TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

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

Hoàng Hải Sơn[1,2]*, Nguyễn Xuân Anh[1,2], Phạm Xuân Thành[1,2], Phạm Lê Khương[1,2], Nguyễn Văn Hiệp[1,3]

[1] Viện Vật lý Địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; hhson.igp@gmail.com; nxanh@igp.vast.vn; pxthanh@igp.vast.vn; phamlekhuongigp@gmail.com

[2] Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; hhson.igp@gmail.com; nxanh@igp.vast.vn; pxthanh@igp.vast.vn; phamlekhuongigp@gmail.com

[3] Đài Khí tượng Thủy văn Khu vực Đồng bằng và Trung du Bắc Bộ; hiepwork@gmail.com

*Tác giả liên hệ: hhson.igp@gmail.com; Tel.: +84–984863042

Ban Biên tập nhận bài: 12/4/2024; Ngày phản biện xong: 10/5/2024; Ngày đăng: 25/10/2024

Tóm tắt: Bài báo này trình bày những nghiên cứu cải tiến phương pháp cảnh báo sét theo tổ hợp đa nguồn số liệu ở một số khu vực tại tỉnh Quảng Nam, thu thập trong khoảng thời gian từ 2015 đến 2017. Phương pháp cảnh báo sét theo số liệu điện trường, số liệu ảnh mây và số liệu định vị sét cho khu vực bán kính 8 km xung quanh trạm tại Hội An, Hiệp Đức, Đại Lộc, xác định được ngưỡng điện trường cảnh báo sét tối ưu hóa qua hai chỉ số EFAI và EFDI từ các chỉ số thống kê POD, FAR và CSI. Phương pháp cảnh báo sét theo số liệu thiết bị cảnh báo sét, số liệu ảnh mây và số liệu định vị sét cho khu vực Tam Kỳ. Những kết quả nghiên cứu cho thấy: với nguồn số liệu độc lập, áp dụng cảnh báo sét cho một số khu vực tại Quảng Nam (Hội An, Hiệp Đức, Đại Lộc) xác định được thời gian cảnh báo sét trung bình đạt 22,45 phút, tỷ lệ cảnh báo sét đúng đạt 82,56%. Thử nghiệm cảnh báo sét theo số liệu thiết bị Strike Guard, số liệu vệ tinh, số liệu 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 phục vụ phát triển kinh tế xã hội và du lịch tại tỉnh Quảng Nam.

Từ khóa: Cảnh báo sét; Điện trường mây dông; Ảnh mây; Định vị sét.

1. Mở đầu

Một số công trình nghiên cứu và báo cáo thống kê đã chỉ ra sét là rủi do thiên tai hàng năm thường xuyên gây ra những thiệt hại về kinh tế cho một số ngành nghề như điện lực, viễn thông, khai thác mỏ, hàng không, giao thông, du lịch, nghiên cứu khoa học hoặc các ngành nghề có các thiết bị sản xuất công nghiệp…v.v. Ngoài những thiệt hại về tài sản, sét còn có các tác động tâm lý không tốt cho loài người hay thiệt hại cả về tính mạng. Do vậy, việc nghiên cứu cảnh báo sét ngày càng được quan tâm và trở nên hữu ích. Việt Nam nằm ở khu vực Châu Á có hoạt động dông sét, là một trong ba tâm dông trên thế giới, có dông sét mạnh [1–8]. Mặc dù hoạt động dông sét có thể xảy ra ở mọi nơi trong lãnh thổ Việt Nam, tuy nhiên hoạt đông dông sét cũng có tính địa phương do các đặc tính khí hậu, thể hiện qua mật độ sét, cường độ dòng điện sét, ngày dông, giờ dông là khác nhau như trong nghiên cứu [1, 9–11] đã đề cập. Để cảnh báo sét thành công và nâng cao hiệu quả của việc nghiên cứu cảnh báo sét ở các khu vực cụ thể, chúng ta cần có những nghiên cứu chi tiết, cải tiến, phù hợp với nguồn số liệu và các đặc tính khí hậu tại khu vực cần cảnh báo.

Tổng quan về vấn đề nghiên cứu cảnh báo sét trên thế giới đã được đề cập trong công trình [7–8]. Những nghiên cứu cảnh báo sét trên thế giới có thể chia thành các nhóm như sau: nhóm nghiên cứu cảnh báo sét dựa theo số liệu điện trường và định vị sét như trong công trình [12–19]; nhóm nghiên cứu cảnh báo sét dựa theo số liệu điện trường mây dông, radar thời tiết và định vị sét [20–21], nhóm nghiên cứu cảnh báo sét dựa theo số liệu radar thời tiết, số liệu thám không và định vị sét [22–27], nhóm nghiên cứu cảnh báo sét dựa theo số liệu vệ tinh, số liệu radar và số liệu định vị sét [28–29], nhóm nghiên cứu cảnh báo sét dựa theo số liệu định vị sét [30–31], nhóm nghiên cứu dự báo hoạt động dông sét dựa theo các mô hình số [32–34]. Vấn đề dự báo hay cảnh báo hoạt động dông sét đã được nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới thực hiện cho các khu vực cụ thể. Đa phần các nghiên cứu có thời hạn dự báo hoặc cảnh báo có thời gian rất ngắn (nhỏ hơn 6 giờ), đáp ứng theo nhu cầu thực tế. Chất lượng cảnh báo sét thể hiện qua các kết quả nghiên cứu, phụ thuộc vào việc nghiên cứu đánh giá cảnh báo sét. Cụ thể là phương pháp cảnh báo sét, các nguồn số liệu, điều kiện khí hậu về hoạt động dông sét, môi trường khảo sát số liệu và phương pháp xử lý số liệu. Phương pháp cảnh báo sét được xem là thành công, khi báo trước được thời gian xảy ra sét đánh ở khu vực cụ thể. Diện tích vùng cần cảnh báo sét càng thu nhỏ lại và thời gian cảnh báo trước sét càng tăng lên là tốt nhất, tuy vậy trong một số ngành nghề, thời gian cảnh báo sét trước, có thời hạn ngắn cũng có ý nghĩa thực tiễn. Các kết quả nghiên cứu cho thấy: thời gian cảnh báo sét trước nằm trong khoảng từ một số phút đến khoảng 60 phút. Thời gian cảnh báo sét trước và tỷ lệ cảnh báo đúng (LT và POD) của một số tác giả: LT = 7,5 phút, POD = 84%, [22]; LT = 20,8 phút, POD = 82,7%, [20]; LT = 30 phút, POD = 46%, [30]; LT = 13,7 phút, POD = 81%, [25]; LT = 2 phút, POD = 90%, [31]; LT = 15 phút, POD = 81%, [28],…

Tổng quan về nghiên cứu dông sét ở Việt Nam đã được trình bày trong một số công trình [1, 2, 7–8, 10]. Về vấn đề dự báo hay cảnh báo hoạt động dông sét ở Việt Nam đa phần gắn với công tác nghiệp vụ của Ngành Khí tượng Thủy văn. Chủ yếu gắn liền với công tác nghiệp vụ dự báo, cảnh báo thời tiết hạn ngắn (12 giờ đến 72 giờ), dự báo thời tiết hạn vừa (3 ngày đến 10 ngày) hoặc nghiên cứu đặc điểm khí hậu của hoạt đông dông sét. Cũng có một số nghiên cứu dự báo hoặc cảnh báo hạn rất ngắn (nhỏ hơn 12 giờ) hoạt động dông sét. Tuy nhiên, phần lớn những nghiên cứu liên quan đến vấn đề này là dự báo, cảnh báo hoặc theo dõi vùng hoạt động của mây dông, với các nguồn số liệu sử dụng trong công việc này liên quan gián tiếp đến hoạt động dông sét, như số liệu vệ tinh khí tượng, radar thời tiết hoặc quan trắc tại các trạm khí tượng. Hơn mười năm trở lại đây, cũng đã có một số nghiên cứu dự báo, cảnh báo dông sét, mưa lớn, mưa do mây dông, tố, lốc, mưa đá, vòi rồng,… hạn rất ngắn, vùng nghiên cứu thường là khu vực có diện tích lớn, đã sử dụng các thiết bị quan trắc gắn liền hơn với các hiện tượng điện khí quyển như định vị sét, chụp ảnh sét bằng vệ tinh. Tuy nhiên, các nghiên cứu này phần nhiều là những nghiên cứu trường hợp hoặc thử nghiệm, mang tính nghiệp vụ, chưa có các đánh giá chi tiết, chưa đề cập đến vấn đề dự báo hay cảnh báo sét, chưa có các nghiên cứu cảnh báo sét sử dụng phương pháp tích hợp đa nguồn số liệu như các nước trên thế giới đã và đang thực hiện.

