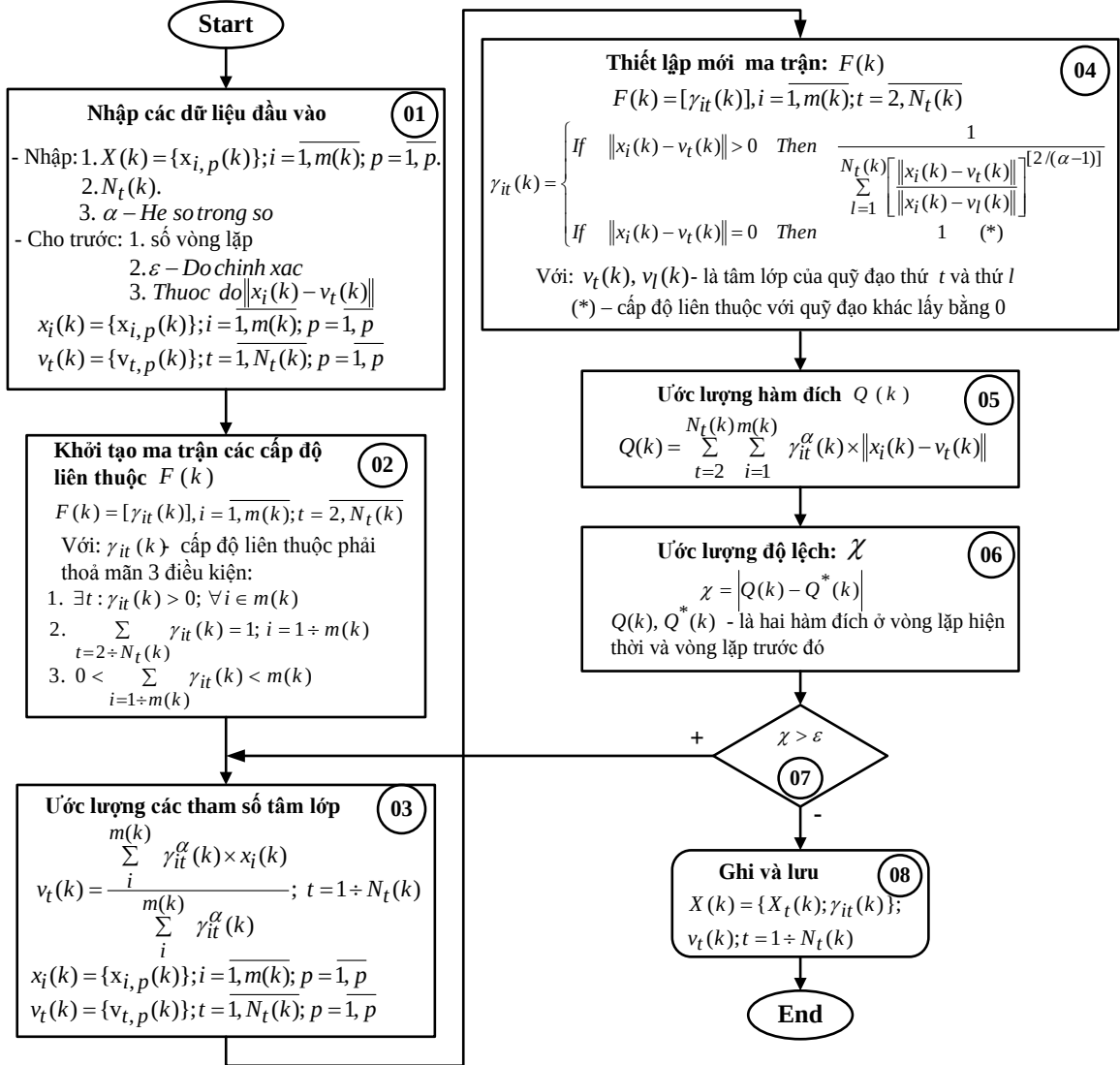
Hình 3.8: Biểu tượng vị trí dữ liệu ĐDQD từ quỹ đạo chân thực tại 1 chu kỳ nhịp xử lý



Hình 3.9: Kết quả xử lý tính toán tâm cụm ĐDQĐ tương ứng quỹ đạo chân thực; số lượng quỹ đạo chân thực 150

3.4. Tổng hợp lưu đồ thuật toán liên kết ĐDQĐ với quỹ đạo

Tại hình 3.10 trình bày chi tiết lưu đồ thuật toán liên kết ĐDQĐ với các quỹ đạo mà số lượng $N_t(k)$ đã được xác định.



Hình 3.10: Lưu đồ thuật toán dùng liên kết các ĐDQĐ với quỹ đạo sử dụng công cụ phân lớp trung bình c - mờ.

Thuật toán được xây dựng dựa trên việc ứng dụng công cụ phân lớp trung bình c - mờ FCM với các kết quả nghiên cứu lý thuyết đã được trình bày tại mục 2.3. Để thuận tiện, lưu đồ thuật toán được mô tả chi tiết dưới đây.

- *Bước No1*: Nhập các dữ liệu ban đầu bao gồm:

+ Mảng dữ liệu đầu $X(k)$ vào và số lớp $N_t(k)$

$$X(k) = \{x_i(k)\} = \{x_{i,p}(k)\}; i = 1 \div m(k); p = 1 \div p \quad (3.4.1)$$

+ Trọng số hàm mũ α

+ Thuộc đo: $\|x_i(k) - v_t(k)\|$, trong đó: $x_i(k)$, $v_t(k)$ là tương ứng là ĐDQĐ thứ i , $i = 1 \div m(k)$ đầu vào và tâm lớp (quỹ đạo) thứ t , $t = 1 \div N_t(k)$; $x_i(k) = x_{i,p}(k)$; $v_t(k) = v_{t,p}(k)$ với $x_{i,p}(k)$, $v_{t,p}(k)$ tương ứng là giá trị tham số ĐDQĐ thứ i theo thuộc tính thứ p và giá trị tham số tâm lớp thứ t theo thuộc tính thứ p .

+ Số vòng lặp và độ chính xác ε

- Bước No2: Khởi tạo ngẫu nhiên ma trận các cấp độ liên thuộc giữa điểm đầu và quỹ đạo có dạng:

$$F(k) = [\gamma_{i,t}(k)]; i = 1 \div m(k); t = 1 \div N_t(k) \quad (3.4.2)$$

Trong đó: $\gamma_{i,t}$ là cấp độ liên thuộc của điểm đầu thứ i vào tâm lớp thứ t cần thỏa mãn các điều kiện:

+ $\exists t: \gamma_{i,t} > 0; \forall i \in m(k)$;

+ $\sum_{t=1 \div N_t(k)} \gamma_{i,t} = 1; i = 1 \div m(k)$;

+ $0 < \sum_{i=1 \div m(k)} \gamma_{i,t} < m(k)$

- Bước No3: Tính toán lại (làm chính xác hóa) các tâm lớp (quỹ đạo) đối với toàn bộ tập đầu vào $X(k)$:

$$v_t(k) = \frac{\sum_{i=1}^{m(k)} \gamma_{i,t}^{\alpha}(k) \times x_i(k)}{\sum_{i=1}^{m(k)} \gamma_{i,t}^{\alpha}(k)}; t = 1 \div N_t(k) \quad (3.4.3)$$

Với: $x_i(k)$, $v_t(k)$ là tương ứng là ĐDQĐ thứ i , $i = 1 \div m(k)$ đầu vào và tâm lớp (quỹ đạo) thứ t , $t = 1 \div N_t(k)$; $x_i(k) = x_{i,p}(k)$; $v_t(k) = v_{t,p}(k)$ với $x_{i,p}(k)$, $v_{t,p}(k)$ tương ứng là giá trị tham số điểm dấu quỹ đạo thứ i theo thuộc tính thứ p và giá trị tham số tâm lớp thứ t theo thuộc tính thứ p .

- *Bước No4*: Hình thành ma trận các cấp độ liên thuộc mới:

$$F(k) = [\gamma_{i,t}(k)]; \quad i = 1 \div m(k); \quad t = 1 \div N_t(k)$$

$$\gamma_{i,t}(k) = \begin{cases} \text{If } \|x_i(k) - v_t(k)\| > 0 \quad \text{Then} & \frac{1}{\sum_{l=1}^{N_t(k)} \left[\frac{\|x_i(k) - v_t(k)\|}{\|x_i(k) - v_l(k)\|} \right]^{2/(\alpha-1)}} \\ \text{If } \|x_i(k) - v_t(k)\| = 0 \quad \text{Then} & 1 \quad (*) \end{cases} \quad (3.4.4)$$

Trong đó: $v_t(k)$, $v_l(k)$ tương ứng là tâm lớp (quỹ đạo) thứ t và l .

(*) là dấu mà khi đó sẽ lấy tất cả các cấp độ liên thuộc khác bằng “0”.

- *Bước No5*: Xác định hàm đích $Q(k)$ có dạng:

$$Q(k) = \sum_t^{N_t(k)} \sum_i^{m(k)} \gamma_{i,t}^\alpha(k) \times \|x_i(k) - v_t(k)\| \quad (3.4.5)$$

- *Bước No6*: Xác định độ chính xác thông qua ước lượng sai lệch χ

$$\chi = |Q(k) - Q^*(k)| \quad (3.4.6)$$

trong đó: $Q(k)$, $Q^*(k)$ là hàm đích xác định ở vòng lặp hiện thời và trước đó.

- *Bước No7*: Kiểm tra điều kiện hội tụ theo độ chính xác:

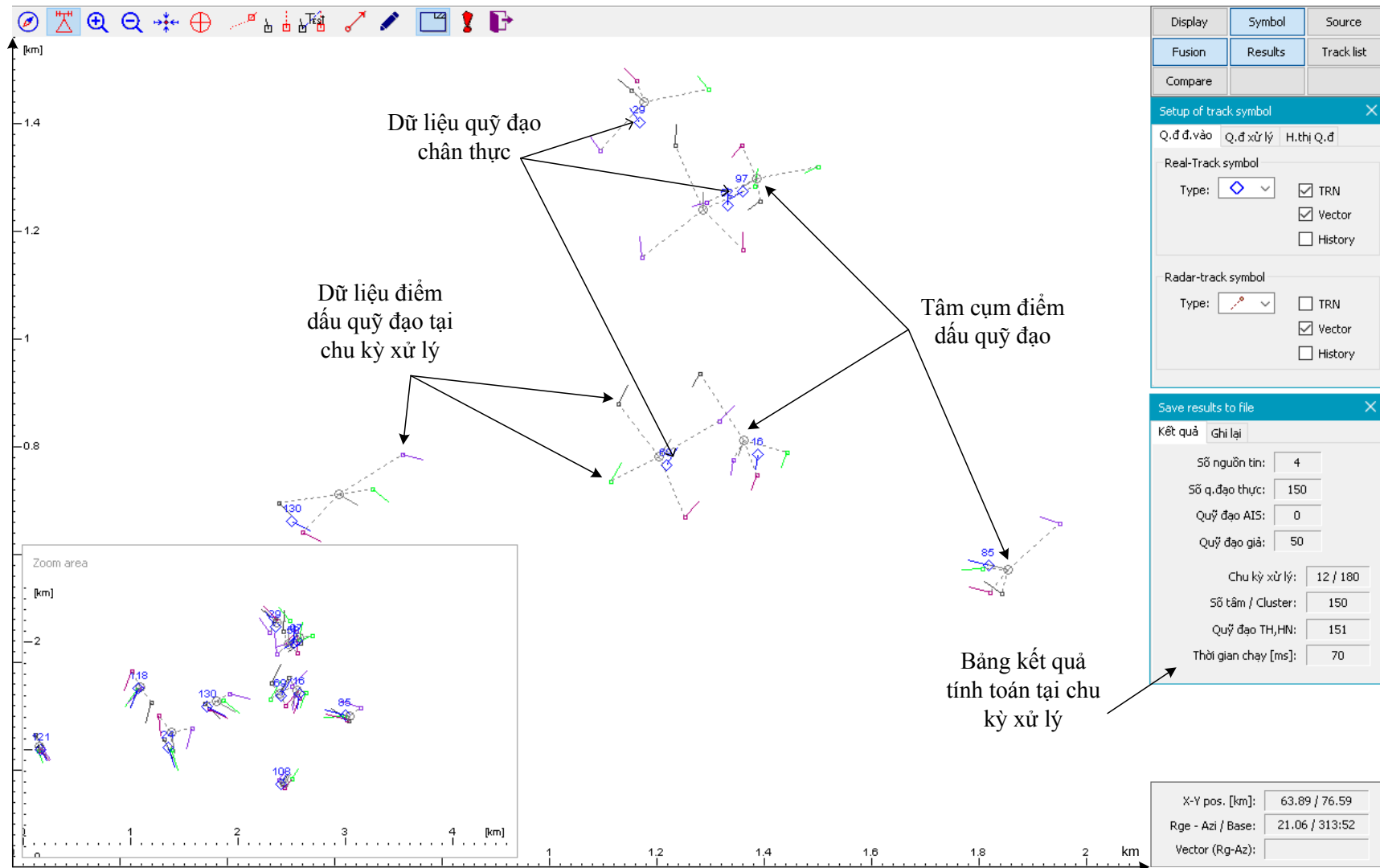
+ Nếu $\chi > \varepsilon$ thì quay lại *Bước No3* để ước lượng lại tham số các tâm lớp nhằm tăng độ chính xác phân lớp.

+ Nếu $\chi \leq \varepsilon$ thì chuyển *Bước No8*.

- *Bước No8*: Thực hiện sắp xếp các tập (lớp) con $\{X_t(k)\}$ và tâm lớp $v_t(k)$ tương ứng với $t = 1 \div N_t(k)$.

- *Bước No9*: Kết thúc.

Tại hình 3.11 có trình bày một số kết quả tính toán mô phỏng thực hiện phân lớp tập dữ liệu điểm dấu quỹ đạo đầu vào theo các số lượng lớp (quỹ đạo) xác định.



Hình 3.11: Hiển thị chi tiết tính toán xác định toạ độ tâm cụm ĐDQĐ ứng với quỹ đạo chân thực tại 1 chu kỳ nhịp

3.5. Tổng hợp lưu đồ thuật toán liên kết các tập điểm dấu quỹ đạo đã được phân lớp với quỹ đạo chân thực

Trước khi trình bày quá trình tổng hợp lưu đồ thuật toán, xin làm rõ lại mục tiêu của nó là: Thuật toán phân lớp trừ cho phép giải quyết việc xác định số lượng quỹ đạo chân thực $N_t(k)$ theo độ lớn của hàm tiềm năng. Trên cơ sở $N_t(k)$, thuật toán phân lớp trung bình c-mờ giúp giải bài toán phân chia $X(k)$ thành $\{X_t(k)\}$ với $t = 1 \div N_t(k)$. Tuy nhiên, chỉ số thứ tự khi thực hiện phân lớp theo hai thuật toán là khác nhau với cách tiếp cận và hàm đích khác nhau. Cách tiếp cận và giải quyết của phương pháp phân lớp trừ được thực hiện đầu tiên để xác định và thiết lập chỉ số thứ tự từ 1 đến $N_t(k)$ sẽ được coi là chân thực. Thuật toán trình bày dưới đây chính là để giải quyết bài toán ghép như vậy. Hình 3.12 có trình bày lưu đồ thuật toán.

Sử dụng phương pháp phân lớp k (hoặc trung bình c – tường minh), lưu đồ thuật toán liên kết các tập điểm dấu quỹ đạo đã được phân lớp với các quỹ đạo chân thực gồm một số bước như sau :

- *Bước No1*: Nhập các dữ liệu ban đầu gồm:

+ Mảng dữ liệu hai chiều có dạng:

$$\{[1, \eta_1(k)], \dots, [l, \eta_l(k)], \dots, [N_t(k), \eta_{N_t(k)}(k)]\} \quad (3.5.1)$$

là mảng ghi chỉ số quỹ đạo chân thực và tham số tâm lớp tương ứng và là kết quả của SCMA.

