TẠP CHÍ ĐIỆN TỬ CỦA BỘ XÂY DỰNG
JOURNAL OF CONSTRUCTION

TẠP CHÍ XÂY DỰNG - eISSN 3030-4482

Đánh giá sự thay đổi diện tích mảng xanh đô thị ven biển giai đoạn 2020 - 2026: Trường hợp đô thị Phan Rang

Assessment of temporal changes in urban green space area from 2020 to 2026: A case study of Phan Rang Urban Area

THS.KTS Nguyễn Thúc Linh
Hội Kiến trúc sư tỉnh Khánh Hòa
Email: thuclinh.arch@gmail.com

THÔNG TIN BÀI BÁO
Chuyên mục: Khoa học công nghệ
Ngày nhận bài: 22/6/2026
Ngày sửa bài: 03/7/2026
Ngày chấp nhận đăng: 21/7/2026
Ngày xuất bản Online: 29/7/2026
Tác giả liên hệ:
Email: thuclinh.arch@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tập trung đánh giá biến động hiện trạng sử dụng đất (LULC) tại đô thị Phan Rang - một đô thị ven biển đặc thù với khí hậu bán khô hạn trong giai đoạn 2020 - 2026. Bằng việc ứng dụng thuật toán lai Hybrid-RF trên nền tảng Google Earth Engine (GEE), nghiên cứu đã trích lọc chính xác 5 loại hình thảm phủ chính. Kết quả cho thấy xu hướng đô thị hóa mạnh mẽ với diện tích khu dân cư tăng 6,63% (133,35 ha), trong khi mảng xanh nông nghiệp và thực vật thưa sụt giảm đáng kể 4,97% (99,91 ha). Dựa trên các phân tích này, nghiên cứu đề xuất các giải pháp quy hoạch kiến trúc thích ứng với điều kiện khắc nghiệt, thiếu nước và nhiệt độ cao nhằm hướng tới sự phát triển bền vững cho đô thị trước tác động của biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Phan Rang; biến động mảng xanh; Google Earth Engine; Hybrid-RF; quy hoạch bền vững; khí hậu khô hạn.

ABSTRACT

This study evaluates land use and land cover (LULC) changes in Phan Rang Urban Area, a coastal city characterized by a semi-arid climate, during the period from 2020 to 2026. By applying the Hybrid Random Forest (Hybrid-RF) classification algorithm on the Google Earth Engine (GEE) platform, five major land cover classes were accurately identified and mapped. The results reveal a significant urbanization trend, with residential land

increasing by 6.63% (133.35 ha), while agricultural land and sparse vegetation decreased considerably by 4.97% (99.91 ha). Based on these findings, the study proposes adaptive urban planning and architectural strategies tailored to the region's harsh environmental conditions, including water scarcity and high temperatures, to promote sustainable urban development under the impacts of climate change.

Keywords: Phan Rang; Land use and land cover (LULC) change; Google Earth Engine (GEE); Hybrid Random Forest (Hybrid-RF); sustainable urban planning; semi-arid climate.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

TP Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận đóng vai trò là trung tâm kinh tế, chính trị, văn hóa và là động lực phát triển quan trọng của dải ven biển Nam Trung Bộ (Lê Hồng Phong, 2024). Nằm trong vùng khô hạn nhất Việt Nam, Phan Rang sở hữu các đặc trưng vi khí hậu vô cùng khắc nghiệt với nền nhiệt cao, bốc hơi mạnh và lượng mưa trung bình năm thấp nhất cả nước. Những đặc trưng bán khô hạn này khiến khu vực chịu áp lực thường trực của quá trình sa mạc hóa và suy thoái đất.

Trong những năm gần đây, tốc độ phát triển đô thị hóa nhanh chóng cùng việc mở rộng quy mô dân số và xây dựng hạ tầng kỹ thuật đã tạo nên sức ép lớn lên hệ sinh thái tự nhiên đô thị. Sự chuyển đổi đất tự nhiên và đất nông nghiệp sang mục đích phi nông nghiệp đã gián tiếp phá vỡ cấu trúc cảnh quan tự nhiên sinh thái. Trong bối cảnh đó, mảng xanh đô thị - bao gồm rừng phòng hộ ven biển, thảm thực vật tự nhiên, đất nông nghiệp sinh thái và công viên cây xanh đô thị - là yếu tố sống còn giúp điều hòa vi khí hậu, giảm hiệu ứng đảo nhiệt, lọc bụi, giảm tiếng ồn và tạo không gian đệm sinh học ngăn chặn hiện tượng cát bay, cát lấn bờ biển (Phạm Thị Anh, 2023). Sự mất mát hoặc suy giảm mảng xanh đô thị sẽ khiến Phan Rang đối mặt với các rủi ro lớn về sụt giảm chất lượng sống và suy thoái tài nguyên nước.

Do đó, việc nghiên cứu, giám sát và đánh giá chính xác biến động hiện trạng sử dụng đất (LULC), đặc biệt là diện tích mảng xanh tại các mốc thời gian 2020, 2023 và 2026 có ý nghĩa khoa học và thực tiễn to lớn (Nguyễn An Thịnh và nnk., 2022). Kết quả định lượng này không chỉ giúp nhận diện một cách trực quan tốc độ "bê tông hóa" thực tế mà còn cung cấp cơ sở dữ liệu số hóa tin cậy để đề xuất các giải pháp quy hoạch kiến trúc thích ứng thông minh với khí hậu khô hạn và thiếu hụt nguồn nước. Nghiên cứu này hướng tới mục tiêu xây dựng một khung công nghệ viễn thám kết hợp học máy hiện đại để phục vụ quy hoạch đô thị bền vững, đồng thời đề xuất hệ thống giải pháp kiến trúc sinh thái thích hợp cho một đô thị ven biển đặc thù trước các tác động ngày một gia tăng của biến đổi khí hậu toàn cầu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nhằm đảm bảo tính khách quan và độ chính xác tối đa trong việc phân tích biến động mảng xanh tại đô thị ven biển Phan Rang, nghiên cứu này xây dựng một quy trình công nghệ tích hợp dựa trên nền tảng viễn thám hiện đại và giải thuật học máy có giám sát. Toàn bộ quy trình xử lý dữ liệu được vận hành trên Google Earth Engine (GEE) - hệ thống điện toán đám mây chuyên dụng cho phép lưu trữ và tính toán dữ liệu địa không gian ở quy mô toàn cầu (Gorelick et al., 2017). GEE giúp tối ưu hóa năng lực xử lý chuỗi ảnh đa thời gian, đồng thời loại bỏ các hạn chế về mặt phần cứng khi giải đoán dữ liệu ảnh vệ tinh diện rộng.