Những nghiên cứu của bản thân tác giả và các cộng sự [7–8], công bố trong thời gian gần đây, đã thử nghiệm nghiên cứu cảnh báo sét vùng Gia Lâm - Hà Nội và khu vực thành phố Vũng Tàu, đã thu được những kết quả mới về phương pháp nghiên cứu cảnh báo sét tại Việt Nam, sử dụng tổ hợp các nguồn số liệu. Tuy nhiên, trong hai công trình nghiên cứu kể trên, nhóm nghiên cứu chỉ cảnh báo sét cho khu vực có bán kính 10 km (bán kính này càng nhỏ càng có ý nghĩa khoa học) và chỉ sử dụng một chỉ số về ngưỡng điện trường cảnh báo được ước lượng theo điện trường trung bình trong điều kiện thời tiết đẹp hay như nhiều nghiên cứu trên thế giới. Mặc dù ngưỡng điện trường dùng để cảnh báo sét trong hai nghiên cứu này đã tính đến ảnh hưởng của môi trường khí hậu khu vực nghiên cứu, tuy nhiên các giá trị ngưỡng này được các tác giả tính toán tương đối định tính, chưa ước lượng tối ưu hóa theo số liệu đo đạc thực tế. Hơn nữa, trong các nghiên cứu này cũng chưa sử dụng chỉ số về chênh lệch điện trường hay là các dao động thường được sinh ra do hoạt động phóng điện trong mây hoặc

giữa các đám mây và làm tiêu tán một lượng ít điện tích trong các đám mây dông hay các phóng điện mây - đất sinh ra tiêu tán nhiều điện tích trong các đám mây dông, xảy ra ở ngoài vùng cần cảnh báo sét. Và các nghiên cứu này chưa có những nghiên cứu với nguồn số liệu của thiết bị cảnh báo sét. Do vậy, để nâng cao hiệu quả của khả năng cảnh báo sét ở Việt Nam, cần phải có các nghiên cứu cải tiến, đó chính là mục tiêu của nghiên cứu này.

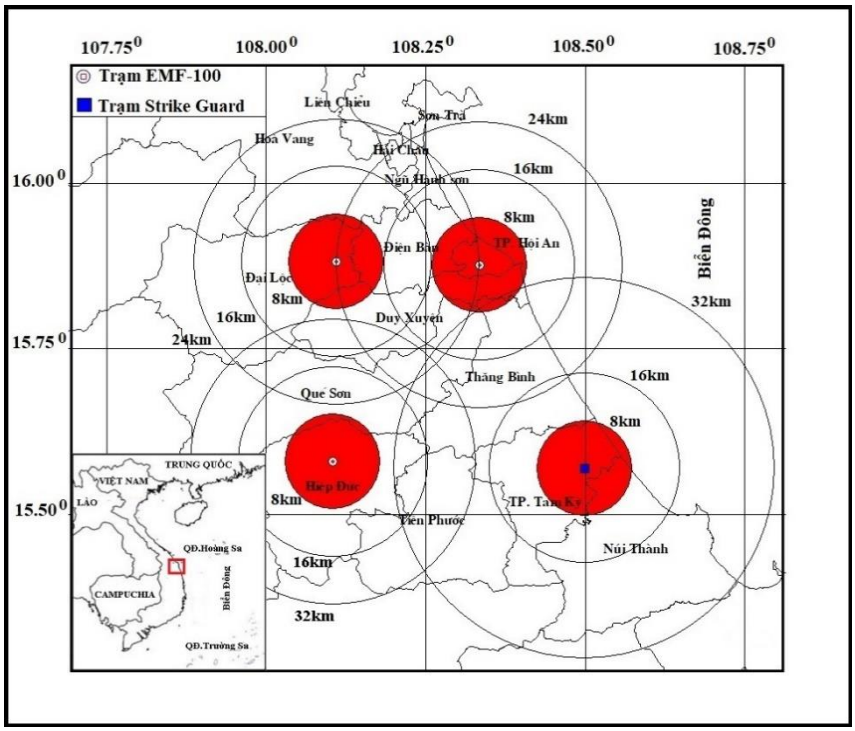
2. Số liệu và phương pháp

2.1. Số liệu

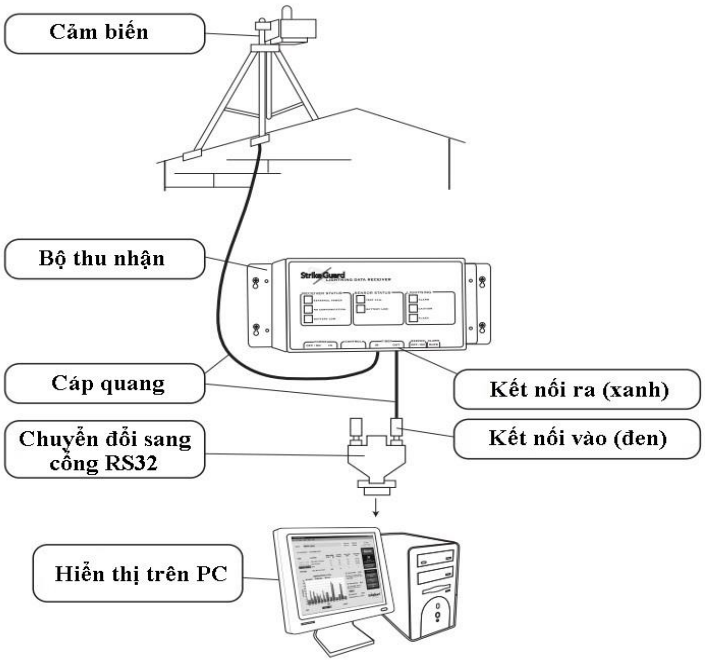
Trong nghiên cứu này chúng tôi đã sử dụng tổ hợp các nguồn số liệu gồm: số liệu cường độ điện trường, số liệu thiết bị cảnh báo sét, số liệu chụp ảnh mây từ vệ tinh và số liệu định vị sét. Bảng 1, mô tả tên, vị trí các trạm đo điện trường mây, trạm cảnh báo sét, tên thiết bị đo và thời gian đo. Sơ đồ mạng trạm đo điện trường và thiết bị cảnh báo sét (*Strike Guard*) được mô tả trong hình 1, với vùng hình tròn mầu đỏ là khu vực cảnh báo sét (bán kính 8 km). Số liệu đo cường độ điện trường mây dông (*EFM-100*) được quan trắc tại các trạm Hội An, Đại Lộc và Hiệp Đức thuộc tỉnh Quảng Nam. Sơ đồ hệ thống các thiết bị đo điện trường đo đạc tại đây tương tự như thiết bị đo tại Gia Lâm - Hà Nội, chi tiết đã được mô tả trong công trình nghiên cứu [2–3,7–8, 35]. Số liệu thiết bị cảnh báo sét (*Strike Guard*) thu thập tại trạm Tam Kỳ, sơ đồ hệ thống của thiết bị này được trình bày trong hình 2. Thiết bị cảnh báo sét bao gồm: bộ cảm biến ngoài trời có khả năng phát hiện sét quang học và định vị sóng điện từ (*Strike Guard Sensor*); bộ thiết bị thu nhận để trong nhà (*Strike Guard Receiver*); cáp quang kết nối máy tính và phần mềm biểu diễn và thu thập số liệu trên máy tính. Hệ thiết bị có khả năng phát hiện sét và thông báo theo khoảng cách: 32 km (*Causion*: thận trọng) 16 km (*Warning*: cảnh báo), 8 km (*Alarm*: báo động).

Bảng 1. Các trạm đo điện trường, trạm cảnh báo sét và thời gian đo.

TT	Tên trạm	Kinh độ	Vĩ độ	Thiết bị	Thời gian đo
1	Hội An	108,33457	15,87642	EMF-100	2016-2017
2	Đại Lộc	108,11023	15,88137	EMF-100	2016-2017
3	Hiệp Đức	108,10465	15,57948	EMF-100	2016-2017
4	Tam Kỳ	108,49891	15,56979	Strike Guard	2015-2016



Hình 1. Sơ đồ mạng trạm đo điện trường EFM-100 và trạm cảnh báo sét thiết bị Strike Guard tại Quảng Nam.



