

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

-----o0o-----



KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP

**ỨNG DỤNG ẢNH VIỄN THĂM MODIS PHÂN VÙNG ẢNH
HƯỞNG XÂM NHẬP MẶN TỈNH BẾN TRE NĂM 2012**

Họ và tên: TRẦN THỊ PHƯƠNG DUNG

Ngành: HỆ THỐNG THÔNG TIN ĐỊA LÝ

Niên khóa: 2009 – 2013

TP. Hồ Chí Minh, Tháng 06/2013

**ỨNG DỤNG ẢNH VIỄN THÁM MODIS PHÂN VÙNG ẢNH HƯỞNG
XÂM NHẬP MẶN TỈNH BẾN TRE
NĂM 2012**

Tác giả

TRẦN THỊ PHƯƠNG DUNG

Khóa luận được đệ trình để đáp ứng yêu cầu
cấp bằng Kỹ sư ngành
Hệ thống Thông tin Địa lý

Giáo viên hướng dẫn



PGS.TS Võ Quang Minh

Tp. Hồ Chí Minh, Tháng 6 năm 2013

LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành được luận văn tốt nghiệp này, tôi đã nhận được sự quan tâm giúp đỡ, động viên và chỉ bảo nhiệt tình từ phía thầy cô và gia đình và bạn bè.

Tôi xin gửi lời biết ơn đến cha mẹ đã nuôi dạy, tạo điều kiện và động viên tôi trong suốt quá trình học tập.

Tôi xin gửi lời cảm ơn đến Ban giám hiệu trường Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh, quý thầy cô trong Bộ môn Hệ thống thông tin địa lý, đặc biệt là thầy Nguyễn Kim Lợi đã tạo ra một môi trường học tập tốt nhất, giúp tôi học hỏi và mở mang kiến thức trong suốt thời gian 4 năm học.

Đặc biệt, tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành và sâu sắc đến thầy Võ Quang Minh - trưởng Bộ môn Tài nguyên đất đai trường Đại học Cần Thơ đã tận tình chỉ bảo, hướng dẫn tôi hoàn thành luận văn tốt nghiệp này.

Cuối cùng, tôi xin chân thành cảm ơn quý thầy cô và anh chị trong Bộ môn Tài nguyên đất đai trường Đại học Cần Thơ đã tạo mọi điều kiện thuận lợi và tận tình giúp đỡ tôi trong suốt thời gian làm khóa luận.

Chân thành cảm ơn

Trần Thị Phương Dung

TÓM TẮT

Đề tài nghiên cứu “Ứng dụng ảnh viễn thám MODIS phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn tỉnh Bến Tre năm 2012” đã được tiến hành trong khoảng thời gian từ 20/2/2013 – 30/5/2013. Phương pháp tiếp cận của đề tài là ứng dụng công nghệ viễn thám, cụ thể là ảnh viễn thám MODIS với mục tiêu thành lập bản đồ phân vùng ảnh hưởng mặn dựa trên hiện trạng cơ cấu cây trồng cùng năm nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu làm tiền đề cho mục đích đánh giá mức độ và giám sát diễn biến xâm nhập mặn theo thời gian. Từ kết quả tính toán chỉ số NDVI của khu vực vùng nghiên cứu, thiết lập chuỗi ảnh đa phổ với 46 kênh tương ứng với 46 ảnh thu được trong một năm đã giải đoán được từng đối tượng cây trồng và hình thức canh tác nông nghiệp cụ thể. Trên cơ sở đó tiến hành thành lập bản đồ phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn. Dựa trên kết quả thu được kết hợp với những cơ sở lý thuyết để chuyển đổi từ bản đồ hiện trạng cơ cấu mùa vụ cây trồng sang bản đồ phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn. Bản đồ sau thành lập thể hiện mức độ và phạm vi ảnh hưởng trên phạm vi diện tích, cụ thể: diện tích vùng bị ảnh hưởng nhiều bởi xâm nhập mặn (vùng mặn) là 27.966 ha, chiếm 12,27%; vùng lợ - vùng bị ảnh hưởng ít hơn là 30.711 ha, chiếm 13,47% diện tích toàn tỉnh; vùng ít bị ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn nhất (vùng ngọt) là 140.619 ha chiếm 61,68% diện tích.

MỤC LỤC

TRANG TỰA.....	i
LỜI CẢM ƠN.....	iii
TÓM TẮT.....	iii
DANH MỤC VIẾT TẮT.....	vii
DANH MỤC BẢNG BIỂU.....	viii
DANH MỤC HÌNH	ix
Chương 1. MỞ ĐẦU	1
1.1 Tính cấp thiết của đề tài.....	1
1.2 Mục tiêu nghiên cứu	2
1.3 Phạm vi nghiên cứu	2
1.4 Ý nghĩa khoa học và thực tiễn	2
1.4.1 Ý nghĩa khoa học.....	2
1.4.2 Ý nghĩa thực tiễn	2
Chương 2. TỔNG QUAN.....	3
2.1 Tổng quan viễn thám	3
2.1.1 Khái niệm cơ bản về viễn thám	3
2.1.2 Nguyên tắc hoạt động.....	3
2.1.3 Đặc điểm của dữ liệu ảnh viễn thám	5
2.2 Vệ tinh MODIS, Ảnh viễn thám MODIS và Ưu điểm của dữ liệu ảnh MODIS trong xác định cơ cấu cây trồng.....	6
2.2.1 Vệ tinh MODIS và Ảnh viễn thám MODIS.....	6
2.2.2 Ưu điểm của dữ liệu ảnh MODIS trong xác định cơ cấu cây trồng	7
2.3 Khái quát về xâm nhập mặn	8
2.3.1 Khái niệm	8
2.3.2 Nguyên nhân.....	8

2.3.3 Thiệt hại	9
2.4 Đặc điểm khu vực nghiên cứu	9
2.4.1 Vị trí địa lý	9
2.4.2 Địa hình	10
2.4.3 Đặc điểm khí hậu	11
2.4.4 Thủy văn	12
2.4.5 Đặc tính thổ nhưỡng	12
2.5 Hiện trạng sử dụng đất tỉnh Bến Tre	14
2.6 Vấn đề mặn ở Bến Tre	15
2.6.1 Các yếu tố ảnh hưởng đến xâm nhập mặn	15
2.6.2 Quy luật diễn biến	18
2.7 Mối quan hệ giữa mặn và cơ cấu cây trồng	19
2.8 Các vùng sinh thái nông nghiệp ở tỉnh Bến Tre	20
2.8.1 Cơ sở phân vùng sinh thái	20
2.8.2 Các hình thức canh tác nông nghiệp tương ứng với các vùng sinh thái	21
2.9 Một số nghiên cứu về xâm nhập mặn trong và ngoài nước	25
2.9.1 Ở Việt nam	25
2.9.2 Trên thế giới	26
Chương 3. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	28
3.1 Dữ liệu	28
3.2 Phương pháp	29
3.2.1 Phương pháp xử lý ảnh	29
3.2.2 Phương pháp thành lập bản đồ hiện trạng cơ cấu mùa vụ	30
3.2.3 Phương pháp thành lập bản đồ phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn	34
Chương 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU	35
4.1 Kết quả xử lý ảnh	35

4.1.1 Ghép ảnh.....	35
4.1.2 Đăng ký tọa độ.....	36
4.1.3 Cắt ảnh.....	36
4.2 Kết quả tính chỉ số NDVI	37
4.3 Kết quả tạo chuỗi ảnh NDVI đa thời gian	38
4.4 Kết quả phân loại không kiểm định.....	38
4.5 Kết quả xây dựng khóa giải đoán	43
4.6 Kết quả giải đoán ảnh	45
4.7 Kết quả thành lập bản đồ hiện trạng cơ cấu mùa vụ	51
4.8 Đánh giá kết quả giải đoán bằng chỉ số Kappa (K).....	56
4.9 Kết quả thành lập bản đồ phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn	57
4.10 Đánh giá khả năng ứng dụng ảnh MODIS thành lập bản đồ hiện trạng xâm nhập mặn	60
CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	62
5.1 Kết luận.....	62
5.2 Kiến nghị	62
TÀI LIỆU THAM KHẢO	64
PHỤ LỤC	

DANH MỤC VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
CCRS	Canada Centre for Remote Sensing	Trung tâm viễn thám Canada
ĐBSCL		Đồng bằng sông Cửu Long
ENVI	The Environment for Visualizing	Môi trường thể hiện ảnh
EOS	Earth Observing System	Hệ thống quan sát trái đất
EOSDIS	Nasa's Earth Observing System Data and Information System	Dữ liệu thuộc hệ thống quan sát trái đất của cơ quan hàng không vũ trụ Mỹ
GIS	Geographic Information Systems	Hệ thống thông tin địa lý
MODIS	Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer	Hệ thống quét ảnh đa phổ
NASA	National Aeronautics and Space Administration	Cơ quan hàng không vũ trụ Mỹ
NDVI	The Normalized Difference Vegetation Index	Chỉ số khác biệt thực vật
NIR	Near-infrared	Hồng ngoại gần
NOAA	The National Oceanic and Atmospheric Administration	Trung tâm khí tượng hải văn
SIWRR	Southern Institute of Water Resources Research	Viện khoa học thủy lợi miền Nam
SPOT	Système Pour l' Observation De La Terre	Hệ thống giám sát mặt đất
UBND		Ủy ban nhân dân
UTM	Universal Transverse Mercator	Hệ tọa độ chuyển đổi tổng hợp của Mỹ
WGS84	World Geodetic System 84	Hệ tọa độ thế giới xây dựng năm 1984

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1: Các thông số kỹ thuật của vệ tinh MODIS	6
Bảng 2.2: Đặc điểm của một số kênh phổ ảnh MODIS	7
Bảng 2.3: Đặc điểm ảnh MOD09Q1	8
Bảng 2.4: Thống kê hiện trạng sử dụng đất của tỉnh Bến Tre thời điểm 2008	15
Bảng 2.5: Các vùng sinh thái dựa trên đặc tính thủy văn.....	20
Bảng 2.6: Tóm tắt các tổ hợp chính các tiêu chí phân vùng sinh thái nông nghiệp năm 2012	21
Bảng 2.7: Các hình thức canh tác nông nghiệp tương ứng với các vùng sinh thái	24
Bảng 3.1: Dữ liệu phục vụ nghiên cứu	28
Bảng 3.2: Giá trị NDVI và sự hiện diện của thực vật	32
Bảng 4.1: Diện tích các đối tượng sau giải đoán.....	55
Bảng 4.2: Ma trận sai số phân loại	57
Bảng 4.3: Phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn theo nhóm đối tượng	57
Bảng 4.4: Diện tích ảnh hưởng của xâm nhập mặn	60
Bảng 4.5: So sánh kết quả	61

DANH MỤC HÌNH

Hình 2.1: Mô hình nguyên tắc hoạt động của viễn thám.(Nguồn: CCRS, 2010).....	4
Hình 2.2: Đường cong phản xạ phổ của thực vật, nước và đất. (Nguồn: Qihao, W., 2010)	5
Hình 2.3: Vị trí địa lý tỉnh Bến Tre	9
Hình 4.1: Kết quả ghép hai ảnh có cùng ngày chụp (02/02/2012)	35
Hình 4.2: Ảnh sau khi được chuyển sang tọa độ X, Y hệ tọa độ UTM.....	36
Hình 4.3: Ảnh sau khi cắt bớt các vùng không cần thiết (Ảnh chụp ngày 02/02/2012).....	36
Hình 4.4: Ảnh sau khi tính NDVI của một số ngày trong năm.	37
Hình 4.6: Kết quả phân loại không kiểm định.....	39
Hình 4.7:Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 1 trong kết quả phân loại không kiểm định	39
Hình 4.8: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 2 trong kết quả phân loại không kiểm định	40
Hình 4.9: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 3 trong kết quả phân loại không kiểm định	40
Hình 4.10: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 4 trong kết quả phân loại không kiểm định	41
Hình 4.11: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 5 trong kết quả phân loại không kiểm định	41
Hình 4.12: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 6, 7 trong kết quả phân loại không kiểm định	42
Hình 4.13: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 8, 9 trong kết quả phân loại không kiểm định	42
Hình 4.14: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 10,11,12, 13, 14 trong kết quả phân loại không kiểm định	43
Hình 4.15: Vị trí các điểm mẫu trên bản đồ (27 điểm).....	44
Hình 4.16: Cơ cấu mùa vụ điển hình của hai vùng sản xuất chính vùng ĐBSCL (Nguồn: Trần Thanh Thi, 2012)	46
Hình 4.17: Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI trong vùng lúa 3 vụ.....	47
Hình 4.19: Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI trong vùng Tôm - 1 vụ lúa	48
Hình 4.20: Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI trong vùng chuyên tôm nước mặn	49
Hình 4.21: Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI trong vùng trồng cây công nghiệp lâu năm	49
Hình 4.22: Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI trong vùng trồng cây hàng năm, cây ăn trái.....	50
Hình 4.23: Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI của đối tượng sông.....	50
Hình 4.24: Cơ cấu các vụ lúa ở tỉnh Bến Tre	51
Hình 4.25: Bản đồ hiện trạng cơ cấu mùa vụ tỉnh Bến Tre năm 2012	52
Hình 4.26: Biểu đồ các loại hình canh tác nông nghiệp từng huyện	55
Hình 4.27: Bản đồ phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn tỉnh Bến Tre năm 2012	59

Chương 1

MỞ ĐẦU

1.1 Tính cấp thiết của đề tài

Hiện nay, tình hình xâm nhập mặn đang diễn ra phức tạp và ảnh hưởng nghiêm trọng đến sản xuất cũng như đời sống sinh hoạt của người dân các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long. Tỉnh Bến Tre là địa phương chịu ảnh hưởng nhiều nhất của thực trạng này đặc biệt là vùng nông thôn ven biển - nơi mà chất lượng nước tưới cho cây trồng có ý nghĩa sống còn đối với nền kinh tế. Qua khảo sát hiện nay tại Bến Tre, nước mặn tiếp tục xâm nhập sâu vào các con sông lớn: Cổ Chiên, Hàm Luông, sông Cửa Đại, gây ảnh hưởng cho sản xuất nông nghiệp và đời sống sinh hoạt của nhân dân trên diện rộng. Bến Tre thường thiếu nước ngọt trong mùa khô và vấn đề xâm nhập mặn hầu như ảnh hưởng đến toàn bộ diện tích của tỉnh (Sở Tài nguyên Môi trường Bến Tre, 2009). Trước thực trạng trên đòi hỏi nhà nước cũng như địa phương cần có các biện pháp như: theo dõi diễn biến, dự báo, đánh giá mức độ xâm nhập mặn. Thành lập bản đồ mô tả hiện trạng xâm nhập mặn qua từng thời kì có thể xem như một phương pháp hiệu quả tạo tiền đề cho việc theo dõi quá trình diễn biến, giúp các nhà quản lý theo dõi, đánh giá mức độ gia tăng và có biện pháp ứng phó kịp thời. Lập bản đồ theo dõi hiện trạng xâm nhập mặn có nghĩa là xác định những khu vực bị ảnh hưởng dựa trên đặc tính đối tượng canh tác nông nghiệp từ đó rút ra nhận xét về tính chất cũng như mức độ ảnh hưởng của tình trạng xâm nhập mặn. Tuy nhiên nếu thực hiện bằng phương pháp như thu thập thông tin mẫu đất, độ mặn, thống kê, nhập liệu... sẽ gây mất rất nhiều thời gian và chi phí. Những năm gần đây, dữ liệu viễn thám gây ra một cuộc cách mạng trong nghiên cứu liên quan đến nông nghiệp, đất đai, nước, biển, địa mạo. Đặc biệt dữ liệu ảnh viễn thám MODIS với ưu điểm được cung cấp đầy đủ và miễn phí cùng với độ phân giải thời gian cao được xem như một công cụ thích hợp và hiệu quả trong việc xác định cơ cấu cây trồng – đối tượng phản ánh tính chất, mức độ mặn

trong đất và trong nước cũng như chịu ảnh hưởng trực tiếp từ tình trạng xâm nhập mặn. Do đó, nghiên cứu “*Ứng dụng ảnh viễn thám MODIS phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn tỉnh Bến Tre năm 2012*” đã được tiến hành nhằm tạo cơ sở cho công tác quản lý, dự báo đánh giá tình hình và có những biện pháp ứng phó, thích nghi nhằm giảm thiểu thiệt hại ở mức thấp nhất.

1.2 Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu chung của nghiên cứu là ứng dụng công nghệ viễn thám, cụ thể là ảnh viễn thám MODIS thành lập bản đồ phân vùng ảnh hưởng của xâm nhập mặn. Cụ thể các mục tiêu như sau:

Trên cơ sở phân tích biến động chỉ số thực vật NDVI thành lập bản đồ hiện trạng cơ cấu mùa vụ tỉnh Bến Tre năm 2012.

- Dựa trên mối liên quan và ảnh hưởng của xâm nhập mặn đến cơ cấu mùa vụ, thành lập bản đồ phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn từ kết quả phân tích hiện trạng cơ cấu mùa.

1.3 Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu của đề tài được giới hạn trên địa bàn tỉnh Bến Tre.

1.4 Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

1.4.1 Ý nghĩa khoa học

Nghiên cứu đã chứng minh tính khả thi của việc sử dụng ảnh viễn thám MODIS trong việc phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn dựa trên hiện trạng cơ cấu cây trồng.

1.4.2 Ý nghĩa thực tiễn

Từ kết quả phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn đã thành lập, có thể lấy đó làm cơ sở trong nghiên cứu giám sát, đánh giá tình hình diễn biến xâm nhập mặn trên địa bàn tỉnh Bến Tre trong hiện tại và tương lai.

Chương 2

TỔNG QUAN

2.1 Tổng quan viễn thám

2.1.1 Khái niệm cơ bản về viễn thám

Thuật ngữ viễn thám (Remote sensing) – điều tra từ xa, xuất hiện từ năm 1960 do một nhà địa lý người Mỹ là E. Pruitt đặt ra (Thomas, 1999). Kỹ thuật viễn thám là một kỹ thuật đa ngành, nó liên kết nhiều lĩnh vực khoa học và kỹ thuật khác nhau trong các công đoạn khác nhau như:

- Thu nhận thông tin
- Tiền xử lý thông tin
- Phân tích và giải đoán thông tin
- Đưa ra các sản phẩm dưới dạng bản đồ chuyên đề và tổng hợp

Vì vậy có thể định nghĩa Viễn thám là sự thu nhận và phân tích thông tin về đối tượng mà không có sự tiếp xúc trực tiếp với đối tượng nghiên cứu. Bằng các công cụ kỹ thuật, viễn thám có thể thu nhận các thông tin, dữ kiện của các vật thể, các hiện tượng tự nhiên hoặc một vùng lãnh thổ nào đó ở một khoảng cách nhất định (Nguồn: CCRS).

2.1.2 Nguyên tắc hoạt động

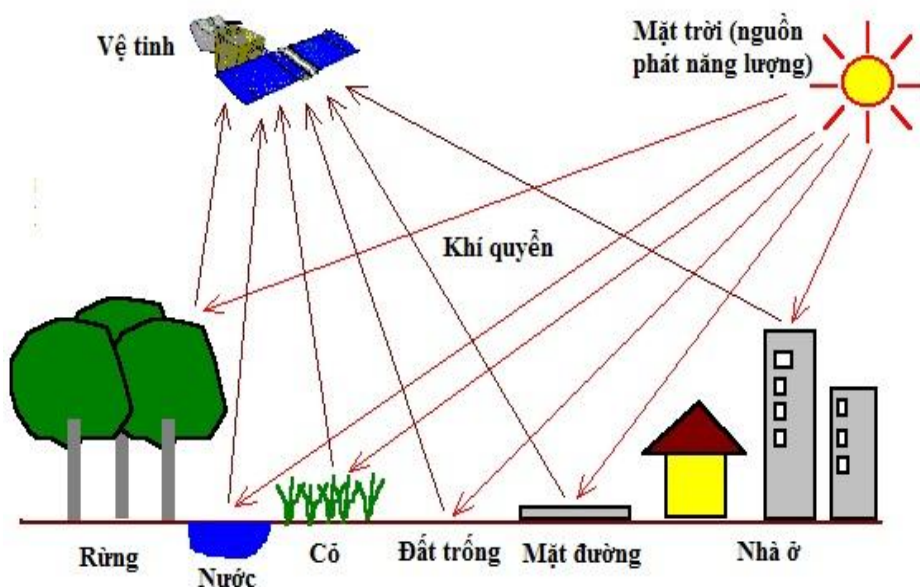
Theo Lê Văn Trung (2010), trong viễn thám, nguyên tắc hoạt động của nó liên quan giữa sóng điện từ từ nguồn phát và vật thể quan tâm

- Nguồn phát năng lượng: yêu cầu đầu tiên cho viễn thám là có nguồn năng lượng phát xạ để cung cấp năng lượng điện từ tới đối tượng quan tâm.

- Sóng điện từ và khí quyển: khi năng lượng truyền từ nguồn phát đến đối tượng, nó sẽ đi vào và tương tác với khí quyển mà nó đi qua. Sự tương tác này có thể xảy ra lần thứ 2 khi năng lượng truyền từ đối tượng tới bộ cảm biến.

Sự tương tác với đối tượng: một khi năng lượng gặp đối tượng sau khi xuyên qua khí quyển, nó tương tác với đối tượng. Phụ thuộc vào đặc tính của đối tượng và sóng điện từ mà năng lượng phản xạ hay bức xạ của đối tượng có sự khác nhau.

- Việc ghi năng lượng của bộ cảm biến: sau khi năng lượng bị tán xạ hoặc phát xạ từ đối tượng, một bộ cảm biến để thu nhận và ghi lại sóng điện từ.
- Sự truyền tải, nhận và xử lý: năng lượng được ghi nhận bởi bộ cảm biến phải được truyền tải đến một trạm thu nhận và xử lý. Năng lượng được truyền đi thường ở dạng điện. Trạm thu nhận sẽ xử lý năng lượng này để tạo ra ảnh dưới dạng hardcopy hoặc là số.
- Sự giải đoán và phân tích: ảnh được xử lý ở trạm thu nhận sẽ được giải đoán trực quan hoặc được phân loại bằng máy để tách thông tin về đối tượng.
- Ứng dụng: đây là thành phần cuối cùng trong qui trình xử lý của công nghệ viễn thám. Thông tin sau khi được tách ra từ ảnh có thể được ứng dụng để hiểu tốt hơn về đối tượng, khám phá một vài thông tin mới hoặc hỗ trợ cho việc giải quyết một vấn đề cụ thể.



Hình 2.1: Mô hình nguyên tắc hoạt động của viễn thám.(Nguồn: CCRS, 2010)

2.1.3 Đặc điểm của dữ liệu ảnh viễn thám

Dữ liệu của ảnh viễn thám bao gồm các đặc điểm:

Độ phân giải không gian: là sự chi tiết có thể nhận thấy rõ trong một ảnh phụ thuộc vào độ phân giải không gian của bộ cảm biến và phụ thuộc vào trường nhìn.

Độ phân giải phổ: mô tả khả năng của bộ cảm ứng để xác định những khoảng bước sóng, độ phân giải càng cao thì dải bước sóng cho một kênh phổ càng hẹp.

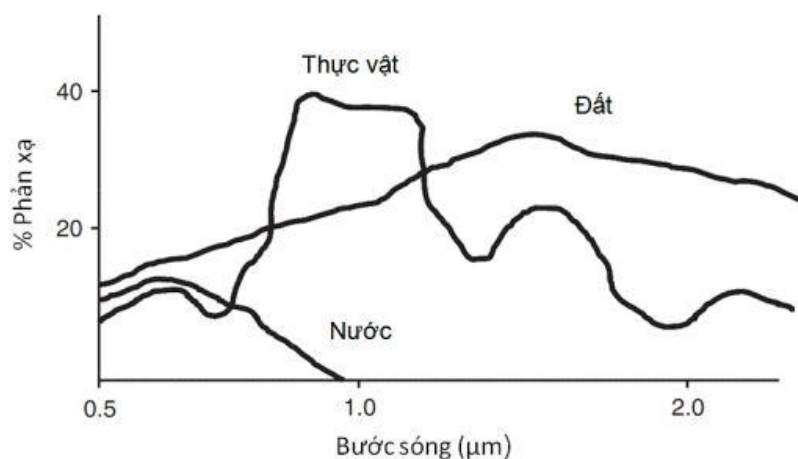
Độ phân giải bức xạ: mô tả khả năng nhận biết những khác biệt rất nhỏ năng lượng điện từ được phát xạ hay phản xạ của đối tượng.

Độ phân giải thời gian: chiều dài thời gian mà một vệ tinh hoàn thành toàn bộ chu kỳ bay quanh quỹ đạo để chụp lại khu vực xem xét trước đó.

2.1.4 Đặc điểm phản xạ phổ của các đối tượng tự nhiên

Do các tính chất của vật thể (thực vật, đất, nước, nhà ở...) có thể được xác định thông qua năng lượng bức xạ hay phản xạ từ vật thể nên viễn thám là một công nghệ giúp xác định và nhận biết đối tượng hoặc các điều kiện môi trường thông qua những đặc trưng riêng về phản xạ và bức xạ (Lê văn Trung, 2010).

Các đối tượng khác nhau sẽ có sự phản xạ, hấp thụ và xuyên qua đối với sóng điện từ khác nhau theo từng bước sóng. Thuộc tính qua trọng này có thể cho phép các nhà khoa học có thể xây dựng một đường cong phản xạ phổ cho từng đối tượng. Trên cơ sở so sánh đường cong phản xạ phổ giữa các đối tượng với nhau, có thể giúp phát hiện và tách biệt các đối tượng này (Trần Thống Nhất, Nguyễn Kim Lợi, 2009).



Hình 2.2: Đường cong phản xạ phổ của thực vật, nước và đất. (Nguồn: Qihao, W., 2010)

2.2 Vệ tinh MODIS, Ảnh viễn thám MODIS và Ưu điểm của dữ liệu ảnh MODIS trong xác định cơ cấu cây trồng

2.2.1 Vệ tinh MODIS và Ảnh viễn thám MODIS

MODIS là một đầu đo viễn thám chủ yếu của các vệ tinh TERRA và AQUA. Trong khoảng thời gian một ngày đêm, các đầu đo của các vệ tinh này sẽ quét gần hết Trái đất trừ một số giải hẹp ở vùng xích đạo. Các dải này sẽ được phủ hết vào ngày hôm sau. Trong mỗi phiên thu, hệ thống sẽ thu được dữ liệu tại 36 kênh phổ (nếu phiên thu được thực hiện vào ban ngày) hoặc tại các kênh từ 20 đến 36 là các kênh hồng ngoại nhiệt (nếu phiên thu được thực hiện vào ban đêm). Theo thiết kế, các dữ liệu MODIS được sử dụng để nghiên cứu các biến động toàn cầu cũng như các hiện tượng xảy ra trên mặt đất, trong lòng đại dương và ở tầng thấp của khí quyển (<http://modis.gsfc.nasa.gov>).

Bảng 2.1: Các thông số kỹ thuật của vệ tinh MODIS

Độ cao quỹ đạo	705 km
Quỹ đạo	Đồng bộ mặt trời
Thời gian qua xích đạo	10:30 a.m hoặc 1:30 p.m
Tốc độ quét	20,3 rpm
Độ phủ	2330 km
Kích thước	1,0 x 1,6 x 1,0 m
Trọng lượng	228,7 kg
Độ phân giải bức xạ	12 bits
Độ phân giải không gian	250 m (kênh 1-2)
	500 m (kênh 3-7)
	1000 m (kênh 8-36)
Chu kỳ lặp	1 – 2 ngày

(Nguồn: <http://modis.gsfc.nasa.gov>)

Các dữ liệu MODIS cũng đóng một vai trò rất quan trọng trong việc xây dựng các mô hình tương tác cho các hiện tượng xảy ra trên toàn bộ Trái đất. Các mô hình này có thể được sử dụng để dự báo trước những biến động của môi trường.

