

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG MÔ HÌNH DINAMICA EGO VÀO MÔ PHỎNG VÀ DỰ ĐOÁN BIẾN ĐỘNG SỬ DỤNG ĐẤT VÀ THÂM PHỦ TRÊN LƯU VỰC SÔNG

Trịnh Xuân Mạnh, Lê Việt Hùng

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Phạm Thị Đức

Trung tâm Điều tra khảo sát, Công nghệ và dịch vụ khí tượng thủy văn,

Cục Khí tượng Thủy văn

Tóm tắt: Sử dụng đất và thảm phủ, cũng như tính chất biến động của chúng, trên các lưu vực sông đóng vai trò quan trọng trong các nghiên cứu liên quan đến thủy văn và tài nguyên nước. Bài báo này tập trung vào nghiên cứu và ứng dụng công cụ mới (DINAMICA EGO) trong mô phỏng và dự đoán biến động sử dụng đất và thảm phủ ở Việt Nam. Mô hình DINAMICA EGO sử dụng thông tin đầu vào là các bản đồ sử dụng đất và thảm phủ, các biến không gian ảnh hưởng có tính chất tĩnh và động, và tập hợp các quy tắc chuyển đổi dựa trên một mô hình tự động dạng tế bào. Kết quả thử nghiệm tại lưu vực sông Trà Bồng, tỉnh Quảng Ngãi cho thấy mô hình đã mô phỏng, tính toán tốt chu kỳ biến động sử dụng đất và thảm phủ trong 10 năm từ 2005 đến 2015. Kết quả mô phỏng và dự đoán kịch bản phát triển đến năm 2055 cho thấy diện tích đất rừng và đất ở đô thị khu vực này có xu hướng tăng, trong khi đất trồng trọt và đất cây bụi có xu hướng giảm nhanh trong tương lai. Cuối cùng, mô hình DINAMICA EGO có giao diện thân thiện, đa tính năng phân tích không gian và có thể ứng dụng tốt vào mô phỏng và dự đoán biến động sử dụng đất và thảm phủ cho các lưu vực sông.

Từ khóa: Biến động sử dụng đất và thảm phủ, Mô hình DINAMICA EGO, Sông Trà Bồng, Kịch bản mô phỏng.

Summary: Land use and land cover, along with their variability, play an important role in hydrological and water resource studies within river basins. This paper presents the research, analysis, and application of a new tool-DINAMICA EGO-for simulating and predicting land use and land cover changes in Vietnam. The DINAMICA EGO model employs input data such as land use and land cover maps, static and dynamic spatial variables, and a set of transformation rules based on a cellular automata model. Validating the model in the Tra Bong River Basin, located in Quang Ngai Province, demonstrated the model's effectiveness in simulating land use and land cover changes over a 10-year period from 2005 to 2015. A projection towards 2055 suggest that forest and urban land areas are likely to expand, while cultivated land and shrubland are expected to decline significantly. Overall, DINAMICA EGO offers a user-friendly interface, robust spatial analysis capabilities, and strong potential for accurately simulating and predicting land use and land cover changes in river basins.

Keywords: Land use and land cover changes, DINAMICA EGO model, Tra Bong River Basin, Future scenarios.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong nghiên cứu liên quan đến lĩnh vực thủy văn và tài nguyên nước, các thông tin liên quan đến sử dụng đất và thảm phủ đóng vai trò quan trọng, là cơ sở phục vụ các đánh giá như tác động của biến động thảm phủ và sử dụng đất đến chế độ thủy văn hay đặc điểm tài nguyên nước lưu vực sông; đánh giá mức độ rủi ro thiên tai; hay sử dụng để trích xuất các thông tin cần thiết về khả năng thấm, độ nhám

bề mặt cho các mô phỏng bằng mô hình toán thủy văn thủy lực... Sự biến động hay thay đổi sử dụng đất và thảm phủ trên lưu vực sông chủ yếu đến từ các hoạt động phát triển kinh tế xã hội của con người như khai thác gỗ, sản xuất nông nghiệp, gia tăng dân số, các chính sách phát triển kinh tế xã hội của từng địa phương... Để có thể giám sát, mô phỏng và dự báo biến động thảm phủ và sử dụng đất các phương pháp như viễn thám và mô hình toán thường hay được ứng dụng trên thế giới. Trong hơn hai thập kỷ vừa qua, các mô hình toán phục vụ đánh giá biến đổi sử dụng đất và thảm phủ (sau đây gọi ngắn gọn là mô hình sử dụng đất và thảm phủ) đã được phát triển và chứng

Ngày nhận bài: 21/4/2025

Ngày thông qua phản biện: 05/8/2025

Ngày duyệt đăng: 19/9/2025

minh tính hiệu quả trong việc tính toán và dự báo những biến động về sử dụng đất và thảm phủ trong nhiều nghiên cứu [1].

