ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP VIỄN THÁM VÀ TRẮC LƯỢNG HÌNH THÁI TRONG PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA THAY ĐỔI LỚP PHỦ THỰC VẬT VÀ PHÂN MẢNH MÔI TRƯỜNG SỐNG

PHẠM VĂN MẠNH[1], PHẠM MINH HẢI[2], ĐỖ THỊ NGỌC ÁNH[1], NGUYỄN NGỌC THẠCH[1]

[1]Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học quốc gia Hà Nội
[2]Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

Tóm tắt:

Môi trường xây dựng, đặc biệt là cơ sở hạ tầng đô thị và ven đô, có thể làm giảm khả năng phát triển tự nhiên của lớp phủ thực vật thông qua các cảnh quan. Duy trì kết nối cảnh quan đã trở thành chủ đề trong nghiên cứu sinh thái và bảo tồn, vì ranh giới của môi trường sống còn nguyên vẹn giúp duy trì các chức năng của hệ sinh thái. Kết nối cấu trúc được ước tính chỉ sử dụng lớp phủ, đây là cách tiếp cận đơn giản có tiềm năng lớn với ít yêu cầu về dữ liệu hơn cho việc lập kế hoạch hành lang bảo vệ. Nghiên cứu này, đã phân tích sự phân mảnh môi trường sống đối với kết nối cảnh quan khu vực Quần thể di tích Cố đô Huế - di sản văn hóa thế giới bằng cách sử dụng phương pháp trắc lượng hình thái và lựa chọn được bảy chỉ số cảnh quan (LPI, PAFRAC, DCAD, TECI, LSI, DIVISION và SHDI) để định lượng sự thay đổi của các mẫu dạng cảnh quan. Kết quả cho thấy, sự gia tăng của các khu vực xây dựng cũng như mức độ đa dạng và phân mảnh cảnh quan phục vụ hiệu quả trong hoạt động ra quyết định quy hoạch bảo tồn và tổ chức lãnh thổ.

1. Đặt vấn đề

Thay đổi lớp phủ đất là nhân tố quan trọng dẫn tới thay đổi hệ thống sinh thái. Mất rừng, suy giảm không gian xanh, hủy hoại môi trường sống thường dẫn tới phân mảnh, phá vỡ môi trường sống liên tục thành những mảnh nhỏ hơn, ít kết nối và biệt lập hơn được ngăn cách bởi ma trận chuyển đổi liên quan đến các chính sách sử dụng đất và xây dựng cơ sở hạ tầng giao thông hiện đại. Việc mất diện tích, gia tăng sự cô lập và sự tiếp xúc nhiều hơn với việc sử dụng đất của con người đã tạo ra những thay đổi lâu dài đối với cấu trúc và chức năng của các mảnh còn lại theo không gian và thời gian cảnh quan mà con người điều chỉnh thường bị tác động tiêu cực bởi sự mở rộng và củng cố ranh giới của các hoạt động thương mại, cơ sở hạ tầng giao thông giao thông đường bộ hoặc đô thị hóa, nơi rừng và không gian xanh bị đe dọa bởi sự cạnh tranh sử dụng đất dẫn đến suy thoái phức tạp và phân mảnh môi trường sống chính [4].

Trong số các chỉ số cảnh quan khác nhau thì chỉ số cảnh quan trong Fragstags là các đo được sử dụng rộng rãi nhất [3]. Toàn bộ cảnh quan thương được sử dụng để phát hiện và đo đạc các thay đổi về không gian - thời gian trong các thành phần cấu trúc cảnh quan [3], sự phức tạp của cảnh quan và đánh giá sự phá hủy, phục hồi của cảnh quan. Việc tích hợp phương pháp trắc lượng hình thái, công nghệ viễn thám và GIS cho phép xây dựng bức tranh tổng thể, chi tiết về sự biến động và phân mảnh mẫu dạng cảnh quan trong khu vực.