Đầu đo MODIS quan sát Trái đất một cách liên tục tại 36 kênh phổ khác nhau trong khoảng từ vùng bước sóng nhìn thấy cho đến dải hồng ngoại nhiệt. Do khả năng cung cấp thông tin một cách liên tục và đa phổ nên đầu đo MODIS cho phép các nhà khoa học có được những dữ liệu cần thiết để ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực khác nhau. (<http://modis.gsfc.nasa.gov>)

Bảng 2.2: Đặc điểm của một số kênh phổ ảnh MODIS

Kênh	Bước sóng (nm)	Độ phân giải không gian (m)	Lưu trữ (bit)
1	620 – 670	250	12
2	841 – 876	250	12
3	459 – 479	500	12
4	545 – 565	500	12
5	1230 – 1250	500	12
6	1628 – 1652	500	12
7	2105 – 2155	500	12

(Nguồn: <http://modis.gsfc.nasa.gov>)

2.2.2 Ưu điểm của dữ liệu ảnh MODIS trong xác định cơ cấu cây trồng

Mục tiêu nghiên cứu dựa trên hiện trạng cơ cấu mùa vụ làm cơ sở để chuyển đổi sang hiện trạng xâm nhập mặn của khu vực nghiên cứu. Lựa chọn dữ liệu ảnh phù hợp với mục tiêu là công việc quyết định đến kết quả tối ưu nhận được.

Ảnh MODIS được cung cấp miễn phí và đầy đủ với độ phân giải thời gian cao (hàng ngày, 8 ngày) thích hợp để nghiên cứu sự sinh trưởng và phát triển của từng loại cây trồng, kể cả ngắn ngày lẫn dài ngày. Theo Trần Thanh Thi (2012), dựa trên sự biến động của chỉ số NDVI được tính toán từ ảnh có thể giúp ta xác định được cụ thể thời gian của quá trình canh tác (thời gian gieo trồng, giai đoạn phát triển mạnh nhất cũng như thời gian thu hoạch) từ đó giúp xác định đối tượng cây trồng và hình thức canh tác nông nghiệp cụ thể.

Ảnh MODIS hằng ngày tuy có độ phân giải thời gian cao hơn nhưng với mức độ khai thác thông tin phục vụ cho nghiên cứu thì không cần thiết, sẽ tốn nhiều thời gian xử lý ảnh và giải đoán, đồng thời dung lượng lưu trữ cao cũng hơn gấp nhiều lần. Do

đó trong nghiên cứu này sử dụng ảnh MOD09Q1, độ phân giải thời gian 8 ngày với hai kênh đỏ và hồng ngoại gần.

Bảng 2.3: Đặc điểm ảnh MOD09Q1

Kênh	Bước sóng (µm)	Độ phân giải thời gian (ngày)	Độ phân giải không gian (m)
RED	0,620 – 0,670	8	250
NIR	0,841 – 0,876	8	250

(Nguồn: <http://modis.gsfc.nasa.gov>)

Bên cạnh đó kết quả giải đoán ảnh còn giúp xác định được các đối tượng canh tác khác ngoài cây trồng chịu ảnh hưởng hoặc lệ thuộc vào mức độ và tính chất của mặn như nuôi tôm nước mặn, tôm nước lợ, ruộng muối...giúp ta có thêm cơ sở để thành lập bản đồ phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn.

2.3 Khái quát về xâm nhập mặn

2.3.1 Khái niệm

Theo Nguyễn Chu Hồi (2001), sự xâm nhập mặn của nước biển sông được giải thích là do mùa khô, nước sông cạn kiệt khiến nước biển theo các sông, kênh dẫn tràn vào gây mặn. Hiện tượng tự nhiên này xảy ra hằng năm và do đó có thể dự báo trước. Nhưng bên cạnh đó, những vùng đất ven biển cũng có nguy cơ nhiễm mặn do thẩm thấu hoặc do tiềm sinh.

2.3.2 Nguyên nhân

Để đánh giá về mức độ và nguyên nhân xâm nhập mặn cần phải nghiên cứu và tổng hợp rất nhiều yếu tố. Theo Sở NN và PTNN tỉnh Bến Tre (2010), một số nguyên nhân chính dẫn đến tình trạng xâm nhập mặn ảnh hưởng trong các tháng mùa khô:

Thời điểm mùa khô lượng nước đổ về từ thượng nguồn ít, không mưa.

Mực nước thấp, yếu tố gió chướng với triều cường làm mặn xâm nhập sâu và nồng độ cao; thời tiết nắng nóng lượng bốc hơi cao, nước ngọt hao phí tự nhiên lớn.

2.3.3 Thiệt hại

Xâm nhập mặn ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống sinh hoạt cũng như canh tác sản xuất của người dân.

Việc thiếu nước ngọt vào mùa khô gây nhiều khó khăn và thiệt hại:

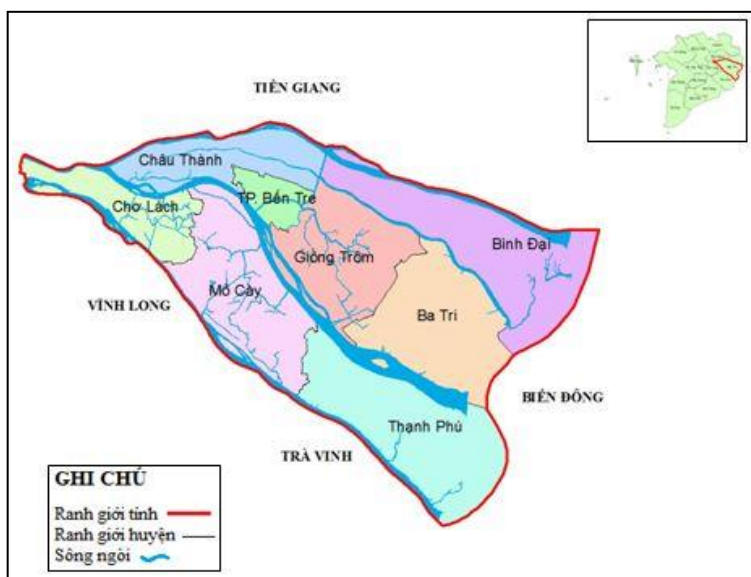
- Người dân thiếu nước ngọt trong các sinh hoạt hằng ngày.
- Các hoạt động nông nghiệp lệ thuộc vào nguồn nước ngọt bị ảnh hưởng, nhất là trong canh tác lúa. Độ mặn trong nước cao gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến quá trình sinh trưởng và phát triển, làm giảm năng suất thậm chí gây chết lúa.
- Xâm nhập mặn làm tăng độ mặn trong đất và gây ảnh hưởng đến chất lượng nước ngầm.

2.4 Đặc điểm khu vực nghiên cứu

Dựa theo mục đích nghiên cứu mà đề tài tập trung phân tích những yếu tố tiêu biểu liên quan đến tình trạng xâm nhập mặn ở Bến Tre trong thời điểm hiện tại.

2.4.1 Vị trí địa lý

Theo Nguyễn Quang Thanh (2010), Bến Tre nằm trên cực đông của vùng đồng bằng sông Cửu Long, nằm trong tọa độ địa lý từ $9^{\circ}48'$ đến $10^{\circ}20'$ vĩ Bắc, $105^{\circ}57'$ đến $106^{\circ}48'$ kinh Đông.



Phía Bắc giáp tỉnh Tiền Giang; Nam giáp sông Cổ Chiên, ngăn cách với tỉnh Trà Vinh; Tây giáp tỉnh Vĩnh Long, ranh giới là sông Cổ Chiên; Đông giáp biển.

Hình 2.3: Vị trí địa lý tỉnh Bến Tre

Các nhánh của sông Tiền chia địa bàn tỉnh thành ba dãy cù lao: cù lao An Hoá nằm giữa sông Mỹ Tho và sông Ba Lai bao gồm huyện Bình Đại và 1 phần huyện Châu Thành; cù lao Bảo nằm giữa sông Ba Lai và sông Hàm Luông bao gồm thành phố Bến Tre, huyện Giồng Trôm, huyện Ba Tri và phần lớn huyện Châu Thành; cù lao Minh nằm giữa sông Hàm Luông và sông Cổ Chiên bao gồm các huyện: Chợ Lách, Mỏ Cày Bắc, Mỏ Cày Nam và Thạnh Phú.

2.4.2 Địa hình

Là tỉnh đồng bằng châu thổ sông Cửu Long, địa thế Bến Tre có dáng dấp như một quần đảo. Nhìn trên bản đồ, Bến Tre có hình rẽ quạt mà đầu nhọn nằm ở thượng nguồn. Các nhánh sông lớn giống như những nan quạt xoè rộng về phía Đông, ôm lấy ba dãy cù lao. Nhìn chung địa hình bằng phẳng, rải rác có những cồn cát xen kẽ với ruộng vườn, bốn bề sông nước bao bọc. (Nguyễn Quang Thanh, 2010)

Địa hình tỉnh có độ cao trung bình từ 1 – 2 m so với mực nước biển, thấp dần từ Tây Bắc xuống Đông Nam, độ cao chênh lệch khá lớn, tối đa là 3,5 m.

Phần cao nhất thuộc khu vực huyện Chợ Lách và một phần huyện Châu Thành, độ cao tuyệt đối có nơi đạt trên 5 m, nhưng đa số từ 3 đến 3,5 m. Một phần đất cao nữa nằm theo các bờ biển cổ, với những gờ bờ biển, gọi là giồng, với độ cao tuyệt đối từ 2 đến 5 m, phân bố chủ yếu ở huyện Giồng Trôm.

Phần đất thấp được hình thành từ lòng máng của những dòng sông hay những vũng mặn được bồi lấp mà thành, độ cao trung bình khoảng 1,5 m. Đất hình thành từ lòng máng của các dòng sông tập trung tại các vùng Phước An, Phước Tú ở huyện Châu Thành; hoặc Phong Phú, Phú Hòa ở huyện Giồng Trôm. Đất hình thành từ vũng mặn cổ tập trung ở một số nơi như: xóm Chợ Cũ của huyện Ba Tri; Bình Quới, Mỹ Hòa ở huyện Giồng Trôm.

Phần đất trũng thật thấp, luôn luôn ngập nước mực triều trung bình, gồm có đất đầm mặn và bãi thủy triều, độ cao tối đa không quá 0,5 m, phân bố ở các huyện ven biển như: Bình Đại, Ba Tri và Thạnh Phú. Địa hình bờ biển của tỉnh chủ yếu là các bãi bồi rộng với thành phần chủ yếu là bùn hoặc cát. Khi triều rút, các bãi bồi nổi lên và

trải rộng ra biển hàng nghìn mét, tạo thuận lợi cho nuôi trồng hải sản. Bờ biển tương đối khúc khuỷu, bị cắt bởi các cửa sông lớn, có thể chia thành 3 dạng:

- Từ cửa Đại đến cửa Ba Lai (huyện Bình Đại): là những bãi cát hoặc bãi bùn vươn ra biển từ 3 – 5 km; càng về phía biển, phù sa bồi lắng càng dày hơn.
- Từ cửa Ba Lai đến cửa Hàm Luông (huyện Ba Tri): bãi biển lúc triều xuống có nơi rộng đến 5 – 8 km.
- Từ cửa Hàm Luông đến cửa Cỏ Chiên (huyện Thạnh Phú): có thể chia thành 2 phần: từ bờ phải Hàm Luông đến mũi Cồn Lơi là vùng đất cát bồi rộng từ 3 – 5 km; từ mũi Cồn Lơi đến cửa Cỏ Chiên là bãi cát phù sa bùn vươn ra biển khoảng 2- 4 km.

2.4.3 Đặc điểm khí hậu

Theo Sở NN và PTNT tỉnh Bến Tre (2010), Bến Tre nằm trong miền khí hậu nhiệt đới gió mùa cận xích đạo, nhưng lại nằm ngoài ảnh hưởng của gió mùa cực đới, nên nhiệt độ cao, ít biến đổi trong năm, nhiệt độ trung bình hằng năm từ 26⁰C – 27⁰C. Trong năm không có nhiệt độ tháng nào trung bình dưới 20⁰C. Hằng năm, mặt trời đi qua thiên đỉnh 2 lần (16 tháng 4 và 27 tháng 7).

Tỉnh Bến Tre chịu ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau và gió mùa Tây Nam từ tháng 5 đến tháng 11, giữa 2 mùa gió Tây Nam và Đông Bắc là 2 thời kỳ chuyển tiếp có hướng gió thay đổi vào các tháng 11 và tháng 4 tạo nên 2 mùa rõ rệt. Mùa gió Đông Bắc là thời kỳ khô hạn, mùa gió Tây Nam là thời kỳ mưa ẩm. Lượng mưa trung bình hằng năm từ 1.250 mm – 1.500 mm. Trong mùa khô, lượng mưa vào khoảng 2 đến 6% tổng lượng mưa cả năm.

Mùa mưa các nơi trong tỉnh Bến Tre kết thúc không giống nhau. Các vùng ven biển thường bắt đầu chậm và kết thúc sớm hơn những nơi khác. Trong mùa mưa xen kẽ có nhiều ngày không mưa. Số ngày mưa thật sự trong mùa mưa cũng không đồng đều trong toàn tỉnh (khoảng 50 – 60 ngày).

Khí hậu Bến Tre cũng cho thấy thích hợp với nhiều loại cây trồng. Ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm thuận lợi cho sự quang hợp và phát dục của cây trồng, vật nuôi. Tuy

nhiên, ngoài thuận lợi trên, Bến Tre cũng gặp những khó khăn do thời tiết nóng ẩm nên thường có nạn sâu bệnh, dịch bệnh, và nấm mốc phát sinh, phát triển quanh năm.

Trở ngại đáng kể trong nông nghiệp là vào mùa khô, lượng nước từ thượng nguồn đổ về giảm nhiều và gió chướng mạnh đưa nước biển sâu vào nội địa, làm ảnh hưởng đến năng suất cây trồng đối với các huyện gần phía biển và ven biển

2.4.4 Thủy văn

Nước ngọt của các sông chảy qua Bến Tre được cung cấp bởi nước ngọt từ sông Tiền. Do điều tiết của Biển Hồ ở Campuchia, hằng năm từ tháng 6 đến tháng 9 có dòng nước chảy ngược vào Tổng Lê Sát, rồi vào Biển Hồ, để rồi từ tháng 12 đến tháng 5 năm sau lại từ Biển Hồ bổ sung cho dòng chảy sông Tiền, sông Hậu với tổng lượng nước khoảng 80 m³. (Nguồn: SIWRR, 2011)

Song dòng chảy các sông ở tỉnh Bến Tre không đơn thuần do nước từ thượng nguồn đổ về, mà còn do thủy triều biển Đông theo các cửa sông xâm nhập sâu vào trong đất liền, tạo nên dòng chảy khá phức tạp trong những con sông lớn, nhỏ của tỉnh.

Bến Tre có chế độ biển triều Đông là chế độ bán nhật triều không đều. Hàng tháng có hai kỳ triều cường (ngày 3 và 17 âm lịch) và hai kỳ triều kém (ngày 10 và 25 âm lịch). Thủy triều cao nhất trong năm vào tháng 10 (130 cm), tháng 11 (132 cm), chân triều bình quân cao nhất vào tháng 1 (-39 cm), thấp nhất vào tháng 6 (-154 cm), tháng 7 (164 cm) với biên độ triều cường trong năm biến thiên từ 201 - 242 cm.

2.4.5 Đặc tính thổ nhưỡng

Kết quả điều tra khảo sát đất đai ở do UBND tỉnh Bến Tre thực hiện năm 2010, thổ nhưỡng Bến Tre bao gồm các đặc tính:

- Về số lượng:

Bến Tre là tỉnh có tiềm năng dồi dào về đất đai (trên 66% diện tích thuộc loại thuận lợi, hoặc ít hạn chế) đối với các loại cây trồng chính. Các loại đất có nhiều hạn chế đối với một số cây trồng như lúa, dừa, cây công nghiệp ngắn ngày chỉ chiếm 19% diện tích, trong đó số diện tích có hạn chế quan trọng thật sự chỉ khoảng 10%. Trên quan điểm xây dựng một cơ cấu nông nghiệp toàn diện, Bến Tre có tiềm năng đất đai

đa dạng và phong phú, để phát triển sản xuất theo mô hình nông – lâm – ngư nghiệp đồng bộ và hợp lý, đạt hiệu quả kinh tế cao.

- Về chất lượng

Những số liệu khảo sát được cho thấy mặc dù đất đai ở Bến Tre còn có độ phì tiềm tàng đáng kể, nhưng mức độ sử dụng cho cây trồng còn hạn chế bởi ảnh hưởng của sự hiện diện ở mức độ quá cao nhiều chất đối kháng. Loại bỏ các yếu tố đối kháng này bằng các biện pháp canh tác hợp lý, chất lượng và năng suất các loại cây trồng sẽ tăng đáng kể.

Ở khía cạnh đơn thuần đất đai, những đánh giá về số lượng và chất lượng đất đòi hỏi chưa phản ánh hết tác động của đất lên cây trồng (năng suất, tình trạng sinh trưởng). Tuy nhiên, những kết quả điều tra ở Bến Tre cho thấy trong 10 năm qua các biện pháp canh tác không hợp lý đã dẫn đến tình trạng đất bị thoái hóa không tránh khỏi. Một số khu vực, năng suất hoặc giảm sút, hoặc không tăng lên được, mặc dù đã tăng cường lượng phân bón trong mỗi vụ. Thực tế là đất vốn rất nghèo lân, lượng đạm dễ tiêu và tổng số không hẳn dồi dào, việc thâm canh cây lúa đã lấy đi của đất ngày càng nhiều những chất dinh dưỡng chủ yếu, trong khi lượng phân bón thiếu cân đối, do đó đất càng bạc màu dần. Ngoài ra, việc sử dụng hoàn toàn phân vô cơ và tập quán đốt rơm rạ (nhất là các vùng có xen màu) đã làm đất mất dần sự tơi xốp và thiếu lượng hữu cơ cần thiết của quá trình chuyển hoá các chất dinh dưỡng.

Ở những khu vực đất bị nhiễm mặn, chỉ gieo trồng một vụ lúa vào mùa mưa và bỏ hoá mùa khô, không có thảm thực vật che phủ. Nhiều nơi ở Bình Đại, Ba Tri, Thạnh Phú, rừng ven biển bị khai hoang để trồng lúa, đất mất thảm thực vật che phủ càng bốc mặn nghiêm trọng trong mùa khô, mất kết cấu, nứt nẻ và chuyển biến theo chiều hướng xấu.

Vấn đề đặt ra hiện nay là việc khai thác, sử dụng đất phải đi đôi với việc bồi dưỡng và cải tạo đất bằng nhiều biện pháp tổng hợp để vừa có hiệu quả kinh tế, vừa bảo vệ được môi trường tự nhiên.

Trong hàng trăm năm qua, người dân Bến Tre bằng những kinh nghiệm được đúc kết từ bao đời, đã vừa lợi dụng quy luật thiên nhiên, vừa từng bước hạn chế tác hại của

nó, để khai thác có hiệu quả vốn quý đất đai. Những vùng đất được lên liếp vừa để trồng dừa và những loại cây thích hợp vừa nuôi tôm, bên cạnh đó là hàng loạt các công trình thủy nông lớn nhỏ được xây dựng, là kết quả của một quá trình lao động cần cù sáng tạo của nhân dân Bến Tre.

Ngày nay, sự phát triển không ngừng của nền sản xuất nông nghiệp càng khẳng định vai trò quan trọng của đất đai – nguồn tài nguyên không tái tạo được. Việc đánh giá chi tiết và cụ thể quỹ đất nhằm đề ra các biện pháp sử dụng hợp lý về cả mặt tự nhiên lẫn kinh tế - xã hội là hết sức cần thiết. Đối với Bến Tre, nơi đất đai khá đa dạng và phong phú, cần có phương hướng khai thác và sử dụng theo quan điểm nông nghiệp toàn diện, vừa bảo vệ được môi trường tự nhiên, vừa khai thác có hiệu quả nhất tiềm năng dồi dào đó.

Đất đai ở đây khá đồng nhất về chất lượng. Đất có độ phì tiềm tàng khá, nhưng khả năng cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng kém. Đất có phản ứng từ ít chua đến trung tính ở tầng mặt, ngoại trừ nhóm đất phèn nặng. Lượng đạm tổng số nhìn chung từ mức trung bình đến khá ở tầng đất mặt, trong khi lượng lân từ nghèo đến rất nghèo. Hầu hết các loại đất đều có cán cân độ phì từ mức thấp đến rất thấp. Tương quan giữa lượng đạm và lân trong đất tương đối tốt, nhưng tương quan giữa lượng lân tổng số và dễ tiêu rất xấu, do đó có ảnh hưởng đến năng suất cây trồng.

2.5 Hiện trạng sử dụng đất tỉnh Bến Tre

Theo thông tin từ Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Bến Tre:

- Trong năm 2006 đất sản xuất nông nghiệp theo kết quả thống kê đất đai hàng năm là: 136.681,15 ha so với kế hoạch đã xét duyệt là 136.150 ha, đạt 100,39 %; trong đó đất trồng lúa theo kết quả thống kê đất đai hàng năm là: 37.500,6 ha, so với kế hoạch đã xét duyệt là 36.743 ha, đạt 102,06 %.
- Trong năm 2007 đất sản xuất nông nghiệp theo kết quả thống kê đất đai hàng năm là: 13.6196,43 ha, so với kế hoạch đã xét duyệt là 135.227 ha, đạt 100,72 % đất trồng lúa theo kết quả thống kê đất đai hàng năm là: 37.056,31 ha, so với kế hoạch đã xét duyệt là 36.033 ha, đạt 102,84 %.
- Năm 2008, kết quả so sánh với hiện trạng sử dụng đất cả nước và ĐBSCL trình bày ở bảng 2.4

Bảng 2.4: Thống kê hiện trạng sử dụng đất của tỉnh Bến Tre thời điểm 2008

Danh mục	Đất nông nghiệp (nghìn ha)	Đất lâm nghiệp (nghìn ha)	Đất chuyên dùng (nghìn ha)	Đất ở (nghìn ha)	Tổng diện tích (nghìn ha)
Cả nước	9.420,3	14.816,6	1.553,7	620,4	33.115,0
Đồng bằng Sông Cửu Long	2.560,6	336,8	234,1	110,0	4.060,2
Bến Tre	136,2	6,4	8,6	7,5	236

(Nguồn: Tổng cục Thống kê)

Từ các kết quả thống kê trên cho thấy, diện tích đất nông nghiệp bị thu hẹp do quá trình Công nghiệp hoá – Hiện đại hoá, nhiều diện tích đất nông nghiệp, đất sản xuất nông nghiệp có năng suất ổn định đã chuyển sang đất phi nông nghiệp: khu công nghiệp, nhà máy, các dự án đầu tư v.v.

2.6 Vấn đề mặn ở Bến Tre

2.6.1 Các yếu tố ảnh hưởng đến xâm nhập mặn

2.6.1.1 Yếu tố khách quan

Theo kết quả khảo sát của UBND tỉnh Bến Tre năm 2009, vấn đề mặn ở Bến Tre bị ảnh hưởng bởi các yếu tố:

Thứ nhất là do địa hình của tỉnh Bến Tre có dạng hình quạt nan, nhìn chung tương đối bằng phẳng, có xu thế thấp dần từ hướng Tây Bắc xuống hướng Đông Nam và nghiêng ra biển. Có 3 dạng địa hình cơ bản

Vùng địa hình thấp có độ cao dưới 1 m: bị ngập nước khi triều lên bao gồm một số đất ruộng ở lòng chảo xa sông, các bãi triều ven sông, bãi bồi ven biển và khu vực rừng ngập mặn, chiếm 6,7% diện tích toàn tỉnh.

Vùng địa hình trung bình có độ cao từ 1 – 2 m: là vùng đất ngập trung bình hoặc ít ngập theo triều, chỉ bị ngập khi triều cường vào tháng 9 – 12, chiếm khoảng 87,5% diện tích toàn tỉnh.

Vùng có địa hình cao có cao độ từ 2 – 3,5 m, có nơi cao trên 5 m, chiếm 5,8% diện tích toàn tỉnh.

Chính vì đặc điểm địa hình trên, với 94,2% diện tích tự nhiên bị ảnh hưởng của thủy triều nên việc xâm nhập mặn do thủy triều chiếm ưu thế ở tỉnh Bến Tre.

Thứ hai là do tỉnh có nhiệt độ và số giờ nắng trung bình cao, kết hợp với lượng mưa trung bình không cao cùng với gió chướng đã tạo điều kiện cho nước mặn xâm nhập dễ hơn và sâu hơn vào trong đất liền.

Thứ ba là do tỉnh có hệ thống sông, kênh, rạch chằng chịt. Bến Tre có 45 kênh rạch chính với tổng chiều dài 383 km và 4 nhánh sông chính của hệ thống sông Cửu Long là: sông Tiền Giang dài 90 km, lưu lượng mùa mưa: 6.480 m³/s, mùa khô 1.598 m³/s; sông Ba Lai dài 70 km, lưu lượng mùa mưa: 240 m³/s, mùa khô 59 m³/s; sông Hàm Luông dài 72 km, lưu lượng mùa mưa: 3.360 m³/s, mùa khô 829 m³/s và sông Cổ Chiên dài 87 km, lưu lượng mùa mưa: 2.280 m³/s, mùa khô 710 m³/s.

Thứ tư là do Bến Tre có chế độ triều Biển Đông là chế độ bán nhật triều không đều, mỗi ngày có hai lần nước lên và hai lần nước xuống. Hàng tháng có hai kỳ triều cường (03 và 17 âm lịch) và hai kỳ triều kém (10 và 25 âm lịch). Đỉnh triều bình quân trong năm cao nhất vào tháng 10 (130 cm), tháng 11 (132 cm), chân triều bình quân cao nhất vào tháng 1 (39 cm), thấp nhất vào tháng 6 (-154 cm), tháng 7 (-146 cm) với biên độ triều trong năm biến thiên từ 201 – 241 cm.

Thứ năm là tỉnh có một số hướng sóng nguy hiểm: hướng Đông Bắc, Đông, Đông Nam. Theo vận tốc gió khác nhau cho độ cao sóng ở Bến Tre không lớn lắm (từ 0,3 – 1,5) và giảm từ ngoài khơi vào bờ với chu kỳ sóng từ 3 – 6 giây. Hệ thống sông rạch với dòng chảy nhỏ, lưu lượng thấp, địa hình bằng phẳng kết hợp với hướng sóng đánh vuông góc với bờ biển nên thủy triều dễ dàng xâm nhập vào sâu trong đất liền.

Trong mùa khô kiệt hàng năm (từ tháng 1 – 4), lượng nước mưa hầu như không đáng kể, nguồn nước ngọt duy nhất vào hệ thống sông ngòi của tỉnh là nguồn nước sông Tiền (được tiếp nước từ dòng chảy thượng nguồn sông Mê Kông) trùng với thời kỳ lưu lượng thượng nguồn tương đối nhỏ và nhỏ nhất vào tháng 4; nhu cầu nước cho

sản xuất nông nghiệp lớn, độ dốc lòng sông nhỏ, địa hình khá bằng phẳng tạo điều kiện thuận lợi cho nước mặn theo sông rạch vào đất liền.