Tại Việt Nam, trong hơn một thập kỷ vừa qua đã có nhiều nghiên cứu liên quan đến phân tích và đánh giá biến động sử dụng đất và thảm phủ. Trong đó, có thể chia thành các hướng nghiên cứu chủ yếu như (1) Ứng dụng công nghệ GIS (Geographical Information System) và viễn thám vào đánh giá biến động sử dụng đất và thảm phủ [2]; (2) Dự báo biến động sử dụng đất và thảm phủ sử dụng công nghệ viễn thám, GIS và mạng trí tuệ nhân tạo [3]; (3) Mô phỏng và dự báo biến động sử dụng đất và thảm phủ sử dụng mô hình toán [4]. Có thể nhận định rằng việc ứng dụng công nghệ GIS và viễn thám vào đánh giá biến động thảm phủ tại nước ta đã dần trở nên phổ biến và mang lại nhiều giá trị khoa học và thực tiễn. Tuy nhiên cũng không thể phủ nhận rằng, hạn chế lớn nhất của phương pháp này là khả năng dự đoán biến động trong tương lai, vì vậy phương pháp này thường được kết hợp với các phương pháp khác nhằm phục vụ công tác dự báo. Trong đó, các mô hình toán là những công cụ hữu ích có khả năng mô phỏng và dự báo biến động sử dụng đất và thảm phủ khá tốt, như đã giới thiệu những năm gần đây được sử dụng khá phổ biến trên thế giới. Tuy nhiên tại Việt Nam không có nhiều nghiên cứu tập trung vào phát triển các mô hình này hoặc ứng dụng các mô hình để đánh giá, mô phỏng và dự báo biến động sử dụng đất và thảm phủ.

Một trong những phương pháp được sử dụng phổ biến hiện nay để phát triển các mô hình sử dụng đất và thảm phủ là Cellular Automata (CA) (Tạm dịch: hệ tự hành dạng tế bào) [5]. Một số những mô hình đã được phát triển và sử dụng có thể kể đến như UrbanSim, DINAMICA EGO, SLEUTH, CLUE-S, CA-Markov in IDRISI, FLUS, APoLUS, LCM, UrbanCA. Các mô hình sử dụng đất và thảm phủ cũng tương tự như các mô hình toán thủy văn cũng đòi hỏi các bước quan trọng như thiết lập mô hình, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình nhằm đánh giá mức độ tin cậy trước khi ứng dụng vào nghiên cứu tiếp theo. Trong bài báo này, mô hình DINAMICA EGO sẽ được giới thiệu và ứng dụng thử nghiệm nhằm đánh giá khả năng áp dụng mô hình này vào các điều kiện cụ thể ở Việt Nam. Kết quả nghiên cứu sẽ góp phần làm phong phú thêm những công cụ mới trong đánh giá và dự báo biến động sử dụng

đất và thảm phủ ở nước ta.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu mô hình DINAMICA EGO

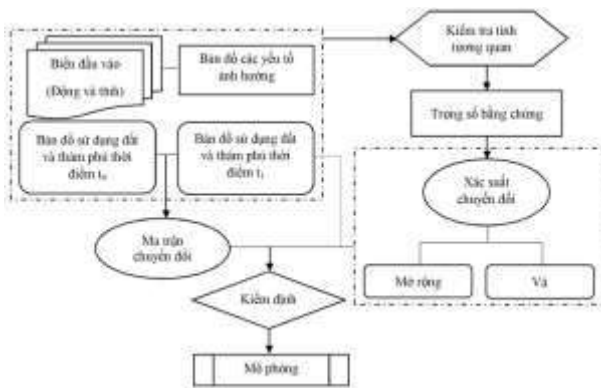
Mô hình DINAMICA EGO được phát triển lần đầu tiên bởi Soares-Filho và các cộng sự vào năm 2002 tại Brazil, với tên ban đầu là Dinamica [6]. Ban đầu mô hình được sử dụng để mô phỏng sự thay đổi của thảm phủ (chủ yếu là rừng) tại khu vực Amazon từ những năm 1986 đến 1994. Sau này mô hình tiếp tục được phát triển với nhiều thuật toán mô phỏng hiện đại hơn bao gồm cả những thuật toán phân tích không gian có trong các công cụ phân tích không gian thương mại, và mô hình được đặt tên mới là DINAMICA EGO (Environment for Geoprocessing Objects). Mô hình được phát triển dựa trên ngôn ngữ lập trình C++ và Java, hoàn toàn miễn phí cho mục đích nghiên cứu và ứng dụng liên quan đến biến động thảm phủ và sử dụng đất.

DINAMICA EGO là một mô hình tự động dạng tế bào (CA) được mô tả bằng các hàm chuyển tiếp dựa trên khu vực lân cận đa tỷ lệ, tích hợp tiếp cận phản hồi không gian (spatial feedback approach) vào công cụ mô phỏng đa bước ngẫu nhiên và ứng dụng hồi quy logistic nhằm tính toán xác suất chuyển đổi động theo không gian. Cấu trúc mô hình bao gồm 1) Một không gian Euclid được chia thành một mạng lưới các ô vuông giống nhau, 2) Vùng lân cận của ô có kích thước và hình dạng xác định, 3) Một tập hợp các trạng thái của từng ô, 4) Tập hợp các quy tắc chuyển đổi, xác định trạng thái của một ô dựa vào trạng thái của các ô trong vùng lân cận; 5) Các bước thời gian tính toán trong đó trạng thái của tất cả các ô được cập nhật đồng thời. Mô hình sử dụng các thông tin/số liệu đầu vào gồm các bản đồ số sử dụng đất và thảm phủ (các bản đồ này có thể là do vẽ hoặc phân loại từ các dữ liệu viễn thám) và các biến không gian (các yếu tố không gian ảnh hưởng trực tiếp đến sự biến động của thảm phủ và sử dụng đất) có tính chất động và tĩnh (biến đổi theo thời gian và không biến đổi) từ đó mô hình tính toán tạo ra các bản đồ sử dụng đất và thảm phủ mô phỏng cho mỗi bước tính, bản đồ xác suất chuyển đổi không gian (trong đó xác định xác suất chuyển đổi của từng ô tại từng vị trí cụ thể với mỗi trạng thái khác nhau) và các bản đồ động lực của từng biên không gian. Với mỗi một mô phỏng, mô hình sẽ tính toán theo từng pha và có những thông số cụ thể như số bước tính toán, ma trận chuyển đổi, một giá trị bão hòa (Saturation value) cuối

cùng cho mỗi loại lớp sử dụng đất và thảm phủ, thời gian duy trì tối thiểu cho mỗi loại lớp sử dụng đất trước khi thay đổi trạng thái, thông số của mô hình logistic, và tỷ lệ phần trăm các chuyển đổi được thực hiện bởi từng hàm chuyển đổi.

