



Phân mảnh ruộng lúa và đầu tư công nghệ nông nghiệp chính xác tại Đồng bằng sông Cửu Long

TRẦN ĐỨC LUÂN ^{*}, ^a, LÊ THANH LOAN ^b, PHÙNG NGỌC TRIỀU ^c

^a Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh

^b Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh

^c Trường Đại học An Giang

THÔNG TIN	TÓM TẮT
Ngày nhận: 13/10/2024 Ngày nhận lại: 19/5/2025 Duyệt đăng: 19/05/2025 Mã phân loại JEL: O13; Q15. Từ khóa: Canh tác lúa; Đồng bằng sông Cửu Long; Công nghệ san laser; Phân mảnh; Tiểu vùng. Keywords: Paddy production; Mekong Delta region; Laser land leveling;	Nghiên cứu này phân tích tác động của phân mảnh ruộng lúa tại Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) lên quyết định đầu tư công nghệ san phẳng mặt ruộng được điều khiển bằng laser (gọi tắt là LLL) đi kèm với quyết định nhập thửa hoặc xây dựng tiểu vùng canh tác lúa và thách thức trong xây dựng tiểu vùng canh tác lúa tại ĐBSCL. Nghiên cứu sử dụng phương pháp thống kê mô tả và phân tích One-way ANOVA với quy mô mẫu 303 hộ canh tác lúa tại tỉnh An Giang và Kiên Giang. Sự phân mảnh ruộng lúa được xác định bằng chỉ tiêu Simpson ở các mức độ khác nhau trong phạm vi từ 0 đến 1. Kết quả phân tích phương sai một yếu tố cho thấy không có sự khác biệt về mức sẵn lòng trả cho việc đầu tư công nghệ LLL theo các mức độ phân mảnh khác nhau. Như vậy, việc triển khai công nghệ này cần tập trung vào các yêu cầu khác như tính sẵn có của dịch vụ cung cấp, điều tiết mùa vụ phù hợp để triển khai công nghệ và yêu cầu về thời tiết. Để xây dựng được tiểu vùng canh tác lúa, đòi hỏi không chỉ sự đầu tư của từng hộ, mà còn nhiều nỗ lực của các cơ quan khác nhau để đáp ứng các lo ngại về địa chính, về tổ chức hệ thống canh tác đồng loạt, hỗ trợ chi phí cũng như kêu gọi hợp tác của các nông hộ. Abstract This study investigates the impacts of paddy field fragmentation in the Mekong Delta on decision-making regarding investment in laser land leveling (LLL) technology, as well as the challenges associated with

^{*} Tác giả liên hệ.

Biên tập viên: Nguyễn Thị Hồng Cẩm.

Email: luantd@hcmuaf.edu.vn (Trần Đức Luân), loanlt@ueh.edu.vn (Lê Thanh Loan), pntrieu@agu.edu.vn (Phùng Ngọc Triều).

Trích dẫn bài viết: Trần Đức Luân, Lê Thanh Loan, & Phùng Ngọc Triều. (2025). Phân mảnh ruộng lúa và đầu tư công nghệ nông nghiệp chính xác tại Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Nghiên cứu Kinh tế và Kinh doanh Châu Á*, 36(4), 20-35.

Fragmentation;
Sub-region.

constructing sub-regions from several farmers' paddy plots within the delta. Utilizing the descriptive statistics and One-way ANOVA analysis based on a sample of 303 households across An Giang and Kien Giang provinces. Paddy field fragmentation is prevalent across a spectrum, with the Simpson index ranging from 0 to 1. The results of One-way ANOVA analysis show that there is no statistically significant difference in willingness to pay for the LLL technology at various levels of fragmentation. Therefore, promoting LLL technology should consider additional factors such as the availability of service providers, appropriate seasonal timing for implementation, and weather conditions. Establishing a rice farming sub-region requires not only the investment from individual farming households but also extensive efforts from various official agencies to address cadastral issues, organize coordinated farming systems, support associated costs, and foster cooperation among farmers.

1. Giới thiệu

Canh tác lúa đóng vai trò quan trọng trong ngành nông nghiệp Việt Nam với diện tích chiếm trên 65% tổng diện tích cây hàng năm trong giai đoạn 2018–2023¹, và đưa Việt Nam trở thành nước xuất khẩu gạo đứng thứ ba trên thế giới trong năm 2023². Trong giai đoạn 2018–2023, Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) chiếm 55% tổng diện tích và 57% tổng sản lượng của cả nước³. Chính vì vậy, biện pháp thực hiện các công nghệ nông nghiệp là cần thiết đối với canh tác lúa tại ĐBSCL (Friha và cộng sự, 2021).

Công nghệ nông nghiệp chính xác là một biện pháp không thể thiếu trong bối cảnh biến đổi khí hậu đối với hoạt động nông nghiệp (Li, 2023; Khan và cộng sự, 2021; Thompson và cộng sự, 2019). Việc áp dụng công nghệ chính xác về san phẳng mặt ruộng giúp nâng cao hiệu quả sản xuất là rất quan trọng trong hoàn cảnh khan hiếm nước, giảm độ phì của đất và sử dụng quá mức đầu vào để duy trì sản lượng nông nghiệp (Chen và cộng sự, 2024; Ren và cộng sự, 2023; Li và cộng sự, 2023).

