

# ỨNG DỤNG ẢNH VIỄN THĂM QUANG HỌC THEO DÕI DIỆN TÍCH CANH TÁC ĐẤT LÚA Ở TỈNH KIÊN GIANG

Vương Tấn Sang<sup>(1)</sup>, Trương Chí Quang<sup>(1)</sup>, Nguyễn Mỹ Dung<sup>(1)</sup>, Ngô Gia Bảo<sup>(1)</sup>

(1) Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

Ngày nhận bài 30/9/2025; Chấp nhận đăng 30/10/2025

Liên hệ email: vtsang@ctu.edu.vn

## Tóm tắt

Nghiên cứu này sử dụng chuỗi ảnh Sentinel-2 đa thời gian để xây dựng bản đồ diện tích và cơ cấu mùa vụ lúa tại tỉnh Kiên Giang năm 2024. Các ảnh NDVI cực đại theo mùa vụ được tạo từ dữ liệu Sentinel-2 và đưa vào mô hình phân loại cây quyết định (Decision Tree) thực hiện trên phần mềm ENVI. Kết quả phân loại đã xác định được ba hệ thống canh tác chính: lúa 1 vụ (106.465ha, chiếm 28%), lúa 2 vụ (124.635ha, chiếm 33%) và lúa 3 vụ (148.362ha, chiếm 39%). Kết quả giải đoán được kiểm chứng với 300 điểm thực địa cho thấy độ chính xác tổng thể đạt 86% và hệ số Kappa đạt 0,83, thể hiện khả năng phân biệt đáng tin cậy giữa các cơ cấu mùa vụ lúa. Kết quả nghiên cứu khẳng định tính hiệu quả của việc sử dụng chuỗi ảnh Sentinel-2 kết hợp phân loại theo cây quyết định trong giám sát mùa vụ lúa. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học quan trọng hỗ trợ công tác quản lý sản xuất nông nghiệp, theo dõi biến động sử dụng đất và hoạch định chính sách phát triển nông nghiệp bền vững tại Đồng bằng sông Cửu Long.

**Từ khóa:** cây quyết định, chỉ số NDVI, giám sát cây lúa, sentinel-2, viễn thám

## Abstract

### APPLICATION OF OPTICAL REMOTE SENSING IMAGES TO MONITORING RICE-GROWING AREAS IN KIEN GIANG PROVINCE

This study used multi-temporal Sentinel-2 images (10×10m) to map rice cultivation areas and cropping patterns in Kien Giang province for 2024. Sentinel-2 data were processed to generate maximum NDVI composites for each rice season, which were then used as input for a Decision Tree classification in ENVI. The results identified three major rice cropping systems: one rice crop (106,465ha, 28%), two rice crops (124,635ha, 33%), and three rice crops (148,362ha, 39%). Validation using 300 ground-truth samples achieved an overall accuracy of 86% and a Kappa coefficient of 0.82, demonstrating the classifier's strong ability to distinguish among different rice cropping systems. These findings highlight the effectiveness of integrating Sentinel-2 multi-temporal data with Decision Tree classification for monitoring rice seasonality. Moreover, the study provides valuable scientific evidence to support agricultural management, land-use monitoring, and sustainable policy-making in the Mekong Delta.

## 1. Đặt vấn đề

Tỉnh Kiên Giang là địa phương có diện tích trồng lúa lớn nhất cả nước, với sản lượng hàng năm đạt khoảng 4,5 triệu tấn. Đây là vùng sản xuất lúa hàng hóa chất lượng cao và có quy mô lớn của Đồng bằng sông Cửu Long, đóng vai trò quan trọng trong việc