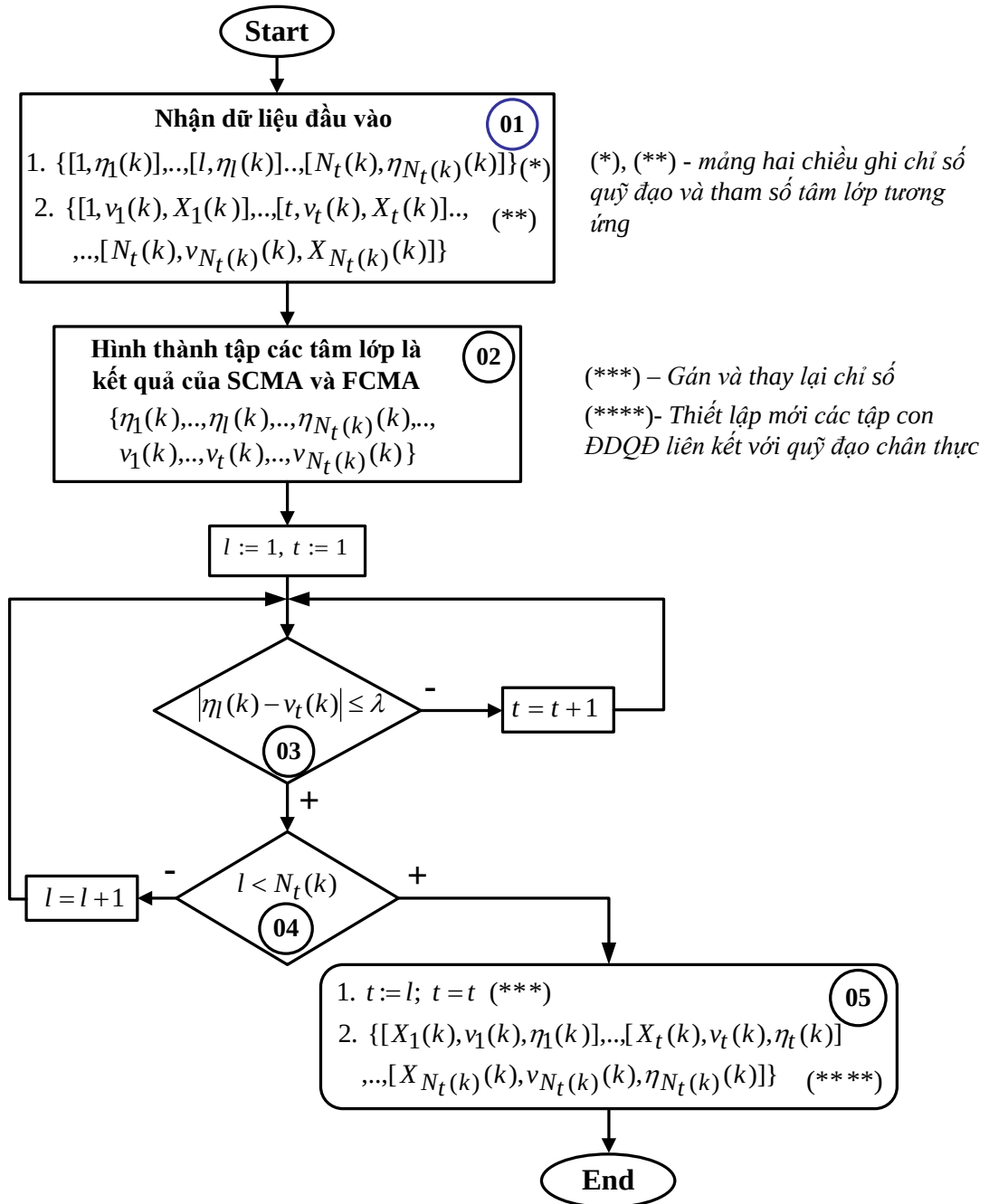
+ Mảng dữ liệu ba chiều có dạng:

$$\{[1, v_1(k), X_1(k)], \dots, [l, v_l(k), X_l(k)], \dots, [N_t(k), v_{N_t(k)}(k), X_{N_t(k)}(k)]\} \quad (3.5.2)$$

là mảng ghi chỉ số quỹ đạo, tham số tâm lớp và tập con dữ liệu các ĐDQĐ đã được phân lớp theo FCMA.

- *Bước No2*: Hình thành tập các tâm lớp:

$$\{[\eta_l(k)], [v_t(k)]\}; l, t = 1 \div N_t(k) \quad (3.5.3)$$



Hình 3.12: Lưu đồ thuật toán liên kết các ĐDQĐ với quỹ đạo chân thực

Việc ghép chỉ số theo phương pháp phân lớp tương minh được thực hiện trên cơ sở ứng với từng chỉ số l với $l = 1 \rightarrow N_t(k)$, tiến hành quét lần lượt mảng một chiều $\{1 \dots t \dots N_t(k)\}$ được trích xuất từ mảng (3.5.3).

- *Bước No3*: Kiểm tra độ “tương đồng– giống nhau” giữa tâm lớp $\eta_l(k)$ và $v_t(k)$ của hai thuật toán phân lớp theo tất cả các thuộc tính theo quy tắc:

$$\begin{cases} \text{If } |\eta_l(k) - v_t(k)| > \lambda & \text{Then } t = t + 1, \text{ goto Buoc No3} \\ \text{If } |\eta_l(k) - v_t(k)| \leq \lambda & \text{Then } \text{goto Buoc No4} \end{cases} \quad (3.5.4)$$

- *Bước No4*: Kiểm tra điều kiện các chỉ số l được tiến hành trong phạm vi từ 1 đến $N_t(k)$.

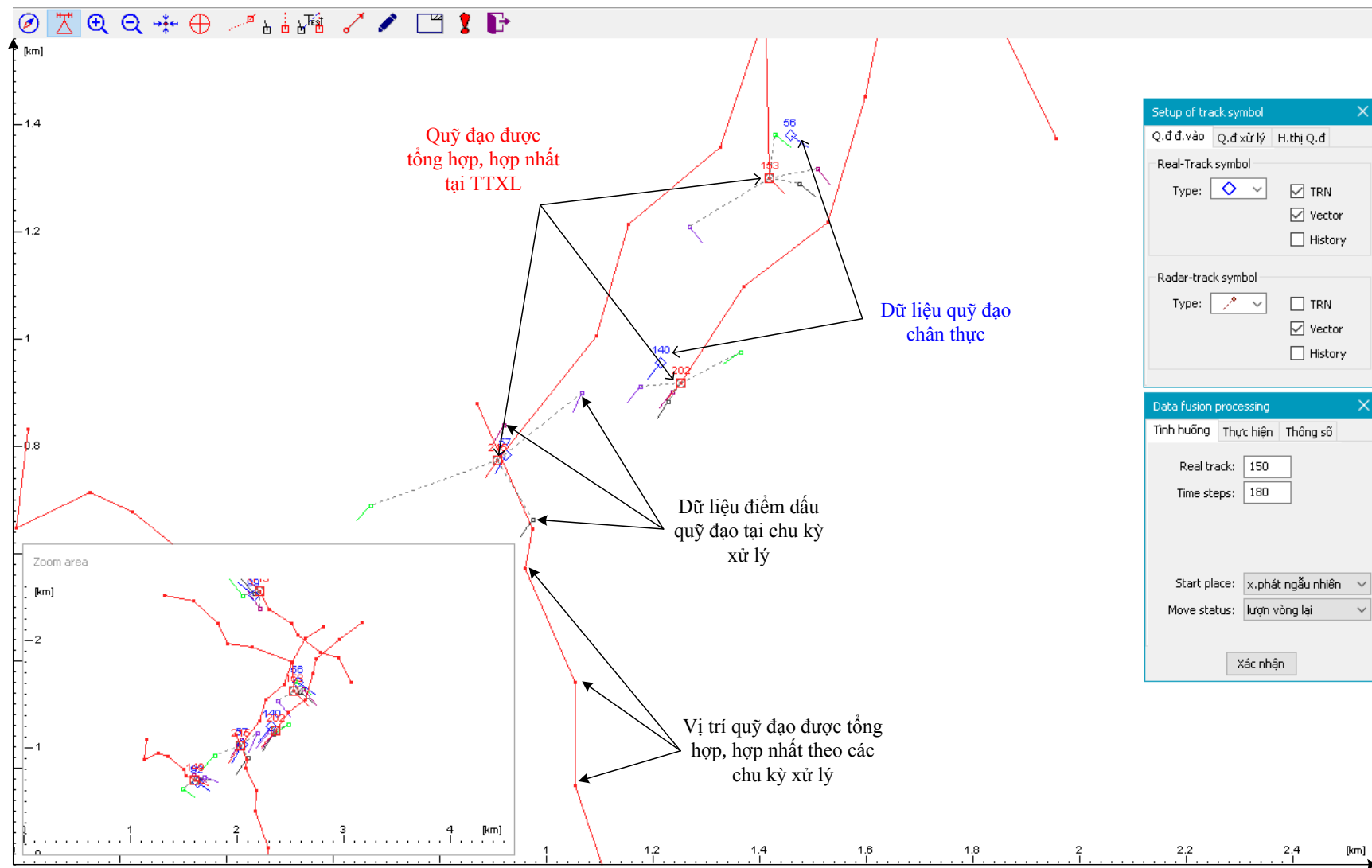
$$\begin{cases} \text{If } l < N_t(k) & \text{Then } l := l + 1, \text{ goto Buoc No3} \\ \text{If } l = N_t(k) & \text{Then } \text{goto Buoc No5} \end{cases} \quad (3.5.5)$$

- *Bước No5*: thực hiện gán theo chỉ số chân thực $t := l$; $t := t$ và thiết lập các tập con liên kết với quỹ đạo chân thực:

$$\begin{aligned} & \{[X_1(k), v_1(k), \eta_1(k)], \dots, [X_t(k), v_t(k), \eta_t(k)], \dots, \\ & \dots, [X_{N_t(k)}(k), v_{N_t(k)}(k), \eta_{N_t(k)}(k)]\} \end{aligned} \quad (3.5.6)$$

mà mỗi phần tử của mảng gồm: tập con dữ liệu ĐDQĐ $X_t(k)$, hai phần tử phần tử đặc trưng $v_t(k)$, $\eta_t(k)$ được sử dụng giải bài toán lọc, bám và phát triển quỹ đạo.

Tại hình 3.13 có trình bày chi tiết minh họa kết quả lọc và bám quỹ đạo sau khi thực hiện liên kết lớp các điểm dấu đã được phân lớp với chỉ số quỹ đạo chân thực. Thuật toán lọc, bám quỹ đạo ở đây được phát triển theo ý tưởng của thuật toán tổng hợp, liên kết điểm dấu quỹ đạo với quỹ theo xác suất PDA như đã trình bày mục nhỏ 1.2.3.1, biểu thức (1.2.7). Theo đó, thay vì tính toán, sử dụng $\gamma_i(k)$, thì ở đây ta sử dụng cấp độ liên thuộc giữa ĐDQĐ với quỹ đạo chân thực t ; $t \in N_t(k)$ đã được tính toán do về cơ bản chúng có cùng một bản chất vật lý.



Hình 3.13: Xử lý liên kết tâm cụm điểm dấu quỹ đạo với quỹ đạo tại trung tâm qua các chu kỳ nhịp

3.6. Đánh giá kết quả nghiên cứu lọc, bám quỹ đạo đã tổng hợp, hợp nhất

Theo [89], việc đánh giá chất lượng đối với HTRĐ được xác định thông qua tính đầy đủ của các thông tin được cung cấp mà nội hàm của nó gồm các chỉ tiêu như: Khả năng cho qua; Tính đầy đủ của thông tin đầu ra; Độ chính xác của thông tin; và Yêu cầu đáp ứng thời gian thực;

Trong khuôn khổ của luận án, dưới đây sẽ trình việc đánh giá các kết quả nghiên cứu thông qua mô phỏng dưới góc độ của một số chỉ tiêu chất lượng hệ thống nêu trên.

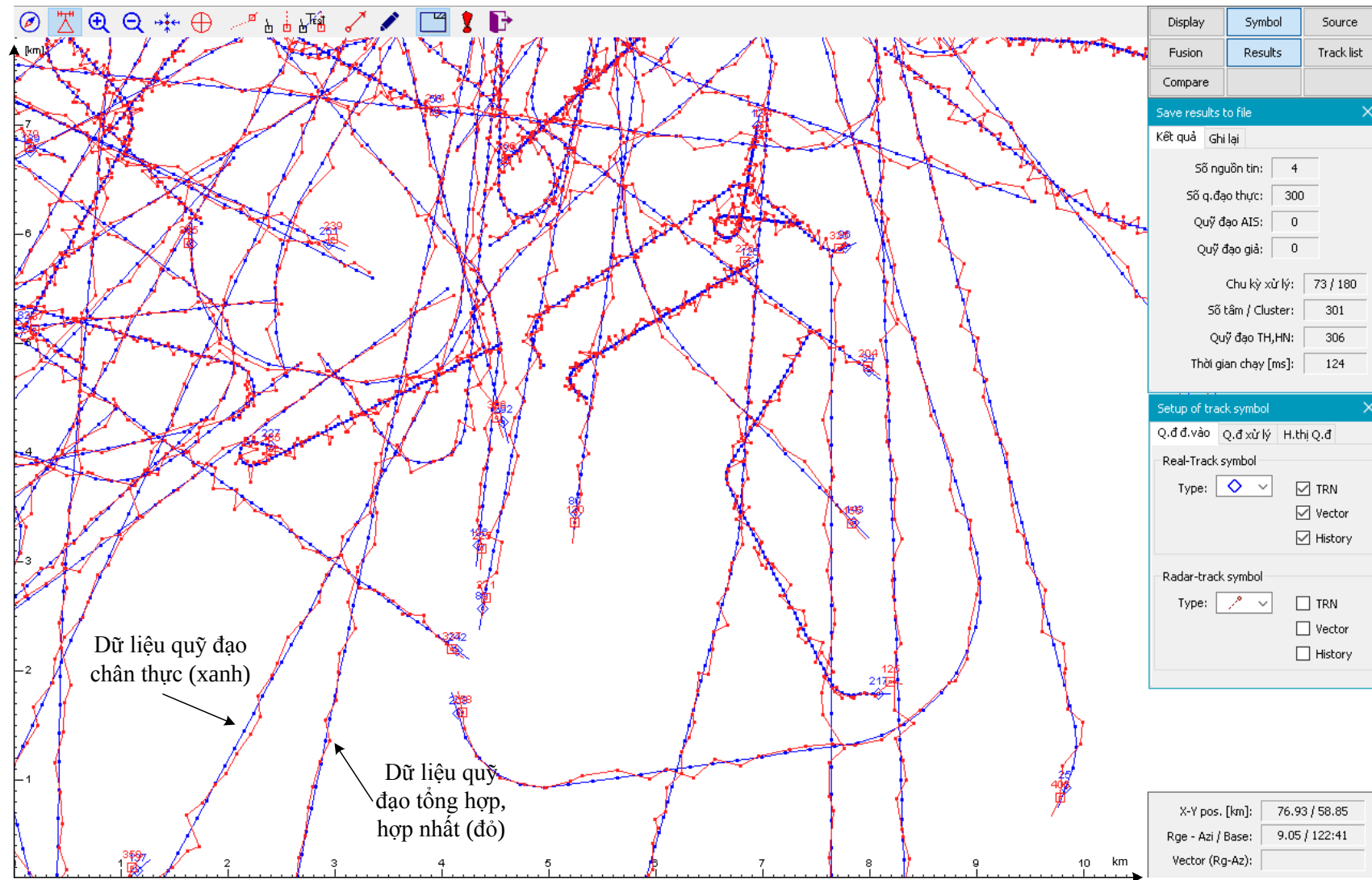
3.6.1. Đánh giá khả năng cho qua và yêu cầu đáp ứng thời gian thực

Theo đúng định nghĩa thì khả năng cho qua của hệ thống được hiểu là khả năng mà hệ thống có thể cùng đồng thời phục vụ được bao nhiêu hệ con (các đầu đo hoặc TTXL cấp dưới). Tuy nhiên, ở đây có thể hiểu khả năng cho qua đối với HTRĐ khi tổng hợp, hợp nhất dữ liệu, TTRĐ là khả năng mà hệ thống có khả cùng đồng thời xử lý được bao nhiêu quỹ đạo trên tổng số quỹ đạo đầu vào với độ chính xác và khoảng thời gian theo yêu cầu.

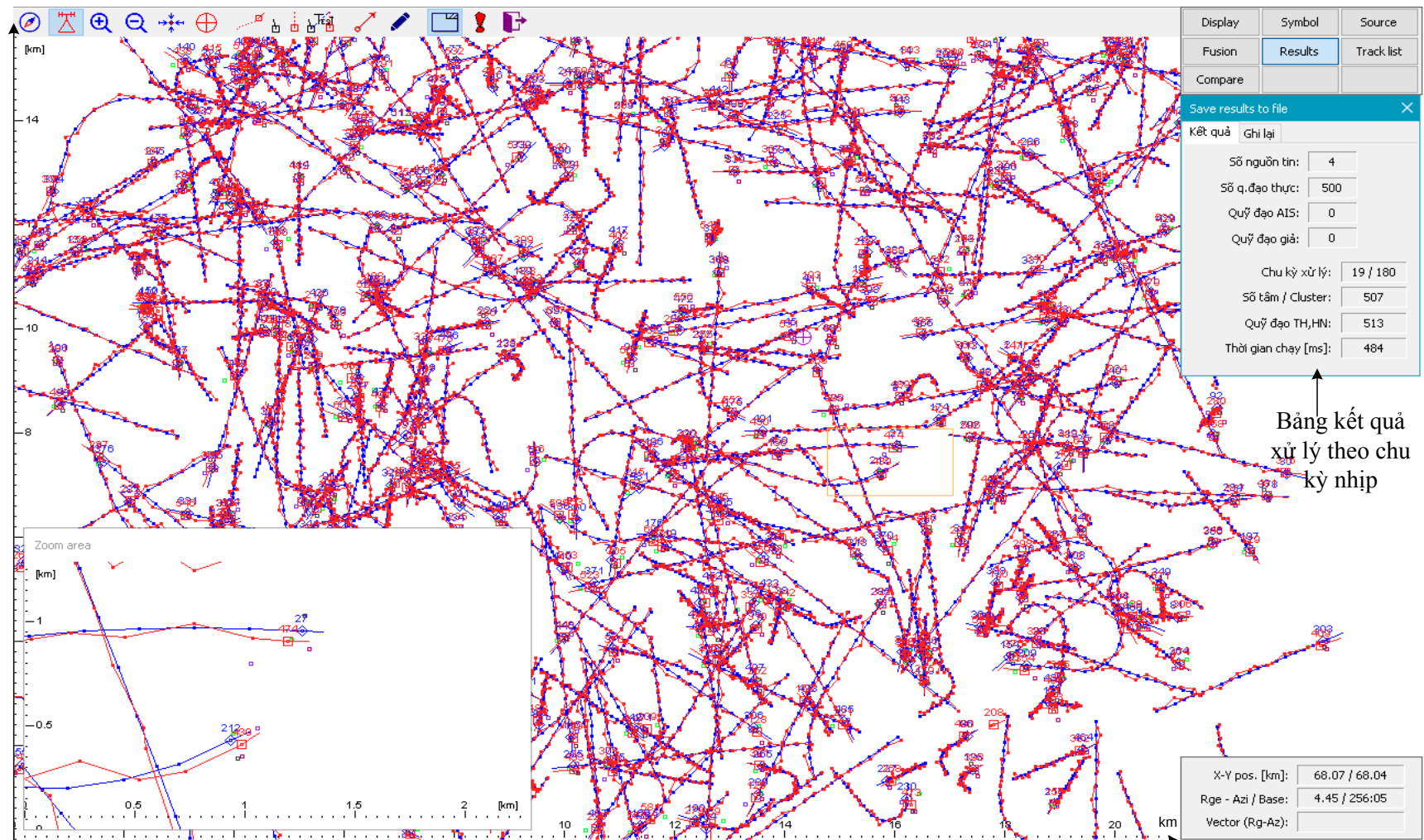
Một số ví dụ kết quả tính toán mô phỏng như sau:

- Tại Hình 3.14 trình bày kết quả xử lý lọc, bám quỹ đạo tại TTXL với dữ liệu của 300 quỹ đạo chân thực đầu vào. Kết quả lọc, bám được xác định tại chu kỳ cập thứ 73 có hiển thị lịch sử các bước xử lý trước đó
- Tại Hình 3.15 trình bày kết quả xử lý lọc, bám quỹ đạo tại TTXL với dữ liệu của 500 quỹ đạo chân thực đầu vào. Kết quả lọc, bám được xác định tại chu kỳ cập thứ 19 có hiển thị lịch sử các bước xử lý trước đó.