Hình 2. Sơ đồ hệ thống thiết bị cảnh báo sét Strike Guard [36].

Số liệu chụp ảnh mây kênh hồng ngoại của vệ tinh Himawari, thu thập từ JMA (*Japan Meteorological Agency*) hoặc trên máy chủ của Đại học Chi Ba - Nhật Bản hay trang web http://www.cr.chiba-u.jp/databases/GEO. Vị trí, thời gian xảy ra sét và dòng điện sét để xác định sét âm, sét dương được thu thập từ trang web là sản phẩm hợp tác giữa Viện Khí tượng Thủy văn Phần Lan và Tổng cục Khí tượng Thủy văn, mô tả chi tiết về nguồn số liệu này có thể xem trong [7–8, 10] và các nghiên cứu liên quan.

2.2. Phương pháp

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

Phương pháp cảnh báo sét dựa trên số liệu điện trường, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét xây dựng cho một số khu vực tại Quảng Nam, được xây dựng chủ yếu dựa trên nguồn số liệu điện trường thu thập tại ba trạm EFM-100 ở Hội An, Đại Lộc và Hiệp Đức. Từ nguồn số liệu điện trường, ta xác định hai chỉ số, chỉ số thứ nhất là chỉ số EFAI là ngưỡng độ lớn điện trường cảnh báo sét. Dựa trên chuỗi các ngưỡng độ lớn và chuỗi số các giá trị điện trường vượt qua ngưỡng này để xác định được giá trị EFAI tốt nhất. Chỉ số thứ hai về cường độ điện trường được đưa vào trong phương pháp này là chỉ số về độ chênh lệch điện trường EFDI. Chênh lệch điện trường có thể biểu diễn bởi phương trình (1):

$$\frac{dE(x,y,z)}{dt} = \frac{E_{t2}(x,y,z) - E_{t1}(x,y,z)}{\Delta t} \tag{1}$$

Trong đó t_1 và t_2 là thời gian liền kề liên tục bất kỳ, khi tần suất lấy mẫu của thiết bị điện trường là 1 giây, chênh lệch điện trường khi đó biểu diễn dưới dạng:

$$\Delta E(x,y,z) = E_{t2}(x,y,z) - E_{t1}(x,y,z) \tag{2}$$

Trong phương pháp cũng cần xác định các tham số thống kê bao gồm: tỷ lệ cảnh báo đúng (POD), tỷ lệ cảnh báo khống (FAR) và điểm số thành công (CSI) như sau:

$$POD = \frac{EA}{EA + FTW} \tag{3}$$

$$FAR = \frac{FA}{EA + FA} \tag{4}$$

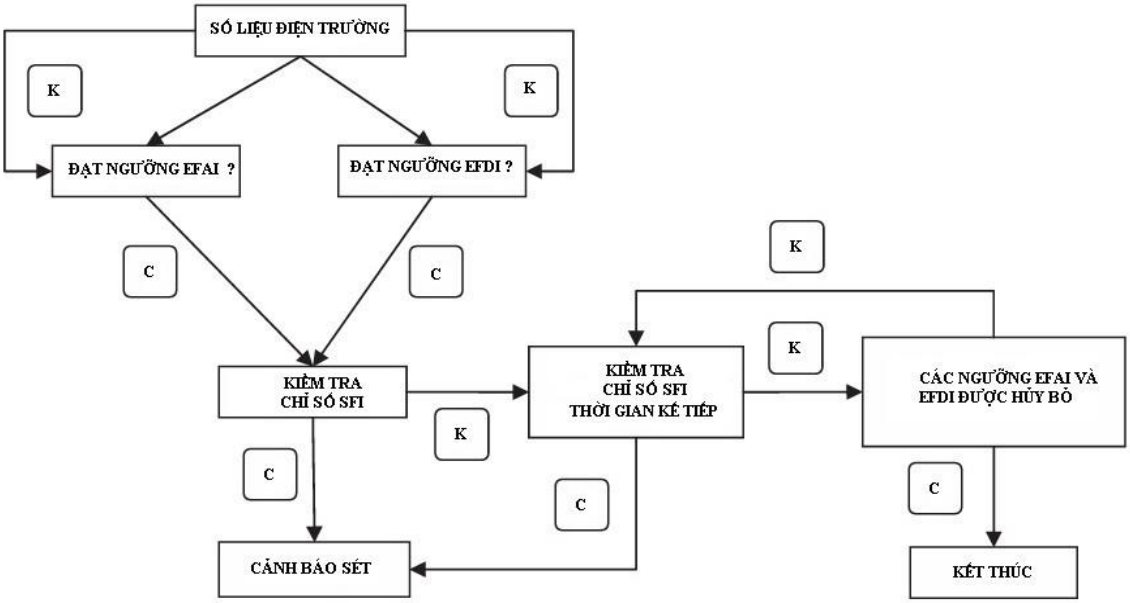
$$CSI = \frac{EA}{EA + FTW + FA} \quad (5)$$

Trong đó, EA là tỷ lệ cảnh báo hiệu quả, FWT là tỷ lệ không cảnh báo, FA là tỷ lệ cảnh báo sai. Chú giải các đại lượng tính toán được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Bảng xác định các tham số quan hệ giữa cảnh báo và quan trắc.

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

Từ bộ số liệu đo điện trường, ta sẽ xác định các chỉ số EFAI và EFDI theo các ngưỡng và số lần xảy ra theo các khoảng thời gian trước cảnh báo. Từ đó xác định được ngưỡng tối ưu theo các chỉ số đánh giá thống kê POD, FAR và CSI. Sử dụng số liệu vệ tinh để xác định vùng mây đối lưu, xác định bằng cách sử dụng kết hợp số liệu kênh hồng ngoại của vệ tinh Himawari, kênh TIR6 (6,2 µm) và kênh TIR2 (11,2 µm) [37], hay chỉ số SFI. Từ đó, ta có thể đưa ra thông tin cảnh báo sét cho vùng cần cảnh báo sét, trong phần này gọi là ROW (bán kính 8 km), bán kính này nhỏ hơn so với bán kính vùng cảnh báo sét trong phương pháp xây dựng cho khu vực huyện Gia Lâm [7] và thành phố Vũng Tàu (AOC, bán kính 10 km) [8]. Sơ đồ thuật toán cảnh báo sét theo số liệu điện trường, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét, xây dựng cho một số khu vực tại Quảng Nam, được trình bày trong hình 3.

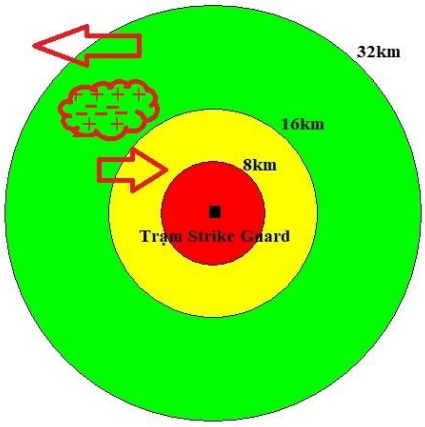


Hình 3. Sơ đồ thuật toán cảnh báo sét theo số liệu điện trường, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét [20].

2.2.2. Cảnh báo sét dựa theo số liệu thiết bị cảnh báo sét, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét

Thiết bị cảnh báo sét Strike Guard có thể phát ra tín hiệu cảnh báo tới người sử dụng theo 3 mức trạng thái: 1) Trạng thái thận trọng hay vùng chú ý (*Caution*), khi phát hiện ra cơn dông trong vùng bán kính từ 16 km đến 32 km (vùng màu xanh trên hình 4); 2) Trạng thái cảnh báo (*Warning*), khi cơn dông trong bán kính từ 8 km đến 16 km; và 3) Trạng thái báo động (*Alarm*), khi cơn dông trong bán kính 8 km tính từ vị trí trạm quan trắc. Tuy nhiên, thiết bị không thể đưa ra cảnh báo trước cho sự chuyển trạng thái từ Caution sang Alarm (khi cơn dông đi về phía trạm) hoặc từ cảnh báo sang không cảnh báo (khi cơn dông đi ra xa trạm).

