



## THEO DÕI BIẾN ĐỘNG NƯỚC MẶT ĐÔ THỊ BẰNG CHỈ SỐ MNDWI TỪ ẢNH VỆ TINH ĐƯỢC TĂNG CƯỜNG ĐỘ PHÂN GIẢI

Vũ Anh Tuấn\*, Lê Thị Thu Hằng, Nguyễn Hồng Quảng

Trung tâm Vũ trụ Việt Nam – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam  
Ngày nhận bài: 30-9-2018; ngày nhận bài sửa: 22-10-2018; ngày duyệt đăng: 21-11-2018

### TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá khả năng chiết xuất nước mặt đô thị bằng cách tăng cường độ phân giải của các kênh hồng ngoại sóng ngắn (SWIR). Việc sử dụng kênh SWIR đã được tăng cường độ phân giải để tính toán các chỉ số xác định nước cho thấy khả năng tách nước được cải thiện. Nghiên cứu cũng đánh giá các phương pháp tăng cường độ phân giải ảnh và đưa ra phương pháp cho chất lượng ảnh tốt nhất để tính chỉ số MNDWI có kết quả chính xác hơn. Phương pháp đã được áp dụng thử nghiệm cho chuỗi thời gian 10 năm ở khu vực Hà Nội.

**Từ khóa:** chiết xuất nước, chỉ số nước, tăng cường độ phân giải, Sentinel-2A, Landsat.

### ABSTRACT

#### *Monitoring Urban Surface Water Body Changes Using MNDWI Estimated from pan-sharpened Optical Satellite Images*

This study focuses on evaluation of using pan-sharpened Short-wavelength infrared (SWIR) band of remote sensing imagery for extracting urban surface water bodies. The pan-sharpened Short-wavelength infrared (SWIR) bands sharpened at a better resolution were used for estimating the water index and we found that the accuracy was improved. This study also investigated the methods to pan-sharpen satellite images to obtain higher quality and figured out how to calculate the MNDWI at highest accuracy. This method was applied for 10-year time series of Landsat and Sentinel-2 images of Hanoi.

**Keywords:** pan-sharpening, Landsat, Sentinel-2A, Water extraction, Water index.

### 1. Đặt vấn đề

Hiện tại, việc quản lý, giám sát toàn bộ nước mặt của khu vực đô thị là công việc không hề đơn giản. Theo báo cáo hồ Hà Nội 2015 [1] thì với việc quản lý hồ hiện nay chủ yếu dựa điều tra mặt đất với các số liệu có sẵn, đo đạc, phân tích, phỏng vấn khu vực hồ đó để có được thông tin chi tiết. Phương pháp này giá thành cao, mất nhiều thời gian, không đáp ứng được các yêu cầu về tính tức thời. Ngoài ra, phương pháp quản lý này đòi hỏi cần nhiều người nhất là đối với phạm vi lớn.

Ngày nay, viễn thám đã trở thành một trong những công cụ hữu hiệu trong việc giám sát và quản lý bề mặt nước trên Trái Đất. Việc ứng dụng phương pháp chiết tách nước mặt từ ảnh viễn thám dựa trên tính toán chỉ số nước đang được ứng dụng rộng rãi với nhiều ưu