Công nghệ san phẳng mặt ruộng được điều khiển bằng laser (Laser Land Leveling – LLL) được coi là phù hợp cho sản xuất lúa không chỉ để thích ứng với rủi ro khí hậu, giảm thiểu phát thải khí nhà kính mà còn tăng năng suất và hiệu quả sử dụng tài nguyên (Chen và cộng sự, 2024; Pal và cộng sự, 2022; Kumar và cộng sự, 2021; Kakraliya và cộng sự, 2018). Công nghệ LLL có thể được kết hợp với kỹ thuật tưới và khô xen kẽ, tăng hiệu quả sử dụng đầu vào nông nghiệp và giảm thiểu phát thải khí nhà kính (Chen và cộng sự, 2024; Le, 2021).

Các nghiên cứu về phân mảnh ruộng đất tập trung vào tác động của nó đối với năng suất nông nghiệp (Alemu và cộng sự, 2017; Looga và cộng sự, 2018), chi phí và lợi nhuận (Manjunatha và cộng sự, 2013; Wang và cộng sự, 2020a), hiệu quả kỹ thuật (Zhou và cộng sự, 2024), và các hoạt động nông nghiệp (Lu và cộng sự, 2022; Wang và cộng sự, 2020b). Tổng quan tài liệu cho thấy khoảng

¹ Tham khảo từ <https://www.gso.gov.vn/nong-lam-nghiep-va-thuy-san/>

² Tham khảo từ <https://www.statista.com/statistics/255947/top-rice-exporting-countries-worldwide-2011/>

³ Tham khảo từ <https://www.gso.gov.vn/nong-lam-nghiep-va-thuy-san/>

trồng nghiên cứu phân tích ảnh hưởng của phân mảnh đến quyết định đầu tư công nghệ nông nghiệp chính xác, cụ thể là trong sản xuất lúa. Ở Việt Nam, từ xưa, nông dân dùng phương pháp thủ công như cuốc, vát, sức trâu bò và lao động để san mặt ruộng thửa đất nhỏ. Đối với thửa đất lớn, nông dân dùng máy kéo kết hợp thiết bị tẩm ván gỗ hoặc dàn trang móc ở phía sau để chuyển đất từ nơi gò xuống nơi trũng. Ở mùa mưa, nông dân lấy mặt nước làm chuẩn và dùng máy kéo bánh lồng để san mặt ruộng. Cách áp dụng phương tiện cơ giới sẽ tiết kiệm thời gian hơn phương pháp thủ công nhưng độ chính xác vẫn chưa cao (Nguyễn Văn Hùng và cộng sự, 2013). Với công nghệ san phẳng mặt ruộng bằng laser, máy kéo kèm theo thiết bị định vị laser, xác định rõ nơi gò, nơi trũng nên giúp việc chuyển đất chính xác hơn. Ngoài ra, công nghệ san phẳng laser vận hành thuận lợi cho những thửa đất không quá nhỏ, vùng canh tác lúa liền canh tương đối lớn và là điều kiện phổ biến ở hầu hết các tỉnh của ĐBSCL (Nguyễn Văn Hùng và cộng sự, 2013). Do vậy, công nghệ LLL phù hợp với bối cảnh Việt Nam, đặc biệt là tại địa bàn nghiên cứu tỉnh An Giang và Kiên Giang.

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm phân tích các đặc điểm phân mảnh của ruộng lúa đi kèm với quyết định gộp thửa hoặc xây dựng tiểu vùng canh tác lúa tại ĐBSCL, chứng minh sự khác biệt về mức sẵn lòng trả giữa các mức độ phân mảnh với giả thuyết sự phân mảnh càng cao thì sẽ càng cản trở nông dân đầu tư công nghệ cho đồng ruộng của họ. Nghiên cứu bổ sung vào tổng quan tài liệu về phân tích ảnh hưởng của tính phân mảnh của thửa đất lên quyết định đầu tư công nghệ nông nghiệp chính xác, phân tích tính khả thi và các thách thức trong việc xây dựng tiểu vùng canh tác lúa tại ĐBSCL.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Khái niệm phân mảnh ruộng đất

Khái niệm phân mảnh ruộng đất thường được chọn đại diện phân tích thông qua 6 yếu tố gồm: tổng diện tích đất nông nghiệp, số thửa, diện tích thửa, hình dạng thửa, sự phân bố không gian và quy mô của các thửa (Nguyen & Warr, 2020; Janus và cộng sự, 2018). Các nghiên cứu trước thường sử dụng các chỉ tiêu như: (1) Kích thước thửa ruộng trung bình (avpls), (2) chỉ số Januszewski (janus), và (3) chỉ số Simpson (Simps) (Nguyen & Warr, 2020; Liu và cộng sự, 2022).

$$\text{avpls}_i = \frac{A_i}{K_i}; \quad \text{janus}_i = \frac{\sqrt{A_i}}{\sum_{k=1}^{K_i} \sqrt{a_k}}; \quad \text{simps}_i = 1 - \frac{\sum_{k=1}^{K_i} a_k^2}{A_i^2}$$

Trong đó: A_i là tổng diện tích lúa hộ i ; k là thửa đất lúa thứ k của hộ ($k = 1, 2, \dots, K_i$); K_i là tổng số thửa đất lúa của hộ i ; a_k là diện tích thửa đất lúa thứ k . Chỉ tiêu kích thước thửa trung bình (avpls) được tính bằng cách chia tổng diện tích đất cho số thửa; Chỉ số Simpson và Janus nằm trong khoảng từ 0 đến 1 và tính đến 4 trong 6 yếu tố phân mảnh đất, bỏ qua yếu tố về hình dạng thửa và phân bố không gian. Về lý thuyết, chỉ số Janus càng gần 1 thì sự phân mảnh càng thấp, còn chỉ số Simpson thì ngược lại. Ví dụ: Nông dân có 1 thửa lúa thì chỉ số Simpson sẽ bằng 0, nếu nông dân có nhiều thửa và diện tích các thửa chênh lệch đáng kể thì chỉ số Simpson sẽ tiến đến 1.

