

Optimizing the planning of crop transformation to adapt to climate change in Ninh Phuoc district, Ninh Thuan province

Thuy M. Ngo^{1*}, Triet M. Le¹, & Loi K. Nguyen²

¹Faculty of Land and Real Estate Management, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Faculty of Environment and Natural Resources, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: December 31, 2021

Revised: March 21, 2022

Accepted: March 31, 2022

Keywords

Climate change

Crop transformation

Linear programming

Ninh Thuan province

Optimization

Corresponding authors

Ngo Minh Thuy

Email: ngominhthuy@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

Optimizing agricultural land use plans to suit natural conditions, economic development, and environmental protection, especially adaptation to climate change has scientific and practical significance. In this paper, we proposed an optimal crop structure transformation plan according to economic, social and environmental objectives based on using a multi-objective linear planning model and GIS technology. The multi-objective linear planning model supported the determination of the optimal land used structure and GIS technology, assisting the planner in the spatial arrangement of land use. This study was carried out in Ninh Phuoc district, Ninh Thuan province. The results obtained imply high practical significance and could expand the research scale for the whole Ninh Thuan province and other localities with similar conditions.

Cited as: Ngo, T. M., Le, T. M., & Nguyen, L. K. (2022). Optimizing the planning of crop transformation to adapt to climate change in Ninh Phuoc district, Ninh Thuan province. *The Journal of Agriculture and Development* 21(4), 43-55.

Tối ưu hóa phương án chuyển đổi cơ cấu cây trồng thích ứng với biến đổi khí hậu trên địa bàn huyện Ninh Phước, tỉnh Ninh Thuận

Ngô Minh Thụy^{1*}, Lê Mộng Triết¹ & Nguyễn Kim Lợi²

¹Khoa Quản Lý Đất Đai và Bất Động Sản, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

²Khoa Môi Trường và Tài Nguyên, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 31/12/2021

Ngày chỉnh sửa: 21/03/2022

Ngày chấp nhận: 31/03/2022

Từ khóa

Biến đổi khí hậu
Chuyển đổi cơ cấu cây trồng
Quy hoạch tuyến tính
Tỉnh Ninh Thuận
Tối ưu hóa

*Tác giả liên hệ

Ngô Minh Thụy
Email: ngominhthuy@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Tối ưu hóa phương án sử dụng đất nông nghiệp để phù hợp với điều kiện tự nhiên, phát triển kinh tế, bảo vệ môi trường đặc biệt thích ứng với biến đổi khí hậu có ý nghĩa khoa học và thực tiễn. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất phương án chuyển đổi cơ cấu cây trồng tối ưu theo các mục tiêu kinh tế, xã hội, môi trường trên cơ sở sử dụng mô hình quy hoạch tuyến tính đa mục tiêu và công nghệ GIS. Mô hình quy hoạch tuyến tính đa mục tiêu hỗ trợ xác định cơ cấu sử dụng đất tối ưu và công nghệ GIS sẽ hỗ trợ nhà quy hoạch trong bố trí không gian sử dụng đất. Nghiên cứu này được thực hiện trên địa bàn huyện Ninh Phước, tỉnh Ninh Thuận, kết quả đạt được có ý nghĩa thực tiễn cao và có thể mở rộng quy mô nghiên cứu cho toàn tỉnh Ninh Thuận và các địa phương khác có điều kiện tương tự.

1. Đặt Vấn Đề

Sự xung đột giữa các mục tiêu trong khai thác sử dụng tài nguyên đất, tài nguyên nước vào phát triển kinh tế - xã hội ngày càng gia tăng, tạo ra những cạnh tranh gay gắt giữa các mục đích sử dụng đất (Zeng & ctv., 2010). Ngoài ra, với sự tác động của biến đổi khí hậu đã làm cho điều kiện tự nhiên thay đổi đặc biệt là tài nguyên nước điều này ảnh hưởng trực tiếp đến bố trí cơ cấu cây trồng. Vì vậy, việc tối ưu hóa phương án chuyển đổi cơ cấu cây trồng đảm bảo sử dụng hợp lý tài nguyên đất, tài nguyên nước và tối ưu các mục tiêu kinh tế, xã hội, môi trường, thích ứng với biến đổi khí hậu có ý nghĩa quan trọng, đặc biệt là các vùng có điều kiện khô hạn.

Việc xác định cây trồng phù hợp phải dựa trên

cơ sở khả năng thích nghi đất đai, chi phí đầu tư và hiệu quả sản xuất của từng hệ thống sử dụng đất. Các nghiên cứu có liên quan như: (1) nghiên cứu xác định quỹ đất có khả năng phát triển cây Japotra tỉnh Ninh Thuận; (2) nghiên cứu sử dụng hợp lý đất vùng bán khô hạn cho sản xuất nông nghiệp trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận; (3) nghiên cứu sử dụng hợp lý đất gò đồi cho phát triển nông nghiệp tại tỉnh Ninh Thuận. Các nghiên cứu trên chủ yếu tập trung vào đánh giá thích nghi điều kiện tự nhiên chưa đi sâu nghiên cứu đánh giá tổng hợp cả ba tiêu chí điều kiện tự nhiên, kinh tế, xã hội và môi trường (đánh giá thích nghi đất đai bền vững). Vì vậy, về mặt khoa học cũng như thực tiễn, cần phải đánh giá tổng hợp trên cả 3 tiêu chí kinh tế, xã hội và môi trường (Briassoulis, 2020).

Hơn nữa, xác định cơ cấu cây trồng tối ưu và bố trí cây trồng cho các vùng đất cụ thể là một vấn đề cần phải giải quyết để đảm bảo các mục tiêu kinh tế, xã hội, môi trường. Vì vậy, bài toán bố trí sử dụng đất cho cây trồng (diện tích và vị trí) là bài toán quy hoạch tuyến tính đa mục tiêu. Đến nay, trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về tối ưu trong xác định cơ cấu cây trồng và phát triển các hệ thống phân bố không gian dựa trên công nghệ GIS và CA (cellular automata) (Guan & ctv., 2011). Trong lĩnh vực quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp mô hình quy hoạch tuyến tính đa mục tiêu tương tác thỏa hiệp mờ (FMOLP - Fuzzy multi - objective linear programming) xác định phương án bố trí cây trồng nhằm đảm bảo các mục tiêu đề ra của bài toán quy hoạch nhưng không có phương án bố trí không gian; hệ thống AEZWIN được thiết kế cho quy hoạch vùng sinh thái nông nghiệp và LADSS cho quy hoạch trang trại sử dụng thuật toán tế bào lý tưởng để bố trí không gian sử dụng đất nên không kể thừa hiện trạng, gây xáo trộn trong sử dụng đất vì vậy không đáp ứng được yêu cầu đặc thù tại Việt Nam (Fischer & ctv., 1998). Do đó, nghiên cứu xây dựng hệ thống có thể tích hợp mô hình tối ưu đa mục tiêu để xác định cơ cấu sử dụng đất và mô hình xử lý không gian (kết hợp kỹ thuật GIS và CA) để bố trí không gian sử dụng đất phù hợp với điều kiện của Việt Nam là cần thiết (Charif & ctv., 2017).

Trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất giải quyết 3 bài toán chính đề tối ưu hóa phương án chuyển đổi cơ cấu cây trồng để giải quyết những tồn tại mà các nghiên cứu nêu trên chưa giải quyết được: (1) đánh giá thích nghi đất đai; (2) xác định cơ cấu sử dụng đất tối ưu theo hướng sử dụng đất bền vững và (3) bố trí không gian cho phương án sử dụng đất chọn.

2. Phương Pháp Nghiên Cứu

2.1. Phương pháp thu thập số liệu thứ cấp

Phương pháp này được sử dụng để thu thập thông tin khoa học trên cơ sở nghiên cứu các tài liệu, số liệu làm cơ sở cho các bước xử lý dữ liệu tiếp theo và có để rút ra các kết luận khoa học cần thiết. Những tài liệu, dữ liệu cần thu thập gồm tài liệu, số liệu khí tượng, thủy văn; tài liệu về tài nguyên đất, địa chất, địa mạo; tài liệu về kinh tế - xã hội; tài liệu về hiện trạng sử dụng đất, hiện trạng cơ cấu cây trồng, các số liệu thống kê về diện tích, năng suất, sản lượng của cây trồng,

bản đồ hiện trạng sử dụng đất các năm 2015 và 2020.

2.2. Phương pháp điều tra nhanh nông thôn có tham gia của người dân

Điều tra theo đặc trưng địa hình: vùng cao, trung bình, và vùng thấp để điều tra về mô hình canh tác nông hộ, suất đầu tư, phương thức đầu tư, hiệu quả sử dụng đất của các loại cây trồng tiêu biểu (Pham, 2017). Việc điều tra được thực hiện trên địa bàn của 5 xã thuộc vùng nghiên cứu là xã Phước Vinh, Phước Hậu, Phước Sơn, An Hải và Phước Hải; mỗi xã điều tra 30 nông hộ theo mẫu phiếu có các câu hỏi in sẵn.

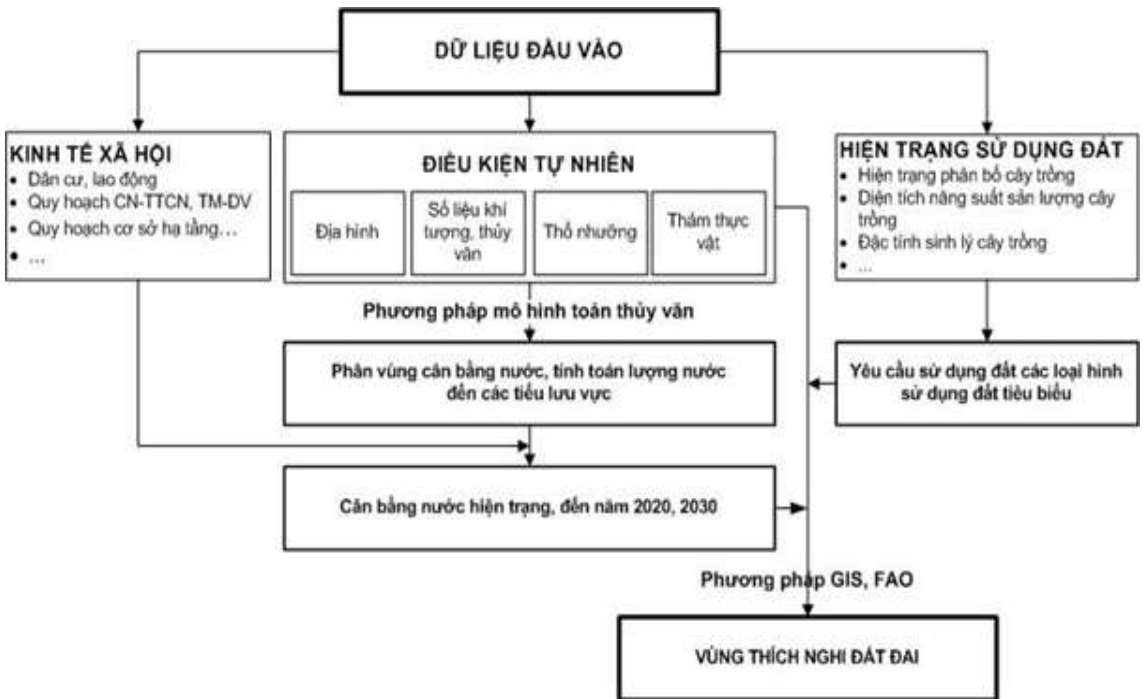
2.3. Phương pháp bản đồ và công nghệ GIS

Nghiên cứu này sử dụng phần mềm GIS để xây dựng các bản đồ đơn tính như bản đồ địa hình, bản đồ thổ nhưỡng, tài nguyên nước, ... sử dụng chức năng phân tích không gian của công nghệ thông tin địa lý để đánh giá đất đai, xác định vùng đất thích hợp cho từng loại cây trồng (Hình 1). Ngoài ra, phương pháp bản đồ và công nghệ GIS được sử dụng để thực hiện nội dung đề xuất phương án quy hoạch chuyển đổi cơ cấu cây trồng.

2.4. Phương pháp đánh giá đất đai theo FAO kết hợp đánh giá tài nguyên nước

Áp dụng phương pháp đánh giá đất đai của FAO (FAO, 2004) theo điều kiện và tiêu chuẩn cụ thể trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận, ứng dụng công nghệ thông tin địa lý để xây dựng bản đồ đơn vị đất đai (LMU) bằng cách chồng xếp các bản đồ đơn tính: thổ nhưỡng, thành phần cơ giới, đánh giá tài nguyên nước, độ dốc, độ cao, ... Trên cơ sở đó, nghiên cứu tiến hành đánh giá khả năng thích nghi của từng loại cây trồng đối với từng đơn vị đất đai theo 4 mức thích nghi: (1) S1: rất thích nghi; (2) S2: thích nghi; (3) S3: ít thích nghi; (4) N: không thích nghi.

Ngoài ra để đánh giá khả năng thích nghi đất đai được toàn diện hơn, nghiên cứu này còn sử dụng mô hình toán thủy văn (mô hình SWAT, WEAP) để đánh giá tài nguyên nước, tính toán cân bằng nước tại thời điểm hiện trạng và đến năm 2020, 2030. Kết quả tính toán cân bằng nước và yêu cầu sử dụng nước của cây trồng là cơ sở để phân bố cây trồng hợp lý trên các vùng đất cụ thể.



Hình 1. Phương pháp mô hình toán thủy văn và GIS trong đánh giá đất đai.

2.5. Phương pháp mô hình hóa toán học

Bài toán sử dụng đất thông thường được xây dựng trên mô hình của bài toán quy hoạch tuyến tính theo mục tiêu cụ thể nào đó. Việc lựa chọn mục tiêu, các biến và các ràng buộc tùy thuộc vào yêu cầu thực tế của địa bàn nghiên cứu. Mô hình bài toán được phát biểu như sau:

$$\text{Hàm mục tiêu: } Z = \sum_{i=1}^n c_i X_i \rightarrow \text{Max}(\text{min})$$

Các ràng buộc:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n a_i X_i (\leq, =, \geq) b_i; i = \overline{1, m} \\ X_i \geq 0; i = \overline{1, n} \end{cases}$$

Trong đó: X là biến số, diện tích các loại đất (cây trồng), các giá trị của biến số ≥ 0 ; m là số ràng buộc của bài toán; n là số biến của bài toán; c là hệ số của hàm mục tiêu; và a là hệ số các ràng buộc.

