

Bài báo khoa học

Diễn biến đô thị hóa và nhiệt độ bề mặt ở thành phố Long Xuyên

Phan Trường Khanh¹, Hồ Văn Tuấn Anh¹, Nguyễn Đức Thắng¹, Trần Thị Hồng Ngọc^{1*}

¹ Khoa Kỹ thuật Công nghệ Môi trường, Trường Đại học An Giang-ĐHQG-TP.HCM;
ptkhanhagu@gmail.com; tuanho1406@gmail.com; akthang98@gmail.com

*Tác giả liên hệ: tthngocagu@gmail.com; Tel: +84-917886178

Ban Biên tập nhận bài: 12/3/2024; Ngày phản biện xong: 22/4/2024; Ngày đăng bài: 25/8/2024

Tóm tắt: Thành phố Long Xuyên hiện đang đẩy mạnh việc quy hoạch nhằm tạo ra một môi trường thân thiện với tự nhiên. Để hỗ trợ công tác này, nghiên cứu được tiến hành nhằm phân tích sự phát triển và biến động không gian đô thị của thành phố từ năm 2014 đến năm 2022. Bằng phương pháp phân loại đối tượng, nghiên cứu đã làm rõ sự thay đổi cấu trúc không gian đô thị cũng như sự biến động của các lớp phủ bề mặt của thành phố qua thời gian. Kết quả giải đoán ảnh viễn thám giai đoạn năm 2014-2022 cho thấy đô thị hóa đã dịch chuyển về phía Tây Nam của thành phố trong những năm gần đây, diện tích nhà ở và các công trình bê tông hóa tăng 62,67%, diện tích ruộng lúa giảm 50,71%. Diện tích cây xanh trên đầu người tăng từ 15,59m²/người vào năm 2014 lên đến 25,56m²/người vào năm 2022 và đạt tiêu chuẩn đô thị loại I, II. Có hiện tượng đảo nhiệt đô thị ở các khu vực có mật độ bê tông hóa cao đặc biệt ở vị trí trung tâm thành phố.

Từ khóa: Đô thị hóa; Landsat; Viễn thám; Nhiệt độ bề mặt; Thành phố Long Xuyên.

1. Giới thiệu

Sự tăng trưởng nhanh chóng của các khu vực đô thị trên toàn thế giới đã được quan sát thấy trong vài thập kỷ qua [1]. Các yếu tố chính góp phần vào quá trình đô thị hóa là thiếu sự phát triển kinh tế và dân số ngày càng tăng [2]. Mặc dù dân số toàn cầu tăng trưởng chậm nhưng người ta vẫn dự đoán số lượng người sẽ tiếp tục tăng vào khoảng năm 2030 [1]. Theo ước tính, diện tích đô thị trên thế giới dự kiến sẽ tăng thêm hơn một triệu km vào năm 2030 [1, 3-6]. Từ cuối thế kỷ XVIII đến giữa thế kỷ XIX, nước Anh có dân số đô thị tăng từ 20% lên 51% và là nước có mức độ đô thị hóa đầu tiên trên thế giới. Làn sóng đô thị hóa thứ hai bắt đầu từ nửa sau thế kỷ XIX diễn ra tại Châu Mỹ và Châu Đại Dương bắt đầu từ các nước lớn: Mỹ, Canada, Ôxtrâyli. Hiện nay Ôxtrâyli đã trở thành quốc gia có mức đô thị hóa cao nhất thế giới với tỷ lệ đô thị hóa 93% [7]. Làn sóng thứ ba của đô thị hóa diễn ra chủ yếu tại Braxin, Mehico, Nhật Bản, Hàn Quốc vào những năm 50 của thế kỷ XX. Tỷ lệ đô thị hóa của các nước này gần bằng các nước phát triển, nhưng trình độ kinh tế của các nước này chỉ bằng 5-10% nước Anh, Mỹ thậm chí thấp hơn, chất lượng phát triển đô thị cũng tương đối thấp [8]. Làn sóng đô thị hóa thứ tư phát triển nhanh chóng vào khoảng thế kỷ XXI, tập trung ở các quốc gia đang phát triển ở Châu Á và Châu Phi. Nổi bật nhất là hai quốc gia đông dân nhất nhì thế giới là Trung Quốc và Ấn Độ. Người ta ước tính diện tích đất đô thị của Trung Quốc tăng trưởng với tốc độ hàng năm là 13,3% [9]. Năm 2019, tỷ lệ đô thị hóa của Trung Quốc 68,37% [10]. Ở Ấn Độ tỷ lệ đô thị hóa ở mức 35%, chủ yếu là do tỷ lệ sinh của nước này khá cao và là nguyên nhân chính dẫn đến tăng dân số đô thị của nước này [11]. Ở Việt Nam đô thị đã tăng từ 30,5% năm 2010 lên gần 40% năm 2020 và hiện nay tỷ lệ đô thị hóa khoảng 42% [12]. Đô thị hóa là tất yếu khách quan, là một động lực quan trọng cho phát triển kinh tế - xã hội nhanh và bền vững trong thời gian tới. Do đó, mục tiêu đặt ra là tỷ lệ đô thị

hoá ở Việt Nam đến năm 2025 đạt tối thiểu 45%, năm 2030 đạt trên 50%. Tầm nhìn đến năm 2045, tỷ lệ đô thị hoá ở Việt Nam thuộc nhóm trung bình cao của khu vực ASEAN và Châu Á [13].

Sự phát triển đô thị mang lại những ảnh hưởng tích cực đối với cuộc sống của cộng đồng dân cư bởi vì nó tạo điều kiện cho họ nâng cao chất lượng cuộc sống, thay đổi phân bố dân cư, cung cấp nguồn lao động dồi dào cho đô thị và làm cho lối sống của dân cư nông thôn nhích gần lối sống thành thị về nhiều mặt [14]. Tuy nhiên, sự mở rộng của các khu đô thị đã gây ra những hậu quả không chỉ tích cực mà còn tiêu cực [15] như thiếu việc làm, tệ nạn xã hội, sụt giảm nguồn lao động nông thôn, ô nhiễm môi trường, gia tăng khoảng cách giàu nghèo giữa thành thị, nông thôn.

Đô thị hóa là quá trình phức tạp với nhiều yếu tố và cơ chế liên quan đến sự phát triển của nó. Để hiểu rõ tác động của nó, cần phải nghiên cứu kỹ lưỡng các khía cạnh khác nhau. Phân tích thay đổi lớp phủ sử dụng đất là một cách hiệu quả để dự đoán đặc điểm của khu vực đô thị [16, 17]. Một mô phỏng toàn diện về quá trình phát triển đô thị là cần thiết trong thế giới ngày nay [18, 19]. Các mô hình đô thị sử dụng các phương trình toán học để mô tả hệ thống đô thị [20, 21]. Sự tương tác giữa các chiến lược và khía cạnh khác nhau giúp dự đoán thay đổi tương lai lớp phủ sử dụng đất. Điều này giúp chính quyền địa phương trong việc xây dựng chính sách và ra quyết định.

