

SỬ DỤNG BẢN ĐỒ ĐỘ CAO ĐỊA HÌNH SỐ TRONG BÀI TOÁN QUY HOẠCH MẠNG LƯỚI RA ĐA THỜI TIẾT CỦA VIỆT NAM

TS. Ngô Đức Thành¹, Hideyuki Kamimera²

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Cơ quan khoa học công nghệ Đất - Biển Nhật Bản (JAMSTEC)

Bản đồ độ cao địa hình số DEM (Digital Elevation Map) là một công cụ hữu ích phục vụ bài toán khảo sát vị trí lắp đặt trạm ra đa thời tiết. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng DEM của SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) độ phân giải 90m để tính toán che khuất địa hình cho các tia quét ở các góc nâng khác nhau của ra đa. So sánh với các đo đạc thực tế tại vị trí Núi Quyết, thành phố Vinh cho thấy sự tin cậy của các tính toán sử dụng DEM. Mức độ bị che khuất địa hình của mạng lưới các trạm ra đa thời tiết hiện tại của Việt Nam cũng được đề cập đến.

1. Đặt vấn đề

Trung Tâm Khí tượng Thủy văn (KTTV) Quốc gia đang triển khai thực hiện kế hoạch Quốc Gia về việc hiện đại hóa mạng lưới quan trắc đến năm 2020, đã được Thủ tướng phê duyệt (Quyết định 16/2007/QĐ-TTg), trong đó số lượng các trạm ra đa thời tiết dự kiến tại Việt Nam đến năm 2020 sẽ là 15 chiếc. Hiện nay một số dự án nâng cấp, di dời, lắp đặt mới các trạm ra đa đang được tiến hành như: Phù Liễn, Vinh, Việt Trì, Sơn La, Nha Trang, Quy Nhơn. Trong việc nâng cấp, lắp đặt mới hay di dời trạm ra đa, việc khảo sát vị trí lắp đặt chiếm vai trò hết sức quan trọng. Một vị trí lắp đặt ra đa tốt, ngoài việc phải đáp ứng các yêu cầu như điện, nước, kết nối liên lạc, độ cao phù hợp (nhỏ hơn độ cao Bộ Quốc Phòng quy định), khi hoạt động không ảnh hưởng đến dân sinh, v.v... thì còn phải thỏa mãn điều kiện các góc che khuất địa hình nhỏ hoặc không có (hoặc che khuất địa hình không cản trở yêu cầu hoạt động của ra đa). Trong số các trạm ra đa đang hoạt động tại Việt Nam, các trạm Vinh, Việt Trì, Nha Trang hiện bị ảnh hưởng nghiêm trọng bởi che khuất địa hình.

Với các dự án nâng cấp và di dời ra đa đang triển

khai, Đài Khí tượng Cao không cũng đã cử một số Đoàn cán bộ đi khảo sát, tính toán độ che khuất của các địa điểm ra đa dự kiến lắp đặt: khảo sát địa điểm Núi Quyết cho ra đa Vinh (cuối tháng 3/2009), khảo sát địa điểm mới cho ra đa Việt Trì (tháng 5/2009), khảo sát địa điểm cho ra đa Nha Trang (tháng 5/2009),.... Việc khảo sát, đo đạc trực tiếp tại trạm có ưu điểm là nghiên cứu được nhiều điều kiện khác nhau như các yếu tố địa hình, điều kiện hạ tầng nhưng cũng có những mặt hạn chế nhất định như: chất lượng khảo sát địa hình phụ thuộc vào thời tiết, các phép đo được tiến hành tương đối thủ công, không khảo sát được nhiều điểm một lúc, khó khăn trong vận chuyển thiết bị đo đặc tính toán, giá thành mỗi điểm khảo sát như vậy sẽ tương đối cao.

