

XÂY DỰNG BẢN ĐỒ THÍCH HỢP ĐẤT ĐAI CHO CÂY NÔNG NGHIỆP DÀI NGÀY TRÊN VÙNG ĐỆM VƯỜN QUỐC GIA TÀ ĐÙNG DỰA TRÊN VIỆC CHI TIẾT HÓA BẢN ĐỒ ĐƠN VỊ ĐẤT ĐAI VÀ QUY HOẠCH PHI TUYẾN

Nguyễn Văn Hiệp^{1,2*}, Lương Văn Việt¹, Tôn Châu Hiền^{1,3}, Lê Huy Bá⁴

¹*Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh*

²*Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Đắk Nông*

³*Viện Khoa học An toàn Vệ sinh lao động Thành phố Hồ Chí Minh*

⁴*Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh*

*Email: hiepnv.stnmt@daknong.gov.vn

Ngày gửi bài: 27/11/2023; Ngày chấp nhận đăng: 20/12/2023

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm nâng cao độ chính xác và tính hiệu quả trong việc xây dựng bản đồ thích hợp đất đai cho một cây nông nghiệp dài ngày dựa trên việc chi tiết hóa bản đồ đơn vị đất đai (LMU), phương pháp phân hạng thích hợp đất đai của FAO kết hợp với quy hoạch phi tuyến. Các lớp dữ liệu chính sử dụng để xây dựng LMU gồm loại đất, độ dày tầng đất hữu hiệu, độ dốc, đá lộ đầu, thành phần cơ giới và điều kiện tưới. Ngoài ra, để tăng độ chi tiết của LMU một lớp phụ được xây dựng dựa trên khoảng cách tới đường giao thông và trật tự Strahler của tiểu lưu vực. Từ bản đồ phân hạng thích hợp đất đai cho thấy cây cà phê có mức độ phù hợp không cao trên khu vực này, ngược lại mắc ca và sầu riêng là rất thích hợp và nên chuyển đổi một phần diện tích đất trồng cà phê sang các cây trồng này. Dựa trên phương pháp quy hoạch phi tuyến cùng các ràng buộc về diện tích các loại sử dụng đất, chi phí sản xuất và hàm mục tiêu là lợi nhuận hoặc tỷ số lợi ích và chi phí thì phần trăm diện tích sầu riêng, cà phê và xen canh cà phê với mắc ca được xác định lần lượt là 30%, 50% và 20%. Bản đồ định hướng sử dụng đất cũng cho thấy tính hiệu quả về kinh tế khi sử dụng tỷ lệ diện tích này, tuy có mức tăng về chi phí sản xuất khoảng 9% nhưng lãi thuần đã tăng trên 40%. Hiệu quả kinh tế tăng sẽ góp phần ổn định đời sống của người dân và hạn chế các tác động tiêu cực đến VGQ từ các hoạt động sinh kế.

Từ khóa: Đánh giá đất đai, đơn vị đất đai, loại sử dụng đất đai, thích hợp đất đai.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vườn Quốc gia (VQG) Tà Đùng được thành lập vào đầu năm 2018 trên cơ sở khu bảo tồn thiên nhiên Tà Đùng trước đây. Trên vùng đệm VQG, cây cà phê là cây trồng mang lại thu nhập chính nhưng năng suất chỉ đạt dưới 2 tấn nhân/ha/năm [1]. Điều này làm cho thu nhập của người dân ở mức thấp và có thể làm tăng các hoạt động sinh kế và gây ảnh hưởng đến tính bền vững của VQG. Do đó việc tìm hiểu các nguyên nhân năng suất cà phê thấp cũng như bố trí lại các loại sử dụng đất (LUT) cho phù hợp nhằm nâng cao đời sống cho người dân khu vực này là cần thiết.

Việc xây dựng bản đồ thích hợp đất đai cho cây trồng thường được dựa trên phương pháp đánh giá thích hợp đất đai của Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp Quốc (FAO) cho các đơn vị đất đai (LMU). Các LMU được xây dựng dựa trên việc chồng lớp các lớp đơn

tính thể hiện các đặc điểm và chất lượng đất đai. Độ chi tiết của LMU có ảnh hưởng đến kết quả của việc xây dựng bản đồ thích hợp đất đai. Theo tài liệu hướng dẫn của FAO, TCVN 8409:2010 và TCVN 8409:2012 về đánh giá đất sản xuất nông nghiệp [2-4] thì mức độ chi tiết, số lượng các yếu tố dùng trong việc xác định đơn vị đất đai phụ thuộc vào tỷ lệ bản đồ. Theo các tài liệu này thì ngoài 4 hạng là rất thích hợp (S1), thích hợp (S2), ít thích hợp (S3) và không thích hợp (N) thì còn có các hạng phụ để phản ánh những giới hạn cụ thể của từng LMU với từng loại sử dụng đất LUT. Nhưng trong các văn bản này lại chưa đề cập đến các yếu tố phụ hay thang phụ trong xây dựng LMU.

Theo FAO [2], đánh giá đất đai cần dựa trên cách tiếp cận đa ngành, trong đó việc xác định phương án sử dụng đất cần dựa trên tính chất của LMU, yêu cầu của LUT, thị trường và các yêu cầu về xã hội và môi trường. Có nhiều nghiên cứu cho thấy tính hiệu quả khi kết hợp các yêu cầu này trong đánh giá thích hợp đất đai và quy hoạch sử dụng đất [5-10].

Trong đánh giá giá trị của đất đai thì vị trí khoanh đất hay các thuận lợi về giao thông cần được xem xét vì nó thể hiện các yếu tố liên quan đến khả năng chăm sóc cũng như tiếp cận thị trường. Theo FAO [2] thì khả năng giao thông và khả năng tiếp cận có thể được coi là một phần riêng biệt thể hiện giá trị của khoanh đất. Tuy nhiên, chưa có hướng dẫn đánh giá cụ thể về yếu tố này. Với nguồn nước, theo các tài liệu của FAO [2] và TCVN 8409:2012 [4], khả năng tưới cho cây trồng thường chỉ được đánh giá qua khả năng tưới như chủ động, bán chủ động hay không tưới và phương pháp tưới. Các tài liệu không cho thấy mức độ thuận lợi và khả năng đáp ứng về nguồn nước cho một khoanh đất.

Dựa trên mức độ đáp ứng của các lớp đơn tính cơ bản, một số tác giả đã chia nhỏ mức thích hợp như S1 thành S11 và S12 trong đánh giá khả năng thích hợp cho các cây trồng [11-13], tuy nhiên chưa có các nghiên cứu nhằm bổ sung các yếu tố về mức độ thuận lợi về giao thông và khả năng đáp ứng về nguồn nước trong đánh giá mức độ thích hợp. Theo nghiên cứu về năng suất và xu thế của các chỉ số thực vật trên khu vực nghiên cứu [14, 15] thì các yếu tố này có mối liên hệ khá chặt chẽ với khả năng cung cấp nước và mức độ thuận lợi trong giao thông, hay có thể bổ sung nó như một thang điểm phụ trong đánh giá thích hợp đất đai. Việc bổ sung này sẽ làm cho bản đồ đơn vị đất đai được chi tiết hóa và làm tăng tính hiệu quả trong việc xây dựng bản đồ thích hợp đất đai và là mục tiêu của nghiên cứu này.