Long Xuyên được coi là một thành phố khá nổi bật ở Đồng bằng sông Cửu Long đã trải qua quá trình đô thị hóa. Quá trình đô thị hóa tại thành phố đã diễn ra mạnh mẽ tạo ra sự chuyển biến đáng kể trong kinh tế, cơ sở hạ tầng và văn hóa xã hội theo hướng hiện đại và văn minh hơn. Việc này được chính phủ công nhận thành phố Long Xuyên là đô thị loại I trực thuộc tỉnh vào năm 2020 theo Quyết định số 1078/QĐ-TTg. Mặc dù đã có sự đầu tư đáng kể vào cơ sở hạ tầng kỹ thuật của đô thị, nhưng vẫn còn tồn tại nhiều hạn chế như tình trạng di cư, nhà ổ chuột, không gian đô thị chật hẹp, thiếu cây xanh, chất thải, hệ thống cống thoát xuống cấp, khai thác quá mức tài nguyên đất, nước và rừng đã gây ra những vấn đề môi trường đáng lo ngại. Những biểu hiện của vấn đề này thể hiện qua các chỉ số như tỷ lệ diện tích cây xanh, diện tích mặt nước, mức độ bê tông hóa và sự biến đổi nhiệt độ bề mặt đất. Những thách thức này có thể ảnh hưởng đến sự phát triển bền vững của đô thị trong tương lai. Để cung cấp cơ sở khoa học cho quy hoạch thành phố bền vững, cần nghiên cứu sự biến động các lớp phủ bề mặt và hiện tượng đảo nhiệt của đô thị theo không gian và thời gian. Có nhiều phương pháp khác nhau để thực hiện nhiệm vụ này, trong đó ứng dụng viễn thám là một trong những phương pháp hiệu quả nhất.

Với sự tiến bộ liên tục của công nghệ viễn thám, việc quan sát Trái Đất từ các vệ tinh quang học đã trở nên phổ biến hơn bao giờ hết. Điều này mang lại nhiều ưu điểm, bao gồm phạm vi quan sát mở rộng, đa dạng về độ phân giải không gian và thời gian. Có nhiều nghiên cứu trên thế giới liên quan đến đô thị bằng sử dụng ảnh vệ tinh như nghiên cứu [22] sử dụng mô hình CA-Markov để dự báo xu hướng tương lai cho sự thay đổi lớp phủ sử dụng đất và nhiệt độ bề mặt của thành phố Tianjin, Trung Quốc. Kết quả nghiên cứu cho thấy diện tích xây dựng tăng từ 2005-2020 chủ yếu là do diện tích nông nghiệp giảm 11,90%. Nhiệt độ bề mặt đất trung bình của khu vực nghiên cứu tăng từ 23,50 lên 36,51°C, nhiệt độ cao ở các khu vực xây dựng tăng 1,5%, độ che phủ của thảm thực vật giảm. Từ năm 2020 đến năm 2050, nhiệt độ bề mặt đất dự kiến sẽ tăng thêm 9,5°C. Các khu vực có nhiệt độ cao chuyển sang phân bố trên không. Nghiên cứu [23] cho thấy rằng độ che phủ của cây và nhiệt độ có mối tương quan đáng kể, tức là mức độ che phủ cây càng cao, hiệu ứng đảo nhiệt đô thị càng thấp và ngược lại. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng mô hình tương quan giữa nhiệt độ và NDVI là động, có nghĩa là sự thay đổi của NDVI có thể gây ra những thay đổi lớn đối với nhiệt độ. Nghiên cứu [24] thu thập dữ liệu nhiệt độ bề mặt đất từ ảnh MODIS với độ phân giải 1km/pixel trong khoảng thời gian 11 năm, từ năm 2001 đến năm 2011 cùng với dữ liệu về đô thị hóa từ bản đồ ISTAT. Mối quan hệ giữa các biến phụ thuộc (giá trị trung bình nhiệt độ hàng năm ban ngày, ban đêm và hàng ngày) và các biến độc lập (các khu vực đô thị hóa) được nghiên cứu

thông qua kiểm định ANOVA. Kết quả cho thấy rằng thung lũng Po, ở Ý là nơi có khí hậu và hình thái đồng nhất, đã cung cấp một trường hợp kiểm tra lý tưởng để nghiên cứu ảnh hưởng của các cụm đô thị. Đặc biệt, tác giả đã chứng minh rằng các mẫu không gian tăng trưởng đô thị khác nhau đã có một tác động khác nhau đối với mẫu nhiệt đô thị hiện có, đặc biệt các mẫu tăng trưởng đô thị tập trung có mối quan hệ có ý nghĩa thống kê với các điều kiện ban ngày, ban đêm và hàng ngày trong khi các mẫu tăng trưởng đô thị phân tán chỉ có mối quan hệ với điều kiện ban đêm. Kết quả này hữu ích và có ý nghĩa quan trọng đối với quy hoạch đô thị, và xác định các lĩnh vực lãnh thổ quan trọng cần có các biện pháp giảm nhẹ nhiệt độ hướng đến đô thị bền vững [25]. Nghiên cứu [26] cho rằng các khu vực có cây cỏ thường giảm căng thẳng nhiệt độ cao. Tuy nhiên, hiệu ứng này phụ thuộc vào kích thước và hình dạng của không gian xanh. Sự kết hợp của cây xanh và mặt nước có thể mang lại nhiều lợi ích hệ sinh thái và trong quy hoạch đô thị có thể giúp giảm thiểu tác động tiêu cực của hiệu ứng đảo nhiệt và tăng cường sự chống chịu với biến đổi khí hậu. Ở Việt Nam, việc ứng dụng viễn thám để nghiên cứu đảo nhiệt đô thị cũng đã được thực hiện ở một số thành phố như nghiên cứu [27] đã chỉ ra rằng tác động của cây xanh đối với giảm thiểu hiện tượng đảo nhiệt bằng cách sử dụng mô hình ENVI-met kết hợp với các kịch bản mô phỏng thay đổi số lượng cây xanh trong khu vực thành phố Hà Nội. Sự ảnh hưởng này được đánh giá thông qua các chỉ số như nhiệt độ không khí, độ ẩm tương đối, nhiệt độ bề mặt, và chỉ số tiện nghi nhiệt. Kết quả xác định rằng việc tăng cường cây xanh và cải thiện hạ tầng xanh có thể giảm nhiệt độ không khí trong khu vực vào thời điểm nóng nhất trong ngày từ 1,5 đến 4,36°C. Đồng thời, cải thiện này cũng tạo ra điều kiện sống thuận lợi hơn cho con người, đặc biệt là vào ban ngày [27]. Nghiên cứu [28] cho thấy có một xu hướng tăng về biến động nhiệt độ trong thành phố Hồ Chí Minh năm 1995, 2005, 2015 và sự mở rộng của các khu vực có nhiệt độ cao đang lan rộng ra các vùng ngoại ô. Sự hình thành đảo nhiệt đô thị bề mặt đã được quan sát trong giai đoạn này với 4 vị trí điển hình cho thấy có sự chênh lệch rõ ràng giữa nhiệt độ bề mặt của khu vực đô thị và khu vực nông thôn. Trong năm 2015, không gian của đảo nhiệt đã mở rộng lên gấp 4 lần so với năm 1995 [28]. Nghiên cứu [29] theo dõi sự biến đổi của nhiệt độ bề mặt và hiệu ứng đảo nhiệt bề mặt đô thị tại thành phố Cần Thơ từ năm 2014 đến 2020, nghiên cứu sử dụng ảnh hồng ngoại nhiệt của Landsat và phương pháp phân loại hướng đối tượng để ước tính lớp phủ bề mặt. Kết quả cho thấy, trong giai đoạn 5 năm, diện tích đô thị tăng 1,33% (tương đương 1.915 ha) và nhiệt độ bề mặt trung bình tăng 1,25°C. Sự biến đổi nhiệt bề mặt phát triển với tốc độ nhanh về cả không gian và thời gian, với năm 2020 ghi nhận đảo nhiệt tối đa là 8,96°C trên diện tích 87,4 ha, so với 6,98°C trên diện tích 42,8 ha vào năm 2014. Các khu vực như khu công nghiệp, nhà máy nhiệt điện và khu dân cư có mật độ xây dựng cao là các điểm nổi bật của đảo nhiệt. Nghiên cứu cũng đề xuất các giải pháp giảm thiểu hiệu ứng đảo nhiệt và bảo vệ môi trường đô thị nên được tích hợp trong chiến lược xây dựng đô thị bền vững trong tương lai [29]. Nghiên cứu [30] đã sử dụng phương pháp NOR và REF để tính toán và tạo bản đồ nhiệt độ cho toàn bộ thành phố Hồ Chí Minh. Trong khi đó, nghiên cứu [31, 32] đã áp dụng kỹ thuật viễn thám để tính toán nhiệt độ trên từng nhóm kiểu thực phủ.