Nguồn dữ liệu đầu vào của mô hình được thiết kế đa dạng nhằm khai thác triệt để các đặc tính vật lý đặc thù của bề mặt thảm phủ vùng bán khô hạn. Nghiên cứu sử dụng ảnh quang học Sentinel-2 (chuẩn xử lý L2A đã hiệu chỉnh khí quyển) để trích xuất các chỉ số phổ phản xạ then chốt. Các chỉ số này bao gồm: Chỉ số khác biệt thực vật chuẩn

hóa (NDVI) để định vị mảng xanh; Chỉ số khác biệt nước cải tiến (MNDWI) để khoanh vùng thủy vực; Chỉ số đất trọc (BSI) xác định các vùng hoang hóa cùng Chỉ số xây dựng (NDBI) và Chỉ số đô thị (UI) phục vụ tách lọc bề mặt không thấm nước (Zha et al., 2003). Để khắc phục hiện tượng nhầm lẫn phổ nghiêm trọng giữa đất cát trọc và các công trình bê tông - một thách thức đặc trưng tại khu vực ven biển Phan Rang, nghiên cứu tích hợp thêm ảnh radar Sentinel-1 (GRD) với các kênh phân cực VV và VH nhằm khai thác độ nhám bề mặt vi mô. Ngoài ra, mô hình số độ cao NASADEM được đưa vào để tính toán độ dốc địa hình, giúp loại bỏ các sai số do hiện tượng bóng núi che khuất hoặc địa hình gồ ghề phức tạp.

Về phương pháp giải đoán, nghiên cứu phát triển cấu trúc thuật toán lai Hybrid-RF kết hợp giải thuật học máy Random Forest (RF) (Breiman, 2001) với các luật logic vật lý chặt chẽ. Cấu trúc RF đảm nhận vai trò phân loại diện rộng dựa trên các vector đặc trưng phổ, trong khi hệ thống luật logic hoạt động như những "chốt chặn" vật lý nhằm tinh lọc kết quả sau phân loại. Cụ thể, chốt chặn mặt nước được xác lập với điều kiện MNDWI > 0 nhằm cô lập hoàn toàn các đối tượng thủy vực và giảm thiểu sai số tích lũy (McFeeters, 1996). Chốt chặn khu dân cư sử dụng kênh phân cực radar với ngưỡng VV > -8,5 dB để tách biệt triệt để các công trình xây dựng (có độ nhám cao) khỏi các cồn cát phẳng ven biển vốn có đặc tính phản xạ phổ quang học tương đồng. Cuối cùng, chốt chặn địa hình thiết lập điều kiện độ dốc (Slope) nhỏ hơn 3 độ đối với vùng rừng và mặt nước nhằm loại trừ các điểm nhiễu do bóng địa hình gồ ghề gây ra. Sự kết hợp đồng bộ này tạo nên một hệ thống phân loại thảm phủ có độ tin cậy cao, hạn chế tối đa các sai số giải đoán thực địa.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá độ chính xác của mô hình

Việc ứng dụng cấu trúc giải thuật học máy lai Hybrid-RF kết hợp xử lý dữ liệu radar và số hóa địa hình trên môi trường GEE đã mang lại kết quả phân lớp thảm phủ với độ ổn định và độ tin cậy cực kỳ cao qua cả ba thời điểm nghiên cứu (2020, 2023 và 2026). Chỉ số độ chính xác tổng thể (Overall Accuracy - OA) và hệ số nhất quán Kappa (Kappa coefficient) được định lượng chi tiết như sau: Năm 2020, độ chính xác tổng thể (OA) đạt 99,72%, hệ số Kappa đạt 0,9960; năm 2023, độ chính xác tổng thể (OA) đạt ~99,80%, hệ số Kappa đạt ~0,9970; năm 2026, độ chính xác tổng thể (OA) đạt 99,79%, hệ số Kappa đạt 0,9972.

Các giá trị thống kê độ chính xác gần như lý tưởng này bắt nguồn từ hiệu quả của việc phân tách hai lớp thảm phủ có phổ quang học tương đồng là đất trống/cát trọc ven biển và công trình xây dựng/bê tông hóa bằng kênh radar Sentinel-1 (ngưỡng VV > -8,5 dB). Việc loại bỏ được các lỗi nhầm lẫn phổ kinh điển này giúp kết quả đánh giá xu hướng biến động đạt độ tin cậy tuyệt đối về mặt khoa học kỹ thuật, làm cơ sở vững chắc cho các đề xuất quy hoạch đô thị tiếp theo.

3.2. Hiện trạng sử dụng đất qua các giai đoạn 2020, 2023 và 2026

3.2.1. Các loại hình sử dụng đất

Dựa trên kết quả phân tích chuỗi ảnh vệ tinh đa thời gian, cấu trúc lớp thảm phủ (LULC) của đô thị Phan Rang với tổng diện tích nghiên cứu được giới hạn ổn định ở mức 2.009,89 ha được định lượng chi tiết theo 5 loại hình chính bao gồm: (1) Mặt nước; (2) khu dân cư; (3) đất trống/cát trọc; (4) thực vật thưa/nông nghiệp; (5) rừng/thực vật phủ dày. Số liệu diện tích cụ thể qua các mốc thời gian được tổng hợp tại Bảng 1. Bảng số liệu cho thấy cấu trúc thảm phủ tại Phan Rang đang chịu sự tác động rất mạnh từ quá trình đô thị hóa và xây dựng hạ tầng cơ sở. Đất nông nghiệp/thực vật thưa liên tục giảm sút qua các mốc thời gian, nhường chỗ cho sự gia tăng liên tục của các khu dân cư.