2.2. Khung phương pháp sử dụng mô hình DINAMICA EGO

Trong nội dung này, dựa trên lý thuyết, cấu trúc và yêu cầu dữ liệu mô hình đã giới thiệu ở mục trên, bài báo sẽ khái quát hóa các bước tính toán và áp dụng mô hình DINAMICA EGO vào mô phỏng và dự đoán biến động sử dụng đất và thảm phủ. Theo đó, mô hình tính toán ma trận chuyển đổi sử dụng đất và xác suất chuyển đổi của từng ô (một khu vực tính toán sẽ được chia thành các đơn vị nhỏ là ô) dựa trên một loạt những hàm tính toán và mô phỏng lại các lớp sử dụng đất dựa vào các quy tắc chuyển đổi. Quá trình tính toán và áp dụng mô hình này được mô tả chi tiết trong hình 1 dưới đây.



Hình 1: Sơ đồ khối tính toán trong mô hình mô phỏng biến động sử dụng đất và thảm phủ

Theo đó, một số bước quan trọng trong mô hình bao gồm: (1) Tính toán ma trận chuyển đổi mô tả quá trình chuyển trạng thái của hệ thống trong một khoảng thời gian nhất định, ví dụ sử dụng đất chuyển đổi từ thời điểm t_0 sang thời điểm t_1 sẽ có một ma trận chuyển đổi tương ứng. Trong đó, ma trận đơn bước, P , là tỷ lệ chuyển đổi của sử dụng đất (t_1) so với số lượng lớp sử dụng đất tại thời điểm ban đầu (t_0), trường hợp có nhiều bước thời gian tính, n , thì quan hệ giữa ma trận đơn bước P và ma trận đa bước P_t được thể hiện qua công thức $P = (P_t)^n$; (2) Tính toán xác suất chuyển đổi, là xác suất mà các yếu tố ảnh hưởng (các biến ảnh hưởng) tạo ra sự biến động sử dụng đất. Một số biến ảnh hưởng có tính chất động, tức là biến động theo thời gian và có cả tính chất

tĩnh, không thay đổi theo thời gian. Các dữ liệu biến tĩnh có thể là cao độ khu vực, độ dốc, hướng, khoảng cách đến các trục đường chính, khoảng cách đến các sông chính, khoảng cách đến các trung tâm hành chính,... Các dữ liệu biến động có thể gồm phân bố dân số, mức độ đô thị hóa, GDP (thu nhập bình quân đầu người), khoảng cách đến khu vực đất xây dựng đô thị, khoảng cách đến các khu đất trồng quy hoạch...; (3) Mô hình sử dụng phương pháp xây dựng trọng số bằng chứng (Weights of Evidence) dựa vào các tiêu chí Bayesian [7] để tính toán xác suất chuyển đổi. Xác suất chuyển đổi của sử dụng đất được đặc trưng bởi xác suất hậu nghiệm (posterior probability) khi xem xét đến các yếu tố ảnh hưởng; (4) Thiết lập bộ quy tắc chuyển đổi nhằm tính toán trạng thái thay đổi của các ô theo thời gian. Hình thái biến đổi của các ô phụ thuộc chính vào nguyên tắc khuếch tán, kích cỡ vùng vạ (thay đổi loại hình sử dụng đất), độ lệch chuẩn của vùng vạ và hệ số đăng trị. Trong mô hình có hai chức năng chuyển đổi chính gồm Mở rộng (Expander) và Vạ (Patcher) [6]. Trong đó, chức năng mở rộng cho phép mở rộng hoặc không mở rộng phạm vi một loại sử dụng đất nào đó dựa vào việc xác định tính chất, trạng thái của các ô bên cạnh. Chức năng Vạ cho phép lựa chọn các ô mới và mở rộng ra một số lượng nhất định các ô để tạo thành vùng Vạ mới; (5) Kiểm định kết quả tính toán từ mô hình có thể sử dụng một số chỉ tiêu để đánh giá, trong đó mô hình cho phép người sử dụng có thể tùy chỉnh, lựa chọn nhiều phương pháp đánh giá khác nhau để kiểm định hoặc có thể sử dụng phương pháp thiết lập sẵn “So sánh tương đồng qua lại” (Reciprocal Similarity Comparison) để đánh giá sự tương đồng về không gian của các loại sử dụng đất [8]; (6) Cuối cùng dựa trên ma trận chuyển đổi và các quy tắc chuyển đổi đã được kiểm định các kịch bản phát triển, biến đổi sử dụng đất và thảm phủ trong tương lai có thể được dự đoán, đồng thời các kịch bản về phát triển kinh tế xã hội và biến đổi khí hậu cũng có thể được đưa vào mô hình để có những dự đoán chính xác nhất.