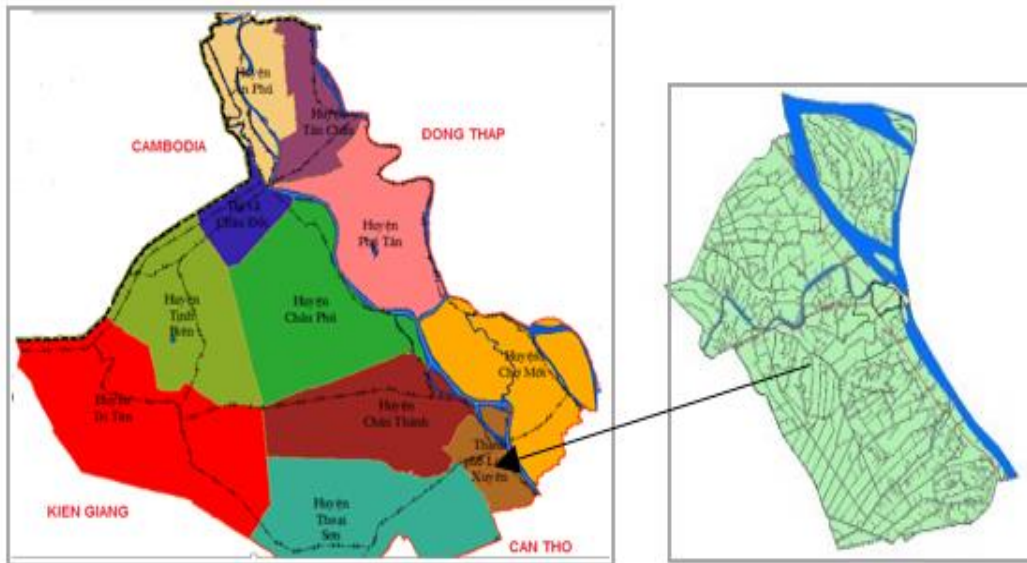
Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng bản đồ các lớp phủ và bản đồ nhiệt bề mặt ở năm 2014, 2018, 2022 cho thành phố Long Xuyên và phân tích diễn biến đô thị hóa, sự thay đổi diện tích lớp phủ và diện tích bề mặt bê tông hóa và chỉ ra các khu vực đảo nhiệt trong thành phố. Từ đó, cung cấp cơ sở khoa học cho chính quyền địa phương trong công tác quy hoạch đô thị hướng tới một thành phố xanh, mát mẻ và phát triển bền vững.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Thành phố Long Xuyên có diện tích 115,65 km², dân số năm 2022 là 272.484 người, có diện tích nội thành là 24,4 km², chiếm khoảng 19,08% diện tích đất tự nhiên, có 13 đơn vị hành chính cấp xã trực thuộc được chia thành 96 khóm-ấp. Thành phố là một trong những

trung tâm đô thị lớn của vùng đồng bằng sông Cửu Long, nằm bên bờ sông Hậu, phía Đông giáp huyện Lấp Vò, tỉnh Đồng Tháp qua một đoạn nhỏ sông Hậu và huyện Chợ Mới; Phía Tây giáp huyện Thoại Sơn; Phía Nam giáp quận Thốt Nốt và huyện Vĩnh Thạnh, Thành phố Cần Thơ; Phía Bắc giáp huyện Châu Thành.



Hình 1. Bản đồ thành phố Long Xuyên.

2.2. Dữ liệu ảnh sử dụng trong nghiên cứu

Ảnh Landsat được sử dụng trong nghiên cứu vì nó cung cấp dữ liệu ảnh với độ phân giải đa phổ, các vệ tinh Landsat có tần số lấy mẫu thường xuyên, hoạt động trong nhiều thập kỷ, cho phép theo dõi sự thay đổi trong thời gian thực và xác định xu hướng dài hạn. Dữ liệu ảnh vệ tinh được sử dụng trong nghiên cứu là các ảnh LANDSAT 8 OLI đã qua xử lý ở cấp độ 1A, độ phân giải 30m, hệ quy chiếu UTM (WGS 84), múi 48. Ảnh được thu vào các ngày mùa khô 26/03/2014 (OLI); 05/03/2018 (OLI); 28/02/2022 (OLI) với độ mây phủ thấp (< 10%), có thể phân biệt rõ các đối tượng lớp phủ bề mặt.

Bảng 1. Thông tin ảnh Landsat 8.

Kênh phổ	Bước sóng (µm)	Độ phân giải
1	0,433–0,453	30 m
2	0,450–0,515	30 m
3	0,525–0,600	30 m
4	0,630–0,680	30 m
5	0,845–0,885	30 m
6	1,560–1,660	30 m
7	2,100–2,300	30 m
8	0,500–0,680	15 m
9	1,360–1,390	30 m
10	10,6–11,2	100 m
11	11,5–12,5	100 m

2.3. Phương pháp kỹ thuật

2.3.1 Xử lý ảnh viễn thám và phân loại lớp phủ bề mặt

Ảnh Landsat được hiệu chỉnh để tăng độ nét, gộp kênh ảnh; cắt ảnh sơ bộ, nắn ảnh- chuyển đổi các ảnh quét đang ở tọa độ hàng cột của các pixel về tọa độ thực. Sau đó sử dụng phần mềm ERDAS để tạo ảnh chỉ số thực vật NDVI. Chỉ số thực vật được xác định theo công thức sau [33]:

$$NDVI = (Band\ NIR - Band\ RED) / (Band\ NIR + Band\ RED) \quad (1)$$

Trong đó NIR là băng phổ cận hồng ngoại (Near Infrared); RED là băng phổ thuộc bước sóng màu đỏ. Đối với Landsat 8, BLUE là Band 2; RED là Band 4, NIR là Band 5, SWIR là Band 6 và Band 7.

Chỉ số NDVI nằm trong khoảng -1 tới 1 và giá trị âm thường ám chỉ sự bao phủ của mây, nước, tuyết, hoặc phản chiếu cao của ánh sáng nhìn thấy; 0-0.1 ám chỉ đến đất đá hoặc nhà cửa. Giá trị dương cho thấy có sự bao phủ cây cỏ và khi mật độ cây cỏ tăng lên, NDVI cũng sẽ tăng theo. Thông thường, khi $NDVI < 0,1$, cây cỏ trong khu vực đó ít.

2.3.2. Phương pháp ước tính nhiệt độ bề mặt đất (LST)

Phương pháp ước tính nhiệt độ bề mặt đất (LST) được thực hiện qua 5 bước sau:

Bước 1: Chuyển đổi giá trị số sang giá trị bức xạ (Radiance): Đối với bộ dữ liệu Landsat cấp độ 1 (level-1) các giá trị được chuẩn hóa dưới dạng số nguyên (DN). Các giá trị DN này được chuyển đổi sang giá trị bức xạ phổ bởi công thức (2) [34]:

$$L_{\lambda} = ML \times Q_{cal} + AL - O_i \quad (2)$$

Trong đó L_{λ} là giá trị bức xạ phổ (Watts/(m²sr $\times$ μ m)); ML (*Radiance multiplicative band 10*) là hệ số chuyển đổi tương ứng của kênh ảnh band 10 là 0.0003342; AL (*Radiance add band 10*) là hệ số chuyển đổi tương ứng của kênh ảnh được cung cấp trong tệp metadata là 0.10000; Q_{cal} là giá trị số của ảnh band 10 (DN); O_i là giá trị hiệu chỉnh cho band 10 là 0,29.