Nghiên cứu được thực hiện tại Huế - một trong những đô thị có tốc độ đô thị hóa nhanh. Mục tiêu của nghiên cứu hướng tới sử dụng

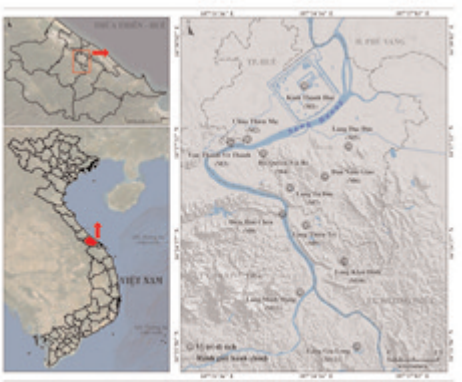
Ngày nhận bài: 10/12/2020, ngày chuyển phản biện: 15/12/2020, ngày chấp nhận phản biện: 18/12/2020, ngày chấp nhận đăng: 21/12/2020

phương pháp viễn thám và trắc lượng hình thái nhằm nghiên cứu sự biến động không gian – thời gian của các mẫu dạng cảnh quan trong giai đoạn 1995 và 2020.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu nằm dọc hai bên bờ sông Hương thuộc thành phố Huế và một vài vùng phụ cận thuộc tỉnh Thừa Thiên Huế. Đây là hình ảnh thu nhỏ của những thành tựu kiến trúc và lịch sử văn hóa, thể hiện sức mạnh của triều đại phong kiến cuối cùng của Việt Nam vào đầu thế kỷ 19 [5].



Hình 1: Khu vực nghiên cứu và vị trí của 12 di tích trong CHM

2.2.1. Xử lý dữ liệu không gian

Tiền xử lý: Xem xét tính khả dụng, khả năng truy cập và tuổi thọ của dữ liệu, sáu cảnh ảnh vệ tinh có độ phủ mây dưới 10% trong khoảng thời gian 25 năm (1995-2020): SPOT-3 (17/03/1995 và 06/11/2000); SPOT-5 (16/02/2005 và 29/05/2011); và SPOT-7 (20/09/2016 và 05/04/2020) phủ trùm toàn bộ khu vực cố đô Huế. Các ảnh SPOT đa phổ đều được hiệu chỉnh, và loại bỏ ảnh hưởng của khí quyển bằng phương pháp ATCOR (atmospheric correction) được tích hợp trong phần mềm PCI Geomatics 2018 (trial mode).

Phân loại lớp phủ đất: nhóm thực hiện sử dụng thuật toán SVM (support vector machine) trong phân loại dựa trên đối tượng (object-based) cho ảnh vệ tinh.

Đánh giá độ chính xác và chỉnh sửa thủ công: 600 vùng mẫu được sử dụng cho tám loại lớp phủ đất của khu vực nghiên cứu và được chọn bằng phương pháp phân tầng lấy mẫu ngẫu nhiên với 420 vùng mẫu (70%) sử dụng cho đào tạo và 180 vùng mẫu (30%) được sử dụng cho kiểm chứng kết quả phân loại.

2.2.2. Chỉ số cảnh quan và lựa chọn kích thước cửa sổ thích hợp

Chỉ số cảnh quan (Landscape Metrics - LMs) đã được giới thiệu trong nghiên cứu về đô thị hóa và phát triển kinh tế - xã hội trong nhiều nghiên cứu trình bày tại bảng 1. *(Xem bảng 1)*

Để lựa chọn được kích thước (550m × 550m), nghiên cứu đã thử nghiệm các kích thước khác nhau (250m × 250m), (350m × 350m), (750m × 750m), (1000m × 1000m), (2000m × 2000m) để đưa ra lựa chọn tối ưu và phù hợp với khu vực nghiên cứu. Kích thước cửa sổ hình vuông (550m × 550m) được coi là phù hợp vì nó giảm thiểu sự dư thừa dữ liệu nhưng lại tối đa hóa thông tin trong việc đánh giá mẫu dạng cảnh quan mà không bỏ qua các chi tiết quan trọng (Hình 2).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Phân loại ảnh vệ tinh 1995-2020

