

TÍCH HỢP CA-MARKOV VÀ AHP DỰ BÁO BIẾN ĐỘNG LỚP PHỦ SỬ DỤNG ĐẤT HUYỆN VĂN YÊN, TỈNH YÊN BÁI

TA VĂN HẠNH⁽¹⁾, PHẠM QUANG VINH⁽²⁾

⁽¹⁾Học viện Khoa học và công nghệ - Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

⁽²⁾Viện Địa lý - Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

Tóm tắt:

Nghiên cứu này nhằm tích hợp chuỗi Markov, mạng tự động (CA) và phương pháp phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process - AHP) và để nghiên cứu và dự báo xu hướng biến động lớp phủ sử dụng đất (Land Use Land Cover - LULC) trên địa bàn huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái đến năm 2030. Kết quả nghiên cứu đã thành lập bản đồ dự báo biến động LULC đoạn 2025 - 2030 cho 7 loại hình LULC: đất ở/xây dựng, cây hàng năm, cây lâu năm, rừng đặc sản (Quế), rừng sản xuất, rừng phòng hộ, đất trồng/cây bụi. Các loại hình LULC có sự biến động về diện tích theo xu hướng giảm diện tích các loại hình rừng sản xuất, rừng phòng hộ, đặc biệt, diện tích đất trồng/cây bụi có xu thế giảm nhiều nhất. Trong khi đó, diện tích đất xây dựng có xu hướng tăng mạnh dọc theo các tuyến đường giao thông chính, cùng với đó diện tích cây hàng năm và cây lâu năm cũng có xu hướng tăng, trong đó rừng đặc sản (Quế) có xu hướng tăng mạnh nhất. Kết quả dự báo phù hợp với định hướng quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch phát triển nông, lâm nghiệp của địa phương thời kỳ 2021 - 2030.

Từ khóa: Markov, CA, biến động LULC, AHP, Văn Yên.

1. Đặt vấn đề

Trong những thập kỷ qua biến động LULC đã được công nhận là một trong những động lực quan trọng trong việc biến động môi trường toàn cầu. Biến động LULC làm biến đổi lớp phủ thảm thực vật, các đặc tính lý hóa của đất, các hệ thống thủy văn,... gây mất cân bằng sinh thái dẫn đến biến đổi khí hậu. Ngày nay cùng với sự phát triển không ngừng của khoa học đòi hỏi các thông tin phải nhanh chóng, chính xác và kịp thời. Việc dự báo biến động LULC đóng một vai trò quan trọng trong việc đề xuất các định hướng cho phát triển

kinh tế - xã hội và bảo vệ môi trường trong tương lai.

Để lập mô hình mô phỏng sự biến động LULC có nhiều nghiên cứu sử dụng mô hình toán, mô hình hồi quy đa biến, mô hình CA-Markov, mô hình đa tác tử, mô hình LCM, Geomod,... Trong đó, mô hình CA-Markov thường được sử dụng do có tính ứng dụng cao và linh hoạt, phù hợp với thực tiễn. Trước đây, sử dụng phương pháp tích hợp CA-Markov để dự báo biến động LULC có một số hạn chế nhất định do chưa phản ánh được các yếu tố chính sách, yếu tố động lực đóng vai trò quan trọng trong việc định hướng sử dụng đất trong

Ngày nhận bài: 2/11/2023, ngày chuyển phản biện: 5/11/2023, ngày chấp nhận phản biện: 9/11/2023, ngày chấp nhận đăng: 18/11/2023

tương lai. Nhằm khắc phục hạn chế này, trong những năm gần đây một số nghiên cứu đã tích hợp thêm một số phương pháp như: Phân tích thứ bậc (AHP)^[12], Hồi quy Logistic^[8, 9, 12], các kỹ thuật học máy như Artificial Neural Network (ANN)^[3, 6, 9], Random Forest^[10], Support Vector Machine^[2, 4],... Điểm chung của các phương pháp này là đã tính đến các yếu tố động lực, góp phần nâng cao hiệu quả dự báo. Tuy nhiên mô hình tích hợp CA-Markov với ưu thế về khả năng dự báo đã được kiểm chứng qua rất nhiều nghiên cứu trước đây. Đặc biệt trong những năm gần đây với sự cải tiến của phần mềm GIS đã cho phép tích hợp được các yếu tố chính sách, động lực góp phần nâng cao hiệu quả dự báo biến động LULC.

