

# ỨNG DỤNG ẢNH VIỄN THĂM ĐỘ PHÂN GIẢI SIÊU CAO ĐỂ XÁC ĐỊNH CÁC MÁI NHÀ PHÙ HỢP CHO VIỆC LẮP ĐẶT PIN MẶT TRỜI TRÊN MÁI NHÀ TẠI THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG

TRẦN THANH HUYỀN<sup>1</sup>, PHẠM VĂN CỤ<sup>1</sup>,  
DINH PHƯƠNG TRANG<sup>1</sup>, YACINE BOUROUBI<sup>2</sup>,  
PIERRE BUGNET<sup>2</sup>, CLAIRE GOSSELIN<sup>2</sup>, PHẠM DUY HUY BÌNH<sup>1</sup>  
1 Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường,  
Đại học Khoa học Tự Nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội  
2 Effigis Geo-Solutions Inc. Canada.

## Tóm tắt

Nóng lên toàn cầu do biến đổi khí hậu (BĐKH) đã trở thành một vấn đề nóng của toàn thế giới, đặc biệt đối với những quốc gia phải hứng chịu ảnh hưởng trực tiếp và tác động rủi ro cao từ BĐKH như Việt Nam. Giảm thiểu tới cốt hoàn toàn việc sử dụng năng lượng hóa thạch, đồng thời đẩy mạnh hướng đầu tư vào các nguồn năng lượng xanh khác như năng lượng mặt trời đã và đang trở nên vô cùng quan trọng không chỉ đối với Việt Nam mà còn có ý nghĩa lâu dài đối với sự phát triển bền vững của toàn cầu. Ở Việt Nam, đối tượng nhà máy công nghiệp, các công ty chế xuất đóng góp một lượng lớn phát thải khí nhà kính vào bầu khí quyển, do đó Chính phủ Việt Nam rất quan tâm đến các giải pháp nhằm khuyến khích việc sử dụng năng lượng xanh, cụ thể trong nghiên cứu là năng lượng mặt trời trên mái nhà, nhằm giảm thiểu hiệu quả phát thải do các ngành công nghiệp gây ra. Nghiên cứu sử dụng những kết quả đầu tiên từ Dự án của Ngân hàng Thế giới “Đánh giá Tiềm năng Kỹ thuật Mái nhà Pin Mặt trời trên Thành phố Đà Nẵng” thực hiện bởi liên danh Công ty Effigis Geo-Solutions, Inc., Canada và Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội (CEFD). Dự án sử dụng bộ ảnh lập thể độ phân giải siêu cao WorldView-3 đã được nắn chỉnh hình học và làm nét để xác định các mái nhà và bóng đổ tòa nhà, chiều cao tòa nhà, độ dốc và hướng phơi của mái nhà, dựa trên kỹ thuật học máy cùng các công cụ hỗ trợ khác. Số liệu địa hình được sử dụng để hiệu chỉnh việc xử lý ảnh. Dựa trên một bộ tiêu chí kỹ thuật, kết quả của nghiên cứu là một danh sách 500 mái nhà tiềm năng được chọn lọc từ tổng cộng 646.958 mái nhà đã được xác định bằng phương pháp giải đoán ảnh. Danh sách 500 mái nhà tiềm năng sau đó sẽ được sử dụng cho việc thẩm định tính toán thông qua khảo sát cụ thể tại hiện trường.

**Từ khóa:** pin mặt trời trên mái nhà, năng lượng mặt trời, viễn thám, ảnh WorldView-3, học máy

## Lời cảm ơn

Dữ liệu bao gồm ảnh, thuật toán và thông số đầu ra là các kết quả bước đầu của dự án Ngân hàng Thế giới “Đánh giá Tiềm năng Kỹ thuật Pin Mặt trời trên mái nhà ở Việt Nam” thực hiện bởi liên danh Effigis Geo-Solutions Inc., Canada và CEFD, Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Khoa học Tự nhiên.