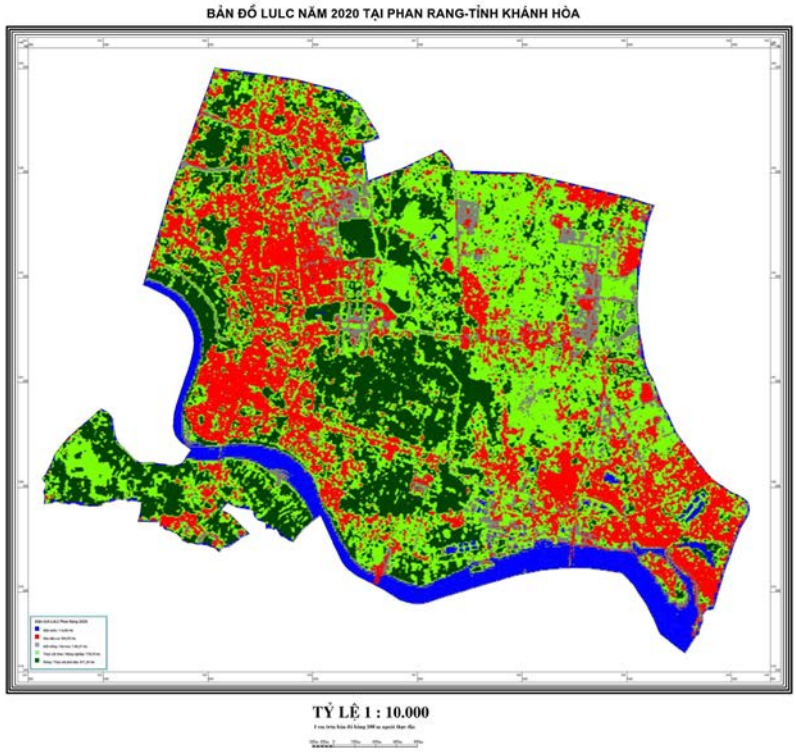
Đáng chú ý, nguồn tài nguyên mảng xanh tự nhiên dày (lớp rừng) có xu hướng sụt giảm mạnh trong giai đoạn đầu nhưng đã có những chuyển biến tích cực trong giai đoạn sau.

Bảng 1. Loại hình sử dụng đất tại các mốc thời gian 2020, 2023 và 2026

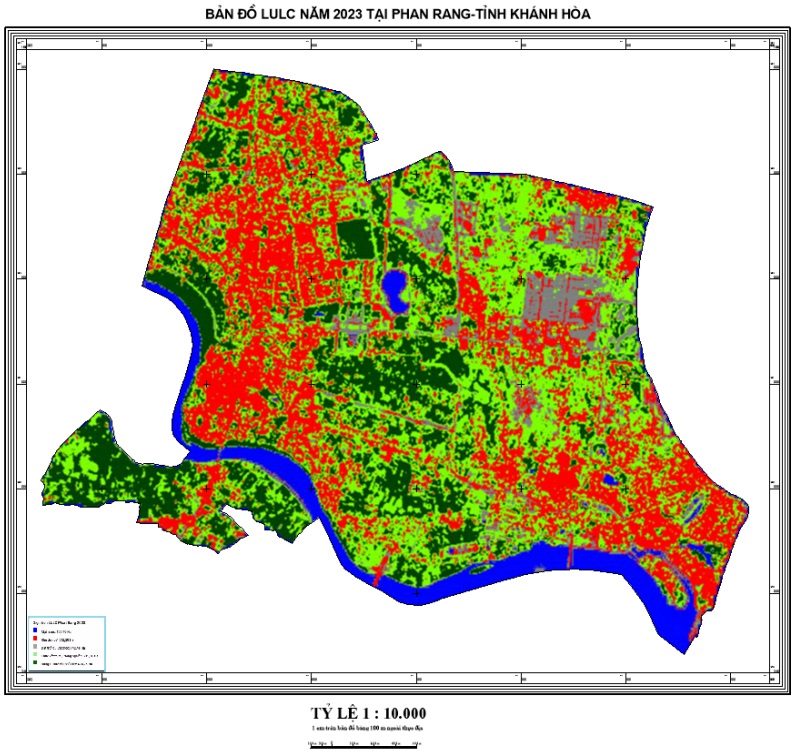
STT	Loại hình sử dụng đất	2020 (ha)	2023 (ha)	2026 (ha)
1	Mặt nước	116,86	122,69	142,13
2	Khu dân cư	504,95	592,28	638,30
3	Đất trống/Cát trọc	138,37	142,41	106,55
4	Thực vật thưa/Nông nghiệp	778,35	715,76	678,44
5	Rừng/Thực vật phủ dày	471,36	436,75	444,47
	Tổng diện tích	**2.009,89**	**2.009,89**	**2.009,89**

