

Bài báo khoa học

Mô phỏng sự thay đổi sử dụng đất lưu vực Sông Bé bằng mô hình CLUE-s

Phạm Thị Lợi¹, Đào Nguyên Khôi^{1*}

¹ Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM;
phamthiloi1994@gmail.com; dnkhoi@hcmus.edu.vn

* Tác giả liên hệ: dnkhoi@hcmus.edu.vn. Tel: +84-989370987

Ban Biên tập nhận bài: 03/3/2021; Ngày phản biện xong: 29/3/2021; Ngày đăng bài: 25/4/2021

Tóm Tắt: Sông Bé là chi lưu lớn nằm bên bờ hữu sông Đồng Nai, hoạt động kinh tế chủ yếu của lưu vực này là phát triển nông nghiệp, đặc biệt là cây công nghiệp như cây cà phê, cao su, tiêu và điều. Trong những năm gần đây, dưới ảnh hưởng của sự gia tăng dân số và phát triển kinh tế, quá trình chuyển đổi sử dụng đất diễn ra nhanh chóng trên toàn lưu vực. Mục tiêu của nghiên cứu này là ứng dụng mô hình CLUE-s mô phỏng quá trình thay đổi sử dụng đất theo kịch bản gia tăng dân số nhằm cung cấp thông tin cho các nhà quản lý địa phương có thêm cơ sở khoa học trong công tác quản lý và quy hoạch sử dụng đất bền vững. Để đạt được mục tiêu này, dữ liệu sử dụng đất trong giai đoạn 2000–2010 được sử dụng để phân tích xu hướng thay đổi của các loại hình sử dụng đất của khu vực nghiên cứu. Đồng thời, phương trình hồi qui logistic được sử dụng để xây dựng mối tương quan của các loại sử dụng đất với các yếu tố ảnh hưởng. Kết quả nghiên cứu cho thấy hoạt động sử dụng đất trên lưu vực sông Bé có xu hướng giảm đất rừng và gia tăng đất nông nghiệp và đất đô thị, cụ thể diện tích đất rừng so với năm 2005 giảm lần lượt qua các năm 2030, 2050 và 2080 là 299,81 km², 408,69 km² và 597,19 km². Đồng thời, diện tích đất đô thị so với năm 2005 tăng lần lượt qua các năm 2030, 2050 và 2080 là 46,5 km², 90 km² và 155,6 km² tương đương gia tăng 94,85%/năm. Trong đó hai quá trình chuyển đổi sử dụng đất chính là: (1) đất rừng chuyển thành đất nông nghiệp và (2) đất nông nghiệp chuyển thành đất đô thị.

Từ khóa: CLUE-s; Thay đổi sử dụng đất; Lưu vực sông Bé; Phương trình hồi qui logistic.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, áp lực về gia tăng dân số cùng những chính sách phát triển kinh tế đang tạo ra những sức ép to lớn đến các nguồn tài nguyên thiên nhiên, trong đó bao gồm tài nguyên đất. Những chính sách phát triển kinh tế-xã hội như mở rộng đất đô thị, hình thành các khu công nghiệp, gia tăng diện tích đất nông nghiệp đã dẫn đến diện tích đất rừng ngày càng bị thu hẹp. Điều đó đã nhanh chóng thúc đẩy sự thay đổi mục đích sử dụng đất, bao gồm việc chuyển đất rừng tự nhiên thành đất sản xuất nông nghiệp, một phần đất nông nghiệp lại được dùng để xây dựng khu dân cư, khu đô thị [1–2]. Tại lưu vực sông Bé, từ năm 2010 đến năm 2015, diện tích đất đô thị tăng từ 560 ha lên 1.687 ha tương đương gần 200% và diện tích rừng giảm 3.044 ha. Bên cạnh đó, các hồ chứa được xây dựng nhằm mục đích thủy điện như Thác Mơ, Cần Đơn, Srok Phu Miêng và Phước Hòa,... cũng gây ra những tác động không nhỏ đến quá trình chuyển đổi sử dụng đất tại lưu vực sông Bé. Do đó, việc dự báo được xu hướng thay đổi sử dụng đất và nhận dạng được các nhân tố ảnh hưởng đến quá trình sử dụng đất sẽ cung cấp những thông tin quan trọng trong công tác sử dụng và quản lý đất bền vững.

Các mô hình thay đổi sử dụng đất là công cụ hữu ích để phân tích các yếu tố tác động đến quá trình thay đổi sử dụng đất và mô phỏng các kết quả có thể xảy ra trong tương lai của thay đổi sử dụng đất [3]. Đồng thời, phân tích nguyên nhân và xây dựng các kịch bản tương lai cho mô hình sử dụng đất còn nhằm mục đích hỗ trợ cho việc lập kế hoạch và đưa ra các chính sách sử dụng đất của các nhà quản lý [4]. Có nhiều mô hình thay đổi sử dụng đất như mô hình *Markov-Cellular Automata*, mô hình LCM (*land change model*) và mô hình CLUE (*Conversion of Land-Use and its Effects*), trong đó mô hình CLUE với phiên bản CLUE-s đã và đang được nhiều công trình nghiên cứu trên thế giới áp dụng phổ biến và có kết quả tốt tại nhiều khu vực khác nhau. Một vài nghiên cứu điển hình sử dụng mô hình CLUE-s [6] tại Châu Âu, nghiên cứu [6] tại Bắc Kinh, Trung Quốc và nghiên cứu [7] tại các quận Pennsylvania, Hoa Kỳ. Bên cạnh đó, mô hình CLUE-s cũng đã được ứng dụng tại Việt Nam tại khu vực Chợ Đồn, Bắc Kạn [8]. Các nhà nghiên cứu đã chứng minh rằng mô hình CLUE-s phù hợp cho việc mô phỏng sự thay đổi sử dụng đất dựa trên mối quan hệ của các loại sử dụng đất với các yếu tố tác động lên nó và sự cạnh tranh giữa các loại sử dụng đất với nhau [9].