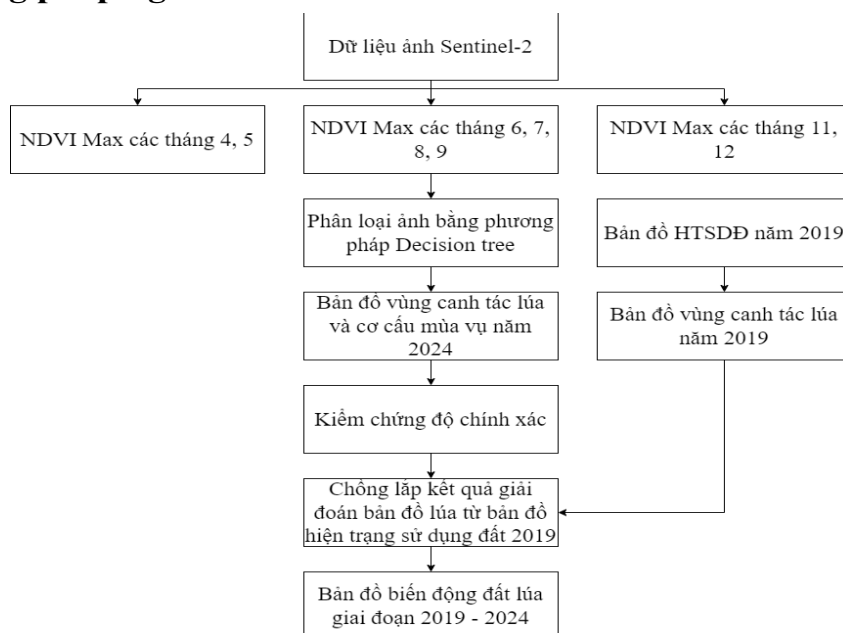
bảo đảm an ninh lương thực quốc gia và phục vụ xuất khẩu. Tuy nhiên, công tác giám sát diện tích canh tác đang phải đối mặt với nhiều thách thức, đặc biệt là trong bối cảnh biến động về cơ cấu mùa vụ và tác động của biến đổi khí hậu. Các phương pháp điều tra truyền thống dựa vào khảo sát thực địa thường tốn kém về thời gian, nhân lực và kinh phí, nên khó đáp ứng được yêu cầu theo dõi liên tục và kịp thời.

Trong những năm gần đây, công nghệ viễn thám – đặc biệt là viễn thám quang học đa thời gian – đã được ứng dụng rộng rãi như một công cụ hiệu quả để theo dõi diện tích gieo trồng, tình trạng sinh trưởng của cây trồng và các yếu tố môi trường liên quan. Dữ liệu ảnh MODIS (MOD09Q1) với chu kỳ thu nhận 8 ngày và độ phân giải không gian 500m đã được sử dụng trong nhiều nghiên cứu nhằm xác định cơ cấu mùa vụ và theo dõi sự thay đổi của các chu kỳ gieo cấy (Son và cs., 2014). Nhằm nâng cao độ chi tiết và độ chính xác, ảnh Landsat 8 với độ phân giải trung bình 30m cũng được khai thác để lập bản đồ cơ cấu mùa vụ lúa và ước tính năng suất, như nghiên cứu của Hậu và cs. (2019) tại tỉnh Sóc Trăng, cho kết quả độ tin cậy đạt khoảng 95%.

Tuy nhiên, các nguồn dữ liệu Landsat và MODIS vẫn còn hạn chế về độ phân giải không gian và thời gian, gây khó khăn trong việc giám sát các khu vực sản xuất nhỏ lẻ, đa dạng mùa vụ. Trong khi đó, dữ liệu ảnh Sentinel-2 có độ phân giải cao hơn (10m) đã giúp khắc phục đáng kể những hạn chế này, đồng thời mang lại khả năng ứng dụng hiệu quả trong việc nhận diện mùa vụ và năng suất lúa thông qua phân tích các chỉ số phổ (spectral indices). Việc khai thác các chỉ số như NDVI cho phép theo dõi sự biến động của quá trình sinh trưởng cây lúa theo thời gian, hỗ trợ đắc lực cho công tác giám sát và nghiên cứu nông nghiệp (Badrul và cs., 2022).

Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá khả năng sử dụng ảnh viễn thám Sentinel-2 trong theo dõi cơ cấu mùa vụ lúa của tỉnh Kiên Giang. Kết quả thu được sẽ là nguồn thông tin hữu ích, góp phần cung cấp một phương pháp khoa học đơn giản và hỗ trợ công tác quản lý diện tích lúa nói riêng, cũng như phát triển nền nông nghiệp địa phương nói chung.