2.2. *Lý thuyết tối đa hóa lợi ích*

Nghiên cứu này dựa trên lý thuyết tối đa hóa lợi ích (Utility Maximization Theory) xác định mức sẵn lòng trả áp dụng công nghệ LLL của nông dân. Lý thuyết tối đa hóa lợi ích cho thấy nông dân đưa ra quyết định dựa trên việc tối đa hóa sự hài lòng hoặc lợi ích của họ, xem xét sự đánh đổi giữa chi phí và lợi ích (Adesina & Zinnah, 1993; Lybbert và cộng sự, 2018; Cishahayo và cộng sự, 2024). Một số nghiên cứu đã khẳng định sự phù hợp của quy tắc quyết định tối đa hóa lợi ích với các chiến lược thích ứng nâng cao năng suất, chẳng hạn như: áp dụng các giống năng suất cao và tăng cường sử dụng phân bón, với hiệu suất mô hình nói chung tăng lên theo quy mô trang trại (Sanga và cộng sự, 2021). Các quyết định của nông dân thường tồn tại trong phạm vi canh tác để sinh tồn và sinh lời thương mại, tùy thuộc vào quy mô trang trại (Stringer và cộng sự, 2020). Về cơ bản, nông dân đưa ra quyết định mức sẵn lòng trả cho áp dụng công nghệ LLL tùy thuộc vào lợi ích mong đợi và các yếu tố tác động đến hiệu quả của áp dụng công nghệ.

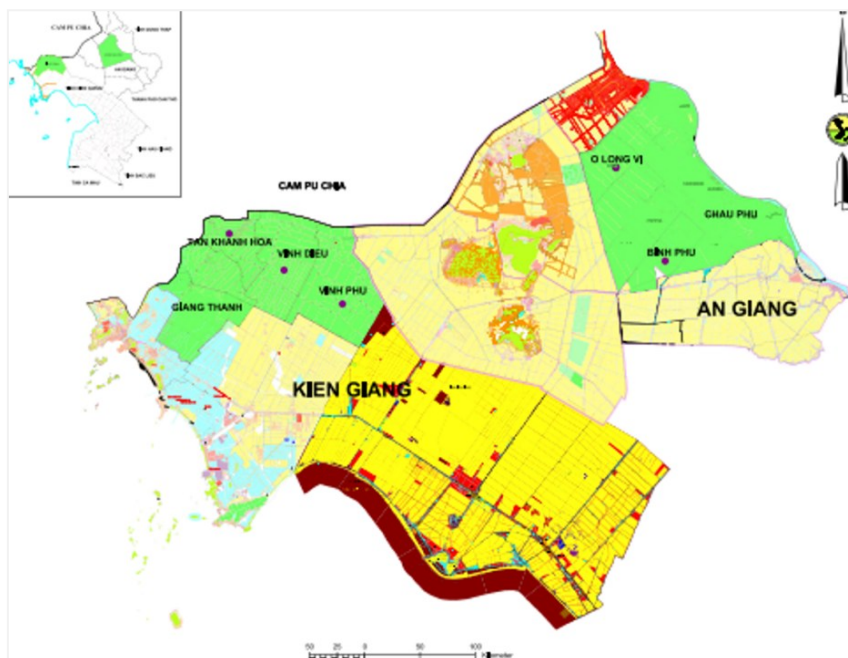
Mối quan hệ giữa phân mảnh đất đai và việc áp dụng công nghệ nông nghiệp mới rất phức tạp và nhiều mặt, như đã được chứng minh qua một số nghiên cứu. Zhou và cộng sự (2024) nhấn mạnh rằng quy mô thửa đất nhỏ cản trở quá trình cơ giới hóa, điều này rất quan trọng đối với các hoạt động nông nghiệp hiện đại. Sự kém hiệu quả phát sinh từ việc quản lý các mảnh đất nhỏ rải rác và đa dạng, làm phức tạp việc triển khai các công nghệ mới và làm giảm hiệu quả kỹ thuật trong thực hành canh tác. Mặt khác, Chi và cộng sự (2022) lập luận rằng tình trạng phân mảnh đất đai dẫn đến sự phức tạp trong vận hành và chi phí quản lý cao hơn đối với các mảnh đất nhỏ hơn, càng hạn chế việc áp dụng công nghệ nông nghiệp. Tuy nhiên, một khía cạnh tích cực tương phản được xác định bởi Cishahayo và cộng sự (2024) về sự phân mảnh đất đai tác động đến cường độ áp dụng công nghệ nông nghiệp thông minh của nông dân. Sự phân mảnh có thể tăng cường việc áp dụng các phương pháp thực hành nông nghiệp thông minh với khí hậu. Điều này cho thấy rằng mặc dù sự phân mảnh thường đặt ra những thách thức đối với việc áp dụng công nghệ truyền thống, nhưng nó có thể đồng thời khuyến khích các hoạt động đổi mới nhằm thích ứng với biến đổi khí hậu.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. *Chọn địa điểm nghiên cứu và thu thập số liệu*