Tác động tương hỗ giữa dòng chảy sông và động lực biển gây ảnh hưởng trực tiếp đến các khu vực ven biển, đặc biệt mực nước sông xuống thấp; dòng chảy ra biển không đủ mạnh để ngăn nước mặn chảy ngược vào cùng với triều cường có thể đẩy ngược nước mặn vào sâu trong sông và hệ thống kênh rạch tạo ra một vùng nước nhiễm mặn với các nồng độ khác nhau.

2.6.1.2 Yếu tố chủ quan

Thứ nhất là do diện tích đất nuôi trồng thủy sản tăng nhanh, gần 10 lần trong vòng 18 năm trở lại đây và có khuynh hướng chững lại kể từ năm 2000. Nguyên nhân của sự gia tăng này, chủ yếu do việc mở rộng đất nuôi tôm biển vùng ven biển Ba Tri, Bình Đại, Thạnh Phú. Chính việc gia tăng diện tích đất nuôi trồng thủy sản đồng nghĩa với việc một diện tích lớn rừng ngập mặn bị phá hủy. Rừng ngập mặn mất đi làm cho thủy triều, sóng biển dễ xâm nhập vào đất liền gây ra xâm nhập mặn. Bên cạnh đó, để phục vụ cho nuôi tôm, người dân đã dẫn nước mặn từ biển vào các vuông tôm làm cho độ mặn trong đất và nước ở đây tăng cao.

Thứ hai là do việc khai thác nước ngầm để sử dụng là một vấn đề tất yếu ở tỉnh Bến Tre, vì hầu hết nguồn nước mặt của tỉnh là bị nhiễm phèn, mặn. Tuy nhiên, do gia tăng dân số, phát triển kinh tế xã hội, bùng nổ các hoạt động nuôi tôm làm cho việc khai thác nước ngầm ở đây hoạt động rất mạnh mẽ. Chính vì việc khai thác nước ngầm quá mức đã làm cạn kiệt nguồn nước ngầm. Nước mặn từ biển và tầng nước mặn dễ thẩm thấu vào tầng nước ngầm gây nhiễm mặn nước ngầm.

Thứ ba là do hệ thống thủy lợi phục vụ nuôi trồng đang bước đầu được hình thành. Tuy nhiên, do vùng nuôi và phương thức nuôi chưa được xác định ổn định nên ngoại trừ một số vùng nuôi công nghiệp – bán công nghiệp đang xây dựng hệ thống cấp và tiêu nước riêng biệt với các công trình đầu mối quan trọng, các vùng còn lại chỉ mới bước đầu định hình hệ thống thủy lợi.

2.6.2 Quy luật diễn biến

Trong thủy văn của Bến Tre, vấn đề mặn cần phải được quan tâm nghiên cứu, tìm hiểu đầy đủ. Là một tỉnh nông nghiệp vùng ven biển, chất lượng nước tưới cho cây trồng có ý nghĩa sống còn đối với nền kinh tế. Nắm được quy luật diễn biến của mặn, ta có thể bố trí cơ cấu cây trồng, bố trí thời vụ sao cho đạt hiệu quả cao nhất.

- **Mặn biến đổi theo thời gian**

Bến Tre có địa hình chủ yếu nằm dưới mực nước biển trung bình. Các con sông chủ yếu chịu tác động của chế độ thủy triều biển Đông. Nhiều sông và kênh rạch có độ rộng khá lớn, một số cửa sông rộng từ 2 đến 3 km, do đó nước sông bị nhiễm mặn nghiêm trọng và trong mùa khô, mặn xâm nhập gần như hầu khắp diện tích trong tỉnh, gây nên tình trạng thiếu nước ngọt gay gắt.

Mặn theo nước thủy triều vào trong sông, nên có quan hệ mật thiết với chế độ thủy triều. Sự dao động cũng tương tự như sự dao động của triều. Chân và đỉnh mặn thường xuất hiện sau chân và đỉnh triều 1 đến 2 giờ. Càng xa biển, chênh lệch này càng lớn. Ngoài việc biến đổi theo mùa mặn còn phụ thuộc vào lượng nước ngọt từ thượng nguồn về. Mùa lũ, lượng nước ngọt lớn, mặn bị đẩy ra xa. Tuy vậy, những vùng giáp biển, độ mặn không lúc nào nhỏ hơn dưới 2%. Độ mặn lớn nhất thường xuất hiện vào tháng 4, tháng có lượng nước ngọt ít nhất. (Nguồn: UBND tỉnh Bến Tre, 2010).

- **Mặn biến đổi theo không gian**

Mặn từ biển xâm nhập vào sông dưới dạng hình nêm. Do sự tiết giảm của sóng triều, sức cản và làm loãng của lượng nước ngọt, nên càng vào sâu trong sông, nồng độ mặn càng giảm.

Mặn xâm nhập còn có sự khác nhau giữa hai bờ, do các bãi bồi vùng cửa sông thường chia ra làm nhiều cửa nhỏ. Cửa nào có độ sâu lớn diện tích mặt cắt lớn, thì lượng triều vào lớn, mặn xâm nhập sâu nên mặn mất cân đối, lệch hẳn về một bên bờ.

- **Độ mặn trong kênh rạch**

Kênh rạch không có nước ngọt từ thượng nguồn về, nên thủy triều dồn vào, mặn ngấm vào trong đất, tích tụ ngày một nhiều, vì vậy với cùng khoảng cách đối với cửa

sông, bao giờ độ mặn trong kênh rạch cũng lớn hơn trong sông. Vấn đề mặn, nhất là mặn trong kênh rạch, là một vấn đề phức tạp, có ý nghĩa lớn đối với việc cấp nước tưới cho cây trồng, cần được nghiên cứu chu đáo vào toàn diện hơn.

Xâm nhập mặn là vấn đề quan trọng ở tỉnh Bến Tre. Hiện nay, dù đã xây dựng nhiều hệ thống thủy lợi để ngăn mặn nhưng độ mặn trong môi trường đất, nước vẫn ảnh hưởng đến tài nguyên, sinh vật và hoạt động sống của con người nơi đây. Trong những năm gần đây, tình trạng xâm nhập mặn cả về nồng độ lẫn chiều sâu vào nội địa ở tỉnh Bến Tre đang là vấn đề nóng và cần phải được quan tâm giải quyết cũng như có biện pháp phòng tránh để phục vụ sản xuất và nguồn nước sinh hoạt ở địa phương.

Thực trạng trên đặt ra yêu cầu cho các cơ quan hữu quan, các nhà khoa học cũng như cơ quan quản lý tìm ra giải pháp giúp ứng phó, thích nghi cũng như dự báo xu thế phát triển của xâm nhập mặn.

2.7 Mối quan hệ giữa mặn và cơ cấu cây trồng

Trong sản xuất nông nghiệp, yếu tố mặn của đất và nước đóng vai trò quyết định trong việc lựa chọn đối tượng canh tác và bố trí mùa vụ. Dựa vào kinh nghiệm canh tác lâu năm, nông dân có thể bố trí loại cây trồng thích hợp và cơ cấu mùa vụ lúa sao cho tránh được tác hại của xâm nhập mặn ở mức thấp nhất.

Theo Nguyễn Thanh Tường (2013), cây lúa là đối tượng chịu ảnh hưởng nhiều từ tình trạng xâm nhập mặn. Đối với lúa thì yếu tố chất lượng nước đóng vai trò rất quan trọng. Nguồn nước ngọt trong sản xuất nông nghiệp chủ yếu được sử dụng cho cây lúa. Cụ thể đối với lúa mặn gây ra những tác hại: đầu lá trắng theo sau bởi sự cháy chóp lá (đất mặn), màu nâu của lá và chết lá (đất sodic), sinh trưởng của cây bị ức chế, số chồi thấp, sinh trưởng của rễ kém, lá cuộn lại, tăng số hạt bất thụ, số hạt trên bông thấp, giảm trọng lượng, thay đổi khoảng thời gian trổ, chỉ số thu hoạch thấp, năng suất hạt thấp dẫn đến năng suất lúa thấp.

Những hình thức canh tác có thể thích nghi hoặc ít bị ảnh hưởng khi độ mặn thay đổi như nuôi tôm nước mặn, ruộng muối... ít bị thay đổi cơ cấu cũng như thời vụ canh tác. Tuy nhiên với mục đích đánh giá tổng quan và phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn thì các đối tượng này cần được đề cập và tính toán diện tích.

Theo Nguyễn Thị Cẩm Sứ (2012), thủy văn Bến Tre được phân thành các vùng với tên gọi tương ứng với độ mặn và thời gian mặn trong năm:

Bảng 2.5: Các vùng sinh thái dựa trên đặc tính thủy văn

STT	Đặc tính thủy văn	Độ mặn	Thời gian mặn
1	Vùng nước ngọt - lợ	< 4 ‰	< 2 tháng
2	Vùng nước lợ	4 – 15 ‰	6 – 8 tháng
3	Vùng nước mặn	15 – 30 ‰	8 – 12 tháng

(Nguồn: Nguyễn Thị Cẩm Sứ, 2012)

Tùy vào tính chất và mức độ của xâm nhập mặn, kết hợp với các yếu tố cải tạo như: sự chủ động nước tưới vào mùa khô, xây đập trữ nước ngọt...(gọi chung là các công trình phục vụ cho quá trình ngọt hóa) nhằm ứng phó với giai đoạn xâm nhập của nước biển vào đất liền, mức độ và diện tích ảnh hưởng tùy thuộc vào từng vùng...mà có biện pháp canh tác khác nhau. Vì mặn diễn ra theo chu kì nên hoàn toàn có thể chủ động ứng phó, tập quán canh tác thích nghi với tình trạng xâm nhập mặn cũng hình thành theo thời gian.

2.8 Các vùng sinh thái nông nghiệp ở tỉnh Bến Tre

2.8.1 Cơ sở phân vùng sinh thái

Vùng sinh thái nông nghiệp được xác định dựa trên việc kết hợp đánh giá từ nhiều yếu tố. Theo kết quả nghiên cứu phân vùng sinh thái nông nghiệp dựa trên nghiên cứu các yếu tố thổ nhưỡng, thủy văn, hiện trạng sử dụng đất, lượng mưa và nhiệt độ của Nguyễn Thị Cẩm Sứ (2012), Bến Tre được phân thành các vùng các sinh thái tương ứng được thể hiện ở bảng 2.6

Thời vụ hiện nay, nhìn chung chịu ảnh hưởng rất lớn từ đặc điểm của những tiểu vùng sinh thái của từng địa phương, từng vùng sản xuất nhỏ. Thêm vào đó là sự chủ động hoặc nguồn nước ở các hệ thống kênh mương thủy lợi hoặc việc tận dụng nguồn nước trời, sự đầu tư cho sản xuất của từng hộ gia đình và những tác động vào cơ sở hạ tầng của nhà nước như hệ thống giao thông, đê bao, thủy lợi v.v...Đó đó việc xác định

đặc tính vùng sinh thái giúp ta xác định được đối tượng canh tác nông nghiệp thích hợp cho từng vùng.

Bảng 2.6: Tóm tắt các tổ hợp chính các tiêu chí phân vùng sinh thái nông nghiệp năm 2012

Vùng	Tiểu vùng	Độ mặn cao nhất (mùa khô)	Thời gian mặn	Ranh giới
Sinh thái nước ngọt	Sinh thái nước ngọt trên đất phù sa	< 4 ‰	< 2 tháng	Ba Tri, Thạnh Phú
	Sinh thái nước ngọt trên đất phèn	< 4 ‰	< 2 tháng	Bình Đại
Sinh thái nước lợ		4 – 15 ‰	6 – 8 tháng	Ba Tri, Bình Đại, Thạnh Phú
Sinh thái nước mặn		15 – 30 ‰	12 tháng	Ba Tri, Bình Đại, Thạnh Phú

(Nguồn: Nguyễn Thị Cẩm Sứ, 2012)

Do ảnh hưởng của đặc điểm địa hình có xu thế thấp dần từ hướng Tây Bắc xuống hướng Đông Nam và nghiêng ra biển nên có thể xem sự phân hóa mức độ xâm nhập mặn rõ rệt thể hiện trên địa bàn ba huyện ven biển là Bình Đại, Ba Tri và Thạnh Phú. Việc đánh giá xâm nhập mặn trên các huyện còn lại là Huyện Giồng Trôm, Mỏ Cày Bắc, Mỏ Cày Nam, Thành Phố Bến Tre, Châu Thành và Chợ Lách chủ yếu dựa trên dựa trên việc giải đoán ảnh, tham khảo hiện trạng sử dụng đất và ranh giới vùng sinh thái nước lợ trở vào.

2.8.2 Các hình thức canh tác nông nghiệp tương ứng với các vùng sinh thái

Theo kết quả nghiên cứu phân vùng sinh thái nông nghiệp của Nguyễn Thị Cẩm Sứ (2012), Bến Tre được phân thành các vùng sinh thái nông nghiệp:

- Vùng sinh thái nước ngọt trên đất phù sa

Huyện Ba Tri: Hiện tại trên địa bàn huyện có các vùng canh tác khác nhau như: Cơ cấu lúa 3 vụ, 2 vụ lúa - 1 vụ màu, chuyên màu, cây hàng năm (cây mía), cây công nghiệp (cây dừa), thủy sản nước ngọt, cây ăn trái, chăn nuôi gia súc và gia cầm.

Vùng này có diện tích khoảng 17.846 ha, chiếm 56,56% diện tích toàn huyện, bao gồm toàn bộ vùng ngọt từ ranh giới huyện Giồng Trôm đến lộ An Đức, các xã Phú Lễ, Phước Tuy, An Đức, Tân Xuân. Đặc điểm vùng này gần như ngọt quanh năm (thời gian mặn < 2 tháng) địa hình tương đối trũng thấp, khoảng 2.625 ha diện tích đất trong vùng bị nhiễm phèn.

➤ Huyện Thạnh Phú

Các kiểu sử dụng đất chính trong huyện là: lúa 1 vụ, 2 vụ (HT – TĐ), cơ cấu 1 vụ lúa - 1 vụ màu), chuyên màu, cây mía, cây dừa, cây ăn trái.

Từ ranh giới huyện Mỏ Cày đến thị trấn Thạnh Phú, xã Bảo Thạnh, vùng này có diện tích khoảng 11.187 ha, chiếm 31,43% diện tích toàn huyện. Trong đó có khoảng 1.971 ha diện tích đất trong vùng bị nhiễm phèn, đây là vùng gần như ngọt quanh năm (thời gian mặn < 2 tháng). Hiện trạng sản xuất của vùng là trồng dừa và mía ở khu vực xã Phú Khánh và Đại Điền, mô hình lúa 2 vụ ở các xã Mỹ Hưng, Hòa Lợi, Bình Thạnh, ngoài ra còn phát triển rau màu trên giồng Bình Thạnh.

- Tiểu vùng sinh thái nước ngọt trên đất phèn

Từ ranh giới huyện Châu Thành đến ranh giới các xã Thạnh Trị, Định Trung (Bình Đại), vùng này có diện tích khoảng 12.682 ha, chiếm 37,1% diện tích toàn huyện. Trong đó diện tích đất trong vùng bị nhiễm phèn khá lớn, đặc biệt là phèn hoạt động. Điều kiện thủy văn vùng này là ngọt – lợ, trong năm nước bị nhiễm mặn khoảng tháng tư đến tháng 5, độ mặn cao nhất vào mùa khô khoảng 5 – 7‰. Khu vực các xã Long Định đến Châu Hưng, vang Quới Tây, đất gò.

Hiện tại trên địa bàn huyện có các mô hình canh tác phổ biến khác như: Lúa 2 vụ (HT – M), lúa 3 vụ (ĐX – HT – TĐ), chuyên màu, chuyên mía, cây dừa – ca cao và một số loại cây ăn trái có thể chịu được mặn trong ngắn hạn, phát triển rau màu trên đất giồng cát.

- Vùng sinh thái nước lợ

➤ Huyện Ba Tri

Bắt đầu từ ranh tiểu vùng sinh thái nước ngọt đến các xã Bảo Thạnh, Bảo Thuận, Tân Thủy, An Hòa Tây, có diện tích khoảng 6.273 ha, chiếm khoảng 19,94% diện tích toàn huyện. Trong đó khoảng 666 ha diện tích ha trong vùng bị nhiễm phèn. Đây là vùng có thời gian mặn từ 4 – 8 tháng, riêng đối với khu vực gần cửa sông (An Đức, An Hòa Tây) thời gian mặn từ 6 – 8 tháng, độ mặn dao động từ 6 – 15‰ nên khu vực này có các mô hình như lúa – thủy sản lợ, tôm - lúa, 2 lúa (HT muộn – ĐX sớm).

Hiện trạng sản xuất của vùng này là nuôi thủy sản vùng gần cửa sông, nuôi tôm – lúa, trồng màu trên các khu vực đất giồng cát, thâm canh lúa ở những nơi có điều kiện cung cấp đủ nước. Ở những nơi trong vùng có độ mặn nhẹ còn có điều kiện phát triển những mô hình nuôi cá nước ngọt, mô hình lúa – tôm càng xanh.

Riêng khu vực Tây Bắc của tiểu vùng còn có hệ thống đê khá kiên cố nên được ngọt hóa khá cơ bản. Hiện trạng sản xuất của vùng này là nuôi thủy sản nước ngọt, lúa 3 vụ, trồng màu trên đất giồng cát.

➤ Huyện Bình Đại

Từ ranh tiểu vùng sinh thái nước ngọt trên đất phèn đến ranh các xã Thạnh Phước, Thừa Đức, rạch Vũng Luông ra sông Ba Lai, vùng này có diện tích khoảng 10.010 ha, chiếm 29,28% diện tích toàn huyện. Đặc điểm thủy văn của vùng này là có thời gian mặn từ 6 – 8 tháng, độ mặn giao động từ 4 – 15‰, địa hình tương đối thấp. Hiện nay vùng này có các mô hình: lúa 1 vụ - thủy sản; nuôi tôm công nghiệp tại xã Bình Thắng gần khu vực cửa Đại. Vùng tiếp cận khu vực ngọt hóa thực hiện mô hình tôm – lúa ở những nơi có điều kiện thích hợp.

➤ Huyện Thạnh Phú

Từ ranh tiểu vùng sinh thái nước ngọt trên đất phù sa đến hết các xã An Nhơn, An Điền, vùng này có diện tích 13.793 ha chiếm 39,26% diện tích toàn huyện. Trong đó khoảng 1.397 ha đất trong vùng bị nhiễm phèn. Vùng này có thời gian mặn từ 6 – 8 tháng, độ mặn từ 4 – 15‰. Hiện nay vùng này đang sản xuất mô hình tôm lúa, nuôi

thủy sản mặn và phát triển rau màu trên đất giồng cát tại xã An Điền, An Thuận, An Thạnh.

- Vùng sinh thái nước mặn

➤ Huyện Ba Tri

Vùng này có diện tích 7.455 ha, chiếm 23,50% diện tích toàn huyện. Bắt đầu từ ranh giới vùng sinh thái nước lợ ra đến biển Đông thuộc địa bàn các xã An Thủy, bảo Thạnh, Bảo Thuận, đặc điểm vùng này là nhiễm mặn gần như quanh năm. Độ mặn dao động từ 15 – 30‰. Đây là vùng sản xuất muối, thủy sản nước mặn: tôm – rùng, chuyên tôm, tôm – sò. Ngoài ra còn trồng màu dọc theo các giồng cát.

➤ Huyện Bình Đại

Từ ranh vùng sinh thái nước lợ ra biển Đông, vùng này có diện tích khoảng 11.493 ha, chiếm 48,23% diện tích toàn huyện. Khoảng 1.472 ha diện tích đất trong vùng bị nhiễm phèn, độ mặn dao động từ 15 – 30‰. Hiện nay vùng này đang nuôi thủy sản mặn, làm muối, nuôi nghêu sò, ngoài ra trên đất giồng cát còn trồng màu.

➤ Huyện Thạnh Phú

Từ ranh giới vùng sinh thái nước lợ đổ ra biển Đông bao gồm hai xã Thạnh Phong và Thạnh Hải, vùng này có diện tích khoảng 10.442 ha, chiếm 29, 31% diện tích toàn huyện. Đặc điểm thủy văn của vùng này là có thời gian mặn quanh năm, độ mặn dao động từ 15 – 30‰. Hiện nay vùng này đang tập trung nuôi thủy sản mặn, làm muối, nuôi nghêu sò và phát triển rau màu trên đất giồng cát.

Các hình thức canh tác nông nghiệp thuộc đối tượng cây trồng được thể hiện tóm tắt:

Bảng 2.7: Các hình thức canh tác nông nghiệp tương ứng với các vùng sinh thái

Ranh giới	Kiểu sử dụng đất chính/ phụ
Ba Tri, Thạnh Phú	Chuyên lúa/ cây ăn trái, dừa
Bình Đại	Cây ăn trái, dừa/ chuyên lúa
Ba Tri, Bình Đại, Thạnh Phú	Lúa – Thủy sản, Lúa – Tôm, chuyên tôm
Ba Tri, Bình Đại, Thạnh Phú	Tôm – Rùng, chuyên tôm/ muối

(Nguyễn Thị Cẩm Sứ, 2012)

2.9 Một số nghiên cứu về xâm nhập mặn trong và ngoài nước

2.9.1 Ở Việt nam

Trong thời gian gần đây, việc ứng dụng khoa học công nghệ trong giám sát và đánh giá xâm nhập mặn được các nhà khoa học trong nước tiến hành nghiên cứu dưới nhiều phương pháp khác nhau.

Xâm nhập mặn có xu hướng ngày càng trầm trọng hơn là do rất nhiều nguyên nhân, trong đó biến đổi khí hậu có ảnh hưởng trực tiếp và lớn nhất. Nhóm tác giả Trần Quốc Đạt, Nguyễn Hiếu Trung và Kanchit Likitdecharote thuộc trường Đại học Cần Thơ và Đại học Chulalongkorn - Thái Lan đã tiến hành nghiên cứu mô phỏng xâm nhập mặn đồng bằng sông Cửu Long dưới tác động của nước biển dâng và sự suy giảm lưu lượng nước từ thượng nguồn. Trong nghiên cứu này, xâm nhập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long được mô phỏng cho những kịch bản khác nhau của mực nước biển dâng và lưu lượng thượng nguồn giảm bằng mô hình MIKE11. Mô hình được xây dựng dựa trên cơ sở dữ liệu của hai năm 1998 và 2005. Kết quả mô phỏng xâm nhập mặn năm 1998 được chọn kịch gốc so sánh với bốn kịch bản xâm nhập mặn vào các năm 2020 và 2030. Bốn kịch bản này được xây dựng dựa trên kịch bản CRES B2, kịch bản tăng diện tích nông nghiệp và kịch bản diện tích nông nghiệp không đổi. Hai kịch bản đầu là khi mực nước biển dâng 14 cm và lưu lượng thượng nguồn giảm 11% và 22%. Kịch bản số ba và bốn là khi mực nước biển dâng 20cm và lưu lượng thượng nguồn giảm 15%. Kết quả mô phỏng cho thấy rằng độ mặn 2,5g/l xâm nhập 14 km sâu hơn kịch bản gốc năm 1998. Ngoài ra xâm nhập mặn cũng tác động hầu hết các dự án ngăn mặn ở đồng bằng sông Cửu Long.

Việc phát triển hệ công cụ hỗ trợ nghiên cứu gồm 4 Modul chức năng: GIS (Geography Information System) – Viễn thám – Modelling – Database có tên gọi là Geoinformatics đã được Viện Môi trường và Tài nguyên Đại học Quốc gia TP.HCM nghiên cứu và áp dụng. Một trong những ứng dụng của nó là dự báo diễn biến biên mặn trên hệ thống dòng chảy sông Đồng Nai, sông Sài Gòn nhằm phục vụ việc quy hoạch, xác định cơ cấu cây trồng phù hợp và triển khai hoạt động nuôi trồng thủy sản an toàn. Nghiên cứu sử dụng công cụ toán học là phần mềm MK4 của PGS.TS Lê Song Giang. Từ dữ liệu, số liệu ban đầu của năm 2002, phần mềm MK4 cho phép xây dựng

những kịch bản diễn biến biên mặn cho những năm tiếp theo theo mùa và theo các kịch bản xả lũ của các hồ chứa ở thượng nguồn. Kết quả của nghiên cứu cho thấy sự dịch chuyển khá lớn về biên mặn của mùa khô và mùa mưa.

Năm 2009, nhóm nghiên cứu thủy văn và môi trường gồm các chuyên gia thuộc trường Đại học khoa học tự nhiên và Đại học quốc gia Hà Nội đã áp dụng mô hình MIKE 11 để đánh giá tình hình xâm nhập mặn trên hệ thống sông Bến Hải và Thạch Hãn cho kết quả tốt. Việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực và lan truyền chất được thực hiện với bộ số liệu đo đạc quan trắc tháng 8 năm 2007. Để dự báo tính hình xâm nhập mặn đến năm 2020, các điều kiện biên được kết hợp giữa việc dự báo tình hình sử dụng nước thượng nguồn kết hợp với các kịch bản nước biển dâng. Kết quả mô phỏng bằng mô hình cho thấy, đến năm 2020 mặn có thể xâm nhập khá sâu vào đồng bằng. Điều đó sẽ đặt ra những thách thức cho hoạt động canh tác cây nông nghiệp sử dụng nguồn nước tưới từ sông nhưng đồng thời cũng tạo ra thời cơ tăng diện tích sản xuất cho ngành nuôi trồng thủy sản nước lợ.

2.9.2 Trên thế giới

Trên thế giới, ảnh hưởng của tình trạng đất nhiễm mặn cũng là vấn đề được nhiều nhà khoa học quan tâm, nghiên cứu.

Nhóm ba nhà khoa học Mahmoud A. Abdelfattah, Shabbir A. Shahid và Yasser R. Othman đã tiến hành nghiên cứu ứng dụng công nghệ GIS (Hệ thống thông tin địa lý) và Viễn thám vào xây dựng mô hình thành lập bản đồ đất nhiễm mặn tại Abu Dhabi, Ả Rập. Sử dụng sản phẩm Viễn thám mà cụ thể là ảnh Landsat-7 ETM và mẫu đất thu thập dùng để xây dựng song song hai mô hình. Kết quả so sánh thực tế có độ tin cậy là 91,2%, cho thấy khả năng ứng dụng kết hợp GIS và Viễn thám cho hiệu quả rất cao.

Trong hoạt động nông nghiệp, nghiên cứu ước tính độ mặn của đất trong cánh đồng ngô cũng được ba nhà khoa học Ahmed Eldiery, Luis A. Garcia và Robin M. Reich tiến hành thực hiện. Bằng công cụ là dữ liệu viễn thám và GIS, kết hợp mẫu đất thực đo. Các nhà khoa học đã thành lập được bản đồ thể hiện mức độ mặn của đất dựa trên sự thay đổi sinh trưởng của cây ngô dưới tác động của độ mặn gia tăng trong đất.

Từ đó kịp thời có các biện pháp ứng phó nhằm giảm thiểu thiệt hại đến nông nghiệp ở mức thấp nhất.