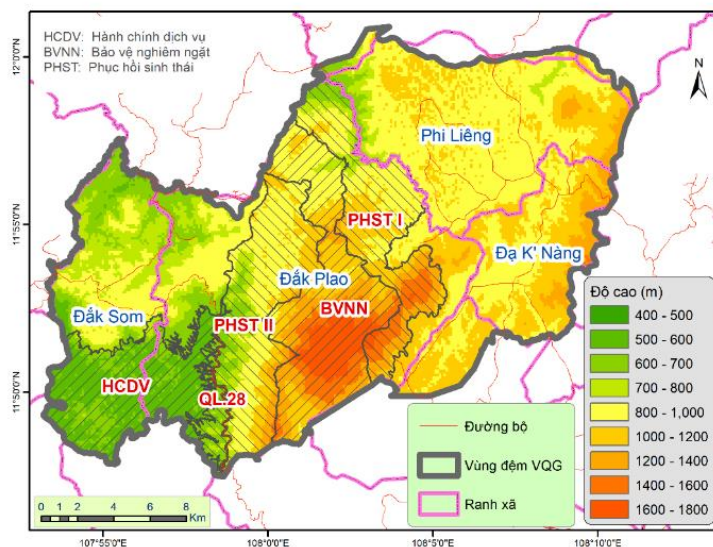
2. SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

VQG Tà Đùng có diện tích 20.974 ha và được chia làm 3 phân khu. Phân khu bảo vệ nghiêm ngặt có diện tích 6.010 ha. Nhiệm vụ chủ yếu của phân khu này là bảo vệ nghiêm ngặt các hệ sinh thái rừng, hệ động, thực vật rừng bao gồm cả nguồn gen quý hiếm, đặc hữu; thực hiện các hoạt động nghiên cứu khoa học về hệ sinh thái rừng; hỗ trợ phát triển dịch vụ du lịch sinh thái. Phân khu phục hồi sinh thái có diện tích 10.255 ha. Nhiệm vụ chủ yếu của phân khu này là bảo vệ cảnh quan, tài nguyên rừng; phục hồi các hệ sinh thái rừng, khôi phục đa dạng sinh học và các giá trị khác của khu rừng; thực nghiệm, nghiên cứu lâm sinh, động, thực vật và địa chất thủy văn; phát triển du lịch sinh thái. Phân khu dịch vụ hành chính có diện tích 4.709 ha. Nhiệm vụ chủ yếu của phân khu này là đảm bảo các hoạt động về quản lý hành chính, xây dựng nhà làm việc, nhà khách, vườn ươm, các cơ sở nghiên cứu về động, thực vật rừng; tổ chức các cơ sở phục vụ dịch vụ nghiên cứu khoa học, tham quan, du lịch.

Loại hình sử dụng đất của vùng đệm VQG Tà Đùng là đối tượng trong nghiên cứu này. Vùng đệm VQG có diện tích 24.582 ha nằm trên 7 xã thuộc hai tỉnh Đắk Nông và Lâm Đồng. Trong đó phần diện tích trên địa bàn tỉnh Đắk Nông nằm trên địa giới 2 xã là Đắk Plao và Đắk Som, huyện Đắk Glong. Phần diện tích trên địa bàn tỉnh Lâm Đồng thuộc hai xã chính là Phi

Liêng và Đa Knang, huyện Đam Rông.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu

2.2. Số liệu

Số liệu chính sử dụng trong nghiên cứu gồm loại đất, độ dốc, đá lộ đầu, thành phần cơ giới và khả năng tưới. Các số liệu này được sử dụng để xây dựng bản đồ đơn vị đất đai và phân hạng thích hợp đất đai. Để xác định phương án sử dụng đất, nghiên cứu này sử dụng số liệu điều tra hiện trạng về đất trồng cây nông nghiệp lâu năm, hiệu quả kinh tế và ý kiến của người dân địa phương về các LUT mà nó được chọn đưa vào phân tích. Chi tiết về dữ liệu này và các LUT được chọn đưa vào phân tích được trình bày trong nghiên cứu [16]. Các LUT này gồm cà phê, xen canh cà phê với mắc ca và sầu riêng.

Ngoài ra, để tạo đơn vị phụ cho mức thích hợp đất đai, độ cao địa hình và mạng lưới đường bộ cũng được đưa vào phân tích. Do mật độ điểm khảo sát độ cao địa hình trên khu vực này là không dày nên nghiên cứu này sử dụng độ cao địa hình từ SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Dữ liệu này có độ phân giải $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ và được lấy từ trang <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này kết hợp giữa quy hoạch phi tuyến và phân hạng khả năng thích hợp đất đai của FAO với các yếu tố mới được bổ sung để xây dựng bản đồ thích hợp đất đai cho cây nông nghiệp lâu năm.

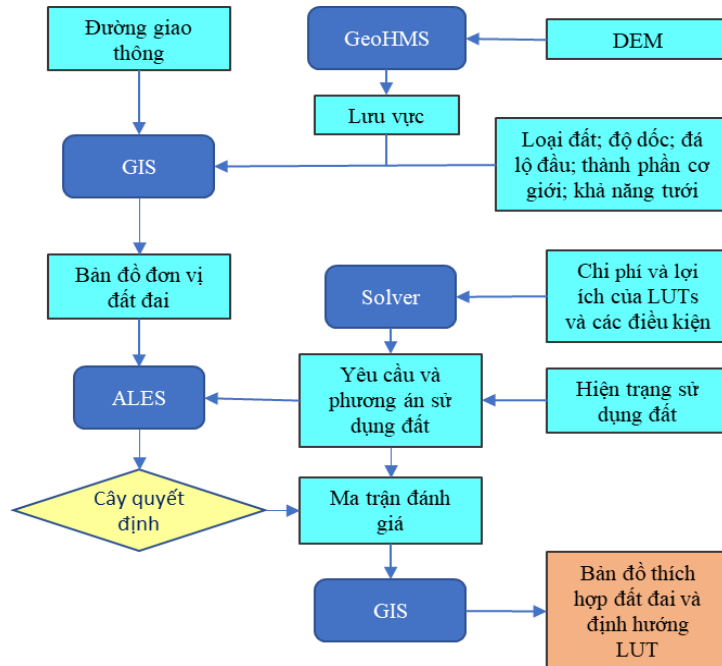
Các bước tiến hành nghiên cứu được thể hiện trên Hình 2, với các nội dung chính thì các phương pháp thực hiện như sau:

- Xây dựng bản đồ đơn vị đất đai

Bản đồ đơn vị đất đai thể hiện những đặc điểm và chất lượng của từng khoanh đất. Các khoanh đất được đưa vào phân tích cần có kích thước đủ nhỏ để chúng có cùng các điểm chung như điều kiện quản lý, khả năng sản xuất và cải tạo đất. Mỗi đơn vị đất đai thích hợp với một hoặc một số loại sử dụng đất nhất định. Mục đích của việc xây dựng LMU là để đánh giá thích hợp đất đai, nhằm bố trí các cây trồng phù hợp. Việc xác định chỉ tiêu phân cấp của bản đồ đơn vị đất đai là rất quan trọng, nó không những đảm bảo tính chính xác của bản đồ đơn vị đất đai mà còn góp phần xây dựng Hệ thống sử dụng đất nhằm đảm bảo các hiệu quả về kinh tế, xã hội và môi trường. Cơ sở lựa chọn các chỉ tiêu phân cấp là tùy thuộc vào mục đích, yêu cầu

sử dụng đất của các LUT được lựa chọn và phạm vi sử dụng.