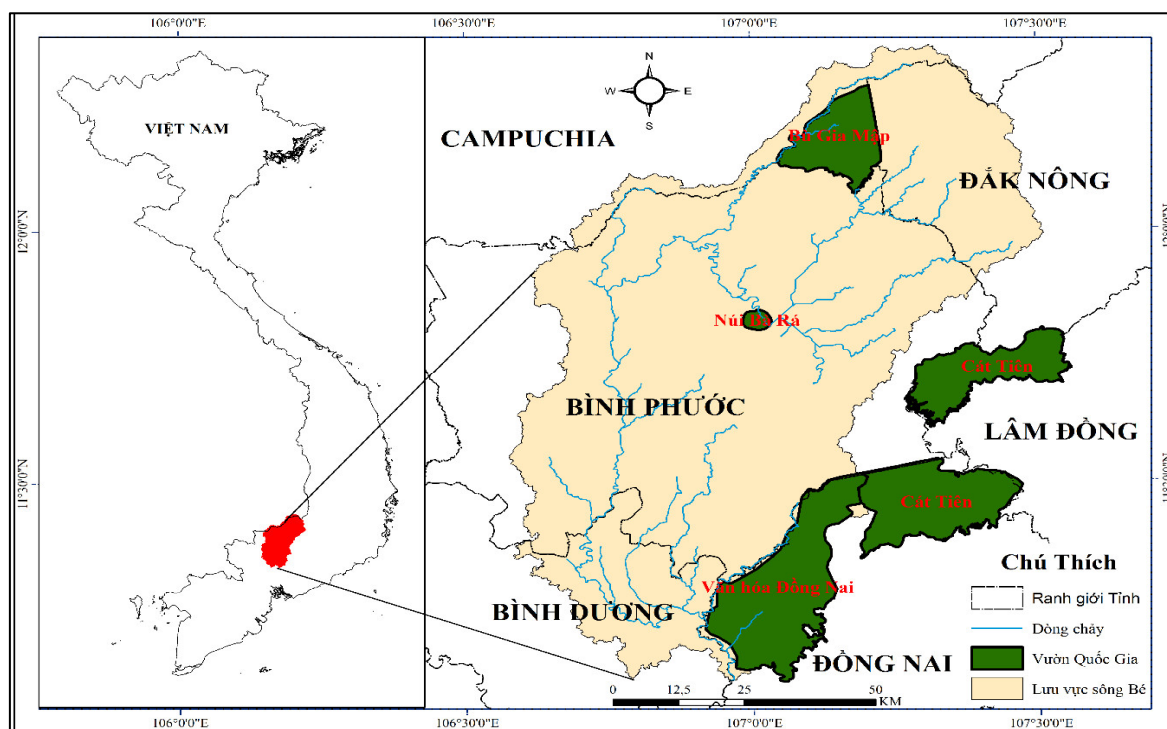
Mục tiêu của nghiên cứu là áp dụng mô hình CLUE-s để mô phỏng sử dụng đất cho lưu vực sông Bé ứng với kịch bản gia tăng dân số giai đoạn 2020–2100. Kết quả của nghiên cứu có thể giúp các nhà quản lý hiểu rõ hơn về các nhân tố ảnh hưởng đến quá trình thay đổi sử dụng đất cũng như có bức tranh thay đổi sử dụng đất tương ứng với sự gia tăng dân số trong tương lai từ đó đưa ra những chính sách quản lý và quy hoạch hợp lý nhằm giảm thiểu tác động không mong muốn từ việc thay đổi sử dụng đất đến môi trường mà vẫn đáp ứng được mục tiêu phát triển kinh tế tại khu vực nghiên cứu.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1 Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Sông Bé là một trong bốn phụ lưu lớn của hệ thống sông Đồng Nai với diện tích 7.839 km² trong đó diện tích thuộc tỉnh Bình Phước là 5034 km², Đắk Nông là 960 km², Bình Dương 818 km², Đồng Nai 551 km² (Hình 1). Lưu vực sông Bé nằm trên vùng chuyển tiếp từ địa hình núi cao, cao nguyên của phần cuối phía Nam dãy Trường Sơn xuống đồng bằng Nam Bộ nên địa hình biến đổi rất đa dạng và phức tạp. Khí hậu sông Bé mang tính chất nhiệt đới gió mùa, đặc trưng là sự phân hóa thành hai mùa mưa–khô tương phản nhau sâu sắc. Nhiệt độ trung bình trong khoảng từ 25,5°C – 26,7°C; lượng mưa trên lưu vực sông Bé vào loại lớn nhất trên toàn hệ thống sông Đồng Nai, từ 2.200–2.600 mm. Mùa mưa thường kéo dài 6 tháng từ tháng V – X trùng với mùa gió mùa tây nam hoạt động với lượng mưa chiếm trên 85% lượng mưa cả năm. Mùa khô kéo dài 6 tháng từ tháng XI đến tháng IV năm sau với lượng mưa chiếm khoảng 15% lượng mưa cả năm [10].

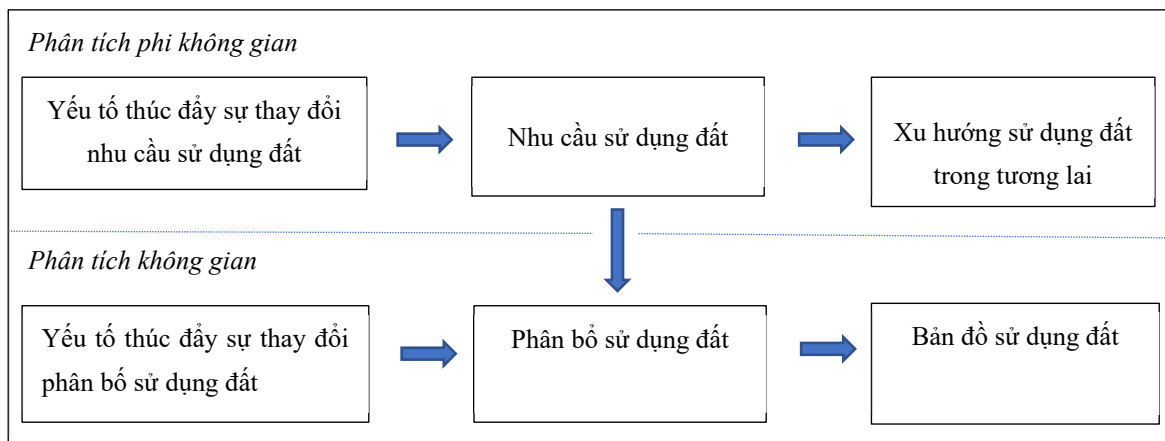
Tổng diện tích đất tự nhiên tại lưu vực sông Bé theo thống kê vào năm 2015 là 7.838,9 km², bao gồm, đất rừng là 1.378,7 km², chiếm 17,59%; đất nông nghiệp là 5.587,7 km², chiếm 71,28%; đất đô thị là 16,87 km² chiếm 0,21%; đất mặt nước là 151 km² chiếm 1,92% và đất đồng cỏ là 704,6 km², chiếm 8,98%. Số liệu thống kê cho thấy cơ cấu sử dụng đất của lưu vực sông Bé trong các năm gần đây có sự thay đổi theo chiều hướng tăng diện tích đất sản xuất nông nghiệp và đất đô thị, giảm mạnh diện tích đất lâm nghiệp. Từ năm 1992 đến năm 2015, diện tích đất lâm nghiệp giảm 1.526,4 km² tương đương với 19,47% diện tích toàn lưu vực, trong đó giai đoạn rừng suy giảm mạnh nhất là từ năm 1992–2005. Đồng thời, diện tích đất sản xuất nông nghiệp tăng 1.303,2 km² và diện tích đất đô thị tăng 15,5 km², trong đó, giai đoạn 2005–2015 là giai đoạn đất đô thị phát triển mạnh nhất. Với xu hướng ngày càng tăng cường phát triển đô thị, khu công nghiệp, bê tông hóa... có thể gây ra nhiều ảnh hưởng xấu cho môi trường của lưu vực.