## 2. Phương pháp nghiên cứu



**Hình 1.** Sơ đồ phương pháp thực hiện nghiên cứu

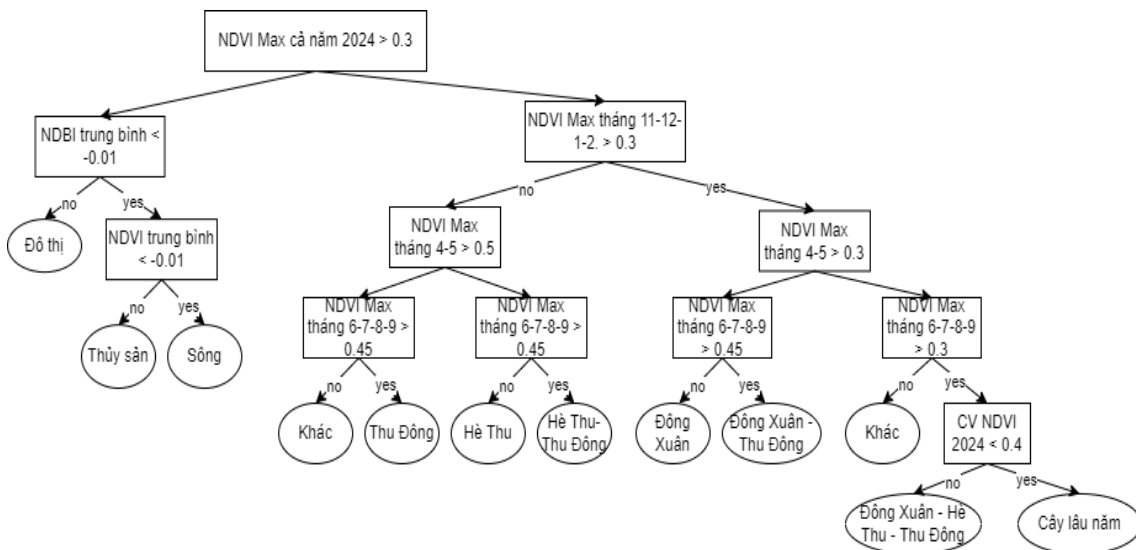
Sơ đồ tổng quan của nghiên cứu được trình bày trong hình 1. Ảnh Sentinel-2 (Sentinel-2A và Sentinel-2B) thuộc Chương trình Copernicus của Liên minh châu Âu (EU) được sử dụng làm nguồn dữ liệu chính để xác định khu vực canh tác và cơ cấu mùa vụ lúa tại tỉnh Kiên Giang. Dữ liệu được tiền xử lý trên nền tảng Google Earth Engine (GEE) gồm hiệu chỉnh hình học, cắt theo ranh giới nghiên cứu, loại bỏ mây và tính chỉ số NDVI từ kênh B4 và B8. Từ chuỗi NDVI, giá trị NDVI cực đại theo tháng được trích xuất để phản ánh giai đoạn sinh trưởng của cây lúa. Các thông tin này được sử dụng làm đầu vào cho mô hình phân loại bằng cây quyết định (Decision Tree) nhằm xây dựng bản đồ mùa vụ lúa năm 2024 và thực hiện kiểm chứng để đánh giá độ chính xác, sau đó chồng ghép với bản đồ năm 2019 để phân tích biến động diện tích đất trồng lúa giai đoạn 2019-2024.

**2.1. Phương pháp thu thập và xử lý dữ liệu**

Nghiên cứu sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám Sentinel-2 (bao gồm Sentinel-2A và Sentinel-2B) thuộc Chương trình Copernicus của Liên minh châu Âu (EU), do Cơ quan Vũ trụ châu Âu (ESA) vận hành.

Quá trình tiền xử lý dữ liệu được thực hiện trên GEE bao gồm các bước: tiền xử lý ảnh (hiệu chỉnh hình học, cắt theo ranh giới khu vực nghiên cứu và loại bỏ mây, bóng mây); tính toán chỉ số NDVI từ hai kênh B4 (Red) và B8 (NIR); trích xuất giá trị NDVI cực đại (NDVI max) cho từng tháng.

**2.2. Phương pháp phân loại bằng mô hình phân loại cây quyết định Decision Tree**



**Hình 2.** Sơ đồ cây phân loại trong nghiên cứu

Phương pháp phân loại được thực hiện bằng mô hình cây quyết định (Decision Tree), trong đó các tiêu chí phân nhánh được thiết lập dựa trên mối quan hệ phổ học giữa các chỉ số NDVI và NDBI, phản ánh đặc trưng quang phổ của từng loại hình sử dụng đất. Ở bước đầu, cây sử dụng giá trị NDVI cực đại trung bình trong năm để phân tách khu vực có thảm thực vật với vùng phi thực vật. Các khu vực có NDVI thấp và NDBI cao thường đặc trưng cho khu dân cư hoặc khu xây dựng, trong khi vùng có cả NDVI và NDBI thấp thể hiện đặc tính phản xạ của thủy vực hoặc vùng nuôi trồng thủy sản.