Tại Việt Nam, đa số các nghiên cứu ứng dụng mô hình tích hợp CA-Markov kết hợp GIS, trong nghiên cứu dự báo biến đổi LULC những khu vực đô thị, nơi sự biến động sử dụng đất diễn ra mạnh mẽ nhưng không gian biến động không lớn. Có rất ít nghiên cứu dự báo biến động LULC ở khu vực nông thôn, nơi sự biến động diễn ra chậm hơn nhưng ở quy mô không gian lớn hơn. Văn Yên là huyện miền núi thuộc tỉnh Yên Bái có nhiều tiềm năng để phát triển nông, lâm nghiệp, nhất phát triển diện tích trồng Quế. Trong những năm gần đây cơ cấu sử dụng đất của huyện có nhiều biến động theo chiều hướng giảm diện tích đất chưa sử dụng, đất trồng rừng cây lấy gỗ kém hiệu quả,... chuyển sang trồng Quế. Bài toán đặt ra đối với sự mở rộng cây Quế trong tương lai là diện tích bao nhiêu và sẽ mở rộng sang loại hình sử dụng đất nào. Bên cạnh đó huyện Văn Yên nằm ở trung tâm của khu vực vùng núi phía Bắc, là đầu mối trung chuyển của các tuyến đường giao thông quan trọng đã tạo động mở rộng diện tích đất chuyên dùng phục vụ mục

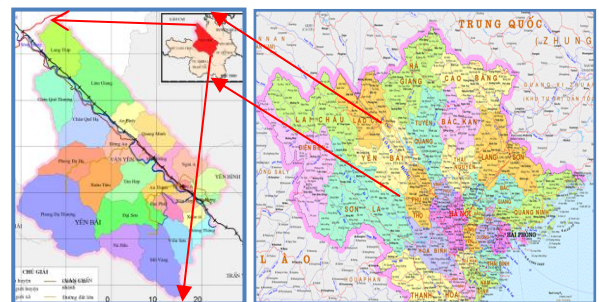
đích công nghiệp, đất ở, đất sản xuất nông nghiệp, lâm nghiệp. Để phục vụ công tác định hướng lập quy hoạch sử dụng đất huyện Văn Yên nói riêng và kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội nói chung cần phải đưa ra những dự báo sự biến động LULC trong tương lai để cung cấp cơ sở khoa học trong quá trình lập quy hoạch sử dụng đất, bố trí cơ cấu cây trồng, phân bổ nguồn lực sản xuất nông, lâm nghiệp và quy hoạch tổng thể phát triển là một vấn đề cấp thiết cần được giải quyết.

2. Cơ sở dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở dữ liệu và khu vực nghiên cứu

a) Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu được lựa chọn là huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái. Huyện có diện tích tự nhiên 1.390 km², dân số khoảng 130.000 người. Huyện Văn Yên nằm ở trung tâm khu vực Trung du và miền núi phía Bắc có các tuyến đường giao thông huyết mạch chạy qua (đường sắt Yên Bái - Lào Cai, đường thủy nội địa sông Hồng và đường cao tốc Nội Bài - Lào Cai), diện tích đất đai rộng lớn, có tiềm năng phát triển nông, lâm nghiệp. Huyện có điều kiện khí hậu, thổ nhưỡng phù hợp để phát triển cây Quế, đã hình thành vùng chuyên canh Quế lớn nhất cả nước, đây là yếu tố động lực vai trò quan trọng trong việc biến động LULC của địa phương.