Công cụ tính toán được sử dụng là: PC Dell Optiplex 3050, CPU Core I5-7500 (3.4GHz); 8GB RAM, ổ cứng SSD 240GB. Hệ điều hành Win10 Pro 64bit. Bộ công cụ lập trình phần mềm Visual Studio 2013, ngôn ngữ C/C⁺⁺, thư viện MFC.



Hình 3.14: Bức tranh kết quả xử lý tổng hợp, hợp nhất quỹ đạo tại TTXL (300 quỹ đạo chân thực, chu kỳ nhịp 73)



Hình 3.15: Bức tranh tình huống quỹ đạo mục tiêu sau tổng hợp hợp nhất (đỏ) với 500 quỹ đạo chân thực (xanh)

Theo kết quả mô phỏng, có một số điểm cần nhấn mạnh là:

- Việc khảo sát khả năng cho qua được thực hiện trên cơ sở việc thiết lập tập các dữ liệu đầu vào tương ứng với từng chu kỳ cập nhật theo mục 3.2 được thực hiện một cách độc lập với số lượng quỹ đạo chân thực đầu vào “không biết trước” đối với hệ các chương trình tính toán tổng hợp, hợp nhất dữ liệu TTRĐ.

- Quá trình khảo sát được thực hiện dần từng bước có tăng dần số lượng quỹ đạo chân thực. Việc khảo sát đã được thực hiện với số lượng quỹ đạo chân thực có trong vùng quản lý của HTRĐ lên tới xấp xỉ 1000 quỹ đạo đồng thời hoạt động nhằm vừa để đánh giá khả năng cho qua và độ tin cậy của thông tin.

Tại bảng 3.1 có đưa ra dữ liệu thống kê (được truy xuất từ kết quả mô phỏng) các khoảng thời gian XLQĐ phụ thuộc vào số lượng quỹ đạo cần xử lý và số lượng ĐDQĐ đầu vào

Bảng 3.1: Dữ liệu thống kê về khoảng thời gian XLQĐ

Số lượng		Khoảng thời gian xử lý [ms]				
Quỹ đạo chân thực	ĐDQĐ	Khoảng No1	Khoảng No2	Khoảng No3	Khoảng No4	Khoảng No5
10	96	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
50	379	15	15	15	15	15
100	550	17	18	31	45	32
200	850	77	93	80	94	93
300	1625	171	156	187	173	187
500	2701	468	499	398	484	485
800	4211	2140	1986	1995	2240	1991
1000	6715	5600	6123	5931	6658	5834

Từ bảng 3.1 có thể rút ra một số nhận xét sau đây:

- Từ cột thứ nhất và hai của bảng, số lượng trung bình ĐDQĐ tương ứng với mỗi quỹ đạo nằm trong giới hạn từ 4 đến 10 bao gồm cả điểm dấu chân thực và điểm dấu giả. Khi đó, nếu thực hiện XLQĐ theo các tiếp cận Bayes kinh điển bằng thuật toán JPDA ngay kể cả với trường hợp số lượng quỹ đạo chân thực $N_t(k)$ đã biết có giá trị nhỏ là 10, thì số lượng ma trận các sự kiện liên kết đồng thời sẽ nằm trong khoảng từ 10^4 đến 10^{10} kéo theo thời gian tính toán là rất lớn. Theo các cột tiếp sau cho thấy rằng: khi áp dụng các phương pháp PLDL thực hiện XLQĐ, thì khoảng thời gian xử lý có giá trị tối đa khoảng 7s nhỏ hơn nhiều so với chu kỳ cập nhật (khoảng 10s) ngay cả khi số lượng quỹ đạo $N_t(k)$ lên tới 1000. Rõ ràng là: bằng với cách so sánh như vậy đã chứng minh khả năng cho qua và khả năng đáp ứng thời gian thực của TTXL khi ứng dụng các công cụ của PLDL để giải quyết bài toán XLQĐ.

3.6.2. Đánh giá về tính đầy đủ của TTRĐ

Với TTXL, tính đầy đủ của các dữ liệu đầu ra hệ thống là thông tin quỹ đạo chuyển động đã được tổng hợp, hợp nhất và lọc bám của các đối tượng nằm trong vùng quản lý dùng để hiển thị phục vụ công tác chỉ huy, quản lý và điều hành. Để phục vụ cho công tác chỉ thị đối tượng sẽ là các dữ liệu điểm dấu – quỹ đạo được rời rạc hóa tương ứng của từng quỹ đạo tổng hợp, hợp nhất và lọc bám.

Theo đó, tương ứng với quá trình thử nghiệm mô phỏng ở trên, dữ liệu điểm dấu quỹ đạo tổng hợp, hợp nhất ở đầu ra TTXL gồm: tọa độ không gian, tốc độ, gia tốc (được tính khi đối tượng thực hiện cơ động), hướng chuyển động của đối tượng và một số thuộc tính định tính đi kèm (như chủ quyền quốc gia, chủng loại, kích thước v.v.).

Các kết quả mô phỏng cho thấy thông tin dữ liệu điểm dấu quỹ đạo cùng cấp ở đầu ra đảm bảo đáp ứng đầy đủ các nội dung đã nêu ở trên. Điều này được thể hiện không chỉ ở các tập dữ liệu xuất ra mà trên bảng hiển thị có

chứa các thanh công cụ phục vụ cho công tác trích xuất và hiển thị các tham số, đặc trưng và thuộc tính cần thiết của bất kỳ quỹ đạo nào đã được tổng hợp, hợp nhất và lọc bám.

3.6.3. Đánh giá về độ chính xác

Trong nghiên cứu của luận án, việc đánh giá về độ chính xác thông tin quỹ đạo đã được tổng hợp, hợp nhất dựa trên cơ sở:

- + So sánh sai lệch các tham số quỹ đạo (gồm: tọa độ, hướng đi và vận tốc chuyển động) đã được tổng hợp, hợp nhất với quỹ đạo chân thực.
- + So sánh sai lệch các tham số quỹ đạo (gồm: tọa độ, hướng đi và vận tốc) đã được tổng hợp, hợp nhất với quỹ đạo truyền lên từ các nguồn.

Tọa độ Hướng đi Vận tốc

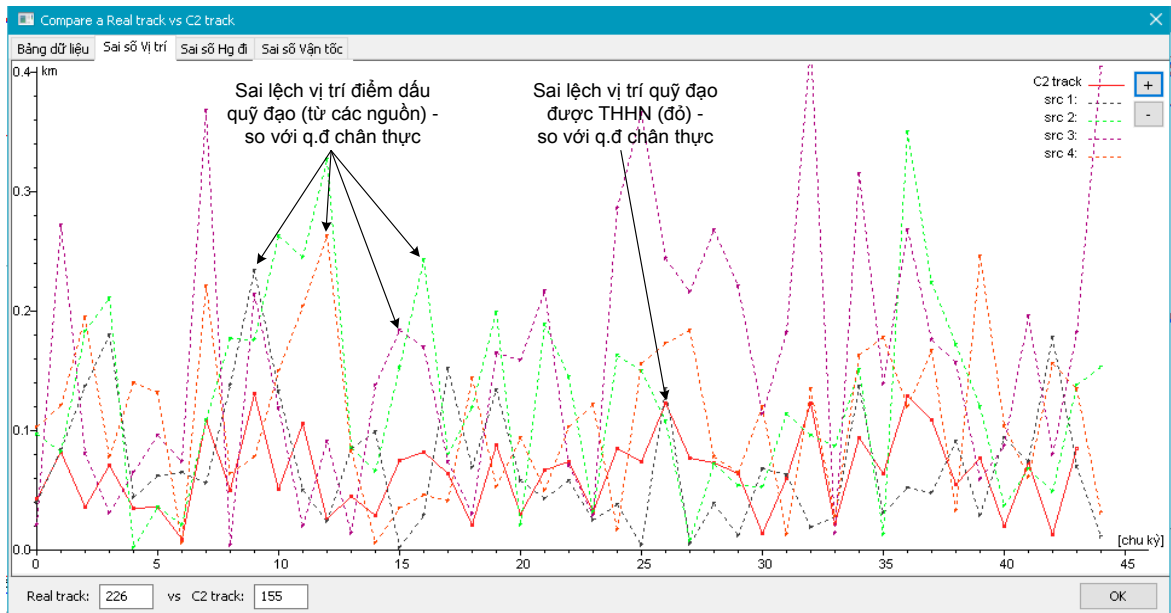
Step	X0 - Y0	Hd0	Sp0	X1 - Y1	Hd1	Sp1	dRge	dHd	dSp
1	51.30 - 49.40	4.90	42.30	51.28 - 49.32	4.93	42.06			
2	51.14 - 49.48	5.20	42.30	51.17 - 49.47	5.19	42.11			
3	51.02 - 49.61	5.50	42.30	51.05 - 49.58	5.33	42.53			
4	50.94 - 49.76	5.79	42.30	50.87 - 49.80	5.81	42.57			
5	50.90 - 49.94	6.09	42.30	50.86 - 49.97	6.11	42.53			
6	50.92 - 50.11	0.10	42.30	50.94 - 50.03	0.09	42.24			
7	50.99 - 50.27	0.40	42.30	50.99 - 50.24	0.37	42.27			
8	51.10 - 50.41	0.70	42.30	51.16 - 50.32	0.69	42.27			
9	51.25 - 50.50	0.99	42.30	51.31 - 50.47	0.83	42.10			
10	51.42 - 50.55	1.29	42.30	51.45 - 50.61	1.29	42.48			
11	51.60 - 50.55	1.59	42.30	51.54 - 50.58	1.62	42.63			
12	51.77 - 50.50	1.88	42.30	51.76 - 50.64	2.08	42.57			
13	51.93 - 50.44	1.88	42.30	51.88 - 50.44	1.91	42.67			
14	52.10 - 50.39	1.88	42.30	52.13 - 50.35	1.78	42.14			
15	52.27 - 50.33	1.88	42.30	52.30 - 50.27	1.89	42.20			
16	52.44 - 50.28	1.88	42.30	52.34 - 50.35	1.79	42.25			
17	52.60 - 50.22	1.88	42.30	52.63 - 50.17	1.86	42.72			
18	52.77 - 50.17	1.88	42.30	52.79 - 50.12	1.96	42.32			

Real track: 24 vs C2 track: 179 0.000 OK

Các dữ liệu quỹ đạo của chân thực Các dữ liệu của quỹ đạo sau tổng hợp, hợp nhất

Hình 3.16: Bảng dữ liệu các tham số của quỹ đạo chân thực và quỹ đạo tương ứng sau tổng hợp, hợp nhất bằng các phương pháp PLDL

Tại hình 3.16 có trình bày bảng dữ liệu ĐDQĐ trích suất từ các kết quả mô phỏng các tham số quỹ đạo (gồm: tọa độ không gian, hướng chuyển động và vận tốc chuyển động) của quỹ đạo chân thực đầu vào và quỹ đạo tương ứng sau tổng hợp, hợp nhất ở đầu ra TTXL. Hình 3.17 hiển thị kết quả so sánh sai lệch vị trí giữa nhóm các ĐDQĐ đầu vào và quỹ đạo được tổng hợp, hợp nhất (bởi nhóm này) với quỹ đạo chân thực qua nhiều chu kỳ xử lý liên tiếp. Kết quả thể hiện quỹ đạo được hợp nhất có sai lệch nhỏ hơn (“gần”) quỹ đạo chân thực so với các quỹ đạo đầu vào.



Hình 3.17: So sánh sai lệch Vị trí giữa các quỹ đạo nguồn vào (nét đứt) và quỹ đạo THHN (đỏ) với quỹ đạo chân thực (trục ngang)

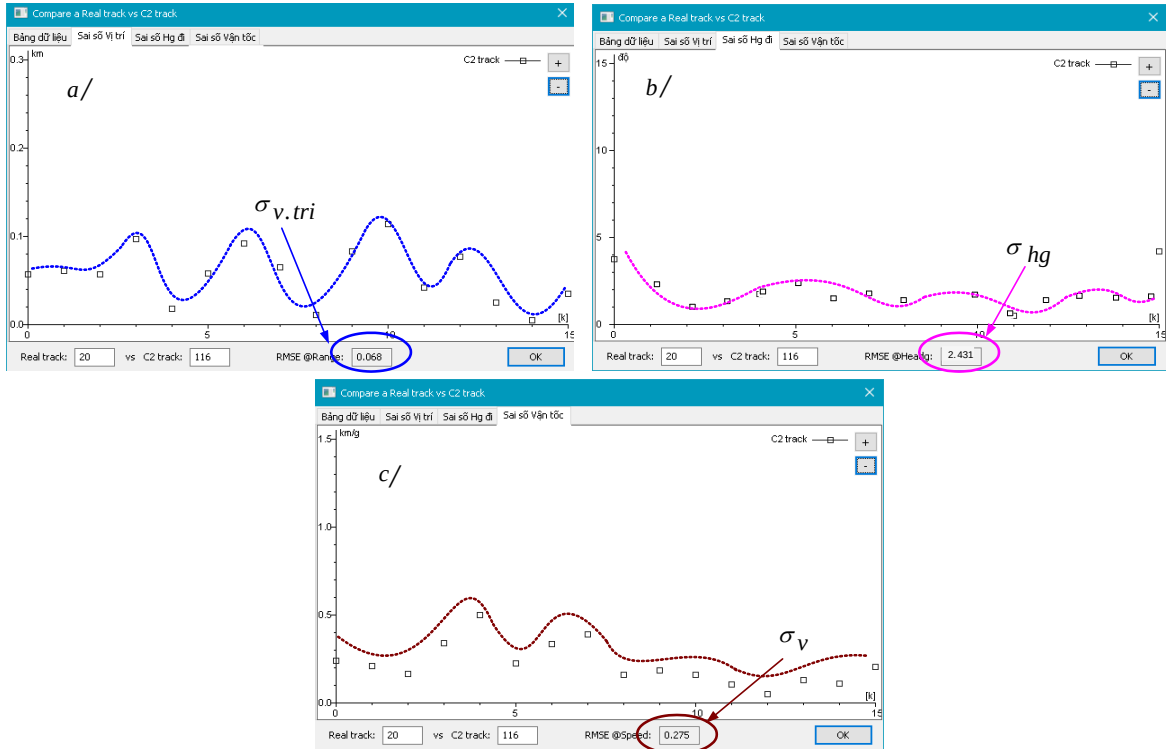
Để thuận tiện cho việc đánh giá độ chính xác, tại hình 3.18 có trình bày các đồ thị ước lượng sai số các tham số vị trí (tọa độ không gian) (Hình 3.18.a), chiều chuyển động (Hình 3.18.b) và tốc độ (Hình 3.18.c), của quỹ đạo chân thực so với quỹ đạo tương ứng sau tổng hợp, hợp nhất tại TTXL.

Các biểu thức ước lượng sai số có dạng là:

$$\sigma_{v.tri} = \frac{1}{K} \sqrt{\sum_k^K \Delta_{v.tri}^2(k)} \quad (3.6.1)$$

$$\sigma_{hg} = \frac{1}{K} \sqrt{\sum_k^K \Delta_{hg}^2(k)} \quad (3.6.2)$$

$$\sigma_v = \frac{1}{K} \sqrt{\sum_k^K \Delta_v^2(k)} \quad (3.6.3)$$



Hình 3.18: Đồ thị ước lượng sai số các tham số vị trí (a), hướng đi (b) và tốc độ (c) giữa quỹ đạo chân thực và quỹ đạo sau hợp nhất.

Các kết quả mô phỏng cho thấy: $\sigma_{v.tri} \sim 0.07$ [km]; $\sigma_{hg} \sim 2.5$ [rad] và $\sigma_v \sim 0.3$ [km/h] cơ bản đáp ứng các yêu cầu về độ chính xác phục vụ công tác chỉ huy, quản lý và điều hành tại Sở chỉ huy.

