



DOI:10.22144/ctu.jsi.2021.059

## THEO DÕI TÁC ĐỘNG CỦA ĐÊ BAO NGĂN LŨ LÊN HIỆN TRẠNG CANH TÁC LÚA VÙNG ĐỒNG THÁP MƯỜI NĂM 2000 VÀ 2019 SỬ DỤNG ẢNH VIỄN THÁM

Nguyễn Thị Hồng Điệp<sup>1\*</sup>, Huỳnh Thị Thu Hương<sup>1</sup>, Phan Kiều Diễm<sup>1</sup>, Trần Sỹ Nam<sup>1</sup> và Nguyễn Tấn Phát<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Sinh viên ngành Quản lý đất đai K42, Trường Đại học Cần Thơ

\*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Thị Hồng Điệp (email: nthdiep@ctu.edu.vn)

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 12/04/2021

Ngày nhận bài sửa: 01/10/2021

Ngày duyệt đăng: 15/11/2021

### Title:

Monitoring the impact of flood prevention dike on rice crops in Plain of Reeds in the two years 2000 and 2019 using satellite imagery

### Từ khóa:

Ảnh vệ tinh, cơ cấu mùa vụ lúa, đê bao, Đồng Tháp Mười

### Keywords:

Dyke-protected, Plain of Reeds, rice crops, satellite imagery

### ABSTRACT

The study is aimed at monitoring and evaluating the change of rice crops in the dyke-protected areas surrounding Plain of Reeds in the two years 2000 and 2019. LANDSAT data was applied a water index (Normalized Difference Water Index-NDWI) and the shoreline extraction and MODIS data was detected by vegetation index (Normalized Difference Vegetation Index-NDVI) using unsupervised classification (ISODATA algorithm). An accuracy assessment obtained a high significant with overall accuracy and kappa coefficient more than 85 percentage and 0.7, respectively. The results show that rice crop area increased at 126.139,40 ha (19,36%) inside the ring dike areas. There has no single-rice crop cultivation that almost converted into double-rice crop and triple-rice crop in 2019 with the increasing at 81,229.47 ha (39.18%) and 126.142,15 ha (60,82%) comparing to 2000. Land use conversion is mainly distributed in Thap Muoi and Cao Lanh districts in Dong Thap province, Moc Hoa district in Long An province, and Cai Be and Cai Lay districts in Tien Giang province.

### TÓM TẮT

Mục tiêu nghiên cứu nhằm theo dõi và đánh giá tác động của đê bao ngăn lũ lên hiện trạng canh tác lúa vùng Đồng Tháp Mười (ĐTM) năm 2000 và 2019. Phương pháp nghiên cứu sử dụng ảnh LANDSAT áp dụng thuật toán ảnh chỉ số khác biệt nước (NDWI) và trích rút đường bờ và bộ dữ liệu ảnh MODIS áp dụng chuỗi ảnh chỉ số thực vật (NDVI) và phân loại phi giám sát (ISODATA) trong 2 năm 2000 và 2019. Độ tin cậy kết quả phân loại ảnh khá cao với độ chính xác toàn cục >85% và hệ số Kappa >0,7 cho 2 năm 2000 – 2019. Kết quả nghiên cứu cho thấy diện tích canh tác lúa trong vùng đê bao ngăn lũ đã tăng thêm khoảng 126.139,40 ha (19,36%). Vùng được bao đê ở ĐTM không còn canh tác lúa 1 vụ và hầu hết đã chuyển đổi sang canh tác 2 hoặc 3 vụ lúa và gia tăng lần lượt năm 2019 là 81.229,47 ha (39,18%) và 126.142,15 ha (60,82%) so với năm 2000. Vùng chuyển đổi nhiều nhất là huyện Tháp Mười và Cao Lãnh tỉnh Đồng Tháp, huyện Mộc Hóa tỉnh Long An, huyện Cái Bè và Cai Lay tỉnh Tiền Giang.

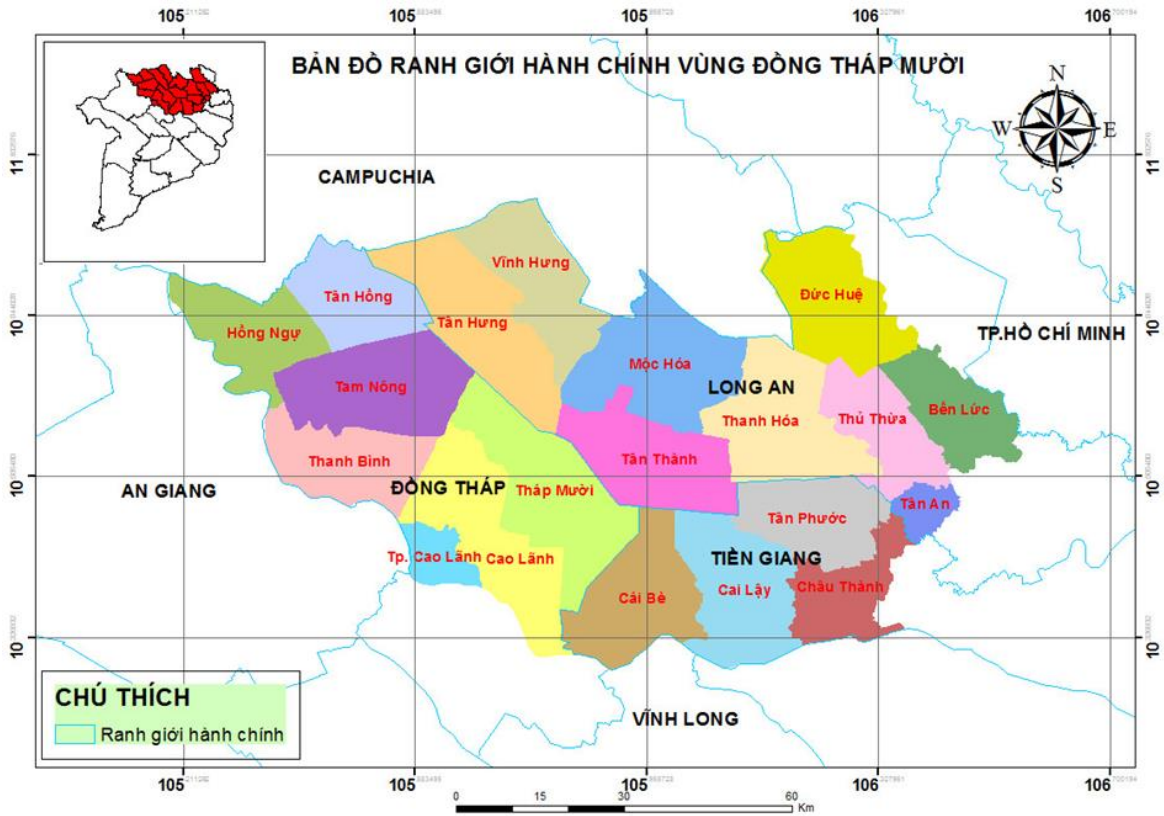
## 1. GIỚI THIỆU

Đê bao và bờ bao chống lũ là công trình đa mục tiêu nhằm bảo vệ an toàn cho người dân, cơ sở hạ tầng, phát triển sản xuất 3 vụ, đồng thời biết tận dụng công trình kiểm soát lũ để lấy phù sa, thủy sản và vệ sinh đồng ruộng. Nhìn chung, việc phát triển đê bao, bờ bao chống lũ đã chuyển đất canh tác từ một vùng đất ngập phèn canh tác một vụ lúa mùa địa phương năng suất thấp sang canh tác 2-3 vụ lúa năng suất cao, góp phần đưa tổng sản lượng lúa vùng Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) từ 16,7 triệu tấn năm 2000 lên 21,6 triệu tấn năm 2010 và 24,3 triệu tấn năm 2020 (Cần Thu Văn & Nguyễn Thanh Sơn, 2016). Các hệ thống kiểm soát lũ lụt quy mô lớn đã không được thực hiện cho đến cuối những năm 1990 (Käkönen, 2008). Bắt đầu từ năm 1996, chính phủ Việt Nam đã xây dựng một loạt các tuyến đường thủy để chuyển hướng một phần dòng chảy lũ trên đất liền từ Campuchia đến Vịnh Thái Lan, tiếp theo là sự phát triển của các hệ thống đê điều và các công trình thủy lợi theo kế hoạch phát triển 5 năm 1996–2000 cho khu vực (Chính phủ Việt Nam, 1996). Phần lớn các con đê được xây dựng trong thời kỳ này được gọi là đê thấp. Đê thấp giúp bảo vệ và chống lại đỉnh lũ sớm vào khoảng giữa tháng 7 đến giữa tháng 8, đảm bảo nông dân có thể trồng hai vụ lúa hàng năm bằng cách giữ nước lũ trong ruộng lúa sau vụ hè. Đê cao chủ yếu được xây dựng sau khi trận lụt thảm khốc năm 2000. Chúng được thiết kế theo nhu cầu của nông dân và nhu cầu của các tỉnh để bảo vệ các vùng đồng bằng lũ lụt, chống lại một trận lũ lụt cao như năm 2000. Đây là tiêu chuẩn bảo vệ cùng với việc kiểm soát toàn bộ dòng chảy vào vùng ngập lũ cho phép trồng ba vụ lúa ở các tỉnh An Giang và Đồng Tháp ở phần trên của đồng bằng (Nguyen et al., 2017).

