

NGHIÊN CỨU ĐỊNH LƯỢNG GIÁ TRỊ DỊCH VỤ HỆ SINH THÁI TRONG BỐI CẢNH ĐÔ THỊ HÓA TẠI KHU VỰC THÀNH PHỐ HUẾ GIAI ĐOẠN 1995-2018 TRÊN CƠ SỞ DỮ LIỆU VIỄN THÁM VÀ GIS

PHẠM VĂN MẠNH⁽¹⁾, NGUYỄN NGỌC THẠCH⁽¹⁾, LƯU THỊ PHƯƠNG MAI⁽²⁾,
BÙI QUANG THÀNH⁽¹⁾, PHẠM MINH TÂM⁽¹⁾, PHẠM MINH HẢI⁽³⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ⁽²⁾Cục Viễn thám Quốc gia

⁽³⁾Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

Tóm tắt:

Những biến động đô thị với tốc độ phát triển nhanh và quy mô rộng trong những thập kỷ gần đây đã gây ra rất nhiều thách thức trong công tác bảo tồn và quy hoạch sử dụng đất, đặc biệt là công tác bảo tồn di tích tại các khu vực lịch sử. Bài báo này mô tả kết quả của một cách tiếp cận tích hợp phân tích các tác động môi trường tiềm tàng của quá trình đô thị hóa đã làm cho LCLU ở Việt Nam biến động sâu sắc. Sự kết hợp giữa các kỹ thuật viễn thám và các chỉ số phụ trợ đã đưa lại một đánh giá định lượng hóa các tác động của quá trình đô thị hóa ở Quần thể di tích Cố đô Huế, một di sản thế giới được UNESCO công nhận năm 1993. Cách tiếp cận này bao gồm phân loại ảnh viễn thám, phân tích các đặc điểm đô thị hóa thông qua biến động LCLU, các chỉ số đô thị hóa, và lượng hóa các tác động môi trường thông qua các giá trị ES. Các kết quả phân loại dựa trên đối tượng cho thấy thuật toán SVM có độ chính xác tổng quát tối ưu là 78,7%-82,8% và hệ số Kappa là 0,77-0,81. Các tác động tiêu cực chủ yếu là sự suy giảm về đất AGR, FR và UGS. Giá trị suy thoái cũng cho phép lượng hóa các tác động từ quá trình đô thị hóa đang tăng lên do ảnh hưởng của con người. Phương pháp tích hợp này có thể là một công cụ hiệu quả để lập kế hoạch cho sự phát triển bền vững trong xu hướng đô thị hóa không ngừng ở Việt Nam.

1. Đặt vấn đề

Tính bền vững của hệ sinh thái được xác định thông qua các hiểu biết về lợi ích đem lại cho xã hội con người, dịch vụ hệ sinh thái (ES). Hệ thống các dịch vụ này thường được xác định dựa trên khả năng cung cấp các tài nguyên sinh thái, văn hóa và các dịch vụ hỗ trợ đời sống (MEA, 2005). Các dịch vụ này có thể được xác định thông qua tiền tệ (Tschumi et al., 2015), giá trị thẩm mỹ và tinh thần trong sự phát triển của con người (Roberts et al., 2015) nên như một sản phẩm có thể tiến hành trao đổi/chi trả trên thị trường (Costanza et al., 1998). Trong bối cảnh khai thác tài nguyên cạn kiệt như ngày nay, quá trình định lượng các giá trị dịch vụ hệ sinh thái ngày càng trở nên phổ biến nhằm tận dụng những hiểu biết về kiểm soát môi trường và các tác động nhân sinh trong không gian, đảm bảo

cân bằng các mục tiêu phát triển của lãnh thổ (Andrew et al., 2014). Tuy nhiên, những nhiễu động làm thay đổi điều kiện môi trường phần lớn đến từ bề mặt lớp phủ/sử dụng đất - nơi quá trình đô thị hóa diễn ra vô cùng mạnh mẽ, biểu hiện sự suy thoái môi trường thông qua tình trạng thực vật (Yebera et al., 2013). Do đó, phương thức xác định giá trị ES từ tham số trên bản đồ hiện trạng lớp phủ/sử dụng đất được cho là cách tiếp cận đánh giá “gián tiếp” ảnh hưởng nhân sinh lên môi trường/hệ sinh thái (Feld et al., 2010).

Những nghiên cứu sử dụng tư liệu ảnh viễn thám như là nguồn tài liệu chính để chiết xuất thông tin về các quá trình đô thị hóa (Song et al., 2016). Tuy nhiên, các nghiên cứu trước đây bị hạn chế lớn do ảnh vệ tinh có độ phân giải không gian trung bình và thấp (Huang et al., 2016). Như vậy, rất cần thông tin chi tiết thu được từ dữ

Ngày nhận bài: 12/2/2019, ngày chuyển phân biên: 20/2/2019, ngày chấp nhận phân biên: 27/2/2019, ngày chấp nhận đăng: 4/3/2019

liệu có độ phân giải cao để quan sát các vùng đô thị không đồng nhất, để thu được thông tin đáng tin cậy về sự thay đổi lớp phủ/sử dụng đất. Với thông tin ảnh có độ phân giải cao, có thể ứng dụng khái niệm dịch vụ hệ sinh thái để đánh giá tác động môi trường, và để xác định ảnh hưởng của quá trình đô thị hóa đối với môi trường tự nhiên thông qua nhiều chỉ thị môi trường (Kantakumar et al., 2016). Dù cho có một số hạn chế về tính ổn định và số lượng của dữ liệu vệ tinh, số lượng các nghiên cứu dịch vụ hệ sinh thái đã tăng lên. Đối với mỗi địa điểm, các phương pháp đánh giá cần phải được tùy biến phù hợp sao cho tính đến điều kiện địa phương cụ thể. Tuy nhiên nhiều cách tiếp cận tùy biến có thể tích hợp dịch vụ hệ sinh thái để lượng hóa tác động của quá trình đô thị hóa bằng các thuộc tính không gian khác nhau. Sau đó việc tăng hay giảm các giá trị dịch vụ hệ sinh thái giúp xác định lợi ích tiềm năng hoặc là ảnh hưởng xấu của quá trình đô thị hóa (Haas, 2016).