Có nhiều yếu tố phản ánh đặc tính của đất, chúng được lựa chọn tùy theo đặc điểm của vùng nghiên cứu. Trong nghiên cứu này các yếu tố được lựa chọn để xác định các LMU gồm loại đất, độ dốc, độ dày tầng đất hữu hiệu, đá lộ đầu, thành phần cơ giới và khả năng tưới. Trên khu vực nghiên cứu nếu chỉ sử dụng các yếu tố này thì diện tích của một số LMU khá lớn. Để tăng độ chính xác và thuận lợi hơn cho việc xây dựng bản đồ phân hạng thích hợp đất đai và bản đồ định hướng LUT phục vụ quy hoạch phát triển bền vững nhóm cây nông nghiệp lâu năm nghiên cứu này bổ sung thêm các yếu tố như trên Hình 2. Các yếu tố này là khoảng cách tới đường giao và trật tự Strahler của lưu vực.



Hình 2. Lưu đồ nghiên cứu

Việc bổ sung hai yếu tố này được dựa trên nghiên cứu về xác định vùng giám sát năng suất cây trồng [14] và ảnh hưởng của các điều kiện tự nhiên và con người đến các chỉ số thực vật [15]. Nghiên cứu [14] cho thấy ở những nơi không thuận lợi về nguồn nước thì năng suất cây trồng có mức độ biến động mạnh hay chịu ảnh hưởng rõ rệt của các đợt khô hạn. Nghiên cứu [15] chỉ ra rằng ở những nơi xa nguồn nước và đường giao thông thì các chỉ số thực vật có xu thế giảm và ngược lại. Điều này cho thấy mức độ đáp ứng về nguồn nước và các thuận lợi về giao thông cho việc chăm sóc cây trồng có ảnh hưởng đáng kể đến sự phát triển và năng suất của cây trồng.

Dựa trên các nghiên cứu này một lớp đơn tính thứ nhất về khoảng cách tới đường giao thông được xây dựng bằng công cụ vùng đệm trong phần mềm GIS. Khoảng cách đệm được chọn lựa có bước 1 km. Lớp đơn tính thứ hai được xây dựng là trật tự Strahler của các tiểu lưu vực. Trật tự Strahler của các tiểu lưu vực được xác định dựa trên trật tự Strahler lớn nhất của nhánh sông (Strahler stream order) chảy qua nó. Trật tự Strahler được thiết kế để phản ánh hình thái của một lưu vực và xác định các chỉ số thủy văn như tỷ lệ phân nhánh và tiềm năng về khả năng cung cấp nước. Việc xác định các tiểu lưu vực và trật tự Strahler của nó được dựa trên công cụ GeoHMS cài trên phần mềm ArcMap, dữ liệu đầu vào là mô hình số độ cao (DEM). Chồng hai lớp đơn tính này ta thu được một lớp mới mà mỗi khoảng đất tạo nên từ việc giao cắt có các thuộc tính về khoảng cách tới đường giao thông và trật tự Strahler của tiểu lưu vực. Tạo thêm một trường thuộc tính cho lớp mới với các giá trị thể hiện mức độ thuận lợi về giao thông và mức độ dồi dào về nguồn nước, trường này chính là thang phụ cho các LMU.

Coi vai trò của khoảng cách tới đường giao thông và trật tự Strahler của tiểu lưu vực là như nhau, với cùng số khoảng chia khi ấy gọi i và j tương ứng là mức độ thuận lợi về khoảng cách tới đường giao thông và nguồn nước thì mức độ thuận lợi cho cả hai sẽ là $i + j - 1$, đây chính là giá trị của trường mới tạo. Sau đó để thuận tiện cho trình bày, các giá trị này được đổi thành các ký hiệu là các chữ cái. Tiến hành giao cắt các lớp đơn tính về tính chất đất đai nêu trên với lớp mới ta thu được các LMU có chứa các thang phụ.

- Xác định các phương án sử dụng đất

Việc xác định các phương án sử dụng đất được dựa trên hiện trạng sử dụng đất và hiệu quả sử dụng đất của các LUT. Để lựa chọn LUT phù hợp và diện tích tương ứng, quy hoạch phi tuyến được sử dụng với công cụ có tên là Solver trong phần mềm Excel.

Quy hoạch phi tuyến là lĩnh vực toán học nghiên cứu các bài toán tối ưu mà hàm mục tiêu và các ràng buộc đều là hàm và các phương trình hoặc bất phương trình tuyến tính. Quy hoạch phi tuyến được sử dụng trong nghiên cứu này nhằm xác định diện tích của các LUT trên khu vực nghiên cứu. Hàm mục tiêu là lợi nhuận mang lại từ các loại cây trồng sau khi đã trừ đi các chi phí hoặc tỷ số lợi ích và chi phí (B/C). Các ràng buộc bao gồm tổng diện tích trồng cây nông nghiệp lâu năm, khoảng giá trị về diện tích cho phép của mỗi loại cây trồng và chi phí. Các giá trị và khoảng giá trị này được dựa trên số liệu thực tế, số liệu khảo sát và khả năng đáp ứng.

Do cây nông nghiệp dài ngày trên vùng nghiên cứu chủ yếu là cà phê với năng suất thấp với nhiều năm tuổi nên cần chuyển đổi loại cây trồng phù hợp. Dựa trên số liệu khảo sát các ràng buộc được đưa vào mô hình gồm diện tích tối thiểu và tối đa của các LUT cũ và mới, chi phí tối thiểu và tối đa cho mỗi ha và tổng diện tích trồng cây lâu năm theo các kịch bản.

- Xây dựng bản đồ mức độ thích hợp đất đai

Có nhiều phần mềm được sử dụng để đánh giá mức độ thích hợp đất đai dựa trên khung hướng dẫn của FAO. Phần mềm đánh giá đất tự động ALES (Automatic Land Evaluation System) là một trong những phần mềm được sử dụng rộng rãi, nó được sử dụng cho nội dung nghiên cứu này.

Trong phần mềm ALES, việc xác định mức độ phù hợp giữa các LUT và LMU dựa trên cây quyết định. Cây quyết định là các khóa đa chiều có thứ bậc, trong đó các lá là kết quả xếp hạng một yếu tố của chất lượng đất và các nút bên trong (điểm nhánh) của cây là tiêu chí quyết định, chẳng hạn như giá trị của đặc điểm đất. Cây này được xây dựng bởi người xây dựng mô hình và duyệt qua trong quá trình tính toán kết quả đánh giá, sử dụng dữ liệu đất đai thực tế, cho từng đơn vị bản đồ được đánh giá. Khi kết quả phân hạng thích hợp đất đai từ ALES không đáp ứng mục tiêu đặt ra thì cần điều chỉnh lại một số yêu cầu và tiến hành xác định lại [17].

Trong nghiên cứu này, bản đồ mức độ thích hợp đất đai được xây dựng cho loại hình sử dụng đất là chuyên canh cà phê, xen canh cà phê với mắc ca và chuyên canh sầu riêng. Trong xen canh cà phê với mắc ca, khoảng cách giữa cây cà phê là $3\text{ m} \times 3\text{ m}$, hay 1110 cây/ha; mắc ca được trồng với khoảng cách $9\text{ m} \times 6\text{ m}$, hay 3 hàng cà phê xen hàng mắc ca và đạt khoảng 185 cây/ha.