Hình 1. Lưu vực sông Bé.

2.2. Cơ sở lý thuyết mô hình CLUE-s

Mô hình CLUE được xây dựng bởi [11] nhằm mô phỏng sự thay đổi sử dụng đất dựa trên mối quan hệ định lượng giữa hiện trạng sử dụng đất và các nhân tố ảnh hưởng sự thay đổi sử dụng đất. Năm 2002, cách tiếp cận mô hình CLUE đã được sửa đổi bởi Peter Verburg phối hợp với một số đồng nghiệp tại Khoa Khoa học Môi trường tại Đại học Wageningen ở Hà Lan, và các phiên bản sửa đổi được gọi là CLUE-s [9]. Mô hình CLUE-s bao gồm 2 mô-đun: mô-đun phi không gian và mô-đun không gian (Hình 2). Mô-đun phi không gian xác định những thay đổi sử dụng đất theo nhu cầu kinh tế-xã hội trong vùng nghiên cứu, các nhu cầu này có thể bao gồm diện tích cho từng mục đích sử dụng đất cụ thể ứng với các điều kiện phát triển kinh tế-xã hội. Trong mô-đun không gian, mối quan hệ giữa từng loại hình sử dụng đất với các nhân tố thay đổi được thiết lập và mối liên hệ này được sử dụng để tính toán thay đổi sử dụng đất và được phân bổ cho từng vị trí cụ thể trong khu vực nghiên cứu, bằng cách sử dụng phân tích không gian [12].



Hình 2. Tổng quan quy trình mô phỏng thay đổi sử dụng đất bằng mô hình CLUE-s [12].

2.2. Thiết lập mô hình CLUE-s cho lưu vực sông Bé

Đất sử dụng được phân bố dựa theo sự kết hợp với các yếu tố tác động làm thay đổi loại hình sử dụng đất. Các yếu tố tác động này được chia làm 4 loại: các chính sách và hạn chế về không gian, thiết lập chuyển đổi giữa các loại hình sử dụng đất, tính chất đặc trưng của từng khu vực, và nhu cầu sử dụng đất. Bốn loại yếu tố tác động này cùng nhau tạo nên sự thay đổi trong quá trình sử dụng đất. Trong đó:

- Các chính sách và hạn chế về không gian cho biết những khu vực không được có sự thay đổi về sử dụng đất như các khu hành chính, khu quy hoạch, và khu bảo tồn thiên nhiên. Tất cả những khu vực này sẽ được loại bỏ và không được đưa vào trong tính toán. Trong lưu vực sông Bé, những khu vực hạn chế bao gồm vườn quốc gia Bù Gia Mập, khu bảo tồn thiên nhiên Văn hóa Đồng Nai, khu bảo tồn cảnh quan núi Bà Rá và một phần nhỏ vườn quốc gia Nam Cát Tiên (Hình 1) với tổng diện tích khoảng 75.000 ha (chiếm gần 10,58 % diện tích khu vực nghiên cứu).

- Các thiết lập chuyển đổi giữa các loại hình sử dụng đất bao gồm 2 thông số chính là ma trận sử dụng đất và hệ số chuyển đổi của từng loại sử dụng đất. Ma trận sử dụng đất thể hiện khả năng chuyển đổi giữa hai loại sử dụng đất theo xu hướng thời gian, với giá trị 1 là có thể chuyển đổi và 0 là không thể chuyển đổi. Hệ số chuyển đổi của từng loại đất thể hiện độ ổn định của loại đất đó với giá trị từ 0 đến 1 thể hiện độ ổn định tăng dần.

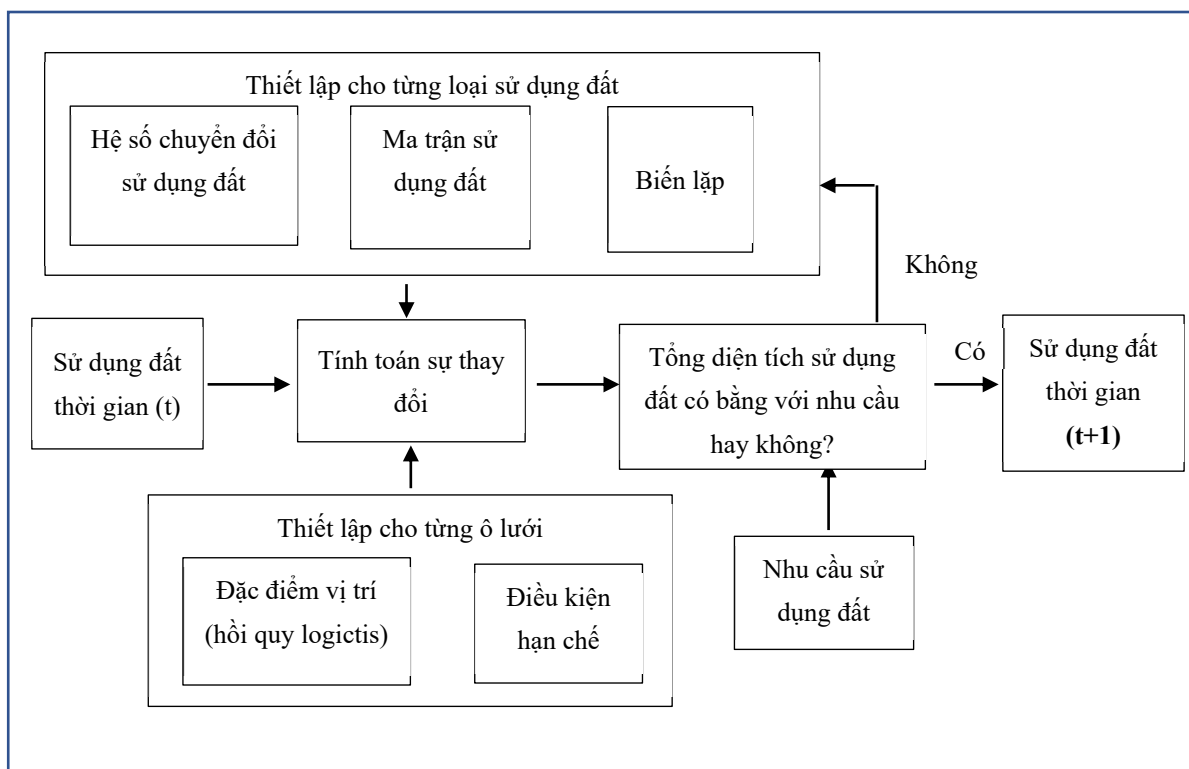
- Tính đặc trưng của từng khu vực được xác định dựa trên phân tích hồi qui logistic để xác định và lượng hoá được các nhân tố ảnh hưởng đến sự xuất hiện của các loại sử dụng đất:

$$\text{Log} \left(\frac{P_i}{1-P_i} \right) = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} + \dots + \beta_n X_{n,i} \quad (1)$$

Trong đó, P_i là xác suất xuất hiện của loại hình sử dụng đất i với yếu tố tác động X . β_0 là một hằng số, và β_n là hệ số hồi quy. Các phân tích được thực hiện đối với sử dụng đất hiện tại cho từng loại sử dụng đất riêng biệt. Các hệ số của hàm hồi quy được dùng để tính xác suất của mỗi ô dành cho từng loại sử dụng đất trong năm phân tích. Trong nghiên cứu này các yếu tố được lựa chọn để tính toán ảnh hưởng đến thay đổi sử dụng đất trong nghiên cứu bao gồm: đặc tính kinh tế-xã hội (mật độ dân số, khoảng cách đến đường chính, khoảng cách đến sông và khoảng cách đến UBND) và các đặc tính của khu vực (mưa, nhiệt độ, độ cao, độ dốc, loại thổ nhưỡng). Phương pháp đường cong ROC (*Relative Operating Characteristic*) được sử dụng nhằm đánh giá mức độ phù hợp của hàm hồi quy logistic, giá trị ROC thay đổi từ 0,5 (cho thấy phương trình hồi quy là ngẫu nhiên) đến 1 (phương trình hồi quy hoàn hảo) [13]. Giá trị ROC nhỏ hơn 0,7 cho thấy độ chính xác của phương trình hồi quy thấp do đó giá trị ROC cần lớn hơn 0,7 nhằm đảm bảo độ chính xác của phương trình hồi quy [14].

- Nhu cầu sử dụng đất sẽ xác định tổng diện tích mỗi loại sử dụng đất cần thiết cho mỗi năm mà không cần chú ý đến yếu tố không gian. Nhu cầu sử dụng đất được tính toán một cách đơn giản từ ngoại suy tuyến tính từ xu hướng sử dụng đất trong quá khứ, từ chính sách quy hoạch, hay phức tạp hơn từ các mô hình kinh tế-xã hội, kịch bản gia tăng dân số, ... Trong nghiên cứu này, nhu cầu sử dụng đất được xác định dựa vào xu hướng thay đổi của các loại hình sử dụng đất trong giai đoạn 2005–2015.

Sau khi hoàn thành các thiết lập, quá trình tính toán và phân bố các loại sử dụng đất trong mô hình CLUE-s được thể hiện trong Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ quy trình mô phỏng của mô hình CLUE-s [12].

2.3. Thu thập dữ liệu

Để thực hiện mô phỏng, một bộ dữ liệu đầu vào được thu thập bao gồm các dữ liệu không gian và phi không gian được mô tả trong Bảng 1.

Bảng 1. Dữ liệu thu thập phục vụ nghiên cứu.

Dữ liệu	Mô tả dữ liệu	Độ phân giải	Nguồn
DEM	Đặc điểm địa hình	30m	ASTER GDEM
Sử dụng đất	Đặc điểm sử dụng đất các năm 2005, 2010, 2015.	300m	Cơ quan Không gian Châu Âu (ESA)
Thổ nhưỡng	Tổ chức Nông Lương (FAO)	10km	Phân loại và tính chất đất
Bản đồ hành chính	Lớp giao thông, UBND, ranh giới các khu vực bảo tồn	1:50.000	Phân Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp
Khí tượng	Dữ liệu mưa giai đoạn 1980–2017	Ngày	Trung tâm Tư liệu Khí tượng Thủy văn (HMDC)
Dân số	Số liệu dân số giai đoạn 2005–2018	Năm	Tổng cục thống kê

2.4. Kịch bản

Dự báo sử dụng đất cho giai đoạn 2020–2100 dựa trên xu hướng về nhu cầu sử dụng đất trong quá khứ kết hợp với kịch bản gia tăng dân số để tính toán nhu cầu sử dụng đất cho các năm 2030, 2050 và 2080 (Bảng 2), tương ứng với các giai đoạn ngắn hạn, trung hạn và dài hạn. Theo đó, tốc độ gia tăng dân số được sử dụng nhằm mục đích tính toán tốc độ gia tăng đất đô thị và ảnh hưởng đến sự phân bố của rừng và đất nông nghiệp.

Bảng 2. Nhu cầu sử dụng đất giai đoạn 2020–2100.

Năm	Dân số (Người)	Đất rừng (km ²)	Mặt nước (km ²)	Đất nông nghiệp (km ²)	Đất đô thị (km ²)	Đồng cỏ (km ²)
2005	1.062.178	1.590,69	148,25	5391,81	2,19	706
2030	2.762.289	1.287,43	154,42	5687,83	50,62	658,64
2050	3.890.889	1.165,67	159,92	5821,35	95,62	596,38
2080	5.583.747	983,03	168,17	6021,63	163,12	502,99

2.5. Đánh giá hiệu quả mô hình

Hệ số Kappa được sử dụng nhằm đánh giá hiệu quả mô phỏng của mô hình thông qua những tính toán về mức độ chính xác của giữa kết quả mô phỏng với thực tế [15]. Giá trị K tiến về 1 có nghĩa là độ chính xác của kết quả mô phỏng càng tốt.

