

BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Hoàng Hải Sơn

**NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ CẢNH BÁO SÉT
ÁP DỤNG CHO MỘT SỐ KHU VỰC TẠI VIỆT NAM
THEO NGUỒN SỐ LIỆU TỔNG HỢP**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC VẬT CHẤT

Hà Nội - 2024

BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

Hoàng Hải Sơn

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ CẢNH BÁO SÉT
ÁP DỤNG CHO MỘT SỐ KHU VỰC TẠI VIỆT NAM
THEO NGUỒN SỐ LIỆU TỔNG HỢP

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC VẬT CHẤT

Ngành: Vật lý địa cầu

Mã số: 9.44.01.11

Xác nhận của Học viện
Khoa học và Công nghệ

Người hướng dẫn 1

Người hướng dẫn 2

TS. Nguyễn Xuân Anh

TS. Phạm Xuân Thành

Hà Nội - 2024

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan luận án “**Nghiên cứu đánh giá cảnh báo sét áp dụng cho một số khu vực tại Việt Nam theo nguồn số liệu tổng hợp**” là công trình nghiên cứu của chính mình dưới sự hướng dẫn khoa học của TS. Nguyễn Xuân Anh và TS. Phạm Xuân Thành. Những thông tin trích dẫn sử dụng trong luận án này được ghi rõ nguồn gốc từ nhiều nguồn tài liệu tham khảo khác nhau. Các kết quả nghiên cứu chung với các tác giả khác của tôi khi đưa vào luận án này đã được sự cho phép của đồng tác giả. Ngoài ra thì các kết quả nghiên cứu và số liệu trình bày trong luận án là chưa từng được công bố trong bất kỳ một công trình nào khác ngoài các công trình công bố của tác giả và hoàn toàn trung thực. Tác giả luận án đã hoàn thành công trình này trong quá trình làm nghiên cứu sinh tại Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Hà Nội, ngày 20 tháng 11 năm 2024

Tác giả luận án



Hoàng Hải Sơn

LỜI CẢM ƠN

Tôi xin chân thành cảm ơn TS. Nguyễn Xuân Anh và TS. Phạm Xuân Thành đã hướng dẫn, chỉ bảo và giúp đỡ tôi trong toàn bộ quá trình nghiên cứu, học tập và thực hiện luận án này.

Tôi cũng xin cảm ơn các nhà khoa học, cũng là các Thầy, Cô giảng dạy và nghiên cứu ở Khoa Các khoa học trái đất - Học viện Khoa học và Công nghệ, trực thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, đã giúp đỡ, tận tình giảng dạy và hướng dẫn tôi, cũng như các nghiên cứu sinh khác, trong quá trình nghiên cứu, học tập và thực hiện luận án tại đây.

Nhân dịp này, tôi xin gửi lời cảm ơn đến TS. Nguyễn Văn Hiệp, GS.TS. Bùi Công Quế, PGS.TS. Hà Duyên Châu, TS. Phạm Thị Thu Hồng, ThS. Phạm Lê Khương...v.v. Ban lãnh đạo, phòng đào tạo và các phòng chức năng của Học viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Ban lãnh đạo Viện Vật lý địa cầu, giáo vụ phụ trách đào tạo TS. Bùi Thị Nhung và tập thể cán bộ viên chức Phòng Vật lý khí quyển đã giúp đỡ và đồng hành cùng tôi trong suốt quá trình nghiên cứu, học tập và thực hiện luận án này.

Cuối cùng, tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc tới bạn bè, đồng nghiệp và đặc biệt là gia đình của tôi, đã tận tình hỗ trợ, giúp đỡ và động viên tôi trong suốt quá trình thực hiện luận án này.

Hà Nội, ngày 20 tháng 11 năm 2024

Tác giả luận án



Hoàng Hải Sơn

MỤC LỤC

Lời cam đoan.....	I
Lời cảm ơn.....	II
Mục lục.....	III
Danh mục các chữ viết tắt.....	V
Danh mục các bảng.....	VIII
Danh mục các hình vẽ.....	IX
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN VỀ CẢNH BÁO SÉT VÀ NHỮNG VẤN ĐỀ LIÊN QUAN	5
1.1. Lịch sử nghiên cứu sét và mây dông.....	5
1.1.1. Lịch sử nghiên cứu sét.....	5
1.1.2. Mây dông.....	7
1.2. Tình hình nghiên cứu cảnh báo sét trên thế giới.....	11
1.3. Tình hình nghiên cứu cảnh báo sét tại Việt Nam.....	33
Kết luận chương 1	38
CHƯƠNG 2 SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP CẢNH BÁO SÉT	41
2.1. Các nguồn số liệu sử dụng trong nghiên cứu cảnh báo sét.....	41
2.1.1. Số liệu định vị sét	41
2.1.2. Số liệu cường độ điện trường	48
2.1.3. Số liệu radar thời tiết và số liệu ảnh mây vệ tinh	53
2.1.4. Các nguồn số liệu khác	55
2.2. Phương pháp cảnh báo sét.....	57
2.2.1. Khu vực nghiên cứu cảnh báo sét	58
2.2.2. Cảnh báo sét dựa theo nguồn số liệu tổng hợp	58
2.2.2.1. Cảnh báo sét khu vực huyện Gia Lâm	58
2.2.2.2. Cảnh báo sét khu vực thành phố Vũng Tàu	61
2.2.3. Cảnh báo sét dựa theo phương pháp cải tiến và nguồn số liệu tổng hợp.....	63
2.2.3.1. Cảnh báo sét dựa theo số liệu điện trường, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét	64
2.2.3.2. Cảnh báo sét dựa theo số liệu thiết bị cảnh báo sét, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét	65

2.3. Phương pháp đánh giá các kết quả cảnh báo sét.....	66
Kết luận chương 2	67
CHƯƠNG 3 KẾT QUẢ CẢNH BÁO SÉT VÀ ĐÁNH GIÁ CẢNH BÁO SÉT CHO MỘT SỐ KHU VỰC TẠI VIỆT NAM	68
3.1. Kết quả cảnh báo sét và đánh giá cảnh báo sét theo nguồn số liệu tổng hợp áp dụng cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội	68
3.1.1. Đặc điểm hoạt động dông sét khu vực thành phố Hà Nội và ngưỡng điện trường cảnh báo sét tại huyện Gia Lâm	68
3.1.2. Kết quả cảnh báo sét và đánh giá cảnh báo sét áp dụng cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội.....	75
3.2. Kết quả cảnh báo sét và đánh giá cảnh báo sét theo nguồn số liệu tổng hợp áp dụng cho khu vực thành phố Vũng Tàu	88
3.2.1. Đặc điểm hoạt động dông sét khu vực tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu và ngưỡng điện trường cảnh báo sét tại khu vực thành phố Vũng Tàu	88
3.2.2. Kết quả cảnh báo sét và đánh giá cảnh báo sét áp dụng cho khu vực thành phố Vũng Tàu-Bà Rịa Vũng Tàu	92
3.3. Kết quả cảnh báo sét và đánh giá cảnh báo sét cải tiến cho một số khu vực tại Quảng Nam	104
3.3.1. Kết quả cảnh báo sét và đánh giá cảnh báo sét cải tiến theo nguồn số liệu tổng hợp cho một số khu vực tại Quảng Nam.....	104
3.3.2. Kết quả cảnh báo sét theo số liệu thiết bị cảnh báo sét, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét ở khu vực Tam Kỳ-Quảng Nam.....	114
Kết luận chương 3	116
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	117
DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ.....	119
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	120

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

STT	Chữ viết tắt	Tiếng Anh	Nghĩa tiếng Việt
1	ANN	Artificial Neural Networks	Mạng thần kinh nhân tạo
2	AOC	Area Of Concern	Vùng cần cảnh báo sét hay vùng quan tâm
3	CAMS_LNWS	Chinese Academy of Meteorological Sciences Lightning Nowcasting and Warning System	Hệ thống cảnh báo và dự báo hạn rất ngắn của Viện Hàn lâm Khoa học Khí tượng Trung Quốc
4	CGAOC	Cloud-Ground in AOC	Phóng điện mây-đất trong vùng cần cảnh báo
5	CG	Cloud-Ground	Phóng điện mây-đất
6	CIGRE	Conference Internationale des Grands Reseaux Electriques	Hệ thống định vị sét CIGRE
7	CLLN	China Lightning Location Network	Mạng lưới định vị sét Trung Quốc
8	EFAI	Electrostatic Field Amplitude Index	Chỉ số ngưỡng biên độ điện trường
9	EFDI	Electrostatic Field Differential Index	Chỉ số chênh lệch điện trường
10	EFM-10	Electric Field Mill-100	Thiết bị đo điện trường EFM-100
11	ELF	Extremely Low Frequency	Tần số cực thấp
12	ETS	Equitable Threat Score	Điểm số kỹ năng Gilbert
13	FIRST	Fostering Innovation through Research, Science and Technology	Dự án đẩy mạnh đổi mới sáng tạo thông qua nghiên cứu khoa học và công nghệ
14	GLD-360	Global Lightning Dataset 360	Bộ dữ liệu định vị sét toàn cầu
15	IF	Interest Fields	Các trường quan tâm
16	IC	Intra Cloud	Phóng điện trong mây

17	LAOC	Lightning Area Of Concern	Sét trong vùng AOC
18	LF	Low Frequency	Tần số thấp
19	IMPACT	Improved Accuracy through Combined Tecnology	Thiết bị định vị sét chính xác cao IMPACT
20	LCL	Lifting Condensation Level	Mức ngưng kết nâng
21	LD-250	Lightning Detection 250	Hệ định vị sét LD-250
22	LIS	Lightning Imaging Sensor	Cảm biến chụp ảnh sét LIS
23	LLN	Lightning Location Network	Mạng lưới định vị sét
24	LP1	Lightning Position 1	Hệ định vị sét phiên bản thứ nhất
25	LT	Lead Time	Thời gian cảnh báo sét trước
26	LWS	Lightning Warning Sytems	Hệ thống cảnh báo sét
27	MDF	Magnetic Direction Finding	Xác định hướng từ
28	MSG	Meteosat Second Generation	Vệ tinh khí tượng thế hệ thứ hai
29	NLDN	National Lightning Detection Network	Mạng lưới định vị sét quốc gia
30	NOTHAS	Novel Thunderstorm Alert System	Hệ thống cảnh báo dông Novel
31	OTD	Optical Transient Detector	Thiết bị chụp ảnh sét nhanh
32	PI	Point of Interest	Điểm quan tâm
33	SFI	Satellite Forecast Index	Chỉ số dự báo hoặc cảnh báo theo số liệu vệ tinh
34	SLLN	Spain Lightning Location Network	Mạng lưới định vị sét Tây Ba Nha
35	ROW	Range of Warning	Vùng cần cảnh báo
36	TIR	Thermal InfraRed	Nhiệt độ kênh hồng ngoại
37	TITAN	Thunderstorm Identification,	Thuật toán xác định, theo

		Tracking, Analysis, and Nowcasting	đõi, phân tích và dự báo hạn rất ngắn mây dông
38	TOA	Time Of Arrival	Thời gian tới
39	TS	Threat Score	Điểm số thành công
40	WA	Warning Area	Vùng cảnh báo
41	WRF	Weather Research and Forecast	Mô hình dự báo thời tiết WRF

DANH MỤC CÁC BẢNG

<i>Bảng 1.1:</i> Diện tích và độ cao của các trung tâm điện tích	10
<i>Bảng 2.1:</i> Bảng số liệu mẫu các hệ thiết bị định vị sét	47
<i>Bảng 2.2:</i> Bảng số liệu mẫu cường độ điện trường	50
<i>Bảng 2.3:</i> Số ngày đo của các trạm đo điện trường và trạm cảnh báo sét	52
<i>Bảng 2.4:</i> Các kênh phổ vệ tinh Himawari	54
<i>Bảng 2.5:</i> Bảng chỉ số đánh giá khả năng mây đối lưu phát triển	55
<i>Bảng 2.6:</i> Bảng mẫu số liệu thiết bị Strike Guard	56
<i>Bảng 2.7:</i> Đánh giá kết quả cảnh báo so với quan trắc	67
<i>Bảng 3.1:</i> Tổng số các ngày có điện trường vượt ngưỡng cảnh báo trên số ngày có số liệu của từng tháng và ngày không có số liệu (KSL)	74

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

<i>Hình 1.1.</i> Cấu trúc điện tích của một khối mây dông	8
<i>Hình 1.2.</i> Sơ đồ biểu diễn theo chiều thẳng đứng các trung tâm điện tích, phát sinh sét trong các đám mây dông ở 3 vị trí khác nhau	9
<i>Hình 1.3.</i> Cấu trúc điện tích của hai đám mây dông và một số dạng sét	10
<i>Hình 1.4.</i> Bản đồ phân bố mật độ sét toàn cầu (số lần phóng điện/km ² / năm), số liệu thiết bị OTD, trên vệ tinh Microlab-1	10
<i>Hình 2.1.</i> Kênh sét trong hệ tọa độ trụ	42
<i>Hình 2.2.</i> Xác định vị trí sét đánh theo số liệu nhiều trạm, (a) theo phương pháp đặc tam giác, (b) theo phương pháp hyperbolic.	44
<i>Hình 2.3.</i> Sơ đồ hệ thống máy định vị sét	46
<i>Hình 2.4.</i> Xác định hướng sét đánh	47
<i>Hình 2.5.</i> Sơ đồ thiết kế ban đầu của thiết bị đo điện trường	48
<i>Hình 2.6.</i> Sơ đồ thiết bị đo điện trường EFM-100	49
<i>Hình 2.7.</i> Điện trường ngày có dông (25/07/2019) và ngày thời tiết đẹp (05/09/2019) tại trạm Phú Thụy (Đặng Xá-Gia Lâm)	51
<i>Hình 2.8.</i> Điện trường ngày có dông (04/07/2019) và ngày số liệu trạm bị nhiễu (12/06/2017) tại trạm Hội An-Quảng Nam	52
<i>Hình 2.9.</i> Điện trường ngày thời tiết đẹp (05/05/2017) và ngày số liệu trạm bị nhiễu và ngắt quãng (24/06/2017) tại trạm Hội An-Quảng Nam	52
<i>Hình 2.10.</i> Hệ thống cảnh báo sét Strike Guard	56
<i>Hình 2.11.</i> Vùng giới hạn các khu vực nghiên cứu cảnh báo sét	57
<i>Hình 2.12.</i> Sơ đồ vị trí trạm đo điện trường Phú Thụy	59
<i>Hình 2.13.</i> Phương pháp cảnh báo sét dựa theo một trạm điện trường	60
<i>Hình 2.14.</i> Sơ đồ thuật toán cảnh báo sét	61
<i>Hình 2.15.</i> Sơ đồ vị trí trạm đo cường độ điện trường Vũng Tàu, tại Trạm cứu hộ số 1, Thành phố Vũng Tàu	62
<i>Hình 2.16.</i> Bộ cảm biến của thiết bị EFM-100C, tại Trạm cứu hộ số 1, Thành phố Vũng Tàu	62
<i>Hình 2.17.</i> Vị trí trạm các trạm điện trường và trạm cảnh báo sét ở khu vực	

tỉnh Quảng Nam	63
<i>Hình 2.18.</i> Sơ đồ khối phương pháp cảnh báo sét theo nguồn số liệu tổng hợp	65
<i>Hình 2.19.</i> Các vùng cảnh báo sét theo bán kính từ vị trí trạm	66
<i>Hình 3.1.</i> Tần suất phóng điện theo tháng, tại khu vực Hà Nội	69
<i>Hình 3.2.</i> Tần suất phóng điện theo thời gian trong ngày, các tháng 5, 6, 7, 8, 9 tại khu vực Hà Nội	70
<i>Hình 3.3.</i> Tần suất phóng điện theo thời gian trong ngày, các tháng 4, 10 tại khu vực Hà Nội	70
<i>Hình 3.4.</i> Dạng sóng kênh điện đặc trưng cho sét dương, ngày 22/5/2003	71
<i>Hình 3.5.</i> Dạng sóng kênh điện đặc trưng cho sét âm, ngày 22/5/2003	72
<i>Hình 3.6.</i> Dạng sóng kênh điện đặc trưng cho sét trong mây, ngày 22/5/2003	72
<i>Hình 3.7.</i> Biến thiên điện trường trung bình ngày không có dông, quan trắc tại Gia Lâm từ năm 2017 đến 2019	73
<i>Hình 3.8.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, quan trắc tại Gia Lâm, ngày 25/07/2019	74
<i>Hình 3.9.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại trạm Phú Thụy ngày 22/08/2019	76
<i>Hình 3.10.</i> Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari lúc 11 giờ 20 phút, ngày 22/08/2019	76
<i>Hình 3.11.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét ở gần trạm Phú Thụy, trong ngày 09/09/2019	78
<i>Hình 3.12.</i> Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari, lúc 14 giờ, ngày 09/09/2019	78
<i>Hình 3.13.</i> Ảnh phản hồi radar Phù Liễn lúc 14 giờ ngày 09/09/2019	79
<i>Hình 3.14.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét ở gần trạm Phú Thụy, trong ngày 16/09/2017	80
<i>Hình 3.15.</i> Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari, lúc 11 giờ 20 phút, ngày 16/09/2017	81
<i>Hình 3.16.</i> Ảnh phản hồi radar Phù Liễn lúc 11 giờ 20 phút ngày 16/09/2017	81
<i>Hình 3.17.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét ở gần trạm Phú Thụy,	

trong ngày 14/05/2019	83
<i>Hình 3.18.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét ở gần trạm Phú Thụy, trong ngày 25/05/2019	83
<i>Hình 3.19.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét ở gần trạm Phú Thụy, trong ngày 31/05/2019	84
<i>Hình 3.20.</i> Các chỉ số thống kê đánh giá kết quả cảnh báo sét tại khu vực Gia Lâm-Hà Nội	86
<i>Hình 3.21.</i> Thời gian cảnh báo sét trước và các lần cảnh báo ở khu vực Gia Lâm-Hà Nội	87
<i>Hình 3.22.</i> Các chỉ số thống kê đánh giá kết quả cảnh báo sét tại khu vực Gia Lâm-Hà Nội theo số liệu điện trường	87
<i>Hình 3.23.</i> Biến thiên điện trường trung bình ngày không có dông tại Trạm cứu hộ số 1, TP.Vũng Tàu, trong năm 2019	89
<i>Hình 3.24.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 04/10/2019	89
<i>Hình 3.25.</i> Ảnh phản hồi radar Nhà Bè lúc 0 giờ, ngày 04/10/2019	90
<i>Hình 3.26.</i> Ảnh phản hồi radar Nhà Bè lúc 1 giờ 30 phút, ngày 04/10/2019	91
<i>Hình 3.27.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 03/05/2019	92
<i>Hình 3.28.</i> Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari, lúc 5 giờ 10 phút và sét trong 10 phút trước, ngày 03/05/2019	93
<i>Hình 3.29.</i> Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari, lúc lúc 5 giờ 50 phút và sét trong 10 phút trước, ngày 03/05/2019	94
<i>Hình 3.30.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 28/07/2019	95
<i>Hình 3.31.</i> Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari, lúc 13 giờ 20 phút và sét trong 10 phút trước, ngày 28/07/2019	96
<i>Hình 3.32.</i> Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari, lúc 14 giờ 20 phút và sét trong 10 phút trước, ngày 28/07/2019	96
<i>Hình 3.33.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 20/08/2019	97
<i>Hình 3.34.</i> Ảnh phản hồi radar Nhà Bè lúc 16 giờ 10 phút ngày 20/08/2019	98

<i>Hình 3.35.</i> Ảnh phản hồi radar Nhà Bè lúc 18 giờ 10 phút ngày 20/08/2019	98
<i>Hình 3.36.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 07/07/2019	99
<i>Hình 3.37.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 18/07/2019	100
<i>Hình 3.38.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 07/09/2019	100
<i>Hình 3.39.</i> Các chỉ số thống kê đánh giá kết quả cảnh báo sét tại khu vực TP.Vũng Tàu	102
<i>Hình 3.40.</i> Thời gian cảnh báo sét trước và các lần cảnh báo ở khu vực TP.Vũng Tàu	103
<i>Hình 3.41.</i> Các chỉ số thống kê đánh giá kết quả cảnh báo sét theo số liệu điện trường tại khu vực TP.Vũng Tàu	103
<i>Hình 3.42.</i> Biến thiên điện trường trung bình ngày không có dông tại trạm Hội An, Quảng Nam	105
<i>Hình 3.43.</i> Biến thiên điện trường trung bình ngày không có dông tại trạm Hiệp Đức, Quảng Nam.	106
<i>Hình 3.44.</i> Biến thiên điện trường trung bình ngày không có dông tại trạm Đại Lộc, Quảng Nam	106
<i>Hình 3.45.</i> Tỷ lệ cảnh báo đúng theo phương pháp EFAI, năm 2016	107
<i>Hình 3.46.</i> Tỷ lệ cảnh báo không theo phương pháp EFAI, năm 2016	107
<i>Hình 3.47.</i> Điểm số thành công theo phương pháp EFAI, năm 2016	108
<i>Hình 3.48.</i> Tỷ lệ cảnh báo đúng theo phương pháp EFDI, năm 2016	108
<i>Hình 3.49.</i> Tỷ lệ cảnh báo không theo phương pháp EFDI, năm 2016	108
<i>Hình 3.50.</i> Điểm số thành công theo phương pháp EFDI, năm 2016	109
<i>Hình 3.51.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại trạm Hiệp Đức ngày 17/04/2016	110
<i>Hình 3.52.</i> Ảnh nhiệt độ kênh TIR2 và TIR6 của vệ tinh Himawari lúc 14 giờ 40 phút ngày 17/04/2016	110
<i>Hình 3.53.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại trạm Đại Lộc ngày 17/04/2016	111
<i>Hình 3.54.</i> Ảnh nhiệt độ kênh TIR2 và TIR6 của vệ tinh Himawari lúc 15	

giờ 30 phút ngày 17/04/2016	112
<i>Hình 3.55.</i> Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại trạm Hội An ngày 17/06/2016	112
<i>Hình 3.56.</i> Ảnh nhiệt độ kênh TIR2 và TIR6 của vệ tinh Himawari lúc 16 giờ 20 phút ngày 17/06/2016	113
<i>Hình 3.57.</i> Biểu đồ so sánh các tham số đánh giá kết quả cảnh báo sét ở khu vực TP.Hội An, Đại Lộc và Hiệp Đức tại tỉnh Quảng Nam	114
<i>Hình 3.58.</i> Thời gian cảnh báo sét trước và các lần cảnh báo ở một số khu vực tại Quảng Nam	114
<i>Hình 3.59.</i> Tương quan bán kính-thời gian (Strike Guard-GLD360) tại khu vực Tam Kỳ-Quảng Nam và lân cận	115
<i>Hình 3.60.</i> Thời gian cảnh báo sét của một số ngày dông tại khu vực Tam Kỳ	115

MỞ ĐẦU

1. Lý do lựa chọn đề tài

Trước đây, khi chưa được giải thích dựa trên khoa học, sét thực sự là nỗi sợ hãi của nhân loại. Các thông kê trước năm 1800 cho thấy sét thật sự là nỗi kinh hoàng. Ví dụ như ngày 18-08-1769, tại một thành phố của Ý, sét đã gây ra một vụ nổ kho đạn dự trữ 1030 tấn. Vụ nổ đã làm nổ tung tòa tháp gây nên một trận mưa đất đá trong thành phố, 1/6 các ngôi nhà của thành phố bị phá hủy và hơn 3000 người bị chết [1]. Tại Mỹ, hàng năm số người chết do sét trung bình khoảng 62 người. Trong khi đó tại Colombia với số dân chỉ bằng 1/10 nước Mỹ, nhưng số người chết do sét hàng năm trung bình khoảng 100 người và số người bị thương do sét vào khoảng gần 1000 người. Số người chết tại Việt Nam là khoảng 100 người một năm.

Trong tiến trình nghiên cứu về sét, có thể coi Benjamin Franklin là một trong những nhà khoa học về sét đầu tiên. Năm 1752, kết quả thí nghiệm cho phép ông khẳng định sét có bản chất điện [1]. Những năm sau đó, rất nhiều thí nghiệm, nghiên cứu đã được tiến hành, hiểu biết về dông sét ngày một đầy đủ hơn.

Từ thập kỷ 60 thế kỉ trước trở lại đây, tại các nước có nền công nghiệp phát triển ở Châu Mỹ và Châu Âu, do nhu cầu ứng dụng thực tế cao, việc nghiên cứu dông sét được phát triển rất mạnh mẽ. Người ta đã tiến hành thu thập số liệu về dông sét trong nhiều năm, để nghiên cứu các quy luật phát triển của chúng và phân vùng hoạt động dông sét, phục vụ công tác dự báo dông. Mật độ sét cũng như các thông số khác của hoạt động sét đã được nghiên cứu đánh giá trong hàng loạt công trình nghiên cứu và từ đó đề xuất các biện pháp phòng chống sét. Cụ thể như chống sét cho các cụm công nghiệp quan trọng, đường dây tải điện, sân bay, bến cảng, nhà máy điện hạt nhân, kho xăng, bãi phóng tên lửa và tàu vũ trụ...v.v.

Việt Nam nằm ở tâm đông Châu Á, một trong ba tâm dông trên thế giới, có dông sét hoạt động mạnh [1-8]. Hoạt động sét không chỉ ảnh hưởng đến quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước mà còn gây ảnh hưởng trực tiếp đến kinh tế xã hội. Trong hơn hai thập kỷ gần đây, rất nhiều công trình, kho tàng, đường dây tải điện, sân bay, khu công nghiệp, thiết bị nghiên cứu khoa học, thiết bị của ngành bưu chính viễn thông, thiết bị nổ mìn công nghiệp..., đã bị sét phá hủy hoàn toàn hoặc

đánh hỏng, gây ra những thiệt hại rất lớn. Ngoài những thiệt hại về kinh tế, sét còn gây tâm lý hoang mang và thiệt hại về tính mạng cho con người.

Do vậy, việc nghiên cứu phòng chống sét, cụ thể hơn là cảnh báo sét ngày càng cấp thiết. Trong đó, cảnh báo sét là nhiệm vụ quan trọng, một trong các giải pháp để phòng chống sét cần được quan tâm. Cảnh báo sét tốt sẽ hỗ trợ nâng cao hiệu quả phòng chống sét. Chất lượng cảnh báo sét phụ thuộc vào một số vấn đề chính như nguồn số liệu sử dụng, phương pháp xử lý số liệu, phương pháp đánh giá và hiệu chỉnh cảnh báo sét và môi trường khu vực nghiên cứu cảnh báo sét. Tại Việt Nam, trong khoảng hơn 20 năm gần đây, nhiều đề tài, nhiệm vụ nghiên cứu về dông sét đã được tiến hành. Đi kèm với nó là nhiều thiết bị như định vị sét, cảnh báo sét, cường độ điện trường thế hệ mới, lần đầu được lắp đặt tại Việt Nam. Kết quả là nhiều nghiên cứu liên quan đã được công bố trong các đề tài, bài báo, báo cáo hội nghị trong và ngoài nước. Các nghiên cứu cảnh báo sét ở Việt Nam đã được tiến hành thí điểm ở các khu vực cụ thể như Hà Nội (2002-2005), Quảng Nam (2011-2013), Quảng Ninh (2013), Bà Rịa-Vũng Tàu (2019-2020), TP. Hồ Chí Minh cũng như trên toàn lãnh thổ Việt Nam. Các công trình nghiên cứu sét đã công bố chủ yếu sử dụng phương pháp ứng dụng với một vài nguồn số liệu đơn lẻ, hiện nay các nguồn số liệu phục vụ nghiên cứu sét ở Việt Nam đã khá đầy đủ về chủng loại và phân bố không gian của dữ liệu so với thế giới, việc áp dụng các phương pháp tiên tiến với nguồn số liệu tổng hợp chưa được áp dụng và đánh giá cho các khu vực cụ thể ở Việt Nam. Xuất phát từ nhu cầu thực tiễn này, tôi lựa chọn đề tài nghiên cứu: ***“Nghiên cứu đánh giá cảnh báo sét áp dụng cho một số khu vực tại Việt Nam theo nguồn số liệu tổng hợp”*** nhằm tiếp tục thúc đẩy các nghiên cứu chuyên sâu đối với bài toán cảnh báo sét ở Việt Nam một cách toàn diện và đầy đủ hơn.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu của luận án là xác định được phương pháp cảnh báo sét phù hợp với điều kiện thực tế, áp dụng cho một số khu vực tại Việt Nam, từ đó nâng cao khả năng cảnh báo sét sớm về thời gian và độ chính xác, góp phần giảm thiểu thiệt hại do sét gây ra ở một số khu vực tại Việt Nam.

3. Nội dung nghiên cứu

Để đạt được mục tiêu trên, các nội dung cần thực hiện gồm:

- Nghiên cứu tổng quan về cảnh báo sét và những vấn đề liên quan.

- Thu thập, nghiên cứu số liệu và phương pháp xử lý số liệu điện trường tại một số khu vực cụ thể tại Hà Nội, Bà Rịa-Vũng Tàu, Quảng Nam, số liệu định vị sét, số liệu radar, số liệu ảnh mây vệ tinh,...

- Nghiên cứu ứng dụng, cải tiến phương pháp cảnh báo sét phù hợp cho điều kiện Việt Nam.

- Đánh giá các kết quả cảnh báo sét cho một số khu vực tại Việt Nam trên cơ sở phương pháp đã xây dựng.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu:

Là sét và phương pháp cảnh báo sét áp dụng cho một số khu vực cụ thể tại Hà Nội, Bà Rịa-Vũng Tàu, Quảng Nam.

Phạm vi nghiên cứu:

Phạm vi không gian: Nghiên cứu cảnh báo sét cho khu vực Hà Nội, Bà Rịa-Vũng Tàu, Quảng Nam và các vùng lân cận, với tổng diện tích nghiên cứu khoảng 190000 km².

Phạm vi thời gian: trong khoảng thời gian từ năm 2015 đến năm 2019.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

Ý nghĩa khoa học của luận án

- Phương pháp sử dụng trong luận án là một bước tiến mới về phương pháp cảnh báo sét ở Việt Nam. Những kết quả nghiên cứu có tính kế thừa, cải tiến phù hợp với điều kiện thực tế môi trường khí quyển, thiết bị đo đạc sẵn có ở Việt Nam.

Ý nghĩa thực tiễn của luận án

- Cung cấp cơ sở về phương pháp cảnh báo và đánh giá cảnh báo sét tại một số khu vực cụ thể có tính đến yếu tố môi trường khí quyển.

- Làm cơ sở để mở rộng nghiên cứu, ứng dụng thực tế trong công tác phòng chống giảm nhẹ thiên tai liên quan tới sét cho các khu vực của Việt Nam có hoạt động dông sét gây ảnh hưởng đến các hoạt động kinh tế xã hội.

6. Những đóng góp mới của luận án

- Xây dựng được phương pháp cảnh báo sét theo nguồn số liệu tổng hợp (số liệu điện trường, định vị sét, cảnh báo sét, vệ tinh và radar) cho một số khu vực cụ thể có bán kính 10 km và 8 km, trên cơ sở đánh giá, kiểm chứng, điều chỉnh theo điều kiện nguồn số liệu, môi trường và khí hậu ở Việt Nam.

- Áp dụng thành công phương pháp cảnh báo sét đã xây dựng được cho một số khu vực ở Việt Nam, với các đặc trưng khác nhau về môi trường khí quyển, đặc điểm khí hậu về hoạt động dông, cơ sở hạ tầng, vị trí và điều kiện địa lý. Kết quả đánh giá cảnh báo sét cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội cho kết quả tỷ lệ cảnh báo sét đúng đạt 88,0%, thời gian cảnh báo sét trước trung bình là 31,6 phút. Tại khu vực thành phố Vũng Tàu, cho kết quả tỷ lệ cảnh báo sét đúng đạt 86,3%, thời gian cảnh báo sét trước trung bình cho khu vực này là 23,0 phút. Với các phương pháp đánh giá cảnh báo sét cải tiến, áp dụng cho một số khu vực tại Quảng Nam, xác định được ngưỡng cảnh báo và biên độ dao động cảnh báo sét tối ưu của cường độ điện trường lần lượt là 1000 V/m và 150 V/m, thời gian cảnh báo sét trung bình cho ba khu vực Hội An, Đại Lộc, Hiệp Đức là 22,45 phút, tỷ lệ cảnh báo sét đúng đạt 82,56%, tại khu vực Tam Kỳ thời gian cảnh báo sét trung bình là trước 18,0 phút.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ CẢNH BÁO SÉT VÀ NHỮNG VẤN ĐỀ LIÊN QUAN

Chương này giới thiệu về lịch sử nghiên cứu sét, sơ lược về mây dông và tổng quan tình hình nghiên cứu cảnh báo sét trên thế giới và Việt Nam.

1.1. Lịch sử nghiên cứu sét và mây dông

1.1.1. Lịch sử nghiên cứu sét

Sấm sét tạo ra nỗi sợ hãi và sự kính trọng của loài người, thể hiện rõ qua vai trò quan trọng mà chúng đóng góp trong tôn giáo và thần thoại của tất cả các nền văn minh, trừ nền văn minh hiện đại nhất, Uman (1986) [9]. Từ 5000 năm trước, đã có những quan điểm phi khoa học về sấm sét, được thể hiện qua những bức tượng Phật tay cầm lưỡi tầm sét có hai đầu hình mũi tên, biểu thị phóng điện mây-đất. Trong Ai Cập cổ đại, sấm sét được coi là thần Typhon hay Seth ném lưỡi tầm sét. Trong sách cổ đại của Ấn Độ, theo mô tả của Indra, sấm sét thể hiện trong hình ảnh đứa con của trời và đất mang theo lưỡi tầm sét trên xe ngựa. Trong con dấu của người Sumerian, có niên đại khoảng 2500 năm trước công nguyên mô tả nữ thần sét Zarpelik cười trên gió với các lưỡi tầm sét ở trên tay. Trong Hy Lạp cổ đại, sét được coi là hình phạt của thần Zeus hoặc bởi các thành viên trong gia đình ông. Vị thần chính của người La Mã, Jupiter hay Jove được cho là đã sử dụng lưỡi tầm sét để trừng phạt và chống lại những điều không mong muốn. Có lẽ vị thần nổi tiếng nhất trong số các vị thần cổ đại gắn liền với sấm sét là Thor, vị thần hung dữ của người Bắc Âu, người đã tạo ra sét bằng cách dùng cái búa đập vào cái đe khi cưỡi cỗ xe của mình băng qua các đám mây. Một số bộ lạc da đỏ ở Bắc Mỹ cũng như Châu Phi tin rằng sấm sét được tạo ra bởi chim thần Thunderbird, loài chim đã trở thành biểu tượng một số sản phẩm trong thế giới hiện đại.

Đến thời kỳ Trung Cổ ở Châu Âu, nhiều người vẫn tin rằng việc rung chuông nhà thờ sẽ làm tiêu tán sét. Tuy nhiên, số liệu thống kê trong 33 năm cho thấy đã có 386 gác chuông nhà thờ bị sét đánh, gây chết 103 người đánh chuông. Nhiều nhà thờ bị cháy, bị phá hủy cũng có nguyên nhân do sét đánh. Những thiệt hại về con người và vật chất đã thúc đẩy nhà bác học Benjamin Franklin, sau này là Tổng thống của Mỹ, đã có những thí nghiệm chống sét đầu tiên vào năm 1752. Dựa theo hiểu biết của mình, ông tin rằng tia sét có bản chất điện, có thể ngăn ngừa nó. Ông đã làm cột thu lôi, giống như ngọn giáo sắt chĩa thẳng lên trời, thí nghiệm của ông

đã đúng khi tòa nhà đại sứ Pháp thấp hơn, ở cạnh nhà ông, bị sét đánh trúng, trong khi nhà ông không việc gì. Thí nghiệm này sau đó đã được các nhà khoa học thử nghiệm lại tại Pháp, Anh, Bỉ, Nga, khẳng định tính đúng đắn của thí nghiệm do Benjamin Franklin phát minh. Tuy vậy, đã có những hi sinh cho lĩnh vực nghiên cứu chống sét, nhà khoa học Richmann người Thụy Điển, đã thực hiện lại thí nghiệm này tại Nga và đã bị sét đánh chết. Từ các thí nghiệm này đã mở ra những hiểu biết về sấm sét theo quan điểm có tính khoa học.

Tuy nhiên, sau Benjamin Franklin không có nhiều tiến bộ đáng kể nào trong nghiên cứu sét. Cho đến cuối thế kỷ 19, khi máy ảnh, thiết bị quang phổ trở nên thịnh hành và trở thành công cụ hữu ích trong nghiên cứu sét. Lịch sử nghiên cứu sét bằng các thiết bị quang phổ đã được tổng quan bởi Uman (1969). Một số nhà nghiên cứu đã sử dụng thiết bị chụp ảnh phân giải cao theo thời gian, xác định các cú sét của tia sét phóng xuống đất và quá trình tiên đạo như của Hoffert (1889) ở Anh, Weber (1889), Walter (1902, 1903, 1910, 1912, 1918) ở Đức và Larsen (1905) ở Mỹ [9]. Năm 1926, tại Anh, Boys phát minh ra thiết bị chụp ảnh nhanh, làm cho công việc nghiên cứu và hiểu biết rõ hơn về tia sét được nâng lên. Thiết bị này xác định được tốc độ của phóng điện ngược (return stroke), phân biệt rõ ràng bước tiên đạo và các cú phóng điện ngược. Về dòng điện sét, lần đầu được đo đạc tại Đức bởi Pockels (1897, 1898, 1900), ông đã ước lượng dòng điện sét qua phân tích trường từ đất bazan gần dòng điện sét chạy qua. Nghiên cứu sét theo quan điểm hiện đại có lẽ tốt nhất là do Wilson (1916, 1920) thực hiện ở Anh, ông cũng chính là người đã nhận giải Nobel cho phát minh ra buồng mây để theo dõi các hạt năng lượng cao. Wilson cũng là người đầu tiên sử dụng các thiết bị đo đạc điện trường để ước lượng cấu trúc điện tích trong mây dông và điện tích liên quan đến phóng điện sét.

Sau những bước khởi đầu nghiên cứu về sét theo quan điểm khoa học, từ đầu thế kỷ trước, đến nay, lịch sử ngành nghiên cứu sét đã thu được nhiều thành tựu theo những tiến bộ về khoa học kỹ thuật. Tiếp sau cuốn sách “*The Lightning Discharge*” của M.A. Uman xuất bản năm (1986) [9], tái bản năm 2001, trong đó có nhiều tổng quan về lịch sử nghiên cứu sét và những vấn đề liên quan. Gần đây nhóm tác giả H.D. Betz và các cộng sự (ccs) (2009) [10], trong cuốn sách “*Lightning: Principles, Instruments and Applications*” đã tổng quan về nghiên cứu sét hiện đại. Dựa trên các thiết bị quan trắc hiện đại, kỹ thuật nghiên cứu mới,

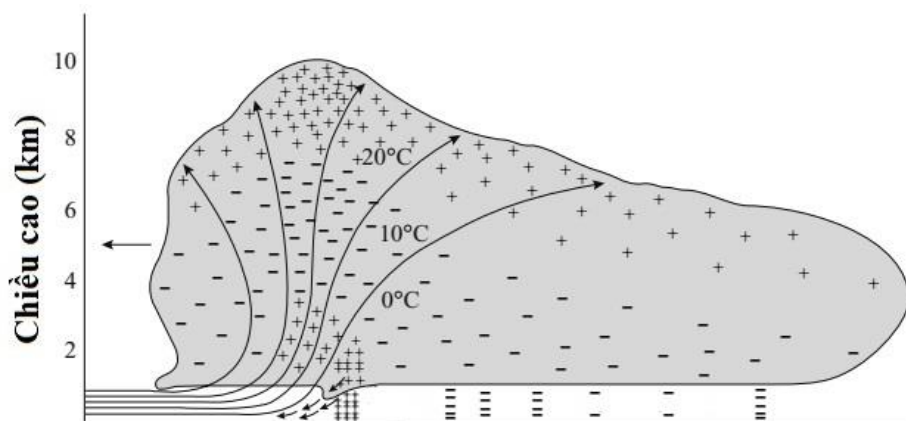
không gian nghiên cứu và các chủ đề liên quan ngày càng mở rộng của nhiều tác giả, công trình cho thấy những hiểu biết sâu sắc về sét, trong nhiều lĩnh vực như: vật lý sét, điện trường mây dông, cơ cấu điện tích ở bên trong mây dông, chụp ảnh sét, định vị sét, sử dụng vệ tinh và radar nghiên cứu dông sét, tác động của sét đến hóa học khí quyển và biến đổi khí hậu, phòng chống sét, dự báo và cảnh báo dông sét,...v.v.

1.1.2. Mây dông

Các đám mây trong khí quyển Trái đất được tạo thành bởi các hạt nước và các tinh thể băng. Những đám mây này thường có màu trắng bởi vì kích cỡ các hạt lỏng và rắn ở trong mây, tương đối lớn so với bước sóng của ánh sáng nhìn thấy và do đó không xảy ra hiện tượng tán xạ tạo ra màu mây. Do trong mây có nhiều hạt nhân ngưng kết, do đó mây xuất hiện bất cứ khi nào khi không khí trở nên siêu bão hòa cục bộ trong hơi nước. Điều kiện siêu bão hòa này thường đạt được bằng quá trình nâng lên, trong đó các khối không khí bão hòa đối với hơi nước được làm lạnh bằng quá trình giãn nở đoạn nhiệt. Quá trình nâng lên thường do sự đốt nóng của không khí gần bề mặt trái đất, do ánh sáng mặt trời. Các khối không khí bị đốt nóng sẽ nổi lên so với môi trường xung quanh. Cơ chế thứ hai của sự nâng phụ thuộc vào lực nâng của không khí do lực gradient áp suất ngang. Với bất kể cơ chế nâng nào, độ cao mà tại đó điều kiện siêu bão hòa đạt được trong khối không khí đi lên và mây bắt đầu hình thành là mực ngưng kết nâng (LCL). Nhiều trường hợp mây thường xuất hiện khi mực LCL ở trong khoảng 1000m trên bề mặt trái đất và thấp hơn đáng kể so với độ cao đường đẳng nhiệt 0°C , thường khoảng từ 4000-5000 m trên bề mặt [11]. Kết quả là, phần lớn các đám mây như vậy, hình thành ở nhiệt độ trên mức đóng băng và bao gồm các hạt nước lỏng, các đám mây dạng này, thường ít tích điện và hiếm khi tạo ra sét.

Các đám mây xảy ra sét là mây dông, trong các đám mây này thường xảy ra hiện tượng đối lưu mạnh nhất trong khí quyển. Nhiều quan trắc ở nhiều vị trí địa lý cho thấy rằng mây dông mở rộng tối thiểu từ 2 đến 3 km ở vùng có nhiệt độ dưới mức đóng băng, trước khi tia sét đầu tiên được quan trắc thấy. Quan trắc này cho thấy sự phù hợp về cơ chế phân ly điện tích, sinh ra sét của mây dông là do sự va chạm giữa các hạt băng tuyết và các hạt tinh thể băng hoặc các hạt băng tuyết khác có kích cỡ nhỏ hơn. Sự hiện diện của các hạt như vậy, của các điều kiện pha hỗn

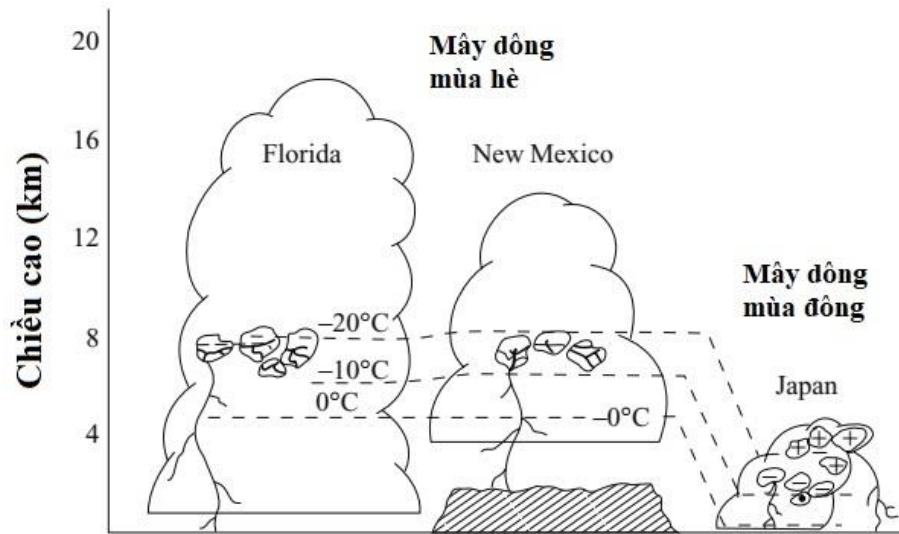
hợp, xuất hiện đồng thời của nước trong cả ba pha: hơi, lỏng và rắn. Các hạt băng tuyết hình thành các giọt nước siêu lạnh được tích tụ thêm các hạt tinh thể băng lớn và sau đó đóng băng. Quá trình bồi tụ liên tục dẫn đến các hạt băng tuyết phát triển đến kích cỡ mm và trong trường hợp nước siêu lạnh đến mức cực hạn, với kích cỡ hạt đạt đến cm, được gọi là mưa đá. Các tinh thể băng phát triển do nước siêu lạnh bởi quá trình Bergeron trong môi trường pha hỗn hợp, do áp suất cân bằng hơi nước đối với băng là nhỏ hơn so với nước lỏng. Sự dịch chuyển có lựa chọn của điện tích âm làm cho các hạt băng tuyết có những va chạm với các hạt băng nhỏ hơn, khi các hạt điện tích trái dấu được tạo ra do sự phân li của lực hấp dẫn trọng trường, cho đến khi điện trường đủ lớn để phá hủy môi trường điện môi và sét phát triển. Một loạt các điều kiện khí tượng, xảy ra trên diện rộng, thuận lợi cho sự phát triển của sét như dông nhiệt mùa hè, dông mạnh (có mưa đá và lốc xoáy), thành mắt bão và dải mưa do bão, bão tuyết mùa đông, đối lưu đại dương và các hệ thống đối lưu quy mô vừa. Những trường hợp này, có đặc điểm chung là ở trong mây có hoạt động xáo trộn pha. Vùng đối lưu sâu có tốc độ dòng thẳng không đủ mạnh và quá trình xáo trộn pha mạnh cũng sẽ không tạo được ra sét.



Hình 1.1. Cấu trúc điện tích của một khối mây dông [11].

Điện tích tồn tại trong mây dông, mô hình cấu trúc điện tích mây dông được phát triển vào trước những năm 1930. Mô hình được xây dựng bằng việc đo đạc điện trường trên bề mặt gắn với điện tích đám mây tĩnh và biến đổi điện trường gắn với hiệu ứng cân bằng một phần điện tích của mây do sét (ví dụ như của Wilson, 1916, 1920; Appleton và ccs, 1920; Schonland và Craib, 1927 [11]). Trong mô hình đầu tiên, điện tích mây dông có dạng lưỡng cực dương, vùng có điện tích dương ở trên vùng có điện tích âm. Sau năm 1930, Simpson và Scrase (1937), đã kiểm tra lại

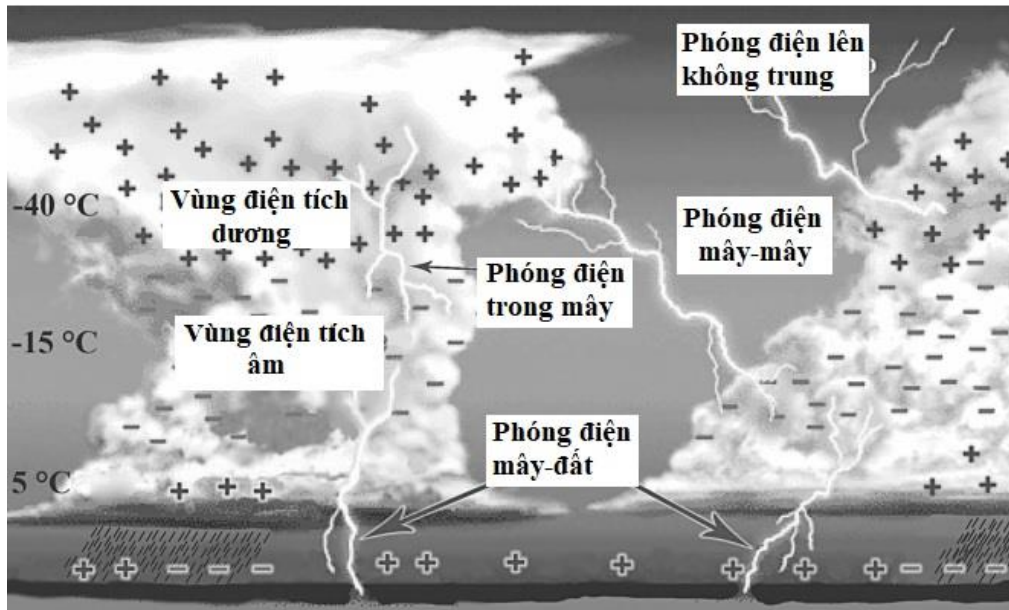
mô hình lưỡng cực, bằng cách sử dụng thiết bị bóng thám không đo ở trong mây, xác định thêm được vùng điện tích dương ở chân mây, cấu trúc điện tích của mây dông, được minh họa trong hình 1.1.



Hình 1.2. Sơ đồ biểu diễn theo chiều thẳng đứng các trung tâm điện tích, phát sinh sét trong các đám mây dông ở 3 vị trí khác nhau [11].

Vị trí các trung tâm điện tích trong mây dông cũng có sự khác nhau theo vị trí địa lý như trong hình 1.2 và thay đổi tương đối theo độ cao đường đẳng nhiệt độ. Tại khu vực Florida một bang của Mỹ, ở gần khu vực nhiệt đới, độ cao mây dông khoảng 18 km, độ cao của các trung tâm điện tích cũng được đẩy lên cao hơn, so với mây dông ở khu vực Nhật Bản.

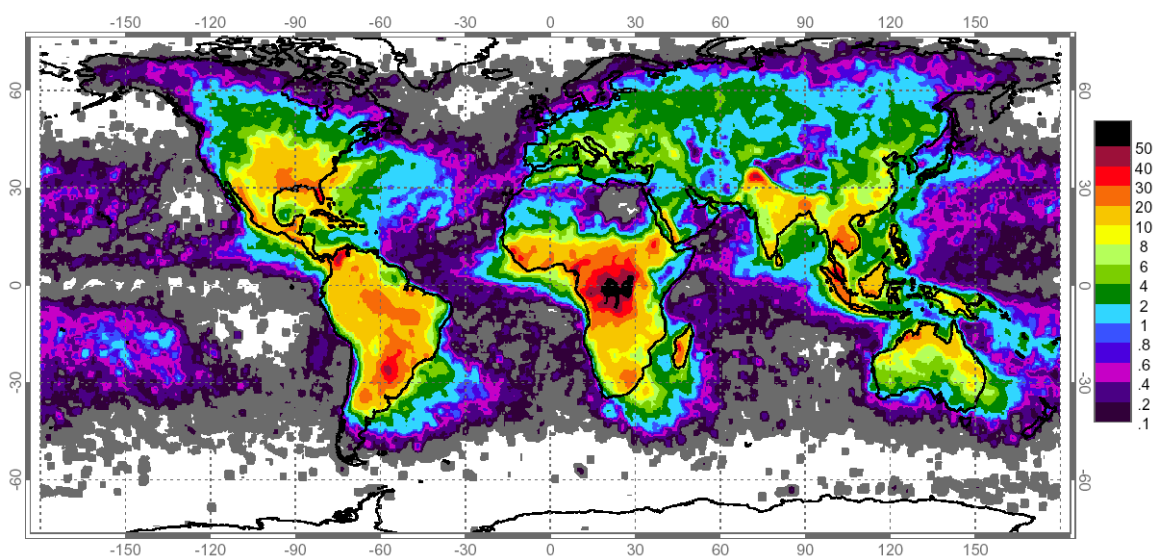
Khi mây dông phát triển dạng như hình 1.3, sẽ hình thành vùng điện tích dương chính, vùng điện tích âm chính. Mây dông phát triển sẽ xảy ra một số dạng phóng điện hay dạng sét như sau: phóng điện mây đất, phóng điện ở trong mây, phóng điện giữa hai đám mây, phóng điện lên không trung. Ngoài ra, còn căn cứ vào nguồn gốc trung tâm điện tích phóng điện người ta chia ra sét dương và sét âm, sét dương phóng ra từ trung tâm điện tích dương, sét âm phóng ra từ trung tâm điện tích âm. Phần lớn phóng điện mây-đất là phóng điện âm hay sét âm, chiếm khoảng 90%, mang điện tích âm đến bề mặt trái đất, mỗi tia sét dạng này mang khoảng 10 C điện tích từ mây đến bề mặt trái đất. Sét dương chiếm tỷ lệ ít, nhưng đáng được lưu ý, do dòng điện sét của nó rất lớn, khoảng từ 200 đến 300 kA, sét dương thường phóng từ rìa phía trên đám mây xuống bề mặt đất và điện tích dịch chuyển đến trái đất lớn hơn đáng kể so với sét âm.



Hình 1.3. Cấu trúc điện tích của hai đám mây dông và một số dạng sét [12]

Bảng 1.1. Điện tích và độ cao của các trung tâm điện tích

TT	Simpson và Robinson [8, 9]		Malan [8, 9]		Huzita và Ogawa [8, 9]	
	Điện tích (Q)	Độ cao (H)	Điện tích (Q)	Độ cao (H)	Điện tích (Q)	Độ cao (H)
1	24 C	6,0 km	40 C	10,0 km	120 C	8,5 km
2	-20 C	3,0 km	-40 C	5,0 km	-120 C	6,0 km
3	4 C	1,5 km	10 C	2,0 km	24 C	3,0 km



Hình 1.4. Bản đồ phân bố mật độ sét toàn cầu theo năm, số liệu chụp ảnh vệ tinh (H. Christian và D. Boccippi, 2003 [13])

Về phân bố hoạt động dông sét theo không gian được thể hiện qua bản đồ mật độ sét toàn cầu, được xây dựng từ số liệu phát hiện sét qua ảnh chụp từ vệ tinh (hình 1.4). Từ bản đồ này ta thấy, hoạt động dông sét toàn cầu xảy ra mạnh ở 3 trung tâm dông sét, tâm dông Châu Phi, tâm dông Nam Mỹ và tâm dông Châu Á. Việt Nam nằm trong tâm dông Châu Á và dông sét xảy ra ở mọi nơi trên lãnh thổ Việt Nam.

1.2. Tình hình nghiên cứu cảnh báo sét trên thế giới

Sét là một trong các hiện tượng tự nhiên mạnh mẽ và ngoạn mục nhất mà loài người từng gặp, sét vừa đẹp, vừa là mối nguy hiểm tiềm ẩn nhiều hiểm họa khi xảy ra. Mỗi năm có khoảng 3 tỷ tia sét xảy ra trên thế giới, ở trong vùng nhiệt đới, có khoảng từ 10% đến 20% tia sét đánh xuống bề mặt và phần trăm còn lại là sét xảy ra trong mây, ở trong vùng ôn đới con số tương ứng là 50%. Ngoài thiệt hại về tài sản, cơ sở vật chất không thể thống kê hết, khi sét đánh xuống đất truyền vào con người dễ gây thương tích, đôi khi gây tử vong.

Theo Cooray (2008) [11] việc thống kê số người chết do sét đánh chỉ có ở một số quốc gia. Tại Anh có khoảng 3 người chết do sét đánh hàng năm, trong khi đó số người bị thương do sét đánh khoảng 50 người. Tại Mỹ, thống kê trong giai đoạn từ 1959-1985, sét đánh chết khoảng 2566 người, bị thương khoảng 6720 người, số người chết hàng năm do sét tại Mỹ là khoảng 100 người, chỉ sau lũ lụt. Tại Thụy Sĩ, chỉ có 12 người chết và bị thương do sét đánh trong giai đoạn từ 1988 đến 1992. Tại Đức, có khoảng 19 người chết do sét đánh, trong khoảng thời gian từ 1991 đến 1993. Tại Nam Phi, thống kê hàng năm cho thấy tại khu vực thành thị có tỷ lệ người bị sét đánh tử vong là khoảng 1,5 người trên một triệu dân, con số này ở khu vực nông thôn là khoảng 9 người. Ở Thụy Điển, hàng năm chỉ khoảng 1 người chết có nguyên nhân do sét. Tại Zimbabwe, sét là nguyên nhân gây tử vong khoảng 430 người, trong khoảng thời gian 1965 đến 1972. Số người tử vong do sét hàng năm tại Sri Lanka là hơn 50 người. Theo Yadava và ccs (2020) [14] tại Ấn Độ trong các năm từ 1998 đến 2013, sét gây tử vong 31285 người, đứng đầu trong các thảm họa tự nhiên tại đây. Theo Yin và ccs 2021 [15] tại Trung Quốc, thống kê trong khoảng thời gian từ 2009 đến 2018 đã xảy ra 1904 vụ sét đánh, gây chết 1789 người và bị thương 1552 người, trong đó tỷ lệ phụ nữ bị tử vong chiếm 53%, còn lại là nam giới. Tại Việt Nam, theo ước lượng năm 2003 của hãng AP [16] thì tỷ lệ người

bị sét đánh tử vong trên một triệu dân là 1,2. Từ một số thống kê trên, ta có thể thấy rằng tỷ lệ tử vong do sét trên toàn cầu không chỉ phụ thuộc vào số ngày dông (thay đổi theo điều kiện khí hậu) mà còn phụ thuộc vào mật độ dân số và điều kiện nhà ở hay cơ sở hạ tầng (thay đổi theo từng khu vực), kiến thức về phòng chống sét của người dân.