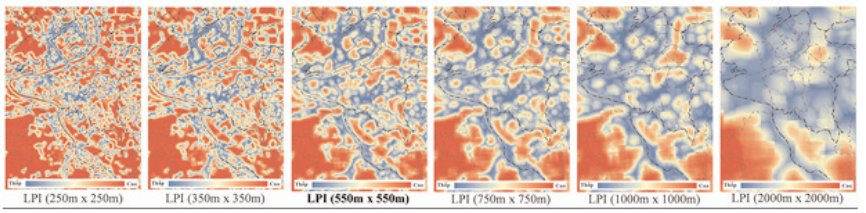
Sử dụng học máy (machine learning) với thuật toán SVM (support vector machine) trong phân loại dựa trên đối tượng (object-based) cho ảnh vệ tinh độ phân giải không gian cao (ảnh SPOT các thời kỳ 1995, 2000, 2005, 2011, 2016 và 2020). Sau khi gộp các lớp nhỏ và tinh chỉnh kết quả phân loại, đánh giá độ chính xác đã được thể hiện. Khi so sánh với các tập mẫu kiểm chứng năm 1995, 2000, 2005, 2011, 2016 và 2020, độ chính xác như sau:

Độ chính xác phân loại tổng thể (OA) được ước tính là 85,37% (1995); 85,52% (2000); 86,32% (2005); 87,57% (2011); 89,17% (2016); và 89,23% năm 2020.

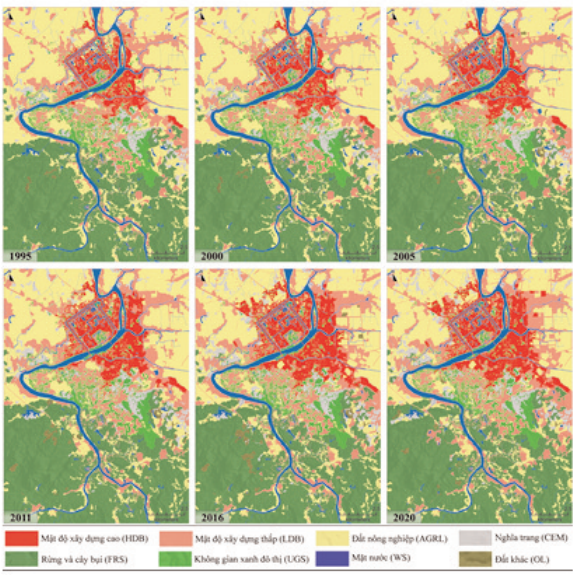
Hệ số Kappa lần lượt là 0,82 (1995); 0,83

Bảng 1: Nhóm các chỉ số Fragstats (Class-level metrics và Landscape-level metrics)

STT	Viết tắt	Tên	Đơn vị
(Nhóm I) Độ đo diện tích và cạnh (Area and edge metrics)			
1	ED	Mật độ đường biên (*Edge Density*)	m/ha
2	LPI	Chỉ số mảnh rời rạc lớn nhất (*Largest Patch Index*)	%
3	TE	Tổng chiều dài đường biên (*Total Edge*)	%
(Nhóm II) Độ đo hình dạng (Shape metrics)			
4	PAFRAC	Số chiều fractal chu vi-diện tích (*Perimeter-Area Fractal Dimension*)	Không thứ nguyên
(Nhóm III) Độ đo diện tích lõi (Core area metrics)			
5	TCA	Tổng diện tích lõi (*Total Core Area*)	Không thứ nguyên
6	NDCA	Số lượng phân đoạn lõi (*Number of Disjunct Core Areas*)	Không thứ nguyên
7	DCAD	Mật độ phân đoạn lõi (*Disjunct Core Area Density*)	Không thứ nguyên
(Nhóm IV) Độ đo tương phản (Contrast metrics)			
8	CWED	Mật độ biên có gán trọng số tương phản (*Contrast Weighted Edge Density*)	m/ha
9	TECI	Tổng số độ tương phản biên (*Total Edge Contrast Index*)	%
(Nhóm V) Độ đo tổng hợp (Aggregation metrics)			
10	AI	Chỉ số kết hợp (*Aggregation Index*)	%
11	COHESION	Độ gắn kết mảnh rời rạc (*Patch Cohesion Index*)	Không thứ nguyên
12	CONTAG	Độ lan truyền (*Contagion*)	%
13	IJI	Chỉ số rời rạc và liền kề (*Interspersion Juxtaposition Index*)	%
14	LSI	Chỉ số hình dạng cảnh quan (*Landscape Shape Index*)	Không thứ nguyên
15	MESH	Kích thước mesh hữu hiệu (*Effective Mesh Size*)	ha
16	NP	Số mảnh rời rạc (*Number of Patches*)	Không thứ nguyên
17	PD	Mật độ mảnh rời rạc (*Patch Density*)	Số mảnh/100 ha
18	PLADJ	Phần trăm dạng liền kề tương tự (*Proportion of Like Adjacencies*)	%
19	SPLIT	Chỉ số chia tách (*Splitting Index*)	Không thứ nguyên
20	DIVISION	Chỉ số phân nhỏ cảnh quan (*Landscape Division Index*)	Không thứ nguyên
(Nhóm VI) Độ đo đa dạng (Diversity metrics)			
21	PR	Độ giàu mảnh rời rạc (*Patch Richness*)	Không thứ nguyên
22	PRD	Mật độ giàu mảnh rời rạc (*Patch Richness Density*)	Số mảnh/100 ha
23	SHDI	Chỉ số đa dạng shannon (*Shannon's Diversity Index*)	Không thứ nguyên
24	SIDI	Chỉ số đa dạng simpson (*Simpson's Diversity Index*)	Không thứ nguyên
25	MSIDI	Chỉ số đa dạng simpson biến đổi (*Modified Simpson's Diversity Index*)	Không thứ nguyên
26	SHEI	Chỉ số đều shannon (*Shannon's Evenness Index*)	Không thứ nguyên
27	SIEI	Chỉ số đều simpson (*Simpson's Evenness Index*)	Không thứ nguyên
28	MSIEI	Chỉ số đều simpson biến đổi (*Modified Simpson's Evenness Index*)	Không thứ nguyên