Bước 2: Chuyển đổi giá trị bức xạ phổ sang giá trị nhiệt độ sáng (*Brightness Temperature - BT*): Các bộ cảm biến hồng ngoại nhiệt đo lường bức xạ ở giới hạn trên của khí quyển, do đó cần chuyển sang giá trị nhiệt độ sáng (BT) sử dụng công thức (3):

$$BT = \left[\frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda} + 1}\right)} \right] - 273,15 \quad (3)$$

Trong đó BT là nhiệt độ chiếu sáng (°K); K_1 và K_2 là các hằng số nhiệt hiệu chuẩn cụ thể được xác định trong tệp metadata; L_{λ} là giá trị bức xạ phổ (Watts/(m²sr $\times$ μ m)). Với K_1 là 774,8853; K_2 là 1321,0789.

Bước 3: Xác định chỉ số thực vật NDVI theo công thức (1) ở trên

$$NDVI = (Band\ 5 - Band\ 4) / (Band\ 5 + Band\ 4) \quad (4)$$

Bước 4: Tính độ phát xạ trung bình của lớp phủ bề mặt (*LSE - Land Surface Emissivity*) được tính từ giá trị NDVI [35].

$$PV = ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2 \quad (5)$$

Trong đó PV là tỷ lệ của thực vật; NDVI là giá trị số từ ảnh NDVI; $NDVI_{min}$ là giá trị số nhỏ nhất từ ảnh NDVI; $NDVI_{max}$ là giá trị số lớn nhất từ ảnh NDVI.

Độ phát xạ của lớp phủ đất (*LSE - Land Surface Emissivity*) được tính theo công thức (6) [36]:

$$LSE = 0,004 \times PV + 0,986 \quad (6)$$

Trong đó PV là tỷ lệ của thực vật; 0,986 là giá trị hiệu chỉnh của phương trình (6).

Bước 5: Nhiệt độ bề mặt đất (*Land Surface Temperature - LST*) tính theo công thức (7) [37]:

$$LST = \frac{BT}{\left(1 + \left(\frac{\lambda \times BT}{c_2} \right) \times \ln(LSE) \right)} \quad (7)$$

Trong đó giá trị λ của Landsat 8 cho band 10 là 10,8; $c_2 = h \times c / s = 14388 \mu\text{mK}$; h là hằng số Planck ($6,626 \times 10^{-34}$ Js); s là hằng số Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$ JK); c là vận tốc ánh sáng ($2,998 \times 10^8$ m/s).

2.3.3. Đánh giá sai số

Sai số (%) là quá trình xác định mức độ chênh lệch giữa các giá trị thực đo và giá trị giải đoán hoặc giá trị dự đoán. Nó giúp đo lường độ chính xác của phương pháp bằng cách tính

toán độ lệch trung bình. Công thức tính sai số thường được áp dụng để đánh giá mức độ phù hợp của phương pháp xác định nhiệt độ như sau:

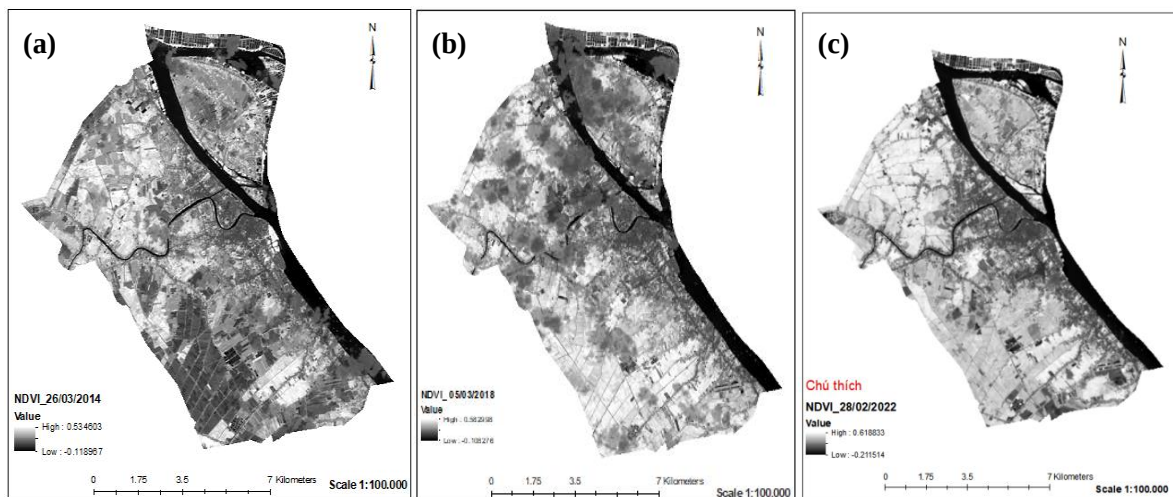
$$\text{Sai số (\%)} = [(LST_{tb} \text{ thực đo} - LST_{tb} \text{ từ ảnh vệ tinh}) / LST_{tb} \text{ thực đo}] \times 100 \quad (8)$$

3. Kết quả thảo luận

3.1. Sự mở rộng không gian đô thị thành phố Long Xuyên giai đoạn 2014-2022

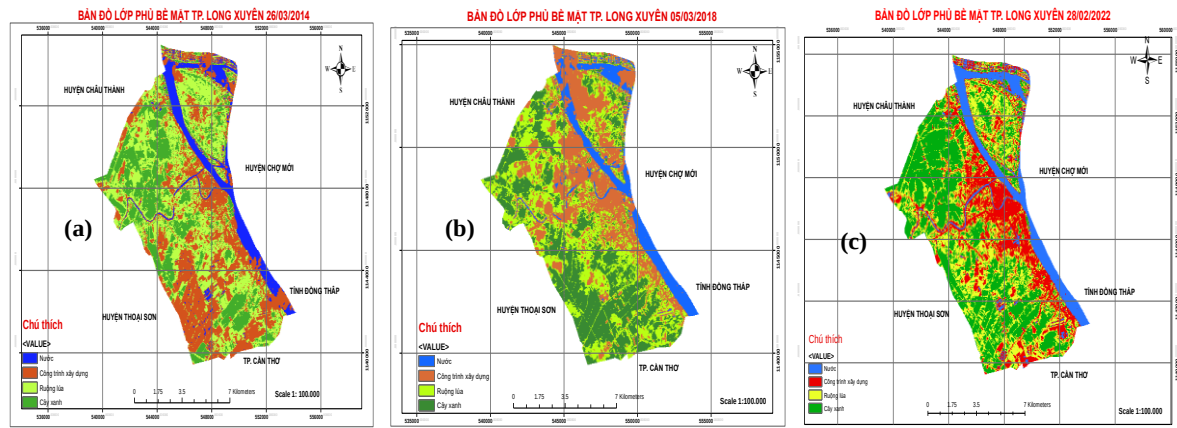
Đô thị được thành lập và phát triển thông qua quá trình đô thị hóa tức là quá trình phát triển KTXH, văn hoá và không gian kiến trúc. Thông thường phường, quận là đơn vị hành chính nền tảng. Tuy nhiên, các đơn vị hành chính này có ranh giới cố định, do đó không phản ánh được xu thế biến động không gian thực sự của vùng trung tâm đô thị. Vì vậy, sự gia tăng các không gian tập trung với mật độ cao dân cư và các công trình xây dựng được biểu thị cho đô thị hóa.