Hình 1: Vị trí địa lý huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái

b) Dữ liệu sử dụng

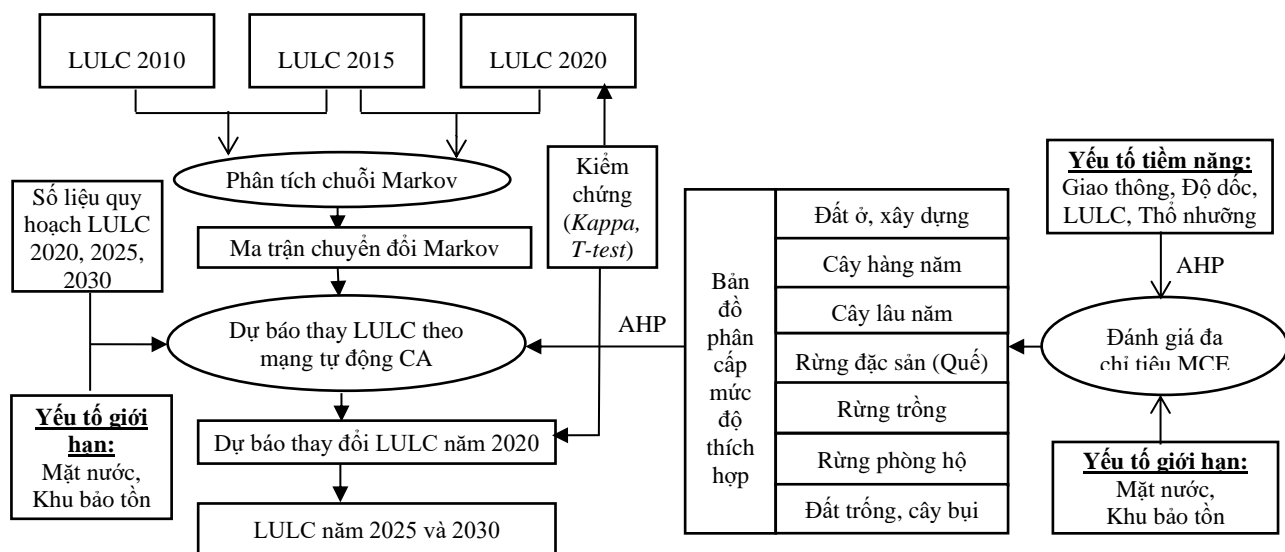
Dữ liệu hiện trạng sử dụng đất và hiện trạng lớp phủ thảm thực vật được thu thập qua các thời điểm năm 2010, 2015, 2020. Sau đó tiến hành xây dựng hệ thống chỉ tiêu đánh giá gồm 7 chỉ tiêu LULC (Đất ở, xây dựng; Cây hàng năm; Cây lâu năm; Rừng đặc sản (Quế); Rừng sản xuất; Rừng phòng hộ; Đất trống, cây bụi). Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến sự thay đổi LULC, trong nghiên cứu này đã xác định các yếu tố (Thổ nhưỡng, LULC, Giao thông, Độ dốc) có ảnh hưởng trực tiếp đến

hoạt động sản xuất nông, lâm nghiệp và định cư. Các yếu tố giới hạn được xác định là diện tích mặt nước và khu bảo tồn thiên nhiên Nà Hầu.

2.2. Quy trình và Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Quy trình nghiên cứu

Việc dự báo biến động LULC được thực hiện dựa trên cơ sở mô hình đánh giá đa chỉ tiêu. Kết quả sẽ thành lập được các bản đồ dự báo biến động LULC đến năm 2025 và 2030.



Hình 2: Quy trình dự báo biến đổi LULC

a) Xây dựng bản đồ phân cấp mức độ thích hợp: Bản đồ phân cấp thích hợp (PCTH) được xây dựng dựa trên cơ sở của phương pháp đánh giá đa chỉ tiêu trong các bài toán mô hình hóa thông tin không gian. Thể hiện mức độ thích hợp đối với một mục tiêu đánh giá cụ thể nào đó của tất cả các địa điểm trong khu vực nghiên cứu^[1]. Các yếu tố tiềm năng chi phối LULC (Giao thông, Độ dốc, LULC, Thổ nhưỡng), tùy thuộc vào LULC cụ thể sẽ được tính trọng số thông qua phương pháp AHP. Bên cạnh đó các yếu tố giới hạn sẽ được tích hợp trong quá trình phân cấp mức độ thích

hợp nhằm loại trừ khu vực tiềm năng có thể xảy ra.