Phân tích dịch vụ hệ sinh thái đã trở thành một cách tiếp cận phổ biến để kết nối các yếu tố tự nhiên với các tài nguyên văn hóa để phát triển việc sử dụng đất bền vững (Hølleland et al., 2017). Đặc biệt về khía cạnh di sản văn hóa, việc tích hợp dịch vụ hệ sinh thái trong việc quản lý bảo tồn di tích có thể nhanh chóng xác định các vấn đề về đa dạng văn hoá, các hệ thống nhận thức, các giá trị giáo dục và các quan hệ xã hội. Do các kết nối này luôn thay đổi, bắt buộc phải giám sát dịch vụ hệ sinh thái là để có thể đánh giá lớp phủ/sử dụng đất như một hệ các tài nguyên xã hội. Bài báo này, mô tả sử dụng dữ liệu viễn thám đa thời gian để phân tích biến động lớp phủ/sử dụng đất trong Quần thể di tích Cố đô Huế, để đánh giá tác động môi trường do quá trình đô thị hóa trong khoảng thời gian từ năm 1995 đến 2018. Mục tiêu chính của nghiên cứu này bao gồm lượng hóa các đặc điểm đô thị hóa sử dụng phân loại định hướng đối tượng với thuật toán SVM, tính toán các chỉ số đô thị hoá - đặc trưng của mức độ tăng trưởng của biến động lớp phủ/sử dụng đất, và thu được các giá trị dịch vụ hệ sinh thái trong mối tương quan giữa các

tác động của con người và môi trường.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu và Dữ liệu sử dụng

Khu vực nghiên cứu Quần thể di tích Cố đô Huế hay Quần thể di tích Huế là những di tích lịch sử - văn hóa do triều Nguyễn chủ trương xây dựng trong khoảng thời gian từ đầu thế kỷ 19 đến nửa đầu thế kỷ 20 trên địa bàn kinh đô Huế xưa, nằm dọc hai bên bờ sông Hương thuộc thành phố Huế và một vài vùng phụ cận thuộc tỉnh Thừa Thiên - Huế (phía Bắc giáp các thị xã Hương Trà và huyện Quảng Điền, phía Tây và phía Nam giáp thị xã Hương Thủy, phía Đông giáp huyện Phú Vang) (Hình 1), trải dài trên các tọa độ từ 16°21'15"-16°30'27" vĩ độ Bắc, và 107°30'50"-107°38'16" kinh độ Đông; ranh giới được giới hạn khoảng 218 km².



Hình 1. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

Khu vực nằm trong vành đai nhiệt đới đặc thù có khí hậu chuyển tiếp giữa khí hậu miền Bắc và khí hậu miền Nam. Đồng thời chịu ảnh hưởng của tương tác từ đồng bằng ven biển lên vùng núi cao. Do có đầy đủ các dạng địa hình nên ngoài sự chi phối của quy luật địa đới, quy luật phi địa đới và quy luật nhân tác đã tác động đến các nhân tố cơ bản hình thành lớp phủ thổ nhưỡng ở khu vực Quần thể di tích Cố đô Huế. Do vậy, các đối tượng lớp phủ/sử dụng đất chính (Bảng 1) được sử dụng trong nghiên cứu gồm:

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Tiền xử lý ảnh viễn thám

Bảng 1: Các đối tượng LCLU được sử dụng trong nghiên cứu

LCLU	Viết tắt	Miêu tả
Đất nông nghiệp	AGR	Đất được sử dụng cho mục đích trồng trọt, gồm các diện tích đất trồng trọt theo mùa vụ, đất nông nghiệp bỏ trống trong giai đoạn làm đất, hoặc khu vực sử dụng để chăn thả gia súc
Khu vực xây dựng mật độ cao	HDB	Gồm tất cả các bề mặt lớp phủ nhân tạo, như quần cư có mật độ cao, đất sử dụng cho các hoạt động thương mại, các khu công nghiệp hay cơ sở hạ tầng dành cho giao thông
Khu vực xây dựng mật độ thấp	LDB	Gồm tất cả các bề mặt lớp phủ nhân tạo, như quần cư xen kẽ với cây xanh
Rừng và Cây bụi	FR	Bề mặt lớp phủ là các hệ sinh thái rừng tự nhiên, rừng trồng các khu vực bảo tồn hay các khu bảo tồn thiên nhiên
Mặt nước	WT	Các bề mặt ngập nước do giáng thủy, dòng chảy thường xuyên hay các sông suối nhỏ
Đất trống	BS	Bề mặt lớp phủ có ít hơn 1/3 diện tích là thực vật, chủ yếu là diện tích đất cằn cỗi với tầng đất mỏng, đất cát hoặc đá, hoặc các loại đất khác
Không gian xanh đô thị	UGS	Gồm tất cả các hành lang xanh, vành đai xanh, nêm xanh, cây trong công viên, rừng tự nhiên, nhân tạo trong thành phố Huế
Nghĩa địa	CEM	Khu vực đất an táng, chôn cất

