

*Bài báo khoa học*

# **Xây dựng quy trình phân tích nhanh bằng dữ liệu ảnh viễn thám kết hợp với mô hình hóa trong dự báo biến động lớp phủ mặt đất**

**Nguyễn Quốc Khánh<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; khanhrsc@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: khanhrsc@gmail.com; Tel.: +84–969679559

Ban Biên tập nhận bài: 10/5/2023; Ngày phản biện xong: 13/6/2023; Ngày đăng bài: 25/6/2023

**Tóm tắt:** Hiện nay việc sử dụng các mô hình để xây dựng các kịch bản tài nguyên môi trường là rất quan trọng để đưa ra các quyết định và chính sách bảo vệ môi trường bền vững. Các mô hình này có thể giúp cho các chuyên gia đánh giá tác động của các hoạt động con người đến tài nguyên môi trường, đưa ra các giải pháp và kế hoạch phục hồi tài nguyên, giảm thiểu rủi ro và ảnh hưởng của các sự cố môi trường. Việc áp dụng các mô hình này cần sự chính xác và chuẩn xác để đưa ra những kết quả chính xác và đáng tin cậy. Các kịch bản này là công cụ quan trọng trong việc đưa ra quyết định và lập kế hoạch giúp cho người quản lý có thể dự đoán được những hậu quả có thể xảy ra và tìm cách giảm thiểu rủi ro. Ngoài ra, các kịch bản còn giúp cho người quản lý có thể đưa ra những quyết định chính xác và hiệu quả hơn, đồng thời giúp cho các chính sách quản lý và quy hoạch lãnh thổ được thực hiện một cách đúng đắn. Tuy nhiên, việc xây dựng các kịch bản biến động sử dụng đất là một thách thức đối với các nhà quản lý đất đai và người nghiên cứu. Có rất nhiều yếu tố phức tạp và khó đo lường ảnh hưởng đến quá trình này, bao gồm sự tăng trưởng dân số, sự phát triển kinh tế, cấu trúc dân cư và nhu cầu sử dụng đất. Việc xây dựng các kịch bản này đòi hỏi sự đồng thuận và tập trung của các chính phủ và các bộ. Để đáp ứng yêu cầu công tác quản lý đất đai Việt Nam cần phải xây dựng quy trình phân tích nhanh bằng dữ liệu ảnh viễn thám kết hợp với mô hình hóa trong dự báo biến động lớp phủ mặt đất là hết sức cần thiết, giúp nhà quản lý có cơ sở khoa học để đưa ra những quyết định chính xác trong công tác quản lý đất đai.

**Từ khóa:** Phân tích nhanh; Mô hình hóa; Dự báo biến động lớp phủ mặt đất.

## **1. Giới thiệu**

Việt Nam đã có những bước tiến đáng kể trong việc phát triển kinh tế trong 20 năm qua. Điều này được chứng minh bằng việc GDP của Việt Nam đã tăng trung bình 6-7% mỗi năm và đạt mức 240 tỷ USD vào năm 2018. Ngoài ra, Việt Nam đã thu hút được nhiều đầu tư nước ngoài và trở thành nước xuất khẩu hàng đầu trong khu vực.

Tuy nhiên, Việt Nam vẫn còn nhiều thách thức để vượt qua như cải cách thể chế, tăng cường năng lực cạnh tranh và phát triển các ngành công nghiệp hiện đại. Việc thực hiện các biện pháp đối phó với các thách thức này sẽ giúp Việt Nam tiếp tục phát triển một cách bền vững và tăng trưởng kinh tế trong tương lai.

Mật độ dân số đô thị và các khu công nghiệp ngày càng tăng, quy hoạch hạ tầng chưa đồng bộ là một vấn đề lớn đối với nhiều thành phố và khu vực đô thị trên thế giới. Để giải quyết vấn đề này, cần phải thiết kế và triển khai các kế hoạch quy hoạch đất đai bền vững và đồng bộ hơn để đảm bảo sử dụng tài nguyên đất đai một cách hiệu quả và bền vững. Các giải

pháp có thể bao gồm việc tăng cường quản lý và giám sát sử dụng đất đai, xây dựng hạ tầng đô thị thông minh, tăng cường sử dụng các công nghệ tiên tiến trong quản lý tài nguyên đất đai và thúc đẩy sự phát triển bền vững trong các khu công nghiệp.

Việc áp dụng các thành tựu khoa học để đưa ra dữ liệu chính xác về biến động lớp phủ đất là cần thiết. Do đó, việc nghiên cứu và đưa ra các kịch bản biến động lớp phủ đất cần được đẩy mạnh và tăng cường để cung cấp thông tin hữu ích cho quy hoạch sử dụng đất và quản lý tài nguyên đất đai. Các kịch bản này cũng có thể giúp định hướng cho các hoạt động khác như bảo tồn đa dạng sinh học, phát triển du lịch, xây dựng hạ tầng, sản xuất nông nghiệp và công nghiệp, đồng thời đảm bảo bền vững về kinh tế, xã hội và môi trường.

Như vậy sự thay đổi của các yếu tố ảnh hưởng đến biến động sử dụng đất thường xuyên được quan tâm và nghiên cứu trong ngành địa lý, kinh tế học và quản lý đất đai. Các công cụ mô hình hóa như GIS (Hệ thống thông tin địa lý) và các phần mềm mô phỏng sử dụng đất được sử dụng để dự đoán và đánh giá các hậu quả của việc thay đổi sử dụng đất, cũng như các kịch bản phát triển tương lai. Tuy nhiên, đối với những yếu tố khó đo lường như thay đổi nhu cầu của xã hội, các chính sách của chính phủ và sự thay đổi trong ý thức của người dân thì có thể gây ra những khó khăn trong việc đưa ra dự đoán chính xác về biến động sử dụng đất.

Các phương pháp mô phỏng sử dụng đất phổ biến nhất hiện nay bao gồm: Mô hình hồi quy đa biến, Mô hình địa lý, Mô hình mạng nơ-ron nhân tạo, Mô hình dự báo chuỗi thời gian, Mô hình tương tự, Mô hình lý thuyết trò chơi ... Tuy nhiên, để tạo ra một mô hình mô phỏng sử dụng đất tốt, cần có số liệu đầy đủ và chính xác, cùng với việc kiểm chứng và đánh giá hiệu quả mô hình thường xuyên. Do đó, việc xây dựng một phương pháp giám sát và dự đoán những biến động sử dụng đất phù hợp với điều kiện cụ thể của địa phương là cần thiết.

Mô hình hóa còn giúp cho các chuyên gia, nhà quản lý và các nhà nghiên cứu có thể dự đoán hoạt động của hệ thống hay quá trình, từ đó đưa ra các giải pháp và quyết định một cách chính xác và hiệu quả. Nó cũng giúp cho việc truyền đạt thông tin, giải thích phức tạp một cách trực quan và dễ dàng hơn.

Việc áp dụng mô hình hóa sẽ giúp cho các chuyên gia có thể đưa ra các dự báo chính xác hơn về tình hình sử dụng đất và lớp phủ mặt đất trong tương lai, từ đó có thể xây dựng các kế hoạch phát triển bền vững và bảo vệ môi trường hiệu quả hơn. Đồng thời, việc sử dụng mô hình hóa còn giúp cho các nhà quản lý có thể đưa ra các quyết định đúng đắn về việc sử dụng đất và xây dựng các chính sách phù hợp với nhu cầu của người dân và phục vụ tốt cho công tác hoạch định các chính sách về đất đai để có hiệu quả lâu dài.

## **2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập tài liệu**

### *2.1. Xây dựng quy trình phân tích nhanh bằng ảnh viễn thám kết hợp với mô hình hóa trong dự báo biến động lớp phủ mặt đất*

Nghiên cứu biến động lớp phủ mặt đất là một trong những lĩnh vực quan trọng và khó khăn trong điều tra, giám sát môi trường, trong đó ảnh vệ tinh đã được sử dụng như một công cụ hữu hiệu. Nhiều cơ quan nghiên cứu khoa học, điều tra cơ bản, giáo dục ở nước ta đã quan tâm đến ứng dụng công nghệ viễn thám để thực hiện nhiệm vụ này như Viện Địa lý, Địa chất, Vật lý, Nghiên cứu biển thuộc Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia, Trung tâm Viễn thám, Liên đoàn Bản đồ Địa chất thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường, Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp, Viện Điều tra Quy hoạch Rừng thuộc Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (Đại học Quốc gia Hà Nội)... , đã tiến hành nhiều thử nghiệm dưới dạng các đề tài nghiên cứu, các dự án và đã thu được những kết quả ban đầu quan trọng.