\* Email: vatuan@vnsc.org.vn

điểm nổi trội như tính hiệu quả, chi phí thấp [2]. Nhiều các chỉ số nước đã được tính toán và đưa ra, phổ biến như chỉ số NDWI [3] dùng kênh Green và kênh cận hồng ngoại (NIR) của ảnh viễn thám dựa trên hiện tượng bề mặt nước có khả năng hấp thụ mạnh và bức xạ thấp đối với hai kênh này trong phạm vi từ sóng nhìn thấy đến hồng ngoại. Chỉ số NDWI có khả năng tăng cường các thông tin về nước để nhận biết và chiết tách nó một cách hiệu quả. Tuy nhiên, nó cũng rất nhạy cảm với đất xây dựng nên kết quả thường bị lẫn giữa đất xây dựng với bề mặt nước. Để khắc phục những thiếu sót của NDWI, Xu (2006) trên cơ sở NDWI đã đưa ra chỉ số khác biệt nước MNDWI [4] dùng kênh hồng ngoại sóng ngắn (SWIR) thay thế cho kênh NIR sử dụng trong công thức tính NDWI. Chỉ số MNDWI đã được kiểm chứng qua rất nhiều nghiên cứu rằng nó có khả năng hơn để tăng cường các thông tin về nước qua đó có thể chiết tách bề mặt nước một cách chính xác hơn [5]. Tuy nhiên, để tăng khả năng chiết tách nước, đặc biệt là các vùng nước nhỏ trong khu dân cư người ta tăng cường độ phân giải của các kênh SWIR, Green lên để tính toán được chỉ số MNDWI với độ chính xác cao hơn. Phương pháp trộn ảnh là một trong các phương pháp phổ biến nhất để tăng cường độ phân giải của ảnh viễn thám. Phương pháp trộn ảnh dựa trên độ phân giải không gian cao hơn sẵn có của một kênh ảnh để tăng cường độ phân giải cho kênh ảnh thấp hơn bằng nó. Phương pháp này đã được nhiều nghiên cứu ứng dụng để chiết tách và thành lập bản đồ nước mặt [6].

Trong nghiên cứu này, đã sử dụng các kênh RGB và kênh NIR của ảnh Sentinel-2 có độ phân giải 10 m để làm cơ sở tăng cường độ phân giải cho kênh SWIR từ 20 m lên 10 m. Kênh 8 (PAN) của ảnh Landsat có độ phân giải 15 m được dùng làm cơ sở cung cấp thông tin để tăng cường độ phân giải cho kênh SWIR và Green từ 30 m lên 15 m. Nghiên cứu này đưa ra lựa chọn kỹ thuật chiết tách nước chính xác phù hợp với việc giám sát nước khu vực đô thị qua nhiều thời kỳ

## **2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu**

### **2.1. Khu vực nghiên cứu**

Thủ đô Hà Nội trong quá trình mở rộng để trở thành một đô thị lớn, hiện đại không thể tránh khỏi các biến động lớn về hiện trạng sử dụng đất nói chung và nước mặt nói riêng. Đây chính là một trong các đối tượng biến động, thay đổi nhiều. Vùng nghiên cứu trong đề tài tập trung vào các quận nội thành và hai huyện giáp ranh có mức độ phát triển, đô thị hóa nhanh là huyện Thanh Trì và huyện Gia Lâm của thành phố Hà Nội.

### **2.2. Dữ liệu**

Dữ liệu ảnh vệ tinh dùng trong nghiên cứu này gồm: ảnh vệ tinh Landsat, Sentinel-2 trong 10 năm từ 2008-2017, tần suất mỗi năm 01 ảnh với lựa chọn ảnh ít mây, rõ nét. Cụ thể: Landsat 5(2008-2011) các ngày 7/8/2008; 5/11/2009; 8/11/2010; 24/9/2011; Landsat 8 (2013-2017): ngày 7/12/2013; 18/1/2014; 11/7/2015; 1/6/2016; 4/7/2017. Ảnh Sentinel-2 (2015-2017): ngày 6/10/2016; 31/10/2017. Ngoài ra, còn có dữ liệu từ vệ tinh Rapideye: năm 2016, độ phân giải 5 m dùng để hỗ trợ đánh giá khả năng chiết tách nước mặt của phương pháp.

### 2.3. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.3.1. Chỉ số nước (Nomal Difference Water Index) được tính theo công thức

$$NDWI = \frac{\rho_{green} - \rho_{NIR}}{\rho_{green} + \rho_{NIR}} \quad (3.1)$$

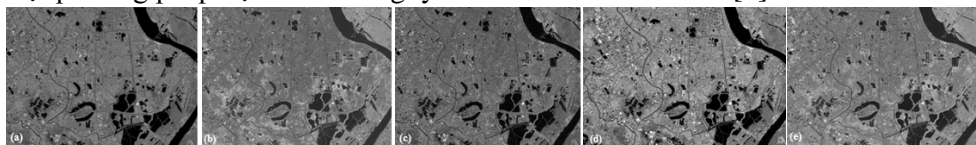
Công thức (3.1) sử dụng hai kênh green và NIR để tối đa phản xạ của bề mặt nước trên kênh green và giảm thiểu điều đó trong kênh NIR.