Để giảm thiểu thiệt hại do sét gây ra, nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới đã chú trọng đến việc nghiên cứu cảnh báo hay dự báo hoạt động dông sét. Đã có rất nhiều công trình liên quan đến vấn đề này được công bố trên thế giới. Tại Mỹ có các công trình nghiên cứu tiêu biểu như của các nhóm tác giả (Gremillion và cs, 1999; Beasley và ccs, 2008; Murphy và ccs, 2008; Mosier và ccs, 2011; Seroka và ccs, 2012; Holle và ccs, 2014, 2016; Murphy và ccs 2016; Mecikalski và ccs, 2021). Tại Tây Ba Nha có một số nghiên cứu nổi bật của nhóm tác giả (Montanya và ccs, 2004, 2008; Aranguren và ccs, 2009). Tại Trung Quốc có các nghiên cứu tiêu biểu của các nhóm tác giả (Zeng và ccs, 2013; Tao và ccs, 2016; Meng và ccs, 2019; Zhou và ccs, 2020; Srivastava và ccs, 2022). Và những nghiên cứu ở các nước khác như ở Brazil (Ferro và ccs, 2011), Colombia (López và ccs, 2012), Pakistan (Junchi và ccs, 2015), Ấn Độ (Srivastava và ccs, 2015), Congo (Clulow và ccs, 2018), Hàn Quốc (Wang và ccs, 2019), Italia (Bonelli và cs, 2008), Áo (Schneider và ccs, 2008; Spiridonov và ccs, 2020), Hy Lạp (Giannaros và ccs, 2015; Karagiannidis và ccs, 2016), hay ở Israel của nhóm tác giả (Kohn và ccs, 2011; Lynn và ccs, 2012),...v.v. Các nghiên cứu này sử dụng các hệ thống thiết bị định vị sét khác nhau, có hệ thiết bị định vị sét có chi phí rất đắt, khó có thể đầu tư với những quốc gia chưa có tiềm lực kinh tế mạnh. Cũng có một số hệ thiết bị có chi phí không lớn, có độ chính xác không cao, hiệu suất phát hiện còn thấp, sai số lớn và số liệu cần phải hiệu chỉnh thêm. Các nghiên cứu cho thấy, khả năng cảnh báo sét phụ thuộc vào chất lượng nguồn số liệu sử dụng, môi trường đo đạc khảo sát số liệu, phương pháp phân tích xử lý số liệu, phương pháp đánh giá cảnh báo sét, tính chất địa phương của hoạt động dông sét, cơ sở vật chất hạ tầng và ý thức phòng tránh sét của người dân. Thời gian cảnh báo sét trước (LT) thay đổi từ một vài phút đến khoảng 60 phút, giá trị này nhỏ hay lớn đều có ý nghĩa khoa học thực tiễn. Thời gian cảnh báo ngắn có ý nghĩa với công tác điều khiển các hệ thống thiết bị máy móc hoạt động liên tục. Thời gian cảnh báo dài có ý nghĩa với hoạt động ngoài trời như sản xuất, giao thông

vận tải, vui chơi giải trí, hoạt động thể thao...v.v. Để đánh giá các kết quả dự báo hay cảnh báo dông sét, các nhà nghiên cứu thường sử dụng các chỉ số thống kê như: tỷ lệ cảnh báo đúng (POD), tỷ lệ cảnh báo không thành công (FWT), tỷ lệ cảnh báo không (FAR), điểm số thành công (CSI)...v.v, những chỉ số thống kê này thay đổi do một vài yếu tố, trong đó có thuật toán cảnh báo, các thiết bị sử dụng và vùng nghiên cứu. Dưới đây là các đánh giá, phân tích những kết quả nghiên cứu cảnh báo sét hay dự báo hoạt động dông sét có tính tiêu biểu, nổi bật, được phân theo các nhóm các thiết bị sử dụng, bao gồm:

Nghiên cứu cảnh báo sét dựa theo số liệu điện trường và các nguồn số liệu liên quan:

Theo mô tả của Uman (1987) [9] các máy đo điện trường đã được phát minh ra trong thế kỷ trước, đã được nhiều nhà khoa học như Wilson, Simpson, Malan, Huzita, Jacobson, Krider, Krehbiel, Marshall,...v.v sử dụng để nghiên cứu cấu trúc điện tích trong mây, xác định vị trí các trung tâm tích điện của mây dông. Hoặc sử dụng để nghiên cứu biến đổi điện trường dưới sự dịch chuyển các đám mây hay biến đổi điện trường sinh ra do phóng điện sét của mây dông. Xác định được các tham số vật lý cơ bản nhất về điện khí quyển và điện trường mây dông. Các nghiên cứu này cũng cho thấy tính địa phương tác động đến kết quả nghiên cứu, như kết quả nghiên cứu thể hiện trong hình 1.2 và bảng 1.1. Theo thời gian và tiến bộ khoa học kỹ thuật, việc chế tạo và sử dụng máy đo điện trường trong nghiên cứu điện khí quyển vẫn được tiếp tục sử dụng đến hiện nay. Chính vì vậy, Montanya và ccs (2004) [17] đã khẳng định việc đo đặc cường độ điện trường ở bề mặt là cơ sở để cảnh báo mối nguy hiểm do sét. Cũng theo nhóm tác giả, điện trường thời tiết đẹp thường bị nhiễu loạn khi dông xảy ra, quá trình phát triển điện tích trong mây trước khi cú sét đầu tiên xảy ra có thể phát hiện được bằng các thiết bị đo điện trường. Thời gian phát hiện này được sử dụng làm mốc để cảnh báo sét có thể xảy ra. Khi sử dụng tổ hợp nhiều nguồn số liệu sẽ đưa ra được thông tin cảnh báo chính xác hơn. Tiếp nối các nghiên cứu trước đây, nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới trong khoảng thời gian gần đây đã sử dụng kết hợp số liệu của thiết bị đo điện trường và các nguồn số liệu liên quan khác để nghiên cứu cảnh báo sét.

Montanya và ccs (2008) [18] đã sử dụng số liệu điện trường đo tại thành phố Terrassa, số liệu sét từ mạng hai lưới định vị sét SLDN, XDDE và số liệu của 3

trạm radar dải sóng C với bán kính đo đạc khoảng từ 130 km đến 240 km, trong các năm từ 2004 đến 2007 để nghiên cứu dông sét và cảnh báo hiện tượng này cho khu vực Terrassa, Tây Ba Nha. Nhóm tác giả sử dụng phương pháp “hai vùng”, vùng cảnh báo (WA), vùng cần cảnh báo (AOC). Thông qua bốn tiêu chuẩn khác nhau để kích hoạt cảnh báo sét trong vùng AOC, đó là: phóng điện mây-đất trong vùng cảnh báo (1); định vị được phóng điện trong mây ở vùng cảnh báo (2); vùng phản hồi radar có giá trị 35 dBZ ở vùng cảnh báo (3); Xuất hiện phóng điện trong mây, phóng điện mây-đất và phản hồi radar đạt giá trị 35 dBZ trong vùng cảnh báo (4). Để cảnh báo sét cho ba khu vực khác nhau (S1 ở gần biển; S2 cách biển 1,5 km; S3 ở đỉnh núi cao 2537 m). Kết quả tại ba khu vực là tương tự nhau, tại vùng S1 (sân bay Barcelona), hiệu suất cảnh báo có xu thế tăng theo sự gia tăng bán kính vùng cần cảnh báo. Hiệu suất cảnh báo cao nhất khi sử dụng kết hợp các nguồn số liệu (tiêu chuẩn 4) và bán kính vùng cần cảnh báo khoảng 10 km, hiệu suất khoảng 65%. Hiệu suất cảnh báo thấp nhất khi chỉ sử dụng nguồn số liệu radar (tiêu chuẩn 3). Thời gian cảnh báo trước phóng điện mây-đất đầu tiên cũng được tính toán cho bốn trường hợp tại khu vực S1, ở khoảng cách cảnh báo 1, 5, 10 km, riêng trường hợp thứ (3) không tính ở khoảng cách 1 km. Thời gian cảnh báo sét, từ một số phút đến hơn 20 phút (tiêu chuẩn 3, ở khoảng cách 5 km). Công trình nghiên cứu này được công bố trong Hội nghị khoa học Quốc tế lần thứ 20, về định vị sét năm 2008, nó cũng là kết quả tóm tắt từ các kết quả nghiên cứu trước của nhóm tác giả. Việc chỉ dùng một nguồn số liệu cho kết quả cảnh báo sét không tốt bằng việc sử dụng kết hợp các nguồn số liệu. Tham số bán kính để xác định diện tích khu vực cảnh báo sét và nguồn số liệu ảnh hưởng đến chất lượng cảnh báo sét.

Beasley và ccs (2008) [19] đã sử dụng bộ số liệu của 31 trạm đo điện trường ở Trung tâm không gian Kennedy (KSC) và ở căn cứ không quân Mỹ tại mũi Canaveral (CCAFS), số liệu lượng mưa, số liệu định vị phóng điện mây-đất của hệ thống CGLSS ở KSC, trong khoảng thời gian từ 12 giờ đến 18 giờ, từ ngày 1 tháng 5 đến 30 tháng 9 (từ 2004 đến 2006) và số liệu trạm radar đặt ở Melbourne-Florida để nghiên cứu cảnh báo sét. Ở ngưỡng giới hạn cường độ điện trường lần lượt là ± 1 kV/m, ± 2 kV/m, ± 5 kV/m, bán kính vùng cần cảnh báo sét (AOC) 10 km, 5 km, 2 km và 1 km và thời hạn cảnh báo 10 phút, 5 phút, 2 phút, 1 phút. Những đánh giá phân tích của nhóm nghiên cứu cho thấy: POD giảm khi bán kính vùng cảnh báo

giảm hoặc ngưỡng cảnh điện trường cảnh báo tăng. Tỷ lệ cảnh báo đúng theo phương pháp tự động có tỷ lệ cao hơn các kết quả cảnh báo bằng phương pháp thủ công. Với ngưỡng điện trường là ± 1 kV/m, tỷ lệ cảnh báo phóng điện mây-đất đầu tiên trước 10 phút theo phương pháp tự động cho tỷ lệ cảnh báo đúng lớn nhất, đạt trên 80%, tỷ lệ cảnh báo sai trong trường hợp này thay đổi từ 16% đến 19%. Cũng với ngưỡng ± 1 kV/m, bán kính vùng cần cảnh báo 10 km, thời hạn cảnh báo từ 3 đến 6 phút cho tỷ lệ cảnh báo đúng cực đại, khoảng 72%, khi thời hạn cảnh báo từ 12 đến 15 phút có tỷ lệ cảnh báo đúng chỉ đạt 25%. Qua nghiên cứu này, có thể thấy rằng việc nghiên cứu xác định thời gian cảnh báo sét sớm là cần thiết, không phải ở hạn cảnh báo và ngưỡng cường độ điện trường nào cũng cho kết quả tốt. Với ngưỡng điện trường 1 kV/m cho kết quả cảnh báo tốt nhất, đó là một tham số mà chúng ta có thể áp dụng vào nghiên cứu cảnh báo sét ở Việt Nam.

Murphy và ccs (2008) [20] đã sử dụng số liệu điện trường ở Trung tâm không gian Kenedy tại Mỹ, đo đạc trong mùa Hè năm 2004, 2005 và số liệu định vị sét của mạng lưới định vị sét của Mỹ (NLDN) để nghiên cứu cảnh báo sét tại đây. Với số liệu điện trường được tính trung bình trong khoảng thời gian 60 giây, 10 giây và giá trị tuyệt đối ngưỡng cường độ điện trường là 1 kV/m, 2 kV/m. Nghiên cứu cho kết quả: POD trong trường hợp trung bình 60 giây, với ngưỡng 1 kV/m, 2 kV/m lần lượt là 0,34 và 0,155; tỷ lệ cảnh báo không với các ngưỡng này lần lượt là 0,741 và 0,779. Kết quả cảnh báo tốt nhất là trường hợp điện trường trung bình 10 giây, ngưỡng 1 kV/m, với giá trị POD = 0,377 và FAR = 0,710. Nếu chỉ sử dụng tham số phóng điện mây-đất (số liệu NLDN) ở trong vùng cảnh báo (WA) và không sử dụng số liệu điện trường thì khi đó POD = 0,667, FAR = 0,684. Để giải thích điều này, các tác giả đã đưa ra một số giải thích như sau: thứ nhất là kích thước vùng cần cảnh báo (AOC), vùng cảnh báo (WA) không phù hợp với vùng hiệu quả của máy đo điện trường; thứ hai vùng hiệu quả được xác định bởi môi trường trong đó các cơn dông xảy ra và đo đạc được thực hiện. Nhóm tác giả cũng giải thích là do vùng điện tích âm trong mây dông ở khu vực nghiên cứu xa trạm đo điện trường hơn ở các vùng khác như ở New Mexico hay Nhật Bản. Nghiên cứu này cho thấy, việc sử dụng kết hợp số liệu điện trường và số liệu định vị sét cho việc cảnh báo sét, không hiệu quả ở khu vực này, thể hiện qua tỷ lệ cảnh báo đúng thấp, tỷ lệ cảnh báo không cao. Kể cả khi, chỉ sử dụng một nguồn số liệu định vị sét thì tỷ lệ cảnh báo

không cũng cao, cho dù tỷ lệ cảnh báo đúng cao so với việc sử dụng hai nguồn số liệu. Điều này, đã khẳng định là hoạt động dông sét có tính chất địa phương và ảnh hưởng lớn đến kết quả cảnh báo sét ở khu vực nghiên cứu, do vậy chúng ta cần xác định vị trí các trung tâm tích điện của đám mây dông.

Aranguren và ccs (2009) [21] đã dựa trên số liệu đo điện trường tại trạm ở thành phố Terrassa và số liệu định vị sét (phóng điện mây-đất và trong mây) từ hai mạng lưới định vị (SLDN và XDDE) của Tây Ba Nha, khảo sát được từ 7 cơn dông mùa Hè trong khoảng thời gian từ 2004 đến 2006, để nghiên cứu cảnh báo sét tại Terrassa. Dựa trên phương pháp “hai vùng”, nhóm tác giả đưa ra phương pháp cảnh báo sét dựa trên sự phát hiện các ngưỡng điện trường và sự đảo cực. Với ngưỡng cường độ điện trường là 800 V/m cho số cảnh báo hiệu quả (EA) cực đại. Khi ngưỡng thấp hơn 2 kV/m hầu như phóng điện mây-đất xuất hiện ở vùng cần cảnh báo (AOC) được cảnh báo. Ở các ngưỡng điện trường cao hơn nhiều phóng điện mây-đất không cảnh báo trước được (cảnh báo không thành công FTW). Với tiêu chuẩn đảo cực điện trường, cho ngưỡng cảnh báo có kết quả tốt hơn ngưỡng cường độ điện trường bình thường. Thời gian cảnh báo sét trước (LT) trong trường hợp đảo cực là 8,0 phút và 6,5 phút trong trường hợp thông thường. Thời gian cảnh báo sét trước (LT) xác định được mây dông ở khoảng cách nhỏ (nhỏ hơn 10 km). Qua nghiên cứu này của chúng ta có thể thấy rằng, nhóm tác giả đã áp dụng được phương pháp “hai vùng” để cảnh báo sét và đánh giá kết quả cảnh báo, phương pháp này đã được một số nhà nghiên cứu khác, trước đó thực hiện. Tỷ lệ cảnh báo đúng POD, theo ngưỡng từ 100 V/m đến 3000 V/m có xu thế giảm dần, giá trị lớn nhất cũng chỉ hơn 70% và thời gian cảnh báo trước khi sét xảy ra cũng không lớn (<10 phút), điều này có thể giải thích do nguồn số liệu nghiên cứu chưa nhiều (chỉ có 7 cơn dông), nghiên cứu cũng chưa bổ sung thêm những nguồn số liệu khác như radar, vệ tinh hay số liệu quan trắc synop.

Ferro và ccs (2011) [22] đã dùng số liệu điện trường đo đạc từ tháng 10/2007 tới 02/2009 và số liệu thu thập từ các máy định vị sét thuộc hệ thống LLS của Brazil với hiệu suất phát hiện lớn hơn 80%, để cảnh báo sét và đánh giá kết quả cảnh báo sét ở khu vực Đông Nam Brazil. Thiết bị điện trường đặt ở trung tâm vùng cần cảnh báo (AOC), với các ngưỡng điện trường $\pm 0,5$; $\pm 0,8$; $\pm 0,9$; $\pm 1,0$; $\pm 1,2$; $\pm 1,5$ kV/m, cảnh báo sét cho khu vực từ 0 đến 5 km, từ 5 đến 10 km và từ 10 đến 15 km. Với

ngưỡng $\pm 0,9$ kV/m, bán kính vùng cần cảnh báo AOC: 10 km, cho tỷ lệ cảnh báo đúng sét POD = 60%, thời gian cảnh báo sét trước LT = 13 phút, giá trị này lớn hơn một số nghiên cứu trước, tỷ lệ cảnh báo không FAR = 41%. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mặc dù kết quả cảnh báo đã tốt hơn một số nghiên cứu trước đó, tuy nhiên để có thể tăng tỷ lệ cảnh báo đúng và giảm tỷ lệ cảnh báo sai, đồng quan điểm với nhóm tác giả, thì cần phải bổ sung thêm số liệu phản hồi radar hoặc vệ tinh.

López và ccs (2012) [23] đã dựa trên số liệu điện trường EFM và số liệu định vị sét mạng lưới CLLN, của 21 cơn dông (2010 đến 2011) và phương pháp “hai vùng”, với một số tiêu chuẩn để cảnh báo dông và đánh giá kết quả cảnh báo, cho khu vực miền núi Medellín-Colombia. Các tiêu chuẩn bổ sung bao gồm: tiêu chuẩn 1: xác định được nhóm sét trong vùng cảnh báo WA; tiêu chuẩn 2: có sự chồng chập giữa vùng mây dông hoạt động và vùng cảnh báo; tiêu chuẩn 3: dông di chuyển và hướng về vùng cần cảnh báo AOC; tiêu chuẩn 4: điện trường trạm ngưỡng, điện trường biến đổi đột ngột hoặc tức thì. Trong trường hợp không sử dụng các tiêu chuẩn bổ sung và số liệu điện trường, chỉ sử dụng số liệu định vị sét, dựa trên 93 cảnh báo, kết quả tỷ lệ cảnh báo đúng POD = 64%; tỷ lệ cảnh báo không FAR = 69%, thời gian cảnh báo sét trước chỉ vài giây đến vài phút, sai số cảnh báo trường hợp này khá cao. Trong trường hợp sử dụng ba tiêu chuẩn 1, 2, 3 và số liệu định vị phóng điện mây-đất, dựa trên 52 cảnh báo, kết quả tỷ lệ cảnh báo đúng POD = 51%; tỷ lệ cảnh báo không FAR = 41%, thời gian cảnh báo sét trước trung bình LT = 45 phút, mặc dù tỷ lệ cảnh báo không đã giảm nhiều so với trường hợp trước, nhưng tỷ lệ cảnh báo đúng cũng chỉ đạt hơn mức trung bình. Trong trường hợp sử dụng ba tiêu chuẩn 1, 3, 4 và số liệu định vị phóng điện mây-đất, dựa trên 60 cảnh báo, kết quả tỷ lệ cảnh báo đúng POD = 68%; tỷ lệ cảnh báo không FAR = 46%, thời gian cảnh báo sét trước trung bình LT = 32 phút, Những nghiên cứu cho thấy: phương pháp, vị trí và nguồn số liệu nghiên cứu ảnh hưởng đến chất lượng cảnh báo, chất lượng cảnh báo sét được nâng lên khi bổ sung thêm các nguồn số liệu phản ánh được nhiều nhất hoạt động dông sét.

Junchi và ccs, (2015) [24] đã phát triển thuật toán cảnh báo sét sử dụng số liệu điện trường EFM và số liệu định vị sét của mạng trạm LPN các tháng 6, 7, 8 năm 2013 và 2014. Cải tiến phương pháp hai vùng bằng cách để hai trạm đo điện trường ở gần nhau (cách nhau 4 km), cải tiến thành phương pháp hai vùng lồng

nhau và bổ sung một số ngưỡng. Để cảnh báo sét cho vùng Jiangsu, Trung Quốc, biến đổi điện trường theo thời gian làm trơn bằng cách tính trung bình trượt (30 giây và 90 giây), ngưỡng điện trường cảnh báo 2 kV/m và 4 kV/m. Kết quả cảnh báo tốt nhất ở ngưỡng 4 kV/m (trung bình 30 giây) có giá trị tỷ lệ cảnh báo đúng $POD = 0,689$ (cao thứ 2), lớn gần gấp đôi tỷ lệ cảnh báo không có thể chấp nhận được $FAR = 0,362$. Các trường hợp khác có tỷ lệ cảnh báo đúng và tỷ lệ cảnh báo không gần bằng nhau, hoặc chênh lệch không nhiều. Nghiên cứu này đề cập đến phương pháp cảnh báo sét, trong đó có sử dụng phương pháp “hai vùng”, như nhiều nhà nghiên cứu khác đã sử dụng, khẳng định tính đúng đắn của phương pháp. Tác giả cũng xây dựng được quy trình cảnh báo, tuy nhiên tác giả chỉ đề cập đến cảnh báo đúng, sai hoặc không cảnh báo, thể hiện qua các chỉ số thống kê, mà chưa đề cập đến thời gian cảnh báo trước, như nhiều nghiên cứu khác xác định.

Srivastava và ccs (2015) [25] đã nghiên cứu sử dụng mô hình chuỗi số liệu ngẫu nhiên, phân tích chuỗi Markov số liệu điện trường, để cảnh báo sét cho khu vực Ranchi, Jharkhand ở Ấn Độ. Phân tích trạng thái chuỗi Markov điện trường, biến đổi điện trường được phân chia thành các khoảng, ứng với các trạng thái, ở các điều kiện thời tiết khác nhau, tính toán xác suất chuyển trạng thái, ngưỡng cảnh báo 6 giờ, 1 giờ, 15 phút và 1 phút. Và kết quả là: với ngưỡng cảnh báo trước 1 phút cho cảnh báo sét đúng 100%, trước 15 phút là 66,5%, trước 1 giờ là 8,58%; trước 6 giờ 28,96%. Kết quả này phù hợp với nhiều nghiên cứu khác trên thế giới, có thể áp dụng được cho các khu vực có nguồn số liệu nhiều. Đồng quan điểm với các tác giả người đọc thấy, kết quả cảnh báo sét sẽ tăng độ chính xác khi bổ sung thêm các nguồn số liệu khác, các tác giả đề xuất là số liệu gió và độ ẩm.

Murphy và ccs (2016) [26] đã dùng số liệu máy đo điện trường trong mùa hè năm 2015, số liệu thu thập từ hệ thống định vị sét (NLDN của Mỹ) ở Louisville-Mỹ (tại độ cao 1640 m, ở sườn núi hướng Đông tại vùng núi Rocky) và phương pháp “hai vùng”, giống như nghiên cứu Murphy và ccs (2008) cũng như nhiều tác giả khác sử dụng, để nghiên cứu cảnh báo sét. Cảnh báo sét được kích hoạt dựa trên một số tiêu chuẩn sau: (1) xảy ra sét ở trong vùng cảnh báo (WA) hoặc điện trường đạt ± 2 kV/m; (2) xảy ra sét trong vùng cảnh báo và điện trường đạt ± 2 kV/m; (3) có sét xảy ra. Trong khoảng thời gian nghiên cứu đã có 17 cơn dông quan trắc thấy ở trên vùng cần cảnh báo (AOC) xung quanh cơ sở của Vaisala ở Louisville. Trường

hợp (1), xác suất phát hiện tối thiểu trước 2 phút phóng điện mây đất xảy ra lần đầu ở vùng cần cảnh báo $POD2 = 100\%$ và tỷ lệ cảnh báo không thành công $FWT = 0\%$, tỷ lệ cảnh báo không $FAR = 78\%$. Trường hợp (2), $POD2 = 70,6\%$, $FWT = 29,6\%$, $FAR = 43,3\%$. Và trường hợp thứ (3), $POD2 = 100\%$, $FWT = 0,0\%$, $FAR = 71,2\%$. Thời gian cảnh báo sét trước trung bình $LT = 20$ phút. Nhóm nghiên cứu cũng thực hiện nghiên cứu cảnh báo sét ở khu vực nằm ở giữa cơ sở của Vaisala và vị trí trên cao gần đó, qua 29 cơn dông. Kết quả nghiên cứu cho thấy, ở địa hình cao, sét xảy ra trong 20 km có tỷ lệ cảnh báo đúng $POD2 = 65,5\%$, thấp hơn các vị trí có độ cao thấp hơn và tỷ lệ cảnh báo không ít hơn ($FAR = 51,7\%$). Đây là nghiên cứu bước đầu, dựa trên các nguồn số liệu đáng tin cậy, có kết quả cảnh báo chấp nhận được, mặc dù hạn dự báo là rất nhỏ (chỉ 2 phút) nhưng một số trường hợp tỷ lệ cảnh báo không vẫn cao. Để tăng chất lượng cảnh báo sét ở khu vực này, người đọc thấy cần phải tăng thời gian đo đạc các nguồn số liệu để xác định được ảnh hưởng của đồng địa phương đến chất lượng cảnh báo.

Tao và ccs (2016) [27] đã đưa ra giải pháp cảnh báo sét sử dụng bộ số liệu điện trường và thiết bị phát hiện sét (xác định được thời gian và vị trí xảy ra sét), ứng dụng để phòng chống sét cho hệ thống mạng lưới truyền tải điện ở Trung Quốc. Phương pháp chia ngưỡng điện trường thành bốn mức: 1,5 kV/m, 3,0 kV/m, 5,0 kV/m, 8,0 kV/m, mỗi mức ứng với các trạng thái khác nhau của mây dông và tính toán độ chênh lệch điện trường theo thời gian trước 5 phút, 15 phút, 30 phút, kết quả đã làm giảm tỷ lệ không cảnh báo. Khi sử dụng kết hợp số liệu sét và phương pháp dự báo tuyến tính đã làm giảm đáng kể tỷ lệ cảnh báo sai. Nhóm tác giả cũng kết hợp sử dụng số liệu điện trường và số liệu thiết bị phát hiện sét để xác định bốn mức cảnh báo sét lần lượt là: xanh, vàng, cam và đỏ, áp dụng cho việc phòng tránh mối nguy hiểm do sét xảy ra ở vùng nghiên cứu. Hệ thống cảnh báo có thể gửi thông tin cảnh báo mối nguy hiểm do sét trước gần 15 phút, trước khi mây dông đến các tháp cột điện. Nhóm tác giả cũng dự kiến nghiên cứu tiếp theo sẽ cải tiến được phương pháp cảnh báo khi sử dụng kết hợp với số liệu phản hồi radar và vệ tinh.

Clulow và ccs (2018) [28] đã sử dụng hệ thống cảnh báo sét LWS gồm: thiết bị CS110 đo cường độ điện trường và thiết bị phát hiện sét theo ngưỡng SG000, để báo động hoạt động của dông sét khu vực khai thác mỏ đồng Kensevere ở Congo. Trạng thái cảnh báo được chia thành ba trạng thái. Trạng thái 1 (bình thường): đèn

hiệu màu xanh, điện trường trung bình 1 phút và 10 phút có giá trị nhỏ hơn 1000 V/m, không phát hiện ra sét trong bán kính 32 km trong khoảng 30 phút. Trạng thái 2 (chú ý): đèn hiệu màu vàng, điện trường trung bình 1 phút có giá trị lớn hơn 1000 V/m, phát hiện ra sét trong bán kính 32 km. Trạng thái 3 (cảnh báo): đèn hiệu màu đỏ, điện trường trung bình 1 phút có giá trị lớn hơn 2000 V/m, phát hiện ra sét trong bán kính 16 km. Trong năm 2015-2016, thời gian cảnh báo sét trung bình là 1,17 giờ, cực đại 7,45 giờ, cực tiểu là 0,02 giờ. Trong năm 2016-2017, thời gian cảnh báo sét trung bình là 1,19 giờ, cực đại 8,60 giờ, cực tiểu là 0,02 giờ. Thực tế, đây là nghiên cứu thống kê cảnh báo sét, dựa trên phương pháp hai vùng, đáp ứng được nhu cầu cảnh báo sét cho các khu vực khai thác mỏ, đặc biệt là tại một đất nước trong nhóm đứng đầu về dông sét như Congo. Do bán kính vùng cần cảnh báo 16 km, là lớn hơn so với một số tác giả khác, điều này làm cho thời gian cảnh báo sét lớn hơn nhiều các tác giả khác. Hơn nữa, ngưỡng điện trường 1000 V/m, được xác định một cách định tính, do tại các khu vực khai thác mỏ, các hạt bụi thường rất nhiều, đây là cũng là nguyên nhân gia tăng điện trường nền tại khu vực nghiên cứu.

Wang và ccs (2019) [29] đã sử dụng hệ thống cảnh báo sét thông minh LWS để nghiên cứu cảnh báo sét tại Hàn Quốc. Hệ thiết bị này bao gồm bộ cảm biến điện trường và ăng ten chữ thập để dò tìm điện trường và từ trường sinh ra do tia sét. Số liệu biến đổi điện trường, nhiệt độ và độ ẩm thu được trước hai phút, khi sét xảy ra, được sử dụng đưa vào thuật toán mạng thần kinh nhân tạo (ANN) để cảnh báo sét. Hệ thống này đã cảnh báo được sự xuất hiện của sét, với độ chính xác 93,9%, cao hơn 27,1% hệ thống cảnh báo sét LWS đang được vận hành và hoạt động theo phương pháp ngưỡng, chỉ phụ thuộc vào độ lớn điện trường. Nghiên cứu cho thấy việc sử dụng số liệu điện trường có thể cảnh báo được hoạt động sét, chất lượng cảnh báo có thể nâng cao hơn, khi bổ sung các nguồn số liệu liên quan khác. Tuy vậy, để cải tiến độ nhạy đo đặc điện trường, bộ khuếch đại điện trường của thiết bị đo gồm 2 tấm đồng có kích cỡ tương đối lớn (đường kính 1 m), điều này sẽ không thuận lợi cho việc đưa vào nghiên cứu ứng dụng ở trong thực tế. Nghiên cứu này cũng phù hợp với khu vực cần thời hạn cảnh báo ngắn như sân bay, sân bóng đá, hoạt động quân sự,...vv, cần thời hạn cảnh báo ngắn để các hoạt động liên quan gián đoạn ở mức ngắn nhất.

Zeng và ccs (2013) [30] đã dựa theo số liệu 5 trạm điện trường đo đạc thực nghiệm ở bề mặt, 2 trạm radar thời tiết, trong khu vực có diện tích $100 \text{ km} \times 100 \text{ km}$, tại Nanjing-Trung Quốc, đo đạc trong mùa hè năm 2009, 2010, để dự báo hoạt động sét. Số liệu định vị sét LLS (gồm 9 trạm, độ chính xác nhỏ hơn 300m, hiệu suất phát hiện khoảng 95%) được sử dụng để đánh giá những thông tin dự báo đưa ra. Nghiên cứu cho kết quả: ở ngưỡng phản hồi 30 dBZ tại độ cao 6 km cho kết quả dự báo tốt nhất $\text{POD} = 84,4\%$, $\text{FAR} = 15,6\%$, $\text{CSI} = 73,0\%$. Trên toàn bộ cơ sở số liệu (2 năm) các tác giả đã xác định được $\text{POD} = 82,7\%$, $\text{FAR} = 14,6\%$, $\text{CSI} = 72,4\%$, thời gian trung bình dự báo sét xảy ra lần đầu là $\text{LT} = 20,8$ phút. Kết quả nghiên cứu này so với một số nghiên cứu trước ở khu vực khác có kết quả tốt hơn, thể hiện ở tỷ lệ cảnh báo không, thấp hơn rất nhiều các nghiên cứu trước. Việc sử dụng tổ hợp nhiều nguồn số liệu và các cải tiến về độ chính xác của các thiết bị đo, cũng tạo ra nhiều điểm thuận lợi cho các kết quả tốt hơn cho khu vực nghiên cứu. Giá trị POD và CSI của nghiên cứu này tương tự như nghiên cứu của Gremillion và Orville, (1999), trong khi đó FAR có giá trị cao hơn hai lần, thời gian dự báo trước LT lại lớn hơn gần ba lần.

Meng và ccs (2019) [31] đã thiết kế và phát triển hệ thống cảnh báo và dự báo sét hạn rất ngắn CAMS_LNWS thời hạn từ 0 đến 1 giờ, đưa ra thông tin hoạt động sét và thông tin cảnh báo sét ở một vài vùng thuộc Trung Quốc. Hệ thống đã kết hợp các nguồn số liệu điện trường, vệ tinh, định vị sét, radar, thám không, quan trắc synop và các mô hình dự báo. Hai thuật toán cốt lõi, được sử dụng trong hệ thống này gồm: thuật toán theo dõi, xác định và ngoại suy; thuật toán cây quyết định. Hệ thống được thiết kế sử dụng dạng khung, mô đun cấu trúc và kết hợp các phương pháp cảnh báo được áp dụng trong chương trình cảnh báo. Hai thuật toán mới liên quan đến cảnh báo sớm cú sét đầu tiên và sự tiêu tán của dông cũng đã được đưa vào trong hệ thống, đang trong quá trình nâng cấp. Hoạt động dông sét xác định bằng hệ thống định vị sét tần số thấp của các cơn dông xảy ra ở Beijing, Tianjin và Hebei trong năm 2016-2017, được sử dụng để đánh giá hệ thống CAMS_LNWS. Kết quả cho thấy, hệ thống có khả năng dự báo và cảnh báo tốt với các hệ thống dông địa phương, điểm số TS trong khoảng từ 0 đến 1 giờ, thay đổi từ 0,11 đến 0,32, giá trị trung bình 0,2. Với hạn dự báo: 0 đến 15 phút, 15 đến 30 phút, 30 đến 45 phút và 45 đến 60 phút, có POD cao nhất chỉ bằng 0,49, FAR ở tất cả các

trường hợp đều cao hơn POD, giá trị cao nhất đạt 0,77. POD thay đổi từ 0,26 đến 0,54, giá trị trung bình bằng 0,41. Hệ thống này, được nhóm tác đánh giá là có chỉ số TS và POD đều đạt ở mức tương đối cao, hệ thống dự báo hạn ngắn sét có tác động tốt trong việc dự báo thời điểm bắt đầu và thời điểm kết thúc sét trong các cơn dông có hoạt động sét có tính hệ thống hoặc xảy ra thường xuyên. Hệ thống cũng nắm bắt tốt khu vực xảy ra sét và xu thế dịch chuyển của hoạt động sét. Qua nghiên cứu này, ta thấy, mặc dù để xây dựng được hệ thống CAMS_LNWS, đòi hỏi rất nhiều nguồn lực, nghiên cứu đã có nhiều kết quả ban đầu, nhưng kết quả cảnh báo vẫn chưa được như mong đợi, thể hiện qua chỉ số POD luôn nhỏ hơn FAR. Do vậy, cần phải tiếp tục thử nghiệm và cập nhật thêm cho hệ thống CAMS_LNWS để giảm tỷ lệ cảnh báo không xuống mức thấp nhất, nâng cao hạn dự báo hay cảnh báo lên từ 0 đến 6 giờ bằng các mô hình dự báo thời tiết số quy mô vừa.

Từ những phân tích trên cho thấy:

Số liệu điện trường được sử dụng rộng rãi trên thế giới để nghiên cứu dự báo, cảnh báo hoạt động dông sét. Nguồn số liệu này cũng thường được sử dụng trực tiếp hoặc kết hợp với các nguồn số liệu khác như số liệu radar, vệ tinh, định vị sét, phát hiện sét, mưa, gió, độ ẩm hay quan trắc synop...v.v. Quy mô bán kính các vùng cần cảnh báo sét sử dụng số liệu điện trường thay đổi từ một vài km đến nhỏ hơn 20 km. Ngưỡng điện trường sử dụng phổ biến trong các nghiên cứu cảnh báo sét dao động xung quanh giá trị $\pm 1\text{kV/m}$.

Những kết quả nghiên cứu cảnh báo sét sử dụng số liệu điện trường và các nguồn số liệu liên quan đã xác định được thời hạn cảnh báo sét trước thay đổi từ một vài phút đến gần một giờ. Tỷ lệ cảnh báo đúng phổ biến trong khoảng từ 40% đến 90%. Tuy nhiên, vẫn vẫn tồn tại những nghiên cứu có tỷ lệ cảnh báo không (FAR) cao, đôi khi tỷ lệ cảnh báo không và tỷ lệ cảnh báo đúng gần như nhau, chiếm gần 70%. Một số tác giả đã đề xuất bổ sung thêm các nguồn số liệu khác liên quan, để nâng cao độ chính xác của phương pháp cảnh báo sét. Các kết quả nghiên cứu cũng cho thấy độ chính xác của cảnh báo sét ngoài việc bị ảnh hưởng bởi các thiết bị quan trắc, phương pháp cảnh báo, còn bị ảnh hưởng bởi các đặc tính địa phương về hoạt động dông sét nơi nghiên cứu như: ngưỡng điện trường cảnh báo, độ cao chân mây, độ cao đỉnh mây, dòng điện sét, sét dương, sét âm, mật độ sét, số

ngày đông, số giờ đông hay sol khí là nguồn gốc của sự nhiễm điện trong khí quyển.

Nghiên cứu cảnh báo sét dựa theo số liệu radar hoặc vệ tinh và các nguồn số liệu liên quan:

Radar thời tiết và vệ tinh khí tượng có thể xác định vị trí, cấu trúc của đám mây hoặc theo dõi hoạt động của các đám mây theo các dạng và quy mô khác nhau, ngoài ra vệ tinh khí tượng cũng có thể chụp ảnh sét từ không gian. Số liệu các hệ thiết bị này thường được dùng kết hợp với các nguồn số liệu liên quan để nghiên cứu dự báo, cảnh báo, xác định hoặc theo dõi các khối mây có dông sét. Cũng như thiết bị điện trường, radar thời tiết và vệ tinh khí tượng đã được phát minh ra từ trong thế kỷ trước. Số liệu radar thời tiết và vệ tinh khí tượng trước đây thường được sử dụng trong nghiên cứu cấu trúc bão, chuyển động của bão, đo vận tốc gió, ước lượng cường độ mưa, xác định nhiệt độ đỉnh mây, vệ tinh chụp ảnh sét. Tuy nhiên, số liệu sử dụng trong các nghiên cứu này thường có độ phân giải lớn, phù hợp với các khối mây có quy mô vừa đến quy mô lớn hoặc ô lưới của các mô hình dự báo thời tiết số các phiên bản trước đây. Đến khoảng gần 30 năm trở lại đây dưới sự phát triển của khoa học kỹ thuật đã đem lại nguồn số liệu radar thời tiết và vệ tinh khí tượng có độ phân giải chi tiết hơn, độ chính xác lớn hơn so với thời gian trước đó, nhiều thuật toán mới được phát triển làm nâng cao tốc độ tính toán và khả năng nghiên cứu. Chính vì lẽ đó trong thời gian gần đây đã có nhiều nghiên cứu dự báo, cảnh báo, theo dõi hoặc xác định hoạt động dông sét theo số liệu radar hoặc vệ tinh và các nguồn số liệu liên quan được công bố.

Gremillion và Orville (1999) [32] đã sử dụng số liệu phản hồi radar WSR-88D, xác định được 39 cơn dông nhiệt ở Trung tâm không gian Kennedy (diện tích $100 \text{ km} \times 100 \text{ km}$), trong khoảng thời gian từ tháng 5 đến tháng 9, năm 1992 đến 1997 và số liệu định vị phóng điện mây-đất của mạng lưới NLDN ở Mỹ. Để kiểm tra khả năng dự báo thời điểm bắt đầu xảy ra phóng điện mây-đất, xác định chỉ số dự báo tốt nhất khả năng xảy ra sét. Kết quả nghiên cứu đã xác định được chỉ số dự báo tốt nhất phóng điện mây-đất có thể xảy ra là khi độ phản hồi mây đạt 40 dBz, ở độ cao có nhiệt độ âm 10^0 C . Thời gian dự báo hay cảnh báo trung bình từ lúc xác định được các chỉ số có thể xảy ra phóng điện mây-đất và cú phóng điện mây-đất đầu tiên là 7,5 phút, tỷ lệ cảnh báo đúng $\text{POD} = 0,84$, tỷ lệ cảnh báo không $\text{FAR} =$

0,07. Chỉ số hay dấu hiệu sét xảy ra khi độ phản hồi mây đạt 40 dBz, ở độ cao có nhiệt độ âm 15⁰ C và âm 20⁰ C, có thời gian cảnh báo ngắn hơn. Mặc dù kết quả cảnh báo sét trong nghiên cứu này tương đối tốt, thể hiện qua tỷ lệ cảnh báo đúng cao, tỷ lệ cảnh báo không nhỏ, độ cao phù hợp với cơ cấu điện tích mây dông ở khu vực cận nhiệt đới, có thể áp dụng được cho các vùng nghiên cứu khác. Tuy nhiên, vùng nghiên cứu bao phủ trong diện tích tương đối lớn 100 km×100 km, cần kiểm chứng thêm nếu áp dụng cho các vùng có diện tích nhỏ hơn. Tại khu vực nghiên cứu, số liệu định vị sét có sai số xấp xỉ khoảng 0,6 km, số liệu radar có độ phân giải ngang 1,0 km, phân giải thẳng đứng 0,5 km, đây cũng là điều không thuận lợi ở các khu vực nghiên cứu khác, chưa có nguồn số liệu khác tương ứng như vậy.

Bonelli và cs (2008) [33] sử dụng số liệu định vị sét, phản hồi radar dải C và phương pháp xác định vận tốc và hướng dịch chuyển từ các bước thời gian trước, tương quan đồng dạng hình học để xác định đường kính và trung tâm các ổ dông. Từ đó dự báo hạn rất ngắn hoạt động dông sét cho khu vực phía bắc Italia và đánh giá các kết quả. Ngoài ra, phương pháp này cho phép tính toán vận tốc các ổ mây dông và dự báo chúng ở các vị trí mới sau nửa giờ, 1 giờ hoặc nhiều hơn. Phương pháp theo dõi cũng có thể cho phép phát hiện các ổ dông và theo dõi đường đi của chúng bằng cách tính trung bình chỉ từ số liệu vị trí sét. Kết quả tính toán cho 12 thành phố cho thấy: POD thay đổi trong khoảng từ 0,26 đến 0,53; Tỷ lệ cảnh báo không thay đổi trong khoảng từ 0,42 đến 0,74; CSI thay đổi trong khoảng từ 0,15 đến 0,36; HSS thay đổi trong khoảng từ 0,26 đến 0,52. Nghiên cứu cũng chỉ ra là việc theo dõi hay dự báo hạn rất ngắn các đám mây dông có quy mô nhỏ, tồn tại trong khoảng thời gian ngắn theo số liệu radar cũng không được tốt. Và theo số liệu định vị sét thì phù hợp hơn với các hệ thống mây dông quy mô vừa hoặc lớn.

Schneider và ccs (2008) [34] đã sử dụng số liệu phản hồi radart, số liệu quan trắc synop, số liệu Metar, số liệu các trường đầu ra của mô hình, số liệu phát hiện sét và phương pháp nội suy VERA, để dự báo hạn rất ngắn dông siêu ô, hiện tượng kèm theo hoạt động dông sét mạnh, cho khu vực Vienna, Áo, ngày 13/05/2003. Đây là nghiên cứu kết hợp sử dụng mô hình số với một số cải tiến của nhóm tác giả, kết quả chỉ đề cập đến dự báo hạn rất ngắn dông siêu ô, với các hiện tượng thời tiết kèm theo như lốc xoáy, mưa đá, mưa lớn và lũ quét, chưa đề cập đến cảnh báo sét hay dự báo hạn rất ngắn cho khu vực cụ thể. Kết quả dự báo, cũng cho thấy sự phù hợp

giữa vùng xảy ra dông siêu ô, vùng phản radar mạnh và vùng xảy ra hoạt động sét. Tuy nhiên, nghiên cứu này chỉ là một nghiên cứu trường hợp, để khẳng định thêm tính đúng đắn của phương pháp cần phải thêm nhiều trường hợp khác.

Mosier và ccs (2011) [35] đã sử dụng số liệu radar Doppler ở khu vực Houston, số liệu thám không do (NOAA/ESRL) cung cấp, trong khoảng thời gian từ 14 giờ đến 24 giờ, các tháng mùa hè (tháng 6, 7, 8) trong 10 năm (1997 đến 2006) để nghiên cứu dự báo hạn rất ngắn phóng điện mây-đất ở Houston. Sử dụng thuật toán SCIT và ba giá trị phản hồi (30, 35 và 40 dBZ) ở 4 mực đẳng nhiệt (-10°C , -15°C , -20°C và mực nhiệt độ tạo dòng thăng -10°C). Tối ưu số liệu radar bằng số liệu định vị sét của mạng lưới NLDN. Nghiên cứu đã xác định được tiêu chuẩn dự báo sét tốt nhất, sử dụng tiêu chuẩn độ phản hồi radar 30 dBZ ở độ cao đẳng nhiệt âm 15°C , âm 20°C , trong phạm vi 75 km của radar (2 lần quét), cho dự báo sét tốt nhất với điểm số thành công CSI = 0,68. Điểm số thành công trong trường hợp bổ sung thêm chỉ số về sự kết hợp các hạt băng, CSI = 0,67. Thời gian dự báo hay cảnh báo sét trước trung bình của hai trường hợp này lần lượt là LT = 10 phút và LT = 13,4 phút. POD cao nhất bằng 0,87, để đạt được kết quả nghiên cứu tốt như vậy, nhóm tác giả đã dựa trên nguồn số liệu đủ dài, nhiều nguồn số liệu, các thiết bị quan trắc tương đối hiện đại và thuật toán được cải tiến. Và do vậy để thực hiện được các nghiên cứu như nghiên cứu này ở khu vực khác là rất khó, do sự hạn chế về thiết bị đo đạc và các giải thuật kèm theo. Tuy vậy, một số tiêu chuẩn mà nhóm tác giả xác định được, trong dự báo hạn rất ngắn phóng điện mây-đất, rất đáng để chúng ta tham khảo và sử dụng trong nghiên cứu khác, trong điều kiện thiết bị đo đạc chưa đầy đủ.

Seroka và ccs (2012) [36] đã sử dụng số liệu radar WSR-88D trong 4 năm (2006 đến 2009) vào mùa Hè (các tháng 6, 7, 8), thu thập trong khoảng thời gian từ 14 giờ đến 24 giờ hàng ngày, ở Melbourne, Florida và thuật toán SCIT để dự báo hạn rất ngắn phóng điện trong mây và phóng điện mây-đất ở trung tâm không gian Kennedy (KSC). Các kết quả cho thấy ngưỡng phản hồi radar và mực đẳng nhiệt đóng băng (VII) cho dự báo hạn rất ngắn phóng điện mây-đất tốt nhất là 25 dBZ ở -20°C , với phóng điện trong mây là 25 dBZ ở -15°C . Bảy sáu phần trăm ô mây dông có phóng điện trong mây trước khi phóng điện mây-đất bắt đầu. Sử dụng phóng điện trong mây đầu tiên để dự báo phóng điện mây-đất xảy ra lần đầu cho thời gian

dự báo trung bình là 2,4 phút, $POD = 0,78$, $FAR = 0,35$, $CSI = 0,55$. Khi sử dụng ngưỡng phản hồi 25 dBZ ở $-20^{\circ}C$ cho kết quả dự báo $POD = 0,78$, $FAR = 0,46$, $CSI = 0,47$ và phóng điện mây-đất xảy ra lần đầu được cảnh báo trước 6,4 phút. Khi sử dụng chỉ số VII, cho kết quả dự báo $POD = 0,75$, $FAR = 0,44$, $CSI = 0,47$ và phóng điện mây-đất xảy ra lần đầu được cảnh báo trước 6,1 phút. Đây là nghiên cứu khá tương đồng với nghiên cứu Mosier và ccs (2011), chỉ khác về khu vực nghiên cứu và nguồn số liệu radar, thám không. Tỷ lệ cảnh báo đúng và thời gian cảnh báo sét trước trong nghiên cứu này đều thấp hơn so với nghiên cứu của Mosier và ccs, ngưỡng phản hồi cho dự báo tốt nhất phóng điện mây-đất là 25 dBz, ở $-20^{\circ}C$ (Mosier, 25 dBz ở $-15^{\circ}C$). Qua đó phân tích chúng ta thấy được tính địa phương ảnh hưởng đến mây dông, cũng như kết quả dự báo, cảnh báo dông sét.

Karagiannidis và ccs (2016) [37] đã sử dụng số liệu vệ tinh MSG (kênh hồng ngoại) và số liệu sét thời gian thực của mạng lưới định vị sét ZEUS (VLF) để dự báo hạn rất ngắn hoạt động sét ở Hy Lạp, trong khoảng thời gian từ tháng 5 đến tháng 9. Nhiệt độ đo ở hai dải phổ 6,2 μm và 10,8 μm và số liệu định vị sét trong 15 phút trước, được sử dụng để dự báo hoạt động sét 1 giờ tiếp theo. Dải phổ 10,8 μm cho thấy khả năng đóng băng xảy ra ở đỉnh của đám mây, chênh lệch hai dải phổ (6,2 μm và 10,8 μm) biểu thị độ dày của mây, xu thế trong 15 phút dải phổ 10,8 μm biểu thị tốc độ phát triển của mây. Kết quả cho thấy, khi chỉ sử dụng số liệu ảnh mây vệ tinh, ngưỡng tối ưu cho hiệu suất dự báo tốt nhất là: nhiệt độ kênh 10,8 μm ở ngưỡng $-16^{\circ}C$; chênh lệch hai dải phổ (6,2 μm và 10,8 μm) ở ngưỡng $-25^{\circ}C$; ngưỡng xu thế nhiệt độ kênh 10,8 μm $-4^{\circ}C$. Khi đó xác suất dự báo đúng POD lớn hơn 0,7, tỷ lệ cảnh báo không xấp xỉ 0,5 và chỉ số BIAS gần bằng 1. Khi sử dụng kết hợp cả số liệu sét và vệ tinh (ZEUS và MSG), với hạn dự báo trước 15 phút, cho $POD = 0,81$, tỷ lệ cảnh báo không tương đối thấp $FAR = 0,44$. Nghiên cứu này cho thấy việc sử dụng một nguồn số liệu, ở đây là số liệu vệ tinh để cảnh báo sét cho kết quả cảnh báo sét không tốt bằng việc sử dụng tổ hợp với nguồn số liệu khác (như định vị sét). Một số ngưỡng tiêu chuẩn có thể sử dụng được cho các nghiên cứu ở khu vực khác để cảnh báo sét, đánh giá độ chính xác của phương pháp hoặc cải tiến phương pháp.

Zhou và ccs (2020) [38] đã sử dụng tổ hợp đa nguồn số liệu gồm vệ tinh Himawari-8, radar (dải C hoặc dải X), định vị sét mạng lưới NLDN của Trung

Quốc và phương pháp học sâu (Deep Learning) để dự báo hạn rất ngắn phóng điện mây-đất, hạn từ 0 đến 1 giờ, cho khu vực nghiên cứu từ 20° đến 40° N và từ 100° đến 120° N. Kết quả dự báo hạn rất ngắn trong tháng 8/2018, trường hợp sử dụng tổ hợp 3 nguồn số liệu và phương pháp học sâu kể trên: $POD = 0,633$; $FAR = 0,386$; $BIAS = 1,031$; $ETS = 0,416$; $TS = 0,453$. Kết quả này tốt hơn tất cả các trường hợp khác khi sử dụng một nguồn số liệu hoặc hai nguồn số liệu. Khi sử dụng chỉ số khởi tạo sét LI, phương pháp học sâu cũng cho thấy hiệu suất tốt hơn phương pháp trước đây như của Karagiannidis và ccs (2016) và Mecikalski và ccs (2013), kết quả sử dụng tổ hợp 3 nguồn số liệu trong trường hợp này: $POD = 0,526$; $FAR = 0,457$; $BIAS = 0,968$; $ETS = 0,342$; $TS = 0,365$. Từ kết quả này cho thấy, phương pháp ‘học sâu’ có khả năng kết hợp đa nguồn số liệu, một cách hiệu quả để tạo ra dự báo hạn rất ngắn sét một cách đáng tin cậy hơn.

Mecikalski và ccs (2021) [39] đã sử dụng số liệu radar phân giải cao, số liệu vệ tinh GOES và số liệu quan trắc sét trong khu vực từ -110° đến -85° , từ 26° đến 45° N và mô hình ‘rừng ngẫu nhiên’, kiểm tra các biến độc lập quan trọng trong dự báo và dự báo hạn rất ngắn các cơn dông mạnh. Dựa trên 10 ngày số liệu năm 2014 và 2015, các nguồn số liệu tạo ra 49 biến độc lập để sử dụng đưa vào mô hình. Nghiên cứu đã sử dụng ba phương pháp chính để đánh giá các biến quan trọng liên quan đến cảnh báo dông mạnh và sử dụng phương pháp ‘rừng ngẫu nhiên’ cho số liệu vệ tinh để xác định sự phân kỳ tại đỉnh đám mây có nguồn gốc từ véc tơ chuyển động khí quyển có nguồn gốc quy mô vừa và trên mây Ci ở địa khối mây, để dự báo dông mạnh. Các biến độc lập quan trọng khác gồm mật độ sét, xoáy trên đỉnh mây và mức độ vượt quá đỉnh từ số liệu vệ tinh. Kết quả dự báo dông mạnh được cải thiện đáng kể ở mức tin cậy 95%, khi sử dụng kết hợp số liệu vệ tinh, số liệu định vị sét và số liệu radar trong mô hình ‘rừng ngẫu nhiên’, đáng tin cậy hơn khi chỉ sử dụng số liệu radar. Nghiên cứu này cũng cung cấp các cơ sở để đưa các trường vệ tinh và số liệu sét vào trong các mô hình ‘máy học’ hỗ trợ dự báo các hiện tượng thời tiết khắc nghiệt.

Srivastava và ccs (2022) [40] sử dụng số liệu phản hồi radar dải X, số liệu máy phát hiện sét của 16 trạm thuộc mạng lưới (BLNET, thiết bị VHF, LF và VLF, hiệu suất 93,2%) và thuật toán theo dõi mây dông, để dự báo hạn rất ngắn và cảnh báo sét ở khu vực Bắc Kinh, Trung Quốc. Thuật toán theo dõi dông được đưa ra để

dự báo hạn rất ngắn hoạt động sét có thể xảy ra ở khu vực cần quan tâm. Dựa trên 1159 trường hợp của 57 ngày dông, kết quả cho thấy: với hạn dự báo trước 5 phút: POD = 91%, FAR = 2,1%, CSI = 89,3%; với hạn dự báo trước 10 phút: POD = 80%, FAR = 21,8%, CSI = 65,4%; với hạn dự báo trước 30 phút: POD = 62%, FAR = 33,3%, CSI = 47,8%. So sánh với phản hồi radar quan trắc cho thấy, các ổ đối lưu xác định theo số liệu sét thường nhỏ hơn và có vùng phản hồi có giá trị lớn hơn 45 dBz. Và số liệu sét có thể theo dõi tốt hoạt động của các ổ dông và có thể là nguồn số liệu thay thế cho nguồn số liệu radar tại các khu vực có chướng ngại vật mà radar không quan trắc được.

Từ những phân tích trên cho thấy:

Số liệu radar thời tiết, số liệu vệ tinh khí tượng sử dụng kết hợp với các nguồn số liệu liên quan để nghiên cứu dự báo, cảnh báo, xác định hoặc theo dõi hoạt động dông sét đã được nhiều nhà khoa học trên thế giới áp dụng. Các chỉ số thống kê đánh giá kết quả nghiên cứu như POD, FAR, CSI, thời gian cảnh báo sét trước (LT), BIAS,...v.v, thay đổi theo vị trí các khu vực nghiên cứu. Chất lượng dự báo hay cảnh báo hoạt động dông sét theo số liệu radar hoặc vệ tinh và các nguồn số liệu liên quan thay đổi phụ thuộc vào đặc tính địa phương của hoạt động dông sét, thuật toán sử dụng, cũng như khả năng đo đạc của các thiết bị quan trắc.

Các kết quả nghiên cứu cũng cho thấy cần nghiên cứu sử dụng một số tiêu chuẩn về độ phản hồi, mực nhiệt độ đóng băng, nhiệt độ đỉnh mây, chênh lệch nhiệt độ, xu thế nhiệt độ, xác định từ số liệu radar, số liệu vệ tinh hay số liệu thám không để nghiên cứu xác định các vùng mây đối lưu, vùng mây dông, phục vụ bài toán nghiên cứu dự báo và cảnh báo dông sét ở những khu vực khác.

Nghiên cứu cảnh báo sét dựa theo số liệu định vị sét và dự báo hoạt động dông sét theo các mô hình số:

Ngoài việc nghiên cứu dự báo hay cảnh báo hoạt động dông sét theo các phương pháp sử dụng tổ hợp các nguồn số liệu như trình bày ở các phần trên. Trên thế giới còn có các nghiên cứu dự báo, cảnh báo hoạt động dông sét theo phương pháp chỉ sử dụng một nguồn số liệu đơn lẻ (định vị sét) hoặc chỉ theo phương pháp mô hình số. Một số kết quả nghiên cứu theo các phương pháp này ở trên thế giới được trình bày dưới đây:

Kohn và ccs (2011) [41] đã sử dụng số liệu một năm của hệ thống mạng lưới định vị sét ZEUS (sóng VLF, định vị theo thuật toán chênh lệch thời gian đến ATD) và phần mềm WDSS-II, để dự báo hạn rất ngắn hoạt động dông sét ở khu vực Địa Trung Hải. Với hạn dự báo trước 30, 60, 90 và 120 phút và đánh giá kết quả dự báo qua các chỉ số thông kê POD, FAR, CSI. Kết quả đã dự báo được vị trí các nhóm xảy ra sét, đặc biệt là các sự kiện sét xảy ra mạnh và đồng nhất. Tỷ lệ cảnh báo đúng POD = 0,46 cho thời hạn dự báo trước 30 phút và POD = 0,25 cho thời hạn dự báo trước 120 phút. Điểm số thành công CSI tương đối giống nhau, nhưng thấp hơn một chút, tỷ lệ cảnh báo không cho thời hạn dự báo 30 phút là FAR = 0,03. Mục tiêu chính của nghiên cứu này là sử dụng số liệu định vị sét để dự báo hạn rất ngắn các vùng xảy ra dông có thể xảy ra thảm họa lũ quét và mưa lớn, chưa đề cập đến vấn đề cảnh báo sét cho khu vực cụ thể. Nguyên nhân dẫn đến tỷ lệ cảnh báo đúng chưa cao (POD = 0,46), có thể do sai số của thiết bị định vị sét, dẫn đến những sai khác về vị trí vùng phản mây dông có phản hồi mạnh (dễ xảy ra mưa lớn và lốc xoáy) và vị trí phóng điện. Hơn nữa, việc sử dụng phần mềm ở khu vực nghiên cứu khác cho khu vực nghiên cứu mới, cần thêm thời gian và nguồn số liệu để nghiên cứu và kiểm tra. Để nâng cao chất lượng dự báo, cần bổ sung thêm các nguồn số liệu khác, như radar, vệ tinh, cảnh báo sét.

Holle và ccs (2016) [42] sử dụng số liệu phóng điện trong mây và phóng điện mây-đất của mạng lưới NLDN trong mùa hè năm 2014 (tháng 6 đến tháng 9), để cảnh báo sét cho con người và các thiết bị máy móc ở 10 sân bay. Nhóm nghiên cứu cũng dùng phương pháp hai vùng, bán kính vùng bên trong là 0,5 km và 4,8 km, bán kính vùng bên ngoài 15 km, với hạn cảnh báo trước 15 phút. Để cảnh báo sét tốt nhất cho vùng cảnh báo bán kính 4,8 km, là sử dụng bán kính vùng ngoài 15 km và hạn cảnh báo 15 phút. POD cho 10 sân bay bằng 0,77, FAR = 0,69, thời gian cảnh báo sét trước là 2 phút, đây là thời gian đủ để cho con người ở khu vực sân bay di chuyển đến nơi an toàn. Khi bán kính cảnh báo là 0,5 km, POD = 0,97, FAR = 0,96, một số kết quả khác cũng tương tự như vậy. Khi hạn cảnh báo tăng lên thì tỷ lệ cảnh báo đúng giảm xuống, nhưng tỷ lệ cảnh báo không vẫn cao. Qua đây ta cũng có thể thấy việc chỉ sử dụng số liệu định vị sét mạng lưới NLDN có độ chính xác cao (sai số vài trăm mét) cho phép nghiên cứu cảnh báo sét ở khu vực có diện tích

nhỏ, nhưng cho kết quả cảnh báo không lớn, đòi hỏi chúng ta cần bổ sung thêm các nguồn số liệu khác để giảm tỷ lệ này.