Sau khi tách riêng nhóm có thảm thực vật, quá trình phân nhánh tiếp theo được xây dựng dựa trên biến động NDVI theo thời gian, phản ánh chu kỳ sinh trưởng đặc trưng của cây lúa. Dựa vào sự thay đổi giá trị NDVI giữa các tháng, mô hình cho phép nhận diện

các giai đoạn sinh trưởng chính của cây lúa tương ứng với từng vụ sản xuất. Các vùng có đỉnh NDVI tập trung vào tháng 4-5 thường được xác định là vụ Đông Xuân, trong khi các vùng có hai hoặc ba đỉnh NDVI rõ rệt trong năm lần lượt tương ứng với lúa hai vụ và lúa ba vụ. Bên cạnh đó, các ngưỡng NDVI được xác lập thông qua quá trình phân tích thống kê và đối chiếu với quy luật sinh trưởng thực tế, nhằm đảm bảo khả năng phân biệt ổn định giữa các loại cây trồng. Ví dụ, những khu vực có giá trị NDVI cực đại dao động quanh ngưỡng 0,3-0,4 được xem là thể hiện giai đoạn sinh trưởng mạnh, trong khi các vùng có NDVI ổn định quanh năm với biến thiên nhỏ thường được nhận dạng là cây lâu năm hoặc đất khác có thảm thực vật ổn định. (Tucker, 1979; Phan và cs., 2020)

### ***2.3 Phương pháp phân tích biến động diện tích lúa tỉnh Kiên Giang giai đoạn 2019-2024.***

Sau khi hoàn tất phân loại và kiểm tra độ chính xác, kết quả sử dụng đất năm 2024 được xuất ra dưới dạng shapefile, chuyển hệ tọa độ sang VN2000 và biên tập thành bản đồ trên phần mềm QGIS 3.40. Bản đồ này sau đó được chồng lên bản đồ đất trồng lúa được trích từ bản đồ hiện trạng sử dụng đất năm 2019 do Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Kiên Giang cung cấp, nhằm xác định các khu vực có sự thay đổi diện tích đất trồng lúa. Quá trình chồng lớp cho phép xây dựng bản đồ biến động sử dụng đất giai đoạn 2019-2024, phục vụ cho việc phân tích chi tiết, đánh giá xu hướng và so sánh giữa các thời điểm khác nhau.

### ***2.4. Phương pháp đánh giá độ tin cậy***

Tập điểm đánh giá được rải ngẫu nhiên từ kết quả phân loại, sau đó được đưa lên nền tảng Google Earth Pro để xác định vị trí và hỗ trợ lập kế hoạch khảo sát thực địa. Tổng cộng có 300 điểm được lựa chọn nhằm đảm bảo tính đại diện cho các nhóm sử dụng đất khác nhau trong khu vực nghiên cứu.

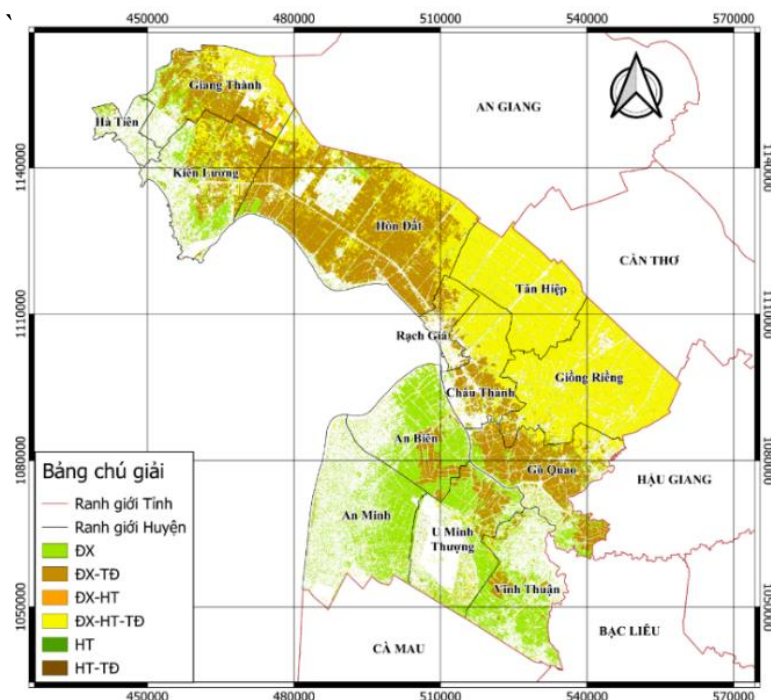
Các điểm này được gán nhãn dựa trên kết quả khảo sát thực địa kết hợp với thông tin địa phương, làm cơ sở xây dựng ma trận sai số (confusion matrix) và tính hệ số Kappa nhằm đánh giá mức độ thống nhất giữa kết quả phân loại và dữ liệu kiểm chứng độc lập. Phương pháp tính hệ số Kappa được tham khảo theo Cohen (1960) là chỉ số thông dụng trong đánh giá độ chính xác của các nghiên cứu phân loại ảnh viễn thám.