3. Kết Quả Nghiên Cứu

3.1. Hiện trạng và hiệu quả sử dụng đất nông nghiệp

Tổng diện tích tự nhiên của huyện Ninh Phước là 34.233,85 ha, trong đó diện tích nông nghiệp

là 25.652,02 ha chiếm 74,93% tổng diện tích tự nhiên (NTDS, 2021). Cây trồng chủ lực trên địa bàn huyện Ninh Phước là cây lúa, cây nho và cây ngô ngoài ra còn có 02 loại cây trồng tiềm năng là cây thuốc lá và cây táo. Hiệu quả kinh tế của mỗi vụ sản xuất, các chỉ số kinh tế được tính toán trong Bảng 1 và Bảng 2.

Tổng hợp các chỉ số tài chính trong Bảng 1 và Bảng 2 cho thấy mô hình luân canh lúa màu cho hiệu quả sử dụng vốn (2,61) cao hơn mô hình 3 vụ lúa (2,42) và tạo ra thu nhập mỗi ngày công lao động gia đình cũng cao hơn (239 ngàn đồng/ngày so với 228 ngàn đồng/ngày). Tương tự mô hình canh tác luân canh 1 lúa + 1 vụ màu hiệu quả hơn so với mô hình 2 lúa. Hiệu quả kinh tế của mô hình trồng cây ăn quả được đo lường thông qua các chỉ số kinh tế được trình bày trong Bảng 3.

Qua Bảng 3 chúng ta nhận thấy rằng, tổng lợi nhuận và lợi nhuận tính trên ngày công gia đình trên 1 ha nho cao hơn so với trồng 1 ha táo. Tuy nhiên, trồng táo cần ít vốn hơn và hiệu quả sử dụng đồng vốn cao hơn so với trồng nho. Do đó, mô hình trồng táo phù hợp với gia đình có ít vốn.

Tóm lại, thông qua phân tích hiệu quả kinh tế của các mô hình canh tác nông nghiệp nghiên cứu này lựa chọn các mô hình canh tác sau để tính

Bảng 1. Hiệu quả kinh tế của mô hình chuyên lúa

TT	Chỉ tiêu	DX	HT	Mùa
1	Chi phí sản xuất (1.000 đồng/ha)	6.072	5.755	5.666
2	Thu nhập (1.000 đồng/ha)	19.656	12.037	10.691
3	Lợi nhuận (1.000 đồng/ha)	13.583	6.281	5.025
4	Thu nhập/chi phí (BCR)	324	209	189
5	Lao động gia đình	34	40	35
6	Lợi nhuận/lao động gia đình (1.000 đồng/ha)	399	157	143

DX: Đông xuân; HT: Hè thu.

Bảng 2. Hiệu quả kinh tế của mô hình luân canh lúa màu

TT	Chỉ tiêu	Lúa DX	Màu HT	Lúa Mùa
1	Chi phí sản xuất (1.000 đồng/ha)	6.072	12.726	5.666
2	Thu nhập (1.000 đồng/ha)	19.656	33.600	10.691
3	Lợi nhuận (1.000 đồng/ha)	13.583	20.873	5.025
4	Thu nhập/chi phí (BCR)	324	264	189
5	Lao động gia đình	34	96	35
6	Lợi nhuận/lao động gia đình (1.000 đồng/ha)	399	217	143

DX: Đông xuân; HT: Hè thu.

Bảng 3. Hiệu quả kinh tế của mô hình trồng cây ăn quả

TT	Chỉ tiêu	Táo	Nho
1	Chi phí sản xuất (1.000 đồng/ha)	39.244	156.95
2	Thu nhập (1.000 đồng/ha)	109.200	268.750
3	Lợi nhuận (1.000 đồng/ha)	69.955	111.800
4	Thu nhập/chi phí (BCR)	278	171
5	Lao động gia đình	609	930
6	Lợi nhuận/lao động gia đình (1.000 đồng/ha)	114	120

toán xây dựng phương án quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp: 2 lúa + 1 màu, 1 vụ lúa + 1 vụ màu và cây ăn quả (bao gồm cả táo và nho).

3.2. Tính toán cân bằng nước phục vụ quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp

3.2.1. Kết quả cân bằng nước hiện trạng 2020

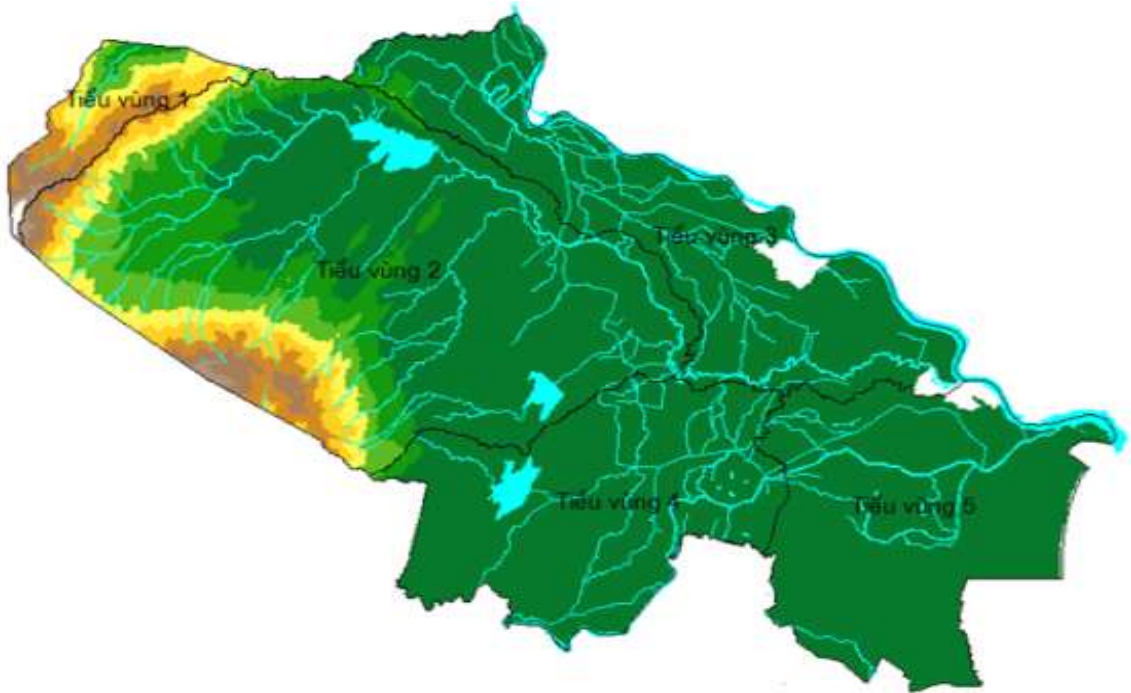
Nghiên cứu này sử dụng mô hình thủy văn WEAP để tính toán cân bằng nước cho khu vực huyện Ninh Phước trên cơ sở việc phân chia các tiểu lưu vực (Hình 2) và lưu lượng nước đến cho từng tiểu lưu vực được thực hiện trên phần mềm SWAT. Phương pháp tính toán cân bằng nước trong mô hình WEAP được thực hiện trên từng nút cân bằng.