b) Xây dựng ma trận chuyển đổi Markov: Thiết lập mối liên hệ giữa 2 bản đồ LULC tại hai thời kỳ trong quá khứ (2010, 2015), tạo cơ sở cho việc mô hình hóa ở các bước tiếp theo. Sở dĩ mốc thời điểm dự báo là năm 2025 và 2030 là dựa trên việc tính toán ma trận chuyển đổi Markov để xác định ra bước nhảy thời gian. Đồng thời những mốc thời gian này cũng trùng với quy hoạch sử dụng đất với chu kỳ 5 năm của địa phương để kiểm chứng.

c) Mô hình hóa sự biến động LULC dựa vào bài toán CA-Markov

Dựa trên nguồn tư liệu đầu vào là bản đồ hiện trạng LULC năm 2015, ma trận chuyển đổi LULC 2010 - 2015, bản đồ phân cấp mức độ thích hợp LULC. Ứng dụng mô hình phân tích chuỗi Markov kết hợp với thuật toán mạng tự động CA trên cơ sở tích hợp phân tích AHP để tìm ra bộ trọng số cho từng đối tượng LULC, dữ liệu quy hoạch sử dụng đất năm 2020, các yếu tố giới hạn để thành lập bản đồ dự báo LULC năm 2020.

d) Kiểm chứng

Mục đích chính của công đoạn này là dựa trên kết quả mô hình hóa biến đổi LULC đến năm 2020 để đánh giá mức độ chính xác của quá trình mô hình hóa cho giai đoạn tiếp theo.

e) Dự báo biến động LULC đến năm 2025 và 2030

Kết quả kiểm chứng nếu chỉ số Kappa >0,7^[7] sẽ đạt yêu cầu để tiến hành dự báo biến động LULC đến năm 2025 và 2030 dựa vào bài toán CA-Markov với quy trình thực hiện tương tự như trên (Mục c).

2.2.2. Phương pháp nghiên cứu

a) Mạng tự động (Cellular Automata - CA)

Von Neumann là người đầu tiên đưa ra khái niệm về CA vào năm 1940 trong lĩnh vực khoa học máy tính^[5]. Hiện nay, khái niệm này được ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành khoa học như Vật lý, Toán học, GIS, Viễn thám,... Việc tích hợp CA và GIS đã tạo nên khả năng ứng dụng lớn và rộng rãi hơn, do

khắc phục được các hạn chế trong việc mô hình hóa sự biến động LULC theo thời gian của công nghệ GIS.

b) Chuỗi Markov

Chuỗi Markov là một mô hình ngẫu nhiên mô tả một chuỗi các sự kiện có khả năng xảy ra, mà xác suất để xảy ra sự kiện tiếp theo phụ thuộc chỉ vào sự kiện hiện tại. Chuỗi Markov là sự kết hợp bởi 2 thành phần: tập trạng thái Q và ma trận chuyển đổi giữa các trạng thái P (ma trận này sẽ là ma trận vuông). Chuỗi Markov là một dãy X₁, X₂, X₃,... gồm các biến ngẫu nhiên. Tập tất cả các giá trị có thể có của các biến này được gọi là không gian trạng thái S, giá trị của X_n là trạng thái của quá trình (hệ) tại thời điểm n. Nếu việc xác định (dự đoán) phân bố xác suất có điều kiện của X_{n+1} khi cho biết các trạng thái quá khứ là một hàm chỉ phụ thuộc X_n thì $P(X_{n+1}=x|X_0, X_1, X_2, \dots, X_n) = P(X_{n+1}=x|X_n)$

c) Phân tích AHP

Phân tích AHP (Analytic Hierarchy Process) là kỹ thuật ra quyết định dựa trên so sánh cặp nhiều chỉ tiêu (Saaty và Vargas, 1994) ^[11]. AHP là phương pháp tối ưu giải quyết bài toán tìm trọng số các chỉ tiêu LULC và các yếu tố tiềm năng chi phối biến động LULC.

3. Kết quả

Phân ngưỡng thích hợp và giá trị trọng số các chỉ tiêu, yếu tố ảnh hưởng đến sự biến động LULC được trình bày trong Bảng 1, Bảng 2.