$$MNDWI = \frac{\rho_{green} - \rho_{SWIR}}{\rho_{green} + \rho_{SWIR}} \quad (3.2)$$

Modified NDWI (MNDWI) của Xu (2007) đã thay thế kênh NIR dùng trong công thức (3.1) thành kênh SWIR. Nhìn chung, giá trị nước mặt trong MNDWI thường lớn hơn trong NDWI vì kênh SWIR thường hấp thụ ánh sáng hơn NIR và các đối tượng như đất, thực vật hay đất xây dựng thì lại có giá trị nhỏ hơn (thường giá trị âm) bởi vì chúng phản xạ ánh sáng ở SWIR cao hơn là ở green. MNDWI đã chứng minh được ưu thế của nó trong nhiều ứng dụng liên quan đến nước.

#### 2.3.2. Tăng cường độ phân giải ảnh

Việc tăng cường độ phân giải của kênh ảnh rất hữu dụng trong việc nhận biết và tách nước, giúp cho việc xác định được ranh giới nước một cách chính xác hơn. Có rất nhiều phương pháp để tăng cường độ phân giải [7] đã được đưa ra, trong nghiên cứu này có sử dụng một số thuật toán nổi tiếng phổ biến như: PCA; HIS; GS hay dùng chính ảnh chỉ số NDVII để tăng cường độ phân giải ảnh cho các kênh của ảnh landsat và ảnh sentinel-2. Mỗi một phương pháp dựa trên các nguyên tắc cơ bản khác nhau [8].

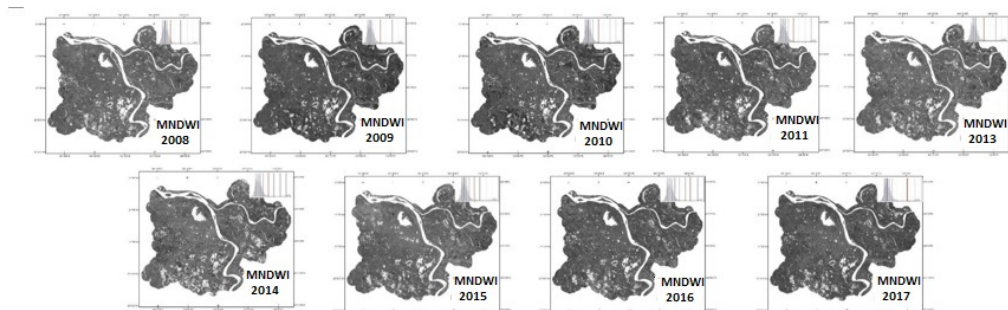


**Hình 1.** Kết quả sự khác nhau của các phương pháp tăng cường kênh SWIR ảnh Sentinel-2 có độ phân giải 20 m lên 10 m, (a) kênh SWIR độ phân giải 20 m; (b) phương pháp GS (Gram-Schmidt); (c) phương pháp IHS; (d) phương pháp dùng NDVII; (e) phương pháp PCA

#### 2.3.3. Ảnh chỉ số và chọn ngưỡng

Tính toán ảnh chỉ số MNDWI theo công thức (3.2) với các kênh đã được tăng cường theo phương pháp tăng cường ảnh HIS cho các năm từ 2008-2017. Các ảnh chỉ số MNDWI nhận được của các năm đã thể hiện rất rõ nét sự khác biệt giữa các đối tượng nước và không nước.

Giá trị ngưỡng được chọn từ việc phân tích các nguồn thông tin khác nhau: hình dáng biểu đồ (histogram shape), entropy, đặc tính tương tự, tương quan không gian, độ xám... Trong nghiên cứu này, sử dụng phân tích đặc tính của biểu đồ độ xám theo phương pháp của Otsu [9]. Phương pháp này đưa ra cách phân ngưỡng dựa trên cơ sở hình dáng biểu đồ để chiết tách nước mặt, phân tích phân bố biểu đồ độ xám (Hình 2), so sánh điều chỉnh ngưỡng để cuối cùng đưa ra được ngưỡng hợp lí cho vùng nghiên cứu: với ảnh Landsat pixel được chọn là nước có giá trị > 0,12; Với ảnh Sentinel-2 pixel được chọn là nước có giá trị > 0,4