Kết quả tính toán cân bằng nước hiện trạng (Hình 3) cho thấy tổng lượng nước thiếu trên địa bàn huyện Ninh Phước là 48,68 triệu m³. Xét về thời gian thì lượng nước thiếu tập trung vào các tháng từ tháng I đến tháng VI, về không gian thì

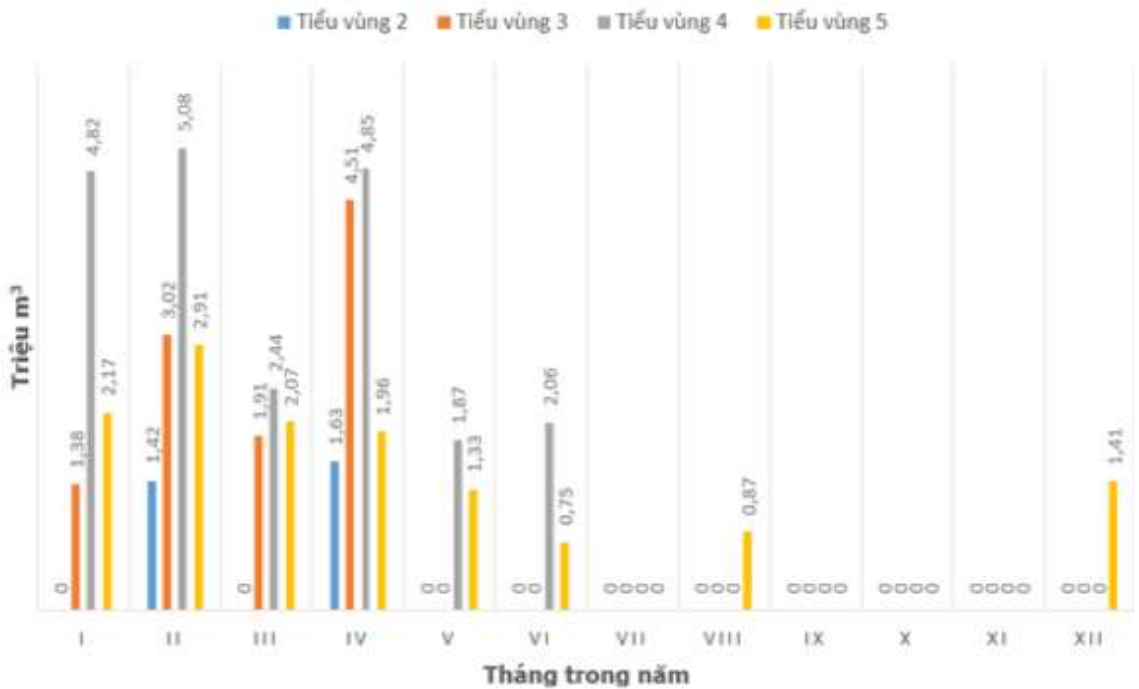
lượng nước thiếu tại tất cả các tiểu vùng, trong đó tiểu vùng 4 là nhiều nhất với lượng nước thiếu là 21,13 triệu m³ nguyên nhân do tiểu vùng này tập trung đông dân cư, diện tích đất sản xuất nông nghiệp lớn nhưng lượng nước đến thấp. Kịch bản cân bằng nước hiện trạng được xem là kịch bản nền là cơ sở để xây dựng các kịch bản cân bằng nước năm 2020.

3.2.2. Kịch bản cân bằng nước năm 2030

Cân bằng nước đến năm 2020 được tính toán trên cơ sở phương án quy hoạch sử dụng đất đến năm 2030 của huyện Ninh Phước do địa phương xây dựng. Giả thiết nguồn nước đến các tiểu vùng vào năm 2030 giống như năm 2020 (cân bằng nước hiện trạng và được coi là kịch bản nền). Trên cơ sở kịch bản gia tăng dân số và phương án quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp đến năm 2030 của huyện Ninh Phước, nghiên cứu này đã tiến hành tính toán nhu cầu nước đến năm 2030 cho các ngành. Kết quả tính toán cân bằng nước theo kịch



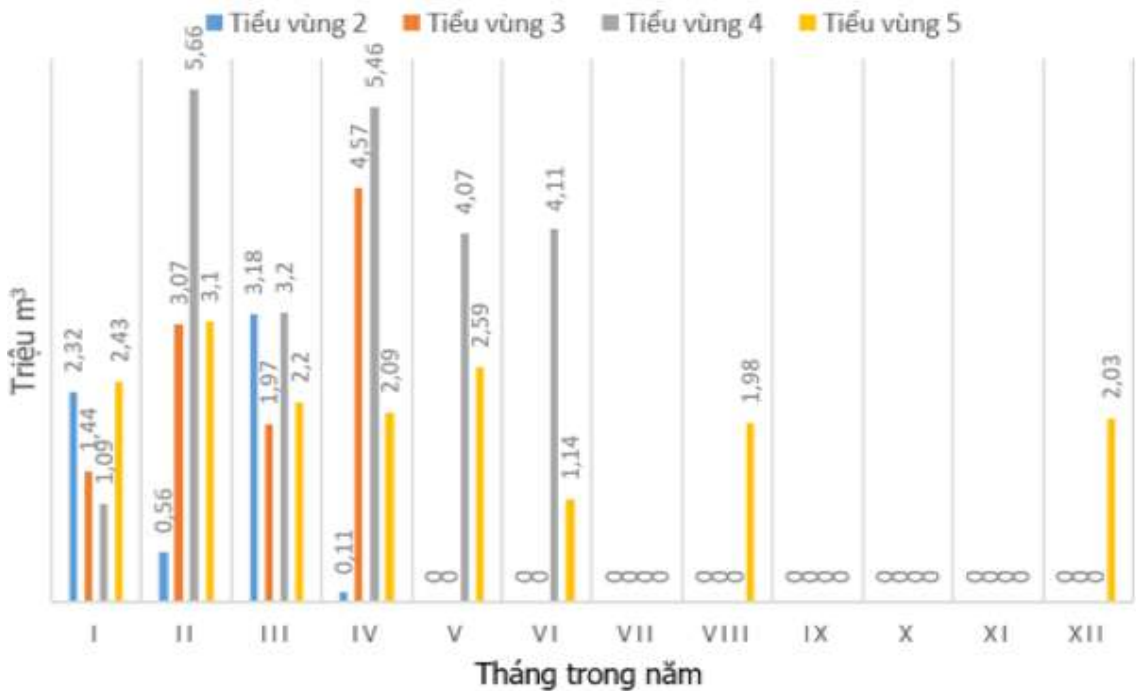
Hình 2. Phân vùng cân bằng nước huyện Ninh Phước, tỉnh Ninh Thuận.



Hình 3. Biểu đồ kết quả tính toán lượng nước thiếu năm 2020.

bản 2030 cho thấy tổng nhu cầu nước toàn huyện Ninh Phước theo phương án quy hoạch sử dụng đất của địa phương đến năm 2030 là 201,951 triệu

m³ tăng 33,213 triệu m³ so với hiện trạng năm 2020. Trong đó, nhu cầu nước cho nông nghiệp tiếp tục tăng và nông nghiệp là ngành có nhu



Hình 4. Kết quả tính toán lượng nước thiếu năm 2030.

cầu nước tăng cao nhất 28,325 triệu m³ chiếm tỷ lệ 85,3% tổng nhu cầu tăng thêm, tổng lượng nước thiếu trên địa bàn huyện Ninh Phước là 61,12 triệu m³, trong đó tiểu vùng 4 thiếu nước nhiều nhất (Hình 4). Tất cả các tiểu vùng có nhu cầu nước đều tăng, trong đó tiểu vùng tăng nhiều nhất là tiểu vùng 5.