Bảng 1: Phân ngưỡng các yếu tố ảnh hưởng đến sự biến động LULC

Stt	Yếu tố Chỉ tiêu	LULC	Độ dốc (độ)	Giao thông (km)	Thổ nhưỡng
1	Đất xây dựng (Bu)	255: Bu; 192: AC, PP; 128: Sh; 64: C, PF; Pf; 0: PA, Wt	255: 0-3; 128: 3-15; 64: >15	255: 0 - 0,5; 128: 0,5-1; 64: 1-1,5; 0: 1,5-2	

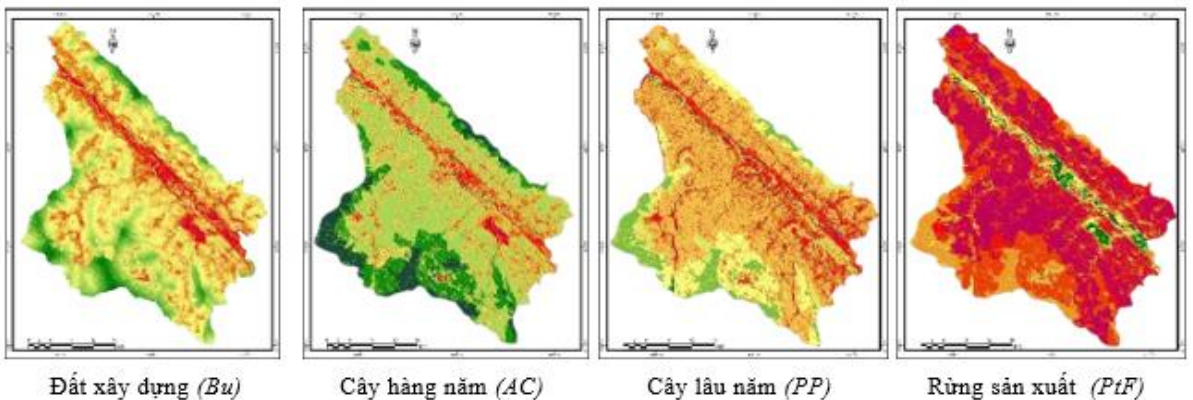
Stt	Yếu tố		LULC	Độ dốc (độ)	Giao thông (km)	Thổ nhưỡng
	Chỉ tiêu					
2	Cây hàng năm (AC)		255: AC; 128: Sh, C, PF, PP, Bu; 0: PA, Wt			255: Py, Pbe, Fl, D; 192: Fp; 128: Fs, Fq; 64: Fa, Hs; 0: Wt
3	Cây lâu năm (PP)		255: PP; 170: C, AC, PF, Sh; 85: PtF, Bu; 0: PA, Wt	255: 0-8; 128: 8-15; 0: >15		255: Fp, Fs; 170: Hs, Fa, Fq, D; 85: Py, Pbe, Fl; 0: Wt
4	Rừng sản xuất (PF)		255: PF, C; 170: Sh, PP; 85: PtF, Bu, AC; 0: PA, Wt	255: >15; 170: 8-15; 85: 3-8; 0: 0-3		255: Fq, Fs; 170: Hs, Fa, D; 85: Py, Pbe, Fl, Fp; 0: Wt
5	Rừng đặc sản (C)		255: C, PF; 170: PtF, PP; 85: Sh, Bu, AC; 0: PA, Wt	255: >15; 170: 8-15; 85: 3-8; 0: 0-3		255: Fs; 170: Hs, Fq, Fa, D; 85: Py, Pbe, Fl, Fp; 0: Wt
6	Rừng phòng hộ (PtF)		255: PF, PtF; 128: C, PP, AC, Bu, Sh; 0: PA, Wt	255: >25; 128: 15-25; 0: <15		255: Hs, Fa; 170: Fp, Fs, Fq, D; 85: Py, Pbe, Fl; 0: Wt
7	Đất trồng, cây bụi (Sh)		255: Sh; 128: C, PF; AC, Bu, PP, PtF; 0: PA, Wt			

