



Original Article

# Application of the TITAN Software for Forecasting the Thunderstorm Over Mid-Central Region of Vietnam

Nguyen Thi Dung<sup>1</sup>, Nguyen Tien Toan<sup>1</sup>, Cong Thanh<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Mid-Central Regional Hydro-Meteorological Center, 660 Trung Nu Vuong, Hai Chau, Danang, Vietnam

<sup>2</sup>VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

Received 16 September 2020

Revised 25 January 2021; Accepted 15 February 2021

**Abstract:** This paper presents a study about identifying parameters of TITAN software applied for Dong Ha and Tam Ky radars to define and monitor thunderstorm cells caused by cold instruction in Central Middle Region of Vietnam. In this study, using radar data of thunderstorm days due to cold instruction in the years from 2014 to 2015 to analyze the evolutions of thunderstorms and make statistics of radio reflect thresholds from which to determine the parameters in TITAN software for 2 radars; the years from 2016 to 2018 are used to evaluate TITAN's ability to track thunderstorms. As a result, a set of parameters for TITAN software was identified, and the ability to identify and monitor the storm drive using TITAN software was also evaluated. Applied TITAN on Dong Ha and Tam Ky dataset give a high accuracy result with 1-hour rainfall forecasting.

**Keywords:** Thunderstorm, forecasting the thunderstorm, Titan software, Mid-Central regional.

\* Corresponding author.

E-mail address: [thanhc@vnu.edu.vn](mailto:thanhc@vnu.edu.vn)

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuées.4669>

# Ứng dụng phần mềm TITAN trong dự báo dông trên khu vực Trung Trung Bộ

Nguyễn Thị Dung<sup>1</sup>, Nguyễn Tiến Toàn<sup>1</sup>, Công Thanh<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Trung trung Bộ, 660 Trưng Nữ Vương, Hải Châu, Đà Nẵng, Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,  
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 16 tháng 9 năm 2020

Chỉnh sửa ngày 25 tháng 01 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 15 tháng 02 năm 2021

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày về nghiên cứu xác định bộ thông số ứng dụng trong phần mềm TITAN (Thunderstorm Identification, Tracking, Analysis and Nowcasting) đối với radar Đông Hà và Tam Kỳ để xác định, theo dõi ổ dông do hình thể xâm nhập lạnh tại khu vực Trung Trung Bộ. Trong nghiên cứu này, sử dụng số liệu radar các ngày dông do hình thể xâm nhập lạnh các năm từ 2014-2015 để phân tích diễn biến của ổ dông và thống kê các ngưỡng phản hồi vô tuyến (PHVT) từ đó xác định các thông số trong phần mềm TITAN cho 2 radar; các năm từ 2016 đến 2018 dùng để đánh giá khả năng theo dõi ổ dông của TITAN. Kết quả đã xây dựng được bộ thông số cho phần mềm TITAN, đánh giá khả năng xác định và theo dõi được ổ dông của phần mềm TITAN. Ứng dụng phần mềm TITAN trên bộ số liệu Đông Hà và Tam Kỳ cho kết quả dự báo mưa tích lũy 1 giờ có độ chính xác cao.

*Từ khoá:* Dông, dự báo dông, phần mềm TITAN, khu vực Trung Trung Bộ.

## 1. Mở đầu

Dông là hiện tượng thời tiết khá phổ biến vùng nhiệt đới, có tiềm năng và sức tàn phá mạnh. Dông có thể phát triển đến mức dông rất mạnh [1]. Tại Việt Nam nói chung và khu vực Trung Trung Bộ (từ Quảng Bình đến Quảng Ngãi) nói riêng thường xuyên xảy ra các hiện tượng dông, lốc, tố,... Các hiện tượng thời tiết nguy hiểm do dông có đặc điểm diễn ra rất nhanh và thời gian tồn tại khá ngắn, do đó để dự báo được sự tồn tại hay hướng di chuyển của dông là một bài toán khó đối với các nhà dự báo khí tượng.

Vào đầu mùa đông không khí lạnh và khô xâm nhập đẩy khối khí nhiệt đới nóng ẩm trước front lạnh lên cao tạo dải mây tích trước front lạnh cho mưa rào và dông. Đầu mùa đông quan

sát thấy sấm chớp mưa rào, cuối mùa đông cũng vậy [1]. Do đó, cảnh báo dông do hình thể này là bài toán đáng được quan tâm nghiên cứu.

Trên thế giới, dự báo dông bằng phương pháp ngoại suy sử dụng dữ liệu radar đã được nghiên cứu từ năm 1953 [2]. Willi Schmid (2000) [3] đã đưa ra một phương pháp có tên RainCast ngoại suy hình ảnh radar sau 5 phút một cho kết quả dự báo lượng mưa và dự báo về xác suất mưa 1-2 giờ tới dưới dạng hình ảnh. Các hình ảnh ngoại suy đều hợp lý và không có hiện tượng nhiễu trong hầu hết các trường hợp, ngay cả trong khoảng thời gian dự báo dài hơn (khoảng 1 giờ).