Chương 3

DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1 Dữ liệu

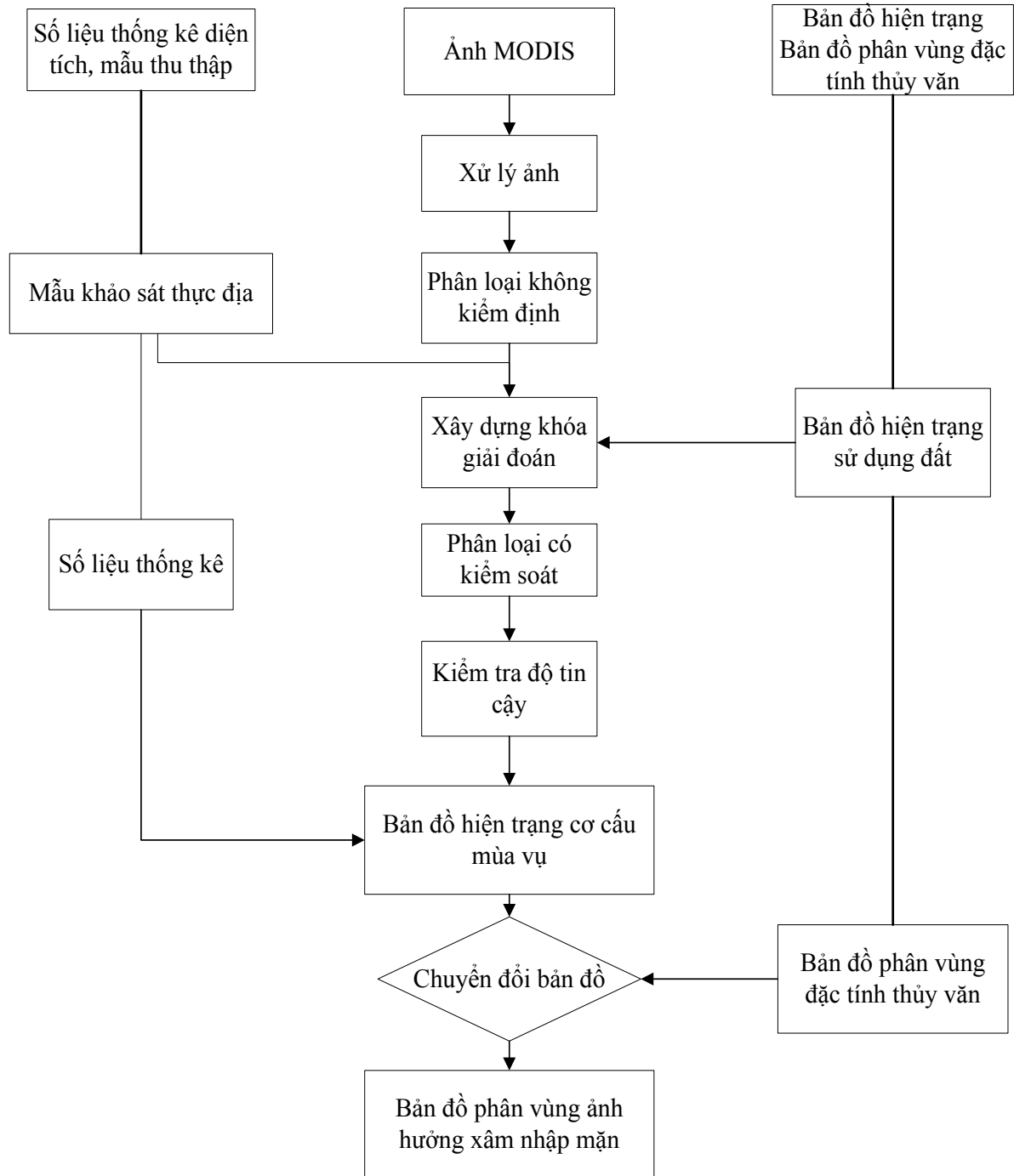
Phục vụ cho nghiên cứu bao gồm dữ liệu được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau kết hợp sử dụng các công cụ hỗ trợ trong quá trình giải đoán ảnh và thành lập bản đồ.

- Công cụ: phần mềm ENVI, ArcMap
- Dữ liệu bao gồm dữ liệu thống kê diện tích, mẫu khảo sát thực tế tại khu vực nghiên cứu và dữ liệu bản đồ.

Bảng 3.1: Dữ liệu phục vụ nghiên cứu

Tên dữ liệu	Nguồn
Ảnh viễn thám MOD09Q1- Thời gian thu chụp (1/1/2012 – 27/12/2012)	EOSDIS (http://reverb.echo.nasa.gov)
Bản đồ hiện trạng sử dụng đất tỉnh Bến Tre 2010 tỉ lệ 1/250.000	Sở Tài nguyên môi trường tỉnh Bến Tre
Bản đồ phân vùng sinh thái nông nghiệp tỉnh Bến Tre trong điều kiện hiện tại năm 2012 tỉ lệ 1/250.000	Nguyễn Thị Cẩm Sứ - Bộ môn Tài nguyên đất đai trường ĐH Cần Thơ
Mẫu khảo sát thực tế (27 mẫu) tại khu vực nghiên cứu năm 2012	Bộ môn Tài nguyên đất đai trường Đại học Cần Thơ
Số liệu thống kê diện tích xâm nhập mặn 3 huyện ven biển tỉnh Bến Tre năm 2012	Nguyễn Thị Cẩm Sứ - Bộ môn Tài nguyên đất đai trường ĐH Cần Thơ

3.2 Phương pháp



Hình 3.1: Sơ đồ tóm tắt các bước thực hiện

3.2.1 Phương pháp xử lý ảnh

Phương pháp xử lý ảnh được thực hiện trên phần mềm ENVI theo phương pháp của Lê Văn Trung (2010), bao gồm các bước:

➤ **Bước 1: Ghép ảnh**

Với ảnh MODIS thu thập được, tỉnh Bến Tre nằm trên hai tấm ảnh khác nhau có cùng ngày chụp. Do đó cần tiến hành ghép hai ảnh cùng ngày lại với nhau. Sử dụng chức năng Mosaicking (Georeference) trong ENVI.

➤ **Bước 2: Hiệu chỉnh hình học ảnh**

Ảnh MOD09Q1 thu thập được có hệ tọa độ ở dạng tọa độ địa lý Latitude/Longitude. Do đó để đồng nhất với tọa độ, hệ quy chiếu của ảnh giới hạn vùng nghiên cứu và việc biên tập bản đồ, các ảnh chuyển về hệ tọa độ UTM; datum: WGS-84; Zone: 48 North.

Kỹ thuật chuyển đổi tọa độ được áp dụng rất hiệu quả trong hiệu chỉnh hình học nhằm xác định mối tương quan giữa hệ tọa độ ảnh và hệ tọa độ bản đồ (sử dụng điểm khống chế). Việc đăng ký tọa độ ảnh ngoài việc đưa ảnh về đúng tọa độ của khu vực quan tâm còn hiệu chỉnh sai số biến dạng của ảnh.

➤ **Bước 3: Cắt ảnh**

Kết quả ghép ảnh có vùng phủ rất rộng, dung lượng ảnh lớn. Do đó cần tiến hành cắt ảnh, giới hạn vùng nghiên cứu chỉ là khu vực thuộc tỉnh Bến Tre, sử dụng ranh giới tỉnh Bến Tre để xây dựng mặt nạ cắt ảnh. Thực hiện bằng chức năng Masking (Build Mask / Apply Mask).

➤ **Bước 4: Tăng cường chất lượng ảnh**

Tăng cường độ tương phản, sử dụng phương pháp giãn tuyến tính, đưa giá trị mức độ xám của kênh giãn rộng theo tuyến tính phủ kín với khoảng giá trị 0 – 255 (Nguyễn Ngọc Thạch, 2005).

Lọc không gian, sử dụng phép lọc Median với kích thước 3 x 3 (Kernel size = 3).

3.2.2 Phương pháp thành lập bản đồ hiện trạng cơ cấu mùa vụ

Việc xác định và phân biệt các đối tượng cây trồng và đối tượng canh tác nông nghiệp dựa trên sự biến đổi giá trị của chỉ số NDVI theo thời gian của từng đối tượng. Phương pháp chủ yếu là giải đoán ảnh, tính toán chỉ số NDVI và tạo chuỗi ảnh NDVI đa thời gian kết hợp với các khóa giải đoán.

➤ **Chỉ số NDVI (The Normalized Difference Vegetation Index)**

Có nhiều chỉ số thực vật khác nhau, nhưng chỉ số khác biệt thực vật (NDVI) được trung bình hoá trong một chuỗi số liệu theo thời gian sẽ là công cụ cơ bản để giám sát trạng thái lớp phủ thực vật (Dương Văn Khảm và nnc, 2007). Trên cơ sở đó biết được đặc điểm thực vật của từng khu vực tại thời điểm quan sát.

➤ **Bước 1: Tính toán chỉ số NDVI**

Chỉ số thực vật NDVI được tính theo công thức sau:

$$NDVI = (IR - R) / (IR + R)$$

Trong đó IR, R là phổ phản xạ của kênh cận hồng ngoại và kênh đỏ. Từ các giá trị định lượng của NDVI ta có thể xác định được trạng thái sinh trưởng và đặc điểm của thực vật. (Nguyễn Ngọc Thạch, 2005).

Ưu điểm phép tính tỷ số NDVI là có thể giảm ảnh hưởng một cách hiệu quả các thay đổi do môi trường như độ sáng bởi địa hình, bóng, thay đổi mùa, góc chiếu sáng mặt trời, các điều kiện khí quyển thay đổi. Do đó, ảnh hưởng sai số trong tính chỉ số cũng không đáng kể cũng không đáng kể ngay cả khi không tiến hành hiệu chỉnh khí quyển (Song C. et al., 2001).

➤ **Bước 2: Tạo chuỗi ảnh NDVI**

Các ảnh sau khi được xử lý và tính toán giá trị NDVI được tổ hợp bằng phương pháp tổ hợp theo giá trị cực đại (Maximum Value Composite – MVC). Đây là phương pháp truyền thống, được sử dụng khá rộng rãi trong các nghiên cứu liên quan ở trên thế giới. Phương pháp này được thực hiện trên cơ sở nguyên tắc khá đơn giản, đó là kết hợp các ảnh lấy giá trị lớn nhất của giá trị điểm ảnh trong các ảnh đầu vào cho sản phẩm đầu ra. Điều này sẽ giúp khắc phục loại bỏ hoặc làm giảm thiểu các điểm ảnh có giá trị được giải đoán là mây (trị tuyệt đối của giá trị chỉ số NDVI nhỏ, xấp xỉ 0) hoặc các điểm ảnh bị nhiễu do các sai số hệ thống hay các nguyên nhân khác làm giảm giá trị của chỉ số NDVI so với thực tế (Vũ Hữu Long và nnc, 2011).

➤ Bước 3: Phân loại không kiểm định

Theo Nguyễn Ngọc Thạch (2005), phân loại không kiểm định là việc phân loại thuần túy theo tính chất phổ. Những nhóm phổ được chia ra theo phổ gần giống nhất của chúng dựa trên thuật toán thống kê. Đối với ảnh số 8 bit thì giá trị của một kênh ảnh nằm trong khoảng 0 – 255. Trong khoảng giá trị này sẽ được chia ra các khoảng giá trị phổ khác nhau theo đặc tính đồng nhất của chúng (hay gọi là nhóm phổ, tương ứng với các đối tượng không gian sẽ được phân loại). Sau khi phổ được phân loại, người giải đoán sẽ gán từng nhóm phổ với đối tượng không gian ngoài thực địa.

Phương pháp phân loại theo phương pháp ISODATA do Duda và Hart đề xuất năm 1973. Các điểm ảnh được phân loại theo nhóm theo phổ có giá trị đồng nhất (Lê Văn Trung, 2005).

➤ Bước 4: Xây dựng khóa giải đoán ảnh

Chỉ số NDVI có giá trị trong khoảng từ -1 đến +1, thực vật phát triển càng mạnh thì giá trị NDVI càng lớn (Gross, 2005). Sự tương quan giữa giá trị NDVI và sự hiện diện của thực vật được thể hiện như bảng 3.2

Bảng 3.2: Giá trị NDVI và sự hiện diện của thực vật

Giá trị NDVI	Thực vật
≤ 0.1	Không có hoặc rất ít
0.2 – 0.3	Ít thực vật
0.4 – 0.6	Thực vật trung bình
> 0.6	Thực vật nhiều

(Nguồn: Gross, 2005)

Xây dựng khóa giải đoán chính cho đối tượng cây trồng dựa vào mối tương quan giữa giá trị NDVI và sự hiện diện của thực vật theo nghiên cứu của Gross (2005); kết quả mối quan hệ giữa giá trị NDVI với giai đoạn phát triển cây lúa biến động theo dạng đồ thị hình Sin, xuất hiện điểm cực đại và cực tiểu tại các thời điểm trong năm, tương ứng với số vụ lúa trong năm (Dương Văn Khảm và nnc, 2007).

➤ **Bước 5: Phân loại có kiểm định**

Dựa vào số điểm mẫu đã được thu thập tại khu vực nghiên cứu tiến hành xây dựng các nhóm kiểm tra đại diện (ROI – Region Of Interest) hay còn gọi là các vùng mẫu trên ảnh.

Từ các khóa giải đoán, xác định các đối tượng cây trồng và các đối tượng canh tác nông nghiệp khác ngoài cây trồng kết hợp với hiện trạng thực tế để gán thông tin cho các ROI. Mỗi ROI là một nhóm đối tượng được xác định trên ảnh.

Phân loại có kiểm định thực hiện bằng chức năng Classification/Supervised. Thuật toán sử dụng trong phân loại có kiểm định là phân loại theo xác suất cực đại (Maximum Likelihood).

➤ **Bước 6: Đánh giá độ tin cậy**

Theo Lê Văn Trung (2005), để đánh giá độ tin cậy của kết quả phân loại sử dụng phương pháp xây dựng ma trận sai số. Dựa vào kết quả tính toán xác định được độ chính xác toàn cục (T) và chỉ số Kappa (K). Khi kết quả $K = 1$ thì độ chính xác của kết quả phân loại là tuyệt đối.

- Độ chính xác toàn cục:

$$T = (\text{Tổng các đại lượng đường chéo} / \text{Tổng các đại lượng hàng (cột)}) * 100$$

- Chỉ số Kappa:

$$K = (T - E) / (1 - E)$$

Trong đó:

T là độ chính xác toàn cục cho bởi ma trận sai số;

E là đại lượng thể hiện sự mong muốn (kỳ vọng) phân loại chính xác có thể dự đoán trước.

➤ **Bước 7: Thành lập bản đồ hiện trạng cơ cấu mùa vụ**

Từ kết quả phân loại trên phần mềm ENVI, các dữ liệu ảnh được chuyển vào môi trường GIS. Xuất các lớp bản đồ này với dạng file “.shp” bằng chức năng Vector/Classification vector.

Biên tập và thành lập bản đồ hiện trạng cơ cấu mùa vụ bằng phần mềm ArcMap

9.3. Bản đồ thể hiện các đối tượng cây trồng và các hình thức canh tác nông nghiệp ngoài cây trồng của tỉnh Bến Tre.

3.2.3 Phương pháp thành lập bản đồ phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn

Dựa trên kết quả thành lập bản đồ hiện trạng cơ cấu mùa vụ đã xác định các đối tượng cây trồng và đối tượng canh tác nông nghiệp khác; kết hợp với việc phân tích mối liên quan giữa cơ cấu mùa vụ và sự xâm nhập mặn, tiến hành nhóm các đối tượng canh tác theo từng vùng sinh thái.

Vùng ảnh hưởng được xác định và đánh giá dựa trên đối tượng thể hiện cụ thể là diện tích được tính toán sau khi hoàn thành việc phân nhóm đối tượng.

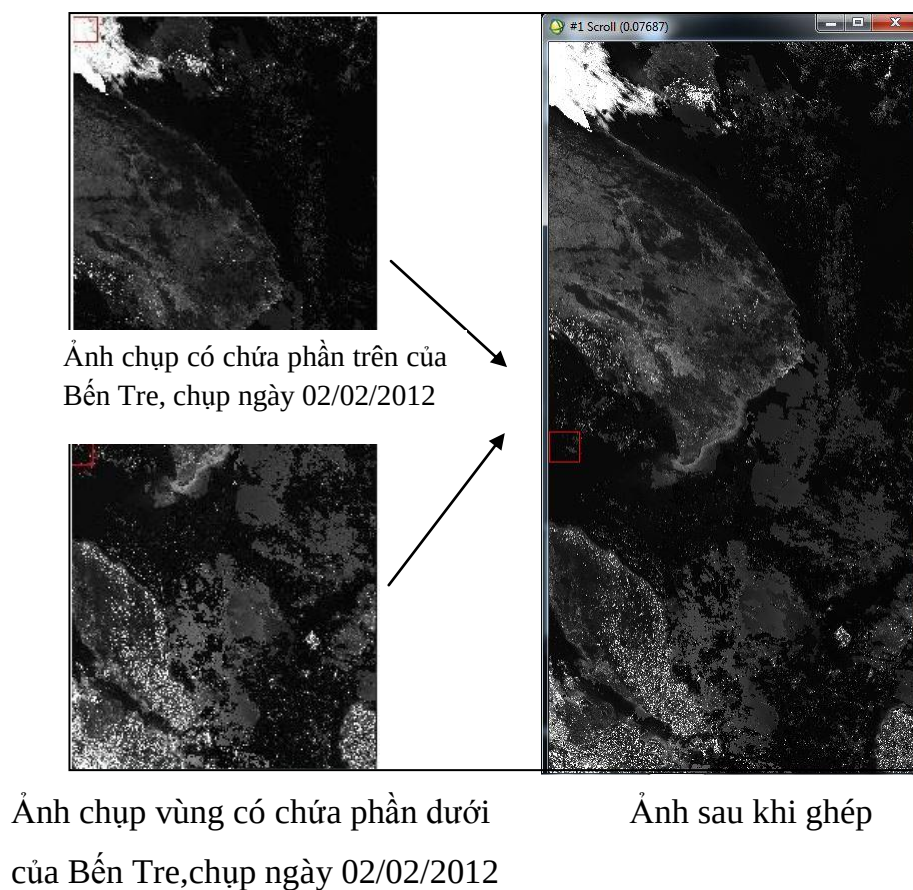
Chương 4

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1 Kết quả xử lý ảnh

4.1.1 Ghép ảnh

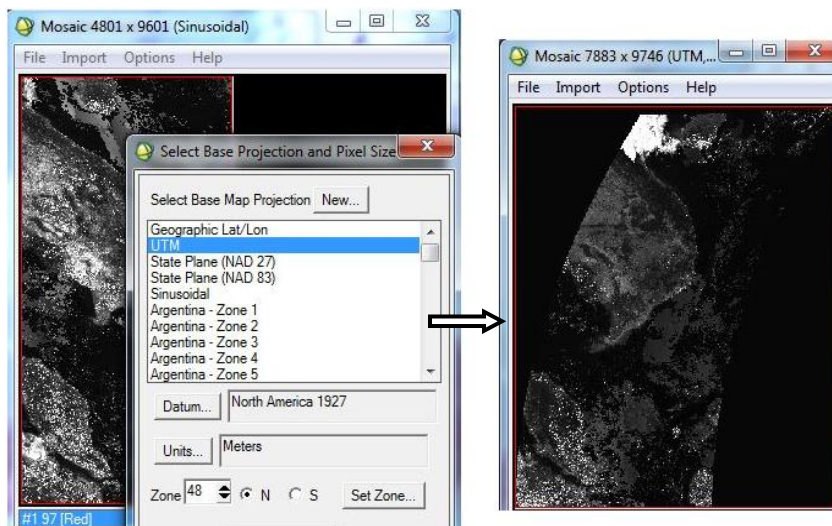
Mỗi ảnh MOD09Q1 thu được chỉ chứa thông tin một phần của tỉnh Bến Tre. Do đó để có được ảnh gồm toàn bộ khu vực nghiên cứu, hai ảnh chụp cùng ngày được ghép lại với nhau. Kết quả như Hình 4.1



Hình 4.1: Kết quả ghép hai ảnh có cùng ngày chụp (02/02/2012)

4.1.2 Đăng ký tọa độ

Ảnh sau khi ghép vẫn ở dạng tọa độ địa lý Latitude/Longitude, ta chuyển các ảnh chuyển về hệ tọa độ UTM; datum: WGS-84; Zone: 48 North để đồng nhất với tọa độ, hệ quy chiếu của ảnh giới hạn vùng nghiên cứu nhằm thuận tiện cho việc biên tập bản đồ. Việc đăng ký tọa độ ảnh còn giúp hiệu chỉnh sai số biến dạng của ảnh.



Hình 4.2: Ảnh sau khi được chuyển sang tọa độ X, Y hệ tọa độ UTM

4.1.3 Cắt ảnh

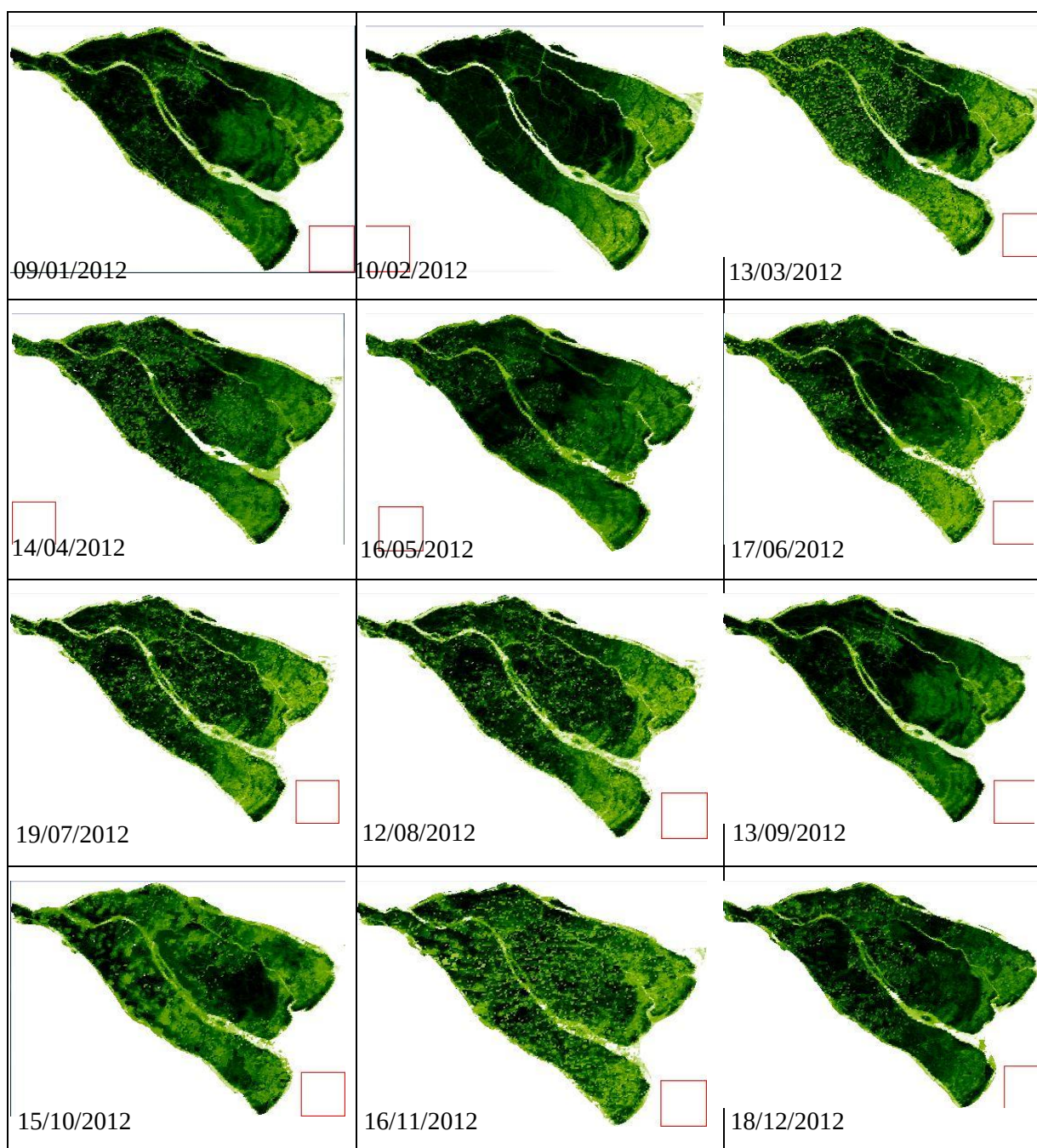
Kết quả ghép hai ảnh cho ra một ảnh mới chứa vùng nghiên cứu và bao gồm cả khu vực rộng lớn gồm miền Trung và miền Nam của Việt Nam và các vùng lân cận như Biển Đông, Campuchia, phía nam Lào, một phần phía nam Thái Lan và phía bắc Malaysia. Để giảm bớt dung lượng ảnh, thuận tiện cho việc giải đoán và lưu trữ, ảnh đã được cắt bỏ bớt các vùng nằm ngoài vùng nghiên cứu (Hình 4.3).



Hình 4.3: Ảnh sau khi cắt bớt các vùng không cần thiết (Ảnh chụp ngày 02/02/2012)

4.2 Kết quả tính chỉ số NDVI

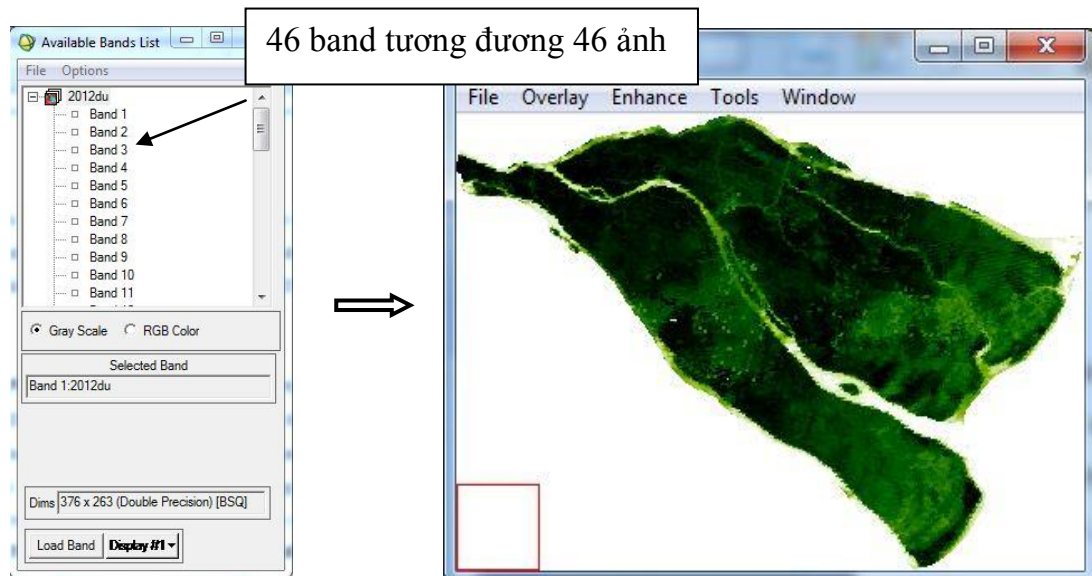
Kết quả tính được ảnh NDVI có chỉ số $-1 < \text{NDVI} < +1$. Ảnh NDVI thể hiện độ che phủ của thảm thực vật trên mặt đất, khu vực có độ phủ thực vật dày, phát triển tốt sẽ có NDVI cao và ngược lại. Cụ thể từng khoảng giá trị NDVI sẽ tương ứng với từng đối tượng thực vật khác nhau. Riêng giá trị NDVI bằng 0 hoặc mang giá trị âm tương ứng với những nơi hoàn toàn không có sự hiện diện của thực vật như đất trống, sông hoặc đất ngập nước.