An Giang và Kiên Giang được chọn để đại diện cho ĐBSCL do hai tỉnh này có diện tích trồng lúa lớn nhất và phản ánh khá đầy đủ sự khác biệt về trình độ áp dụng công nghệ và kỹ thuật, hệ thống tưới tiêu, mức độ bằng phẳng của ruộng lúa và các chính sách khuyến nông (Lampayan và cộng sự, 2015). Mỗi tỉnh chọn một huyện, mỗi huyện chọn hai xã đại diện. Tiêu chí chọn xã cần đáp ứng điều kiện về tính không phổ biến của công nghệ LLL tại thời điểm khảo sát năm 2019 và đa số thửa ruộng có diện tích trên 1000 m² (quy mô tối thiểu để áp dụng công nghệ LLL). Sau khi chọn địa điểm, nông dân canh tác lúa được mời tham gia hội thảo giới thiệu công nghệ LLL được tổ chức ở các xã được chọn. Tiếp theo, phỏng vấn viên tiến hành phỏng vấn trực tiếp nông dân bằng bảng hỏi soạn sẵn với kích thước mẫu gồm 303 hộ canh tác lúa. Nội dung câu hỏi tập trung vào đặc điểm nhân khẩu học, tài sản sinh kế, đặc điểm từng thửa đất lúa, đầu giá sẵn lòng trả cho công nghệ LLL và các vấn đề khác liên quan đến canh tác lúa. Cụ thể, tỉnh An Giang chọn ngẫu nhiên 51 hộ ở xã Bình Phú và 56 hộ ở xã Ô Long Vỹ của huyện Châu Phú, tỉnh Kiên Giang chọn 105 hộ ở xã Vĩnh Phú và 91 hộ ở xã

Tân Khánh Hòa thuộc huyện Giang Thành. Điểm khác biệt đó là, đất lúa ở huyện Châu Phú được nông dân canh tác ổn định từ rất lâu, trong khi đó, phần lớn đất ở huyện Giang Thành được đưa vào canh tác lúa từ khi có Quyết định số 1997-1999/QĐ-UB ngày 4/10/1999 của UBND tỉnh Kiên Giang về việc khuyến khích khai thác và sử dụng đất hoang.



Hình 1. Địa điểm khảo sát tại tỉnh An Giang và tỉnh Kiên Giang

Nguồn: Sở tài nguyên môi trường tỉnh An Giang và tỉnh Kiên Giang⁴

3.2. Thiết kế thí nghiệm đấu giá mức sẵn lòng trả

Nghiên cứu này sử dụng tiếp cận của Lybbert và cộng sự (2018) để thực hiện khảo sát mức sẵn lòng trả (WTP) cho công nghệ LLL thông qua đấu giá thí nghiệm. Theo đó, phương pháp thí nghiệm đấu giá theo kiểu Becker-DeGroot-Marschak (BDM) được áp dụng nhằm thu thập mức WTP tương ứng mức sinh lợi kỳ vọng khi áp dụng công nghệ LLL. Để đạt được mục tiêu này, trong phương pháp đấu giá BDM, nông hộ được phỏng vấn cá nhân mức WTP và được xác định trúng đấu giá hay không theo một mức giá niêm phong được xác định trước chứ không phải theo mức đấu giá của các cá nhân khác (Becker và cộng sự, 1964; Demont & Ndour, 2015). Mức đấu giá niêm phong được xác định trước trong phân tích này là 400.000 đồng/1 giờ máy, là mức giá phù hợp với dịch vụ LLL được cung cấp tại ĐBSCL tại thời điểm nghiên cứu.

Về thiết kế thí nghiệm, nông dân thực hiện đấu giá cá nhân và đảm bảo tính riêng tư. Đầu tiên, phỏng vấn viên giới thiệu phương pháp đấu giá, cho nông dân thực hành đấu giá mua vọt muối để hiểu cách đấu giá. Sau đó, phỏng vấn viên yêu cầu nông dân chọn thừa và ước tính số giờ thuê thực

⁴ Tham khảo từ Bản đồ hành chính tỉnh An Giang: <https://sotainnguyenmt.angiang.gov.vn/QHSDDat.aspx?IdH=HC>, và Bản đồ hành chính tỉnh Kiên Giang: và <https://stnmt.kien Giang.gov.vn/trang/datdai.aspx#>

hiện dịch vụ LLL trên thửa đó. Việc này giúp nông dân ước tính chi phí phải trả khi thuê dịch vụ LLL. Giá thuê áp dụng khi đầu giá là các mức 100, 200, 300, 400, 450, 500, 550, 600, 700 và 800 nghìn đồng/giờ LLL. Khung giá này được xây dựng sau khi tham khảo giá thị trường tại thời điểm bắt đầu nghiên cứu 400–700 nghìn đồng/giờ LLL. Các mức giá dưới mức giá thị trường được xác định để phản ánh đa dạng khả năng tài chính của nông dân và sự hỗ trợ tài chính có thể có từ các nguồn khác. Nông dân được hỏi có sẵn lòng áp dụng LLL trên thửa ruộng cụ thể, lần lượt tại mỗi mức giá, cho đến mức giá mà họ thay đổi ý định áp dụng. Mức giá cuối cùng trước khi thay đổi ý định được xem là mức WTP cao nhất của nông dân cho dịch vụ LLL trên thửa ruộng được đầu giá.