Để xác định xu hướng của quá trình đô thị hóa trong khu vực nghiên cứu, dữ liệu không gian chính được sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm ảnh vệ tinh độ phân giải cao năm 1995 (SPOT3- 17/3, ảnh toàn sắc độ phân giải 10m và ảnh đa phổ độ phân giải 20m) và năm 2018 (SPOT7-20/9, ảnh toàn sắc độ phân giải 1,5m, ảnh đa phổ độ phân giải 6m). Các ảnh đa phổ đều được hiệu chỉnh, và loại bỏ ảnh hưởng của khí quyển bằng phương pháp COSine Theta (COST) (Chavez, 1996). Các ảnh vệ tinh được quy chiếu về hệ tọa độ WGS84/UTM múi 48 cùng với các điểm khống chế, hiệu chỉnh trực giao bằng mô hình số độ cao để đảm bảo độ chính xác nấn chỉnh hình học đạt ± 0.5 pixel. Dữ liệu tiếp tục được hiệu chỉnh bằng các kỹ thuật tăng cường chất lượng ảnh, làm giảm các ảnh hưởng mùa trên các ảnh khác nhau để xác định biến động lớp phủ/sử dụng đất. Tiếp tục các bước xử lý ảnh để đưa các ảnh về cùng độ phân giải phổ và phân giải không gian 2,5m nhằm chuẩn bị cho bước chiết tách thông tin biến động LCLU với độ chính xác cao trong khu vực nghiên cứu.

2.2.2. Phương pháp phân loại dựa trên đối tượng (Object Based Image Analysis)

(i) Phân đoạn ảnh (Segmentation): Trong những năm gần đây, trong sự phát triển về độ

phân giải của dữ liệu viễn thám, các phương pháp phân tích ảnh dựa trên đối tượng (OBIA) đã trở thành lựa chọn phổ biến của các nhà nghiên cứu hơn là phương pháp phân tích ảnh dựa trên pixel (*de Pinho et al., 2012*). Phương pháp xử lý phân đoạn ảnh cơ bản được áp dụng để chiết tách phần mở rộng của đối tượng với độ chính xác cao để tăng khả năng phân loại, đặc biệt là để phân biệt các đặc trưng đô thị (*Corbane et al., 2015*). Tuy nhiên, không có bộ quy tắc phân loại hoặc bộ thông số đơn lẻ nào có thể xác định được kết quả phân đoạn tốt hay không tốt. Vì vậy, cần phải tích hợp các pixel liên kề với các đặc trưng phổ tương tự, kích thước trung bình của đối tượng, tính đồng nhất của chúng. Mỗi mảnh phân đoạn trong một ảnh cho trước được gán với chỉ một lớp tương ứng liên quan đến dữ liệu đối tượng. Do đó, việc lựa chọn giá trị phù hợp với các thông số hình dạng, độ lớn, và độ hợp khối sẽ xác định chung độ chính xác đối tượng trong bước phân loại lớp phủ/sử dụng đất. Tùy vào từng độ phân giải không gian của ảnh, kích thước của từng đối tượng cũng như độ chính xác của kết quả phụ thuộc chặt chẽ vào công đoạn này. (*Xem hình 2*)

(ii) Phân loại ảnh bằng thuật toán SVM (Support Vector Machine): Việc tích hợp nhiều thuật toán vào phương pháp phân loại đối tượng,



Hình 2: Một mẫu phân đoạn hình ảnh ở tỷ lệ Scale (15), Shape (0,8) và Compactness (0,5)

bao gồm Bayes, Decision Tree và K-Nearest Neighbors, Random Forest và Support Vector Machine để tạo các bộ phân loại máy học khác nhau. Các phương pháp này đã được chứng minh rất hiệu quả cho việc khai thác tính năng hình ảnh có độ phân giải cao (Gao et al., 2017). Từ so sánh hiệu suất trong nhiều nghiên cứu, kết quả phân loại của thuật toán Support Vector Machine (SVM) đã được chứng minh có sự vượt trội hơn so với các thuật toán khác (Qian et al., 2014). Trong nghiên cứu này, thuật toán SVM trong phân loại dựa trên đối tượng sẽ được Luận án sử dụng cho phân loại các đối tượng di tích và liên quan đến đô thị hóa ở Quận thể di tích Cố đô Huế và được thực hiện với phần mềm PCI Geomatics 2018 SP1 (trial mode).

(iii) Chính sửa hậu phân loại và đánh giá độ chính xác: Để đánh giá kết quả phân loại và số lượng nhầm lẫn giữa các lớp LCLU riêng lẻ. Lựa chọn các mẫu kiểm tra được giả định rằng tất cả các đối tượng trong một lớp được bao phủ một mức độ thích hợp và phân chia bằng nhau trên toàn khu vực nghiên cứu. Đánh giá này được thực hiện trên phân loại cuối cùng sau khi thực hiện sàng lọc sau phân loại, để sửa một số nhầm lẫn giữa lớp AGR với LDB có thể được loại bỏ cũng như sự nhầm lẫn giữa các lớp AGR (trồng), LDB và HDB ở xa trung tâm của thành phố, loại bỏ các mảnh pixel nhỏ không mong muốn hoặc

các pixel đơn lẻ sai cũng được lọc ra. Nghiên cứu sử dụng độ chính xác tổng thể Overall accuracy (OA), và hệ số thống kê Kappa (Kappa) để đánh giá độ chính xác kết quả phân loại (Erener, 2013).