Hình 2: Các mẫu dạng cảnh quan được đo bằng chỉ số LPI trong các cửa sổ di chuyển có kích thước khác nhau của khu vực nghiên cứu



Hình 3: Kết quả phân loại các lớp phủ đất giai đoạn 1995-2020

(2000); 0,84 (2005); 0,85 (2011); 0,87 (2016); và 0,87 (2020). *(Xem hình 3)*

3.2. Lựa chọn chỉ số cảnh quan phù hợp cho nghiên cứu

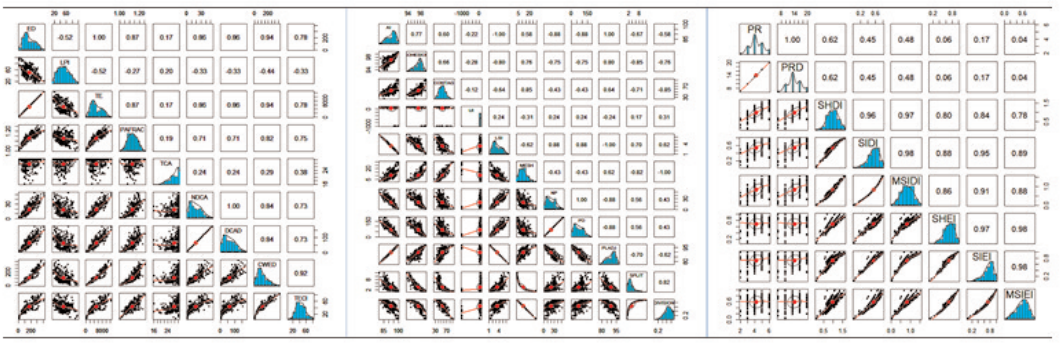
Quá trình phân tích thử nghiệm và lựa chọn các chỉ số độ đo, nhóm tác giả sử dụng 250 mẫu đất đô thị (HDB: Mật độ xây dựng cao và LDB: Mật độ xây dựng thấp) được phân bố ngẫu nhiên trong khu vực thử nghiệm để tính toán mối tương quan với các chỉ số cảnh quan. Tất cả các chỉ số đều có ý nghĩa thống kê ($p < 0,01$), hệ số tương quan được tính giữa các nhóm chỉ số: (i) Đối với nhóm độ đo diện tích và cạnh (Area and edge metrics), cho thấy chỉ số LPI tương quan với cả chỉ số (ED và TE) trong cùng nhóm, tuy nhiên đồ thị phân phối chuẩn của LPI tối ưu hơn; (ii) Đối với nhóm độ đo hình dạng (Shape metrics), có một chỉ số PAFRAC; (iii) Đối với nhóm độ đo diện tích lõi (Core area metrics), lựa chọn độ đo DCAD, bởi vì DCAD có đồ thị phân phối chuẩn tối ưu hơn NDCA và TCA; (iv) Trong khi đó, hệ số tương quan cao giữa chỉ số (CWED, TECI) của nhóm độ đo tương phản (Contrast metrics), tuy nhiên chỉ số TECI có đồ thị phân phối chuẩn tối ưu hơn (phân phối giống hình chuông); (v) Mối tương quan tuyến tính giữa chỉ số LSI, DIVISION của nhóm độ đo tổng hợp (Aggregation metrics) có đồ thị phân phối chuẩn tối ưu hơn các chỉ số độ đo còn lại (AI, COHESION, CONTAG, IJI, MESH, NP, PD, PLADJ, SPLIT); (vi) Đối với nhóm độ đo đa dạng chỉ có ở nhóm toàn bộ cảnh quan (Landscape-level metrics), lựa chọn chỉ số độ đo đa dạng Shannon (SHDI). Mối tương quan tuyến tính giữa chỉ số SHDI của nhóm độ đo đa dạng (Diversity met-