Vào những năm đầu thập kỷ 90, thành phố Long Xuyên được thành lập với 10 đơn vị hành chính với 70% số nhà tạm bợ. Năm 2000, tỉ lệ nhà tạm giảm nhanh còn 44%. Đến năm 2005, cơ sở hạ tầng của thành phố được đồng bộ và tạo một mặt kiến trúc mới của đô thị. Phường Đông Xuyên và phường Mỹ Hòa được thành lập. Từ năm 2014 đến nay, thành phố được mở rộng ở mức độ tập trung cao dần ra các vùng xung quanh. Đây cũng là thời kỳ tăng trưởng kinh tế mạnh mẽ của thành phố. Nhà cửa mọc lên san sát tạo thành dãy, có những phường ở trung tâm. Kết quả giải đoán ảnh Landsat cho thành phố Long Xuyên ở những năm 2014, 2018, 2022 đã xác định được bốn loại lớp phủ bề mặt dựa trên chỉ số NDVI: lớp mặt nước có chỉ số NDVI dao động từ -0,211-0,049; kế tiếp là công trình xây dựng bao gồm mặt đường, nhà cửa, công ty, xí nghiệp,... có giá trị NDVI là 0,016-0,209; ruộng lúa có NDVI dao động từ 0.173-0.39; cây xanh có giá trị NDVI cao nhất dao động 0.301-0.62 (Hình 2). Kết quả cho thấy có sự biến động rõ rệt theo không gian đô thị với biểu hiện diện tích bề mặt không thấm-nhà ở, khu công nghiệp tăng và với mật độ tập trung cao (Hình 3-lớp màu đỏ) tại khu vực trung tâm và kéo dài ra về phía Tây Nam của thành phố Hình 3c. Từ đó cho phép dự báo rằng quá trình đô thị hóa sẽ diễn ra mạnh mẽ tại các phường Mỹ Thới, Mỹ Thạnh trong thời gian tới. Đô thị phát triển, các cơ sở sản xuất mọc lên nhiều, dân cư đông đúc hẳn lên, các chợ tự phát hình thành tại các ngã ba, ngã tư, các khu nhà trọ cho công nhân do đó



Hình 2. Bản đồ NDVI năm 2014 (a); năm 2018 (b); năm 2022 (c).

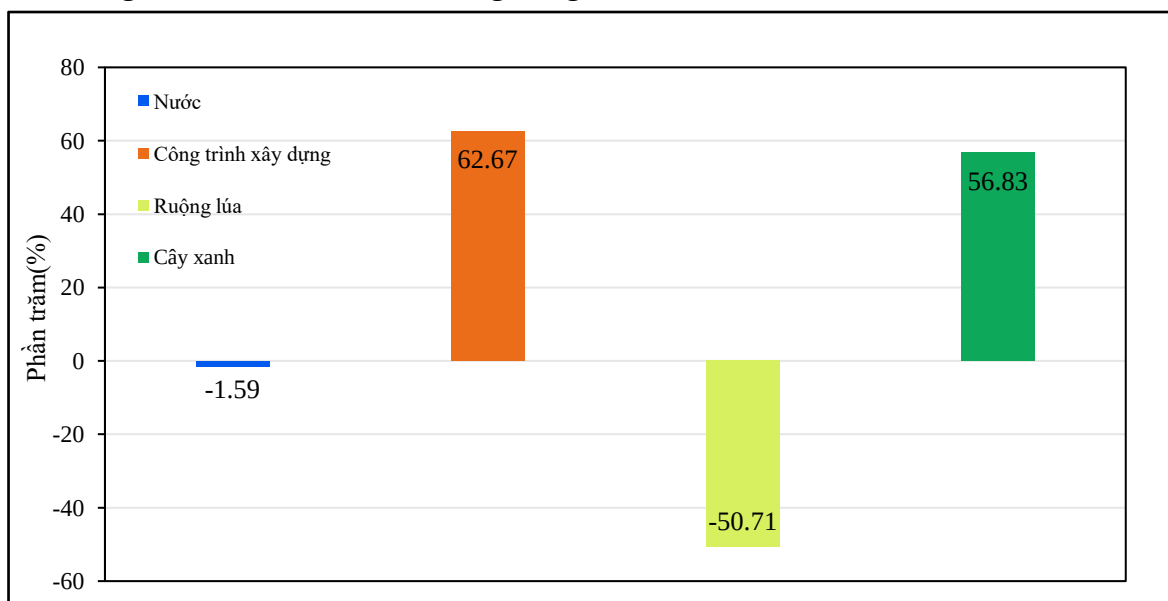
diện tích các lớp bề mặt không thấm tăng mạnh. Xa vùng trung tâm hơn, tại Phường Bình Đức, xã Mỹ Khánh, xã Mỹ Hòa Hưng mức độ đô thị hóa thấp, cảnh quan nông vẫn còn khá phổ biến tuy phần nào bị biến đổi. Nhiều vườn cây, ruộng lúa, xen lẫn những khu đất được phân lô, những ngôi nhà hiện đại cũng khá phổ biến Hình 3. Diện tích đất trồng của thành phố là không còn.



Hình 3. Bản đồ phân bố không gian các lớp phủ cơ bản của TP. Long Xuyên năm 2014 (a), năm 2018 (b), năm 2022 (c).

3.2. Biến động các lớp phủ liên quan đến hiện trạng sử dụng đất

Phân tích dữ liệu từ hình ảnh vệ tinh năm 2022 cho thấy thành phố Long Xuyên có diện tích đất là 11.374,96 ha, độ chính xác của giải đoán ảnh lên tới 98,35% so với số liệu 11.565,6 ha do Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh An Giang công bố. Sự gia tăng đáng kể về diện tích công trình xây dựng là điểm nổi bật. Năm 2022, diện tích này đạt 3.648,85 ha, tăng 62,67% so với năm 2014 khi diện tích công trình xây dựng chỉ là 2.243,1 ha (Hình 3). Sự mở rộng này phản ánh sự phát triển đô thị và tăng cường cơ sở hạ tầng trong thành phố. Một xu hướng tích cực khác là sự gia tăng diện tích cây xanh. Từ 444,5 ha vào năm 2014, diện tích cây xanh đã tăng lên 542,54 ha vào năm 2018 và đạt con số 697,33 ha vào năm 2022, tăng 56,83% (Hình 4). Điều này có thể là dấu hiệu cho thấy thành phố đang quan tâm đến việc cải thiện môi trường sống và không gian xanh cho người dân. Tuy nhiên, sự thay đổi trong việc sử dụng đất cũng kéo theo một số xu hướng đáng chú ý khác. Diện tích ruộng lúa đã giảm mạnh, từ 3.093,5 ha năm 2014 xuống còn 1.524,76 ha vào năm 2022, giảm 50,71%. Sự sụt giảm này phản ánh quá trình chuyển đổi đất nông nghiệp sang mục đích khác như xây dựng công trình công cộng, khu dân cư, đô thị, bệnh viện, và trường học. Trong khi đó, diện tích mặt nước không thay đổi đáng kể trong giai đoạn này, cho thấy yếu tố môi trường thủy sinh của thành phố vẫn giữ được sự ổn định. Kết quả dự đoán diện tích các loại lớp phủ cơ bản trong khu vực nghiên cứu được thể hiện trong Bảng 2.



Hình 4. Tỷ lệ biến động diện tích các lớp phủ của thành phố Long Xuyên năm 2022 so với năm 2014.