2.2.3. Các chỉ số đô thị hóa và giá trị dịch vụ hệ sinh thái

(i) Các chỉ số đô thị hóa (UIs): Ba chỉ số chỉ báo mức độ tăng trưởng của quá trình đô thị hóa bao gồm chỉ số tăng hàng năm (AI-Annual Increase), tỷ lệ phần trăm đất đô thị (ULP-Urban Land Percentage) và chỉ số cơ sở hạ tầng xanh đô thị (UGI-Urban Green Infrastructure). Chỉ số AI mô tả phép đo tương đối của tỷ lệ (%) của thay đổi đô thị thông qua so sánh các khu vực đô thị giữa hai thời điểm khác nhau. Chỉ số ULP được định nghĩa là tỷ số giữa khu vực đô thị và tổng diện tích tại một thời điểm xác định. Hơn nữa, chỉ số UGI là một phép đo định lượng thay đổi không gian xanh (UGS-Urban Green Spaces) so với sự phát triển đô thị đồng thời. Các chỉ số này cung cấp thông tin định lượng có liên quan để mô tả sự thay đổi ở các khu vực đô thị và được xác định bằng các phương trình sau:

$$AI = \frac{Area_{(2018)} - Area_{(1995)}}{Area_{(1995)}} \times 100\% \quad (\text{Công thức 1})$$

$$ULP = \frac{Area_{(UL)}}{Area_{(total)}} \times 100\% \quad (\text{Công thức 2})$$

$$UGI = \frac{UGS_{(2018)} - UGS_{(1995)}}{(HDB_{(2018)} + LDB_{(2018)}) - (HDB_{(1995)} + LDB_{(1995)})} \times 100\%$$

(Công thức 3)

Trong đó: $Area_{(2018)}$ là tổng diện tích đất đô thị trong năm 2018; $Area_{(1995)}$ là tổng diện tích đất đô thị trong năm 1995; $Area_{(total)}$ là diện tích đất đô thị; $Area_{(total)}$ là tổng diện tích đất; HDB là diện tích đất xây dựng mật độ cao, LDB là diện tích đất xây dựng mật độ thấp; UGS là diện tích không gian xanh.

(ii) **Giá trị dịch vụ hệ sinh thái (ESv):** Dịch vụ hệ sinh thái có giá trị cho con người và có nguồn gốc từ các chức năng của hệ sinh thái (Costanza et al., 1998). Các ESv thu được từ ảnh hưởng đến hệ môi trường do các thay đổi ở khu vực đô thị với các kiểu hình bất đồng nhất. Đơn vị đo ESv được tính bằng mức các chức năng hệ sinh thái được dùng để phục vụ con người. ESv có thể là: tiền tệ (Tschumi et al., 2015); giá trị văn hóa, ví dụ như bảo vệ các khu vực có tầm quan trọng đối với người dân bản địa cũng như mang lại giá trị thẩm mỹ và tinh thần thông qua sự phát triển con người (Roberts et al., 2015). Trong nghiên cứu này, Bảng 2 minh họa các lớp phủ/sử dụng đất và lượng hóa các quần xã sinh vật và các giá trị hệ sinh thái tương ứng trên mỗi héc-ta. Giá trị hệ sinh thái được tính cho các lớp chính (HDB, LDB, AGR, FR, WT, và UGS). Giá trị UGS được tính bằng cách lấy trung bình các giá trị của rừng và đất phủ cỏ (cây bụi), trong khi các lớp phủ/sử dụng đất của CEM và BS được cho là ít quan trọng về giá trị hệ sinh thái trong khu vực nghiên cứu này. Mặc dù ESv thực tế tại

khu vực thành phố Huế có thể không thu được, thì vẫn có thể định lượng được giá trị tương đối. Do đó có thể chỉ ra sự khác biệt hoặc tương đồng trong quá trình đô thị hóa. (Xem bảng 2)

2.2.4. Các bước chính của phương pháp nghiên cứu

Các bước chính của phương pháp nghiên cứu được tóm tắt trong biểu đồ tiến trình trong Hình 3. Quá trình tiền xử lý bao gồm hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển, nắn chỉnh hình học, chuẩn hóa ảnh về cùng độ phân giải không gian 2,5m. Sau đó, sử dụng phương pháp phân loại dựa trên đối tượng bao gồm phân đoạn ảnh, lấy mẫu giải đoán, phân loại sử dụng thuật toán SVM, chỉnh sửa thủ công và đánh giá độ chính xác. Từ các bước trên thu được kết quả phân loại và dữ liệu chiết tách từ lớp phủ/sử dụng đất. Cuối cùng, bước đánh giá đã chỉ ra những ảnh hưởng đến môi trường với 3 tiến trình thực hiện gồm có: tính toán sự thay đổi lớp phủ/sử dụng đất, quá trình đô thị hóa bằng nhiều chỉ số, và ước tính giá trị dịch vụ hệ sinh thái. (Xem hình 3)