Trong chương trình của Cục Bảo vệ Môi trường và Trung tâm Viễn thám quốc gia - Bộ Tài nguyên và Môi trường và một số cơ quan khác đã sử dụng ảnh vệ tinh đa thời gian để khảo sát biến động của bờ biển, lòng sông, biến động rừng ngập mặn, diễn biến rừng, biến

động lớp phủ mặt đất và sử dụng đất (ở một số vùng); thành lập các bản đồ rừng ngập mặn tỉ lệ 1:100.000 phủ trùm toàn dải ven biển và tỉ lệ lớn hơn cho từng vùng, bản đồ đất ngập nước toàn quốc tỉ lệ 1:250.000. Nhóm nghiên cứu của Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp đã ứng dụng tư liệu viễn thám và hệ thống tin địa lý trong đánh giá biến động lớp phủ và sử dụng đất ở lưu vực Srepok, Tây Nguyên, Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cho thấy chặt phá rừng để mở rộng đất canh tác nông nghiệp là xu hướng chính trong biến động sử dụng đất ở khu vực này. Nghiên cứu sự biến động lớp phủ thực vật bằng ảnh đa thời gian và ảnh hưởng của nó tới đa dạng sinh học ở các khu vực bảo tồn thiên nhiên ở Nam Bộ [1]. Đề tài này mới tập trung phân tích biến động của lớp phủ thực vật và chưa đi vào phân tích những ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên, kinh tế xã hội đến sự biến động; và đề tài cũng chưa đưa ra được giải pháp kỹ thuật áp dụng mô hình phân tích cũng như bản đồ dự báo biến động trong tương lai. Năm 2016, Cục Viễn thám quốc gia đã thực hiện dự án “Giám sát việc thực hiện quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất đai bằng công nghệ viễn thám”. Trong Dự án này đã sử dụng ảnh viễn thám như SPOT 4,5,6, VNREDSat-1, Landsat8 để thành lập bản đồ giám sát quy hoạch sử dụng đất. Tuy nhiên, trong Dự án này, mục đích chính là dùng ảnh viễn thám để cập nhật, xác định hiện trạng việc thực hiện quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất đã được cấp có thẩm quyền phê duyệt nhằm phát hiện những sai phạm trong việc thực hiện quy hoạch sử dụng đất mà không thực hiện việc phân tích, đánh giá biến động cũng như phân tích dự báo biến động sử dụng đất. Ngoài ra, trong dự án này cũng không phân tích những tác động của các yếu tố tự nhiên, kinh tế-xã hội đến sự biến động sử dụng đất.

Bên cạnh đó có thể kể ra một số các công trình đã được thực hiện và công bố nghiên cứu: Phân loại sử dụng đất và lớp phủ đất đô thị ở Hà Nội bằng dữ liệu Terra ASTER [2]; Nghiên cứu khả năng ứng dụng kết hợp ảnh vệ tinh radar và quang học để thành lập một số thông tin về lớp phủ mặt đất [3]; Ứng dụng GIS và viễn thám trong việc thành lập bản đồ hiện trạng thảm thực vật năm 2008 tỷ lệ 1:50000, huyện Kỳ Anh, tỉnh Hà Tĩnh [4].

Bên cạnh việc phát triển các phương pháp phân tích dữ liệu thì phương pháp mô hình hóa biến động đất đai để xây dựng các kịch bản sử dụng đất nhằm dự báo xu hướng biến động sử dụng đất trong tương lai cũng được phát triển mạnh. Các mô hình mô phỏng và dự báo biến động đất đai có thể kể đến như: Mô hình *Markov - Cellular Automata (MCA)*; Mô hình *Land Change Modeler (LCM)*; Mô hình *Cellular Automata (CA)*; *Conversion of Land Use and its Effects (CLUE)* với hai phiên bản là *CLUE-s (CLUE at Small regional extent)* và *CLUMondo*. Trong số các mô hình này thì các mô hình LCM, CLUE-s và CLUMondo đang được đánh giá cao bởi việc mô phỏng thay đổi sử dụng đất ở nhiều tỷ lệ khác nhau, từ cấp tỉnh đến cấp quốc gia và cấp vùng bằng cách sử dụng các quan hệ định lượng thực nghiệm giữa biến động sử dụng đất trong quá khứ và các yếu tố tác động đến sự biến động sử dụng đất như các yếu tố tự nhiên: địa hình, thổ nhưỡng, khí hậu,...; các yếu tố kinh tế - xã hội, chính sách,... kết hợp giữa các kiểu sử dụng đất. Hạn chế của việc sử dụng các mô hình trong dự báo biến động là sự thay đổi các điều kiện biên không kiểm soát được như thay đổi về chính sách sử dụng đất của nhà nước.

Ở Việt Nam, ba mô hình trên đã được nhiều nghiên cứu thử nghiệm và được ứng dụng trong thực tế ở một số vùng, địa phương. Tuy nhiên, mỗi mô hình đều có những ưu điểm, nhược điểm khác nhau. Mô hình LCM được tích hợp trong phần mềm IDRISI, là mô hình có thể sử dụng kết hợp đồng thời cả hai yếu tố tự nhiên và kinh tế-xã hội phục vụ quá trình xây dựng bản đồ dự báo (kịch bản) biến động sử dụng đất dựa trên các phép phân tích Hồi quy lo-gic hoặc Mạng thần kinh nhân tạo và sử dụng chuỗi Markov để mô phỏng. Trong khi các mô hình CLUE-s và CLUMondo mạnh về phân tích sự ảnh hưởng của các yếu tố kinh tế-xã hội đến xu thế biến động sử dụng đất; trong đó mô hình CLUE-s thường cho kết quả tốt khi áp dụng trên diện hẹp, trong khi mô hình CLUMondo có thể áp dụng ở nhiều tỉ lệ khác nhau.

Dự án Climate change affecting land use in the Mekong Delta: Adaptation of rice-based cropping systems (Dự án CLUES). Viện Nghiên cứu Biến đổi khí hậu, Đại học Cần Thơ thực hiện năm 2014 đã đánh giá ảnh hưởng của Biến đổi khí hậu (BĐKH) lên hiện trạng canh tác

lúa của đồng bằng sông Cửu Long, trong đó đã sử dụng mô hình CLUES để xây dựng được bản đồ độ mặn hiện tại, đến năm 2030, năm 2050.

Nghiên cứu biến động sử dụng đất trong mối quan hệ với một số yếu tố nhân khẩu học thuộc khu vực huyện giao thủy, tỉnh Nam Định [5] đã nghiên cứu và lựa chọn phương pháp phù hợp nhằm xác định mối quan hệ giữa biến động sử dụng đất và các yếu tố nhân khẩu học. Đồng thời trong nghiên cứu này, tác giả cũng đã sử dụng mô hình phương pháp mô hình hóa và dự báo biến động sử dụng đất ở khu vực nghiên cứu trên cơ sở tích hợp mô hình MultiLogistic-Markov-Cellular Automata nhằm dự báo biến động đất xây dựng và đất nuôi trồng thủy sản huyện Giao Thủy. Ứng dụng viễn thám và GIS nghiên cứu mối quan hệ giữa biến động sử dụng đất với điều kiện tự nhiên vùng ven biển đồng bằng sông Hồng [6], bước đầu đã định lượng hóa được mối quan hệ giữa biến động sử dụng đất với điều kiện tự nhiên thông qua phân tích hồi quy logistic và dự báo được biến động sử dụng đất đến năm 2021 ở hai huyện ven biển đồng bằng sông Hồng phục vụ quy hoạch phát triển bền vững. Ứng dụng mô hình Markov và Cellular Automata trong nghiên cứu dự báo biến đổi lớp phủ bề mặt [7].

Tuy nhiên, việc giám sát hiện trạng lớp phủ đất hiện nay chủ yếu vẫn được thực hiện qua việc sử dụng các số liệu thống kê, chưa được cung cấp đầy đủ thông tin về đặc tính của lớp phủ mặt đất, như độ dày, cấu trúc, độ thoát nước và độ bền vững của lớp đất đó. Vì vậy, việc áp dụng các kỹ thuật đo và giám sát địa chất, viễn thám, đo đạc địa hình hay sử dụng các thiết bị hiện đại như máy quét laser và radar có thể giúp tăng tính hệ thống và khách quan trong việc giám sát và đánh giá diễn biến biến động lớp phủ đất theo thời gian.

Để cho công tác nghiên cứu quy hoạch đất đai trở nên chính xác và tin cậy, các giả thuyết và thông tin phải được xác định rõ ràng và có tài liệu chứng minh. Ngoài ra, việc tích hợp các thông tin khác nhau trong một thể thống nhất là rất quan trọng để đảm bảo tính hiệu quả và độ chính xác của nghiên cứu. Việc sử dụng các mô hình phân tích phù hợp cũng góp phần rất lớn để đưa ra kết luận đúng đắn và có giá trị.