3.3. Phương pháp phân tích

Từ dữ liệu khảo sát hộ, phương pháp thống kê mô tả được sử dụng để phân tích đặc điểm của nông dân, đặc điểm canh tác lúa, tính phân mảnh và mức sẵn lòng đầu tư áp dụng công nghệ LLL theo 3 kịch bản đầu giá: (1) San riêng từng thửa của hộ, (2) San và gộp các thửa của hộ, và (3) San và gộp các thửa từ nhiều hộ để xây dựng tiểu vùng canh tác lúa. Dựa vào chỉ tiêu Simpson, tính chất phân mảnh được chia làm 3 nhóm (theo mức độ phân mảnh từ thấp lên cao) với tỷ lệ hộ khá tương đồng nhau: (1) $Simps = 0$; (2) $0 < Simps < 0,6$; và (3) $Simps > 0,6$. Các mức WTP cao nhất của từng hộ, theo từng kịch bản sẽ được sử dụng để tính giá trị trung bình WTP của mẫu nghiên cứu. Sau đó, nghiên cứu này áp dụng phương pháp phân tích phương sai một yếu tố (One-way ANOVA) để kiểm định sự khác biệt về WTP trung bình theo ba nhóm phân mảnh, từ đó đối sánh kết quả và thảo luận với các nghiên cứu trước.

4. Kết quả nghiên cứu

4.1. Đặc điểm canh tác lúa tại địa bàn khảo sát

Bảng 1.

Đặc điểm nông dân canh tác lúa

Đơn vị tính: % tổng nông dân được khảo sát				
Chỉ tiêu	Đo lường	An Giang ($n_1=107$)	Kiên Giang ($n_2=196$)	Tổng mẫu ($n_{12}=303$)
Độ tuổi	< 35 tuổi	9,346	14,796	12,871
	35–50 tuổi	33,645	50,510	44,554
	≥ 50 tuổi	57,009	34,694	42,574
Giới tính	Nữ	0,935	12,245	8,251
	Nam	99,065	87,755	91,749
Học vấn	Không biết chữ	4,673	5,612	5,281
	Tiểu học	45,794	40,306	42,244
	Phổ thông cơ sở	29,907	41,327	37,294
	Phổ thông trung học	12,150	10,714	11,221
	Cấp học cao hơn	7,477	2,041	3,960

Chỉ tiêu	Đo lường	An Giang (n ₁ =107)	Kiên Giang (n ₂ =196)	Tổng mẫu (n ₁₂ =303)
Kinh nghiệm canh tác lúa	< 10 năm	12,150	27,551	22,112
	10–20 năm	35,514	39,286	37,954
	20–30 năm	28,972	22,449	24,752
	≥ 30 năm	23,364	10,714	15,182
Tập huấn kỹ thuật canh tác lúa trong năm qua	0 lần	40,187	36,224	37,624
	1–3 lần	41,121	39,286	39,934
	4–6 lần	14,019	18,878	17,162
	≥ 7 lần	4,673	5,612	5,281
Tổng		100,000	100,000	100,000

Nông dân canh tác ruộng lúa là người quyết định chính và đại diện cho hộ khảo sát (Bảng 1). Độ tuổi dưới 35 chiếm tỷ lệ 12,871%, và 87,128% còn lại từ 35 tuổi trở lên, trình độ học vấn phổ biến là cấp 1 và cấp 2 với tỷ lệ gộp chung 79,538%. Điều này đặt ra các thách thức trong việc tiếp cận khoa học kỹ thuật trong bối cảnh nền kinh tế số để xây dựng nền nông nghiệp phát triển bền vững. Số năm kinh nghiệm canh tác lúa của nông dân từ 10 năm trở lên được ghi nhận khá cao, chiếm 77,888%. Bên cạnh đó, công tác tập huấn canh tác lúa chưa thật sự thu hút được nông dân canh tác lúa với 37,624% tỷ lệ nông dân không tham gia tập huấn trong vòng 1 năm. Các đặc trưng của nông dân canh tác lúa không có sự khác biệt đáng kể giữa 2 tỉnh khảo sát An Giang và Kiên Giang.

Bảng 2.

Đặc điểm canh tác lúa

Đơn vị tính: % tổng số thửa lúa

Chỉ tiêu	Đo lường	An Giang (n ₃ =268)	Kiên Giang (n ₄ =496)	Tổng (n ₃₄ =764)
Kỹ thuật canh tác lúa	= 1 nếu 1P6G	0,373	0,000	0,131
	nếu 1P5G	26,886	15,323	19,372
	nếu 3G3T	11,194	9,879	10,340
	nếu IPM	0,746	0,202	0,393
	= 0 nếu theo kinh nghiệm	60,821	74,597	69,764
Tính chất đất canh tác	= 1 không phèn và không mặn	65,299	26,008	39,791
	= 0 tính chất khác	34,701	73,992	60,209
Tưới tiêu hợp tác xã	= 1 nếu có	70,522	4,435	27,618
	= 0 nếu không	29,478	95,565	72,382
Số vụ canh tác lúa trong năm	= 1 nếu 3 vụ/năm	77,985	13,911	36,387
	= 0 nếu 2 vụ/năm	22,015	86,089	63,613