Đối với bài toán quy hoạch mạng lưới ra đa thời tiết tại các nước, việc sử dụng bản đồ độ cao địa hình số (DEM: Digital Elevation Map) để tính toán che khuất địa hình là phổ biến. Có thể kể đến các ví dụ của mạng lưới ra đa thời tiết châu Âu (OPERA, Huuskonen và ccs., 2010), mạng lưới ra đa thời tiết Tây Ban Nha (Fernando, 2005), mạng lưới ra đa thời tiết của Ý (Minciardi, 2003), mạng lưới ra đa thời tiết của Thổ Nhĩ Kỳ (Sireci, 2006). Tính toán được che khuất địa hình còn góp phần quan trọng

trong bài toán hiệu chỉnh che khuất cánh sóng để nâng cao chất lượng định lượng mưa của ra đa (Bech và ccs., 2003).

Trong khuôn khổ của bài báo này, chúng tôi sẽ giới thiệu một số kết quả bước đầu trong việc sử dụng DEM để tính toán các góc bị che khuất của ra đa, ứng dụng trong bài toán quy hoạch mạng lưới ra đa thời tiết của Việt Nam.

2. Bản đồ độ cao địa hình số và phần mềm tính toán che khuất

a. Bản đồ độ cao địa hình số

DEM được sử dụng trong nghiên cứu này là bộ bản đồ nhận được từ Nhiệm vụ SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) do cơ quan hàng không vũ trụ Mỹ NASA cung cấp. Các ra đa gắn trên tàu vũ trụ Endeavour tháng 11 năm 2000, hoạt động trong 10 ngày đo đạc số liệu độ cao địa hình cho khoảng 80% bề mặt trái đất. Nhiều sản phẩm đã được tạo ra từ các số liệu gốc. Trong khuôn khổ nghiên cứu này, chúng tôi đã sử dụng bộ số liệu có độ phân giải xấp xỉ 90m, tải về từ địa chỉ: http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/Eurasia/

b. Phần mềm tính toán che khuất

Để tính toán che khuất địa hình đối với các tia quét của ra đa, chúng tôi đã viết phần mềm RADVIS (Radar Visiblity) bằng ngôn ngữ Fortran trên hệ điều hành Linux với 3 mô đun chính như sau:

- Mô đun tải và xử lý DEM
- Mô đun tính toán góc che khuất của ra đa với góc nâng bất kỳ
- Mô đun hiển thị kết quả

Mô đun đầu tiên có nhiệm vụ tự động tải các mảnh (kích thước $1^{\circ} \times 1^{\circ}$) của DEM cho khu vực Việt Nam. Dữ liệu được đọc từ dạng nhị phân và được chuyển về định dạng netcdf, sau đó các mảnh được ghép nối lại với nhau để tạo bản đồ độ cao địa hình cho cả khu vực.

Mô đun tính toán che khuất địa hình là mô đun chính của RADVIS. Mô đun nhận các thông số đầu vào gồm: DEM, bán kính tia quét của ra đa, vị trí của ra đa (kinh độ, vĩ độ), độ cao của ăng ten so với mực nước biển và góc nâng của ăng ten ra đa. Dựa trên các thông số này, các tia sóng được mô phỏng phát đi theo góc nâng cho trước từ ăng ten ra đa. Nếu các tia sóng bị chặn bởi địa hình (tính được từ DEM), các khu vực phía sau vùng địa hình đó sẽ được nói là bị che khuất, nghĩa là ra đa sẽ không quan trắc được các hiện tượng thời tiết ở đó với góc nâng đang xem xét.