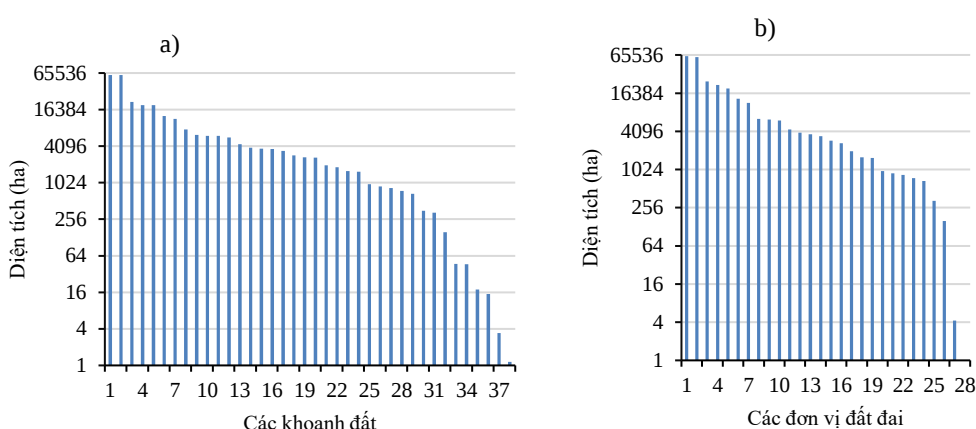
Mức độ thích hợp của các LUT theo các LMU được xác định theo phương pháp đánh giá thích hợp đất đai của FAO 1976 và TCVN 8409:2012. Thông thường có 4 mức được sử dụng trong đánh giá là rất thích hợp (S1), thích hợp trung bình (S2), kém thích hợp (S3) và không thích hợp (N). Khi đưa vào lớp mới thể hiện mức độ thuận lợi về giao thông và nguồn nước, mức thích hợp có thêm đơn vị lẻ. Đơn vị lẻ trong nghiên cứu này được sử dụng bằng các chữ cái từ “a” tới “i” tương ứng với mức thích hợp giảm dần. Như vậy, các mức thích hợp có thể có từ “S1a” tới “Ni”.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng bản đồ đơn vị đất đai

- Diện tích các khoanh đất khi xây dựng bản đồ đơn vị đất đai dựa trên các yếu tố chính

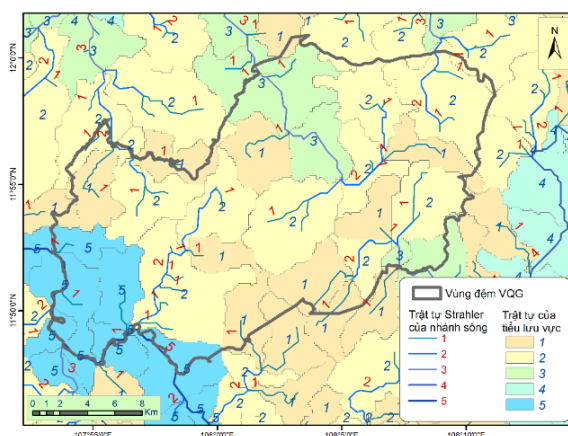
Bản đồ đơn vị đất đai được xây dựng bằng cách chồng lớp các bản đồ chuyên đề trên phần mềm GIS. Khi bản đồ đơn vị đất đai được xây dựng dựa trên 5 tính chất là loại đất, độ dốc, đá lộ đầu, thành phần cơ giới và khả năng tưới thì phân bố diện tích các khoanh đất và diện tích các đơn vị đất đai được thể hiện như trên Hình 3. Kết quả cho thấy khu vực nghiên cứu có tất cả 38 khoanh đất với 28 đơn vị đất. Có 13 khoanh đất có diện tích trên 4000 ha, chiếm 34,2% về số khoanh và 87,4% về diện tích. Với diện tích trên 1000 ha thì có 24 khoanh, chiếm 63,2% về số khoanh và 98,2% về diện tích. Phân bố cho thấy nếu sử dụng các LMU này để xây dựng bản đồ thích hợp đất đai thì mức độ đáp ứng các yêu cầu về sử dụng đất sẽ là không cao do diện tích các khoanh thường quá lớn.



Hình 3. Diện tích các khoanh đất và diện tích các đơn vị đất đai

- Bổ sung yếu tố phụ cho bản đồ đơn vị đất đai

Để giảm diện tích các khoanh đất và làm chi tiết hơn mức độ thích hợp đất đai, nghiên cứu này bổ sung hai yếu tố phụ là khoảng cách tới đường giao thông và trật tự Strahler của lưu vực. Trong nghiên cứu này công cụ vùng đệm được sử dụng để tạo một lớp về khoảng cách tới đường giao thông với bước đệm là 1,2 km. Với bước này thì trên khu vực này có 5 vùng đệm.



Hình 4. Trật tự Strahler của nhánh sông và tiểu lưu vực

Trật tự Strahler của tiểu lưu vực được định nghĩa là trật tự Strahler lớn nhất của nhánh

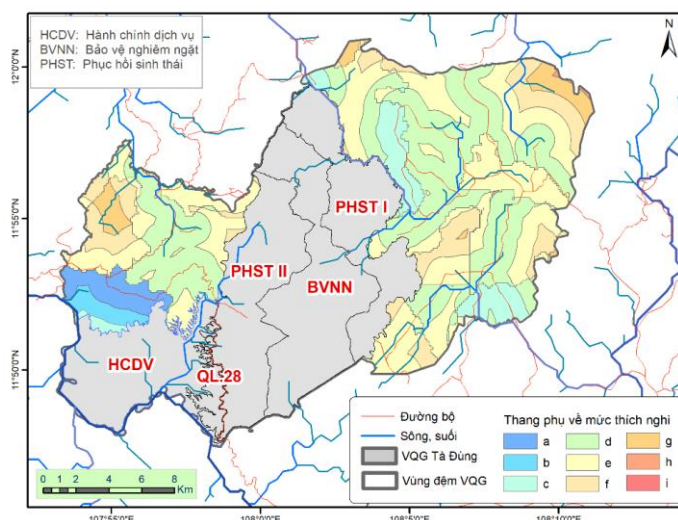
sông chảy qua nó. Trật tự Strahler của nhánh sông và của lưu vực trên khu vực nghiên cứu được xác định bằng phần mềm GeoHMS. Kết quả xác định được trình bày trên Hình 4. Trong hình này trật tự Strahler của các lưu vực có giá trị từ 1 tới 5. Do vùng đệm của VQG Tà Đùng nằm chủ yếu trên phần đỉnh đồi nên phần lớn các lưu vực thường có trật tự Strahler trong khoảng 1 tới 2. Diện tích của lưu vực ứng với trật tự là 1 chiếm 24,7%, trật tự nhỏ hơn hoặc bằng 2 chiếm 76,3%. Hay phần lớn diện tích của khu vực này không phù hợp cho các cây trồng cần nhiều nước tưới.

Thang phụ trong xây dựng bản đồ đơn vị đất đai được xác định dựa trên giao cắt giữa lớp trật tự tiểu lưu vực và vùng đệm của đường giao thông. Vai trò của hai lớp đơn tính này được xét là tương đương, khi ấy thang phụ với các ký hiệu là chữ cái được xác định như Bảng 1. Trong bảng này mức độ thuận lợi về giao thông và nguồn nước là giảm dần từ “a” đến “i”.

Bảng 1. Thang phụ trong xây dựng bản đồ đơn vị đất đai dựa trên khoảng cách tới đường giao thông và trật tự Strahler của tiểu lưu vực.

		Khoảng cách đệm tới đường giao thông				
		1-2 km	2-4 km	3-6 km	4-8 km	6-10 km
Trật tự Strahler của tiểu lưu vực	5	a	b	c	d	e
	4	b	c	d	e	f
	3	c	d	e	f	g
	2	d	e	f	g	h
	1	e	f	g	h	i

Dựa vào bảng này kết quả xác định thang điểm phụ về mức độ thích hợp đất đai sử dụng trong xây dựng bản đồ đất đai được thể hiện như Hình 5. Hình này cho thấy trong vùng đệm VQG, thang điểm phụ có giá trị trong khoảng từ “a” đến “f”. Do phần lớn các khoanh đất đều nằm trên các sườn và đỉnh đồi, mật độ đường giao thông thấp nên điểm phụ tập trung chủ yếu ở khoảng từ “d” đến “f”. Khi thêm vào thang điểm phụ, diện tích các khoanh đất có giá trị không lớn. Các khoanh có diện tích dưới 500 ha chiếm 32% về diện tích và 78% về số lượng. Các khoanh có diện tích dưới 1000 ha chiếm 70% về diện tích và 94% về số lượng. Khoanh lớn nhất có diện tích khoảng 2000 ha, nhỏ hơn khoảng 30 lần so với khi bản đồ đơn vị đất đai được xây dựng dựa trên 5 tính chất đất nêu trên.