Lynn và ccs, (2012) [43] đã sử dụng mô hình dự báo thời tiết để dự báo phóng điện trong mây và phóng điện mây-đất. Biến phụ thuộc gọi là năng lượng điện tiềm năng (E_p) được đưa vào mô hình WRF. Nó được sử dụng để dự báo khả năng đối lưu do đóng góp động năng của các trường tốc độ thẳng đứng và trường vi vật lý giải ở quy mô lưới, góp phần tạo ra phóng điện mây-đất và phóng điện trong mây. Sơ đồ tham số hóa sét được sử dụng là sơ đồ LPI do Yair và ccs xây dựng năm 2010. Nhóm tác giả đã thực hiện mô phỏng cho các trường hợp ô lưới 4 km, 12 km và 36 km. Kết quả dự báo thử nghiệm 4 ngày tại thành phố Tuscaloosa-Alabama, cho thấy, số lượng phóng điện trong mây dự báo lớn hơn nhiều số lượng phóng điện trong mây quan trắc, lượng dự báo phóng điện mây-đất xấp xỉ gần bằng lượng phóng điện mây-đất quan trắc. Số lượng phóng điện mây-đất âm dự báo, đa phần nhỏ hơn số lượng phóng điện âm quan trắc, trong trường hợp phóng điện mây-đất dương thì ngược lại. Đánh giá kết quả dự báo thử nghiệm qua 3 nguồn số liệu (RUC, RAP, GFS) có POD cao nhất đạt 0,82. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mặc dù nhóm tác giả chỉ thử nghiệm cho một số trường hợp, nhưng nhóm tác giả đã áp dụng thành công được phương pháp dự báo sét theo mô hình số, từ dự báo đến đánh giá kết quả. Vấn đề này là vấn đề mới chưa được thực hiện ở Việt Nam cũng như nhiều nơi khác, do sự hạn chế về công nghệ cũng như phương tiện kỹ thuật để cập nhật được sơ đồ tham số hóa sét vào mô hình WRF và các nguồn số liệu để kiểm tra mô phỏng.

Giannaros và ccs (2015) [44] đã sử dụng mô hình dự báo thời tiết WRF để dự báo hoạt động sét ở Hy Lạp. Miền mô phỏng ngoài kích cỡ (185×125), ô lưới 24 km×24 km, miền mô phỏng trong kích cỡ (181×173), ô lưới 6 km×6 km. Sơ đồ tham số hóa sét được sử dụng là sơ đồ PR92, hạn dự báo 12 giờ và 36 giờ. Đánh giá kết quả mô phỏng cho 10 trường hợp, giá trị POD thay đổi từ 0,79 đến 0,94; giá trị FAR thay đổi từ 0,44 đến 0,80. Kết quả dự báo tốt nhất có xác suất dự báo đúng POD = 0,88 và tỷ lệ dự báo không FAR = 0,44. Các kết quả cho thấy có thể áp dụng mô hình WRF để dự báo sét ở thời gian thực. Mặc dù, mô hình WRF đã được sử dụng cho nhiều mục đích ở nhiều nơi trên thế giới cũng như ở Việt Nam, nhưng

việc sử dụng nó cho mục đích dự báo sét ở Việt Nam vẫn là vấn đề mới, cần được nghiên cứu cập nhật để đánh giá chất lượng dự báo.

Spiridonov và ccs (2020) [45] sử dụng hệ thống cảnh báo dông NOTHAS, hạn dự báo từ 1 đến 3 ngày, hệ thống này bao gồm sản phẩm đầu ra mô hình WRF và thuật toán bổ sung để phát hiện, cảnh báo, đánh giá, phân loại, hoạt động dông sét ở các khu vực lựa chọn, cụ thể là 15 thành phố ở khu vực đông nam Châu Âu. Nguồn số liệu vệ tinh, radar và định vị sét, được đưa vào cảnh báo và đánh giá kết quả. Kết quả cảnh báo của 15 thành phố, với hạn dự báo 24 giờ, đánh giá qua một số chỉ số thống kê bao gồm: tỷ lệ cảnh báo đúng HR thay đổi trong khoảng từ 0,7 đến 0,9; tỷ lệ cảnh báo không FAR thay đổi trong khoảng từ 0,14 đến 0,4; điểm số thành công hợp lý TS thay đổi trong khoảng 0,5 đến khoảng 0,75...v.v. Hệ thống NOTHAS cũng đã được sử dụng thành công ở một số khu vực khác như Paraguay, Canada và Thailand. Tuy nhiên, để áp dụng thành công phương pháp cảnh báo dựa trên các mô hình số, đều cần phải thử nghiệm và đánh giá thêm khi sử dụng ở các khu vực khác.

Rabbani và ccs (2022) [46] đã sử dụng mô hình WRF-ARW dự báo sét theo sơ đồ tham số hóa đối lưu dựa trên thuật toán tính toán mực lực nổi cân bằng, dự báo sét theo sơ đồ tham số hóa LPI đánh giá khả năng xảy ra sét và dự báo các trường điện và khả năng xảy ra sét theo mô hình WRF-ELEC. Nghiên cứu đã dự báo thử nghiệm cho 5 trường hợp, tương ứng với 5 ngày khác nhau trong các năm 2019, 2020 và 2021, thời hạn dự báo trước 24 giờ. Những kết quả nghiên cứu cho thấy hoạt động sét được mô phỏng theo mô hình đã thiết lập phù hợp với số liệu chụp ảnh sét từ vệ tinh (LIS). Sử dụng mô hình WRF-ARW trong các trường mô phỏng có xuất hiện sai số dịch chuyển về không gian và thời gian, tạo ra sét giả trong miền mô phỏng. Dự báo sét dựa trên chỉ số LPI cũng tương đối tốt, tuy vậy mô phỏng dựa trên mô hình WRF-ELEC trong 5 trường hợp mô phỏng có hiệu suất cao hơn so với mô phỏng dựa trên sơ đồ tham số hóa PR92 và LPI, mô hình WRF-ELEC có khả năng phát hiện được các vùng hoạt động dông sét chính tốt hơn. Có thể thấy đây là nghiên cứu mới, cơ bản trong lĩnh vực mô hình hóa các biến trong khí tượng, nghiên cứu cần đánh giá trên nhiều trường hợp hơn. Mô hình WRF-ELEC áp dụng cho khu vực có vĩ độ tương đồng với khu vực miền Bắc Việt Nam,

đó chính là cơ sở để có thể áp dụng vào trong nghiên cứu thử nghiệm dự báo hoạt động dông sét ở Việt Nam trong tương lai.

Paramanik và ccs (2024) [47] đã dùng mô hình WRF để dự báo hoạt động sét ở Bangladesh, tham số hóa sét theo sơ đồ hiển. Nghiên cứu đã thực hiện mô phỏng 3 trường hợp trong các năm 2019, 2020 và 2021. Các sơ đồ tham số hóa PR92, LPI và WRF-ELEC (hạn dự báo 36 giờ) được dùng để mô phỏng khả năng xảy ra sét ở khu vực nghiên cứu và đánh giá chất lượng của mô hình. Nghiên cứu đã mô phỏng được các vùng có phản hồi radar cực đại (giá trị cực đại khoảng 55 dBZ cho tất cả các trường hợp thực nghiệm) phù hợp với các vùng có sét hoạt động. Những đánh giá cho thấy mô phỏng theo mô hình WRF xác định được sai số về không gian và thời gian của một số trường hợp và mô phỏng tạo ra phản hồi giả ở trong khu vực nghiên cứu. Khi sử dụng mô hình WRF-ELEC mô phỏng hoạt động sét, mặc dù có sự phù hợp về phân bố không gian giữa hoạt động sét xác định theo hệ thống WWLLN và LIS, nhưng lượng mưa mô phỏng từ mô hình xác định được thấp hơn so với quan trắc. Mô phỏng theo mô hình WRF với tham số hóa sét theo sơ đồ sét hiển hoạt động tốt hơn trong việc phát hiện các hoạt động sét và tạo ra ít phản hồi giả so mô phỏng tham số hóa sét theo các sơ đồ ẩn. Nghiên cứu này cũng tương tự này cũng tương tự như nghiên cứu của Rabbani và ccs (2022), có một số thay đổi về hạn dự báo, cách thiết lập mô hình như ô lưới, sơ đồ vi vật lý, bổ sung nguồn số liệu sét để đánh giá kết quả mô phỏng. Kết quả đã cho thấy việc sử dụng mô hình WRF-ELEC cho việc dự báo sét hạn ngắn (24 giờ hoặc 36 giờ) ở các khu vực có vĩ độ tương tự là khả thi, tuy nhiên vẫn cần phải đánh giá trên nhiều trường hợp hơn, nâng cao độ chính xác, để có thể áp dụng vào các bài toán thực tế. Kết quả dự báo phù hợp với đầu vào các nghiên cứu dự báo hạn rất ngắn hoặc cảnh báo sét cho một khu vực cụ thể có diện tích nhỏ.

Từ những phân tích trên cho thấy:

Nghiên cứu cảnh báo sét dựa theo phương pháp chỉ sử dụng nguồn số liệu số liệu định vị sét đã áp dụng thành công ở một số khu vực trên thế giới. Khi cảnh báo sét cho các khu vực nhỏ cần các thiết bị định vị sét có độ chính xác cao, tỷ lệ cảnh báo đúng tăng khi hạn cảnh báo giảm. Trường hợp chỉ sử dụng một nguồn số liệu định vị sét, tỷ lệ cảnh báo đúng cao nhưng tỷ lệ cảnh báo không cũng gần bằng

nhau, do vậy cần bổ sung thêm các nguồn số liệu khác để làm giảm tỷ lệ cảnh báo không.

Vấn đề dự báo dông và hoạt động sét kèm theo sử dụng mô hình số được áp dụng thành công ở nhiều nơi trên thế giới. Các nghiên cứu này thường sử dụng mô hình WRF, WRF-ARW với các sơ đồ tham số hóa sét như PR92, PLI hay WRF-ELEC để dự báo sét trên quy mô lớn. Có những khu vực cho kết quả dự báo tốt với sơ đồ tham số hóa WRF-ELEC, các sơ đồ tham số hóa sét khác cho kết quả mô phỏng ra nhiều sét giả hơn ở trong vùng nghiên cứu. Do vậy khi áp dụng cần phải thử nghiệm với các sơ đồ khác nhau, xác định độ phân giải ô lưới phù hợp và cần phải đánh giá trên nhiều trường hợp hơn trước khi đưa vào áp dụng thực tế. Ngoài ra với hạn dự báo trước 12 giờ, 24 giờ hay 36 giờ, kết quả dự báo rất phù hợp với đầu vào bài toán cảnh báo sét quy mô không gian nhỏ, thời hạn dự báo hay cảnh báo ngắn.

1.3. Tình hình nghiên cứu cảnh báo sét tại Việt Nam

Để giảm thiểu những thiệt hại do hoạt động dông sét gây ra, việc nghiên cứu cảnh báo, dự báo dông sét trên thế giới nói chung, cũng như tại Việt Nam đã được quan tâm nghiên cứu. Tại Việt Nam, việc nghiên cứu dông sét được bắt đầu từ năm 1957, khi bộ môn điện khí quyển được thành lập dưới sự giúp đỡ về các thiết bị nghiên cứu và nhân lực của chính phủ Ba Lan vào thời gian đúng năm Vật lý địa cầu Quốc tế. Từ đây nghiên cứu về điện khí quyển trong đó có dông sét ở Việt Nam đã chính thức được bắt đầu, thể hiện qua một số công trình nghiên cứu được đề cập trong [1, 4, 48]. Năm 1974, đã có nghiên cứu về đặc điểm hoạt động dông miền Bắc Việt Nam, sử dụng số liệu quan trắc từ các trạm khí tượng thủy văn của tác giả Nguyễn Mạnh Đức, Lê Văn Lưu và ccs. Giai đoạn 1982-1985, đã có các nghiên cứu về chống sét cho cột phát thanh truyền hình ở Tam Đảo và nghiên cứu bước đầu về điện dông ở Việt Nam của tác giả Trịnh Lý Thân, Nguyễn Mạnh Đức, Đỗ Đình Viêng và ccs. Nhìn chung đây là những giai đoạn đầu tiên nghiên cứu về hoạt động dông sét ở Việt Nam, nguồn số liệu dùng để nghiên cứu hoạt động dông sét dựa trên kết quả quan sát tại các đài trạm khí tượng miền Bắc Việt Nam (trước khi giải phóng) và trên toàn lãnh thổ (sau năm 1975) để phân vùng hoạt động dông. Ngoài ra cũng có một số nghiên cứu về mật độ sét ở Việt Nam do Bộ môn Điện khí quyển thực hiện. Những nghiên cứu này sử dụng thiết bị CIGRE để xác định hoạt động dông sét, dùng hoa điện kế treo trên các đường dây tải điện để đánh giá dòng điện

sét khi sét đánh vào đường dây. Cũng trong các giai đoạn này, dựa trên một số trường hợp đo đạc được đã có một số ít nghiên cứu về điện trường trong cơn dông, điện trường thời tiết đẹp, các dạng dòng điện trong khí quyển dựa theo số liệu đo được của trạm điện khí quyển Sa Pa và Phù Liễn.

Một số nghiên cứu về sét cũng đã được tiến hành trong Ngành điện lực từ trước năm 2003. Như nghiên cứu về sét và biện pháp chống sét cho công trình điện do các tác giả như Đặng Ngọc Tùng, Lại Đức Nhân, Trần Văn Áp và ccs thực hiện, được tổng quan trong [1, 4]. Bản đồ mật độ dông sét do các tác giả Lại Đức Nhân, Trần Văn Áp và ccs thành lập trong giai đoạn (1987-1995). Tuy vậy, các nghiên cứu này cũng chỉ áp dụng hạn chế trong ngành điện lực, tập trung nghiên cứu về định vị sét, mật độ sét, dòng điện sét, phương pháp chống sét tại trạm điện và đường dây tải điện,...v.v.

Tại Tổng cục Khí tượng Thủy văn, trong nghiên cứu Trần Việt Liễn và các cộng tác viên [1, 4], đã xây dựng bản đồ phân bố ngày, giờ dông trên lãnh thổ Việt Nam dựa trên số liệu thu thập được của hơn 100 trạm khí tượng, số liệu quan trắc synop từ năm 1955 đến 1995. Những kết quả trình bày trong báo cáo này cũng chỉ là những đánh giá rất sơ lược dựa trên tư liệu sẵn có của ngành Khí tượng, chưa đáp ứng được yêu cầu là thông số đầu vào hoàn chỉnh cho các bài toán phòng chống sét ở nước ta. Thời gian gần đây, nghiên cứu dông hiện tượng kèm theo sét, đã được tiến hành qua các nghiên cứu dự báo, cảnh báo hoặc là theo dõi, xác định dông. Những nghiên cứu này được thực hiện theo các nguồn số liệu và một số cách khác nhau. Những nguồn số liệu sử dụng trong các nghiên cứu này chủ yếu dựa vào số liệu quan trắc radar, quan trắc synop, chụp ảnh vệ tinh và vấn đề chính vẫn là dự báo dông, cảnh báo dông hoặc theo dõi xác định vùng xảy ra dông (Nguyễn Viết Lành, 2002, [49]; Nguyễn Viết Thắng, 2005, 2006, 2007, [50-52]; Trần Tân Tiến, 2008, [53]; Trần Duy Sơn, 2009, [54]; Nguyễn Thị Tân Thanh, 2010, [55]; Lê Đình Quyết, 2011, [56]; Bùi Thị Khánh Hoà, 2021, [57],...v.v). Tuy nhiên, bản chất của sét với các dạng phóng điện khác nhau là hiện tượng điện trong khí quyển, xuất hiện cùng với các đám mây dông. Trong khi đó, những nghiên cứu này, các nguồn số liệu sử dụng vẫn chưa gắn liền với những quan trắc trực tiếp được gắn liền với những yếu tố liên quan đến các hiện tượng điện khí quyển. Tuy vậy, khoảng thời gian gần đây nhất cũng đã có một số tác giả sử dụng số liệu radar, sét, vệ tinh hay

số liệu quan trắc synop để nghiên cứu dông sét và chỉ có một số nghiên cứu được công bố. Các công trình khoa học đã công bố cũng chưa đưa ra vấn đề cảnh báo sét, cụ thể như sau:

Lãnh Bảo Trung và ccs (2018) [58] đã sử dụng số liệu định vị sét mạng lưới GLD360, số liệu radar, để nghiên cứu cảnh báo mưa lớn, đợt mưa từ ngày 01 đến ngày 06/08/2017. Qua nghiên cứu nhóm tác giả cũng thấy được sự tương đồng giữa số liệu định vị sét và số liệu radar, qua đó khẳng định dấu hiệu hay đặc trưng quan trọng để nhận biết sớm được tình hình mưa trong các cơn dông là các hoạt động sét. Và đây là vấn đề nghiên cứu còn khá mới ở Việt Nam, nên cần thêm nghiên cứu ở các khu vực khác và đợt mưa khác. Qua tìm hiểu, người đọc thấy nghiên cứu này đã sử dụng số liệu định vị sét, gắn với hiện tượng điện khí quyển, tuy nhiên nhóm tác giả chỉ đề cập đến cảnh báo mưa lớn, chưa đề cập đến vấn đề cảnh báo sét. Hơn nữa diện tích cảnh báo được xác định trên một khu vực rộng lớn, chưa đáp ứng được các bài toán cảnh báo sét trên các khu vực có diện tích nhỏ.

Công Thanh và ccs (2018) [59] đã sử dụng phần mềm TITAN để theo dõi, phân tích và nhận dạng, tức thời ở dông cho khu vực TP. Hồ Chí Minh. Nghiên cứu sử dụng ngưỡng về độ phản hồi $T_z = 30$ dBz, giới hạn ở 50 km miền liên tục có độ phản hồi lớn hơn giá trị ngưỡng (tương ứng quá trình mây đối lưu quy mô vừa). Kết quả kiểm tra qua số liệu vệ tinh Himawari-8 nhận thấy, phần mềm TITAN có thể nắm bắt được hướng, vị trí và vận tốc di chuyển, quy mô của ổ dông, sử dụng để dự báo mưa hạn cực ngắn cho khu vực nghiên cứu. Tuy vậy, đây là nghiên cứu trường hợp, cần phải thử nghiệm thêm, hơn nữa trong công trình này nhóm tác giả cũng chưa đưa ra vấn đề cảnh báo sét do mây dông tạo ra.

Lê Đình Quyết và ccs (2020) [60] đã nghiên cứu xây dựng phần mềm khai thác nguồn số liệu thám không vô tuyến và số liệu định vị sét LD-350 bằng ngôn ngữ lập trình Visual Studio, để cung cấp đến các dự báo viên hiển thị trên bản đồ theo không gian và gần thời gian thực để phục vụ công tác dự báo hoạt động dông sét. Tuy nhiên nghiên cứu này chỉ mang tính kỹ thuật, cung cấp thông tin tham khảo. Trong đề tài nghiên cứu liên quan đến công trình này của nhóm tác giả Lê Đình Quyết và ccs (2020) có đưa ra chủ đề nghiên cứu cảnh báo sét ở khu vực TP. Hồ Chí Minh và vùng lân cận. Tuy nhiên người đọc nhận thấy đây là vấn đề dự báo dông theo phương pháp giống như tác giả Nguyễn Viết Lành (2002) [47] sử dụng số

liệu thám không để xây dựng phương trình dự báo và sử dụng thêm số liệu định vị sét để kiểm tra.

Phùng Kiến Quốc và ccs (2021) [61] đã sử dụng kết hợp số liệu sét và số liệu phản hồi radar quan trắc theo phương ngang và thẳng đứng, từ 01/01/2020 đến 20/05/2020, để thử nghiệm cảnh báo dông cho khu vực Việt Nam. Các sản phẩm từ số liệu ra đã được sử dụng gồm: độ cao đỉnh phản hồi vô tuyến (ETOPS); độ cao phản hồi vô tuyến cực đại (HMAX); phản hồi vô tuyến cực đại (CMAX); phản hồi vô tuyến ở độ cao 2 km (CAPPI2). Chỉ tiêu kiểm tra khả năng có dông từ các sản phẩm quan trắc của ra đã gồm CMAX, ETOPS, HMAX và CAPPI2, nếu có sét và các chỉ số trên đạt ngưỡng xác định thì dông xuất hiện có xác suất xảy ra là 86,25%. Đây là kết quả nghiên cứu mới, có thể ứng dụng vào dự báo nghiệp vụ. Tuy vậy, nguồn số liệu còn chưa nhiều, cần phải đánh giá thêm về các ngưỡng sử dụng. Hơn nữa nghiên cứu thử nghiệm cảnh báo dông trong trường hợp này khu vực cảnh báo để tương đối chung chung. Chưa tính toán cho các khu vực cụ thể hơn để đáp ứng yêu cầu thực tế, giống như nhiều nghiên cứu trên thế giới, thường khi thực hiện sai số thiết bị đo và điều kiện địa phương sẽ làm giảm xác suất cảnh báo đúng.

Mai Văn Khiêm và ccs (2022) [62] đã sử dụng bộ số liệu định vị sét của hệ thống GLD360, số liệu quan trắc tại các trạm khí tượng, để nghiên cứu thống kê hoạt động dông sét tại Việt Nam, trong giai đoạn 2015 đến 2019. Nhóm tác giả đã xác định được bản đồ mật độ sét trung bình năm khu vực Việt Nam và lân cận, biểu đồ số lượng sét và số ngày dông trung bình theo tháng, số ngày dông hàng năm trong chu kỳ nghiên cứu của Việt Nam, khu vực phía nam và phía bắc Việt Nam. Nhìn chung, các kết quả thống kê nghiên cứu này phù hợp với kết quả quan trắc và các nghiên cứu trước đây về mặt không gian. Tuy nhiên, giá trị mật độ sét trung bình năm là cao hơn nhiều so với các nghiên cứu trước đây và chưa xác định được bản đồ mật độ sét chỉ riêng cho phóng điện mây-đất. Việc nghiên cứu cảnh báo sét hay dự báo hạn rất ngắn hoạt động dông sét cũng chưa được đề cập đến trong nghiên cứu này.

Trên cơ sở các thành tựu của một số tác giả như Nguyễn Mạnh Đức, Lê Văn Lưu, Cao Văn Nhữ, Đỗ Đình Viêng,...v.v, (1957, 1974, 1982-1985), [1, 4], nghiên cứu về dông sét trước đây tại Viện Vật lý địa cầu. Trong thời gian gần đây, những đề tài nghiên cứu về dông sét các cấp và các công trình nghiên cứu đi kèm đã được

Nguyễn Xuân Anh và ccs (2005, 2007, 2008, 2011, 2012, 2013, 2020), Hoàng Hải Sơn và ccs (2006, 2011, 2012), [1-8, 63], tiến hành thực hiện, thu được nhiều kết quả đáng kể trong lĩnh vực phòng chống sét, trong lĩnh vực nghiên cứu khoa học cơ bản và nghiên cứu ứng dụng thực tiễn, nhiều kết quả đã được áp dụng một cách hiệu quả cho nhiều đơn vị, cơ quan, tổ chức hay cá nhân thuộc nhiều ngành nghề khác nhau như: điện lực, sân bay, du lịch, khu khai thác mỏ, khu sản xuất vật liệu nổ, xăng dầu, chế biến khí,...v.v. Hoàng Hải Sơn và ccs (2011) [7], đã tiến hành tính toán một vài tham số đặc trưng cho hoạt động của mây dông theo bộ số liệu mô phỏng như vận tốc mây dông, dạng mây dông, bán kính mây dông. Kết quả nghiên cứu này là cơ sở để sử dụng cho các bài toán nghiên cứu cảnh báo dông sét sau này ở Việt Nam. Tác giả luận án và Nguyễn Xuân Anh (2012) [8], đã dùng bộ số liệu biến thiên điện trường để xác định một cách gần đúng các vùng mây có dông, kết quả thử nghiệm so sánh với số liệu vùng mưa lớn trùng với vị trí mây dông xác định theo số liệu điện trường. Tuy chỉ là kết quả thử nghiệm với một số trường hợp, nhưng lại mở ra hướng sử dụng số liệu điện trường để nghiên cứu vị trí mây dông, cơ cấu điện tích mây dông, cơ sở để cảnh báo hoạt động dông sét.

Ngoài ra, khi Viện Vật lý Địa cầu thực hiện dự án FIRST, tại khu vực Hà Nội có thêm hai radar thời tiết dải X, phát xung theo chiều thẳng đứng và chiều ngang, với độ phân giải phân biệt mục tiêu tới 200 m và tám thiết bị đo điện trường, đã đi vào hoạt động từ cuối năm 2019. Những kết quả nghiên cứu về cảnh báo dông sét, dự báo mưa lớn, đồng hóa số liệu dông sét vào mô hình số, cho khu vực Hà Nội và lân cận, sẽ được cập nhật trong thời gian tới.

Trong các đề tài nghiên cứu hoàn thành năm 2005, 2013, 2020, [1, 4, 63], Nguyễn Xuân Anh và ccs, cũng đã đề cập đến nghiên cứu cảnh báo sét tại Hà Nội, Quảng Nam và Bà Rịa Vũng Tàu, dừng ở bước thử nghiệm, với lượng rất ít số liệu, còn hạn chế về chất lượng số liệu và phương pháp cảnh báo. Trong đề tài hoàn thành năm 2013, Nguyễn Xuân Anh và ccs, cũng bước đầu thử nghiệm cảnh báo sét theo phương pháp tổ hợp các nguồn số liệu. Tuy nhiên, chuỗi số liệu sử dụng trong nghiên cứu còn ngắn, thiếu sự đồng bộ giữa các nguồn số liệu, đặc biệt số liệu radar thời điểm đó cho khu vực Quảng Nam, còn hạn chế về chất lượng. Những nghiên cứu bổ sung cho khu vực này, sẽ góp phần tăng chất lượng cảnh báo sét tại đó.

Bắt đầu từ tháng 10 năm 2023, Ngành Khí tượng Thủy văn cho ra đời hệ thống hỗ trợ cảnh báo sớm dông, sét, mưa, lũ (<https://iweather.gov.vn/>). Hệ thống này sử dụng số liệu vệ tinh, định vị sét, radar và số liệu các trạm đo mưa tự động để hỗ trợ nhận biết, theo dõi, cảnh báo mưa lũ và dông sét, theo gian thực trên lãnh thổ Việt Nam và lân cận. Ngoài việc xác định khu vực có mưa lớn, mưa cực đại và diễn biến xảy ra tiếp theo, hệ thống này cũng có thể xác định khu vực đang xảy ra sét, thời gian xảy ra, sét âm, sét dương, mật độ sét. Mặc dù, đây là hệ thống mới trong nghiên cứu cảnh báo dông sét nhưng không sử dụng số liệu cường độ điện trường, đây là nguồn số liệu có thể theo dõi được quá trình tích điện và tiêu tán điện tích của mây dông, hơn nữa hệ thống này được thiết lập sau khi luận án này đã được thực hiện và cũng đã có một số công bố liên quan đến lĩnh vực cảnh báo sét trước thời điểm ra đời hệ thống này. Theo tác giả thì hệ thống này cần phải thêm thời gian để nghiên cứu đánh giá chi tiết hơn về lĩnh vực cảnh báo dông sét ở Việt Nam.

Từ những phân tích trên cho thấy:

Nghiên cứu dông sét tại Việt Nam trong gần nửa thế kỷ trước thường gắn liền với việc xây dựng bản đồ mật độ dông sét, chống sét, vật lý sét hay điện dông. Đến khoảng hơn 20 năm trở lại đây, nghiên cứu dông sét ở Việt Nam thường gắn liền với công việc dự báo dông, cảnh báo dông hoặc theo dõi xác định vùng xảy ra dông, xây dựng bản đồ phân vùng thống kê mật độ dông sét theo các nguồn số liệu mới, thực hiện ở các khu vực rộng lớn. Một số nghiên cứu cũng xác định được một số tham số sử dụng làm tiêu chuẩn để nhận dạng mây dông hay các bài toán nghiên cứu dự báo hoặc cảnh báo dông sét. Hệ thống hỗ trợ cảnh báo sét sớm sử dụng tổ hợp nguồn số liệu radar, định vị sét, vệ tinh mới được thiết lập cần phải được đánh giá thêm.

Nghiên cứu cảnh báo sét và đánh giá kết quả cảnh báo sét cho các khu vực có diện tích nhỏ, hạn cảnh báo rất ngắn, sử dụng số liệu điện trường với các nguồn số liệu liên quan khác chưa được thực hiện tại nhiều ở Việt Nam. Một số nghiên cứu liên quan đến vấn đề này trước đây chỉ mang tính thử nghiệm với bộ số liệu rất ngắn, số liệu của một số thiết bị quan trắc chỉ đáp ứng được các bài toán nghiên cứu ở quy mô không gian và thời gian lớn.

Kết luận chương 1

Trên cơ sở phân tích đánh giá về các thành tựu nghiên cứu cảnh báo sét ở trên thế giới và Việt Nam, chúng ta có thể rút ra một số vấn đề sau:

- Thiệt hại về con người, tài sản, cơ sở vật chất, do hoạt động dông sét gây ra, không chỉ phụ thuộc vào số ngày dông, giờ dông, mật độ sét, dòng điện sét, độ cao chân mây, độ cao đỉnh mây hay sol khí là nguồn gốc của sự nhiễm điện trong khí quyển mà còn phụ thuộc vào mật độ dân số, điều kiện cơ sở hạ tầng và kiến thức về phòng chống sét của con người. Do đó để nâng cao khả năng phòng chống sét chúng ta cần phải có các nghiên cứu cảnh báo sét cho các khu vực cụ thể.

- Vấn đề nghiên cứu cảnh báo sét hay dự báo hoạt động dông sét trên thế giới đã được nhiều nhà khoa học thực hiện. Những nghiên cứu này thường sử dụng các nguồn số liệu như điện trường, radar, vệ tinh, định vị sét, quan trắc synop, thám không hay số liệu dùng cho các mô hình số để nghiên cứu cảnh báo sét hoặc dự báo hoạt động dông sét. Tổng quan cho thấy số liệu điện trường đã và đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới để nghiên cứu cảnh báo sét. Số liệu điện trường cũng thường được sử dụng với các nguồn số liệu liên quan khác để nghiên cứu cảnh báo sét. Các kết quả nghiên cứu cho thấy độ chính xác của cảnh báo sét ngoài việc bị ảnh hưởng bởi phương pháp cảnh báo sét và nguồn số liệu liên quan, còn bị ảnh hưởng bởi các đặc tính địa phương về hoạt động dông sét nơi nghiên cứu như: ngưỡng điện trường cảnh báo, độ cao chân mây, độ cao đỉnh mây, dòng điện sét, sét dương, sét âm, mật độ sét, số ngày dông, số giờ dông hay sol khí là nguồn gốc của sự nhiễm điện trong khí quyển. Trong nghiên cứu cảnh báo sét, vùng cảnh báo sét có diện tích thu nhỏ lại và thời gian cảnh báo sét càng sớm là tốt nhất. Tuy vậy, thời gian cảnh báo sét ở trong một số ngành, thời gian ngắn nhất có thể cũng có nhiều tác dụng trong thực tiễn. Các kết quả nghiên cứu chi tiết cho thấy thời gian cảnh báo sét trước thay đổi từ một vài phút đến khoảng 60 phút. Kết quả đánh giá cảnh báo sét bằng tỷ lệ cảnh báo đúng cho thấy giá trị này tăng lên khi thời gian cảnh báo sét trước hay hạn cảnh báo giảm, tuy nhiên do nhiều nguyên nhân một số nghiên cứu cảnh báo sét cho các vùng cụ thể lại có tỷ lệ cảnh báo không cao tương đương với tỷ lệ cảnh báo đúng. Để khắc phục vấn đề này cần phải nghiên cứu, xây dựng phương pháp cảnh báo sét phù hợp với từng khu vực nghiên cứu, bổ sung thêm những nguồn số liệu liên quan, xác định các tham số sử dụng cảnh báo sét tối ưu.

- Tại Việt Nam, vấn đề nghiên cứu dự báo hay cảnh báo hoạt động dông sét không sử dụng số liệu điện trường đa phần được thực hiện ở quy mô không gian vừa và nhỏ với hạn dự báo ngắn hoặc rất ngắn (nhỏ hơn 6 giờ). Nghiên cứu cảnh báo sét cho các khu vực có diện tích nhỏ và hạn cảnh báo rất ngắn (nhỏ hơn 1 giờ), sử dụng số liệu điện trường với các nguồn số liệu liên quan khác chưa được thực hiện tại nhiều ở Việt Nam. Một số nghiên cứu liên quan đến vấn đề này trước đây chỉ mang tính thử nghiệm với bộ số liệu rất ngắn, số liệu của một số thiết bị quan trắc chỉ đáp ứng được các bài toán nghiên cứu ở quy mô không gian và thời gian lớn. Những nghiên cứu cảnh báo sét sử dụng phương pháp tích hợp đa nguồn số liệu, với nguồn số liệu điện trường là nguồn số liệu chính như nhiều nhà khoa học trên thế giới đã và đang thực hiện là vấn đề mới ở Việt Nam.

Do vậy, luận án này sẽ thực hiện nghiên cứu ứng dụng, đánh giá, kiểm chứng, điều chỉnh các phương pháp cảnh báo sét theo nguồn số liệu tổng hợp (số liệu điện trường, định vị sét, cảnh báo sét, chụp ảnh vệ tinh và phản hồi radar) theo điều kiện nguồn số liệu và môi trường để xây dựng phương pháp, kỹ thuật cảnh báo sét phù hợp cho Việt Nam. Trên cơ sở đó áp dụng thử nghiệm và đánh giá khả năng ứng dụng, đưa ra các ưu nhược điểm của phương pháp cảnh báo sét đã xây dựng được cho một số khu vực ở Việt Nam với các đặc trưng khác nhau về môi trường khí quyển, đặc điểm khí hậu về hoạt động dông, cơ sở hạ tầng, vị trí và điều kiện địa lý.

CHƯƠNG 2

SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP CẢNH BÁO SÉT

2.1. Các nguồn số liệu sử dụng trong nghiên cứu cảnh báo sét

2.1.1. Số liệu định vị sét

2.1.1.1. Cơ sở lý thuyết định vị sét

Trong công nghệ định vị sét, người ta thường sử dụng tín hiệu điện từ trường biến đổi và phát ra tại thời điểm khi xảy ra qua trình phóng điện chính trong tia sét hay còn gọi là tia phóng ngược (return stroke) để xác định vị trí tia sét. Tín hiệu điện từ trường này được biểu diễn bởi hệ phương trình Maxwell như sau:

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \vec{E} &= \rho / \varepsilon_0 \\ \operatorname{div} \vec{B} &= 0 \\ \operatorname{rot} \vec{E} &= -\partial \vec{B} / \partial t \\ \operatorname{rot} \vec{B} &= \mu_0 \vec{J} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \end{aligned} \quad (2.1)$$

Trong đó ε_0 và μ_0 là hằng số điện môi và độ từ thẩm của không khí, c là tốc độ ánh sáng, t là thời gian, E là điện trường, B là độ từ cảm. Trong trường hợp biết mật độ điện tích ρ và mật độ dòng \vec{J} ta có thể xác định nghiệm thông qua các điện thế vô hướng ϕ và vector \vec{A} [9].

Xét lưỡng cực (dipole) thẳng đứng có độ dài dz' với dòng $i(z', t)$ như trên hình 2.5. Mặt đất có thể được thay thế bằng ảnh lưỡng cực. Trường điện và trường từ tại điểm quan sát là tổng của 2 lưỡng cực này. Trong hệ tọa độ trụ tại điểm quan sát (r, ϕ, z) đối với lưỡng cực trên hình 2.1 ta có:

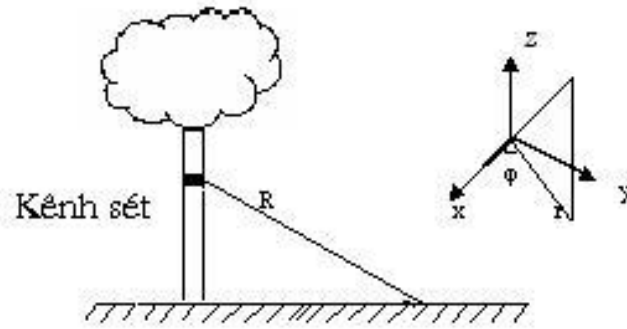
$$\begin{aligned} d\vec{E}(r, \phi, z, t) &= \frac{dz'}{4\pi\varepsilon_0} \left\{ \left[\frac{3r(z-z')}{R^5} \int_0^1 i(z', t-R/c) d\tau + \frac{3r(z-z')}{cR^4} i(z', t-R/c) + \frac{r(z-z')}{c^2 R^3} \frac{\partial i(z', t-R/c)}{\partial t} \right] \times \right. \\ &\left. \vec{a}_r + \left[\frac{2(z-z')^2 - r^2}{R^5} \int_0^1 i(z', t-R/c) d\tau + \frac{2(z-z')^2 - r^2}{cR^4} i(z', t-R/c) - \frac{r^2}{c^2 R^3} \frac{\partial i(z', t-R/c)}{\partial t} \right] \vec{a}_z \right\} \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$d\vec{B}(r, \phi, z, t) = \frac{\mu_0 dz'}{4\pi} \left[\frac{r}{cR^4} i(z', t-R/c) + \frac{r(z-z')}{c^2 R^3} \frac{\partial i(z', t-R/c)}{\partial t} \right] \vec{a}_\phi \quad (2.3)$$

Với một kênh thẳng đứng có độ cao từ H_B (thông thường = 0 tại mặt đất) đến độ cao H_T trên mặt đất được coi là dẫn điện tốt ta có:

$$\vec{E}(r, \phi, 0, t) = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[\int_{H_B}^{H_T} \frac{2z'^2 - r^2}{R^5} \int_0^1 i(z', t - R/c) d\tau dz' + \int_{H_B}^{H_T} \frac{2z'^2 - r^2}{cR^4} i(z', t - R/c) - \int_{H_B}^{H_T} \frac{r^2}{c^2 R^3} \frac{\partial i(z', t - R/c)}{\partial t} dz' \right] \vec{a}_z \quad (2.4)$$

$$\vec{B}(r, \phi, 0, t) = \frac{\mu_0}{2\pi} \left[\int_{H_B}^{H_T} \frac{r}{R^4} i(z', t - R/c) dz' + \int_{H_B}^{H_T} \frac{r}{cR^2} \frac{\partial i(z', t - R/c)}{\partial t} dz' \right] \vec{a}_\phi \quad (2.5)$$



Hình 2.1. Kênh sét trong hệ tọa độ trụ

Trong công thức (2.4), thành phần đầu tiên là thành phần tĩnh điện, thứ hai là thành phần cảm ứng và thứ ba là thành phần bức xạ. Trong công thức 2.5, thành phần đầu là từ tĩnh hoặc thành phần trường cảm ứng và thứ hai là thành phần bức xạ. Hình thức biến đổi của ba số hạng cho ta thấy rằng ở gần nơi phóng điện, trường tĩnh điện có tầm quan trọng lớn nhất, trong khi ở xa trường bức xạ lớn hơn cả.

Dựa trên cơ sở trên hoặc các yếu tố gián tiếp liên quan đến hoạt động sét, người ta chế tạo ra các thiết bị quan trắc, để có thể định vị được vị trí tia sét hoặc mây dông sinh ra sét. Các thiết bị này có khả năng xác định vị trí của tia sét hay mây dông, theo thời gian và không gian (định vị mây dông hay định vị sét).

Bên cạnh việc có thể cảnh báo sấm sét bằng cách quan trắc bằng mắt thường, nghe tiếng sấm, chúng ta có thể sử dụng thông tin thu thập từ các thiết bị khoa học để dò tìm hoạt động dông sét. Các hệ thống thiết bị phát hiện và định vị sét thường đo đạc và xử lý tín hiệu ở tần số vô tuyến (RF) đặc trưng của phóng điện sét. Bức xạ tần số radio (RF) được phát hiện hầu hết bởi các hệ thống này, tần số từ vài kHz đến vài trăm kHz. Dải tần số này hầu hết là năng lượng bức xạ điện từ của phóng điện ngược của tia sét. Sử dụng âm thanh tĩnh điện nghe được, ở phần kết thúc dải băng tần phát thanh AM (300 kHz đến 3 MHz) làm chỉ số để phát hiện ra sét, tương đối

tốt trong khoảng 50 km. Các cảm biến điện từ trường đơn lẻ, với các thiết bị điện tử nhạy, có thể phát hiện ra sét xảy ra ở khoảng cách đến vài nghìn km.

Trên thực tế, các tín hiệu sét ở tần số cực thấp (3 Hz đến 3 kHz) và phần dưới của dải tần số rất thấp (VLF: 3 kHz đến 30 kHz) có thể truyền đi vòng quanh thế giới mà không bị suy giảm nhiều. Các tín hiệu điện từ trường của sét với các tần số lớn hơn vài kHz truyền đến các khoảng cách xa trong các kênh dẫn sóng, bằng cách phản xạ liên tục lên tầng điện ly (ở độ cao 90 km trên bề mặt trái đất) và Trái đất. Các hệ thống phát hiện và định vị sét tầm xa tần số radio (RF), cũng như tầm gần, thường sử dụng ăng ten mạch vòng (loop), để đo đặc trưng từ do sét sinh ra.

Các hệ thống định vị sét hoạt động dựa trên dải tần số rất cao (VHF: 30 đến 300 MHz) dải tần dành riêng cho tivi và đài phát thanh FM, trái ngược với các hệ thống định vị, hoạt động ở tần số dưới dải tần số radio AM. Các hệ thống VHF chủ yếu không nhằm mục đích định vị các điểm sét xuống đất mà là hình ảnh toàn bộ kênh sét, cả bên trong và bên ngoài đám mây, bằng cách định vị nguồn bức xạ của nhiều ánh sáng nhỏ liên quan đến việc hình thành các kênh của phóng điện sét.

2.1.1.2. Phương pháp xử lý phân tích số liệu định vị sét

Nếu dùng số liệu một trạm định vị sét, thì người ta có thể dùng các thống kê về phân bố biên độ dòng sét và đặc điểm dạng sóng để xác định vị trí sét đánh. Xung sét là quá trình ngẫu nhiên với các thông số về biên độ và dạng sóng. Như đã biết theo thực nghiệm, phân bố biên độ sóng điện từ tia sét có dạng chuẩn loga:

$$f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp(-u^2 / 2\sigma^2), u = \ln E_0 \quad (2.6)$$

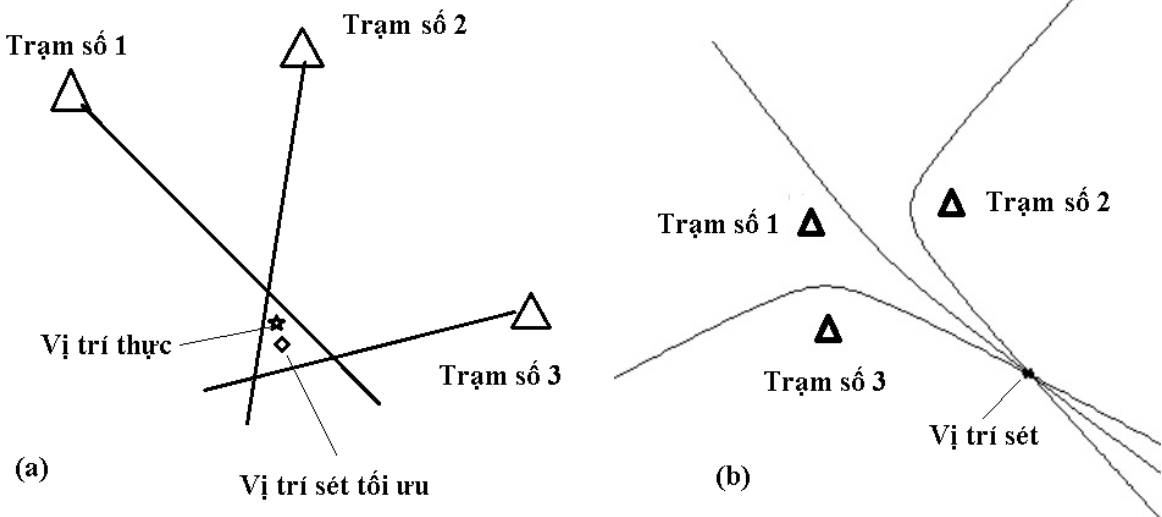
Trong đó E_0 là biên độ cường độ điện trường chuẩn hóa theo giá trị trung vị.

Khi khoảng cách đến tia sét tăng lên hàm phân bố có xu hướng dịch chuyển về phía biên độ nhỏ hơn. Đối với vùng xa, khi thành phần bức xạ (xem công thức 2.4-2.5) là chủ yếu bức xạ sóng điện từ tỷ lệ nghịch với khoảng cách và vì vậy đối với vùng này, có thể xác định khoảng cách theo công thức sau:

$$R = R_0 (E_R / E_0)^k \quad (2.7)$$

Ở đây hệ số k được sử dụng để tính sự suy giảm sóng điện từ khi sét lan truyền trên mặt đất với độ dẫn điện hữu hạn. Đối với tần số 60 kHz: $k = 0,9 \rightarrow 1$.

Như vậy, từ công thức 2.6 và 2.7, có thể sử dụng các phương pháp xác suất để xác định vị trí sét đánh. Trong trường hợp sử dụng nhiều trạm định vị hơn, thì có thể sử dụng phép đặc tam giác (hình 2.2, a). Nếu thiết bị kèm theo đồng hồ chính xác có thể dùng phương pháp thời gian tới (hình 2.2, b).



Hình 2.2. Xác định vị trí sét đánh theo số liệu nhiều trạm, (a) theo phương pháp đặc tam giác, (b) theo phương pháp giao thoa hyperbolic

Số liệu định vị sét cũng thường được xử lý bằng cách ước lượng tương quan không gian (vị trí sét đánh) và thời gian (thời gian sét đánh). Phương pháp này sẽ cho phép ước lượng được một vài tham số đặc trưng liên quan đến biến đổi vị trí và thời gian xảy ra tia sét. Phân bố về thời gian và không gian của tia sét có thể được biểu diễn qua hàm mật độ biến thiên sau [1, 7, 64]:

$$f(t, \mathbf{r}) = \sum_i^N \delta(t - t_i) \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i) \quad (2.8)$$

Với N : tổng số sét đánh, δ : hàm Dirac, t_i : là thời gian tia sét thứ i được phát hiện và \mathbf{r}_i : là độ dài tính từ tọa độ gốc đến vị trí sét thứ i .

Theo thời gian và trong một khoảng không gian, hàm tương quan $B(\tau, \boldsymbol{\rho})$ được tính toán theo công thức sau:

$$B(\tau, \boldsymbol{\rho}) = \int_{\Delta T} dt \int_F d\mathbf{r} f(t + \tau, \mathbf{r} + \boldsymbol{\rho}) f(t, \mathbf{r}) \quad (2.9)$$

Tính toán tích phân này trong khoảng không gian F và khoảng thời gian $\Delta T = (T_1, T_2)$ với các biến τ : là các khoảng cách thời gian và $\boldsymbol{\rho}$: là véc tơ khoảng cách.

Thay (2.8) vào (2.9) ta có:

$$B(\tau, \boldsymbol{\rho}) = \sum_{i,j}^N \delta[\tau - (t_i - t_j)] \delta[\boldsymbol{\rho} - (\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j)] \quad (2.10)$$

Ở đây $B(\tau, \rho)$ là hàm phân bố mật độ trong khoảng thời gian $(t_i - t_j)$, khoảng không gian $(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j)$. Và hàm tương $B(\tau, \rho)$ được chia thành hai hàm sau:

Hàm tương quan bán kính-thời gian theo các hướng:

$$B_{rt}(\tau, \rho) = \rho \int_0^{2\pi} B[\tau, \rho = (\rho, \phi)] d\phi \quad (2.11)$$

Ở đây (ρ, ϕ) là các thành phần hệ tọa độ cực.

Hàm tương quan không gian theo khoảng thời gian:

$$B_{xy}(\xi, \eta) = \int_{\tau_1}^{\tau_2} B[\tau, \rho = (\xi, \eta)] d\tau \quad (2.12)$$

Ở đây (ξ, η) là các thành phần tọa độ Descartes.

Phân tích hàm (2.11) và (2.12) sẽ xác định được một số đặc tính về sự dịch chuyển của đám mây dông liên quan đến phân bố sét. Cũng từ những hàm này chúng ta suy ra được công thức xác định mối liên quan tốc độ dịch chuyển, bán kính mây dông và hàm tương quan $B_{rt}(\tau, \rho)$, $B_{xy}(\xi, \eta)$.

Tốc độ dịch chuyển đám mây được ước lượng qua công thức:

$$B_{rt}(\tau, \rho) \approx N^2 T \left(\frac{\rho}{4\pi\sigma^2 c\tau} \right)^{1/2} \exp \left[-\frac{(\rho - c\tau)^2}{4\sigma^2} \right] \quad (2.13)$$

Đám mây bán kính (d) ước lượng qua độ lệch chuẩn ($d = 4\sigma$), khi $\tau = 0$, σ tính toán theo công thức sau:

$$B_{rt}(\tau, \rho) \approx N^2 T (2\sigma^2)^{-1} \rho \exp \left[-\frac{\rho^2 + c^2 \tau^2}{4\sigma^2} \right] \quad (2.14)$$

Hướng dịch chuyển bình quân của đám mây xác định bởi c_x và c_y , tốc độ dịch chuyển (c) và được ước lượng qua công thức sau:

$$B_{xy}(\xi, \eta) = N^2 T \delta\tau (4\pi\sigma^2)^{-1} \exp \left[-\frac{(\xi - c_x \tau_0)^2 + (\eta - c_y \tau_0)^2}{4\sigma^2} \right] \quad (2.15)$$

2.1.1.3. Số liệu định vị sét sử dụng trong luận án

Số liệu định vị sét sử dụng trong nghiên cứu này được quan trắc bởi hệ thống các trạm định vị sét của Viện Vật lý địa cầu (LD-250, LP1). Nguyên lý hoạt động chung của hệ thiết bị này là xác định hướng tới của tia sét người ta sử dụng anten khung trong thiết bị định vị phóng điện (hình 2.3). Tín hiệu thu được qua ăng ten từ tỷ lệ với thông lượng từ và diện tích khung. Vì vậy ta có điện áp V trong khung:

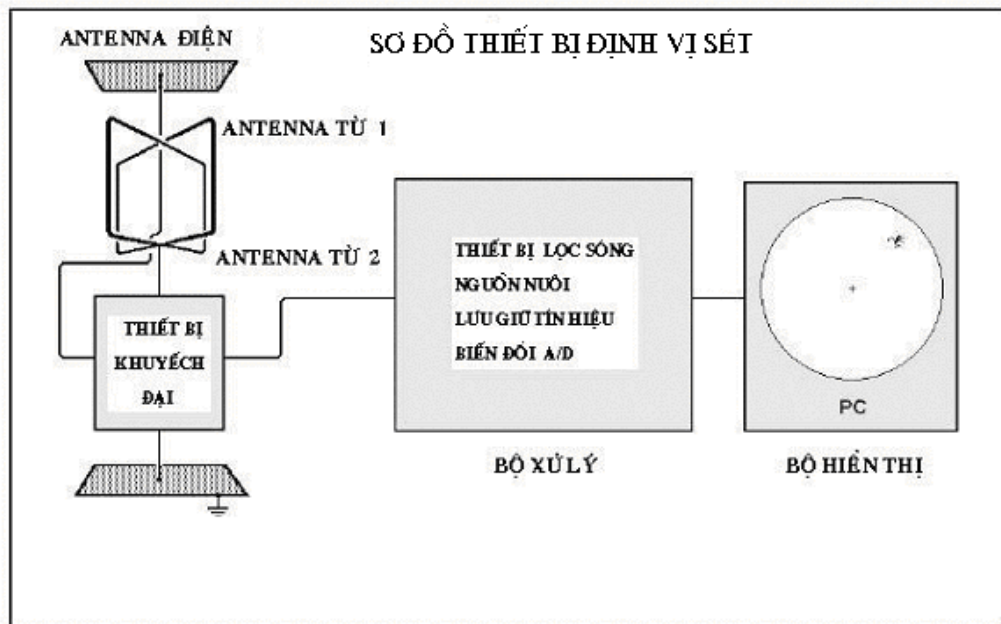
$$V = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{d}{dt} \int_S \left[\int_{H_B}^{H_T} \frac{r}{R^4} i(z', t - R/c) dz' + \int_{H_B}^{H_T} \frac{r}{cR^2} \frac{\partial i(z', t - R/c)}{\partial t} dz' \right] \vec{a}_\phi d\vec{S} \quad (2.16)$$

Nhìn vào biểu thức (2.16) ta có thể thấy điện áp trong kênh tỷ lệ với $\cos\theta$ (xem hình 2.4). Trên cơ sở này ta có thể xác định góc phương vị (góc tới) của tín hiệu sét thông qua 2 kênh anten khung theo công thức:

$$\begin{cases} \theta_{1,4} = \arctan\left(\frac{ew}{ns}\right) \\ \theta_{2,3} = \pi + \arctan\left(\frac{ew}{ns}\right) \end{cases} \quad (2.17)$$

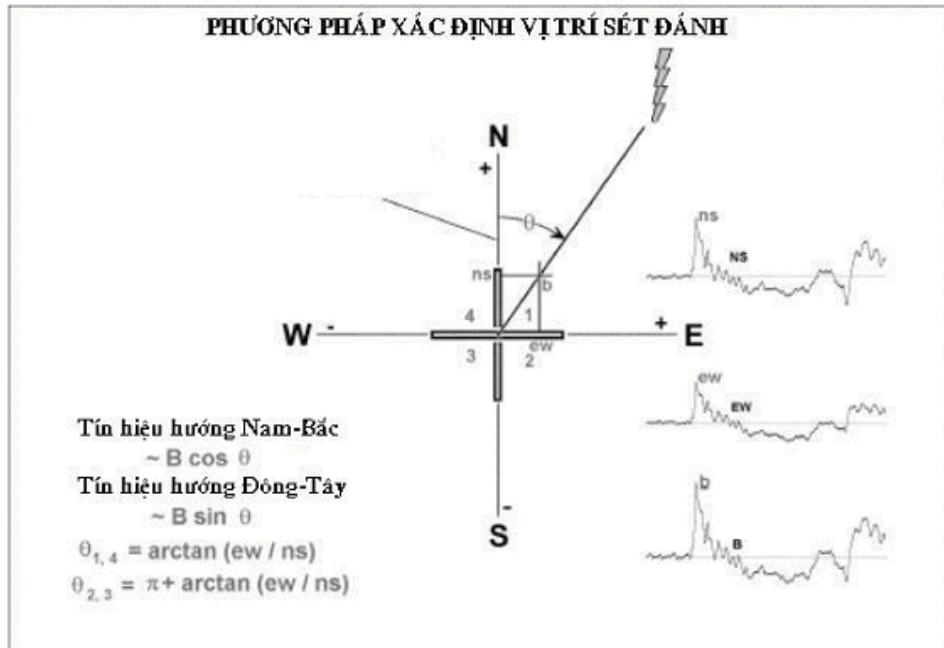
Trong đó: ew , ns là biên độ trường từ hướng Đông-Tây và Bắc-Nam. Như vậy với việc sử dụng từ hai trạm định vị trở lên ta có thể xác định được vị trí tia sét.

Tùy theo từng trường hợp cụ thể và mục đích và khu vực nghiên cứu, số liệu định vị sét thu thập của Viện Vật lý địa cầu sẽ được xử lý như mô tả trong phần trên (mục 2.1.1.2).



Hình 2.3. Sơ đồ hệ thống máy định vị sét

Và nguồn số liệu định vị sét khác, là bộ số liệu định vị sét GLD-360 [58, 62], sản phẩm dự án hợp tác giữa Viện Khí tượng Thủy văn Phần Lan và Tổng cục Khí tượng Thủy văn, được chia sẻ trên trang web: <http://promoserv.amo.gov.vn/lightnings/GLDascii> hoặc từ trang web <http://amo.gov.vn/lightningmaps/>. Nguyên lý định vị sét và xác định phân cực của hệ thiết bị này tương tự như mô tả hệ thống định vị sét của Viện Vật lý địa cầu, hệ thống sử dụng phối hợp nhiều trạm định vị. Nguồn số liệu này đã được công bố trong một số nghiên cứu ở Việt Nam và nhiều nghiên cứu ở trên thế giới.



Hình 2.4. Xác định hướng sét đánh

Bảng 2.1. Bảng số liệu mẫu các hệ thiết bị định vị sét

LD-250, LP1			GLD-360			
Thời gian	Vĩ độ	Kinh độ	Thời gian	Vĩ độ	Kinh độ	Dòng điện
15.311	21.033	105.401	05.31.15 11:49:05.8000	20.297	106.400	-10
15.312	21.029	105.476	05.31.15 11:49:05.9000	20.517	106.444	4
15.312	21.057	105.234	05.31.15 11:49:06.1000	20.395	106.508	-4
15.313	21.027	105.397	05.31.15 11:49:06.2000	20.372	106.623	12
15.313	21.693	106.840	05.31.15 11:49:06.8000	20.385	106.474	-8
15.314	21.054	106.297	05.31.15 11:49:07.2000	20.322	106.592	4
15.314	21.796	106.336	05.31.15 11:49:07.4000	20.230	106.577	-6
15.317	21.258	103.658	05.31.15 11:49:07.7000	20.395	106.461	-12
15.317	21.022	106.350	05.31.15 11:49:08.1000	20.340	106.605	-8

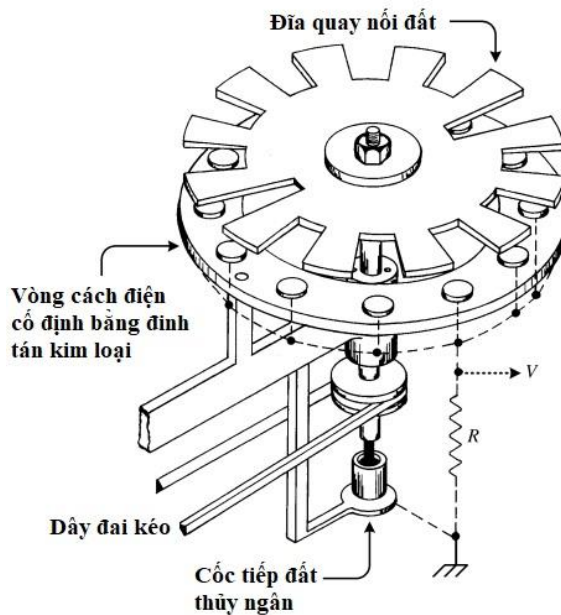
Bảng 2.1 là số liệu mẫu, trích xuất từ tệp số liệu của các hệ thiết bị định vị sét của Viện Vật lý địa cầu và hệ thiết bị định vị sét GLD-360. Định dạng mẫu số liệu của các thiết bị định vị sét của Viện Vật lý địa cầu bao gồm thời gian, vĩ độ, kinh độ, như ba cột bên phải của Bảng 2.2. Bốn cột bên trái là định dạng mẫu số liệu

thiết bị GLD-360, bao gồm thời gian (tháng, ngày, năm và thời gian sét đánh), vĩ độ, kinh độ, cột cuối là dòng điện sét (có giá trị âm hoặc dương).