rics) có đồ thị phân phối chuẩn tối ưu hơn các chỉ số độ đo còn lại của nhóm MSIDI, SHEI, SIDI, SIEI và MSIEI (Hình 4). *(Xem hình 4)*

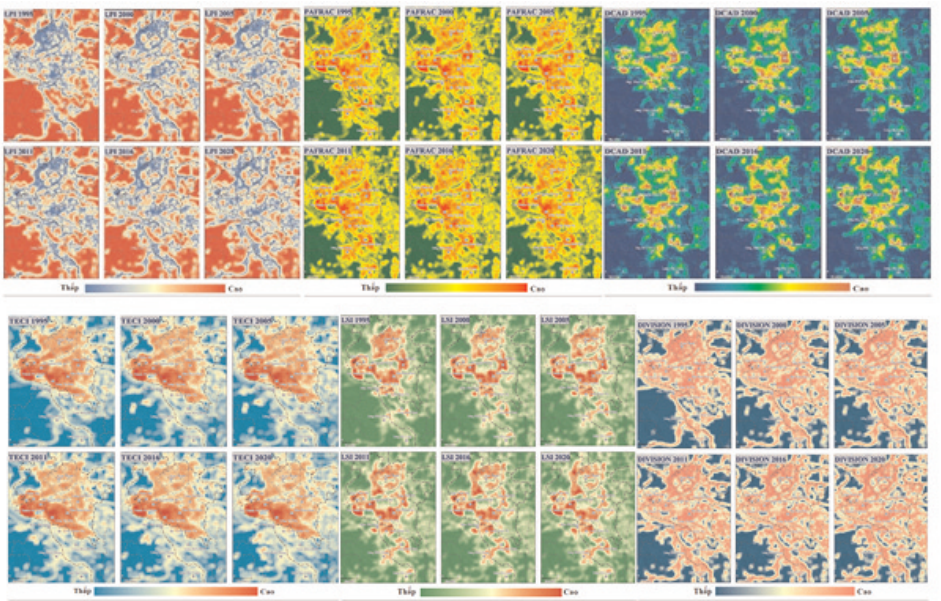
Dựa trên phân tích tương quan giữa các độ đo cảnh quan, nhóm tác giả đã lựa chọn các chỉ số độ đo phù hợp với khu vực nghiên cứu từ sáu nhóm chỉ số Fragstals (Area-Edge metrics; Shape metrics; Core area metrics; Contrast metrics; Aggregation metrics; Diversity metrics) để phân tích mẫu dạng cảnh quan theo không gian - thời gian. Các chỉ số được lựa chọn bao gồm: Chỉ số mảnh rời rạc lớn nhất - LPI (Largest Patch Index); Chỉ số số chiều fractal chu vi-diện tích - PAFRAC (Perimeter-Area Fractal Dimension); Chỉ số mật độ phân đoạn lõi - DCAD (Disjunct Core Area Density); Chỉ số tổng độ tương phản biên - TECI (Total Edge Contrast Index); Chỉ số hình dạng cảnh quan - LSI (Landscape Shape Index); Chỉ số phân nhỏ cảnh quan - DIVISION (Landscape Division Index); và Chỉ số đa dạng Shannon - SHDI (Shannon's Diversity Index).