3.2.3. Đánh giá chung

Từ cơ sở dữ liệu đầu vào là dữ liệu địa hình, hiện trạng sử dụng đất, thổ nhưỡng và số liệu khí tượng, thủy văn, nghiên cứu đã sử dụng mô hình thủy văn để phân chia các tiểu vùng cân bằng nước và xác định lưu lượng nước đến từng tiểu vùng cho vùng nghiên cứu. Dựa vào lưu lượng nước đến từng tiểu vùng cân bằng nước và nhu cầu sử dụng nước của các hộ ngành nghiên cứu đã sử dụng phần mềm WEAP để tính toán cân bằng nước hiện trạng 2020 và xây dựng kịch bản cân bằng nước đến năm 2030 dựa trên phương án quy hoạch sử dụng đất đến năm 2030 của địa phương.

Về kịch bản cân bằng nước hiện trạng cho ta thấy rằng tổng lượng nước đến trong cả năm là 281,4 triệu m³. Tuy nhiên, do lượng nước đến phân bố không đều giữa các tháng, tập trung chủ yếu từ tháng IX đến tháng XII, còn các tháng

từ tháng I đến tháng V lượng nước rất ít do đó không đáp ứng đủ nhu cầu nước cho sản xuất đặc biệt là sản xuất nông nghiệp (lượng nước thiếu là 48,68 triệu m³).

Về kịch bản cân bằng nước theo phương án quy hoạch sử dụng đất của địa phương cho chúng ta thấy rằng nếu sử dụng đất theo phương án này thì lượng nước thiếu sẽ là 61,12 triệu m³, tăng thêm 12,44 triệu m³ so với hiện trạng. Nhu cầu sử dụng nước tăng do sự gia tăng về dân số đến năm 2030 và phương án quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp được xây dựng mà không xem xét đến tiềm năng nguồn nước. Ngoài ra, còn có một số điểm không hợp lý trong việc xác định cơ cấu sử dụng đất nông nghiệp đến năm 2030, bao gồm việc chuyển đổi cơ cấu cây trồng từ đất trồng cây hàng năm sang đất trồng 2 vụ lúa (tiểu vùng sông Lanh Ra), 1 vụ lúa sang 2 vụ lúa (tiểu vùng sông Lu) đã làm tăng nhu cầu sử dụng nước trong khi theo kết quả cân bằng nước hiện trạng 2020 lại thiếu nước. Hơn nữa, việc chuyển đổi đất lâm nghiệp sang đất trồng cây lâu năm là không hợp lý theo quan điểm về bảo vệ môi trường. Và khai thác đất chưa sử dụng tại tiểu vùng sông Lu và tiểu vùng Nam Ninh Phước (xã An Hải và xã Phước Hữu) để sử dụng vào mục đích đất trồng cây hàng năm làm tăng nhu cầu sử dụng nước, trong khi

đó các tiểu vùng này là vùng thiếu nước nhiều hơn so với các tiểu vùng khác (theo kịch bản cân bằng nước năm 2020).

Từ những bất hợp lý nêu trên, xây dựng phương án quy hoạch chuyển đổi cơ cấu cây trồng vừa phù hợp với điều kiện đất đai, vừa tiết kiệm nước và bảo vệ môi trường là cần thiết.

3.3. Đánh giá thích nghi đất đai

Để đánh giá tiềm năng của các loại đất, nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp đánh giá đất đai theo FAO (1987), xây dựng bản đồ đơn vị đất đai. Căn cứ vào điều kiện tự nhiên của địa bàn nghiên cứu, bản đồ đơn vị đất đai huyện Ninh Phước được xây dựng dựa trên các yếu tố cụ thể như loại hình thổ nhưỡng, độ dốc, tầng dày, nguồn nước tưới và khả năng thoát nước.

Sử dụng phương pháp đánh giá đất đai của FAO và phần mềm GIS (ArcGIS), bản đồ đơn vị đất đai được xây dựng từ các bản đồ đơn tính như thổ nhưỡng, độ dốc, độ dày tầng đất, điều kiện tưới, điều kiện thoát nước. Bản đồ đơn vị đất đai là bản đồ dùng để đánh giá chất lượng đất đai theo từng đơn vị bản đồ đất. Kết quả xây dựng bản đồ đơn vị đất đai được trình bày trong Hình 5.

Áp dụng phương pháp "kết hợp điều kiện hạn chế" theo đề nghị của FAO để xác định loại khả năng thích nghi trên cơ sở kết hợp giữa chất lượng đất đai (land quality - LQ) với yêu cầu sử dụng đất (LR) của các loại hình đất được lựa chọn. Trên cơ sở đánh giá thích nghi đất đai, hiện trạng sử dụng đất nông nghiệp, quy hoạch sử dụng các loại đất phi nông nghiệp, diện tích các loại cây trồng được tính toán có thể bố trí tối đa trên địa bàn huyện Ninh Phước được trình bày trong Bảng 4.

3.4. Tối ưu hóa PA chuyển đổi cơ cấu cây trồng

3.4.1. Ứng dụng mô hình bài toán quy hoạch tuyến tính để đề xuất cơ cấu sử dụng đất nông nghiệp

Căn cứ thực tế sử dụng đất, tiềm năng sử dụng đất nông nghiệp và các ràng buộc mang tính pháp lệnh của quy hoạch cấp trên, bài toán quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp của huyện Ninh Phước, tỉnh Ninh Thuận được xác định như sau:

a. Xác định biến số của bài toán

Các biến số của bài toán là diện tích các loại cây trồng trên các loại hình sử dụng đất. Theo

thực tế sử dụng đất, kết quả đánh giá thích nghi đất đai và kết quả phân tích hiệu quả kinh tế của các mô hình canh tác, trên địa bàn huyện Ninh Phước có 05 loại cây trồng chính (lúa, ngô, táo, nho và thuốc lá) và 04 loại hình sử dụng đất (2 vụ lúa + 1 vụ màu, 1 vụ lúa + 1 vụ màu, 2 vụ màu, cây ăn quả). Trong đó, cây thuốc lá thích nghi với vùng đất thuộc các xã Phước Vinh, Phước Sơn, và Phước Thái diện tích đã được xác định 600 ha và vùng chuyên trồng rau cũng được xác định với diện tích 747 ha tại xã An Hải và Phước Hải. Do đó diện tích trồng thuốc lá và rau được xem là hằng số. Từ kết quả đó, 11 biến của bài toán được xác định là diện tích đất gieo trồng của các loại hình sử dụng đất được trình bày trong Bảng 5.

b. Xác định các ràng buộc

- Giới hạn về diện tích gieo trồng của các loại cây được dựa trên kết quả đánh giá khả năng thích nghi của cây trồng cụ thể:

Diện tích đất trồng lúa nước (3 vụ) ≤ 5.801 ha;

Diện tích đất trồng lúa nước 2 vụ ≤ 1.520 ha;

Diện tích đất lúa 1 vụ trong đất 1 vụ lúa + 1 vụ màu ≤ 1.218 ha;

Diện tích đất chuyên màu ≤ 5.950 ha;

Diện tích đất trồng cây ăn quả ≤ 2.500 ha;

- Giới hạn về diện tích gieo trồng dựa trên kết quả tính toán cân bằng nước.