2.1.2. Số liệu cường độ điện trường

2.1.2.2. Nguyên lý đo đạc thiết bị cường độ điện trường

Ngoài số liệu định vị sét dùng trong nghiên cứu dông sét, số liệu cường độ điện trường cũng thường được sử dụng trong các bài toán nghiên cứu dông sét hay cảnh báo sét ở trên thế giới. Nguyên lý đo đạc chung được dựa trên quá trình tích điện của mây dông thường biến đổi chậm (theo quy mô giây) điện trường mây có thể dễ dàng phát hiện được ở khoảng cách từ 10 đến 20 km. Những trường như này, biến đổi quá chậm để đo đạc được như các cảm biến tần số radio (RF), thường được sử dụng để phát hiện sét. Các thiết bị cơ điện đặc biệt này được gọi là thiết bị đo điện trường (EFM), thường được sử dụng để đo điện trường mây, từ đó có thể ước lượng được vị trí và độ lớn điện tích của mây.

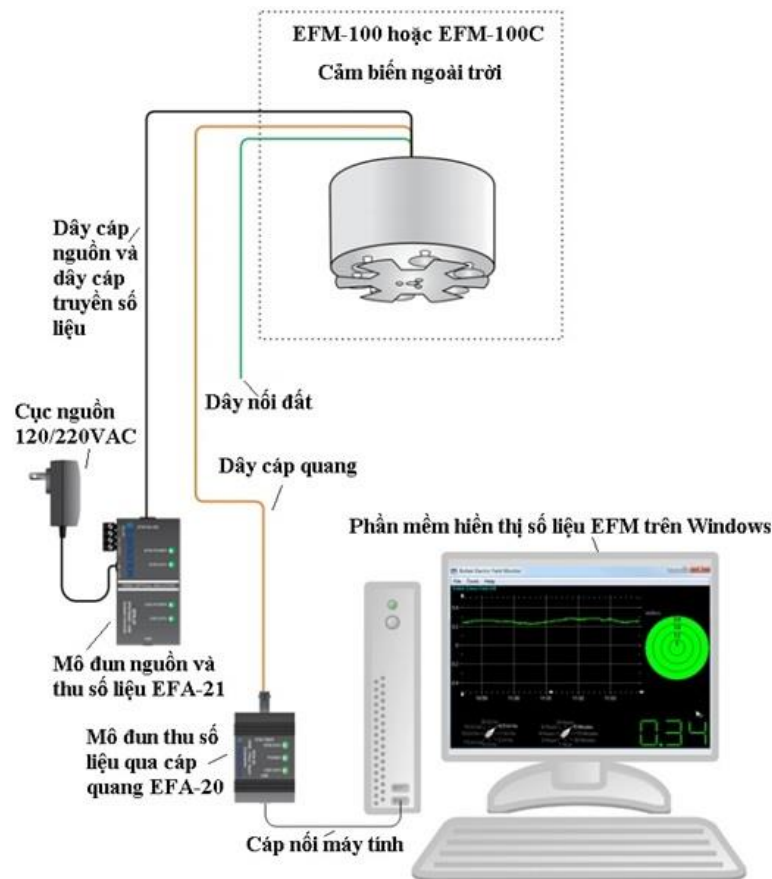


Hình 2.5. Sơ đồ thiết kế ban đầu của thiết bị đo điện trường, Malan (1963) [11]

Thiết bị EFM và các phiên bản phát triển của nó, đã được sử dụng trong nhiều nghiên cứu hoạt động dông sét, cụ thể sẽ được đề cập đến ở trong phần sau. Sơ đồ thiết kế ban đầu được mô tả trong hình 2.5. Nguyên lý hoạt động dựa trên ăng ten điện trường là các đỉnh tán kim loại, bị che hoặc không che bởi đĩa bằng kim loại nối đất, quay cơ học, ở trên ăng ten, trường tĩnh điện của mây ở gần truyền đến ăng ten, tạo ra dòng điện đến bề mặt qua ăng ten bị ngắt quãng. Do đó, điện trường mây biến đổi từ tín hiệu một chiều (DC) thành tín hiệu thay đổi theo thời gian, bởi

sự che và không che ăng ten định tán. Dòng điện chạy qua điện trở R sinh ra do điện tích biến đổi theo thời gian cảm ứng trên các định tán kim loại. Sau đó các thiết bị điện tử sẽ xử lý tín hiệu biến đổi theo thời gian, đó là nhiệm vụ tương đối dễ dàng đối với tín hiệu tựa tĩnh. Để che và không che ăng ten điện trường, đĩa kim loại quay cơ học cần thời gian, do vậy độ phân giải theo thời gian của máy đo điện trường thường giới hạn ở phần giây, tốt nhất ở khoảng mi li giây. Ngoài việc phát hiện điện tích của mây dông, các máy đo điện trường còn có thể ghi lại biến đổi điện trường sinh ra do sét và do đó cung cấp thông tin về vị trí và độ lớn nguồn điện tích do sét. Số liệu điện trường cũng được xử lý tương đối dễ dàng, đa phần các nhiễu hoặc điện trường có giá trị quá lớn so với giá trị trung bình và sinh ra do môi trường đo đặc có nhiều sol khí như sol bụi bản, sol khí muối biển.

2.1.2.2. Số liệu điện trường sử dụng trong luận án



Hình 2.6. Sơ đồ thiết bị đo điện trường EFM-100 [65]

Số liệu điện trường sử dụng trong nghiên cứu này thu thập từ hệ thiết bị EFM-100 hoặc EFM-100C. Nguyên lý chung của thiết bị cũng tương tự như thiết bị được mô tả trong hình 2.6. Sơ đồ hệ thống tổng quát của thiết bị EFM-100 được

trình bày trong hình 2.6. Hệ thiết bị này bao gồm: mô đun nguồn, dây cáp nguồn, mô đun truyền số liệu, cáp quang chống nhiễu và chống sét, bộ cảm biến và dây nối đất. Bộ cảm biến thu số liệu truyền đến máy tính qua các mô đun, qua cổng USB hoặc cổng RS232 và được lưu lại bằng chương trình tự viết hoặc phần mềm do hãng sản xuất phát triển, dùng trên các loại hệ điều hành. Độ chính xác 0,01 kV/m, thiết bị đo từ +20 kV/m đến -20 kV/m, thời gian đáp ứng 0,1 giây. Tổng khối lượng các bộ phận chính thiết bị EFM-100 cỡ hơn 1.0 kg, số liệu thu thập có thể hiển thị bằng phần mềm do nhà sản xuất cung cấp chạy trên hệ điều hành Windows. Đến thời điểm hiện tại Viện Vật lý địa cầu có hệ thống mạng trạm điện trường đã và đang hoạt động, lắp đặt tại nhiều địa điểm ở Hà Nội, Bà Rịa-Vũng Tàu, Quảng Nam, Quảng Ninh, Khánh Hòa, Sơn La, Bạc Liêu...v.v.

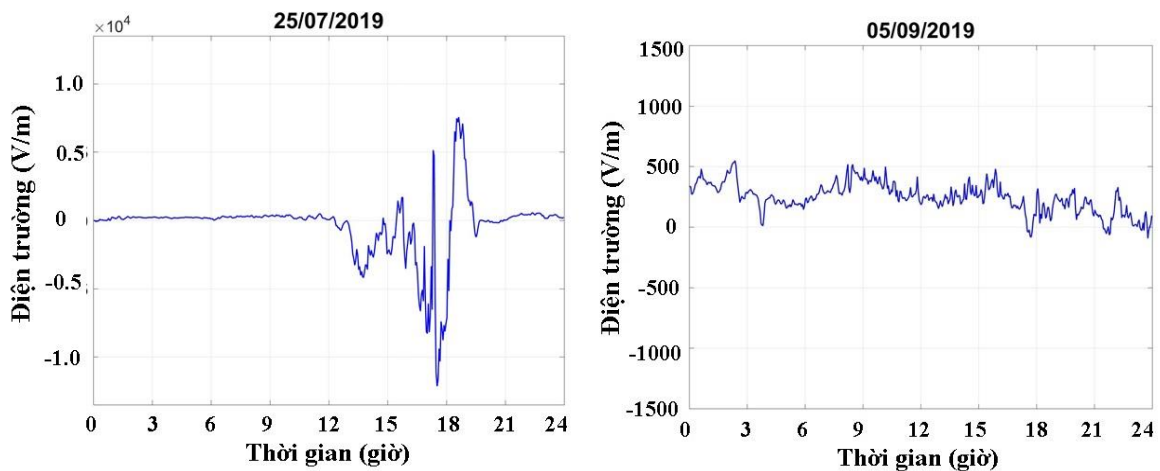
Bảng 2.2. Bảng số liệu mẫu cường độ điện trường

TT	Số liệu	TT	Số liệu
1	11:54:51,+0.37,0	21	11:54:52,+0.36,0
2	11:54:51,+0.36,0	22	11:54:52,+0.36,0
3	11:54:51,+0.36,0	23	11:54:52,+0.36,0
4	11:54:51,+0.37,0	24	11:54:52,+0.36,0
5	11:54:51,+0.37,0	25	11:54:52,+0.36,0
6	11:54:51,+0.37,0	26	11:54:52,+0.36,0
7	11:54:51,+0.36,0	27	11:54:52,+0.36,0
8	11:54:51,+0.36,0	28	11:54:52,+0.36,0
9	11:54:51,+0.36,0	29	11:54:52,+0.36,0
10	11:54:51,+0.37,0	30	11:54:52,+0.36,0
11	11:54:51,+0.37,0	31	11:54:52,+0.36,0
12	11:54:51,+0.36,0	32	11:54:52,+0.36,0
13	11:54:51,+0.36,0	33	11:54:52,+0.36,0
14	11:54:51,+0.36,0	34	11:54:52,+0.36,0

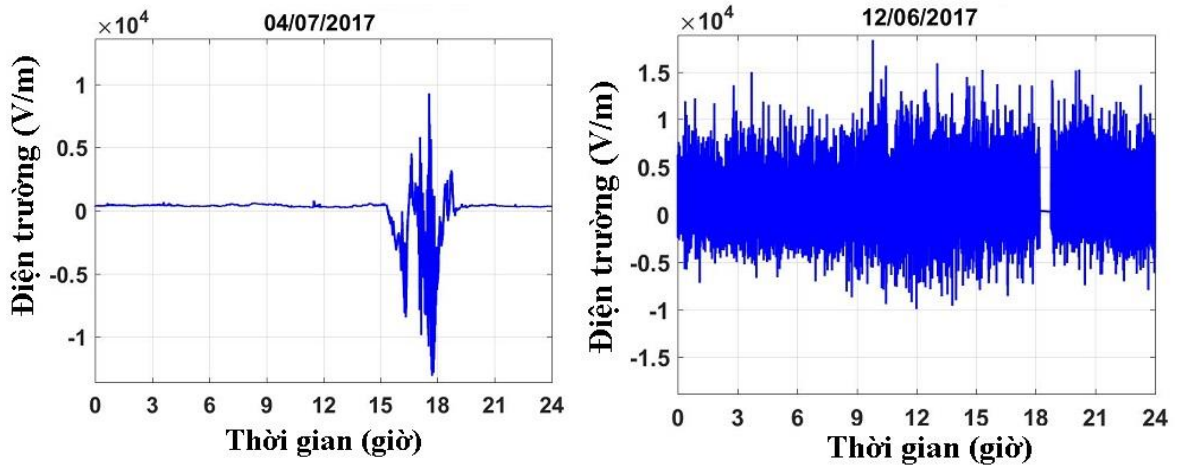
Bảng 2.2 là số liệu điện trường mẫu, trích ra từ tệp số liệu theo từng ngày của thiết bị điện trường EFM-100C hoặc EFM-100. Cấu trúc tệp số liệu ghi dưới dạng như cột số liệu, cụ thể gồm: giờ, dấu hai chấm, phút, dấu hai chấm, giây, dấu phẩy, dấu điện trường (+ hoặc -), giá trị điện trường, dấu phẩy, trạng thái thiết bị điện trường (0 là bình thường, 1 là thiết bị lỗi). Tần suất lấy mẫu của thiết bị (EFM-100 hoặc EFM-100C) được thay đổi tùy theo bài toán nghiên cứu (1 giây/2 số liệu đo hoặc 1 giây/20 số liệu đo, tương ứng với dung lượng tệp số liệu đo 1 ngày, khoảng 3 Mb hoặc 30 Mb). Các thiết bị đo điện trường (EFM) là các sản phẩm thương mại xuất khẩu hoặc tiêu dùng trong nước của Canada, do vậy thiết bị đều được kiểm

chuẩn trước khi xuất xưởng, đáp ứng tiêu chuẩn tại nước có công nghệ phát triển như Canada. Tuy vậy, khi sử dụng trong nghiên cứu cảnh báo sét cũng như hoạt động dông sét ở một số khu vực tại Việt Nam, nguồn số liệu này cũng có một số ngày hoặc một số thời điểm bị nhiễu (chiếm tỉ lệ không đáng kể), như mô tả một số trường hợp như trên, các nhiễu này đa phần sinh ra do sol khí tại địa phương, tốc độ quay của đĩa quay thiết bị EFM bị ảnh hưởng bởi nguồn điện hoặc bụi bẩn. Các trường hợp như vậy, khi được đưa vào phân tích nghiên cứu sẽ được loại bỏ bằng các nguồn số liệu khác như số liệu định vị sét, số liệu ảnh mây vệ tinh, số liệu radar hoặc bằng phân tích hàm tự tương quan theo thời gian. Nguồn số liệu điện trường sử dụng trong nghiên cứu này cũng được xử lý tùy theo phương pháp cảnh báo sét, số liệu điện trường có thể được tính trung bình theo khoảng thời gian 10 phút, 5 phút, 1 phút, 10 giây, 2 giây,...v.v, để phù hợp với các đặc tính vật lý của tia sét, đặc tính chuyển động của mây dông, quá trình tích điện của mây dông, điện tích giải phóng của các dạng phóng điện sét...v.v.

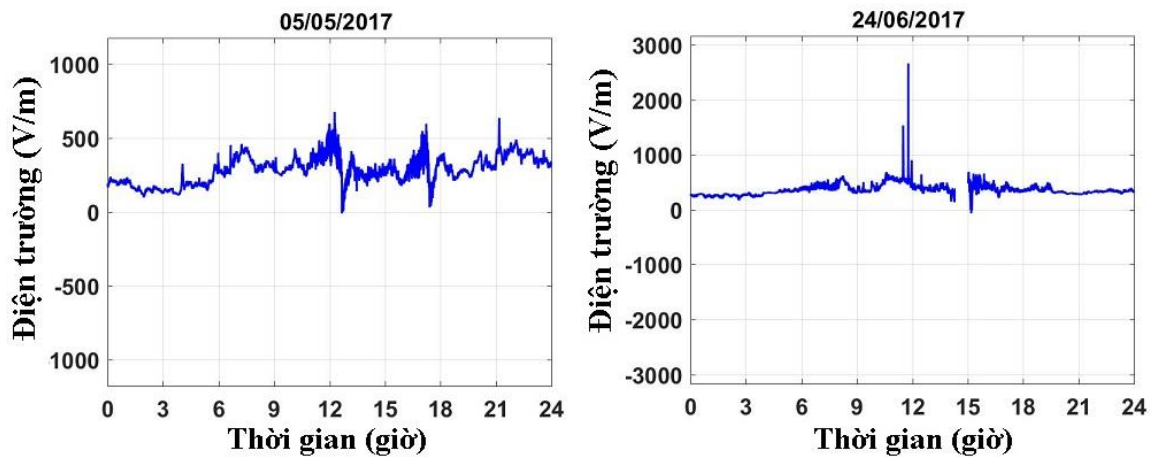
Số liệu điện trường đo tại các trạm ở khu vực Hà Nội, Bà Rịa-Vũng Tàu, ở khu vực Đại Lộc-Quảng Nam, khu vực Hiệp Đức-Quảng Nam, theo thời gian trong ngày, phần lớn có dạng tương tự như hình 2.7, trong ngày có dông và ngày trời đẹp. Riêng tại trạm Hội An-Quảng Nam, có một số ngày bị nhiễu và ngắt quãng do mất điện như hình 2.8 và hình 2.9 (hình bên phải). Các ngày hoặc một số thời điểm trong ngày có số liệu bị nhiễu chiếm số lượng không nhiều, được loại ra trong bộ số liệu dùng để nghiên cứu phân tích.



Hình 2.7. Điện trường ngày có dông (25/07/2019) và ngày thời tiết đẹp (05/09/2019) tại trạm Phú Thụy (Đặng Xá-Gia Lâm)



Hình 2.8. Điện trường ngày có dông (04/07/2019) và ngày số liệu trạm bị nhiễu (12/06/2017) tại trạm Hội An-Quảng Nam



Hình 2.9. Điện trường ngày thời tiết đẹp (05/05/2017) và ngày số liệu trạm bị nhiễu và ngắt quãng (24/06/2017) tại trạm Hội An-Quảng Nam

Bảng 2.3, mô tả tên trạm, tọa độ các trạm đo, thiết bị đo, số ngày đo và giai đoạn đo. Số liệu định vị sét thu thập trong khoảng thời gian tương ứng như trong bảng 2.3, để nghiên cứu cảnh báo sét, giai đoạn (2015-2019).

Bảng 2.3. Số ngày đo của các trạm đo điện trường và trạm cảnh báo sét

TT	Trạm	Kinh độ	Vĩ độ	Thiết bị	Số ngày đo, giai đoạn
1	Phú Thụy	105,9600	21,0300	EMF-100	521 ngày, 2017-2019
2	Hiệp Đức	108,1047	15,5795	EMF-100	150 ngày, 2016-2017
3	Hội An	108,3346	15,8764	EMF-100	128 ngày, 2016-2017
4	Đại Lộc	108,1102	15,8814	EMF-100	86 ngày, 2016-2017
5	Tam Kỳ	108,4989	15,5698	Strike Guard	91 ngày, 2015-2016
6	Vũng Tàu	107,0896	10,3327	EMF-100C	166 ngày, 2019

2.1.3. Số liệu radar thời tiết và số liệu ảnh mây vệ tinh

2.1.3.1. Sơ lược về nguyên lý đo đạc

Một trong các thiết bị thường được sử dụng trong nghiên cứu dông sét khác là các radar thời tiết. Radar thường được lắp trên máy bay, tàu thủy, vệ tinh,...v.v, nhưng radar thời tiết hay được sử dụng là các radar thời tiết lắp đặt trên bề mặt trái đất hoặc trên vệ tinh nhân tạo. Radar thời tiết gồm máy phát và máy thu, máy phát tạo ra sóng điện từ và qua ăng ten tạo ra tia sóng hẹp truyền vào trong không gian, máy thu tín hiệu và nhận tín hiệu phản xạ từ mục tiêu. Trong khí tượng mục tiêu là mây, giáng thủy, kích thước hạt giáng thủy, mây dông, mưa, mưa đá, vận tốc mây,...v.v. Ngoài ra, ra đa thời tiết được chế tạo tùy theo mục đích sử dụng, đưa tới sự khác nhau về tầm hoạt động (xa, trung, gần) với bước sóng cm hoặc dm. Theo chế độ làm việc, radar chi thành 2 loại, radar phát liên tục và radar phát xung. Radar phát liên tục, máy phát sóng liên tục trong suốt thời gian hoạt động, tần số phát thay đổi tuần hoàn theo thời gian và có quy luật, từ chênh lệch về thời gian, giữa tần số phát và thu, ước lượng được khoảng cách mục tiêu. Radar phát xung, phát sóng gián đoạn, trong các khoảng thời gian bằng nhau, máy phát ra sóng siêu cao tần trong khoảng thời gian ngắn, sau đó lại nghỉ, loại radar này đã được phát triển tương đối hoàn chỉnh và sử dụng ở nhiều nơi. Các radar thời tiết trước đây thường không được số hóa, tín hiệu phản hồi thu được ảnh, vị trí mục tiêu. Dựa trên hiệu ứng Dopler, radar phát sóng đi, phân cực hoàn toàn theo một phương xác định, các radar thời tiết ngày nay thường là các radar Dopler, phân cực và được số hóa. Các hệ radar thời tiết hiện đại có khả năng xác định các điều kiện cần thiết cho sự phân ly điện tích và do đó có khả năng cung cấp các thông tin cảnh báo sớm hoạt động dông sét. Radar phân cực kép có thể cung cấp các thông tin về các loại hạt, liên quan đến cơ chế tích điện của các đám mây, tại các vùng có phản hồi radar cao ≥ 30 dBz và ở độ cao có nhiệt độ âm 10^0 C ở độ cao trên bề mặt [66]. Tuy nhiên, tất cả các đo đạc dựa trên radar đều có hạn chế do liên quan đến vị trí của radar đối với sự phát triển của mây dông và độ phân giải thẳng đứng hay số lượng góc quét theo chiều thẳng đứng.

Một nguồn số liệu khác xuất hiện, sau sự ra đời của vệ tinh nhân tạo, vệ tinh địa tĩnh hoặc vệ tinh quỹ đạo cực, đã góp phần đáng kể trong nghiên cứu về dông sét. Ngoài các dụng cụ chụp ảnh mây ở các dải phổ, radar, GPS,...v.v, dùng để đo giáng thủy, xác định hàm lượng hơi nước, phát hiện vùng mây đối lưu, mây dông,

nghiên cứu môi trường,...v.v, các vệ tinh còn được lắp đặt các thiết bị chụp ảnh sét, thiết bị dò tìm sóng radio do phóng điện do mây dông phát ra. Như hệ thống định vị sét bằng thiết bị chụp ảnh vệ tinh OTD, LIS.

Trước khi cung cấp cho các nhà nghiên cứu sử dụng, các nguồn số liệu vệ tinh hay radar đều đã được xử lý, đảm bảo cho các bài toán nghiên cứu hay ứng dụng thực tế. Tùy theo mục đích và bài toán nghiên cứu, người dùng sẽ sử dụng trực tiếp hoặc thay đổi độ phân giải không gian, thời gian hay kết hợp các dạng số liệu phù hợp để nghiên cứu phân tích. Trong bài toán cảnh báo sét, tác giả chỉ quan tâm đến khu vực có mây đối lưu, được xác định qua hai nguồn số liệu radar và số liệu vệ tinh.

2.1.3.2. Số liệu radar thời tiết và số liệu ảnh mây vệ tinh sử dụng trong luận án

Số liệu radar thời tiết sử dụng trong nghiên cứu này của tác giả, được thu thập từ trang web của Đài Khí tượng Cao không nay là Trung tâm mạng lưới Khí tượng Thủy văn Quốc gia (<http://www.amo.gov.vn> hay <http://hymetnet.gov.vn>), dưới dạng các tệp ảnh (10 phút/ 1 ảnh). Số liệu radar được trích xuất dưới dạng tổ hợp hay số liệu radar ở các khu vực riêng (Nhà Bè, Phù Liễn, Việt Trì,...v.v), phụ thuộc vào khu vực nghiên cứu hay yêu cầu đặt ra. Ngoài ra, nghiên cứu này cũng sử dụng số liệu radar dạng ảnh và dạng số, thu thập từ 2 radar băng tần X, phân cực kép, độ phân giải vùng phản hồi tới 200 m, hoạt động đo đạc khảo sát từ tháng 10 năm 2019, là sản phẩm dự án án FIRST-IGP.

Số liệu vệ tinh là nguồn số liệu một số kênh hồng ngoại thu thập được của vệ tinh Himawari dưới dạng tệp ảnh và tệp số. Tệp số liệu số có dạng cột số nguyên, được đổi ra nhiệt độ K theo các bảng chuyển đổi sẵn có. Số liệu được thu thập từ trang web (<http://www.cr.chiba-u.jp/databases/GEO/>) của Đại học Chi Ba, Nhật Bản và Cơ quan Khí tượng Nhật Bản (JMA).

Bảng 2.4. Các kênh phổ vệ tinh Himawari [67]

Dải phổ	Bước sóng trung tâm (μm)	Băng thông (μm)	Độ phân giải không gian (km)
1	0,455	0,05	1
2	0,510	0,02	1
3	0,645	0,03	0,5
4	0,86	0,02	1
5	1,61	0,02	2
6	2,26	0,02	2

7	3,85	0,22	2
8	6,25	0,37	2
9	6,95	0,12	2
10	7,35	0,17	2
11	8,60	0,32	2
12	9,63	0,18	2
13	10,45	0,30	2
14	11,20	0,20	2
15	12,32	0,30	2
16	13,30	0,20	2

Bảng 2.5. Bảng chỉ số đánh giá khả năng mây đối lưu phát triển [67]

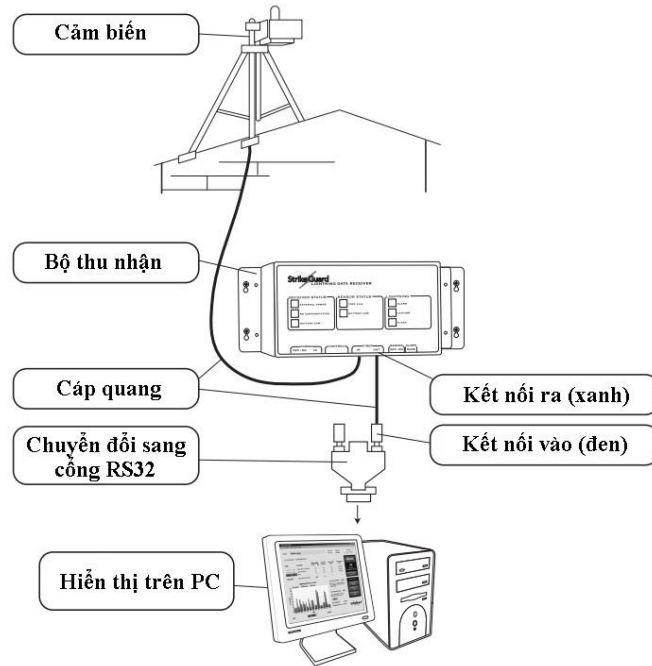
Chỉ số	Trường quan tâm (IF)	Đóng góp
1	11,2 μm	Đánh giá nhiệt độ đỉnh mây
2	6,2-11,2 μm	Độ cao tương đối đỉnh mây đến đối lưu hạn
3	6,2-7,3 μm	Độ cao tương đối đỉnh mây đến đối lưu hạn
4	13,3-11,2 μm	Độ cao tương đối đỉnh mây đến đối lưu hạn
5	12,3-11,2 μm	Mức độ đóng băng đỉnh mây
6	8,6-11,2 μm	Mức độ đóng băng đỉnh mây
7	Xu thế thời gian 11,2 μm	Tốc độ làm lạnh đỉnh mây
8	Xu thế thời gian 6,2-11,2 μm	Biến đổi theo thời gian độ cao đỉnh mây
9	Xu thế thời gian 6,2-7,3 μm	Biến đổi theo thời gian độ cao đỉnh mây
10	Xu thế thời gian 12,3-11,2 μm	Biến đổi theo thời gian độ cao đỉnh mây
11	(8,6-11,2 μm)-(11,2-12,3 μm)	Mức độ đóng băng đỉnh mây
12	Xu thế thời gian (8,6-11,2 μm)-(11,2-12,3 μm)	Biến đổi theo thời gian quá trình đóng băng đỉnh mây

Căn cứ vào các tham số trong bảng 2.4 và bảng 2.5, để ta lựa chọn kênh vệ tinh, sử dụng để xác định vùng mây có khả năng xảy ra đối lưu, đối lưu mạnh hoặc xảy ra dông. Số liệu radar và số liệu vệ tinh cũng được thu thập trong khoảng thời gian (2015-2019) tương ứng các khoảng thời gian nghiên cứu với thời gian đo của năm trạm điện trường và một trạm cảnh báo sét (bảng 2.3).

2.1.4. Các nguồn số liệu khác

Các nguồn số liệu khác như số liệu quan trắc synop, số liệu quan trắc không truyền thống, thu thập từ những trạm quan trắc synop ở bề mặt, trạm thủy văn, hay các trạm khí tượng không thuộc hệ thống của Ngành Khí tượng Thủy văn, các trạm đo theo dự án, đề tài của một số ngành nghề. Tùy theo từng trường hợp cụ thể, các

nguồn số liệu bao gồm: số liệu quan trắc ngày giờ dông, số liệu đo mưa, số liệu thiết bị phát hiện sét theo khoảng cách trạm đo (Strike Guard), số liệu gió, sol khí,...v.v.



Hình 2.10. Hệ thống cảnh báo sét Strike Guard [68]

Bảng 2.6. Bảng mẫu số liệu thiết bị Strike Guard

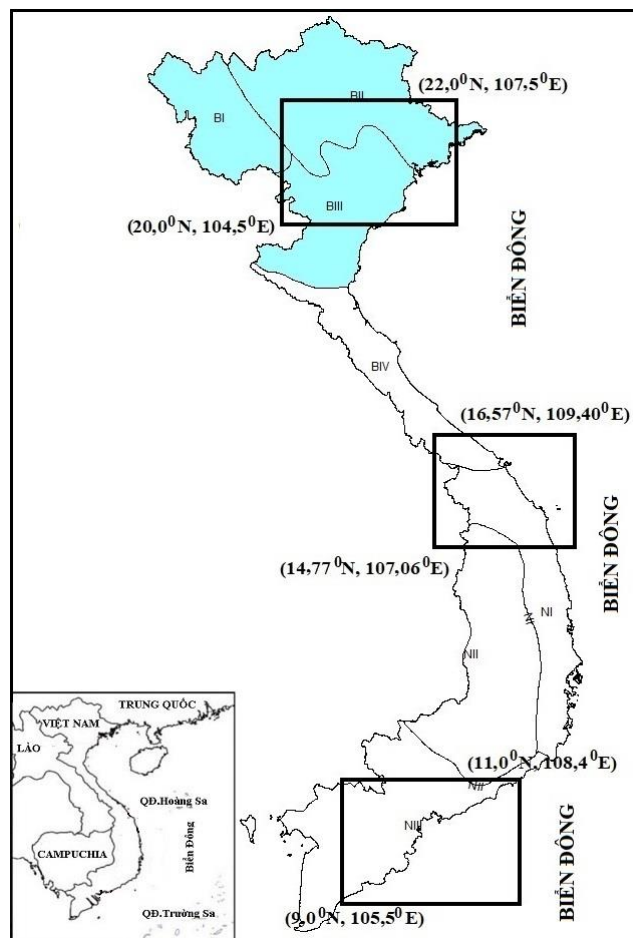
Thứ tự	Ngày/Tháng/Năm	Trạng thái	Thời gian
74	1/5/2015	Caution	14:43
75	1/5/2015	Warning	15:02
76	1/5/2015	Warning	15:59
77	1/5/2015	Alarm	16:03
78	2/5/2015	Warning	14:24
79	2/5/2015	Alarm	15:22
80	2/5/2015	Alarm	15:54
81	2/5/2015	Alarm	16:29
82	3/5/2015	Caution	19:19
83	4/5/2015	Caution	14:46
84	4/5/2015	Warning	16:11
85	4/5/2015	Warning	17:00
86	5/5/2015	Caution	15:05
87	5/5/2015	Warning	15:53
88	5/5/2015	Alarm	16:03
89	6/5/2015	Warning	18:35
90	6/5/2015	Caution	19:26
91	6/5/2015	Caution	21:24
92	7/5/2015	Caution	12:42
93	7/5/2015	Caution	14:37
94	7/5/2015	Warning	14:38

Thiết bị Strike Guard (hình 2.10) gồm có: cảm biến đặt ở ngoài để dò tìm phát hiện sét qua ánh sáng và sóng điện từ phát ra từ tia sét; bộ thu dữ liệu đặt trong trạm; liên kết với máy tính qua cáp quang chống nhiễu, phần mềm do nhà sản xuất

cung cấp có thể thu nhận dữ liệu truyền đến từ bộ cảm biến và hiển thị trên màn hình. Thiết bị này có thể thông báo phát hiện được sét theo khoảng cách: 8 km (Báo động: Alarm), 16,0 km (Cảnh báo: Warning) và 32 km (Thận trọng: Caution). Bảng 2.6 là số liệu mẫu, trích xuất từ tệp số liệu của thiết bị Strike Guard, định dạng gồm các cột: thứ tự, ngày/tháng/năm, trạng thái và thời gian xảy ra. Thời gian số liệu thu thập tại trạm cảnh báo sét Tam Kỳ trong giai đoạn 2015-2016 (xem bảng 2.3).

2.2. Phương pháp cảnh báo sét

Phương pháp cảnh báo sét cho các khu vực cần cảnh báo, được nghiên cứu xây dựng riêng. Các phương pháp này được dựa trên nhiều thành tựu nghiên cứu trên thế giới, cũng như ở Việt Nam như của: Aranguren và ccs đề xuất năm 2009; Zeng và ccs đề xuất năm 2013; Nguyễn Xuân Anh và ccs đề xuất năm 2005, 2013, 2019; Junchi và ccs đề xuất năm 2015; Karagiannidis và ccs đề xuất năm 2016,... v.v. Phương pháp nghiên cứu cảnh báo sét cho các khu vực nêu trên sẽ có một số thay đổi, cập nhật, cải tiến, để phù hợp với môi trường khí hậu, thời tiết tại địa phương và các nguồn số liệu thu thập tại khu vực nghiên cứu.



Hình 2.11. Vùng giới hạn các khu vực nghiên cứu cảnh báo sét

2.2.1. Khu vực nghiên cứu cảnh báo sét

Khu vực nghiên cứu cảnh báo sét là các khu vực cụ thể bao gồm khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội, khu vực thành phố Vũng Tàu-Bà Rịa Vũng Tàu và một số khu vực thuộc tỉnh Quảng Nam. Vùng giới hạn các khu vực nghiên cứu cảnh báo sét là các hình chữ nhật với các tọa độ giới hạn, được trình bày trong hình 2.11. Khu vực nghiên cứu gồm ba khu vực bên trong vùng giới hạn. Khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội nằm trong miền khí hậu vùng đồng bằng Bắc Bộ. Khu vực thành phố Vũng Tàu-Bà Rịa Vũng Tàu nằm trong miền khí hậu vùng Nam Bộ. Và một số khu vực tại tỉnh Quảng Nam nằm trong miền khí hậu vùng Nam Trung Bộ. Các khu vực này đều có những đặc trưng về môi trường, thời tiết và khí hậu khác nhau.

2.2.2. Cảnh báo sét dựa theo nguồn số liệu tổng hợp

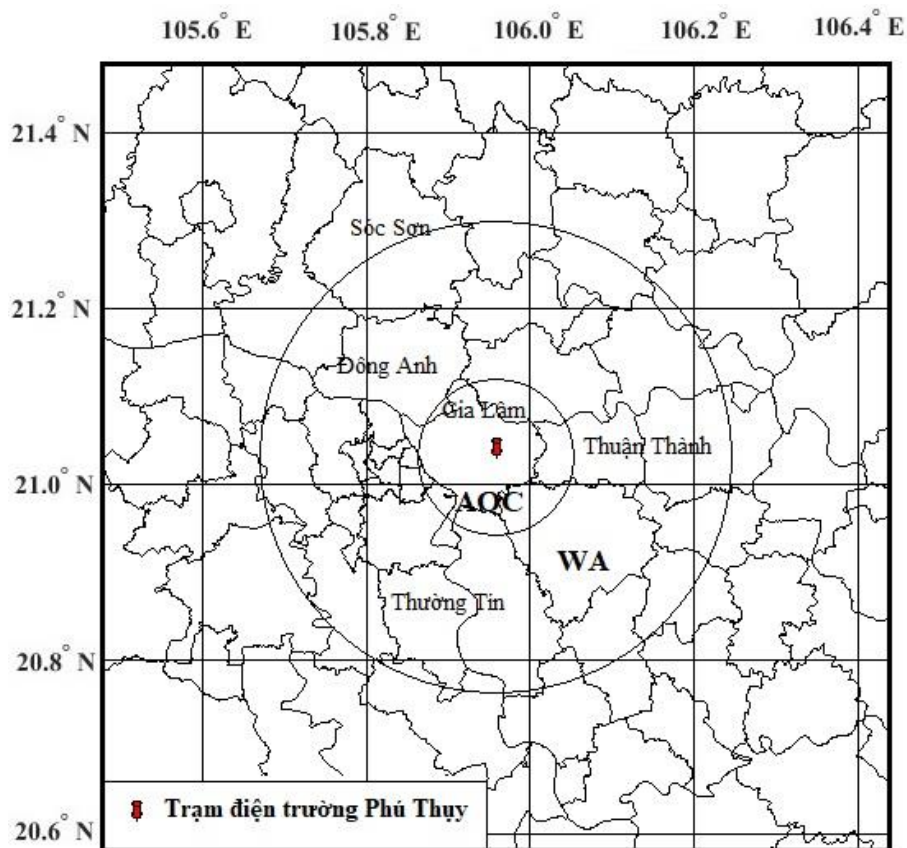
2.2.2.1. Cảnh báo sét khu vực huyện Gia Lâm

Những kết quả nghiên cứu cảnh báo sét trên thế giới và tại Việt Nam đã được tổng quan trong chương 1, cho thấy việc xây dựng phương pháp cảnh báo sét cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội theo nguồn số liệu tổng hợp là phù hợp. Số liệu điện trường là nguồn số liệu chính và kết hợp với các dạng số liệu liên quan khác.

Trạm đo điện trường Phú Thụy được đặt tại Trạm Vật lý khí quyển, trong khuôn viên Đài Điện ly Phú Thụy, tại xã Đặng Xá-Gia Lâm-Hà Nội. Sơ đồ thiết bị đo điện trường và một số tính năng được mô tả trong hình 2.6. Vị trí trạm đo được mô tả trong hình 2.12, tọa độ trạm ($105,96^0$ E, $21,03^0$ N). Ảnh hưởng điện trường mây dông theo hướng dẫn sử dụng thiết bị EFM-100 [65], một số kết quả khảo sát thực tế hiện tại Việt Nam, cũng như kết quả khảo sát trước đây tại Việt Nam [48], cho thấy hoạt động dông sét ở ngoài 30 km của trạm đo, có những tác động nhất định đến biến đổi điện trường tại trạm đo đạc. Do vậy, vùng cảnh báo (WA) được lựa chọn là vùng hình vành khuyên bên ngoài bán kính 30 km. Và vùng cần cảnh báo (AOC) có diện tích gần như bao trọn huyện Gia Lâm-Hà Nội, bán kính 10 km với tâm là trạm đo, như hình vẽ mô tả phương pháp cảnh báo sét dựa theo một trạm điện trường (hình 2.13).

Phương pháp cảnh báo chia vùng nghiên cứu thành hai vùng, sử dụng các thông tin thu thập được trong vùng cảnh báo (WA) và vùng phụ cận, để cảnh báo sét cho vùng cần cảnh báo (AOC). Trong luận án này, tác giả chỉ quan tâm đến cảnh báo sét là phóng điện mây-đất xảy ra lần đầu ở trong vùng cần cảnh báo. Các nguồn

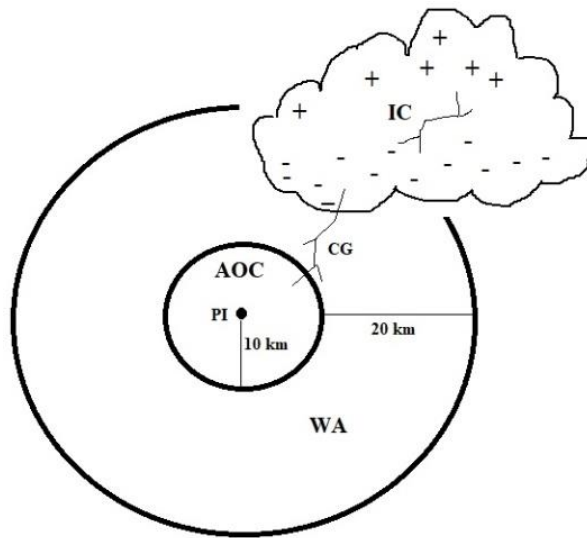
số liệu liên quan (vệ tinh và radar) được sử dụng, để theo dõi kiểm tra sự xuất hiện của các vùng mây, mây đối lưu hoặc có thể là mây dông (giới hạn bán kính quanh trạm điện trường 50 km) có thể do gió dịch chuyển đến hoặc tự phát triển ở khu vực nghiên cứu. Phát hiện mây đối lưu hoặc mây dông tại khu vực nghiên cứu qua số liệu vệ tinh, bằng cách sử dụng kết hợp số liệu một số kênh ảnh chụp hồng ngoại vệ tinh Himawari, kênh TIR6 ($6,2 \mu\text{m}$) và kênh TIR2 ($11,2 \mu\text{m}$), độ lệch TIR6-TIR2 biểu thị độ dày của mây, kênh TIR2 biểu thị mức độ đóng băng ở đỉnh mây và tốc độ phát triển của mây [37, 67, 69]. Ngoài ra cũng có thể sử dụng số liệu radar để phát hiện các vùng mây đối lưu hoặc mây dông ở vùng giới hạn, được dựa trên tiêu chuẩn là các vùng mây phát triển hoặc tan rã có độ phản hồi radar lớn hơn 35 dBz. Để đánh giá kết quả cảnh báo sét cho khu vực nghiên cứu, chúng ta sử dụng số liệu định vị sét.



Hình 2.12. Sơ đồ vị trí trạm đo điện trường Phú Thủy

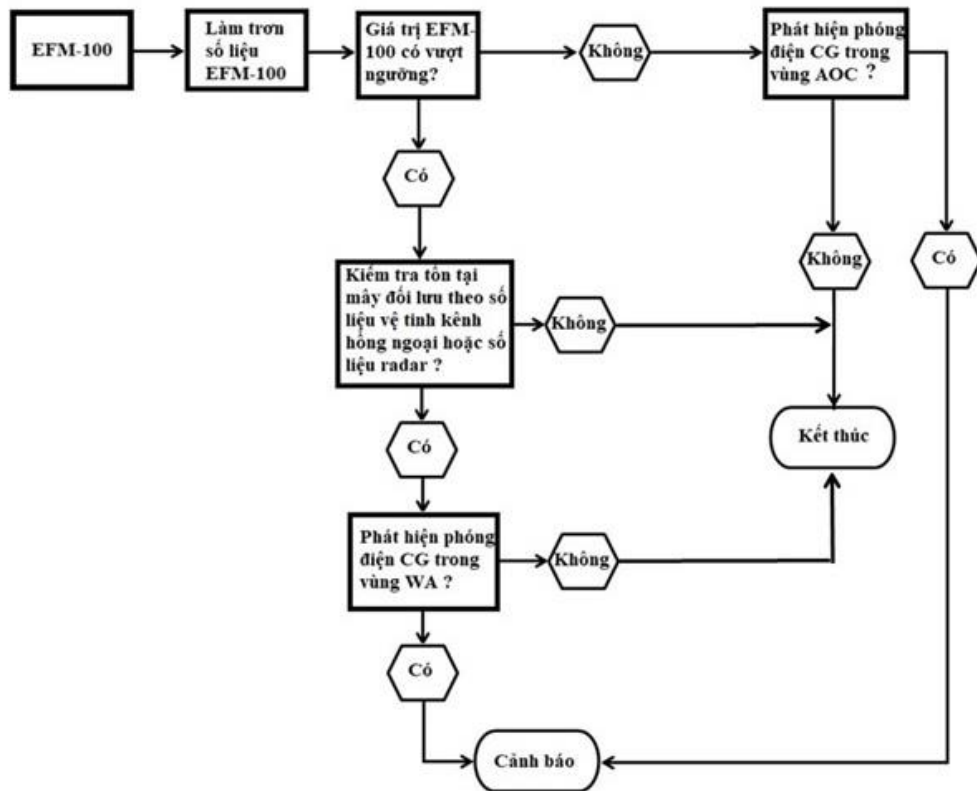
Theo Montanya và ccs (2004) [17] hay tác giả Nguyễn Mạnh Đức (1957) [48], Trái đất của chúng ta tích một lượng điện tích âm có độ lớn khoảng $5 \times 10^5 \text{ C}$, trong trường hợp thời tiết đẹp, thường là không mưa, môi trường tương đối sạch, điện trường đo được cỡ khoảng 130 V/m. Tuy nhiên, khi mây dông hoặc mây đối

lưu có tích điện, dịch chuyển đến một điểm hoặc phát triển tại đó, làm cho điện trường tại các điểm dưới mây dông hoặc ở gần mây dông sẽ bị nhiễu loạn hoặc đạt giá trị lớn hơn giá trị tuyệt đối 1,0 kV/m. Để cảnh báo sét, tác giả sẽ sử dụng sơ đồ thuật toán cảnh báo sét như hình 2.14, với giá trị ngưỡng điện trường sử dụng cảnh báo tương tự như nghiên cứu [17] hoặc tùy thuộc vào đặc tính địa phương của cường độ điện trường đo đạc. Ngưỡng điện trường sử dụng để cảnh báo sét ở khu vực huyện Gia Lâm được xác định trên cơ sở biến đổi điện trường của những ngày không có nhiễu loạn hay thời tiết đẹp.



Hình 2.13. Phương pháp cảnh báo sét dựa theo một trạm điện trường

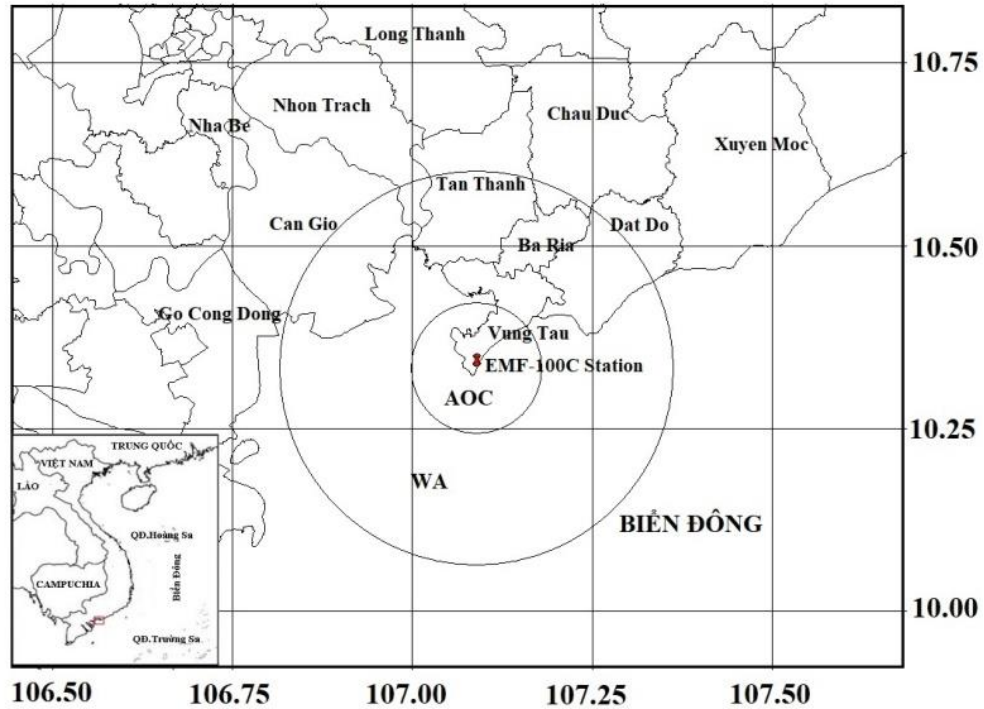
Quy trình cảnh báo sét cho khu vực Gia Lâm được thực hiện theo sơ đồ thuật toán chi tiết trong hình 2.14, từ số liệu điện trường thu thập tại trạm Phú Thụy, làm tròn số liệu điện trường bằng cách tính trung bình số liệu trong 1,8 giây (phù hợp với đặc tính vật lý của một tia sét). Kiểm tra giá trị điện trường nếu vượt ngưỡng (lớn hơn giá trị tuyệt đối 1,0 kV/m), thực hiện bước kiểm tra sự tồn tại mây đối lưu từ số liệu vệ tinh hoặc radar theo một số tiêu chuẩn đã nêu ra ở trên, như xu thế biến đổi nhiệt độ kênh hồng ngoại và chênh lệch nhiệt độ giữ các kênh hồng ngoại hay vùng phản hồi radar có giá trị lớn hơn 30 dBz). Nếu không tồn tại mây đối lưu thì kết thúc cảnh báo. Nếu tồn tại mây đối lưu, thực hiện kiểm tra sự tồn tại sét trong vùng WA, nếu có thì đưa ra thông tin cảnh báo sét cho vùng AOC, nếu không có sét trong vùng WA thì kết thúc cảnh báo. Trong trường hợp không phát hiện giá trị điện trường vượt ngưỡng, nếu phát hiện sét trong vùng cần cảnh báo (AOC) thì đưa ra thông tin cảnh báo sét, nếu không thì kết thúc cảnh báo.



Hình 2.14. Sơ đồ thuật toán cảnh báo sét

2.2.2.2. Cảnh báo sét khu vực thành phố Vũng Tàu

Phương pháp cảnh báo sét cho khu vực thành phố Vũng Tàu-Bà Rịa Vũng Tàu cũng được dựa trên nguồn số liệu tổng hợp bao gồm số liệu cường độ điện trường, số liệu định vị sét, số liệu vệ tinh hoặc số liệu radar. Nguồn số liệu đo điện trường được quan trắc tại Trạm cứu hộ số 1, thuộc thành phố Vũng Tàu (EFM-100C, vị trí trạm: 10,3327⁰ N; 107,0896⁰ E), xem trong hình 2.15. Thiết bị đo cường độ điện trường EFM-100C tại Trạm cứu hộ số 1, tại thành phố Vũng Tàu gồm các thành phần chính: bộ cảm biến để ngoài trời (hình 2.16), mô đun dùng để truyền số liệu và mô đun nguồn. Số liệu từ cảm biến có thể truyền qua các mô đun này trực tiếp đến máy tính. Dải đo thiết bị EFM-100C nằm trong khoảng từ -20 kV/m đến +20 kV/m, độ chính xác của thiết bị là 0,01 kV/m. Về cơ bản, hệ thiết bị này cũng tương tự như hệ thiết bị điện trường EFM-100, đặt trạm Phú Thụy, đã sử dụng cho nghiên cứu cảnh báo sét cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội. Tuy vậy, hệ thiết bị này cũng có một số cải tiến, bộ cảm biến ngoài trời EFM-100C, được thiết kế úp xuống dưới, để giảm thiểu ảnh hưởng của môi trường đến tốc độ quay của mô tơ, giảm nhiễu cho thiết bị, hạn chế sự xâm nhập hơi nước hay muối biển vào mạch điện bên trong cảm biến, nâng cao độ bền cho hệ thiết bị.



Hình 2.15. Sơ đồ vị trí trạm đo cường độ điện trường Vũng Tàu, tại Trạm cứu hộ số 1, Thành phố Vũng Tàu



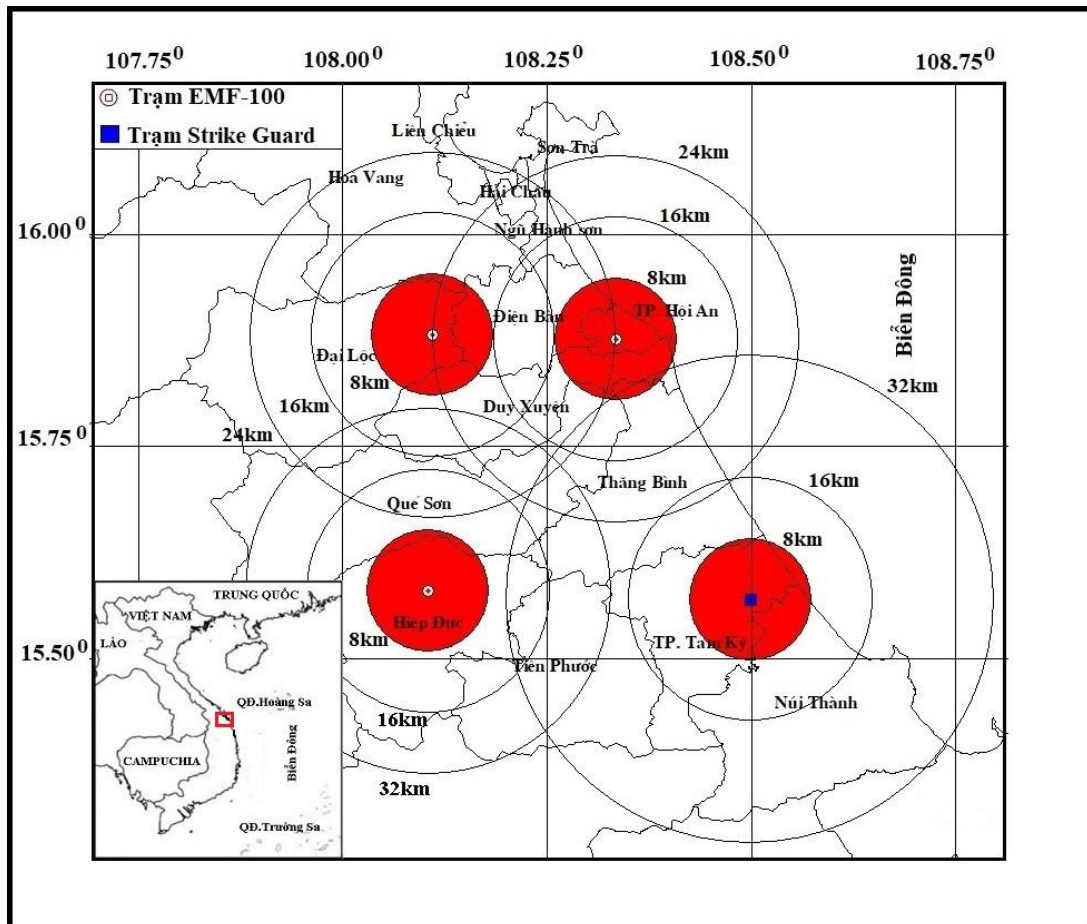
Hình 2.16. Bộ cảm biến của thiết bị EFM-100C, tại Trạm cứu hộ số 1, Thành phố Vũng Tàu

Phương pháp cảnh báo sét xây dựng cho khu vực thành phố Vũng Tàu cũng được xây dựng tương tự như ở khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội. Trong phương pháp xây dựng cho khu vực này, cũng sử dụng phương pháp hai vùng như hình 2.13 và quy trình cảnh báo sét được thực hiện như theo như sơ đồ hình 2.14. Với nguồn số liệu sử dụng tương tự như nguồn số liệu sử dụng cho khu vực huyện Gia Lâm. Tuy nhiên, trạm đo điện trường được khảo sát tại khu vực bờ biển, nên có những

ảnh hưởng của môi trường khí quyển biển đến ngưỡng cảnh báo lựa chọn. Ngưỡng cảnh báo cũng được xác định trên cơ sở biến đổi cường độ điện trường của những ngày không có nhiễu loạn hay ngày có thời tiết đẹp.

2.2.3. Cảnh báo sét dựa theo phương pháp cải tiến và nguồn số liệu tổng hợp

Phương pháp cảnh báo sét cho một số khu vực tại Quảng Nam được xây dựng dựa trên các trạm đo điện trường EFM-100 và trạm cảnh báo sét Strike Guard được thiết lập tại Quảng Nam, là sản phẩm của đề tài [4]. Sau khi đề tài được nghiệm thu, các trạm được chuyển giao cho Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Quảng Nam và Viện Vật lý địa cầu, phối hợp với Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Quảng Nam, vận hành quản lý, lắp đặt tại một số trạm thủy văn ở Quảng Nam. Các trạm đã được thiết lập lại theo sơ đồ hình 2.17, để phục vụ công tác dự báo và cảnh báo hoạt động dông sét ở địa phương.



Hình 2.17. Vị trí các trạm điện trường và trạm cảnh báo sét ở khu vực tỉnh Quảng Nam

Trong bảng 2.3, theo thứ tự từ 3 đến 6 là các trạm điện trường và trạm cảnh báo sét được lắp đặt tại Quảng Nam. Sơ đồ mạng trạm trước khi đề tài, [4], kết thúc

năm 2013, khác so với mạng trạm như hình 2.17, mạng trạm được thiết lập tại Thăng Bình (thiết bị EFM-100; thiết bị Strike Guard), tại Hội An (thiết bị EFM-100; thiết bị ESID), tại Đại Lộc (thiết bị EFM-100), tại Tam Kỳ (thiết bị EFM-100). Một phần số liệu mạng trạm cũ, đã được công bố trong báo cáo tổng kết đề tài [4].

Do tại khu vực nghiên cứu có hai nguồn số liệu khác nhau, thường được sử dụng trong nghiên cứu cảnh báo sét. Do vậy, trong phương pháp cảnh báo sét xây dựng tại một số khu vực ở tỉnh Quảng Nam, tác giả đề xuất hai phương pháp cảnh báo sét khác nhau theo nguồn số liệu tổng hợp, với hai nguồn số liệu chính là số liệu cường độ điện trường (EFM-100) và số liệu thiết bị cảnh báo sét (Strike Guard).