Vệ tinh viễn thám là một công cụ có giá trị để phát hiện một cách khách quan các khu vực bị ngập lụt. Một số nghiên cứu đã được thực hiện để giám sát lũ lụt ở vùng ĐBSCL như Kunzer et al. (2013) đã theo dõi tác động của đê nhân tạo đến tình trạng lũ lụt ở ĐBSCL dựa trên các sản phẩm vệ tinh radar từ năm 2007 đến năm 2011. Bên cạnh đó, Sakamoto et al. (2007, 2009) đã phân tích sự thay đổi không gian về mức độ ngập lụt hàng năm và hệ thống canh tác ở ĐBSCL bằng vệ tinh MODIS từ năm 2000 đến năm 2007. Ngoài ra, Duong et al. (2014) đã phân tích mối tương quan của mô hình sử dụng đất và lũ lụt ở ĐBSCL bằng vệ tinh MODIS từ năm 2000 đến năm 2012. Theo đó, tác động của hệ thống đê cao trong vùng ngập lũ đã được nghiên cứu bởi Duong et al. (2016) dựa trên vệ tinh MODIS về hai trận lũ

cực đoan năm 2000 và 2011. Fujihara et al. (2016) và Dang et al. (2016) đã định lượng các tác động của việc phát triển đê cao đối với mực nước ở hạ lưu sử dụng ảnh vệ tinh MODIS và phân tích lịch sử phát hiện xu hướng mực nước và phát triển đê điều của vùng ĐBSCL. Các nghiên cứu này đều tập trung vào việc đánh giá tác động của các tuyến đê cao đến tình hình lũ lụt dọc sông Mekong, dựa trên các điều kiện lũ lớn vùng ĐBSCL sử dụng ảnh MODIS, chưa theo dõi tác động của đê nhân tạo, phân tích sự thay đổi không gian về mức độ ngập lụt hàng năm và hệ thống canh tác cho 2 vùng trũng ngập lũ thường xuyên ngập sâu hàng năm như Đồng Tháp Mười (ĐTM) và Tứ giác Long Xuyên vùng ĐBSCL. Từ đó, nghiên cứu xác định hiện trạng canh tác lúa và cơ cấu canh tác lúa theo không gian và thời gian theo sự diễn tiến của đê bao ngăn lũ ứng dụng kỹ thuật viễn thám là rất cần thiết nhằm đánh giá thực trạng, chuyển đổi hiện trạng và làm cơ sở cho việc quy hoạch sử dụng đất, từ đó đánh giá thực trạng phát triển canh tác nông nghiệp đặc biệt là canh tác lúa vùng ĐTM, hỗ trợ các nhà quản lý địa phương có cái nhìn tổng quan và đề xuất các giải pháp hợp lý, hiệu quả và góp phần phát triển kinh tế-xã hội vùng ĐTM nói riêng và vùng ĐBSCL nói chung.

ĐTM là một vùng đất ngập nước của ĐBSCL có diện tích 697.000 ha. Đây còn là vùng trũng dạng đồng lụt kín được bao quanh bởi các giồng đất cao ven biên giới Việt Nam - Campuchia, đê tự nhiên dọc sông Tiền và giồng biển cổ dọc theo quốc lộ 1A (Tân Hiệp - Nhị Quý, Cai Lậy) và chặn lại bởi sông Vàm Cỏ Đông (Long An). ĐTM trải rộng trên 3 tỉnh Long An, Tiền Giang và Đồng Tháp, trong đó Long An chiếm gần 50% diện tích của tiểu vùng này. Vào mùa lũ, khi nước lũ bắt đầu tràn qua kênh Sở hạ (tháng 8), tiểu vùng ĐTM bị ngập với độ sâu 0,5-4,0m, kéo dài từ 1 đến 5 tháng (Cục nuôi trồng thủy sản, 2009). Là một trong những vùng đất phèn lớn nhất Việt Nam với hệ sinh thái đất ngập nước đặc trưng, ĐTM có địa hình trũng lầy, tương đối bằng phẳng; vào mùa lũ một số khu vực trong vùng bị ngập với độ sâu từ 2 đến 4 m. Vào mùa khô, một số khu vực trong vùng này thường khô hạn và bị phèn (Hà Quang Hải, 2015). Vào những năm 80 của thế kỷ XX, Chương trình 60-02 giúp thoát lũ, dẫn ngọt, tháo chua, rửa phèn, khai hoang, phục hóa và cải tạo hàng trăm ngàn hecta đất. Đến nay, ĐTM trở thành vựa lúa đóng góp khoảng 20% tổng sản lượng gạo xuất khẩu của Việt Nam. Ngoài những vùng trồng lúa truyền thống, ĐTM đã đưa vào thêm nhiều loại cây trồng phù hợp với từng khu vực nhằm chuyển dịch cơ cấu cây trồng, gia tăng sản lượng, đa dạng hóa cây trồng, hướng đến sản xuất đa canh, tuy nhiên cây lúa vẫn là loài cây tiên phong, bền vững, chủ lực của nơi đây (Nguyễn Ngọc Trân, 2009).



Hình 1. Ranh giới hành chính vùng ĐTM

**2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

**2.1. Thu thập dữ liệu**

Dữ liệu ảnh viễn thám phục vụ theo dõi biến động đề bao gồm ảnh viễn thám LANDSAT 4-5 TM

ngày 24/08/2000 và ảnh LANDSAT 8 OLI ngày 28/8/2019, độ phân giải không gian 30 m, mây che phủ thấp hơn 10% (Bảng 1), được thu thập tại trang web của Cục Khảo sát địa chất Hoa Kỳ (USGS) (2020).

**Bảng 1: Đặc điểm kỹ thuật dữ liệu ảnh LANDSAT được sử dụng trong trích xuất đường bờ xây dựng bản đồ đề bao**

STT	Dữ liệu ảnh	Ngày chụp	Kênh phổ sử dụng (µm)	Độ phân giải không gian (m)
1	LANDSAT 4-5 TM	24/08/2000	Band 2 - Green: 0,52 – 0,60 Band 3 - Red: 0,63 – 0,69 Band 4 - NIR: 0,76 – 0,90 Band 5 - SWIR 1: 1,55 – 1,75	30
2	LANDSAT 8 OLI	28/08/2019	Band 3: 0,53 – 0,59 Band 4: 0,64 – 0,67 Band 5: 0,85 – 0,88 Band 6 - SWIR 1: 1,57 – 1,65	30

Dữ liệu ảnh viễn thám phục vụ khảo sát hiện trạng và biến động cơ cấu mùa vụ: Thu thập chuỗi ảnh MODIS đa thời gian, tổ hợp 8 ngày (Bảng 2), thời điểm năm 2000 và 2019 phục vụ theo dõi biến

động chỉ số thực vật, giải đoán và xây dựng bản đồ cơ cấu mùa vụ lúa tại trang web của Cơ quan Hàng không và Vũ trụ Hoa Kỳ (NASA) (2010).

**Bảng 2: Đặc điểm kỹ thuật dữ liệu ảnh MODIS được sử dụng trong xây dựng bản đồ cơ cấu mùa vụ lúa**

STT	Dữ liệu ảnh	Năm quan sát	Kênh phổ sử dụng (μm)	Độ phân giải không gian (m)	Độ phân giải thời gian (ngày)
1	MODIS (MOD09Q1)	2000 và 2019	Band 1 - Red: 0,620 – 0,670 Band 2 - NIR: 0,841 – 0,876	250	Tổ hợp 8 ngày

**2.2. Phương pháp nghiên cứu**

**2.2.1. Hiệu chỉnh khí quyển**

*Hiệu chỉnh bức xạ:* Đối với bộ dữ liệu LANDSAT cấp độ 1 (level-1), các giá trị được chuẩn hóa dưới dạng số nguyên (DN). Các giá trị này được chuyển đổi sang giá trị bức xạ phổ làm dữ liệu đầu vào cho quy trình hiệu chỉnh khí quyển. Việc hiệu chỉnh dựa vào các giá trị riêng biệt của từng bộ cảm biến, đối với ảnh LANDSAT thông tin về giá trị này được cung cấp bởi file metadata và được thực hiện dựa trên công thức (1) (Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ, 2013) và sử dụng công cụ Radiometric Calibration trên phần mềm ENVI 5.3:

$$L\lambda = ML * Qcal + AL \quad (1)$$

Trong đó:  $L\lambda$  là giá trị bức xạ của mỗi pixel trên ảnh (Radiance Value),  $ML$  là giá trị RADIANCE\_MULT\_BAND\_n trong tập tin metadata,  $AL$  là giá trị RADIANCE\_ADD\_BAND\_n trong tập tin metadata,  $Qcal$  là giá trị DN của pixel.

*Hiệu chỉnh khí quyển:* Là quá trình loại bỏ những ảnh hưởng của khí quyển đến dữ liệu ảnh và tạo ra giá trị phản xạ thực tế từ mặt đất (Reflectance value). Hiệu chỉnh khí quyển bằng công cụ FLAASH Atmospheric Correction trên phần mềm ENVI 5.3 (Anjan & Derse, 2019).