3. KHU VỰC NGHIÊN CỨU

3.1. Giới thiệu về khu vực nghiên cứu

Trong bài báo này, lưu vực sông Trà Bồng thuộc tỉnh Quảng Ngãi được lựa chọn là khu vực thử nghiệm mô hình bởi có diện tích lưu vực không quá lớn, đa dạng loại hình sử dụng đất và có sự biến động nhanh trong chuyển đổi giữa các loại hình sử dụng đất và thảm phủ và đặc biệt nguồn dữ liệu tương đối đầy đủ có thể

phục vụ tốt cho nghiên cứu. Tỉnh Quảng Ngãi có tọa độ trải dài từ 14°32'B đến 15°25'B, từ 108°06'D đến 109°04'D (Hình 1). Trong tỉnh có các hệ thống sông suối lớn nhỏ khá dày đặc và mang những nét rất đặc trưng của hệ thống sông suối khu vực miền trung Việt Nam. Trà Bồng là một trong ba lưu vực sông quan trọng của tỉnh Quảng Ngãi. Lưu vực sông nằm ở vĩ độ 15°11' - 15°25' độ Bắc và kinh độ 108°34' - 108°56' độ Đông (Hình 1) thuộc địa phận hai huyện Bình Sơn và Trà Bồng. Dòng chính sông có chiều dài vào khoảng 70 km, chảy theo hướng từ Tây sang Đông qua vùng núi cao thuộc dãy Trường Sơn với độ cao trên 1.500 m. Phần lớn sông chảy qua vùng địa hình rừng núi có độ cao 200 – 1.300 m, phần còn lại chảy trong vùng đồng bằng xen đồi trọc và bãi cát.

Khu vực này nhìn chung có địa hình thấp dần từ Tây sang Đông, khá phức tạp với đồi núi và đồng bằng xen kẽ nhau chia cắt đất đai thành những cánh đồng nhỏ nằm dọc theo các thung lũng, từ vùng núi xuống đồng bằng địa hình đột nhiên hạ thấp đáng kể, đã hình thành hai bậc địa hình cao thấp nằm kế tiếp nhau, không có khu đệm chuyển tiếp. Thảm phủ thực vật có tác dụng quan trọng trong việc điều hòa khí hậu và điều tiết dòng chảy. Đặc biệt rừng có tác dụng làm giảm dòng chảy lũ và tăng lượng dòng chảy mùa kiệt. Rừng ở Quảng Ngãi tuy ít so với cả nước, chủ yếu là rừng nghèo và rừng trung bình nhưng trữ lượng rừng rất phong phú và có nhiều loại gỗ quý như gỗ, sơn, dổi, và có nhiều quế... như ở Minh Long, Ba Tơ, Sơn Tây, Sơn Hà.



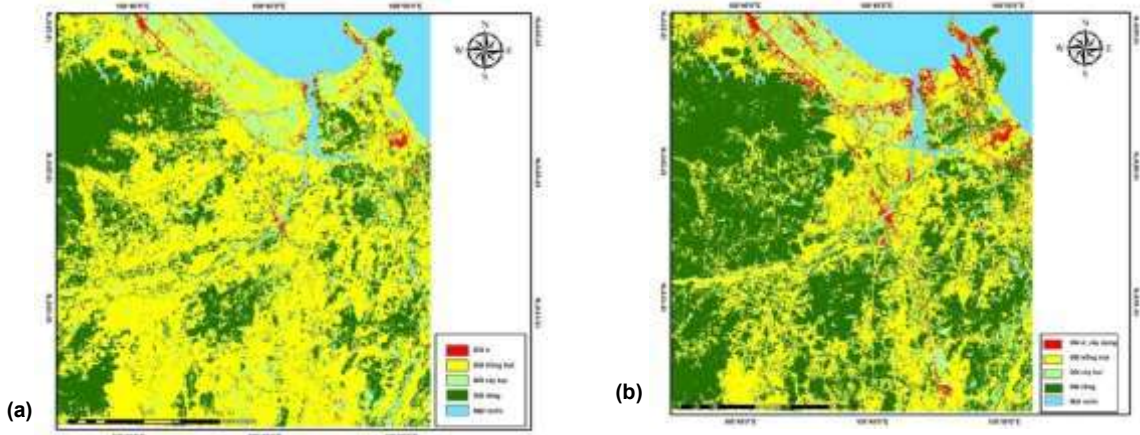
Hình 2: Bản đồ vị trí khu vực thử nghiệm áp dụng mô hình DINAMICA EGO

3.2. Thu thập số liệu và phân tích

Số liệu đầu vào cho các loại mô hình biến động sử dụng đất và thảm phủ nói chung thường bao gồm một tập hợp các loại dữ liệu thể hiện những thông tin liên quan đến đặc điểm về kinh tế xã hội, điều kiện tự nhiên, cơ sở hạ tầng... Nhìn chung, dữ liệu đầu vào cho các mô hình này được chia làm hai loại gồm các bản đồ sử dụng đất và thảm phủ và các bản đồ phụ trợ (bản đồ các yếu tố ảnh hưởng). Như đã giới thiệu, các bản đồ yếu tố ảnh hưởng gồm hai loại biến chính là động và tĩnh. Trong nghiên cứu này, bản đồ số raster sử dụng đất và thảm phủ lưu vực sông Trà Bồng trong các năm 2005 và 2015 được lựa chọn để làm đầu vào và phân tích trong mô hình, đây là hai năm tương đối điển hình cho sự biến động về sử dụng đất và thảm phủ tại khu vực nghiên cứu. Dữ liệu sử dụng đất và thảm phủ trong hai năm này được thu thập từ nghiên cứu của tác giả Phan Cao Dương và cộng sự (2021) [9]. Bản đồ sử dụng đất và thảm phủ này gồm mười loại sử dụng đất chính gồm đất ở, đất trồng lúa, đất trồng màu, đồng cỏ, đất trồng, cây bụi, rừng, đầm lầy, sông hồ và thủy sản. Tuy nhiên, để giảm bớt khối lượng tính toán một số lớp sử dụng đất có tính chất gần tương tự nhau sẽ được gộp lại. Theo đó, bản đồ sử dụng đất sẽ có năm loại sử dụng đất chính gồm đất ở, đất trồng trọt, đất cây bụi (đất trồng, đồng cỏ, cây bụi...), đất rừng và mặt nước (sông, hồ ao, đầm lầy) (Hình 3). Kết quả phân tích bản đồ sử dụng đất và thảm phủ trong hai năm 2005 và 2015 tại khu vực thử nghiệm có thể thấy rằng đất trồng trọt và đất rừng là hai loại sử dụng đất chiếm ưu thế, sau đó đến đất ở (gồm đất ở nông thôn và đô thị) và đất cây bụi.