3. Kết quả và thảo luận

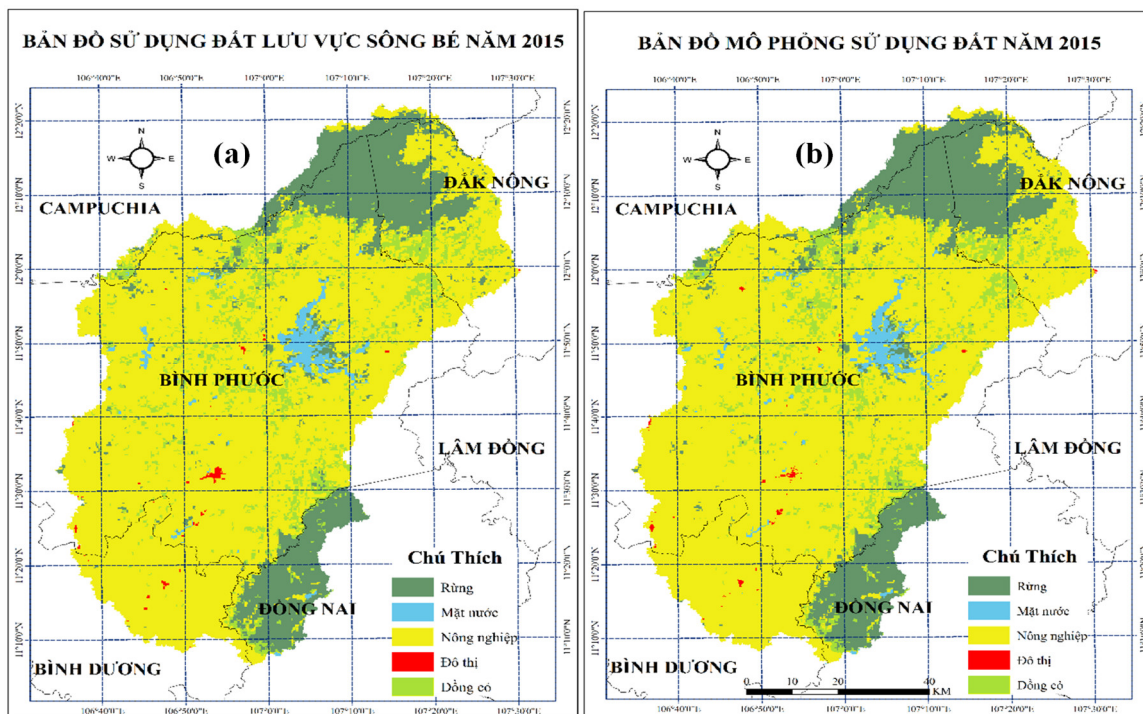
3.1. Hiệu chỉnh mô hình CLUE-s

Các yếu tố ảnh hưởng đến thay đổi sử đất được lựa chọn cho nghiên cứu này bao gồm: độ cao địa hình, độ dốc, lượng mưa, hàm lượng carbon trong đất, mật độ dân số, khoảng cách đến đường giao thông, khoảng cách đến sông suối, và khoảng cách đến UBND huyện. Tương quan giữa từng loại hình sử dụng đất và các yếu tố ảnh hưởng được thiết lập dựa vào mô hình hồi qui logistic. Kết quả phân tích hồi qui logistic sẽ xác định các hệ số của từng yếu tố ảnh hưởng từ đó tính toán xác suất cho mỗi loại sử dụng đất (Bảng 3).

Bảng 3. Hệ số tương quan giữa loại hình sử dụng đất và các nhân tố ảnh hưởng.

	Đất rừng	Mặt nước	Đất nông nghiệp	Đất đô thị	Cây bụi
Hằng số (β)	10,87	1,595	1,96	-1,148	-2,192
Độ cao (m)	-0,00329		0,0021	-0,00178	-0,00088
Độ dốc (%)	0,03275	-0,229	-0,0292	-0,0243	
Lượng mưa (mm)	-0,0064	-0,0016			
Hàm lượng Cacbon trong đất (mg/m ³)	0,00005	-0,000097	0,00007		0,00006
Mật độ dân số (số người/m ²)	-0,0094		0,008	0,00124	-0,0067
Khoảng cách đến đường giao thông (m)	0,000007		-0,00003	-0,0012	
Khoảng cách đến sông suối (m)		-0,00011	-0,0001	-0,383	
Khoảng cách đến UBND huyện (m)	0,00015		-0,00009	-0,0033	
ROC	0,792	0,803	0,764	0,984	0,663

Hệ số chuyển đổi của từng loại sử dụng đất được hiệu chỉnh dựa trên tính ổn của loại sử dụng đất, những loại sử dụng đất có tính ổn định càng cao thì hệ số càng tiến gần đến 1. Độ ổn định của các loại sử dụng đất được sắp xếp giảm dần theo thứ tự lần lượt là nước mặt, đô thị, rừng, nông nghiệp. Trong đó, nước mặt và đô thị là những khu vực ít bị tác động dẫn đến thay đổi nên có độ ổn định cao nhất, khu vực đồng cỏ là yếu tố có độ ổn định thấp nhất. Bộ hệ số chuyển đổi các loại sử dụng đất sau khi hiệu chỉnh của lưu vực sông Bé theo thứ tự đất rừng, nông nghiệp, đô thị, đồng cỏ, mặt nước lần lượt là 0,6; 0,4; 0,95; 0,3; 0,9.



Hình 4. Bản đồ sử dụng đất năm 2015: (a) Hiện trạng; (b) Mô phỏng.

Bảng 4. Ma trận chéo giữa loại hình sử dụng đất thực tế và mô phỏng cho năm 2015.