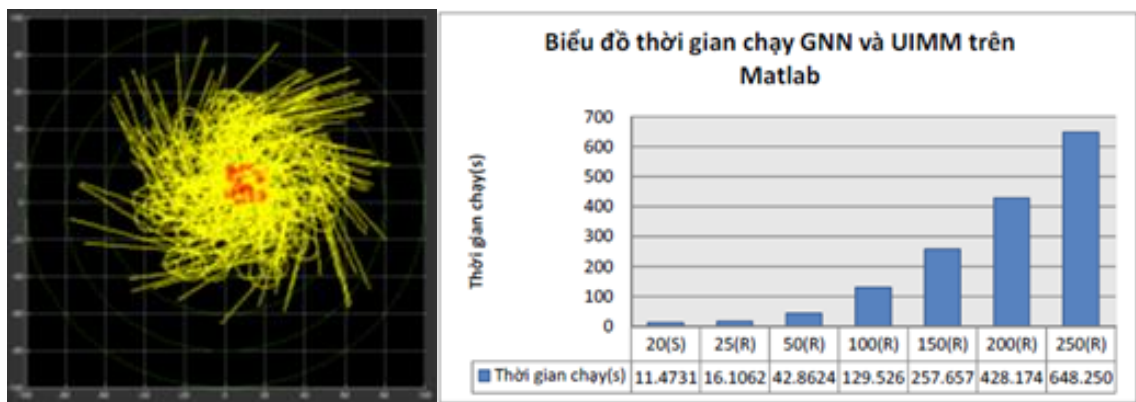
Cần lưu ý rằng: việc điều khiển trực tiếp các phương tiện hỏa lực tác chiến được thực hiện trên cơ sở các phương tiện đo chuyên dụng có độ chính xác cao hơn các đầu đo. Do vậy, khái niệm “điều khiển” đối với hệ thống đa đầu đo sẽ đồng nghĩa với khái niệm “chỉ thị mục tiêu (đối tượng) cho phương

tiện điều khiển (hoả lực)”. Do vậy, có thể kết luận rằng: độ chính xác các thông tin quỹ đạo đã được tổng hợp, hợp nhất cơ bản đáp ứng theo yêu cầu.

3.6.4. So sánh kết quả với một số công trình công bố khác

Trong công trình nghiên cứu đã công bố [4] “Ứng dụng mạng nơron nhân tạo trong xử lý cấp 2 tin tức ra đa” sử dụng công cụ mạng Hopfield trong bài toán xử lý liên kết điểm đầu - quỹ đạo so với thuật toán JPDA và cho kết quả lọc, bám đáp ứng đến 20-25 mục tiêu. Con số này còn thấp so với yêu cầu khả năng xử lý cho một nguồn tin cảnh giới. Nếu áp dụng cho một TTXL thì giải thuật XLQĐ ứng dụng công cụ mạng Hopfield khó đáp ứng với số lượng mục tiêu lớn.

Một nghiên cứu khác, trong công trình [9] “Nghiên cứu thuật toán tương quan và lọc trong bài toán bám quỹ đạo đa mục tiêu” sử dụng thuật toán tương quan (liên kết) quỹ đạo GNN và thuật toán lọc UIMM. Theo kết quả mô phỏng, cần thời gian lớn, trên 100 giây cho lọc, bám 100 mục tiêu (Hình 3.19), khó đáp ứng tiêu chí thời gian thực và khả năng cho qua khi số lượng mục tiêu lớn như yêu cầu của một TTXL trong Sở Chỉ huy PK-KQ. Trong nghiên cứu này, tác giả đã áp dụng thêm giải pháp phân cụm dữ liệu cho phép chia nhỏ tập dữ liệu để có thể xử lý song song, nhưng với số lượng mục tiêu lớn thì hệ thống phân cứng sẽ phức tạp và khó khả thi.



Hình 3.19: Kết quả mô phỏng tương quan và lọc trong bám đa mục tiêu (200 quỹ đạo) sử dụng thuật toán UIMM và GNN

3.7. Mô phỏng với dữ liệu quỹ đạo mục tiêu trên không

Các kết quả chương trình mô phỏng cho các bước thực hiện của quá trình THHN quỹ đạo trên đây được thực hiện với bộ dữ liệu quỹ đạo mục tiêu *trên biển*. Để kiểm tra đánh giá giải thuật với đầu vào là dữ liệu quỹ đạo mục tiêu *trên không*, trong mục này trình bày kết quả được thực hiện tương tự với bộ dữ liệu mô phỏng quỹ đạo phương tiện bay. Các bước thực hiện vẫn giữ nguyên và có một số điểm khác biệt: thêm thông số độ cao bay, vận tốc mục tiêu lớn (trên dưới 1000km/h), chu kỳ nhịp xử lý ngắn hơn (10s), các giá trị ngưỡng sai số cự ly, hướng bay, vận tốc... phù hợp mục tiêu trên không. Một số kết quả mô phỏng với bộ dữ liệu quỹ đạo mục tiêu *trên không* như sau:

- Tại Hình 3.20 trình bày kết quả xử lý lọc, bám quỹ đạo tại TTXL với bộ dữ liệu của 300 quỹ đạo chân thực đầu vào, tại chu kỳ cập thứ 45.

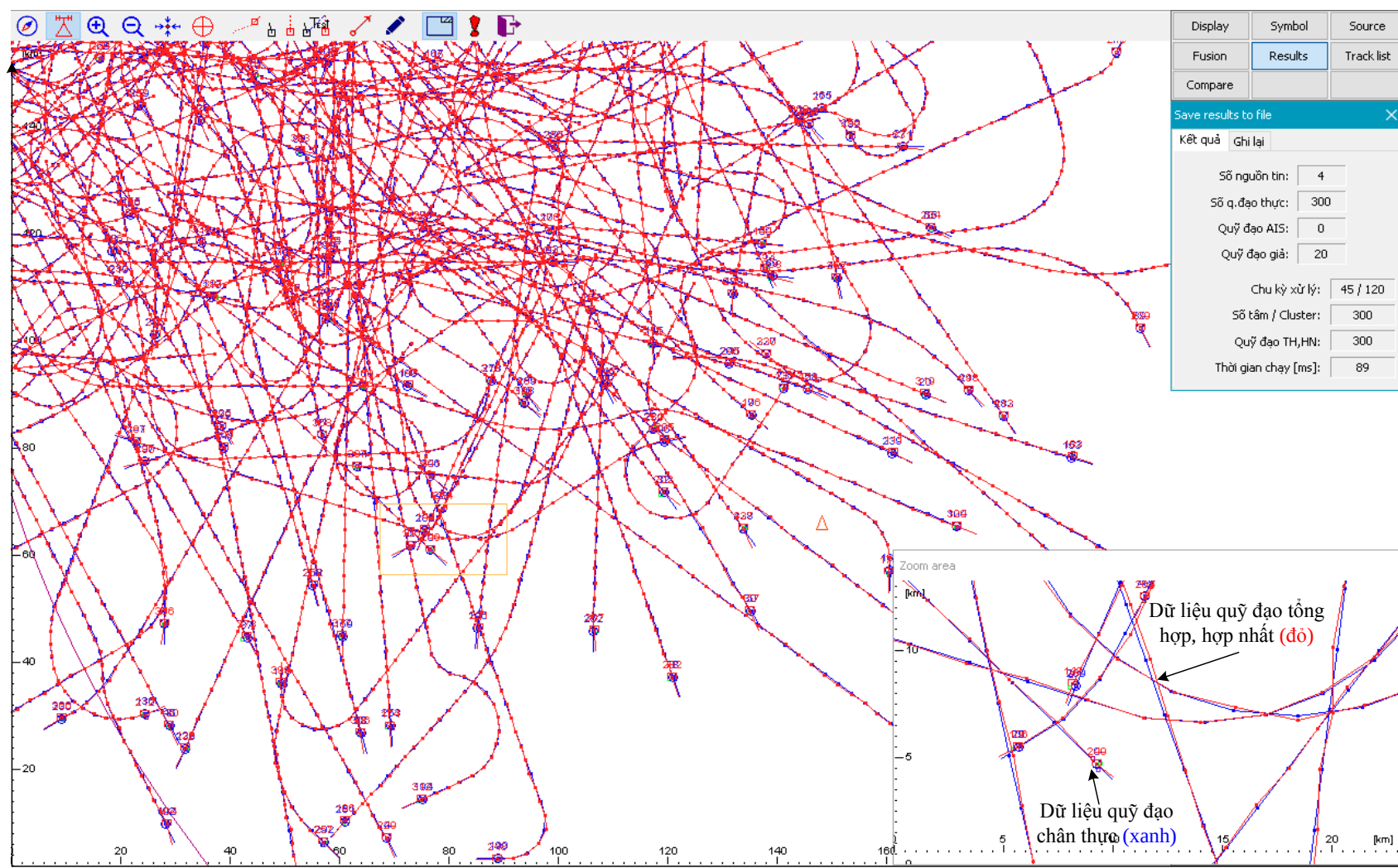
- Tại Hình 3.21 trình bày chi tiết kết quả xử lý lọc, bám quỹ đạo được THHN so với quỹ đạo chân thực và các ĐDQĐ đầu vào.

- Tại Hình 3.22 trình bày bảng kết quả so sánh sai lệch thông số Vị trí và Vận tốc của quỹ đạo sau THHN so với quỹ đạo chân thực và ĐDQĐ.

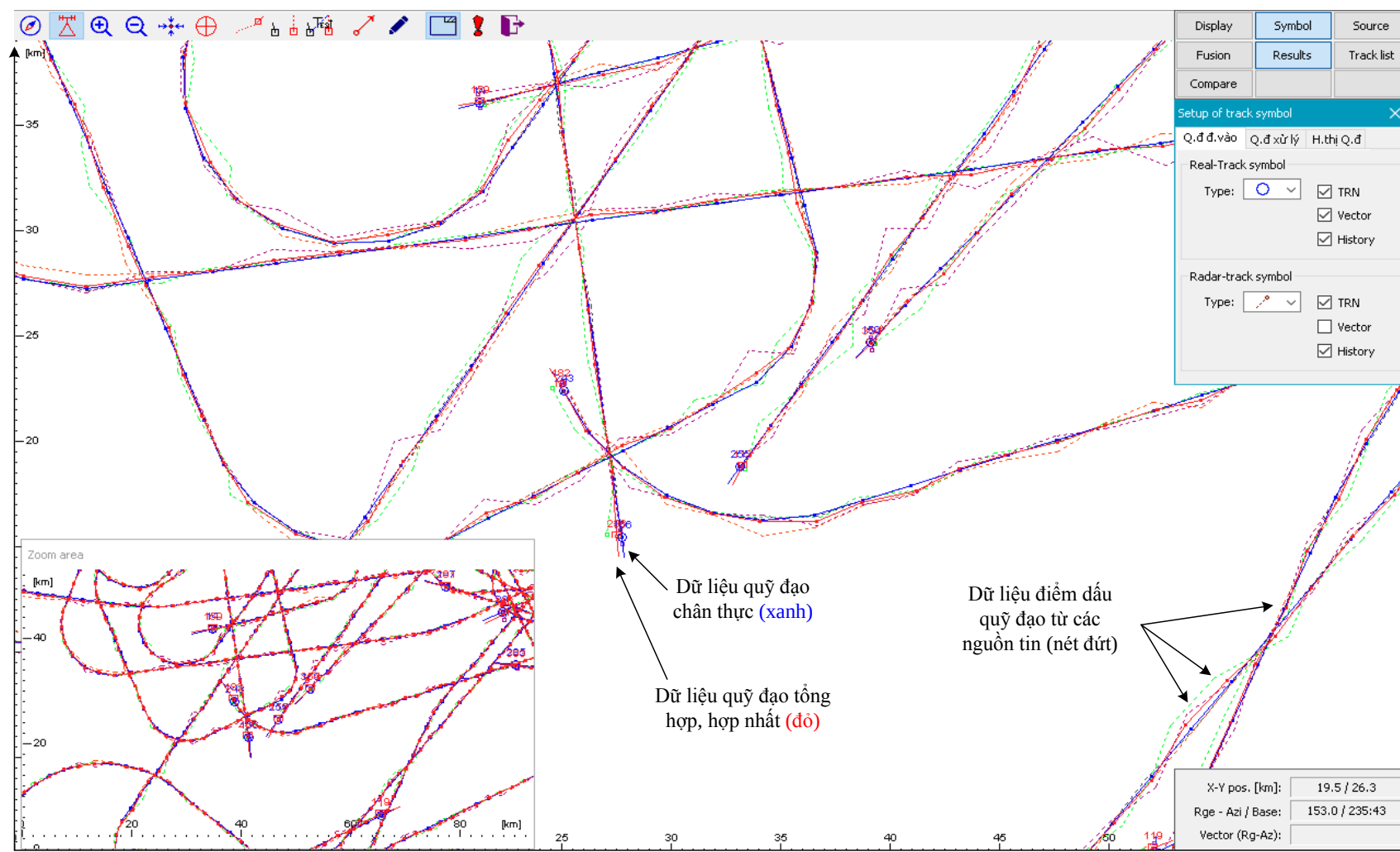
- Tại bảng 3.2 có đưa ra dữ liệu thống kê các khoảng thời gian XLQĐ phụ thuộc vào số lượng quỹ đạo cần xử lý và số lượng ĐDQĐ đầu vào.

Bảng 3.2: Dữ liệu thống kê về khoảng thời gian XLQĐ

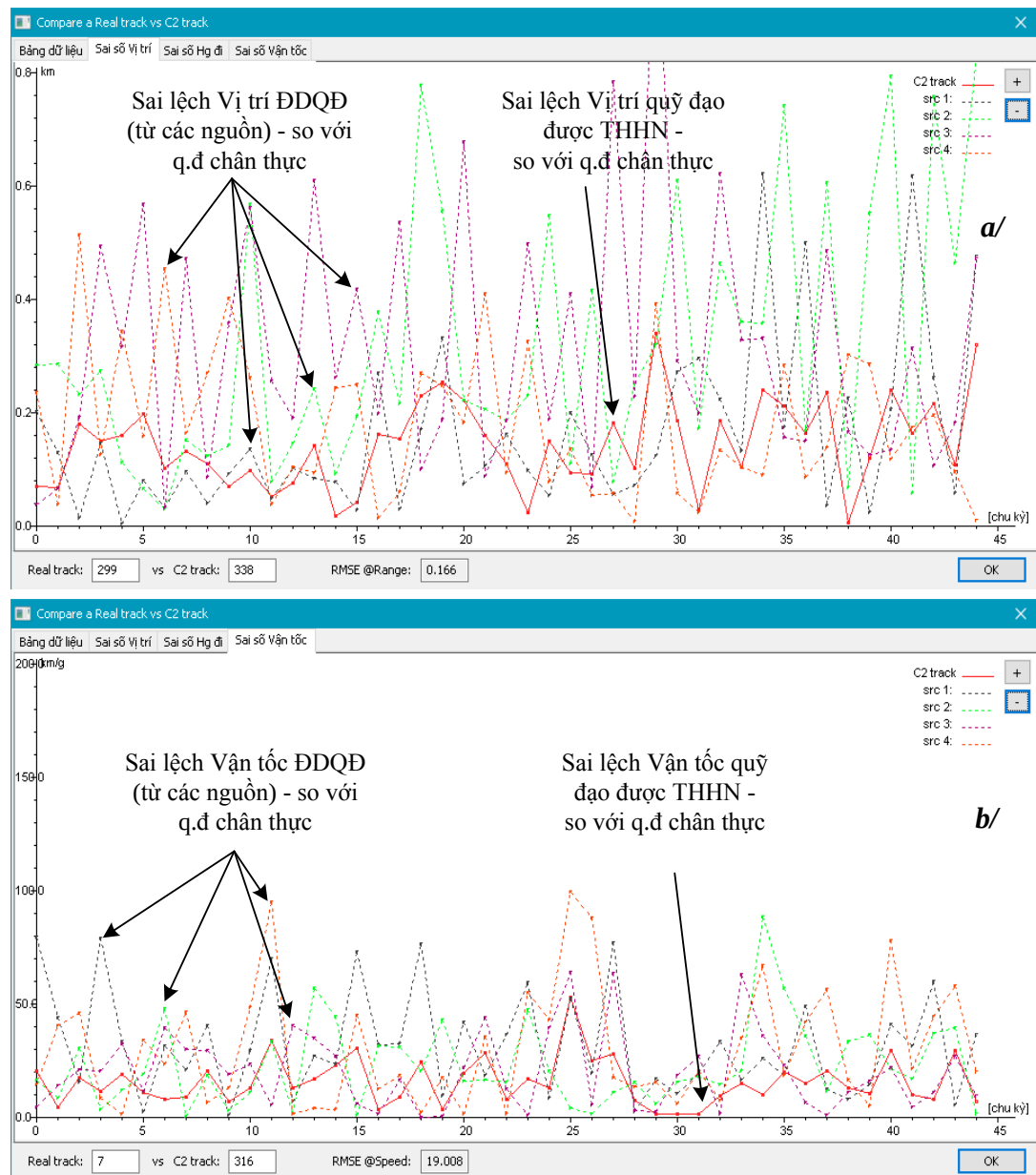
Số lượng		Khoảng thời gian xử lý [ms]				
Quỹ đạo chân thực	ĐDQĐ	Khoảng No1	Khoảng No2	Khoảng No3	Khoảng No4	Khoảng No5
50	378	15	15	15	15	15
100	550	30	41	31	31	28
200	850	46	56	51	60	62
300	1620	156	145	124	140	143
500	2702	211	256	202	265	225



Hình 3.20: Bức tranh tình huống mục tiêu trên không được tổng hợp hợp nhất với 300 quỹ đạo chân thực



Hình 3.21: Chi tiết xử lý tổng hợp, hợp nhất quỹ đạo mục tiêu trên không từ các ĐDQĐ



Hình 3.22: So sánh sai số Vị trí (a) và Vận tốc (b) giữa quỹ đạo mục tiêu trên không sau THHN và quỹ đạo chân thực theo các chu kỳ xử lý

Với kết quả chạy mô phỏng trên cho thấy: với cùng cấu hình phần cứng, thời gian thực hiện giải thuật THHN với quỹ đạo của mục tiêu *trên không* hay *trên biển* có cùng số lượng là tương đương nhau. Tương tự, quỹ đạo sau THHN có các sai lệch thông số (Vị trí, Hướng bay, Vận tốc,...) so với quỹ đạo chân thực nhỏ hơn các sai lệch của ĐDQĐ. Với đặc thù hệ thống quản lý và cảnh giới vùng trời, số lượng quỹ đạo mục tiêu trên không trong khu vực

quản lý ít hơn TTXL của Hải quân, khoảng 300 quỹ đạo [75], thì giải thuật THHN đã xây dựng cũng hoàn toàn đáp ứng cho TTXL vùng trời của quân chủng PK-KQ.