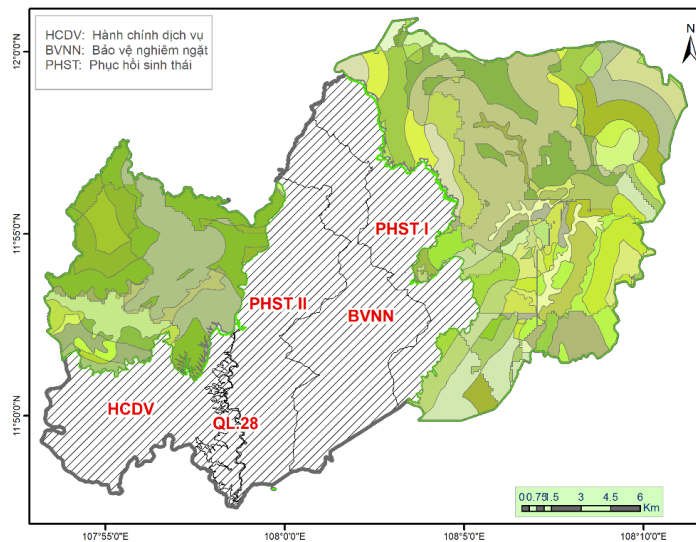


Hình 5. Phân cấp yếu tố phụ thể hiện mức độ thuận lợi về giao thông và nguồn nước

- Kết quả xây dựng LMU khi bổ sung các yếu tố phụ

Đơn vị đất đai là một khoanh đất với những đặc tính và tính chất đất đai thích hợp cho từng loại hình sử dụng đất. LMU là tổ hợp của các bản đồ đơn tính dựa trên việc chồng lắp. Mỗi LMU chứa đựng các thông tin thể hiện trong các bản đồ đơn tính và khác nhau bởi các chỉ tiêu phân cấp.

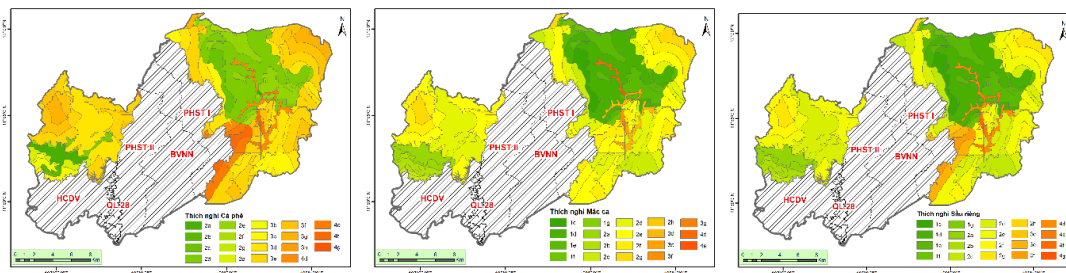
Dựa trên các yếu tố chính và phụ, bản đồ đơn vị đất đai được xây dựng và thể hiện trên Hình 6. Trong hình này có tất cả 67 LMU, tăng so với trước khi bổ sung thêm yếu tố phụ khoảng 2,4 lần. Số khoanh đất mới là 162, tăng so với cũ 4,3 lần. Các khoanh đất được tạo mới thường có diện tích khá nhỏ. Các mảnh có diện tích dưới 1000 ha chiếm 97,5% về số lượng và 74% về diện tích. Như vậy khi đưa thêm lớp phụ là khoảng cách tới đường giao thông và trật tự Strahler của lưu vực số mảnh và số đơn vị đất đai tăng lên đáng kể. Điều này thuận lợi cho việc xây dựng các bản đồ về thích hợp đất đai và quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp.



Hình 6. Phân bố LMU trên vùng đệm VQG

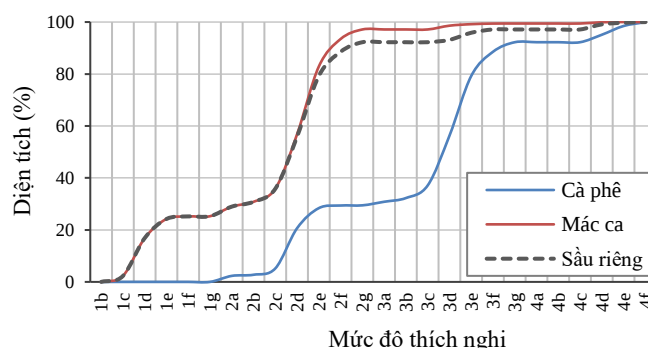
3.2. Xác định mức độ thích hợp đất đai cho một số loại hình sử dụng đất

Dựa trên tính chất các LMU và yêu cầu của các LUT gồm cà phê, mắc ca và sầu riêng thì mức độ thích hợp của chúng được thể hiện trên Hình 7. Trong hình này các ký hiệu từ “1a” đến “4i” thể hiện mức thích hợp giảm dần với các con số ở đầu từ 1 đến 4 chỉ mức thích hợp S1, S2, S3 và N, các chữ cái tiếp theo chỉ mức thích hợp phụ. Dựa trên hình này, diện tích ứng với các mức độ thích hợp của cây cà phê vối, mắc ca và sầu riêng được thống kê và thể hiện trên Hình 8.



Hình 7. Bản đồ phân hạng mức độ thích hợp đất đai cho cây cà phê vối, mắc ca và sầu riêng

Hình 8 cho thấy diện tích ứng với các mức độ thích hợp của mắc ca và sầu riêng là gần tương tự. So với cà phê, diện tích ở mức thích hợp cao và thích hợp trung bình của mắc ca và sầu riêng là lớn hơn khá nhiều. Với cà phê, không có khoanh đất có mức thích hợp S1. Ứng với giới hạn thích hợp từ S2 trở lên thì chỉ có 30% diện tích, trong khi các con số này ứng với mắc ca và sầu riêng là 97% và 92%. Nguyên nhân chủ yếu của sự khác biệt này là từ loại đất, thành phần cơ giới và độ dốc như thể hiện trong Bảng 2.



Hình 8. Diện tích ứng với các mức độ thích hợp của cây cà phê vối, mắc ca và sầu riêng

Theo Bảng 2, với mức thích hợp từ S1 đến S2 và cây trồng là cà phê thì phần diện tích đáp ứng về loại đất và thành phần cơ giới là dưới 47%. Với cây trồng là mắc ca và sầu riêng thì con số này là trên 97%. Ứng với mức thích hợp là S1 và cây trồng là cà phê, phần diện tích đáp ứng về độ dốc là 26,4%. Với cây trồng là mắc ca và sầu riêng thì con số này là trên 89%. Hay mắc ca và sầu riêng là cây trồng phù hợp cho khu vực này và cà phê là ít phù hợp. Do chỉ đạt mức thích hợp từ S2 trở xuống nên năng suất bình quân của cà phê chỉ đạt dưới 2 tấn nhân/ha/năm.