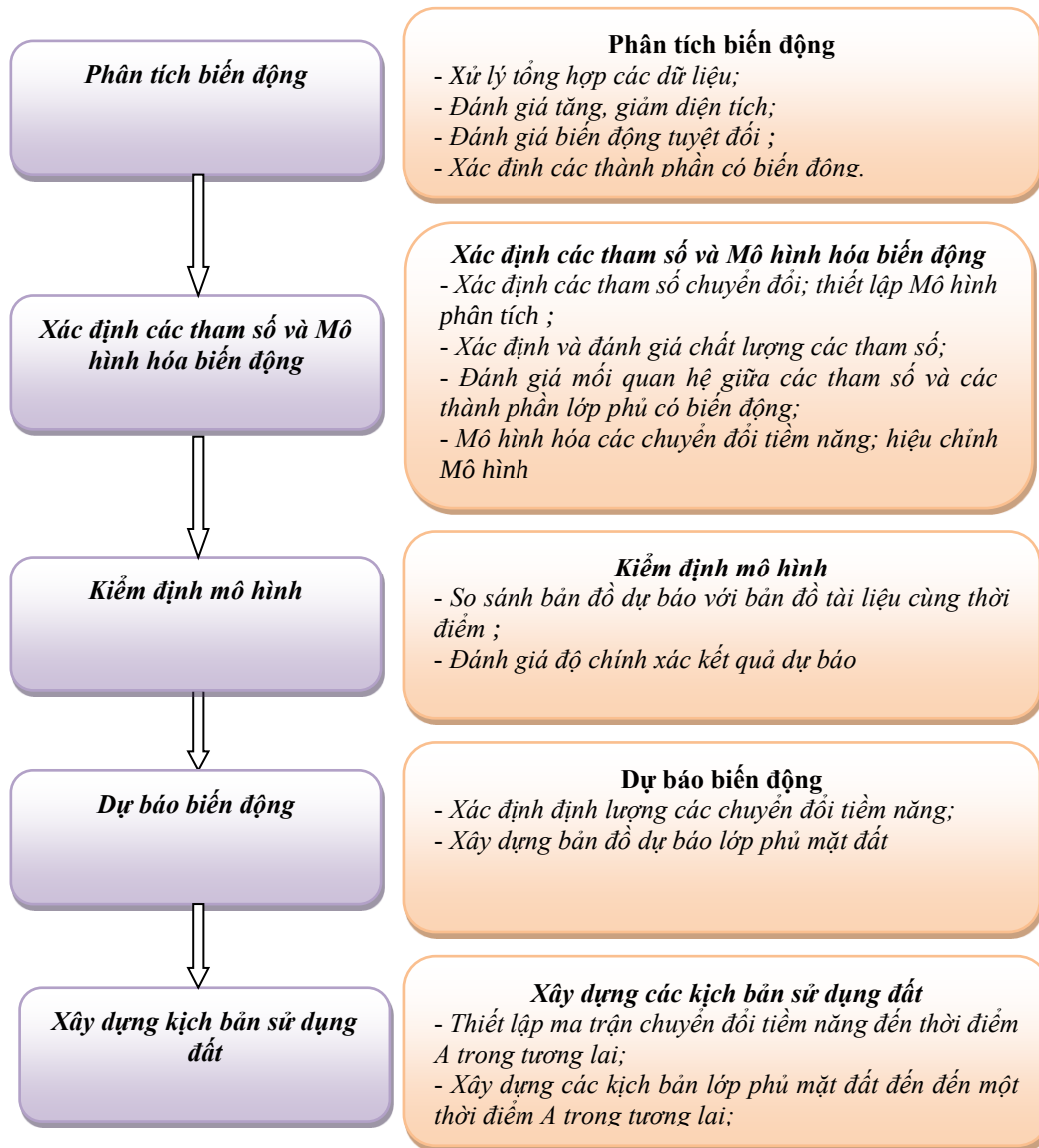
Để đảm bảo độ tin cậy của kết quả, ta cần phải đánh giá và kiểm định các mô hình để chọn ra mô hình phù hợp nhất. Đồng thời, cần thu thập và kiểm tra chất lượng các dữ liệu đầu vào để đảm bảo tính chính xác. Độ tin cậy của các kịch bản lớp phủ mặt đất tùy thuộc vào số lượng cũng như chất lượng các biến giải thích đưa vào trong mô hình, nó có thể bao gồm các thông số về kinh tế - xã hội, khí hậu, môi trường,...[8]. Các bước của quy trình phân tích nhanh bằng ảnh viễn thám kết hợp với mô hình hóa trong dự báo biến động lớp phủ mặt đất được tóm tắt trong hình 1.

Trong quy trình trên, trước tiên sự biến động lịch sử về lớp phủ mặt đất được xác định dựa trên việc phân tích đa thời gian của các bản đồ hiện trạng lớp phủ mặt đất; tiếp theo, các yếu tố thực sự có ảnh hưởng (các tham số) đến sự biến động trên được đánh giá và xác định. Những biến động lịch sử về lớp phủ mặt đất và các nguồn thông tin mô tả các biến giải thích được tích hợp vào mô hình để xây dựng các kịch bản lớp phủ mặt đất với thuật toán nào đó đã được xác định; bước thứ 3 là áp dụng thuật toán để xây 01 bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất ở một thời điểm hiện tại nhằm hiệu chỉnh mô hình; bước thứ 4 là tiến hành đánh giá kết quả hiệu chỉnh mô hình bằng cách so sánh bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất với bản đồ tài liệu ở cùng thời điểm; cuối cùng là xây dựng các kịch bản lớp phủ mặt đất trong ngắn hạn, trung hạn và dài hạn.

### 2.1.1. Phân tích biến động

Giai đoạn này cho phép phân tích nhanh chóng biến động lớp phủ mặt đất trong quá khứ trên cơ sở đánh giá định lượng tăng và giảm của các lớp; và sự chuyển đổi qua lại giữa các lớp [9]. Sự biến động trên có thể được thể dưới dạng bản đồ hoặc dưới dạng biểu đồ. Ngoài ra, giai đoạn này còn cho phép phân tích xu hướng biến động của từng lớp đối tượng trên khu vực nghiên cứu. Để đánh giá biến động, mô hình cần 02 bản đồ hiện trạng lớp phủ mặt đất ở 2 thời điểm khác nhau. Các loại hình lớp phủ mặt đất có biến động qua lại trong giai đoạn giữa 2 thời điểm phân tích sẽ được xác định và tích hợp vào trong mô hình để thực hiện bước

tiếp theo. Việc phân tích biến động gồm các bước: Xử lý tổng hợp các dữ liệu, đánh giá tăng, giảm diện tích, đánh giá biến động tuyệt đối, xác định các thành phần có biến động.



**Hình 1.** Quy trình dự báo biến động sử dụng đất thông qua biến động lớp phủ mặt đất sử dụng mô hình phân tích.

### 2.1.2. Xác định các tham số và mô hình hóa biến động

Mô hình hóa biến động là mô hình hóa các chuyển đổi tiềm năng là quá trình cho phép đánh giá và xác định các biến đổi tiềm năng của từng loại hình lớp phủ mặt đất và các tham số (hoặc biến giải thích), nó được thực hiện qua 03 bước: Thiết lập Mô hình chuyển đổi, đánh giá chất lượng các tham số và chạy Mô hình phân tích.

#### a) Thiết lập Mô hình chuyển đổi tiềm năng

Bước đầu tiên của quá trình mô hình hóa các chuyển đổi tiềm năng là xây dựng (thiết lập) Mô hình phân tích. Mô hình này cho phép tích hợp các biến số là các chuyển đổi tiềm năng đã được xác định trong quá trình phân tích biến động.

#### b) Đánh giá chất lượng các biến giải thích

Đây là bước thứ hai của quá trình mô hình hóa các chuyển đổi tiềm năng, nó cho phép đánh giá chất lượng cũng như xác định trọng số của các tham số đưa vào tính toán khả năng biến động. Các tham số này có vai trò rất quan trọng trong quá trình xây dựng bản đồ dự báo biến động lớp phủ mặt đất; trên thực tế nó chính là các yếu tố (tự nhiên/ con người) có ảnh



hường và có khả năng ảnh hưởng đến quá trình biến động lớp phủ mặt đất như địa hình, độ dốc, hướng sườn, mạng lưới thủy văn, giao thông,...

Để đánh giá chất lượng các tham số, chỉ số đánh giá thường được áp dụng. Ví dụ đối với mô hình sử dụng chuỗi Markov thường sử dụng chỉ số Cramer's V để đánh giá chất lượng các tham số đưa vào mô hình. Chỉ số này cho phép đánh giá tầm quan trọng cũng như tính hữu dụng tiềm năng của các tham số [9]. Các tham số có giá trị chỉ số Cramer's V cao, cho thấy tầm quan trọng của chúng; trong khi các tham số nếu có giá trị chỉ số Cramer's V thấp sẽ bị loại bỏ, không nên sử dụng để đưa vào Mô hình tính toán.

#### c) Chạy Mô hình phân tích

Bước cuối cùng của mô hình hóa quá trình chuyển đổi tiềm năng là chạy Mô hình phân tích. Để chạy mô hình này, thường có nhiều lựa chọn dựa trên các thuật toán cũng như cách tiếp cận khác nhau. Ví dụ đối với mô hình sử dụng chuỗi Markov, có 02 lựa chọn được sử dụng là: Mạng thần kinh đa lớp (MLP) hoặc hồi quy logistic (Relog).

Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng sử dụng Mạng thần kinh đa lớp trong dự báo sử dụng đất cho kết quả có độ chính xác khá cao, trên 85% [10–12].

Nói chung, sự khác biệt về độ chính xác bản đồ dự báo biến động lớp phủ mặt đất thu được từ các giải pháp là có sự khác biệt. Do đó, việc lựa chọn giải pháp hay cách tiếp cận nào sẽ phụ thuộc vào nhiều yếu tố, ví dụ sự đòi hỏi số lượng các tham; khối lượng tính toán; và tính phù hợp nhất trong việc mô hình hóa các quá trình chuyển đổi [9].

### 2.1.3. Kiểm định mô hình

Bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất được thành lập sẽ được so sánh với bản đồ có sẵn hoặc tài liệu tham khảo ở cùng thời điểm. Kết quả so sánh này sẽ cho phép xác nhận mô hình phân tích sử dụng có đảm bảo độ chính xác trong xây dựng các bản đồ dự báo hay không. Việc so sánh được thực hiện trên cơ sở đánh giá độ chính xác của từng lớp đối tượng lớp phủ mặt đất, hệ số Kappa và độ chính xác chung của toàn bộ bản đồ dự báo. Bản đồ được coi là đạt chất lượng, nếu độ chính xác chung đạt ít nhất 85% [8, 13–14].

### 2.1.4. Dự báo biến động

Dự báo biến động lớp phủ mặt đất là quá trình thành lập các bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất (hay còn gọi là kịch bản lớp phủ mặt đất). Các bản đồ dự báo được thành lập trên cơ sở sử dụng các chuyển đổi tiềm năng, là các chuyển đổi đã được mô hình hóa sau khi chạy Mô hình phân tích. Quá trình thành lập bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất được thực hiện qua 2 bước: (1) yêu cầu mô hình hóa các chuyển đổi và (2) xây dựng bản đồ dự báo.