Về đặc điểm canh tác lúa, kỹ thuật sản xuất lúa theo kinh nghiệm được nông dân áp dụng phổ biến với tỷ lệ 69,764% trong tổng số thửa lúa của mẫu điều tra (Bảng 2). Tỷ lệ áp dụng kỹ thuật một phải năm giảm (1P5G) và ba giảm ba tăng (3G3T) chiếm 29,712%; quản lý dịch hại tổng hợp (IPM) là 0,393%; kỹ thuật một phải sáu giảm (1P6G) chỉ 0,131%. Đất không bị phèn và không nhiễm mặn chiếm tỷ lệ 39,791% và tính chất phèn mặn phổ biến ở tỉnh Kiên Giang hơn. Hệ thống tưới tiêu ruộng lúa có sự khác biệt lớn giữa hai tỉnh khảo sát. Kiên Giang phổ biến hình thức nông dân tự tưới tiêu, trong khi đó, phần lớn các thửa lúa ở An Giang được tổ chức tưới tiêu theo hợp tác xã. Ở Kiên Giang phổ biến canh tác 2 vụ lúa trong năm, còn ở An Giang thì phổ biến 3 vụ lúa. Như vậy, mẫu khảo sát phản ánh sự khác nhau các đặc điểm canh tác lúa ở hai tỉnh, đại diện cho sự đa dạng về tính chất đất đai, tưới tiêu và số vụ lúa canh tác trong năm tại ĐBSCL.

4.2. Đặc điểm phân mảnh đồng ruộng lúa

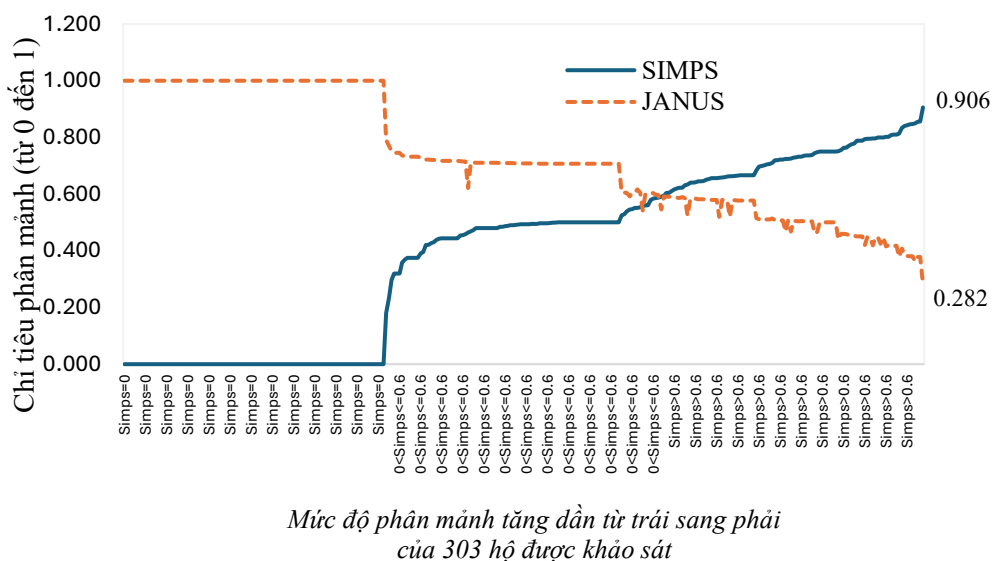
Bảng 3.

Đặc điểm phân mảnh đồng ruộng lúa

<i>Đơn vị tính: % tổng số hộ khảo sát</i>				
Chỉ tiêu	Đo lường	An Giang (n ₁ =107)	Kiên Giang (n ₂ =196)	Tổng mẫu (n ₁₂ =303)
Quy mô diện tích đất lúa	< 2,5 ha/hộ	52,336	32,653	39,604
	2,5–5,0 ha/hộ	32,710	35,714	34,653
	≥ 5,0 ha/hộ	14,953	31,633	25,743
	<u>Trung bình (ha/hộ)</u>	<u>3,048</u>	<u>5,051</u>	<u>4,344</u>
Số thửa lúa	1 thửa/hộ	32,710	32,653	32,673
	2–3 thửa/hộ	42,056	45,918	44,554
	4–5 thửa/hộ	21,495	13,776	16,502
	≥ 6 thửa/hộ	3,738	7,653	6,271
	<u>Trung bình (thửa/hộ)</u>	<u>2,505</u>	<u>2,531</u>	<u>2,522</u>
Chỉ tiêu phân mảnh Simpson	0	32,710	32,653	32,673
	> 0 đến 0,6	36,449	34,184	34,983
	> 0,6	30,841	33,163	32,343
	<u>Trung bình Simpson</u>	<u>0,400</u>	<u>0,401</u>	<u>0,401</u>
Tổng		100,000	100,000	100,000

Diện tích lúa trung bình mỗi hộ của mẫu khảo sát là 4,344 ha, trong đó An Giang là 3,048 ha/hộ và Kiên Giang là 5,051 ha/hộ (Bảng 3). Khi diện tích lúa được chia thành 3 quy mô (dưới 2,5 ha; từ 2,5 đến dưới 5 ha; từ 5 ha trở lên) thì tỷ lệ phân bố hộ khá đều ở Kiên Giang nhưng ở An Giang thì chỉ có 14,953% số hộ có quy mô diện tích trên 5 ha. Số liệu thống kê cho thấy 77,227% số hộ có từ