## I. Giới thiệu chung

Việt Nam là một quốc gia đang phát triển có nền công nghiệp năng lượng vẫn phụ thuộc rất lớn vào các nguồn năng lượng hóa thạch. Theo thống kê năm 2007, năng lượng hóa thạch chiếm tới 92% tổng kim ngạch năng lượng thương mại của Việt Nam, trong đó than đá chiếm khoảng 50%, dầu mỏ 33.4% và khí đốt 12% [1]. Theo dự đoán, tới năm 2025, Việt Nam sẽ

không đủ khả năng cung cấp năng lượng để đảm bảo nhu cầu về năng lượng của cả nước nếu như không có các giải pháp kịp thời về năng lượng thay thế. Do đó, giải pháp phát triển năng lượng tái tạo, trong đó có năng lượng mặt trời, đang trở nên cấp thiết và cần được quan tâm hơn bao giờ hết. Được đánh giá là một quốc gia có tiềm năng năng lượng mặt trời lớn với số giờ nắng lên tới 2500 giờ/năm với tổng lượng bức xạ hàng năm vào khoảng 230 – 250 kcal/cm<sup>2</sup> [2], Việt Nam hứa hẹn là một nơi lý tưởng để thử nghiệm và ứng dụng các công nghệ năng lượng xanh trên thế giới, trong đó có công nghệ pin mặt trời trên mái nhà.

Hiện nay, có hai hướng tiếp cận chính được sử dụng rộng rãi để đánh giá tính khả thi của việc ứng dụng pin mặt trời trên mái nhà [3], [4]: (1) Phân tích trực quan ảnh không gian để đánh giá từng mái nhà nhằm xác định tổng diện tích phù hợp; (2) Sử dụng công cụ GIS xử lý tự động trên nền tảng các mô hình ba chiều từ dữ liệu LiDAR. Phương pháp thứ nhất mất nhiều thời gian, tốn kém và khó được ứng dụng trên quy mô lớn. Ở phương pháp thứ hai, chi phí mua lại dữ liệu LiDAR cũng là một giới hạn. Trong nghiên cứu này, tác giả sẽ đưa ra một hướng tiếp cận mới, sử dụng và giải đoán ảnh WorldView-3, bộ ảnh vệ tinh độ phân giải siêu cao, tiết kiệm được thời gian và không mất nhiều chi phí.

Trong nghiên cứu này, thành phố Đà Nẵng được chọn là khu vực nghiên cứu do đây là một thành phố lớn của Việt Nam có tốc độ đô thị hóa cao, có nhiều chính sách tiến bộ theo định hướng phát triển xanh và có nhiều khu đô thị, khu công nghiệp có thể triển khai mô hình pin mặt trời trên mái nhà. Việc đánh giá tiềm năng kỹ thuật của các mái nhà pin mặt trời ở các thành phố lớn đòi hỏi phải xác định được các đặc trưng của các mái nhà (độ dốc, hướng phơi, bóng đổ, vật cản) để có thể tính toán được diện tích mái phù hợp, qua đó có thể xác định được tính khả thi của việc lắp đặt hệ thống pin mặt trời. Trong số các cảm biến vệ tinh, WorldView-3 hiện tại có thể cung cấp các bộ ảnh với độ phân giải cao nhất cỡ 0.3m x 0.3m. Với độ phân giải này, các mái nhà sẽ được xác định một cách rõ ràng và tách biệt với các ranh giới vật lý khác (đường phố, cây xanh). Bằng việc sử dụng ảnh lập thể từ WorldView-3 tính toán mô hình số độ cao (DHM) và độ dốc mái, các thông số kỹ thuật cần thiết phục vụ cho việc đánh giá tiềm năng pin mặt trời trên mái nhà cũng

được trích xuất đầy đủ.

Nghiên cứu nhằm mục đích xác định, đặc trưng hóa và đánh giá tiềm năng pin mặt trời cho các mái nhà trên địa bàn thành phố Đà Nẵng; áp dụng bộ tiêu chí kỹ thuật cho việc triển khai pin mặt trời để xếp hạng tính phù hợp của các mái nhà này. Nghiên cứu đã chọn ra 500 mái nhà phù hợp nhất trên tổng số 646.958 mái để tiến hành khảo sát trực tiếp tại hiện trường, nhằm thẩm định việc giải đoán ảnh và phục vụ cho các bước tiếp theo của dự án.

## II. Phương pháp tiếp cận và xử lý dữ liệu

Phương pháp tiếp cận của nghiên cứu dựa vào sự kết hợp giữa công nghệ viễn thám, GIS và kỹ thuật học máy để trích xuất từ bộ ảnh lập thể WorldView-3 các khoanh vi mái nhà cùng với chiều cao mái, diện tích mái không vật cản, hướng phơi và tỉ lệ bóng đổ trên mái. Những thông số này cùng với dữ liệu bức xạ mặt trời từ Atlas bức xạ mặt trời đã được sử dụng để tính toán bức xạ mặt trời đến mái.