#### a) Yêu cầu mô hình hóa các chuyển đổi

Yêu cầu mô hình hóa các chuyển đổi (*Change Demand Modeling*) là công đoạn cho phép xác định định lượng các chuyển đổi của từng lớp sẽ xảy ra đến một thời điểm cụ thể xác định trong tương lai trên cơ sở áp dụng một thuật toán nào đó đã được xác định trước. Ví dụ việc áp dụng chuỗi Markov trong lĩnh vực sử dụng đất/lớp phủ mặt đất có rất nhiều giả thuyết khác nhau [15]. Tuy nhiên, một trong những giả thuyết được chấp nhận và sử dụng rộng rãi đó là coi lớp phủ mặt đất và biến động lớp phủ mặt đất như là một quá trình ngẫu nhiên, và mỗi một lớp (loại hình) lớp phủ mặt đất là một trạng thái của một chuỗi Markov [15–17]. Một chuỗi được coi là một quá trình ngẫu nhiên, nếu nó có một giá trị ( $X_t$ ) ở thời điểm  $t$  mà giá trị này không phụ thuộc vào giá trị ( $X_{t-1}$ ) ở thời điểm  $t-1$ , và cũng không phụ thuộc vào chuỗi giá trị  $X_{t-2}, X_{t-3}, \dots, X_0$  (những giá trị của chuỗi ở thời điểm trước thời điểm  $t-1$ ). Khi đó có thể xác định được ma trận xác suất chuyển đổi  $P\{X_t = a_j | X_{t-1} = a_i\}$ . Ma trận này cho thấy xác suất một của một quá trình mà làm cho một chuyển đổi từ trạng thái  $a_i$  sang trạng thái  $a_j$  sau một khoảng thời gian  $t$ . Sau ( $L$ ) bước cần thiết được thực hiện để thiết lập chuyển đổi này, ma trận  $P\{X_t = a_j | X_{t-1} = a_i\}$  được gọi là ma trận xác suất chuyển đổi ( $L$ ) bước ( $P_{ij}^{(L)}$ ), nếu ( $P_{ij}^{(L)}$ ) là độc lập với biến thời gian và nó không phụ thuộc vào các tham số  $a_i, a_j$ , và ( $L$ ).

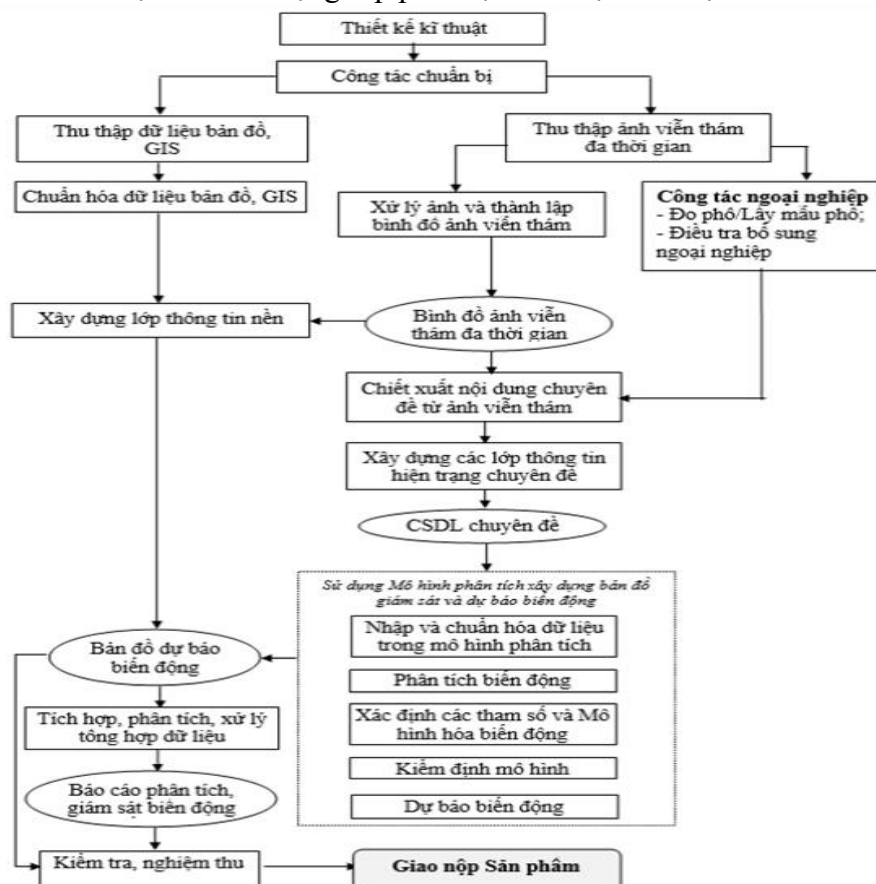
Sau khi chạy mô hình với chuỗi Markov để dự báo lớp phủ mặt đất đến thời điểm  $t+1$ , một ma trận xác suất chuyển đổi ở thời gian đó sẽ được thành lập; ma trận này đưa ra một cách định lượng khả năng chuyển đổi của từng lớp đối tượng lớp phủ mặt đất. Trong ma trận xác suất chuyển đổi trên, các cột tương ứng với các lớp đối tượng lớp phủ mặt đất ở thời điểm  $t+1$  trong tương lai cần dự báo và các hàng tương ứng với các lớp đối tượng lớp phủ mặt đất ở thời điểm  $t$  (thời điểm hiện tại). Những giá trị trên đường chéo chính của ma trận cho thấy độ ổn định (không có biến động) của các lớp đối tượng lớp phủ mặt đất và biến đổi trong khoảng giá trị từ 0.0 đến 1.0, tương ứng 0% đến 100%. Những giá trị tiệm cận gần đến 1.0 cho thấy lớp đối tượng đó có độ ổn định rất cao, ngược lại, những giá trị tiến gần đến 0.0 cho thấy các lớp đối tượng sử dụng đất này sẽ có sự biến động mạnh mẽ.

#### b) Thành lập bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất

Trên cơ sở ma trận xác suất chuyển đổi được xây dựng ở bước trên, bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất đến thời điểm  $t+1$  trong tương lai sẽ được xây dựng. Bản đồ này sẽ có số lượng và thuộc tính các lớp đối tượng như bản đồ lớp phủ mặt đất ban đầu, là bản đồ đầu vào sử dụng trong mô hình. Thông thường, ở giai đoạn này, bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất sẽ được thành lập đến một thời điểm ở hiện tại mà có các bản đồ hoặc số liệu tham khảo để kiểm tra chất lượng bản đồ dự báo. Chất lượng của bản đồ dự báo sẽ phản ánh độ tin cậy của mô hình cũng như độ tin cậy của các tham số sử dụng để mô hình hóa các chuyển đổi tiềm năng.

#### 2.1.5. Xây dựng kịch bản sử dụng đất

Nếu bản đồ dự báo trong trường hợp này đạt độ chính xác theo yêu cầu, mô hình phân tích lúc này coi như được hiệu chỉnh tốt và có thể áp dụng để xây dựng các kịch bản lớp phủ mặt đất trong tương lai. Trong trường hợp này, các tham số của bản đồ dự báo sẽ áp dụng với các tham số và các biến giải thích như đã sử dụng trong Mô hình ở bước hiệu chỉnh mô hình. Quy trình sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh viễn thám đa thời gian, GIS kết hợp với mô hình phân tích giám sát và dự báo biến động lớp phủ mặt đất được thể hiện trên hình 2.



**Hình 2.** Sơ đồ quy trình sử dụng dữ liệu viễn thám đa thời gian, GIS kết hợp với mô hình phân tích giám sát và dự báo biến động lớp phủ mặt đất.

## 2.2. Tài liệu sử dụng

Nhóm thực hiện đã tiến hành khảo sát thu thập tài liệu hiện có tại khu vực thử nghiệm trên địa bàn Thành phố Hải Phòng, đang được lưu giữ ở nhiều ngành, cơ quan Trung ương ở Hà Nội và ở Hải Phòng và đã thu thập được các tài liệu sau phục vụ công tác thử nghiệm:

+ Bản đồ địa hình tỷ lệ 1/50.000 UTM của Mỹ xuất bản năm 1966, 1967 có phiên hiệu: 6250-I- II, 6350-I-II-III, IV là bản đồ tin tức với lượng thông tin đã cũ, dùng để tham khảo.

+ Bản đồ địa hình GAUSS tỷ lệ 1/100.000: Do Cục đo đạc bản đồ bộ tổng tham mưu xuất bản năm 1991 gồm các mảnh F-48-117, F-48-118, F-48-129, F-48-130, với lượng thông tin đã cũ, chỉ dùng để tham khảo.

+ Bản đồ địa hình VN2000 tỷ lệ 1/100.000: gồm các mảnh F-48-70 (6351), F-48-82 (6350), F-48-83 (6450), F-48-81 (6250) do Nhà Xuất bản Bản đồ biên vẽ năm 2001-2005 là tài liệu sử dụng chính.

+ Bản đồ địa hình và địa hình đáy biển tỷ lệ 1/50.000 được thành lập năm 2000 do NXB Bản đồ thực hiện, hệ toạ độ VN2000: gồm các mảnh F-48-69-D, F-48-70-(C,D), F-48-71-C, F-48-81-(B,D), F-48-82-(A,B,C,D), F-48-83-(A,C).