3.2.2. Bản đồ sử dụng đất tại các thời điểm 2020, 2023 và 2026

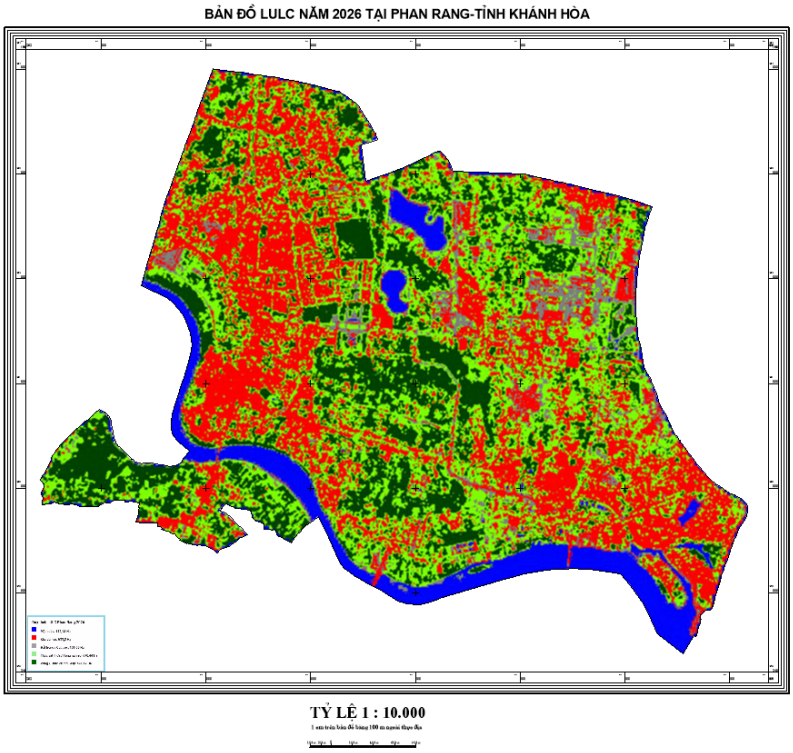
Kết quả giải đoán các ảnh vệ tinh với các thuật toán cho thấy thực trạng sử dụng đất của khu vực nghiên cứu qua 3 năm là 2020, 2023 và 2026.



Hình 1. Bản đồ sử dụng đất tại đô thị Phan Rang ven biển năm 2020



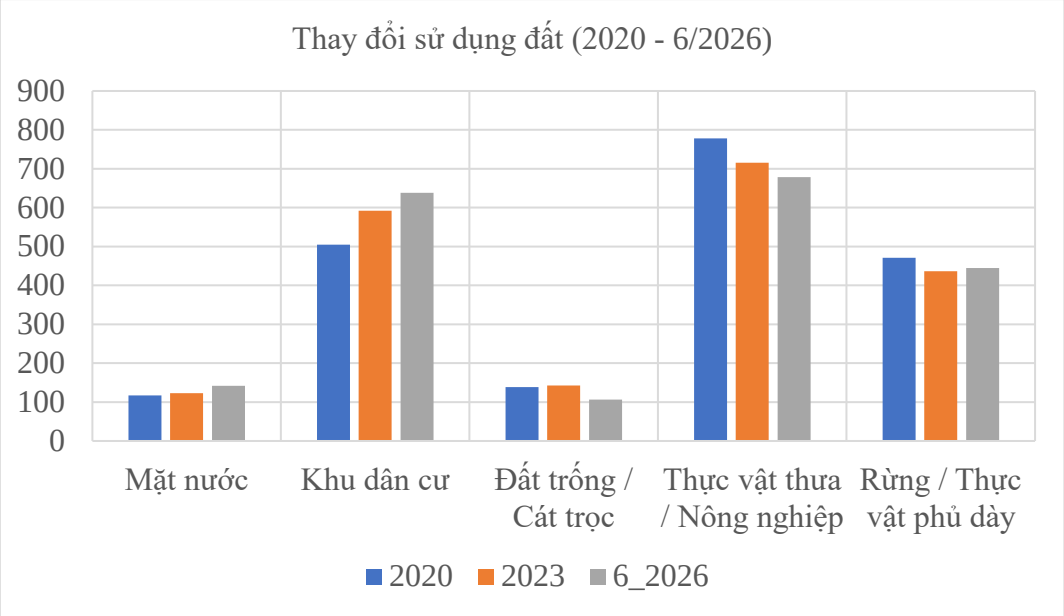
Hình 2. Bản đồ sử dụng đất tại đô thị Phan Rang ven biển năm 2023



Hình 3. Bản đồ sử dụng đất tại đô thị Phan Rang ven biển năm 2026

3.3. So sánh và phân tích biến động

Giai đoạn 2020 - 2023 ghi nhận tốc độ biến động cấu trúc thảm phủ diễn ra khốc liệt nhất trong toàn bộ thời kỳ nghiên cứu (Bảng 4). Sự phát triển bùng nổ của cơ sở hạ tầng, các dự án bất động sản và khu công nghiệp đã thu hẹp nhanh chóng diện tích các mảng xanh tự nhiên và mảng xanh nông nghiệp tại khu vực ven biển Phan Rang.