Mô đun hiển thị lấy đầu vào là kết quả của mô đun tính toán (được lưu dưới định dạng netcdf) và xử lý hiển thị đồ họa, sử dụng chủ yếu shell script và phần mềm đồ họa GMT (The Generic Mapping Tools: <http://gmt.soest.hawaii.edu/>)

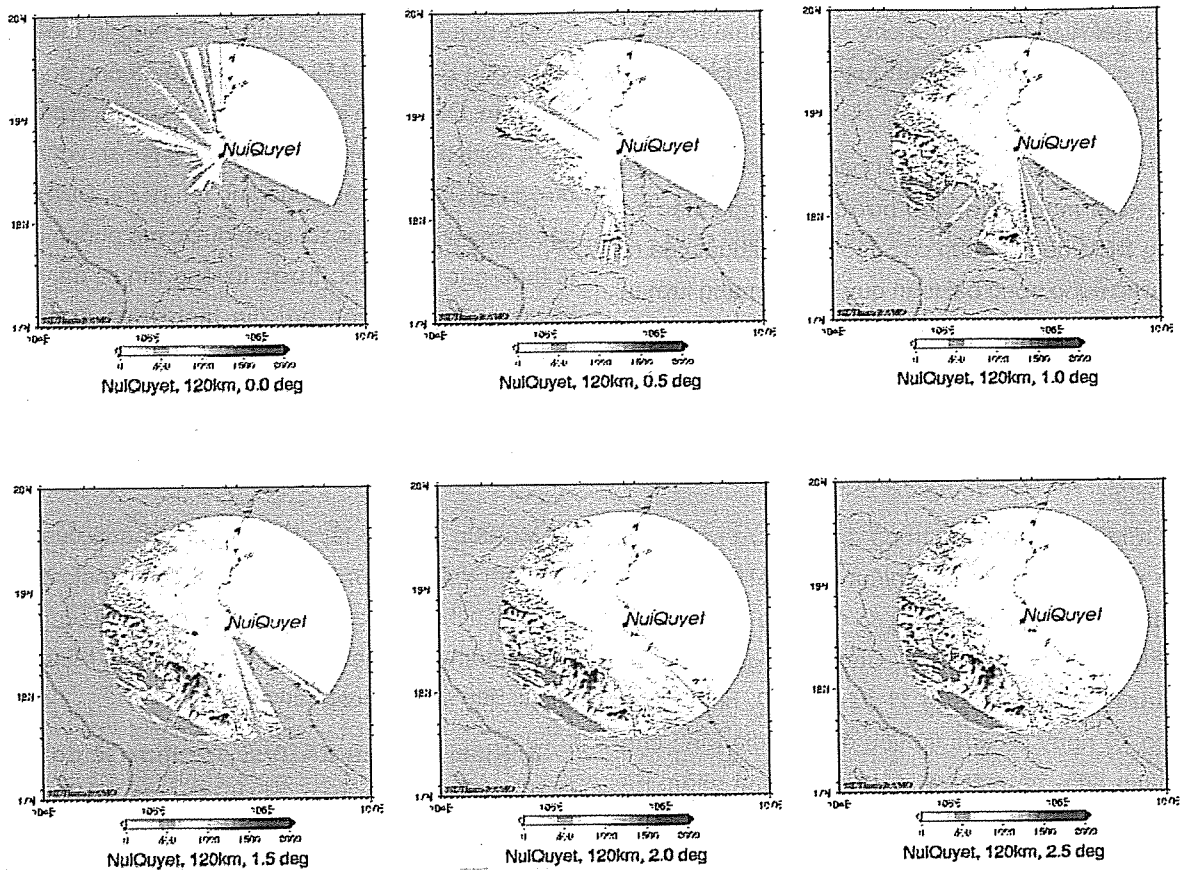
3. Kiểm nghiệm RADVIS với thực tế đo đạc cho vị trí ra đa dự kiến tại Núi Quyết, thành phố Vinh

Trong chuyến công tác cuối tháng 3 năm 2009 tại Đài KTTV Khu vực Bắc Trung Bộ, đoàn cán bộ Đài Khí tượng Cao không đã phối hợp với các cán bộ của Đài Khu vực khảo sát vị trí dự kiến lắp đặt ra đa thời tiết Vinh trên Núi Quyết thuộc phường Trung Đô, thành phố Vinh, Nghệ An. Đoàn công tác đã đưa ra các thông số của điểm đặt ra đa dự kiến như sau:

- Kinh độ $105^{\circ}41'54''$
- Vĩ độ $18^{\circ}38'45''$
- Cao độ dự kiến của ăng ten so với mặt biển: 117m (trong đó độ cao nền đặt trạm là 92,2m).

