



## Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



# Quan trắc sự mở rộng vùng ngập lũ ở lưu vực sông Tiền, sông Hậu và lập bản đồ tần suất ngập lũ sử dụng chuỗi ảnh Sentinel - 2

Nguyễn Văn Khánh<sup>1,2</sup>, Nguyễn Văn Trung<sup>1,\*</sup>, Lê Thị Thu Hà<sup>1</sup>, Trần Xuân Trường<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Khoa Trắc địa Bản đồ và Quản lý Đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

<sup>2</sup> Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

### TÓM TẮT

#### Quá trình:

Nhận bài 10/01/2019

Chấp nhận 20/02/2019

Đăng online 29/04/2019

#### Từ khóa:

Quan trắc

Thực phủ

Sentinel - 2

Ngập lũ

Sự tăng mực nước trong mùa mưa gây ra ngập lũ ảnh hưởng đến các lớp phủ bề mặt ở khu vực tỉnh An Giang và Đồng Tháp. Đất trồng và thực phủ bị ngập lũ một phần hoặc hoàn toàn khi nước lũ dâng cao dần và ngược lại khi nước lũ rút đi. Sự ảnh hưởng của lũ đối với các lớp phủ bề mặt cung cấp thông tin có ý nghĩa trong bối cảnh biến đổi khí hậu, nước biển dâng và tác động của con người trong quá trình phát triển bền vững. Dữ liệu viễn thám quang học giúp quan trắc các thay đổi các đối tượng lớp phủ bề mặt dựa vào sự khác nhau về giá trị phản xạ phổ của chúng. Chúng tôi sử dụng sáu thời điểm chụp ảnh Sentinel - 2 với độ phân giải không gian 10m và 12 kênh phổ trong một chu kỳ lũ năm 2016 để thuận lợi trong việc xác định sự thay đổi các lớp phủ bề mặt theo giữa các thời điểm quan trắc. Mục tiêu của nghiên cứu tập trung vào quan trắc sự thay đổi về không gian và diện tích của các lớp phủ bề mặt dựa vào sự thay đổi phản xạ phổ của các lớp phủ khi mực nước lũ thay đổi. Các kết quả ban đầu chỉ ra sự giảm diện tích lớp thực phủ khi mực nước lũ tăng. Ngoài ra các lớp thực phủ là cây trồng có thể ảnh hưởng do ngập lụt cục bộ hoặc thay đổi theo nông lịch.

© 2019 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

## 1. Mở đầu

Khu vực ngập nước theo mùa ở lưu vực sông đóng vai trò quan trọng đối với hệ sinh thái nhiệt đới ở vùng xảy ra lũ trong mùa mưa (Ben, 2011). Lưu vực hạ lưu sông Mê Công là một trong các hệ sinh thái lớn nhất ở khu vực Đông Nam Á. Phần chính của khu vực ngập nước ở tỉnh Đồng Tháp và tỉnh An Giang thuộc đồng bằng sông Cửu Long bao gồm lưu vực sông Tiền và sông Hậu (Hình 1a).

Trong mùa mưa, nước lũ chảy từ thượng nguồn vào sông Tiền và sông Hậu do mưa lớn trong lưu vực này. Ngược lại, sự rút nước lũ đi cung cấp nguồn nước quan trọng cho trồng trọt trong suốt mùa khô.

Tìm hiểu các tác động của lũ đối với hệ sinh thái ở lưu vực sông Cửu Long phục vụ việc phát triển kinh tế và giảm nghèo là hết sức quan trọng đối với nước ta (Kummu and Sarkkula, 2008). Sự phân bố các loài động vật và thực vật trong hệ sinh thái ở vùng ngập lũ sông Cửu Long phụ thuộc nhiều vào tiềm năng thay đổi về thủy văn trong khu vực (Campbell et al., 2006). Các thông tin về

\*Tác giả liên hệ

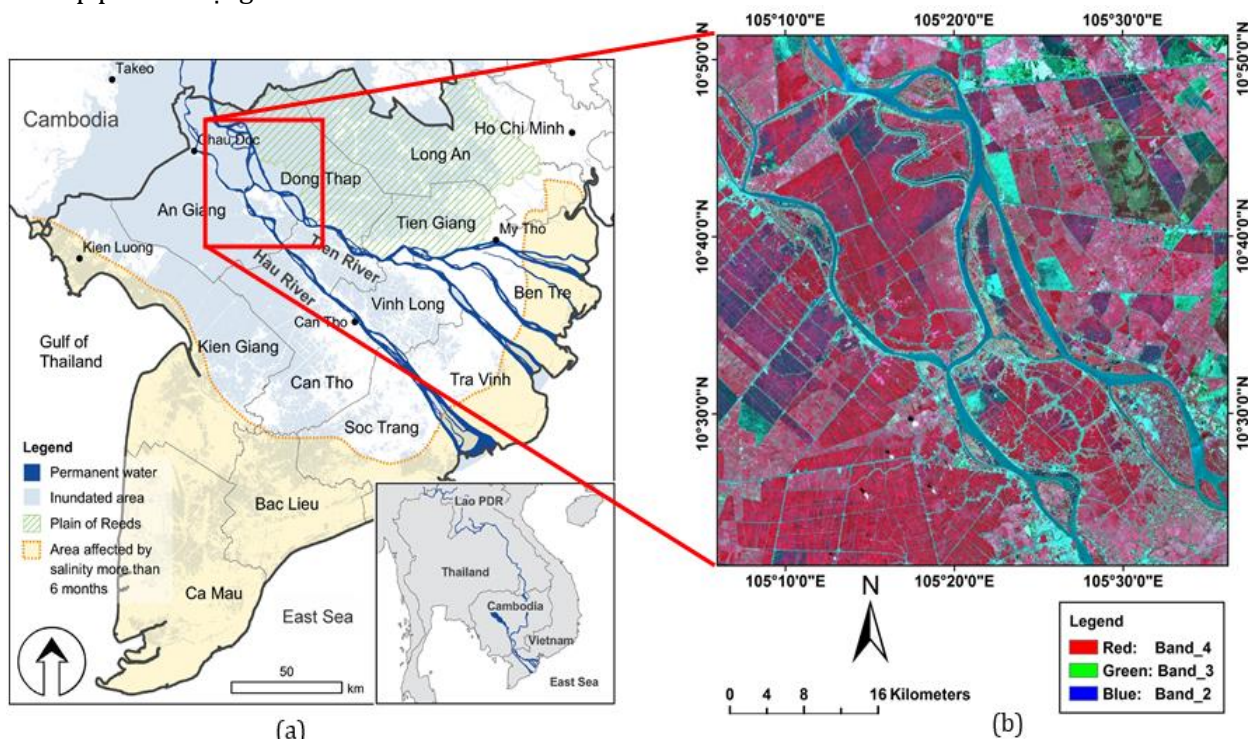
E - mail: [nguyenvantrung@humg.edu.vn](mailto:nguyenvantrung@humg.edu.vn)