Hình 4.4: Ảnh sau khi tính NDVI của một số ngày trong năm.

4.3 Kết quả tạo chuỗi ảnh NDVI đa thời gian

Sau khi được tính toán chỉ số, các ảnh NDVI tổ hợp 8 ngày được sử dụng để tạo chuỗi ảnh NDVI của năm 2012. Chuỗi ảnh được tổ hợp từ 46 ảnh (được chụp từ ngày 01/01/2012 – 27/12/2012), trung bình mỗi tháng ta có được bốn ảnh, riêng tháng 5 và tháng 11 mỗi tháng có chỉ ba ảnh.

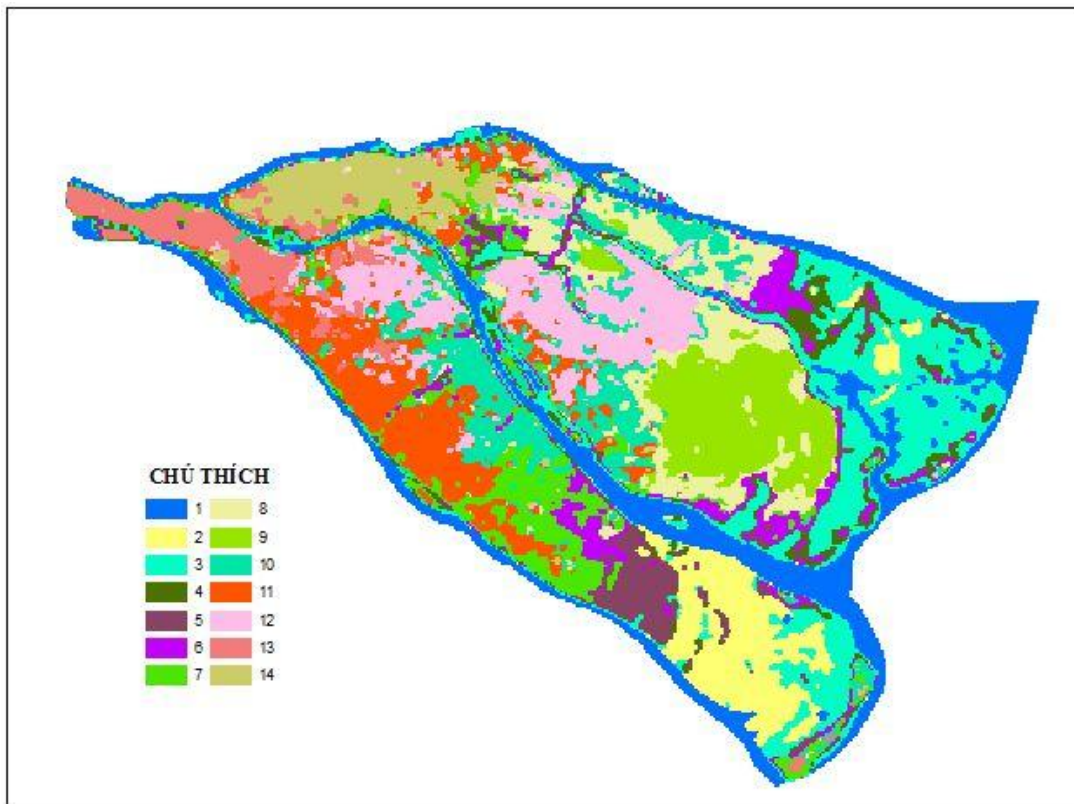


Hình 4.5: Kết quả tạo chuỗi NDVI năm 2012

4.4 Kết quả phân loại không kiểm định

Việc xác định số lượng các lớp khi phân loại chỉ mang tính tương đối, theo mục đích cần xác định các đối tượng canh tác nông nghiệp là cây trồng và ngoài cây trồng phản ánh tính chất và mức độ ảnh hưởng của xâm nhập mặn. Sử dụng phương pháp khoảng cách ngắn nhất (phương pháp ISODATA) để phân loại. Việc phân loại nhằm xác định các nhóm đối tượng có giá trị NDVI gần giống với nhau.

Việc phân loại được chia thành nhiều lớp, phân biệt được các đối tượng với nhau nhằm tăng độ chính xác khi tiến hành giải đoán ảnh. Theo đó, nghiên cứu này đã chọn thông số đầu ra cho kết quả phân loại không kiểm định là 14 lớp. (Hình 4.6)

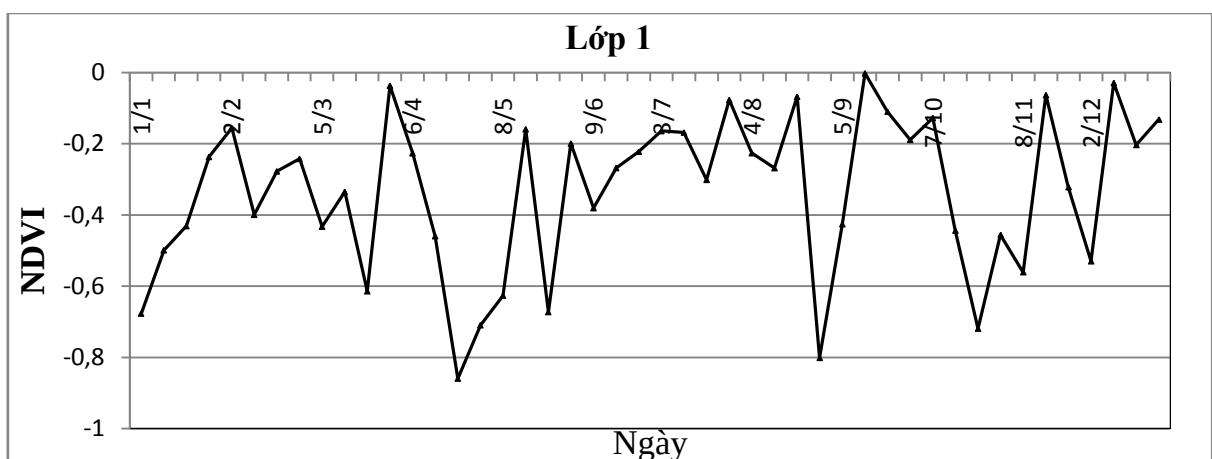


Hình 4.6: Kết quả phân loại không kiểm định

Dựa trên biểu đồ biến động giá trị NDVI của từng lớp đối tượng sau phân loại, rút ra một số nhận xét:

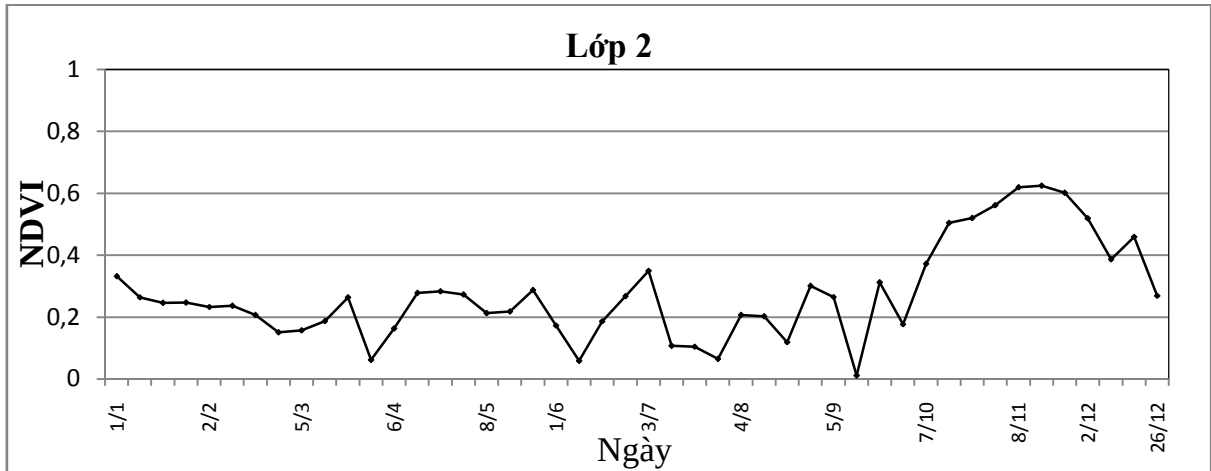
- **Lớp 1:** Đối với lớp 1, chỉ số NDVI có giá trị thấp tại hầu hết các thời điểm trong năm và thấp hơn các lớp còn lại,

NDVI luôn duy trì ở mức âm. Điều này cho thấy đối tượng thuộc lớp 1 không có sự hiện diện của thực vật.



Hình 4.7: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 1 trong kết quả phân loại không kiểm định

- Lớp 2

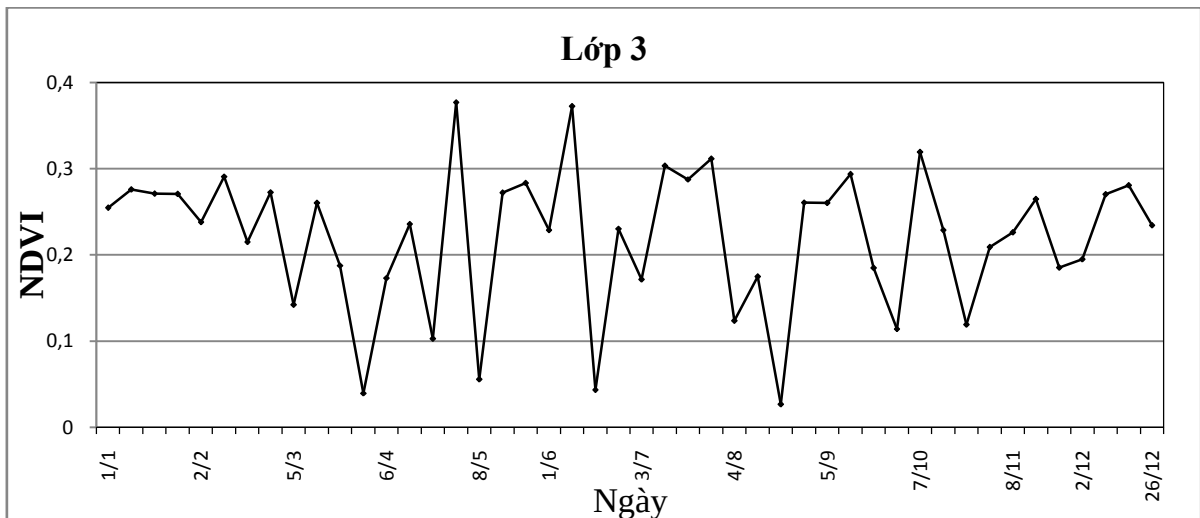


Hình 4.8: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 2 trong kết quả phân loại không kiểm định

Chỉ số NDVI của lớp 2 có giá trị thấp từ tháng 1 cho đến cuối tháng 9 đầu tháng 10 ($0 < \text{NDVI} < 0,4$). Kể từ đầu tháng 10, NDVI tăng dần và đạt cực đại vào giữa tháng 11 sau đó giảm dần vào cuối năm. Điều này cho thấy đây là khoảng thời gian thực vật xuất hiện và phát triển nhất vào giữa tháng 11.

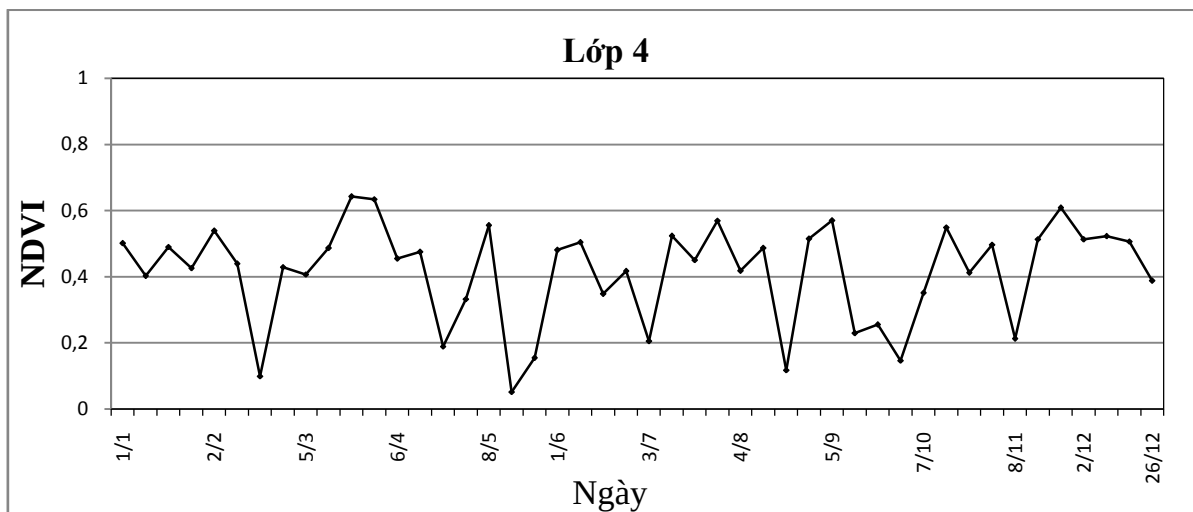
- Lớp 3

Giá trị NDVI của lớp thứ 3 có giá trị thấp cả năm ($0 < \text{NDVI} < 0,4$) và biến đổi không theo quy luật, ít có sự xuất hiện của thực vật.



Hình 4.9: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 3 trong kết quả phân loại không kiểm định

- Lớp 4

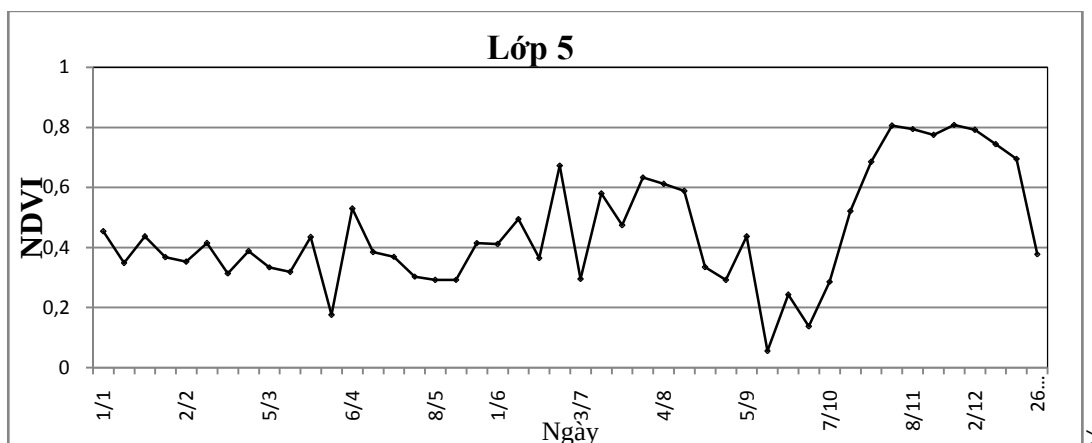


Hình 4.10: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 4 trong kết quả phân loại không kiểm định

Giá trị NDVI lớp 4 duy trì tương đối ổn định và thay đổi liên tục và dao động trong khoảng từ 0,1 đến 0,6 tuy nhiên không có quy luật cụ thể. Vùng này có sự hiện diện của thực vật quanh năm.

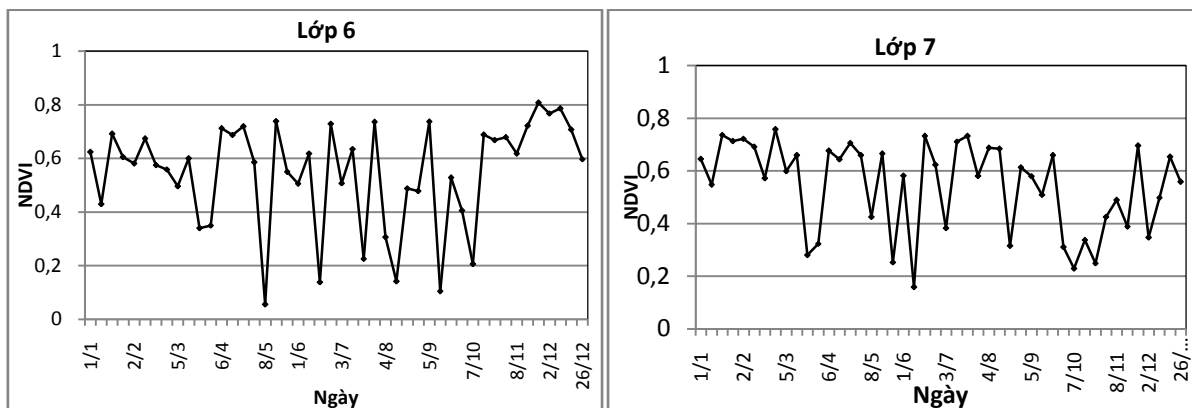
- Lớp 5

Giá trị NDVI của lớp 5 thay đổi theo trình tự tăng dần và ổn định ở mỗi thời kì. Từ đầu năm đến cuối tháng 5, NDVI thấp nhất ($0,1 < NDVI < 0,5$). Chỉ số NDVI cao hơn vào đầu tháng 6 và giảm đến mức thấp nhất vào đầu tháng 9, theo sau đó là chu quá trình tăng cao nhất của NDVI, đạt giá trị lớn nhất vào giữa tháng 11 (0,8). Sau đó NDVI giảm dần vào cuối tháng 12. Thực vật vùng này phát triển nhất vào giai đoạn 3 tháng cuối năm, đỉnh điểm vào giữa tháng 11.



Hình 4.11: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 5 trong kết quả phân loại không kiểm định

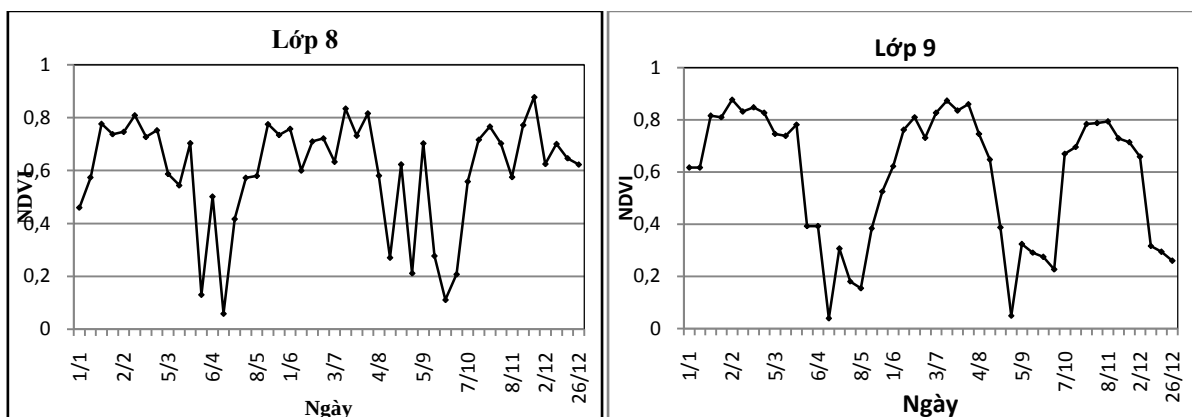
- Lớp 6, 7



Hình 4.12: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 6, 7 trong kết quả phân loại không kiểm định

NDVI của hai lớp này tương đối cao và biến đổi phức tạp, không theo quy luật cụ thể. Trong vùng này có sự hiện diện của thực vật quanh năm.

- Lớp 8, 9



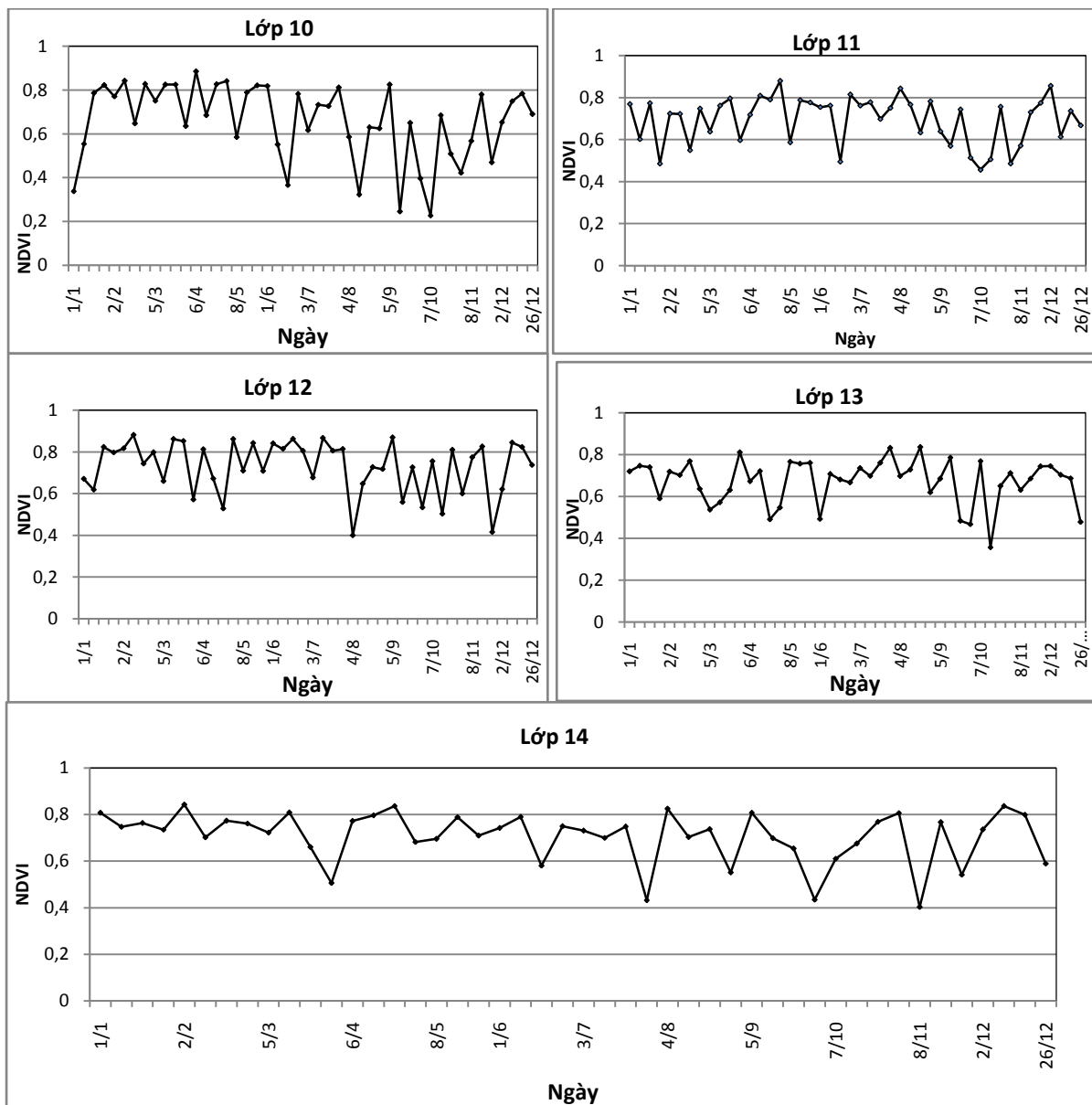
Hình 4.13: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 8, 9 trong kết quả phân loại không kiểm định

Giá trị NDVI của lớp 8 và 9 biến đổi theo chu kì tương đối giống nhau, NDVI đạt giá trị cao nhất mỗi 3 tháng 1 lần, tuy nhiên chu kì này thể hiện rõ ràng và ít biến động nhất ở lớp 9.

- Lớp 10, 11, 12, 13, 14

Đối với các lớp còn lại: 10, 11, 12, 13, 14 chỉ số NDVI luôn có giá trị cao trong suốt các tháng trong năm. Trong đó lớp 11, 12 tồn tại giá trị cao nhất so với các lớp

còn lại trong kết quả phân loại. Giá trị NDVI của các lớp này hầu như có độ chênh lệch không lớn. Điều này cho thấy các đối tượng luôn có thực vật phát triển và hiện diện liên tục trong năm.



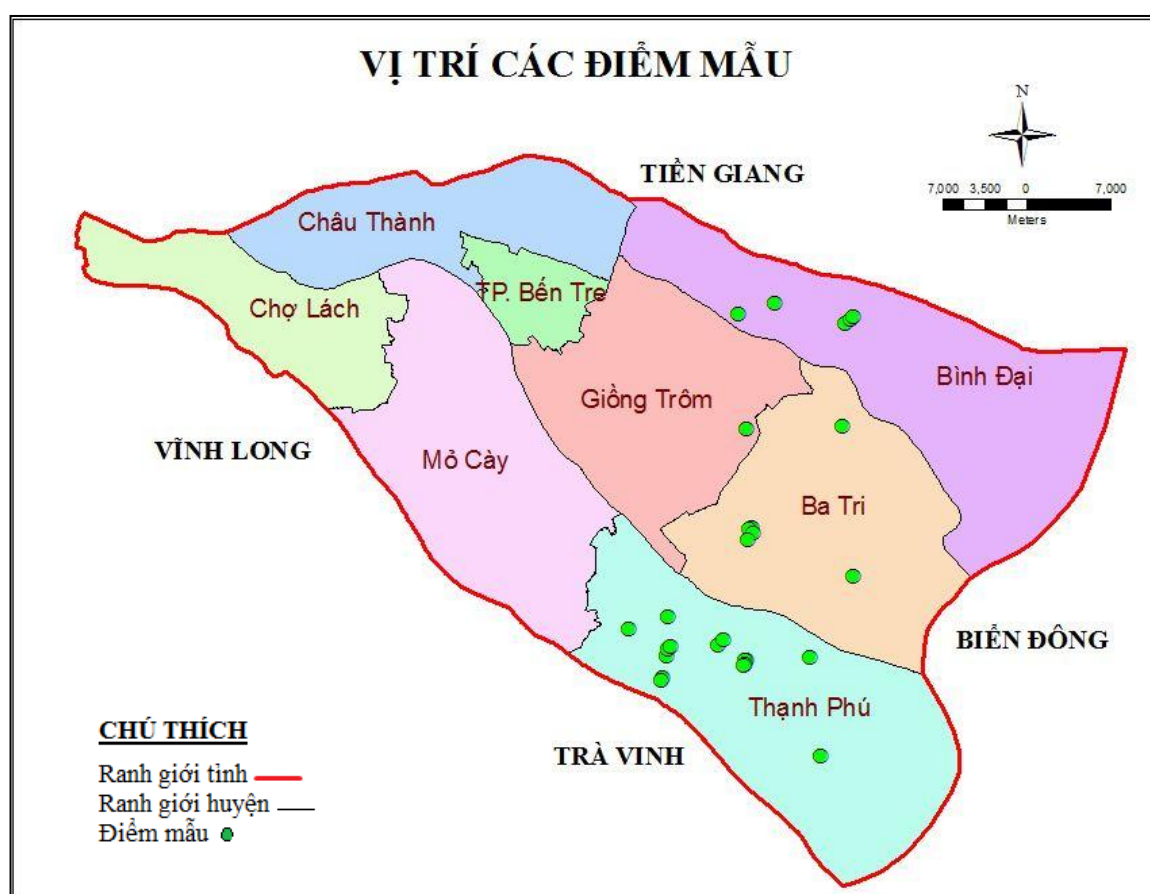
Hình 4.14: Biến đổi chỉ số NDVI của lớp 10,11,12, 13, 14 trong kết quả phân loại không kiểm định

4.5 Kết quả xây dựng khóa giải đoán

Chỉ số NDVI được tính toán và được nhóm theo từng đối tượng phản xạ phổ, tuy nhiên vẫn không thể nhận biết chính xác đối tượng thực tế mà cần phải dựa trên các khóa giải đoán. Các khóa giải đoán trên lý thuyết được xây dựng dựa trên việc tham

khảo ý kiến chuyên gia kết hợp với các điểm mẫu được thu thập tại khu vực nghiên cứu bằng thiết bị GPS. Nguyên tắc lấy mẫu là số điểm của mỗi vùng địa hình có các đối tượng giống nhau là 6,25 ha ngoài thực tế (tương đương diện tích 1 điểm ảnh) và số điểm mẫu mỗi đối tượng phải lớn hơn hoặc bằng 46 (số kênh sau khi tổ hợp chuỗi NDVI). Từ việc xác định mối tương quan giữa chỉ số NDVI và đối tượng trên ảnh ngoài thực địa sẽ giúp xác định được đối tượng trên ảnh đã qua phân loại không kiểm định với độ chính xác đáng tin cậy dựa trên phương pháp đánh giá độ tin cậy của kết quả giải đoán (chỉ số Kappa).