## **3. Kết quả nghiên cứu**

### ***3.1 Bản đồ thành lập bản đồ cơ cấu lúa tỉnh Kiên Giang***

Kết quả bản đồ cơ cấu mùa vụ lúa thể hiện ở hình 3 cho thấy các nhóm lúa chính được phân bố tại tỉnh Kiên Giang gồm cơ cấu lúa chính gồm đất 1 vụ lúa (Đông Xuân), đất 2 vụ lúa (Đông Xuân – Thu Đông) và đất 3 vụ lúa (Đông Xuân – Hè Thu – Thu Đông). Ngoài ra còn có các cơ cấu lúa phụ chiếm một diện tích không đáng kể gồm cơ cấu lúa 1 vụ (Hè Thu), cơ cấu 2 vụ (Đông Xuân – Hè Thu và Hè Thu – Thu Đông). Vùng canh tác lúa tập trung chủ yếu tại các huyện Hòn Đất, Tân Hiệp, Giồng Riềng, Châu Thành và Gò Quao, đồng thời phân bố một phần tại các huyện Giang Thành, Kiên Lương, An Biên, An Minh, U Minh Thượng, Vĩnh Thuận và thành phố Rạch Giá.

Trong đó, vùng trồng ba vụ lúa tập trung chủ yếu tại các huyện Giồng Riềng và Tân Hiệp, cùng một phần diện tích thuộc huyện Giang Thành.



**Hình 3.** Bản đồ cơ cấu lúa tỉnh Kiên Giang năm 2024

Kết quả giải đoán diện tích canh tác lúa tỉnh Kiên Giang năm 2024 cho thấy sự phân hóa rõ rệt về cơ cấu mùa vụ giữa các khu vực trong tỉnh. Toàn tỉnh có ba mô hình canh tác chính gồm lúa một vụ (Đông Xuân), lúa hai vụ (Đông Xuân – Hè Thu hoặc Đông Xuân – Thu Đông) và lúa ba vụ (Đông Xuân – Hè Thu – Thu Đông).

Trong đó, mô hình ba vụ lúa Đông Xuân – Hè Thu – Thu Đông chiếm ưu thế vượt trội với 148.362ha, trở thành hình thức canh tác phổ biến nhất trên toàn tỉnh. Các huyện có diện tích lớn gồm Giồng Riềng (50.348ha) và Hòn Đất (21.042ha), minh chứng cho khả năng thâm canh cao nhờ điều kiện thủy lợi và đất đai thuận lợi.

Cơ cấu hai vụ lúa (Đông Xuân – Thu Đông) có diện tích 119.346ha, phân bố chủ yếu ở vùng trung tâm và phía Bắc tỉnh, trong đó huyện Hòn Đất chiếm tới 54.778ha, phản ánh vai trò của khu vực này trong sản xuất lúa quy mô lớn và ổn định.

Diện tích lúa một vụ Đông Xuân đạt 106.465ha, phân bố chủ yếu tại các huyện ven biển như An Biên, An Minh và U Minh Thượng. Đây là khu vực chịu ảnh hưởng mạnh của chế độ thủy triều và xâm nhập mặn, do đó chỉ có thể canh tác một vụ trong mùa khô, khi nguồn nước ngọt được đảm bảo. Tuy nhiên, vụ Đông Xuân lại có năng suất cao, chất lượng gạo tốt và đóng vai trò quan trọng trong đảm bảo an ninh lương thực của Tỉnh. Mô hình này cũng thể hiện định hướng sản xuất thích ứng với điều kiện tự nhiên, giúp hạn chế rủi ro trong bối cảnh biến đổi khí hậu và xâm nhập mặn ngày càng gia tăng.

Nhìn chung, toàn tỉnh Kiên Giang thể hiện xu hướng phát triển mạnh các vùng canh tác ba vụ liên tục, trong khi diện tích lúa một vụ và một số mô hình xen canh đang dần thu hẹp. Điều này phản ánh định hướng phát triển nông nghiệp thâm canh, tận dụng tối đa quỹ đất và hệ thống thủy lợi nhằm đảm bảo sản lượng lúa phục vụ nhu cầu trong nước và xuất khẩu.