sự thay đổi các loại thực phủ và điều kiện về đất ở vùng ngập lũ do ảnh hưởng của lũ là cần thiết đối với nông nghiệp, lâm nghiệp, ngư nghiệp và bảo tồn hệ sinh thái. Để quan trắc sự thay đổi về các lớp phủ bề mặt, quan hệ giữa các loại thực phủ và động lực của lũ trong cả mùa mưa và mùa khô cần được xem xét. Lũ thường xảy ra theo chu kỳ hàng năm bởi vậy cần thiết quan trắc các lớp phủ theo chuỗi các thời điểm trong năm thông qua các bản đồ lớp phủ ở các thời điểm đó. Mặc dù bản đồ ngập lũ có thể được xây dựng từ các bản đồ các lớp phủ trong mùa khô, mô hình số độ cao và mực nước lũ. Tuy nhiên, độ chính xác của bản đồ các lớp phủ và mô hình số độ cao không đảm bảo để cập nhật các mẫu ngập lũ thay đổi theo từng thời điểm trong chu kỳ lũ lụt năm. Chính vì vậy, chuỗi dữ liệu viễn thám quang học ở nhiều thời điểm cập nhật được thay đổi của các lớp phủ mặt đất được sử dụng để nghiên cứu tác động của lũ lụt đến thực phủ và đất trồng ở các khu dân cư.

Đối với các ứng dụng của viễn thám quang học, nghiên cứu sự thay đổi các lớp phủ bề mặt do lũ trong năm 2000 sử dụng ảnh MODIS ở khu vực ngập nước do lũ ở hồ Tonle Sap, Campuchia với thuật toán chuyển đổi lớp phủ thực vật (Zhan et al., 2002). Bên cạnh đó, quan trắc sự thay đổi của các lớp phủ bề mặt giữa năm 1990 và 2009

sử dụng dữ liệu vệ tinh ALOS/AVNIR - 2 và Landsat TM bằng phương pháp sau phân loại ở khu vực sông Tonle Sap (Nalin et al., 2010). Khó khăn gặp phải khi giải đoán sự thay đổi các đối tượng lớp phủ bề mặt là sự thay đổi phức tạp lẫn nhau trong các điều kiện về thực phủ, đất và nước trong khu vực ngập nước (Prakash et al., 2012). Ngoài ra, các thông số bề mặt đất ước tính từ dữ liệu MODIS được sử dụng trong quan trắc các hệ thống tưới tiêu trong nông nghiệp ở tỉnh Jilin, Trung Quốc (Zhu et al., 2011). Mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt đất chiết tách từ dữ liệu MODIS và các thông số về môi trường được sử dụng để quan trắc các đối tượng lớp phủ bề mặt ở lưu vực sông Heihe, Trung Quốc (Tian, et al., 2012). Gần đây, sự phân tích thay đổi lớp phủ bề mặt sử dụng dữ liệu vệ tinh quang học mới Sentinel - 2 đa thời gian được công bố bởi (Nicoleta, et al., 2016).

Chỉ số thực vật (NDVI) đóng vai trò quan trọng trong việc phân tích sự thay đổi các mẫu phân bố không gian theo thời gian của sự ô nhiễm nguồn nước và sự phân bố nguồn gốc gây ra ô nhiễm (Karami et al., 2012). Chuỗi giá trị NDVI tính toán từ dữ liệu MODIS được sử dụng để xác định sự thay đổi của thực phủ được thực hiện bởi (Lunetta et al., 2006). Mối quan hệ giữa phản xạ



Hình 1. (a) Bản đồ các vùng ngập lũ và ngập mặn lưu vực hạ lưu sông Mê Công (Mira, 2008); (b) ảnh sentinel - 2 khu vực nghiên cứu chụp ngày 06/02/2016 (RGB=432).

phổ bề mặt và giá trị NDVI của cây mía đường được chứng minh bởi (Baghdadi et al., 2009). Các giá trị NDVI của các loại lớp phủ bề mặt trong cả mùa khô và mùa mưa được sử dụng để phân loại các lớp phủ bề mặt. Ngoài ra, các chỉ số Tasseled Cap (TC) lấy từ dữ liệu MODIS được sử dụng để quan trắc sự tương tác giữa độ ẩm đất và tán cây để xác định sự thay đổi đối với các lớp thực phủ ở vùng ngập lũ ở hồ Tonle Sap, Campuchia trong mùa lũ (Zhang et al., 2002).

Mục tiêu chính của nghiên cứu này nhằm quan trắc sự thay đổi các lớp phủ bề mặt ở vùng ngập lũ sông Tiền và sông Hậu sử dụng chuỗi dữ liệu Sentinel - 2 đa thời gian trong một chu kỳ lũ theo năm. Chúng tôi sử dụng các chỉ số phổ tính toán từ các kênh phổ của dữ liệu Sentinel - 2 để phân loại các lớp phủ bề mặt bao gồm nước mặt, khu vực dân cư, đất trống, thực vật ngập lũ và thực vật không ngập lũ trong khu vực nghiên cứu.