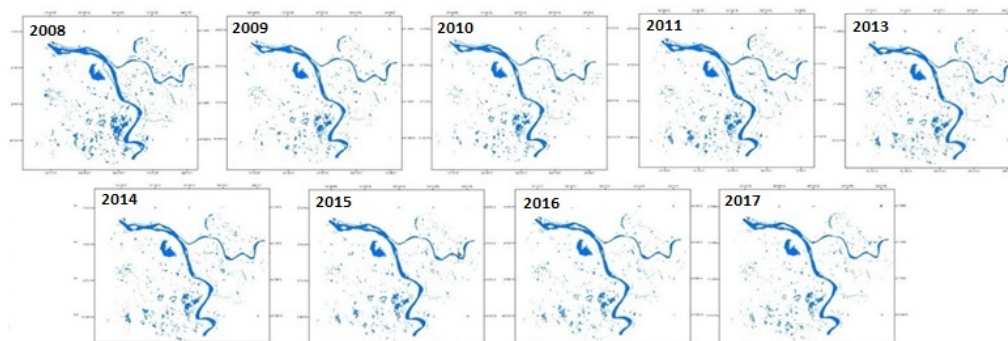


**Hình 2.** Ảnh chỉ MNDWI và biểu đồ histogram trong giai đoạn từ năm 2008-2017

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Bản đồ nước mặt

Với phương pháp tăng cường độ phân giải ảnh và sử dụng ngưỡng phân tích, tính toán nêu trên nhóm nghiên cứu đã chiết tách được bề mặt nước từ ảnh vệ tinh của các năm từ 2008-2017 một cách chính xác (Hình 3). Hầu như tất cả các ao hồ điển hình trong khu vực đều được chiết tách với giá trị ngưỡng đưa ra.

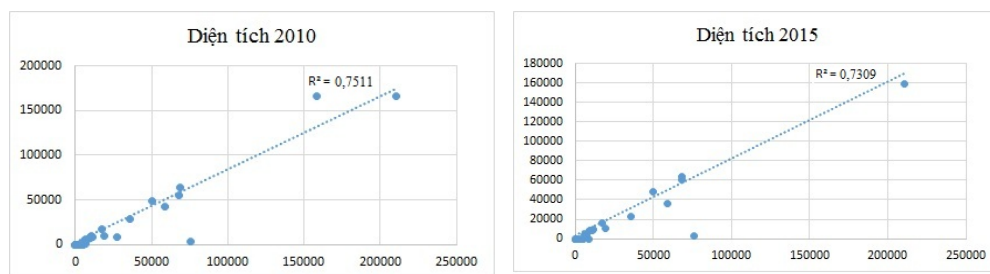


**Hình 3.** Bản đồ chiết xuất nước mặt từ ảnh chỉ số MNDWI giai đoạn 2008-2017

#### 3.2. So sánh kết quả với Báo cáo của nước mặt Hà Nội 2015

Kết quả tính toán diện tích nước mặt từ chiết tách ảnh vệ tinh so sánh với số liệu thống kê báo cáo hồ Hà Nội 2015 (Bảng 1) nhận thấy kết quả thu được tuy có sai khác về số liệu diện tích nhưng có hệ số tương quan tương tốt.

Phần lớn các hồ đều đoán đọc được. Các hồ lớn thì ảnh vệ tinh đoán đọc tương đối tốt, với hồ có diện tích nhỏ (<5000 m<sup>2</sup>) ảnh vệ tinh gần như không đoán đọc được chính xác do diện tích của hồ đó quá nhỏ so với độ phân giải ảnh, chỉ chiếm một vài pixel.