- Giới hạn về diện tích đất do chỉ tiêu quy hoạch pháp lệnh cấp trên phân bổ và đảm bảo an ninh lương thực:

Tổng diện tích đất canh tác là 10.804 ha: $X_1 + X_3 + X_5 + X_8 + X_{10} + X_{11} = 10.804$ ha;

Diện tích canh tác đất chuyên trồng lúa nước (2 vụ lúa nước trở lên) ≥ 4.331 ha, trong đó đất lúa 2 vụ diện tích xác định là 1.301 ha: $X_1 + X_3 \geq 4.331$, $X_3 = 1.301$ ha;

Diện tích đất chuyên màu (ngô 2 vụ) ≤ 3.150 ha: $X_6 \leq 3.150$;

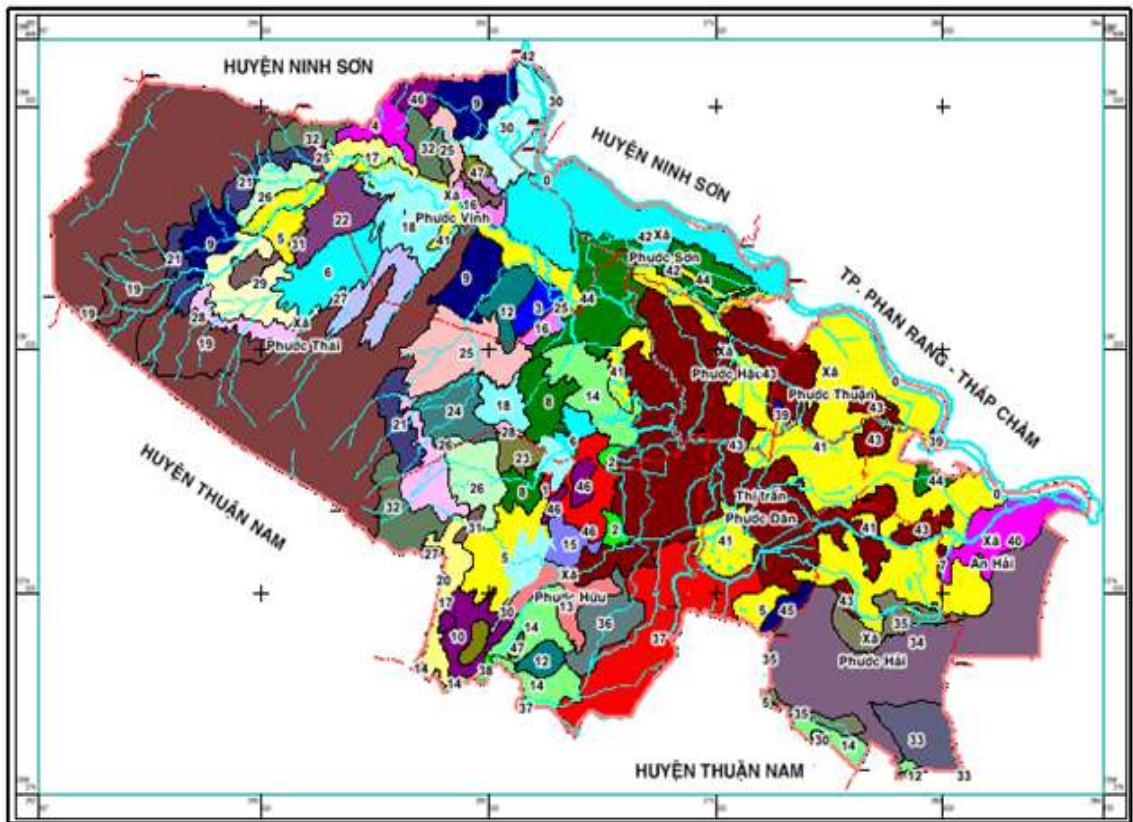
Cơ cấu đất trồng cây ăn quả: 75% bố trí cây nho và 25% cây táo hay $X_{10} = 3 * X_{11}$;

- Điều kiện không âm của các biến:

$$\forall X_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, 9)$$

c. Xác định hàm mục tiêu

Trên cơ sở điều kiện thực tế sử dụng đất của địa phương, các biến số của bài toán và các ràng buộc đã xác định ở trên, mục tiêu của bài toán quy hoạch là tối đa hóa lợi nhuận, cụ thể hàm mục tiêu được xác định như sau:



Hình 5. Bản đồ đơn vị đất đai huyện Ninh Phước.

Bảng 4. Khả năng bố trí sử dụng đất nông nghiệp

TT	Loại đất	Diện tích (ha)
1	Đất 2 vụ lúa nước + 1 vụ màu	5.801
2	Đất 2 vụ lúa nước	1.520
3	Đất 1 vụ lúa nước + 1 vụ màu	1.218
4	Đất chuyên màu (ngô, thuốc lá)	5.950
5	Đất trồng cây ăn quả (nhô, táo)	2.500

Bảng 5. Danh sách các biến của bài toán quy hoạch tuyến tính

TT	Ký hiệu	Diễn giải
1	X ₁	Diện tích trồng lúa đông xuân trên loại hình sử dụng đất 2 vụ lúa + 1 vụ màu
2	X ₂	Diện tích trồng lúa mùa trên loại hình sử dụng đất 2 vụ lúa + 1 vụ màu
3	X ₃	Diện tích trồng lúa đông xuân trên loại hình sử dụng đất 2 vụ lúa
4	X ₄	Diện tích trồng lúa mùa trên loại hình sử dụng đất 2 vụ lúa
5	X ₅	Diện tích trồng lúa đông xuân trên loại hình sử dụng đất 1 vụ lúa + 1 vụ màu
6	X ₆	Diện tích trồng ngô hè thu trên loại hình sử dụng đất 2 vụ lúa + 1 vụ màu
7	X ₇	Diện tích trồng ngô mùa trên loại hình sử dụng đất 1 vụ lúa + 1 vụ màu
8	X ₈	Diện tích đất trồng ngô đông xuân trên loại hình sử dụng đất 2 vụ màu
9	X ₉	Diện tích đất trồng ngô mùa trên loại hình sử dụng đất 2 vụ màu
10	X ₁₀	Diện tích đất trồng nhô
11	X ₁₁	Diện tích đất trồng táo

$$Z = \sum_{i=1}^n c_i X_i \rightarrow \text{Max}$$

Trong đó: Z là lợi nhuận; c_i là lợi nhuận tính cho từng loại cây trồng trên đơn vị diện tích (ha); và X_i là diện tích cây trồng.

Hàm mục tiêu được xác định cụ thể như sau:

$$Z = 13,58 * (X_1 + X_3 + X_5) + 5,02 * (X_2 + X_4) + 20,87 * (X_6 + X_7 + X_8 + X_9) + 111,8 * X_{10} + 69,9 * X_{11} \rightarrow \text{Max}$$

với các ràng buộc được xác định như trên.

d. Kết quả mô hình

Sau khi xây dựng hàm mục tiêu với các ràng buộc được xác định, nghiên cứu tiến hành chạy bài toán quy hoạch tuyến tính bằng chức năng Solver của phần mềm Microsoft Excel. Từ kết quả giải bài toán quy hoạch tuyến tính, cơ cấu sử dụng đất nông nghiệp tối ưu được xác định $X = (3030, 3030, 1301, 1301, 1185, 3030, 1185, 3150, 3150, 1604, 534)$ với $Z_{\max} = 532.729,8$ triệu đồng.