Bảng 2. Phần trăm diện tích ứng với mức độ thích hợp theo các yếu tố

Yếu tố	LUT	Mức độ thích hợp			
		S1	S2	S3	N
Loại đất	Cà phê	23,7	22,7	37,1	16,5
	Mắc ca	46,4	51,0	2,6	0,0
	Sầu riêng	46,4	37,1	2,6	13,9
Thành phần cơ giới	Cà phê	11,4	33,9	54,7	0,0
	Mắc ca	45,3	54,7	0,0	0,0
	Sầu riêng	45,3	54,7	0,0	0,0
Độ dốc	Cà phê	26,4	63,1	10,6	0,0
	Mắc ca	100,0	0,0	0,0	0,0
	Sầu riêng	89,4	10,6	0,0	0,0

3.3. Xác định phương án sử dụng đất

Để xác định diện tích đất trồng trọt cho các LUT bằng quy hoạch phi tuyến ta cần thiết lập các điều kiện ràng buộc và xác định hàm mục tiêu. Trên khu vực này, các điều kiện ràng buộc được thể hiện trong Bảng 3. Các điều kiện này có được từ số liệu khảo sát trên khu vực nghiên cứu. Trong bảng này, diện tích cà phê được giữ lại có giá trị từ 50% đến 80%. Loại bỏ tối đa 50% diện tích trồng cà phê là khá cao, con số này có các lý do về năng suất khá thấp của cà phê trên khu vực này và mức độ thuận lợi thấp về nguồn nước. Mức thay đổi về chi phí sản xuất trong bảng này ngoài thể hiện khả năng về vốn cho sản xuất nó còn thể hiện các yếu

tổ về môi trường. Mức chi phí cao thường đồng nghĩa với việc sử dụng nhiều phân bón và thuốc bảo vệ thực vật. Hàm mục tiêu trong nghiên cứu này được chọn là lợi nhuận sau khi trừ các chi phí hoặc B/C.

Bảng 3. Các điều kiện ràng buộc trong việc xác định phương án sử dụng đất

Các điều kiện	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất
Diện tích trồng cà phê được giữ lại	50%	80%
Diện tích trồng xen cà phê với mắc ca	10%	40%
Diện tích chuyên canh sầu riêng	10%	30%
Mức thay đổi về chi phí sản xuất	-10%	10%

Phương pháp được chọn để giải bài toán quy hoạch trong trường hợp này là GRG (Generalized Reduced Gradient) phi tuyến. Phương pháp giải này xem xét độ dốc của hàm mục tiêu khi các biến quyết định thay đổi và xác định rằng nó đã đạt được giải pháp tối ưu khi các đạo hàm riêng bằng 0. Với hàm mục tiêu là lợi nhuận hoặc B/C, kết quả xác định được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Phần trăm diện tích các LUT ứng với các hàm mục tiêu

Các yếu tố	Hàm mục tiêu	
	Lợi nhuận	B/C
Diện tích trồng cà phê được giữ lại	50%	50%
Diện tích trồng xen cà phê với mắc ca	22%	20%
Diện tích chuyên canh sầu riêng	28%	30%
Mức thay đổi về chi phí sản xuất	10%	8.6%

Bảng 4 cho thấy không có sự khác biệt đáng kể về phần trăm diện tích các LUT theo 2 hàm mục tiêu. Ứng với phần trăm diện tích các LUT theo các hàm mục tiêu này, kết quả tính mức thay đổi về chi phí và lợi ích so với trồng cà phê hiện tại được thể hiện trên Bảng 5. Theo bảng này thì không có sự khác biệt đáng kể về chi phí và lợi ích ứng với diện tích các LUT được xác định theo hai hàm mục tiêu. Kết quả này cũng cho thấy tuy mức đầu tư chỉ tăng dưới 10% nhưng lãi thuần đã tăng trên 40%. Để mức tăng về chi phí không quá cao theo khả năng của người dân và mức tăng thấp về lượng phân bón và thuốc bảo vệ thực vật thì diện tích ứng với hàm mục tiêu là B/C là phù hợp hơn. Hay phần trăm diện tích bước đầu lựa chọn ứng với trồng cà phê, xen canh cà phê với mắc ca và chuyên canh sầu riêng có giá trị tương ứng là 50%, 20% và 30%. Tỷ lệ diện tích này sẽ được xác định lại qua phần mềm ALES dựa trên mức độ thích hợp từng LUT.

Bảng 5. Mức thay đổi về chi phí và lợi ích so với trồng cà phê ứng với diện tích các LUT theo các hàm mục tiêu

Các yếu tố	Hàm mục tiêu	
	Lợi nhuận	B/C
Chi phí sản xuất (%)	10,0	8,6
Giá trị sản phẩm (%)	14,4	13,3
B/C (%)	4,8	5,0
Lãi thuần (%)	43,0	42,2

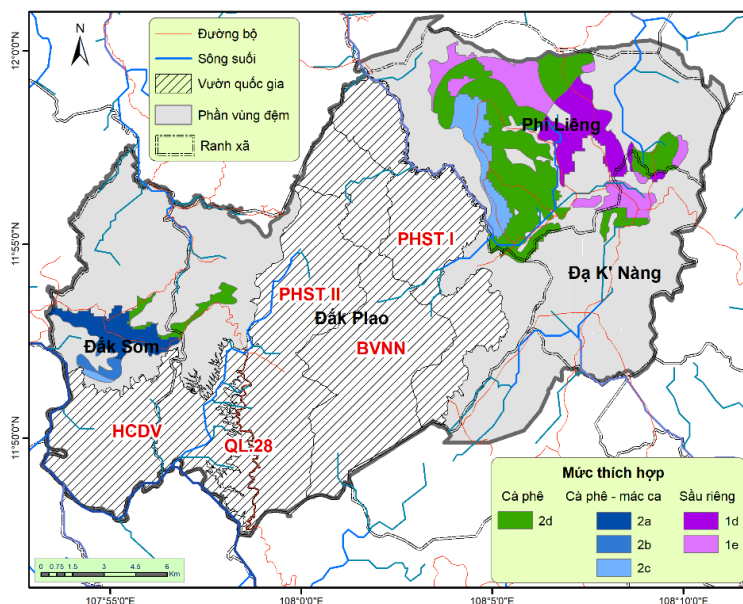
3.4. Xây dựng bản đồ định hướng LUT cho vùng đệm VQG Tà Đùng

Việc xây dựng bản đồ định hướng LUT nhằm phục vụ quy hoạch phát triển bền vững nhóm cây nông nghiệp dài ngày trên khu vực vùng đệm, đảm bảo đời sống của người dân và góp phần vào bảo vệ VQG.

Bản đồ định hướng LUT cho vùng đệm VQG được dựa trên phần mềm ALES, tính chất của LMU và các điều kiện đi kèm từ hiện trạng cây trồng và kết quả phân tích nêu trên. Phần trăm diện tích bước đầu lựa chọn ứng với trồng cà phê, xen canh cà phê với mắc ca và chuyên canh sầu riêng có giá trị tương ứng là 50%, 20% và 30% như đã nêu. Về giới hạn mức thích hợp cho cây cà phê, trồng xen cà phê mắc ca và sầu riêng lần lượt là “2e”, “2d” và “2c”. Giới hạn thích hợp “2e” được chọn cho cây cà phê và “2d” cho trồng xen cà phê với mắc ca nhằm đáp ứng các yêu cầu về nguồn nước cũng như giữ lại phần diện tích cà phê đang khai thác.

Giới hạn thích hợp cho sầu riêng được chọn là “2c” nhằm đáp ứng tính bền vững cũng như không tăng quá nóng diện tích trồng trọt. Về diện tích, việc xây dựng bản đồ định hướng được dựa trên 2 kịch bản. Kịch bản 1, giữ nguyên tổng diện tích trồng cây lâu năm là 6449 ha. Kịch bản 2, chuyển đổi một phần diện tích đất rừng trồng sang cây nông nghiệp dài ngày, sau khi chuyển đổi diện tích cây nông nghiệp dài ngày tăng không quá 50%. Kịch bản 2 nhằm xác định khả năng mở rộng diện tích các loại hình canh tác này.