Hình 4. Thay đổi sử dụng đất giai đoạn 2020 - 6/2026

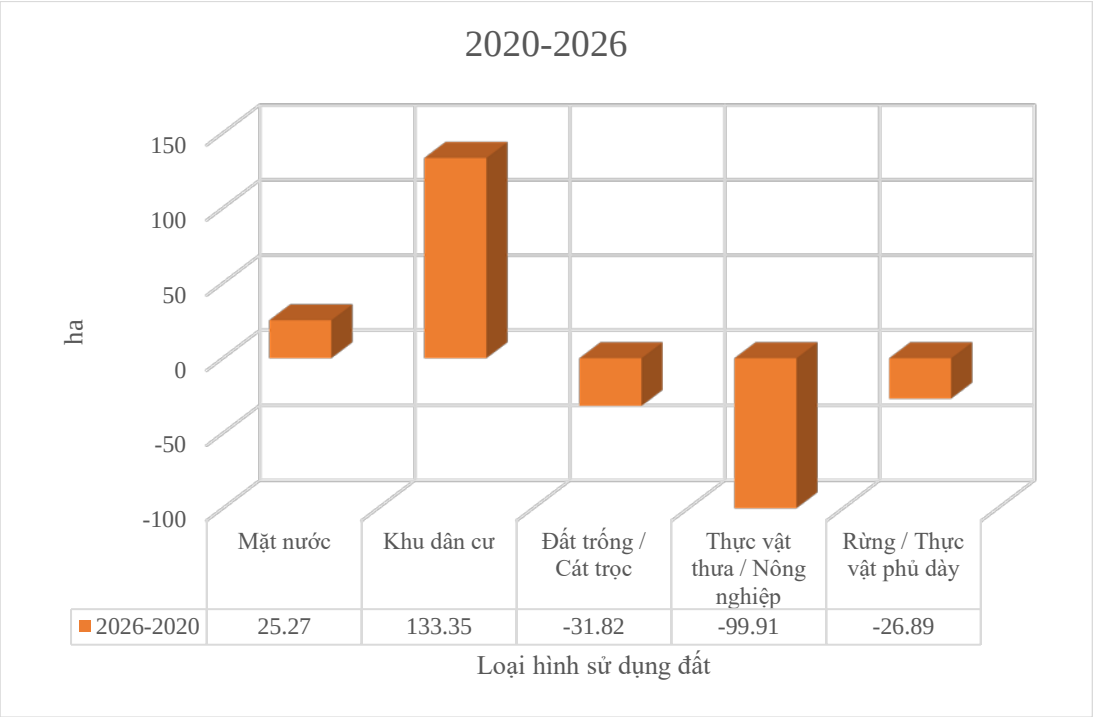
(i) Sự bùng nổ của khu dân cư: Đây là loại hình tăng trưởng mạnh nhất với mức tăng +133,35 ha (tương đương 6,63%). Giai đoạn 2020 - 2023 tăng 4,35% và tiếp tục tăng 2,29% trong giai đoạn 2023 - 2026. Điều này cho thấy tốc độ đô thị hóa và xây dựng hạ tầng diễn ra liên tục; (ii) Sự suy giảm mảng xanh nông nghiệp: Lớp Thực vật thưa/Nông nghiệp giảm mạnh nhất với -99,91 ha (-4,97%). Phần lớn diện tích này đã bị chuyển đổi sang đất ở và hạ tầng đô thị; (iii) Diện tích thực vật phủ dày: Có sự sụt giảm nhẹ -26,89 ha (-1,34%) so với năm 2020, mặc dù có dấu hiệu phục hồi nhẹ trong giai đoạn 2023 - 2026 (+0,38%); (iv) Đất trống và Cát trọc: Sau khi tăng nhẹ vào năm 2023, diện tích này giảm mạnh vào năm 2026 (giảm tổng cộng 31,82 ha so với 2020). Điều này phản ánh việc tận dụng các quỹ đất trống để phát triển đô thị; (v) Mặt nước: Tăng nhẹ +25,27 ha (+1,26%), một tín hiệu tích cực cho thấy việc mở rộng hoặc duy trì các khu vực đầm nuôi trồng thủy sản và hồ điều tiết.

3.3.1. Giai đoạn 2020 - 2026 (biến động tổng thể)

Bảng 2. Biến động các loại hình sử dụng đất giai đoạn 2020 - 2026

Loại hình	**Thay đổi (ha)**	**Tỷ lệ (%)**	**Xu hướng**
Mặt nước	+25,27	+1,26	Tăng nhẹ
Khu dân cư	+133,35	+6,63	Tăng rất mạnh
Đất trống/Cát trọc	-31,82	-1,58	Giảm
Thực vật thưa/Nông nghiệp	-99,91	-4,97	Giảm rất mạnh
Rừng/Thực vật phủ dày	-26,89	-1,34	Giảm

Đây là giai đoạn phản ánh xu thế biến động trong toàn bộ thời kỳ nghiên cứu. Biến động nổi bật nhất là diện tích khu dân cư tăng 133,35 ha (6,63%), cao nhất trong tất cả các loại hình sử dụng đất. Điều này cho thấy quá trình đô thị hóa, mở rộng hạ tầng và phát triển kinh tế - xã hội diễn ra khá mạnh.



Hình 5. Đồ thị biến động các loại hình sử dụng đất 2020 - 2026

Ngược lại, thực vật thưa và đất nông nghiệp giảm tới 99,91 ha (4,97%), là mức giảm lớn nhất. Điều này chứng tỏ phần lớn diện tích đất nông nghiệp hoặc đất có thảm thực vật thấp đã được chuyển đổi sang mục đích xây dựng hoặc các loại hình sử dụng đất khác. Diện tích rừng và thảm thực vật phủ dày giảm 26,89 ha (1,34%), mặc dù mức giảm không lớn nhưng phản ánh sự suy giảm tài nguyên thực vật tự nhiên hoặc bán tự nhiên. Đất trống giảm 31,82 ha (1,58%), cho thấy một phần diện tích đất chưa sử dụng đã được đưa vào khai thác. Mặt nước tăng nhẹ 25,27 ha (1,26%), có thể liên quan đến mở rộng ao nuôi thủy sản, hồ chứa hoặc biến động thủy văn.