### 2.1. Các thông số kỹ thuật bắt buộc

Để đánh giá tiềm năng năng lượng mặt trời trên mái, cần thiết lập một bộ thông tin kỹ thuật ban đầu và được lấy từ các hình ảnh vệ tinh như sau:

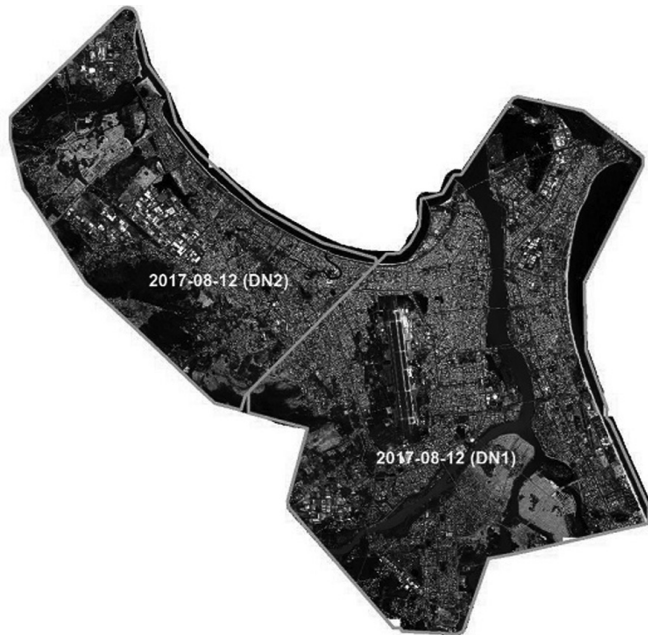
**Khoanh vi mái:** để xác định và để mái nhà tách biệt khỏi các vật thể khác (đường xá, đất trống, thực vật, nước, v.v...) trong phạm vi nghiên cứu.

**Chiều cao tòa nhà:** Chiều cao của tòa nhà giúp loại bỏ báo động giả (từ các bề mặt đất) và giúp xác định, đối với mỗi mái nhà, các khu vực bị che khuất bởi bóng các tòa nhà xung quanh.

**Tỉ lệ diện tích bóng đổ:** tính bằng cách tích hợp khu vực bóng đổ trên mái theo sự thay đổi vị trí mặt trời theo giờ trong ngày và theo các ngày trong năm. Sự tích hợp này có tính đến sự thay đổi bức xạ đến mái theo từng thời điểm.

**Kiểu mái:** yếu tố này ảnh hưởng đến lượng bức xạ mặt trời mái nhà nhận được tùy theo góc và hướng của mái (độ dốc và hướng) và qua đó xác định tính phù hợp cho việc lắp đặt pin mặt trời. Các kiểu mái được phân loại bao gồm: hai mái, bốn mái, bằng phẳng, mái cong, mái tròn, mái phức hợp.

**Hướng phơi và độ dốc mái:** các yếu tố này cũng góp phần ảnh hưởng đến lượng bức xạ mặt trời đến mái do lượng bức xạ mặt trời phương ngang trên một mặt phẳng nghiêng (GTI) phụ thuộc vào độ nghiêng của mặt phẳng và góc hợp thành bởi mái theo hướng



Hình 1: Ảnh WorldView-3 cho khu vực nghiên cứu ở Thành phố Đà Nẵng

so với mặt trời.

Độ dốc mái (khi không nghiêng) sẽ được trích xuất từ DHM; hướng phơi được tính dựa vào các hàm trên GIS.

**Vật cản:** phần trăm vật cản là một yếu tố quyết định tính khả thi của việc lắp đặt pin mặt trời trên mái nhà (phân bố tập trung, phân bố rải rác, vật cản cao có thể gây ra bóng đổ...) cũng như ảnh hưởng đến tổng diện tích mái phù hợp.

**Diện tích mái phù hợp:** đây là yếu tố quan trọng nhất để xác định lượng bức xạ mái nhà có thể nhận được là bao nhiêu. Yếu tố này phụ thuộc vào khoảng vĩ mái, hình dạng mái (liên quan đến vùng diện tích bảo trì), tỉ lệ giữa các vật cản trên mái và vùng bóng đổ trên mái.

**Loại đất sử dụng:** yếu tố này sẽ xác định loại đất mà mái nhà được xây dựng (đất công, đất tư, đất công nghiệp, quốc phòng, v.v...). Loại đất sử dụng cùng với diện tích mái sẽ xác định liệu mái nhà đó có phù hợp cho việc lắp đặt pin mặt trời hay không. Bên cạnh đó, yếu tố này cũng xác định tính khả thi của việc triển khai lắp đặt pin mặt trời do tính chất hành chính của nó (đất quân sự quốc phòng, khu vực bệnh viện, trường học, v.v.v...) và các đặc trưng về thẩm quyền của từng tòa nhà (khu vực cấm, khu đất công, tài sản của nhà nước...).