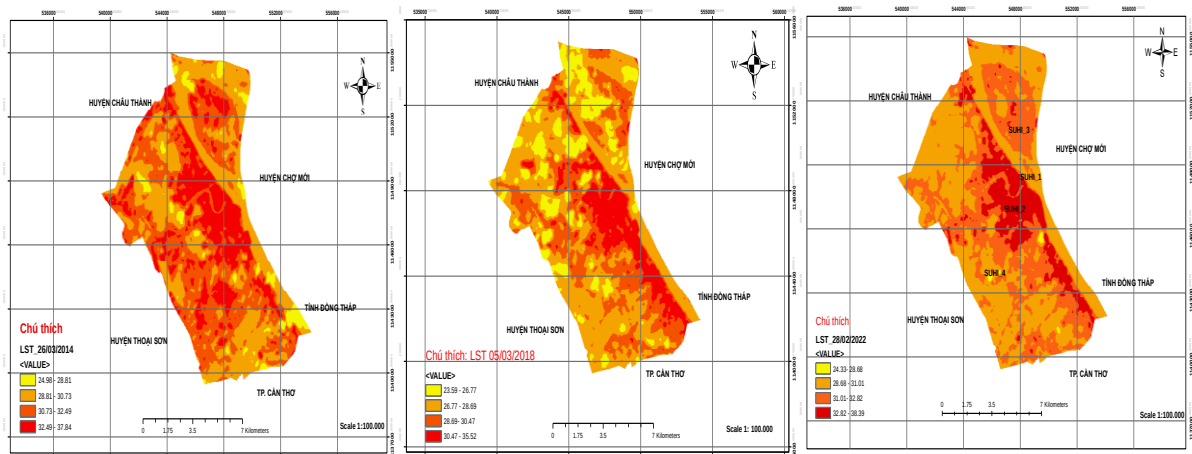
Bảng 2. Kết quả giải đoán diện tích các lớp phủ bề mặt cơ bản của TP. Long Xuyên năm 2014, 2018 và 2022.

Đối tượng	Diện tích (ha) 26/03/2014	Diện tích (ha) 05/03/2018	Diện tích (ha) 28/22/2022
Nước	5.593,12	5.569,3	5.504,01
Công trình xây dựng	2.243,1	3.572,3	3.648,85
Ruộng lúa	3.093,5	1.690,55	1.524,76
Cây xanh	444,5	542,54	697,33
Tổng	11.374,23	11.374,41	11.374,96

3.3. Phân bố nhiệt độ bề mặt đô thị

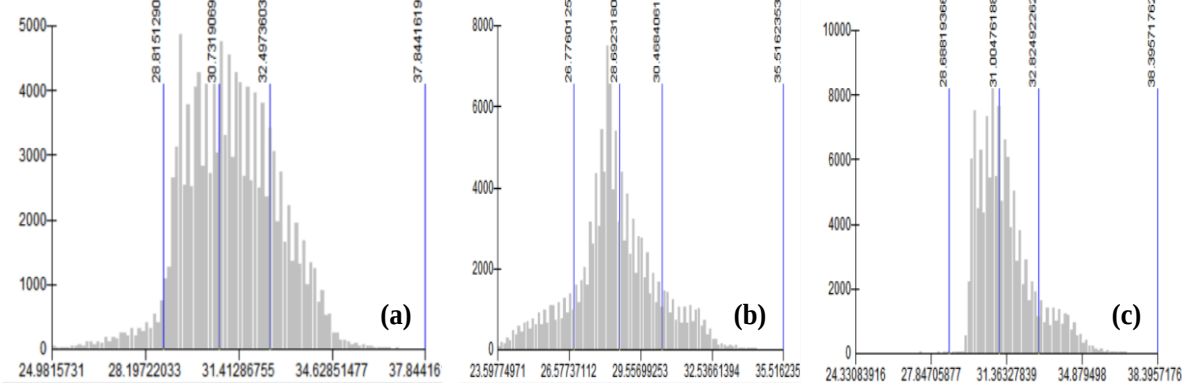
Nghiên cứu [38] xác định chỉ số diện tích cây xanh trên đầu người là một chỉ số quan trọng trong việc đánh giá chất lượng môi trường và quy hoạch không gian đô thị. Kết quả tính toán cho thấy chỉ số diện tích cây xanh trên đầu người năm 2014 là 15,59 m²/người tăng lên 18,93 m²/người vào năm 2018 và tiếp tục tăng 25,56 m²/người vào năm 2022. Theo tiêu chuẩn thiết kế quy hoạch cây xanh sử dụng trong các đô thị của nước ta (TCXDVN 9257:2012) [39] thì tỷ lệ này đạt mức tiêu chuẩn cho đô thị loại I và II: 20,4-24,5 m²/người. Tuy nhiên, diện tích đất cây xanh tính trong tiêu chuẩn là diện tích đất trồng cây xanh công cộng (chỉ bao gồm cây xanh đường phố, cây xanh công viên, vườn hoa) còn trong nghiên cứu này diện tích này được tính bằng tổng diện tích lớp phủ thực vật trong thành phố bao gồm cả cây ăn trái và cây xanh đô thị. Như vậy, để có một thành phố mát mẻ, xanh đẹp việc tính toán chi tiết cây xanh cho từng phường đặc biệt ở trung tâm đô thị là rất cần thiết và là một trong những nội dung quan trọng trong công tác quy hoạch bảo vệ môi trường cho thành phố.

Thay đổi sử dụng đất hay thay đổi bề mặt lớp phủ đã làm thay đổi nhiệt độ bề mặt (LST) của thành phố Long Xuyên là khá rõ ràng được chứng minh qua kết quả phân bố LST tại 3 thời điểm ảnh (Hình 5). Nói chung nền nhiệt độ trên ảnh vệ tinh cho các năm dao động từ 23,59°C đến 38,39°C. Các giá trị cao nhất của LST thường tập trung ở các phường nội thành và khu vực phía Tây của thành phố cũng như các khu vực có hoạt động sản xuất, khu công nghiệp, nhà ở, chợ và các con đường bề mặt nhựa với nhiệt độ dao động từ 30,47°C đến 38,39°C. Trái lại, ở khu vực có cây xanh và mật độ dân cư thấp thường có LST thấp hơn, dao động trong khoảng 23,59°C-28,81°C. Ở khu vực có mặt nước thường có LST từ 26,77°C đến 31,01°C trong khi ở những nơi có ruộng lúa, thường có LST từ 30,47°C-32,82°C. Trung bình LST năm 2014, 2018, 2022 tại thời điểm vệ tinh chụp ảnh là 31,18°C±1,60; 28,51°C±1,75 và 31,33°C±1,35 tương ứng. Kết quả chỉ thị rằng LST năm 2022 cao hơn so với LST năm 2014 là 0,15°C và 2018 là 2,82°C (Hình 5). Phân bố tần suất các khoảng chia LST qua các năm được hiển thị ở Hình 6. Tuy nhiên, các kết quả này chỉ phản ánh sự phân bố của các đảo nhiệt bề mặt đối tượng (SUHI - Surface Urban heat Island) tại thời điểm vệ tinh chụp ảnh. Ở mỗi thời điểm khác nhau, ảnh các lớp đối tượng khác nhau thì SUHI sẽ khác nhau. SUHI có thể



Hình 5. Phân bố LST trên ảnh vệ tinh ở 3 thời điểm chụp của TP. Long Xuyên giai đoạn 2014-2022.

thay đổi tùy thuộc vào các điều kiện khí tượng cụ thể tại từng thời điểm và có thể thay đổi khi chọn các ngưỡng phân cấp nhiệt độ khác nhau.



Hình 6. Phân bố tần suất các khoảng chia LST ở 3 thời điểm chụp của năm 2014 (a), 2018 (b), 2022 (c).

Kết quả giải đoán nhiệt độ phân bố LST từ ảnh vệ tinh của thành phố cũng được kiểm chứng bằng cách đo nhiệt các đối tượng tại hiện trường (Hình 7). Kết quả cho thấy sai số giữa nhiệt độ đo thực tế và giải đoán dao động từ 1,92% đến 14,32% (Bảng 3). Các nghiên cứu đã cho thấy rằng khi áp dụng hiệu chỉnh khí quyển đầy đủ, sai số trong việc xác định nhiệt độ từ ảnh vệ tinh thường nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2°C, tùy thuộc vào phương pháp tính toán [40]. Nghiên cứu [41] cũng đã đưa ra bằng chứng về sai số này bằng cách thiết lập 10 điểm quan trắc tự động, cho thấy mức sai số $\pm 1,95^{\circ}\text{C}$ so với phương pháp đo nhiệt độ bề mặt từ vệ tinh. Những kết quả này khẳng định rằng việc xác định nhiệt độ bề mặt từ vệ tinh là một phương pháp đáng tin cậy, đặc biệt hữu ích cho các nghiên cứu môi trường và biến đổi khí hậu, nhất là trong bối cảnh thiếu hụt các trạm đo mặt đất. Với sự ổn định và độ chính xác đạt được, phương pháp này có thể đóng vai trò quan trọng trong việc thu thập dữ liệu nhiệt độ trên quy mô lớn và hỗ trợ cho việc phân tích các xu hướng dài hạn trong môi trường.