Dựa trên các thông số này, chương trình RADVIS đã được chạy và cho ra kết quả với bán kính quét 120km và các góc nâng khác nhau: $0,0^{\circ}$, $0,5^{\circ}$, $1,0^{\circ}$, $1,5^{\circ}$, $2,0^{\circ}$, $2,5^{\circ}$ (Hình 1).

Các so sánh giữa kết quả phần mềm và kết quả từ các phép đo và tính toán tại hiện trường được thể hiện trong Bảng 1.



Hình 1. Che khuất địa hình với các tia quét ở các góc nâng khác nhau của vị trí ra đa dự kiến đặt ở Núi Quyết (Vinh). Các vùng màu xám nằm trong vùng bán kính tròn (bán kính 120 km) là các vùng bị che khuất. Các vùng màu xám nằm phía ngoài là khu vực không được xem xét, nằm ngoài bán kính 120 km.

Bảng 1. So sánh về che khuất địa hình giữa thực đo tại hiện trường và kết quả của RADVIS cho vị trí lắp đặt dự kiến tại Núi Quyết (Vinh)

Địa hình gây che khuất	Thực đo tại hiện trường	Kết quả RADVIS (xem Hình 1)
Dãy núi Hồng Lĩnh ở phía Đông Nam	- Góc nâng 0° bị che khuất với góc mở hình rẽ quạt là $64^\circ 3'$ - Góc nâng 0.5° bị che khuất với góc mở hình rẽ quạt là $59^\circ 3'$ - Góc nâng 1° bị che khuất với góc mở hình rẽ quạt là $44^\circ 5'$ - Góc nâng 2° bị che khuất với góc mở hình rẽ quạt là $8^\circ 5'$ - Góc nâng 2.5° không bị che khuất	- Kết quả tương đồng với thực đo - Ở một số góc nâng cụ thể, ví dụ như góc Nâng 1°, RADVIS chỉ ra chi tiết rằng có cả những tia quét trong góc rẽ quạt không bị che khuất bởi địa hình
Đảo Hòn Mất ở phía Đông Bắc	- Góc nâng 0° bị che khuất với góc mở hình rẽ quạt là 0.3° - Góc nâng 0.5° không bị che khuất	Tia quét không bị che khuất ở các góc nâng, có thể là do độ phân giải 90 m của DEM được sử dụng làm độ cao đảo Hòn Mất hiển thị giảm so với độ cao thực tế
Đảo Hòn Ngự ở phía Đông Bắc	- Góc nâng 0° bị che khuất với góc mở hình rẽ quạt là 0.1° - Góc nâng 0.5° không bị che khuất	- Tia quét của ra đa không bị che khuất bởi đảo Hòn Ngự ở các góc nâng - Giải thích tương tự với đảo Hòn Mất

Địa hình gây che khuất	Thực đo tại hiện trường	Kết quả RADVIS (xem Hình 1)
Dãy núi phía Tây Bắc	- Góc nâng 0° bị che khuất với góc mở hình rẽ quạt là $22^\circ 8'$ - Góc nâng 0.5° không bị che khuất	- Kết quả chi tiết hơn, trong đó phía Tây Bắc ngoài góc mở hình rẽ quạt $22^\circ 8'$ như trong thực đo thì phía Bắc Tây Bắc còn có một số góc quét khác bị che khuất - ở góc nâng 0.5°, vẫn còn những tia quét nhỏ bị che khuất
Dãy núi phía Tây Tây Bắc	- Góc nâng 0° bị che chắn với góc mở hình rẽ quạt là 13° - Góc nâng 0.5° bị che chắn với góc mở hình rẽ quạt là 2° - Góc nâng 1° bị che chắn với góc mở hình rẽ quạt là 0.8° - Góc nâng 1.5° không bị che khuất	- Góc che khuất ở góc nâng 0° lớn hơn 13° - ở góc nâng 0.5°, góc che khuất tính bởi RADVIS cũng lớn hơn 2° - ở góc nâng 1°, không còn bị che khuất
Dãy núi phía Tây Nam	- Góc nâng 0° bị che chắn với góc mở hình rẽ quạt là 35° - Góc nâng 0.5° không bị che khuất	- Góc nâng 0°: RADVIS cho kết quả chi tiết hơn với việc một số dãy núi khác phía Tây Nam cũng đóng vai trò là vật cản địa hình - Góc nâng 0.5°: hầu như không bị che khuất nếu xét trong lãnh thổ Việt Nam