**2.2. Các dữ liệu đầu vào để trích xuất thông tin Cập nhật lập thể WorldView-3**

Bộ ảnh gồm hai miếng ảnh với độ phân giải 0.3m

được chụp lại vào ngày 12/08/2017 với diện tích tổng cộng 175 km<sup>2</sup> (Hình 1). Ảnh WorldView-3, trước khi được đưa vào tính toán, đã được xử lý qua các công đoạn nắn chỉnh hình học, làm nét, chuyển đổi từ 11-bits sang 8-bits (0-255), tăng cường chất lượng ảnh và nén ảnh (từ GeoTIFF sang jpeg2000).

**Mô hình số mặt đất (DSM)**

Mô hình số mặt đất (DSM) được trích xuất từ ảnh lập thể WorldView-3 tuân theo các trình tự sau: đưa ảnh lập thể vào phần mềm xử lý ảnh, xử lý tam giác ảnh không gian với các điểm nút, tự tương quan và chuyển đổi định dạng từ TIN1 sang dạng raster. DSM với độ phân giải 1m được sử dụng để tính toán Mô hình số độ cao (DHM) và phát hiện bóng đổ.

**Mô hình số địa hình (DTM)**

Mô hình số địa hình (DTM) ở độ phân giải 10m được CEFD cung cấp, cho các thông tin về cao độ địa hình mặt đất.

**Mô hình số độ cao (DHM)**

Mô hình số độ cao (DHM) được tính toán bằng hiệu số giữa DSM và DTM. DHM được sử dụng để tính toán độ cao tòa nhà.

**2.3. Xử lý ảnh và tính toán các thông số kỹ thuật**

**2.3.1. Phương pháp tính toán bóng đổ và khoanh vi mái**

Việc xác định mái nhà ở các đô thị có mật độ công trình xây dựng cao bằng ảnh viễn thám đã và đang là một đề lớn và hấp dẫn đối với các nhà khoa học hoạt động nghiên cứu trong lĩnh vực viễn thám hiện đại.

Ảnh viễn thám được sử dụng trong lĩnh vực này cũng rất đa dạng: ảnh đa phổ, DSM, DEM, SAR, LiDAR... Phương pháp xác định mái nhà được chia thành hai loại: (1) Xác định mái nhà dựa trên ảnh 3D; và (2) xác định mái nhà dựa trên ảnh viễn thám đơn sắc [5]. Xác định mái nhà từ các ảnh vệ tinh độ phân giải siêu cao bằng phân đoạn ảnh là công đoạn đầu tiên để trích xuất các thông số kỹ thuật cần thiết bao gồm diện tích, hướng phơi, độ dốc, kiểu mái, và các công năng của tòa nhà để phục vụ mục đích lắp đặt pin mặt trời trên mái nhà. Hiện nay có nhiều phương pháp phân đoạn ảnh viễn thám độ phân giải cao áp dụng cho các vật thể thuộc khu đô thị, trong đó hệ thống phân loại sử dụng Véc-tơ máy hỗ trợ (Support Vector Machines –SVM) được áp dụng cho phân loại định hướng đối tượng của nghiên cứu này và được tiến hành theo các bước sau:

- Phân đoạn đa lớp
- Lược bỏ các vật thể nhỏ, dài
- Phát hiện các mái nhà (phân loại và nhóm) dựa theo dấu hiệu phổ, hình dạng và DHM.

Sau bước phân đoạn ảnh, các thông tin dưới đây phải được kiểm tra thủ công:

- Các phần của mái nhà phải được hợp lại (màu sắc mái có thể không đồng nhất);
- Lược bỏ các báo hiệu giả (ví dụ: góc tiếp nhận đối với các bên của tòa nhà quá lớn, yếu tố mây che phủ và bóng đổ khiến cho các phần đường đi ngăn cách các tòa nhà bị che khuất...);
- Bổ sung các mái chưa được xác định (do bóng đổ, mây);