2.2.3.1. Cảnh báo sét dựa theo số liệu điện trường, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét

Phương pháp cảnh báo sét nghiên cứu xây dựng cho khu vực Quảng Nam (ở một số vùng cụ thể) theo số liệu điện trường, vệ tinh và định vị sét được dựa trên nguồn số liệu điện trường khảo sát đo đạc tại các trạm EFM-100 ở Hiệp Đức, thành phố Hội An và Đại Lộc. Phương pháp sẽ xác định hai chỉ số từ các nguồn số liệu điện trường này, chỉ số đầu tiên là chỉ số EFAI, là số lần giá trị tuyệt đối của điện trường vượt ngưỡng trong một khoảng thời gian xác định và đạt đến mức nhất định. Giá trị EFAI tốt nhất được xác định dựa trên chuỗi các ngưỡng cường độ điện trường cho cảnh báo sét tốt nhất. Chỉ số thứ hai trong phương pháp này cần được xác định là về độ chênh lệch điện trường EFDI hay là mức độ biến đổi điện trường trong một khoảng thời gian, đại lượng này có thể biểu diễn bởi phương trình (2.18):

$$\frac{dE(x,y,z)}{dt} = \frac{E_{t2}(x,y,z) - E_{t1}(x,y,z)}{\Delta t} \quad (2.18)$$

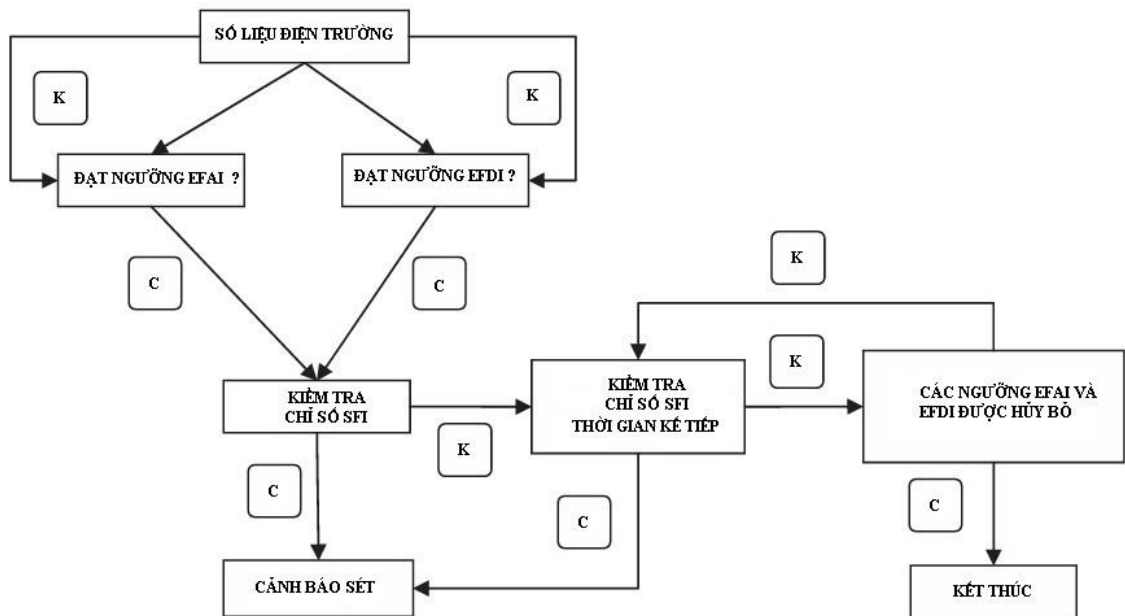
Ở đây, t_1 và t_2 là giá trị về thời gian liên kế liên tục bất kỳ, khi tần suất lấy mẫu của là 1 giây, mức độ điện trường chênh lệch biểu diễn dưới dạng sau:

$$\Delta E(x, y, z) = E_{t2}(x, y, z) - E_{t1}(x, y, z) \quad (2.19)$$

Trong phương pháp nghiên cứu xây dựng cần xác định các tham số thống kê bao gồm: tỷ lệ cảnh báo không (FAR), điểm số thành công (CSI) và tỷ lệ cảnh báo đúng (POD). Với dung lượng mẫu xác định từ số lần không cảnh báo và cảnh báo.

Từ số liệu điện trường đo ở các trạm, xác định được số lần xảy ra sét theo các khoảng thời gian trước cảnh báo cũng như các ngưỡng cảnh báo sét, chúng ta

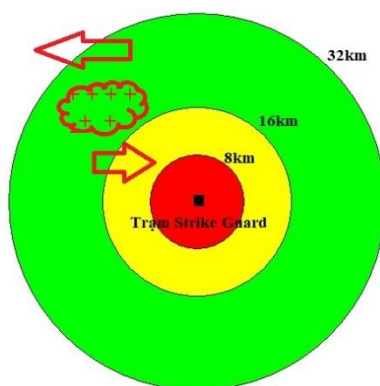
xác định được chỉ số EFDI và EFAI. Từ đó ngưỡng tối ưu được xác định theo các chỉ số đánh giá thống kê FAR, CSI và tỷ lệ cảnh báo đúng POD. Số liệu vệ tinh dùng để phát hiện vùng mây đối lưu, được gọi là chỉ số SFI, xác định bằng cách kết hợp số liệu kênh hồng ngoại của vệ tinh Himawari, từ kênh TIR2 (11,2 μm) và kênh TIR6 (6,2 μm), qua phân tích chênh lệch nhiệt độ giữ các kênh hồng ngoại và xu thế biến đổi của nó. Từ đó, ta có thể đưa ra thông tin cảnh báo sét cho vùng cần cảnh báo sét có bán kính 8 km (vùng ROW). Bán kính vùng cảnh báo sét trong phương pháp xây dựng cho khu vực thành phố Vũng Tàu và huyện Gia Lâm (10 km, vùng AOC) lớn hơn bán kính cảnh báo sét tại các khu vực ở Quảng Nam. Sơ đồ thuật toán cảnh báo sét theo số liệu điện trường, vệ tinh và định vị sét, nghiên cứu xây dựng cho một số khu vực ở Quảng Nam trình bày trong hình 2.18.



Hình 2.18. Sơ đồ khối phương pháp cảnh báo sét theo nguồn số liệu tổng hợp
2.2.3.2. Cảnh báo sét dựa theo số liệu thiết bị cảnh báo sét, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét

Strike Guard là thiết bị phát hiện sét để cảnh báo có khả năng thu tín hiệu từ tia sét xảy ra ở các đám mây dông và truyền thông tin báo động sét tới con người hoặc thiết bị báo động theo ba trạng thái khác nhau: 1) Thận trọng (Caution), khi tín hiệu do sét xuất hiện ở vùng vành khuyên màu xanh, bán kính từ 16-32 km; 2) Cảnh báo (Warning), khi tín hiệu do sét xuất hiện ở vùng vành khuyên màu vàng, bán kính từ 8-16 km; và 3) Báo động (Alarm), khi tín hiệu do sét xuất hiện ở vùng hình tròn màu đỏ, bán kính 8 km (chi tiết xem hình 2.19). Tuy nhiên, thiết bị này lại

không thể đưa ra thông tin từ cảnh báo sang không cảnh báo khi xảy ra tình huống đám mây dông đi ra xa trạm, hay cảnh báo trước các đám mây dông dịch chuyển về phía trạm (trạng thái 2 sang trạng thái 3). Tuy nhiên, khi sử dụng ba nguồn số liệu vệ tinh, vị trí sét đánh theo thời gian và thiết bị này, các nhà nghiên cứu có thể theo dõi được các đám mây di chuyển giữa các vùng được đánh dấu theo các màu sắc khác nhau như hình 2.19. Cụ thể, khi sử dụng số liệu về vị trí sét đánh theo thời gian và chụp ảnh vệ tinh thì hướng di chuyển của các khối mây có sét có thể được ước lượng một cách tương đối. Khoảng thời gian chênh lệch khi đám mây có sét chuyển từ vùng màu xanh sang vùng màu vàng (trạng thái thay đổi từ 1 sang 2), các nhà nghiên cứu sẽ ước lượng được thời gian dịch chuyển của đám mây có sét từ vùng màu vàng sang vùng màu đỏ hay thời gian thay đổi trạng thái từ 2 sang 3. Và thực hiện đưa ra thông tin cảnh báo sét ở vùng màu đỏ khi đám mây có sét đang ở vùng màu xanh. Do vậy, bằng việc dùng tổ hợp ba nguồn số liệu gồm số liệu thiết bị Strike Guard, ảnh chụp vệ tinh và số liệu về vị trí sét đánh theo thời gian, các nhà nghiên cứu có thể gia tăng tính năng cảnh báo sét của thiết bị Strike Guard.



Hình 2.19. Các vùng cảnh báo sét theo bán kính từ vị trí trạm

2.3. Phương pháp đánh giá các kết quả cảnh báo sét

Dựa trên số lần cảnh báo và không cảnh báo để đánh giá các phương pháp cảnh báo sét hay quy trình cảnh báo sét được xây dựng và phát triển cho những vùng nghiên cứu nêu trên hay ở vùng cần cảnh báo sét (AOC hoặc ROW). Tác giả luận án đã dùng các chỉ số thống kê bao gồm: tỷ lệ cảnh báo đúng, tỷ lệ cảnh báo không và điểm số thành công (POD, FAR, CSI) lần lượt như sau:

$$POD = \frac{EA}{EA+FTW} \quad (2.20)$$

$$FAR = \frac{FA}{EA+FA} \quad (2.21)$$

$$CSI = \frac{EA}{EA+FTW+FA} \quad (2.22)$$

Giải thích về các đại lượng được trình bày ở bảng 2.7. Trong đó, FWT là tỷ lệ không cảnh báo, EA là tỷ lệ cảnh báo hiệu quả, FA là tỷ lệ cảnh báo sai.

Bảng 2.7. Đánh giá kết quả cảnh báo so với quan trắc

		Quan trắc		
		Có	Không	Tổng cộng
Cảnh báo	Có	EA	FA	Cảnh báo có
	Không	FTW	Cảnh báo không, Quan trắc không	Cảnh báo không

Kết luận chương 2

Trong chương này đã xác định được rõ các dạng số liệu dùng để nghiên cứu dông sét hay cảnh báo sét ở Việt Nam. Nguồn số liệu này là nguồn số liệu tổng hợp bao gồm: số liệu định vị sét, điện trường, cảnh báo sét, chụp ảnh vệ tinh và radar. Với các nguồn số liệu gần đây mới được đưa vào nghiên cứu cảnh báo, dự báo dông sét ở Việt Nam như số liệu định vị sét, số liệu điện trường hay số liệu cảnh báo sét, cần phải nắm bắt được rõ về phương pháp thu thập và xử lý số liệu. Hai nguồn số liệu khác là số liệu vệ tinh và phản hồi radar thời tiết thu thập tại khu vực Việt Nam đã được sử dụng trong dự báo hàng ngày của ngành khí tượng và trong nhiều bài toán nghiên cứu dự báo thời tiết, khí hậu, môi trường ở trong và ngoài nước, do vậy trước khi sử dụng trong nghiên cứu cảnh báo sét cần có các hiểu biết ở mức cơ bản nhất về hai nguồn số liệu này. Bộ nguồn số liệu tổng hợp được đo đạc trong khoảng thời gian từ 2015-2019, cụ thể tại Hà Nội trong giai đoạn (2017-2019), tại Bà Rịa-Vũng Tàu trong năm 2019 và tại Quảng Nam trong giai đoạn (2015-2017).

Trong chương này cũng mô tả phương pháp cảnh báo sét dựa theo nguồn số liệu tổng hợp, xây dựng cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội, khu vực thành phố Vũng Tàu và một số khu vực tại Quảng Nam. Để có thể cảnh báo sét tại mỗi khu vực cụ thể, chúng ta cần có các nghiên cứu đánh giá chi tiết, đưa ra các đánh giá cảnh báo sét phù hợp với điều kiện dông sét địa phương, nguồn số liệu khảo sát và mức độ thiệt hại do sét ở từng địa phương. Đánh giá kết quả cảnh báo sét qua các chỉ số thống kê.

CHƯƠNG 3

KẾT QUẢ CẢNH BÁO SÉT VÀ ĐÁNH GIÁ CẢNH BÁO SÉT CHO MỘT SỐ KHU VỰC TẠI VIỆT NAM

Trong chương 2, đã trình bày phương pháp cảnh báo sét được xây dựng cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội, khu vực thành phố Vũng Tàu-Bà Rịa Vũng Tàu và một số khu vực tại tỉnh Quảng Nam. Dưới đây là các kết quả nghiên cứu cảnh báo sét, đánh giá cảnh báo sét tại các khu vực này và các vấn đề liên quan.

3.1. Kết quả cảnh báo sét và đánh giá cảnh báo sét theo nguồn số liệu tổng hợp áp dụng cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội

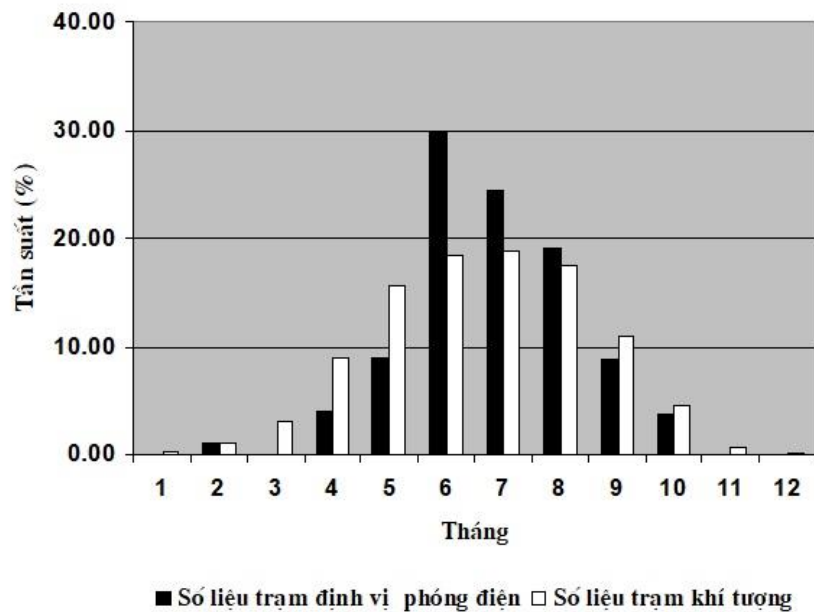
3.1.1. Đặc điểm hoạt động dông sét khu vực thành phố Hà Nội và ngưỡng điện trường cảnh báo sét tại huyện Gia Lâm

Đặc điểm hoạt động dông sét khu vực thành phố Hà Nội:

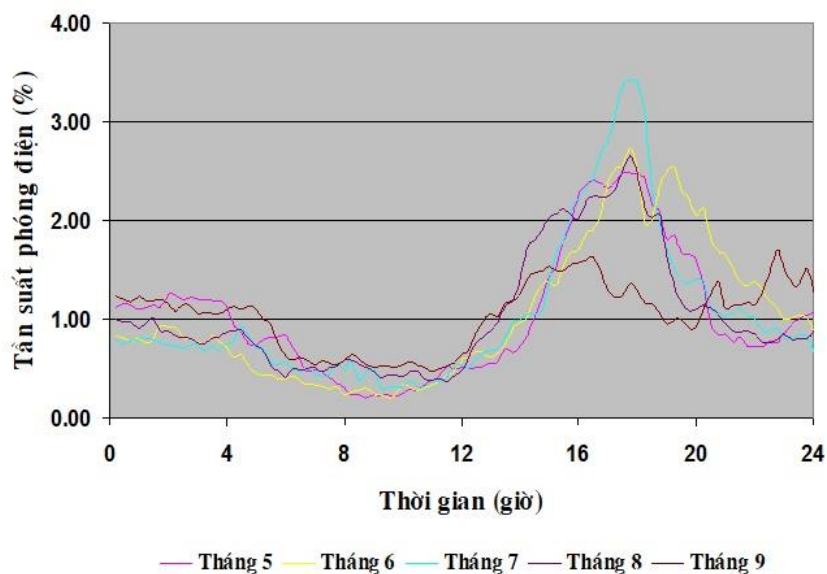
Khu vực Hà Nội nằm trong miền khí hậu vùng đồng bằng Bắc Bộ. Phần lớn diện tích nằm ở vùng đồng bằng châu thổ sông Hồng, độ cao trung bình so với mực nước biển khoảng từ 20 mét đến khoảng 5 mét. Địa hình có độ cao thấp dần từ phía Tây sang phía Đông và từ phía Bắc xuống phía Nam. Do nằm trong miền khí hậu vùng đồng bằng Bắc Bộ, nên khí hậu khu vực Hà Nội có đặc điểm khí hậu nhiệt đới gió mùa, với mùa hè mưa nhiều và nóng, mùa đông mưa ít và lạnh. Mưa xảy ra chủ yếu trong khoảng từ tháng 5 đến tháng 9, các tháng 4 và tháng 10 là các tháng chuyển tiếp giữa mùa đông và mùa hè [70-71]. Dông tại khu vực đồng bằng Bắc Bộ nói chung hay khu vực Hà Nội nói riêng, thường xảy ra khi có một số hệ thống thời tiết như dải hội tụ nhiệt đới, áp thấp nóng phía tây, front lạnh, địa các cơn bão hay các rãnh sóng trên cao,...v.v, xảy ra từ tháng 3 đến tháng 10, nhiều nhất vào các tháng 6, 7, 8. Và tại đây cũng thường có hai loại dông xảy ra, đó là dông nhiệt và dông hệ thống. Dông nhiệt thường xuất hiện trong các khối khí có quy mô vừa hoặc nhỏ, xuất hiện tại khu vực Hà Nội trong các tháng 5, 6, 7 vào chiều và tối, [49]. Dông hệ thống thường xuất hiện trong các tháng còn lại của mùa dông sét tại đây, xảy ra trong phạm vi rộng, gắn liền với các hình thái thời tiết như front lạnh, dải hội tụ nhiệt đới, địa các cơn bão hay rãnh thấp.

Để có thể cảnh báo được sét và đánh giá cảnh báo sét tại khu vực huyện Gia Lâm, chúng ta cần phải nắm được một số đặc điểm chung về hoạt động dông sét ở khu vực Hà Nội như phân tích ở trên, cũng như qua nghiên cứu phân tích các nguồn

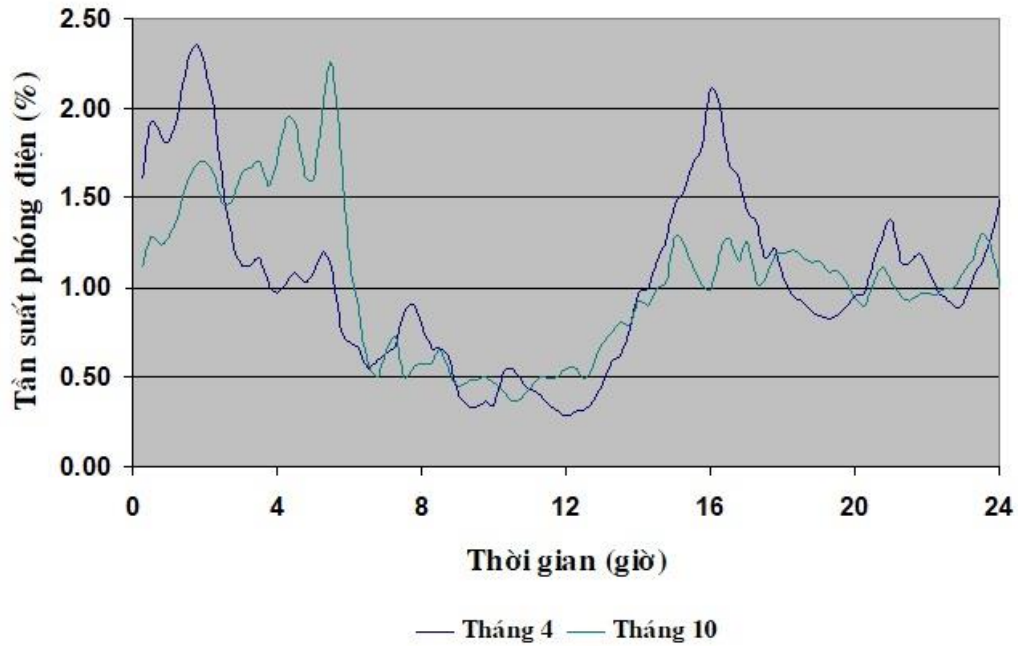
số liệu quan trắc độc lập khác, gắn liền với các hiện tượng điện khí quyển. Trên cơ sở các nguồn số liệu hiện có, nghiên cứu, xử lý và phân tích số liệu mạng trạm định vị sét của Viện Vật lý địa cầu trong lịch sử và các nguồn số liệu liên quan khác ta thấy: hoạt động dông sét tại khu vực Hà Nội theo thời gian trong năm nhìn chung diễn ra chủ yếu từ tháng 4 đến tháng 10 (hình 3.1), hoạt động sét mạnh nhất xảy ra vào tháng 6, 7, 8 với tần suất có xu thế tương đồng với số liệu quan trắc ngày giờ dông tại trạm khí tượng. Các tháng mùa đông (1, 2, 11, 12) dông sét hiếm khi xảy ra, do khu vực miền Bắc bị chi phối bởi các khối không khí lạnh, tương đối ổn định.



Hình 3.1. Tần suất phóng điện theo tháng, tại khu vực Hà Nội



Hình 3.2. Tần suất phóng điện theo thời gian trong ngày, các tháng 5, 6, 7, 8, 9 tại khu vực Hà Nội

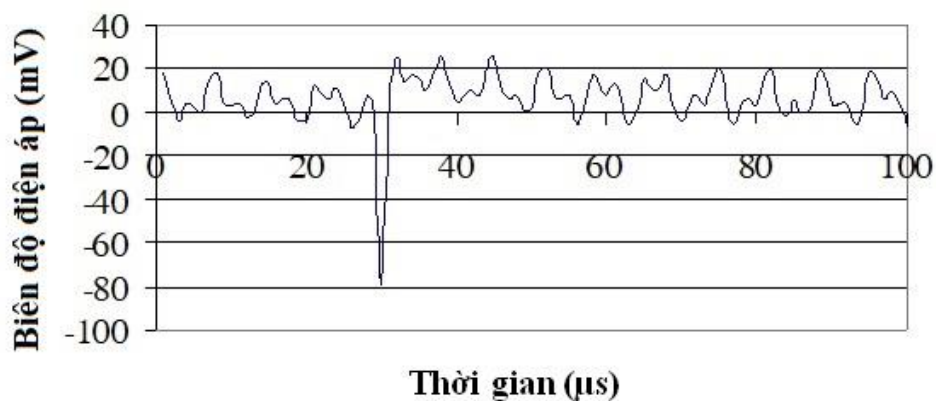


Hình 3.3. Tần suất phóng điện theo thời gian trong ngày, các tháng 4, 10 tại khu vực Hà Nội

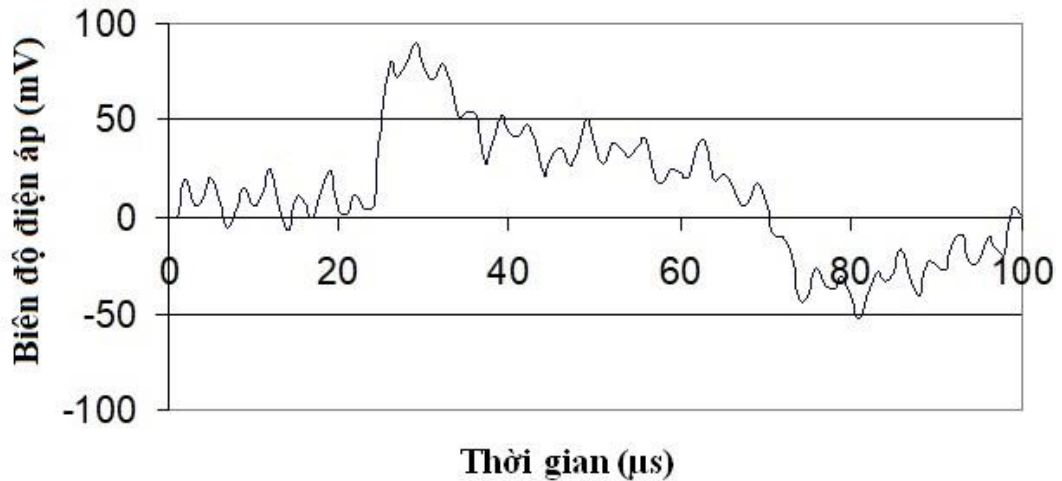
Theo thời gian trong ngày, tần suất phóng điện trong các các tháng 5, 6, 7, 8, 9, diễn ra chủ yếu vào thời gian sau trưa (hình 3.2), phù hợp với nghiên cứu của tác giả Nguyễn Việt Lành [49], trong khoảng thời gian các tháng 5, 6, 7, dông nhiệt thường xuất hiện sau buổi trưa, do đó tần suất sét tại khu vực Hà Nội xảy ra cực đại xảy ra sau buổi trưa, trong khoảng thời gian từ 15 giờ đến 20 giờ. Tháng 4 và tháng 10 là các tháng chuyển tiếp, nên hoạt động sét xảy ra cả thời gian buổi sáng và sau trưa (hình 3.3), điều này là do tại khu vực Hà Nội thường có cả dông hệ thống, xảy ra ở bất kỳ thời điểm nào trong ngày, nên tần xuất sét xảy ra nhiều cả vào thời gian sáng sớm. Căn cứ vào biến trình hoạt động sét theo thời gian trong năm và theo ngày, chúng ta phân chia thời gian nghiên cứu, đánh giá cảnh báo sét thành theo ngày và theo thời gian sau buổi trưa cho khu vực Gia Lâm-Hà Nội.

Khi xảy ra các dạng sét (sét âm, sét dương, sét trong mây), cơ cấu điện tích trong mây biến đổi, điện trường mây cũng thay đổi. Điện trường mây dông có thể đảo cực thành phân cực âm hoặc phân cực dương. Để có thể phân tích được biến đổi điện trường mây dông, tác động đến biến đổi điện trường ở bề mặt, trong bài toán nghiên cứu cảnh báo sét, chúng ta cần phải phân biệt được sét âm, sét dương và sét trong mây. Kết quả nghiên cứu của thiết bị định vị sét của Viện Vật lý địa cầu, đã xác định được một số dạng kênh điện của các dạng sét (xem hình 3.4, hình

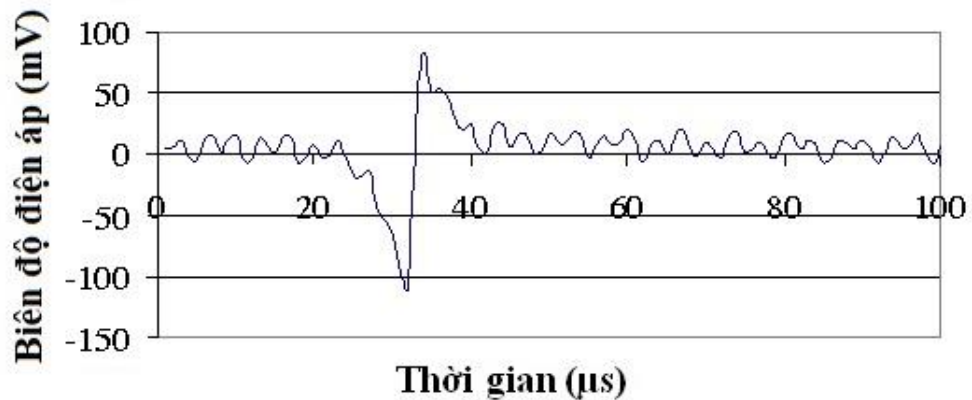
3.5 và hình 3.6). Từ hình 3.4 và nhiều kết quả khảo sát ta thấy, khi sét dương xảy ra biên độ điện áp dao động thường dao động trong phổ thời gian hẹp, chỉ khoảng một vài mili giây, biên độ trở nên âm hơn so với trạng thái bình thường trước và sau khi xảy ra. Trong trường hợp sét âm, từ hình 3.5 ta thấy, biên độ điện áp dao động kéo dài trong phổ thời gian rộng hơn so với trường hợp sét dương, khoảng vài chục mili giây. Cũng từ nhiều kết quả khảo sát khác và từ hình 3.6 cho thấy, khi sét trong mây xảy ra, biên độ dao động điện áp có một cực đại và một cực tiểu, dao động xảy ra trong khoảng thời gian lớn hơn trường hợp sét dương và nhỏ hơn trường hợp sét âm. Các quá trình phóng điện sét (sét âm, sét dương hay sét trong mây) làm cho điện tích đám mây trở nên dương hơn hoặc âm hơn, tác động đến điện trường đo ở gần hoặc dưới đám mây. Theo những nghiên cứu lý thuyết về sét hay vật lý sét cũng như số liệu khảo sát đo thực tế về điện trường ở Việt Nam cho thấy, khi sét dương xảy ra dòng điện sét thường lớn so với trường hợp sét âm, lượng điện tích dương trong mây dông được tiêu tán xuống đất, làm cho điện tích mây dông trở nên âm hơn, so với trạng thái trước khi xảy ra sét dương. Do đó, điện trường đo đạc tại bề mặt trở nên âm hơn, trong các trường hợp sét âm thì ngược lại. Mỗi một quá trình phóng điện trong mây, làm cho một phần điện tích đám mây bị trung hòa, tác động một phần đến cơ cấu điện tích mây dông và cũng làm cho điện trường đo đạc tại bề mặt ở gần hoặc bên dưới đám mây, cũng có dao động nhất định hoặc thay đổi độ lớn (âm hơn hoặc dương hơn). Sử dụng các dấu hiệu này, các nhà nghiên cứu có thể xây dựng được các phương pháp cảnh báo sét riêng, cảnh báo sét được cho các khu vực có đo đạc điện trường. Khi kết hợp với các nguồn số liệu liên quan khác, sẽ nâng cao được tính khách quan hay độ chính xác của phương pháp cảnh báo sét.



Hình 3.4. Dạng sóng kênh điện đặc trưng cho sét dương, ngày 22/5/2003



Hình 3.5. Dạng sóng kênh điện đặc trưng cho sét âm, ngày 22/5/2003



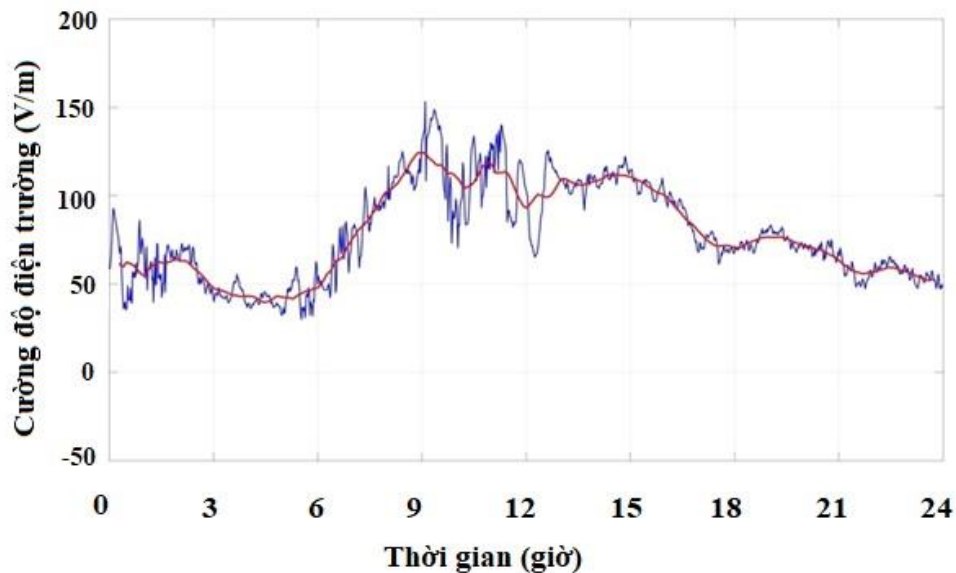
Hình 3.6. Dạng sóng kênh điện đặc trưng cho sét trong mây, ngày 22/5/2003

Một thông số quan trọng khi sử dụng số liệu điện trường để nghiên cứu cảnh báo sét là ngưỡng điện trường sử dụng để cảnh báo sét. Trong chương 2, khi xây dựng phương pháp cảnh báo sét cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội, ngưỡng cảnh báo sét được lựa chọn tương tự như một số nghiên cứu ở trên thế giới. Tuy nhiên, để khách quan hơn, ngưỡng điện trường cảnh báo sét ở khu vực huyện Gia Lâm, cần phải được xác định qua biến đổi điện trường những ngày thời tiết đẹp, các ngày có điện trường không bị nhiễu loạn hoặc không xảy ra mưa hay có mây đối lưu tại khu vực đo đạc.

Ngưỡng điện trường cảnh báo sét tại huyện Gia Lâm:

Để thấy được khái quát về điều kiện thời tiết và môi trường đo đạc có các ảnh hưởng đến biến thiên điện trường tại trạm Phú Thụy thuộc xã Đặng Xá, huyện Gia Lâm, chúng ta xem xét các hình 3.7, hình 3.8. Biến thiên điện trường trung bình

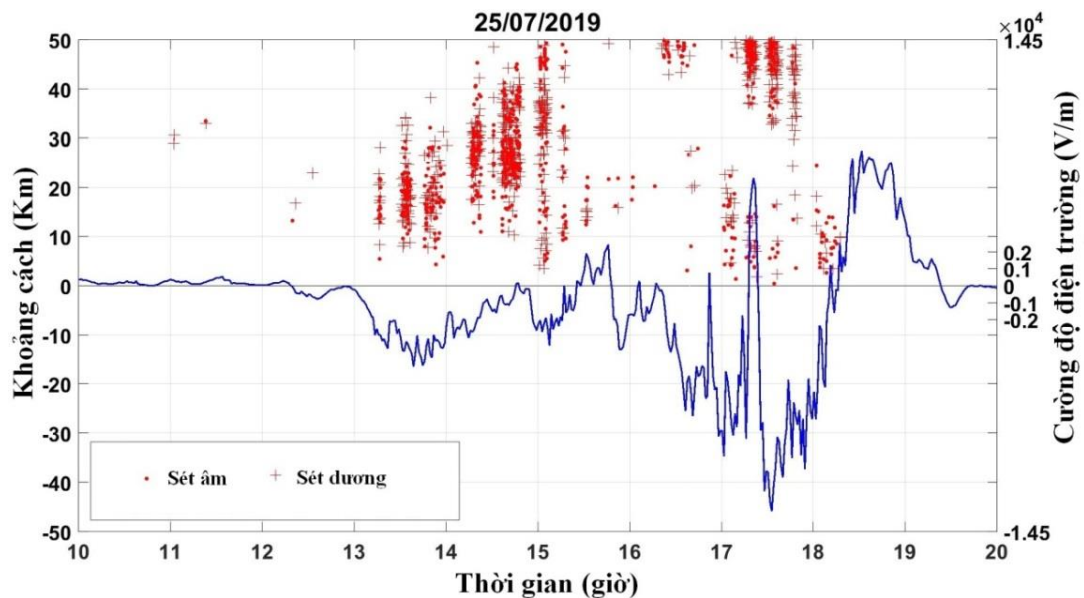
ngày trong thời tiết đẹp hoặc không có dông sét xảy ra ở gần trạm được miêu tả trong hình 3.7. Biến thiên điện trường trên hình 3.7, được tính toán trung bình từ 382 ngày trạm quan trắc được, trong các năm 2017, 2018 và 2019, có đo đạc số liệu. Điện trường quan trắc tại khu vực Gia Lâm (trạm Phú Thụy) ngày thời tiết đẹp, có giá trị lớn hơn không, trung bình ngày là 78,1 V/m. Với biên độ chênh lệch nhiều, độ lớn điện trường nằm trong khoảng từ 40 V/m đến 150 V/m, từ 3 giờ đến 6 giờ biến thiên điện trường đạt cực tiểu và trong quãng thời gian từ 8 giờ đến 16 giờ biến thiên điện trường đạt giá trị cực đại. Giá trị trung bình và biến thiên theo ngày cho thấy, môi trường tại trạm đo tương đối sạch, ít bụi, nên điện trường không quá cao. Do đó, ngưỡng cảnh báo được xác định là giá trị lớn hơn giá trị tuyệt đối ± 1000 V/m.



Hình 3.7. Biến thiên điện trường trung bình ngày không có dông, quan trắc tại Gia Lâm, từ năm 2017 đến 2019

Hình 3.8 miêu tả biến thiên điện trường ngày 25/07/2019, từ 10 giờ đến 20 giờ, trong điều kiện có xảy ra hoạt động sét ở xa và gần trạm Phú Thụy. Từ hình vẽ ta thấy, trong khoảng thời gian đầu tiên của biến trình, từ 10 giờ đến hơn 12 giờ hoạt động sét xảy ra ít và xảy ra ở phía xa trạm, nên cường độ điện trường ít thay đổi và có giá trị không lớn hơn 1,0 kV/m. Tuy nhiên, khi mây dông tiến lại gần khu vực trạm, ở thời điểm hơn 12 giờ đến hơn 18 giờ, hoạt động sét có nhiều biến đổi, biểu hiện qua số cú sét ở gần khu vực trạm hơn và xảy ra nhiều, đi kèm đó là mức độ dao động và độ lớn của điện trường cũng gia tăng, giá trị tuyệt đối cũng lớn hơn 1,0 kV/m, trước thời điểm đó điện trường dần dần đổi dấu, trở nên âm hơn (nhỏ

hơn âm 1,0 kV/m), đây là một trong các dấu hiệu, mà chúng ta có thể dùng để cảnh báo sét cho khu vực nghiên cứu. Trong khoảng thời gian bắt đầu từ 17 giờ đến 18 giờ, ở gần khu vực trạm điện trường Phú Thụy, hoạt động sét xảy ra nhiều phóng điện âm hay sét âm (dấu chấm tròn màu đỏ). Kiểm tra mối quan hệ giữa vùng phản hồi radar có độ phản hồi lớn, vùng mây đối lưu sâu và khu vực có hoạt động dông sét, ngày 25/07/2019, theo số liệu phản hồi radar và chụp ảnh vệ tinh. Kết quả cho thấy, vùng phản hồi hay vùng mây đối lưu có khả năng có dông sét trùng với khu vực đo đạc và theo dõi xảy ra sét và nhiễu loạn điện trường. Như vậy, trong trường hợp này, khi sử dụng kết hợp các nguồn số liệu liên quan với số liệu điện trường, chúng ta có thể cảnh báo được sét. Tuy nhiên, để nghiên cứu này chắc chắn hơn, chúng ta cần sử dụng bộ số liệu dài hơn và sẽ được trình bày ở trong tiếp theo sau.



Hình 3.8. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, quan trắc tại Gia Lâm, ngày 25/07/2019

Bảng 3.1. Tổng số các ngày có điện trường vượt ngưỡng cảnh báo trên số ngày có số liệu của từng tháng và ngày không có số liệu (KSL)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2017	KSL	KSL	KSL	3/10	5/13	KSL	KSL	9/15	13/29	8/31	0/30	0/19
2018	0/30	0/28	2/31	7/28	12/31	2/3	KSL	KSL	KSL	KSL	KSL	KSL
2019	KSL	KSL	KSL	KSL	8/18	13/30	15/31	20/31	11/27	9/31	2/30	0/25

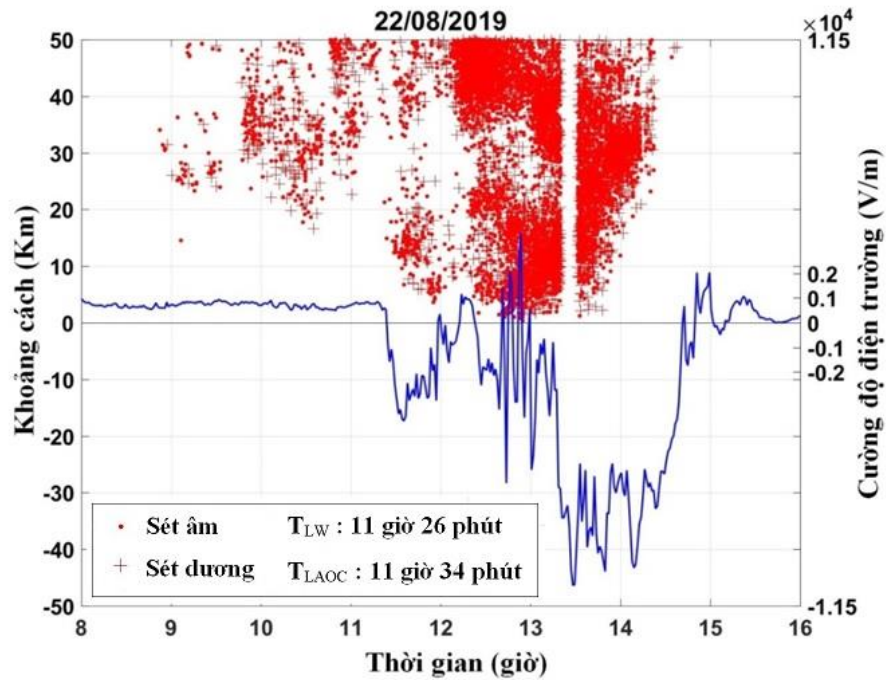
Bảng 3.1 mô tả các ngày đo trong các năm 2017, 2018 và 2019, trong đó tử số của các phân số ở trong bảng là số ngày trong từng tháng có giá trị điện trường vượt ngưỡng cảnh báo sét ($\pm 1,0$ kV/m) và mẫu số là tổng số ngày quan trắc theo tháng. Từ 139 ngày quan trắc, có giá trị điện trường vượt ngưỡng giới hạn cảnh báo sét, tác giả đã tính toán xác định được 97 ngày thỏa mãn các tiêu chí hay yêu cầu cần thiết như trong sơ đồ thuật toán (hình 2.14), để nghiên cứu, đánh giá khả năng cảnh báo sét ở khu vực nghiên cứu. Những tệp số liệu bị loại bởi các lý do: không có cú sét nào xuất hiện trong thời gian ở gần thời điểm cường độ điện trường vượt ngưỡng, trong vùng nghiên cứu; chỉ xuất hiện các phóng điện mây-đất ở khoảng cách ngoài 30 km (số liệu điện trường bị ảnh hưởng không nhiều); hoặc mây đối lưu không có trong khu vực nghiên cứu và số liệu về vị trí sét đánh theo thời gian không đảm bảo về mặt tương quan không gian-thời gian [7]. Hơn nữa, do hoạt động sét theo ngày, có thể xảy ra nhiều lần trong ngày (các lần dông), ở gần hoặc tại trạm điện trường Phú Thụy, có ngày xảy ra 2 hoặc 3 lần. Do đó, từ 97 ngày, ta xác định được 107 trường hợp, để nghiên cứu đánh giá. Đánh giá khả năng cảnh báo sét cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội theo nguồn số liệu tổng hợp, được tiến hành nghiên cứu trên một số trường hợp cụ thể, cũng như trên toàn bộ tập số liệu thu thập. Các kết quả cảnh báo sét và đánh giá kết quả cảnh báo sét được trình bày ở phần tiếp theo.

3.1.2. Kết quả cảnh báo sét và đánh giá cảnh báo sét áp dụng cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội

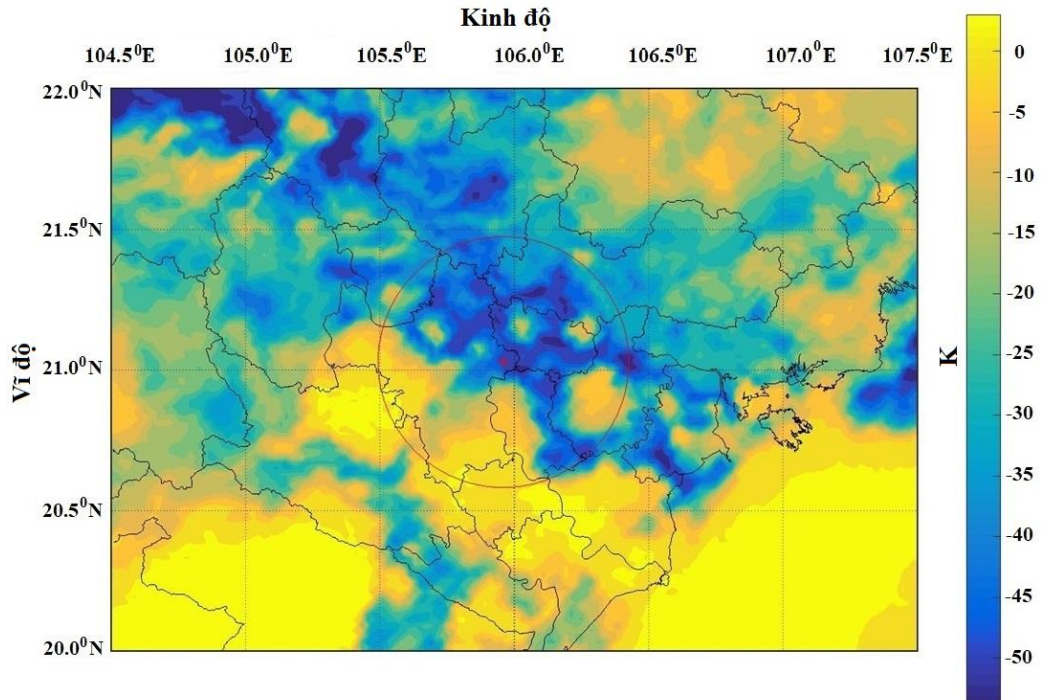
Kết quả cảnh báo sét ngày 22/08/2019:

Hình 3.9 mô tả biến thiên điện trường trong quãng thời gian từ 8 giờ sáng đến 4 giờ chiều ngày 22/08/2019 và hoạt động sét xảy ra trong bán kính 50 km ở xung quanh trạm quan trắc Phú Thụy (biểu thị bằng dấu chấm tròn và dấu cộng màu đỏ). Khoảng từ 8 giờ 55 phút đến khoảng hơn 11 giờ, sét xảy ra và gia tăng ở khu vực khoảng cách từ gần 15 km đến 50 km (không nằm trong vùng AOC). Trong quãng thời gian này, giá trị điện trường đo đạc tại trạm, nhìn chung không thay đổi nhiều, có giá trị dương, chưa vượt ngưỡng cảnh báo sét ± 1 kV/m, ở thời điểm 11 giờ 24 phút, biến thiên điện trường chuyển thành giá trị nhỏ hơn 0. Điện trường có giá trị vượt qua ngưỡng cảnh báo sét (nhỏ hơn -1 kV/m) tại thời gian được xác định là 11 giờ 26 phút và đây chính là thời gian được xác định bắt đầu cảnh báo sét

(T_{LW}). Ở khoảng cách xung quanh trạm quan trắc điện trường từ hơn 15,0 km đến 50 km, vẫn xảy ra hoạt động sét.



Hình 3.9. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại trạm Phú Thụy ngày 22/08/2019



Hình 3.10. Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari, lúc 11 giờ 20 phút, ngày 22/08/2019

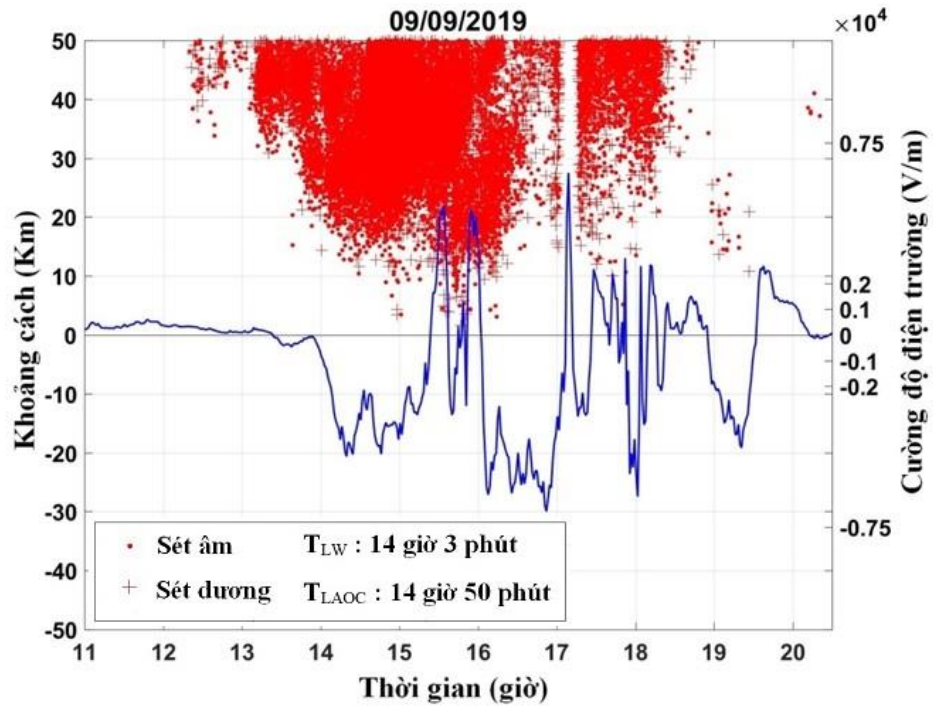
Sự xuất hiện hay tồn tại của đám mây đơn lẻ hay tổ hợp nhiều đám mây đối lưu được kiểm tra qua việc sử dụng số liệu ảnh chụp kênh hồng ngoại từ vệ tinh

quan trắc Trái đất của Nhật Bản (Himawari), cụ thể như hình mô tả giá trị hiệu nhiệt độ giữa kênh TIR6 và kênh TIR2 (hình 3.10). Vùng hình tròn bán kính 50 km với tâm đặt tại trạm quan trắc điện trường (trạm Phú Thụy) là khu vực xác định tồn tại mây đối lưu, trong vùng này có nhiều vùng nhỏ có giá trị chênh lệch nhiệt độ nhỏ (gần bằng 0, màu vàng) biểu thị đây là khu vực có các đám mây dày hơn các khu vực có giá trị hiệu nhiệt độ lớn. Hơn nữa tại vùng có mây đối lưu này, khi xem xét nhiệt độ kênh TIR2, xuất hiện nhiều vùng nhiệt độ đỉnh mây nhỏ hơn 220 K, biểu thị xu thế mây đối lưu đang phát triển. Qua đó, ta xác định được có mây đối lưu tồn tại ở khu vực nghiên cứu cảnh báo sét. Thông tin cảnh báo sét được xác định khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội. Thời điểm 11 giờ 34 phút, xuất hiện phóng điện mây-đất đầu tiên xảy ra ở vùng cần cảnh báo, thời gian xác định là T_{LAOC} . Và thông tin cảnh báo sét đưa ra là hoàn toàn chính xác, cảnh báo sét trước 8 phút. Sau thời gian cú sét đầu tiên hay phóng điện mây-đất đầu tiên xảy ra ở vùng AOC, tại khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội hoạt động dông sét xảy ra ở nhiều khu vực trong vùng nghiên cứu, với số lượng tăng lên và càng dịch chuyển dần dần về phía trạm quan trắc điện trường, gần nhất ở thời gian gần 1 giờ chiều, ở quãng thời gian này vùng mây được xác định có nhiệt độ ở đỉnh mây thấp, mây phát triển dày ở gần trạm Phú Thụy nhất, so với các thời điểm mây chưa phát triển đến gần trạm. Hoạt động sét ít dần và không còn xảy ra ở khu vực cần cảnh báo sau thời điểm 2 giờ chiều, đến 3 giờ 30 phút buổi chiều biến thiên điện trường ít bị nhiễu động như bình thường.

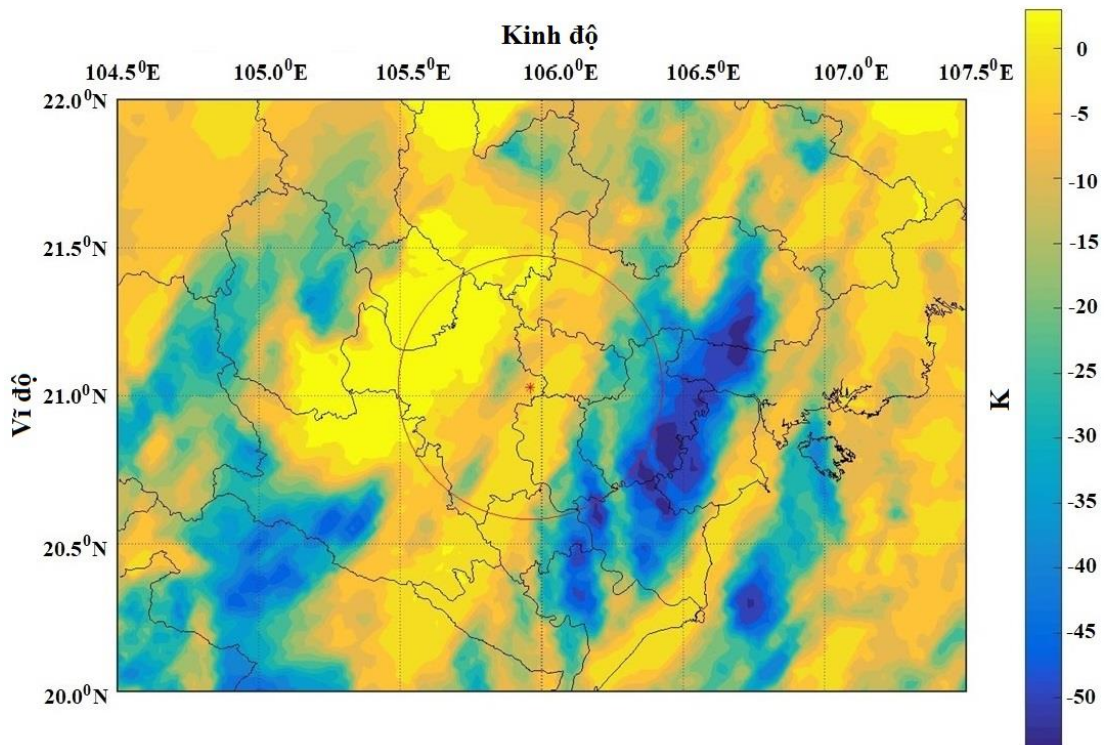
Kết quả cảnh báo sét ngày 09/09/2019:

Trong trường hợp kế tiếp, chúng ta sẽ nghiên cứu một trường hợp khác, ở khu vực Gia Lâm, với thời gian cảnh báo sét được xác định lớn hơn. Hình 3.11, mô tả biến đổi theo thời gian hoạt động sét và điện trường trong giới hạn hình tròn bán kính 50 km quanh trạm quan trắc Phú Thụy của ngày 09/09/2019, trong khoảng thời gian từ 11 giờ đến hơn 20 giờ. Trước thời điểm 12 giờ 25 phút, sét không xảy ra hay hoạt động ở khu vực giới hạn bán kính 50 km quanh trạm. Bắt đầu từ thời điểm 12 giờ 25 phút đến gần 14 giờ, sét bắt đầu hoạt động và xảy ra ở khoảng cách từ 15,0 km đến 50 km, các vùng có sét, có xu hướng di chuyển dần dần, về phía huyện Gia Lâm-Hà Nội. Số liệu nhiệt độ kênh TIR2 và độ chênh lệch nhiệt độ giữa kênh TIR2, kênh TIR6 của vệ tinh Himawari, được đưa vào để kiểm tra phát hiện sự tồn tại của mây đối lưu, cho chúng ta thấy: những vùng mây có nhiệt độ thấp, nhỏ hơn 230 K,

có vùng thấp hơn 200 K, che phủ trên phần lớn diện tích khu vực giới hạn 50 km xung quanh trạm, nhiệt độ chênh lệch giữa hai kênh tại khu vực này cũng không lớn (hình 3.15), ngoại trừ một phần vùng giới hạn ở phía đông nam trạm Phú Thụy.

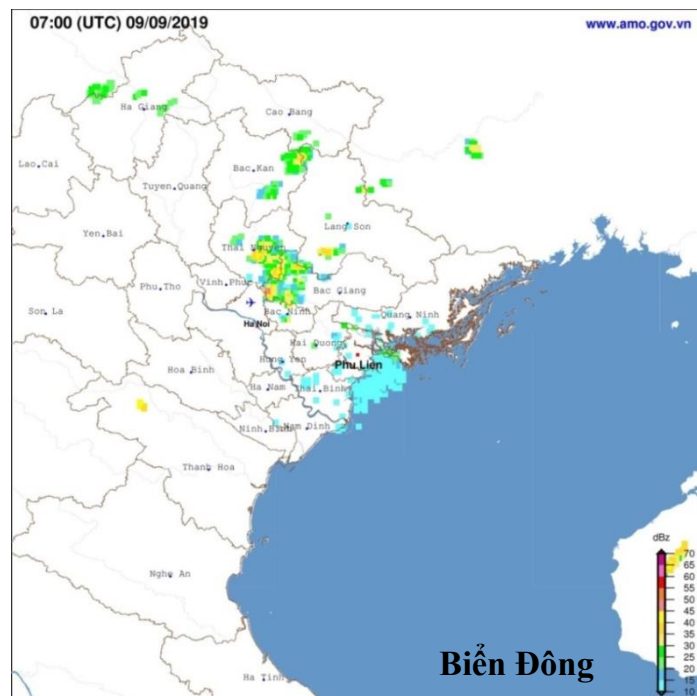


Hình 3.11. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét đo tại trạm Phú Thụy ngày 09/09/2019



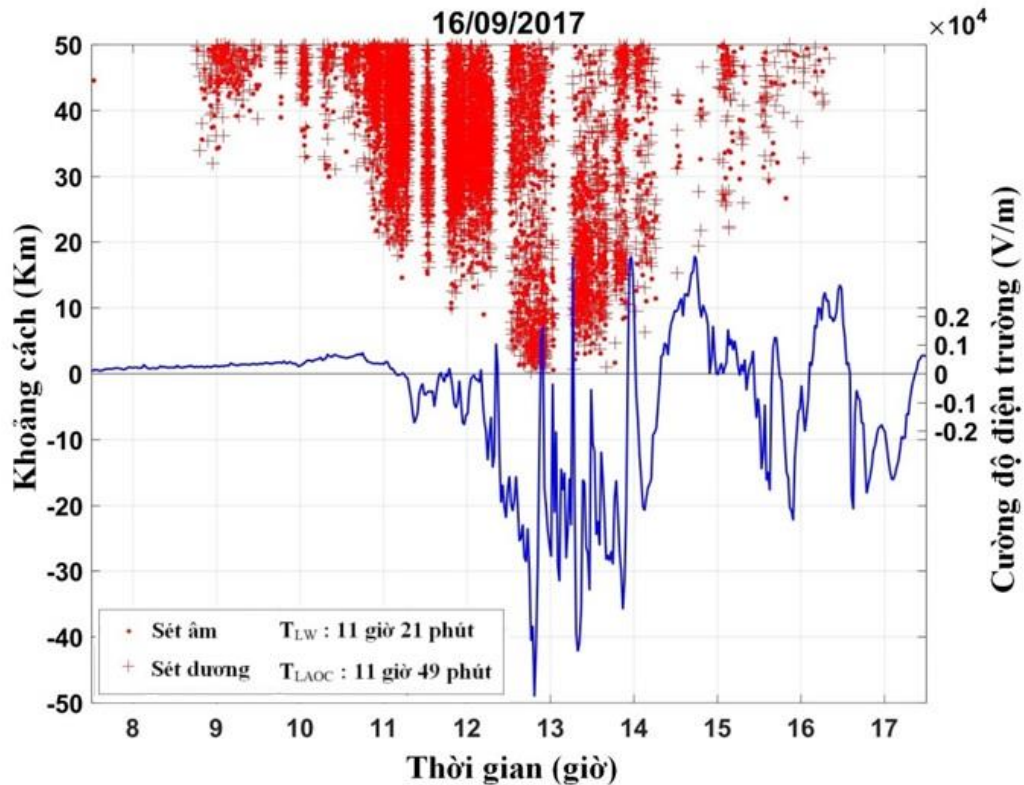
Hình 3.12. Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari, lúc 14 giờ, ngày 09/09/2019

Số liệu phản hồi radar dạng ảnh lúc 2 giờ buổi chiều (hay 7 giờ UTC) của trạm radar Phù Liễn (hình 3.13) trong ngày 09/09/2019 cho thấy tồn tại đám mây ở phía bắc huyện Gia Lâm-Hà Nội có độ phản hồi vượt ngưỡng, giá trị của nó lớn hơn 35 dBz. Do vậy tại vùng nghiên cứu cảnh báo sét xác định được có mây đối lưu tồn tại hay cụ thể hơn là mây dông (xác định theo ngưỡng phản hồi radar). Số liệu phản hồi radar Phù Liễn ở thời điểm quan trắc kế tiếp, cũng cho thấy vùng mây dông này đang di chuyển dần dần về phía trạm quan trắc Phú Thụy. Giá trị độ lớn của điện trường càng nhỏ dần (âm hơn) và vượt qua giá trị ngưỡng cảnh báo sét (nhỏ hơn -1 kV/m) tại thời điểm được xác định là 2 giờ 3 phút chiều (T_{LW}), đến thời điểm 2 giờ 50 phút chiều (T_{LAOC}), tại khu vực Gia Lâm (vùng AOC) xuất hiện phóng điện mây-đất đầu tiên, thời gian cảnh báo sét trước (LT) được xác định là 47 phút. Sau thời điểm xác định cảnh báo sét thành công, vùng mây có sét càng tiến dần dần về phía trạm điện trường, thời điểm sét ở gần trạm nhất là vào khoảng 3 giờ 50 phút chiều. Ảnh vệ tinh kênh hồng ngoại cũng cho thấy vùng mây đối lưu có nhiệt độ đỉnh mây đạt giá trị thấp nhất và di chuyển về phía trạm Phú Thụy. Sau đó, xu hướng vùng mây có sét xa dần vùng cần cảnh báo và quay trở lại vị trí trạm vào thời điểm gần 6 giờ chiều. Từ sau 8 giờ buổi tối, biến thiên điện trường không bị nhiễu động nhiều.