**2.2.2. Phương pháp chiết tách đường bờ theo dõi hiện trạng đê bao ngăn lũ**

*Xây dựng ảnh chỉ số khác biệt nước (NDWI):* Ảnh chỉ số nước được sử dụng để tách biệt đối tượng nước nhằm làm nổi bật đường bờ. Chỉ số nước NDWI được tính bằng công thức (2) (Gao, 1996):

$$NDWI = \frac{(Green - SWIR)}{(Green + SWIR)} \quad (2)$$

*Chiết tách đường bờ:* Nghiên cứu chiết tách đường bờ được xác định là đường đê bao dựa trên ranh giới giữa vùng ngập và không ngập trên ảnh LANDSAT, được thu thập vào các tháng ngập lũ (từ tháng 8 đến tháng 11 hàng năm) bằng cách áp dụng phương pháp phân tích giữa giá trị ngưỡng và ảnh chỉ số NDWI theo công thức (3) (Claire et al., 2012).

$$duongbo = \left(\frac{Green}{NIR}\right) * \left(\frac{Green}{SWIR}\right) + NDWI \quad (3)$$

Nghiên cứu xác định đường bờ cũng chính là đê bao ngăn lũ tại vùng ĐTM, dữ liệu được thu thập vào giai đoạn ngập lũ sẽ tách được ranh giới giới hạn giữa vùng ngập nước và vùng không ngập nước còn gọi là đường bờ hay đê bao, nhằm ngăn nước lũ chảy tràn vào vùng trũng bên trong vùng ĐTM để người dân có thể canh tác lúa, đồng thời thâm canh tăng vụ mà vẫn không bị ảnh hưởng do ngập lũ vào mùa mưa của dòng chảy sông Mekong.

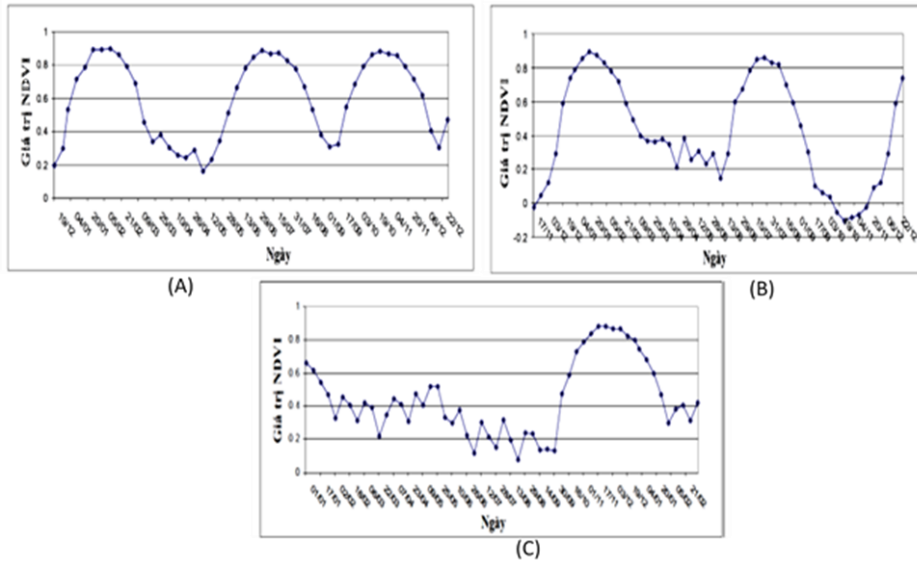
**2.2.3. Phương pháp phân tích biến động cơ cấu mùa vụ lúa**

Tạo chuỗi ảnh chỉ số khác biệt thực vật (NDVI): Chuỗi ảnh chỉ số khác biệt thực vật (NDVI) nhằm xác định hiện trạng cơ cấu mùa vụ lúa được gieo trồng trong năm (Boschetti et al., 2009; Zhang et al., 2003). Chuỗi ảnh đa thời gian được gộp từ 46 cảnh ảnh liên tiếp của các ảnh tổ hợp 8 ngày trong 1 năm. Chỉ số thực vật được tính dựa vào công thức (4) (Tucker, 1979):

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (4)$$

Dựa vào chuỗi ảnh đa thời gian, biểu đồ NDVI xác định sự khác biệt của giá trị thực vật biến động trong năm, giá trị NDVI dao động trong khoảng từ -1 đến 1, thực vật phát triển càng mạnh thì giá trị NDVI càng cao và gần khoảng giá trị 1 và ngược lại. Dựa trên cơ sở lý thuyết, chỉ số NDVI của vùng lúa ở ĐTM có giá trị thấp giai đoạn gieo sạ, tăng dần và đạt cao nhất vào lúc cây lúa ở giai đoạn sinh trưởng, giảm khi cây lúa bắt đầu chín và thấp nhất khi đã thu hoạch.

Phân tích biến động cơ cấu mùa vụ: Dựa vào quy luật biến đổi dạng biểu đồ hình Sin, chỉ số NDVI cho lúa 1 vụ biến đổi theo thời gian sẽ đạt cực đại một lần trong năm (Hình 1C) bắt đầu từ tháng 10-12 và kết thúc trong tháng 2-3 năm sau. Lúa 2 vụ chỉ số NDVI đạt được điểm cực đại hai lần trong năm (Hình 1B), vụ 1 bắt đầu từ tháng 1-3 và vụ 2 bắt đầu tháng 6-7. Lúa 3 vụ có chỉ số NDVI biến đổi theo thời gian sẽ đạt được điểm cực đại ba lần trong năm tương ứng tháng 1, 6, 10 (Hình 1A).

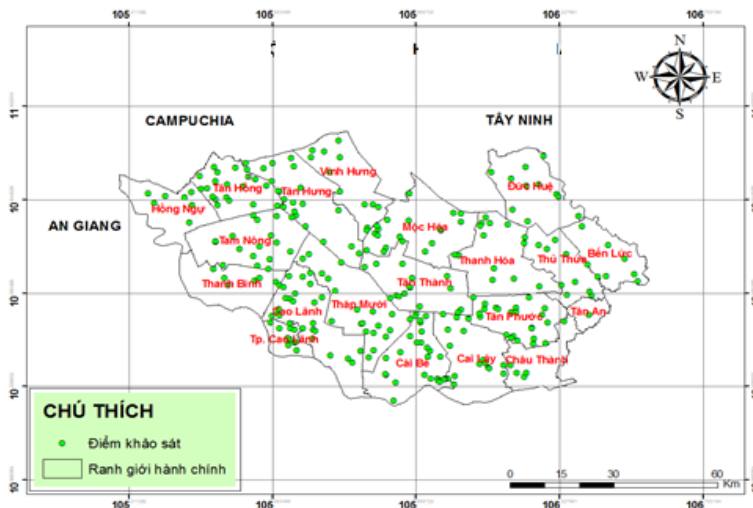


**Hình 1. Chuỗi NDVI cơ cấu mùa vụ lúa: lúa 1 vụ (A), lúa 2 vụ (B), lúa 3 vụ (C)**

*Phân loại đối tượng:* Phân loại cơ cấu mùa vụ bằng phương pháp phân loại xác suất cực đại (MLC\_Maximum Likelihood Classification), phương pháp được xây dựng trên cơ sở giả thiết hàm mật độ xác suất tuân theo luật phân bố chuẩn. Mỗi pixel được tính xác suất thuộc vào một loại nào đó và được chỉ định gán tên loại mà xác suất thuộc vào loại đó là lớn nhất (Bolstad & Lillesand, 1991).

*Đánh giá độ tin cậy phân loại ảnh:* Số lượng điểm khảo sát đánh giá độ tin cậy dựa vào số liệu

thống kê diện tích canh tác lúa của vùng ĐTM (Niên giám thống kê, 2019), mô phỏng diện tích ngập lũ (Nguyễn Trọng Cần và ctv., 2017) và ước tính số điểm dựa vào công thức của tác giả Cochran (1977). Nghiên cứu ước tính 296 điểm khảo sát và phân bố ngẫu nhiên trên hiện trạng canh tác lúa, mô hình canh tác lúa, điều kiện ngập, không ngập bên trong và ngoài vùng đê bao của vùng ĐTM năm 2000 và 2019 (Hình 2) bằng phần mềm Google Earth sử dụng chức năng Show historical imagery để tiến hành kiểm tra độ tin cậy (Hu et al., 2013).



**Hình 2. Vị trí các điểm khảo sát đánh giá độ tin cậy phân loại**

Mỗi vị trí khảo sát được phân bố cụ thể trên mỗi loại hiện trạng phân loại, dựa vào sự tương quan của các điểm khảo sát thực tế và hiện trạng phân loại,

tiến hành xây dựng ma trận sai số để đánh giá độ tin cậy của kết quả phân loại dựa trên 2 thông số gồm độ chính xác toàn cục (T%) (Nguyễn Ngọc Thạch

và ctv., 1997) và chỉ số Kappa (K) (Congalton & Green, 1999).

*Theo dõi và phân tích biến động:* Phát hiện thay đổi được sử dụng các tính năng đã thay đổi giữa hai hình ảnh được thu thập trên cùng một khu vực tại các thời điểm khác nhau (Exelis 2011). Theo Lu et al. (2007), các phương pháp phát hiện thay đổi phổ biến nhất là phương pháp so sánh sau phân loại (post classification) để xác định sự khác biệt giữa các thời điểm khác nhau. Sự khác biệt giữa các điểm ảnh sẽ phát hiện những thay đổi trong các loại lớp bao phủ / sử dụng đất khác nhau dựa trên một ma trận thay đổi (Coppin 2004) Nghiên cứu sử dụng công cụ Raster Calculator và Reclassify trên phần mềm ArcGIS để xác định sự biến động cơ cấu mùa vụ, biến động đề bao, diễn biến hiện trạng đề bao và cơ cấu mùa vụ giai đoạn 2000-2019.