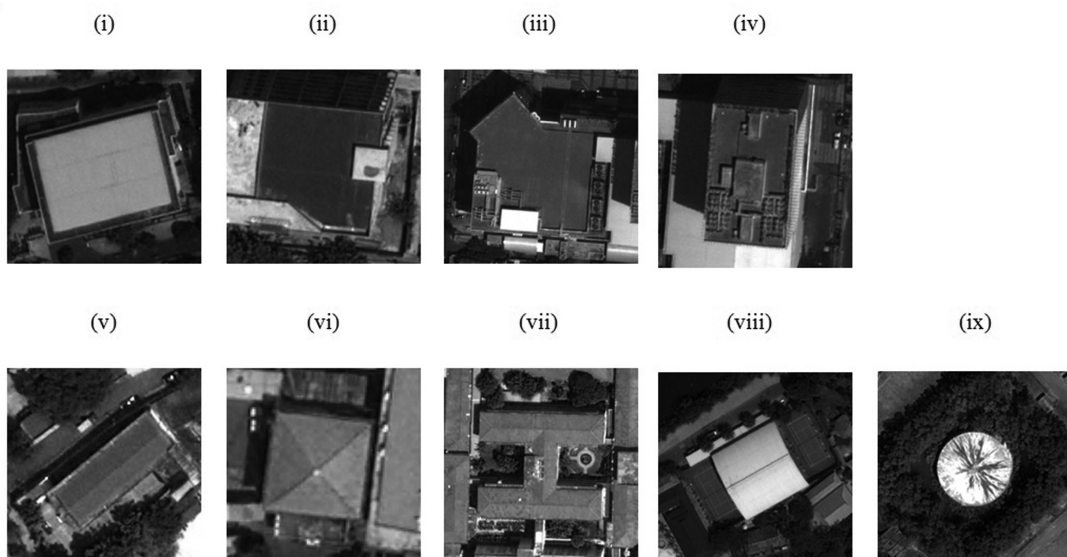
- Hoàn thiện các phần mái bị che khuất (do cây).

Trong khu vực, nhiều tòa nhà phần mái có xuất hiện bóng đổ do các phần này không được chiếu sáng do có vật cản trên mái hoặc các tòa nhà cao hơn che khuất. Trong nhiều phương pháp xác định bóng đổ, nghiên cứu này đã chọn ra phương pháp sử dụng hàm tính toán GIS sử dụng DSM và vị trí mặt trời vào các tháng, và theo từng thời gian trong ngày (giữa bình minh và hoàng hôn) để tính toán bóng đổ cho các tòa nhà.

### 2.3.2. Phương pháp trích xuất các thông số kỹ thuật mái

Phương pháp học máy sâu ứng dụng trích xuất các thông tin từ ảnh viễn thám độ phân giải siêu cao đang được sử dụng tương đối rộng rãi. Các ứng dụng tương tự có thể được tham khảo trong các nghiên cứu của Dahmane et al., 2016 [6] và Penatti et al., 2015 [7]. Hướng tiếp cận này được sử dụng để phân loại kiểu mái (bằng phẳng vs. nghiêng, số mái, và tỉ lệ vật cản). Sau khi đánh giá trực quan các ảnh WorldView-3, 9 loại kiểu mái đã được phân loại (Hình 2):

- (i) Bằng phẳng không vật cản
- (ii) Bằng phẳng với 0-10% vật cản
- (iii) Bằng phẳng với 10-30% vật cản
- (iv) Bằng phẳng với 30% vật cản
- (v) Hai mái
- (vi) Bốn mái
- (vii) Phức hợp
- (viii) Mái cong (bán nguyệt)
- (ix) Mái hình cầu



Hình 2: Phân loại kiểu mái dựa trên kỹ thuật học máy sâu

### III. Kết quả

#### 3.1. Xác định khoanh vi mái và bóng đổ từ ảnh

##### WorldView-3

Quy trình phân loại định hướng đối tượng bao gồm: phân đoạn ảnh, phân loại, nhóm và kiểm tra chất lượng. Kết quả của quy trình phân loại này đã xác định được 646.958 mái nhà (xem Hình 3).

Hình 5 mô tả một ví dụ về mối tương quan giữa hình dạng mái (theo ảnh WorldView-3) và DHM. Độ dốc