## 2. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

### 2.1 Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu gồm một phần lưu vực sông Tiền và sông Hậu thuộc tỉnh An Giang và Đồng Tháp (10°40' vĩ độ Bắc và 105°20' kinh độ Đông) được mô tả bằng ảnh cắt Sentinel - 2 chụp ngày 06/02/2016 trong Hình 1b. Vùng thực vật trong khu vực nghiên cứu tương ứng với khu vực màu đỏ, ngược lại vùng màu xanh nước biển và xanh lá cây biểu thị lần lượt vùng ngập lũ và vùng không ngập lũ. Địa hình khu vực nghiên cứu khá bằng phẳng và vùng trũng có hình dáng theo khu vực ngập lũ được thể hiện trong mô hình số độ cao ở Hình 2. Bản đồ sử dụng đất năm 2015 với tỷ lệ 1/50.000 xuất bản Bộ Tài nguyên và Môi trường

thể hiện hơn 30 lớp sử dụng đất ở hai tỉnh An Giang và Đồng Tháp. Dựa vào bản đồ sử dụng đất, mô hình số độ cao và mức nước lũ hàng ngày ở trạm quan trắc Vàm Nao, các lớp phủ bề mặt được lựa chọn để xác định sự ảnh hưởng của lũ bao gồm nước mặt, đất trống, dân cư, thực vật ngập lũ và thực vật không ngập lũ.

### 2.2. Dữ liệu sử dụng

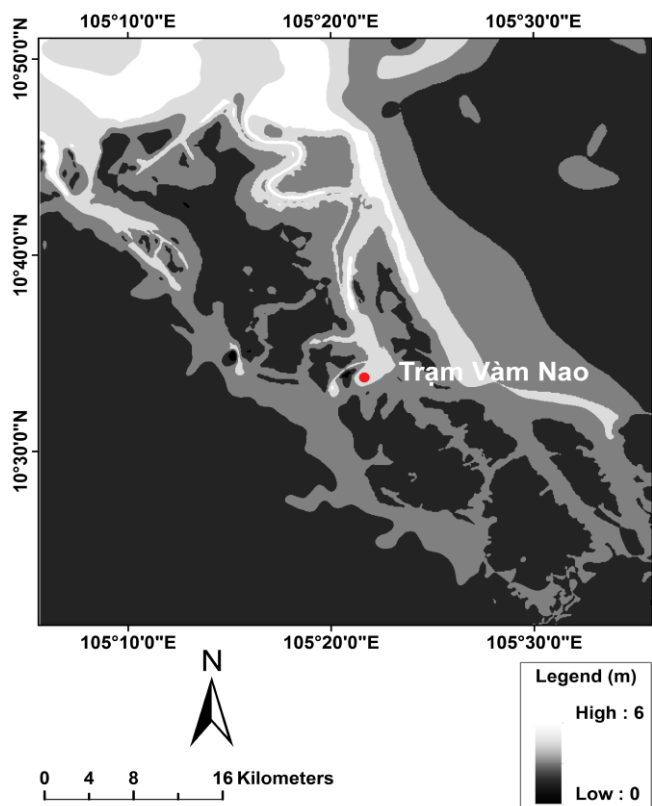
Dữ liệu sử dụng cho nghiên cứu này bao gồm sáu cảnh ảnh Sentinel - 2 chụp từ 9/2015 đến 11/2016 (Bảng 1). Tất cả các ảnh được chụp trong suốt chu kỳ lũ lụt theo năm với tần suất 2 đến 3 tháng mỗi cảnh. Các lớp phủ bề mặt trong mùa mưa có điều kiện thay đổi nhanh và phức tạp hơn trong mùa khô (Almeia Filho et al., 2009). Dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel - 2 sử dụng cho quan trắc sự thay đổi các lớp phủ được chụp với tần suất 10 ngày, kể từ năm 2017 với sự xuất hiện của Sentinel 2B, chu kỳ thu nhận ảnh Sentinel 2 đã được rút xuống 5 ngày. Tuy nhiên, do ảnh hưởng của thời tiết như mây, mưa nên trong thời gian quan trắc một năm chỉ lựa chọn được sáu cảnh ảnh. Chúng tôi sử dụng chuỗi ảnh này để xác định sự thay đổi các lớp phủ bề mặt do các ảnh hưởng của lũ thông qua sự thay đổi giá trị phản xạ phổ ở mặt đất tính được.

### 2.3. Dữ liệu bổ trợ

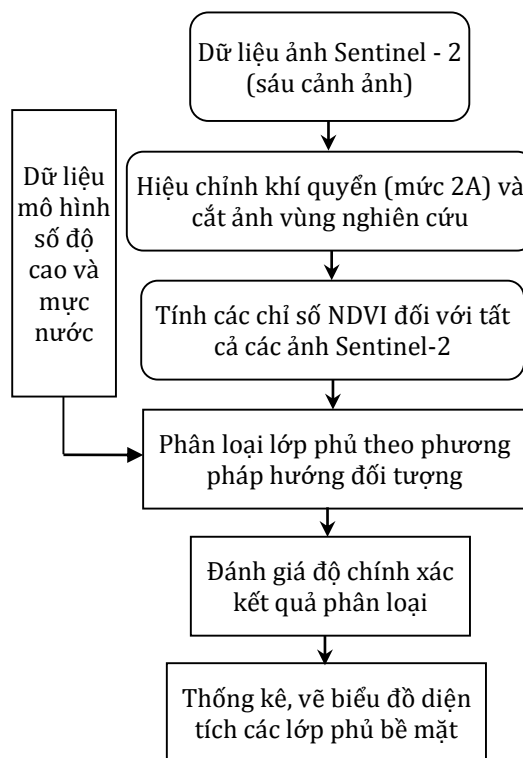
Kết quả mực nước ở trạm Vàm Nao ở các thời điểm chụp ảnh vệ tinh Sentinel - 2 được đo nối với trạm mực nước biển gốc ở Hà Tiên bằng thủy chuẩn chính xác cao bởi Ủy hội sông Mê Công. Mô hình số độ cao khu vực An Giang - Đồng Tháp được lấy từ bản đồ địa hình tỷ lệ 1: 40.000 với khoảng cao đều 1 m.

Bảng 1. Dữ liệu Sentinel - 2 và mực nước ở trạm Vàm Nao của khu vực nghiên cứu.