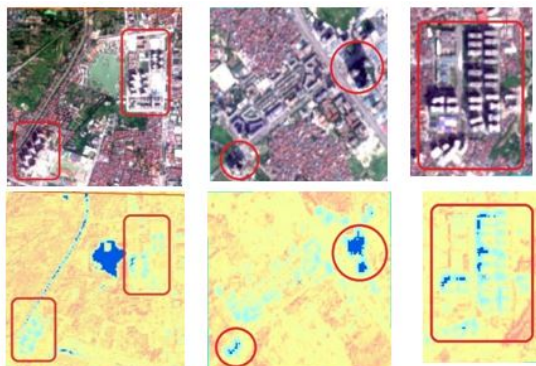
Hình 4. Tương quan giữa số liệu ảnh vệ tinh và số liệu trong báo cáo hồ Hà Nội 2015

Bảng 1. So sánh kết quả từ ảnh vệ tinh với báo cáo của nước mặt Hà Nội 2015

TT	Tên hồ	Quận	Báo cáo hồ Hà Nội		Ảnh vệ tinh		TT	Tên hồ	Quận	Báo cáo hồ Hà Nội		Ảnh vệ tinh	
			Diện tích (m2)		Diện tích (m2)					Diện tích (m2)		Diện tích (m2)	
			2010	2015	2010	2015				2010	2015	2010	2015
1	Hồ Trúc Bạch	Ba Đình	158.453	158.453	165.600	161.900	24	Hồ Thiên Quang	Hai Bà Trưng	58.686	58.686	42.400	36.300
2	Hồ Thành Công	Ba Đình	50.046	50.046	48.700	48.500	25	Hồ Quỳnh	Hai Bà Trưng	7201	7201	4800	2800
3	Hồ Ngọc Khánh	Ba Đình	35.881	35.881	27.900	22.369	26	Hồ Quang Trung	Hai Bà Trưng	10.736	10.736	9800	8432
4	Hồ Giảng Võ	Ba Đình	68.300	38.300	54.900	63.635	27	Hồ Hai Bà Trưng	Hai Bà Trưng	11.415	11.415	8360	9500
5	Hồ Đầm Tròn	Ba Đình	9536	9536	8650	8600	28	Hồ công viên Tuổi trẻ	Hai Bà Trưng	17.302	17.302	17.214	16.457
6	Hồ Bách Thảo 2	Ba Đình	5906	5906	3900	4500	29	Hồ cạnh hồ Ao cá Bác Hồ	Hai Bà Trưng	6304	6272	1283	1243
7	Hồ Bách Thảo 1	Ba Đình	6679	6679	5490	5532	30	Hồ cá Bác Hồ	Hai Bà Trưng	27.709	18.944	8.100	11.000
8	Hồ Thủ Lệ	Ba Đình	6821	68.521	63.635	60.247	31	Hồ Bảy Mẫu	Hai Bà Trưng	210.270	210.270	166.500	159.140
9	Hồ Đầm	Ba Đình	9536	9536	7213	8156	32	Ao Ngo 153/34 Vinh	Hai Bà Trưng	19.257	7275	9000	3200
10	Ao Chùa Một Cột	Ba Đình	202	202	NA	NA	33	Hồ Thanh Nhàn	Hai Bà Trưng	76.000	76.000	3200	2900
11	Hồ Trung Kính	Cầu Giấy	NA	4299	NA	2200	34	Hồ Cẩn	Hai Bà Trưng	16.325	16.325	152.800	155.700
12	Hồ Trung Kính	Cầu Giấy	4078	4078	NA	3822	35	Hồ Văn Chương	Đống Đa	13.418	13.418	15.400	13.403
13	Hồ Q.Ủy Cầu Giấy	Cầu Giấy	2814	2814	NA	2533	36	Hồ Nam Đồng	Đống Đa	42.876	42.876	31.500	33.300
24	Hồ nghĩa trang	Cầu Giấy	10.533	10.533	10.800	9400	37	Hồ Linh Quang	Đống Đa	22.700	22.108	12.900	11.100
15	Hồ Nghĩa Tân	Cầu Giấy	43.706	43.706	29.700	33.600	38	Hồ Láng Thượng	Đống Đa	14.797	14.797	11.100	17.000
16	Hồ công viên cầu	Cầu Giấy	NA	43.053	NA	40.111	39	Hồ Hồ Mê	Đống Đa	10.061	10.061	10.700	12.600
17	Ao đối diện NT	Cầu Giấy	24.276	22.935	17.200	20.456	40	Hồ Hoàng Cầu	Đống Đa	135.100	135.100	16.200	15.700
18	Hồ Tứ Liên	Tây Hồ	26.446	25.579	32.703	34.306	41	Hồ Ba Mẫu	Đống Đa	43.448	43.448	22.800	33.900
19	Hồ Tây	Tây Hồ	5160.000	5.160.000	4.986.000	4.965.900	42	Hồ Hoàn Kiếm	Hoàn Kiếm	120.000	120.000	93.600	92.400
20	Hồ Quảng Bá	Tây Hồ	62.194	30.496	67.125	23.600	43	Đầm sen Quảng Bá	Tây Hồ	34.452	33.070	30.756	15.970
21	Đầm Trị	Tây Hồ	61.490	61.490	47.700	56.126	44	Đầm Báy	Tây Hồ	57.135	57.135	37.477	43.362
22	Đầm Sen Quảng Bá	Tây Hồ	39.305	3305	32.547	29.062	45	Ao chùa Phổ Linh	Tây Hồ	23.565	23.565	23.382	22.014
23	Ao Láng	Tây Hồ	8596	8062	7321	8608	46	Ao chùa Bà Già	Tây Hồ	3543	4580	3289	2872