3.8. Kết luận chương 3

Mục tiêu của chương Ba là kiểm tra, đánh giá các kết quả nghiên cứu lý thuyết được đề xuất và phát triển tại chương Hai. Với mục tiêu như vậy, các kết quả thực hiện của chương Ba bao gồm:

1. Tổng hợp và xây dựng hệ thống các lưu đồ thuật toán, gồm:

- Lưu đồ thuật toán tổng hợp, hợp nhất dữ liệu các ĐDQĐ tại TTXL áp dụng thực tiễn cho việc XLQĐ theo cách tiếp cận mới trên cơ sở ứng dụng các công cụ của lý thuyết KTDL nói chung, các phương pháp PLDL có kết hợp mềm dẻo với thuật toán lọc tám quỹ đạo theo xác suất PDA (Lưu đồ thuật toán thể hiện tại hình 3.1).

- Tập các lưu đồ thuật toán:

- + Xác định số lượng quỹ đạo chân thực trên cơ sở nguồn dữ liệu điểm đầu quỹ đạo từ nhiều nguồn là đầu đo hoặc TTXL cấp dưới khác nhau trên cơ sở ứng dụng thuật toán phân lớp trừ (hình 3.4)

- + Ứng với từng chu kỳ cập nhật, phân chia tập dữ liệu đầu vào theo số lớp (số lượng quỹ đạo chân thực) trên cơ sở ứng dụng thuật toán phân lớp trung bình c – mờ (hình 3.6)

- + Ứng với từng chu kỳ cập nhật, ghép các tập con đã được phân lớp với quỹ đạo chân thực có số lượng đã được xác định (tại hình 3.8).

- + Ứng dụng công cụ thuật toán PDA để xử lý lọc tám và phát triển các quỹ đạo hệ thống đã được tổng hợp, hợp nhất.

2. Việc đánh giá các kết quả nghiên cứu được thực hiện theo các chỉ tiêu:

- Đánh giá khả năng cho qua và yêu cầu đáp ứng thời gian thực của hệ thống trên cơ sở số lượng quỹ đạo chân thực cùng đồng thời được xử lý tổng

hợp, hợp nhất và lọc bám trên một đơn vị thời gian xác định tương ứng với chu kỳ cập nhật đã được định nghĩa

- Đánh giá tính đầy đủ của TTRĐ dựa trên cơ sở số lượng tham số có trong một dữ liệu điểm đầu quỹ đạo đã được tổng hợp, hợp nhất và lọc bám tính đến đầu ra của TTXL gồm: chỉ số quỹ đạo; vị trí (tọa độ không gian), hướng đi, tốc độ và gia tốc (khi có cơ động) và những thuộc tính định tính khác có trong phân lớp.

- Đánh giá độ chính xác dựa trên cơ sở ước lượng sai số (giá trị trung bình bình phương độ lệch) các tham số đặc trưng $\sigma_{v.tri}, \sigma_{hg}$ và σ_v của các quỹ đạo đã được tổng hợp, hợp nhất và lọc bám

Để xác định khả năng thực tiễn của phương pháp XLQĐ theo cách tiếp cận mới, trong quá trình mô phỏng nguồn dữ liệu đầu vào, đã thực hiện tính toán cả các tình huống không gian mà tại các chu kỳ cập nhật, dữ liệu từ các nguồn khác nhau có giá trị tham số lân cận nhau trong khoảng sai lệch theo thước đo của từng thuộc tính định lượng hoặc định tính (được lượng hóa).

Các kết quả mô phỏng và tính toán cho phép kết luận rằng: bằng với việc ứng dụng lý thuyết KTDL, các phương pháp PLDL thống kê, phân lớp mờ, chất lượng bài toán XLQĐ không chỉ được đảm bảo và nâng cao theo các chỉ tiêu đánh giá.

KẾT LUẬN CHUNG

1. Kết luận

Đề tài nghiên cứu của luận án “*Nghiên cứu, xây dựng giải pháp nâng cao chất lượng xử lý, hợp nhất quỹ đạo trong hệ thống tự động hoá chỉ huy*” thực hiện với mục tiêu tổng quát, mục tiêu cụ thể đã được trình bày tại phần mở đầu. Các kết quả nghiên cứu được thực hiện dựa trên cơ sở tổng hợp, phân tích quá trình XLQĐ theo các cách tiếp cận và những phương pháp kinh điển nhằm tìm kiếm một số điểm hạn chế dẫn tới làm giảm các chỉ tiêu đánh giá chất lượng hệ thống.

Từ những phân tích các điểm hạn chế, đề tài nghiên cứu đề xuất *cách tiếp cận có điều chỉnh* về quá trình xử lý thông tin ra đa bao gồm: *xử lý tín hiệu* và *xử lý quỹ đạo* để hình thành và xây dựng sơ đồ cấu trúc tổng quát XLQĐ tại TTXL. Quá trình nghiên cứu, phân tích, so sánh và lựa chọn cho thấy cách tiếp cận sử dụng lý thuyết KTDL và các phương pháp PLDL không chỉ dựa trên các thuộc tính định lượng mà cả các thuộc tính định tính, cho phép không chỉ làm đơn giản hóa quá trình tính toán, giảm dung lượng tính đảm bảo đáp ứng thời gian thực của bài toán XLQĐ tại TTXL.

Các kết quả nghiên cứu chính của luận án đóng góp cho bài toán XLQĐ tại TTXL gồm:

1. Đã xây dựng mô hình cấu trúc tổng quát quá trình XLQĐ tại TTXL của Sở Chỉ huy tự động hóa phù hợp với điều kiện thực tiễn Việt Nam.
2. Ứng dụng công cụ phân lớp trừ (SCM) để xác định chính xác số lượng quỹ đạo chân thực trong vùng quản lý của hệ thống.
3. Ứng dụng công cụ phân lớp trung bình mờ (FMC) thực hiện phân chia nhóm và ghép dữ liệu ĐDQĐ theo quỹ đạo chân thực; thực hiện lọc, bám và phát triển quỹ đạo.

Bằng phương pháp mô phỏng, các kết quả nghiên cứu được đánh giá thông qua các chỉ tiêu đánh giá chất lượng: khả năng cho qua của hệ thống, khả năng đáp ứng thời gian thực, tính đầy đủ của TTRĐ và độ chính xác thông tin. Kết quả nghiên cứu có thể áp dụng cho mô hình HTRĐ xử lý theo phương thức cả tập trung lẫn phân tán với hệ thống tính toán không yêu cầu cao. Do đó, nó hoàn toàn có khả năng áp dụng thực tiễn trong bài toán XLQĐ áp dụng tại các Trung tâm chỉ huy – điều khiển và cảnh giới của Việt Nam.

2. Định hướng phát triển các kết quả nghiên cứu

Giá trị thực tiễn các kết quả nghiên cứu của luận án là ở chỗ ứng dụng lý thuyết KTDL và các phương pháp, công cụ PLDL đã được nghiên cứu từ lâu để phát triển và giải quyết bài toán XLQĐ nhằm nâng cao chất lượng hoạt động của TTXL thuộc hệ thống tự động hoá chỉ huy. Tuy nhiên, quá trình nghiên cứu sâu cho thấy rằng: việc phát triển theo cách tiếp cận mà luận án đề xuất có thể sẽ dẫn tới việc hình thành các bộ quy tắc xử lý mờ – thích nghi trong xác định các cấp độ liên thuộc; xây dựng và hình thành các ngưỡng mờ – thích nghi trong xác định các quỹ đạo chân thực và phân lớp dữ liệu – điểm dấu quỹ đạo đầu vào trong bài toán XLQĐ. Khi đó, hệ thống tính toán sẽ còn có thể đơn giản và đảm bảo thời gian thực với chất lượng cao hơn nữa.

Tác giả đề tài nghiên cứu xin cảm ơn các thầy, các đồng nghiệp thuộc Khoa Kỹ thuật Điều khiển; các đồng nghiệp thuộc Viện Tích hợp Hệ thống/ Học viện KTQS đã nhiệt tình hỗ trợ trong quá trình thực hiện luận án. Đặc biệt, xin chân thành cảm ơn thầy Phó Giáo sư, TS Lê Anh Dũng và thầy TS GVC Nguyễn Phùng Bảo đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ tác giả trong suốt quá trình chuẩn bị các nội dung nghiên cứu, định hướng giải quyết, phát triển và hoàn thiện luận án.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ

1. Đặng Quang Hiệu, Phùng Kim Phương (2017), *Подход к решению задачи отождествления трассовой информации на основе применения нечеткой классификации*, Аспирант и соискатель® № 4 (100), ISSN 1608-9014, 2017.
2. Đặng Quang Hiệu, Lê Thanh Phong, Phùng Kim Phương (2017), *Исследование фильтрации и сопровождения траекторий наблюдаемых объектов в задаче третичной обработки рли*, Естественные и Технические науки № 10 (112), 2017. ISSN 1684-2626.
3. Đặng Quang Hiệu, Nguyễn Xuân Trường (2018), *Метод обработки данных в комплексе прибрежных РЛС средней дальности*, Известия вузов России. Радиоэлектроника. № 3/2018, 2018.
4. Đặng Quang Hiệu, Phùng Kim Phương (2018), *Research and synthesis of data association algorith using fuzzy logic*, Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật, Học viện Kỹ thuật Quân sự số 189, 4/2018. ISSN 1859-0209.
5. Đặng Quang Hiệu, Nguyễn Xuân Trường, Phùng Kim Phương, Vũ Chí Thanh (2020), *An approach to solve the problem of data fusion for multi-target tracking using fuzzy logic*, Tạp Chí Nghiên cứu khoa học và Công nghệ Quân sự, 5/2020.
6. Nguyễn Phùng Bảo, Đặng Quang Hiệu (2021), *Синтез алгоритма траекторной обработки объектов методами теории кластеризации данных*, Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2021. Т. 24, № 2. С. 54–67.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Bùi Tuấn Anh, Đào Hoa Việt, Trần Đức Trung (2007), *Nghiên cứu xây dựng bài toán nhận dạng mục tiêu radar trên cơ sở ứng dụng mạng nơron nhân tạo*, Tạp chí Nghiên cứu KHKT & CNQS số 21, 12-2007.
2. Nguyễn Phùng Bảo, Lê Thanh Phong (2000), *Một số suy nghĩ về tổ chức xử lý tin tức ra đa trong mạng ra đa cảnh giới phòng không*, Tập san các báo cáo khoa học tại Hội thảo ra đa toàn quân lần IV, Cục KHCN&MT-BQP.
3. Nguyễn Phùng Bảo, Lê Thanh Phong (2004), *Thuật toán kết hợp dữ liệu trong hệ thống ra đa xử lý thị tần*, Khoa học Kỹ thuật - HVKTQS No106-Tập I, (50 - 55).
4. Nguyễn Phùng Bảo, Phạm Ngọc Huy (2012), *Nghiên cứu một số thuật toán liên kết dữ liệu trong xử lý thứ cấp tin tức ra đa*, Tạp chí nghiên cứu KH&CN Quân sự Ng:19 (06-2012).
5. Nguyễn Phùng Bảo, Lê Thanh Phong, Phạm Ngọc Huy (2011), *Nghiên cứu một số thuật toán bám quỹ đạo mục tiêu di động*, Tạp chí nghiên cứu KH&CN Quân sự, Đặc san KHCNRĐ 08-2011.
6. Nguyễn Văn Liên (1986), *Cơ sở tự động hoá và xử lý tin tức ra đa*, Học viện KTQS, Hà Nội.
7. Lê Thanh Phong (2006), *Xử lý thứ cấp tin tức ra đa trong điều kiện thông tin gián đoạn*, Luận án TSKT, Học viện KTQS.
8. Hoàng Thọ Tu (2011), *Các giải pháp kỹ thuật trong ra đa hiện đại*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội.
9. Nguyễn Duy Hoàng (2012), *Nghiên cứu thuật toán tương quan và lọc tổng bài toán bám quỹ đạo đa mục tiêu*, Đại học Bách khoa Hà Nội.

Tiếng Anh:

10. Ahmad. A (2014), *Multiple targets classification and Fuzzy logic decision fusion in wireless sensor networks*, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical and Computer Engineering Vol:8, No:1, 2014.
11. Ahmed. G, Majdi. F (2002), *Comparison of data association techniques for target tracking in clutter*, Royal military college of canada, ISIF© 2002.
12. Andreas. S. (2010), *Multi-sensor real-time data fusion on embedded computing platforms*. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Technischen Wissenschaften. AUK Julia 2010.
13. Ashraf. A (1999), *Fuzzy logic data correlation approach in multisensor-multitarget tracking systems*, Signal Processing, v.76 (1999), pp. 195-209.
14. Ashraf. A, Sultan A (2011), *An intelligent technique to multi-sensor data fusion in target tracking*. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 31st August 2011. Vol 30. No2.
15. Baoliang. S, Chunlan. J (2016), *Fuzzy neural network-based interacting multiple model for multi-node target tracking algorithm*, MPDI 2016.
16. Bar-Shalom Y (1992), *Multitarget-multisensor tracking: advanced applications*. Vol. II. Norwood, MA: Artech House.
17. Bar-Shalom Y (1995), *Multitarget-multisensor tracking: Principles and Techniques*, Artech House, Norwood, MA.
18. Bar-Shalom Y, Li X (2001), *Estimation with Application to Tracking and Navigation*, WI, London.
19. Bingbing. Gao, Gaoge. H (2018), *Multi-sensor optimal data fusion based on the Adaptive fading unscented kalman filter*, MDPI Febr. 2018.
20. Blackman S (1986), *Multiple target tracking with radar applications*, Artech House, Norwood, MA.
21. BIRUK. K (2014), *Effective data association algorithms for Multi-target tracking, a thesis submitted to the department of electrical & computer engineering*, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada. 2014.

22. Chen.Y.M (2002) *A new data association algorithm for Multi-target tracking in a cluttered environment*, Dept. of Industrial Engineering and Management, Yuan Ze University, Taoyuan, Taiwan, ROC.
23. Chidambar Ganesh (2001), *Fuzzy logic based system and method for information processing with uncertain input data*, US Patent No.: US 6,282,526 B1 Aug. 28, 2001.
24. Chin-Wang Tao (2010), *A fuzzy logic approach to target tracking*, Electrical and Computer Engineering Dept. New Mexico State University.
25. David. L (1996), *Multi-sensor multi-target data fusion tracking and identification techniques for guidance and control applications*, North Atlantic Treaty Organization, 1996.
26. Deepa. E (2017), *Tracking of maneuvering targets using fuzzy information filter employing chi-square maneuver detection*, International conference on Innovations in information, Embedded and Communication Systems.
27. En Fan, Wei X., Z. Liu (2014), *Maneuvering target tracking using fuzzy logic-based recursive least squares filter*, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing 2014, 2014:53.
28. Eyke. H (2014), *Fuzzy methods in machine learning and data mining: status and prospects*, University of Magdeburg, Faculty of Computer Science.
29. Farina A, Stunder F. A (1993), *Radar data processing*, Vol.II, RSP, NewYork.
30. HAN Hong (2003), *Multi-target tracking based on multi-sensor information fusion with fuzzy inference*, ISIF © 2003.
31. HAN. H, HAN. C (2003), *Multi-target tracking based on multi-sensor information fusion with fuzzy inference*, School of Electronic and Information Engineering P.R. China.
32. Hazem.K, Khaled. H (2014), *High performance target tracking using tracker fusion in a track while scan radar*, IJAET 2014.

33. Herrera Rey, A.H. Rey. (2011), *Multi-sensor data fusion for trajectory prediction of a missile*, LACCEI' 2011.
34. Hugh. D (2001), *Multi sensor data fusion*, Australian Centre for Field Robotics, The University of Sydney.
35. Jean. D, S. Timpf (2016), *Trajectory data mining: A review of methods and applications*, JSINS No13 2016, pp 61-99.
36. Kashyap. S. K (2008), *Fuzzy logic applications in filtering and fusion for target tracking*, DSJ Vol.85, No.1, Jan 2008 pp 120-135.
37. Khondker. R. H (2018), *Implementation of fuzzy aided kalman filter for tracking a moving object in two-dimensionals space*, International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems Vol. 18, No2, June 2018, pp. 85-96.
38. Krithika. S (2016), *Radar target classification using fuzzy logic*, IJFTET Vo 13 No 1 - May 2016.
39. Lian Y, Zhangping L (2016), *Fuzzy grey prediction-based particle filter for object tracking*, MDPI Jun 2016.
40. Liu. Y, He. Y (2014), *Fuzzy binary track correlation algorithms for multisensor information fusion*, Journal of Networks, vol. 9, No3, 2014.
41. Madbouly. E. E, Abdalla. A. E (2009), *Fuzzy adaptive kalman filter for multi-sensor system*, 13th ASAT-13- SP-01 May 26-28.
42. Michael K,.. (2004), *Tutorial on multisensor management and fusion algorithms for target tracking*, Proceeding of the 2004 American Control Conference, Jun 30 - July 2, 2004.
43. Miranda. L. M (2014), *Data fusion with computational intelligence techniques: a case study of fuzzy Inference for terrain assessment*, pela Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciencias e Tecnologia 2014.
44. Mohammad Y, Meran E.. (2011), *An efficient tracking algorithm based on spatial kernel and FCM classifier*, Australian Journal of basic and applied Sciences, 5(3): 592-600, 2011.