Vệ tinh	Bộ cảm	Mức xử lý	Ngày chụp	Độ phân giải không gian (m)	Mực nước ở Vàm Nao (cm)
Sentinel - 2	MSI	PRD_MSIL2A_PDMC	19 - 09 - 2015	10, 20, 60	210
Sentinel - 2	MSI	PRD_MSIL2A_PDMC	28 - 12 - 2015	10, 20, 60	128
Sentinel - 2	MSI	PRD_MSIL2A_PDMC	06 - 02 - 2016	10, 20, 60	66
Sentinel - 2	MSI	PRD_MSIL2A_PDMC	16 - 04 - 2016	10, 20, 60	79
Sentinel - 2	MSI	PRD_MSIL2A_PDMC	25 - 07 - 2016	10, 20, 60	156
Sentinel - 2	MSI	PRD_MSIL2A_PDMC	12 - 11 - 2016	10, 20, 60	250



Hình 2. Mô hình số độ cao.



Hình 3. Sơ đồ quy trình thực nghiệm xác định sự thay đổi các lớp phủ do lũ lụt.

### 3. Phương pháp nghiên cứu

Bản đồ các lớp phủ bề mặt được phân loại hướng đối tượng từ chỉ số NDVI tính từ các kênh ảnh vệ tinh Sentinel - 2 dựa vào các mẫu kết hợp với mô hình số độ cao và mực nước. Toàn bộ quy trình thực nghiệm cho nghiên cứu này được thể hiện trong Hình 3.

#### 3.1. Tiền xử lý ảnh Sentinel - 2

Các ảnh Sentinel - 2 mức 1C được cung cấp bởi cơ quan không gian châu Âu. Dữ liệu này được hiệu chỉnh khí quyển về mức 2A ở dạng dữ liệu S2A\_USER\_PRD\_MSIL2A\_PDMC bằng mô hình chuyển đổi tán xạ libRadtran (Mayer and Kylling, 2005). Sau đó, các ảnh được cắt theo phạm vi nghiên cứu như trong Hình 1b.

Chỉ số NDVI được tính từ kênh phổ 8 - kênh gần hồng ngoại và kênh phổ 4 - kênh đỏ theo công thức sau:

$$NDVI = \frac{Kênh\ 8 - Kênh\ 4}{Kênh\ 8 + Kênh\ 4} \quad (1)$$

#### 3.2 Phân loại các lớp phủ theo thuật toán hướng đối tượng

Quy trình của phân loại hướng đối tượng được chia thành các bước như sau:

- Phân đoạn đa độ phân giải,
- Xây dựng hệ thống phân cấp lớp,
- Phân loại theo cây quyết định (các luật phân loại),
- Đánh giá kết quả phân loại.

Phân loại hướng đối tượng được thực hiện trên phần mềm eCognition (Baatz et al., 2004) đã được mô tả trước đây bởi (Whiteside and Ahmad, 2004). Tuy nhiên, việc ứng dụng phương pháp phân loại này phục vụ quan trắc các thay đổi của các lớp phủ bề mặt ở vùng ngập lũ là chưa được thực hiện trước đây. Quá trình này được chia thành 2 bước bao gồm phân đoạn và phân loại.

##### Phân đoạn đa độ phân giải

Công đoạn đầu tiên của phương pháp phân loại hướng đối tượng là phân đoạn ảnh thành các đối tượng theo hai mức tỷ lệ. Ảnh cắt theo ranh giới khu vực nghiên cứu được phân đoạn thành

các đối tượng bằng phần mềm eCognition. Sự phân đoạn ảnh thành các đối tượng chịu ảnh hưởng của ba thông số: tỷ lệ (scale), màu sắc (colour) và độ chặt (compactness) (Willhauck et al., 2000).

Thông số tỷ lệ được đặt bởi người xử lý ảnh chịu ảnh hưởng bởi sự đồng nhất của các điểm ảnh (pixel) trong mỗi đối tượng. Thông số màu sắc cân bằng sự đồng nhất về màu sắc và đồng nhất về hình dạng. Thông số độ chặt cân bằng giữa phân bố ít và phân bố nhiều. Trọng số của các thông số này là một tiêu chuẩn đồng nhất trong mỗi đối tượng. Một sự kiểm tra trực quan các đối tượng từ kết quả thay đổi trọng số được sử dụng để xác định giá trị toàn bộ đối với trọng số ở mỗi mức tỷ lệ (Bảng 2).

Bảng 2. Các giá trị đối với thông số trọng số ở mỗi mức tỷ lệ.

Mức tỷ lệ	Thông số tỷ lệ	Thông số hình dạng	Thông số độ chặt
1	5	0,2	0,7
2	10	0,4	0,7

#### Phân loại

Phân loại hướng đối tượng được lựa chọn để phân loại các lớp phủ bề mặt ở khu vực nghiên cứu do có ảnh hưởng của độ cao bề mặt và mực nước thay đổi theo thời gian. Năm lớp phủ bề mặt được xác định dựa vào chỉ số NDVI, sự phân bố độ cao của thực vật và mực nước ở thời điểm chụp ảnh. Các quy tắc phân lớp đối với các đối tượng được phát triển sử dụng dấu hiệu phổ, hình dạng, vị trí và các mối quan hệ cấu trúc của các đối tượng. Các quy tắc đó được sử dụng để phân loại hướng đối tượng trong Bảng 3 với ba yếu tố bao gồm NDVI, mô hình số độ cao và mực nước.

Bảng 3. Xây dựng các quy tắc phân loại đối với dữ liệu Sentinel - 2 dựa vào DEM và dữ liệu mực nước.

TT	Lớp phủ bề mặt	Quy tắc phân loại		
		NDVI	DEM (m)	Mực nước (cm)
1	Nước mặt	$< 0$	-	-
2	Đất trống	$0 \leq \text{and} < 0,1$	-	-
3	Dân cư	$0,1 \leq \text{and} < 0,3$	-	-
4	Thực vật ngập lũ	$0,3 \leq \text{and} < 0,7$	$< 1$	$\geq 1$
5	Thực vật không ngập lũ	$0,7 \leq$	$\geq 1$	$< 1$

#### Đánh giá kết quả phân loại

Các mẫu đối với mỗi lớp được lựa chọn từ các đối tượng ảnh như các vùng mẫu trong quá trình phân loại. Các đối tượng được gán theo quy tắc phân loại sử dụng dấu hiệu phổ, hình dạng, vị trí và các mối quan hệ cấu trúc. Các quy tắc này được sử dụng như đối với phân loại mờ với sự gán lớp chính xác nhất tới mỗi đối tượng.