Nhìn chung, các kết quả cho bởi RADVIS khá tương đồng với các kết quả đo đạc được bằng khảo sát thực địa. Điều này cho thấy rằng các tính toán của RADVIS là có cơ sở và có độ tin cậy cao. Ở một số điểm che khuất (ví dụ đảo Hòn Mát, Hòn Ngự), RADVIS không phát hiện được, nguyên nhân có thể từ việc sử dụng bản đồ địa hình phân giải 90m đã làm trơn hóa độ cao thực tế của một số điểm. Ở một số trường hợp khác, RADVIS cho kết quả chi tiết

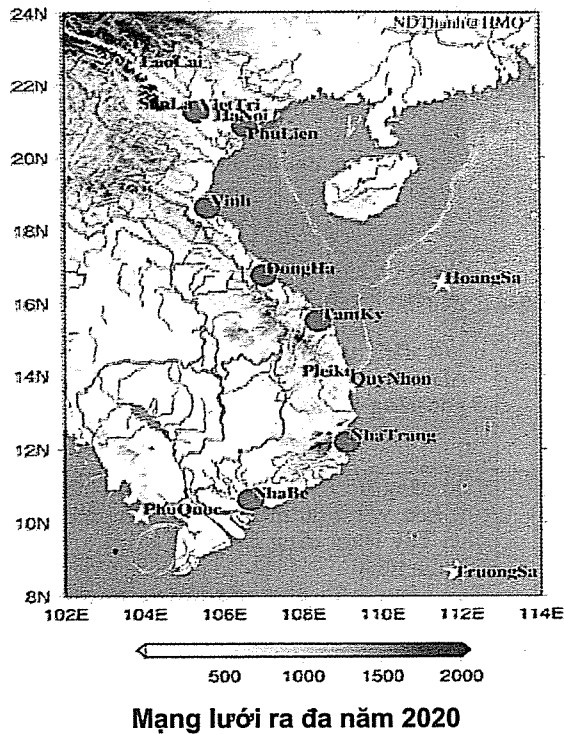
hơn so với các đo đạc thực nghiệm.

4. Che khuất địa hình đối với mạng lưới ra đa thời tiết hiện tại của Việt Nam.

Bảng 2 và Hình 2 mô tả các vị trí dự kiến để quy hoạch các điểm đặt ra đa thời tiết theo Quyết định 16/2007/QĐ-TTg đến năm 2020. Trên Hình 2, các điểm màu đỏ là vị trí của các điểm hiện đang được lắp đặt ra đa.