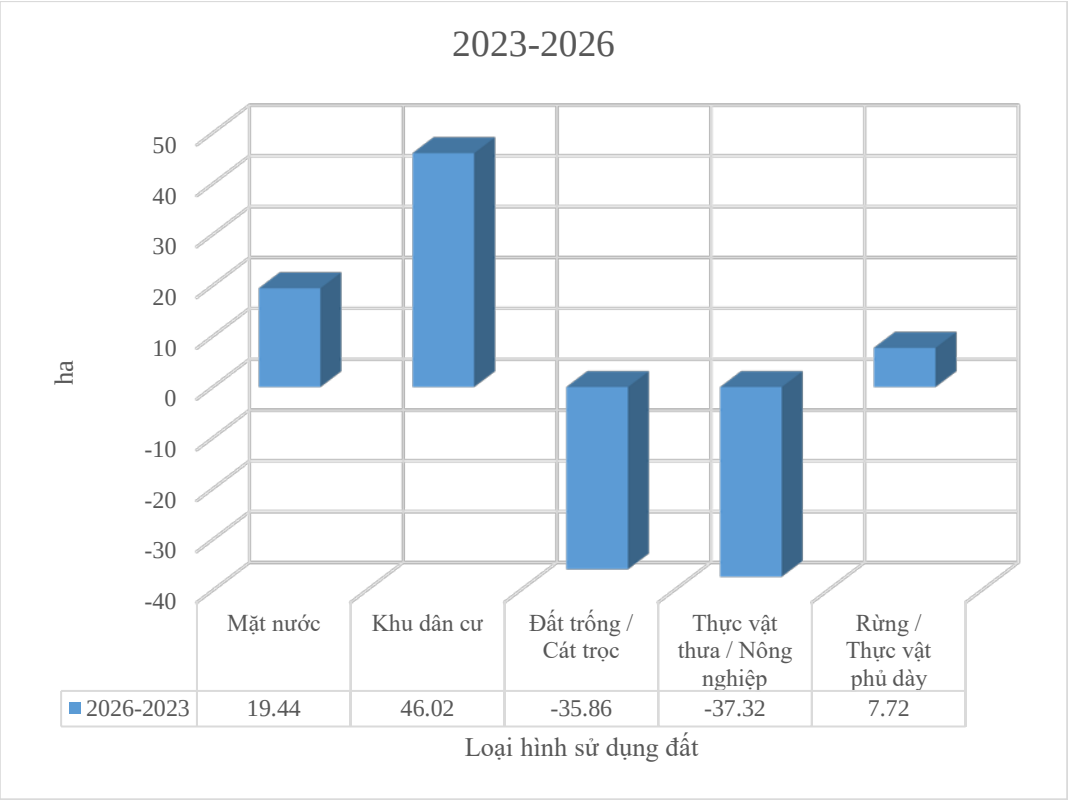
Xu hướng chung của giai đoạn 2020 - 2026 là: (i) Gia tăng mạnh đất xây dựng; (ii) Thu hẹp đất nông nghiệp và thảm thực vật; (iii) Rừng có xu hướng suy giảm; (iv) Đất trống được khai thác sử dụng nhiều hơn.

3.3.2. Giai đoạn 2023 - 2026

Bảng 3. Biến động các loại hình sử dụng đất giai đoạn 2023 - 2026

Loại hình	**Thay đổi (ha)**	**Tỷ lệ (%)**	**Xu hướng**
Mặt nước	+19,44	+0,97	Tăng
Khu dân cư	+46,02	+2,29	Tăng
Đất trống/Cát trọc	-35,86	-1,78	Giảm
Thực vật thưa/Nông nghiệp	-37,32	-1,86	Giảm
Rừng/Thực vật phủ dày	+7,72	+0,38	Tăng nhẹ

So với giai đoạn trước, tốc độ biến động giai đoạn này đã chậm hơn. Diện tích khu dân cư tiếp tục tăng *46,02 ha (2,29%)*, nhưng mức tăng chỉ bằng khoảng một phần ba so với toàn giai đoạn 2020 - 2026. Điểm đáng chú ý là *rừng và thảm thực vật phủ dày tăng 7,72 ha (0,38%)*, phản ánh dấu hiệu phục hồi thảm thực vật hoặc hiệu quả của các chương trình trồng rừng, phủ xanh đất trống và quản lý tài nguyên.



Hình 6. Đồ thị biến động các loại hình sử dụng đất 2023 - 2026

Trong khi đó: Đất trống tiếp tục giảm 35,86 ha, thực vật thưa và đất nông nghiệp giảm 37,32 ha, cho thấy đất chưa sử dụng tiếp tục được khai thác; mặt nước tăng nhẹ 19,44 ha. Đây là giai đoạn có xu hướng: (i) Đô thị hóa vẫn diễn ra; (ii) Xuất hiện dấu hiệu phục hồi rừng; (iii) Đất trống tiếp tục giảm; và (iv) Cơ cấu sử dụng đất ổn định hơn so với trước.

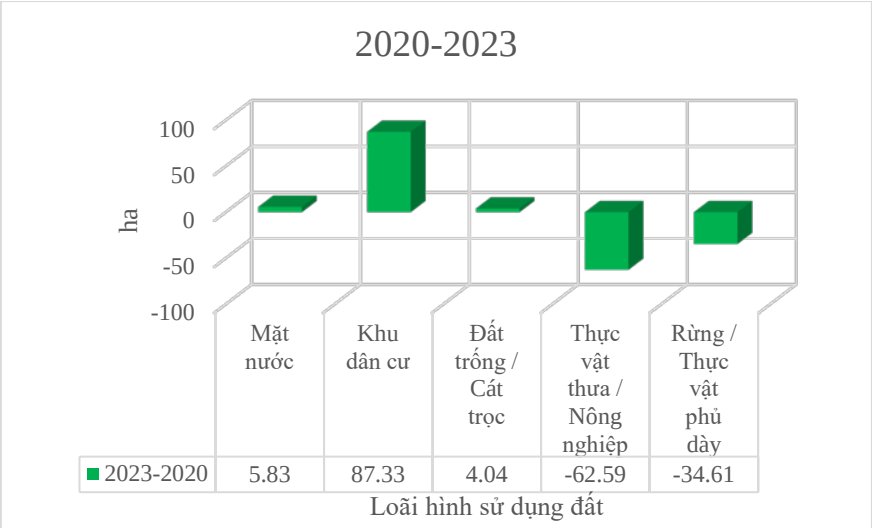
3.3.3. Giai đoạn 2020 - 2023

Bảng 4. Biến động các loại hình sử dụng đất giai đoạn 2020 – 2023

Loại hình	Thay đổi (ha)	Tỷ lệ (%)	Xu hướng
Mặt nước	+5,83	+0,29	Tăng nhẹ
Khu dân cư	+87,33	+4,35	Tăng rất mạnh
Đất trống/Cát trọc	+4,04	+0,20	Tăng nhẹ
Thực vật thưa/Nông nghiệp	-62,59	-3,11	Giảm mạnh
Rừng/Thực vật phủ dày	-34,61	-1,72	Giảm

Đây là giai đoạn có tốc độ biến động lớn nhất.