Với kết quả tính toán phương án quy hoạch của mô hình đã xác định diện tích quy hoạch các loại cây trồng, phương án quy hoạch cho thấy rõ chuyển đổi cơ cấu cây trồng nông nghiệp giai đoạn 2021 - 2030 theo hướng giảm diện tích 3 vụ lúa nước và 1 vụ lúa nước, tăng diện tích đất 2 vụ lúa nước + 1 vụ màu, 1 vụ lúa + 1 vụ màu, đất trồng ngô và đất trồng cây ăn quả (táo và nho), kết quả cụ thể trình bày trong Bảng 6.

3.4.2. Bố trí không gian sử dụng đất

Nghiên cứu này sử dụng mô hình CA để bố trí không gian sử dụng đất thỏa mãn các điều kiện về không gian phát triển và diện tích sử dụng đất tối ưu được xác định bằng phương pháp mô hình toán. Thuật toán bố trí không gian sử dụng đất gồm 3 pha (phase): (1) Pha 1: giữ nguyên hiện trạng $LUT_{(j)}$ trên vùng thích nghi S_i , nếu chưa đạt diện tích mục tiêu thì tiếp tục mở rộng (tiếp tục thực hiện vùng liền kề pha 2, pha 3); (2) Pha 2: ưu tiên mở rộng vùng liền kề $LUT_{(j)}$ trên vùng thích nghi S_i ; (3) Pha 3: mở rộng vùng không liền kề trên vùng thích nghi S_i .

3.4.3. So sánh phương án quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp đến 2030 của nghiên cứu với phương án của địa phương

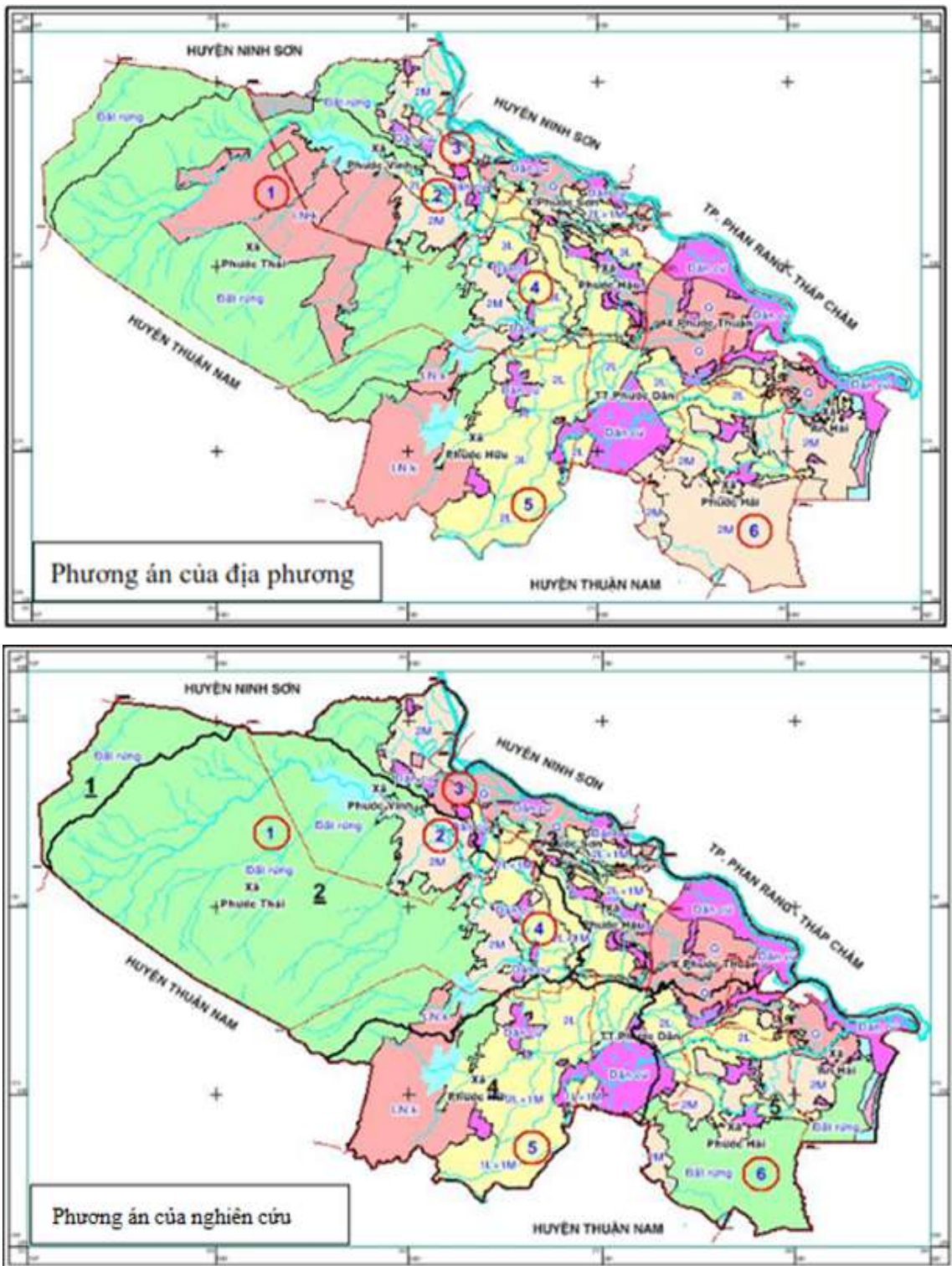
Để đánh giá khách quan phương án quy hoạch đã xây dựng chúng ta cần so sánh phương án này với phương án quy hoạch của dự án quy hoạch sử

dụng đất đến năm 2030 do địa phương xây dựng về số liệu diện tích và phân bố không gian.

So sánh về số liệu của 2 phương án thông qua Bảng 8 cho thấy sự khác nhau của 2 phương án cụ thể là đất lúa nước (bao gồm đất chuyên trồng lúa nước và lúa nước khác) với diện tích theo phương án của nghiên cứu này thấp hơn so với phương án của địa phương 648 ha vì theo phương án của nghiên cứu này chuyển mục đích đất lúa nước sang trồng cây ăn quả tại các xã Phước Sơn, Phước Hậu, Phước Thuận và đất trồng rau, màu tại xã An Hải. Ngoài ra, đất chuyên màu có diện tích theo phương án của nghiên cứu này thấp hơn so với phương án của địa phương 1.279 ha vì theo phương án của địa phương sẽ khai thác đất chưa sử dụng tại xã Phước Hải để trồng màu, còn theo phương án của nghiên cứu này sẽ chuyển sang trồng rừng. Ngoài ra có một phần diện tích đất trồng màu không hiệu quả do thiếu nước tại xã An Hải cũng được chuyển sang trồng rừng. Hơn nữa, đất lâm nghiệp có diện tích theo phương án của nghiên cứu này cao hơn so với phương án của địa phương 1.900 ha vì theo phương án của nghiên cứu này sẽ khai thác đất chưa sử dụng tại xã Phước Hải để trồng rừng và chuyển một phần đất trồng màu không hiệu quả tại xã An Hải sang trồng rừng trong khi theo phương án của địa phương sẽ khai thác đất chưa sử dụng trồng màu.