Mô hình số độ cao, bản đồ lớp phủ bề mặt và mực nước có sẵn kết hợp với chiều cao của thực vật có thể xác định được trạng thái của thực vật. Các kết quả này không có sự hỗ trợ của dữ liệu viễn thám có thể sử dụng để đánh giá kết quả đạt được. Chúng tôi lựa chọn ngẫu nhiên các điểm đánh giá trong toàn bộ khu vực nghiên cứu. Đó là 190, 280, 269, 298 và 271 điểm ảnh được lựa chọn để đánh giá kết quả phân loại của bốn lớp phủ bề mặt đưa ra trong Bảng 4. Độ chính xác lớp nước mặt là cao nhất với độ chính xác cao hơn 90% bởi vì hình ảnh của bề mặt nước trên ảnh là đồng nhất cao. Tuy nhiên, độ chính xác của thực vật ngập lụt là thấp nhất chỉ khoảng 70% do sự lẫn lộn giữa thực vật và nước mặt.

Độ chính xác toàn phần và chỉ số Kappa của tất cả các bản đồ lớp phủ bề mặt được đưa ra trong Bảng 5. Độ chính xác toàn phần từ 0,78 đến 0,84 và chỉ số Kappa từ 0,75 đến 0,8.

## 4. Các kết quả thu được

### 4.1. Giá trị NDVI của các lớp phủ

Các giá trị NDVI nhận được từ các vùng mẫu chỉ ra rằng sự thay đổi các kiểu lớp phủ có tương quan cao với sự thay đổi mực nước. Thực vật nằm ở độ cao dưới 1 m chịu ảnh hưởng sớm hơn là ở độ cao trên 1 m. Trong suốt giai đoạn xảy ra lũ, các lớp phủ bề mặt thay đổi do các điều kiện ngập nước gây nên. Sự thay đổi giá trị NDVI trong năm có thể được chia làm hai giai đoạn (Hình 5):

- Giai đoạn mùa khô (mực nước giảm xuống dưới 1 m) là giai đoạn có đặc tính ổn định về các giá trị NDVI. Trong giai đoạn này, nước mặt ở vùng ngập lũ bắt đầu giảm dần. Các giá trị NDVI tăng từ 0 đến 0,8 bởi vì mực nước giảm tới mức tối thiểu trong mùa khô. Sự phân biệt các giá trị NDVI của thực vật ngập lũ và không ngập lũ trở nên rất rõ ràng.

- Giai đoạn mùa mưa (mực nước tăng lên trên 1 m) tương ứng với sự giảm nhanh giá trị NDVI.

**Bảng 4. Kết quả đánh giá độ chính xác của kết quả phân loại hướng đối tượng từ ảnh chụp ngày 06 tháng 02 năm 2016.**

TT	Các mẫu	Nước mặt	Đất trống	Dân cư	Thực vật ngập lũ	Thực vật không ngập lũ	Tổng hàng	Độ chính xác sản xuất	
1	Nước mặt	173	8	0	4	6	191	0,91	
2	Đất trống	10	232	15	6	19	282	0,82	
3	Dân cư	7	30	207	12	30	286	0,72	
4	Thực vật ngập lũ	3	8	43	253	25	332	0,76	
5	Thực vật không ngập lũ	4	5	9	20	190	228	0,83	
6	Tổng cột	197	283	274	295	270	1319		
7	Độ chính xác người dùng	0,88	0,82	0,76	0,86	0,70			
8	Độ chính xác toàn bộ	0,83							
9	Chỉ số Kappa	0,77							

**Bảng 5. Độ chính xác toàn phần và chỉ số Kappa trên các ảnh phân loại.**

TT	Thời điểm chụp ảnh để thành lập bản đồ lớp phủ bề mặt	Độ chính xác toàn bộ	Chỉ số Kappa
1	19/9/2015	0,83	0,77
2	28/12/2015	0,81	0,80
3	06/02/2016	0,78	0,77
4	16/4/2016	0,82	0,79
5	25/7/2016	0,84	0,80
6	12/11/2016	0,79	0,76

Bởi vì khi mực nước dâng lên tới tán lá cây hoặc nhấn chìm toàn bộ lớp thực vật, sự phản xạ phổ của nước mặt sẽ làm giá trị NDVI giảm xuống thấp. NDVI của lớp phủ thực vật như cỏ, lúa trong khu vực sẽ bị thay thế bằng lớp phủ nước mặt sớm trong giai đoạn này.

Các giá trị NDVI đối với thực phủ ở vùng trũng giảm từ 0,8 tới - 0,1 trong mùa mưa. Lớp phủ dân cư, đất trống và vùng trồng cây ăn quả thường nằm ở độ cao trên 1 m. Các lớp phủ này chỉ chịu ảnh hưởng khi lũ gần đạt đỉnh. Các giá trị NDVI của các loại thực vật cũng có các mẫu thay đổi khác nhau trong hai giai đoạn như ở trong Hình 5. Các vùng nông nghiệp đưa ra các mẫu thay đổi gần giống với lớp cỏ theo các giá trị NDVI đối với mực nước cao hơn 1 m.