Hình 3.13. Ảnh phản hồi radar Phù Liễn lúc 14 giờ ngày 09/09/2019

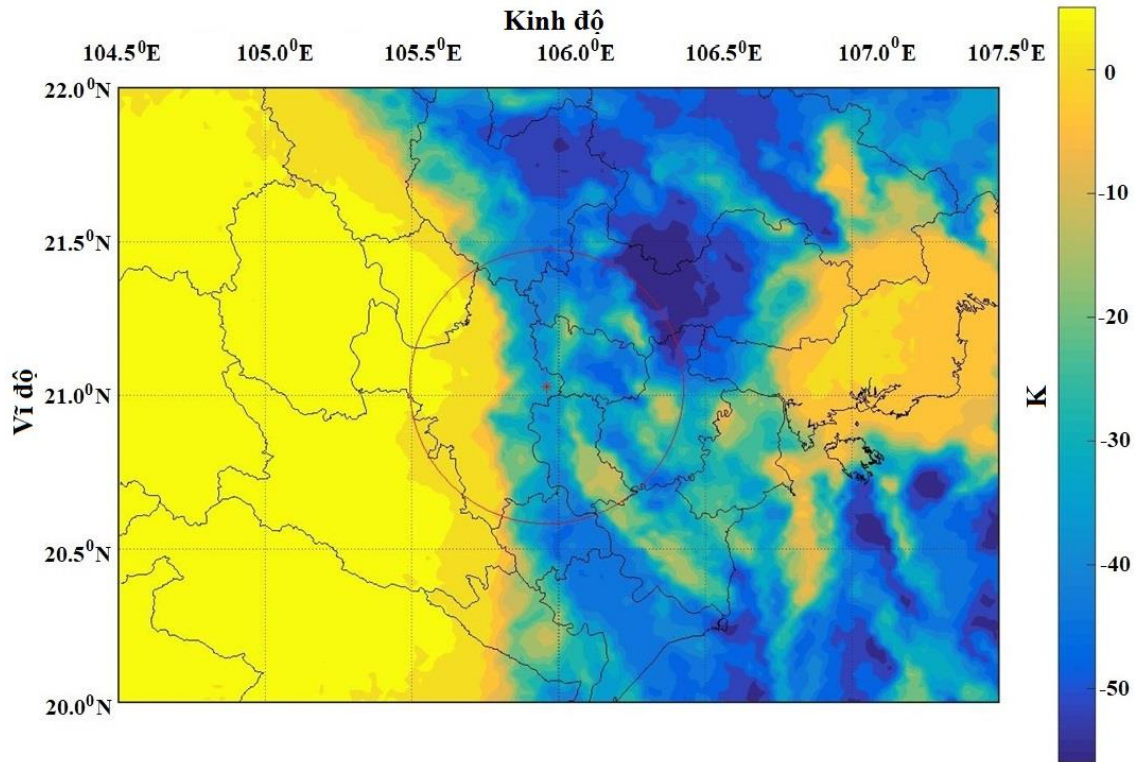
Kết quả cảnh báo sét ngày 16/09/2017:



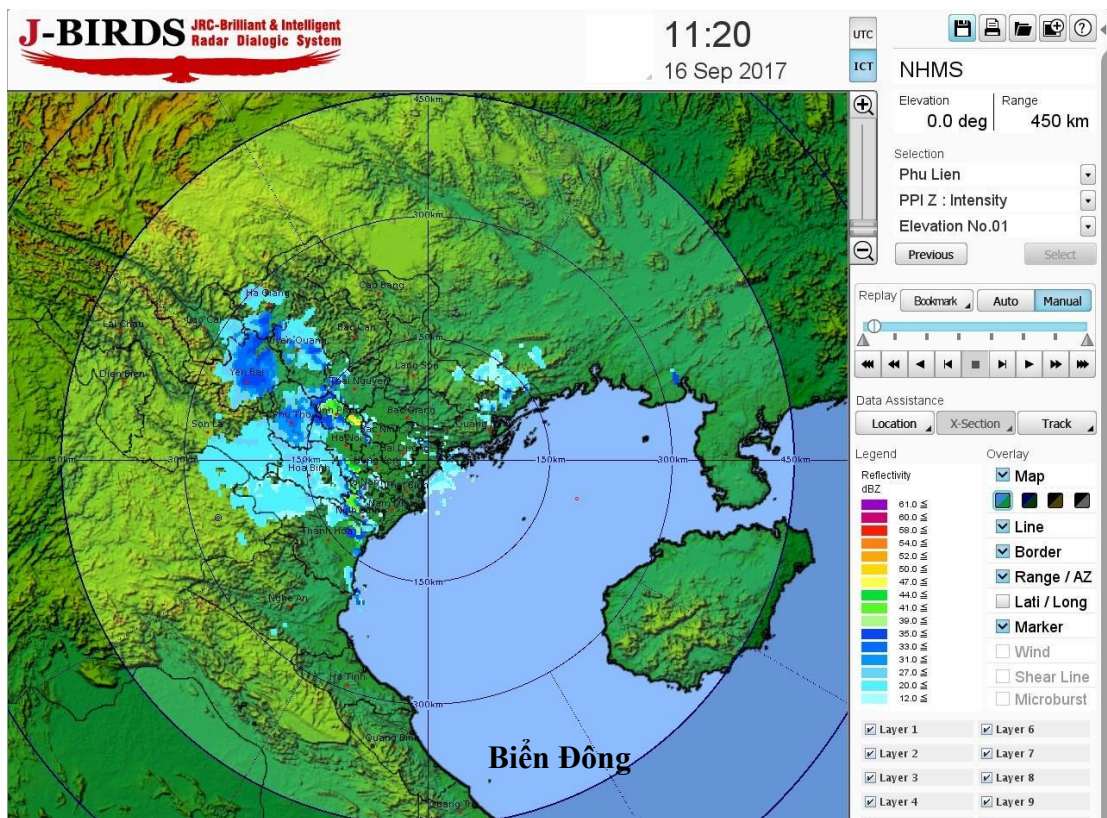
Hình 3.14. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét,
đo tại trạm Phú Thụy ngày 16/09/2017

Hình 3.14, biểu diễn biến thiên điện trường từ 7 giờ 30 phút đến 18 giờ kém 30 phút ngày 16/09/2017 và vị trí sét xảy ra theo thời gian giới hạn trong hình tròn bán kính 50 km với tâm là trạm Phú Thụy. Những vùng có sét xảy ra ở khoảng cách từ 30 km đến 50 km so với vị trí trạm, tập trung trong khoảng thời gian từ 8 giờ đến 10 giờ. Do đó, biến thiên điện trường tại trạm đo ở trong khoảng thời gian này không có nhiều thay đổi, độ lớn nhỏ hơn 450 V/m, vùng sét xảy ra chưa tác động đến khu vực huyện Gia Lâm. Bắt đầu từ thời điểm từ 10 giờ đến hơn 11,0 giờ, vùng hoạt động dông sét di chuyển dần dần về phía trạm điện trường nơi có vùng cảnh báo. Sau quãng thời gian trên, biến thiên điện trường tại trạm đo cũng dần dần đảo dấu (đảo cực) thành giá trị âm. Giá trị điện trường vượt qua ngưỡng cảnh báo sét ($|E| \geq 1 \text{ kV/m}$) vào lúc 11 giờ 21 phút (T_{LW}). Mây đối lưu được xác định tồn tại ở khu vực hình tròn có tâm tại trạm đo (bán kính 50 km) khi xem xét số liệu kênh TIR2 và hiệu số giữa kênh TIR6, kênh TIR2 (hình 3.15) của vệ tinh Himawari. Vào thời điểm biến thiên điện trường vượt ngưỡng cảnh báo sét, hiệu nhiệt độ giữa hai kênh (TIR6, TIR2) có giá trị không lớn chỉ chiếm phần nhỏ ở khu vực rìa phía tây

trong vùng hình tròn. Ở các bước thời gian kế tiếp, vùng mây đối lưu có xu hướng di dời dần dần về phía trạm quan trắc điện trường Phú Thụy.



Hình 3.15. Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari, lúc 11 giờ 20 phút, ngày 16/09/2017



Hình 3.16. Ảnh phản hồi radar Phù Liên lúc 11 giờ 20 phút, ngày 16/09/2017

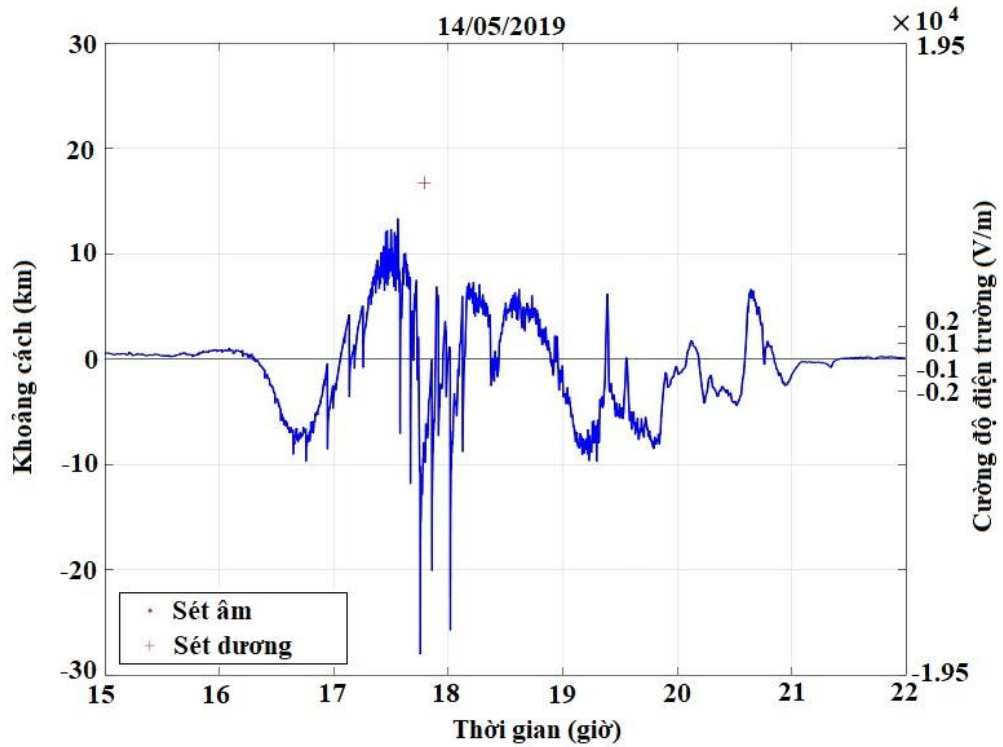
Ảnh phản hồi radar Phù Liễn (hình 3.16) lúc 11 giờ 20 phút cũng cho thấy sự tồn tại của mây đối lưu ở khu vực hình tròn bán kính 50 km giới hạn vùng nghiên cứu cảnh báo. Từ đó cảnh báo sét được xác định cho khu vực huyện Gia Lâm (hay vùng AOC có bán kính 10 km thiết lập cho khu vực Gia Lâm), ở những thời điểm sau đó vùng có sét xảy ra di chuyển dần dần về vùng AOC, cú sét đầu tiên xảy ra trong vùng cần cảnh báo được xác định vào lúc 11 giờ 49 phút (T_{LAOC}) và thời gian cảnh báo sét trước (LT) là 28 phút. Những thời điểm tiếp sau đó, vùng có sét hoạt động ngày càng chuyển về gần về phía trạm điện trường, gần nhất vào lúc gần 1 giờ chiều và kéo dài đến hơn 2 giờ buổi chiều. Sau 2 giờ chiều, vùng có sét xảy ra di chuyển ra xa khỏi khu vực nghiên cứu (Gia Lâm). Sau 4 giờ 30 phút buổi chiều, biến thiên điện trường dần dần trở lại như lúc trời không có dông sét hay mưa.

Trong các trường hợp cảnh báo đúng, vẫn tồn tại các trường hợp cảnh báo sai. Một số kết quả cảnh báo sai được trình bày trong các hình 3.17, hình 3.18 và 3.19. Trường hợp ngày 14/05/2019, điện trường đảo cực, nhiễu loạn điện trường xảy ra trong khoảng từ 16 giờ 30 phút đến khoảng gần 20 giờ, điện trường vượt ngưỡng cảnh báo sét (1 kV/m), số liệu vệ tinh Himawari cung cho thấy mây đối lưu xuất hiện ở khu vực nghiên cứu. Khi đó thông tin cảnh báo sét được xác định, tuy nhiên sét đã không xảy ra ở vùng cần nghiên cứu cảnh báo, trường hợp này được xem là cảnh báo không. Vấn đề này có thể sinh ra do sai số của thiết bị định vị sét, do mây dông chỉ ở gần vùng cảnh báo hoặc đến giai đoạn tan rã.

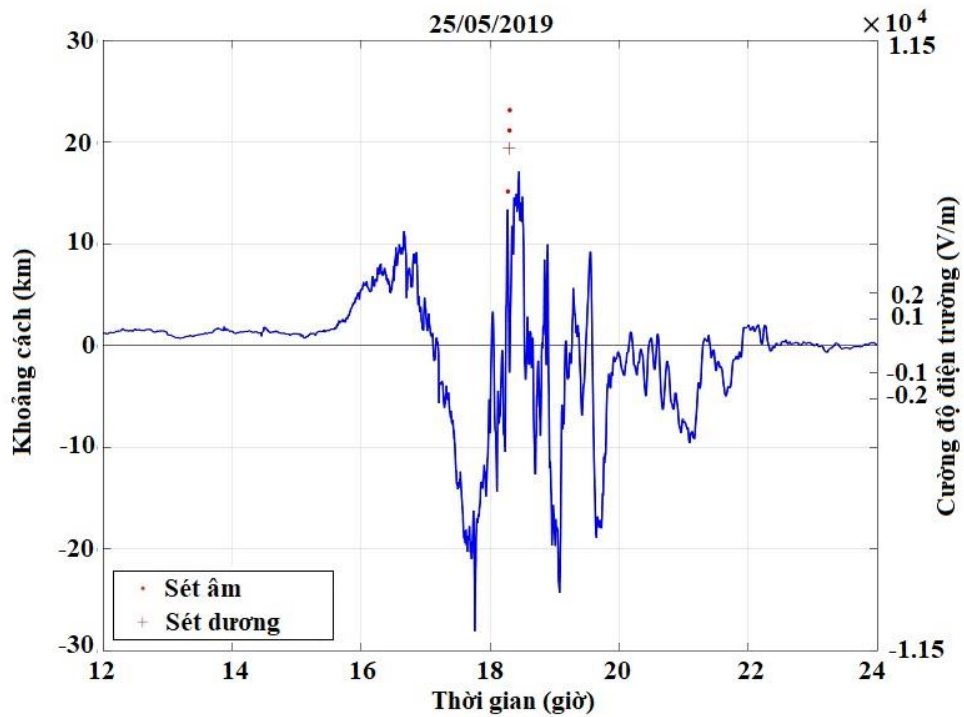
Trường hợp ngày 25/05/2019, biến thiên điện trường đo tại trạm cũng tăng độ lớn và xảy ra nhiều nhiễu động trong quãng thời gian từ 15 giờ 50 phút đến 21 giờ 50 phút. Các tiêu chí cảnh báo theo nguồn số liệu tổng hợp xây dựng cho khu vực Gia Lâm-Hà Nội, đều đáp ứng, tuy nhiên sét cũng không xảy ra tại khu vực cần cảnh báo. Trường hợp này, cũng được xác định là trường hợp cảnh báo không.

Vấn đề cảnh báo sét không, không chỉ xảy ra vào buổi chiều mà còn xảy ra vào thời gian buổi sáng. Trường hợp ngày 31/05/2019 là ví dụ cụ thể về trường hợp này. Tại trạm Phú Thụy, biến thiên điện trường quan trắc bắt đầu có các dao động và tăng độ lớn (giá trị tuyệt đối), sau 3 giờ và kéo dài đến hơn 6 giờ. Trong khoảng thời gian này, đã xảy ra một số phóng điện dương và âm ở gần khu vực cần cảnh báo sét. Các tiêu chí để cảnh báo sét đều đáp ứng, tuy nhiên phóng điện mây-đất đầu tiên cũng không xảy ra ở vùng cần nghiên cứu cảnh báo. Các nguyên nhân dẫn

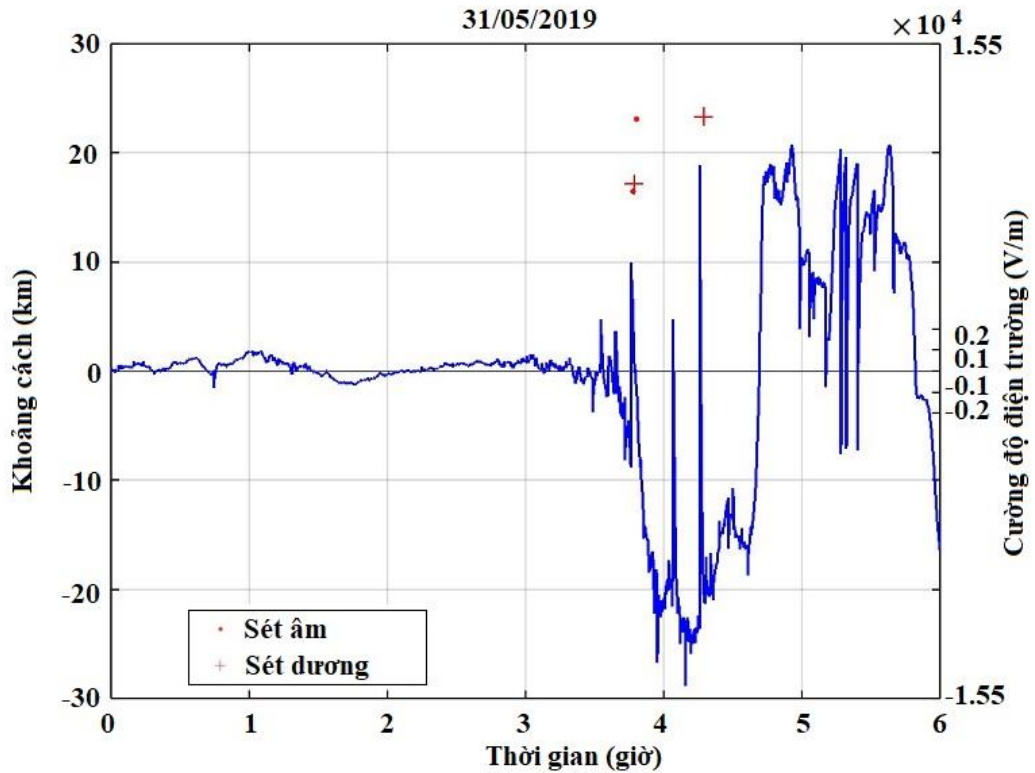
tới cảnh báo khổng trường hợp này, cũng tương tự như trường hợp ngày 14/05/2019 và phân tích ở trên.



Hình 3.17. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại trạm Phú Thụy ngày 14/05/2019



Hình 3.18. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại trạm Phú Thụy ngày 25/05/2019



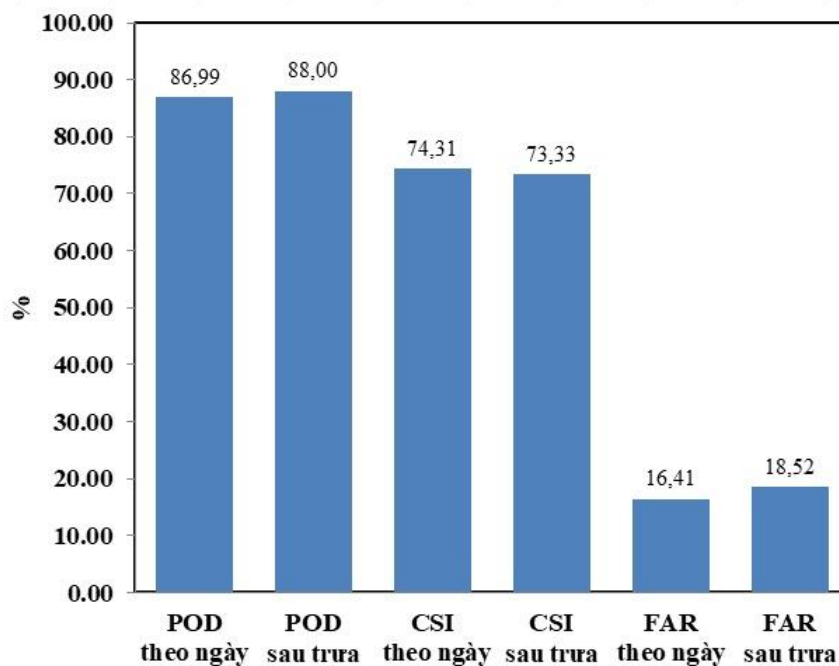
Hình 3.19. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại trạm Phú Thụy ngày 31/05/2019

Bằng cách làm tương tự, giống như các trường hợp đã nghiên cứu phân tích ở trên, tác giả luận án đã thực hiện nghiên cứu cảnh báo sét ở khu vực huyện Gia Lâm, dựa trên các bộ số liệu như đã trình bày ở phần trên. Bộ số liệu đo đạc, khảo sát và thu thập bao gồm: số liệu 97 ngày quan trắc điện trường tại trạm Phú Thụy, số liệu về vị trí sét đánh theo thời gian và ảnh chụp vệ tinh kênh hồng ngoại (Himawari) hoặc số liệu quan trắc phản hồi radar, tương ứng với các thời điểm nghiên cứu phân tích. Ngoài ra, tôi cũng phân chia số liệu đo đạc thành hai trường hợp, trường hợp sau buổi trưa và trường hợp cho cả ngày. Những kết quả tính toán, để đánh giá kết quả cảnh báo sét cho toán bộ các trường hợp nghiên cứu ở đây, được trình bày trong hình 3.20 và hình 3.21. Hình 3.20, mô tả các kết quả xác định những chỉ số thống kê POD, CSI và FAR. Tỷ lệ cảnh báo đúng liên quan đến số lần cảnh báo sét thành công, số lần cảnh báo sét đúng xảy ra phóng điện trong vùng cảnh báo và số lần không đưa ra thông tin cảnh báo nhưng sét vẫn xảy ra ở trong vùng AOC. Kết quả tính toán cho tất cả bộ số liệu, giá trị POD = 86,99%, với giới hạn thời gian sau buổi trưa giá trị POD tăng thêm hơn 1%, POD = 88,0%. Giá trị POD giới hạn theo ngày nhỏ hơn giới hạn sau trưa, là do các cơn dông diễn ra sau

buổi trưa thường xảy ra mạnh hơn thời gian buổi sáng [5], do vậy khả năng phát hiện dông sét của các thiết bị nghiên cứu dông sét vào thời gian sau trưa sẽ lớn hơn. Sử dụng chỉ số POD, chúng ta sẽ dễ dàng tính được được tỷ lệ không cảnh báo ($FTW = 1 - POD$). Cho trường hợp theo ngày $FTW = 13,1\%$ và trường hợp sau trưa $FTW = 12,0\%$. Tỷ lệ FTW cho biết tại khu vực Gia Lâm với thiết bị quan trắc điện trường lắp tại đây và phương pháp cảnh báo sét xây dựng cho khu vực này, thì cứ 100 trường hợp nghiên cứu cảnh báo sét có khoảng 13 lần không cảnh báo được sét xảy ra và 87 trường hợp cảnh báo đúng. Điểm số thành công (CSI) của cả hai trường hợp sau trưa và cả ngày cũng gần giống nhau. Tuy nhiên, CSI tính theo ngày là $74,31\%$, giá trị này lại cao hơn theo thời gian sau trưa $1,01\%$, nhưng không nhiều, điều này có thể giải thích là do số lần cảnh báo không của cả ngày và sau trưa không thay đổi nhiều và tổng số lần cảnh báo đúng của cả ngày luôn lớn hơn thời gian sau trưa. Tỷ lệ cảnh báo không (FAR), liên quan đến số lần cảnh báo sét được đưa ra, nhưng sét lại không xảy ra ở vùng cần cảnh báo (AOC) và số lần cảnh báo đúng. Một số nguyên nhân đưa đến những trường hợp cảnh báo không bao gồm: thiết bị định vị sét có sai số, vị trí định vị sét nhầm vào vùng WA làm cảnh báo được kích hoạt; trường hợp mây dông chỉ di chuyển đến vùng WA hoặc phát triển trong vùng này, nhưng không di chuyển vào vùng cần cảnh báo (AOC); môi trường khí quyển có những biến đổi bất thường, như sự gia tăng hạt nhân ngưng kết làm cường độ điện trường vượt ngưỡng cảnh báo cũng là nguyên nhân làm tăng cảnh báo không. FAR theo toàn bộ thời gian trong ngày đạt $16,41\%$ và theo thời gian sau trưa $18,52\%$. Giá trị FAR của thời gian cả ngày nhỏ hơn $2,11\%$ so giá trị cảnh báo không của thời gian sau trưa. Mặc dù, hoạt động dông sét sau trưa thường mạnh hơn, nên khả năng phát hiện của thiết bị liên quan trực tiếp hoặc gián tiếp đến hoạt động dông sét cũng sẽ lớn hơn, sẽ làm giảm số lần cảnh báo không (cảnh báo có, quan trắc không có). Tuy vậy, do tổng số lần cảnh báo đúng cho trường hợp cả ngày ở khu vực huyện Gia Lâm nhiều hơn đáng kể (khoảng 1,5 lần) so với thời gian sau trưa, nên tỷ lệ cảnh báo không của cả ngày nhỏ hơn tỷ lệ cảnh báo không của thời gian sau trưa.

Hình 3.21, biểu diễn biến đổi thời gian cảnh báo sét trước (LT), trục hoành là thứ tự các lần cảnh báo sét của 107 trường hợp nghiên cứu, trong 97 ngày (trong các năm 2017, 2018 và 2019). Việc cảnh báo sét sớm (thời gian dài) hay trễ (thời gian

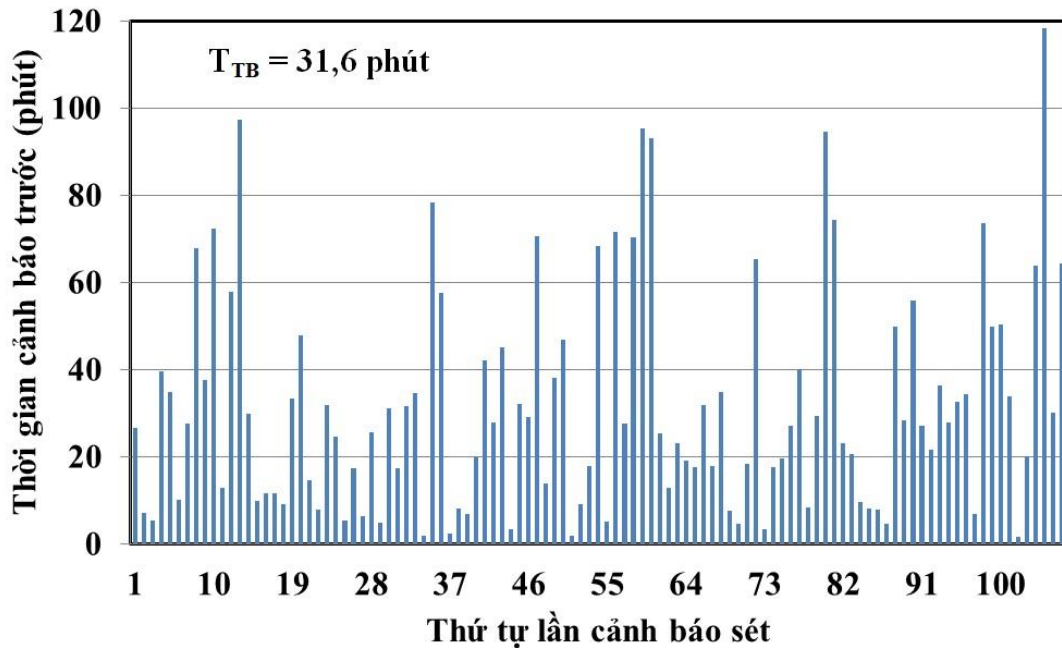
ngắn) đều có ý nghĩa khoa học và thực tế. Điều này phụ thuộc vào từng bài toán, các yêu cầu cụ thể và mục đích của nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu ở khu vực huyện Gia Lâm cho thấy, thời gian cảnh báo sét trước (LT) thay đổi từ một vài phút đến dưới 120 phút (xem hình 3.21). Giá trị trung bình của tất cả các lần cảnh báo sét ở khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội là 31,6 phút. Giá trị này phù hợp với nhiều nghiên cứu trước đây, trong lĩnh vực nghiên cứu cảnh báo sét, của nhiều tác giả trên thế giới, như kết quả được đưa ra trong một số công trình [26, 30, 35, 37, 39-41]. Thời gian cảnh báo sét trước trung bình (LT) được Murphy và ccs (2016) [26], xác định là 20,0 phút với tỷ lệ cảnh báo đúng POD = 80,0%. Tuy nhiên, trong nghiên cứu của Murphy và ccs kết quả đánh giá cảnh báo sét chỉ dựa theo số liệu điện trường và định vị sét. Trong khi đó, nghiên cứu của tôi, cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội, đã sử dụng tổ hợp các nguồn số liệu (điện trường, vị trí sét đánh, phản hồi radar hay vệ tinh), làm tăng mức độ chính xác cảnh báo sét (POD = 86,99%) và thời gian trung bình cảnh báo sét trước cũng lớn hơn.



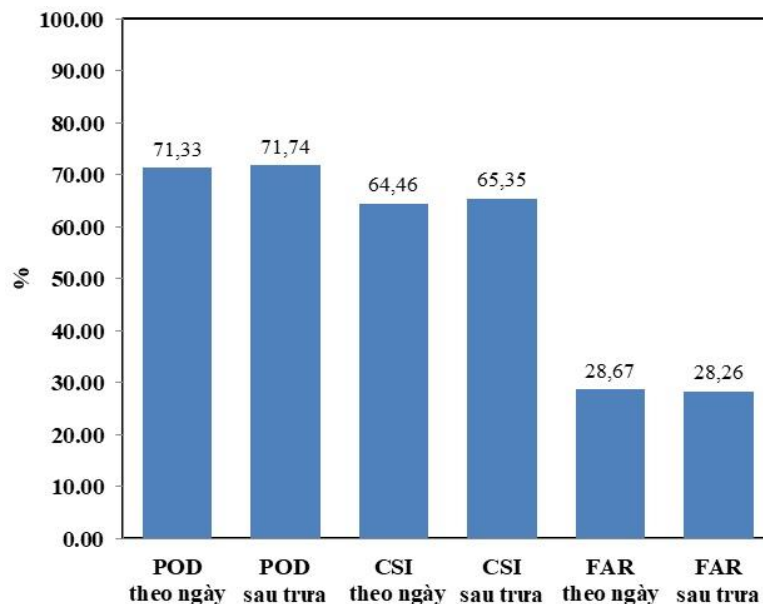
Hình 3.20. Các chỉ số thống kê đánh giá kết quả cảnh báo sét tại khu vực Gia Lâm-Hà Nội

Kết quả đánh giá phương pháp cảnh báo sét cho khu vực Gia Lâm-Hà Nội, chỉ dựa vào số liệu điện trường được trình bày trong hình 3.22. Nghiên cứu trường hợp cả ngày và sau trưa, kết quả cho thấy: Tỷ lệ cảnh báo đúng (POD) lần lượt là 71,33% và 71,74%; Điểm số thành công (CSI) có kết quả là 64,46% và 73,33% và

Tỷ lệ cảnh báo không (FAR) cho kết quả là 28,67% và 28,26%. Những kết quả này cho thấy, nếu cảnh báo sét chỉ theo số liệu điện trường không tốt bằng phương pháp cảnh báo sét theo nguồn số liệu tổng hợp. Thể hiện qua chỉ số tỷ lệ cảnh báo đúng (POD) nhất theo phương pháp chỉ dùng số liệu điện trường giảm hơn 16%, tỷ lệ cảnh báo không (FAR) tăng thêm, lớn nhất là gần 10%.



Hình 3.21. Thời gian cảnh báo sét trước và các lần cảnh báo ở khu vực Gia Lâm-Hà Nội.



Hình 3.22. Các chỉ số thống kê đánh giá kết quả cảnh báo sét tại khu vực Gia Lâm-Hà Nội theo số liệu điện trường

3.2. Kết quả cảnh báo sét và đánh giá cảnh báo sét theo nguồn số liệu tổng hợp áp dụng cho khu vực thành phố Vũng Tàu

3.2.1. Đặc điểm hoạt động dông sét khu vực tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu và ngưỡng điện trường cảnh báo sét tại khu vực thành phố Vũng Tàu

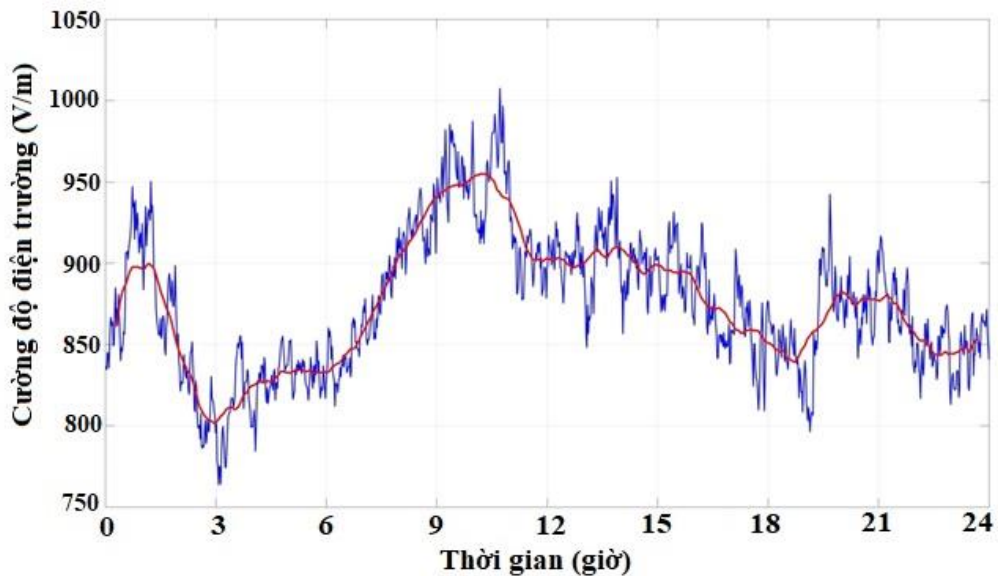
Đặc điểm hoạt động dông sét khu vực tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu:

Tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu thuộc miền khí hậu vùng Nam Bộ, trong vùng nhiệt đới gió mùa, chịu ảnh hưởng của đại dương. Địa hình tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu, gồm vùng đồi núi bán trung du, vùng thung lũng, hải đảo và bán đảo là khu vực thành phố Vũng Tàu. Độ cao trung bình chỉ từ 3 đến 4 m so với mực nước biển. Phía Tây Nam bán đảo Vũng Tàu có hai dãy núi, núi Lớn cao 245m, núi Nhỏ cao 170m. Lượng mưa trung bình năm tại Bà Rịa-Vũng Tàu khoảng gần 1500 mm, mùa mưa xảy ra từ tháng 5 đến tháng 10, mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4. Nhiệt độ trung bình năm khoảng 27⁰ C, số giờ nắng khoảng 2400 giờ. Hoạt động dông sét tại đây cũng chủ yếu xảy ra nhiều từ tháng 4 đến tháng 7, theo thời gian trong ngày hoạt động dông sét mạnh trong thời gian sau buổi trưa, mật độ sét trung bình năm xảy ra tại đây khoảng 8,2 lần/1 km². Số ngày dông trung bình năm quan trắc tại trạm Vũng Tàu là hơn 38 ngày, số ngày dông trung bình cực đại xảy ra vào tháng 5, đạt 7.2 ngày [70-71], các tháng 1, 2 và 12 thường không có dông xảy ra.

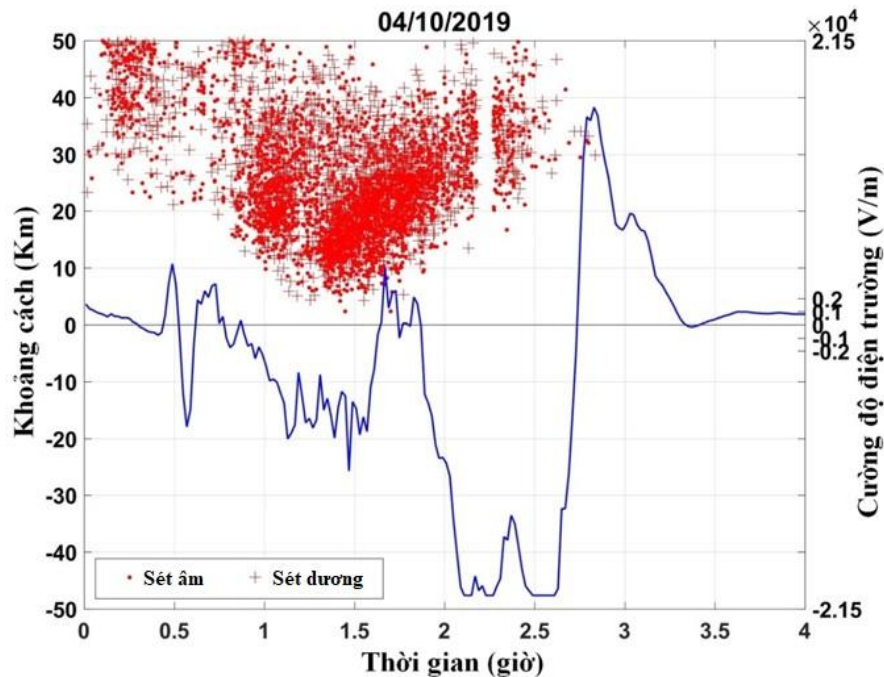
Ngưỡng điện trường cảnh báo sét tại khu vực thành phố Vũng Tàu:

Ngưỡng điện trường kích hoạt cảnh báo sét trong phương pháp cảnh báo cho khu vực Thành phố Vũng Tàu, cũng được xác định tương tự như trong phương pháp cảnh báo sét nghiên cứu xây dựng ở khu vực huyện Gia Lâm. Tuy nhiên, trong phương pháp nghiên cứu xây dựng cho khu vực này, cần phải tính đến ảnh hưởng do tác động của môi trường khí quyển ven biển. Ví dụ về ảnh hưởng của điều kiện thời tiết, khí hậu và môi trường đo đạc đến biến thiên điện trường khảo sát tại Trạm cứu hộ số 1, TP.Vũng Tàu, được mô tả qua hình 3.23 và hình 3.24. Hình 3.23, mô tả biến thiên điện trường trung bình ngày không có dông hoặc mưa dông. Đồ thị này, là giá trị trung bình của 60 ngày đo đạc tại trạm điện trường ở Vũng Tàu, khảo sát trong năm 2019. Điện trường trung bình ngày không dông hoặc mưa dông tại khu vực Trạm cứu hộ số 1, có giá trị độ lớn biến đổi từ hơn 760 V/m đến nhỏ hơn 1010 V/m và có giá trị lớn hơn không. Giá trị cực đại tại đây, xảy ra ở trong khoảng thời gian từ 9 giờ đến 11 giờ, trong khi đó giá trị cực tiểu xảy ra ở trong khoảng thời

gian 2 đến hơn 3 giờ, giá trị trung bình của cả ngày là 874,5 V/m. Chu kỳ biến thiên điện trường trung bình ngày không có đồng tương tự với nhiều kết quả khảo sát ở khu vực khác. Tuy nhiên giá trị trung bình lớn hơn giá trị trung bình đo tại môi trường khí quyển sạch (ít bị ảnh hưởng các hạt sol khí) khoảng hơn 600 V/m. Điều này được giải thích là do trạm đo được đặt tại bờ biển, nên muối biển có trong hơi nước làm tăng giá trị cường độ điện trường nên.



Hình 3.23. Biến thiên điện trường trung bình ngày không có dông tại Trạm cứu hộ số 1, TP. Vũng Tàu, trong năm 2019



Hình 3.24. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 04/10/2019

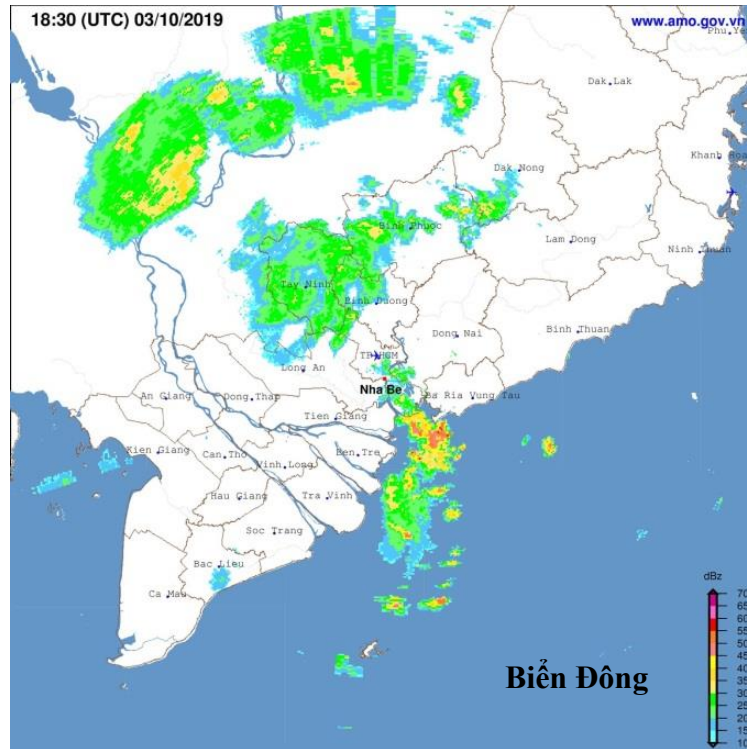
Hình 3.24, biểu diễn biến thiên điện trường khi trời có dông sét ở gần Trạm cứu hộ số 1, từ 0 đến 4 giờ lúc sáng sớm ngày 04/10/2019. Từ biến thiên trong hình ta thấy, trong quãng thời gian 25 phút bắt đầu từ lúc 0 giờ, vị trí sét hoạt động chỉ xảy ra ở cách trạm khoảng hơn 20 km, nên đường điện trường biến thiên ít bị dao động và độ lớn đo được không quá 1,5 kV/m. Sau nửa đêm, quãng thời gian từ 0 giờ 45 phút đến hơn 1 giờ 30 phút, các vùng có sét xảy ra dịch chuyển tiến đến Trạm cứu hộ số 1, biểu hiện qua số lượng cú sét đã xảy ra nhiều và sát với khu vực trạm hơn, đi kèm đó là giá trị tuyệt đối của điện trường có độ lớn tăng thêm, giá trị này lớn hơn 1,5 kV/m. Trước quãng thời gian nêu trên, điện trường chỉ có độ lớn nhỏ hơn -1,5 kV/m và đây là một trong các dấu hiệu để có thể sử dụng làm chỉ số cảnh báo sét cho khu vực TP. Vũng Tàu. Quãng thời gian từ 1 giờ 20 phút đến 1 giờ 40 phút, vị trí sét xảy ra gần trạm cứu hộ số 1 với số lượng cú sét đánh nhiều nhất.



Hình 3.25. Ảnh phản hồi radar Nhà Bè lúc 0 giờ, ngày 04/10/2019

Kiểm tra số liệu radar Nhà Bè (hình 3.25, hình 3.26) và ảnh chụp hồng ngoại vệ tinh (Himawari) trong khoảng thời gian này, của ngày 04/10/2019, tác giả cũng thấy các vùng phản hồi radar có khả năng xảy ra dông sét hoạt động trùng khớp với khu vực nghiên cứu cảnh báo sét. Tóm lại là trong nghiên cứu trường hợp ngày 04/10/2019, khi ta sử dụng tổ hợp số liệu đo biến thiên điện trường với một số nguồn số liệu khác có liên quan, chúng ta có thể nghiên cứu cảnh báo sét được cho

khu vực TP.Vũng Tàu. Để khẳng định điều này thì bộ số liệu sử dụng nghiên cứu cảnh báo sét ở đây cần dài hơn nữa và các nghiên cứu cụ thể sẽ được trình bày trong phần kế tiếp sau đây.



Hình 3.26. Ảnh phản hồi radar Nhà Bè lúc 1 giờ 30 phút, ngày 04/10/2019

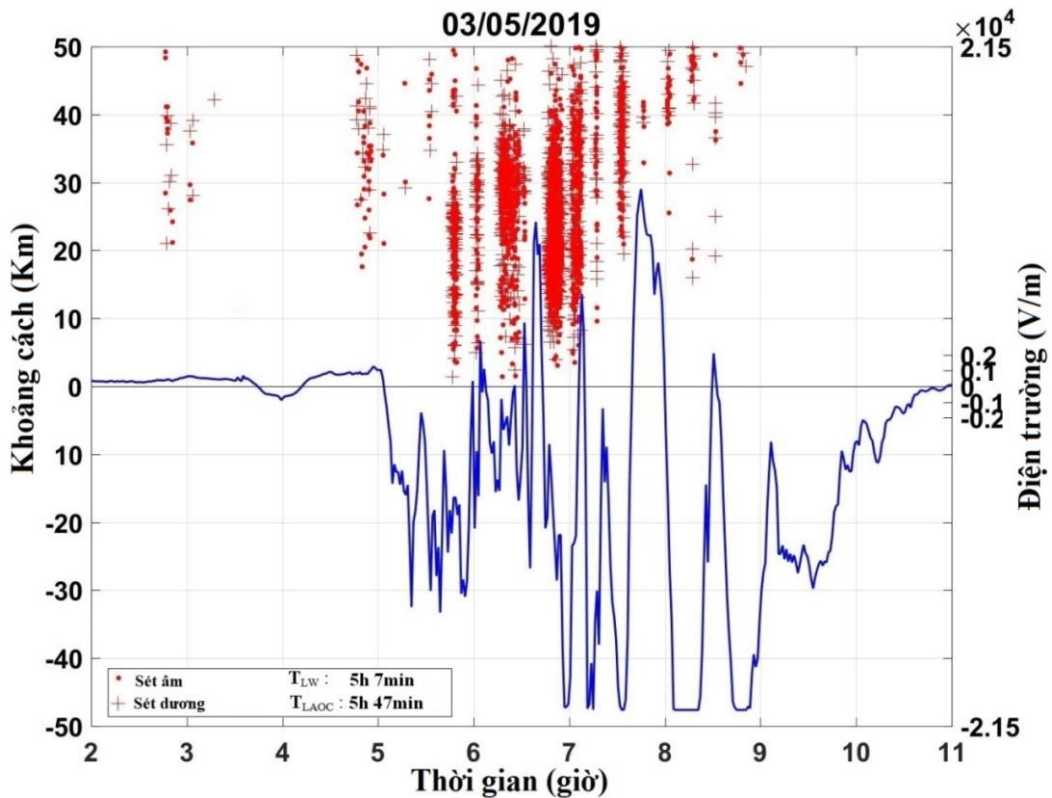
Với nguồn số liệu cường độ điện trường thu thập trong khoảng một năm (2019) và số liệu định vị trong lịch sử của Viện Vật lý địa cầu thu thập ở khu vực nghiên cứu còn hạn chế và không có số liệu. Nên trong trường hợp nghiên cứu này, tôi chỉ nghiên cứu xây dựng phương pháp đánh giá cảnh báo sét theo thời gian theo ngày, không phân chia theo thời gian sau trưa. Sử dụng nguồn số liệu tổng hợp bao gồm: số liệu biến thiên điện trường của 166 ngày đo từ tháng 5 đến tháng 10 năm 2019, ảnh chụp kênh hồng ngoại vệ tinh Himawari, ảnh phản hồi radar Nhà Bè để xác định vùng có mây đối lưu phát triển mạnh, số liệu định vị sét GLD-360 để kiểm tra sự đồng nhất với vùng mây đối lưu sâu và đánh giá phương pháp cảnh báo sét. Sử dụng sơ đồ thuật toán cảnh báo sét như hình 2.14, tương tự như cho khu vực huyện Gia Lâm. Áp dụng phương pháp “hai vùng”, với vùng cần cảnh báo (AOC) là hình tròn có bán kính 10 km, tâm là vị trí trạm và vùng cảnh báo WA (mở rộng 20 km từ vùng AOC). Do ảnh hưởng của sol khí muối biển đến cường độ điện trường nền, nên ngưỡng điện trường lựa chọn cảnh báo lớn hơn giá trị tuyệt đối 1.5 kV/m. Dựa trên phương pháp cảnh báo sét theo nguồn số liệu tổng hợp, xây dựng

cho khu vực TP.Vũng Tàu, như mô tả ở Chương 2, để nghiên cứu cảnh báo sét cho khu vực này. Các kết quả cảnh báo sét và đánh giá kết quả cảnh báo sét sẽ được trình bày ở phần sau đây.

3.2.2. Kết quả cảnh báo sét và đánh giá cảnh báo sét áp dụng cho khu vực thành phố Vũng Tàu-Bà Rịa Vũng Tàu

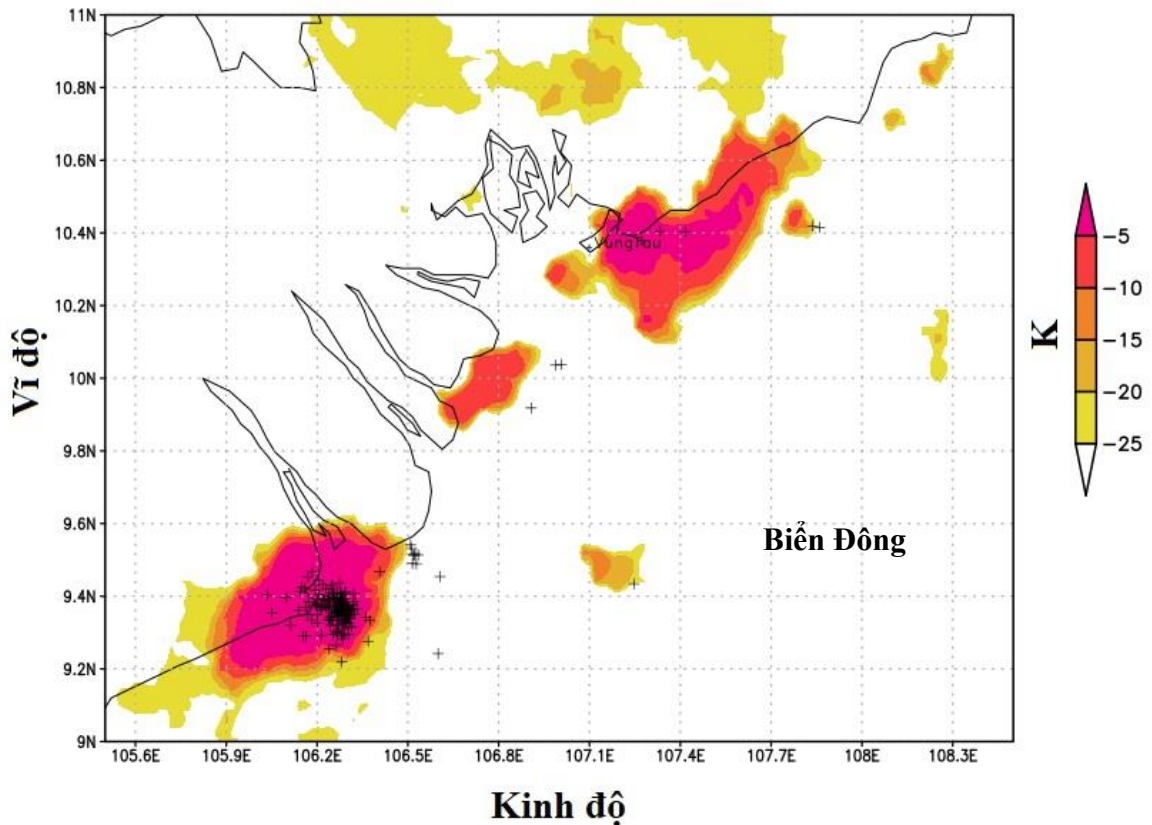
Kết quả cảnh báo sét ngày 03/05/2019:

Hình 3.27, biểu diễn biến thiên điện trường trong khoảng thời gian từ 2,0 giờ đến 11 giờ, ngày 03/05/2019 và vị trí sét xảy ra được giới hạn khu vực hình tròn bán kính 50 km với tâm là Trạm cứu hộ số 1. Bắt đầu từ 2 giờ đến hơn 4 giờ 30 phút, hoạt động sét xảy ra ở khu vực từ 20 km đến 50 km (nằm ngoài vùng AOC). Điện trường đo tại trạm, không thay đổi nhiều và chưa vượt qua được ngưỡng cảnh báo sét lựa chọn $\pm 1,5$ kV/m. Khi đến gần 5 giờ sáng, vị trí sét xảy ra có xu thế di chuyển đến phía khu vực TP.Vũng Tàu, biến thiên điện trường dần dần được chuyển sang giá trị nhỏ hơn 0 và vượt qua giá trị ngưỡng cảnh báo sét ($-1,5$ kV/m) ở lúc 5 giờ 7 phút, đây là thời gian bắt đầu xác định cảnh báo sét (T_{LW}). Khu vực sét xảy ra vẫn ở cách Trạm cứu hộ số 1 gần 20 km, khoảng từ 18 đến 50 km.



Hình 3.27. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 03/05/2019

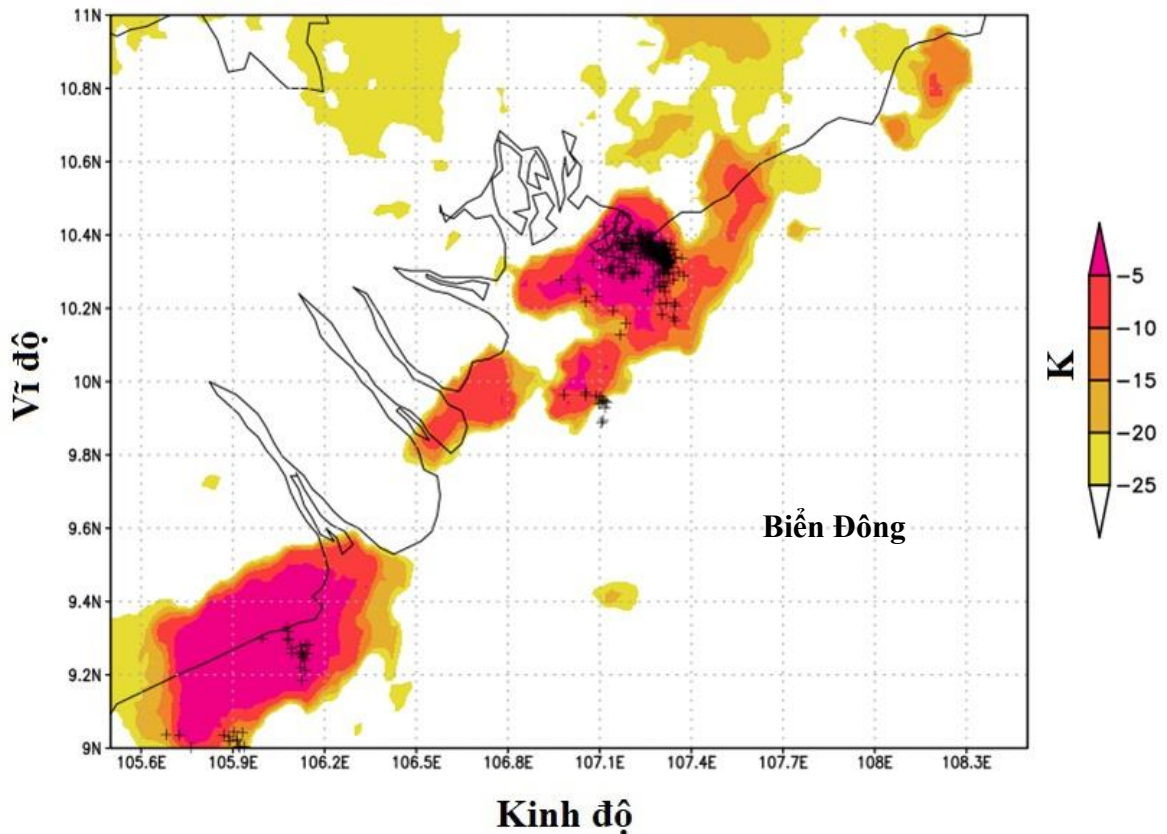
Trong nghiên cứu cảnh báo sét ở khu vực huyện Gia Lâm, ở phần trước, đã sử dụng ảnh chụp vệ tinh để kiểm tra mây đối lưu. Tuy nhiên, ảnh mây vệ tinh, trong nghiên cứu ở đây, không được biểu diễn cùng với số liệu định vị sét. Ảnh mây vệ tinh trong những nghiên cứu ở TP.Vũng Tàu, được biểu diễn cùng số liệu định vị sét. Kiểm tra tồn tại mây đối lưu, qua số liệu vệ tinh Himawari, cụ thể là qua hiệu nhiệt độ của hai kênh (TIR6,TIR2) như hình 3.28 và nhiệt độ kênh TIR2.



Hình 3.28. Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari, lúc 5 giờ 10 phút và sét trong 10 phút trước, ngày 03/05/2019

Từ hình 3,28 ta thấy tại khu vực giới hạn bởi hình tròn bán kính 50 km với tâm là trạm đo điện trường, có tồn tại vùng mây đối lưu sâu do có mức độ chênh lệch nhiệt độ ít (gần về 0) của hai kênh vệ tinh (TIR6,TIR2), biểu thị vùng mây này dày hơn các vùng có hiệu nhiệt độ lớn. Hơn thế nữa, tại khu vực TP.Vũng Tàu và lân cận cũng có vùng mây có nhiệt độ kênh TIR2 nhỏ hơn âm 53.15 độ C (220 K), cho thấy mây đối lưu ở đây đang phát triển và xác định sự tồn tại của chúng ở vùng nghiên cứu. Thông tin cảnh báo sét khu vực bán kính 10 km quanh trạm đo điện trường hay vùng AOC được được xác định. Vào lúc 5 giờ 47 phút, xác định được cú phóng điện mây-đất đầu tiên, trong vùng AOC (T_{LAOC}). Do vậy, thông tin cảnh báo

sét đưa ra cho khu vực TP. Vũng Tàu là đúng, với thời gian báo trước là 40 phút. Hình 3.29, cho thấy sự phù hợp giữa hoạt động sét ở vùng cảnh báo và mây đối lưu xác định qua vệ tinh. Tiếp sau khi cú sét đầu tiên xảy ra, vị trí sét xảy ra vẫn xuất hiện ở nhiều điểm ở khu vực TP. Vũng Tàu, khu vực lân cận bao gồm cả ở trên biển và xảy ra nhiều nhất trong quãng từ gần 6 giờ đến 7 giờ. Sau 7 giờ 30 phút, vị trí sét xảy ra thưa dần ở khu vực trạm, biến thiên điện trường như lúc trời không có sét.