Tại hội thảo ở Ba Lan, Aivaras Čiurlionis và Mantas Lukoševičius (2018) [4] đã sử dụng dữ

\* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: thanhc@vnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4696>

liệu radar thời tiết để dự báo mưa hạn cực ngắn ở Litva. Kết quả cho thấy, với thuật toán ngoại suy chuyển động, lượng mưa dự báo vượt trội hơn so với dự báo khác nếu thu được hướng di chuyển chính xác. Tuy nhiên, độ chính xác của một dự báo sẽ giảm nhanh và không tin cậy trong thời gian dài hơn một giờ.

Phần mềm TITAN được xây dựng bởi Dixon và Wiener [5] để theo dõi các ổ đối lưu ở Hoa Kỳ [6] được phát triển từ năm 1993, đến nay phần mềm TITAN vẫn tiếp tục được phát triển bởi NCAR (National Center for Atmospheric Research) và UCAR (University Corporation for Atmospheric Research) và được ứng dụng ở nhiều nước trên thế giới như Bra xin, Úc, Nam Phi, Mê xi cô, Đài Loan, Trung Quốc,... [7]. Phần mềm TITAN dùng để nhận dạng, theo dõi, phân tích và dự báo dông hạn cực ngắn dựa trên dữ liệu radar quét khối. Phần mềm TITAN dựa trên phương pháp chụp cắt lớp các khối của độ PHVT của vùng dông ở thời điểm hiện tại và ngoại suy tuyến tính có trọng số từ tập số liệu quá khứ để xác định sự phát triển của vùng dông ở thời điểm tiếp theo.

Ở Việt Nam, các nghiên cứu sử dụng phương pháp thống kê đưa ra ngưỡng PHVT để xác định xác suất xảy ra dông, mưa. Năm 2009, Trần Duy Sơn [8] đã xác định chỉ tiêu phát hiện dông dựa theo độ PHVT, phân định các loại mây (mây đối lưu và mây tầng) theo các ngưỡng giá trị của PHVT,... Tuy nhiên, tác giả chỉ thực hiện với loại radar thời tiết TRS - 2730. Gần đây, Công Thanh (2019) [7] đã sử dụng phần mềm TITAN để dự báo mưa hạn cực ngắn cho khu vực thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả ban đầu cho thấy phần mềm TITAN có thể nắm bắt được vị trí, hướng và vận tốc di chuyển, quy mô của các ổ dông. Vì vậy, trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phần mềm TITAN để thử nghiệm việc xác định, theo dõi ổ dông do hình thể xâm nhập lạnh ở khu vực Trung Trung Bộ.

## 2. Nghiên cứu ứng dụng phần mềm TITAN cho khu vực Trung Trung Bộ

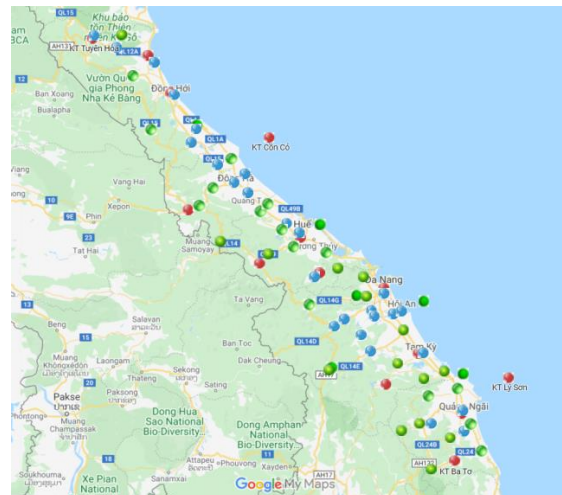
Để xác định ổ dông, phần mềm TITAN giả thiết các ổ dông là miền ba chiều có độ phản hồi

vượt quá ngưỡng  $T_z$  ở thể tích  $T_v$  và so sánh tính chất của các ổ dông tại thời điểm hiện tại với các thời điểm trước đó. Giá trị  $T_z$  xác định các dạng khác nhau của vùng dông [5]. Trong nghiên cứu này, tác giả tiến hành phân tích đặc điểm các ổ dông và thống kê các ngưỡng giá trị phản hồi dựa trên dữ liệu radar Đông Hà cho các tỉnh từ Quảng Bình đến Thừa Thiên-Huế, dữ liệu radar Tam Kỳ cho các tỉnh thành từ Đà Nẵng đến Quảng Ngãi để lựa chọn bộ thông số cho phần mềm và tiến hành ứng dụng thử nghiệm phần mềm TITAN tại khu vực Trung Trung Bộ.

### 2.1. Dữ liệu sử dụng

Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm 3 loại dữ liệu:

Dữ liệu quan trắc dông tại 15 trạm Khí tượng để lọc các ngày xảy ra dông trên khu vực.



Hình 1. Vị trí 15 trạm Khí tượng và các trạm khí tượng tự động tài trợ bởi nguồn vốn ODA.