**4.2. Sự thay đổi các lớp phủ theo mực nước**

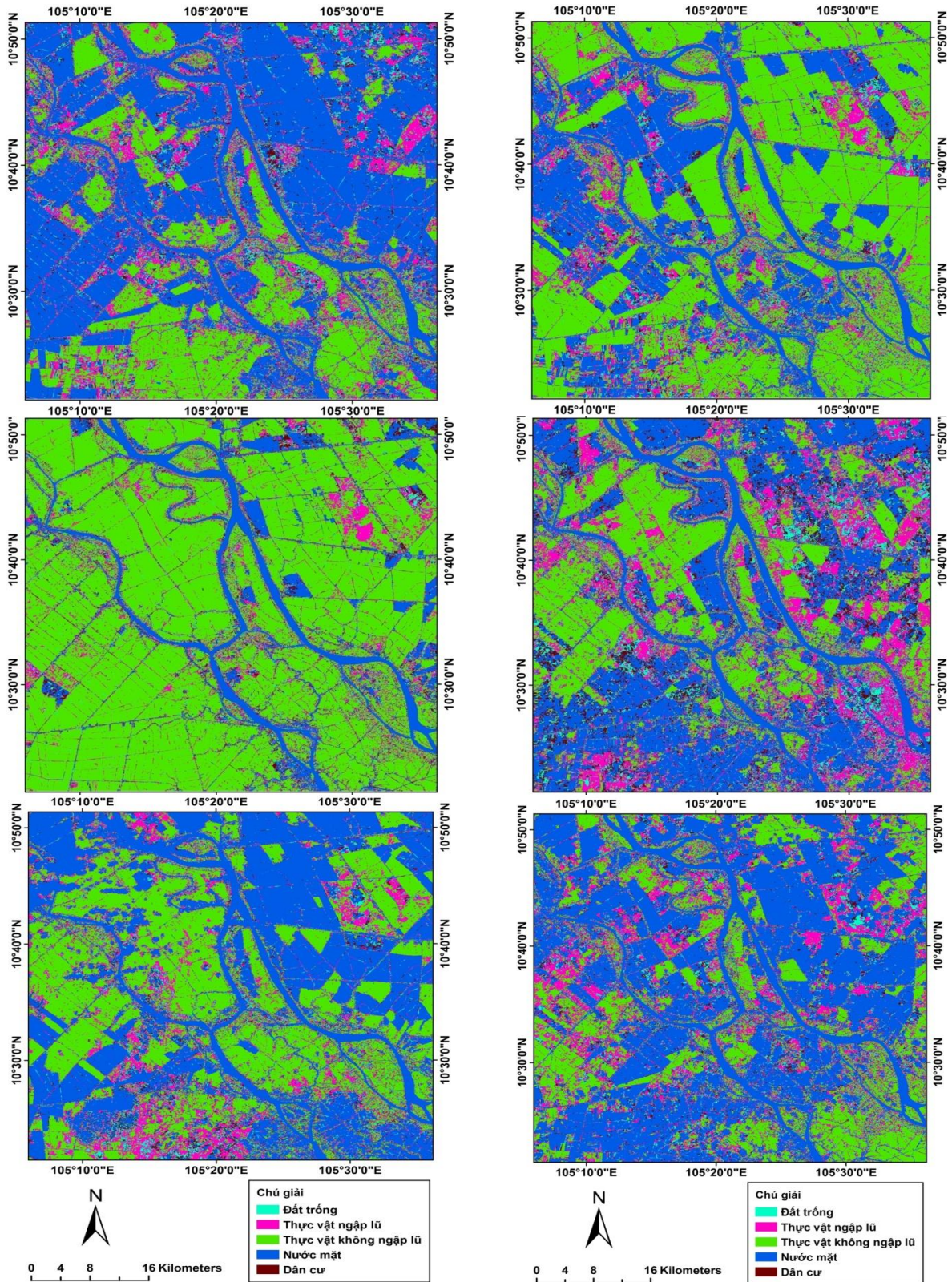
Kết quả thu được của quá trình phân loại hướng đối tượng dựa vào các giá trị NDVI, mô hình số độ cao và mực nước lấy từ trạm quan trắc là sáu bản đồ lớp phủ của năm lớp phủ bao gồm nước mặt, đất trống, dân cư, thực vật ngập lũ và thực vật không ngập lũ trong Hình 4.

Chúng tôi tính toán và vẽ sự thay đổi về diện tích của năm lớp phủ với sai số một độ lệch chuẩn ( $\pm 1$  standard deviation) trong Hình 5. Diện tích thực vật ngập lũ tăng 32,9% của tổng diện tích vùng ngập lũ khi mực nước đạt 0,79 m.

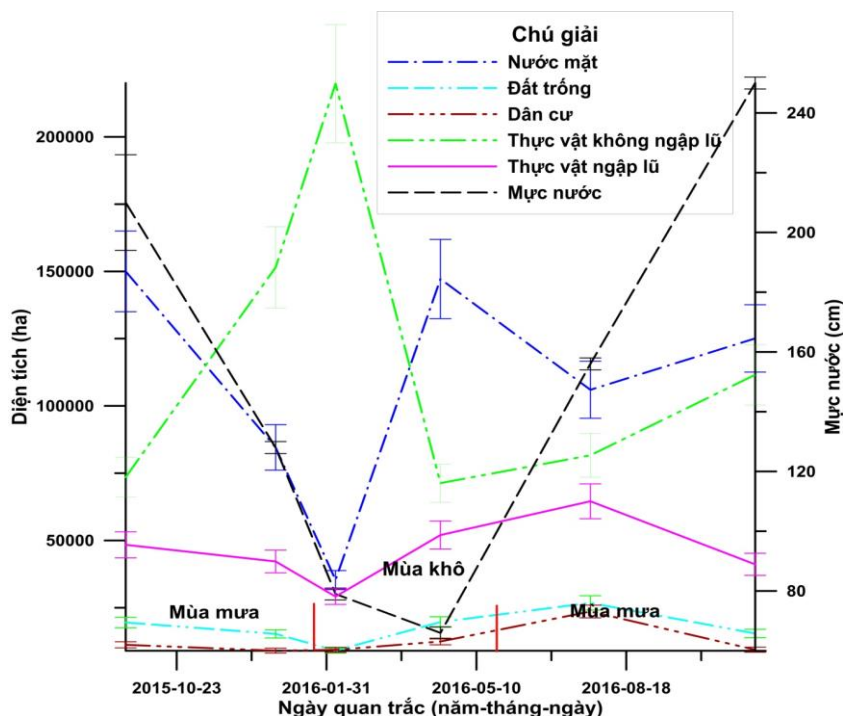
Đối với vùng thực phủ chiếm hầu hết khu vực nghiên cứu, trong đó thực vật ngập lũ chiếm phần lớn. Diện tích lớp thực phủ không ngập lũ lớn nhất chiếm tới 72,8% của khu vực nghiên cứu ở đỉnh lũ và nhỏ nhất là 23,6% khi mực nước ở mức 0,79 m. Điều này chỉ ra rằng vùng thực vật không ngập lũ (khoảng 49,2% của tổng diện tích) đã chuyển thành lớp thực vật ngập lũ và nước mặt khi mực nước tăng lên.