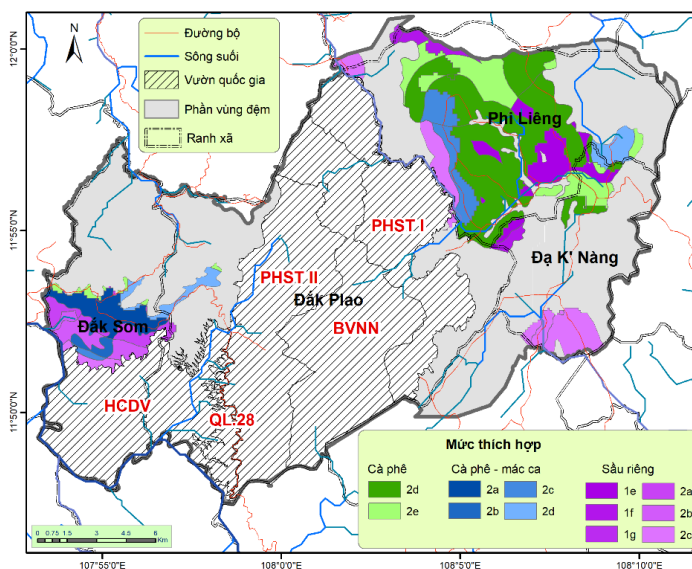
Với Kịch bản 1, kết quả xây dựng bản đồ định hướng các LUT được thể hiện trên Hình 9. Kết quả theo kịch bản này thì tổng diện tích các cây nông nghiệp dài ngày là 6866 ha, tăng khoảng 6% so với số liệu hiện hữu. Phần trăm diện tích chuyên canh sầu riêng, cà phê và xen canh cà phê mắc ca chiếm lần lượt là 31,8%, 47,5% và 20,7%, các con số này xấp xỉ với yêu cầu đặt ra. Phân bố các LUT trên cho thấy phần lớn chúng thuộc xã Đắk Som và Phi Liêng. Riêng sầu riêng thì chỉ tập trung chính ở xã Phi Liêng. Với kịch bản này các LUT đều có mức thích hợp khá cao, trong đó cà phê có mức thích hợp là 2d, xen canh cà phê với mắc ca có mức thích hợp từ 2a đến 2c, và trồng sầu riêng có mức thích hợp từ 1d đến 1e.



Hình 9. Bản đồ định hướng LUT cho nhóm cây nông nghiệp dài ngày trên vùng đệm VQG theo Kịch bản 1

Với Kịch bản 2, kết quả xây dựng bản đồ định hướng sử dụng đất cho các LUT được thể hiện trên Hình 10. Hình này cho thấy so với Kịch bản 1 thì một số khoảng ở Kịch bản 2 có sự

thay đổi về loại hình sử dụng đất, sự thay đổi này nhằm tối ưu hóa hiệu quả sử dụng đất. Sự thay đổi rõ nhất là sự tăng diện tích trồng sầu riêng ở xã Đắc Som và Đạ K' Nang. Cũng theo hình này, các điều kiện về giới hạn thích hợp cho các LUT cũng được đáp ứng. Các khoanh cho cà phê có mức thích hợp từ 2d đến 2e, trồng xen cà phê với mắc ca có mức thích hợp 2a đến 2d và cho sầu riêng có mức thích hợp cao nhất là từ mức 1e đến 2c. Phần trăm diện tích chuyên canh sầu riêng, cà phê và xen canh cà phê mắc ca chiếm lần lượt là 31%, 49,6% và 19,4%. Tổng diện tích của các LUT là 9620 ha, tăng 49% so với hiện tại. Các con số này khá gần với yêu cầu đặt ra.



Hình 10. Bản đồ định hướng LUT cho nhóm cây nông nghiệp dài ngày trên vùng đệm VQG theo Kịch bản 2

Mức thay đổi về chi phí và lợi ích so với trồng cà phê trên một đơn vị diện tích của Kịch bản 1 và 2 được thể hiện trên Bảng 6. Theo bảng này, mức tăng chi phí sản xuất là dưới 9% và nằm trong khả năng của các hộ dân và không làm tăng quá nhiều lượng phân bón và thuốc bảo vệ thực vật. Mức tăng lãi thuần với cả hai kịch bản này đều trên 40%, điều này sẽ góp phần nâng cao đời sống của người dân và hạn chế các hoạt động có tính tiêu cực đến VQG.

Bảng 6. Mức thay đổi về chi phí và lợi ích so với trồng cà phê trên một đơn vị diện tích ứng với phần trăm diện tích các LUT theo các kịch bản

Các yếu tố	Kịch bản 1	Kịch bản 2
Chi phí sản xuất (%)	8,8	8,1
Giá trị sản phẩm (%)	13,7	12,9
B/C (%)	5,3	5,2
Lãi thuần (%)	44,1	42,1

4. KẾT LUẬN

Trên khu vực nghiên cứu, khi xây dựng bản đồ đơn vị đất đai với các yếu tố chính là loại đất, độ dốc, đá lộ đầu, thành phần cơ giới và khả năng tưới thì diện tích các khoanh đất thường khá lớn và số đơn vị đất đai thường nhỏ, điều này làm giảm tính chi tiết và độ chính xác trong xây dựng bản đồ thích hợp đất đai. Khi bổ sung yếu tố phụ mà nó được xác định dựa trên khoảng cách tới đường giao thông và trật tự Strahler của tiểu lưu vực, diện tích các khoanh đất

đã giảm đáng kể và số các đơn vị đất đai đã tăng rõ rệt, phù hợp cho việc xây dựng bản đồ thích hợp đất đai cho một khu vực nhỏ. Các yếu tố phụ được chọn bổ sung được dựa trên các nghiên cứu trước đây của nhóm tác giả cho khu vực này, vì vậy bản đồ đơn vị đất đai được xây dựng sẽ góp phần làm tăng tính phù hợp cũng như hiệu quả của việc sử dụng đất.

Xác định mức độ thích hợp của LMU với một số loại hình sử dụng đất cho thấy mức độ phù hợp với cây cà phê là không cao, trong khi nó lại rất thích hợp với mắc ca và sầu riêng. Với cà phê, không có khoảng đất có mức độ thích hợp S1. Xét với mức độ thích hợp từ S2 trở lên thì có 90% diện tích đáp ứng với LUT là mắc ca và sầu riêng, với LUT là cà phê con số này chỉ là 30%. Nguyên nhân chủ yếu của sự khác biệt này là từ loại đất, thành phần cơ giới và độ dốc. Do cây nông nghiệp dài ngày hiện tại trên khu vực này là cà phê nên cần thiết phải chuyển đổi một phần diện tích này sang cây trồng khác.

Kết quả xác định phương án sử dụng đất cho khu vực này bằng quy hoạch phi tuyến với các ràng buộc về giá trị tối đa và tối thiểu của diện tích các LUT, chi phí sản xuất và hàm mục tiêu là lợi nhuận hoặc B/C thì phần trăm diện tích mắc ca, cà phê và xen canh cà phê với mắc ca lần lượt là 30%, 50% và 20%. Dựa trên các con số này, bản đồ định hướng LUT với các kịch bản về diện tích trồng cây nông nghiệp dài ngày đã được xây dựng. Kết quả tính toán chỉ phí lợi ích cho thấy với mức tăng về chi phí sản xuất dưới 9% thì lãi thuần đã tăng trên 40%.