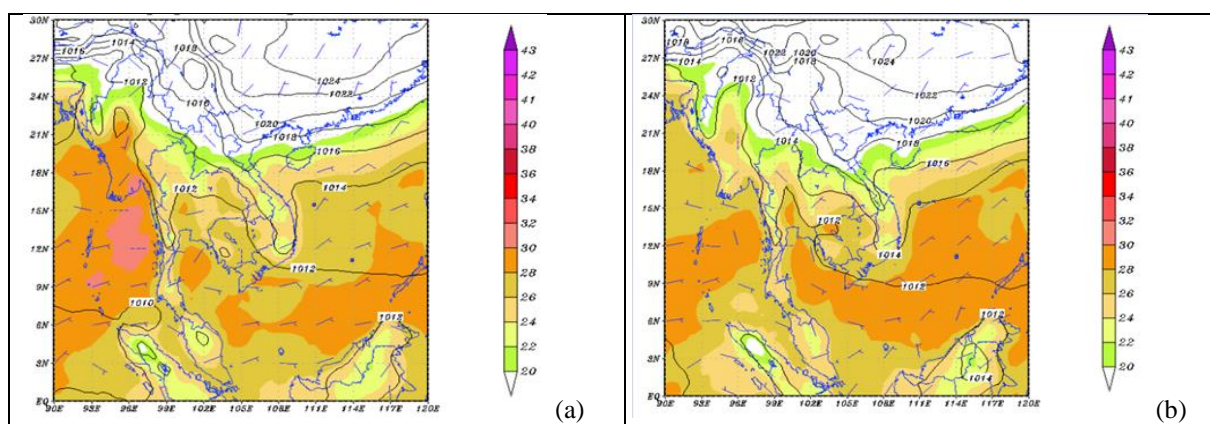
Dữ liệu quét khối của 2 trạm radar thời tiết Đông Hà và Tam Kỳ giai đoạn 2014-2015 được dùng để lựa chọn  $T_z$  ứng dụng trong phần mềm TITAN cho các radar và các năm 2016-2018 được dùng để đánh giá kết quả thử nghiệm.

Dữ liệu đo mưa 05 phút một lần của 74 trạm khí tượng tự động được tài trợ từ nguồn vốn ODA (Hình 1) trong các ngày xảy ra dông tại khu vực Trung Trung Bộ dùng để đánh giá dự báo mưa tích lũy 1 giờ từ phần mềm TITAN.

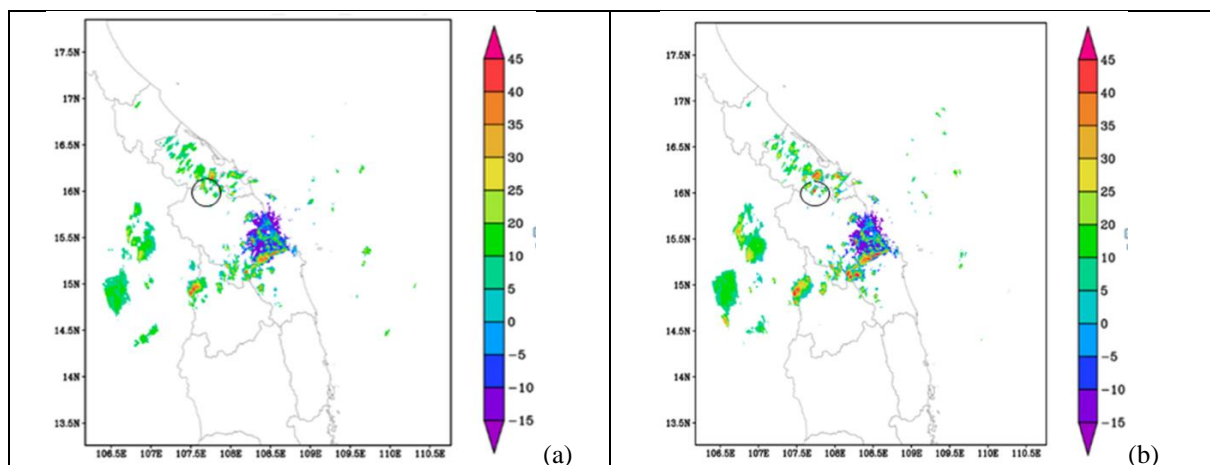
## 2.2. Phân tích đặc điểm ổ dông

Đề lựa chọn thông số  $T_z$  cho phần mềm TITAN, tác giả đã tiến hành phân tích quá trình phát triển, tan rã của ổ dông trong một số trường hợp điển hình do xâm nhập lạnh gây ra tại Trung Trung Bộ trên 2 dữ liệu radar Đông Hà và Tam Kỳ. Phân tích trường hợp ngày 23-24/4/2015: Trên bản đồ Biển Đông lúc 7h ngày 23/4/2015 đường khí áp 1016 mb ở ngang vĩ tuyến 18 độ vĩ Bắc (Hình 2a), đến 7h sáng ngày 24/4/2015 vị trí

thấp nhất trên đường 1016 mb đã dịch xuống ranh giới tỉnh Thừa Thiên-Huế và Quảng Nam (Hình 2b). Trên ảnh sản phẩm hiển thị giá trị cực đại của radar Tam Kỳ (Hình 3a) ở khu vực vùng núi phía bắc của huyện Đông Giang - Quảng Nam lúc 14h30 bắt đầu xuất hiện các ổ mây với độ phản hồi lớn nhất là 20 dBz, tới 14h45 (Hình 3b) độ phản hồi của ổ mây tăng rất nhanh và đạt 40 dBz. Gọi ổ mây này là số 1 và tiến hành phân tích mặt cắt thẳng đứng qua ổ mây để thấy rõ hơn quá trình biến đổi của khối mây.