		Loại sử dụng đất hiện trạng						Độ chính xác người sử dụng (%)
		Rừng (ha)	Nước (ha)	Nông nghiệp (ha)	Đô thị (ha)	Đồng cỏ (ha)	Tổng (ha)	
Loại hình sử dụng đất mô phỏng	Rừng (ha)	126819	688	7825	0	2544	137875	92
	Nước (ha)	669	12269	1950	0	212	15100	81
	Nông nghiệp (ha)	7162	1919	531762	563	17362	558769	95
	Đô thị (ha)	0	0	688	1000	0	1688	59
	Đồng cỏ (ha)	3256	175	18688	0	48344	70462	69
	Tổng (ha)	137906	15050	560912	1562	68462	783894	82
	Độ chính xác người sản xuất (%)	92	81	95	64	71	81	
Hệ số Kappa		0,82						

Kết quả mô phỏng bản đồ sử dụng đất năm 2015 được thể hiện trong Hình 4. Kết quả so sánh cho thấy có sự tương đồng cao giữa hai bản đồ sử dụng đất năm 2015 giữa quan trắc và mô phỏng. Bên cạnh đó, bảng ma trận chéo cũng được sử dụng nhằm đánh giá chi tiết kết quả mô phỏng (Bảng 4). Kết quả tính toán cho thấy, độ chính xác mô phỏng của toàn lưu vực là 81%, trong đó, khu vực đất nông nghiệp có độ chính xác mô phỏng cao nhất lên đến 95%. Tuy nhiên độ chính xác mô phỏng đất đô thị chỉ khoảng 64% nguyên nhân là do năm 2005 diện tích đất đô thị chỉ chiếm 0,03% toàn diện tích lưu vực nên việc phân tích các nhân tố ảnh hưởng đến loại hình sử dụng đất này chưa có độ chính xác cao. Bên cạnh đó, hệ số Kappa cho mô phỏng là 0,82, điều này cho thấy mô hình CLUE-s có khả năng mô phỏng sử dụng đất tại lưu vực sông Bé là rất tốt [15].

Kết quả trên cho thấy mô hình CLUE-s có thể mô phỏng thay đổi sử dụng đất cho lưu vực sông Bé năm 2015, và mô hình này có thể được sử dụng để mô phỏng cho các kịch bản thay đổi sử dụng đất tương ứng với tốc độ gia tăng dân số năm 2030, 2050 và 2080.

3.2. Mô phỏng sử dụng đất giai đoạn 2020–2100 theo kịch bản tăng dân số

Kết quả mô phỏng sử dụng đất cho các năm 2030, 2050 và 2080 dựa theo kịch bản gia tăng dân số được thể hiện trong Hình 5. Bên cạnh đó, Hình 6 thể hiện biến động sử dụng đất trong các giai đoạn 2005–2030, 2005–2050 và 2005–2080.

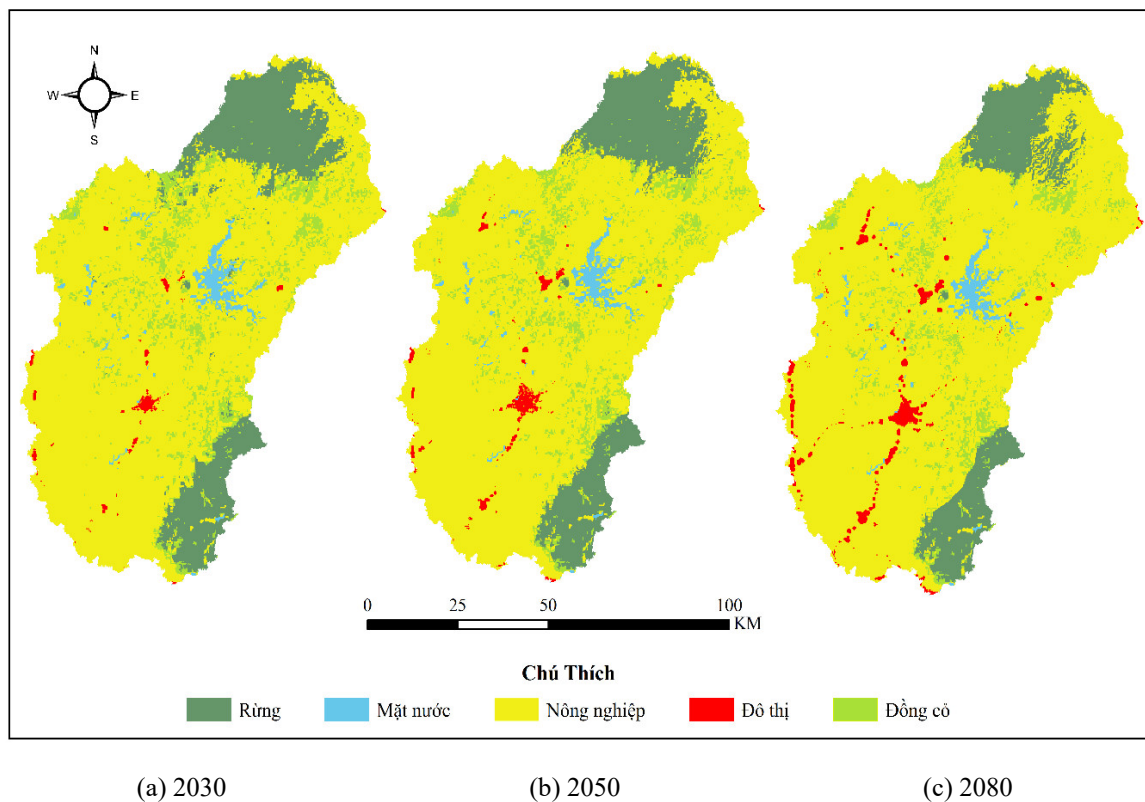
Nhìn chung, xu hướng thay đổi sử dụng đất chính trong giai đoạn 2020–2100 tại lưu vực sông Bé là giảm diện tích rừng, tăng diện tích đất đô thị và đất nông nghiệp. Trong đó, hai quy trình chuyển đổi sử dụng đất chính bao gồm (1) chuyển đổi từ đất rừng sang đất nông nghiệp và (2) chuyển đổi từ đất nông nghiệp sang đất đô thị.

Bảng 7. Bảng thống kê các loại hình sử dụng đất theo các năm.