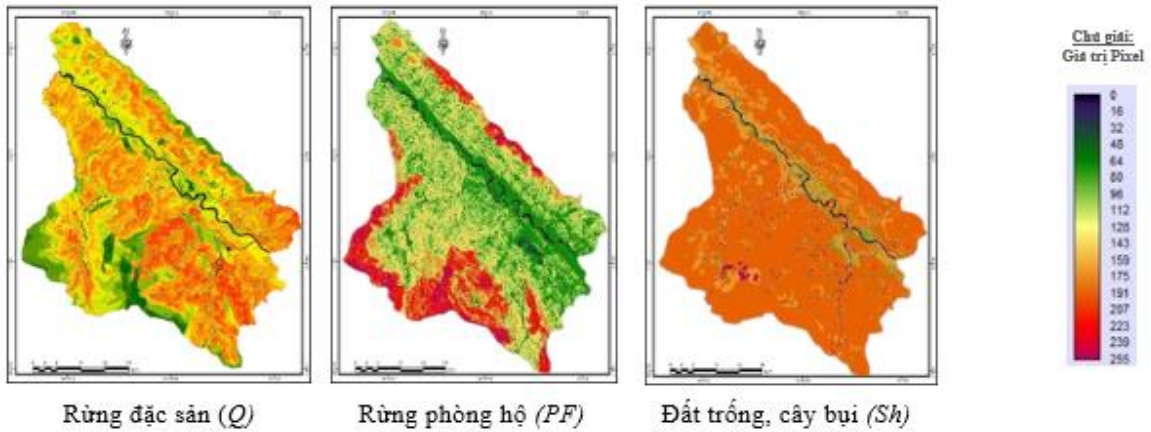
Trong đó: Bu-Đất xây dựng, AC-Cây hàng năm, PP-Cây lâu năm, PF-Rừng sản xuất, C-Rừng đặc sản, PtF-Rừng phòng hộ, Sh Đất trồng/cây bụi, PA-Khu bảo tồn, Wt: Mặt nước

Bảng 2: Giá trị trọng số các chỉ tiêu LULC giai đoạn 2020-2025, 2025-2030 và các yếu tố ảnh hưởng đến sự biến động LULC

Stt	Yếu tố		Trọng số		LULC	Độ dốc	Giao thông	Thổ nhưỡng
	Chỉ tiêu		2020-2025	2025-2030	2020-2030	2020-2030	2020-2030	2020-2030
1	Đất xây dựng		0,367	0,419	0,085	0,177	0,737	
2	Cây hàng năm		0,081	0,067	0,75			0,25
3	Cây lâu năm		0,135	0,116	0,30	0,10		0,60
4	Rừng sản xuất		0,038	0,028	0,727	0,182		0,091
5	Rừng đặc sản		0,295	0,261	0,223	0,07		0,707
6	Rừng phòng hộ		0,062	0,089	0,708	0,231		0,060
7	Đất trồng, cây bụi		0,022	0,021	1			

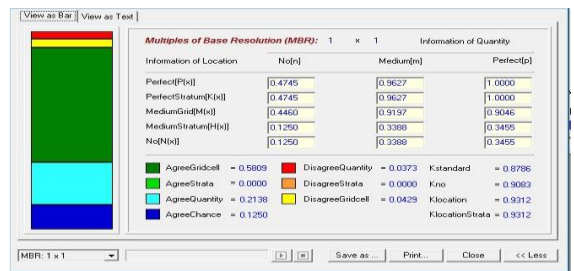
Phân cấp thích hợp cho từng đối tượng LULC được thể hiện trong các bản đồ Hình 3.