Hình 2. Bản đồ tái phân tích trường khí áp và độ ẩm bề mặt lúc 7h các ngày 23/4/2015(a) và 24/4/2015(b)



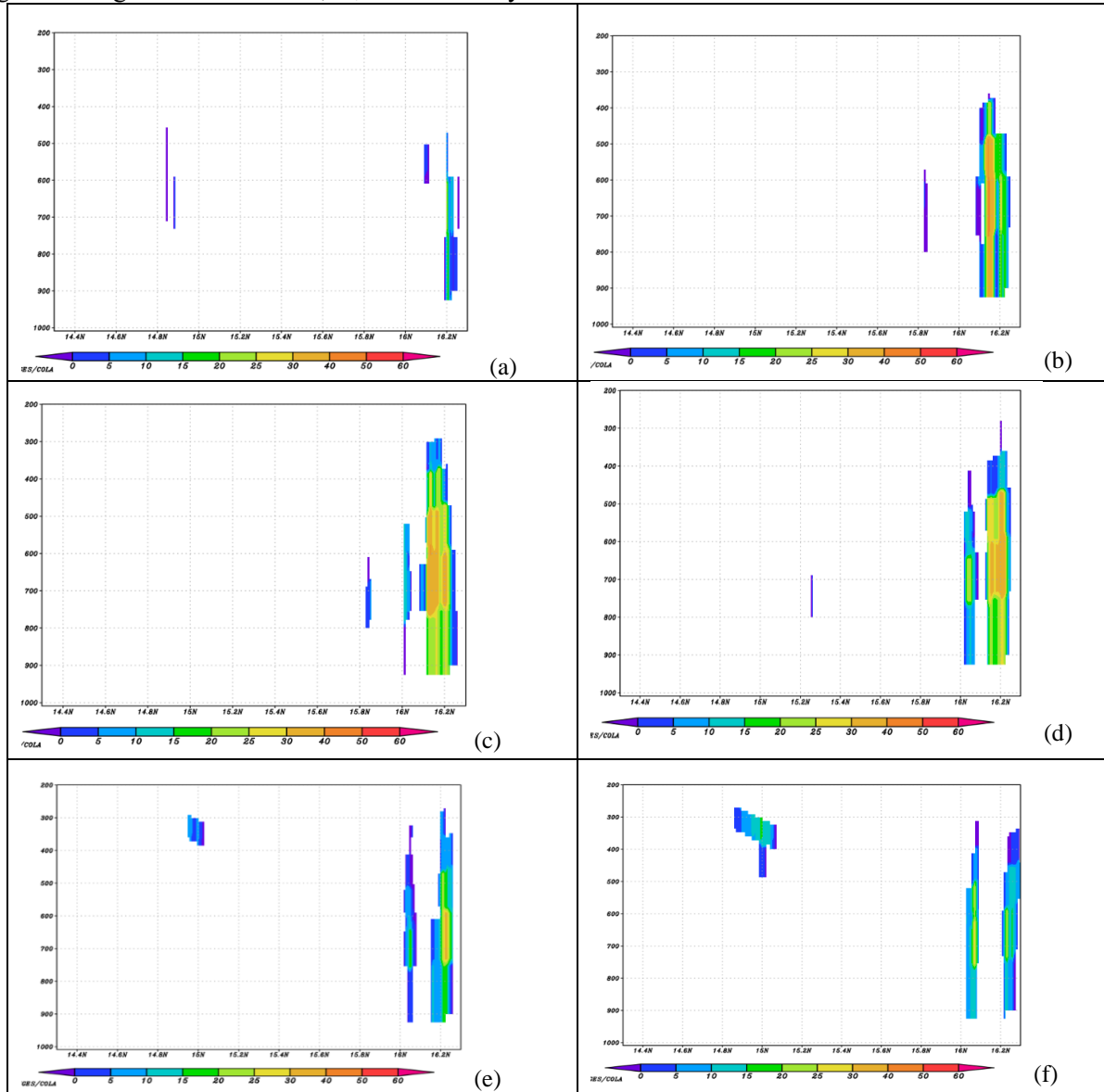
Hình 3. Hình ảnh sản phẩm hiển thị giá trị cường độ PHVT cực đại phía trên bề mặt của radar Tam Kỳ ngày 24/4/2015 lúc 14h30 (a) và 14h45 (b).

Trên mặt cắt thẳng đứng của độ PHVT qua ổ mây số 1 tại các thời điểm khác nhau (Hình 4a, Hình 4b, Hình 4c, Hình 4d, Hình 4e, Hình 4f), cho thấy thời điểm lúc 14h30 (Hình 4a) độ

PHVT cực đại của ổ dông là 20 dbz, diện tích ổ mây nhỏ và có độ cao ở mực 600 mb (4,5 km). Tới 14h45 (Hình 4b) độ PHVT cực đại là 40 dBz và độ cao đỉnh mây dịch chuyển lên mực 400 mb

(gần 8 km). Kích thước ngang của ổ dông lúc này mở rộng. Bên cạnh ổ dông số 1, một nhân khác (ổ dông số 2) xuất hiện với độ phản hồi max là 25-30 dBz ở mực 800 mb (độ cao khoảng 2 km). Thời điểm 15h00 (Hình 4c) ổ mây số 1 PHVT giảm xuống còn dưới 40 dBz, độ cao đỉnh mây

không tăng lên và độ rộng của ổ mây giảm dần trong khi ổ mây số 2 đang tăng cả về giá trị độ PVHT và kích thước không gian với PHVT cực đại đạt 40 dBz và đỉnh mây phát triển lên trên mực 400 mb.