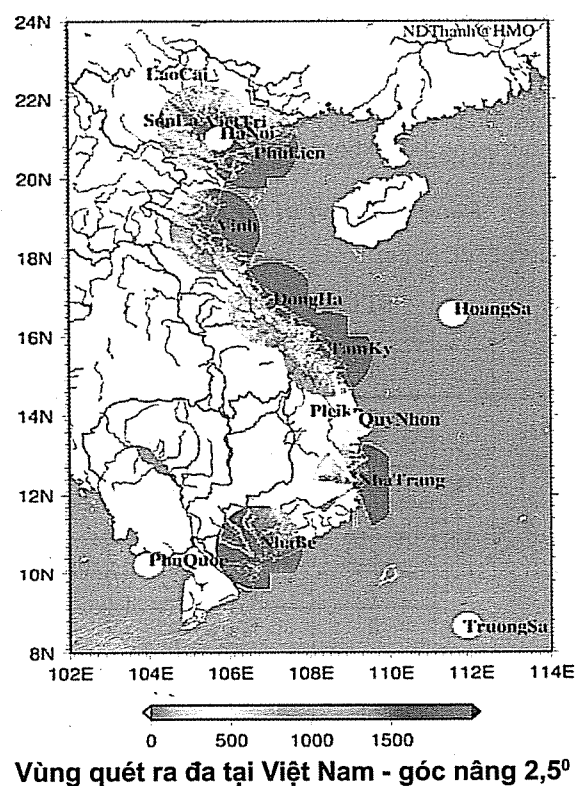
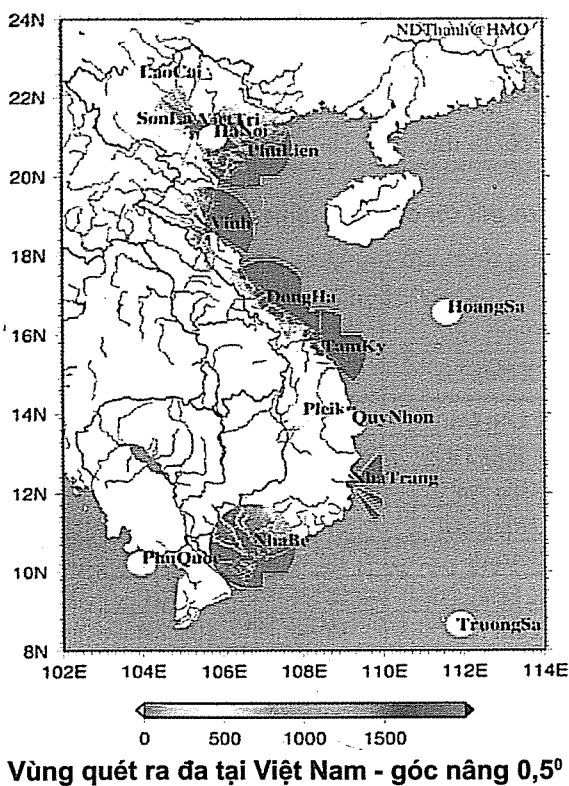
Bảng 2. Các vị trí dự kiến của mạng lưới ra đa thời tiết theo Quyết định 16/2007/QĐ-TTg

STT	Tỉnh/TP	Vị trí	Vĩ độ	Kinh độ
1	Sơn La	P Chiềng Lè, TX Sơn La	$21^\circ 20'$	$103^\circ 54'$
2	Lào Cai	P Cốc Lếu, TX Lào Cai	$22^\circ 30'$	$103^\circ 58'$
3	Việt Trì	P Tân Dân, TP Việt Trì	$21^\circ 18'$	$105^\circ 25'$
4	Phù Liễn	Phù Liễn, Q Kiến An	$20^\circ 48'$	$106^\circ 38'$
5	Hà Nội	Láng Thượng, Đống Đa	$21^\circ 02'$	$105^\circ 48'$
6	Vinh	Cửa Nam, TP Vinh	$18^\circ 40'$	$105^\circ 42'$
7	Đông Hà	TX Đông Hà, TX Đông Hà	$16^\circ 51'$	$107^\circ 05'$
8	Tam Kỳ	Tam An, TX Tam Kỳ	$15^\circ 34'$	$108^\circ 28'$
9	Hoàng Sa	Hoàng Sa, Đảo Hoàng Sa	$16^\circ 33'$	$111^\circ 37'$
10	Quy Nhơn	P Trần Phú, TP Quy Nhơn	$13^\circ 46'$	$109^\circ 13'$
11	Nha Trang	P Vĩnh Nguyên	$12^\circ 13'$	$109^\circ 12'$
12	Trường Sa	Trường Sa Lớn, Trường Sa	$8^\circ 39'$	$111^\circ 55'$
13	Pleiku	P Trà Bá, TP Pleiku	$13^\circ 58'$	$108^\circ 01'$
14	Nhà Bè	Nhà Bè, Nhà Bè	$10^\circ 42'$	$106^\circ 44'$
15	Phú Quốc	Dương Đông, Phú Quốc	$10^\circ 13'$	$103^\circ 58'$