**Bảng 1.** Tổng diện tích canh tác lúa theo đơn vị hành chính tại Kiên Giang năm 2024 (đơn vị: ha)

	1 vụ (ĐX)	1 vụ (HT)	ĐX-HT	ĐX-TĐ	HT-TĐ	ĐX-HT-TĐ
An Biên	19.011	0	287	4.506	0	780
An Minh	20.954	0	338	407	0	541
Châu Thành	1.678	2	167	6.053	4	12.25
Gò Quao	7.383	5	561	18.338	4	5.014
Giồng Riềng	1.605	4	661	1.68	9	50.348
Giang Thành	5.605	6	842	12.347	1	10.326
Hà Tiên	1.615	0	89	220	0	67
Hòn Đất	7.924	4	502	54.778	4	21.042
Kiên Lương	9.721	19	411	11.867	7	6.133
Rạch Giá	585	1	47	2.326	3	3.165
Tân Hiệp	912	2	229	125.462	1	36.708
U Minh Thượng	13.629	3	648	4.473	7	1.201
Vĩnh Thuận	15.843	1	467	2.226	0	787
<b>Tổng</b>	<b>106.465</b>	<b>46</b>	<b>5.249</b>	<b>119.346</b>	<b>40</b>	<b>148.362</b>

**3.2. Kết quả đánh giá độ chính xác kết quả phân loại**

Kết quả đánh giá độ chính xác phân loại thể hiện ở bảng 2 cho thấy độ chính xác toàn cục (Overall Accuracy) đạt 87%, và hệ số Kappa đạt 0,83, thể hiện mức độ nhất quán cao giữa kết quả giải đoán và dữ liệu thực tế. Trong đó, các lớp mùa vụ đều đạt độ chính xác cao dao động từ 84,4% đến 92,9%. Vùng canh tác 2 vụ Đông Xuân – Hè Thu có độ chính xác cao nhất (92,9%), tiếp đến là Đông Xuân (86,7%), Đông Xuân – Thu Đông (85%) và Đông Xuân – Hè Thu – Thu Đông (84,4%).

Nhìn chung, các kết quả trên cho thấy mô hình phân loại đã xây dựng đạt độ tin cậy tốt, phản ánh hiệu quả trong việc nhận diện và phân biệt các loại hình cơ cấu mùa vụ lúa tại tỉnh Kiên Giang.

**Bảng 2.** Ma trận sai số kết quả phân loại

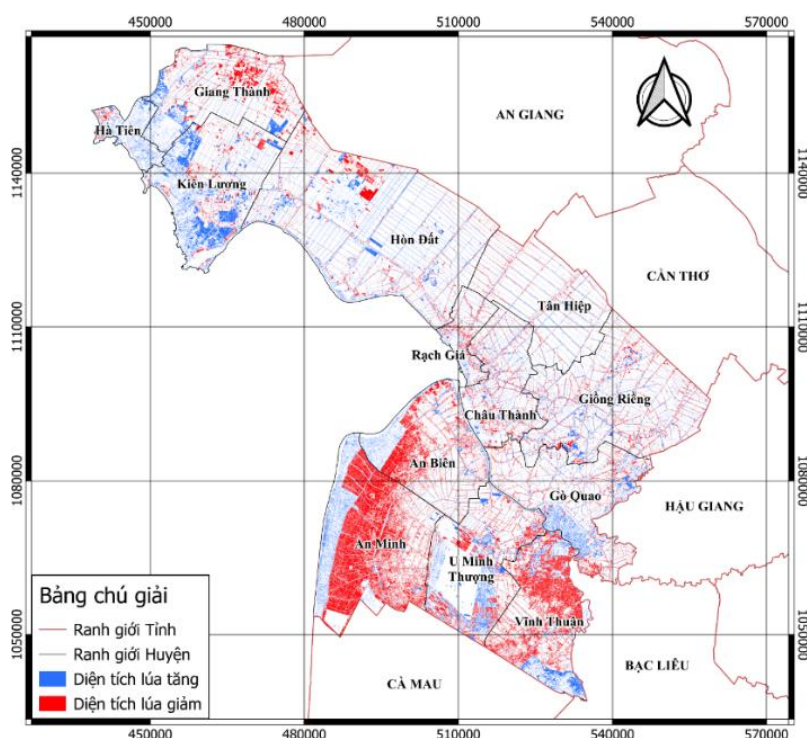
Hiện trạng	Giải đoán				Độ chính xác (%)
	ĐX	ĐX-TĐ	ĐX-HT	ĐX-HT-TĐ	
Đông Xuân	52	4	2	2	86,7
Đông Xuân–Thu Đông	3	68	5	4	85
Đông Xuân–Hè Thu	2	2	65	1	92.9
Đông Xuân–Hè Thu–Thu Đông	3	7	4	76	84,4
Độ chính xác	60	81	76	83	86
<b>Độ chính xác toàn cục: 87 %</b>	<b>Hệ số Kappa: 0,83</b>				