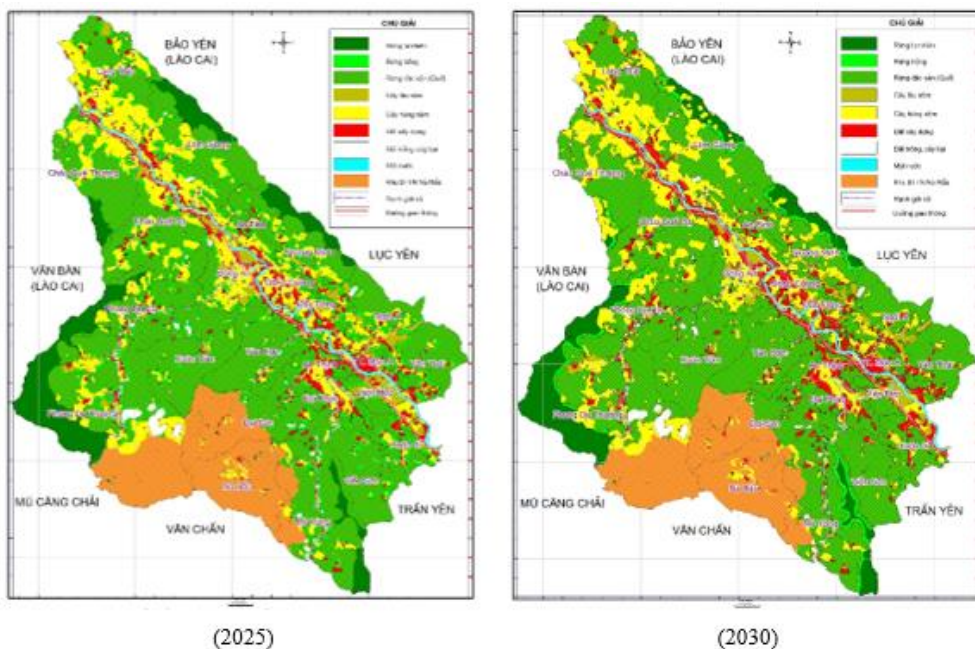
Hình 3: Bản đồ phân cấp thích hợp cho từng đối tượng LULC

Sử dụng chức năng kiểm chứng (*Validate*) của phần mềm Idrisi, so sánh kết quả mô hình hóa đến năm 2020 và bản đồ hiện trạng LULC năm 2020. Bên cạnh đó để tăng độ tin cậy của kết quả dự báo, bài báo sử dụng phương pháp thống kê T-test giữa diện tích dự báo và diện tích hiện trạng. Kết quả cho thấy mô hình hóa đạt tỷ lệ chính xác khá cao với chỉ số Kappa >90%, T-test = 0,875 >0,05, điều này cho phép tiếp tục mô hình hóa biến động LULC đến năm 2025 và 2030.



Hình 4: Kết quả kiểm chứng giữa mô hình hóa và bản đồ hiện trạng LULC năm 2020

Bản đồ mô hình hóa biến động LULC năm 2025, 2030 được thể hiện ở Hình 5.



Hình 5: Bản đồ mô hình hóa biến động LULC huyện Văn Yên năm 2025, 2030

Xu hướng biến đổi LULC tới năm 2025 và 2030 cho thấy các loại hình rừng sản xuất, rừng phòng hộ, mặt nước và đất trống có xu hướng giảm về diện tích, trong đó loại hình đất trống, cây bụi có xu thế giảm mạnh nhất do có xu thế chuyển đổi thành các dạng đất khác như rừng đặc sản (Quế), đất xây dựng và cây hàng năm.

4. Kết luận

Bài báo đã sử dụng mô hình tích hợp CA-Markov và AHP xây dựng các ma trận chuyển dịch diện tích các loại hình LULC giữa các giai đoạn và thành lập các bản đồ phân cấp thích hợp cho từng loại hình LULC và bản đồ mô hình hóa biến động LULC huyện Văn Yên đến năm 2025, 2030. Các loại hình LULC có sự biến động về diện tích theo xu hướng giảm diện tích các loại hình rừng sản xuất, rừng phòng hộ, mặt nước, đặc biệt, diện tích đất trống có xu thế giảm nhiều. Trong khi đó, diện tích đất xây dựng có xu hướng tăng mạnh dọc theo các tuyến đường quốc lộ, cùng với đó diện tích rừng đặc sản (Quế), cây hàng năm và cây lâu năm cũng có xu hướng tăng. Kết quả dự báo biến động LULC cung cấp cơ sở khoa học cho các nhà khoa học, nhà quản lý trong quá trình quy hoạch sử dụng đất, hoạch định chính sách phát triển nông, lâm nghiệp lãnh thổ huyện Văn Yên. ○

Tài liệu tham khảo

[1]. A. S. Fotheringham, S. Brunsdon, and M. Charlton (2000), *Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Data Analysis*, Sage Publications Ltd.