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

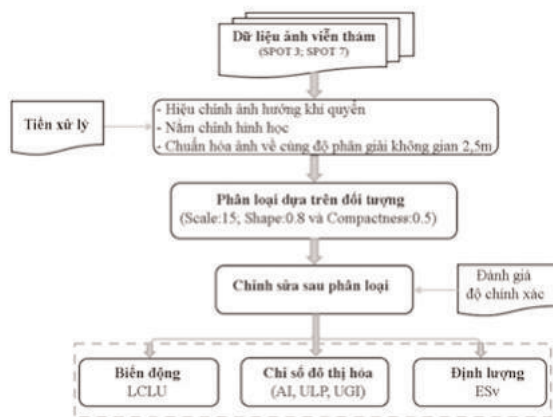
3.1. Phân loại ảnh đối với Quần thể di tích Cố đô Huế trong giai đoạn 1995-2018

Sau bước tiền xử lý, một tổng thể các phương pháp kiểm tra đã thực hiện, thu được các thông số tối ưu của phân đoạn ảnh với Scale:15, Shape:0,8 và Compactness:0,5. Bằng thuật toán SVM đã tạo được ảnh phân loại để hiển thị các đối tượng lớp phủ/sử dụng đất (HDB, LDB, AGR, WB, FR, UGS, CEM và BS). Kết quả phân loại được trình bày trong Hình 4 khu vực Quần thể di tích Cố đô Huế giai đoạn 1995-

Bảng 2: LCLU và ESv tương ứng quy đổi USD/héc-ta/năm

Các lớp LCLU	Các khu sinh học (Biome)	Tổng giá trị quy đổi USD/héc-ta/năm
HDB	Urban	6.661
LDB	Urban	6.661
AGR	Cropland	5.567
FR	Forest Tropical	5.382
WT	Lakes/Rivers	12.512
UGS	(Forest + Grasslands)/2	7.465

2018, với các kết quả chiết tách từ phân loại ảnh SPOT năm 1995 và 2018. (Xem bảng 3)



Hình 3. Sơ đồ phương pháp nghiên cứu

Các đối tượng lớp phủ/sử dụng đất (WT, HDB, AGR, UGS và FR) đều có độ chính xác

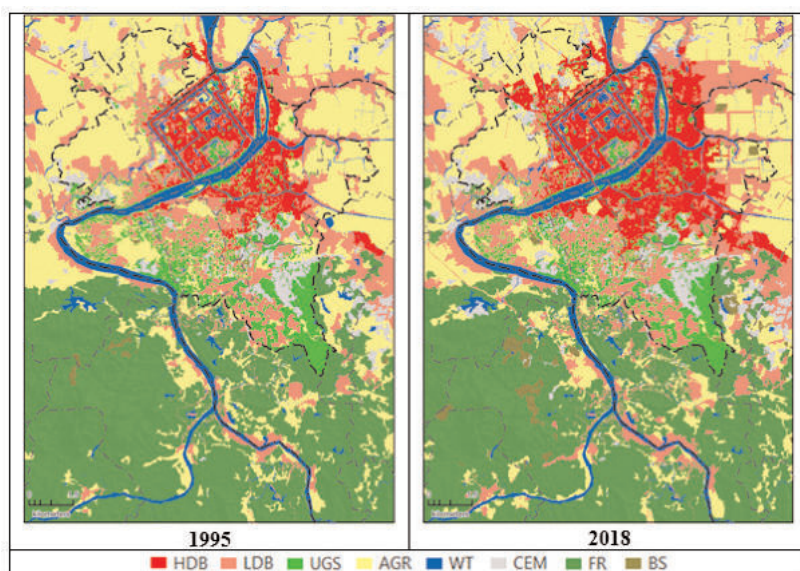
phân loại trung bình đều vượt quá 80%. Các lớp (LDB, CEM và BS) dường như gặp vấn đề trong việc phân loại nhầm lẫn, đặc biệt là đối tượng CEM kết quả phân loại cho thấy độ chính xác trung bình chỉ đạt 75% và nhầm lẫn chủ yếu sang đối tượng LDB. (Xem hình 4)

3.2. Phân tích sự mở rộng đô thị bằng chỉ số đô thị và biến động LCLU

Hình 5 cho thấy biến động về thời gian của khu vực đất đô thị trong khoảng thời gian gần một phần bốn thế kỷ 1995-2018 để minh họa cho sự mở rộng đô thị điển hình khu vực Quận thể di tích Cố đô Huế. Biểu đồ cơ cấu cho thấy hai thời điểm này đều trải qua xu hướng tăng tuyến tính, chỉ ra rằng quá trình đô thị hóa đã diễn biến tăng liên tục từ 1995-2018. Diện tích đất đô thị tăng chủ yếu do giảm đất nông nghiệp (AGR). Cũng

Bảng 3: Độ chính xác kết quả phân loại LCLU giai đoạn 1995-2018

LCLU		Đơn vị: %								
Năm	HDB	LDB	UGS	AGR	WT	FR	CEM	BS	OA	Kappa
1995	79,8	77,7	80,6	81,1	84,5	76,5	73,7	76,2	78,7	0,77
2018	81,5	80,7	83,7	83,4	88,3	87,2	77,6	80,1	82,8	0,81
Trung bình	80,6	79,2	82,2	82,3	86,4	81,9	75,7	78,2	80,7	0,79