45. Mourad. O (2002), *Hybrid fuzzy probabilistic data association filter and joint probabilistic data association filter*, Information Sciences 142 (2002) 195–226.
46. Muhammad Abu (2017), *Distributed multisensor data fusion under unknown correlation and data inconsistency*, 2017 MDPI.
47. Munz. M (2010), *Generic centralized multi-sensor data fusion based*, IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine.
48. Nada. M (2009), *Sensor and data fusion*, In-Tech Education and Publishing KG, Vienna, Austria.
49. Nikola Bogdanovic, Hans Driessen (2015), *Track selection in multifunction radars: nash and correlated equilibria*, Microwave Sensing, Systems and Signals (MS3) group.
50. Nikos Pelekis, Ioannis Kopanakis, (2010), *Clustering trajectories of moving objects in an uncertain world*, Conference Paper - January 2010 DOI: 10.1109/ICDM.2009.57 · Source: DBLP.
51. Nuno M. L (2011), *Fuzzy logic based approach for object feature tracking*, University of Trás - os - Montes e Alto Douro.
52. Olivier. B, Pierre. G (2009), *Multi sensor data fusion architectures for air traffic control applications*, ISBN 978-3-902613-52-3, pp. 490, February 2009, I-Tech, Vienna, Austria.
53. Omar. R (2014), *Multiple sensor fusion for detection, classification and tracking of moving objects in driving environments*, HAL Universite de Grenoble, 2014.
54. Omkar. B (2016), *Application of Bar-Shalom and Fortmann's input estimation for underwater target tracking*, Indian Journal of Science and Technology, Vol 9(21), June 2016.
55. Peter. J (1992), *Adaptive fuzzy systems for target tracking*, Intelligent Systems Engineering Autumn 1992.

56. Raja. G. R, Bhanu. P. C (2017), *State estimation and tracking using fuzzy-kalman filter*, IOSR-JEEE Volume 12, Issue 3 Ver. II (May – June. 2017), pp 01-06.
57. Ravi S, Smt, Jayakumari. T (2014), *Prognosis of diabetes using data mining approach – fuzzy c means clustering and support vector machine*, IJCTT, Vol 11, No2 May 2014.
58. Ronald. M (2011), *Measurement to track association for nontraditional measurements*, 14th International Conference on Information Fusion Chicago, Illinois, USA, July 5-8, 2011.
59. Sandell. F (2008), *Distributed data association for multi-target tracking in sensor networks*, 47th IEEE Conference on Decision and Control Cancun, Mexico, Dec. 9-11, 2008.
60. Smith. E. S (1994), *An application of fuzzy logic control to a classical military tracking problem*, U.S. Naval Academy.
61. Starzacher. A (2010), *Multi-sensor real-time data fusion on embedded computing platforms*, Dissertation of Dr.techn of Universitat Klagenfurt.
62. Stubberud. S (2009), *Target data association using a fuzzy-logic based approach*, University of San Diego, USA 2009.
63. Sung. H. J (2015), *Radar-based cell tracking with fuzzy logic approach*, RmetS Appl. 22: 716–730 (2015).
64. Tao.C. W, Thompson W. E. (2006), *A fuzzy logic approach to target tracking*, Electrical and Computer Engineering Dept. New Mexico State University Las Cruces, NM 8803.
65. Tarunraj. S, James L (1998), *Fuzzy mathematics and logic for multisource data association and target tracking (Phase II)*, CMIF 1998.
66. Timothy J. Ross (2010), *Fuzzy logic with engineering application*, Third Ed. © 2010 John Wiley & Sons, Ltd.
67. Vaidehi. V (2004), *Cluster-based centralized data fusion for tracking maneuvering targets using interacting multiple model algorithm*, Sadhana Vol. 29, Part 2, April 2004.

68. Xin. T, Bar-Shalom (2009), *Track to track fusion configurations and association in a sliding window*, JAIFb 2009.
69. Xin. T, Bar-Shalom (2012), *Track-to-track fusion architectures - a review*, Memorial symposium on estimation, Navigation and Spacecraft Control, Haifa Israel, October 14–17, 2012.
70. Xiu Wang (2018), *A hybrid neural network - fuzzy logic architecture for multisensor data fusion in target tracking system*, University of Electronic Science and Technology of China.
71. Yang Yu (2019), *An improved fuzzy c-means cluster algorithm for radar data association*, International Journal of Advancements in Computing Technology (IJACT) Vol4, Number 20, November 2019.
72. Yifeng. Z, Jim. M (1999), *A neural network based approach for ESM/Radar track association*, Defence R&D Canada - Ottawa Canada K1A 0Z4.
73. Zhang D.G, Zhao. H (2011), *Data fusion approach for tracking systems*, Communication & Information System Institute, School of Information Science & Engineering (135#2011).
74. Zimmermann. H. J, (2001), *Fuzzy set theory and its applications*, Springer Science + Business Media, LLC Fourth Edition 2001.
75. SaabTech System (2001), *Proposals for the national air defence system*, VQ98 Project - PKKQ, SAAB Corp, Sweden.

Tiếng Nga

76. АГЕЕВ. С.А. (2015), *Применение интеллектуальных методов представления информации для управления рисками информационной безопасности в защищенных мультисервисных сетях специального назначения*, Труды СПИИРАН. 2015. Вып. 4(41). ISSN 2078-9181.
77. Астанин.С.В (2015), *Использование нечеткой логики в оценке результатов тестирования персонала*, ISSN 2226-9339. - №6 (54).
Номер статьи: 5401. Дата публикации: 2015-06-08.

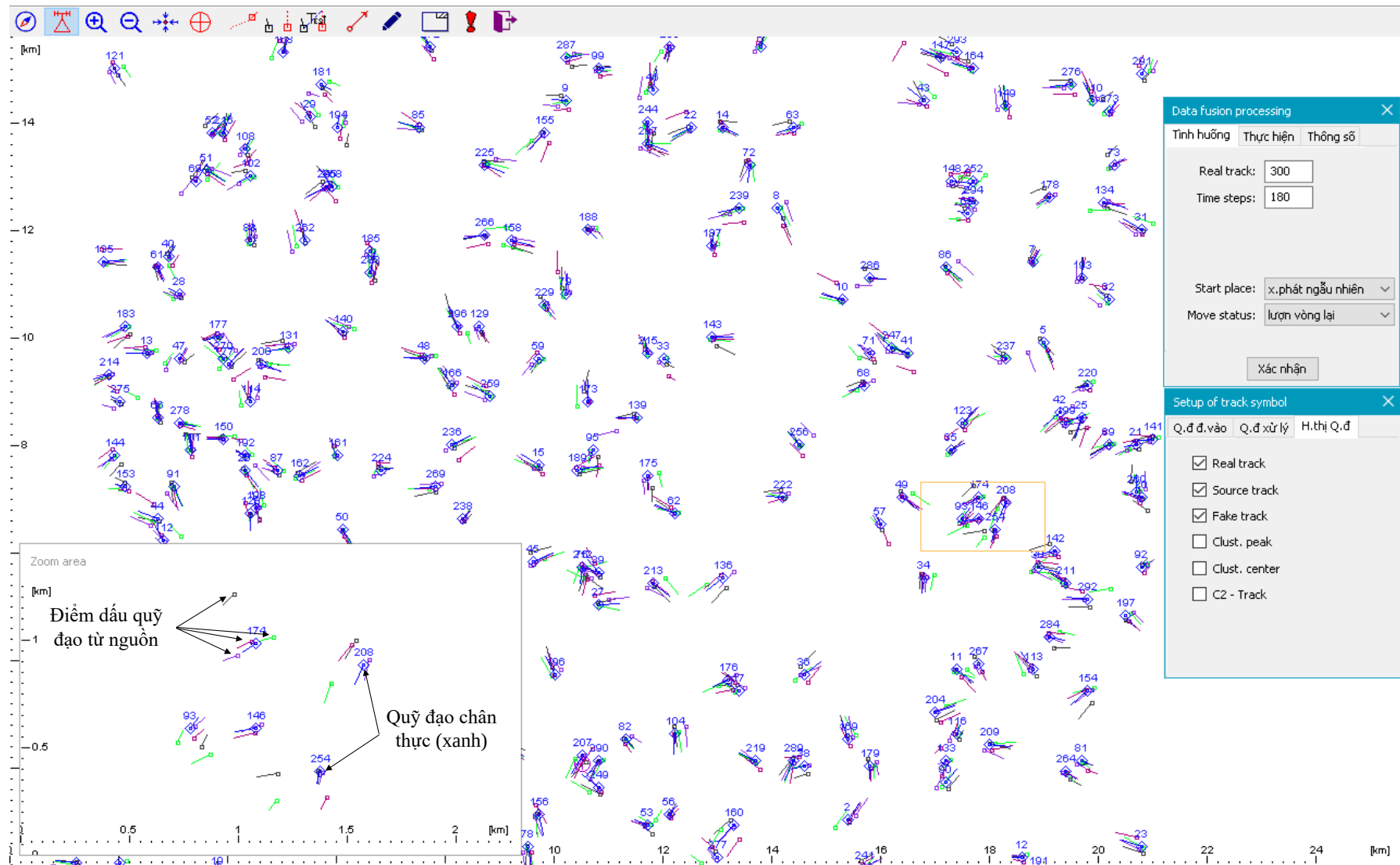
78. Белла. З (2017), *Статистические методы кластеризации в больших объемах данных*, Graduation Project, Saint Petersburg State University.
79. Белов. С. Г (2017), *Использование нечёткой логики при отождествления воздушных РЛ объектов*, Журнал Радиоэлектроники, ISSN 1684-1719.
80. Белоус. А.А (2016), *Методика сравнительного анализа алгоритмов отождествления трассовой радиолокационной информации на этапе третичной обработки*, Минск ВАПБ 2016.
81. Булкин. В. И (2017), *Информационные технологии идентификации в интеллектуальных системах на основе ассоциативно-логических преобразований*, Харьковский политехнический институт. Херсон 2017.
82. Буряченко. В. В (2016), *Применение нечёткого эволюционного классификатора Такаги-Сугено для задач обнаружения и сопровождения объектов*, Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М. Ф. Решетнёва, Красноярск, РФ.
83. А.М. Василевский (2010), *Способ объединения информации о воздушной обстановке от разных источников*, ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ ВПВО ВС. 2010.
84. Волков. А. К (2019), *Разработка и исследование моделей и алгоритмов поддержки принятия решений в задачах обеспечения авиационной безопасности*, Ульяновск – 2019.
85. Ворошилина. Е. П (2006), *Анализ методов автоматического сопровождения целей*, Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 8.
86. В. М. Гриняк (2010), *Нечеткое сопровождение траектории движения судна*, Журнал университета бодных коммуникации N9, 2010.
87. Дюран. Б (1977), *Кластерный анализ*, М. «Статистика» 1977.
88. Егоров. А. В (2015), *Особенность методов кластеризации данных*, Известия ЮФУ 2015.

89. Конторов Д.С (1971), *Введение в радиолокационную систему*, Сов Радио, Москва.
90. Крошила. С. В (2007), *Применение нечётко-множественного подхода для построения нечётких экспертных систем*, Вестник РГРТУ Вып.22. Рязань 2007.
91. Кузьмин С.З (1986), *Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации*, изд. Радио и связь 1986, Москва.
92. Кузьмин С. З (2000), *Цифровая радиолокация*, КВИРЦ, Киев.
93. Леоненков. А (2005), *Нечёткое моделирование в среде MatLAB и Fuzzy Tech*, Санкт Петербург 2005.
94. Нечёткая кластеризация (2009), Изд. Саратовский Государственный Технический Университет 2009.
95. Нечеткие системы и мягкие вычисления. Промышленные применения (2017), *Первая Всероссийская научно-практическая конференция*, УлГТУ, 14-15 ноября, 2017.
96. Нечитайло. С. В (2005), *Повышение достоверности отождествления результатов траекторной обработки РЛИ*, СИСТЕМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ, 2005, ВІПУСК 5.
97. Панасюк. Ю (2016), *Обработка информации в радиотехнических системах*, Изд. ФГБОУ ВО «ТГТУ» 2016.
98. Пучков. Л. А (2003), *Статистическая классификация и кластерный анализ*, М. Изд. МГГУ 2003.
99. Растрин. Л. А (1981), *Адаптация сложных систем*, РИГА «ЗИНАТНЕ» 1981.
100. Рудельсон. Л. Е (2006), *Программное обеспечение автоматизированных систем управления воздушным движением (Ч.II)*, МГТУГА 2016.
101. Савченко Д. И (2011), *Отождествление целевых данных в информационноуправляющих системах*, Минобрнауки России по ГК.

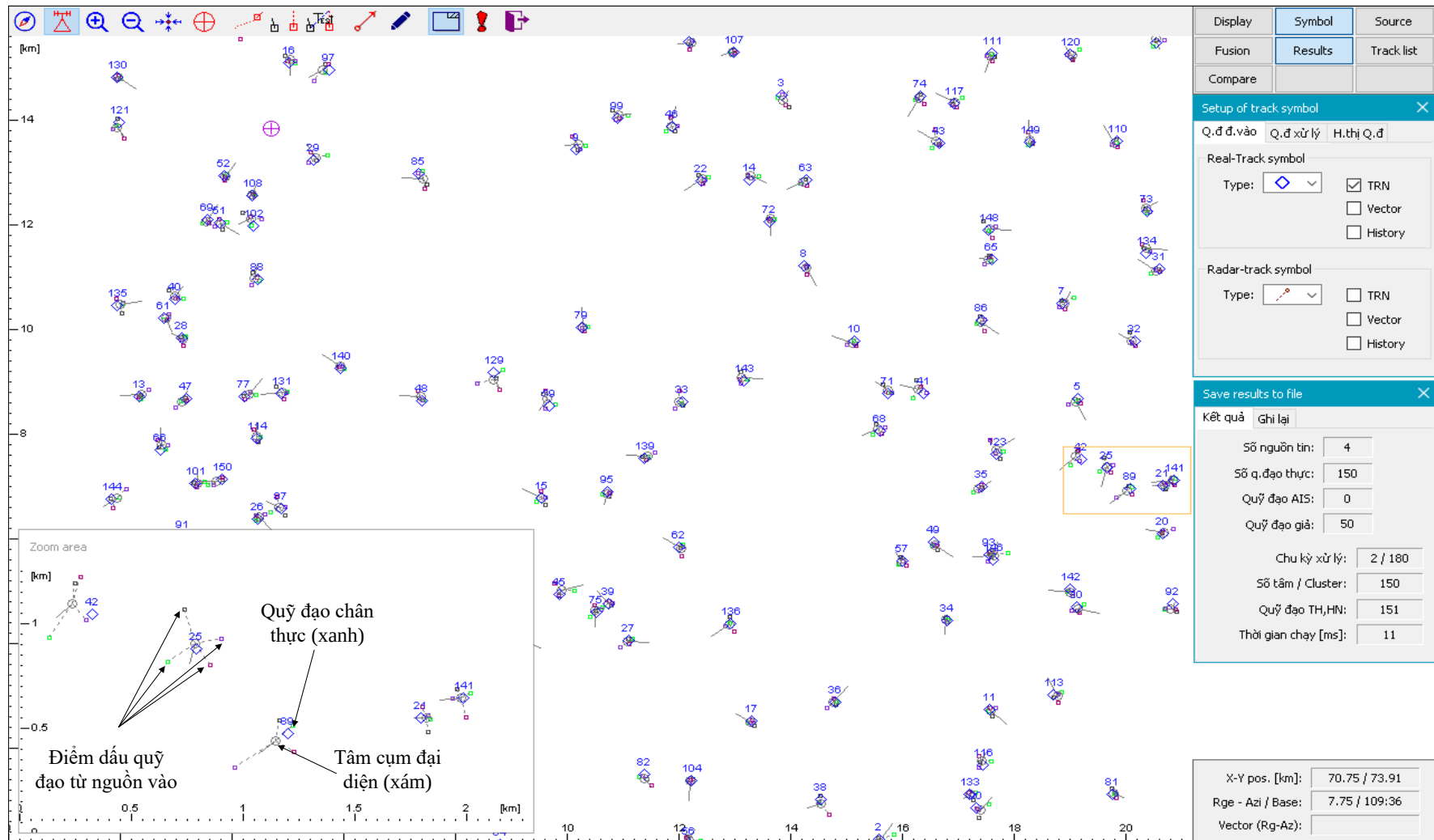
102. Татузов А.Л.(2009), *Нейронные сети в задачах радиолокации*, Радиотехника, Москва.
103. Фарина.А, Студер.Ф (1993), *Цифровая Обработка радиолокационной информации*, Сопровождение Селей, Изд. Радио и Связь, Москва.
104. Шушурина. А. Н (2006), *Кластеризация данных с использованием нечетких отношений*, «Штучний інтелект» 1' 2006.
105. А. Хижняк (2009), *Разработка имитационной модели кластеризации воздушных объектов при решении задачи третичной обработки РЛИ на основе нечётких множеств*, ИММОД 2009.
106. Ходашинский. И (2009), *Идентификация чётких систем: методы и алгоритмы*, Проблемы Управления No4 2009.
107. Чернов. В.Г (2010), *Основы теории нечётких множеств*, Изд. ВГУ 2010 – 96 стр.
108. А.М. Яковенко (2009), *Иерархические алгоритмы кластерного анализа в обосновании структуры современной модели эффективного бизнеса*, Вестник ЮУрГУ, № 29.
109. Янчуковский В. Н (2014), *Двухуровневый кластерный анализ в среде матлав с применением параллельных вычислений*, Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова 2014.
110. В. Г. Иванов (2018). *Модель Технической Основы Системы Управления Специального Назначения в Едином Информационном Пространстве На Основе Конвер-Гентной Инфраструктуры Системы Связи*. Politech Press. Saint-Peter.