[2]. B.E. Jamsran and et al. (2019), *Applying a support vector model to assess land cover changes in the Uvs Lake Basin ecoregion in Mongolia*, Information Processing in Agriculture, Vol 6(1), pp. 158-169.

[3]. E. Buğday and S. E. Buğday (2019), *Modeling and simulating land use/cover change using artificial neural network from remotely sensing data*, Cerne, Vol 25(2), pp. 246-254.

[4]. H. C. Reis and G. Yilanci (2019), *Determination of Land Use Change using Support Vector Machines: A Case Study of Arnavutkoy, Istanbul*, International Journal of Environment and Geoinformatics, Vol 8(3), pp. 256 - 266.

[5]. Julia Damerow (2010), *John von Neumann's Cellular Automata*, Arizona State University, Embryo Project Encyclopedia.

[6]. M. H. Saputra and H. S. Lee (2019), *Prediction of Land Use and Land Cover Changes for North Sumatra, Indonesia, Using an Artificial-Neural-Network-Based Cellular Automaton*, Sustainability, Vol 11(11), pp. 3024.

[7]. N. Maryantika and C. Lin (2017), *Exploring changes of land use and mangrove distribution in the economic area of Sidoarjo District, East Java using multi-temporal Landsat images*, Information Processing in Agriculture, Vol 4(4), pp. 321-332.

[8]. Nguyễn Hữu Cường, Nguyễn Văn Cường, và Nguyễn Thanh Hằng (2022), *Tích hợp chuỗi Markov và hồi quy logistic dự báo biến động mục đích sử dụng đất tại huyện Lâm Hà, tỉnh Lâm Đồng*, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, số 58(2A), tr. 32-42.

[9]. Phạm Văn Tùng, Trịnh Lê Hùng, Nguyễn Văn Trung, và Vũ Xuân Cường (2023), *Nghiên cứu dự báo biến động bề mặt không thấm khu vực thành phố Hồ Chí Minh từ dữ liệu viễn thám và GIS*, Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, số 56(6), tr. 25-33.

- [10]. Purwanto and et al. (2023), *Land cover change assessment using random forest and CA markov from remote sensing images in the protected forest of South Malang, Indonesia*, Remote Sensing Applications: Society and Environment, Vol 32.
- [11]. T.L. Saaty and L. Vargas (1994), *Decision making in economic, political, social, and technological environments with the analytic hierarchy process*, RWS Publications, Pitts- burgh.
- [12]. Trịnh Lê Hùng, Nguyễn Thị Thu Nga, Vũ Danh Tuyên, và Bùi Thu Phương (2017), *Đánh giá và dự báo biến động đất đô thị khu vực nội thành thành phố Hà Nội bằng tư liệu viễn thám và GIS*, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư phạm TP Hồ Chí Minh, số 14(3), tr. 176-187.○

Summary

Integration of CA - Markov chain and AHP for predicting change of land use and land cover in Van Yen district, Yen Bai province

Ta Van Hanh

Graduate University of Science and Technology - Vietnam Academy of Science and Technology

Pham Quang Vinh

Institute of Geography - Vietnam Academy of Science and Technology

This study aims to integrate Markov chain, automatic network (CA) and AHP and to research and predict the trend of changes in land use land cover (LULC) in Van Yen district, Yen Bai province until 2030. The research results have established a map predicting LULC fluctuations in the period 2025 - 2030 for 7 types of LULC: residential/construction land, annual crops, perennial crops, specialty forests (*Cinnamon*), production forests, protection forests, bare land/shrubs. LULC types have fluctuations in area with a tendency to decrease the area of production forests, protection forests, and water surfaces. In particular, the area of bare land/shrubs tends to decrease the most. Meanwhile, the area of construction land tends to increase sharply along main traffic routes, along with the area of annual and perennial trees also tends to increase, in which specialty forests (*Cinnamon*) have the strongest upward trend. The forecast results are consistent with the land use planning orientation and agricultural and forestry development planning during the 2021 - 2030 stage.○

Keywords: Markov; CA, AHP; *LULC* change, Van Yen.