Bên cạnh đó, các loại dữ liệu liên quan khác cũng được thu thập tại khu vực nghiên cứu để xây dựng các bản đồ phụ trợ gồm bản đồ số độ cao DEM (30x30m), bản đồ hành chính huyện và tỉnh, bản đồ mạng lưới sông suối, bản đồ mạng lưới giao thông khu vực có tỷ lệ 1:100.000. Trong đó, giao thông là một trong những yếu tố có ảnh hưởng lớn đến sự biến động sử dụng đất, có thể nhận thấy những khu vực có hệ thống giao thông phát triển thường sẽ có nhiều biến động mạnh về các loại đất như đất ở, đất xây dựng, đất đô thị. Hệ thống đường giao thông có tính chất động, nghĩa là thường xuyên có sự biến động do có những con đường mới được xây dựng trong tương lai. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, do hạn chế về thông tin thu thập liên quan đến xây dựng, quy hoạch hệ thống giao thông khu vực nghiên

cứ vì vậy thông tin này được giả định là một dạng biến tĩnh, không có sự biến động.

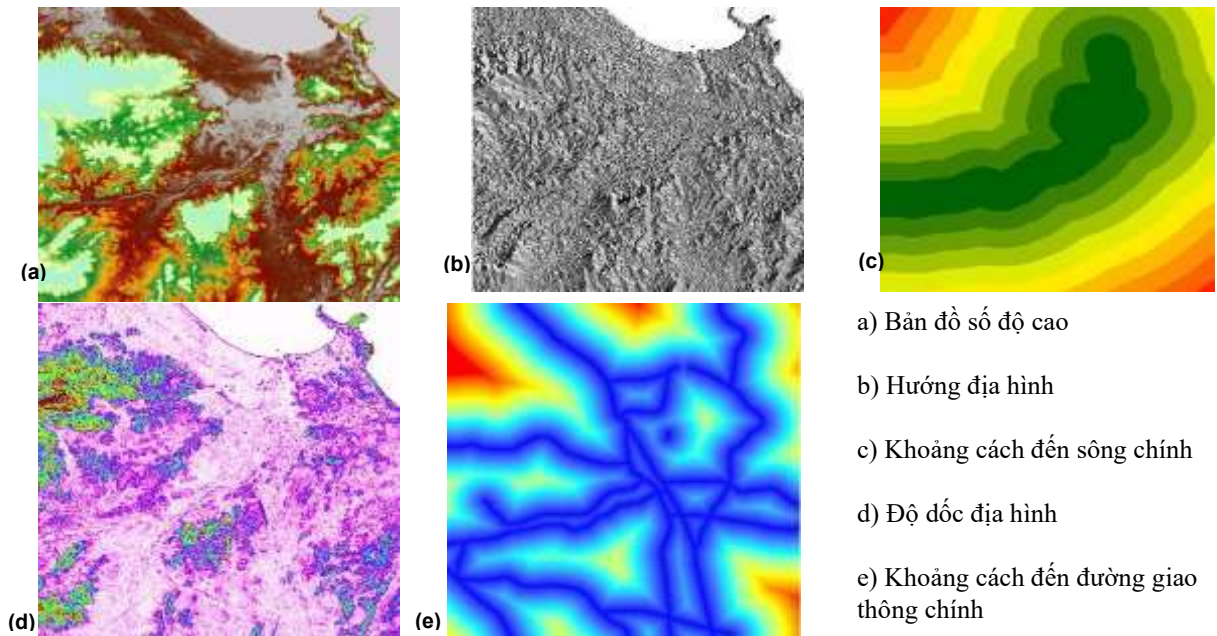


Hình 3: Bản đồ sử dụng đất và thảm phủ khu vực nghiên cứu năm 2005 (a) và 2015 (b)

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

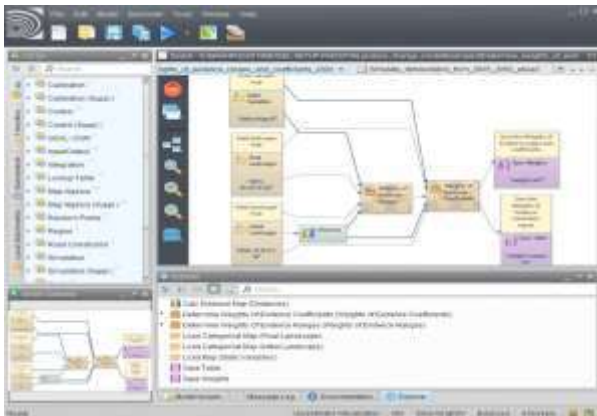
Trong nghiên cứu này, dựa trên phân tích những số liệu thu thập được và hiện trạng thực tế của khu vực thử nghiệm, một số các yếu tố ảnh hưởng đến biến động sử dụng đất và thảm phủ được lựa chọn để xây dựng các bản đồ yếu tố ảnh hưởng làm đầu vào cho mô hình gồm 5 biến tĩnh và 1 biến động. Trong đó, 5 biến tĩnh gồm cao độ, độ dốc, hướng, khoảng cách đến các sông chính, khoảng cách đến các đường giao thông quan trọng và 1 biến động gồm khoảng cách đến các khu vực xây dựng, đất ở (Hình 4). Các biến tĩnh sẽ được tập hợp lại thành một khối (raster cube) làm đầu vào cho mô hình tính toán. Việc ứng dụng mô hình