PHỤ LỤC

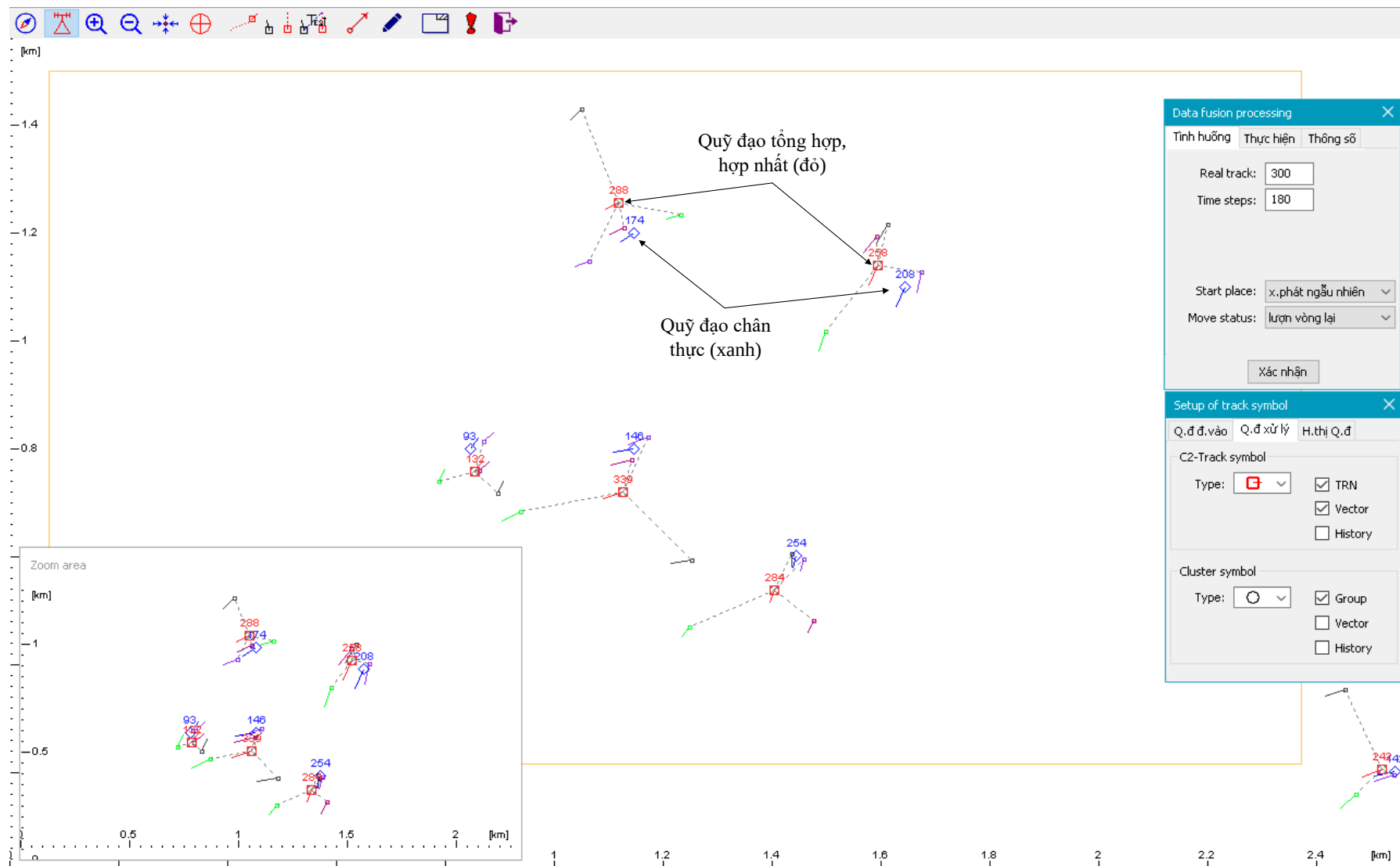
(Một số hình ảnh kết quả chạy phần mềm mô phỏng)



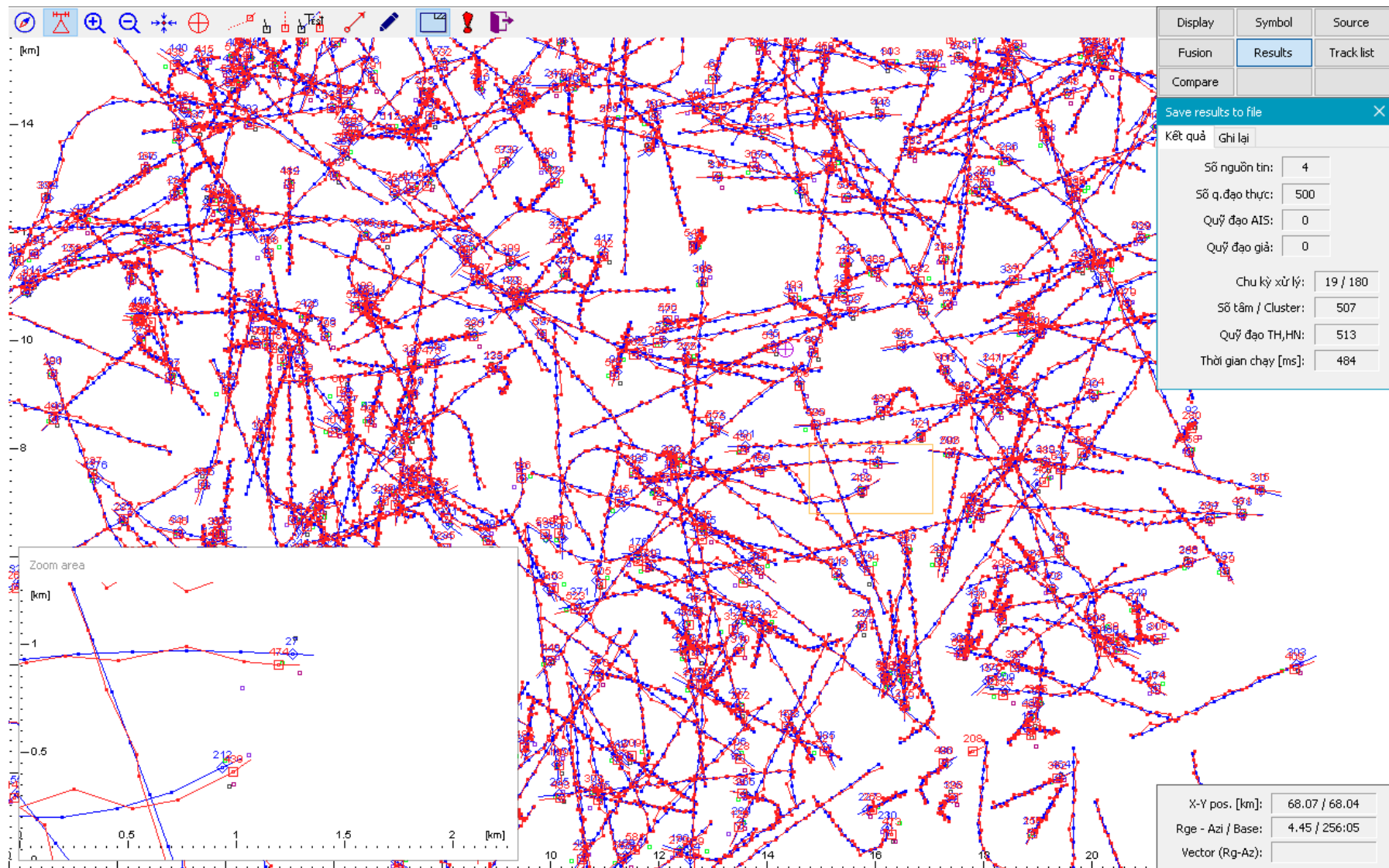
Hình 4.1: Bức tranh tình huống tạo giả ĐDQĐ từ quỹ đạo chân thực (số lượng 150 quỹ đạo chân thực, số chu kỳ 180)



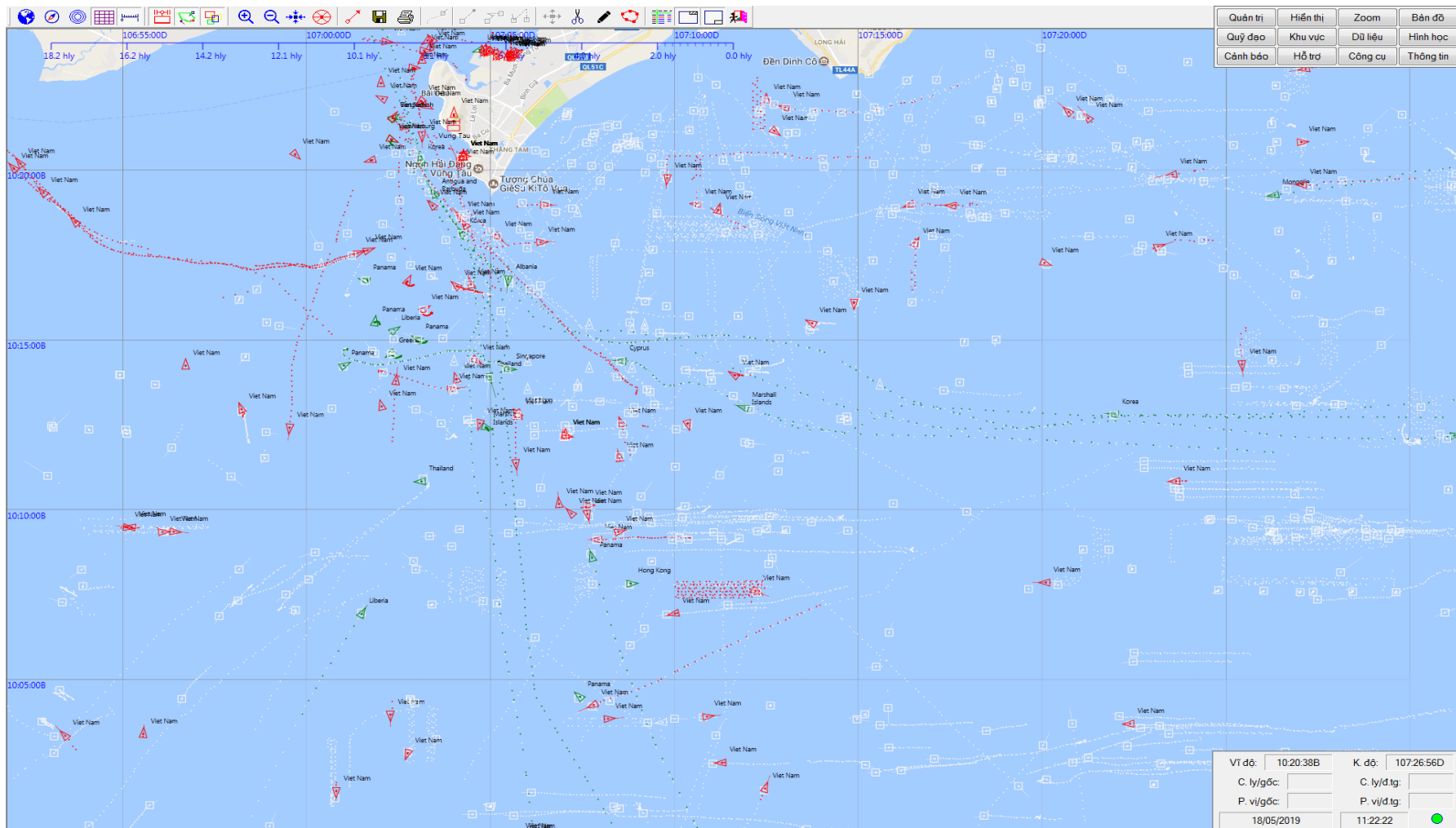
Hình 4.2: Kết quả thuật toán xác định tâm lớp đại diện cho nhóm điểm dấu quỹ đạo sau phân cụm



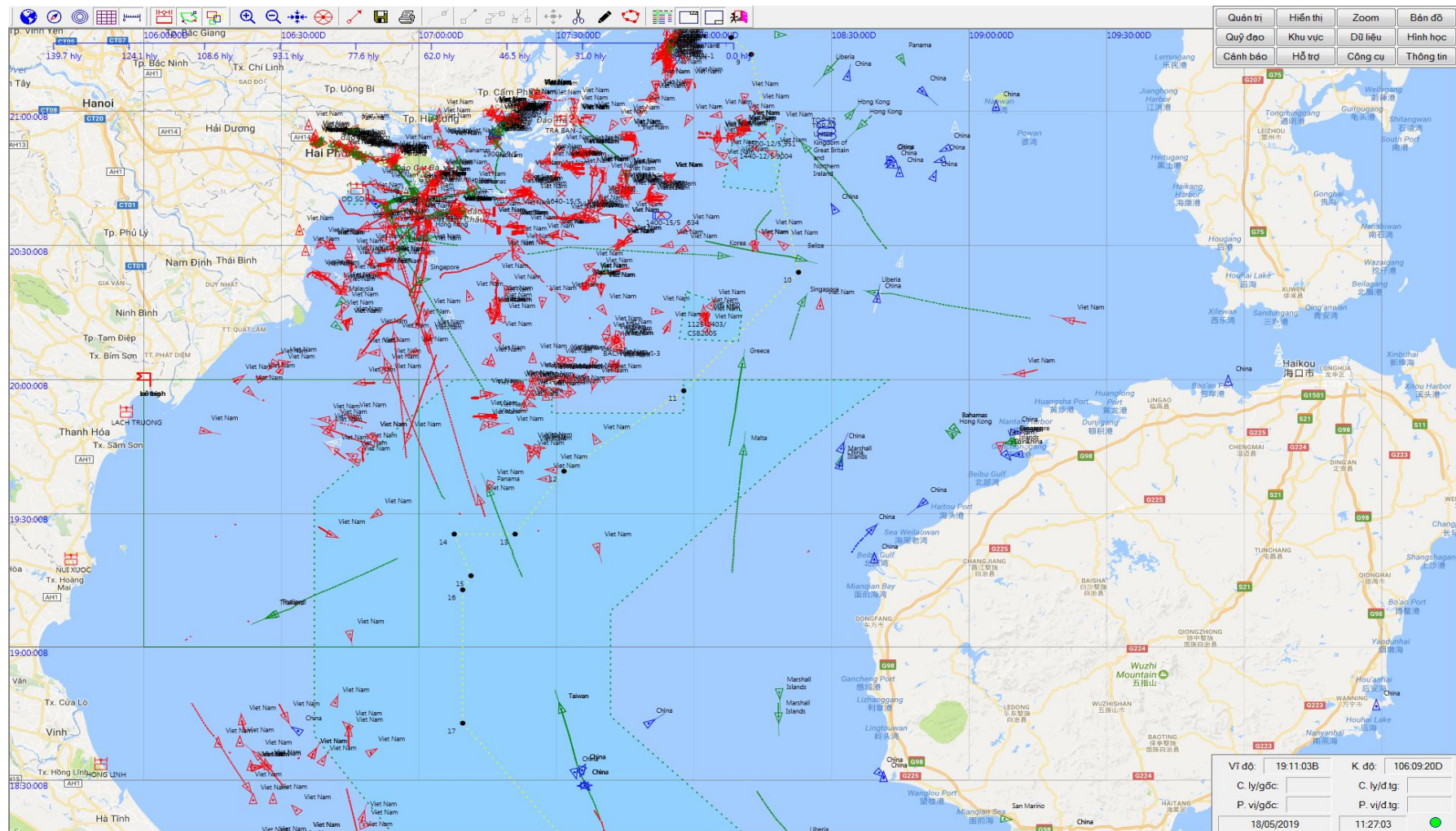
Hình 4.3: Kết quả xử lý liên kết điểm dấu quỹ đạo, xác định quỹ đạo được tổng hợp hợp nhất



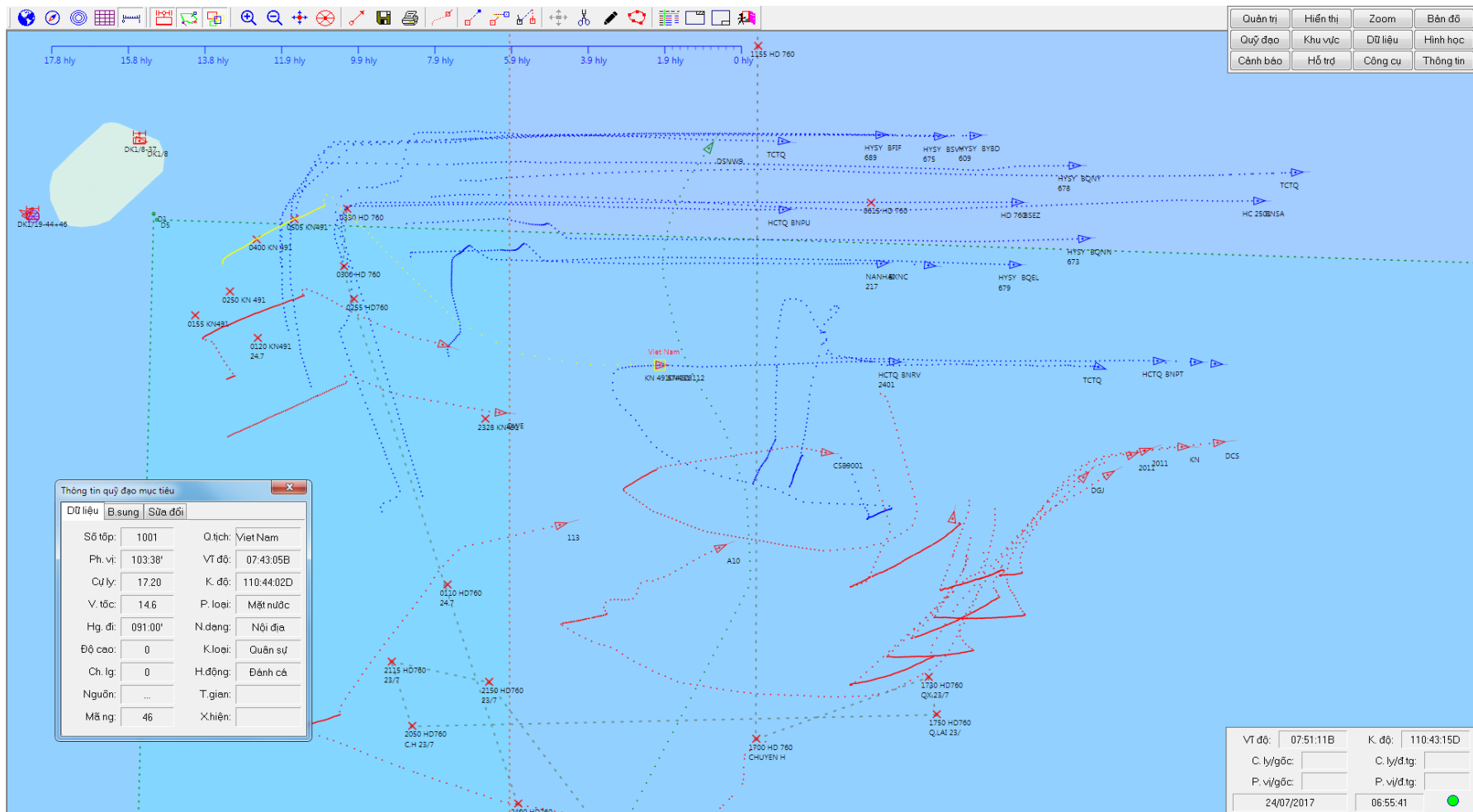
Hình 4.4: Bức tranh quỹ đạo tổng hợp, hợp nhất (đỏ) và quỹ đạo chân thực (xanh); số lượng 500 quỹ đạo chân thực