Bằng việc sử dụng kết hợp giữa thiết bị Strike Guard với số liệu vệ tinh và định vị sét chúng ta hoàn toàn có thể khác phục được nhược điểm này. Cụ thể, sử dụng số liệu vệ tinh kết hợp với số liệu định vị sét, chúng ta có thể xác định được hướng và vận tốc dịch chuyển của mây dông. Từ đó, với khoảng chênh lệch thời gian chuyển trạng thái từ Caution sang Warning (khoảng thời gian cơn dông di chuyển từ khu vực bán kính 32 km sang khu vực bán kính 16 km), chúng ta sẽ tính được thời gian di chuyển từ vùng Warning sang Alarm (thời gian đi chuyển từ 16 km sang 8 km) và tiến hành cảnh báo trạng thái Alarm khi cơn dông đang ở vị trí trạng thái Caution. Tóm lại, bằng cách sử dụng kết hợp giữa số liệu từ thiết bị cảnh báo Strike Guard, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét, chúng ta đã tăng khả năng cảnh báo của thiết bị Strike Guard.



Hình 4. Sơ đồ phân vùng cảnh báo sét theo thiết bị Strike Guard.

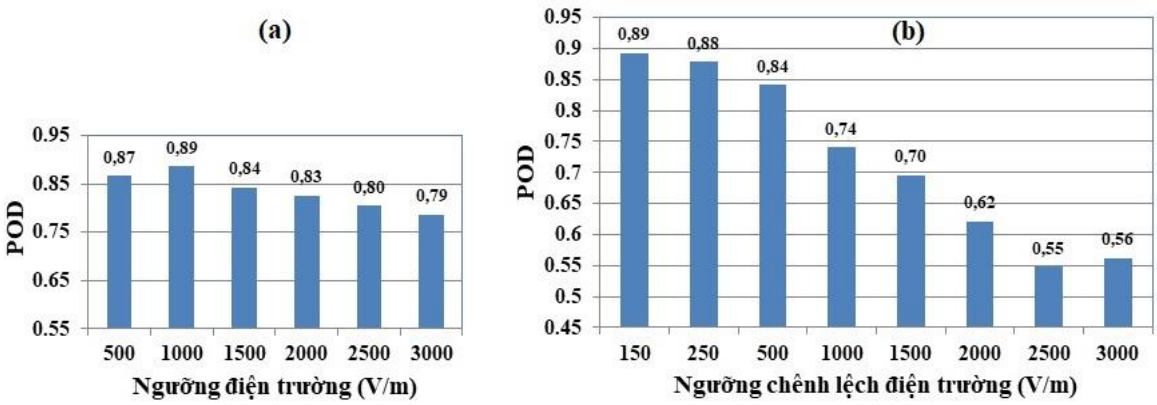
3. Kết quả

3.1. Một số đặc điểm chung về khu vực nghiên cứu

Khu vực tỉnh Quảng Nam nằm trong miền khí hậu vùng Nam Trung Bộ, thuộc vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, mùa đông không lạnh, nắng và gió Tây khô nóng nhiều, mưa vào cuối mùa hè và đầu mùa đông. Địa hình Quảng Nam có xu hướng tăng dần chiều cao từ Đông sang Tây, với vùng núi cao ở phía Tây, dải đồng bằng ven biển và vùng trung du ở trung tâm. Với nhiều ngọn núi cao, diện tích vùng đồi núi chiếm hơn 70%, nhiều đỉnh núi cao trên 2000 m. Vùng ven biển là các dải cồn cát, độ cao địa hình nhỏ hơn 10 m. Bề mặt địa hình bị chia cắt bởi các hệ thống sông Thu Bồn, Trường Giang và Tam Kỳ. Tại khu vực Quảng Nam, nhiệt độ trung bình năm lớn 25°C, số giờ nắng trung bình năm từ 2000 đến 2500 giờ. Do ảnh hưởng của không khí lạnh xâm nhập nên mưa tại đây tập chung trong các tháng 10, 11, 12 với lượng mưa trung bình năm khoảng từ 2000 đến 2500 mm, trung tâm mưa lớn Trà My có lượng mưa trung bình từ 2400 mm đến 2800 mm. Dông xảy ra hầu như quanh năm, song chủ yếu tập chung trong mùa mưa tại khu vực này từ tháng 8 đến tháng 10. Số ngày dông nằm trong khoảng từ 90 đến 130 ngày, số giờ dông khoảng từ 200 đến 290 giờ dông [1–2, 11]. Mật độ sét xảy ra tại đây khoảng hơn 8 lần phóng điện trên 1 km^2.

3.2. Kết quả cảnh báo sét theo số liệu điện trường, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét ở một số khu vực thuộc tỉnh Quảng Nam

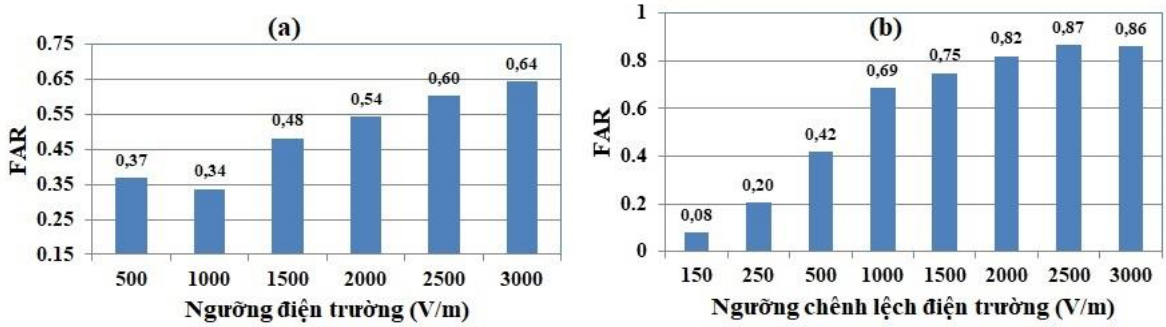
Sử dụng bộ số liệu điện trường của ba trạm (Hội An, Đại Lộc, Hiệp Đức), số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét thu thập trong năm 2016. Ngoại trừ một số trường hợp sử dụng để biểu diễn kết quả cảnh báo sét, chúng tôi tiến hành tính toán xác định được mối quan hệ giữa các ngưỡng cảnh báo, chỉ số EFAI, chỉ số EFDI và các chỉ số đánh giá kết quả cảnh báo sét POD, FAR, CSI (xem trong mục 2.2.1), kết quả được biểu diễn trong các hình 5, 6, 7. Hình 5a, hình 6a và hình 7a biểu diễn các kết quả đánh giá cảnh báo sét theo phương pháp EFAI. Tỷ lệ cảnh báo đúng (POD) giảm khi tăng ngưỡng, đạt giá trị cực đại tại ngưỡng 1000 V/m, chiếm 89%, giá trị này phù hợp với nhiều nghiên cứu trên thế giới. Tỷ lệ cảnh báo khống (FAR) có giá trị cực tiểu ở ngưỡng cảnh báo 1000 V/m, ngưỡng có xu thế tăng dần khi tăng ngưỡng. Tỷ lệ cảnh báo thành công (CSI), giá trị này bao hàm cả không cảnh báo và cảnh báo khống, đạt cực đại ở ngưỡng 1000 V/m, sau đó tỷ lệ giảm dần. Từ các kết quả này ta xác định được ngưỡng cảnh báo sét tối ưu cho các khu vực Hội An, Hiệp Đức và Đại Lộc theo phương pháp sử dụng ngưỡng độ lớn điện trường (EFAI) là 1000 V/m.



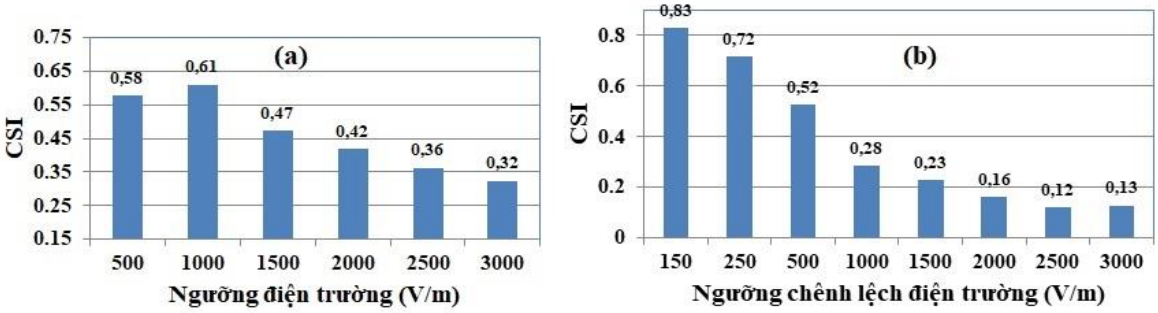
Hình 5. Tỷ lệ cảnh báo đúng theo chỉ số EFAI (a) và EFDI (b).