Đề tài sử dụng các mẫu khảo sát thực tế (trình bày ở Phụ lục 3) được thu thập bằng thiết bị GPS tại tỉnh Bến Tre năm 2012, dữ liệu do Bộ môn Tài nguyên đất đai, trường Đại học Cần Thơ cung cấp.



Hình 4.15: Vị trí các điểm mẫu trên bản đồ (27 điểm)

Do dữ liệu mẫu có được tại khu vực nghiên cứu là tương đối ít, và chỉ tập trung ở địa bàn 3 huyện ven biển Tỉnh Bến Tre nên đề tài sử dụng kết hợp Bản đồ hiện trạng

sử dụng đất tỉnh Bến Tre năm 2010 nhằm tăng tính chính xác của việc giải đoán các đối tượng ngoài thực địa.

Tùy vào từng vùng mà mỗi loại cây trồng có khoảng giá trị NDVI dao động trong một khoảng giới hạn nhất định (do trên mỗi loại đất có đặc tính khác nhau, trên những vùng đất màu mỡ thì cây trồng phát triển tốt, giá trị NDVI sẽ cao và ngược lại). Nhưng nhìn chung quy luật biến đổi của chúng giống nhau.

Thông thường, nếu chỉ số NDVI đạt giá trị cao (0,5 – 0,9) là những vùng có sự hiện diện của thực vật phát triển tốt (lúa ở giai đoạn đẻ nhánh đồng trổ, cây công nghiệp, cây ăn trái, rừng...). Nếu giá trị này chỉ dao động trong khoảng $< 0,5$ thì đây là vùng không có thực vật hoặc có nhưng ít và phát triển kém (là những vùng chuyên tôm, làm muối hay vùng ngập nước hay lúa mới sạ bắt đầu đâm chồi, hay một số thực vật khác). Đối tượng không canh tác theo mùa vụ thì chỉ số này bình ổn qua các tháng trong năm.

Đối với những vùng canh tác lúa, biểu đồ biến động NDVI sẽ biến động theo quy tắc hình Sin, giá trị đạt cực đại vào khoảng 0,8 - 1 sẽ tương ứng với giai đoạn cây phát triển tốt nhất (hàm lượng chlorophyll cao nhất) và giảm xuống vào khoảng 0 – 0,4 khi kết thúc mùa vụ, sau đó giá trị này lại tiếp tục gia tăng theo quy luật như trên khi bắt đầu một vụ mùa mới.

4.6 Kết quả giải đoán ảnh

Vùng có canh tác lúa

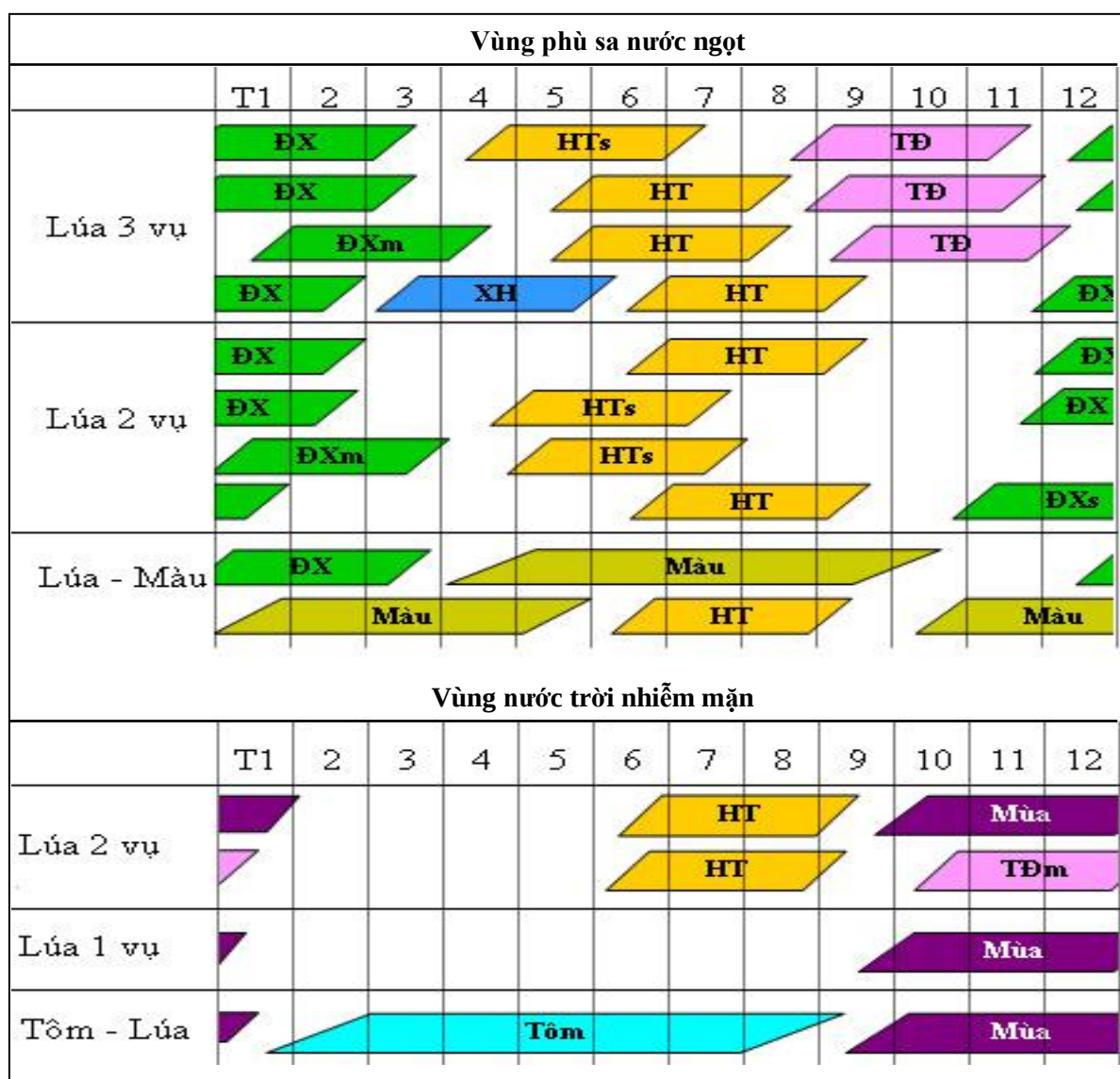
Theo Nguyễn Ngọc Độ (2009), dựa vào khoảng thời gian từ lúc xuống giống và thu hoạch mà người ta phân chia mùa vụ lúa với các tên gọi:

- Vụ Hè Thu (HT): từ tháng 4 đến tháng 8 dương lịch
- Thu Đông (TĐ): từ tháng 8 – 9 đến tháng 11 – 12 dương lịch
- ĐôngXuân (ĐX): từ tháng 11 – 12 đến tháng 3 – 4 dương lịch

Nếu thời gian gieo sạ trước hoặc sau thời gian bắt đầu của từng mùa vụ thì gọi tên của mùa vụ đó kèm với sớm hay muộn, Ví dụ: Hè Thu sớm (HTs), Thu Đông muộn (TĐm) v.v.

Bến Tre là một tỉnh thuộc ĐBSCL nên cũng chịu ảnh hưởng bởi hai hệ sinh thái chính: Vùng phù sa nước ngọt và vùng nước trời nhiễm mặn (Nguyễn Ngọc Đệ, 2009).

Theo Trần Thanh Thi (2012), trên cơ sở kết quả thành lập các bản đồ cơ cấu mùa vụ. Có thể tóm lược kết quả giải đoán cơ cấu mùa vụ từ năm 2000 đến năm 2010 của hai vùng sản xuất chính ở ĐBSCL (Hình 4.16)



Ghi chú: ĐX: Đông Xuân; HT: Hè Thu; TĐ: Thu Đông; XH: Xuân Hè;

ĐXs: Đông Xuân sớm; HTs: Hè Thu sớm; TĐs: Thu Đông sớm

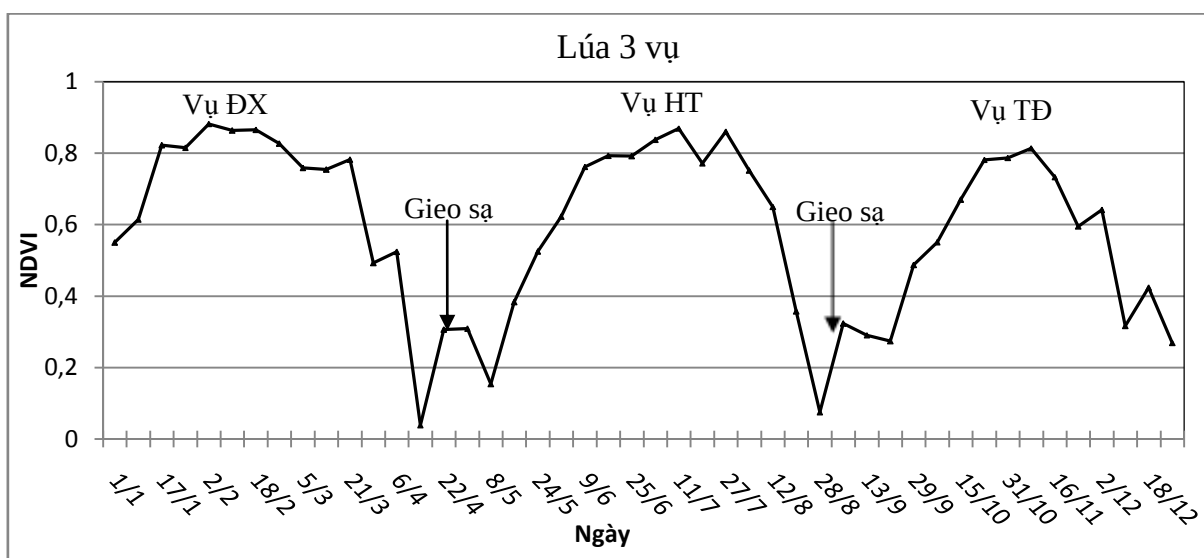
ĐXm: Đông Xuân muộn; TĐm: Thu Đông muộn

Hình 4.16: Cơ cấu mùa vụ điển hình của hai vùng sản xuất chính vùng ĐBSCL
(Nguồn: Trần Thanh Thi, 2012)

- Lúa 3 vụ

Chỉ số NDVI của đối tượng đất trồng lúa biến động theo thời gian theo quy tắc có dạng đồ thị hình Sin, xuất hiện điểm cực đại và cực tiểu tại các thời điểm trong năm. Tương ứng với số điểm cực đại ta xác định được số mùa vụ trong năm (Dương Văn Khảm và nnc, 2007).

Trong vùng trồng lúa 3 vụ, chỉ số NDVI biến đổi theo thời gian sẽ đạt được điểm cực đại ba lần trong năm vào khoảng tháng 1, tháng 6 và tháng 10 tương ứng với giai đoạn lúa làm đồng và trở bông.



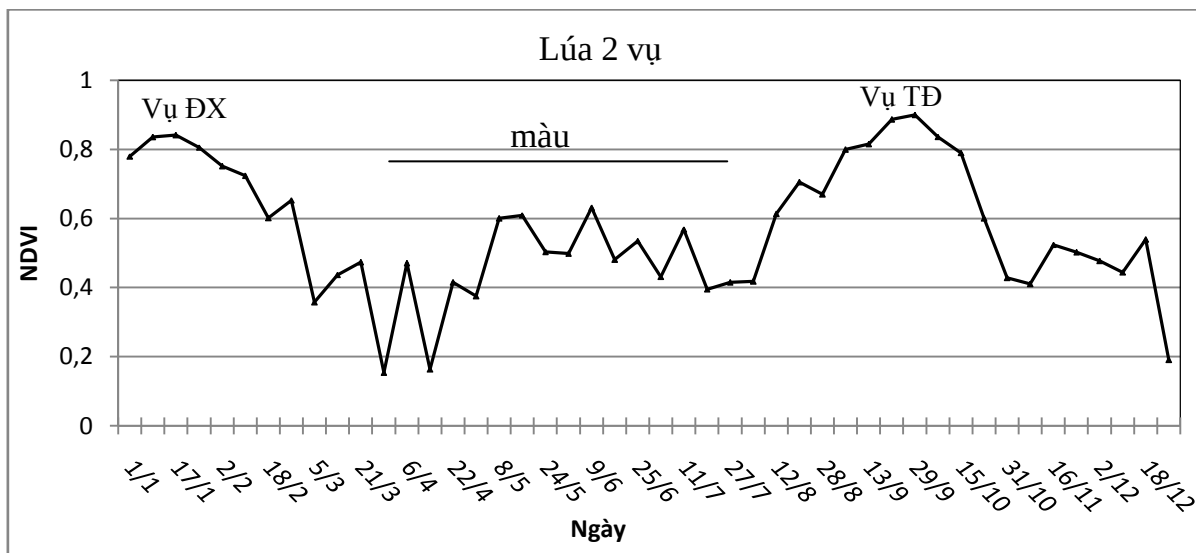
Hình 4.17: Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI trong vùng lúa 3 vụ

Cơ cấu ba vụ lúa chủ yếu tập trung ở những vùng phù sa nước ngọt, nơi mà đồng ruộng đã được kiến thiết tốt nhờ có nguồn nước ngọt bổ sung và đủ phương tiện cung cấp nước. Vùng này được nông dân canh tác 3 vụ lúa/1 năm đó là HT (Hè Thu) – TĐ (Thu Đông) – ĐX (Đông Xuân) bằng phương pháp sạ thẳng với các giống lúa ngắn ngày chất lượng cao (Nguyễn Ngọc Đệ, 2009).

- Lúa 2 vụ

Dựa vào quy luật biến đổi tương tự như lúa 3 vụ, chỉ số NDVI trong vùng trồng lúa 2 vụ biến đổi theo thời gian và đạt điểm cực đại hai lần trong năm. Lần thứ nhất vào đầu tháng 1 và kết thúc vụ vào cuối tháng 3, lần thứ hai là vào khoảng cuối tháng 9. Khoảng giữa (tức từ đầu tháng 4 đến cuối tháng 7) chỉ số NDVI thấp hơn, duy trì

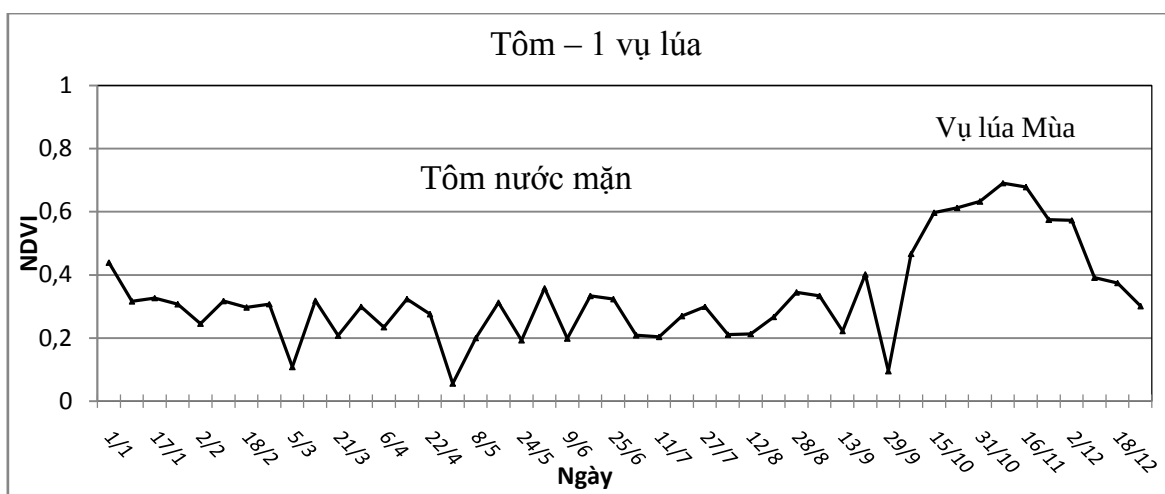
trung bình ở mức $< 0,6$. Đây có thể là khoảng thời gian trồng màu xen giữa hai vụ lúa. Lúa 2 vụ - màu thích hợp ở cả vùng ngọt chủ động nước lẫn vùng ven biển nước lợ nhưng phải có nguồn nước bổ sung vào mùa khô.



Hình 4.18: Biến đổi theo thời gian của NDVI trong vùng lúa 2 vụ

- Tôm – 1 vụ lúa:

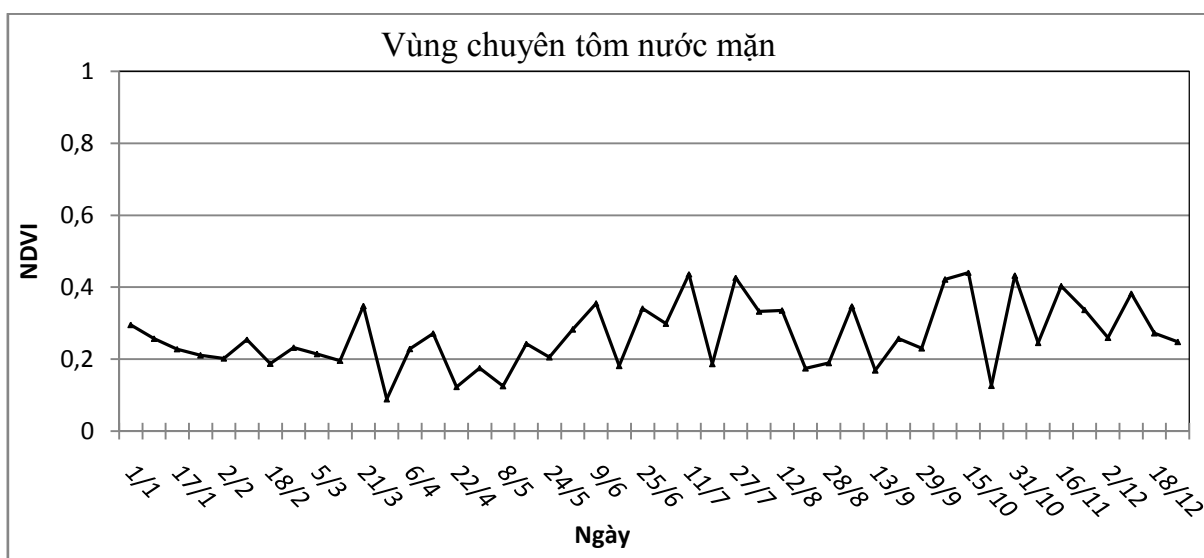
Chỉ số NDVI trong vùng trồng lúa 1 vụ biến đổi theo thời gian sẽ đạt điểm cực đại một lần trong năm. Sản xuất lúa trên vùng đất này chủ yếu dựa vào lượng nước mưa tự nhiên. Thời gian gieo cấy lúa bắt đầu sau khi kết thúc vụ thu hoạch tôm và phụ thuộc vào thời gian bắt đầu mùa mưa.



Hình 4.19: Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI trong vùng Tôm - 1 vụ lúa

Trong khoảng thời gian từ giữa tháng 2 đến cuối tháng 8 của năm, NDVI biến đổi tương đối phức tạp và duy trì ở mức thấp ($< 0,5$). Nhưng đến vào khoảng cuối tháng 9 chỉ số NDVI bắt đầu tăng dần và đạt điểm cực đại vào giữa tháng 11 và giảm dần cho đến khi đạt cực tiểu vào khoảng cuối tháng 12 đầu tháng 1 năm sau, có thể xem như đây là giai đoạn kết thúc mùa vụ. Vùng này tập trung duy trì 1 vụ lúa trung mùa cao sản.

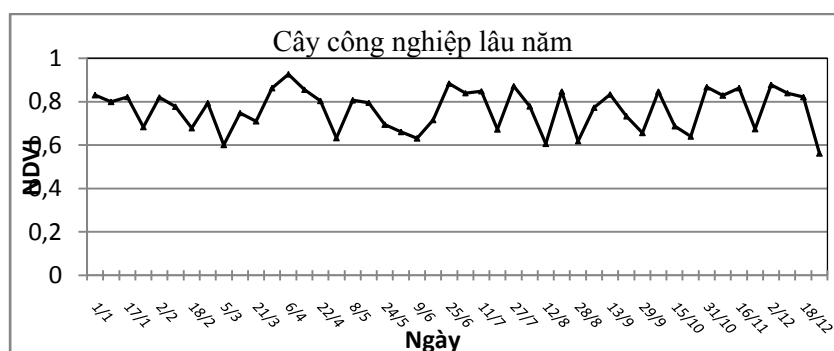
- Vùng chuyên tôm nước mặn



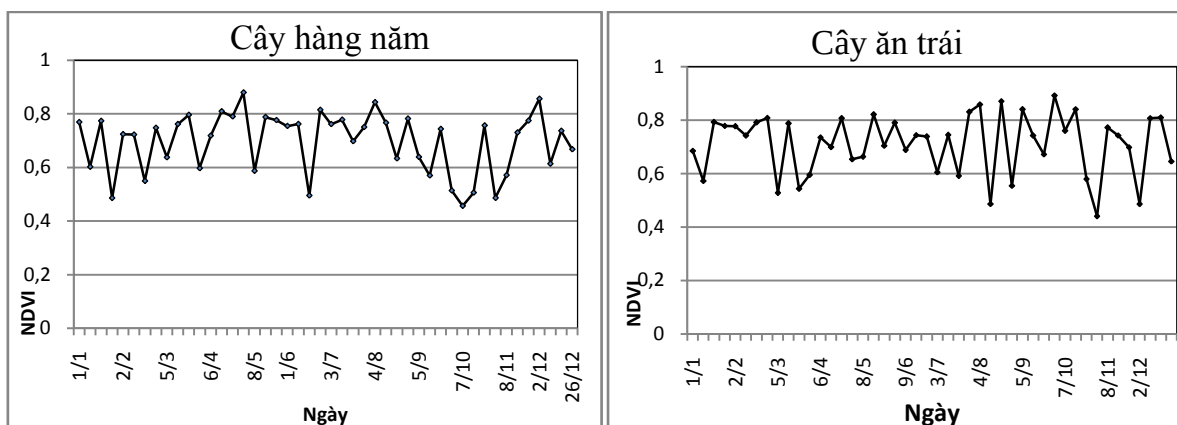
Hình 4.20: Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI trong vùng chuyên tôm nước mặn

Trong vùng nuôi tôm vẫn có sự hiện diện của thực vật nhưng với mật độ sinh khối thấp. Do đó chỉ số NDVI của vùng này duy trì ở mức thấp ($< 0,42$) và biến động liên tục không theo quy luật rõ ràng.

- Vùng trồng cây công nghiệp lâu năm, cây ăn trái, cây hàng năm



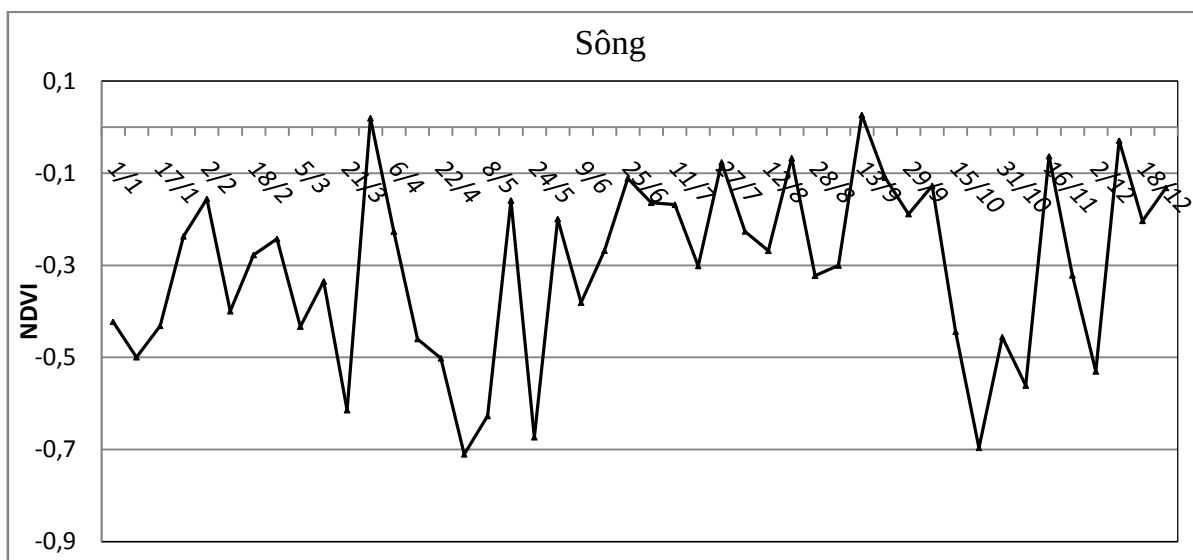
Hình 4.21: Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI trong vùng trồng cây công nghiệp lâu năm



Hình 4.22: Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI trong vùng trồng cây hàng năm, cây ăn trái

Vùng này có sự hiện diện của thực vật hầu như quanh năm. Không giống như vùng đất trồng lúa theo mùa vụ, chỉ số NDVI biến đổi theo chu kỳ lặp lại, chỉ số NDVI của đối tượng này có giá trị NDVI luôn cao trong suốt năm ($0,6 < \text{NDVI} < 0,9$) và biến đổi không theo quy luật cụ thể.

- Đối tượng sông



Hình 4.23: Biến đổi theo thời gian của chỉ số NDVI của đối tượng sông

Giá trị NDVI của đối tượng sông có giá trị trung bình luôn thấp trong năm (luôn $< 0,1$) và biến đổi phức tạp không theo quy luật.

Nhìn chung, các kiểu sử dụng đất và các giai đoạn phát triển của cây trồng với giá trị NDVI có mối tương quan nhau. Những vùng cây ăn quả, cây lâu năm, rừng, vùng

nuôi tôm...khoảng dao động NDVI không cao. Những vùng đất canh tác theo cơ cấu mùa vụ như vùng trồng lúa thì khoảng NDVI rất cao. Nó biến động từ 0 đến 1 theo nguyên tắc thấp vào đầu vụ và tăng dần đạt giá trị cao nhất vào giai đoạn phát triển tốt nhất (làm đồng) sau đó giảm dần đến cuối vụ.