+ Bản đồ địa hình tỷ lệ 1/25.000 hệ VN-2000, gồm các mảnh: F- 48- 81- B-d ; F- 48- 81- D- b,d; F- 48- 82- A- a,b,c,d ; F- 48- 82 - B - c,d F- 48- 82- C-a,b,c,d ; F- 48- 82- D-a; F - 48 - 83 - A - c; F - 48 - 83 - C - a,b;

+ Bản đồ hành chính Hải Phòng tỉ lệ 1: 35 000 (03 mảnh);

+ Bản đồ hành chính Hải Phòng tỉ lệ 1: 50 000 (04 mảnh). Cơ quan xuất bản : Bộ Tài nguyên và Môi trường. Bản đồ được thành lập, chế in tại Nhà Xuất bản Bản đồ.

+ Bản đồ tài nguyên du lịch tự nhiên nông thôn Hải Phòng. Tỉ lệ 1:200 000. Tác giả: Phạm Văn Luân - Sở Du lịch Hải Phòng.

+ Bản đồ tài nguyên du lịch nhân văn Hải Phòng. Tỉ lệ 1: 200 000. Tác giả: Phạm Văn Luân - Sở Du lịch Hải Phòng.

+ Bản đồ hiện trạng sử dụng đất thành phố Hải Phòng năm 2000, 2005, 2010, 2015 (dạng số), số liệu kiểm kê đất năm 2019 và các bảng biểu diện tích.

+ Cơ sở dữ liệu Nền địa lý tỷ lệ 1:50.000 do Cục Công nghệ thông tin thành lập năm 2013

+ Cảnh ảnh vệ tinh SPOT5 số hiệu 271-308/5 chụp ngày 23 tháng 12 năm 2003.

+ Cảnh ảnh vệ tinh SPOT5 số hiệu 272-308/6 chụp ngày 23 tháng 11 năm 2005.

+ Cảnh ảnh vệ tinh SPOT5 số hiệu 272-308 chụp ngày 07 tháng 1 năm 2004.

+ Cảnh ảnh Spot 5 có số hiệu 272-309 chụp ngày 23/10/2010 có độ phân giải 2,5 m;

+ Cảnh ảnh vệ tinh LANDSAT 7 ETM+ số hiệu 126-046 chụp ngày 16 tháng 11 năm 2001 và ảnh vệ tinh viễn thám Landsat ETM+ năm 2005, 2010, 2015, 2018.

+ Cảnh ảnh vệ tinh ASTER số hiệu ASTL1A 0605060334280605090026 chụp ngày 06 tháng 05 năm 2006.

+ Cảnh ảnh vệ tinh ASTER số hiệu ASTL1A 0208310336210210180037 chụp ngày 31 tháng 08 năm 2002.

+ Ảnh vệ tinh SPOT6 các cảnh ảnh số hiệu sau: ID SO17013069-3 chụp ngày 31 tháng 07 năm 2016; ID: SO17013069-4 chụp ngày 26 tháng 08 năm 2016; ID: SO17013069-5 chụp ngày 26 tháng 08 năm 2016; ID: SO17013069-6 chụp ngày 26 tháng 08 năm 2016.

+ Ảnh vệ tinh SPOT7 các cảnh ảnh số hiệu sau: ID SO17013069-2 chụp ngày 02 tháng 12 năm 2016; ID: SO17013069-7 chụp ngày 26 tháng 05 năm 2017.

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Kết quả ứng dụng dữ liệu viễn thám và mô hình sử dụng chuỗi Markov thành lập bản đồ dự báo biến động lớp phủ mặt đất tại khu vực Hải Phòng

Trên cơ sở lý thuyết và quy trình dự báo biến động sử dụng đất đã nghiên cứu và đề xuất ở trên, tiến hành thực nghiệm xây dựng bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất đến năm 2030 như sau:



### 3.1.1. Mô hình hóa các chuyển đổi tiềm năng

Việc mô hình hóa các chuyển đổi tiềm năng là một bước quan trọng nhằm thiết lập Mô hình chuyển đổi phụ và xây dựng các biến giải thích để đưa vào Mô hình chuyển đổi phụ.

#### a) Thiết lập Mô hình chuyển đổi phụ

Mô hình chuyển đổi phụ được thiết lập nhằm xác định các chuyển đổi tiềm năng của các lớp đối tượng sử dụng đất.

Để thiết lập mô hình này, bước đầu tiên là xác định các chuyển đổi (transition) đã xảy ra thông qua phân tích biến động sử dụng đất trong quá khứ, đó là hiện trạng các chuyển đổi qua lại giữa các đối tượng lớp phủ mặt đất trong giai đoạn 2000-2010. Danh mục các chuyển đổi lớp phủ mặt đất cơ bản được thống kê trong bảng 1.

**Bảng 1.** Danh mục các chuyển đổi sử dụng đất được xác định trong giai đoạn 2002-2010.

| Chuyển đổi |                 |              | Chuyển đổi |              |              |
|------------|-----------------|--------------|------------|--------------|--------------|
| STT        | Chuyển từ       | Đến          | STT        | Chuyển từ    | Đến          |
| 1          | Đất nông nghiệp | Đất dân cư   | 4          | Đất Mặt nước | Bãi bồi      |
| 2          | Bãi bồi         | Đất rừng     | 5          | Đất Mặt nước | Đất thủy sản |
| 3          | Bãi bồi         | Đất thủy sản | 6          | Đất thủy sản | Đất dân cư   |

Sau khi xác định danh mục các chuyển đổi sử dụng đất thực tế đã diễn ra trong giai đoạn 2002-2010, Mô hình chuyển đổi phụ sẽ được thiết lập. Mỗi một chuyển đổi trên đây sẽ là một tham số được nhập vào Mô hình chuyển đổi phụ để tính toán và xác định khả năng chuyển đổi các đối tượng sử dụng đất trong tương lai.

#### b) Xây dựng các biến giải thích và đánh giá chất lượng các biến giải thích

Như đã trình bày, sự biến động lớp phủ mặt đất bị tác động bởi nhiều yếu tố, trong đó có các yếu tố tự nhiên như Địa hình (độ dốc, hình thái, hướng sườn), hệ thủy văn, thổ nhưỡng, nhiệt độ, lượng mưa,... và có cả những yếu tố do con người gây ra như giao thông, dân cư, đô thị hóa,... Mỗi một yếu tố trên được coi là một biến giải thích khi đưa vào Mô hình chuyển đổi phụ. Nghiên cứu đã xác định và lựa chọn 7 biến giải thích đặc trưng được áp dụng trong xây dựng bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất, được thống kê trong bảng 2.

**Bảng 2.** Các biến giải thích áp dụng trong Mô hình chuyển đổi phụ.

| STT | Tên yếu tố          | Mô tả                                                                       | Tên biến giải thích trong mô hình chuyển đổi phụ |
|-----|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1   | Thủy văn            | Hệ thống thủy văn, bao gồm sông, suối, hồ                                   | Khoảng cách đến hệ thủy văn                      |
| 2   | Đường giao thông    | Hệ thống giao thông chính                                                   | Distance du réseau routier                       |
| 3   | Điểm dân cư         | Các điểm dân cư chính như thị trấn, thị xã, thành phố                       | Khoảng cách đến điểm dân cư                      |
| 4   | Địa hình            | Yếu tố địa hình bề mặt được thể hiện dưới dạng Mô hình số địa hình (DEM)    | DEM                                              |
| 5   | Độ dốc              | Yếu tố địa hình bề mặt được thể hiện dưới dạng độ dốc                       | Độ dốc (%)                                       |
| 6   | Hình thái bề mặt    | Yếu tố địa hình bề mặt được thể hiện dưới dạng hình thái bề mặt, hướng sườn | Aspect                                           |
| 7   | Các lớp sử dụng đất | Phân bố loại hình sử dụng đất                                               | Sử dụng đất                                      |

Các tham số trong bảng có mức độ và vai trò ảnh hưởng đến sự biến động sử dụng đất là khác nhau, do đó các biến giải thích trong mô hình chuyển đổi phụ có trọng số khác nhau.

Việc xác định vai trò cũng như chất lượng của của biến giải thích được đánh giá thông qua chỉ số Cramer's V (tiêu chuẩn đối với các biến giải thích đã được trình bày trong Bảng 4.3). Các biến giải thích với giá trị Cramer's V cao được coi như có mối liên kết chặt chẽ đến biến động sử dụng đất. Trong nghiên cứu này, các giá trị Cramer's V đối với các biến giải thích được thể hiện trong bảng 3.