Các kết quả đánh giá kết quả cảnh báo sét, để xác định ngưỡng tối ưu theo phương pháp EFDI cho các khu vực nghiên cứu ở Quảng Nam, được trình bày trong các Hình 5b, hình 6b và hình 7b. Xu thế cảnh báo đúng, nhìn chung giảm dần theo sự tăng của ngưỡng chênh lệch điện trường, giá trị cực đại ở 150 V/m, đạt 89%, cực tiểu ở ngưỡng chênh lệch 2500 V/m. Tỷ lệ cảnh báo khống (FAR), đạt giá trị cực tiểu ở ngưỡng chênh lệch 150 V/m. Tỷ lệ cảnh báo thành công (CSI) đạt giá trị 83% cũng ở ngưỡng 150 V/m và giảm dần theo sự gia tăng ngưỡng. Do vậy, tại khu vực Quảng Nam, để cảnh báo sét theo phương pháp EFDI, ta sử dụng ngưỡng chênh lệch điện trường với giá trị ngưỡng chênh lệch 150 V/m.

Với các chỉ số ngưỡng độ lớn EFAI (1000 V/m), chỉ số ngưỡng chênh lệch biên độ EFDI (150 V/m), được xác định như trên. Kiểm tra vùng đối lưu tại khu vực xung quanh trạm điện trường 50 km bằng số liệu vệ tinh. Nghiên cứu cảnh báo sét cho khu vực Hội An, Hiệp Đức, Đại Lộc, xung quanh trạm đo điện trường bán kính 8 km (vùng màu đỏ, hình 1). Dưới đây là các kết quả cảnh báo sét theo phương pháp nêu trên (mục 2.2.1).



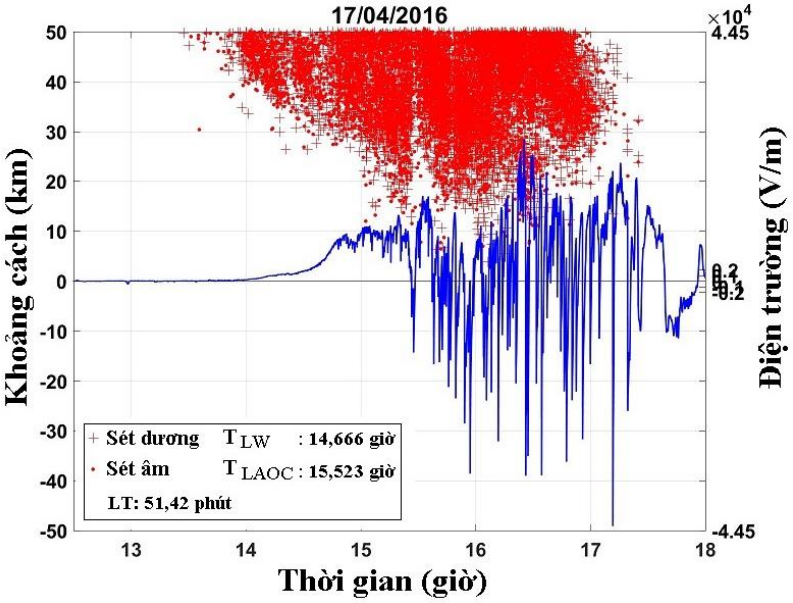
Hình 6. Tỷ lệ cảnh báo khống theo chỉ số EFAI (a) và EFDI (b).



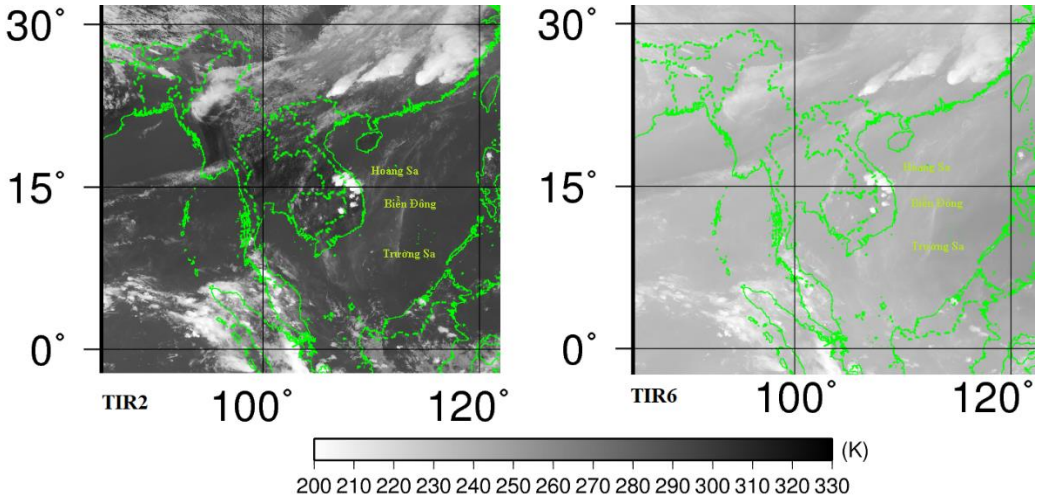
Hình 7. Tỷ lệ cảnh báo thành công theo chỉ số EFAI (a) và EFDI (b).

Áp dụng phương pháp cảnh báo sét xây dựng trên, cho nguồn số liệu độc lập của 3 trường hợp cụ thể trong năm 2016 và bộ số liệu thu thập được năm 2017, tại ba trạm Hội An, Hiệp Đức và Đại Lộc. Số liệu vệ tinh sử dụng biểu diễn, phân tích, trong các trường hợp, ở

khu vực Quảng Nam, được trình bày dưới ảnh, có dạng khác so với hai nghiên cứu ở khu vực huyện Gia Lâm [7] và TP.Vũng Tàu [8], như ở trong phần trước. Ảnh của hai kênh phổ TIR6 (6,2 µm) và TIR2 (11,2 µm), biểu diễn ở cùng thời gian, thang đơn vị độ K. Qua đó, ta cũng thấy được tính năng của hai kênh phổ, theo các hàm trọng khối của các kênh đo của vệ tinh Himawari, kênh TIR6 (6,2 µm) đo độ ẩm ở mực trên cao, kênh TIR2 (11,2 µm) chụp ảnh mây và nhiệt độ bề mặt nước biển.



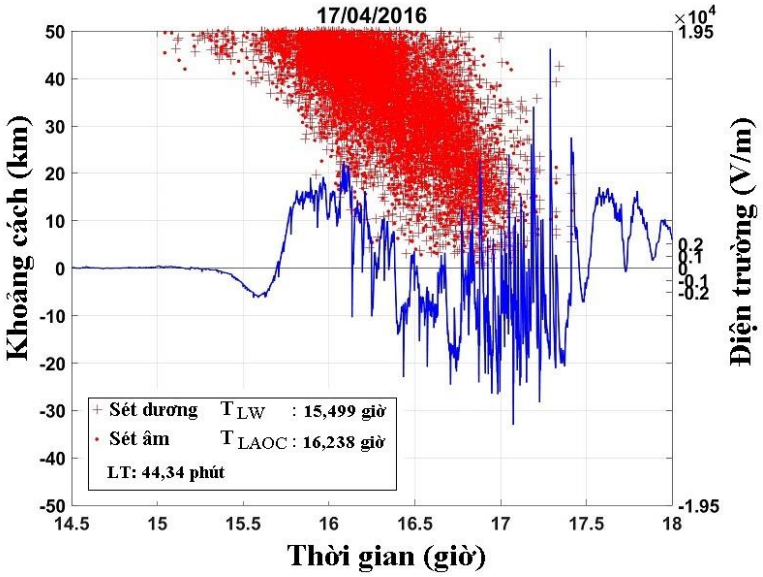
Hình 8. Biến đổi cường độ điện trường trong điều kiện thời tiết xảy ra hoạt động sét ở gần trạm Hiệp Đức - Quảng Nam, trong ngày 17/04/2016.