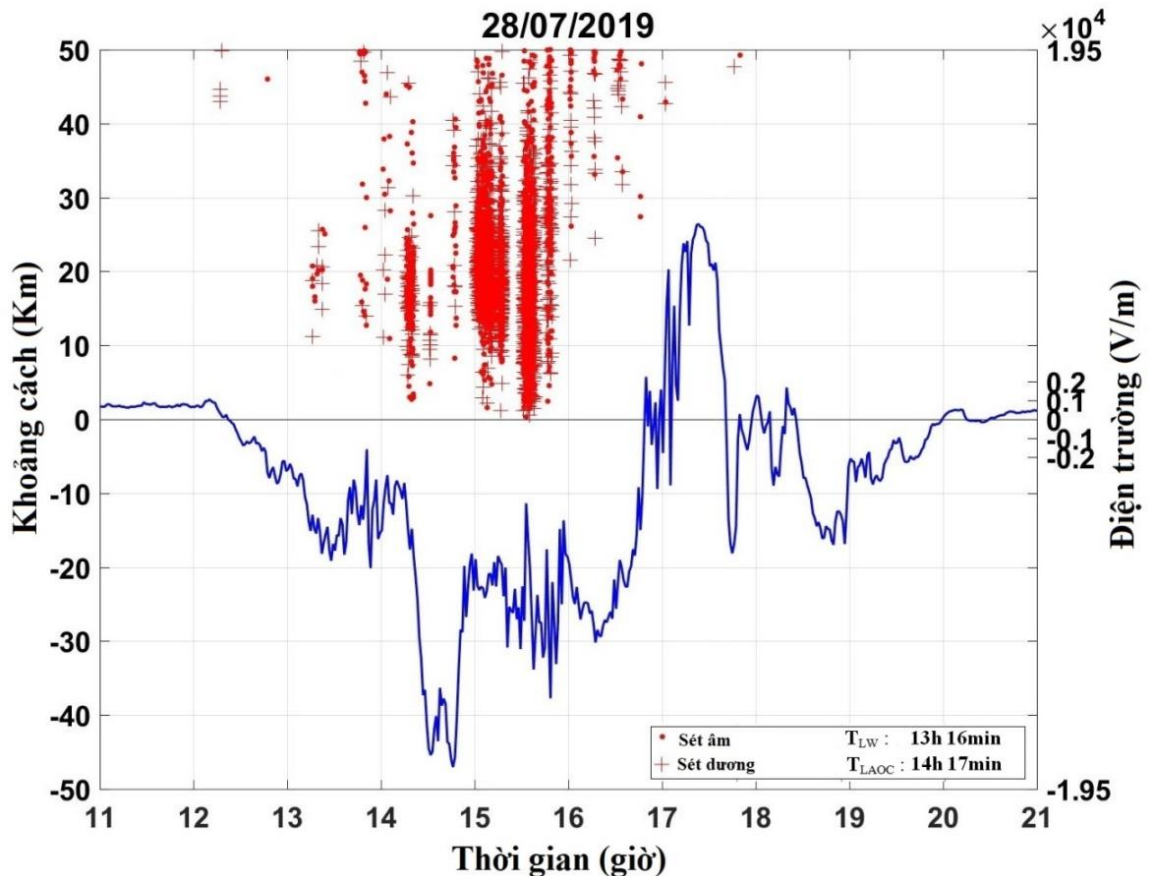


Hình 3.29. Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari, lúc 5 giờ 50 phút và sét trong 10 phút trước, ngày 03/05/2019

Kết quả cảnh báo sét ngày 28/07/2019:

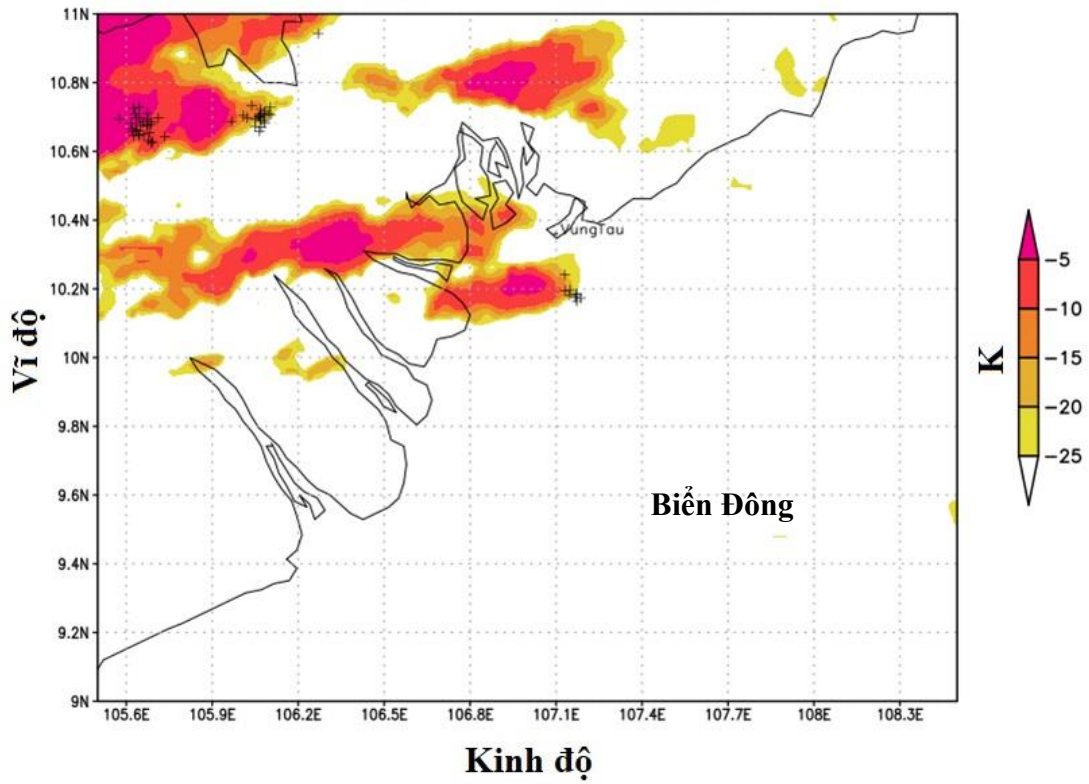
Hình 3.30, biểu diễn biến thiên điện trường trong quãng thời gian 11,0 giờ đến 21 giờ, ngày 28/07/2019 và hoạt động sét xảy ra xung quanh Trạm cứu hộ số 1, bán kính 50 km. Bắt đầu từ 11,0 giờ đến 12 giờ 20, không xảy ra hoạt động sét ở xung quanh trạm 50 km. Sau khoảng thời gian này, vị trí sét xảy ra ở khu vực khoảng từ 40 km đến 50 km ở, ngoài vùng cảnh báo sét. Biến thiên điện trường quan trắc tại Trạm cứu hộ số 1 có xu hướng giảm dần dần và có độ lớn vượt qua ngưỡng cảnh báo sét (nhỏ hơn $-1,5$ kV/m) vào lúc 13 giờ 16 phút. Khi đó sẽ xác định được thời gian đưa ra thông tin cảnh báo sét (T_{LW}), tuy vậy vị trí sét đánh vẫn

chỉ xảy ra ở ngoài vùng cảnh báo, ở khoảng cách lớn hơn 10 km. Sử dụng kết hợp ảnh chụp hồng ngoại hai kênh vệ tinh Himawari (hình 3.31), biểu diễn cùng số liệu định vị sét, để kiểm tra mây đối lưu có tại khu vực giới hạn hình tròn bán kính 50 km với tâm là trạm đo điện trường. Từ hình 3.31, cũng thấy được một số trung tâm phóng điện trùng với các khu vực có mây đối lưu, cũng như ở địa mây (khu vực có sét dương). Qua đó, ta xác định được mây đối lưu có xuất hiện ở khu vực nghiên cứu cảnh báo sét. Thông tin cảnh báo sét cho khu vực thành phố Vũng Tàu hay vùng AOC được xác định. Vào lúc 14 giờ 17 phút (T_{LAOC}) xuất hiện cú phóng điện mây-đất đầu tiên trong vùng AOC. Cảnh báo sét được xác định là đúng và cảnh báo trước 61,0 phút.

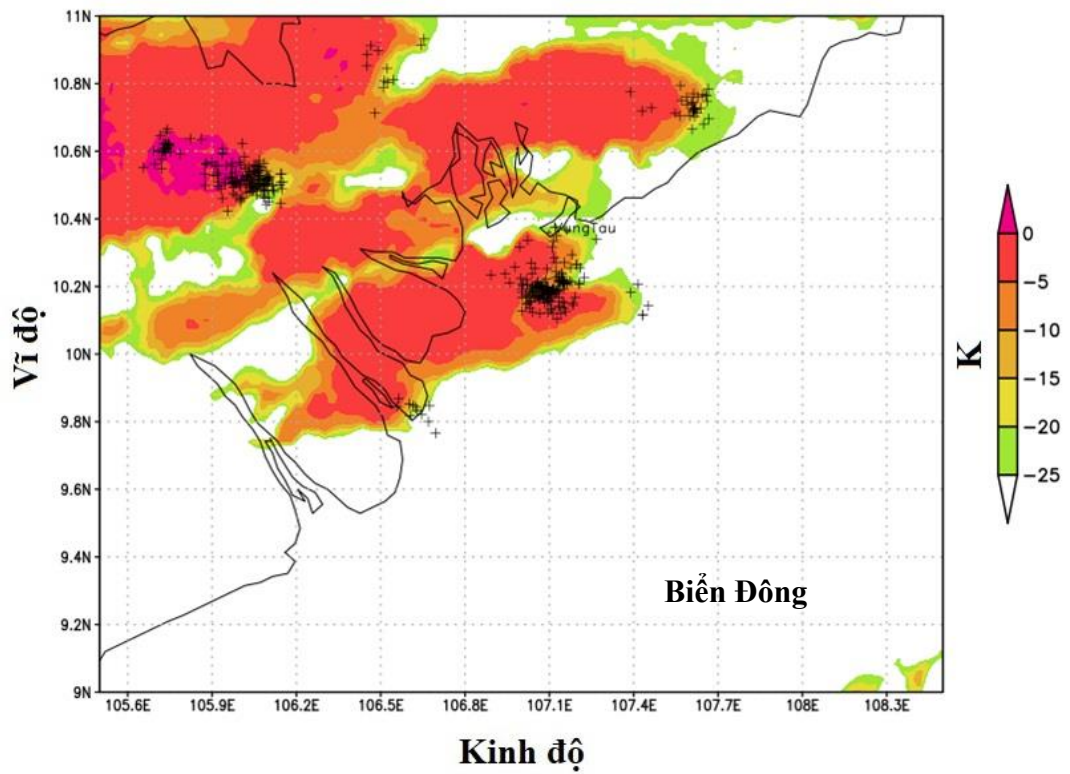


Hình 3.30. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét,
đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 28/07/2019

Hình 3.32, cho thấy sự phù hợp giữa hoạt động sét ở vùng cảnh báo và mây đối lưu xác định qua vệ tinh. Sau thời gian xảy ra cú sét đầu tiên phóng xuống đất ở vùng AOC, hoạt động dông sét càng di chuyển dần về khu vực trạm điện trường, gần nhất khoảng từ 15.0 giờ đến 16 giờ. Sau đó, hoạt động sét ít dần ở khu vực cảnh báo. Sau 20 giờ, biến thiên điện trường giống như trạng thái bình thường.

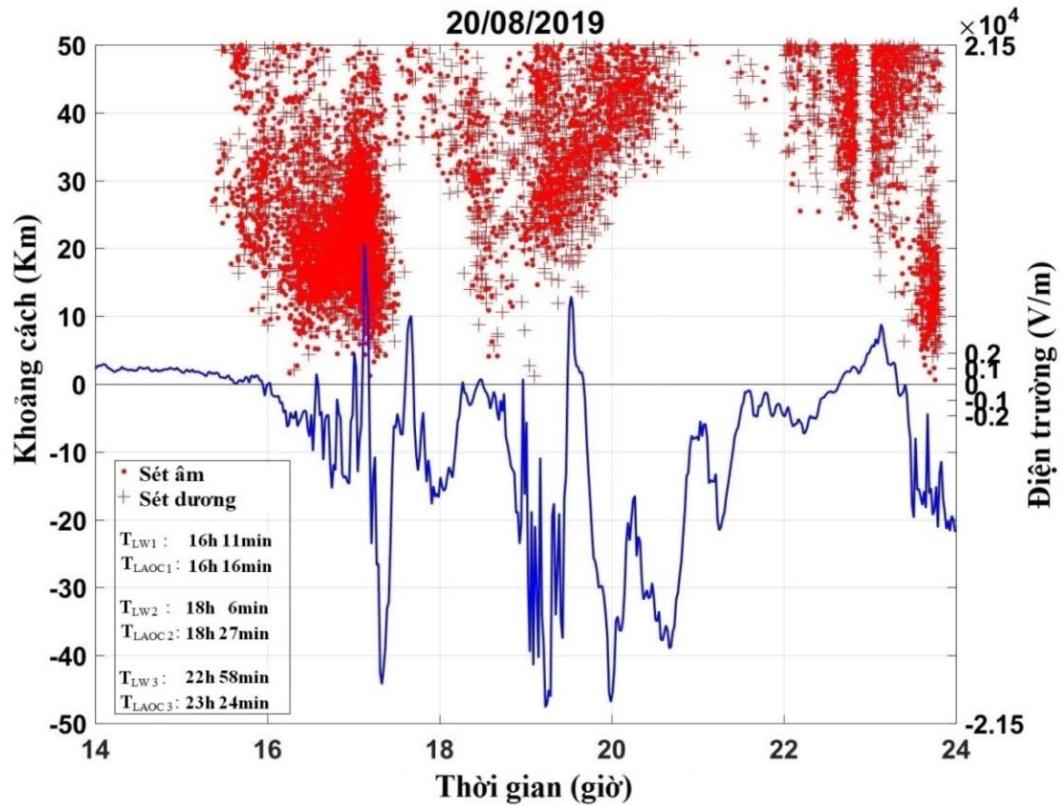


Hình 3.31. Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari, lúc 13 giờ 20 phút và sét trong 10 phút trước, ngày 28/07/2019



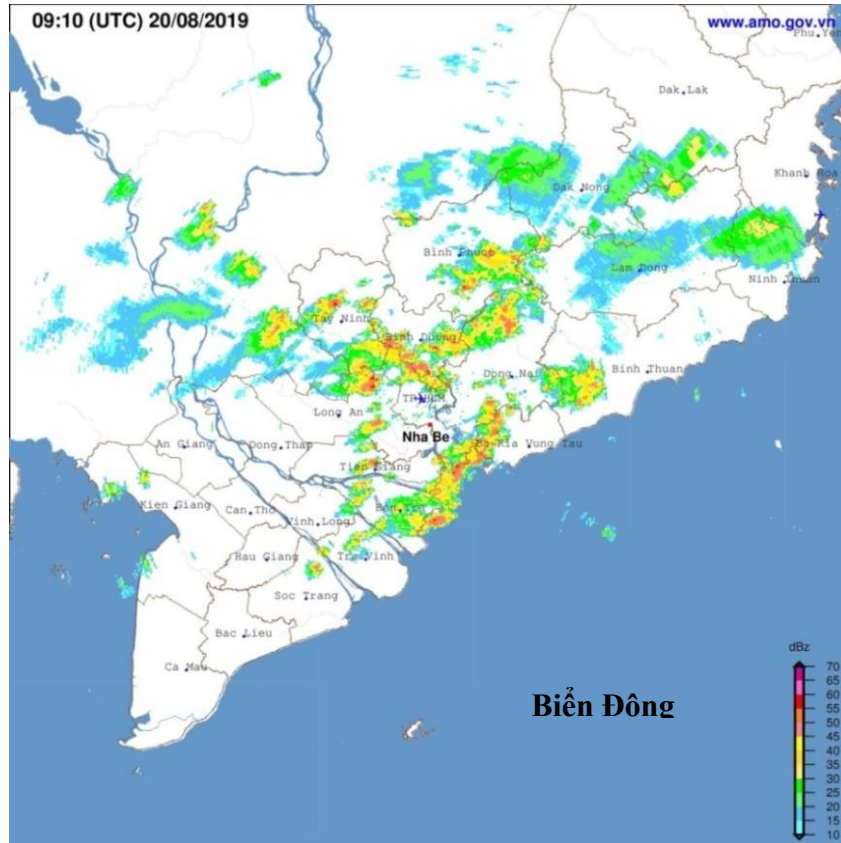
Hình 3.32. Hiệu nhiệt độ kênh TIR6 và kênh TIR2 vệ tinh Himawari, lúc 14 giờ 20 phút và sét trong 10 phút trước, ngày 28/7/2019

Kết quả cảnh báo sét ngày 20/08/2019:

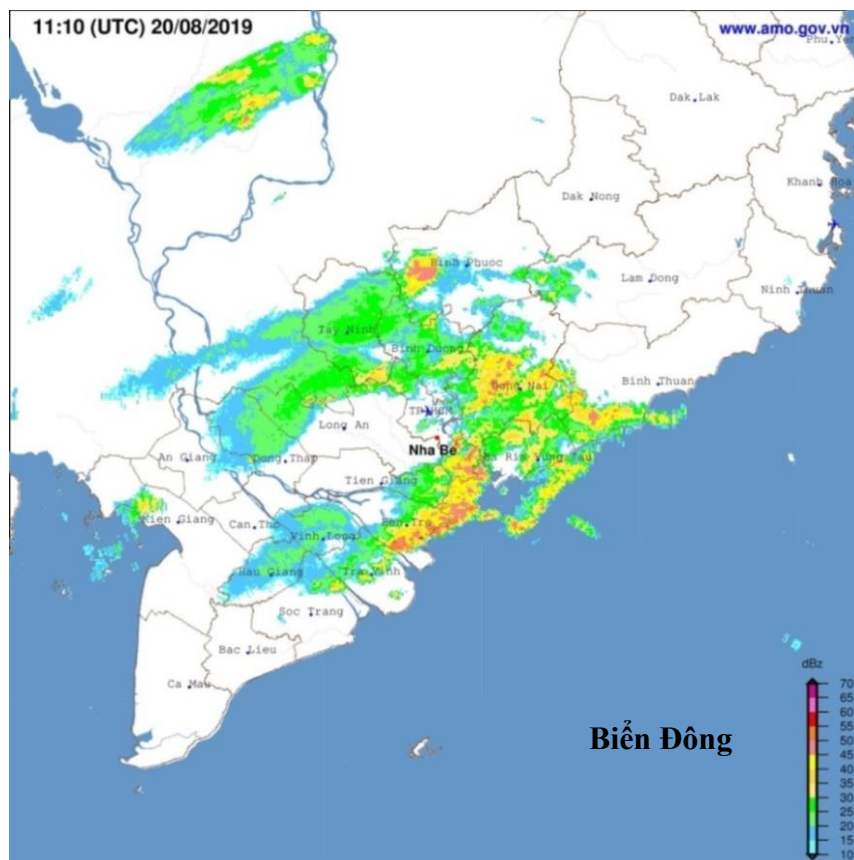


Hình 3.33. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 20/08/2019

Hình 3.33, biểu diễn biến đổi điện trường ngày 20/08/2019, từ 14,0 giờ đến 24 giờ và hoạt động sét xung quanh Trạm cứu hộ số 1, trong giới hạn bán kính 50 km. Đây là trường hợp xảy ra tới 3 lần dông khác nhau, về thời gian ở khu vực TP.Vũng Tàu. Tại lần dông thứ nhất, thời điểm điện trường có độ lớn vượt ngưỡng cảnh báo sét là 16 giờ 11 phút (T_{LW1}). Hình 3.34, ảnh radar thời tiết Nhà Bè lúc 16 giờ 10 phút, cũng cho thấy tồn tại vùng mây đối lưu (phản hồi >35 dBz) ở gần khu vực trạm. Thông tin cảnh báo sét khu vực TP.Vũng Tàu được xác định và phát tín hiệu cảnh báo theo quy trình trong phương pháp đã được xây dựng. Đến thời điểm 16 giờ 16 phút (T_{LAOC1}), xuất hiện cú sét (CG) lần tiên trong vùng nghiên cứu cảnh báo, như vậy cảnh báo sét đưa ra là đúng, thời gian cảnh báo sét trước (LT) cho vùng cần cảnh báo là 6 phút. Đến thời điểm từ khoảng hơn 17 giờ đến gần 18 giờ, vị trí sét đánh không xuất hiện ở vùng AOC cũng như vùng WA. Sau 18 giờ, lần dông thứ 2 xuất hiện, hoạt động sét tiến dần về phía TP.Vũng Tàu, thời điểm điện trường có độ lớn vượt ngưỡng cảnh báo là 18 giờ 6 phút, cũng là thời gian đưa ra thông tin cảnh báo sét (T_{LW2}).



Hình 3.34. Ảnh phản hồi radar Nhà Bè lúc 16 giờ 10 phút ngày 20/08/2019

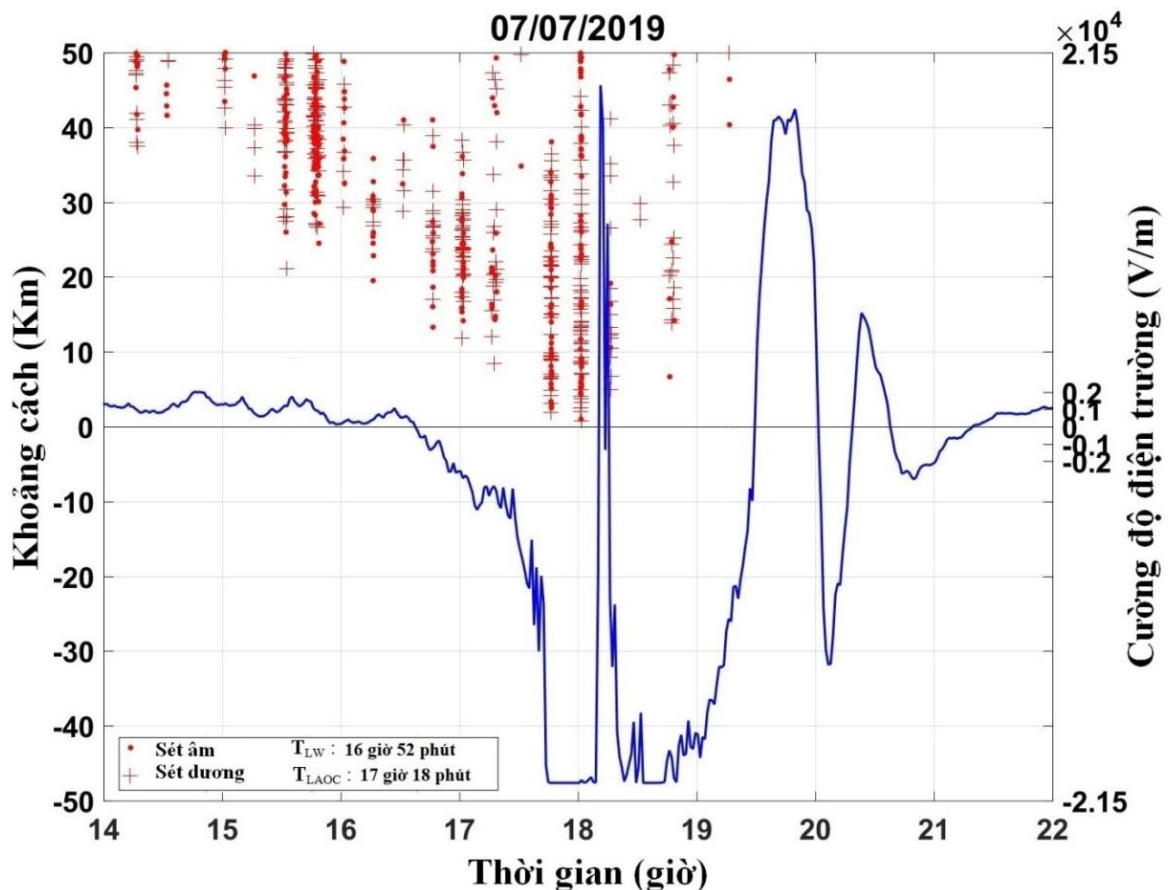


Hình 3.35. Ảnh phản hồi radar Nhà Bè lúc 18 giờ 10 phút ngày 20/08/2019

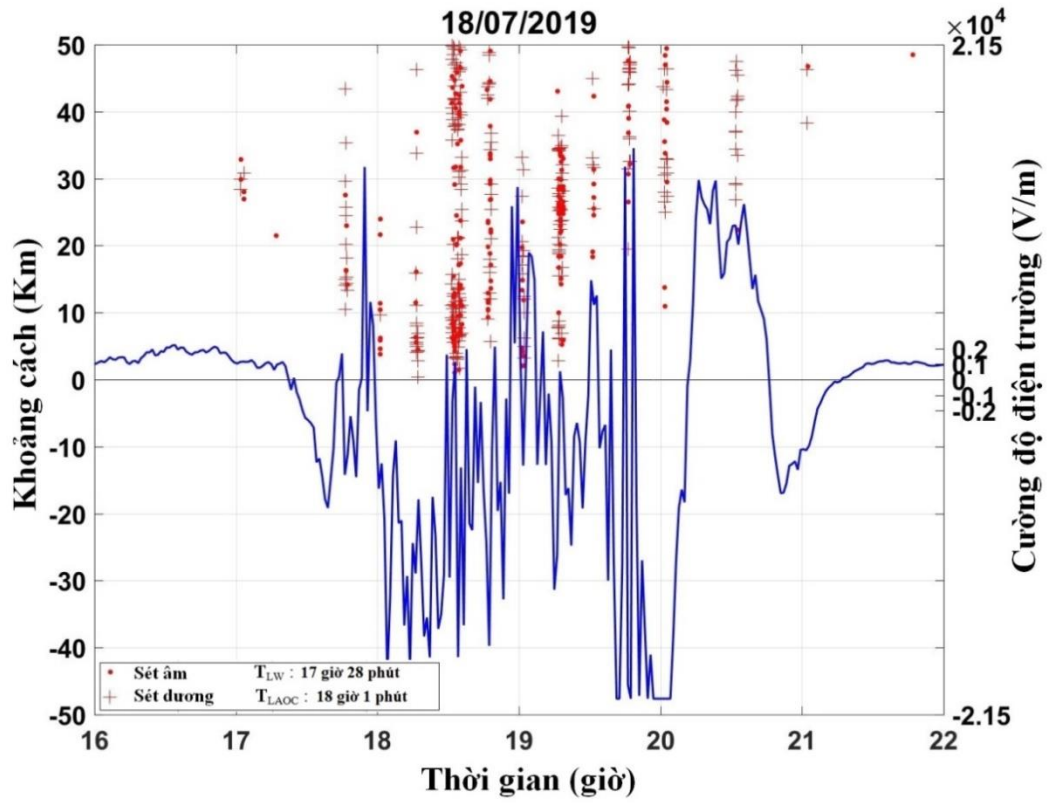
Số liệu radar thời tiết Nhà Bè ở thời điểm 18 giờ 10 phút (hình 3.35), cũng phản ánh có dải mây có độ phản hồi lớn (>35 dBz) xuất hiện ở gần khu vực TP.Vũng Tàu, như vậy thông tin cảnh báo sét được xác nhận. Đến thời điểm 18 giờ 27 phút (T_{LAOC2}), xuất hiện phóng điện mây-đất đầu tiên ở trong vùng AOC, cảnh báo sét đưa ra là chính xác, thời gian cảnh báo sét trước là 21 phút. Cũng tương tự như vậy, xác định được lần dông thứ ba, xảy ra vào khoảng gần 22 giờ kéo dài đến qua 24 giờ, $T_{LW3} = 22$ giờ 58 phút, $T_{LAOC2} = 23$ giờ 24 phút. Như vậy, thời gian cảnh báo sét trước cho lần dông thứ ba là 26 phút.

Kết quả cảnh báo sét cho một số trường hợp khác:

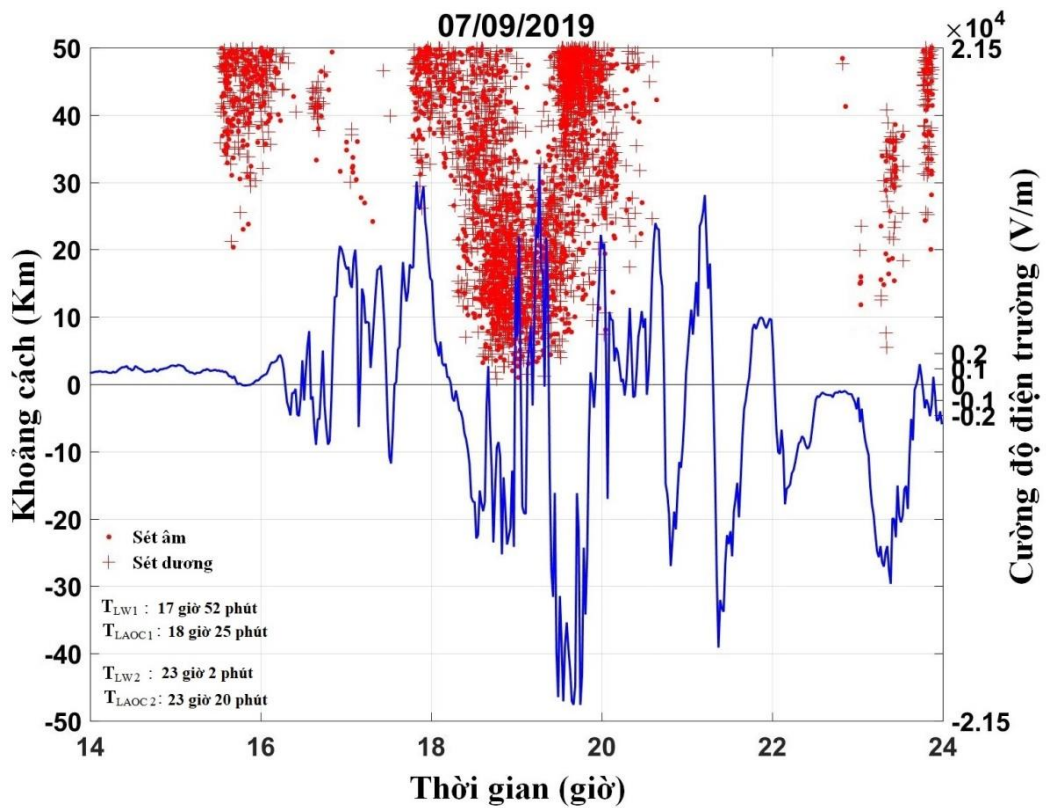
Nghiên cứu đánh giá cảnh báo sét cho tất cả các trường hợp có số liệu thu thập. Ngoài các trường hợp cảnh báo sai, tương tự như các trường hợp phân tích đánh giá ở khu vực huyện Gia Lâm. Một số kết quả khác được trình bày trong các hình 3.36, 3.37 và 3.38.



Hình 3.36. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét,
đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 07/07/2019



Hình 3.37. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 18/07/2019



Hình 3.38. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại Trạm cứu hộ số 1 ngày 07/09/2019

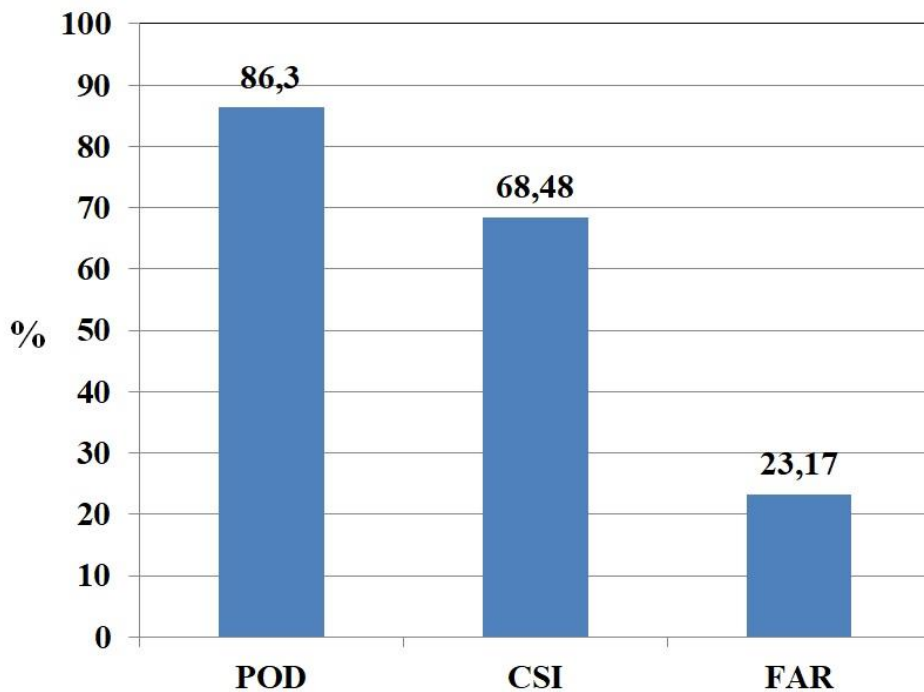
Sử dụng kết hợp một số nguồn số liệu và thuật toán cảnh báo nghiên cứu xây dựng cho khu vực TP.Vũng Tàu để cảnh báo sét cho các trường hợp khác. Kết quả cảnh báo sét ngày 07/07/2019, xác định được thời gian cảnh báo sét trước là 26 phút. Trong trường hợp ngày 18/07/2019, thời gian bắt đầu cảnh báo sét lúc 17 giờ 28 phút, phóng điện CG lần đầu xảy ra ở vùng AOC vào lúc 18 giờ 1 phút và cảnh báo sét trước 33 phút. Trong ngày 07/09/2019, hoạt động dông sét được tính là hai lần dông khác nhau, lần dông thứ nhất cảnh báo sét trước 33 phút, lần dông thứ hai là 18 phút.

Đánh giá kết quả cảnh báo sét cho khu vực thành phố Vũng Tàu:

Sử dụng bộ số liệu 106 ngày đo biến thiên điện trường tại Trạm cứu hộ số 1, ở TP.Vũng Tàu, có xảy ra nhiều loạn trong năm 2019. Cũng như các nguồn số liệu liên quan khác như: số liệu ảnh mây vệ tinh Himawari kênh hồng ngoại hoặc số liệu phản hồi radar Nhà Bè và số liệu về vị trí sét đánh theo thời gian. Tác giả đã tiến hành nghiên cứu, đánh giá cảnh báo sét thử nghiệm cho khu vực TP.Vũng Tàu. Từ các kết quả tính toán, những kết quả đánh giá cảnh báo sét được trình bày trong hình 3.39 và hình 3.40. Hình 3.39, biểu diễn kết quả xác định các chỉ số thống kê toán học gồm tỷ lệ cảnh báo đúng (POD), điểm số thành công (CSI) và tỷ lệ cảnh báo sai (FAR). Kết quả nghiên cứu tính toán cho toàn bộ tập số liệu, tỷ lệ cảnh báo đúng $POD = 86,3\%$. Từ biểu đồ, cũng như tỷ lệ cảnh báo đúng, ta cũng tính được tỷ lệ không cảnh báo $FTW = 13,7\%$. Tỷ lệ này cho thấy tại khu vực TP.Vũng Tàu, với hệ thiết bị hiện có và theo phương pháp cảnh báo sét do nghiên cứu này đề xuất cho khu vực, thì cứ 100 trường hợp cảnh báo sét xảy ra, thì có khoảng 86 trường hợp cảnh báo được và 14 trường hợp có sét xảy ra nhưng không cảnh báo được. Điểm số thành công (CSI) đạt tỷ lệ $68,48\%$, tỷ lệ này thấp hơn tỷ lệ cảnh báo đúng do tính toán dựa trên cả số lần cảnh báo không, số lần cảnh báo không càng nhiều thì tỷ lệ này càng giảm xuống. Tỷ lệ cảnh báo sai FAR tăng lên do có sự gia tăng số lần cảnh báo sét nhưng quan trắc lại không phát hiện được sét xảy ra ở vùng AOC. Ở khu vực TP. Vũng Tàu giá trị FAR là $23,7\%$, tức là trung bình trong 100 lần cảnh báo thì có 76 trường hợp có sét xảy ra, 24 trường hợp cảnh báo nhưng không có sét xảy ra.

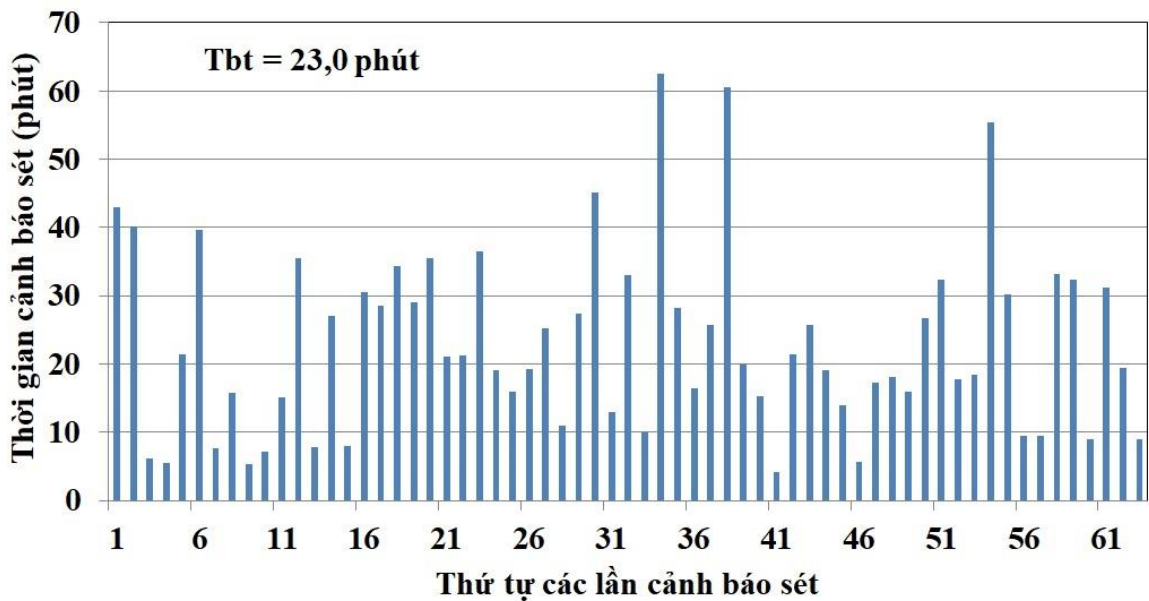
Hình 3.40, trình bày biểu đồ cột thời gian cảnh báo sét trước (LT), nghiên cứu tính toán, xác định từ bộ số liệu điện trường thu thập trong năm 2019 tại TP.

Vũng Tàu, theo thứ tự những lần cảnh báo sét của 63 trường hợp cụ thể. Tại Vũng Tàu, ngoài khu vực bãi tắm, thường xuyên tập trung đông người. Còn có nhiều cơ quan, tổ chức có các thiết bị điện tử và các thiết bị điều khiển, cần hoạt động liên tục, nhạy cảm với sét. Do vậy, việc cảnh báo sét sớm hay trễ hơn đều có ý nghĩa khoa học và thực tiễn ở khu vực này. Thời gian cảnh báo sét trước tại đây, thay đổi từ một vài phút đến hơn 60 phút (hình 3.40). Thời gian cảnh báo sét trước trung bình là 23,0 phút, giá trị này tương đương với nhiều nghiên cứu trước đây của rất nhiều tác giả trên thế giới như trong [26, 30, 35, 37, 39-41]. Thời gian cảnh báo sét trước trung bình (LT) được Karagiannidis và ccs (2016) [37], xác định là 15,0 phút, với $POD = 81,0\%$. Tuy nhiên, trong nghiên cứu của Karagiannidis và ccs chỉ sử dụng số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét. Trong khi đó, trong nghiên cứu ở TP. Vũng Tàu, để đánh giá cảnh báo sét tôi đã sử dụng kết hợp các nguồn số liệu (như số liệu điện trường, định vị sét, số liệu radar thời tiết, số liệu vệ tinh), Mặc dù thời gian cảnh báo trước (LT) phụ thuộc vào khu vực nghiên cứu, việc tăng mức độ chính xác cảnh báo sét ($POD = 86,3\%$) và thời gian trung bình cảnh báo sét trước cũng tăng cho khu vực TP.Vũng Tàu là do sự kết hợp đa nguồn số liệu.

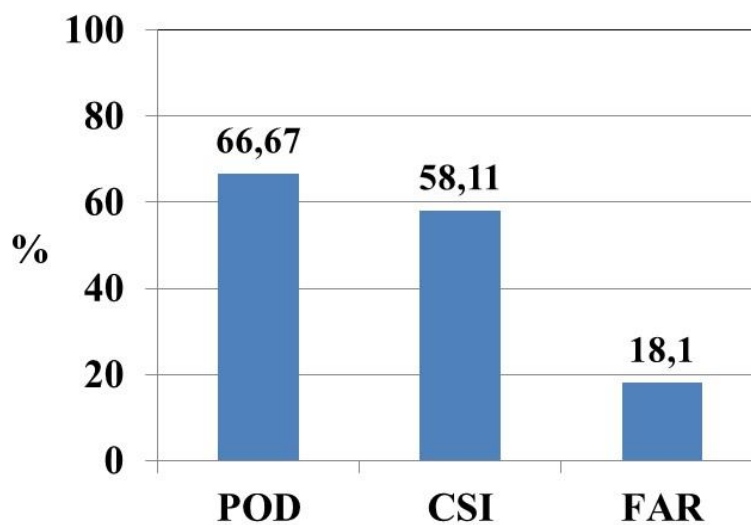


Hình 3.39. Các chỉ số thống kê đánh giá kết quả cảnh báo sét tại khu vực TP.Vũng Tàu

Kết quả đánh giá phương pháp cảnh báo sét cho khu vực TP.Vũng Tàu, chỉ dựa vào số liệu điện trường được trình bày trong hình 3.41. Kết quả cho thấy: Tỷ lệ cảnh báo đúng (POD) là 66,67%; Điểm số thành công (CSI) có kết quả là 58,11%, Tỷ lệ cảnh báo không (FAR) cho kết quả là 18,1%. Những kết quả này cho thấy, phương pháp cảnh báo sét chỉ theo số liệu điện trường cho khu vực TP.Vũng Tàu không tốt bằng phương pháp cảnh báo sét theo nguồn số liệu tổng hợp. Thể hiện qua chỉ số tỷ lệ cảnh báo đúng (POD) nhất theo phương pháp chỉ dùng số liệu điện trường giảm gần 20%, điểm số thành công (CSI) giảm hơn 10%.



Hình 3.40. Thời gian cảnh báo sét trước và các lần cảnh báo ở khu vực TP.Vũng Tàu



Hình 3.41. Các chỉ số thống kê đánh giá kết quả cảnh báo sét theo số liệu điện trường tại khu vực TP.Vũng Tàu

3.3. Kết quả cảnh báo sét và đánh giá cảnh báo sét cải tiến cho một số khu vực tại Quảng Nam

3.3.1. Kết quả cảnh báo sét và đánh giá cảnh báo sét cải tiến theo nguồn số liệu tổng hợp cho một số khu vực tại Quảng Nam

3.3.1.1. Đặc điểm hoạt động dông sét và các ngưỡng điện trường cảnh báo sét ở khu vực tỉnh Quảng Nam

Đặc điểm hoạt động dông sét ở khu vực tỉnh Quảng Nam:

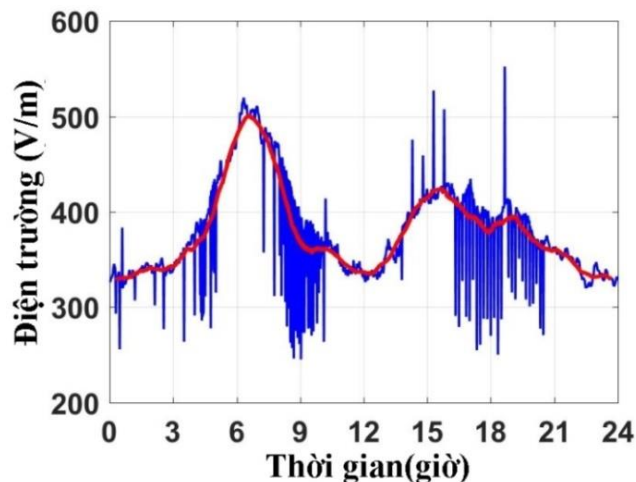
Tỉnh Quảng Nam thuộc miền khí hậu vùng Nam Trung Bộ, nơi này có nhiều gió Tây khô nóng và nắng nóng, mùa không lạnh, mưa thường xảy ra vào đầu mùa đông và cuối mùa hè, vùng này cũng thuộc vùng có khí hậu nhiệt đới gió mùa. Địa hình tỉnh Quảng Nam có xu hướng giảm dần chiều cao từ Tây sang Đông, với dải đồng bằng ở ven biển, vùng núi cao ở phía Tây và vùng trung du ở trung tâm. Với nhiều ngọn núi cao, có đỉnh núi cao trên 2000 m, diện tích khu vực đồi núi chiếm hơn 70%, vùng ven biển có độ cao địa hình nhỏ hơn 10 m, là các dải cồn cát. Bề mặt địa hình ở đây bị chia cắt bởi các hệ thống sông Tam Kỳ, Thu Bồn và Trường Giang. Nhiệt độ trung bình năm tại đây là 25⁰C, số giờ nắng trung bình năm dao động khoảng từ 2000 đến 2500 giờ. Mưa tại khu vực Quảng Nam tập trung trong các tháng 12, 11 và 10, do thời kỳ này bị ảnh hưởng không khí lạnh xâm nhập, lượng mưa trung bình năm ở đây nằm trong khoảng từ 2000 đến 2500 mm, khu vực Trà My là trung tâm mưa lớn, lượng mưa trung bình khoảng từ 2400 đến 2800 mm [70-71]. Dông hầu như xảy ra quanh năm ở khu vực này, tuy vậy chỉ chủ yếu tập trung trong những tháng mùa mưa từ tháng 8 đến tháng 10. Số giờ dông khoảng từ 200 đến 290 giờ dông và ngày dông dao động từ 90 đến 130 ngày [1]. Số lần phóng điện xuống một km² trung bình hàng năm ở đây là khoảng hơn 8 lần.

Các ngưỡng điện trường cảnh báo sét ở khu vực tỉnh Quảng Nam:

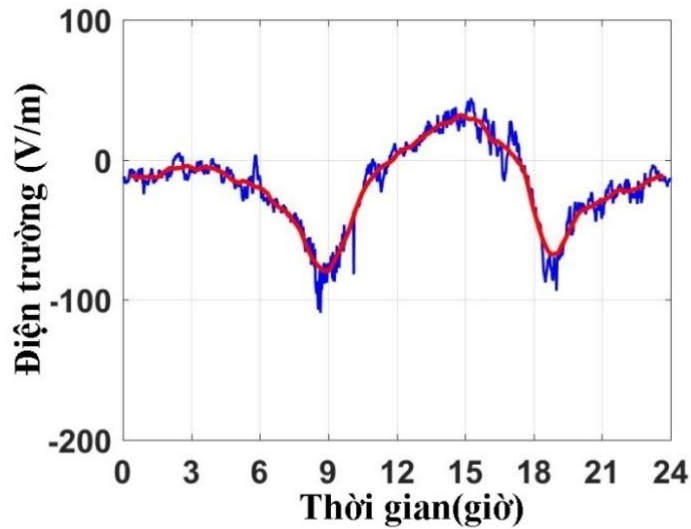
Nghiên cứu biến thiên điện trường trong các ngày không có dông hoặc không có mưa dông, chúng ta sẽ thấy được ảnh hưởng của môi trường khảo sát đến cường độ điện trường. Giá trị này liên quan đến ngưỡng cảnh báo được lựa chọn, như nghiên cứu ở Gia Lâm-Hà Nội và TP. Vũng Tàu, đề cập trong các phần trước.

Trên bộ số liệu thu thập, biến thiên điện trường trong các ngày không có dông, ở 3 trạm, được trình bày trong các hình 3.42 (121 ngày đo), hình 3.43 (62 ngày đo) và hình 3.44 (110 ngày đo). Điện trường trung bình trong ngày không có

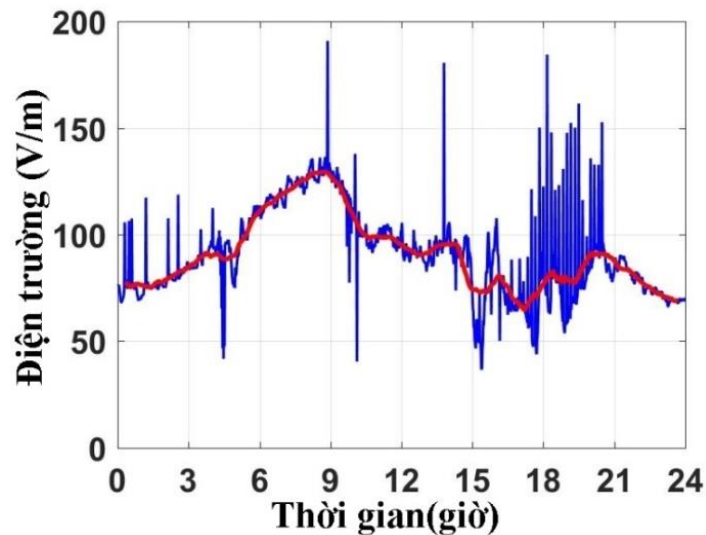
đông tại các trạm Hội An, Hiệp Đức, Đại Lộc lần lượt là 378,5 V/m, 12,4 V/m, 89,85 V/m. Tại Hội An, điện trường dao động trong khoảng từ 150 V/m đến hơn 500 V/m, tại trạm Hiệp Đức khoảng từ -100 V/m đến gần 50 V/m và tại Đại Lộc khoảng từ 45 V/m đến gần 200 V/m. Như vậy, có thể thấy rằng nhìn chung tại khu vực đặt ba trạm điện trường, môi trường đo đặc tương đối ít ảnh hưởng đến điện trường nền. Giá trị trung bình của cả 3 trạm khá gần với điện trường đo ở khu vực có môi trường sạch (130 V/m). Tại khu vực Hội An, điện trường trung bình có cao hơn một ít, do trạm đo, cũng chỉ đặt cách bờ biển khoảng 10 km (hình 2.17), nên ảnh hưởng của sol khí muối biển cũng đã giảm nhiều so với khu vực đặt trạm điện trường ở khu vực Vũng Tàu, đặt ở bờ biển. Do vậy tại tỉnh Quảng Nam chúng ta cũng có thể sử dụng ngưỡng cảnh báo sét như nghiên cứu ở khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội, để nghiên cứu cảnh báo sét ở một số khu vực tại đây. Tuy vậy, để nâng cao tính khách quan, tối ưu hóa ngưỡng cảnh báo, phù hợp với điều kiện sẵn có ở khu vực Quảng Nam, cũng như tại Việt Nam. Ta cần phải xác định giá trị ngưỡng điện trường cho cảnh báo sét tối ưu, như đã trình bày trong mục 2.3.3 (chương 2). Ngưỡng cảnh báo sét được tính toán dựa trên hai chỉ số độ lớn cường độ điện trường EFAI và chỉ số chênh lệch cường độ điện trường EFDI (xem mục 2.3.3.1). Dựa trên tập số liệu khảo sát tại các trạm đo điện trường trên bề mặt ở TP.Hội An, Hiệp Đức và Đại Lộc, đo đặc trong năm 2016, xác định được mối quan hệ giữa ngưỡng điện trường cảnh báo của hai chỉ số (EFDI, EFAI) và các chỉ số đánh giá kết quả cảnh báo sét POD, CSI, FAR.



Hình 3.42. Biến thiên điện trường trung bình ngày không có dông tại trạm Hội An, Quảng Nam, ($T_b = 378,5$ V/m, 121 ngày, 2016-2017)



Hình 3.43. Biến thiên điện trường trung bình ngày không có dông tại trạm Hiệp Đức, Quảng Nam, ($T_b = 12,4$ V/m, 62 ngày, 2016-2017)

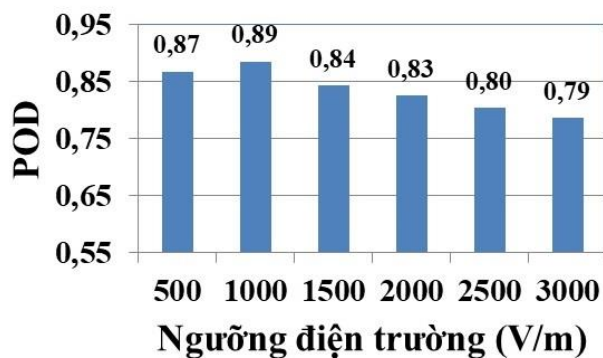


Hình 3.44. Biến thiên điện trường trung bình ngày không có dông tại trạm Đại Lộc, Quảng Nam, ($T_b = 89,85$ V/m, 110 ngày, 2016-2017)

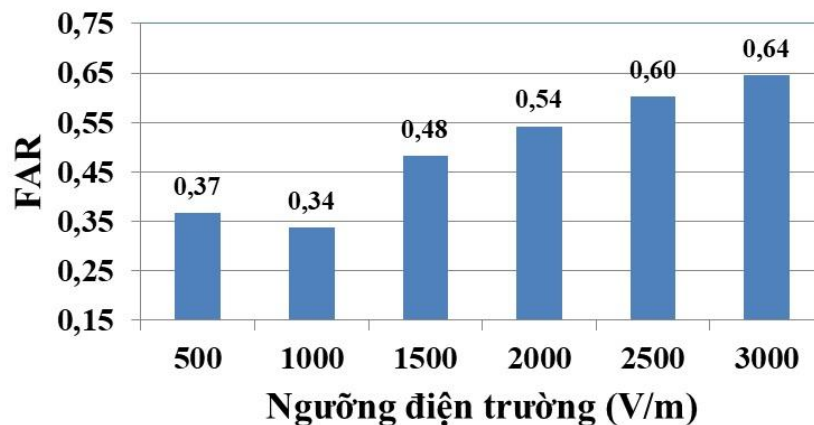
Hình 3.45, hình 3.46 và hình 3.47, biểu diễn các kết quả đánh giá cảnh báo sét theo phương pháp EFAI. Tỷ lệ cảnh báo đúng (POD) đạt giá trị cực đại tại ngưỡng 1000 V/m, chiếm tỷ lệ khoảng 89%, khi tăng ngưỡng giá trị POD giảm, giá trị mà nghiên cứu này xác định cũng phù hợp với nhiều nghiên cứu trên thế giới. Khi tăng ngưỡng điện trường cảnh báo sét ở trên 1000 V/m tỷ lệ cảnh báo không (FAR) có xu thế tăng dần, với ngưỡng cảnh báo 1000 V/m giá trị FAR đạt cực tiểu. Tỷ lệ cảnh báo thành công (CSI) cũng đạt cực đại ở ngưỡng điện trường 1000 V/m, sau đó tỷ lệ giảm dần, giá trị này bao gồm cả số lần cảnh báo không và không cảnh

báo. Từ các kết quả này chúng ta ước lượng được ngưỡng điện trường cảnh báo sét tối ưu theo phương pháp sử dụng ngưỡng độ lớn điện trường (EFAI, giá trị tuyệt đối) là 1000 V/m cho các khu vực TP.Hội An, Hiệp Đức và Đại Lộc.

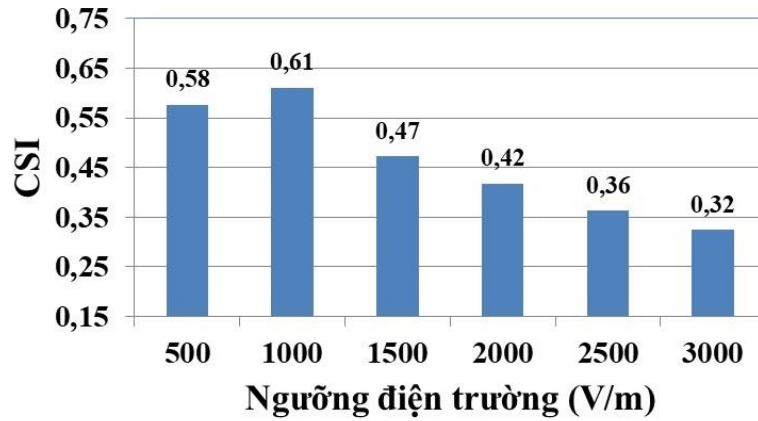
Sử dụng phương pháp EFDI để đánh giá kết quả cảnh báo sét cho một số vùng nghiên cứu ở tỉnh Quảng Nam. Với số liệu thu thập trong năm 2006, xác định ngưỡng chênh lệch điện trường cho cảnh báo sét tối ưu từ các kết quả biểu diễn trong các hình 3.48, hình 3.49 và hình 3.50. Tỷ lệ cảnh báo đúng có giá trị cực đại khi ngưỡng chênh lệch điện trường ở mức 150 V/m và chiếm tỷ lệ khoảng 89%. Với ngưỡng chênh lệch 2500 V/m giá trị POD đạt cực tiểu (55%) và phần lớn POD giảm dần khi ngưỡng chênh lệch điện trường tăng lên. Khi ngưỡng điện trường chênh lệch ở mức 150 V/m, tỷ lệ cảnh báo không (FAR) đạt giá trị cực tiểu (8%). Tỷ lệ cảnh báo thành công (CSI) nhìn chung giảm dần khi ngưỡng chênh lệch điện trường tăng lên, cũng ở ngưỡng 150 V/m, CSI cực đại và có giá trị khoảng 83%. Do vậy, để cảnh báo sét tại một số vùng ở tỉnh Quảng Nam sử dụng phương pháp EFDI, ta dùng ngưỡng chênh lệch điện trường cảnh báo sét với giá trị 150 V/m.