DINAMICA EGO có thể được chia làm hai bước chính. Trước tiên, mô hình sẽ được hiệu chỉnh và kiểm định nhằm đánh giá độ tin cậy và tính hợp lý của các dữ liệu đầu vào, bộ thông số mô hình và các kết quả đầu ra. Trong bước này mô hình sẽ tiến hành tính toán các ma trận chuyển đổi và xác suất chuyển đổi của từng ô trong bản đồ sử dụng đất và thảm phủ. Việc hiệu chỉnh, kiểm định mô hình được thực hiện dựa trên so sánh giữa kết quả mô phỏng là bản đồ sử dụng đất và thảm phủ mô phỏng từ mô hình với các bản đồ sử dụng đất thực tế. Cuối cùng, mô hình sau kiểm định sẽ được dùng để mô phỏng các kịch bản biến động sử dụng đất trong tương lai.



Hình 4: Các biến tĩnh được sử dụng để ước lượng biến đổi sử dụng đất và thảm phủ

Như đã trình bày, trong bài báo này, mô hình DINAMICA EGO sẽ được hiệu chỉnh cho khu vực nghiên cứu trong khoảng chu kỳ 10 năm từ năm 2005 đến 2015. Để chuẩn bị các dữ liệu cần thiết cho mô hình thì các lớp bản đồ sẽ được chuyển đổi thành các ô lưới có kích thước như nhau, mỗi ô lưới sẽ được gán một giá trị đại diện cho một loại sử dụng đất và thảm phủ. Sau đó, các thành phần trong cấu trúc tính toán của mô hình được thiết lập để mô phỏng biến động sử dụng đất (Hình 5).



Hình 5: Cấu trúc mô phỏng trong mô hình DINAMICA EGO cho khu vực nghiên cứu

Trong đó, các bản đồ số sử dụng đất và thảm phủ dạng raster năm 2005 và 2015 lần lượt được sử dụng làm bản đồ đầu (thời điểm đầu t_0) và bản đồ cuối (thời điểm sau t_1), sau đó một ma trận chuyển đổi dựa vào chuỗi Markov được tính toán cho giai đoạn này (Bảng 1). Các giá trị thể hiện trong ma trận dưới đây cho thấy xác suất chuyển đổi của từng loại sử dụng đất so với các loại khác tương ứng trong dòng và cột. Trong bài báo này có 5 loại sử dụng đất được nghiên cứu vì vậy có tất cả khoảng 20 xác suất chuyển đổi được xác định, các ký hiệu “-” có nghĩa là không xác định được xác suất chuyển đổi giữa hai loại sử dụng đất này hay nói cách khác là không có sự chuyển đổi giữa hai loại hình sử dụng đất. Kết quả tính toán xác suất chuyển đổi cho thấy xu thế chuyển đổi từ đất trồng trọt sang đất rừng, đất cây bụi sang đất trồng trọt và đất cây bụi sang đất xây dựng, đất ở đang chiếm ưu thế. Ngoài ra, có một tỷ lệ nhỏ chuyển đổi giữa mặt nước sang đất rừng, đất xây dựng sang đất trồng trọt và đất xây dựng sang đất cây bụi. Trong bước tiếp theo, ma trận trọng số bằng chứng được thiết lập trong mô hình và mức ý nghĩa của từng biến chuyển đổi được đánh giá, đối với những biến ít hoặc không có ảnh hưởng đến từng chuyển đổi loại sử dụng đất sẽ được loại bỏ nhằm giảm thiểu khối lượng tính toán, đồng thời hệ số ma trận sẽ được tính lại.

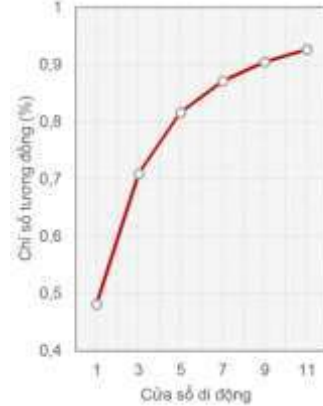
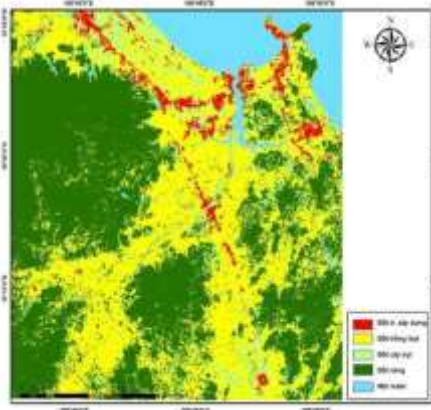
Bảng 1: Ma trận chuyển đổi cho giai đoạn 10 năm từ 2005 đến 2015 khu vực nghiên cứu