1–3 thửa lúa. Như vậy, diện tích lúa trung bình mỗi nông hộ ở tỉnh Kiên Giang cao hơn các nông hộ tỉnh An Giang khoảng 2 ha. Điều thú vị là tỷ lệ nông hộ có 1 thửa ở hai tỉnh này là tương đồng nhau. Trong khi tỷ lệ nông hộ ở An Giang có 4–5 thửa nhiều hơn Kiên Giang, còn tỷ lệ nông hộ có 6 thửa trở lên thì thấp hơn. Chỉ tiêu Simpson cho thấy tính phân mảnh tương đối dàn trải, giá trị trung bình Simps là 0,401; thấp nhất là 0 và cao nhất là 0,906. Dựa vào dữ liệu Simpson, mẫu nghiên cứu được chia thành 3 nhóm theo mức độ tăng dần của sự phân mảnh và điều hướng cơ cấu hộ ở mỗi nhóm khá tương đồng về số quan sát, đảm bảo quy luật số lớn (hơn 30 quan sát mỗi nhóm) để kiểm định thống kê. Theo đó, nông hộ có Simpson bằng 0 là hộ chỉ có 1 thửa đất, tức là không phân mảnh; hộ có chỉ tiêu Simpson lớn hơn 0 cho đến 0,6 được xếp vào nhóm phân mảnh trung bình; hộ có Simpson lớn hơn 0,6 thì xếp vào nhóm hộ có mức độ phân mảnh cao.



Hình 2. Mối quan hệ phân mảnh giữa chỉ tiêu Simpson và Janus

Dựa vào dữ liệu khảo sát, chỉ tiêu Simpson và Janus được tính theo công thức ở Mục 2.1, và mối quan hệ nghịch nhau giữa chúng được thể hiện ở Hình 2. Nông hộ có Simpson bằng 0 thì sẽ có Janus bằng 1; nông hộ có Simpson càng lớn thì càng phân mảnh, ngược lại, Janus càng nhỏ thì độ phân mảnh càng cao. Trong Hình 2, hộ có Simpson lớn nhất là 0,906 thì sẽ tương ứng với Janus nhỏ nhất là 0,282. Như vậy, dữ liệu nghiên cứu thực nghiệm có sự nhất quán về lý thuyết của chỉ tiêu Simpson và Janus. Do đó, nghiên cứu này thống nhất sử dụng chỉ tiêu Simpson để đo lường mức độ phân mảnh ruộng đất.

4.3. Phân mảnh và mức sẵn lòng đầu tư công nghệ san phẳng ruộng lúa bằng laser

Thông tin về công nghệ LLL được nhóm nghiên cứu giới thiệu cho nông dân thông qua nhiều buổi hội thảo được tổ chức ở các phòng họp của Ủy ban Nhân dân các xã, trụ sở văn phòng ấp hoặc địa điểm dân cư thuận lợi khác. Ở thời điểm nghiên cứu, địa bàn được chọn (An Giang và Kiên Giang) chưa có công nghệ LLL và cũng chưa có mô hình thí điểm LLL nên không có dữ liệu lợi ích - chi phí thực tế tại địa phương để nông dân tham khảo. Thay vào đó, những thông tin từ tỉnh khác của Việt

Nam có áp dụng công nghệ LLL, chi phí thuê dịch vụ LLL và lợi ích LLL được nhóm nghiên cứu chia sẻ và phát tờ rơi (Brochure) tóm tắt cho nông dân tham dự tìm hiểu kỹ hơn. Khi gặp nông dân, nhóm nghiên cứu luôn giữ thái độ trung lập, không quảng cáo, không marketing hay mục đích kinh doanh công nghệ/dịch vụ LLL. Sau khi nông dân hiểu được công nghệ LLL, phỏng vấn viên tiến hành khảo sát nhu cầu và mức sẵn lòng đầu tư công nghệ LLL của nông hộ bằng phương pháp đấu giá thí nghiệm Becker-DeGroot-Marschak (BDM) như đã trình bày ở Mục 3.2.

Bảng 4.

Tỷ lệ nông hộ tham gia đấu giá thí nghiệm theo ba kịch bản triển khai

Số thửa đấu giá WTP để đầu tư công nghệ LLL (thửa/hộ)	<u>Kịch bản 1</u>		<u>Kịch bản 2</u>		<u>Kịch bản 3</u>	
	Riêng từng thửa của hộ		Gộp các thửa của hộ		Gộp các thửa từ nhiều hộ (tiểu vùng)	
	Số hộ	Tỷ lệ (%)	Số hộ	Tỷ lệ (%)	Số hộ	Tỷ lệ (%)
1	119	40,753	-	-	44	45,361
2	84	28,767	36	52,941	29	29,897
3	39	13,356	18	26,471	10	10,309
4	24	8,219	10	14,706	4	4,124
5	12	4,110	3	4,441	6	6,186
6	8	2,740	1	1,471	2	2,062
7	4	1,370	-	-	1	1,031
8	2	0,685	-	-	1	1,031
Tổng	292	100,000	68	100,000	97	100,000
Tỷ lệ hộ đấu giá trong mẫu khảo sát (%)	96,370		22,442		33,013	