Kết quả phân loại đã xác định được các đối tượng:

- Vùng trồng lúa

Kết hợp kết quả sau giai đoạn và hiện trạng canh tác lúa tỉnh Bến Tre năm 2010 (Niên giám thống kê, 2011), xác định cụ thể cơ cấu canh tác lúa trên địa bàn tỉnh bao gồm các hình thức (Hình 4.24)

	Tháng											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lúa 3 vụ	ĐX				HT				Mùa			
Lúa 2 vụ (Lúa - màu)	ĐX				Màu				Mùa			
Lúa 1 vụ (Tôm - lúa)		Tôm							Mùa			

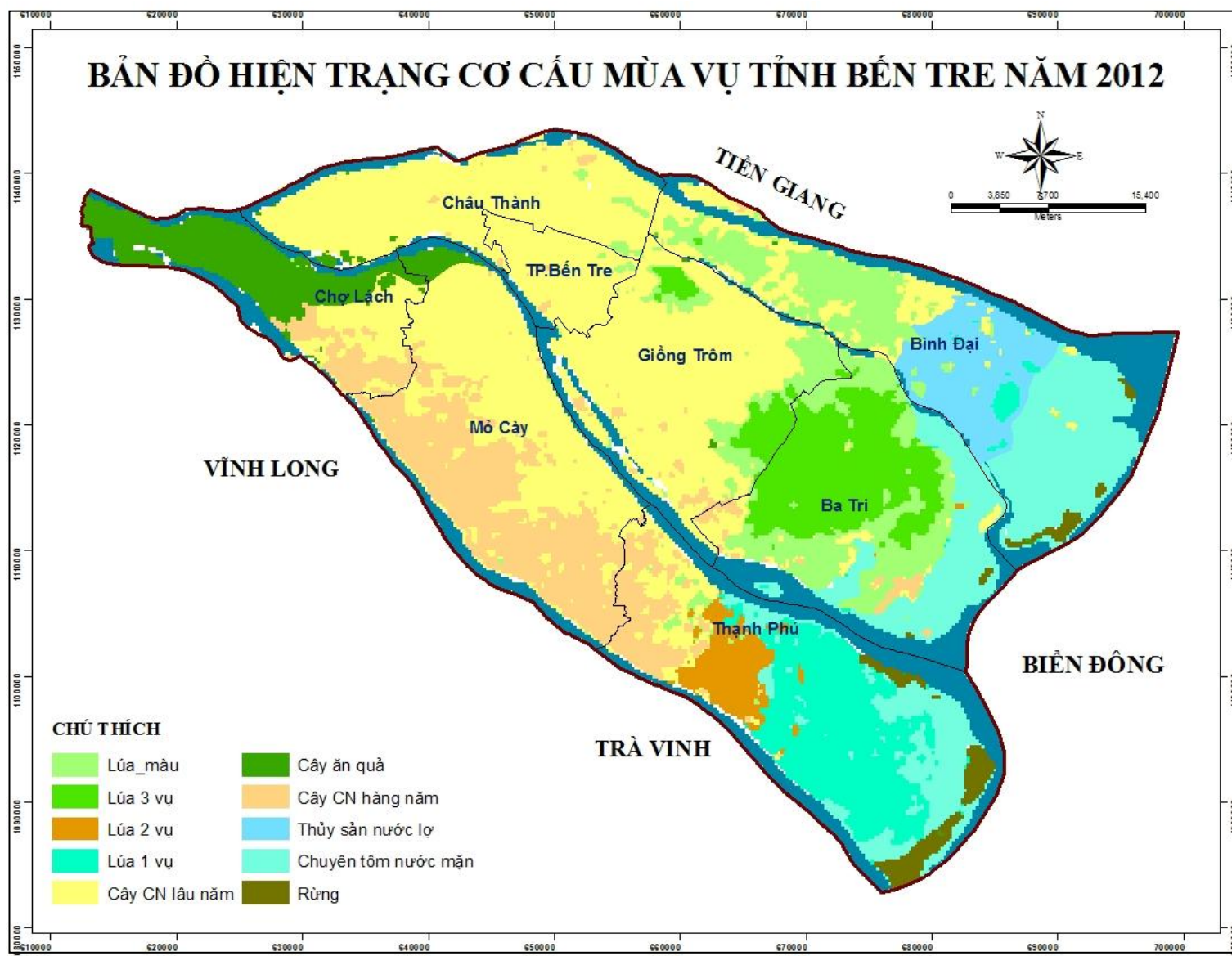
Hình 4.24: Cơ cấu các vụ lúa ở tỉnh Bến Tre

- Các đối tượng còn lại:

Vùng chuyên tôm nước mặn; vùng trồng cây công nghiệp hàng năm; vùng trồng cây ăn trái; đối tượng sông.

4.7 Kết quả thành lập bản đồ hiện trạng cơ cấu mùa vụ

Từ kết quả giải đoán các đối tượng đã thực hiện, thành lập bản đồ hiện trạng cơ cấu mùa vụ. Tuy nhiên do nghiên cứu phân loại dựa trên việc tính toán chỉ số NDVI, những đối tượng không phải thực vật dễ bị phân loại nhầm với nhau. Cụ thể là vùng nuôi thủy sản bao gồm thủy sản nước mặn, nước lợ và ruộng muối, để đảm bảo độ chính xác cao nhất có thể, đề tài sử dụng kết hợp bản đồ hiện trạng sử dụng đất tỉnh Bến Tre năm 2010 để giúp xác định các đối tượng cụ thể ngoài thực địa.



Hình 4.25: Bản đồ hiện trạng cơ cấu mùa vụ tỉnh Bến Tre năm 2012

Phần trăm diện tích tính toán sau giải đoán được so sánh với diện tích tự nhiên toàn tỉnh, trong đó các đối tượng không thuộc đối tượng cây trồng hoặc không mang tính mùa vụ như sông (29.263 ha – chiếm 12,40% diện tích toàn tỉnh) và rừng phòng hộ ven biển (4.345 ha – chiếm 1,84% diện tích toàn tỉnh) cũng được tính toán nhằm đảm bảo tính chính xác của diện tích giải đoán.

Theo bản đồ hiện trạng cơ cấu cây trồng thành lập được và số liệu thống kê diện tích, vùng thuộc 3 huyện ven biển là Bình Đại, Ba Tri và Thạnh Phú có sự phân hóa đa dạng về đối tượng canh tác. Cụ thể:

- Vùng chuyên tôm nước mặn (22.745 ha): các xã Thừa Đức, Thới Thuận, một phần xã Thạnh Phước, xã Thạnh Trị, Bình Thắng, Đại Hòa Lộc và một phần xã Bình Thới thuộc huyện Bình Đại; Huyện Ba Tri gồm các toàn bộ diện tích các xã Bảo Thuận, An Thủy, phần lớn của xã Bảo Thạnh, An Thủy, một phần nhỏ của các xã Vĩnh An, An Đức, An Hòa Tây, Tân Xuân; chiếm gần như toàn bộ diện tích xã Thạnh Hải, một phần xã Thạnh Phong, An Điền, Mỹ An thuộc huyện Thạnh Phú.

Đối tượng canh tác này tập trung các xã ven biển, nơi mà quanh năm chịu ảnh hưởng trực tiếp của nước mặn. Do đó canh tác thủy sản nước mặn mà cụ thể là tôm được ưu tiên lựa chọn. Ngoài ra còn có một số hình thức canh tác khác nhưng chiếm diện tích không đáng kể.

- Vùng lúa 1 vụ (Tôm - Lúa) (12.564 ha): đối tượng này tập trung chủ yếu ở huyện Thạnh Phú, chiếm gần như toàn bộ diện tích các xã Giao Thạnh, An Nhơn, An Quý, An Thuận, Anh Thạnh, An Điền và phần lớn xã Thạnh Phong; một phần nhỏ xã Thạnh Phước thuộc huyện Bình Đại.

- Vùng lúa 2 vụ (3.500 ha): tập trung ở xã Mỹ Hưng, xã Hòa Lợi, Bình Thành, Thị trấn Thạnh Phú huyện Thạnh Phú, một phần nhỏ ở xã Mỹ An, An Thạnh, An Thuận cùng thuộc huyện Thạnh Phú.

- Vùng lúa 3 vụ (12.263 ha): vùng này chiếm phần lớn diện tích huyện Ba Tri, tập trung tại các xã trung tâm của huyện. Khu vực này được bao bọc bởi hai con sông lớn Hàm Luông và Ba Lai, thêm vào đó là hệ thống công trình thủy lợi vùng này đã hoàn thiện, tạo điều kiện thuận lợi là có thể chủ động nguồn nước ngọt quanh năm

ngay cả khi vào mùa khô; lúa 3 vụ còn phân bố tập trung một vùng tương đối lớn thuộc hai xã Phong Năm, Phong Mỹ thuộc huyện Giồng Trôm.

- Vùng Lúa – Mầu (10.115 ha): đối tượng tập trung và bao bọc vòng ngoài của vùng trồng lúa 3 vụ, tập trung ở các xã An Hiệp, An Đức, An Ngãi Tây, Vĩnh An, Vĩnh Hòa, An Hòa Tây, Tân Thủy, Tân Xuân, Tân Mỹ thuộc huyện Ba Tri; các xã Châu Bình, Tân Thanh, Hưng Nhượng, Phong Năm, Phong Mỹ thuộc huyện Giồng Trôm; Huyện Bình Đại bao gồm các xã Phú Long, Lộc Thuận, Đình Trung, Vang Quới Đông, Vang Quới Tây, Thới Lai, Châu Hưng, Phú Thuận, Long Hòa.

- Vùng cây hàng năm (6.734 ha): đối tượng này tập trung chủ yếu ở huyện Mỏ Cày, các xã phía Bắc huyện Thạnh Phú, phía Nam của huyện Chợ Lách thuộc phần giáp ranh với tỉnh Vĩnh Long và tỉnh Trà Vinh. Diện tích lớn nhất tập trung ở huyện Mỏ Cày.

- Vùng cây lâu năm (61.527 ha): đối tượng này chiếm diện tích lớn nhất so với các loại cây trồng khác, tập trung ở ba huyện Giồng Trôm, Châu Thành, Mỏ Cày (phần diện tích chạy dọc theo sông Hàm Luông) và Thành phố Bến Tre. Cây lâu năm chủ yếu là dừa.

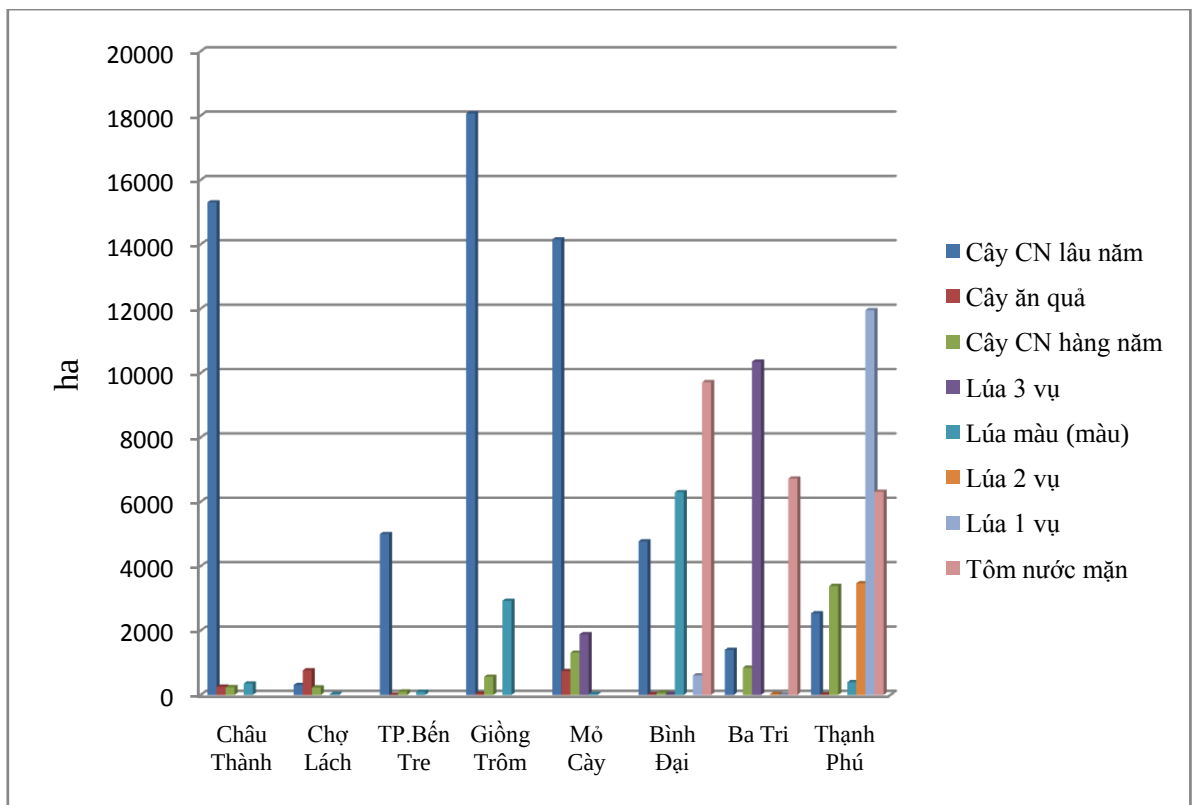
- Vùng cây ăn quả (1.828 ha): chiếm toàn bộ diện tích huyện Chợ Lách và một phần nhỏ phía Bắc huyện Mỏ Cày Bắc.

Kết quả phân tích trên dựa trên kết quả giải đoán ảnh đã có kiểm tra độ chính xác, tuy nhiên là đánh giá dựa trên đối tượng diện tích chiếm ưu thế, một phần những vùng canh tác nhỏ lẻ xen canh không được đề cập tới.

Các đối tượng canh tác được phân hóa tương đối rõ ràng từ biển vào trở vào đất liền. Nguyên nhân là do ảnh hưởng của sự xâm nhập mặn của nước biển, gây ảnh hưởng đến chất lượng nước và đất dẫn đến sự phân hóa đối tượng canh tác nông nghiệp rõ rệt. Diện tích từng đối tượng sau giải đoán được trình bày ở bảng 4.1

Bảng 4.1: Diện tích các đối tượng sau giải đoán

Huyện	Diện tích (ha)							
	Cây lâu năm	Cây ăn quả	Cây hàng năm	Lúa 3 vụ	Lúa màu	Lúa 2 vụ	Lúa 1 vụ	Tôm nước mặn
TP.Bến Tre	4.996	18	102	0	96	0	0	0
Châu Thành	15.305	253	236	0	353	0	0	0
Chợ Lách	308	862	229	0	28	0	0	0
Mỏ Cày	14.154	738	1.311	1.882	27	0	0	0
Giồng Trôm	18.065	35	563	0	2.921	0	0	0
Bình Đại	4.769	22	64	27	6.296	0	605	9.715
Ba Tri	1.399	0	845	10.354	0	31	5	6.721
Thanh Phú	2.531	18	3.384	0	394	3.469	11.954	6.309
Tổng	61.527	1.828	6.734	12.263	10.115	3.5	12.564	22.745



Hình 4.26: Biểu đồ các loại hình canh tác nông nghiệp từng huyện

Từ kết quả tính diện tích sau phân loại cho thấy các hình thức canh tác phân bố tương đối không đồng đều, 3 huyện ven biển chỉ có hình thức canh tác là tôm nước mặn, lúa 1 vụ, lúa 2 vụ.

Các huyện còn lại không tồn tại 3 hình thức canh tác trên và có sự phân bố rải rác các hình thức canh tác còn lại. Đối tượng cây lâu năm phân bố tương đối đều ở các huyện và diện tích luôn ở mức cao.

Tuy nhiên những đối tượng có giá trị diện tích bằng 0 là không phù hợp thực tế, bởi những vẫn có những đối tượng canh tác này thuộc từng huyện và phân bố rải rác. Nhưng do những loại hình canh tác này có diện tích quá ít, cộng thêm ảnh hưởng phân loại có độ phân giải không gian thấp (250 m); nghĩa là chỉ những đối tượng có sự hiện diện đồng nhất trên một vùng ít nhất là 6,25 ha ngoài thực tế thì mới được phân loại thành 1 lớp đối tượng.

Do đó, để kiểm tra độ chính xác sau phân loại cần kết hợp nhiều yếu tố: các điểm khảo sát thực tế có được, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ phân vùng sinh thái tại khu vực nghiên cứu. Kết quả đánh giá được trình bày ở mục 4.8 là kết quả đánh giá những lớp đối tượng có thể kiểm tra bằng mẫu khảo sát.

4.8 Đánh giá kết quả giải đoán bằng chỉ số Kappa (K)

Độ tin cậy của kết quả giải đoán được tính trên phần mềm ENVI. Thể hiện cụ thể như ma trận ở bảng 4.1

Kết quả đã tính được độ chính xác toàn cục: $T = 82,79\%$

Chỉ số Kappa: $K = 0,80\%$

Như vậy, so với chỉ số $K = 1$ (kết quả phân loại có độ chính xác tuyệt đối) thì kết quả phân loại trong nghiên cứu có độ chính xác tương đối cao với $K = 0,8$. Việc phân loại đã phân tách được những đối tượng riêng biệt với độ tin cậy cao.

Diện tích sau phân loại được so sánh với kết quả điều tra khảo sát do Cục thống kê tỉnh Bến Tre thực hiện vào năm 2010. Tuy nhiên do sự không tương đồng giữa các đối tượng giải đoán và số lượng các đối tượng canh tác thực tế nên việc so sánh diện tích chỉ thực hiện trên những đối tượng có số liệu kiểm tra thực tế.

Bảng 4.2: Ma trận sai số phân loại

Loại thực Loại giải đoán	Cây hàng năm	Lúa 3 vụ	Tôm nước mặn	Lúa 1 vụ	Sông	Cây lâu năm	Lúa màu	Lúa 2 vụ	Tổng hàng
Cây hàng năm	125	0	0	0	1	0	0	0	126
Lúa 3 vụ	0	105	0	0	0	0	14	0	119
Tôm nước mặn	0	0	167	2	0	0	0	0	169
Lúa 1 vụ	0	0	0	118	0	0	0	0	118
Sông	0	0	0	0	218	0	0	0	218
Cây lâu năm	56	0	0	0	0	212	0	0	268
Lúa - màu	0	11	1	0	0	1	201	0	214
Lúa 2 vụ	0	0	0	0	0	0	0	136	136
Tổng cột	181	116	168	120	219	213	215	136	1282
Sai số bỏ sót (%)	30,94	9,48	0,6	1,67	0,46	0,47	6,51	0	
Sai số thực hiện (%)	0,79	11,76	1,18	0	0	20,9	6,07	0	

4.9 Kết quả thành lập bản đồ phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn

Như đã chứng minh ở mục 2.7, hiện trạng cơ cấu cây trồng và đối tượng canh tác nông nghiệp phản ánh mức độ cũng như vùng ảnh hưởng của xâm nhập mặn. Kết hợp tham khảo bản đồ phân vùng sinh thái 3 huyện ven biển tỉnh Bến Tre, tiến hành phân nhóm đối tượng tương ứng với mức độ ảnh hưởng (bảng 4.2).

Bảng 4.3: Phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn theo nhóm đối tượng

Vùng ảnh hưởng	Đối tượng hiện trạng
Vùng mặn	Rừng phòng hộ
	Chuyên tôm nước mặn
Vùng lợ	Thủy sản nước lợ
	Lúa 1 vụ (tôm - lúa)

Vùng ngọt	Lúa 2 vụ, 3 vụ, Lúa – màu;
	Cây CN lâu năm, cây hàng năm, cây ăn quả

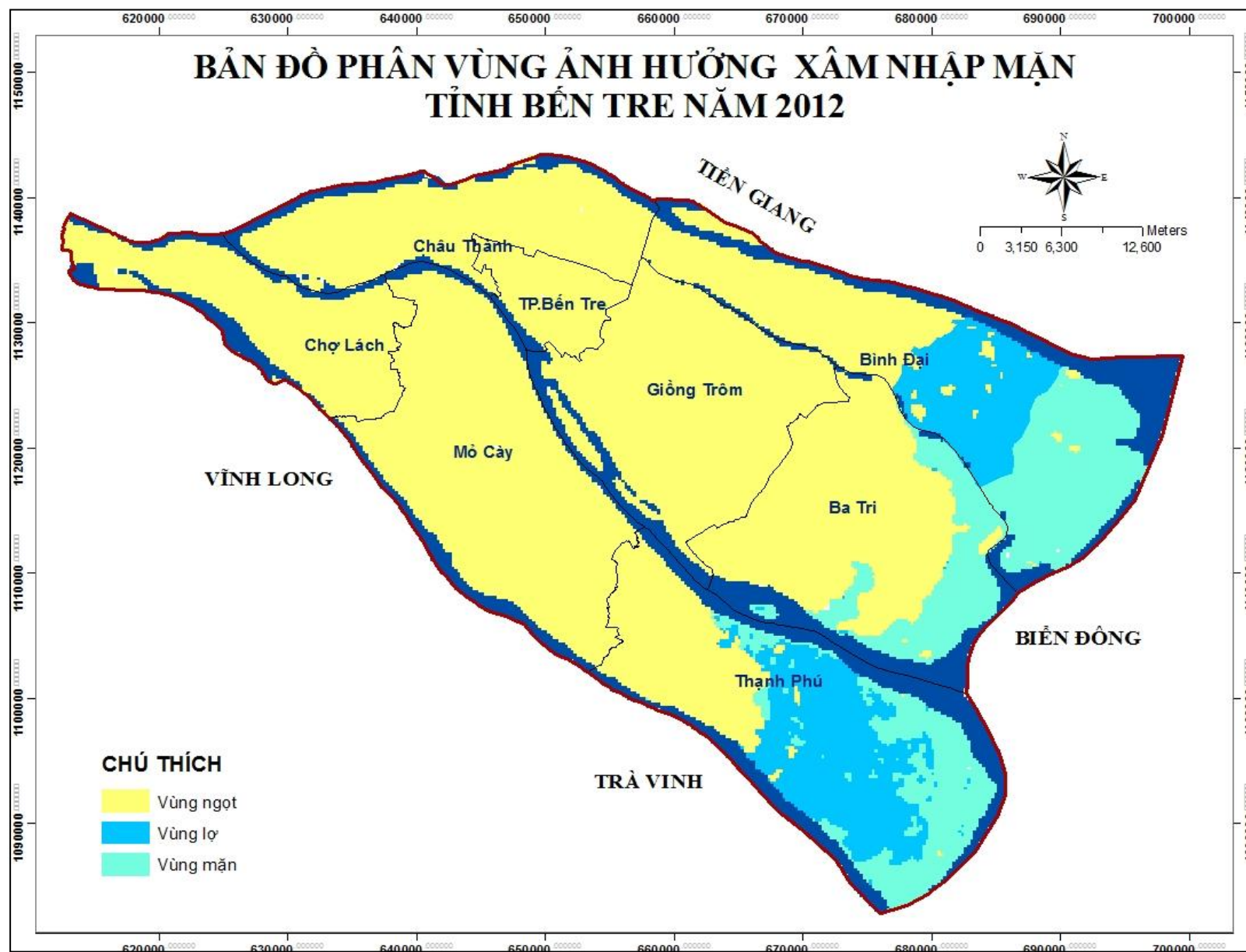
Kết quả phân vùng ảnh hưởng (Hình 4.26) thể hiện mức độ ảnh hưởng xâm nhập mặn trên từng vùng cụ thể, ba huyện ven biển là vùng chịu ảnh hưởng nặng nhất theo hướng từ biển vào đất liền. Ranh giới của sự phân hóa này thể hiện rõ trên từng đối tượng canh tác nông nghiệp khác nhau.

Tổng diện tích tự nhiên toàn tỉnh là 236.060 ha

Tổng diện tích sau giải đoán là 227.969 ha.

Tỷ lệ phần trăm giữa số liệu diện tích tính toán sau giải đoán và diện tích thực tế đạt 96,57%.

Diện tích của đối tượng sông là 28.673 ha cũng được cộng vào tổng diện tích sau giải đoán nhằm bảo đảm độ chính xác cho số liệu tổng diện tích.



Hình 4.27: Bản đồ phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn tỉnh Bến Tre năm 2012

Bảng 4.4: Diện tích ảnh hưởng của xâm nhập mặn

STT	Đối tượng	Diện tích (ha)
1	Mặn	27.966
2	Lợ	30.711
3	Ngọt	140.619

Sự phân hóa ranh giới giữa các mức độ kết thúc ở 3 huyện ven biển. Vùng chịu ảnh hưởng nhiều nhất (vùng mặn) là các xã Thừa Đức, Thới Thuận, Thạnh Phước thuộc huyện Bình Đại; xã Bảo Thạnh, bảo Thuận, An Thủy, một phần các xã An Đức, Vĩnh An, An Hòa Tây thuộc huyện Ba Tri; xã Thạnh Hải, An Điền, Thạnh Phong và một phần xã Mỹ An thuộc huyện Thạnh Phú. Tương đương với mức độ mặn này là hình thức canh tác nuôi thủy sản nước mặn, chủ yếu là tôm sú và tôm thẻ.

Vùng lợ tiếp giáp với ranh giới vùng mặn, tuy nhiên chỉ tập trung ở hai huyện là Bình Đại và Thạnh Phú, kết thúc ranh giới vùng lợ từ ranh các xã Mỹ An, An Thạnh, An Thuận (huyện Thạnh Phú) trở ra phía biển; Huyện Bình Đại vùng lợ bao gồm các xã Bình Thới, Thạnh Trị, Bình Thắng, Đại Hòa Lộc và 1/2 xã Thạnh Phước. Đây là vùng nước trời nhiễm mặn, hình thức canh tác ở đây chủ yếu là nuôi thủy sản nước lợ, nông dân ở đây canh tác một vụ lúa vào giai đoạn bắt đầu mùa mưa để tận dụng nguồn nước ngọt tự nhiên.

Vùng ngọt phân hóa tiếp theo từ ranh giới vùng lợ trở vào đất liền bao gồm phần còn lại của 3 huyện Ba Tri, Bình Đại, Thạnh Phú và toàn bộ diện tích các huyện Giồng Trôm, Chợ Lách, Mỏ Cày, Châu Thành và Thành phố Bến Tre. Đối tượng canh tác ở vùng này chủ yếu là vùng trồng lúa 3 vụ, lúa 2 vụ, lúa màu, cây ăn trái, cây hàng năm và cây lâu năm.

4.10 Đánh giá khả năng ứng dụng ảnh MODIS thành lập bản đồ hiện trạng xâm nhập mặn

Từ kết quả tính toán diện tích vùng bị ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn được so sánh với kết quả diện tích tính toán đã được công bố của Nguyễn Thị Cẩm Sứ (2012).

Bảng 4.5: So sánh kết quả

STT	Đối tượng	Diện tích (ha)	Diện tích năm 2012 (ha)	Tỷ lệ %
1	Mặn	27.966	28.101,37	99,52%
2	Lợ	30.711	31.287,056	98,16%
3	Ngọt	140.619	141.689,29	99,24%

Kết quả so sánh cho thấy phần trăm tương ứng với số liệu đã được kiểm định là khá cao, điều này thể hiện tính khả thi của việc phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn dựa trên hiện trạng canh tác nông nghiệp.

Diện tích ảnh hưởng sau tính toán thể hiện mức độ xâm nhập mặn phân vùng tương đối rõ rệt, ảnh hưởng nặng ở những tiếp giáp biển và mức độ giảm dần khi vào sâu trong đất liền. Tuy nhiên thực tế cho thấy những vùng thuộc ranh giới từ vùng ngọt trở vào cũng bị ảnh hưởng vào các tháng mùa khô trong năm.

Chương 5

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

5.1 Kết luận

Nghiên cứu đã thành lập được bản đồ hiện trạng xâm nhập mặn và phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn. Vùng bị ảnh hưởng nhiều của xâm nhập mặn (vùng mặn) là 27.966 ha, chiếm 12,27%; vùng mặn ít (lợ) có diện tích 30.711 ha, chiếm 13,47% diện tích toàn tỉnh, còn lại 61,68% là vùng ngọt.