Bảng 3. Sai số tính nhiệt độ qua các vị trí khảo sát ở TP. Long Xuyên.

Vị trí khảo sát	Giá trị LST trung bình thực đo ($^{\circ}\text{C}$)	Giá trị LST trung bình giải đoán ($^{\circ}\text{C}$)	Sai số (%)
SUHI -1	28,95	29,85	3,11
SUHI - 2	37,81	35,61	5,82
SUHI -3	27,92	31,92	14,32
SUHI -4	28,28	26,51	6,26
TP. Long Xuyên - 28/02/2022	30,74	31,33	1,92



Hình 7. Đo nhiệt độ tại các lớp phủ bề mặt ở thành phố Long Xuyên năm 2022.

4. Kết luận

Nghiên cứu về sự phát triển không gian đô thị và biến động lớp phủ tại thành phố Long Xuyên trong 10 năm qua đã sử dụng công nghệ giải đoán ảnh Landsat với độ chính xác cao. Kết quả phân tích cho thấy quá trình đô thị hóa tại thành phố Long Xuyên được biểu hiện qua việc mở rộng diện tích nhà ở, gia tăng các công trình bề mặt không thấm nước và sự mở rộng của không gian đô thị. Nghiên cứu đã xây dựng 03 bản đồ lớp phủ bề mặt cho các năm 2014, 2018, và 2022, đồng thời xác định vị trí và mức độ biến động của các lớp phủ theo thời gian và không gian. Ngoài ra, nghiên cứu cũng đã tính toán diện tích cây xanh trên đầu người, đánh giá sự phân bố của các điểm nóng nhiệt đô thị (SUHI), và nhận thấy sự hình thành đảo nhiệt tại các khu vực trung tâm chủ yếu do hoạt động con người trong quá trình đô thị hóa. Nghiên cứu đã rút ra các kết luận và đề xuất những vấn đề quan trọng cần được chú ý như sau:

(1) Diện tích ruộng lúa dễ bị nhảm lẫn với lớp nước vì do mưa, hoặc do ruộng lúa bị ngập trong thời kỳ chuân bị đất và gieo xạ. Do đó, việc thu thập ảnh viễn thám nên chọn thời điểm cây lúa phát triển và làm đồng.

(2) Cần xác định diện tích cây xanh theo từng đơn vị hành chính để xác định biến động không gian đô thị trên đầu người cho mỗi phường xã. Từ đó so sánh với tiêu chuẩn để điều chỉnh số lượng cây xanh cho các công viên, tòa nhà trong thành phố.

(3) Cần làm giảm nhiệt độ ở các lớp phủ bê tông hóa như mái nhà, mặt đường, bãi đỗ xe... để tạo sự mát mẻ, thoải mái cho người cư ngụ cũng như giảm nhu cầu năng lượng cho con người bằng cách sơn màu sáng cho các lớp đối tượng này.

Những thay đổi trên sẽ có thể làm giảm đáng kể nhiệt độ không khí đô thị, đặc biệt là trong mùa hè nóng bức.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.T.K., T.T.H.N.; Thu Thập số liệu: H.V.T.A., N.Đ.T; Xử lý số liệu: P.T.K., H.V.T.A., N.Đ.T; Viết bản thảo bài báo: P.T.K., T.T.H.N.; Chỉnh sửa bài báo: T.T.H.N., P.T.K.

Lời cảm ơn: Nhóm nghiên cứu chân thành cảm ơn Ban Giám hiệu; Phòng QLKH&ĐTSĐH Trường Đại học An Giang đã tạo điều kiện thuận lợi và hỗ trợ kinh phí cho đề tài mã số 21.02.CN.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Foley, J.A.; DeFries, R.; Asner, G.P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S.R.; Chapin, F.S.; Coe, M.T.; Daily, G.C.; Gibbs, H.K. Global consequences of land use. *Science* **2005**, *309*, 570–574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>.
2. Beckline, M.; Yujun, S.; Yvette, B.; John, A.B.; Mor-Achankap, B.; Saeed, S.; Richard, T.; Wose, J.; Paul, C. Perspectives of remote sensing and GIS applications in tropical forest management. *Am. J. Agric. For.* **2017**, *5*, 33–39. <https://doi.org/10.11648/j.ajaf.20170503.11>.
3. Coseo, P.; Larsen, L. How factors of land use/land cover, building configuration, and adjacent heat sources and sinks explain urban heat islands in Chicago. *Lands. Urban Plan.* **2014**, *125*, 117–129. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.02.019>.
4. Tonkaz, T.; Çetin, M. Effects of urbanization and land-use type on monthly extreme temperatures in a developing semi-arid region, Turkey. *J. Arid Environ.* **2007**, *68*, 143–158. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.03.020>.
5. Carlson, T.N.; Arthur, S.T. The impact of land use–Land cover changes due to urbanization on surface microclimate and hydrology: A satellite perspective. *Glob. Planet. Chang.* **2000**, *25*, 49–65. [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(00\)00021-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(00)00021-7).
6. Walawender, J.P.; Szymanowski, M.; Hajto, M.J.; Bokwa, A. Land surface temperature patterns in the urban agglomeration of Krakow (Poland) derived from

- Landsat-7/ETM+ data. *Pure Appl. Geophys.* **2014**, 171, 913–940. <https://doi.org/10.1007/s00024-013-0685-7>.
7. Mậu, T.N. Những đặc điểm chính và sự gợi ý của quá trình đô thị hóa ở Ôxtrâyliya, Khoa học xã hội Hà Nam, 2013.
8. Ủy Ban Thường vụ quốc hội. Một số vấn đề đô thị hóa các nước trên thế giới. 2023. Trục tuyến: <http://tailieu.ttbd.gov.vn:8080/index.php/tai-lieu/chuyen-de-chuyen-sau/item/2511-m-t-s-v-n-d-v-do-th-hoa-cac-nu-c-tren-th-gi-i>.
9. Zhang, Q.; Su, S. Determinants of urban expansion and their relative importance: A comparative analysis of 30 major metropolitans in China. *Habitat Int.* **2016**, 58, 89–107. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.10.003>.
10. Thành Đô. Con đường mới của Trung Quốc: Con đường đô thị hóa kiểu mới. Nhà xuất bản Đại học kinh tế - Tài chính Tây Nam, 2019.
11. Bích, B.H.; Phong, D. Nội hàm khoa học của con đường đô thị hóa kiểu mới. Tìm hiểu lý luận, 2020.
12. Chính sách pháp luật mới. Tỷ lệ đô thị hóa ở Việt Nam. 2024.
13. Trục tuyến: <https://thuvienphapluat.vn/chinh-sach-phap-luat-moi/vn/thoi-su-phap-luat/tu-van-phap-luat/55339/do-thi-hoa-la-gi-ty-le-do-thi-hoa-cua-viet-nam>.
14. Nghị quyết 06-NQ/TW năm 2022 về quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển bền vững đô thị Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045. Trục tuyến: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Xay-dung-Do-thi/Nghi-quyet-06-NQ-TW-2022-xay-dung-phat-trien-ben-vung-do-thi-Viet-Nam-2030-2045-502037.aspx>.
15. Huang, Y.; Qiu, Q.; Sheng, Y.; Min, X.; Cao, Y. Exploring the relationship between urbanization and the eco-environment: A case study of Beijing. *Sustainability* **2019**, 11, 6298. <https://doi.org/10.3390/su11226298>.
16. Morabito, M.; Crisci, A.; Messeri, A.; Orlandini, S.; Raschi, A.; Maracchi, G.; Munafò, M. The impact of built-up surfaces on land surface temperatures in Italian urban areas. *Sci. Total Environ.* **2016**, 551, 317–326. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.029>.
17. Ullah, S.; Tahir, A.A.; Akbar, T.A.; Hassan, Q.K.; Dewan, A.; Khan, A.J.; Khan, M. Remote sensing-based quantification of the relationships between land use land cover changes and surface temperature over the lower Himalayan region. *Sustainability* **2019**, 11, 5492. <https://doi.org/10.3390/su11195492>.
18. Amir Siddique, M.; Wang, Y.; Xu, N.; Ullah, N.; Zeng, P. The spatiotemporal implications of urbanization for urban heat islands in Beijing: A predictive approach based on CA–Markov modeling (2004–2050). *Remote Sens.* **2021**, 13, 4697. <https://doi.org/10.3390/rs13224697>.
19. Huff, F.; Changnon, S.Jr. Climatological assessment of urban effects on precipitation at St. Louis. *J. Appl. Meteorol.* **1972**, 11, 823–842. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1972\)011<0823:CAOUEO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1972)011<0823:CAOUEO>2.0.CO;2).
20. Sobrino, J.A.; Jiménez-Muñoz, J.C.; Paolini, L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sens. Environ.* **2004**, 90, 434–440. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>.
21. Zha, Y.; Gao, J., Ni, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *Int. J. Remote Sens.* **2003**, 24, 583–594. <https://doi.org/10.1080/01431160304987>.
22. Singh, P.; Kikon, N.; Verma, P. Impact of land use change and urbanization on urban heat island in Lucknow city, Central India. A remote sensing based estimate. *Sustain. Cities Soc.* **2017**, 32, 100–114. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.018>.
23. Ullah, N. The impact of urbanization on urban heat island: Predictive approach using google earth engine and CA-Markov modelling (2005–2050) of Tianjin city, China. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* **2023**, 20(3), 2642. doi: 10.3390/ijerph20032642.