Dựa trên thông số của các trạm hiện tại, mức độ che khuất địa hình với 2 góc nâng khác nhau của các ra đa (ở đây lấy 2 góc nâng $0,5^\circ$ và $2,5^\circ$) trong vùng bán kính 120km được thể hiện trên Hình 3. Ở góc nâng cao $2,5^\circ$, ngoại trừ ra đa Nha Trang, các ra đa khác hầu như không còn bị che khuất bởi địa hình. Ở góc nâng thấp $0,5^\circ$ vùng quét của các ra đa vẫn bị che khuất đáng kể. Việc lắp đặt một ra đa mới do vậy có thể được xem xét để bổ sung một cách tốt nhất vào mạng lưới hiện có, nhằm đảm bảo rằng những khu vực quan trọng của Việt Nam trong bài toán theo dõi, cảnh báo và dự báo thiên tai sẽ được quan trắc đầy đủ nhất có thể bởi các ra đa.

Hình 2. Mạng lưới ra đa thời tiết của Việt Nam theo quy hoạch tại QĐ16/2007/QĐ-TTg. Hình tròn đỏ là các trạm đã lắp đặt. Hình sao vàng là các trạm được quy hoạch lắp đặt đến 2020.



Hình 3. Mức độ che khuất địa hình đối với hai góc nâng $0,5^\circ$ (hình trái) và $2,5^\circ$ (hình phải) cho mạng lưới ra đa thời tiết hiện tại của Việt Nam.

5. Kết luận

Bản đồ độ cao địa hình số DEM là một công cụ đắc lực phục vụ bài toán quy hoạch mạng lưới ra đa thời tiết của nhiều nước trên thế giới. Sử dụng DEM giúp ích cho công tác khảo sát vị trí lắp đặt ra đa, hỗ trợ tích cực cho việc tiến hành khảo sát đo đạc tại thực địa, giúp giảm đáng kể chi phí và thời gian khảo

sát. Với phần mềm RADVIS xây dựng được, kết quả so sánh với đo đạc thực tế tại vị trí Núi Quyết cho thấy tính tin cậy của phần mềm này. Trong thời gian qua, RADVIS cũng đã bước đầu được sử dụng thử nghiệm tại Đài Khí tượng Cao không trong một số dự án khảo sát vị trí lắp đặt ra đa thời tiết của Việt Nam và cho hiệu quả phục vụ rất tốt.

Tài liệu tham khảo

1. Aguado, F. (2005): *The Spanish weather radar network. 32nd Conference on Radar Meteorology. Albuquerque, New Mexico, USA.*
2. Bech, J., B. Codina, J. Lorente and D. Bebbington (2003): *The Sensitivity of Single Polarization Weather Radar Beam Blockage Correction to Variability in the Vertical Refractivity Gradient. J. Atmos. Oceanic Technol., 20, 845–855.*
3. Huuskonen, A., L. Delobbe, B. Urban (2010): *News on the European Weather Radar Network (OPERA). The sixth European conference on radar in meteorology and hydrology.*
4. Minciardi, R., R. Sacile, F. Siccardi (2003): *Optimal Planning of a weather radar network. J. Atmos. Oceanic Technol., 20, 1251-1263.*
5. Sireci, O. (2006): *Turkish State Meteorological Service. Radar Network Feasibility Studies. TECO-2006 – WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation, Geneva, Switzerland.*