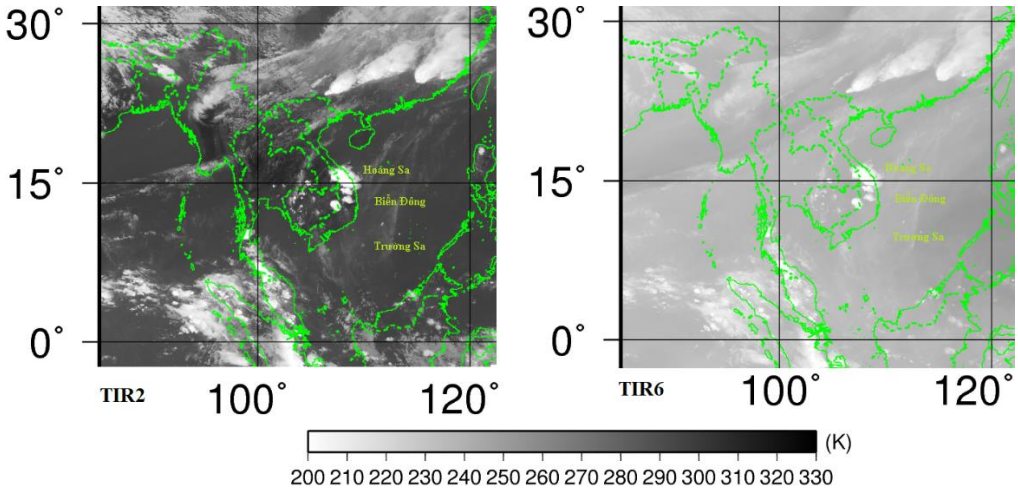
Hình 9. Nhiệt độ kênh hồng ngoại TIR6(6,2 µm) và TIR2(11,2 µm), thời điểm 14 giờ 40 phút ngày 17/04/2016.

Trong trường hợp cụ thể ngày 17/4/2016, tại trạm Hiệp Đức, cường độ điện trường biến đổi mạnh trong khoảng từ 14 giờ đến khoảng 18 giờ (hình 8). Thời điểm cường độ điện trường đạt các tiêu chuẩn (EFAI vượt ngưỡng 1000 V/m; EFDI vượt ngưỡng 150 V/m) vào lúc 14,666 giờ. Kiểm tra số liệu vệ tinh (hình 9) cho thấy, tại khu vực Quảng Nam có mây đối lưu, thể hiện qua vùng nhiệt độ giữa hai kênh TIR6 (6,2 µm) và TIR2 (11,2 µm) thu thập qua vệ tinh Himawari chênh lệch không nhiều. Các tiêu chuẩn cảnh báo được xác định, thông tin cảnh báo được đưa ra. Thời gian xảy ra cú phóng điện mây đất đầu tiên tại vùng có bán kính 8 km xung quanh trạm Hiệp Đức là vào thời điểm 15,523 giờ, thời gian cảnh báo sét trước được xác định là 51,42 phút.

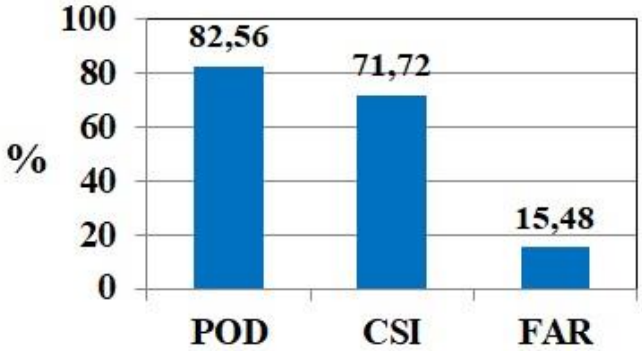
Trường hợp cụ thể ngày 17/4/2016, tại trạm Đại Lộc, cường độ điện trường biến đổi mạnh trong khoảng từ 15 giờ 30 phút đến khoảng hơn 18 giờ (hình 10). Thời điểm cường độ điện trường đạt các tiêu chuẩn cảnh báo sét xảy vào lúc 15,499 giờ. Kiểm tra số liệu vệ tinh (hình 11) cho thấy, tại khu vực Quảng Nam có mây đối lưu, với vùng nhiệt độ giữa hai kênh TIR6 (6,2 µm) và TIR2 (11,2 µm) thu thập qua vệ tinh Himawari chênh lệch không nhiều. Các tiêu chuẩn cảnh báo được xác định, thông tin cảnh báo được đưa ra. Thời gian xảy ra cú phóng điện mây đất đầu tiên tại vùng có bán kính 8 km xung quanh trạm Đại Lộc là vào thời gian 16,238 giờ, từ đó xác định được thời gian cảnh báo sét trước 44,34 phút.



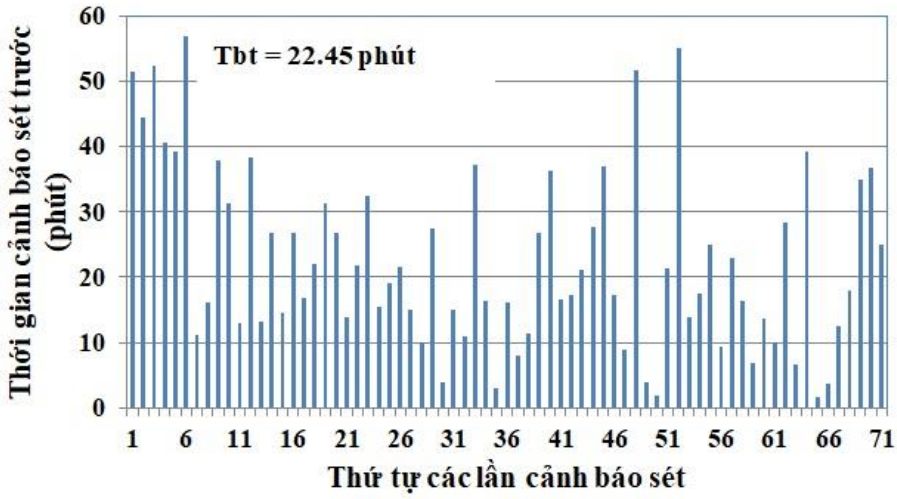
Hình 10. Biến đổi cường độ điện trường trong điều kiện thời tiết xảy ra hoạt động sét ở gần trạm Đại Lộc - Quảng Nam, trong ngày 17/04/2016.



Hình 11. Nhiệt độ kênh hồng ngoại TIR6 (6,2 µm) và TIR2 (11,2 µm), thời điểm 15 giờ 30 phút ngày 17/04/2016.



Hình 12. Biểu đồ so sánh các tham số đánh giá kết quả cảnh báo sét tại khu vực Đại Lộc, Hiệp Đức và Hội An thuộc tỉnh Quảng Nam.



Hình 13. Biến đổi thời gian cảnh báo sét trước (LT), theo thứ tự lần cảnh báo sét ở một số khu vực tại Quảng Nam.