Hình 4. Mặt cắt thẳng đứng của độ PHVT trên radar Tam Kỳ qua ổ dông tại các thời điểm 14h30 (a), 14h45 (b), 15h00 (c), 15h15 (d), 15h30 (e) và 15h45 (f).

Đến 15h15 (Hình 4d) ổ dông số 1 giảm độ cao và vùng PHVT cũng giảm còn ở ngưỡng 20-25 dBz. 15h30 (Hình 4e) ổ mây dông số 1 giảm

PHVT xuống dưới 5 dBz và ổ dông số 2 cũng bắt đầu giảm độ PHVT. Tới 15h45 (Hình 4f) ổ dông số 2 độ PHVT giảm nhanh và tan rã. Như vậy,

qua phân tích 2 ổ mây dông trong ngày 24/4/2015 thấy rằng các ổ dông tồn tại khá ngắn, phổ biến dưới 60 phút.

### 2.3. Thống kê độ phản hồi theo các ngưỡng từ 2 radar

Tác giả sử dụng số liệu các phiên quan trắc của radar trong 38 ngày có dông trên số liệu của radar Đông Hà và 33 ngày dông trên số liệu của radar Tam Kỳ do hình thể xâm nhập lạnh các năm từ 2014-2015 để thống kê các ngưỡng giá trị PHVT. Kết quả cho thấy đối với radar Đông Hà xác suất dông ở các ngưỡng từ 5-23 dBz gần như nhau, phổ biến ở mức 13-19%, xác suất ở ngưỡng 0-5 dBz là thấp nhất, cao nhất là ngưỡng

$Z \geq 23$  dBz và đạt 39,4%. Đối với số liệu radar Tam Kỳ xác suất dông xảy ra ở các ngưỡng 5-15 dBz là gần như nhau ở mức 16,6 và 17,7%, xác suất dông xảy ra ít nhất ở ngưỡng 15-20 dBz, cao nhất là  $Z \geq 20$  dBz và đạt 33,9% (Bảng 1). Tiến hành chạy thử nghiệm với các ngưỡng  $T_z$  (20 dBz, 23 dBz) trong phần mềm TITAN cho thấy kết quả các ổ dông được TITAN xác định và theo dõi phù hợp với diễn biến thực của các đám mây trong các trường hợp thử nghiệm. Do đó, nghiên cứu chọn  $T_z$  đối với radar Đông Hà là 23 dBz và Tam Kỳ là 20 dBz. Lựa chọn công thức ước lượng mưa của Nguyễn Hương Điền [9] và bộ thông số cụ thể cho trong Bảng 2 để thử nghiệm phần mềm TITAN trong dự báo dông tại Trung Trung Bộ cho hình thể xâm nhập lạnh.

Bảng 1. Xác suất của các ngưỡng PHVT radar Đông Hà và Tam Kỳ

Radar	Các ngưỡng PHVT (dBz)	Số giá trị PHVT các năm dùng thống kê	Tỷ lệ các ngưỡng PHVT (%)
Đông Hà	0-5	115	12,2
	5-10	145	15,4
	10-15	181	19,2
	15-23	93	13,8
	>23	409	39,4
Tam Kỳ	0-5	696	21,9
	5-10	529	16,6
	10-15	563	17,7
	15-20	313	9,8
	>20	1079	33,9

Bảng 2. Bảng lựa chọn các thông số cho 2 radar

TT	Thông số	Giá trị
Ngưỡng phản hồi	$T_z$	23 dBz (radar Đông Hà) 20 dBz (radar Tam Kỳ)
Kích thước ổ	$T_v$	50 km <sup>3</sup>
Bước thời gian	$\Delta T$	10 phút
Ước lượng mưa	ACC	Theo công thức của Nguyễn Hương Điền [9]

## 3. Một số kết quả đạt được

### 3.1. Khả năng theo dõi và dự báo ổ dông của phần mềm TITAN

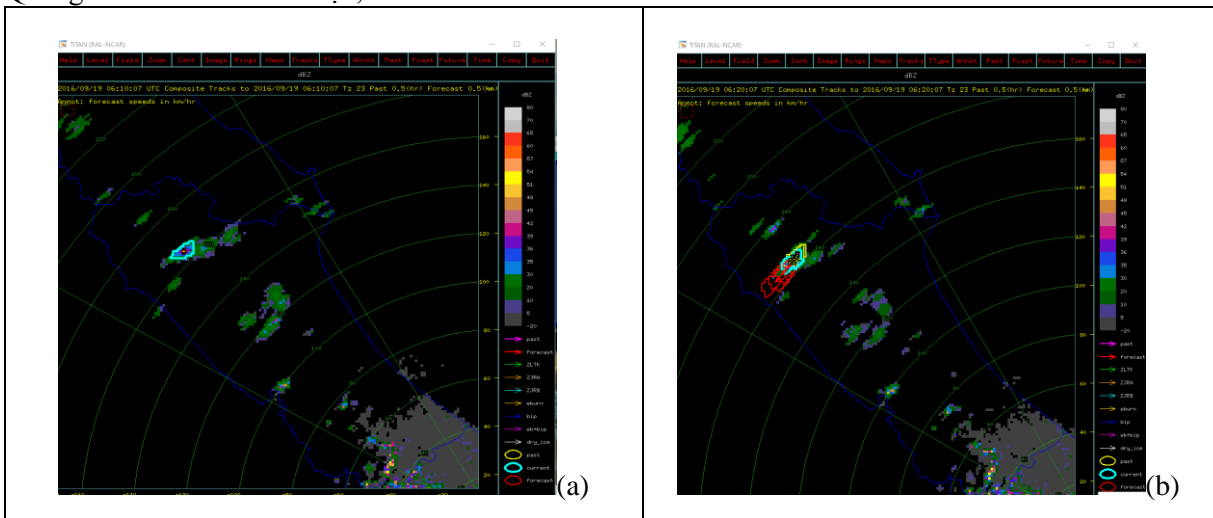
Đưa các dữ liệu quét khối của radar vào phần mềm TITAN. Kết quả được hiển thị trên cửa sổ