**3.3. Theo dõi tình hình biến động lúa**

Từ số liệu được thể hiện ở bảng 3 cho thấy trong giai đoạn 2019-2024, tổng diện tích gieo trồng lúa tại Kiên Giang giảm từ 401.685ha xuống còn 379.507ha, tương đương giảm 22.178ha. Mức giảm này không đồng đều giữa các địa phương, khi một số huyện như Kiên Lương, Hòn Đất, Gò Quao và thành phố Hà Tiên ghi nhận sự gia tăng diện tích lúa, trong khi nhiều huyện ven biển như An Minh, An Biên, Vĩnh Thuận và U Minh Thượng lại giảm mạnh. Bản đồ biến động diện tích lúa cho thấy xu hướng mở rộng tập trung ở khu vực phía Bắc và trung tâm tỉnh, còn các huyện phía Tây và Tây Nam lại suy giảm rõ rệt.

**Bảng 3. Số liệu biến động diện tích lúa tỉnh Kiên Giang giai đoạn 2019 -2024**

Huyện	Năm 2019	Năm 2024	Lúa giảm	Lúa tăng
An Biên	29.619	24.585	5.034	–
An Minh	40.786	22.240	18.546	–
Châu Thành	20.634	20.154	480	–
Gò Quao	30.160	31.305	–	1.144
Giồng Riềng	54.161	54.307	–	146
Giang Thành	29.823	29.127	697	–
Thành phố Hà Tiên	851	1.990	–	1.139
Hòn Đất	81.359	84.254	–	2.895
Kiên Lương	21.858	28.157	–	6.300
Thành phố Rạch Giá	6.418	6.126	292	–
Tân Hiệp	37.692	37.977	–	284
U Minh Thượng	20.454	19.961	493	–
Vĩnh Thuận	27.869	19.324	8.545	–
<b>Tổng</b>	<b>401.685</b>	<b>379.507</b>	<b>34.087</b>	<b>11.908</b>



**Hình 4. Bản đồ biến động diện tích lúa giai đoạn 2019 -2024**

Bản đồ thể hiện không gian biến động diện tích đất lúa thể hiện ở hình 4 minh họa rõ xu thế tăng, giảm diện tích theo từng khu vực, bổ sung ý nghĩa cho các bảng số liệu thống kê. Kết quả cho thấy, khu vực phía Bắc tỉnh như Hòn Đất, Giang Thành có xu hướng mở rộng diện tích lúa, trong khi các huyện phía Nam như An Minh, U Minh Thượng và Vĩnh Thuận lại giảm mạnh, chủ yếu do chuyển đổi mục đích sử dụng đất. Sự phân bố này phản ánh rõ sự khác biệt về điều kiện tự nhiên, hệ thống thủy lợi và định hướng phát triển kinh tế nông nghiệp giữa các vùng.

Quá trình biến động diện tích lúa gắn liền với cả các yếu tố tự nhiên và kinh tế – xã hội. Trong những năm gần đây, tình trạng xâm nhập mặn, hạn hán và thiếu nước ngọt trong mùa khô ngày càng nghiêm trọng đã làm giảm khả năng sản xuất 2-3 vụ/năm tại nhiều khu vực ven biển. Điều này khiến người dân phải thích ứng bằng cách chuyển đổi

cơ cấu cây trồng – vật nuôi sang các mô hình canh tác linh hoạt hơn. Đặc biệt, mô hình lúa – tôm hoặc nuôi trồng thủy sản kết hợp mang lại hiệu quả kinh tế cao hơn hẳn so với chuyên canh lúa, điển hình như tại huyện An Biên, nơi lợi nhuận từ nuôi tôm cao gấp hơn bốn lần so với trồng lúa (Trang và cs., 2018).