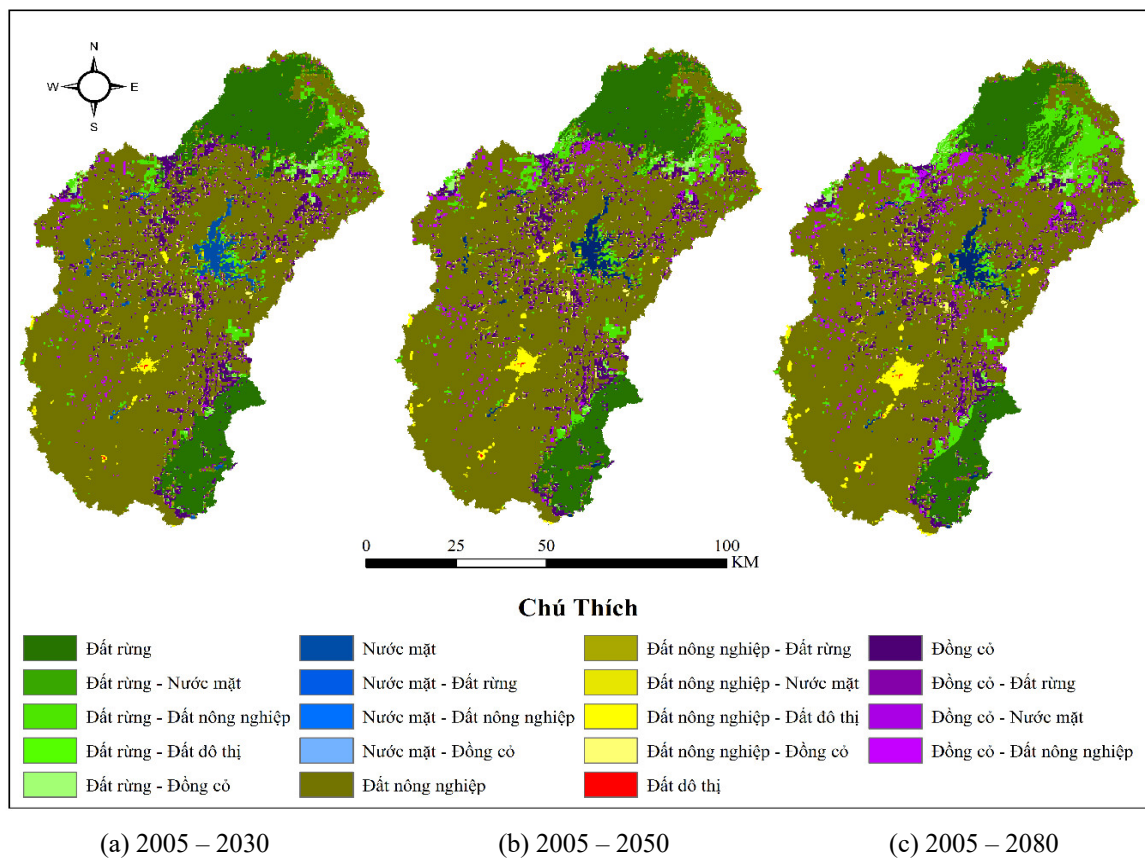
Sử dụng đất	2005		2030		2050		2080	
	Diện tích (km ²)	%	Diện tích (km ²)	%	Diện tích (km ²)	%	Diện tích (km ²)	%
Rừng	1591	20,29	1291	16,47	1182	15,08	994	12,67
Nước	148	1,89	154	1,96	156	1,99	159	2,03
Nông nghiệp	5392	68,78	5684	72,51	5797	73,95	6007	76,63
Đô thị	2	0,03	49	0,62	92	1,18	158	2,01
Đồng cỏ	706	9,01	661	8,44	612	7,80	521	6,65
Tổng	7839	100	7839	100	7839	100	7839	100

So với năm 2005, diện tích đất rừng giảm 299,81 km², 408,69 km² và 597,19 km² lần lượt vào các năm 2030, 2050 và 2080 (Hình 5), theo đó, diện tích rừng chỉ còn chiếm khoảng 12,67% so với diện tích toàn lưu vực. Trong đó, phần lớn đất rừng được chuyển thành đất nông nghiệp với diện tích lần lượt là 288,8 km², 104,9 km² và 167,2 km² lần lượt trong các giai đoạn 2005–2030, 2030–2050 và 2050–2080. Diện tích đất rừng giảm mạnh, đặc biệt là khu vực rừng đệm của rừng quốc gia Bù Gia Mập thuộc huyện Đắk Nông là do công tác quản lý rừng không hiệu quả dẫn đến tình trạng phá rừng nghiêm trọng.

Đất đô thị có tốc độ tăng trưởng nhanh từ 200 ha vào năm 2005 lên 15.800 ha vào năm 2080, tốc độ gia tăng là 95,6%/năm, đô thị phát triển tập trung chủ yếu ở khu vực thành phố Đồng Xoài và các thị xã Phước Long và Bình Long. Đất đô thị chủ yếu được chuyển đổi từ đất nông nghiệp, trong các giai đoạn 2005–2030, 2030–2050 và 2050–2080 diện tích chuyển đổi lần lượt là 4637 ha, 4981 ha và 6062 ha.



Hình 5. Bản đồ mô phỏng sử dụng đất giai đoạn 2020–2100.



Hình 6. Bản đồ biến động sử dụng đất các giai đoạn thời gian.

Dựa trên các kết quả mô phỏng sử dụng đất cho tương lai tại lưu vực sông Bé có thể thấy rằng quá trình đô thị hóa đang diễn ra nhanh chóng dẫn đến việc đất nông nghiệp bị chuyển đổi thành đất đô thị, và đất rừng bị thay thế bằng đất nông nghiệp, đây cũng sẽ là xu hướng chính trong chuyển đổi sử dụng đất trong tương lai. Nếu không có các chính sách quy hoạch bảo rừng và thì trong tương lai đất rừng sẽ biến mất ngày càng nghiêm trọng hơn dẫn đến tình trạng mất cân bằng sinh thái. Vì vậy, các phát triển kinh tế xã hội và bảo vệ môi trường sinh thái cần được nghiên cứu và ước tính một cách toàn diện [16].

4. Kết luận

Mục tiêu của nghiên cứu này là mô phỏng quá trình thay đổi sử dụng đất giai đoạn 2020–2100 cho lưu vực sông Bé bằng mô hình CLUE–s. Kết quả nghiên cứu có thể tóm tắt như sau: (1) kết quả hiệu chỉnh mô hình CLUE–s dựa vào kết quả mô phỏng sử dụng đất năm 2015 cho thấy mô hình này có thể mô phỏng khá tốt đặc điểm sử dụng đất tại khu vực nghiên cứu; (2) dưới ảnh hưởng của các kịch bản gia tăng dân số năm 2030, 2050 và 2080, diện tích đất rừng bị giảm thay vào đó là đất nông nghiệp và đất đô thị. Kết quả nghiên cứu này có thể làm tài liệu tham khảo cho các cơ quan quản lý địa phương trong công tác quản lý và quy hoạch sử dụng đất bền vững. Bên cạnh đó, mô hình CLUE–s còn có khả năng mô phỏng thay đổi sử dụng đất với nhiều kịch bản khác nhau như phát triển kinh tế–xã hội, phát triển thủy điện, biến đổi khí hậu,... nên đây là một công cụ hữu ích để xem xét các thay đổi có thể xảy ra từ đó hỗ trợ cho xây dựng chính sách và quản lý sử dụng đất.