Hình 4: Kết quả phân loại các LCLU Quận thể di tích Cố đô Huế giai đoạn 1995-2018

có thể quan sát thấy sự suy giảm diện tích đất rừng và cây bụi (FR), trong khi loại WT và BS không thay đổi đáng kể. Trong năm 1995, phần diện tích đất FR (rừng và cây bụi) chiếm nhiều nhất: 34%, nhưng đến năm 2018 thì diện tích đất FR chỉ còn 32% so với tổng diện tích toàn khu vực; phần diện tích đất AGR giảm nhiều nhất: năm 1995 chiếm 30%, nhưng đến năm 2018 thì diện tích đất AGR chỉ còn chiếm 23%. Trong khi đó, diện tích đất đô thị (HDB và LDB) lại tăng lên đáng kể. Diện tích đất đô thị năm 1995 là 20%, nhưng đến năm 2018 tăng 1,35 lần so với năm 1995 là 27%. Mặt khác, diện tích đất CEM năm 1995 đến 2018 thì tăng gấp 1,25 lần chiếm 5% so với tổng diện tích đất khu vực Quận thể di tích Cố đô Huế. (Xem bảng 4)

Bảng 4, thể hiện các chỉ số đô thị hóa (ULP, AI, và UGI). Chỉ số ULP cho thấy, đất đô thị (HDB, LDB) tăng lên trong tất cả các năm từ 1995 đến 2018. Năm 1995 diện tích đất đô thị chiếm 20% đến năm 2018 thì diện tích đất đô thị tăng lên chiếm 27%. Chỉ số AI thể hiện việc tăng diện tích đô thị liên tục có thể được phân tích trong giai đoạn (1995-2018) là 5,8%/năm (tăng 135% trong vòng 23 năm). Trong khi đó, UGI (Cơ sở hạ tầng xanh đô thị) giảm trong giai đoạn (1995-2018) là -7%. (Xem hình 5)

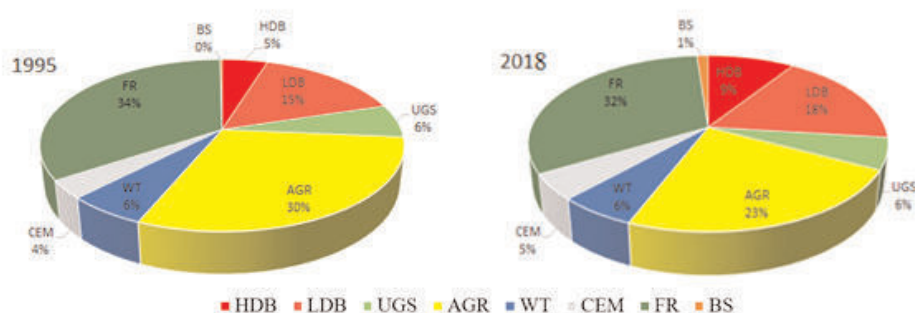
3.3. Đánh giá ảnh hưởng dưới góc nhìn lượng hóa ESv

Tổng của tất cả ESv từ 1995-2016 của Quận thể di tích Cố đô Huế đối với mỗi lớp được tổng hợp trong Bảng 5. Tổng thiệt hại tuyệt đối (TAL) về giá trị dịch vụ hệ sinh thái xuất hiện trong tất cả các đối tượng LCLU ngoại trừ BS và CEM. Trong thời gian 23 năm, diễn ra sự tăng diện tích các khu vực HDB và LDB lấy từ các đối tượng LCLU khác, chủ yếu thông qua quá trình chuyển đổi từ đất AGR và FR sang đất đô thị và đất công trình. Trong cùng khoảng thời gian đó, đất UGS đã bị chuyển đổi thành LDB và HDB. Cụ thể, giá trị dịch vụ hệ sinh thái của AGR thiệt hại dần qua các năm, tổng thiệt hại tuyệt đối là 8,1 triệu USD/héc-ta/năm. Giá trị dịch vụ hệ sinh thái của FR với tổng thiệt hại 2,4 triệu USD/héc-ta/năm. ESv của UGS và WT cũng giảm nhưng sự giảm không nhiều (0,8 triệu USD/héc-ta/năm đối với UGS và 0,2 triệu USD/héc-ta/năm của WT). Điều này tương quan tương đối với diện tích đất đô thị tăng cao cùng thời điểm. Giá trị dịch vụ hệ sinh thái tăng thêm của LCLU là diện tích đất đất đô thị (tăng 6,7 triệu USD/héc-ta/năm đối với HDB; LDB là 3,3 triệu USD/héc-ta/năm).

Sự suy giảm ESv chủ yếu ở các chỉ số AGR, FR và UGS, tiếp theo là WT do 4 đối tượng này

Bảng 4: Chỉ số đô thị hóa (ULP, AI và UGI) khu vực Quận thể di tích Cố đô Huế

Năm	ULP (%)	AI (%)	UGI (%)
1995	20,0	135	-7,0
2018	27,0		



Hình 5: Biểu đồ cơ cấu các đối tượng LCLU khu vực Quận thể di tích Cố đô Huế

đảm nhiệm hầu hết các chức năng của hệ sinh thái. Các kết quả này cho thấy tác động tiêu cực do đã trải qua quá trình đô thị hóa không kiểm soát. Vùng HDB đã xuất hiện trong nội đô và mở rộng ra xung quanh, trong khi LDB đã có thêm các công trình xây dựng trong vùng đô thị hiện tại. Vùng HDB thường tác động xấu do diễn ra các hoạt động công nghiệp, thương mại và mật độ dân số cao mà không có hoặc rất ít không gian xanh. Nhờ vào sự xuất hiện của thảm thực vật và chậm phát triển kinh tế xã hội hơn nên vùng LDB ít gây tác động xấu so với vùng HDB. Sự gia tăng HDB và LDB góp phần làm giảm tổng lượng ảnh hưởng TAL với tổng diện tăng 1.498,59 héc-ta trong khu vực đô thị, trong khi sự suy giảm AGR, FR và UGS chiếm xấp xỉ 35,1% tổng lượng suy giảm ESv. (Xem bảng 5)