### 3.3. Ảnh hưởng của bóng nhà, yếu tố thực vật trên mặt nước tới kết quả đoán đọc sử dụng ngưỡng

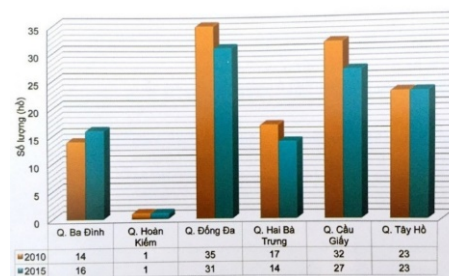
Trong khu vực đô thị, các giá trị phổ giữa nước và các đối tượng tối khác (bóng nhà, bóng cây, thực phủ trên hồ, ao...) đôi khi rất khó phân biệt. Trong nghiên cứu này, có sử dụng các phương pháp để loại trừ các đối tượng đó như: dựa vào hình dạng của đối tượng, tham khảo ảnh Rapideye có độ phân giải 5 m, thậm chí dùng luôn ảnh tổ hợp màu tự nhiên của chính ảnh sử dụng để đoán đọc loại trừ.



Hình 5. Ảnh Rapideye 5m (trên), ảnh MNDWI (dưới): dùng ảnh Rapideye loại trừ bóng nhà

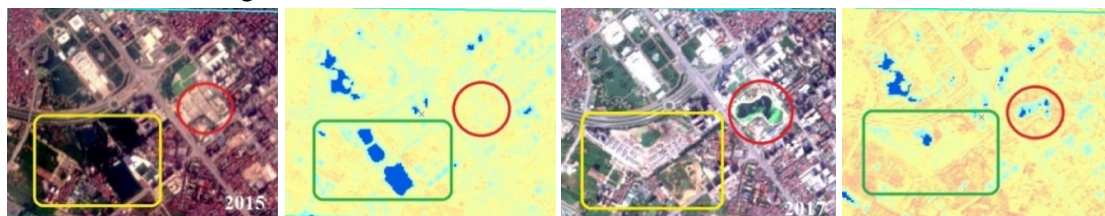
### 3.4. Biến động nước mặt

Theo báo cáo Hồ Hà Nội năm 2015 thì thực trạng hồ Hà Nội 2015 so với 2010 có rất nhiều biến động, cụ thể so với năm 2010 thì số hồ mất đi là 17 hồ và đào mới 7 hồ. Về diện tích thì mất đi 122.540 m<sup>2</sup> và thêm mới 49.198 m<sup>2</sup>. Để đánh giá vấn đề này chúng tôi xem xét, theo dõi biến động nước mặt của vùng nghiên cứu trong vòng 10 năm 2008-2017 và thấy rằng chỉ trong vòng 10 năm trở lại đây với sự mở rộng, phát triển nhanh chóng của thủ đô Hà Nội thì nước mặt có sự biến động rất lớn. Do đó, chúng tôi nhận thấy đây chính là một nguồn dữ liệu, một phương pháp, giải pháp vô cùng hữu hiệu để có thể xem xét, quản lý và đánh giá biến động của nước mặt ở Hà Nội nói riêng và các khu đô thị nói chung.