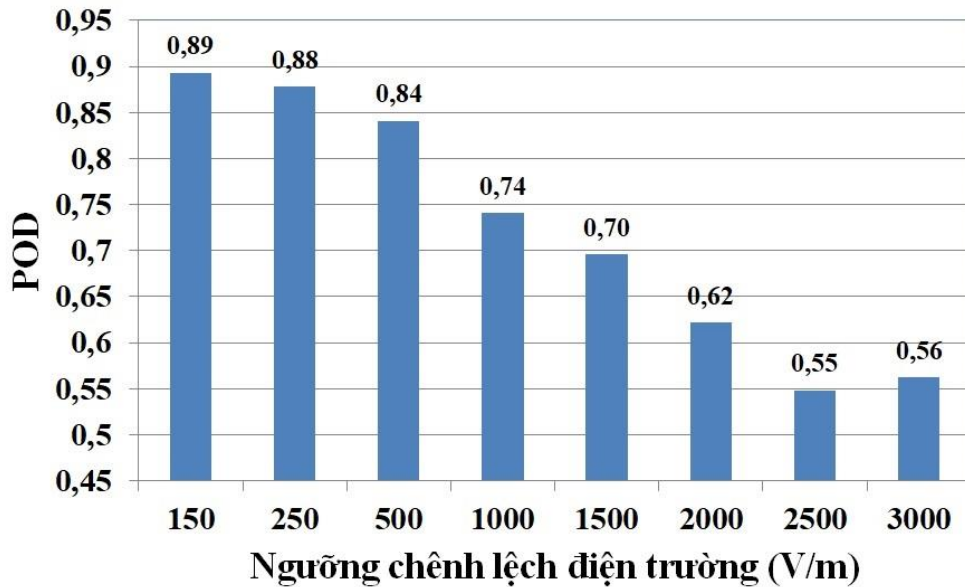
Hình 3.45. Tỷ lệ cảnh báo đúng theo phương pháp EFAI, năm 2016



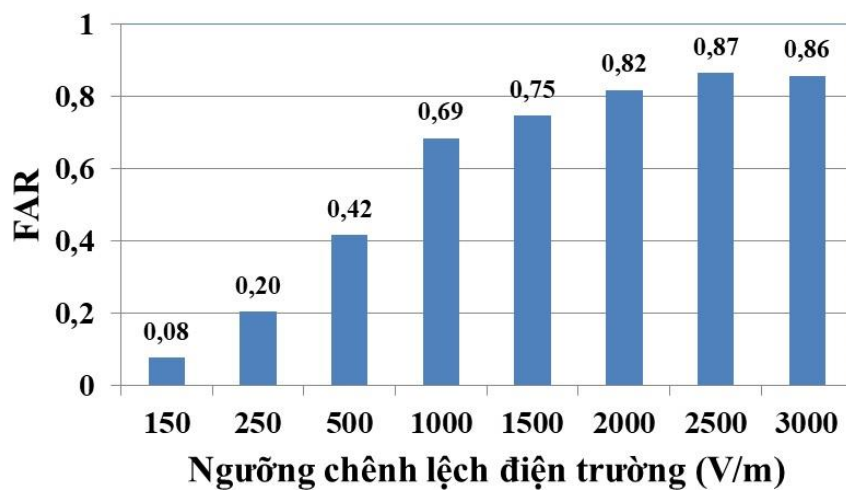
Hình 3.46. Tỷ lệ cảnh báo không theo phương pháp EFAI, năm 2016



Hình 3.47. Điểm số thành công theo phương pháp EFAL, năm 2016



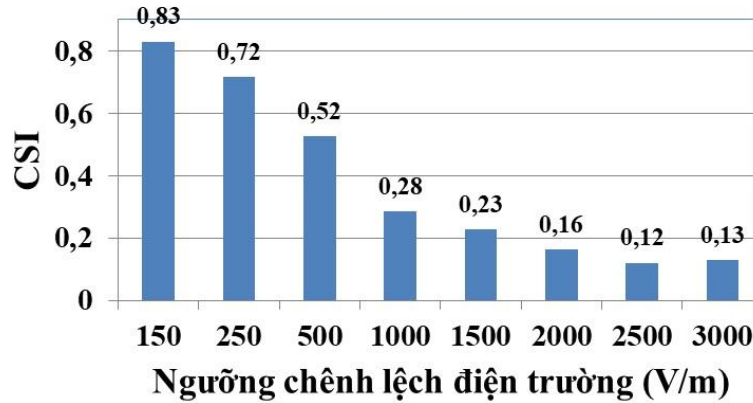
Hình 3.48. Tỷ lệ cảnh báo đúng theo phương pháp EFDI, năm 2016



Hình 3.49. Tỷ lệ cảnh báo không theo phương pháp EFDI, năm 2016

Sử dụng sơ đồ thuật toán hình 2.6 ở chương 2 và các chỉ số đã được xác định bao gồm: chỉ số ngưỡng chênh lệch biên độ điện trường EFDI (150 V/m); chỉ số

ngưỡng độ lớn điện trường EFAI (1000 V/m). Vùng mây đối lưu tại vùng xung quanh trạm điện trường 50 km được kiểm tra bằng số liệu kênh hồng ngoại của vệ tinh Himawari. Nghiên cứu cảnh báo sét ở khu vực giới hạn bởi hình tròn bán kính 8 km, tâm hình tròn đặt tại các trạm đo điện trường (hình 2.17, vùng hình tròn màu đỏ) tại khu vực TP.Hội An, Hiệp Đức và Đại Lộc.



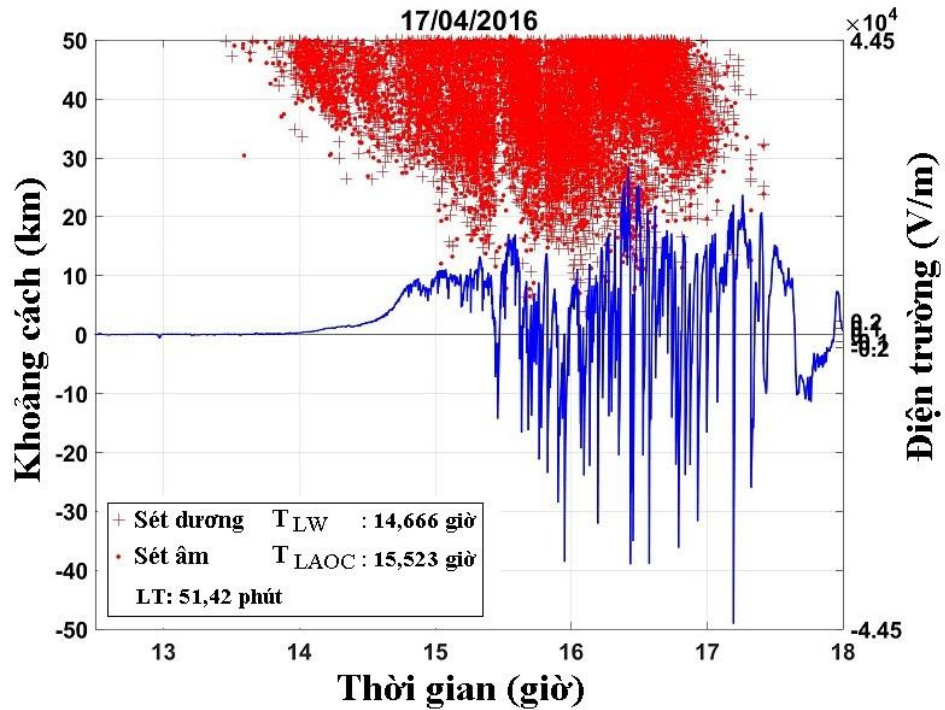
Hình 3.50. Điểm số thành công theo phương pháp EFDI, năm 2016

3.3.1.2. Kết quả cảnh báo sét và đánh giá cảnh báo sét cho một số khu vực tại Quảng Nam.

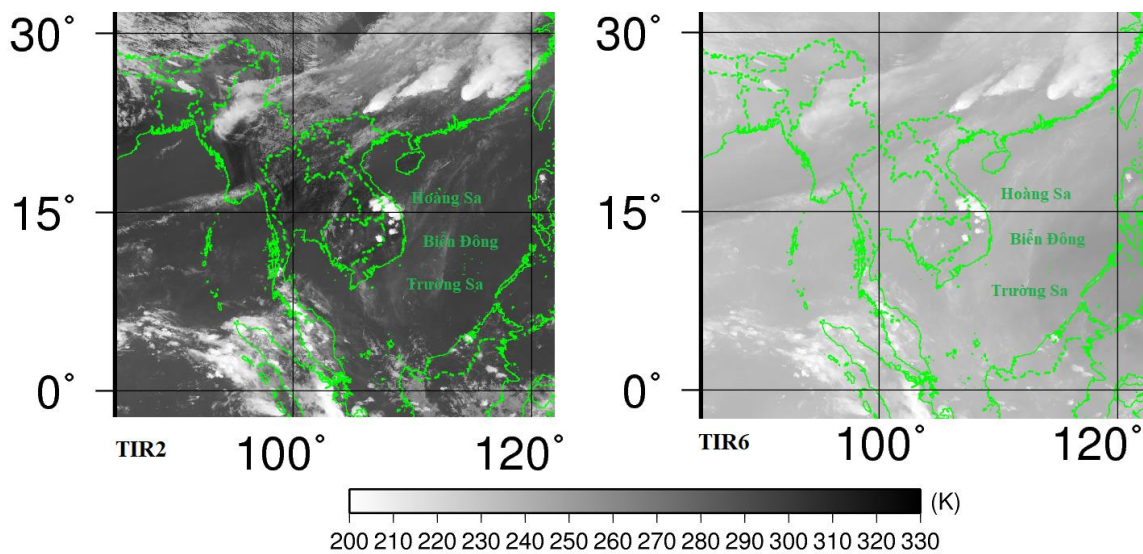
Áp dụng phương pháp cảnh báo sét đã nghiên cứu xây dựng cho cho bộ số liệu điện trường thu thập tại ba trạm đo ở TP.Hội An, huyện Hiệp Đức và Đại Lộc, cụ thể gồm 3 ngày trong năm 2016 và các ngày thu thập được trong năm 2017. Về số liệu vệ tinh, so với những nghiên cứu trước ở khu vực TP.Vũng Tàu và huyện Gia Lâm, tại khu vực Quảng Nam số liệu này được đưa vào nghiên cứu phân tích và biểu diễn dưới dạng ảnh số có dạng khác. Ảnh vệ tinh hai kênh hồng ngoại TIR2 (11,2 μm) và TIR6 (6,2 μm) của vệ tinh Himawari, được trình bày như trong hình 3.52, với thang đơn vị độ K, ảnh chụp cùng thời gian. Qua đó, ta cũng thấy được tính năng theo các hàm trọng khối hai kênh phổ sử dụng của vệ tinh Himawari, kênh TIR2 (11,2 μm) chụp ảnh nhiệt độ bề mặt nước biển và mây và kênh TIR6 (6,2 μm) để xác định độ ẩm ở các mực trên cao.

Biến thiên điện trường đo tại trạm Hiệp Đức ngày 17/4/2016 cho thấy trong quãng thời gian từ 14 giờ đến 18,0 giờ (hình 3.51) có những dao động và biến đổi mạnh. Vào thời điểm 14,666 giờ, điện trường đạt ngưỡng tiêu chuẩn cảnh báo sét (EFDI vượt ngưỡng 150 V/m; EFAI vượt ngưỡng 1000 V/m). Kiểm tra số liệu vệ tinh Himawari (hình 3.52) cũng cho thấy không có nhiều chênh lệch về nhiệt độ K

giữa hai kênh (TIR2, TIR6) tại khu vực Quảng Nam và lân cận, điều đó thể hiện có mây đối lưu xuất hiện ở đây vào thời điểm 14,666 giờ. Khi những tiêu chuẩn cảnh báo sét được xác định theo phương pháp đã xây dựng, cảnh báo sét được kích hoạt cho khu vực nghiên cứu. Tại thời điểm 15,523 giờ, ở vùng xung quanh trạm Hiệp Đức (bán kính 8 km) đã xảy ra cú sét đầu tiên và thời gian cảnh báo trước cú sét này là 51,42 phút.

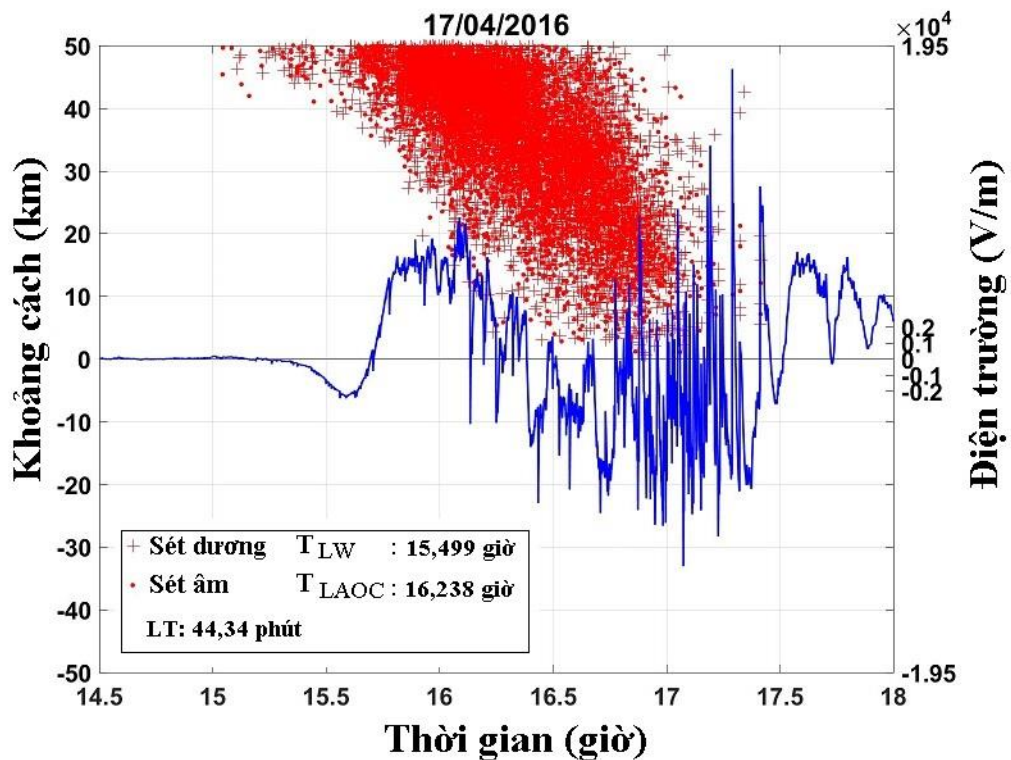


Hình 3.51. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét, đo tại trạm Hiệp Đức ngày 17/04/2016



Hình 3.52. Ảnh nhiệt độ kênh TIR2 và TIR6 của vệ tinh Himawari lúc 14 giờ 40 phút ngày 17/04/2016

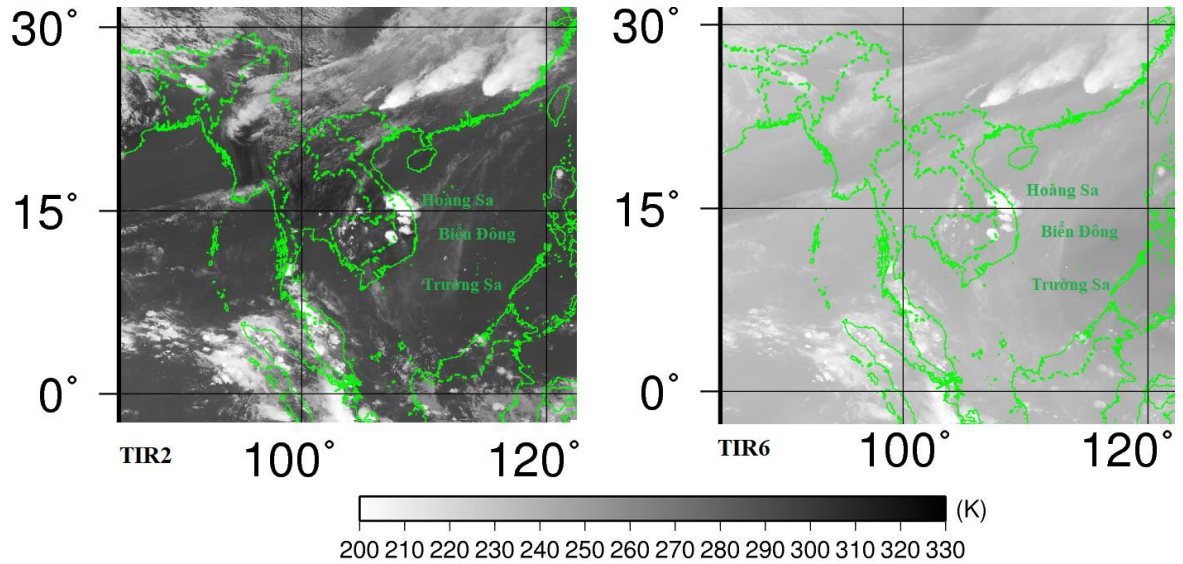
Trường hợp nghiên cứu ngày 17/4/2016 cho thấy biến thiên điện trường tại trạm Đại Lộc trong quãng thời gian từ 15 giờ 30 phút đến hơn 18 giờ (hình 3.53) có những dao động và biến đổi mạnh. Tại thời điểm 15,499 giờ giá trị độ lớn của điện trường và biến đổi của nó đạt các giá trị chuẩn cảnh báo sét theo giải pháp đã phát triển ở trên. Kiểm tra số liệu vệ tinh Himawari (hình 3.54) cũng cho thấy không có nhiều chênh lệch về nhiệt độ K giữa hai kênh (TIR2, TIR6) tại khu vực Quảng Nam và lân cận, điều đó thể hiện có mây đối lưu xuất hiện ở đây vào thời điểm 15,499 giờ. Các giá trị để xác định tiêu chuẩn cảnh báo sét đều đạt, cảnh báo sét được kích hoạt. Tại thời điểm 16,238 giờ ở vùng xung quanh trạm Đại Lộc (bán kính 8 km) đã xảy ra cú sét CG đầu tiên và thời gian cảnh báo được trước cú sét này là 44,34 phút.



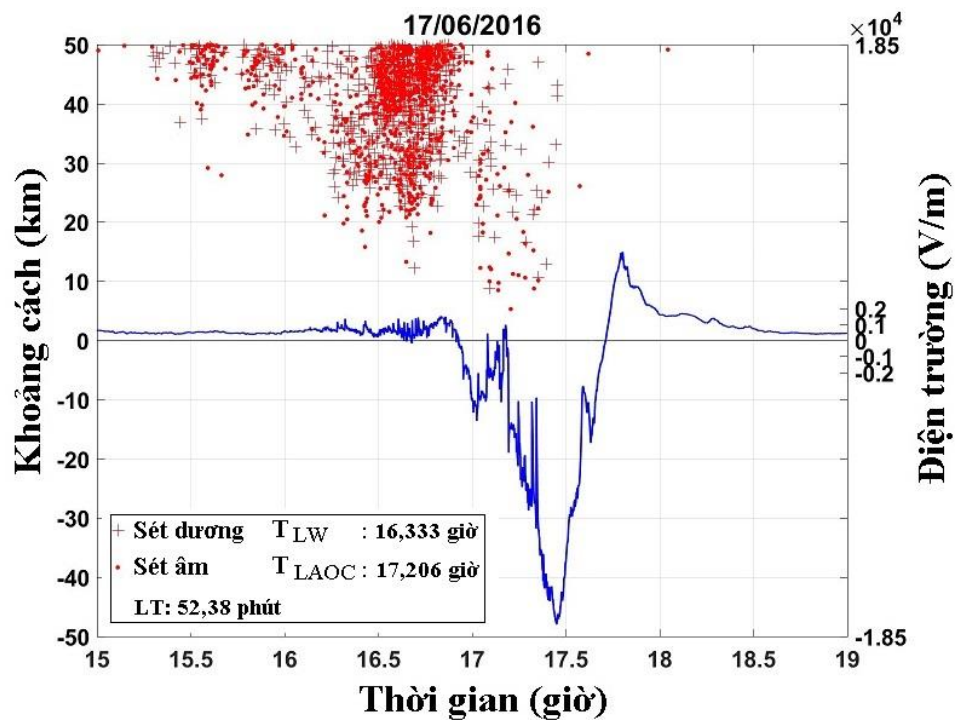
Hình 3.53. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét,
đo tại trạm Đại Lộc ngày 17/04/2016

Trong ngày 17/6/2016, ở khoảng thời gian từ 16 giờ đến hơn 19 giờ, tại trạm Hội An, biến thiên điện trường có những dao động và trở nên âm nhiều hơn trạng thái bình thường (hình 3.55). Kiểm tra số liệu chụp ảnh vệ tinh (hình 3.56) cũng cho thấy là hiệu nhiệt độ giữa hai kênh TIR2 (11,2 μm) và TIR6 (6,2 μm) không có nhiều chênh lệch ở khu vực Quảng Nam và các vùng lân cận, điều đó thể hiện có mây đối lưu xuất hiện tại khu vực này. Hơn nữa, vào thời điểm lúc 16,333 giờ các

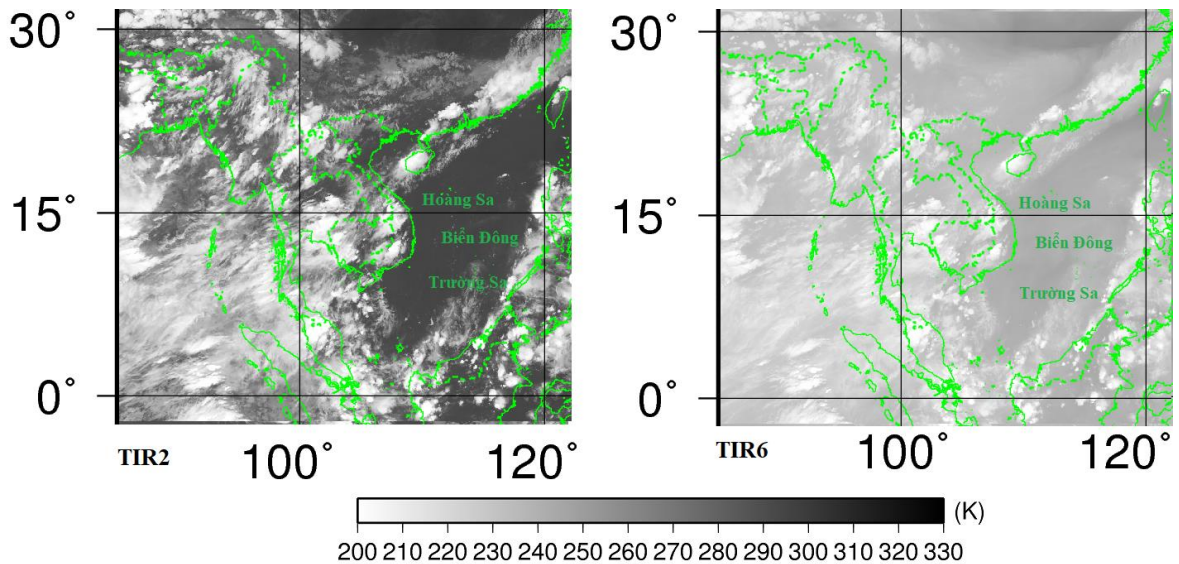
tiêu chuẩn cảnh báo sét được xác định và kích hoạt do các ngưỡng cường độ điện trường cảnh báo sét đạt theo phương pháp xây dựng, thông tin cảnh báo được đưa ra. Tại thời điểm 17,206 giờ, ở vùng xung quanh trạm TP.Hội An (bán kính 8 km) đã xảy ra cú sét CG đầu tiên, do đó thời gian cảnh báo sét trước tính toán được là 52,38 phút.



Hình 3.54. Ảnh nhiệt độ kênh TIR2 và TIR6 của vệ tinh Himawari
lúc 15 giờ 30 phút ngày 17/04/2016



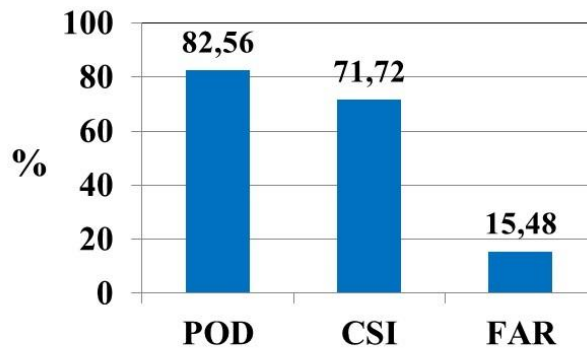
Hình 3.55. Biến thiên điện trường khi trời có dông sét,
đo tại trạm Hội An ngày 17/04/2016



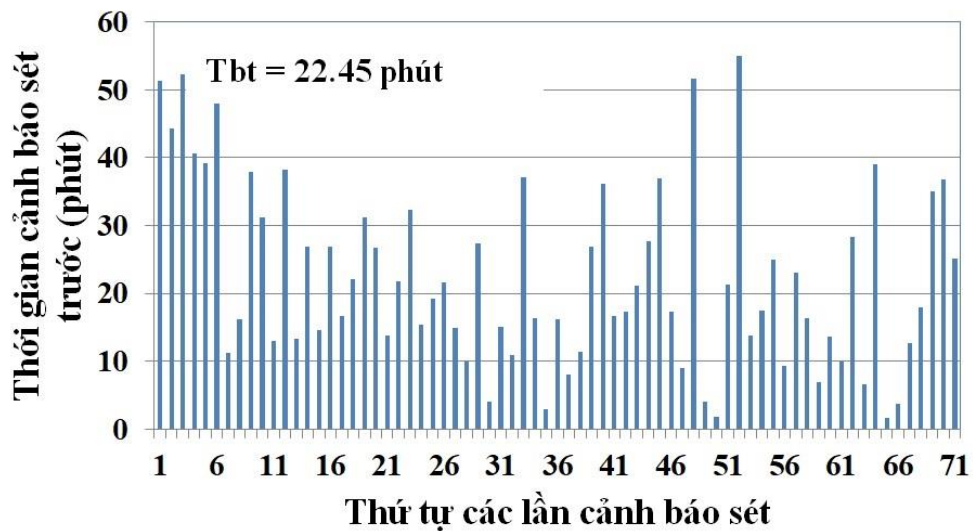
Hình 3.56. Ảnh nhiệt độ kênh TIR2 và TIR6 của vệ tinh Himawari
lúc 16 giờ 20 phút ngày 17/06/2016

Kết hợp số liệu vệ tinh và định vị sét thu thập ở cùng khoảng thời gian với bộ số liệu cường điện trường của 3 trường hợp trong năm 2016 và số liệu thu thập được trong năm 2017 tại ba trạm ở TP. Hội An, huyện Hiệp Đức và Đại Lộc, để nghiên cứu thử nghiệm cảnh báo sét cho 99 trường hợp. Số liệu nghiên cứu trong các trường hợp này độc lập với phương pháp EFDI và EFAI đã xây dựng trước đó. Kết quả trên hình 3.57 cho thấy: tỷ lệ cảnh báo không là 15,48%; điểm số thành công CSI = 71,72%; tỷ lệ cảnh báo đúng đạt 82,56%. Từ các trường hợp nghiên cứu ở đây cũng xác định được số lần cảnh báo đúng là 71 trường hợp. Hình 3.58 biểu diễn các kết quả nghiên cứu về thời gian cảnh báo sét trước, phần lớn các giá trị này đều có độ lớn hơn 10 phút, giá trị cực tiểu chỉ một vài phút, cực đại đạt gần 60 phút, và thời gian cảnh sét trước trung bình là 22,45 phút. Những kết quả nghiên cứu này cho thấy với tỷ lệ cảnh báo không dưới 20%, CSI trên 70% và POD lớn hơn 80%, sét được cảnh báo trước khoảng hơn 20 phút. Các giá trị thống kê này tương tự như kết quả nghiên cứu cảnh báo sét tại TP.Vũng Tàu cũng như nhiều kết quả nghiên cứu trên thế giới công bố trong các công trình [26, 30, 35, 37, 39-41]. Tuy nhiên, tỷ lệ cảnh báo đúng và thời gian cảnh báo sét trước ở một số khu vực tại tỉnh Quảng Nam thấp hơn so với khu vực TP.Vũng Tàu là do bán kính vùng cần cảnh báo ở TP.Vũng Tàu là 10 km và lớn hơn ở các khu vực nghiên cứu ở tỉnh Quảng Nam (8 km). Thời gian cảnh báo sét trước và tỷ lệ cảnh báo sét đúng tại khu vực Quảng Nam cũng nhỏ hơn so với những kết quả nghiên cứu ở khu vực Gia Lâm (xem mục

3.1). Điều này có thể lý giải là do biên chỉ cách trạm điện trường ở TP.Hội An khoảng hơn 10 km, nên điện trường nền đo đặc ở đây vẫn ít nhiều bị ảnh hưởng bởi các hạt sol khí muối biển lơ lửng trong khí quyển, ngưỡng điện trường cảnh báo sét gần bằng với điện trường trong thời tiết đẹp đo tại đây và thường cao hơn điện trường đo đặc ở khu vực hai trạm Hiệp Đức và Đại Lộc. Như vậy việc sử dụng phương pháp cảnh báo sét theo các ngưỡng tối ưu (EFAI và EFDI) đã nghiên cứu xây dựng cho một số khu vực ở Quảng Nam là hoàn toàn khả thi để đưa vào áp dụng thực tế.



Hình 3.57. Biểu đồ so sánh các tham số đánh giá kết quả cảnh báo sét ở khu vực TP.Hội An, Đại Lộc và Hiệp Đức tại tỉnh Quảng Nam

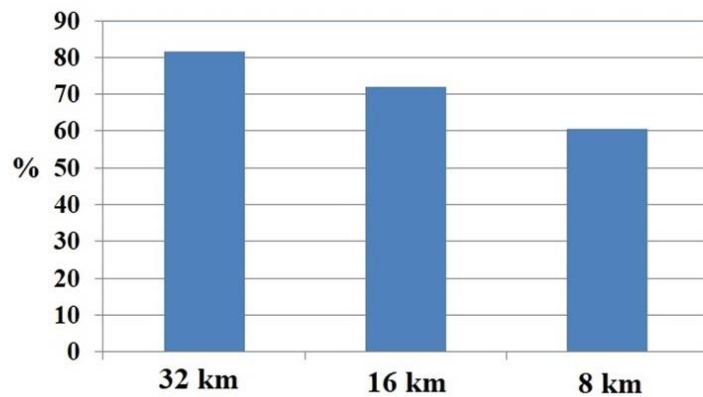


Hình 3.58. Thời gian cảnh báo sét trước và các lần cảnh báo ở một số khu vực tại Quảng Nam

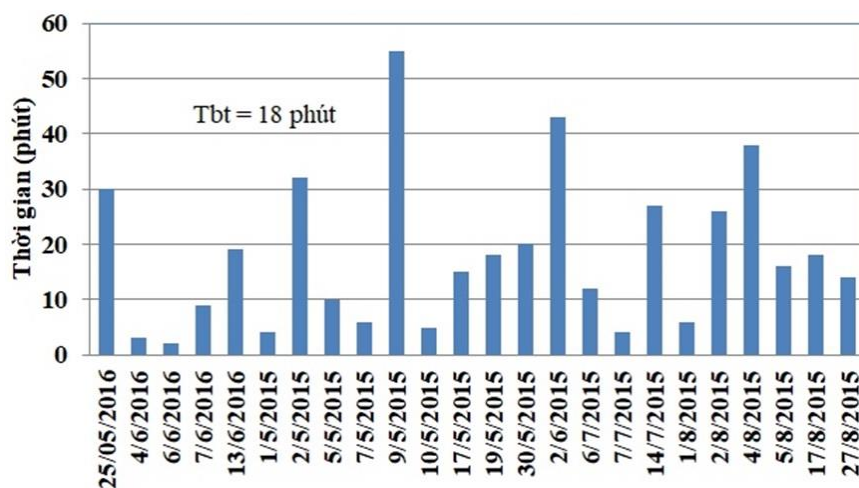
3.3.2. Kết quả cảnh báo sét theo số liệu thiết bị cảnh báo sét, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét ở khu vực Tam Kỳ-Quảng Nam

Dựa trên bộ số liệu của thiết bị cảnh báo sét Strike Guard, với 91 ngày đo trong hai năm 2015 và 2016 quan trắc tự động ở Tam Kỳ-Quảng Nam để nghiên

cứ cảnh báo sét cho khu vực. Phân chia thành các vùng nghiên cứu bao gồm: vùng báo động (0 đến 8 km); vùng cảnh báo (8 đến 16 km); vùng thận trọng hay chú ý (16 đến 32 km), chi tiết xem trong hình 2.19. Để có thể cảnh báo sét thành công cho vùng báo động là vùng hình tròn có tâm là trạm Strike Guard Tam Kỳ với bán kính 8 km, đầu tiên chúng ta cần đánh giá mối liên quan giữa số liệu thiết bị định vị sét mạng lưới GLD-360 và số liệu thiết bị cảnh báo sét Strike Guard qua các hệ số tương quan. Tương quan bán kính-thời gian được trình bày trong hình 3.59, với bán kính 8 km tương quan gần 60%, ở bán kính 16 km là trên 70%, còn ở bán kính 32 km tương quan giữa hai nguồn số liệu là hơn 80%. Qua đó, cho thấy chúng ta có thể sử dụng nguồn số liệu thiết bị Strike Guard để nghiên cứu cảnh báo sét cho khu vực bán kính 8 km ở xung quanh trạm Tam Kỳ.



Hình 3.59. Tương quan bán kính-thời gian (Strike Guard-GLD360) tại khu vực Tam Kỳ-Quảng Nam và lân cận



Hình 3.60. Thời gian cảnh báo sét của một số ngày dông tại khu vực Tam Kỳ

Sử dụng phương pháp mô tả trong mục 2.2.3.2 (Chương 2) kết hợp số liệu vệ tinh Himawari, số liệu định vị sét GLD360 và số liệu thiết bị Strike Guard để

nghiên cứu cảnh báo sét. Kết quả nghiên cứu phân tích cho thấy trong tổng số 96 ngày có số liệu, xác định được 24 ngày có mây dông có sự dịch chuyển theo như phương pháp đã trình bày. Thời gian cảnh báo sét cho vùng nghiên cứu quanh trạm cảnh báo bán kính 8 km, thay đổi từ một vài phút đến hơn 50 phút, xem hình 3.60. Thời gian cảnh báo sét của 24 trường hợp nghiên cứu có giá trị trung bình là 18 phút. Giá trị này có ý nghĩa trong công tác phòng chống sét ở khu vực Tam Kỳ- Quảng Nam.

Kết luận chương 3

1/ Đã áp dụng được phương pháp cảnh báo sét và đánh giá kết quả cảnh báo sét theo nguồn số liệu tổng hợp ở khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội. Những kết quả nghiên cứu được tính toán phân tích trên trường hợp cụ thể và trên toàn bộ, bộ số liệu nghiên cứu cho thấy: tỷ lệ cảnh báo sét đúng theo thời gian sau buổi trưa là 88,0%, thời gian trung bình cảnh báo sét trước cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội là 31,6 phút, giá trị này lớn hơn cũng như phù hợp với nhiều nghiên cứu trên thế giới.

2/ Đã áp dụng được phương pháp cảnh báo sét và đánh giá kết quả cảnh báo sét theo nguồn số liệu tổng hợp, ở khu vực thành phố Vũng Tàu-Bà Rịa Vũng Tàu. Với nguồn số liệu cường độ điện trường khảo sát khoảng một năm, ở khu vực môi trường khí quyển ven biển, có nghiên cứu cảnh báo sét và đánh giá kết quả thành công cho khu vực thành phố Vũng Tàu-Bà Rịa Vũng Tàu. Tỷ lệ cảnh báo sét đúng đạt 86,3%, thời gian cảnh báo sét trước trung bình cho khu vực thành phố Vũng Tàu bằng 23,0 phút, giá trị này có ý nghĩa thực tiễn trong việc phòng chống sét khu vực bãi tắm và cho cả khu vực thành phố Vũng Tàu.

3/ Đã áp dụng được phương pháp cảnh báo sét cải tiến theo tổ hợp các nguồn số liệu. Bán kính vùng cảnh báo thu nhỏ lại thành 8 km, sử dụng phương pháp EFAI, EFDI xác định được ngưỡng điện trường cảnh báo tối ưu. Nghiên cứu cảnh báo sét với nguồn số liệu độc lập cho một số khu vực tại Quảng Nam. Xác định được thời gian cảnh báo sét trung bình là 22,45 phút, POD đạt 82.56%. Thử nghiệm cảnh báo sét theo số liệu thiết bị Strike Guard, vệ tinh và định vị sét tại Tam Kỳ, xác định được thời gian cảnh báo sét trung bình là 18,0 phút. Những kết quả cho thấy có thể sử dụng các phương pháp cảnh báo sét đã xây dựng cho các khu vực nghiên cứu tại Quảng Nam.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Trong thời gian thực hiện luận án, tác giả đã tiến hành nghiên cứu cảnh báo sét cho một số khu vực tại Hà Nội, Bà Rịa-Vũng Tàu và Quảng Nam theo nguồn số liệu tổng hợp, đánh giá khả năng cảnh báo sét. Trên cơ sở các kết quả nêu trên, có thể rút ra một số kết luận như sau:

1/ Luận án đã xây dựng được phương pháp cảnh báo sét dựa theo nguồn số liệu điện trường, định vị sét, cảnh báo sét, vệ tinh và radar. Phương pháp cảnh báo sét cho khu vực bán kính 10 km và 8 km xung quanh các trạm đo điện trường và trạm cảnh báo sét, với ngưỡng điện trường cảnh báo sét được xác định tối ưu hóa từ số liệu khảo sát thực tế, vùng mây đối lưu được xác định từ số liệu radar hoặc số liệu vệ tinh. Áp dụng thành công phương pháp đã xây dựng và đánh giá được khả năng cảnh báo sét ở một số khu vực ở Việt Nam theo điều kiện nguồn số liệu và môi trường nghiên cứu.

2/ Kết quả nghiên cứu cảnh báo sét ở khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội trên toàn bộ tập số liệu thu thập trong các năm 2017, 2018 và 2019, áp dụng cho hai trường hợp thời gian sau buổi trưa và thời gian cả ngày cho thấy, tỷ lệ cảnh báo đúng (POD) tương ứng là 88,00% và 86,99%, điểm số thành công (CSI) tương ứng là 73,33% và 74,31% và tỷ lệ cảnh báo không (FAR) tương ứng của hai trường hợp là 18,52% và 16,41%. Tỷ lệ cảnh báo sét đúng tại khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội cho thời gian cả ngày nhỏ hơn sau buổi trưa là do tại khu vực này hoạt động dông sét vào thời điểm sau buổi trưa thường xảy ra nhiều và mạnh. Thời gian cảnh báo sét trước trung bình cho khu vực huyện Gia Lâm-Hà Nội là 31,6 phút, giá trị này lớn hơn (tốt hơn) và phù hợp một số giá trị được tính toán trong một số nghiên cứu trên thế giới.

3/ Kết quả nghiên cứu cảnh báo sét ở khu vực TP.Vũng Tàu-Bà Rịa Vũng Tàu cho thấy: trên toàn bộ tập số liệu thu thập xác định được tỷ lệ cảnh báo đúng (POD), điểm số thành công (CSI) và tỷ lệ cảnh báo sai (FAR) lần lượt là POD (86,3%); CSI (68,48%); FAR (23,17%). Thời gian cảnh báo sét trước trung bình cho khu vực thành phố Vũng Tàu là 23,0 phút. Thời gian cảnh báo sét trước này có ý nghĩa thực

tiền trong việc phòng chống sét khu vực bãi tắm và cho cả khu vực thành phố Vũng Tàu.

4/ Kết quả nghiên cứu cảnh báo sét theo phương pháp cảnh báo sét cải tiến và nguồn số liệu tổng hợp, đã xác định được ngưỡng điện trường ($E_{FAI} = 1000 \text{ V/m}$ và $E_{FDI} = 150 \text{ V/m}$) để cảnh báo sét theo ngưỡng tối ưu, cho một số khu vực ở Quảng Nam. Kết quả cho thấy, thời gian cảnh báo sét trung bình cho các khu vực Hội An, Hiệp Đức và Đại Lộc là 22,45 phút, với tỷ lệ cảnh báo đúng đạt 82,56%, tại khu vực Tam Kỳ là 18,0 phút. Các giá trị này đều có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cho công tác phòng chống sét tại địa phương.

Kiến nghị

1/ Cần mở rộng nghiên cứu cho các khu vực khác trên địa bàn Thành phố Hà Nội, cụ thể là các khu vực huyện Đông Anh, Phú Xuyên, Chương Mỹ, Thạch Thất và các quận nội thành Hà Nội, nơi có nguồn số liệu khảo sát tương tự như huyện Gia Lâm.

2/ Để thu nhỏ các khu vực cần cảnh báo và nâng cao chất lượng cảnh báo sét cần nghiên cứu kết hợp các trạm đo điện trường ở trên cùng một khu vực nghiên cứu. Khi cần giảm thiểu những rủi ro của hoạt động dông sét, cần nghiên cứu xây dựng các trạm đo điện trường, thiết bị phát hiện và định vị sét ở những vùng chịu ảnh hưởng và có nhiều hoạt động dông sét.

3/ Cần nghiên cứu sử dụng công nghệ trí tuệ nhân tạo (AI), ứng dụng mô hình số WRF với các sơ đồ tham số hóa PR92, LPI và WRF-ELEC để dự báo, cảnh báo hoạt động dông sét tại các khu vực cần nghiên cứu ở Việt Nam theo các quy mô không gian và thời gian phù hợp, góp phần giảm thiểu thiệt hại do dông sét gây ra tại đó.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

- 1) **Hoàng Hải Sơn**, Nguyễn Xuân Anh, Phạm Xuân Thành, Phạm Lê Khuong, Nguyễn Văn Hiệp. *Nghiên cứu cải tiến phương pháp cảnh báo sét theo tổ hợp đa nguồn số liệu, áp dụng cho một số khu vực tại tỉnh Quảng Nam*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2024, 766, 29-42, doi:10.36335/VNJHM.2024 (766), 29-42.
- 2) **Hoang Hai Son**, Nguyen Xuan Anh, Pham Xuan Thanh, Pham Le Khuong, Hiep Van Nguyen. *Evaluation of lightning warning technique with multi-source data for Vung Tau coastal area*. Vietnam Journal of Marine Science and Technology, 2023, Vol 23, No.2, pp 209-222, <https://doi.org/10.15625/1859-3097/18413>.
- 3) **Hoàng Hải Sơn**, Nguyễn Xuân Anh, Phạm Xuân Thành, Nguyễn Văn Hiệp. *Nghiên cứu cảnh báo sét bằng nguồn số liệu tổng hợp, thử nghiệm cho khu vực Gia Lâm, Thành phố Hà Nội*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 2020, 720, 32-48, doi:10.36335/VNJHM.2020 (720). 32-48.
- 4) Hiep Van Nguyen, Pham Xuan Thanh, Nguyen Duc Nam, Nguyen Xuan Anh, Pham Le Khuong, **Hoang Hai Son**, Nguyen Tien Manh, and Pham Chi Cong. *Observation and Simulation of Wind Speed and Wind Power Density over Bac Lieu Region*. Advances in Meteorology, Volume 2021, Article ID 8823940, 17 pages, <https://doi.org/10.1155/2021/8823940>.
- 5) Nguyen Van Hiep, Nguyen Xuan Anh, Nguyen Duc Nam, Dang Hong Nhu, Nguyen Tien Manh, Pham Le Khuong, Pham Xuan Thanh, **Hoang Hai Son**. *Simulation of heavy rainfall event during 30/10-01/11/2008 over Hanoi by WRF model*. Kỷ yếu Hội nghị: Nghiên cứu cơ bản trong “Khoa học Trái đất và Môi trường”, 2019, pp 289-292, DOI: 10.15625/vap.2019.000 136.

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Xuân Anh (Chủ nhiệm). *Báo cáo tổng kết đề tài “Nghiên cứu hoạt động dông sét và đề xuất các giải pháp phòng chống ở Việt Nam”*. Đề tài cấp Nhà nước, Viện Vật lý địa cầu, 2005, 252 trang.
2. Nguyễn Xuân Anh (Chủ nhiệm). *Báo cáo tổng kết đề tài “Nghiên cứu cơ sở khoa học cho việc sửa đổi bổ sung quy phạm phòng chống sét ở Việt nam”*. Đề tài cấp Bộ, Viện Vật lý địa cầu, 2005.
3. Nguyễn Xuân Anh (Chủ nhiệm). *Báo cáo tổng kết đề tài “Nghiên cứu ứng dụng hệ thống định vị sét trong việc phòng chống giảm nhẹ thiên tai do sét gây nên”*. Đề tài cấp Bộ, Viện Vật lý địa cầu, 2008.
4. Nguyễn Xuân Anh (Chủ nhiệm). *Báo cáo tổng kết đề tài “Nghiên cứu và đề xuất các giải pháp phòng chống sét trên địa bàn tỉnh Quảng Nam”*. Đề tài cấp Bộ, Viện Vật lý địa cầu, 2013, 188 trang.
5. Nguyễn Xuân Anh, Lê Việt Huy, Hoàng Hải Sơn. *Một số kết quả nghiên cứu hoạt động dông sét qua mạng trạm định vị sét ở Việt Nam*. Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học kỹ thuật Địa Vật lý lần thứ 5. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2007, trang 11-20.
6. Nguyễn Xuân Anh, Lê Việt Huy, Hoàng Hải Sơn. *Nghiên cứu hoạt động dông sét và giải pháp phòng chống ở Việt Nam: Một số kết quả và phương hướng nghiên cứu*. Tuyển tập các công trình nghiên cứu Vật lý Địa cầu 2008. Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2008, trang 289-306.
7. Hoàng Hải Sơn, Nguyễn Xuân Anh, Lê Việt Huy, Phạm Xuân Thành. *Xác định một số tham số hoạt động dông sét từ chuỗi số liệu mô phỏng*. Tạp chí Các khoa học về Trái đất, 2011, tập 2, trang 134-141.
8. Hoàng Hải Sơn, Nguyễn Xuân Anh. *Xác định khu vực hoạt động của mây dông theo số liệu cường độ điện trường tại Quảng Nam*. Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học quốc tế: Vật lý Địa cầu - Hợp tác và phát triển bền vững, 2012, trang 23-30.
9. Uman M. A. *The Lightning Discharge*. Academic press, 1987, 377p.
10. Betz H.D., and et al. *Lightning: Principles, Instruments and Applications*. Springer, 2009, 641p.

11. Cooray V. *The Lightning Flash*. The Institution of Engineering and Technology, 2008, 574p.
12. Uman M. A. *The Art and Science of Lightning Protection*. Cambridge University Press, 2008, 240p.
13. Christian H., and et al. *Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the Optical Transient Detector*. Journal of Geophysical Research, 2003, Vol. 108, No. D1, 4005, doi:10.1029/2002JD002347.
14. Yadava P.K., and et al. *The major lightning regions and associated casualties over India*. Natural Hazards, 2020, 101:217–229.
15. YIN Q., and et al. *Lightning fatalities in China, 2009-2018*. Journal of Agricultural Meteorology, 2021, 77(2), 150-159.
16. Holle R.. *Annual rates of lightning fatalities per country*. In Proceedings of the 20th International Lightning Detection Conference, Tucson, AZ, USA, 21-23 April 2008.
17. Montanya J., J.Bergas, B.Hermoso. *Electric field measurements at ground level as a basis for lightning hazard warning*. Journal of Electrostatics, 2004, 60, pp. 241–246.
18. Montanya J., Aranguren D., Pineda N., Sola G. *Total lightning, electrostatic meteorological radar applied to lightning hazard warning*. 20th International Lightning Detection Conference, Tucson, AZ. 2008.
19. Beasley W.H., Williams D.E., Hyland P.T. *Analysis of surface electric-field contours in relation to cloud-to-ground lightning flashes in air-mass thunderstorms at the Kennedy Space Center*. Proceeding of 20th International Lightning Detection Conference, 2008.
20. Murphy M.J., R.L. Holle, and N.W.S. Demetriades. *Cloud-to-ground lightning warnings using electric field mill and lightning observations*. Paper presented at 20th International Lightning Detection Conference, Vaisala Inc., Tucson, AZ, U.S. 2008.
21. Aranguren D., Joan Montanya, Gloria Sola, Victor March, David Romero, Horacio Torres. *On the lightning hazard warning using electrostatic field:*

- Analysis of summer thunderstorms in Spain.* Journal of Electrostatics, 2009, pp. 507–512.
22. Ferro M.A.D.S., Yamasaki J., Pimentel D.R.D.M. Naccarato K.P., Saba M.M.F. *Lightning risk warnings based on atmospheric electric field measurements in Brazil.* J. Aerosp.Technol. Manag, 2011, 3, 301–310. <https://doi.org/10.5028/jatm.2011.03032511>.
 23. López J., Pérez E., Herrera J., Aranguren D., Porras L. *Thunderstorm warning alarms methodology using electric field mills and lightning location networks in mountainous regions.* International Conference on Lightning Protection (ICLP), Vienna, Austria, 2012.
 24. Junchi Z.; Qingfeng Z.; Shah A. B.; Xue J.; Ye Z. *A Lightning Warning Algorithm Using a EFMs Network and LPS.* Pakistan Journal of Meteorology, 2015, 12, 49–55.
 25. Srivastava A.; Mishra M.; Kumar M. *Lightning alarm system using stochastic modelling.* Nat Hazards, 2015, 75, 1–11. DOI 10.1007/s11069-014-1247-8.
 26. Murphy M. J.; Said R. K. *Preliminary Analysis of Lightning Warnings in and near the Rocky Mountains using U.S. National Lightning Detection Network and Electric Field Mill Data.* 24th International Lightning Detection Conference & 6th International Lightning Meteorology Conference. 2016.
 27. Tao H., and et al. *Method of lightning warning based on atmospheric electric field and lightning location data.* 33rd International Conference on Lightning Protection, 2016, DOI: 10.1109/ICLP.2016.7791394.
 28. Clulow A.D., and et al. *Integration of a Ground-Based Lightning Warning System into a Mining Operation in the Democratic Republic of the Congo.* Weather, Climate, and Society, 2018, Vol 10, pp. 899-912.
 29. Wang G., and et al. *An Intelligent Lightning Warning System Based on Electromagnetic Field and Neural Network.* Energies, 2019, 12(7), 1275; <https://doi.org/10.3390/en12071275>.
 30. Zeng Q., and et al. *The application of lightning forecasting based on surface electrostatic field observations and radar data.* J. Electrostat. 2013, 71, 6–13. <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2012.10.007>.

31. Meng Q., and et al. *Development of Lightning Nowcasting and Warning Technique and Its Application*. Advances in Meteorology, 2019, Article ID 2405936, 9 pages <https://doi.org/10.1155/2019/2405936>.
32. Gremillion M.S., and Richard E. Orville. *Thunderstorm Characteristics of Cloud-to-Ground Lightning at the Kennedy Space Center, Florida: A Study of Lightning Initiation Signatures as Indicated by the WSR-88D*. Weather and Forecasting, 1999, Volume 14, pp. 640-649.
33. Bonelli P. and P. Marcacci. *Thunderstorm nowcasting by means of lightning and radar data: algorithms and applications in northern Italy*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2008, 8, 1187-1198.
34. Schneider S., and et al. *Nowcasting of a supercell storm with VERA*. Meteorol Atmos Phys, 2008, 102:23–36, DOI 10.1007/s00703-008-0002-7.
35. Mosier R.M., Schumacher C., Orville R. E., Carey L.D. *Radar Nowcasting of Cloud-to-Ground Lightning over Houston, Texas*. Weather and Forecasting. 2011, 26, 199–212. <https://doi.org/10.1175/2010WAF2222431.1>.
36. Seroka G.N., Orville R. E., Courtney S. *Radar Nowcasting of Total Lightning over the Kennedy Space Center*. Weather and Forecasting. 2012, 27, 189–204. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-11-00035.1>.
37. Karagiannidis A., Lagouvardos K., Kotroni V. *The use of lightning data and Meteosat infrared imagery for the nowcasting of lightning activity*. Atmos. Res., 2016, 168, 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.08.011>.
38. Zhou K., and et al. *A Deep Learning Network for Cloud-to-Ground Lightning Nowcasting with Multisource Data*. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2020, Journal of Atmospheric and Oceanic Technolog, Vol 37, pp. 927-942.
39. Mecikalski J.R., and et al. *A Random-Forest Model to Assess Predictor Importance and Nowcast Severe Storms Using High-Resolution Radar–GOES Satellite–Lightning Observations*. Monthly Weather Review, 2021, Vol 149, pp 1725-1746.
40. Srivastava A., and et al. *Lightning Nowcasting with an Algorithm of Thunderstorm Tracking Based on Lightning Location Data over the Beijing Area*. Advances in Atmospheric Sciences, 2022, Vol. 39, pp. 178–188.

41. Kohn M., Galanti E., Price C., Lagouvardos K., Kotroni V. *Nowcasting thunderstorms in the Mediterranean region using lightning data*. Atmospheric Research, 2011, 100, 489-502. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2010.08.010>.
42. Holle, R.L., Nicholas, Demetriades W.S., Nag A. *Objective Airport Warnings over Small Areas Using NLDN Cloud and Cloud-to-Ground Lightning Data*. Weather and Forecasting, 2016, 31, 1061–1069. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-15-0165.1>.
43. Lynn B.H., and et al. *Predicting Cloud-to-Ground and Intracloud Lightning in Weather Forecast Models*. Weather and Forecasting, 2012, Volume 27, pp. 1470-1488.
44. Giannaros T.M., and et al. *Predicting lightning activity in Greece with the Weather Research and Forecasting (WRF) model*. Atmospheric Research, 2015, pp 1-13.
45. Spiridonov V., and et al. *Novel Thunderstorm Alert System (NOTHAS)*. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13143-020-00210-5>.
46. Rabbani K.M.G, and et al. *Lightning forecasting in Bangladesh based on the lightning potential index and the electric potential*. Atmos Res, 2022, 267:105973. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105973>.
47. Paramanik M.M.R, and et al. *Prediction of lightning activity over Bangladesh using diagnostic and explicit lightning parameterizations of WRF model*. Natural Hazards, 2024, 120:4399-4422. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06355-6>.
48. Nguyễn Mạnh Đức. *Sơ lược về những vấn đề điện khí quyển*. Ủy ban năm Vật lý địa cầu Quốc tế của Việt Nam, 1960, 135 trang.
49. Nguyễn Viết Lành. *Nghiên cứu dự báo dông nhiệt vùng đồng bằng Bắc Bộ trong các tháng nửa đầu mùa Hè*. Luận án Tiến sĩ Địa lý, Viện Khí tượng Thủy văn, 2001, 148 trang.
50. Nguyễn Viết Thắng, Đinh Đức Tú. *Những đặc điểm của đợt mưa rào và dông mạnh ngày 18/XII/2004 và khả năng phát hiện của ra đa TRS-2730*. Số 536, Tháng 8-2005, Trang 29-43.

51. Nguyễn Việt Thắng. *Đánh giá khả năng phát hiện mây và các hiện tượng thời tiết liên quan của trạm radar thời tiết TRS-2730 Việt Trì*. Số 542, Tháng 2-2006, Trang 14-25.
52. Nguyễn Việt Thắng, Nguyễn Thị Thanh Bình. *Sử dụng thông tin ra đa TRS-2730 và thông tin vệ tinh để quan trắc, phát hiện mây đối lưu gây tố, lốc, mưa đá ở miền Bắc Việt Nam*. Số 564, tháng 12-2007, Trang 21-28.
53. Tien T.T., and et al. *Studying the thunderstorm forecast technique applied for Noibai airport using forecast outputs of ETA*. VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, 2008, Vol. 25, 125-123.
54. Trần Duy Sơn, (Chủ nhiệm), *Báo cáo tổng kết đề tài: “Nghiên cứu xây dựng quy trình phát hiện theo dõi các hiện tượng thời tiết nguy hiểm: tố, lốc, mưa đá, mưa lớn cục bộ bằng hệ thống radar thời tiết TRS-2730”*. Đề tài cấp Bộ TNMT, Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia, 2009, 210 trang.
55. Nguyễn Thị Tân Thanh, (Chủ nhiệm), *Báo cáo tổng kết đề tài: “Nghiên cứu thử nghiệm dự báo cực ngắn mưa, dông”*. Đề tài cấp Bộ TNMT, Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia, 2010.
56. Lê Đình Quyết, Vũ Văn Nghị, Nguyễn Minh Giám. *Phát hiện dông bằng radar thời tiết Doppler*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 2011, 612, 31-37.
57. Bùi Thị Khánh Hòa và các cộng sự. *Nghiên cứu thử nghiệm phương pháp theo dõi quỹ đạo dông sử dụng dữ liệu ra đa thời tiết tại Việt Nam*. Tạp chí khí tượng Thủy văn, 2021, 724, 15-29.
58. Lãnh Bảo Trung và các cộng sự. *Nghiên cứu sử dụng số liệu định vị sét kết hợp với ảnh radar để cảnh báo đợt mưa lớn từ 01-06/8/2017 trên khu vực Tây Bắc*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 2018, 685, 48-54.
59. Công Thanh và các cộng sự. *Ứng dụng phần mềm Titan để nhận dạng, theo dõi, phân tích tức thời ổ dông cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh*. Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Các Khoa học Trái đất và Môi trường, 2018, 34(1S), 18-25.
60. Lê Đình Quyết và các cộng sự. *Xây dựng chương trình khai thác và hiển thị số liệu định vị sét kết hợp số liệu thám không vô tuyến tại Phòng dự báo Đài khí tượng thủy văn khu vực Nam Bộ*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 2020, 720, 1-9.

61. Phùng Kiến Quốc và các cộng sự. *Thử nghiệm cảnh báo dông cho khu vực Việt Nam bằng phương pháp kết hợp sản phẩm ra đa thời tiết và dữ liệu sét*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 2021, 723, 88-96.
62. Khiem M.V., and et al. *Thunderstorm Activity and Extremes in Vietnam for the Period 2015-2019*. *Climate*, 2022, 10, 141. <https://doi.org/10.3390/cli10100141>.
63. Nguyễn Xuân Anh (Chủ nhiệm), *Báo cáo tổng kết nhiệm vụ: “Dự án thí điểm ứng dụng xây dựng hệ thống cảnh báo sớm và phòng chống sét tại bãi biển thành phố Vũng Tàu”*. Nhiệm vụ khoa học và công nghệ cấp Tỉnh, Sở KHCN tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu, 2022.
64. Finke U., 1999. *Space-Time Correlations of Lightning Distributions*. *Monthly Weather Review*, Volume 127, pp. 1850-186.
65. https://www.boltek.com/EFM-100C_Manual_121415.pdf
66. Nguyễn Hường Điền, Tạ Văn Đa. *Khí tượng radar*. Nhà xuất bản ĐHQG Hà Nội, 2007, 207 trang.
67. Lee S. et al. *Detection of deterministic and probabilistic convection initiation using Himawari-8 Advanced Himawari Imager data*. *Atmos. Meas. Tech.* 2017, 10, 1859-1874. <https://doi.org/10.5194/amt-10-1859-2017>.
68. <https://www.manualslib.com/manual/1710682/Wxline-Strike-Guard.html>
69. Nguyễn Vinh Thư. *Nghiên cứu phương pháp phân loại mây từ thông tin vệ tinh địa tĩnh MTSAT*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2017, 675, 27-34
70. Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu. *Khí hậu và tài nguyên khí hậu*. Nhà xuất bản nông nghiệp, 2004, 294 trang.
71. Phạm Ngọc Toàn, Phan Tất Đắc. *Khí hậu Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 1993, 312 trang.