Nói chung, tác động của quá trình đô thị hóa đối với Quần thể di tích Cố đô Huế khác biệt rõ ràng ở các vị trí khác nhau như mô tả trong bảng 5, điều này chỉ ra sự bất đồng nhất rõ rệt trong các kiểu hình không gian tác động lên các khu vực Quần thể di tích Cố đô Huế khác nhau. Hầu hết các không gian xanh đều bị thu hẹp trong suốt khoảng thời gian nghiên cứu. Sự thu hẹp này có thể do sự mất cân bằng sinh thái trong quá trình phát triển đô thị, dẫn đến sự suy thoái cảnh quan của khu vực. Phân tích giá trị dịch vụ hệ sinh thái còn đem lại kết quả ổn định đối với Quần thể di tích Cố đô Huế, nơi mà sự mở rộng đô thị và biến động cảnh quan đang gây ra tác động xấu đến di tích. Tuy nhiên, các phương pháp đánh giá hiện thời không đạt mức để có thể ghi nhận những mất mát nhỏ nhưng quan trọng của chức năng dịch vụ hệ sinh thái và những giá trị của nó đối với di tích. Những thay đổi tương đối của các lớp phủ/sử dụng đất ở khu vực di tích

khác nhau cho phép đánh giá độ bất đồng nhất không gian xung quanh mỗi điểm di tích lịch sử. Tuy vậy, việc gán giá trị dịch vụ hệ sinh thái cho các LCLU đô thị có thể được nghiên cứu chi tiết hơn bằng các hàm phức hợp của di tích và sự tương tác với các hoạt động kinh tế - xã hội của con người và động lực tác động của những chính sách và ưu tiên quản lý khác nhau. Xét về những phức hợp này, ESv có thể đủ làm chỉ số so sánh phù hợp, nhưng chỉ mỗi ESv có thể không đảm bảo cho một đánh giá toàn diện về các tác động của quá trình đô thị hóa đối với khu vực Quần thể di tích Cố đô Huế.

Kết luận

Bài báo này đã trình bày một phương pháp tiếp cận tích hợp để phân tích tác động của sử dụng đất lên Quần thể di tích Cố đô Huế dựa trên sự kết hợp giữa giá trị dịch vụ hệ sinh thái và phân loại lớp phủ/sử dụng đất để định lượng tác động của quá trình đô thị hóa đối với Quần thể di tích Cố đô Huế. Phương pháp phân loại bằng thuật toán SVM đã thành công, dữ liệu viễn thám có độ phân giải cao đã chứng minh tính hiệu quả trong việc giám sát xu hướng phát triển đô thị hóa ở quy mô khác nhau về thời gian và không gian, đồng thời quá trình giải đoán tổng hợp cũng cung cấp một cái nhìn sâu sắc hơn về tác động của quá trình đô thị hóa. Kết quả của nghiên cứu này đem lại những thông tin giá trị về tốc độ, xu hướng, cường độ, kiểu hình và tác động của quá trình đô thị hóa đối với Quần thể di tích Cố đô Huế. Trong khu vực nghiên cứu, đã phát hiện thấy diện tích đô thị tăng đến 1.498,59 héc-ta. Việc tăng diện tích đất đô thị ở các vùng HDB và LDB chủ yếu do các khu vực AGR, FR và UGS. Chỉ số cơ sở hạ tầng xanh đô thị (UGI) đã được tính toán tương quan với độ suy giảm

Bảng 5: Dịch vụ hệ sinh thái của các đối tượng LCLU được ước tính triệu USD

Các khu sinh học (Biome)	1995	2018	Tổng số thiệt hại tuyệt đối (TAL)	Phần trăm (1995-2016)
HDB (Urban)	7,2	13,9	-6,7	+93,1%
LDB (Urban)	22,9	26,2	-3,3	+14,4%
AGR (Cropland)	37,4	29,3	8,1	-21,6%
FR (Forest Tropical)	41,1	38,7	2,4	-5,8%
WT (Lakes/Rivers)	16,7	16,5	0,2	-1,2%
UGS (Forest + Grasslands)/2	10,4	9,6	0,8	-7,7%
Tổng	135,7	134,2	1,5	+71,2%

của UGS so với sự mở rộng của khu vực đô thị. Phương pháp tích hợp được áp dụng trong nghiên cứu này có thể được điều chỉnh để phân tích tác động của đô thị đối với các di sản khác trên thế giới. Nghiên cứu này nhấn mạnh sự cần thiết của phát triển đô thị bền vững trong những khu vực có di tích lịch sử để làm giảm nhẹ ảnh hưởng xấu đến di tích và môi trường xung quanh. Việc tích hợp các chỉ số đô thị hóa và dịch vụ hệ sinh thái đã cho thấy tính hiệu quả trong việc so sánh tương đối và trong việc định lượng biến động lớp phủ/sử dụng đất ở các khu vực khác nhau. Tuy nhiên, vẫn tồn tại những hạn chế trong bước hậu xử lý không gian thủ công, cần phải tự động hóa bước này. Hơn nữa, đánh giá đầy đủ các dấu hiệu biểu kiến của quá trình đô thị hóa đòi hỏi một nền tảng hiểu biết sâu sắc về các tương tác phức tạp giữa các quá trình con người - thiên nhiên. Đây có thể là một chủ đề quan trọng trong nghiên cứu tương lai. ○