3.2. Phân mảnh môi trường sống trong kết nối cảnh quan dựa trên phân tích trắc lượng hình thái

Các chỉ số cảnh quan được sử dụng trong



Hình 4: Tương quan được tính giữa các chỉ số cảnh quan trong sáu nhóm chỉ số



Hình 5: Kết quả tính toán chỉ số cảnh quan của khu vực nghiên cứu

nghiên cứu: LPI, PAFRAC, DCAD, TECI, LSI, DIVISION và SHDI. Kết quả nghiên cứu được tính toán được thể hiện hình dưới. *(Xem hình 5)*

Sự phát triển của quá trình đô thị hóa và sự mở rộng diện tích đất đô thị kể từ sau khi đất nước mở cửa và đổi mới, khu vực cố đô Huế đã thay đổi rất nhanh. Thúc đẩy sự chuyển đổi sử dụng đất, dẫn đến việc đưa ra các quyết định trái ngược nhau trong quy hoạch phát triển đô thị. Tuy nhiên, bên cạnh những mặt tích cực, chính sự phát triển này đã làm ảnh hưởng rất lớn đến các di sản văn hóa. Nhìn một cách tổng thể có thể thấy, thực trạng phát triển của khu vực Quần thể di tích Cố đô Huế hiện nay là rất đáng lo ngại: Các di tích này đã chịu sức ép từ hoạt động định cư, sinh sống của dân cư ở khu vực lân cận. Hậu quả là các mẫu dạng phân tán và không đồng đều của lớp phủ làm cho cảnh quan trở nên mất kết nối và bất đồng nhất rõ rệt trong không gian và thời gian.

Kết luận

Phân tích dữ liệu viễn thám đa thời gian và phân tích số liệu chỉ số cảnh quan trong nghiên cứu đã xác định một cách định lượng theo không gian và thời gian của quá trình đô thị hóa ở Quần thể di tích Cố đô Huế trong giai đoạn 1995-2020. Nghiên cứu đã lựa chọn được các chỉ số cảnh quan (LPI, PAFRAC, DCAD, TECI, LSI, DIVISION và SHDI). Các chỉ số cảnh quan này được áp dụng cho khu vực Quần thể di tích Cố đô Huế, là các chỉ báo định lượng có ý nghĩa trong việc đánh giá tính phân mảnh của một số yếu tố cảnh quan trong các khu vực cần bảo tồn. Những biến động này đã và đang tạo ra các nguy cơ tiêu cực về tự nhiên, kinh tế - xã hội và môi trường của khu vực, đe dọa tới mục tiêu phát triển bền vững của lãnh thổ trong tương lai. Các ứng dụng chỉ số cảnh quan (landscape metrics) chỉ ra rằng các chỉ số độ đo này cho phép tạo giá trị gia tăng cho các thông tin lớp phủ chi tiết, đặc biệt là các đối tượng đô thị hoặc liên quan đến đô thị được phân loại từ dữ liệu ảnh vệ tinh độ phân giải cao. Sự biến đổi các chỉ số cảnh quan cho phép giải thích được một cách định lượng mẫu dạng (pattern) của biến động lớp phủ theo không gian - thời gian qua đó chỉ mức độ phân mảnh của từng loại lớp phủ. Đây được coi là một cách tiếp cận định lượng hiệu quả nhằm theo dõi xu thế biến động của loại hình lớp phủ, phù hợp cho nhiều quy mô lãnh thổ và đa thời gian. Do vậy nghiên cứu này, có khả năng ứng dụng được trong các khu vực khác để phân tích sự biến động của mẫu dạng cảnh quan.❍

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn nhóm thực hiện đề tài NCKH cấp Quốc Gia chương trình Khoa học và Công nghệ Vũ trụ giai đoạn 2016-2020: "Nghiên cứu ứng dụng của công nghệ viễn thám và phương pháp trắc lượng hình thái trong xây dựng bộ tiêu chí giám sát quá trình suy thoái chất lượng rừng ngập mặn phục vụ công tác bảo tồn, phục hồi rừng ngập mặn và sử dụng hợp lý đất ngập nước ven biển, thử nghiệm tại tỉnh Quảng Ninh và Cà Mau" mã số: VT-UD.08/18-20. Phương pháp lựa chọn chỉ số cảnh quan của đề tài đã được ứng dụng thành công trong xây dựng nội dung nghiên cứu của NCS Phạm Văn Mạnh tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN.