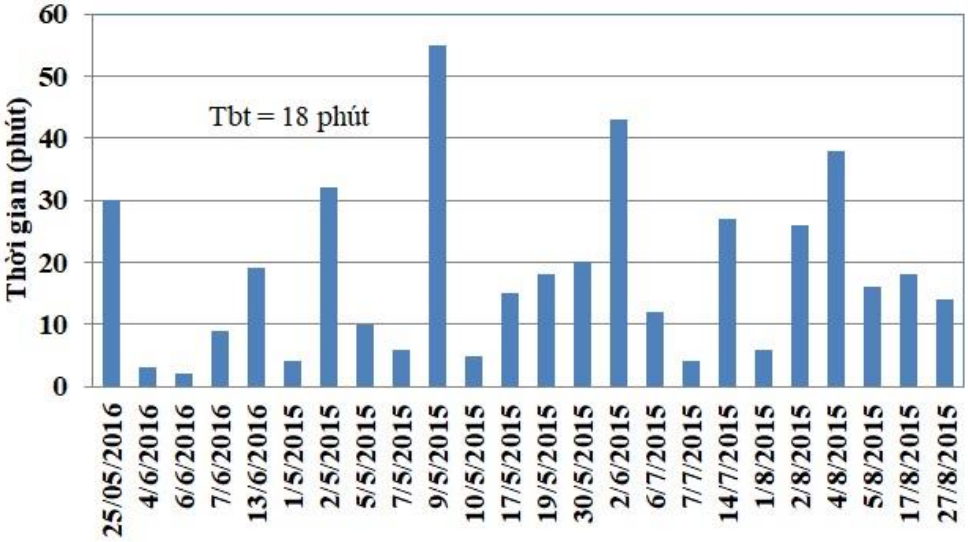
Trên toàn bộ tập số liệu điện trường thu thập năm 2017 và 3 trường hợp năm 2016, tại trạm Hiệp Đức, Đại Lộc và Hội An, thuộc tỉnh Quảng Nam. Kết hợp với các nguồn số liệu vệ tinh, số liệu định vị sét, tiến hành nghiên cứu thử nghiệm cảnh báo sét cho 99 trường hợp, số liệu độc lập với phương pháp đã xây dựng. Kết quả cho thấy: tỷ lệ cảnh báo đúng đạt POD = 82,56%, tỷ lệ cảnh báo khống là 15,48%, điểm số thành công CSI = 71,72% (Hình 12). Nghiên cứu cũng xác định được 71 trường hợp cảnh báo đúng, kết quả về thời gian cảnh báo sét trước, được trình bày trong hình 13. Đa phần thời gian cảnh báo sét trước đều có độ lớn hơn 10 phút, giá trị cực đại đạt gần 60 phút, cực tiểu chỉ một vài phút và giá trị trung bình đạt 22,45 phút. Những kết quả nghiên cứu cho thấy, tỷ lệ cảnh báo đúng trên 80%, với điểm số thành công trên 70% và tỷ lệ cảnh báo khống dưới 20%, thời gian cảnh báo sét trước trung bình trên 20 phút. Các giá trị này cũng tương tự như nhiều kết quả nghiên cứu trên thế giới [20, 25, 27–28, 30] và kết quả nghiên cứu cảnh báo sét tại TP.Vũng Tàu [8]. Tuy nhiên, tại khu vực TP.Vũng Tàu có bán kính vùng cần cảnh báo lớn hơn (10 km), nên thời gian cảnh báo trước và tỷ lệ cảnh báo đúng cao hơn so với một số khu vực tại tỉnh Quảng Nam. So sánh với kết quả đánh giá cảnh báo sét tại khu vực huyện Gia Lâm [7], tỷ lệ cảnh báo đúng và thời gian cảnh báo sét trước tại khu vực Quảng Nam cũng nhỏ hơn. Điều này có thể giải thích do tại trạm Hội An chỉ cách biển khoảng hơn 10 km, nên các hạt sol khí muối biển vẫn ít nhiều ảnh hưởng đến giá trị điện trường nền, ngưỡng cảnh báo gần với giá trị đo tại đây trong thời tiết đẹp và thường cao hơn điện trường đo đạc ở khu vực trạm Đại Lộc và trạm Hiệp Đức. Những kết quả đánh giá cảnh báo sét tại Quảng Nam, cho phép chúng ta có thể sử dụng phương pháp cảnh báo sét cho các khu vực này, theo phương pháp đã xây dựng, với các ngưỡng tối ưu (EFAI và EFDI).

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 Tam Kỳ–Quảng Nam

Để cảnh báo sét theo phương pháp như mô tả trong mục 2.2.2, chúng ta cần xác định mối quan hệ giữa nguồn số liệu thiết bị cảnh báo sét Strike Guard và số liệu thiết bị định vị sét mạng lưới GLD-360. Trên cơ sở bộ số liệu thiết bị cảnh báo sét Strike Guard trong năm 2015 và 2016 thu thập tại Tam Kỳ - Quảng Nam (91 ngày). Phân chia thành các vùng chú ý (16 đến 32 km), vùng cảnh báo (8 đến 16 km) và vùng báo động (0 đến 8 km). Để có thể cảnh báo sét thành công cho vùng báo động, có bán kính 8 km, có tâm ở vị trị trạm cảnh báo sét, trước tiên ta cần đánh giá mối tương quan giữa số liệu thiết bị Strike Guard và số liệu thiết bị định vị sét mạng lưới GLD-360. Tương quan bán kính - thời gian xem trong hình 14. Với bán kính 32

km quan hệ giữa hai nguồn số liệu là trên 80%, ở bán kính 16 km là trên 70%, còn ở bán kính 8 km mối quan hệ này gần 60%. Qua đó, cho thấy, chúng ta có thể sử dụng nguồn số liệu này để cảnh báo sét cho khu vực bán kính 8 km xung quanh trạm, ở vùng nghiên cứu bằng thiết bị cảnh báo sét.

Hình 14. Tương quan bán kính - thời gian (Strike Guard và GLD-360) tại khu vực Tam Kỳ - Quảng Nam và lân cận.



Hình 15. Một số kết quả cảnh báo sét theo nguồn số liệu thiết bị cảnh báo sét, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét ở Tam Kỳ - Quảng Nam.

Sử dụng thêm nguồn số liệu vệ tinh Himawari và số liệu định vị sét GLD-360, xác định được 24 ngày, trong tổng số 96 ngày có số liệu, mây dông có sự dịch chuyển theo như phương pháp mô tả trong mục 2.2.2. Thời gian cảnh báo sét cho vùng bán kính 8 km, quanh trạm cảnh báo, thay đổi từ một số phút đến hơn 50 phút, xem hình 15. Thời gian cảnh báo sét trung bình của 24 trường hợp nghiên cứu là 18 phút. Đây là con số có ý nghĩa trong công tác phòng chống sét ở khu vực Tam Kỳ - Quảng Nam.

4. Kết luận

Trên cơ sở phương pháp cảnh báo sét cải tiến theo tổ hợp đa nguồn số liệu bao gồm: số liệu điện trường, số liệu cảnh báo sét, số liệu vệ tinh và số liệu định vị sét, trong khoảng thời gian từ 2015 đến 2017, chúng tôi tiến hành nghiên cứu cảnh báo sét cho một số khu vực thuộc tỉnh Quảng Nam, từ các kết quả trình bày ở trên có thể rút ra một số kết luận sau:

Kết quả nghiên cứu cảnh báo sét theo phương pháp cảnh báo sét cải tiến theo tổ hợp đa nguồn số liệu, đã xác định được ngưỡng điện trường (EFAI = 1000 V/m và EFDI = 150 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%, tỷ lệ cảnh báo khống là 15,48%. Mở rộng một số nghiên cứu trước đây tại Việt Nam, tại khu vực Tam Kỳ nghiên cứu thử nghiệm cảnh báo sét dựa theo số liệu thiết bị cảnh báo sét và các nguồn số liệu khác, xác định được thời gian cảnh báo sét theo phương pháp cải tiến 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.

Trong các nghiên cứu cảnh báo sét tại khu vực Quảng Nam mới dựa theo nguồn số liệu của một trạm đo điện trường, cần có các nghiên cứu tổ hợp các trạm đo điện trường hoặc đặt các trạm điện trường ở gần nhau, trên cùng một khu vực để thu nhỏ bán kính khu vực cảnh báo và nâng cao chất lượng cảnh báo sét. Cần xây dựng mạng lưới trạm đo cường độ điện trường và các thiết bị định vị sét ở các vùng chịu nhiều ảnh hưởng của hoạt động dông sét. Trên cơ sở đó, tiến hành nghiên cứu cảnh báo dông sét, nhằm giảm thiểu thiệt hai do dông sét gây ra ở khu vực Quảng Nam nói riêng và Việt Nam nói chung.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.H.S., N.X.A., P.X.T., P.L.K., N.V.H.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.X.A., P.X.T., N.V.H.; Xử lý số liệu: H.H.S., P.L.K.; Viết bản thảo bài báo: H.H.S., N.X.A., P.X.T., P.L.K., N.V.H.; Chỉnh sửa bài báo: H.H.S., N.X.A., P.X.T., P.L.K., N.V.H.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Quảng Nam và Đài Khí tương Thủy văn tỉnh Quảng Nam đã phối hợp cùng với Viện Vật lý Địa cầu để thiết lập vị trí đo đạc mới, vận hành các thiết bị nghiên cứu sau khi kết thúc đề tài: "Nghiên cứu và đề xuất các giải pháp phòng chống sét trên địa bàn tỉnh Quảng Nam" năm 2013. Công trình này được hỗ trợ kinh phí nghiên cứu từ đề tài mã số CSCL12.01/24-25 và đề tài mã số TNMT.2023.06.15.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Anh, N.X. và cs. Nghiên cứu hoạt động dông sét và đề xuất các giải pháp phòng chống ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết Đề tài cấp Nhà nước. 2005, tr. 252.
2. Anh, N.X. và cs. Nghiên cứu và đề xuất các giải pháp phòng chống sét trên địa bàn tỉnh Quảng Nam. Báo cáo tổng kết Đề tài cấp Bộ. 2013, tr. 188.
3. Anh, N.X. và cs. Dự án thí điểm ứng dụng xây dựng hệ thống cảnh báo sớm và phòng chống sét tại bãi biển thành phố Vũng Tàu. Báo cáo tổng kết nhiệm vụ. 2022, tr. 182.
4. Anh, N.X.; Huy, L.V.; Sơn, H.H. 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, tr. 11–20.
5. Anh, N.X.; Huy, L.V.; Sơn, H.H. 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, tr. 289–306.
6. Sơn, H.H.; Anh, N.X.; Huy, L.V.; Thành P.X. 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**, *2*, 134–141.
7. Sơn, H.H.; Anh, N.X.; Thành, P.X.; Hiệp, N.V. 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.
8. Son, H.H.; Anh, N.X.; Thanh, P.X.; Khuong, P.L.; Hiep, N.V. Evaluation of lightning warning technique with multi-source data for Vung Tau coastal area. *VN J. Mar. Sci. Technol.* **2023**, *23(2)*, 209–222.
9. Amory-Mazaudier, C.; et al. Sun-earth system interaction studies over Vietnam: An international cooperative project. *Ann. Geophys.* **2006**, *24*, 3313–3327.