**Bảng 3. Phân bố khoảng giá trị chỉ số nước và chỉ số thực vật**

Ảnh	Chỉ số	Khoảng giá trị	Thực vật	Mặt nước
LANDSAT 4-5 TM	NDWI	(-0,36)-0,82	(-0,36)-0,1	>0,1-0,82
LANDSAT 8 LDCM	NDWI	(-0,59)-0,78	(-0,59)-0,168	>0,168-0,78
MODIS (MOD09Q1)	NDVI	(-0,2)-0,8	>0,2-0,8	(-0,2)-0,2

NDVI là một chỉ số phổ biến được sử dụng rộng rãi để xác định và dự đoán sinh khối và độ xanh trong một khu vực cụ thể (Alphan & Derse 2013; Tan et al., 2012). NDWI là một chỉ số phù hợp hơn để tăng cường và trích xuất thông tin từ diện tích mặt nước chiếm ưu thế bởi đất bồi và thực vật (Singh et al., 2015; Xu, 2006). Giá trị NDVI và MNDWI nằm trong khoảng từ - 1 đến + 1. Giá trị NDVI và NDWI chính xác để phân loại đạt được bằng cách kiểm tra các giá trị ngưỡng khác nhau và xem xét trực quan các hình ảnh được thử nghiệm của vệ tinh (Jawak & Luis, 2013). Ngưỡng NDVI (Nelson & Geoghegan, 2002; Wang et al., 2018) để phân loại NDVI thành ba lớp: (1) Giá trị NDVI dưới mức 0,2 là được coi là thảm thực vật mật độ thấp, (2) Giá trị NDVI giữa 0,2 và 0,5 được coi là thực vật mật độ trung bình và (3) giá trị NDVI cao hơn 0,5 được coi là mật độ cao thảm thực vật. Giá trị rất thấp của NDVI (0,1 trở xuống) tương ứng với các khu vực cần cỗi của đá, cát hoặc tuyết. Giá trị vừa phải đại diện cho cây bụi và đồng cỏ (0,2 đến 0,3), trong khi giá trị cao chỉ ra rừng mưa nhiệt đới và ôn đới (0,6 đến 0,8). Đất trống được biểu thị bằng các giá trị NDVI, gần nhất với 0 và các vùng nước được biểu thị bằng giá trị NDVI âm (Hu et al., 2008; Merwan et al., 2014; Shikhar & Akansha, 2014; Xie et al. 2010). Đối với chỉ số nước, NDWI cao hơn biểu thị các tính năng nước và

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Kết quả phân bố giá trị chỉ số nước (NDWI - Normalized Difference Water Index) và chỉ số thực vật (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index)

Kết quả phân tích ảnh chỉ số nước và chỉ số thực vật được trình bày ở Bảng 3 cho thấy vùng phân bố nước được trích lọc trên ảnh có giá trị chỉ số nước dao động >0,1-0,82 (ảnh LANDSAT 4-5 TM) và >0,168-0,78 (ảnh LANDSAT 8) tách được vùng phân bố ngập lũ; đối với ảnh chỉ số thực vật trích lọc đối tượng thực vật có giá trị dao động trong khoảng >0,2-0,8 (ảnh MODIS) tách các đối tượng thực vật phân bố trong vùng không bị ảnh hưởng bởi ngập lũ.

thấp hơn biểu thị các tính năng không phải nước và ngưỡng 0 để tách nước với mặt đất (McFeeters, 1996). Như vậy, nghiên cứu sử dụng chỉ số khác biệt thực vật để tách các nhóm đối tượng mô hình canh tác lúa và chỉ số khác biệt nước để tách ranh giới giữa bề mặt đất và nước và trong nghiên cứu này sử dụng để xác định hiện trạng đề bao trong mùa lũ. Các giá trị chỉ số khác biệt thực vật và nước được xác định ngưỡng lớn hơn 0 tương ứng với đối tượng phân bố là thực vật hoặc canh tác lúa và đề bao ngăn lũ cho vùng ĐTM.

#### 3.2. Đánh giá độ tin cậy phân loại

Đánh giá độ chính xác là một bước quan trọng để đánh giá kết quả phân loại quy trình (Lu & Weng, 2007; Teodoro & Araujo, 2016), vì đầu ra của lớp phủ cần biết độ tin cậy như thế nào để sử dụng dữ liệu một cách chính xác (Foody et al., 1992; Smits et al., 1999; Manandhar et al., 2009). Trong nghiên cứu này, mức độ chính xác của kết quả phân loại ảnh tối từ dữ liệu viễn thám phải đạt ít nhất 85%, như được đề nghị bởi các tác giả khác nhau (Anderson et al., 1976; Foody et al., 2002; Thomlinson et al., 1999). Độ tin cậy kết quả giải đoán cơ cấu mùa vụ và đề bao năm 2000- 2019 được ước tính dựa trên 2 thông số độ chính xác toàn cục (T) và hệ số Kappa (K). Độ chính xác khá cao (>85%) và hệ số Kappa > 0,7 (Bảng 4).

**Bảng 4. Chỉ số đánh giá độ tin cậy của phân loại**

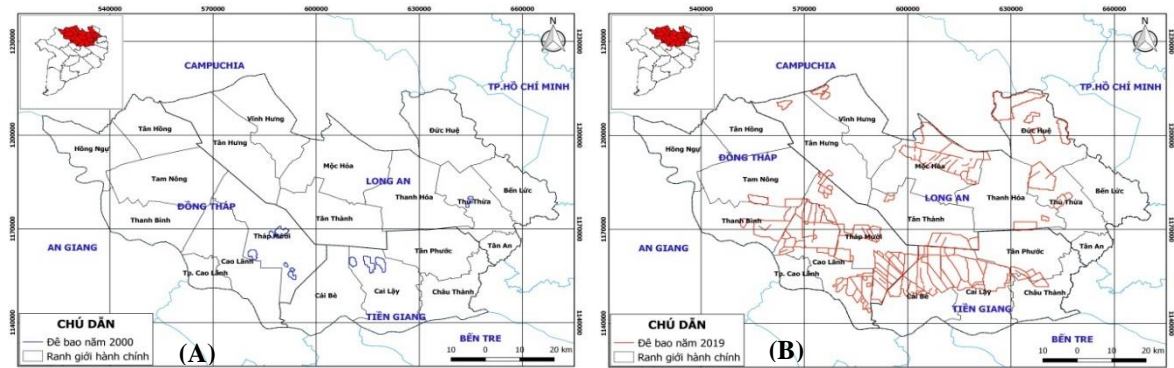
Thông số	2000		2019	
	Mùa vụ	Đê bao	Mùa vụ	Đê bao
Hệ số Kappa (K)	0,73	0,81	0,70	0,93
Độ chính xác toàn cục (T)	0,86	0,90	0,85	0,96

**3.3. Diễn biến hệ thống đê bao vùng ĐTM**

*Phân bố hiện trạng đê bao năm 2000 và 2019:* Năm 2000, đê bao phân bố rất ít chỉ có trên 3 huyện gồm Thủ Thừa, Tháp Mười và Cai Lậy (màu xanh dương) với tổng chiều dài đê bao là 100,52 km và tổng diện tích trong đê bao là 3.476,7 ha (0,53%) (Hình 3A). Đến năm 2019, hệ thống đê bao được phân bố hầu hết trên 3 tỉnh vùng ĐTM, tỉnh Long An phân bố trên 7 huyện gồm Đức Huệ, Thủ Thừa, Thạnh Hóa, Mộc Hóa, Tân Thành, Vĩnh Hưng và Tân Hưng; tỉnh Tiền Giang phân bố trên 4 huyện gồm Châu Thành, Cai Lậy, Tân Phước và Cái Bè; tỉnh Đồng Tháp (màu đỏ) phân bố trên 4 huyện/thị gồm Cao Lãnh, Tháp Mười, Thanh Bình và Tam

Nông, với tổng chiều dài đê bao là 1.774,26 km (tăng 1.673,7 km so với năm 2000) và diện tích trong đê bao tăng 129.616,6 ha (19,89 (Hình 3B).

*Biến động đê bao giai đoạn 2000-2019:* Trong giai đoạn 2000-2019, tổng chiều dài đê bao vùng ĐTM tăng 1.673,70 km, trong đó tỉnh Đồng Tháp tăng 710,9 km (42,48%), tỉnh Long An tăng 485,60 km (29,02%) và tỉnh Tiền Giang tăng 477,00 km (28,50%). Huyện Tháp Mười, tỉnh Đồng Tháp có chiều dài tăng cao nhất với 308,91 km (tăng gấp 5 lần so với năm 2000), huyện có chiều dài đê bao tăng thấp nhất là huyện Vĩnh Hưng, tỉnh Long An tăng 26,91 km (năm 2000 chưa có đê bao).