chính của TITAN là hình ảnh các vùng mây được phần mềm TITAN xác định và theo dõi (có PHVT lớn hơn hoặc bằng ngưỡng  $T_z$  đã chọn) được phân biệt bằng các màu khác nhau: màu vàng biểu thị cho vị trí đám mây đã qua, màu xanh dương vị trí đám mây tại thời điểm phân

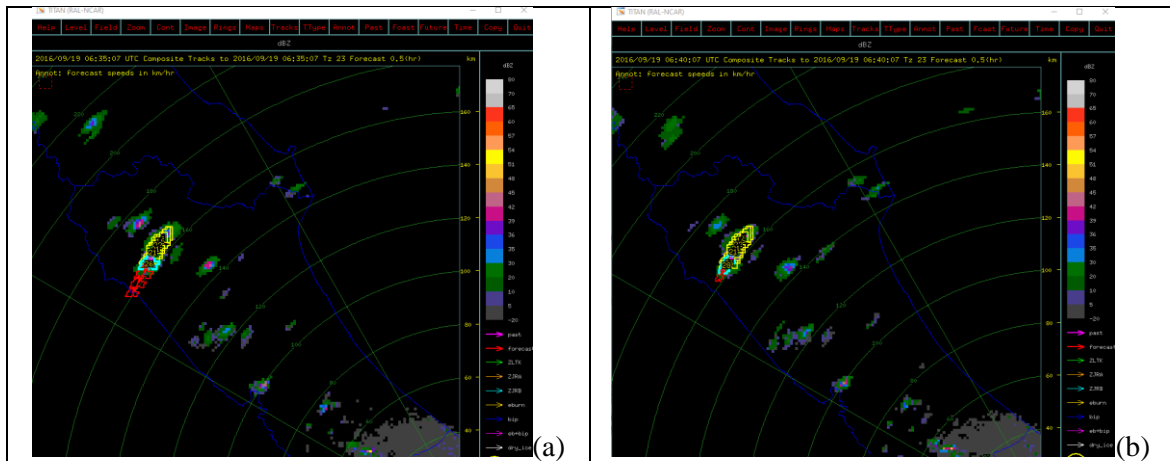
tích và các đường màu đỏ là vị trí dự báo của đám mây theo bước thời gian.

Để đánh giá khả năng xác định và theo dõi ổ dông của TITAN, tác giả sử dụng dữ liệu radar Đông Hà ngày 19/9/2016 để chạy phần mềm TTAN và theo dõi chi tiết một ổ dông ở tỉnh Quảng Bình. Theo kết quả chạy phần mềm TITAN về hiển thị tốc độ di chuyển của ổ dông tại các thời điểm (Hình 5a, Hình 5b, Hình 6a và Hình 6b). Vào lúc 13h10 (Hình 5a) ngày 19/9/2016 một ổ dông ở khu vực Minh Hóa - Quảng Bình bắt đầu xuất hiện, TITAN đánh dấu

theo dõi ổ dông bằng đa giác màu xanh dương và chưa dự báo về ổ dông này, tới 13h20 (Hình 5b) ổ dông số này được TITAN theo dõi và dự báo ổ dông di chuyển hướng Tây Nam với tốc độ là 22 km/h. TITAN dự báo ổ dông này duy trì trong khoảng 30 phút tới (3 đường màu đỏ). Tương tự như vậy, đến 13h35 (Hình 6a) TITAN tiếp tục theo dõi và dự báo ổ mây này còn tồn tại 30 phút tới nhưng vị trí dự báo tiếp theo vùng dự báo của ổ dông hẹp dần, hướng di chuyển vẫn Tây Nam với tốc độ 26 km/h (Hình 6b).



Hình 5. Kết quả hiển thị theo dõi diễn biến tổng thể các ổ dông từ phần mềm TITAN lúc 13h10 (a) và 13h20 (b) ngày 19/9/2016 (đa giác màu vàng là vị trí ổ dông đã qua, màu xanh dương là hiện tại và màu đỏ là vị trí dự báo).



Hình 6. Kết quả hiển thị theo dõi diễn biến tổng thể các ổ dông từ phần mềm TITAN lúc 13h35 (a) và 13h40 (b) ngày 19/9/2016 (đa giác màu vàng là vị trí ổ dông đã qua, màu xanh dương là hiện tại và màu đỏ là vị trí dự báo).