**5. Thảo luận**

Diện tích nước mặt chỉ 11,6% vào mùa khô trong tổng diện tích khu vực nghiên cứu. Tuy nhiên, tổng diện tích nước mặt vào mùa mưa sẽ tăng lên đến 49,6% trong tổng diện tích khu vực nghiên cứu. Sự thay đổi diện tích của thực vật rất nhạy cảm với sự dao động của mực nước vì chiều cao thấp của các loại cỏ và cây trồng nông nghiệp. Trong quá trình lũ đạt đỉnh, diện tích thực vật



Hình 4. Các bản đồ lớp phủ (a) 19 - 09 - 2015; (b) 28 - 12 - 2015; (c) 06 - 02 - 2016; (d) 16 - 04 - 2016; (e) 25 - 07 - 2016; và (f) 12 - 11 - 2016 khu vực nghiên cứu.



Hình 5. Sự thay đổi các lớp phủ bề mặt và mực nước trong khu vực nghiên cứu.

ngập lũ giảm nhanh trong khi mực nước tăng. Điều này có nghĩa là một phần diện tích thực vật ngập lũ được chuyển sang nước mặt. Các bản đồ lớp phủ bề mặt cung cấp chi tiết các thay đổi của các lớp trong chu kỳ lũ lụt năm (Hình 4), qua đó chỉ ra sự thay đổi của các lớp phủ bề mặt do ảnh hưởng của lũ. Bởi vì lũ bắt đầu từ khi mực nước đạt 1 m, chúng tôi kiểm tra các lớp phủ ở mực nước này. Một bản đồ lớp phủ được xây dựng trong giai đoạn phát triển của lũ ở mực nước 1 m sử dụng mô hình số địa hình, bản đồ lớp phủ và mực nước ở 1 m. Kết quả so sánh với bản đồ các lớp phủ tính toán từ các ảnh Sentinel - 2, mô hình số địa hình ở mực nước 1 m là tương đối giống nhau với sự khác nhau từ 0% đến 3,8% của các loại lớp phủ bề mặt. Sự khác nhau về diện tích thực vật là 0,2% của tổng diện tích khu vực nghiên cứu. Tuy nhiên, các sự khác nhau về diện tích là 3,8% và 1,2% của tổng diện tích lần lượt đối với thực vật ngập lũ và thực vật không ngập lũ. Khi không sử dụng dữ liệu viễn thám, có vài nguồn sai số trong kết quả thành lập bản đồ lớp phủ bề mặt do độ chính xác mô hình số độ cao chỉ 0,33 m và chiều cao lớp thực phủ chỉ đạt độ chính xác 0,3 m. Bởi vậy, độ tin cậy của bản đồ không sử dụng dữ liệu viễn thám sẽ không đảm bảo độ chính xác cho toàn bộ khu vực rộng lớn với nhiều loại thực vật có chiều cao khác nhau. Kết quả nhận được từ dữ liệu

viễn thám cung cấp sự thay đổi theo mực nước giúp hiểu về động lực của lũ và góp phần quản lý hiệu quả các hoạt động của con người ở vùng ngập lũ.

## 6. Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã xác định các thay đổi của các lớp phủ bề mặt ở lưu vực sông Tiền và sông Hậu bằng ảnh vệ tinh Sentinel - 2 thông qua các bản đồ lớp phủ bề mặt ở các mực nước lũ khác nhau. Các kết quả chỉ ra rằng sự thay đổi chỉ số NDVI của các lớp phủ giữa mùa khô và mùa mưa phụ thuộc vào vị trí độ cao, đặc tính của lớp phủ và sự thay đổi mực nước lũ.

Khi tính toán các thay đổi của các lớp phủ, chúng tôi thấy rằng sự thay đổi các lớp phủ bề mặt phụ thuộc vào sự tương tác giữa mực nước và chiều cao thực vật ở các độ cao mặt đất khác nhau. Tổng diện tích của lớp thực vật không ngập lũ (72,8% của tổng diện tích khu vực nghiên cứu) là lớn nhất trong các lớp phủ bề mặt. Trong giai đoạn xảy ra lũ, sự thay đổi diện tích thực vật không ngập lũ là 49,2% của tổng diện tích khu vực nghiên cứu. Diện tích thực vật ngập lũ (7,5%) chuyển thành lớp thực vật không ngập lũ khi mực nước giảm sau khi đạt đỉnh lũ. Các kết quả tính toán cũng chỉ ra một phần lớn các lớp phủ bề mặt (38,1%) chuyển



thành nước mặt khi mực nước đạt đỉnh lũ. Khi so sánh kết quả thành lập bản đồ có sử dụng dữ liệu viễn thám và không sử dụng dữ liệu viễn thám, sự khác nhau về kết quả diện tích của các lớp phủ lớn nhất là 3,8% đối với lớp thực vật ngập lũ. Điều này cho thấy rằng sử dụng dữ liệu vệ tinh là cần thiết cho hiểu về tác động của lũ trong tương lai ở khu vực nghiên cứu.

### Lời cảm ơn

Các tác giả xin cảm ơn Cơ quan hàng không Vũ trụ châu Âu cung cấp dữ liệu ảnh Sentinel - 2, Ủy hội sông Mê Công đã cung cấp mô hình số độ cao và dữ liệu mực nước và Bộ Tài nguyên và Môi trường đã cung cấp bản đồ sử dụng đất ở khu vực nghiên cứu.

### Tài liệu tham khảo

Almeida - F., R., Shimabukuro, Y. E., Rosenqvist, A., and Sanchez, G. A., 2009. Using dual - polarized ALOS PALSAR data for detecting new fronts of deforestation in the Brazilian Amazonia. *Int. J Remote Sens.*, 30(14). 3735 - 3742.

Baatz, M., Benz, U., Dehghani, S., Heynen, M., Höltje, A., Hofmann, P., Lingenfelder, I., Mimler, M., Sohlbach, M., Weber, M., & Willhauck, G., 2004. eCognition professional: User guide 4.; Munich: Definiens - Imaging.