**Hình 3. Bản đồ phân bố đê bao vùng ĐTM năm 2000 (A) và 2019 (B)**

*Biến động diện tích trong vùng đê bao:* Tổng diện tích bên trong đê bao vùng ĐTM tăng 126.139,40 ha, trong đó tỉnh Đồng Tháp tăng nhiều nhất (37,61%), kế đến tỉnh Long An (34,91%) và thấp nhất tỉnh Tiền Giang (27,48%). Huyện Cao Lãnh, tỉnh Đồng Tháp có diện tích trong đê bao tăng cao nhất là 20.284,40 ha (16,08%), huyện có diện tích trong đê bao tăng thấp nhất là Tân Hưng, tỉnh Long An với 700,3 ha (0,58%). Phân bố đê bao năm 2000 chủ yếu trên 3 huyện gồm Tháp Mười của tỉnh Đồng Tháp, Thủ Thừa của tỉnh Long An và Cai Lậy của tỉnh Tiền Giang. Đến năm 2019, đê bao phân bố hầu hết các huyện trên 3 tỉnh Đồng Tháp, Tiền Giang và Long An trong khu vực vùng ĐTM (Bảng 5).

Theo Cán Thu Văn và Nguyễn Thanh Sơn (2016), ĐTM là vùng có hệ thống đê bao dài nhất khu vực ĐBSCL với trên 3.150 km đê bao kín và trên 6.880 km đê bao lửng. Trong đó, hệ thống bờ bao bảo vệ lúa có tổng chiều dài 7.171 km, diện tích phục vụ 72.314 ha/197.914 ha lúa hè thu, đạt tỷ lệ 87%. Các khu vực sản xuất 3 vụ có đê bao đảm bảo chống lũ 100%. Nghiên cứu thực hiện khảo sát đê bao trên đất canh tác 3 vụ lúa nên chiều dài đê bao thấp hơn so với tác giả đã thống kê năm 2016, đồng thời sản xuất lúa trong mùa lũ khoảng 133.299 ha gần tương đương với số liệu diện tích thống kê được của nghiên cứu là 129.615,90 ha.

**Bảng 5. Chiều dài đê bao và diện tích trong đê bao năm 2000 và 2019**

Tỉnh	Huyện/ thị xã/thành phố	Chiều dài đê bao (km)		Biến động chiều dài đê bao (km)	Diện tích trong đê bao (ha)		Biến động diện tích trong đê bao (ha)
		Năm	Năm		Năm	Năm	
		2000	2019		2000	2019	
Đồng Tháp	Cao Lãnh	-	302,7	+302,7	-	20.284,4	+20.284,4
Đồng Tháp	Tháp Mười	59,0	367,9	+308,9	1.525,9	19.840,3	+18.314,7
Đồng Tháp	Thanh Bình	-	67,5	+67,5	-	6.550,9	+6.551,0
Đồng Tháp	Tam Nông	-	31,8	+31,8	-	2.296,5	+2.296,5
Long An	Đức Huệ	-	100,5	+100,5	-	9.091,4	+9.091,4
Long An	Thủ Thừa	6,5	57,5	+51	98,0	6.035,1	+5.937,1
Long An	Thạnh Hóa	-	31,8	+31,8	-	2.016,7	+2.016,5
Long An	Mộc Hóa	-	180,2	+180,2	-	19.408,0	+19.408,0
Long An	Tân Thạnh	-	67,0	+67,0	-	6.145,5	+6.145,5
Long An	Vĩnh Hưng	-	26,9	+26,9	-	732,0	+732,0
Long An	Tân Hưng	-	28,2	+28,2	-	700,3	+700,3
Tiền Giang	Châu Thành	-	33,4	+33,4	-	1.289,3	+1.289,3
Tiền Giang	Cai Lậy	35,0	172,1	+137,1	1.852,9	17.045,1	+15.192,3
Tiền Giang	Tân Phước	-	57,0	+57,0	-	1.986,2	+1.986,2
Tiền Giang	Cái Bè	-	249,5	+249,5	-	16.194,2	+16.194,2
<b>TỔNG</b>		100,50	1.774,26	1.673,70	3.476,80	129.615,90	126.139,40

**3.4. Đánh giá biến động cơ cấu canh tác lúa vùng ĐTM**

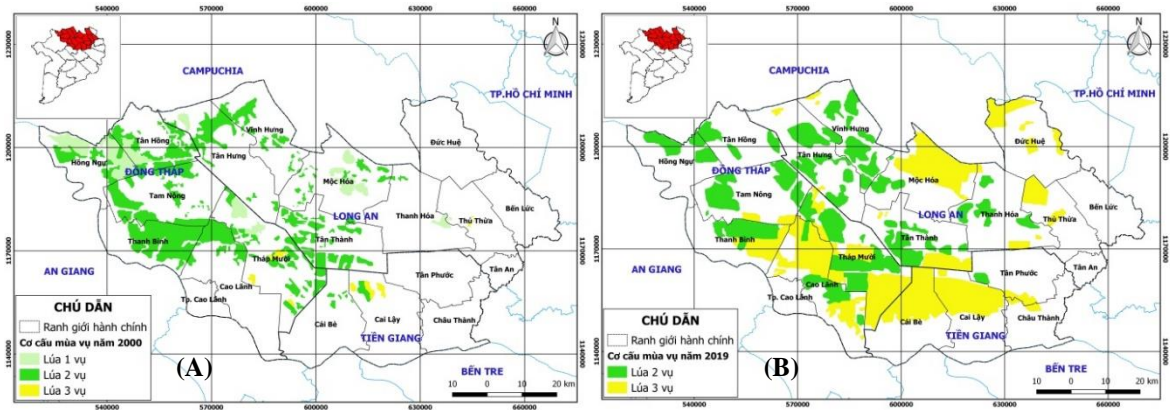
*3.4.1. Phân vùng cơ cấu canh tác lúa năm 2000 và 2019*

Kết quả trên bản đồ cho thấy ở năm 2000 (Hình 4A), hiện trạng canh tác lúa toàn vùng ĐTM chủ yếu gồm lúa 2 vụ phân bố nhiều nhất là huyện Thanh Bình, tỉnh Đồng Tháp. Dựa trên biến động chỉ số NDVI theo thời gian cho thấy canh tác 2 vụ lúa bao gồm vụ Đông Xuân và vụ Hè Thu sớm kết thúc vào tháng 8, thời điểm không canh tác trùng với thời gian ngập lũ. Vùng canh tác lúa 1 vụ xuất hiện rất ít ở huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp. Thời điểm này, cơ cấu lúa 3 vụ cũng chiếm rất ít và phân bố chủ yếu ở huyện Tháp Mười (tỉnh Đồng Tháp), huyện Cai

Lậy (tỉnh Tiền Giang) và huyện Thủ Thừa (tỉnh Long An).

Ở Hình 4B, bản đồ năm 2019 cho thấy đất canh tác lúa vùng ĐTM không còn sự xuất hiện của lúa 1 vụ. Tại vị trí vùng lúa 1 hay 2 vụ năm 2000 đến năm 2019 là sự xuất hiện của lúa 2 hoặc 3 vụ tương ứng. Điều này cho thấy có sự chuyển đổi từ cơ cấu 1 hay 2 vụ lúa sang cơ cấu lúa 2 vụ và 3 vụ tương ứng (Hình 4B). Tuy nhiên, diễn tiến và tốc độ của sự chuyển đổi này theo thời gian trong suốt giai đoạn quan sát từ năm 2000 đến 2019 chưa được thể hiện chi tiết trong khuôn khổ nghiên cứu của đề tài. Kết quả phân tích từng năm sẽ giúp minh chứng rõ hơn sự tương quan giữa việc chuyển đổi cơ cấu canh tác với sự gia tăng diện tích của vùng được bao đê ở ĐTM.





**Hình 4. Bản đồ cơ cấu mùa vụ lúa vùng ĐTM (A) năm 2000 và (B) năm 2019**

Theo Nguyen et al. (2021), diện tích canh tác lúa vùng ĐTM tăng liên tục giai đoạn 2000 đến 2020 với diện tích phân bố lần lượt là 187.450 ha và 329.220 ha cho thấy kết quả nghiên cứu khá phù hợp giai đoạn này với diện tích canh tác lúa năm 2000 và

2019 lần lượt là 133.353,8 ha và 318.310,6 ha (Bảng 6). Sự khác biệt về diện tích tác lúa là do nghiên cứu ước tính diện tích trong vùng đề bao nên có sự chênh lệch và chênh lệch cao vào năm 2000 với khoảng 8.416,2 ha.