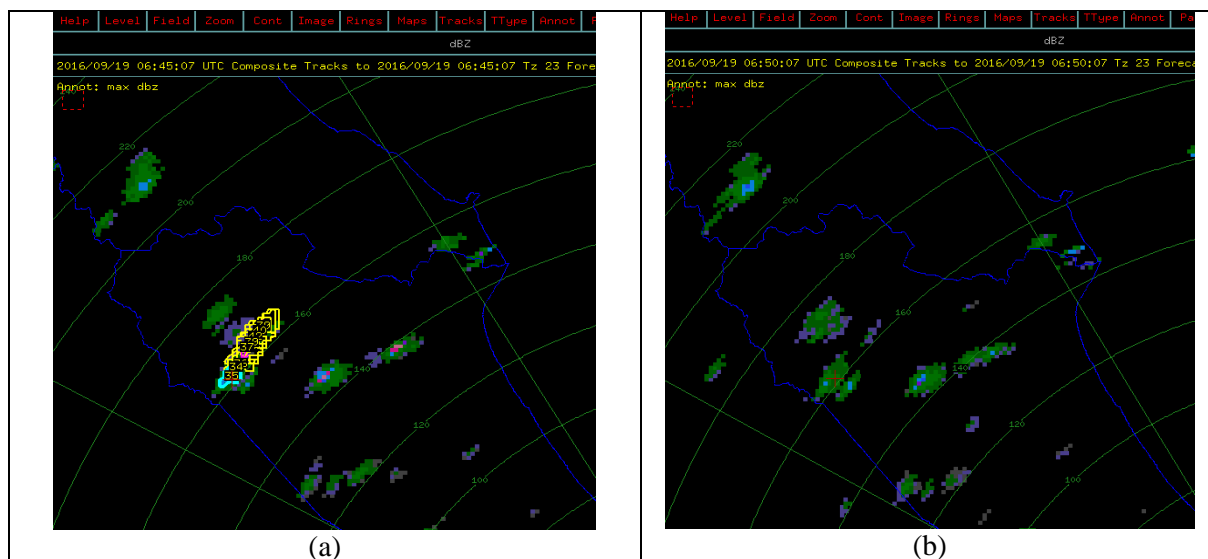
Tại thời điểm 13h40 (Hình 6a) ổ dông này vẫn giữ hướng di chuyển với tốc độ là 28 km/h. Lúc này, TITAN dự báo ổ dông còn duy trì trong 10 phút tới (dự báo 1 đường màu đỏ) và vùng dự báo thu hẹp lại. Trên kết quả hiển thị độ PHVT cực đại từ phần mềm TITAN tại các thời điểm (Hình 7a, Hình 7b). Thời điểm 13h45 (Hình 7a), TITAN chỉ đánh dấu vị trí ổ dông hiện tại và không dự báo vị trí tương lai của ổ dông. 13h50 ổ dông này giảm độ PHVT và không còn được TITAN theo dõi (Hình 7b). Thời gian TITAN bắt đầu theo dõi và kết thúc theo dõi ổ dông gần 40 phút.

Như vậy, phần mềm TITAN xác định và theo dõi được ổ dông. Phần mềm dự báo được hướng di chuyển tiếp theo, quá trình tồn tại, phát

triển và tan rã của các ổ dông do hình thể xâm nhập lạnh tại khu vực Trung Trung Bộ.

### 3.2. Đánh giá dự báo cường độ mưa tích lũy trong 1 giờ từ phần mềm TITAN

Sử dụng phần mềm TITAN theo dõi các ngày có dông cho giai đoạn 2016 – 2018. Lượng mưa ước lượng từ TITAN tương ứng với 74 trạm tại khu vực Trung Trung Bộ được dùng để đánh giá khả năng dự báo của phần mềm TITAN. Đối với radar Đông Hà, nghiên cứu đã sử dụng số liệu trong 33 ngày, radar Tam Kỳ sử dụng 32 ngày xảy ra dông do hình thể xâm nhập lạnh. Kết quả các chỉ số đánh giá theo các ngưỡng mưa được thể hiện trong Bảng 3.



Hình 7. Kết quả hiển thị theo dõi diễn biến tổng thể các ổ dông từ phần mềm TITAN lúc 13h45 (a) và 13h50 (b) ngày 19/9/2016 (đa giác màu vàng là vị trí ổ dông đã qua, màu xanh dương là hiện tại và màu đỏ là vị trí dự báo).

Kết quả các chỉ số đánh giá ở Bảng 3 cho thấy đối với radar Đông Hà, ứng với ngưỡng mưa  $R < 10$  mm vùng mưa dự báo nhỏ hơn vùng mưa thực tế, các ngưỡng mưa  $R \geq 10$  mm vùng mưa dự báo cao hơn vùng mưa thực tế. Đối với radar Tam Kỳ, vùng mưa dự báo xấp xỉ vùng mưa thực tế, riêng ngưỡng mưa  $10 \leq R < 25$  mm cho vùng dự báo lớn hơn nhiều so với mưa thực tế. Dự báo cường độ mưa trong 1 giờ trên 2 radar

đều cho ngưỡng mưa  $10 \leq R < 25$  mm là tốt nhất (giá trị  $POD \geq 0,8$ ). Tỷ lệ dự báo sai cho các ngưỡng  $0,05 \leq R < 2,5$  mm ở 2 radar là thấp nhất. Đối với chỉ số ETS ở Đông Hà cho kết quả tốt hơn Tam Kỳ và tốt nhất ở ngưỡng  $10 \leq R < 25$  mm. Đánh giá độ chính xác của TITAN ở các ngưỡng mưa đều trên 60%. Trong đó, ngưỡng mưa  $R \geq 10$  mm đạt kết quả cao hơn các ngưỡng mưa khác và chỉ số  $PC \geq 0,8$ .