Diện tích khu dân cư tăng tới *87,33 ha (4,35%)*, phản ánh quá trình phát triển đô thị và xây dựng cơ sở hạ tầng diễn ra nhanh. Song song đó, *thực vật thưa và đất nông nghiệp giảm 62,59 ha*, cho thấy phần lớn đất nông nghiệp được chuyển đổi sang đất xây dựng. Đáng lưu ý là *rừng giảm 34,61 ha (1,72%)*, lớn hơn mức giảm của giai đoạn 2023 - 2026.



Hình 7. Đồ thị biến động các loại hình sử dụng đất 2020 - 2023

Điều này cho thấy áp lực chuyển đổi đất trong những năm đầu của thời kỳ nghiên cứu tương đối lớn. Đất trống tăng nhẹ 4,04 ha có thể do: Giải phóng mặt bằng, san lấp, khai thác, hoặc diện tích chuẩn bị cho các dự án. Đây là giai đoạn: đô thị hóa diễn ra nhanh nhất; suy giảm rừng lớn nhất; đất nông nghiệp giảm mạnh và áp lực lên tài nguyên đất rất rõ.

Bảng 5. So sánh biến động các loại hình sử dụng đất giai đoạn 2020 - 2026

Chỉ tiêu	2020 - 2023	2023 - 2026	2020 - 2026
Tăng khu dân cư (ha)	**87,33**	46,02	133,35
Giảm nông nghiệp (ha)	**62,59**	37,32	99,91
Giảm rừng (ha)	**34,61**	**Tăng 7,72**	26,89
Tăng mặt nước (ha)	5,83	19,44	25,27

- Giai đoạn 2020 - 2023 có cường độ chuyển đổi đất mạnh nhất;
- Giai đoạn 2023 - 2026 tốc độ chuyển đổi chậm lại;
- Rừng bắt đầu có dấu hiệu phục hồi trong giai đoạn 2023 – 2026;
- Khu dân cư luôn tăng trong cả ba giai đoạn;
- Đất nông nghiệp liên tục giảm.

Từ kết quả phân tích có thể đề xuất một số định hướng quản lý như sau: (i) *Kiểm soát mở rộng khu dân cư* theo quy hoạch nhằm hạn chế chuyển đổi tự phát đất nông nghiệp và đất có giá trị sinh thái; (ii) *Tăng cường bảo vệ rừng và thảm thực vật*, đặc biệt tại các khu vực có vai trò phòng hộ hoặc bảo tồn đa dạng sinh học; tiếp tục phát huy các chương trình phục hồi rừng đã mang lại kết quả tích cực trong giai đoạn 2023 - 2026; (iii) *Sử dụng hiệu quả quỹ đất trống*, ưu tiên trồng rừng, phát triển cây xanh hoặc sản xuất nông nghiệp bền vững thay vì chuyển đổi sang mục đích phi nông nghiệp khi không thật sự cần thiết; (iv) *Thiết lập hệ thống giám sát biến động sử dụng đất định kỳ* bằng ảnh viễn thám độ phân giải cao kết hợp GIS nhằm phát hiện sớm các biến động và hỗ trợ ra quyết định quản lý; (v) *Đánh giá tác động của biến động sử dụng đất đến các dịch vụ hệ sinh thái*, như lưu trữ carbon, điều hòa nước, chống xói mòn và bảo tồn đa dạng sinh học, để tích hợp vào quy hoạch phát triển bền vững.

4. NHẬN XÉT XU HƯỚNG VÀ DỰ BÁO QUY HOẠCH ĐÔ THỊ

4.1. Xu hướng biến động

Từ các phát hiện nghiên cứu, nhóm tác giả đề xuất 3 khuyến cáo quản lý vĩ mô

hành chính mang tính sống còn: *Thứ nhất,* kiểm soát chặt chẽ việc mở rộng ranh giới khu dân cư tự phát, hạn chế tối đa việc chuyển đổi thiếu kiểm soát quỹ đất nông nghiệp sinh thái đặc trưng có chức năng làm hành lang xanh giảm nhiệt đô thị; *thứ hai,* tiếp tục duy trì và nhân rộng các chương trình phục hồi rừng tự nhiên và trồng rừng ven biển phòng hộ, bảo tồn nghiêm ngặt mảng xanh tại các khu vực nhạy cảm sinh thái ven biển Phan Rang; *thứ ba,* thiết lập định kỳ hệ thống giám sát tự động sự biến động lớp phủ đất đai và mảng xanh đô thị bằng công nghệ viễn thám độ phân giải cao kết hợp hệ thống GIS nhằm phát hiện sớm các hiện tượng phá hoại thảm thực vật trái phép.

4.2. Đề xuất quy hoạch kiến trúc bền vững với bối cảnh biến đổi khí hậu

Quy hoạch "Hành lang xanh đa lớp": Nhằm cản gió biển bão cát, giảm nhiệt bề mặt, thiết lập mô hình đệm mảng xanh từ ngoài vào trong đô thị. Ưu tiên lựa chọn các loài cây bản địa có sức sống mãnh liệt và khả năng chống chịu hạn mặn đặc biệt cao tại Ninh Thuận như: Phi lao (Casuarina equisetifolia), xương rồng gai, cây Neem Ấn Độ, hoa giấy, cây chà là biển. Các vành đai xanh đa lớp này sẽ giữ vai trò giữ nước, chống xói mòn và ngăn chặn cát lấn sâu vào khu dân cư ven biển.