Loại sử dụng đất	Đất xây dựng	Đất trồng trọt	Đất cây bụi	Đất rừng	Mặt nước
Đất xây dựng	*	0,0012	0,0031	-	-
Đất trồng trọt	0,0172	*	0,0497	0,3450	0,0067
Đất cây bụi	0,1259	0,2665	*	0,1774	0,0039
Đất rừng	0,0042	0,0960	0,0298	*	0,00015
Mặt nước	0,0052	0,0079	0,0088	0,0003	*

Cuối cùng, dựa vào bản đồ đầu và cuối, ma trận trọng số bằng chứng mô hình tiến hành tính toán cho từng năm trong giai đoạn 10 năm từ 2005 đến 2015. Hình 6a bên dưới thể hiện kết quả mô phỏng sử dụng đất và thảm phủ năm 2015 trích xuất từ mô hình DINAMICA EGO. Để kiểm định mô hình cần đánh giá sự tương đồng giữa bản đồ thực tế và bản đồ mô phỏng, trong nghiên cứu này phương pháp so sánh tương đồng qua lại được sử dụng. Theo đó, một cửa sổ di động (Moving window) được sử dụng với các kích thước khác nhau, sẽ được di chuyển trên hai bản đồ so sánh từ đó

các bản đồ sẽ đánh giá mức độ tương đồng, kích thước các cửa sổ lần lượt là các giá trị lẻ từ 1 đến n, trong bài báo này $n=11$ (Hình 6b). Kết quả kiểm định tính tương đồng cho thấy với cửa sổ kích thước 1x1 mức độ là 48%, 3x3 là 71% và 11x11 là 93%. Kết quả thống kê cho thấy diện tích đất xây dựng, đất ở thực tế trong năm 2015 là 21,05 km² và kết quả thống kê trên bản đồ mô phỏng là 20,9 km², với mức độ chính xác là 72%. Bên cạnh đó, kết quả cũng cho thấy có sự khác biệt nhỏ giữa mô phỏng và thực tế đối với đất rừng và đất trồng trọt. Qua đó có thể thấy rằng mô hình đã mô phỏng

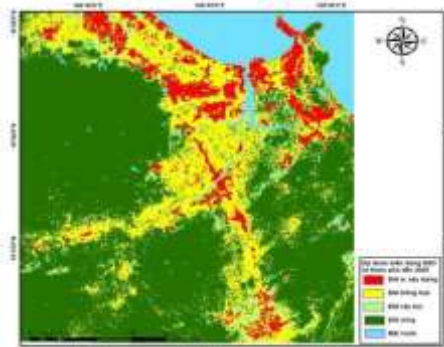
tương đối tốt biến động sử dụng đất tại khu vực nghiên cứu.



Hình 6: Sử dụng đất và thảm phủ mô phỏng năm 2015 (a) và so sánh tương đồng (b)

Trong nghiên cứu này, kịch bản sử dụng đất và thảm phủ trong tương lai, đến giữa thế kỷ năm 2055 được mô phỏng dựa trên giả thiết rằng tốc độ và dạng chuyển đổi giữa các loại hình sử dụng đất trong quá khứ là không thay đổi. Đây có thể xem là kịch bản đơn giản nhất bởi chưa xem xét đến sự ảnh hưởng của các yếu tố khác như tác động của các chính sách phát triển và xây dựng, tác động của xã hội và ngay cả biến đổi khí hậu. Mô hình đã được kiểm định trong năm 2015 ở trên sẽ tiếp tục được sử dụng để tính toán mô phỏng kịch bản sử dụng đất với tốc độ biến động trong chu kỳ 10 năm đến năm 2055. Hình 7 mô tả kết quả dự đoán biến động sử dụng đất và thảm phủ năm 2055 khu vực nghiên cứu. Có thể thấy rằng kịch bản sử dụng đất và thảm phủ năm 2055 khu vực nghiên cứu phản ánh một quá trình phát triển và biến động sử dụng đất lâu dài tại khu vực này. Bảng 2 thống kê các diện tích đất sử dụng tương ứng với các năm và kịch bản. Nhìn chung, qua phân tích bản đồ mô phỏng có thể nhận thấy diện tích đất rừng và đất ở có xu hướng tăng, trong khi đó đất trồng trọt và đất cây bụi có xu hướng

dẫn trong tương lai. Còn lại phần diện tích mặt nước có ít biến động nhất. Kết quả cũng cho thấy xu thế gia tăng của đất ở đô thị tại các khu vực có tiềm năng phát triển cao như dọc theo các trục đường chính, gần biển hoặc gần các khu công nghiệp lớn. Tổng diện tích đất ở đến năm 2055 dự đoán là tăng hơn gấp đôi so với năm 2015 (Bảng 2).



Hình 7: Kết quả dự báo biến động sử dụng đất và thảm phủ đến năm 2055

Bảng 2: Thống kê diện tích đất sử dụng trong các năm 2005, 2015 và 2055

Loại sử dụng đất	2005		2015		2055	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
1 Đất ở	6,54	0,98	21,20	3,19	51,11	7,69
2 Đất trồng trọt	35,19	52,94	23,92	35,98	13,43	20,19
3 Đất cây bụi	59,61	8,97	49,06	7,38	34,61	5,20
4 Đất rừng	18,69	28,11	29,43	44,26	38,51	57,92
5 Mặt nước	59,83	9,00	61,12	9,19	59,86	9,01

Bên cạnh đó, các kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng trong tương lai có sự chuyển đổi tương đối lớn từ các loại đất như trồng trọt, đất cây bụi sang

đất ở đô thị và đất rừng. Trong đó, phần lớn diện tích đất ở sẽ được chuyển đổi từ đất trồng trọt và một phần nhỏ diện tích được chuyển đổi cây bụi

(gồm loại đất trống, đồng cỏ, cây bụi), Ngoài ra, có thể thấy diện tích đất rừng có xu thế tăng lên từ 28,11% trong năm 2005 lên 44,26% năm 2015 và 57,92% trong năm 2055, Trái ngược với xu thế gia tăng của đất rừng, đất trồng trọt, nông nghiệp có xu thế giảm nhanh từ 52,91% năm 2005 xuống 35,98% năm 2015 và 20,19% năm 2055.