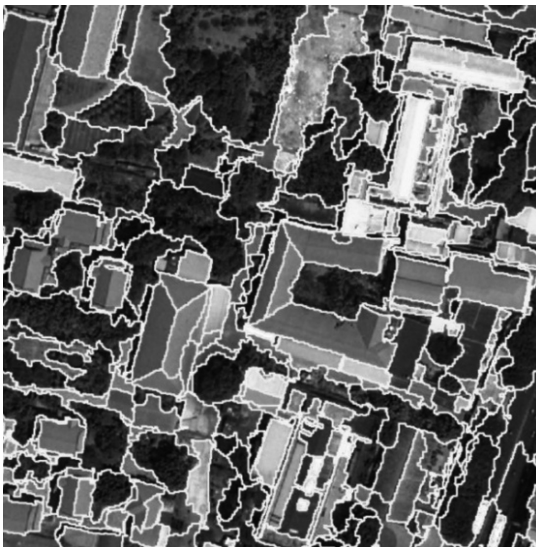
mái được tính toán bởi công thức:

$$\text{Atan} [(H_{\max} - H_{\min}) / (\text{Width} / 2)]$$

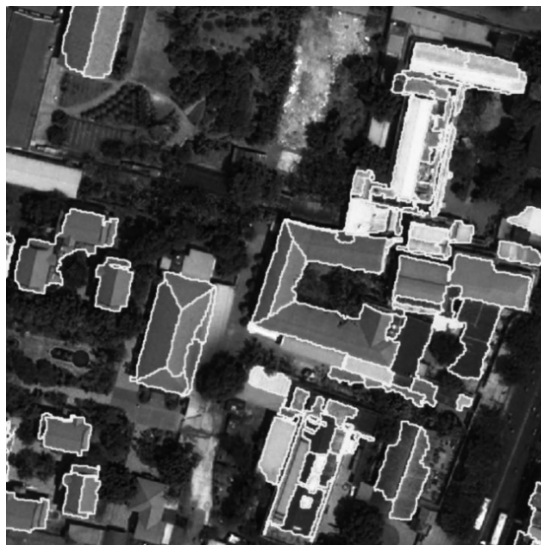
Các mái nhà có độ biến thiên chiều cao mái nhỏ (độ dốc nhỏ) được coi là mái bằng phẳng.

Hình 5 mô tả một ví dụ về sự biến thiên của bóng đổ tòa nhà theo các thời gian khác nhau trong ngày và theo các thời điểm khác nhau trong năm, sử dụng DSM để tính toán bóng đổ. Chiều dài bóng đổ được ghi nhận là dài nhất ở khoảng thời gian gần với bình minh và hoàng hôn trong một ngày.

1: Phân đoạn ảnh



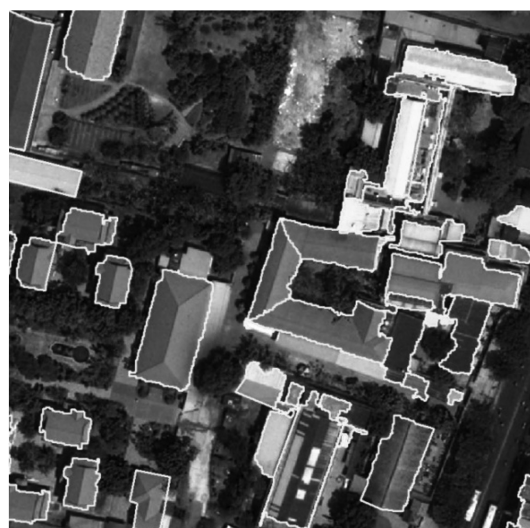
2: Phân loại ảnh



3: Nhóm đối tượng



4: Kiểm tra chất lượng



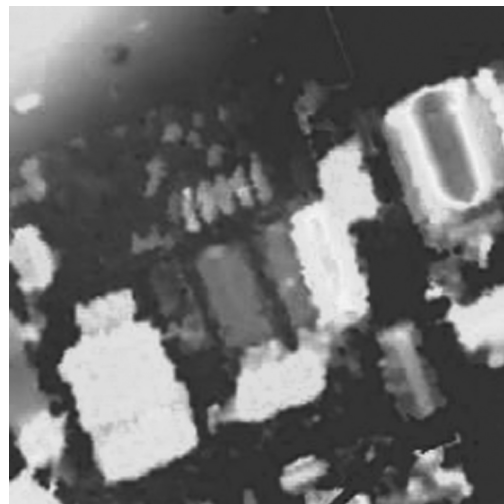
Hình 3: Quy trình phân loại định hướng đối tượng để xác định các mái nhà trong khu vực nghiên cứu ở thành phố Đà Nẵng



Hình 4: Các mái nhà ở Đà Nẵng xác định được từ quy trình phân loại định hướng đối tượng