**Bảng 6. Diện tích cơ cấu canh tác lúa ở các huyện/thị xã/thành phố thuộc vùng ĐTM năm 2000 và năm 2019**

Đơn vị tính: ha

Tỉnh	Huyện/thị xã/thành phố	Năm 2000			Năm 2019	
		Lúa vụ 1	Lúa vụ 2	Lúa vụ 3	Lúa 2 vụ	Lúa 3 vụ
Đồng Tháp	Cao Lãnh	-	8.119,20	-	7.190,52	20.288,57
Đồng Tháp	Hồng Ngự	9.314,42	6.720,45	-	7.434,55	-
Đồng Tháp	Tam Nông	-	13.784,89	-	13.518,72	2.296,46
Đồng Tháp	Tân Hồng	2.560,24	12.175,37	-	5.155,72	-
Đồng Tháp	Thanh Bình	-	17.788,74	-	9.568,01	6.553,86
Đồng Tháp	Tháp Mười	3.264,53	10.960,26	1.525,9	20.079,14	19.850,35
Long An	Mộc Hóa	4.677,42	4.705,95	-	3.214,03	19.430,84
Long An	Tân Hưng	1.063,22	8.725,1	-	14.891,84	700,25
Long An	Tân Thạnh	-	11.422,97	-	11.215,32	6.148,22
Long An	Thanh Hóa	868,77	458,33	-	7.100,70	2.016,74
Long An	Vĩnh Hưng	-	7.390,61	-	13.138,58	731,89
Long An	Thủ Thừa	118,21	-	97,95	-	6.040,23
Tiền Giang	Cái Bè	-	4.631,37	-	-	16.208,49
Tiền Giang	Cai Lậy	-	1.127,05	1.852,85	1.171,20	17.047,62
<b>Tổng</b>		<b>21.866,81</b>	<b>108.010,29</b>	<b>3.476,70</b>	<b>118.469,00</b>	<b>129.661,6</b>

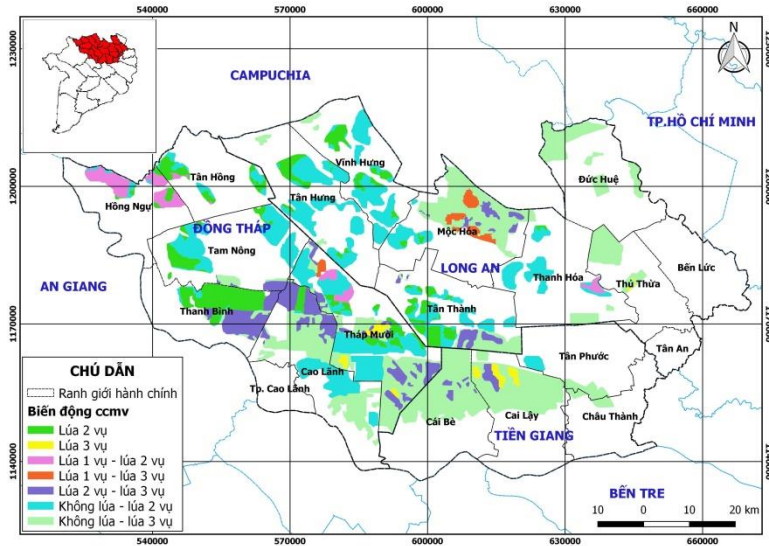
**3.4.2. Biến động cơ cấu canh tác lúa năm 2000 và 2019**

Kết quả phân tích biến động không gian của cơ cấu canh tác lúa theo kết quả giải đoán từ ảnh viễn thám đã cho thấy có sự chuyển đổi rõ rệt cơ cấu canh tác từ lúa 1 vụ sang lúa 2 vụ, lúa 1 vụ sang 3 vụ, lúa 2 vụ sang 3 vụ và hiện trạng khác sang lúa 2 vụ, hiện trạng khác sang lúa 3 vụ. Sự chuyển đổi hiện trạng

ở các huyện chủ yếu sang lúa 3 vụ, tổng diện tích các loại hình canh tác khác chuyển sang canh tác lúa 3 vụ là 126.142,15 ha (60,82%). Cơ cấu lúa 2 vụ có sự gia tăng diện tích do chuyển đổi lúa 1 vụ và các vùng hiện trạng khác với tổng diện tích tăng thêm là 81.229,47 ha (39,18%) (Hình 5). Nguyên nhân của sự chuyển đổi này là do vào những năm 80 của thế kỷ XX, Chương trình 60-02 chủ Chính phủ giúp thoát lũ, dẫn ngọt, tháo chua, rửa phèn, khai hoang,

phục hóa và cải tạo hàng trăm ngàn hecta đất, chuyển đổi đất canh tác được một vụ lúa mùa nổi và cải tạo trồng cây gì trên vùng đất nào là thích hợp, và thủy lợi đóng vai trò quan trọng hàng đầu trong sản xuất. Đến nay, ĐTM trở thành vựa lúa đóng góp khoảng 20% tổng sản lượng gạo xuất khẩu của Việt Nam. Ngoài những vùng trồng lúa truyền thống,

ĐTM đã đưa vào thêm nhiều loại cây trồng phù hợp với từng khu vực nhằm chuyển dịch cơ cấu cây trồng, gia tăng sản lượng, đa dạng hóa cây trồng, hướng đến sản xuất đa canh, tuy nhiên cây lúa vẫn là loài cây tiên phong, bền vững, chủ lực của nơi đây (Nguyễn Ngọc Trân, 2009).



**Hình 5. Bản đồ biến động cơ cấu mùa vụ canh tác lúa vùng ĐTM giai đoạn 2000-2019**

Kết quả tính toán diện tích chuyển đổi cho thấy đến năm 2019 cơ cấu mùa vụ có biến động đáng kể từ năm 2000 đến năm 2019 với tổng diện tích chuyển đổi toàn vùng là 207.371,62 ha (chiếm 31,8%). Kết quả này khá phù hợp với nghiên cứu Nguyen et al., (2021) với tổng diện tích thay đổi hiện trạng sử dụng đất giai đoạn 2000-2020 vùng ĐTM là 203.650 ha. Diện tích canh tác lúa vùng ĐTM tăng 114.731,37 ha (tăng 17,60%) so với năm 2000. Trong đó, có sự chuyển đổi cơ cấu canh tác sang lúa 3 vụ chiếm tỷ lệ lớn nhất vùng 129.616,6 ha (52,25%), tăng 126.139,9 ha so với năm 2000. Mô hình canh tác 2 vụ lúa với tổng diện tích là 118,469 ha (47,75%), tăng 10.458,71 ha so với năm 2000 (Bảng 7).

Tỉnh Đồng Tháp có diện tích chuyển đổi cơ cấu mùa vụ cao nhất trong 3 tỉnh thuộc vùng ĐTM với

tổng diện tích 89.632,70 ha (43,22%), tiếp đến tỉnh Long An với diện tích 81.894,20 ha (39,49%) và tỉnh Tiền Giang là 35.844,72 ha (17,29%) (Bảng 7). So với số liệu xuống giống vụ Thu Đông (do ảnh hưởng thâm phân loại vào tháng 8) của tỉnh Đồng Tháp năm 2021 là 74.486 ha (Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2020). Ở tỉnh Đồng Tháp, huyện Tháp Mười có tổng diện tích chuyển đổi cơ cấu cao nhất với 35.052,22 ha (16,9%) và thấp nhất là huyện Tân Hồng với diện tích chuyển đổi là 1.914,36 ha (0,92%). Ở tỉnh Long An, huyện Mộc Hóa có diện tích chuyển đổi cao nhất là 22.111,28 ha (10,66%) và thấp nhất là huyện Thủ Thừa với 5.939,03 ha (2,86%). Ở tỉnh Tiền Giang, huyện Cái Bè có diện tích chuyển đổi cao nhất với 16.203,5 ha (7,81%) và thấp nhất là huyện Châu Thành 1.289,33 ha (0,62%).

**Bảng 7. Diện tích chuyển đổi cơ cấu canh tác lúa ở các huyện/thị xã/thành phố thuộc vùng ĐTM giai đoạn 2000-2019**

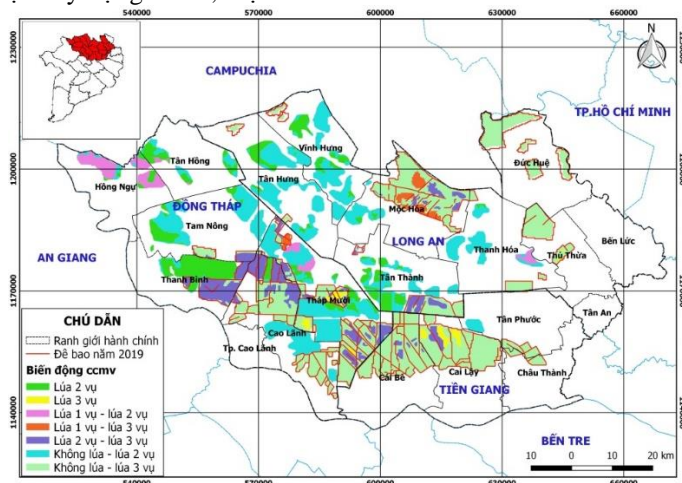
Đơn vị tính: ha

Tỉnh	Huyện/thị xã/thành phố	Diện tích chuyển đổi cơ cấu canh tác lúa				
		Hiện trạng khác- 2 vụ	Hiện trạng khác- 3 vụ	1 vụ - 2 vụ	1 vụ - 3 vụ	2 vụ - 3 vụ
Đồng Tháp	Cao Lãnh	6.238,80	14.077,20	-	-	6.207,20
Đồng Tháp	Hồng Ngự	627,10	-	5.628,90	-	-
Đồng Tháp	Tân Hồng	1.669,76	-	244,60	-	-
Đồng Tháp	Tam Nông	10.025,75	1.188,18	-	-	1.108,30
Đồng Tháp	Thanh Bình	1.013,78	549,21	-	-	6.001,70
Đồng Tháp	Tháp Mười	15.178,90	12.041,40	1.558,60	497,30	5.776,02
Long An	Đức Huệ	-	9.091,30	-	-	-
Long An	Mộc Hóa	2.703,26	14.041,00	-	2.854,78	2.512,24
Long An	Thủ Thừa	0,16	5.937,09	1,78	-	-
Long An	Thạnh Hóa	5.990,37	2.016,46	859,10	-	-
Long An	Tân Thạnh	6.801,46	3.927,10	-	-	2.218,40
Long An	Tân Hưng	12.130,20	700,04	-	0,22	-
Long An	Vĩnh Hưng	9.377,25	730,25	-	-	1,74
Tiền Giang	Cái bè	9,30	15.264,90	-	-	929,30
Tiền Giang	Cai Lậy	1,20	14.098,80	-	-	1.093,50
Tiền Giang	Châu Thành	-	1.289,33	-	-	-
Tiền Giang	Tân Phước	1.169,20	1.989,19	-	-	-
<b>TỔNG</b>		<b>72.936,49</b> (35,17%)	<b>96.941,45</b> (46,74%)	<b>8.292,98</b> (4%)	<b>3.352,30</b> (1,62%)	<b>25.848,40</b> (12,47%)