5. KẾT LUẬN

Bài báo tập trung vào nghiên cứu và ứng dụng mô hình sử dụng đất và thảm phủ DINAMICA EGO cho mô phỏng và dự đoán biến động sử dụng đất cho lưu vực sông Trà Bồng thuộc tỉnh Quảng Ngãi. Kết quả nghiên cứu cho thấy diện tích đất rừng và đất ở trong khu vực có xu thế gia tăng trong tương lai. Trong đó, diện tích đất rừng có thể tăng gần gấp đôi từ năm 2005 đến năm 2055 và đất ở cũng có cùng xu thế tăng gần gấp đôi trong năm 2025 so với năm 2015. Theo đó, xu thế chuyển đổi chính là từ đất trồng trọt sang đất ở và đất rừng, chính

vì vậy trong tương lai đất trồng trọt có xu hướng giảm nhanh từ 35,19 km² năm 2005 xuống còn 13,43 km² trong năm 2055. Cuối cùng, kết quả nghiên cứu cho thấy DINAMICA EGO có thể ứng dụng tốt cho mô phỏng và dự đoán biến động sử dụng đất và thảm phủ lưu vực sông tại Việt Nam. Bản đồ số sử dụng đất và thảm phủ, cũng như dữ liệu vệ tinh dùng để phân loại sử dụng đất và thảm phủ có thể sử dụng tốt trong mô hình. Tuy nhiên, để xây dựng được một mô hình tính toán và mô phỏng chính xác biến động sử dụng đất và thảm phủ cần thu thập nhiều thông tin ảnh hưởng đến biến động từ đó có thể lựa chọn chính xác các biến ảnh hưởng gồm cả biến tĩnh và động và thiết lập mô hình phù hợp. Bên cạnh đó mô hình cũng cần được thử nghiệm ở nhiều lưu vực sông và các khu vực có đặc điểm tự nhiên và nguồn tài liệu, số liệu khác nhau để đánh giá tính hiệu quả khi áp dụng mô hình này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [7] Akaike H, 1998 *Selected Papers of Hirotugu Akaike*, Springer Science+Business Media New York, Edited by E, Parzen, T, Kunio, and K, Genshiro, doi:10,2307/2670083,
- [5] Gharbia S,S,, Alfatah S,A,, Gill L,, Johnston P,, & Pilla F, 2016 Land use scenarios and projections simulation using an integrated GIS cellular automata algorithms, *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(3), 1–20, doi:10,1007/s40808-016-0210-y,
- [8] Mas J,F,, Paegelow M,, & Olmedo M,T,C, 2018 *Land use/cover change Modeling Approaches to Calibration*, Edited by M,T, Camacho Olmedo et al, doi:10,1007/978-3-319-60801-3_1,
- [1] Mishra V,N,, Rai P,K,, Prasad R,, Punia M,, & Nistor M,M, 2018 Prediction of spatio-temporal land use/land cover dynamics in rapidly developing Varanasi district of Uttar Pradesh, India, using geospatial approach: a comparison of hybrid models, *Applied Geomatics*, 10(3), 257–276, doi:10,1007/s12518-018-0223-5,
- [3] Nguyễn Văn Cường, Nguyễn Hữu Cường, Nguyễn Thanh Hằng, 2023, Sử dụng ảnh Landsat và mô hình mạng thần kinh nhân tạo – Markov dự báo biến động sử dụng đất tại Bảo Lâm, Lâm Đồng, Tạp chí Khoa học và công nghệ Lâm Nghiệp số 3-2023, <https://doi.org/10,55250/jo,vnuf,2023,3,051-060>
- [4] Nguyễn Thị Phương Hoa, Ngô Thế An, Lê Thị Giang, 2021, Mô phỏng biến động sử dụng đất nông nghiệp vùng ven biển tỉnh Nam Định bằng mô hình CLUMONDO, Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam 2021, 19(8): 1049-1062
- [9] Phan D,C,, Trung T,H,, Truong V,T,, Sasagawa T,, Vu T,P,T,, Bui D,T,, Hayashi M,, Tadono T,, & Nasahara K,N, 2021 First comprehensive quantification of annual land use/cover from 1990 to 2020 across mainland Vietnam, *Scientific Reports*, 11(1), 1–20, doi:10,1038/s41598-021-89034-5,
- [2] Phạm Hữu Ty, Võ Mạnh Quyền, Nguyễn Ngọc Thanh, 2021, Đánh giá biến động lớp phủ mặt đất sử dụng dữ liệu viễn thám tại huyện Lệ Thủy, tỉnh Quảng Bình trong giai đoạn 2010 – 2020, Tạp chí Khoa học Đại học Huế, Tập 130, Số 3D, 2021, Tr, 183–202, DOI: 10,26459/hueunijard,v130i3D,6223
- [6] Soares-Filho B,S,, Coutinho Cerqueira G,, & Lopes Pennachin C, 2002 DINAMICA - A stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier, *Ecological Modelling*, 154(3), 217–235, doi:10,1016/S0304-3800(02)00059-5,