Ảnh WorldView-3

DHM



Hình 5: Mối liên hệ giữa hình dạng mái và DHM, sử dụng để tính toán độ dốc mái

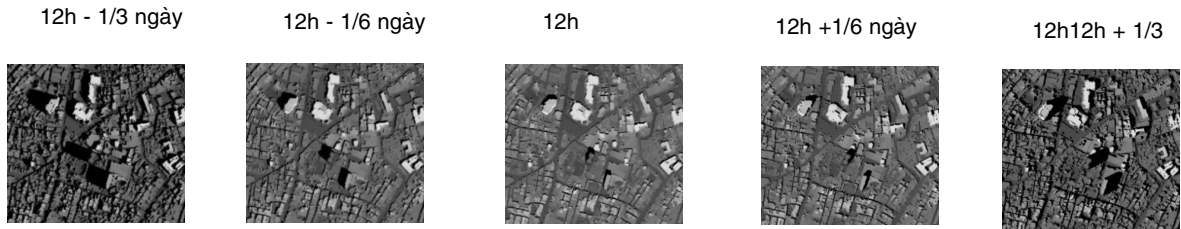
Bóng đổ được tính toán từ DSM qua nhiều cung giờ trong một ngày - Ghi nhận vào tháng Hai, được thể hiện trên Hình 6.

Diện tích mái nhà phải được giảm xuống khoảng 1m diện tích biên (Abiên) và được hiệu chỉnh các thông tin về vật cản và bóng đổ. Diện tích phù hợp của

mái nhà cho việc lắp đặt pin mặt trời được tính toán bằng công thức sau:

Aphù hợp = Abiên . (1- tỉ lệ diện tích vật cản) . (1 – tỉ lệ diện tích bóng đổ)

Một số thống kê về diện tích của các mái nhà trong vùng nghiên cứu được thể hiện trong Bảng 1.



Hình 6: Biến thiên bóng đổ của các tòa nhà theo thời gian trong ngày và trong tháng cụ thể trong năm

Bảng 1: Thống kê diện tích các mái nhà đã xác định từ ảnh WorldView-3

| Tổng diện tích bề mặt khu vực nghiên cứu                            | 174,690,000 m <sup>2</sup> (175 km <sup>2</sup> ) |
|---|---|
| Tổng diện tích mái xác định   | 28,613,785 m <sup>2</sup>                         |
| Tổng diện tích mái phù hợp  | 9,145,406 m <sup>2</sup>                          |
| Tỉ lệ diện tích bề mặt mái phù hợp so với tổng diện tích bề mặt mái | 32%   |
| Mái không có công trình cản   | 3,967,929 m <sup>2</sup>                          |
| Mái với tỉ lệ công trình cản 0-10%                                  | 818,634 m <sup>2</sup>                            |
| Mái với tỉ lệ công trình cản 10-30%                                 | 376,657 m <sup>2</sup>                            |
| Mái với tỉ lệ công trình cản >30%                                   | 7,733 m <sup>2</sup>                              |
| Diện tích bề mặt mái nhà hai mái phù hợp                            | 3,681,278 m <sup>2</sup>                          |
| Diện tích bề mặt mái nhà bốn mái phù hợp                            | 88,515 m <sup>2</sup>                             |
| Diện tích bề mặt mái phù hợp khác (phức hợp, vòm, chòm cầu)         | 204,662 m <sup>2</sup>                            |

**3.2. Đánh giá tiềm năng kỹ thuật pin mặt trời trên mái nhà**

Nghiên cứu sử dụng bức xạ mặt trời đến mái (kWh) trích xuất từ Atlas năng lượng mặt trời toàn cầu (kWh/m<sup>2</sup>/năm) cho một năm cụ thể bằng việc sử dụng khoan vi các mái nhà kèm theo thông tin về diện tích của mái đó (m<sup>2</sup>). Đây là phương pháp đơn giản để tính toán bức xạ toàn cầu theo phương ngang (GHI) và bức xạ toàn cầu tới các mặt phẳng nghiêng theo vĩ độ

(GTI) với bất kỳ loại mái nào. Đối với mái nhà bằng phẳng, việc tính toán khá đơn giản do GTI bằng GHI. Tuy nhiên, GTI nhận được bởi mái nhà có các mặt nghiêng (như hai mái, bốn mái v.v..) ngoài diện tích mái phù hợp (Aphù hợp), cần phải tính đến loại mái, độ dốc mái và hướng phơi để có thể trích xuất GTI từ Global Solar Atlas tương ứng độ dốc mái và góc phương vị.