Bảng 3. Kết quả đánh giá dự báo cường độ mưa trong 1 giờ từ phần mềm TITAN

Radar	Ngưỡng mưa dự báo (mm/giờ)	Các chỉ số đánh giá				
		FBI	POD	FAR	ETS	PC
Đông Hà	0,05	0,8	0,7	0,2	0,4	0,6
	2,5	0,6	0,4	0,2	0,2	0,7
	10	1,3	0,9	0,3	0,6	0,8
	25	1,1	0,5	0,4	0,3	0,8
Tam Kỳ	0,05	1,1	0,7	0,3	0,2	0,8
	2,5	1,1	0,6	0,5	0,2	0,7
	10	1,8	0,8	0,6	0,3	0,8
	25	0,8	0,6	0,5	0,1	0,9

#### 4. Kết luận

Trong nghiên cứu này đã xác định được bộ thông số cho phần mềm TITAN cho radar Đông Hà và Tam Kỳ phục vụ nghiên cứu xác định, theo dõi ổ dông trong giai đoạn đầu do hình thái xâm nhập lạnh tại khu vực Trung Trung Bộ.

Kết quả theo dõi ổ dông của phần mềm TITAN đã mô tả được quá trình phát triển, tan rã của ổ dông phù hợp với dữ liệu thực tế. Tuy nhiên, một số trường hợp dự báo của TITAN cho thời gian tồn tại ổ dông dài hơn thực tế.

Kết quả đánh giá khả năng dự báo của TITAN qua biến mưa 1 giờ sử dụng số liệu PHVT của radar Đông Hà cho thấy dự báo vùng mưa nhỏ hơn so với thực tế và sử dụng số liệu PHVT của radar Tam Kỳ dự báo vùng mưa cao hơn vùng mưa thực tế. Cả 2 radar đều cho độ chính xác dự báo cao.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện và hoàn thành nhờ hỗ trợ của Đề tài “Nghiên cứu xây dựng bộ công cụ dự báo, cảnh báo dông, mưa lớn cho khu vực Trung Trung Bộ”. Tác giả xin chân thành cảm ơn.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] T. C. Minh, Tropical Synoptic Meteorology, Vietnam National University, Hanoi, 2003 (in Vietnamese).
- [2] J. Bech, J. L. Chau (Eds.), Nowcasting, C. Pierce, A. Seed, S. Ballard, D. Simonin, Z. Li, Doppler Radar Observations-Weather Radar, Wind Profiler, Ionospheric Radar, and Other Advanced Applications, London, United Kingdom, IntechOpen 2012 [Online], pp. 97-128, <https://www.intechopen.com/chapters/35109> (accessed on: April 18<sup>th</sup>, 2020).
- [3] W. Schmid, Nowcasting Winter Precipitation with Radar, 10<sup>th</sup> Int, Road Weather Conf, SIRWEC-2000, 22-24 March 2000, Davos, Switzerland, 2000, pp. 17-24.
- [4] A. Čiurlionis, M. Lukoševičius, Nowcasting Precipitation Using Weather Radar Data for Lithuania: the First Results, 5<sup>th</sup> Symposium of Young Scientists on Technology, Engineering and Mathematics, 2018, pp. 55-60, <http://ceur-ws.org/Vol-2147/p10.pdf> (accessed on: April 18<sup>th</sup>, 2020).
- [5] M. Dixon, G. Weiner, TITAN: Thunderstorm Identification, Tracking, Analysis and Nowcasting - A Radar Based Methodology, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, Vol. 10, No. 6, 1993, pp. 785-797, [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1993\)010%3C0785:TTITAA%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1993)010%3C0785:TTITAA%3E2.0.CO;2).

- [6] A. Bellon, I. Zawadzki, A. Kilambi, H. C. Lee, Y. H. Lee, G. Lee, McGill Algorithm for Precipitation Nowcasting by Lagrangian Extrapolation (MAPLE) Applied to the South Korean Radar Network. Part I: Sensitivity Studies of the Variational Echo Tracking (VET) Technique, *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, Vol. 46, No. 3, 2010, pp. 369-381, <https://doi.org/10.1007/s13143-010-1008-x>.
- [7] C. Thanh, V. T. Nguyen, T. D. Thuc, Application of Titan Software for Recognition, Monitoring, Instantaneous Analysis of Thunderstorm for Ho Chi Minh City, *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, Vol. 34, No. 1S, 2018, pp. 18-25, <https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4331> (in Vietnamese).
- [8] T. D. Son, Research and Development of Procedures for Monitoring Dangerous Weather Phenomena: Thunderstorm, Gust, Hail, Local Heavy Rain by TRS-2730 Radar, 2009 (in Vietnamese).
- [9] N. H. Dien, Empirical Formulas Calculating Rainfall Rate from Radar Reflectivity the North Central region and South of the Red River Delta of Vietnam, *VNU Journal of Science: Natural and Technological Science*, Vol. 25, No. 3S, 2010, pp. 317-321 (in Vietnamese).