Các kết quả nghiên cứu trên đã cho thấy việc cần thiết phải quy hoạch lại cây nông nghiệp dài ngày trên vùng đệm VQG cũng như hiệu quả của việc kết hợp giữa các LUT là mắc ca, cà phê và xen canh cà phê. Việc tăng hiệu quả về mặt kinh tế của người dân trong vùng đệm VQG sẽ góp phần ổn định đời sống của người dân và góp phần hạn chế các tác động tiêu cực đến VQG từ các hoạt động sinh kế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Hiệp, Võ Đình Long, Lê Huy Bá, Nguyễn Thị Hồng Nhung - Đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến mô hình canh tác nông nghiệp tại vùng đệm Vườn Quốc gia Tà Đùng. Tạp chí Công Thương **28** (2021) 10-16.
2. FAO - A framework for land evaluation. FAO Soil Bulletin 32. FAO, Rome, 1976.
3. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn - TCVN 8409:2010, Quy trình đánh giá đất sản xuất nông nghiệp phục vụ quy hoạch sử dụng đất cấp huyện, 2010. <https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+8409%3A2010>.
4. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn - TCVN 8409:2012, Quy trình đánh giá đất sản xuất nông nghiệp, 2012. <https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+8409%3A2012>.
5. Tôn Thất Lộc, Phan Chí Nguyên, Phạm Thanh Vũ và Nguyễn Đức Nguyên - Ứng dụng mô hình toán tối ưu và đánh giá đa tiêu chí trong lập quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp bền vững cho huyện Giồng Riềng, tỉnh Kiên Giang. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ **55** (2) (2019) 61-69.
6. Phạm Thế Trinh, Đào Châu Thu, Trần Minh Tiến - Hiệu quả môi trường của mô hình trồng cà phê xen mắc ca trên đất đỏ bazan tại huyện Krông Năng, tỉnh Đắk Lắk. Tạp chí Khoa học và Phát triển **12** (3) (2014) 422-428.
7. Nguyễn Phượng Lê, Nguyễn Hải Dương - Đánh giá hiệu quả kinh tế sản xuất cà phê ứng dụng công nghệ tưới tiết kiệm ở vùng Tây Nguyên: Nghiên cứu điển hình ở huyện Cư M'gar, tỉnh Đắk Lắk. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam **18** (6) (2020) 454-462.

8. Trần Văn Tuấn, Nguyễn Cao Huân, Đỗ Thị Tài Thu, Nguyễn Thị Chinh, Thái Thị Quỳnh Như - Nghiên cứu, đánh giá hệ thống sử dụng đất đai phục vụ quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp bền vững (nghiên cứu điểm: xã Đại Thành, huyện Quốc Oai, thành phố Hà Nội). Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường **31** (1) (2015) 24-35.
9. Nguyễn Ninh Hải, Nguyễn Tuấn Anh, Nguyễn Thị Như Hương, Bạch Quang Dũng, Nguyễn Minh Kỳ - Tích hợp ứng dụng ALES-GIS trong đánh giá thích nghi đất nông nghiệp hỗ trợ quy hoạch sử dụng đất cấp xã- trường hợp điển hình ở Gia Lai. Tạp chí Khí tượng Thủy văn **4** (2020) 49-61.
10. Nguyễn Thị Thuỷ, Hoàng Thị Huyền Ngọc, Nguyễn Thanh Bình, Nguyễn Ngọc Thắng, Nguyễn Công Long, Hoàng Quốc Nam, Nguyễn Mạnh Hà - Đánh giá đất đai phục vụ quy hoạch phát triển bền vững một số cây công nghiệp lâu năm chủ lực vùng Tây Nguyên. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam **64** (5) (2022) 75-80. DOI: 10.31276/VJST.64(5).75-80.
11. Osinuga O.A., Aiboni V.U. and Oyegoke C.O. - Classification and suitability evaluation of soils along a toposequence for rice production in Alabata, Southwest Nigeria. Agro-Science **19** (4) (2020) 43-50. <https://dx.doi.org/10.4314/as.v19i4.8>.
12. Abagyeh S. O. I., Ibrahim, F. & Adaikwu, A. O. - Land evaluation for the cultivation of ginger, pepper and maize at the department of soil science farms, Joseph Saawuan Tarka University, Makurdi. IAR J Agri Res Life Sci. **3** (4) (2022) 18-24.
13. Okunsebor, F.E., Umweni, A.S., and Agbogun, L. - Suitability assessment for oil palm (*Elaeis guineensis*) and coconut (*Cocos nucifera*) cultivation in coastal plain sands of South Southern Nigeria. Ilmu Pertanian (Agricultural Science) **6** (3) (2021) 130-139.
14. Van Viet Luong, Dang Hung Bui - Determination of the most suitable indicator area and remote-sensing-based indices for early yield warning for winter-spring rice in the Central Highlands, Vietnam. J. Appl. Remote Sens. **17** (1) (2023) 014504. DOI: 10.1117/1.JRS.17.014504.
15. Hiep, N.V.; Thao, N.T.T.; Viet, L.V.; Luc, H.C.; Ba, L.H. - Affecting of nature and human activities on the trend of vegetation health indices in Dak Nong Province, Vietnam. Sustainability **15** (2023) 5695. <https://doi.org/10.3390/su15075695>.
16. Nguyen Van Hiep, Luong Van Viet, Vo Dinh Long, Le Huy Ba - Agro-ecological zoning and land adaptation assessment for sustainable farming in the buffer zone of Ta Dung National Park. Vietnam Journal of Agriculture and Rural Development **1** (1) (2022) 81-88.
17. David, G.R., Armand, R.V.W. - Automated land evaluation system ALES Version 4.65 User's Manual. Cornell University, 1997.

ABSTRACT

BUILDING LAND SUITABILITY MAPS FOR PERENNIAL CROPS IN THE BUFFER ZONE OF TA DUNG NATIONAL PARK BASED ON DETAILED LAND MAPPING UNIT AND NONLINEAR PLANNING

Nguyen Van Hiep^{1,2}, Luong Van Viet¹, Ton Chau Hien^{1,3}, Le Huy Ba⁴

¹*Industrial University of Ho Chi Minh City*

²*Department of Science and Technology, Dak Nong province*

³*HCMC Science of Occupational Safety and Health Institute*

⁴*Ho Chi Minh City University of Industry and Trade*

*Email: hiepnv.stnmt@daknong.gov.vn

This study aims to improve the accuracy and efficiency in building land suitability maps for some perennial crops in the buffer zone of Ta Dung National Park based on the detailed land mapping unit (LMU), FAO's land suitability classification method combined with nonlinear planning. The main data layers used to build LMU include soil type, rock outcrops, soil texture, terrain slope, and irrigation conditions. To increase the granularity of the LMU, a sub-layer is built based on the distance to the road and the Strahler order of the sub-basin. According to the land suitability classification, it shows that coffee has a low degree of suitability in this area, on the contrary, macadamia and durian are very suitable and need to convert part of the cultivated land coffee to these crops. With a land use plan determined based on nonlinear planning methods with constraints on area of land use types, production costs and objective function is profit or benefit-cost ratio, the area percentage of area of durian, coffee and intercropping of coffee with macadamia was determined to be 30%, 50% and 20% respectively. The land use plan map also shows the economic efficiency of these crop area ratios, although there is an increase in production costs of only 9% but net profit has increased by over 40%. Increased economic efficiency will contribute to stabilizing people's lives and limiting negative impacts on the landscape from livelihood activities.

Keywords: Land evaluation, land mapping unit, land utilization type, land suitability.