Hình 6. Sự thay đổi số lượng hồ Hà Nội 2010-2015

(Nguồn: Báo cáo Hồ Hà Nội, 2015)



Hình 7. Ảnh Rapideye 5 m (trái), ảnh MNDWI (phải): thêm hồ (đổ); mất hồ (vàng xanh)

Qua quan sát giai đoạn 2008-2017 nhận thấy có rất nhiều biến động về nước mặt khu đô thị Hà Nội, nhiều hồ được đào thêm, nhiều hồ bị lấp đi.

#### 4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, mục tiêu chính của chúng tôi là khai thác hiệu quả, tối ưu các kênh phổ có độ phân giải tốt hơn của ảnh Sentinel-2 và ảnh Landsat để tăng cường độ phân giải cho các kênh SWIR để từ đó tính toán và chiết tách bề mặt nước một cách chính xác. Với các phương pháp tăng cường độ phân giải đối với vùng nghiên cứu thì phương pháp IHS nổi trội hơn đối với khả năng chiết tách nước, đưa ra được ảnh chỉ số nước MNDWI chính xác nhất, lựa chọn được ngưỡng tối ưu, kết quả cũng đã được so sánh với số liệu báo cáo hồ Hà Nội 2015 và nhận thấy chúng có độ tương đồng cao. Do đó, phương pháp này có thể được sử dụng để theo dõi nhanh và liên tục với các vùng trọng điểm đặc biệt là các khu vực đô thị.

Trong nghiên cứu cũng đã đề xuất và sử dụng một vài phương pháp để loại trừ các đối tượng trong khu vực đô thị khó phân biệt với các đối tượng tối khác (bóng nhà, bóng cây, thực phủ trên nước mặt...): dựa vào hình dáng, kích thước, vị trí của đối tượng, theo dõi chuỗi dữ liệu qua nhiều năm để, tham khảo ảnh có độ phân giải cao hơn, dùng ảnh tổ hợp... để giải đoán loại trừ. Đối với vùng hồ có thực vật (như trồng sen, bèo...) theo mùa có thể loại trừ bằng series ảnh các năm hoặc các tháng khác nhau.

Tóm lại, phương pháp tăng cường độ phân giải ảnh đã cải thiện đáng kể khả năng chiết tách nước cho ảnh có độ phân giải vừa phải như ảnh Landsat và ảnh Sentinel-2. Nghiên cứu đưa ra kỹ thuật chiết tách nước chính xác, phù hợp với việc giám sát nước khu vực đô thị nói riêng qua nhiều thời kì.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lý, N.N., *Báo cáo Hồ Hà Nội 2015*. Liên Hiệp các hội khoa học và kỹ thuật Việt Nam – Trung tâm nghiên cứu Môi trường và Cộng đồng, 2015.
- [2] Min, J.-H.R.J.-S.W.K.D., *Waterline extraction from Landsat TM data in a tidal flat A case study in Gomso Bay. Korea* 2002.
- [3] S.K. McFeeters, "The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features," *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), pp. 1425-1432, 1996.
- [4] H. Xu, "Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery," *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), pp. 3025-3033, 2006.

- [5] W. Li, et al., "A Comparison of Land Surface Water Mapping Using the Normalized Difference Water Index from TM, ETM+ and ALI," *Remote Sensing*, 5(11), pp. 5530-5549, 2013.
- [6] L. Feng, et al., "Assessment of inundation changes of Poyang Lake using MODIS observations between 2000 and 2010," *Remote Sensing of Environment*, 121, pp. 80-92, 2012.
- [7] X. Yang, et al., "Mapping of Urban Surface Water Bodies from Sentinel-2 MSI Imagery at 10 m Resolution via NDWI-Based Image Sharpening," *Remote Sensing*, 9(6), p. 596, 2017.
- [8] Y. Du, et al., "Water Bodies' Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band," *Remote Sensing*, 8(4), p. 354, 2016.
- [9] N. A. Otsu, "Threshold selection method from gray-level histograms," *Automatica*, 11, pp. 23-27, 1975.