**Bảng 3.** Hệ số Cramer's V của các biến giải thích.

| <b>Biến giải thích</b>                | <b>SDD</b> | <b>V<sub>1</sub></b> | <b>V<sub>2</sub></b> | <b>V<sub>3</sub></b> | <b>V<sub>4</sub></b> | <b>V<sub>5</sub></b> | <b>V<sub>6</sub></b> |
|---------------------------------------|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Khoảng cách đường GT                  |            | 0.000                | 0.2395               | 0.1335               | 0.2106               | 0.8277               | 0.1472               |
| Biến động SDD                         |            | 0.3723               | 0.2800               | 0.3734               | 0.2815               | 0.7934               | 0.3792               |
| Evidence likelihood                   |            | 0.2706               | 0.3086               | 0.3115               | 0.1923               | 0.1067               | 0.5241               |
| DEM                                   |            | 0.1346               | 0.1529               | 0.1026               | 0.0424               | 0.4034               | 0.2208               |
| Slope                                 |            | 0.0932               | 0.0901               | 0.1440               | 0.0243               | 0.1981               | 0.1323               |
| Aspect                                |            | 0.0892               | 0.0664               | 0.1404               | 0.0109               | 0.1723               | 0.1247               |
| Khoảng cách đến rừng                  |            | 0.2774               | 0.0723               | 0.2074               | 0.1865               | 0.1427               | 0.2474               |
| Khoảng cách đến nông nghiệp           |            | 0.1401               | 0.1473               | 0.5503               | 0.2319               | 0.8284               | 0.0717               |
| Khoảng cách đến bãi bồi               |            | 0.3414               | 0.1205               | 0.3800               | 0.4328               | 0.1080               | 0.2891               |
| Khoảng cách đến thủy văn              |            | 0.0242               | 0.0433               | 0.3869               | 0.0244               | 0.1144               | 0.0721               |
| Khoảng cách đến dân cư, cơ sở hạ tầng |            | 0.0308               | 0.1005               | 0.3969               | 0.0207               | 0.8143               | 0.1403               |
| Khoảng cách đến thủy sản              |            | 0.2257               | 0.0981               | 0.1072               | 0.1063               | 0.1301               | 0.2210               |

Bảng trên cho thấy, với giá trị trung bình Cramer's V của từng biến giải thích đều lớn hơn 0.14, điều đó cho thấy tất cả các yếu tố đều trên đều có mối quan hệ khăng khít đến biến động lớp phủ mặt đất trong khu vực. Trên cơ sở phân tích của bảng 4.3, chúng tôi sẽ lựa chọn các biến giải thích có giá trị Cramer's V lớn hơn 1.4 đối với từng lớp phủ mặt đất để đưa vào mô hình phụ nhằm tính toán khả năng biến động trong tương lai của lớp sử dụng đất đó, thông qua mô hình phân tích hồi quy. Ví dụ trong trường hợp tính toán biến động cho đất dân cư, chúng tôi sẽ chọn tổ hợp 7 tham số để đưa vào mô hình hồi quy, gồm: Khoảng cách đến giao thông, DEM, Slope, Aspect, khoảng cách đến đất nông nghiệp và khoảng cách đến đô thị.

#### c) Chạy Mô hình chuyển đổi phụ

Sau khi thiết lập Mô hình chuyển đổi phụ trên cơ sở các chuyển đổi đã xảy ra trong giai đoạn 2002-2011, các biến giải thích đã được xác định và đưa vào Mô hình. Bước tiếp theo là tiến hành chạy Mô hình chuyển đổi phụ sử dụng mô hình hồi quy lô-gic.

Bảng dưới thể hiện các giá trị ROC của từng tham số trong mô hình hồi quy lô-gic. Các giá trị trong bảng 4 cho thấy toàn bộ giá trị ROC đều lớn hơn 0.9, điều đó cho thấy có sự tương quan mạnh mẽ giữa các biến giải thích và các khả năng chuyển đổi. Kết quả đó một lần nữa khẳng định mô hình hồi quy lô-gic hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu trong quá trình tính toán các chuyển đổi tiềm năng và các chuyển đổi đó sẽ được áp dụng cho chuỗi Markov để xây dựng bản đồ dự báo biến động lớp phủ mặt đất.

**Bảng 4.** Giá trị tối ưu của các tham số hiệu chỉnh mô hình.

| <b>Khả năng chuyển đổi</b>                            | <b>ROC</b> | <b>Biến giải thích</b>                         | <b>Hệ số</b> |
|-------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------|--------------|
| Đất nông nghiệp chuyển sang đất dân cư, cơ sở hạ tầng | 0,9770     | Biến độc lập                                   | 0,35832663   |
|                                                       |            | Khoảng cách đường GT                           | -0,00029176  |
|                                                       |            | Biến động SDD                                  | -0,39687580  |
|                                                       |            | Khoảng cách đến nông nghiệp năm 2002           | 14,69867086  |
|                                                       |            | DEM                                            | 0,01699039   |
|                                                       |            | Slope                                          | 0,01566885   |
|                                                       |            | Aspect                                         | 0,00019433   |
|                                                       |            | Khoảng cách đến dân cư, cơ sở hạ tầng năm 2002 | -0,06000800  |

| <b>Khả năng chuyển đổi</b>   | <b>ROC</b> | <b>Biến giải thích</b>                         | <b>Hệ số</b> |
|------------------------------|------------|------------------------------------------------|--------------|
| Bãi bồi chuyển sang rừng     | 0,9046     | Biến độc lập                                   | 2,03525097   |
|                              |            | Khoảng cách đến bãi bồi năm 2002               | 0,00137940   |
|                              |            | Biến động SĐĐ                                  | -14,08222536 |
|                              |            | Evidence likelihood                            | 508,79400104 |
|                              |            | DEM                                            | 0,08083993   |
|                              |            | Khoảng cách đến thủy sản năm 2002              | -0,02837650  |
|                              |            | Khoảng cách đến thủy văn năm 2002              | -0,00149289  |
|                              |            | Khoảng cách đến rừng năm 2002                  | -0,17452711  |
| Bãi bồi sang thủy sản        | 0,9340     | Biến độc lập                                   | 5,82801064   |
|                              |            | Khoảng cách đường GT                           | -0,00049901  |
|                              |            | Biến động SĐĐ                                  | -1,52195036  |
|                              |            | Evidence likelihood                            | 53,88216143  |
|                              |            | DEM                                            | 0,13992960   |
|                              |            | Khoảng cách đến thủy sản năm 2002              | 0,05545459   |
|                              |            | Khoảng cách đến rừng năm 2002                  | -0,00278848  |
|                              |            | Khoảng cách đến nông nghiệp năm 2002           | -0,08170973  |
| Thủy văn sang bãi bồi        | 0,9994     | Biến độc lập                                   | 1,60317384   |
|                              |            | Khoảng cách đến nông nghiệp năm 2002           | 0,00013851   |
|                              |            | Biến động SĐĐ                                  | -1,14689466  |
|                              |            | Evidence likelihood                            | 40,01519180  |
|                              |            | Khoảng cách đến thủy văn năm 2002              | 0,01231108   |
|                              |            | Khoảng cách đến dân cư, cơ sở hạ tầng năm 2002 | -0,01000394  |
|                              |            | Khoảng cách đến rừng năm 2002                  | 0,00099697   |
|                              |            | Khoảng cách đến bãi bồi năm 2002               | -0,05130228  |
| Thủy văn sang thủy sản       | 0,9957     | Biến độc lập                                   | 6,25399401   |
|                              |            | Biến động SĐĐ                                  | -0,31022520  |
|                              |            | Evidence likelihood                            | -4,03613827  |
|                              |            | DEM                                            | -0,02285445  |
|                              |            | Khoảng cách đến rừng năm 2002                  | -0,00652818  |
|                              |            | Khoảng cách đến bãi bồi năm 2002               | 0,00000088   |
|                              |            | Khoảng cách đến nông nghiệp năm 2002           | -0,11040541  |
| Aquaculture to Built-up area | 0,9559     | Biến độc lập                                   | 1,46295473   |
|                              |            | Khoảng cách đường GT                           | -0,00299672  |
|                              |            | Biến động SĐĐ                                  | -0,25803023  |
|                              |            | Distance to the agriculture in 2002            | 11,06506787  |
|                              |            | DEM                                            | 0,01637263   |
|                              |            | Slop                                           | 0,02950012   |
|                              |            | Aspect                                         | 0,00077991   |
|                              |            | Khoảng cách đến dân cư, cơ sở hạ tầng năm 2002 | -0,11302383  |

### 3.2. Thành lập bản đồ dự báo sử dụng đất

Sau quá trình chạy Mô hình chuyển đổi phụ và tính toán được 6 biến chuyển đổi tiềm năng, cho phép chúng tôi tiến hành thành lập bản đồ dự báo đến năm 2019. Mục đích của việc xây dựng bản đồ dự báo đến năm 2019 là nhằm so sánh với bản đồ sử dụng đất năm

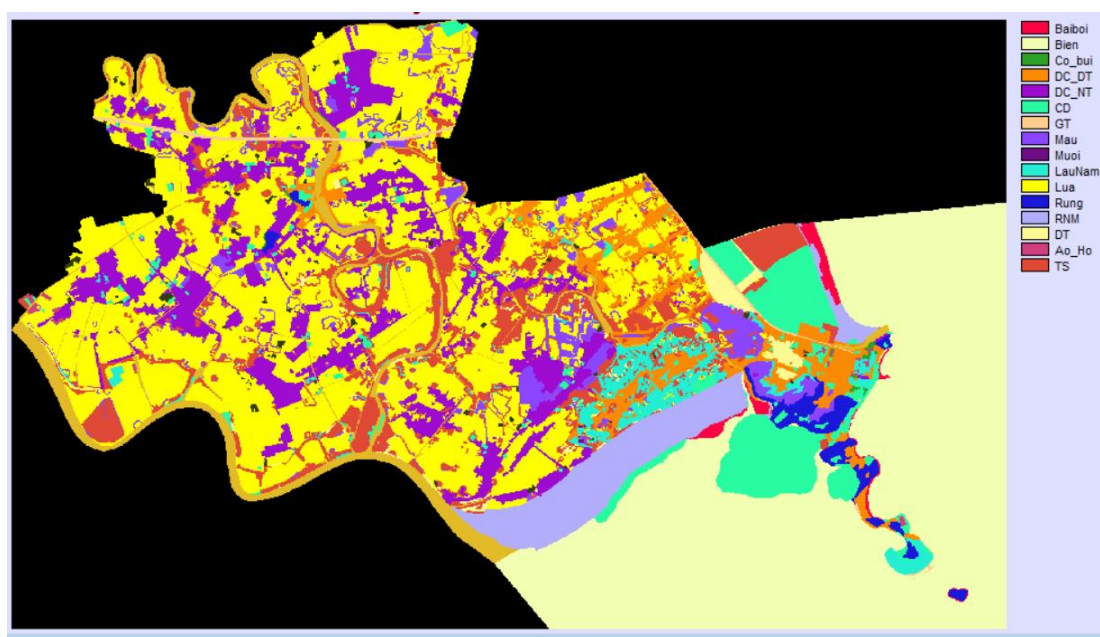
2019 được thành lập từ ảnh viễn thám. Các bước thành lập bản đồ dự báo sử dụng đất bao gồm 02 bước như sau:

a) Yêu cầu mô hình hóa các chuyển đổi

Bước này cho phép xác định định lượng những biến đổi sử dụng đất có thể xảy ra đến năm 2019 trên cơ sở sử dụng chuỗi Markov. Kết quả của bước này là ma trận khả năng chuyển đổi sử dụng đất đến năm 2019. Trong ma trận này, các hàng tương ứng với các lớp phủ mặt đất năm 2010 và các cột tương ứng với các đối tượng lớp phủ mặt đất được dự báo đến năm 2019. Các giá trị nằm trên đường chéo chính của ma trận thể hiện mức độ biến động của 1 đối tượng sử dụng đất sang các đối tượng khác trong giai đoạn 2002-2010.

b) Xây dựng bản đồ dự báo sử dụng đất đến năm 2019

Trên cơ sở ma trận khả năng chuyển đổi đã thiết lập, bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất huyện Kiên Thụy và quận Đồ Sơn đến năm 2019 đã được thành lập (Hình 3). Bản đồ này có các lớp đối tượng sử dụng đất đồng nhất với bản đồ sử dụng đất năm 2002 và 2010, là những bản đồ đầu vào của mô hình LCM.



**Hình 3.** Bản đồ dự báo sử dụng đất đến năm 2017.

### 3.2.1. Đánh giá độ chính xác bản đồ dự báo sử dụng đất

Để đánh giá độ chính xác bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất đến năm 2019, chúng tôi đã so sánh bản đồ này với bản đồ được thành lập từ ảnh viễn thám ở cùng thời điểm. Trong trường hợp này, bản đồ năm 2019 được thành lập từ ảnh viễn thám được coi là tài liệu tham khảo có độ chính xác tốt và đã được kiểm chứng. Mục đích của việc đánh giá độ chính xác này là nhằm xác nhận độ tin cậy của mô hình LCM trong việc dự báo biến động sử dụng đất. Quá trình này được thực hiện thông qua đánh giá độ chính xác từng lớp đối tượng lớp phủ mặt đất, hệ số Kappa và độ chính xác chung của bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất.

Kết quả cho thấy, độ chính xác chung của bản đồ dự báo đến năm 2019 đạt 89% và hệ số Kappa khoảng 0.88; điều này cho thấy độ chính xác bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất đến năm 2019 là khá cao. Kết quả này phản ánh độ tin cậy của mô hình LCM và cho phép tiến hành xây dựng kịch bản lớp phủ mặt đất đến năm 2030.

### 3.2.2. Xây dựng bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất đến năm 2030

Trên cơ sở kết quả đánh giá độ chính xác bản đồ dự báo lớp phủ mặt đất đến năm 2019, tiến hành xây dựng kịch bản lớp phủ mặt đất đến năm 2030. Trong pha xây dựng kịch bản

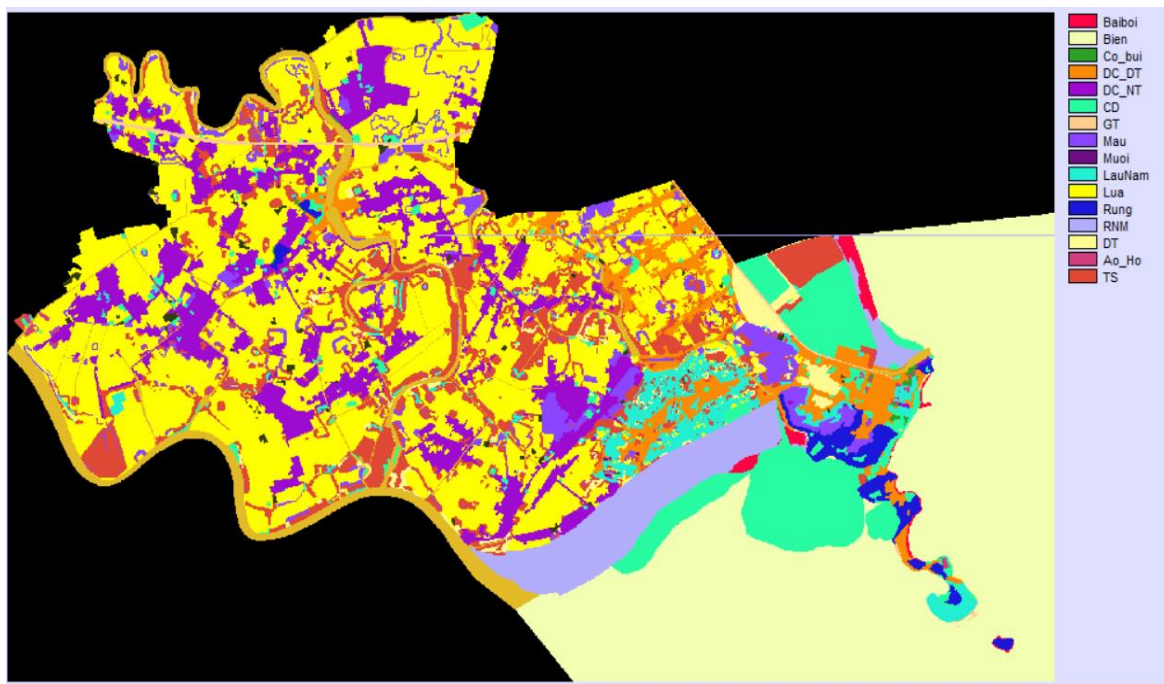
lớp phủ mặt đất, các thông số của Mô hình chuyển đổi phụ và các biến giải thích được giữ nguyên như trong pha hiệu chỉnh Mô hình.

Bảng 5 thể hiện ma trận khả năng chuyển đổi lớp phủ mặt đất huyện Kiến Thụy và quận Đồ Sơn đến năm 2030. Trong ma trận này, các hàng tương ứng với các lớp phủ mặt đất năm 2019 và các cột tương ứng với các đối tượng lớp phủ mặt đất được dự báo đến năm 2030. Các giá trị nằm trên đường chéo chính của ma trận thể hiện mức độ biến động của 1 đối tượng lớp phủ mặt đất sang các đối tượng khác trong giai đoạn 2019-2030.

Bảng 5 cho thấy, hầu hết các đối tượng sử dụng đất đều có khả năng biến động đến năm 2030. Trong số đó, khả năng chuyển đổi sang các nhóm đất khác nhiều nhất là nhóm đất nông nghiệp, đất bãi bồi và đất mặt nước (các giá trị trên đường chéo chính dưới khoảng 0,5 đến 0,7); trong khi các đối tượng khác như đất rừng, đất dân cư cho thấy nhóm này ít bị chuyển đổi sang nhóm đất khác (các giá trị trên đường chéo chính trong khoảng 0,8-0,9).

**Bảng 5.** Ma trận khả năng chuyển đổi lớp phủ mặt đất huyện Kiến Thụy và quận Đồ Sơn đến năm 2030.

|       | Cl. 1  | Cl. 2  | Cl. 3  | Cl. 4  | Cl. 5  | Cl. 6  | Cl. 7  | Cl. 8  | Cl. 9  | Cl. 10 | Cl. 11 | Cl. 12 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cl.1  | 0.3510 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Cl.2  | 0.0000 | 0.9274 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0723 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Cl.3  | 0.0000 | 0.0000 | 0.6754 | 0.0000 | 0.0573 | 0.0022 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0062 | 0.0000 | 0.2588 |
| Cl.4  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 10,000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Cl.5  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.9934 | 0.0000 | 0.0066 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Cl.6  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.9995 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0004 | 0.0000 |
| Cl.7  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 10,000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Cl.8  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0062 | 0.0229 | 0.0136 | 0.0048 | 0.3281 | 0.0000 | 0.0582 | 0.4243 | 0.0000 |
| Cl.9  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0463 | 0.0066 | 0.0064 | 0.0092 | 0.0839 | 0.0029 | 0.7082 | 0.0409 | 0.0000 |
| Cl.10 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0342 | 0.0118 | 0.0128 | 0.0231 | 0.0010 | 0.0000 | 0.8211 | 0.0027 | 0.0000 |
| Cl.11 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0016 | 0.0079 | 0.0063 | 0.0016 | 0.0539 | 0.0000 | 0.0045 | 0.8491 | 0.0000 |
| Cl.12 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0008 | 0.0003 | 0.0291 | 0.0005 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0784 | 0.0000 | 0.8888 |
| Cl.13 | 0.0227 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0000 |
| Cl.14 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0010 | 0.0001 | 0.0010 | 0.0000 | 0.0016 | 0.0028 | 0.0000 |
| Cl.15 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1179 | 0.0097 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Cl.16 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0033 | 0.0132 | 0.0328 | 0.0029 | 0.0283 | 0.0000 | 0.0517 | 0.0950 | 0.0000 |
| Cl.17 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Cl.18 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0016 | 0.0009 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0022 | 0.0000 |



**Hình 4.** Bản đồ dự báo sử dụng đất đến năm 2030.

Trên cơ sở ma trận khả năng chuyển đổi lớp phủ mặt đất đến năm 2030 đã được thiết lập thông qua chuỗi Markov, bản đồ lớp phủ mặt đất huyện Kiến Thụy và quận Đồ Sơn đến năm 2030 đã được xây dựng (Hình 4).