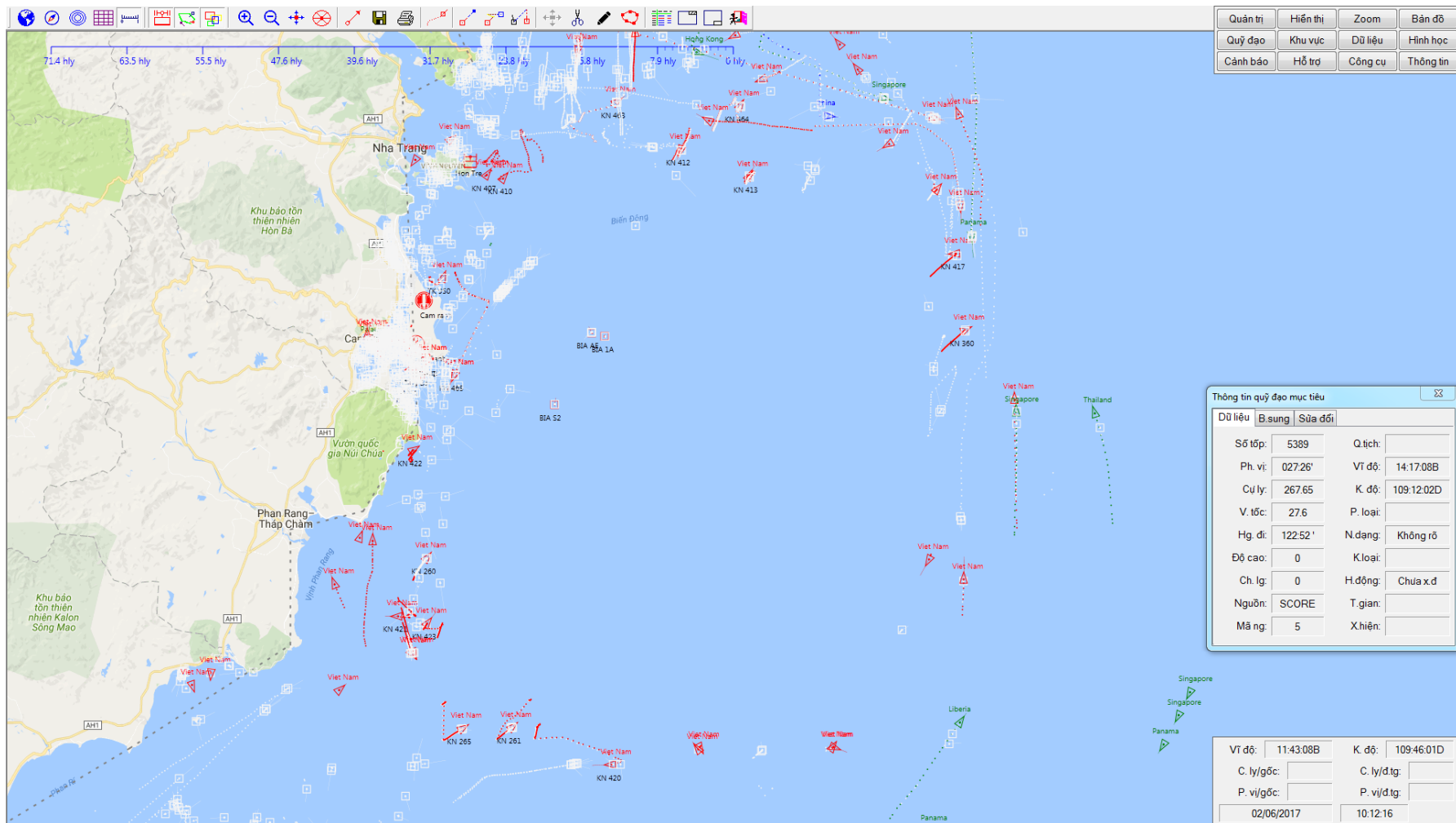
Hình 4.5: Bức tranh tình huống biển khu vực phía nam tại Trung tâm xử lý cấp vùng



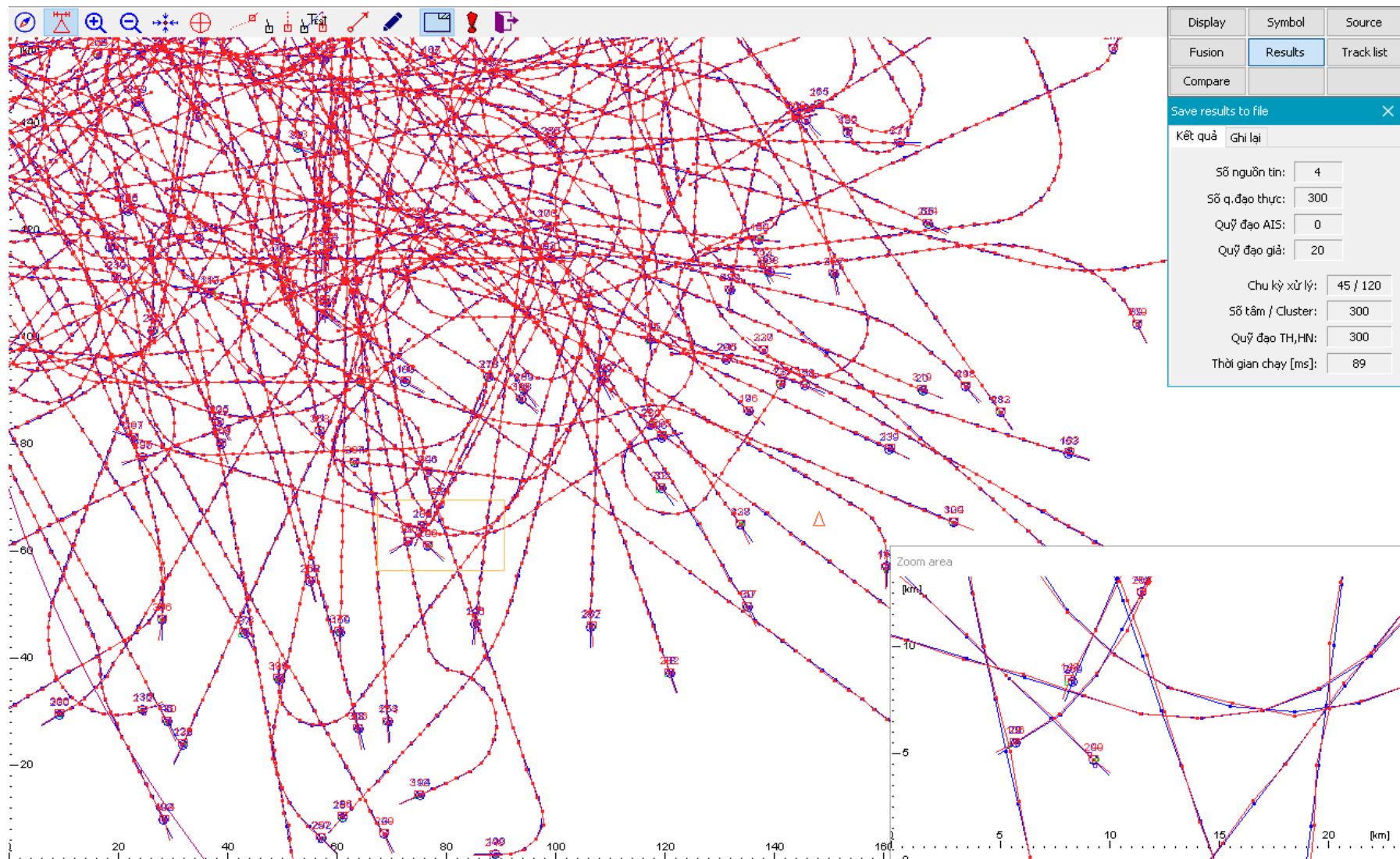
Hình 4.6: Bức tranh tình huống biển khu vực phía Bắc tại Trung tâm xử lý cấp vùng



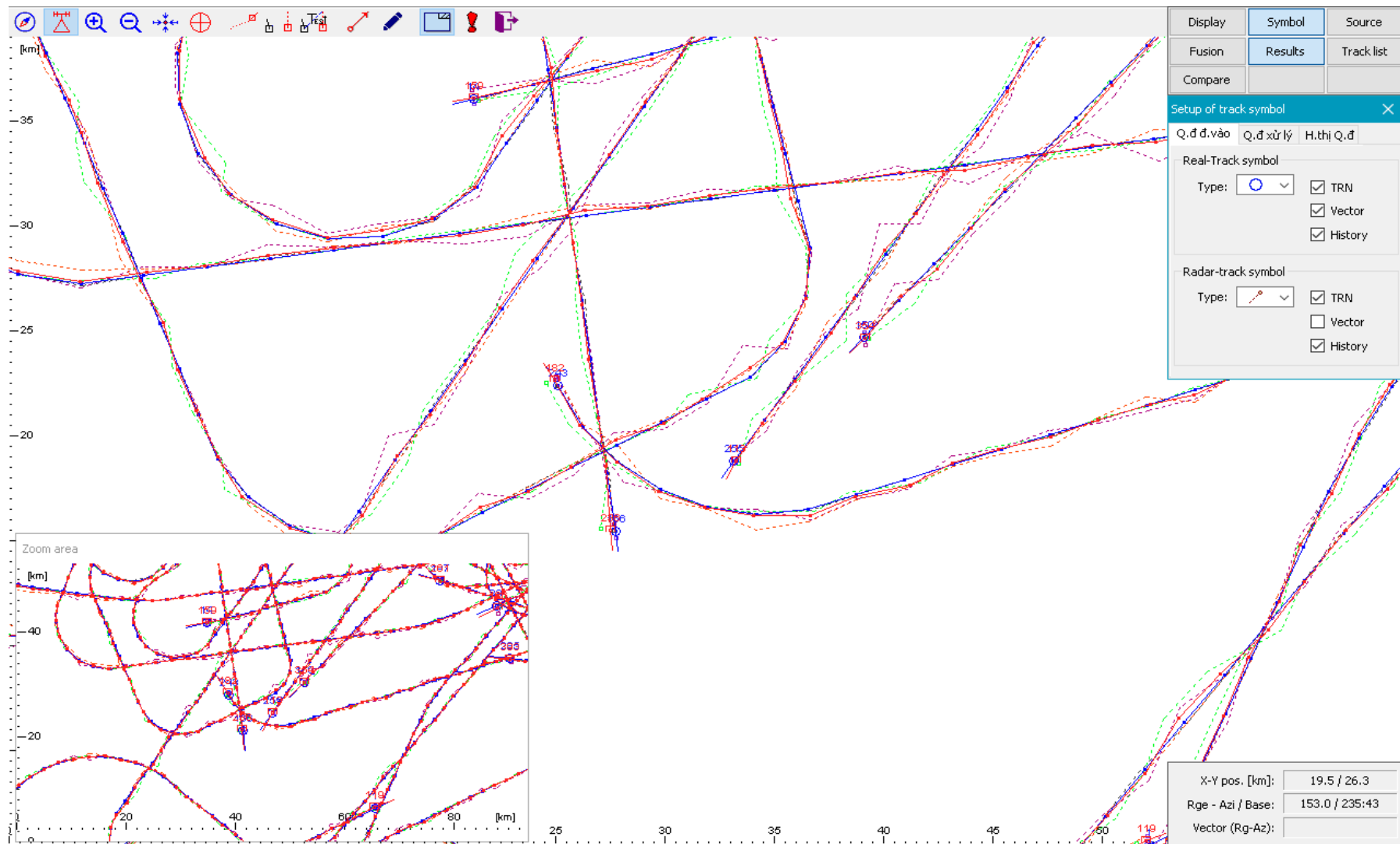
Hình 4.7: Bức tranh tình huống hoạt động của các tàu chấp pháp trên biển khu vực DK



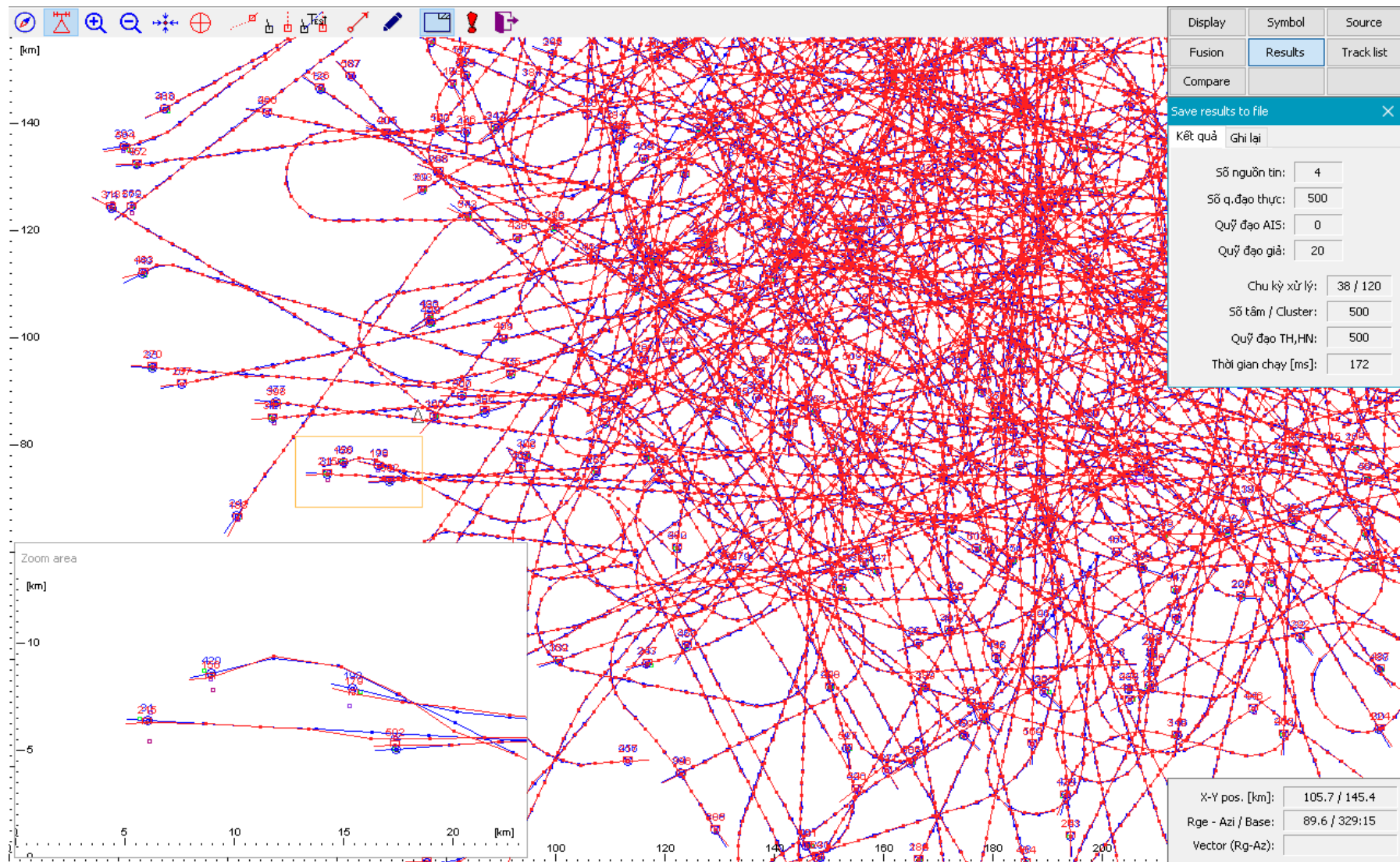
Hình 4.8: Bức tranh tình huống khu vực diễn tập thực binh trên biển



Hình 4.9: Bức tranh tình huống mục tiêu trên không được tổng hợp hợp nhất với 300 quỹ đạo chân thực



Hình 4.10: Bức tranh mô tả quỹ đạo mục tiêu trên không được xử lý Tổng hợp hợp nhất từ các ĐDQĐ nguồn tin



Hình 4.11: Bức tranh tình huống quỹ đạo mục tiêu trên không sau THHN (đỏ) với 500 quỹ đạo chân thực (xanh)