Tài liệu tham khảo

[1]. Erener A (2013), "Classification method, spectral diversity, band combination and accuracy assessment evaluation for urban feature detection", *Int J Appl Earth Obs Geoinformation*, 21, pp.397-408.

[2]. Esch et al., (2014), "Dimensioning urbanization-An advanced procedure for characterizing human settlement properties and patterns using spatial network analysis", *Appl Geogr* 55:212–228. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.09.009

[3]. Fichera CR, Modica G, Pollino M, (2012), "Land Cover classification and change-detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics", *Eur J Remote Sens* 45:1–18. https://doi.org/10.5721/EuJRS20124501

[4]. Heinimann et al., (2017), "A global view

of shifting cultivation: recent, current, and future extent", *PLoS One*, 12 (2017).

[5]. ICOMOS (1993), *World Heritage List (Hue)*.

[6]. Mathieu R., Freeman C., and Aryal J. (2007), "Mapping private gardens in urban areas using object-oriented techniques and very high-resolution satellite imagery", *Landsc Urban Plan*, 81(3), pp.179-192.

[7]. McGarigal K., Cushman, S. A, and Ene, E. (2012), "Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps", *Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts*, Amherst.

[8]. McGarigal, K., S, A, Cushman., E, Ene. (2012), FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst.

[9]. Phạm Minh Hải, Đỗ Thị Hoài, (2019), "Nghiên cứu cơ sở khoa học trong lựa chọn chỉ số cảnh quan phù hợp phục vụ công tác giám sát biến đổi cấu trúc rừng ngập mặn. Thực nghiệm tại rừng ngập mặn mũi Cà Mau", *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, số 42 (12/2019): tr.20-25.

[10]. Phạm Minh Hải, Vũ Kỳ Long, (2019), "Nghiên cứu ứng dụng phương pháp học máy (machine learning) trong phân loại rừng ngập mặn trên ảnh viễn thám SPOT 6 với khu vực thử nghiệm tại tỉnh Càu Mau", *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, số 40 (6/2019): tr.17-21.

[11]. Pham V-M, Van Nghiem S, Bui Q-T, et al (2019), "Quantitative assessment of urbanization and impacts in the complex of Huế Monuments, Vietnam", *Appl Geogr* 112:102096. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.102096.

[12]. Plexida S.G., Sfougaris A.I., Ispikoudis I.P. et al. (2014), "Selecting landscape metrics as indicators of spatial heterogeneity-A comparison among Greek landscapes", *Int J Appl Earth Obs Geoinformation*, 26, pp.26-35.

[13]. Qian Y., Zhou W., Yan J. et al. (2014), "Comparing Machine Learning Classifiers for Object-Based Land Cover Classification Using Very High-Resolution Imagery", *Remote Sens*, 7(1), pp.153-168.❍

Summary

The influence of changing land cover and habitat fragmentation in landscape connectivity: using remote sensing mothod and morphological measurement

Pham Van Manh, Do Thi Ngoc Anh, Nguyen Ngoc Thach

VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi

Pham Minh Hai

Vietnam Institute of Geodesy and Cartography, Ministry of Natural Resources and Environment

The built-up areas, especially urban and peri-urban infrastructure, can reduce the natural vegetation cover. Maintaining landscape connectivity has become the subject of ecological research and conservation. The structural connection is estimated using only overlays, which is a simple approach with great potential with less data requirements for the protection corridor planning. The objective of this study is to analyze fragmentation for the landscape connection of Hue city - World Cultural Heritage by using spatial metrics such as LPI, PAFRAC, DCAD, TECI, LSI, DIVISION and SHDI.❍