Tuy nhiên, do dữ liệu sử dụng đất trong nghiên cứu là dữ liệu toàn cầu nên độ chính xác so với thực tế không cao. Chính vì thế hướng phát triển tiếp theo của đề tài là sử dụng kết quả phân loại sử dụng đất từ các ảnh vệ tinh độ phân giải cao để tiến hành phân tích. Bên cạnh đó, nghiên cứu mới chỉ áp dụng tính toán theo kịch bản gia tăng dân số mà chưa xem xét đến các yếu tố thủy điện, BĐKH hay chính sách quy hoạch của địa phương. Vì vậy cần thực hiện những nghiên cứu với nhiều kịch bản khác nhau để có cái nhìn tổng quan hơn về sự phát triển của lưu vực.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Đ.N.K.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: Đ.N.K., P.T.L.; Xử lý số liệu: P.T.L.; Thiết lập mô hình: Đ.N.K., P.T.L.; Viết bản thảo bài báo: P.T.L.; Chỉnh sửa bài báo: Đ.N.K.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, mã số B2019–18–07.

Lời cam đoan: Tập thể 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. Dewan, A.M.; Yamaguchi, Y. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization. *Appl. Geogr.* **2009**, *29*, 390–401. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.12.005>.
2. Dewan, A.M.; Kabir, M.H.; Nahar, K.; Rahman, M.Z. Urbanization and environmental degradation in Dhaka metropolitan area of Bangladesh. *Int. J. Environ. Sustain. Dev.* **2012**, *2*, 118–147. <https://doi.org/10.1504/IJESD.2012.049178>.
3. Luo, G.; Yin, C.; Chen, X.; Xu, W.; Lu, L. Combining system dynamic model and CLUE–S model to improve land use scenario analyses at regional scale: A case study

- of Sangong watershed in Xinjiang, China. *Ecol. Complex.* **2010**, 7, 198–207. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2010.02.001>.
4. Verburg, P.; Veldkamp, A. Projecting land use transitions at forest fringes in the Philippines at two spatial scales. *Landsc. Ecol.* **2004**, 19, 77–98. <https://doi.org/10.1023/B:LAND.0000018370.57457.58>.
5. Verburg, P.H.; Overmars, K.P. Combining top–down and bottom–up dynamics in land use modeling: exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the DynaCLUE model. *Landscape Ecol.* **2009**, 24, 1167–1181. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9355-7>.
6. Huiran, H.; Chengfeng, Y.; Jinping, S. Scenario Simulation and the Prediction of Land Use and Land Cover Change in Beijing, China. *Sustainability* **2015**, 7, 4260–4279. <https://doi.org/10.3390/su7044260>.
7. Batisani N and Yarnal B. Urban expansion in Centre County, Pennsylvania: spatial dynamics and landscape transformations. *Appl. Geogr.* **2009**, 29, 235–249. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.08.007>.
8. Vũ Nguyên, Jean–Christophe Castell và Peter H. Verburg. Mô hình hoá các thay đổi sử dụng đất tại huyện Chợ Đồn với phương pháp CLUE–S. *Hệ thống Nông nghiệp Miền núi* **2002**, 16, 4–14.
9. Verburg, P.; Soepboer, W.; Limpiada, R. Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE–S Model. *Environ. Manag.* **2002**, 3, 391–405. <https://doi.org/10.1007/s00267-002-2630>.
10. Liêm, N.D.; Hồng, N.T.; Minh, T.P.; Lợi, N.K. Ứng dụng công nghệ GIS và mô hình SWAT đánh giá lưu lượng dòng chảy lưu vực Sông Bé. Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc, **2011**, 7–13.
11. Veldkamp, A.; Fresco, L. CLUE: A conceptual model to study the conversion of land use and its effects. *Ecol. Model* **1996**, 2, 253–270. [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(94\)00151-0](https://doi.org/10.1016/0304-3800(94)00151-0).
12. Verburg, P.H.; Overmars, K.P. Dynamic simulation of land–use change trajectories with the CLUE–s model. *Model. Land–Use Change* **2007**, 90, 321–337. https://doi.org/10.1007/1-4020-5648-6_18.
13. Pontius Jr, R.G., Schneider, L.C. Land–cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agr. Ecosyst. Environ.* **2001**, 85, 239–248. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00187-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00187-6).
14. Rui, Z.; Hao, Z.; Xin, Y.Y.; Xin, J.W.; Hai, L.S. The Delimitation of Urban Growth Boundaries Using the CLUE–S Land–Use Change Model: Study on Xinzhuang Town, Changshu City, China. *Sustainability* **2016**, 8, 1182. <https://doi.org/10.3390/su8111182>.
15. Pontius Jr, R.G.; Cornell, J.D.; Hall, C.A. Modeling the spatial pattern of land–use change with GEOMOD2: Application and validation for Costa Rica. *Agr. Ecosyst. Environ.* **2001**, 85, 191–203. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00183-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00183-9).
16. Hu, Y.; Zheng, Y.; Zheng, X. Simulation of land–use scenarios for Beijing using CLUE–S and Markov composite models. *Chin. Geogr. Sci.* **2013**, 23, 92–100. <https://doi.org/10.1007/s11769-013-0594-9>.

Simulation of land–use change in the Be river basin by using CLUE–s model

Pham Thi Loi¹, Dao Nguyen Khoi^{1*}

¹ Faculty of Environment, University of Science, VNU–HCM;
phamthiloi1994@gmail.com; dnkhoi@hcmus.edu.vn.

Abstract: Be River is a large tributary located on the right bank of Dong Nai River. The main economic activity of this basin is agricultural development, especially industrial crops such as coffee, rubber, pepper and cashew trees. In recent years, under the influence of population growth and economic development, land use transition has taken place rapidly across the basin. The objective of this study is to apply CLUE–s model to simulate the future land use change under the population growth scenario to provide scientific information for local managers in sustainable land use planning and management. To achieve this goal, historical data in the period 2000–2010 are used to analyze the trends of land use types in the study area. Additionally, logistic regression equations are used to build the correlation of land use patterns with driving factors. Research results show that land use activities in Be River basin tend to decrease forest land and increase agricultural and urban land. Specifically, the forest land will decrease by 299,81 km², 408,69 km² and 597,19 km² for the years 2030, 2050, and 2080, respectively, compared to that in 2005. Moreover, the urban area will increase by 46,5 km², 90 km² and 155,6 km² for the years 2030, 2050, and 2080, respectively, compared to that in 2005. In which, two main processes of land use change are: (1) forest land converted to agricultural land and (2) agricultural land converted to urban land.

Keywords: CLUE–s; Land use change; Be River Basin; Logistic regression equation.