10. Khiem, M.V.; et al. Thunderstorm activity and extremes in Vietnam for the period 2015-2019. *Climate* **2022**, *10*, 141. https://doi.org/10.3390/cli10 100141.
11. Ngữ, N.Đ.; Hiệu, N.T. Khí hậu và tài nguyên khí hậu. Nhà xuất bản nông nghiệp, 2004, tr. 294.
12. Montanya, J.; Bergas, J.; Hermoso, B. Electric field measurements at ground level as a basis for lightning hazard warning. *J. Electrostat.* **2004**, *60*, 241–246. https://doi.org/10.1016/j. elstat.2004.01.009.
13. Montanya, J.; Rodrı´guez, P.; Bergas, J., Illa, A.; Hermoso, B.; Candela, I. A new electrostatic field measurement method: the Coherent–Notch Field Mill. *J. Electrostat.* **2007**, *6*, 431–437. https://doi.org/10.1016/j.elstat.2006.10.005.
14. Aranguren, D.; Montanya, J.; Solá, G.; March, V.; Romero, D.; Torres, H. On the lightning hazard warning using electrostatic field: Analysis of summer thunderstorms in Spain. J. *Electrostat.* **2009**, *67*, 507–512. https://doi.org/10.1016/j.elstat.2009.01.023.
15. 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.
16. Junchi, Z.; Qingfeng, Z.; Shah, A.B.; Xue, J.; Ye, Z. A lightning warning algorithm using a EFMs network and LPS. *Pakistan J. Meteorol.* **2015**, *12*, 49–55.
17. Srivastava, A.; Mishra, M.; Kumar, M. Lightning alarm system using stochastic modelling. *Nat. Hazards* **2015**, *75*, 1–11. https://doi.org/10.1007/s11069-014-1247-8.
18. Clullow, A.D.; Strydom, S.; Grant, B.; Savage, M.J.; Everson, C.S. Integration of a ground-based lightning warning system into a mining operation in the Democratic Republic of the Congo. *Weather Clim. Soc.* **2018**, *10*, 889–912.
19. Wang, G.; Kim, W.H.; Kil, G.S.; Park, D.W.; Kim S.W. An intelligent lightning warning system based on electromagnetic field and neural network. *Energies* **2019**, *12*, 1275.
20. Zeng, Q.; 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.
21. Meng, Q.; Yao, W.; Xu, L. Development of lightning nowcasting and warning technique and its application. *Adv. Meteorol.* **2019**, *2405936*, 1–9.
22. Gremillion, M.S.; Orville, R.E. 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 Forecasting **1999**, *14*, 640–649.
23. Bonelli, P.; Marcacci, P. Thunderstorm nowcasting by means of lightning and radar data: algorithms and applications in northern Italy. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **2008**, *8*, 1187–1198.
24. Schneider, S.; et al. Nowcasting of a supercell storm with VERA. *Meteorol. Atmos. Phys.* **2008**, *102*, 23–36. https://doi.org/10.1007/s00703-008-0002-7.
25. Mosier, R.M.; Schumacher, C.; Orville, R.E.; Carey L.D. Radar nowcasting of cloud–to–ground lightning over Houston, Texas. *Weather Forecasting* **2011**, *26*, 199–212. https://doi.org/10.1175/2010WAF2222431.1.
26. Seroka, G.N.; Orville, R. E. Courtney S. radar nowcasting of total lightning over the Kennedy space center. *Weather Forecasting* **2012**, *27*, 189–204. https://doi.org/ 10.11 75/WAF-D-11-00035.1.
27. Srivastava, A.; et al. Lightning nowcasting with an algorithm of thunderstorm tracking based on lightning location data over the Beijing area. *Adv. Atmos. Sci.* **2022**, *39*, 178–188.
28. 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.
29. Zhou, K.; et al. A deep learning network for cloud-to-ground lightning nowcasting with multisource data. *J. Atmos. Oceanic Technol.* **2020**, *37*, 927–942.

30. Kohn, M.; Galanti, E.; Price, C.; Lagouvardos, K.; Kotroni, V. Nowcasting thunderstorms in the Mediterranean region using lightning data. *Atmos. Res.* **2011**, *100*, 489–502. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2010.08.010.
31. Holle, R.L.; Demetriades, N.W.S.; Nag, A. Objective airport warnings over small areas using NLDN cloud and cloud-to-ground lightning data. *Weather Forecasting* **2016**, *31*, 1061–1069. https://doi.org/10.1175/WAF-D-15-0165.1.
32. Lynn, B.H.; et al. Predicting cloud-to-ground and intracloud lightning in weather forecast models. *Weather Forecasting* **2012**, 27, 1470–1488.
33. Giannaros, T.M.; et al. Predicting lightning activity in Greece with the weather research and forecasting (WRF) model. *Atmos. Res.* **2015**, 1–13.
34. Spiridonov, V.; et al. Novel thunderstorm alert system (NOTHAS). *Asia-Pac. J. Atmos. Sci.* **2020**, *57*, 479–498. https://doi.org/10.1007/ s13143-020-00210-5.
35. Trực tuyến: https://www.boltek.com/EFM-100C_Manual_121415.pdf
36. Trực tuyến: https://www.wxline.com/strike-guard-lws.
37. 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.

Research to improve lightning warning methods based on a combination of multiple data sources applied to some areas in Quang Nam province

Hoang Hai Son[1,2]*, Nguyen Xuan Anh[1,2], Pham Xuan Thanh[1,2], Phạm Lê Khương[1,2], Nguyen Van Hiep[1,3]

[1] Institute of Geophysics; hhson.igp@gmail.com; nxanh@igp.vast.vn; pxthanh@igp.vast.vn; phamlekhuongigp@gmail.com
[2] Graduate University of Science and Technology; hhson.igp@gmail.com; nxanh@igp.vast.vn; pxthanh@igp.vast.vn; phamlekhuongigp@gmail.com
[3] Northern Delta and Midland Regional Hydro-Meteorological Center; hiepwork@gmail.com

Abstract: This article presents research on improving lightning warning methods based on a combination of multiple data sources in some areas in Quang Nam province, collected during the period from 2015 to 2017. Lightning warning method based on electric field data, cloud image data, and lightning location data for an 8 km radius area around the station in Hoi An, Hiep Duc, Dai Loc, determining the electric field threshold for lightning warning optimized through two indexes, EFAI and EFDI, according to statistical indexes POD, FAR, and CSI. The lightning warning method is based on lightning warning device data, cloud image data, and lightning location data for the Tam Ky area. Research results show that, with independent data sources, applying lightning warnings to some areas in Quang Nam (Hoi An, Hiep Duc, and Dai Loc) determined that the average lightning warning time is 22.45 minutes, and the probability of detection is 82.56%. Testing lightning warnings based on Strike Guard device data, satellite data, and lightning location data in Tam Ky determined the average lightning warning time to be 18.0 minutes. The results show that it is possible to use the developed lightning warning methods for research areas serving socio-economic and tourism development in Quang Nam province.

Keywords: Lightning warning; Thundercloud electric field; Cloud image; Lightning detection.