Bên cạnh đó, quá trình đô thị hóa, phát triển công nghiệp và mở rộng hạ tầng cũng góp phần làm thu hẹp diện tích đất nông nghiệp, nhất là ở các khu vực ven đô thị và dọc các tuyến giao thông chính. Ngược lại, những vùng có điều kiện thuận lợi về đất đai, nguồn nước và hệ thống thủy lợi – như Hòn Đất, Giồng Riềng và Kiên Lương – lại tiếp tục mở rộng diện tích canh tác, nhờ sự hỗ trợ của các chương trình sản xuất lúa chất lượng cao và đầu tư nông nghiệp bền vững của tỉnh.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đã ứng dụng đặc điểm NDVI trong giai đoạn canh tác lúa trong năm kết hợp với mô hình phân loại cây quyết định để xây dựng bản đồ cơ cấu mùa vụ lúa ở tỉnh Kiên Giang năm 2024. Bản đồ giải đoán năm 2024 được chồng lớp với vùng đất trồng lúa trích từ bản đồ hiện trạng năm 2019 (Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Kiên Giang, 2019).

Kết quả cho thấy tổng diện tích gieo trồng lúa của tỉnh giảm khoảng 22.000ha trong giai đoạn này, phản ánh sự khác biệt rõ rệt giữa các khu vực. Một số huyện phía Bắc và trung tâm tỉnh vẫn mở rộng diện tích trồng lúa, trong khi nhiều huyện ven biển chịu tác động của xâm nhập mặn, hạn hán và chuyển đổi mô hình sản xuất sang tôm – lúa nên giảm diện tích.

Nghiên cứu khẳng định vai trò quan trọng của dữ liệu viễn thám và GIS trong việc theo dõi, đánh giá biến động diện tích trồng lúa theo không gian và thời gian, cung cấp cơ sở khoa học tin cậy để hỗ trợ công tác quản lý, giám sát và định hướng phát triển nông nghiệp bền vững tại tỉnh Kiên Giang, đồng thời làm nền tảng cho các chương trình hỗ trợ sản xuất lúa chất lượng cao trong tương lai.

#### Lời cảm ơn

*Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Kiên Giang cho đề tài cấp tỉnh “Nghiên cứu xây dựng hệ thống quản lý dữ liệu trồng trọt và bảo vệ thực vật dựa trên công nghệ viễn thám và trí tuệ nhân tạo phục vụ dự báo các đối tượng gây hại trên Lúa và Khóm tại tỉnh Kiên Giang”, theo hợp đồng số 33/HD-SKHCN.*

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Badrul Hisham, N. H., Hashim, N., Mohamed Saraf, N., Talib, N. (2022). Monitoring of rice growth phases using multi-temporal Sentinel-2 satellite image. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1051, 012021
- [2] Bouma, J., Wagenet, R. J., Hoosbeek, M. R., Hutson, J. L. (1993). Using expert systems and simulation modelling for land evaluation at farm level: a case study from New York State. *Soil Use Management*. 9(4), 131-139
- [3] Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., & Stone, C. J. (1984). *Classification and regression trees*. Wadsworth International Group.

- [4] Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>.
- [5] Hậu N. Q., Tân N. V., Tuấn P. V., & Minh V. Q. (2019). Ứng dụng ảnh viễn thám Landsat 8 xây dựng bản đồ mùa vụ và ước đoán sản lượng lúa tỉnh Sóc Trăng. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 55, 8-17. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2019.126>
- [6] Phan, T. N., Kuch, V., & Lehnert, L. W. (2020). Land cover classification using Google Earth Engine and random forest classifier—the role of image composition. *Remote Sensing*, 12(2), 241. <https://doi.org/10.3390/rs12020241>
- [7] Quinlan, J. R. (1993). *C4.5: Programs for machine learning*. Morgan Kaufmann.
- [8] Son, N.-T., Chen, C.-F., Chen, C.-R., Duc, H.-N., & Chang, L.-Y. (2014). A Phenology-Based Classification of Time-Series MODIS Data for Rice Crop Monitoring in Mekong Delta, Vietnam. *Remote Sensing*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/rs6010135>
- [9] Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Kiên Giang. (2019). *Báo cáo hiện trạng sử dụng đất tỉnh Kiên Giang năm 2019*.
- [10] Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127-150.
- [11] Trang N. T., Hải T. M., Tú V. H., & Khải H. V. (2018). Phân tích hiệu quả kinh tế mô hình lúa – tôm tại huyện An Biên, tỉnh Kiên Giang. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 54(9), 149-156. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2018.191>