Baghdadi, N., Boyer, N., Todoroff, P., El Hajj, M., and Bégué, A., 2009. Potential of SAR sensors TerraSAR - X, ASAR/ENVISAT and PALSAR/ALOS for monitoring sugarcane crops on Reunion Island. *Remote Sens. Environ.* 113(8). 1724 - 1738.

Ben, A. L., 2011. *Wetlands: Integrating Multidisciplinary Concepts*. NewYork, USA: Springer 1. 3 - 25.

Campbell, I. C., Poole, C., Giesen, W., and Valbo - Jorgensen, J., 2006. Species diversity and ecology of Tonle Sap Great Lake, Cambodia. *Aquat. Sci.*, 68(3). 355 - 373.

Karami, J., Alimohammadi, A., and Modabberi, S., 2012. Analysis of the spatio - temporal patterns of water pollution and source contribution using the MODIS sensor products and multivariate statistical techniques. *IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens.*

(*JSTARS*) 5(4). 1243 - 1255.

Kummu, M., and Sarkkula, J., 2008. *Impact of the Mekong River flow alteration on the Tonle Sap flood pulse. A Journal of the human environment* 37(3). 185 - 192.

Laur, H., P. Bally, P. Meadows , J. Sanchez , B. Schaettler , E. Lopinto , D. Esteban , 2004. Derivation of the backscattering coefficient  $\sigma^0$  in ESA ERS SAR PRI products. Issue 2, Rev. 5f , ESA. 4 - 5.

Lee, S. K., Hong, S. H., Kim, S. Yamaguchi, W., Y., and Won, J. S., 2006. Polarimetric features of oyster farm observed by AIRSAR and JERS - 1. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 44(10). 2728 - 2735.

Lunetta, S. R., Knight, Ediriwickrema, J. F., J., Lyon, J. G., and Worthy, L. D., 2006. Land - cover change detection using multi - temporal MODIS NDVI data. *Remote Sens. Environ.*, 105(2). 142 - 154.

Mayer, B., and Kylling, A., 2005. Technical note: The libRadtran software package for radiative transfer calculations - description and examples of use. *Atmospheric Chemistry and Physics, European Geosciences Union* 5(7). 1855 - 1877.

Mira, K., 2008. Mekong Delta at the Crossroads: More Control or Adaptation? *Ambio* 37(3). 205 - 212.

Nalin, S., Keo, M., Lal, S., and Hazarika, M. K., 2010. Land use/Land Cover Change Detection of Tonle Sap Watershed, Cambodia. *31st Asian Conference on Remote Sensing*. Hanoi, Vietnam.

Nicoleta, I., S. Florian, L. Iustina, 2016. "Analysis of Land Cover and Land Use Changes Using Sentinel - 2 Images," *Present Environment and Sustainable Development* 10(2). 161 - 172.

Prakash, R., Singh, D., and Pathak, N. P., 2012. A fusion approach to retrieve soil moisture with SAR and optical data. *IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens. (JSTARS)* 5(1). 196 - 206.

Toan, T. L., Ribbes, F., Wange, L. F., Floury, N., Ding, N., and Kong, K. H., 1997. Rice crop mapping and monitoring using ERS - 1 data based on

- experiment and modeling results. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing* 35(1). 41 - 56.
- Tian, F., Qiu, G. Y., Yang, Y. H., Xiong, Y. J., and Wang, P., 2012. Studies on the relationships between land surface temperature and environmental factors in an inland river catchment based on geographically weighted regression and MODIS data. *IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens. (JSTARS)* 5(3). 687 - 698.
- Whiteside, T., & Ahmad, W., 2004. Object - oriented classification of ASTER imagery for landcover mapping in monsoonal northern Australia. *Proceedings of 12th Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference*.
- Willhauck, G., Schneider, T., De Kok, R., & Ammer, U., 2000. Comparison of object - oriented classification techniques and standard image analysis for the use of change detection between SPOT multispectral satellite images and aerial photos. *Proceedings of XIX ISPRS Congress* 16 - 22. Amsterdam.
- Zhan, X., R. A. Sohlberg, J. R. G. Townshend, C. DiMiceli, M. L. Carroll, J. C. Eastman, M. C. Hansen, and R. S. DeFries, 2002. *Detection of land cover changes using MODIS 250 m data. Remote Sens. Environ* 83(1 - 2). 336 - 350.
- Zhang, X., C. B. Schaaf, M. A. Friedl, A. H. Strahler, F. Gao, and J. C. F. Hodges, 2002. *MODIS tasseled cap transformation and its utility. Proceedings of IGARSS 2002*. 1063 - 1065. Toronto, Canada.
- Zhu, X., Liang, S., Pan, Y., and Zhang, X., 2011. Agricultural irrigation impacts on land surface characteristics detected from satellite data products in Jilin province, China. *IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens. (JSTARS)* 4(3). 721 - 729.

## ABSTRACT

### Detection of inundation extent of Tien, Haurivers delta and establishment of flood frequency mappings using multi - temporal Sentinel - 2 data

Khanh Van Nguyen <sup>1,2</sup>, Trung Van Nguyen <sup>1</sup>, Ha Thu Thi Le <sup>1</sup>, Truong Xuan Tran <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *University of Mining and Geology, Hanoi City, Vietnam*

<sup>2</sup> *Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment, Vietnam*

The floodplain area located in An Giang and Dong Thap provinces is largely influenced by the fluctuation of water level and seasonal change of the Tien and Hau rivers. In the wet season, the delta landform and vegetated areas are covered with water, and vice versa in the dry season. Those land cover changes provides significant information required for mitigating the impact of climate change and sea level rise, and sustainable development. The achievement of remote sensing data for detecting wetlands during the wet season is to provide the land cover changes corresponding with spectral reflectance value changes. We used serial Sentinel - 2 data with 10 m spatial resolution and twelve spectral bands for six dates during one year flood pulse of 2016 to estimate the land cover changes of vegetated area. The purpose of paper aims to monitor the vegetated change based on the spectral reflectance value changes while the floodwater level varies. The primary results indicate that the vegetated area decrease when the water level values increase. Other vegetated changes of the cultivation areas are due to local flooding and faming calendar in agriculture.