Tài liệu tham khảo

- [1]. Chavez, J., Pat, 1996. Image-Based Atmospheric Corrections - Revisited and Improved.
- [2]. Corbane, C., Lang, S., Pipkins, K., Alleaume, S., Deshayes, M., García Millán, V.E., Strasser, T., Vanden Borre, J., Toon, S., Michael, F., 2015. Remote sensing for mapping natural habitats and their conservation status – New opportunities and challenges. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation* 37, 7–16. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.11.005>
- [3]. Costanza, R., d’Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O’Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1998. The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Ecol. Econ.* 25, 3–15. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00020-2](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00020-2)
- [4]. De Pinho, C.M.D., Fonseca, L.M.G., Korting, T.S., de Almeida, C.M., Kux, H.J.H., 2012. Land-cover classification of an intra-urban environment using high-resolution images and object-based image analysis. *Int. J. Remote Sens.* 33, 5973–5995. <https://doi.org/10.1080/01431161.2012.675451>
- [5]. Erenner, A., 2013. Classification method, spectral diversity, band combination and accuracy assessment evaluation for urban feature detection. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation* 21, 397–408. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.12.008>
- [6]. Feld CK, Sousa JP, da Silva PM and Dawson TP (2010) Indicators for biodiversity and ecosystem services: Towards an improved framework for ecosystems assessment. *Biodiversity and Conservation* 19: 2895–2919.
- [7]. Gao, H., Tang, Y., Jing, L., Li, H., Ding, H., 2017. A Novel Unsupervised Segmentation Quality Evaluation Method for Remote Sensing Images. *Sensors* 17, 2427. <https://doi.org/10.3390/s17102427>
- [8]. Haas, J., 2016. Remote Sensing of Urbanization and Environmental Impacts. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm.
- [9]. Hølleland, H., Skrede, J., Holmgaard, S.B., 2017. Cultural Heritage and Ecosystem Services: A Literature Review. *Conserv. Manag. Archaeol. Sites* 19, 210–237. <https://doi.org/10.1080/13505033.2017.1342069>
- [10]. Huang, X., Schneider, A., Friedl, M.A., 2016. Mapping sub-pixel urban expansion in China using MODIS and DMSP/OLS nighttime lights. *Remote Sens. Environ.* 175, 92–108. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.042>
- [11]. Kantakumar, L.N., Kumar, S., Schneider, K., 2016. Spatiotemporal urban expansion in Pune metropolis, India using remote sensing. *Habitat Int.* 51, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.10.007>
- [12]. Margaret E. Andrew, Michael A. Wulder and Trisalyn A. Nelson, (2014). Potential contributions of remote sensing to ecosystem service assessments *Progress in Physical Geography* 2014 38: 328.

- [13]. MEA. (2005) *Ecosystems and human well-being: Current state and trends, volume I. Findings of the condition and trends working group of the Millennium Ecosystem Assessment*, Washington DC: Island Press.
- [14]. Qian, Y., Zhou, W., Yan, J., Li, W., Han, L., 2014. Comparing Machine Learning Classifiers for Object-Based Land Cover Classification Using Very High Resolution Imagery. *Remote Sens.* 7, 153–168. <https://doi.org/10.3390/rs70100153>
- [15]. Roberts, L., Brower, A., Kerr, G.N., New Zealand, Department of Conservation, 2015. The nature of wellbeing: how nature's ecosystem services contribute to the wellbeing of New Zealand and New Zealanders.
- [16]. Song, X.-P., Sexton, J.O., Huang, C., Channan, S., Townshend, J.R., 2016. Characterizing the magnitude, timing and duration of urban growth from time series of Landsat-based estimates of impervious cover. *Remote Sens. Environ.* 175, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.027>
- [17]. Tschumi, M., Albrecht, M., Entling, M.H., Jacot, K., 2015. High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 282, 20151369. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1369>
- [18]. Yebra M, Dennison PE, Chuvieco E, Rian ño D, Zylstra P, Hunt ER, Danson FM, Qi Y and Jurdao S (2013) A global review of remote sensing of live fuel moisture content for fire danger assessment: Moving towards operational products. *Remote Sensing of Environment* 136: 455–468.○

Summary

Quantifying the ecosystem service values in the context of urbanization sprawl based on RS data and GIS: Case study of Hue city in 1995-2018.

Pham Van Manh, Nguyen Ngoc Thach, Bui Quang Thanh, Pham Minh Tam

VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi

Pham Minh Hai, Vietnam Institute of Geodesy and Cartography

Luu Thi Phuong Mai, Department of National Remote Sensing

Rapid and extensive urban changes in recent decades have inflicted a multitude of challenges in land-use planning and conservation management, especially for the heritage protection of historic areas. This paper describes the results of an integrated approach to analyzing the potential environmental impacts of urbanization that has profoundly transformed LCLU in Vietnam. A combination of remote-sensing techniques and ancillary indices enables a quantitative evaluation of urbanization impacts in the Complex of Hue Monuments, a UNESCO World Heritage Site, from 1993. This approach includes classifying satellite images, analyzing urbanization characteristics with LCLU change and urbanization indices, and quantifying environmental impacts by ES value. Object-based classification results indicate that the SVM algorithm achieves an optimum overall accuracy of 78.7% -82.8% and a Kappa coefficient of 0.77-0.81. The negative impacts are mainly a decline in land AGR, FR, and UGS. The degradation value also allows quantification of the impacts of increasing urbanization due to human influence. This integrated methodology can be a potentially effective tool to plan for sustainable development in the continuing trend toward further urbanization in Vietnam. ○