**3.5. Biến động phân vùng cơ cấu canh tác lúa do đê bao trong giai đoạn 2000-2019**

Dựa vào kết quả giải đoán ảnh, cơ cấu mùa vụ vùng ĐTM thay đổi từ sau đỉnh lũ năm 2000 và đê bao được xây dựng bảo vệ vùng canh tác lúa không bị ảnh hưởng ngập vào mùa lũ, vùng trong đê bao được canh tác lúa quanh năm, thời điểm xuống giống sẽ khác biệt giữa bên trong và ngoài vùng đê bao tùy thuộc vào cơ cấu mùa vụ lúa. Năm 2000, hệ thống đê bao chưa được xây dựng nhiều, một số ít

vùng có đê bao như huyện Thủ Thừa, Tháp Mười và Cai Lậy, đến năm 2019 đê bao được xây dựng mở rộng nhiều hơn cho nên có sự biến động diện tích canh tác lúa 1 vụ, 2 vụ và 3 vụ. Trong giai đoạn 2000-2019, canh tác lúa 3 vụ có sự tương quan chặt với hệ thống đê bao; cụ thể từ năm 2000 đến 2019, chiều dài đê bao tăng và diện tích đê bao mở rộng, do đó vùng trong đê bao chủ động nguồn nước tưới và không chịu ảnh hưởng của lũ vào mùa mưa (Hình 6).



**Hình 6. Bản đồ biến động hiện trạng lúa do ảnh hưởng đê bao vùng ĐTM giai đoạn 2000-2019**

Hầu hết lúa 1 vụ, 2 vụ và 3 vụ năm 2000 đều chuyển sang lúa 2 vụ và 3 vụ vào năm 2019, đến năm 2019 hoàn toàn không còn canh tác lúa 1 vụ. Các vùng chuyển đổi từ lúa 1 vụ sang 2 vụ được phân bố tại huyện Hồng Ngự và 1 vụ chuyển sang 3 vụ tại huyện Mộc Hóa. Các vùng chuyển đổi từ 2 vụ lúa sang 3 vụ lúa phân bố tại các huyện Thanh Bình, Tháp Mười, Tân Thành và Mộc Hóa. Các vùng chuyển đổi từ các loại cây khác sang lúa 2 vụ tại các huyện Tam Nông, Tháp Mười, Tân Hưng, Vĩnh Hưng và Thanh Hóa. Nhiều nhất là chuyển từ đất khác sang cơ cấu 3 vụ lúa tại các huyện Cao Lãnh, Cái Bè, Cai Lậy, Mộc Hóa, Đức Huệ và Thủ Thừa. Các vùng không biến động canh tác lúa 2 vụ phân bố rải rác tại các huyện Tân Hồng, Thanh Bình, Tân Hưng, Vĩnh Hưng và Tân Thành; và không thay đổi canh tác lúa 3 vụ chỉ 1 phần rất nhỏ tại huyện Cai Lậy và Cao Lãnh.

#### 4. KẾT LUẬN

Ảnh viễn thám LANDSAT với ảnh chỉ số khác biệt nước (NDVI) được áp dụng để theo dõi hiện trạng đê bao và chỉ số khác biệt thực vật (NDVI), theo dõi biến động các mô hình canh tác lúa và vùng đê bao năm 2000 và 2019 vùng ĐTM với độ tin cậy khá cao ( $T > 85\%$  và  $K > 0,7$ ). Giai đoạn từ năm 2000 đến 2019, tổng chiều dài đê bao đã gia tăng gấp 16 lần, tương ứng diện tích canh tác trong vùng đê bao đã tăng thêm khoảng 126.139,40 ha (chiếm 19,36%) và diện tích đất canh tác lúa 2 vụ và 3 vụ năm 2019 đã gia tăng lần lượt là 81.229,47 ha (chiếm 39,18%) và 126.142,15 ha (chiếm 60,82%). Việc phát triển và gia tăng vùng đê bao đã chuyển đổi từ vùng đất ngập phèn với mô hình canh tác 1 vụ lúa sang 2 hoặc 3 vụ lúa, dẫn đến tăng sản lượng lương thực vùng này từ 16,7 triệu tấn năm 2000 lên 21,6 triệu tấn năm 2010 và 24,3 triệu tấn năm 2020, góp phần tích cực gia tăng sản lượng lúa vùng ĐBSCL nhằm đẩy mạnh hiệu quả kinh tế phát triển nông nghiệp vùng và hỗ trợ địa phương hoạch định chính sách hữu hiệu về định hướng quy hoạch và phát triển vùng canh tác nông nghiệp trong thời gian tới. Nghiên cứu tiếp theo so sánh với số liệu thống kê tại địa phương và công trình thủy lợi để đánh giá tính hiệu quả của nghiên cứu trong lĩnh vực nông nghiệp cho từng địa phương trong vùng ĐTM là cần thiết.

#### LỜI CẢM ƠN

Đề tài được tài trợ bởi Dự án Hợp tác Kỹ thuật “Tăng cường năng lực Trường Đại học Cần Thơ thành trường xuất sắc về đào tạo, nghiên cứu khoa học và chuyển giao công nghệ” của Cơ quan Hợp tác Quốc tế Nhật bản (JICA). Nhóm tác giả chân

thành cảm ơn Dự án Nâng cấp Trường Đại học Cần Thơ VN14-P6 bằng nguồn vốn vay ODA-E3 từ chính phủ Nhật Bản đã tài trợ kinh phí cho nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Alphan, H., & Derse, M. A. (2013). Change detection in Southern Turkey using normalized difference vegetation index (NDVI). *J Environ Eng Landsc Manag*, 21(1), 12-18. <https://doi.org/10.3846/16486897.2012.663091>.
- Anjan, R., & Arun, B. I. (2019). Multi-temporal Land Use Land Cover (LULC) change analysis of a dry semi-arid river basin in western India following a robust multi-sensor satellite image calibration strategy, *Heliyon Journal*, 5(4), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01478>.
- Anderson, J. R. (1976). *A Land Use and Land cover Classification System for Use with Remote Sensor Data*. US Government Printing Office: Washington, DC, USA, 1976.
- Binh, N. A., Nhut, H. S., An, N. N., Phuong, T. A., Hanh, N. C., Thao, G. T. P., Pham, T. T., Hong, P. V., Ha, L. T. T., Bui, D. T., & Hoa, P. V. (2021). Thirty-Year Dynamics of LULC at the Dong Thap Muoi Area, Southern Vietnam, Using Google Earth Engine. *ISPRS Int. J. Geo-Inf*, 10(4), 226. <https://doi.org/10.3390/ijgi10040226>.
- Bolstad, P. V., & Lillesand, T. D. (1991). Rapid maximum likelihood classification. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 57(1), 67-74.
- Boschetti, M., Stroppiana, D., Brivio, P. A., & Bocchi, S. (2009). Multi-year monitoring of rice crop phenology through time series analysis of MODIS images. *Int. J. Remote Sens.*, 30(18), 4643-4662. <https://doi.org/10.1080/01431160802632249>.
- Cần Thu Văn & Nguyễn Thanh Sơn. (2016). Nghiên cứu mô phỏng thủy văn, thủy vực vùng ĐBSCL để đánh giá ảnh hưởng của hệ thống đê bao đến sự thay đổi dòng chảy vùng ĐTM. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, 32(3S), 256-263.
- Claire, C., Viet, P. B., Nhung, P. T. N., Phung, H. P., & Nguyen, L. D. (2012, October 16-20). *Remote sensing application for coastline detection in Ca Mau, Mekong Delta*. Proceeding of International Conference on GeoInformatics for Spatial-Infrastructure Development in Earth & Allied Sciences (GIS-IDEAS), Ho Chi Minh city.
- Congalton, R. G., & Green, K. (1999). *Assessing the accuracy of remotely sensed data principles and practices*. Lewis Publishers, Boca Raton.

- Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., & Lambin, E. (2004). Digital Change Detection Methods in Ecosystems Monitoring: A review. *International Journal of Remote Sensing*, 25(9), 1565-1596.
- Cơ quan Hàng không và Vũ trụ Hoa Kỳ, 15/07/2020. LAADS DAAC, Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System Distributed Active Archive Center. <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>.
- Cục Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ, 01/02/2020. USGS, EarthExplorer. <http://earthexplorer.usgs.gov>.
- Cục nuôi trồng thủy sản. (2009). Quy hoạch phát triển nuôi trồng thủy sản vùng đồng bằng sông cửu long đến năm 2015, định hướng đến năm 2020. <http://vukehoach.mard.gov.vn/DataStore/1778QHNTTS%20DBSCL.pdf>.
- Foody G. M., Campbell N. A., Trodd N. M., & Wood T. F. (1992). Derivation and Applications of Probabilistic Measures of Class Membership from the Maximum-Likelihood Classification. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 58(9), 1335-1341.
- Dang, T. D., Cochrane, T. A., Arias, M. E., Van, P. D. T., & de Vries, T. T. (2016). Hydrological alterations from water infrastructure development in the Mekong floodplains. *Hydrol. Process*, 30(121), 3824–3838. <https://doi.org/10.1002/hyp.10894>, 2016.
- Duong, V. H. T., Van, T. C., Franz, N., Peter, O., & Trung, N. N. (2014, September 21-24). *Land Use Base Flood Hazards Analysis for the Mekong Delta*. In Proceedings of the 19th IAHR-APD Congress 2014, Hanoi, Vietnam.
- Duong, V. H. T., Nestmann, F., Van, T. C., Oberle, P., & Geiger, H. (2016, May 12-14). *Geographical Impact of Dyke Measurement for Land Use on Flood Water in the Mekong Delta*. In Proceedings of the WA 8th Eastern European Young Water Professionals Conference, Gdansk, Poland.
- Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sens. Environ.*, 80(1), 185-201.
- Fujihara, Y., Hoshikawa, K., Fujii, H., Kotera, A., Nagano, T., & Yokoyama, S. (2016). Analysis and attribution of trends in water levels in the Vietnamese Mekong Delta. *Hydrol. Process.*, 30(6), 835-845.
- Gao, B. C. (1996). NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sens. Environ.*, 58(3), 257-266.
- Hà Quang Hải, Lê Thị Bạch Linh, & Dương Thị Bích Huệ. (01, 05, 2020). *Cảnh quan Đồng Tháp Mười*. <https://diamoitruong.com/2015/12/21/canh-quan-dong-thap-muoi/>.
- Hu, Y., Ban, Y., Zhang, X., Liu, J., & Zhuang, D. (2008). *Spatial-temporal pattern of GIMMS NDVI and its dynamics in Mongolian Plateau*. In IEEE Proceeding on earth observation and remote sensing applications. <https://doi.org/10.1109/EORSA.2008.4620310>.
- Hu, Q., Wu, W., Xia, T., Yu, Q., Yang, P., Li, Z., & Song, Q. (2013). Exploring the Use of Google Earth Imagery and Object-Based Methods in Land Use/Cover Mapping. *Remote Sens.*, 5(11), 6026-6042. <https://doi.org/10.3390/rs5116026>
- Jawak, S. D., & Luis, A. J. (2013). A spectral index ratio-based Antarctic land-cover mapping using hyperspatial 8-band WorldView-2 imagery. *Polar Sci.*, 7(1), 18-38. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2012.12.002>
- Käkönen, M. (2008). Mekong Delta at the Crossroads: Moe Control ó Adaptation?. *A Journal ò the Humn Environment*, 37(3), 205-212. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2008\)37\[205:MDATCM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2008)37[205:MDATCM]2.0.CO;2)
- Kuenzer, C., Guo, H., Huth, J., Leinenkugel, P., Li, X., & Dech, S. (2013). Flood mapping and flood dynamics of the Mekong delta: ENVISAT-ASAR-WSM based time series analyses. *Remote Sens.*, 5(2), 687-715.
- Lu, D., & Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *Int. J. Remote Sens*, 28(5), 823-870.
- Lu, D., Moran, E., Hetrick, S. & Li, G. (2010). Land-Use and Land-Cover Change Detection. *Advances in Environmental Remote Sensing: Sensors, Algorithms, and Applications*, 7, 273.
- Manandhar, R., Odeh, I. O., & Ancev, T. (2009). Improving the accuracy of land use and land cover classification of LANDSAT data using post-classification enhancement. *Remote Sens.*, 1(3), 330–344. <https://doi.org/10.3390/rs1030330>.
- McFeeters, S. K. (1996). The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425-1432. <http://dx.doi.org/10.1080/01431169608948714>.
- Merwan, A., Stefan, B., Antoine, D., & Damien, O. (2014). A Model of Road Network and Buildings Extension Co-Evolution Agent-based Modeling and Simulation of Cities. *Procedia Computer Science*, 32, 828-833. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2014.05.498>.
- Nelson, G. C., Geoghegan, J. (2002). Deforestation and land use change, Sparse data environments. *Agric. Econ.*, 27(3), 201-216.

- <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-0862.2002.tb00117.x>.
- Nguyễn Ngọc Thạch, Nguyễn Đình Hòa, Trần Văn Thủy, Ông Đình Khanh & Lại Vĩnh Cẩm. (1997). *Viễn thám trong nghiên cứu tài nguyên và môi trường*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Nguyễn Ngọc Trân. (27/10/2021). *Đồng bằng sông Cửu Long, chương trình 60-B kỷ niệm về cố Thủ tướng Võ Văn Kiệt*.  
<https://daibieunhandan.vn/dong-bang-song-cuu-long--chuong-trinh-60-b-ky-niem-ve-co-thu-tuong-vo-van-kiet-61441>.
- Nguyễn Trọng Cần, Huỳnh Thị Thu Hương, Nguyễn Thị Hồng Điệp & Trịnh Hữu Thành. (2017). Thay đổi bề mặt nước mùa lũ, thách thức cho vùng Đồng bằng sông Cửu Long. *Kỷ yếu Hội thảo GIS toàn quốc 2017*, 89, 220-227.  
<http://gisconference.org/>.
- Nguyen Van Khanh Triet, Nguyen Viet Dung, Hideto, F., Matti, K., Bruno, M., and Heiko, A. (2017). Has dyke development in the Vietnamese Mekong Delta shifted flood hazard downstream?. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21(8), 3991-4010.
- Sakamoto, T., Nguyen, V. N., Kotera, A., Ohno, H., Ishitsuka, N., & Yokozawa, M. (2007). Detecting temporal changes in the extent of annual flooding within the Cambodia and the Vietnamese Mekong delta from MODIS time-series imagery. *Remote Sens. Environ.*, 109(3), 295-313.
- Sakamoto, T., Van Phung, C., Kotera, A., Duy, K. N., & Yokozawa, M. (2009). Detection of yearly change in farming systems in the Vietnamese Mekong delta from MODIS time-series imagery. *Jpn. Agric. Res. Q. JARQ*, 43(3), 173-185.
- Shikhar Deep & Akansha Saklani. (2014). Urban Sprawl modeling using cellular automata. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 17(2), 179-187.
- Smits, P. C., Commission, E., Dellepiane, S. G. (1999). Quality assessment of image classification algorithms for land-cover mapping: A review and a proposal for a cost-based approach. *Int. J. Remote Sens.*, 20(8), 1461-1468.
- Singh, K. V., Setia, R., & Sahoo, S. (2015). Evaluation of NDWI and MNDWI for assessment of waterlogging by integrating digital elevation model and groundwater level. *Geocarto Int.*, 30(6), 650-661.  
<https://doi.org/10.1080/10106049.2014.965757>.
- Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. (2020). Báo cáo thống kê số liệu diện tích xuống giống tỉnh Đồng Tháp. <https://dongthap.gov.vn>
- Tan, K. C., Lim, H. S., MatJafri, M. Z., & Abdullah, K. (2012). A comparison of radiometric correction techniques in the evaluation of the relationship between LST and NDVI in LANDSAT imagery. *Environ Monit Assess*, 184(6), 3813-3829.  
<https://doi.org/10.1007/s10661-011-2226-0>
- Teodoro, A. C., & Araujo, R. (2016). Comparison of performance of object-based image analysis techniques available in open source software (Spring and Orfeo Toolbox/Monteverdi) considering very high spatial resolution data. *J. Appl. Remote Sens.*, 10(1), 016011.  
<https://doi.org/10.1117/1.JRS.10.016011>
- Thomlinson, J. R., Bolstad, P. V., & Cohen, W. B. (1999). Coordinating methodologies for scaling land cover classifications from site-specific to global: Steps toward validating global map products. *Remote Sens. Environ.*, 70(1), 16-28.
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sens. Environ.*, 8(2), 127-150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0).
- Xie, Y., Zhao, X., Li, L., & Wang, H. (2010). *Calculating NDVI for LANDSAT7-etm data after atmospheric Correction using 6s model: a case study in Zhangye City, China*. In proceeding IEEE Geo Informatics 18th international conference.  
<https://doi.org/10.1109/GEOINFORMATICS.2010.5567553>.
- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *Int J Remote Sens.*, 27(14), 3025-3033.  
<https://doi.org/10.1080/01431160600589179>.
- Wang, Z., Yao, W., Tang, Q., Liu, L., Xiao, P., Kong, X., Zhang, P., Shi, F., & Wang, Y. (2018). Continuous Change Detection of Forest/Grassland and Cropland in the Loess Plateau of China Using all Available LANDSAT Data. *Remote Sens.*, 10(11), 1775.  
<https://doi.org/10.3390/rs10111775>.
- Zhang, X., Friedl, M. A., Schaaf, C. B., Strahler, A. H., Hodges, J. C. F., Gao, F., Reed, B. C., & Huete, A. (2003). Monitoring vegetation phenology using MODIS. *Remote Sens. Environ.*, 84(3), 471-475.  
[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00135-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00135-9).