#### 4. Kết luận

Thông qua việc phân tích nhanh bằng dữ liệu ảnh viễn thám kết hợp với mô hình hóa trong dự báo biến động lớp phủ mặt đất, có thể rút ra một số kết luận sau:

- Ảnh viễn thám đa thời gian cho phép chúng ta quan sát và phân tích sự thay đổi của mặt đất trong quá khứ, từ đó đưa ra các biện pháp quản lý và bảo vệ môi trường phù hợp. Nó cũng giúp tăng cường khả năng dự báo và đưa ra các kế hoạch phát triển bền vững cho các khu vực đang có nguy cơ bị ảnh hưởng bởi các thay đổi địa hình.

- Việc sử dụng các công cụ mô hình hóa để mô phỏng sự tương tác giữa các thành phần đất đai trong quá trình sử dụng với các yếu tố tự nhiên, kinh tế - xã hội là cực kỳ quan trọng trong việc quản lý đất đai hiệu quả và bền vững. Nhờ đó, người quản lý có thể đưa ra được các kế hoạch sử dụng đất phù hợp, giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và đảm bảo sự phát triển kinh tế-xã hội bền vững.

- Việc mô phỏng và dự báo xu hướng biến động đất đai là rất quan trọng trong việc định hướng phát triển kinh tế - xã hội và đầu tư các dự án xây dựng trên đất đai. Nhiều tổ chức và cơ quan chính phủ đã sử dụng các công cụ mô phỏng và dự báo như hệ thống thông tin địa lý (GIS), hệ thống thông tin viễn thám (RS) và các mô hình mô phỏng để đưa ra các kịch bản phát triển đất đai phù hợp với xu hướng biến động đất đai trong tương lai. Việc sử dụng các công cụ này không chỉ giúp giảm thiểu rủi ro cho các dự án xây dựng mà còn đảm bảo sự bền vững và phát triển bền vững của kinh tế - xã hội. Dự báo biến động lớp phủ mặt đất cũng có thể giúp các nhà quản lý tài nguyên đất đối phó với những thách thức và rủi ro trong tương lai, đồng thời giúp tối ưu hóa sử dụng đất và tài nguyên. Ngoài ra, dự báo biến động lớp phủ mặt đất còn đóng vai trò quan trọng trong đánh giá tác động của các hoạt động con người đến môi trường và đưa ra các giải pháp bảo vệ môi trường hiệu quả.

Như vậy, việc xây dựng quy trình phân tích nhanh bằng dữ liệu ảnh viễn thám kết hợp với mô hình hóa trong dự báo biến động lớp phủ mặt đất sẽ cung cấp một công cụ hữu hiệu, đảm bảo độ tin cậy đối với các nhà quản lý trong việc xây dựng các kịch bản lớp phủ mặt đất, ta có thể sử dụng các phương pháp như học máy, mô hình hóa thống kê và hệ thống thông tin địa lý. Các mô hình này sẽ đưa ra dự đoán về sự biến động của lớp phủ mặt đất trong tương lai dựa trên các biến giải thích được đưa vào phục vụ giám sát, đánh giá biến động sử dụng đất giúp tiết kiệm chi phí, đem lại hiệu quả cao trong việc xây dựng chính sách quản lý đất đai.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.Q.K.; Xử lý số liệu: N.Q.K.; Viết bản thảo bài báo: N.Q.K.; Chỉnh sửa bài báo: N.Q.K.

**Lời cảm ơn:** Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của đề tài: Nghiên cứu ứng dụng dữ liệu viễn thám đa thời gian và lựa chọn mô hình trong việc giám sát và dự báo biến động sử dụng đất dưới tác động của điều kiện tự nhiên và kinh tế - xã hội, thử nghiệm tại thành phố Hải Phòng. Mã số: TNMT.2018.08.05 do TS, Nguyễn Quốc Khánh là chủ nhiệm đề tài.

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

#### Tài liệu tham khảo

1. Sinh, N.V. Nghiên cứu sự biến động lớp phủ thực vật bằng ảnh đa thời gian và ảnh hưởng của nó tới đa dạng sinh học ở các khu vực bảo tồn thiên nhiên ở Nam Bộ. Trung tâm Viễn thám Quốc gia, 2008.



2. Minh, N.Đ. Phân loại sử dụng đất và lớp phủ đất đô thị ở Hà Nội bằng dữ liệu Terra ASTER. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2009.
3. Tùng, C.H. và cs. Nghiên cứu khả năng ứng dụng kết hợp ảnh vệ tinh radar và quang học để thành lập một số thông tin về lớp phủ mặt đất. Trung tâm Viễn thám Quốc gia, 2008.
4. Tuấn, T.Q.; No, T.V.; Hương, Đ.T.V. Ứng dụng GIS và viễn thám trong việc thành lập bản đồ hiện trạng thảm thực vật năm 2008 tỷ lệ 1:50000, huyện Kỳ Anh, tỉnh Hà Tĩnh. Trường đại học Khoa học, Đại học Huế, 2008.
5. Hà, L.T.T. Nghiên cứu biến động sử dụng đất trong mối quan hệ với một số yếu tố nhân khẩu học thuộc khu vực huyện giao thủy, tỉnh Nam Định. Luận án Tiến sỹ, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, 2016.
6. Làn, P.T. Ứng dụng viễn thám và GIS nghiên cứu mối quan hệ giữa biến động sử dụng đất với điều kiện tự nhiên vùng ven biển đồng bằng sông Hồng. Luận án Tiến sỹ, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, 2016.
7. Tuấn, T.A. Ứng dụng mô hình Markov và Cellular Automata trong nghiên cứu dự báo biến đổi lớp phủ bề mặt. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2011.
8. Corgne, S. Modélisation prédictive de l'occupation des sols en contexte agricole intensif: application à la couverture hivernale des sols en Bretagne. Thèse de doctorat se l'Université de Rennes 2-Haute-Bretagne, 2004, pp. 230.
9. Eastman, J.R. IDRISI Taiga: Guide to GIS and image processing. Clack Lab-Clack University. Manual version 16.02, 2009, pp. 342.
10. Dadhich, P.N.; Hanaoka, S. Markov method integration with multi-layer perceptron classifier for simulation of urban growth of jaipur city. Selected topics in Power systems and Remote sensing, 2010, pp. 118-123. ISBN: 978-960-474-233-2.
11. Nghiem, V.T.; Nedjai, R.; Messaoud, N.N. The consequences of changes in forest land cover in the Alpine and Jurassic massifs on the physico-chemical status of deep lake waters. *J. Alpine Res.* 2011, 99(3), pp. 12. Doi:10.4000/rga.1611.
12. Nghiem, V.T.; Nedjai, R.; Le, V.A.; Charleux, L. Application of gis and remote sensing for predicting land-use change in the french jura mountains with the LCM model: the impact of variables on the disturbance model. Proceeding of the 34<sup>th</sup> Asian Conference on Remote Sensing-Bali, Indonesia. 2013, pp. 2588-2595. ISBN: 978-602-9439-33-5.
13. Anderson, J.R. et al. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Geological Survey Professional Paper 964, 1976, pp. 41.
14. Anderson, J.R. et al. Land use classification schemes used in selected recent geographic applications of remote sensing: Photogramm.Eng., 1971, 37(4), 379-387.
15. Stewart, W.J. Introduction to the numerical solution of markov chains. Princeton, NJ: Princeton. 1994.
16. Haan, C.T. Statistical methods in hydrology. Ames, Iowa: The Iowa State University Press. 1977.
17. Griffiths, R.B. Stochastic Processes. Lecture Notes on Quantum Mechanics No. 8. qmc082.tex. Version of 30 September 2010, pp. 1-10.

## **Building a fast analysis process using remote sensing image data combined with modeling in forecasting land cover changes**

**Nguyen Quoc Khanh<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Vietnam institute of meteorology, Hydrology and Climate change; khanhrsc@gmail.com

**Abstract:** Currently, the use of models to build environmental resource scenarios is very important to make decisions and policies for sustainable environmental protection. These models can help experts assess the impact of human activities on environmental resources, come up with solutions and plans for resource recovery, and reduce risks and impacts of events. environmental problem. The application of these models needs accuracy and precision to give accurate and reliable results. These scenarios are important tools in decision making and planning. They help managers anticipate possible consequences and find ways to minimize risks. In addition, scenarios also help managers make more accurate and effective decisions, and help management policies and territorial planning be properly implemented. However, the development of land use change scenarios is a challenge for land managers and researchers. Many complex and difficult-to-measure factors influence this process, including population growth, economic development, population structure, and land use demand. The development of these scenarios requires the consensus and focus of governments and ministries. To meet the requirements of land management in Vietnam, it is necessary to develop a rapid analysis process using remote sensing image data combined with modeling in forecasting land cover changes. Managers have a scientific basis to make accurate decisions in land management.

**Keywords:** Rapid Analysis; Modeling; Forecasting land cover change.