24. Zullo, F.; Fazio, G.; Romano, B.; Marucci, A.; Fiori-ni, L. Effects of urban growth spatial pattern (UGSP) on the land surface temperature (LST): A study in the Po Valley (Italy). *Sci. Total Environ.* **2019**, 650(2), 1740–1751.
25. Pandey, R.K. Urban heat island effect and climate change: An assessment of interacting and attainable variations in Indian Cities: Study of Gorakhpur. *Int. J. Sci. Res.* **2018**, 7(8), 985–991.
26. Gunawardena, K.R.; Wells, M.J.; Kershaw, T. Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. *Sci. Total Environ.* **2017**, 584–585, 1040–1055.
27. Tuấn, L.M.; Đông, N.P.; Phương, N.T.K. Nghiên cứu ảnh hưởng của quy hoạch đô thị đến đảo nhiệt đô thị sử dụng mô hình số mô phỏng thí điểm tại Hà Nội. *Tạp Chí Môi Trường Xây dựng* **2024**. Trục tuyến: <https://moitruongxaydungvn.vn/nghien-cuu-anh-huong-cua-quy-hoach-do-thi-den-dao-nhiet-do-thi-su-dung-mo-hinh-so-mo-phong-thi-diem-tai-ha-noi>.
28. Vân, T.T.; Bảo, H.D.X.; Phương, Đ.T.K.; Mai, N.T.T.; Nhung, Đ.T.M. Đặc điểm môi trường nhiệt và diễn biến đảo nhiệt đô thị bề mặt khu vực bắc thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp Chí Trường Đại học Cần Thơ* **2017**, 49, 11–20.
29. Diễm, N.K.; Diễm, P.K. Theo dõi đảo nhiệt bề mặt đô thị tại thành phố Cần Thơ giai đoạn 2014-2020. *Tạp chí Khoa học Đại học cần Thơ* **2022**, 58(4), 35–44. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2022.161>.
30. Trung, L.V.; Minh, N.T. Mapping land surface temperature (LST) from Satellite Imageries. Case study in Hochiminh City. Proceedings of the International Symposium GIS-IDEAS 2006, 9-11 November 2006, Ho Chi Minh City, Vietnam, 2006, pp. 93–99.
31. Hung, T.; Yasuoka, Y. Monitoring Urban Surface from Space: Case Study of Hochiminh City and Surrounding Region, Proceedings of the International Symposium on Geoinformatics (GIS-IDEAS 2002), Hanoi, Vietnam, 25-28 September 2002, 2002, pp. 1–7.
32. Dinh, H.T.NM.; Trung, L.V.; Van, T.T. Surface emissivity in determining land surface temperature. *Int. J. Geoinformatics* **2007**, 3(4). <http://creativecommons.gsc.osakacu.ac.jp/IJG/article/view/424>.
33. Tucker, C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sens. Environ.* **1979**, 8, 127–150.
34. USGS. Landsat 8 (L8) data users handbook (LSDS-1574 version 2.0). USGS Landsat user services. U.S. Geological Survey, 2016.
35. Carlson, T.; Ripley, D. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover and leaf area index. *Remote Sens. Environ.* **1997**, 62, 241–252.
36. Valor, E.; Caselles, V. Mapping Land Surface Emissivity from NDVI: Application to European, African and South American Areas. *Remote Sens. Environ.* **1996**, 57, 167–184.
37. Gupta, R. Remote Sensing Geology. Germany: Springer -Verlag Berlin Heidelberg, 1991.
38. Lộc, T.Q.; Liệu, P.K. Nghiên cứu xây dựng chỉ số chất lượng môi trường đô thị (UEQI) và áp dụng cho một số đô thị tại Việt Nam. *Tạp chí khoa học, Đại học Huế* **2012**, 74B(5), 93–102.
39. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9257: 2012 về Quy hoạch cây xanh sử dụng công cộng trong các đô thị - tiêu chuẩn thiết kế.
40. Gillespie, A.; Rokugawa, S.; Hook, S.; Matsunaga, T.; Kate, A. Temperature emissivity separation algorithm theoretical basis document, version 2.4. ATBD-AST-05-08. Prepared under NASA contract NAS5-31372, 1999.

41. Vân, T.T.; Lan, H.T.; Trung, L.V. Nghiên cứu thay đổi nhiệt độ bề mặt đô thị dưới tác động của quá trình đô thị hóa ở Thành Phố Hồ Chí Minh bằng phương pháp viễn thám. *Tạp chí khoa học về Trái đất* **2011**, 33(3), 347–359.

Urbanization and land surface temperature in Long Xuyen City

Phan Truong Khanh¹, Ho Van Tuan Anh¹, Nguyen Duc Thang¹, Tran Thi Hong Ngoc^{1*}

¹ Faculty of Engineering, Technology - Environment, An Giang University, National University - HCM, Vietnam; ptkhanhagu@gmail.com; tuanho1406@gmail.com; akthang98@gmail.com

Abstract: The city of Long Xuyen is currently accelerating its urban planning efforts to create a more environmentally friendly setting. To support this initiative, a study was conducted to analyze the spatial development and changes in the city's urban landscape from 2014 to 2022. Using an object-based classification method, the study examined shifts in the urban spatial structure and variations in land cover over time. The interpretation of remote sensing imagery from 2014 to 2022 revealed that urbanization has moved toward the southwest of the city in recent years, with a 62.67% increase in residential areas and other concrete structures, and a 50.71% decrease in rice fields. The per capita green space increased from 15.59m²/person in 2014 to 25.56 m²/person in 2022, reaching the standards of urban types I and II. There's also evidence of urban heat islands in high-density concrete areas, especially in the city center.

Keywords: Urbanization; Landsat; Remote Sensing; Land Surface Temperature; Long Xuyen city.