Ngoài ra, so sánh về phân bố không gian thông qua Hình 6 cho thấy sự khác nhau giữa hai phương án cụ thể gồm: tiểu vùng 2 có ba điểm khác nhau giữa 2 phương án đó là: (1) theo phương án quy hoạch của địa phương sẽ mở rộng diện tích đất trồng cây lâu năm từ đất rừng (điểm 1, Hình 6), tuy nhiên để đảm bảo vấn đề bảo vệ môi trường và giữ nước cho vùng đầu nguồn cho nên chúng tôi đề xuất không mở rộng diện tích đất trồng cây lâu năm mà giữ nguyên đất rừng; (2) theo phương án quy hoạch của địa phương sẽ chuyển đổi thành đất trồng lúa nước 2 vụ (điểm 2, Hình 6), tuy nhiên để đảm bảo cân bằng nước nghiên cứu này đề xuất giữ nguyên đất trồng 2 vụ màu (ngô) vừa hiệu quả kinh tế vừa tiết kiệm nước tưới; (3) theo phương án quy hoạch của địa phương sẽ giữ nguyên hiện trạng đất trồng lúa nước 3 vụ (điểm 4, Hình 5), tuy nhiên để bảo vệ đất đai, hiệu quả kinh tế và tiết kiệm nước tưới nghiên cứu này đề xuất chuyển đổi thành 2 vụ lúa + 1 vụ ngô.

Trong khi đó, tiểu vùng 3 có diện tích đất trồng cây ăn quả theo phương án của nghiên cứu này



Hình 6. So sánh phương án quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp đến năm 2030 của nghiên cứu này đề xuất và địa phương.

Bảng 6. So sánh phương án quy hoạch và hiện trạng một số loại cây trồng chính

TT	Loại đất	Diện tích 2020	Diện tích 2030	So sánh 2023/2020
1	Đất chuyên trồng lúa nước	4.467	4.331	-136
	3 vụ lúa nước	3.150		-3.150
	2 vụ lúa nước	1.317	1.301	-16
	2 vụ lúa nước + 1 vụ màu		3.030	3.030
2	Đất lúa nước khác	1.680	1.185	-495
	1 vụ lúa nước	1.187		-1.187
	1 vụ lúa nước + 1 vụ màu	493	1.185	692
3	Đất chuyên trồng màu	6.023	4.819	-1.204
	Ngô	2.752	3.150	398
	Thuốc lá	575	601	26
	Rau	855	747	-108
	Khác	1.841	321	-1.520
4	Đất trồng cây lâu năm	2.276	4.131	1.855
	Trong đó: đất trồng cây ăn quả	1.026	2.138	1.112

nhiều hơn so với phương án của địa phương (điểm 3, Hình 6). Tiểu vùng 4 theo phương án quy hoạch của địa phương sẽ chuyển đổi đất 1 vụ lúa thành đất trồng lúa nước 2 vụ (điểm 5, Hình 6), tuy nhiên để đảm bảo bảo vệ đất đai, hiệu quả kinh tế và tiết kiệm nước tưới nghiên cứu này đề xuất chuyển đổi thành 1 vụ lúa + 1 vụ ngô. Và tiểu vùng 5 theo phương án quy hoạch của địa phương sẽ khai thác đất chưa sử dụng và chuyển đổi đất rừng sang đất trồng màu (điểm 6, Hình 6), tuy nhiên để bảo vệ đất đai, bảo vệ môi trường và tiết kiệm nước tưới nghiên cứu này đề xuất giữ nguyên đất rừng và khai thác đất chưa sử dụng để trồng rừng vì đây là vùng ven biển việc trồng rừng sẽ góp phần chắn gió, chắn cát.

4. Kết Luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã xây dựng được phương án chuyển đổi cơ cấu cây trồng tối ưu theo các mục tiêu kinh tế, xã hội, môi trường trên cơ sở sử dụng mô hình quy hoạch tuyến tính và mô hình CA. Mô hình quy hoạch tuyến tính hỗ trợ xác định cơ cấu sử dụng đất tối ưu, mô hình CA được phát triển cho phù hợp với điều kiện cụ thể tại Việt Nam. Ngoài ra, bài báo này đề xuất quy trình đánh giá thích nghi đất đai bền vững cho điều kiện cụ thể của vùng khô hạn bằng việc chi tiết nội dung đánh giá tài nguyên nước và tính toán cân bằng nước cho các ngành. Kết quả đạt được của bài báo có ý nghĩa thực tiễn cao và có thể áp dụng mô hình của nghiên cứu này cho các vùng có điều kiện tự nhiên tương tự.

Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo do nhóm tác giả thực hiện và không có bất kỳ mâu thuẫn nào giữa các tác giả.

Lời Cảm Ơn

Nghiên cứu này được hỗ trợ một phần bởi quỹ nghiên cứu khoa học cho giảng viên của Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh. Chúng tôi cảm ơn lãnh đạo Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh, Lãnh đạo và chuyên viên phòng Quản lý Nghiên cứu Khoa học, Lãnh đạo và chuyên viên Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển, các đồng nghiệp Khoa Quản lý Đất đai và Bất Động sản đã hỗ trợ các thủ tục, góp ý về chuyên môn để chúng tôi hoàn thành nghiên cứu.

Chúng tôi cảm ơn Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Ninh Thuận, Văn phòng Đăng ký đất đai tỉnh Ninh Thuận đã hỗ trợ cung cấp số liệu để chúng tôi hoàn thành nghiên cứu này.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Briassoulis, H. (2020). Analysis of land use change: Theoretical and modeling approaches. In S. Loveridge, & R. Jackson (Eds.). *The web book of regional science* (2nd ed., 7-227). Retrieved October 12, 2021, from <https://researchrepository.wvu.edu/rri-web-book>.
- Charif, O., Omrani, H., Abdallah, F., & Pijanowski, B. (2017). A multi-label cellular automata model for land change simulation. *Transactions in GIS* 21(6), 1298-1320. <https://doi.org/10.1111/tgis.12279>.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United

- Nations). (2004). *Soil and water conservation in semi arid areas*. Jodhpur, India: Scientific Publishers.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (1987). *Soil and water conservation in semi arid areas*. Rome, Italy: FAO.
- Fischer, G., Granat, J., & Makowski, M. (1998). *AEZWIN: An interactive multiple-criteria analysis tool for land resources appraisal*. Rome, Italy: FAO. <https://pure.iiasa.ac.at/5598>.
- Guan, D. J., Li, H. F., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., & Hokao, K. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling* 222(20-22), 3761-3772. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.09.009>.
- NTDS (Ninh Thuan Department of Statistics). (2021). *Ninh Thuan statistical Yearbook 2020*. Ninh Thuan, Vietnam: Statistical Publishing House.
- Pham, H. V. (2017). *Vietnam's agricultural systems*. Ha Noi, Vietnam: Agricultural Publishing House.
- Zeng, X., Kang, S., Li, F., Zhang, L., & Guo, P. (2010). Fuzzy multi-objective linear programming applying to crop area planning. *Agricultural Water Management* 98(1), 134-142. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.08.010>.