Phát triển mô hình "Đô thị xốp" (Sponge City) thông minh: Tận dụng sự gia tăng tự nhiên của diện tích mặt nước bằng cách tích hợp hệ thống hồ sinh thái điều tiết nước mưa liên hoàn, vỉa hè tự thấm nước, vườn mưa đô thị thu gom nước xám sau sinh hoạt xử lý sinh học. Hệ thống hồ điều hòa này sẽ đóng vai trò cấp ẩm bổ sung liên tục cho mảng xanh cảnh quan công cộng trong suốt mùa khô kéo dài, đồng thời hạn chế tối đa nguy cơ ngập lụt cục bộ vào mùa mưa cực đoan ngắn ngày.

Kiến trúc thích nghi nhiệt và công trình xanh: Định hướng thiết kế công trình tận dụng hướng gió mát Đông Nam từ biển thổi vào kết hợp các giải pháp thông gió tự nhiên xuyên tâm. Áp dụng các giải pháp cách nhiệt thông minh bằng vật liệu xanh thân thiện địa phương, tăng hệ số phản xạ nhiệt mái công trình (cool roofs), đồng thời xanh hóa bề mặt đứng kiến trúc (vườn đứng, mái xanh) để hấp thụ bớt lượng bức xạ mặt trời cực lớn tại Phan Rang.

Phát triển mô hình "Đô thị nén" thông minh kết hợp khoảng mở: Hạn chế việc chia lô bán nền trải dài gây lãng phí quỹ đất và tăng nguy cơ bê tông hóa bề mặt diện rộng. Thay vào đó, khuyến khích mô hình nhà ở cao tầng tích hợp mật độ cao để tiết kiệm diện tích phủ đất đai, dành quỹ đất dôi dư tập trung thiết lập các công viên xanh trung tâm chất lượng cao, giúp quản lý tập trung và tưới tiêu nước tuần hoàn hiệu quả hơn.

Kết quả cho thấy trong giai đoạn 2020 - 2026, khu vực nghiên cứu chịu tác động rõ rệt của quá trình đô thị hóa với sự gia tăng đáng kể diện tích đất khu dân cư, chủ yếu chuyển đổi từ đất nông nghiệp và thảm thực vật thưa. Tuy nhiên, giai đoạn 2023 - 2026 đã xuất hiện tín hiệu tích cực khi diện tích rừng/thảm thực vật phủ dày tăng trở lại, cho thấy hiệu quả bước đầu của công tác phục hồi hoặc quản lý tài nguyên đất. Đây là cơ sở quan trọng để định hướng quy hoạch sử dụng đất theo hướng cân bằng giữa phát triển kinh tế và bảo tồn tài nguyên thiên nhiên trong những giai đoạn tiếp theo.

5. KẾT LUẬN

Công trình nghiên cứu đã phân tích và minh chứng một cách khoa học, thực chứng về sự biến động sâu sắc của cấu trúc thảm phủ sử dụng đất, đặc biệt là sự suy sụp đáng báo động của mảng xanh đô thị tại thành phố ven biển bán khô hạn Phan Rang giai đoạn 2020 - 2026. Công cụ học máy lai Hybrid-RF trên nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine đã thể hiện vai trò vượt trội, đột phá trong công tác phân tách chuẩn xác các thảm phủ có đặc tính nhạy cảm phổ.

Trong bối cảnh áp lực bê tông hóa gia tăng liên tục từ quỹ đất khu dân cư (+133,35 ha), việc mảng xanh thảm phủ thấp bị thu hẹp đột ngột đặt ra những bài toán hóc búa về cân bằng môi trường sinh thái. Mặc dù sự hồi sinh tích cực của thảm rừng ở giai đoạn

2023 - 2026 mang lại những niềm hy vọng lớn, nhưng công tác quản lý và thiết lập quy hoạch thích ứng khô hạn cần phải được đẩy mạnh gấp thiết hơn bao giờ hết. Để hướng tới một tương lai phát triển bền vững, quy hoạch TP Phan Rang cần lấy giải pháp "thích ứng chủ động" làm triết lý cốt lõi, bảo tồn nguyên vẹn các quỹ mảng xanh phòng hộ ven biển, phát triển hành lang cây xanh đa lớp và áp dụng mô hình đô thị xốp tích trữ nước thông minh trước các đợt biến đổi khí hậu khắc nghiệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Breiman, L. Random forests. Machine Learning, no. 45(1), pp. 5-32, 2001, doi: 10.1023/A:1010933404324.

[2] Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, no. 202, pp. 18-27, 2017, doi: 10.1016/j.rse.2017.06.031.

[3] Lê Hồng Phong. Đô thị Phan Rang - Tháp Chàm: Định hướng quy hoạch xanh thích ứng với biến đổi khí hậu vùng ven biển cực Nam Trung Bộ. Tạp chí Quy hoạch Xây dựng, số 145, tr. 12-19, 2024.

[4] McFeeters, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, no. 17(7), pp. 1425-1432, 1996, doi: 10.1080/01431169608948714.

[5] Nguyễn An Thịnh, Trần Vân Anh và Phạm Văn Mạnh. Giám sát không gian xanh đô thị bằng dữ liệu viễn thám đa thời gian và công nghệ GIS. Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, số 38(2), tr. 45-56, 2022.

[6] Phạm Thị Anh. Phát triển đô thị xanh thích ứng với biến đổi khí hậu ở Việt Nam: Thách thức và giải pháp kiến trúc thích nghi nhiệt. Tạp chí Xây dựng, số 11, tr. 78-83, 2023.

[7] Trần Văn Tuấn. Ứng dụng điện toán đám mây Google Earth Engine trong nghiên cứu biến động lớp phủ thực vật và hoang mạc hóa vùng khô hạn. Tạp chí Các khoa học về Trái đất, số 43(3), tr. 312-325, 2021.

[8] Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. International Journal of Remote Sensing, no. 24(3), pp. 583-594, 2003, doi: 10.1080/01431160304987.