Hình 7: Ví dụ về tổng điện năng sản sinh được từ các mái nhà pin mặt trời (MWh/năm)

Một số thống kê về diện tích của các mái nhà trong vùng nghiên cứu được thể hiện trong Bảng 2

|  |                      |
|--|----------------------|
| <b>Tổng điện năng tiềm năng theo phương ngang (GHI)</b>                          | <b>3,189,917 MWh</b> |
| <b>Tổng điện năng năm tiềm năng của bề mặt nghiêng theo vĩ độ (GTI – tối ưu)</b> | <b>3,231,986 MWh</b> |
| <b>Tổng điện năng năm tiềm năng của bề mặt nghiêng (Độ dốc của mái)</b>          | <b>3,088,135 MWh</b> |
| <b>Tổng điện năng năm tiềm năng của bề mặt ngang theo loại mái</b>               |                      |
| Mái không có công trình cản  | 1,384,013 MWh        |
| Mái với tỉ lệ công trình cản 0-10%   | 285,539 MWh          |
| Mái với tỉ lệ công trình cản 10-30%  | 131,377 MWh          |
| Mái với tỉ lệ công trình cản >30%  | 2,697 MWh            |
| Hai mái  | 1,284,029 MWh        |
| Bốn mái  | 30,874 MWh           |
| Mái khác   | 71,386 MWh           |

Bảng 2: Điện năng tiềm năng tính toán được cho từng loại mái ở Đà Nẵng

#### IV. Thảo luận

Nghiên cứu đã chỉ ra một phương pháp mới để đánh giá tiềm năng kỹ thuật pin mặt trời trên mái nhà dựa trên các kỹ thuật thông thường (Phép đo ảnh, Phân loại định hướng đối tượng) và các kỹ thuật tiên tiến (học máy sâu) ứng dụng cho các bộ ảnh viễn thám độ phân giải siêu cao. Hướng tiếp cận này đã đưa ra những kết quả rất hài lòng cả về mặt chất lượng, kinh phí dữ liệu tới việc tiết kiệm thời gian tính toán.

Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng Đà Nẵng là thành phố có tiềm năng năng lượng mặt trời cao và có nhiều mái nhà có diện tích mái lớn, ít vật cản và mang tính khả thi cao để triển khai lắp đặt pin mặt trời. Đây cũng là kết luận then chốt để các ban quản lý, các cấp chính

quyền có thể làm nền tảng để đưa ra những chính sách phù hợp, xác định những bước triển khai tiếp theo của dự án và định hướng phát triển xanh của thành phố.

Bên cạnh những ưu điểm của phương pháp, việc sử dụng ảnh viễn thám độ phân giải siêu cao như WorldView-3 vẫn khá đắt đỏ để được ứng dụng rộng rãi, nhất là với những quốc gia đang phát triển và chưa phát triển. Bên cạnh đó, ứng dụng ảnh viễn thám đối với những khu vực có tốc độ đô thị hóa cao, cần chú ý đến tính cập nhật của phiên bản ảnh, do tính chất thay đổi sử dụng đất cực kỳ nhanh của các khu vực này (nhiều khu vực, các tòa nhà tuổi thọ chưa đến 1-2 năm hoặc trong diện quy hoạch của thành phố) □

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. Vi and N. Trung, "An Overview of the Status Quo and the Future Prospect of the Renewable Energy Market in Vietnam," 2012.
- [2] J. Shah, M. G. Alindogan, P. Jain, and C. Borlaza, "Wind Energy Future in Asia," *Wind Energy Futur. Asia Rep.* 2012, 2012.
- [3] P. Gagnon, R. Margolis, J. Melius, C. Phillips, and R. Elmore, "Rooftop solar photovoltaic technical potential in the united states: A detailed assessment," *Nrel*, no. January, p. 82, 2016.
- [4] N. Luka, S. Seme, K. De•an, B. •alik, and G. Stumberger, "Economic and environmental assessment of rooftops regarding suitability for photovoltaic systems installation based on remote sensing data," *Energy*, vol. 107, pp. 854–865, 2016.
- [5] S. Ghaffarian and S. Ghaffarian, "Automatic building detection based on Purposive FastICA (PFICA) algorithm using monocular high resolution Google Earth images," *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 97, pp. 152–159, 2014.
- [6] R. F. B. Y. and B. M. Dahmane M., Foucher S., Beaulieu M., "Evaluation of Deep Features for Car Detection in Very High-Resolution Imagery," in *23rd Int. Conf. Pattern Recognition*, December 2016, Cancun, Mex., 2016.
- [7] O. A. B. Penatti, K. Nogueira, and J. A. Dos Santos, "Do deep features generalize from everyday objects to remote sensing and aerial scenes domains?," in *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 2015, vol. 2015–October, pp. 44–51.