Qua đánh giá về sự tương thích giữa diện tích ảnh hưởng và số liệu thực tế thì mục tiêu phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn từ hiện trạng cơ cấu cây trồng là hoàn toàn có thể thực hiện. Từ đó cho thấy khả năng sử dụng ảnh viễn thám MODIS trong nghiên cứu mùa vụ cây trồng cũng đạt kết quả khả quan.

Nghiên cứu là tiền đề cho việc đánh giá diễn biến và giám sát xâm nhập mặn, trên cơ sở theo dõi mức độ cũng như diễn biến canh tác nông nghiệp hàng năm mà rút ra kết luận về hiện trạng xâm nhập mặn.

5.2 Kiến nghị

Kết quả nghiên cứu chỉ đánh giá và đưa ra kết luận tổng quát vùng ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn tại thời điểm một năm chứ không thể hiện cụ thể theo từng giai đoạn và thời điểm trong năm như mùa khô hạn hay mùa mưa lũ. Trước thực trạng diễn biến phức tạp của tình trạng biến đổi khí hậu và ảnh hưởng trực tiếp của nó là mực nước biển ngày càng dâng cao, gây ảnh hưởng sâu vào đất liền nên vùng được đánh giá là ngọt cũng chịu ảnh hưởng của xâm nhập mặn nhất là vào mùa khô.

Sự biến đổi theo thời gian của các đối tượng canh tác nông nghiệp cần một khoảng thời gian khá dài và chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, trong đó có sự thay đổi canh tác của con người mà không dựa trên đặc tính thổ nhưỡng và nguồn nước. Đó đó

đánh giá xâm nhập mặn ở mức độ cụ thể và chính xác cần tập hợp rất nhiều yếu tố như: địa hình, khí hậu, thủy văn, lượng mưa, độ mặn theo thời gian được thu thập tại các trạm đo...nếu hội đủ những điều kiện nêu trên sẽ có được kết quả đánh giá khả quan và chính xác nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2007. *Ký hiệu hiện trạng sử dụng đất và bản đồ quy hoạch sử dụng đất*. Ban hành theo quyết định số 23/2007/QĐ – BTNMT.
- [2] Cục thống kê Bến Tre, 2011. *Niên giám thống kê 2010*. NXB Thống kê.
- [3] Trần Quốc Đạt, Nguyễn Hiếu Trung và Kanchit Likitdeharotes, 2012. Mô phỏng xâm nhập mặn đồng bằng sông Cửu Long dưới tác động mực nước biển dâng và suy giảm lưu lượng từ thượng nguồn. *Tạp chí Khoa học* 2012, 141 – 150.
- [4] Nguyễn Ngọc Đệ , 2009. *Giáo trình cây lúa*. Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia TP Hồ Chí Minh.
- [5] Phạm Lữ Hoàng Hà, *Bến Tre khó khăn vì xâm nhập mặn*, Sở Khoa học và Công nghệ Bến Tre, 5/2010. <<http://www.dost-bentre.gov.vn/chuyen-muc/nghien-cuu-trien-khai/2093-bentre.html>>, 17/11/2012.
- [6] Mai Hanh, Các yếu tố ảnh hưởng đến xu thế xâm nhập mặn ở tỉnh Bến Tre, Sở Môi trường và Tài nguyên Bến Tre, 11/2009. <<http://www.sotnmt-bentre.gov.vn/index.php?cires=News&go=save&sid=200>>.
- [7] Huỳnh Thị Minh Hằng, Nguyễn Hoàng Anh, 2006. Ứng dụng Geoinformatics trong công tác quản lý lưu vực sông Sài Gòn – Đồng Nai – Một số kết quả đánh giá ban đầu. *Science & Technology Development, Enviroment & Resources*, Vol..9 – 2006.
- [8] Trần Thị Hiền, 2009. *Nghiên cứu sử dụng ảnh viễn thám MODIS trong theo dõi tiến độ xuống giống trên vùng đất lúa ở đồng bằng sông Cửu Long*. Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ ngành quản lý đất đai, Đại học Cần Thơ, Việt Nam.
- [9] Huỳnh Thị Thu Hương, Trương Chí Quang và Trần Thanh Dân, 2012. Ứng dụng ảnh MODIS theo dõi sự thay đổi nhiệt độ bề mặt đất và tình hình khô hạn Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí khoa học trường ĐH Cần Thơ* 24a: 49-59.
- [10] Dương Văn Khâm, Bùi Đức Giang, Chu Minh Thu, Nguyễn Thị Huyền, 2007. *Sử dụng tư liệu ảnh viễn thám đa thời gian để đánh giá biến động chỉ số thực vật lớp phủ và một số phân tích về thời vụ và trạng thái sinh trưởng của cây lúa ở đồng bằng sông Cửu Long*. Hội nghị khoa học Viện khí tượng Thủy văn lần thứ X, 1 – 9.
- [11] Vũ Hữu Long, Phạm Khánh Chi, Trần Hùng, 2011. Sử dụng tư liệu ảnh MODIS nghiên cứu mùa vụ cây trồng, lập bản đồ hiện trạng và biến động lớp phủ vùng đồng bằng sông Hồng giai đoạn 2008 – 2010. *Kỷ yếu hội thảo GIS toàn quốc 2011*, 95 – 102.
- [12] Nguyễn Kim Lợi, Trần Thống Nhất, 2009. *Viễn thám căn bản*. NXB Nông Nghiệp.

- [13] Nguyễn Thị Cẩm Sứ, 2012. *Phân vùng sinh thái nông nghiệp và thành lập bản đồ đơn vị đất đai theo kịch bản biến đổi khí hậu các huyện ven biển tỉnh Bến Tre*. Luận văn tốt nghiệp Thạc sỹ ngành Quản lý đất đai, Đại học Cần Thơ, TP.Cần Thơ, Việt Nam.
- [14] Nguyễn Ngọc Thạch, 2005. *Cơ sở viễn thám*. NXB Nông nghiệp Hà Nội
- [15] Trần Thanh Thi, 2012. *Ứng dụng ảnh MODIS theo dõi diễn biến cơ cấu mùa vụ lúa ở đồng bằng sông Cửu Long*. Luận văn tốt nghiệp Thạc sỹ ngành quản lý đất đai, Đại học Cần Thơ, TP.Cần Thơ, Việt Nam.
- [16] Lê Văn Trung, 2010. *Viễn Thám*. NXB Đại Học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh.
- [17] Nguyễn Thanh Tường, 2013. *Chọn giống lúa và kỹ thuật canh tác lúa cho mô hình lúa – tôm ở tỉnh Bạc Liêu*. Luận án Tiến Sỹ Nông nghiệp, Đại học cần Thơ, TP.Cần Thơ, Việt Nam.

Tiếng Anh

- [18] D. B Lobell et al., Regional-scale Assessment of Soil Salinity in the Red River Valley Using Multi-year MODIS EVI and NDVI, 2010.*Journal of Environmental Quality* 39: 35- 41.
- [19] Mahmoud A. Abdelfattah, Shabbir A. Shahid & Yasser R. Othman, 2009. “*Soil Salinity Mapping Model Developed Using RS and GIS – A Case Study from Abu Dhabi, United Arab Emirates*” 26: 342-351.
- [20] Pei-Yu Chen, Gunar Fedosejevs, Mario Tiscare, No-L’Opez and Jeffrey G. Arnord, 2006. Assessment of MODIS-EVI, MODIS-NDVI and Vegetation-NDVI composite data using Agricultural measurements: An example at corn fields in Western Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment* 119: 69–82.
- [21] R.R. Ali and M.M. Kotb, 2010. Use of Satellite Data and GIS for Soil Mapping and Capability Assessment. *Nature and Science*, 8 (8) – 2010.
- [22] Saleh A. Al-Hassoun *et al*, 2010. Remote Sensing of Soil Salinity in an Arid Areas in Saudi Arabia. *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS* 10 (02): 10-20.
- [23] Seyed Rashid Fallah Shamsi, Sanaz Zare and Seyed Ali Abtahi, 2013. Soil salinity characteristics using moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) images and statistical analysis. *Archives of Agronomy and Soil Science* 59: 471-489
- [24] Song, C., Woodcock, and C. E., Seto, 2001. *Classification and change detection using landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects?*, Remote Sensing of Environment 75: 230-244.

- [25] Xiao, X., Boles, L. Stephen, Z. Jiyuan, F. Dafang, L. Steve, S. Changsheng and M. I. William (2005). Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images. *Remote Sensing of Environment* 95(4): 480-492.
- [26] Yaseen A. Al-Mulla, *Salinity Mapping in Oman using Remote Sensing Tools: Status and Trends*, A Monograph on Management of Salt-Affected Soils and Water for Sustainable Agriculture, 2010 Sultan Qaboos University, 17-24.

Trang web :

<http://reverb.echo.nasa.gov>

<http://modis.gsfc.nasa.gov>

<http://www.bentre.gov.vn>

PHỤ LỤC

Phụ lục 1: Danh sách ảnh (Nguồn: <http://reverb.echo.nasa.gov>)

STT	Tên ảnh	Ngày chụp
1	MOD09Q1.A2012001.h28v07.005.2012017222151	01/01/2012
2	MOD09Q1.A2012001.h28v08.005.2012017222925	01/01/2012
3	MOD09Q1.A2012009.h28v07.005.2012019042948	09/01/2012
4	MOD09Q1.A2012009.h28v08.005.2012019044305	09/01/2012
5	MOD09Q1.A2012017.h28v07.005.2012026141650	17/01/2012
6	MOD09Q1.A2012017.h28v08.005.2012026141714	17/01/2012
7	MOD09Q1.A2012025.h28v07.005.2012046193758	25/01/2012
8	MOD09Q1.A2012025.h28v08.005.2012046192705	25/01/2012
9	MOD09Q1.A2012033.h28v07.005.2012042072737	02/02/2012
10	MOD09Q1.A2012033.h28v08.005.2012042072801	02/02/2012
11	MOD09Q1.A2012041.h28v07.005.2012050072741	10/02/2012
12	MOD09Q1.A2012041.h28v08.005.2012050072029	10/02/2012
13	MOD09Q1.A2012049.h28v07.005.2012062222225	18/02/2012
14	MOD09Q1.A2012049.h28v08.005.2012062222235	18/02/2012
15	MOD09Q1.A2012057.h28v07.005.2012067160444	26/02/2012
16	MOD09Q1.A2012057.h28v08.005.2012067160414	26/02/2012
17	MOD09Q1.A2012065.h28v07.005.2012075042731	05/03/2012
18	MOD09Q1.A2012065.h28v08.005.2012075042652	05/03/2012
19	MOD09Q1.A2012073.h28v07.005.2012082163211	13/03/2012
20	MOD09Q1.A2012073.h28v08.005.2012082163050	13/03/2012
21	MOD09Q1.A2012081.h28v07.005.2012096142140	21/03/2012
22	MOD09Q1.A2012081.h28v08.005.2012096142230	21/03/2012
23	MOD09Q1.A2012089.h28v07.005.2012107142652	29/03/2012
24	MOD09Q1.A2012089.h28v08.005.2012107143312	29/03/2012
25	MOD09Q1.A2012097.h28v07.005.2012108170233	06/04/2012
26	MOD09Q1.A2012097.h28v08.005.2012108170240	06/04/2012
27	MOD09Q1.A2012105.h28v07.005.2012114151605	14/04/2012
28	MOD09Q1.A2012105.h28v08.005.2012114150828	14/04/2012
29	MOD09Q1.A2012113.h28v07.005.2012122072507	22/04/2012
30	MOD09Q1.A2012113.h28v08.005.2012122070851	22/04/2012
31	MOD09Q1.A2012121.h28v07.005.2012130074258	30/04/2012
32	MOD09Q1.A2012121.h28v08.005.2012130070637	30/04/2012
33	MOD09Q1.A2012129.h28v07.005.2012141231929	08/05/2012
34	MOD09Q1.A2012129.h28v08.005.2012139130451	08/05/2012
35	MOD09Q1.A2012137.h28v07.005.2012146152116	16/05/2012
36	MOD09Q1.A2012137.h28v08.005.2012146153907	16/05/2012
37	MOD09Q1.A2012145.h28v07.005.2012156153103	24/05/2012
38	MOD09Q1.A2012145.h28v08.005.2012156153831	24/05/2012
39	MOD09Q1.A2012153.h28v07.005.2012166170301	01/06/2012
40	MOD09Q1.A2012153.h28v08.005.2012166170243	01/06/2012
41	MOD09Q1.A2012161.h28v07.005.2012170083700	09/06/2012
42	MOD09Q1.A2012161.h28v08.005.2012170083730	09/06/2012
43	MOD09Q1.A2012169.h28v07.005.2012178091749	17/06/2012
44	MOD09Q1.A2012169.h28v08.005.2012178093511	17/06/2012
45	MOD09Q1.A2012177.h28v07.005.2012186072621	25/06/2012
46	MOD09Q1.A2012177.h28v08.005.2012186070617	25/06/2012
47	MOD09Q1.A2012185.h28v08.005.2012195231611	03/07/2012

STT	Tên ảnh	Ngày chụp
48	MOD09Q1.A2012185.h28v08.005.2012209001135	03/07/2012
49	MOD09Q1.A2012193.h28v07.005.2012202173043	11/07/2012
50	MOD09Q1.A2012193.h28v08.005.2012202172728	11/07/2012
51	MOD09Q1.A2012201.h28v07.005.2012212180951	19/07/2012
52	MOD09Q1.A2012201.h28v08.005.2012212181129	19/07/2012
53	MOD09Q1.A2012209.h28v07.005.2012219124615	27/07/2012
54	MOD09Q1.A2012209.h28v08.005.2012219124702	27/07/2012
55	MOD09Q1.A2012217.h28v07.005.2012229063649	04/08/2012
56	MOD09Q1.A2012217.h28v08.005.2012229064152	04/08/2012
57	MOD09Q1.A2012225.h28v07.005.2012234055946	12/08/2012
58	MOD09Q1.A2012225.h28v08.005.2012234060030	12/08/2012
59	MOD09Q1.A2012233.h28v07.005.2012242104812	20/08/2012
60	MOD09Q1.A2012233.h28v08.005.2012242104756	20/08/2012
61	MOD09Q1.A2012241.h28v07.005.2012250182449	28/08/2012
62	MOD09Q1.A2012241.h28v08.005.2012250182445	28/08/2012
63	MOD09Q1.A2012249.h28v07.005.2012258074450	05/09/2012
64	MOD09Q1.A2012249.h28v08.005.2012258074124	05/09/2012
65	MOD09Q1.A2012257.h28v07.005.2012270142808	13/09/2012
66	MOD09Q1.A2012257.h28v08.005.2012270142923	13/09/2012
67	MOD09Q1.A2012265.h28v07.005.2012275151741	21/09/2012
68	MOD09Q1.A2012265.h28v08.005.2012275151039	21/09/2012
69	MOD09Q1.A2012273.h28v07.005.2012297135457	29/09/2012
70	MOD09Q1.A2012273.h28v08.005.2012297135625	29/09/2012
71	MOD09Q1.A2012281.h28v07.005.2012297145236	07/10/2012
72	MOD09Q1.A2012281.h28v08.005.2012297144456	07/10/2012
73	MOD09Q1.A2012289.h28v07.005.2012299173503	15/10/2012
74	MOD09Q1.A2012289.h28v08.005.2012299173402	15/10/2012
75	MOD09Q1.A2012297.h28v07.005.2012306074349	23/10/2012
76	MOD09Q1.A2012297.h28v08.005.2012306074313	23/10/2012
77	MOD09Q1.A2012305.h28v07.005.2012314154638	31/10/2012
78	MOD09Q1.A2012305.h28v08.005.2012314154542	31/10/2012
79	MOD09Q1.A2012313.h28v07.005.2012322090514	08/11/2012
80	MOD09Q1.A2012313.h28v08.005.2012322082310	08/11/2012
81	MOD09Q1.A2012321.h28v07.005.2012331180706	16/11/2012
82	MOD09Q1.A2012321.h28v08.005.2012331180056	16/11/2012
83	MOD09Q1.A2012329.h28v07.005.2012339074939	24/11/2012
84	MOD09Q1.A2012329.h28v08.005.2012339075113	24/11/2012
85	MOD09Q1.A2012337.h28v07.005.2012346141027	02/12/2012
86	MOD09Q1.A2012337.h28v08.005.2012346141049	02/12/2012
87	MOD09Q1.A2012345.h28v07.005.2012355131131	10/12/2012
88	MOD09Q1.A2012345.h28v08.005.2012355130748	10/12/2012
89	MOD09Q1.A2012353.h28v07.005.2012362062435	18/12/2012
90	MOD09Q1.A2012353.h28v08.005.2012362064308	18/12/2012
91	MOD09Q1.A2012361.h28v07.005.2013015225646	26/12/2012
92	MOD09Q1.A2012361.h28v08.005.2013015225642	26/12/2012

Phụ lục 2: Nguyên tắc đặt tên ảnh

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Otc	Nov	Dec
1	1	32	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
2	2	33	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
3	3	34	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
4	4	35	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
5	5	36	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
6	6	37	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
7	7	38	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
8	8	39	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
9	9	40	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
10	10	41	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
11	11	42	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
12	12	43	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
13	13	44	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
14	14	45	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
15	15	46	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
16	16	47	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
17	17	48	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
18	18	49	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
19	19	50	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
20	20	51	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
21	21	52	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
22	22	53	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
23	23	54	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
24	24	55	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
25	25	56	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
26	26	57	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
27	27	58	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
28	28	59	88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
29	29	60	89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
30	30		90	121	151	182	212	243	274	304	335	365
31	31		91		152		213	244		305		366

Ví dụ: MOD09Q1.A2012233.h28v07.005.2012242104812

MOD09Q1: Tên ngắn gọn (Short Name)

2012233: 20/8/2012 Ngày bắt đầu quét/chụp (Range Beginning Date)

h28v07: Ký hiệu của khu vực chụp (h:Horizontal, v: Vertical do người sử dụng chọn)

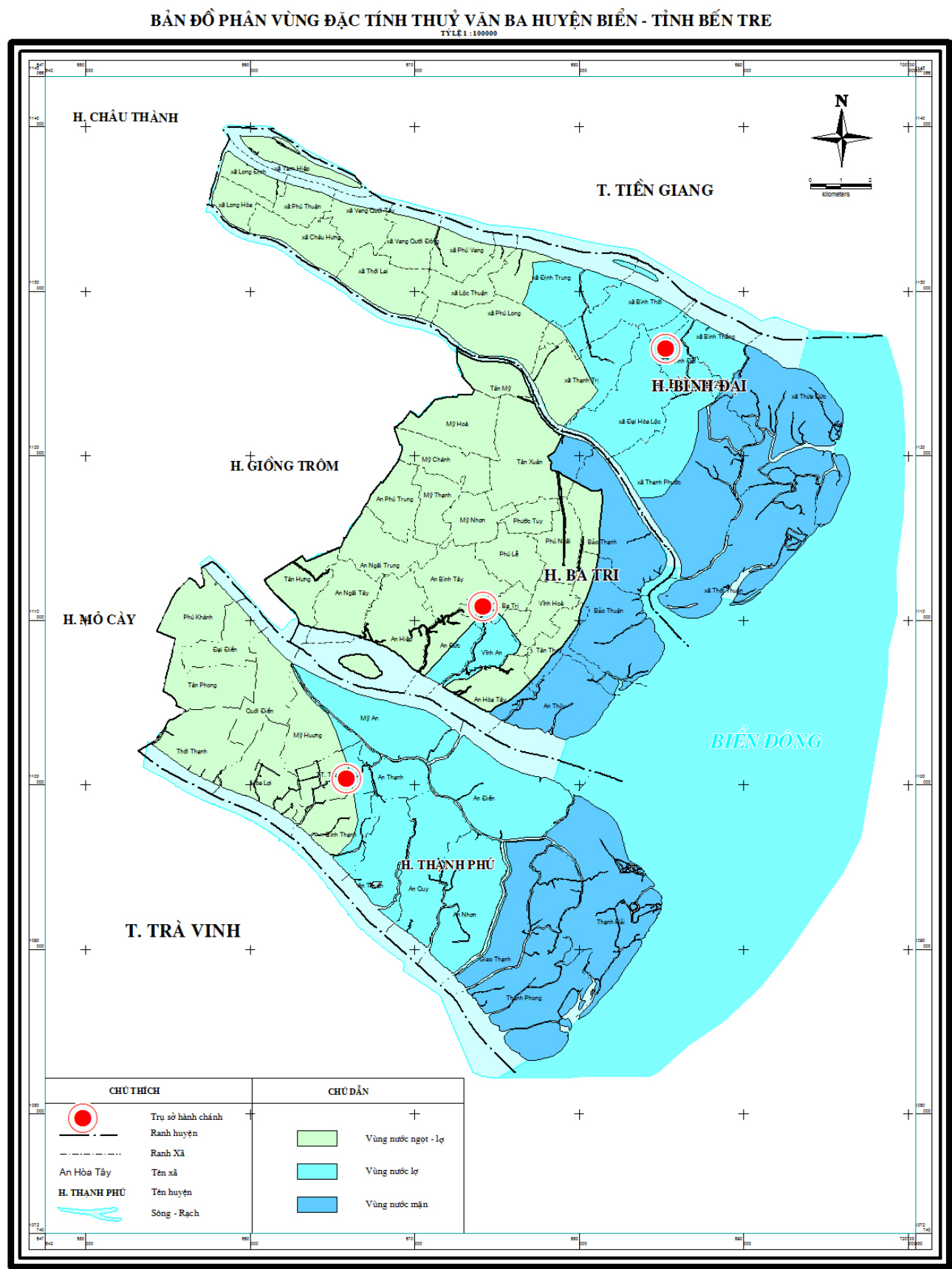
005: Thế hệ (Version)

2012242104812: 10:48:12 ngày 29-8-2012 Thời gian xuất ảnh (Production Date Time)

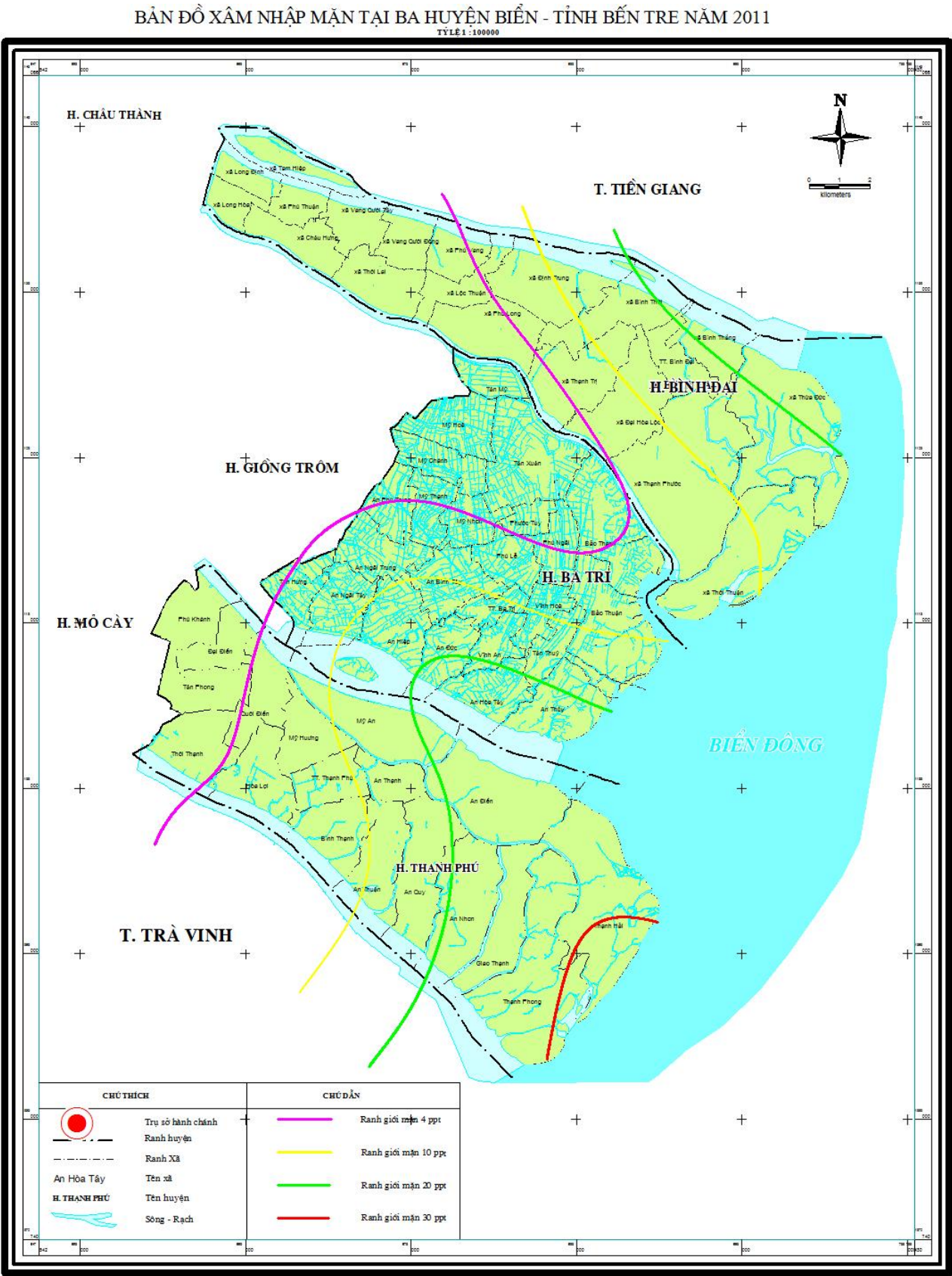
Phụ lục 3: Tọa độ các điểm khảo sát

STT	X	Y	Đối tượng
1	661485	1101868	2 lúa - mía, dừa
2	661047	1099804	2 vụ lúa
3	661803	1102628	2 vụ lúa
4	665831	1102754	2 vụ lúa
5	668166	1101458	2 vụ lúa
6	668015	1101564	2 vụ lúa
7	667521	1130260	2 vụ lúa
8	661587	1105132	2 vụ lúa
9	676992	1108450	2 vụ lúa
10	668658	1112092	3 lúa - dừa
11	668286	1111480	3 lúa - dừa
12	668109	1120726	3 vụ lúa
13	668579	1112571	3 vụ lúa
14	668300	1112434	3 vụ lúa
15	658409	1104123	3 vụ lúa
16	670502	1131185	3 vụ lúa
17	676061	1120909	3 vụ lúa
18	676318	1129456	dừa
19	676788	1129774	dừa
20	676949	1130114	dừa - tôm
21	673374	1101774	lúa - tôm
22	661664	1102467	màu
23	661123	1100005	tôm - dừa
24	674313	1093567	tôm - lúa
25	666204	1103226	tôm sú
26	668012	1101214	tôm sú - thẻ
27	667870	1101106	tôm sú - thẻ

Phụ lục 4: Bản đồ phân vùng đặc tính thủy văn ba huyện ven biển tỉnh Bến Tre năm 2011 (Nguồn: Nguyễn Thị Cẩm Sứ, 2012)



Phụ lục 5: Bản đồ xâm nhập mặn tại ba huyện biển – tỉnh Bến Tre năm 2011 (Sở TNMT Bến Tre, 2011)



Phụ lục 6: Bản đồ phân vùng sinh thái 3 huyện ven biển tỉnh Bến Tre (Nguồn: Nguyễn Thị Cẩm Sứ ,2012)