Nông dân có thể không đấu giá đầu tư công nghệ LLL cho bất kỳ thửa đất nào của họ, hoặc cho 1 thửa, hoặc nhiều thửa hơn. Bảng 4 và Bảng 5 trình bày số liệu thống kê theo 3 kịch bản triển khai. Ở kịch bản 1, việc san phẳng mặt ruộng được áp dụng một cách độc lập theo từng thửa. Kịch bản 1 có 292 hộ đấu giá trong tổng số 303 hộ khảo sát, trong đó, 40,753% hộ đấu giá cho 1 thửa, 28,767% cho 2 thửa, 13,356% cho 3 thửa và tỷ lệ còn lại gộp nhiều thửa hơn. Tiếp theo là kịch bản 2, san phẳng mặt ruộng bằng cách gộp các thửa liền kề của hộ khi có nhu cầu. Kịch bản 2 có 68 hộ đấu giá trong tổng số 204 hộ đủ điều kiện có ít nhất 2 thửa liền kề để gộp thửa, trong đó có 52,941% hộ cần gộp 2 thửa, 26,471% gộp 3 thửa và tỷ lệ còn lại gồm hơn 3 thửa. Cuối cùng là kịch bản 3, các thửa liền kề của hộ khảo sát sẽ được san và gộp với thửa đất của hộ dân khác để xây dựng tiểu vùng canh tác lúa. Kịch bản 3 cho thấy, 97 hộ đấu giá gộp thửa với hộ khác, cụ thể có 45,361% gộp 1 thửa, 29,897% gộp 2 thửa, 10,309% gộp 3 thửa và tỷ lệ còn lại gộp từ 4 thửa trở lên với hộ khác.

Bảng 5.

Tỷ lệ hộ tham gia đấu giá theo từng kịch bản triển khai

Mức WTP (nghìn đồng/giờ LLL)	<u>Kịch bản 1</u>		<u>Kịch bản 2</u>		<u>Kịch bản 3</u>	
	Riêng từng thửa của hộ		Gộp các thửa của hộ		Gộp các thửa từ nhiều hộ (tiểu vùng)	
	Số hộ	Tỷ lệ (%)	Số hộ	Tỷ lệ (%)	Số hộ	Tỷ lệ (%)
< 100	2	0,685	-	-	-	-
100	24	8,219	7	10,294	11	11,340
200	47	16,096	11	16,176	11	11,340
300	74	25,342	17	25,000	26	26,804
400	57	19,521	17	25,000	19	19,588
450	32	10,959	7	10,294	14	14,433
500	33	11,301	3	4,412	7	7,216
550	7	2,397	2	2,941	3	3,093
≥ 600	16	5,479	4	5,882	6	6,186
Tổng	292	100,000	68	100,000	97	100,000
WTP trung bình (nghìn đồng/giờ LLL)	348,692		338,971		347,938	

Mức đầu tư công nghệ LLL của hộ khảo sát được thể hiện thông qua đấu giá số tiền sẵn lòng trả (WTP). Số tiền này được xem là đơn giá thuê dịch vụ mà nông hộ sẽ phải chi trả cho đơn vị cung cấp. WTP ở Bảng 5 là giá trị cao nhất mà nông hộ sẵn lòng trả theo từng kịch bản. Nhìn chung, hơn 60% hộ dân có mức WTP từ 300–450 nghìn đồng/giờ, giá trị trung bình WTP ở từng kịch bản thấp nhất là 338,971 và cao nhất là 348,692 nghìn đồng/giờ LLL. Điều này có nghĩa, ở các quy mô phân mảnh khác nhau, không có sự khác nhau đáng kể về mức độ đầu tư công nghệ LLL của hộ.

Bảng 6.

Sự khác biệt về mức sẵn lòng đầu tư công nghệ LLL theo mức độ phân mảnh

Mô tả WTP của Kịch bản 1 theo nhóm Simpson							
Nhóm	Số hộ	Tỷ lệ (%)	WTP (nghìn đ/giờ LLL)				
			Trung bình	Độ lệch chuẩn	Sai số chuẩn	Nhỏ nhất	Cao nhất
[1] Simpson = 0	93	31,849	342,882	141,188	14,641	90	700
[2] $0 < \text{Simpson} < 0,6$	103	35,274	358,252	141,957	13,987	100	700
[3] Simpson ≥ 0,6	96	32,877	344,063	136,286	13,910	80	600
Tính chung	292	100,000	348,692	139,569	8,168	80	700

Phân tích phương sai một yếu tố ^(*)					
Chi tiêu	Tổng bình phương	Bậc tự do	Trung bình bình phương	Thống kê F	Mức Sig.
Giữa các nhóm	14.617	2	7.309	0,374	0,689
Trong nhóm	5.654.188	289	19.565		
Tổng	5.668.805	291			

Ghi chú: (*) Kiểm định về phương sai đồng nhất cho thấy giá trị Sig của thống kê Levene bằng 0,864 nên phương sai WTP giữa các nhóm phân mảnh bằng nhau; Đồ thị histogram cũng cho thấy dữ liệu WTP xấp xỉ phân phối chuẩn.

Sự phân mảnh đất đai là một yếu tố cản trở đầu tư trong lĩnh vực nông nghiệp (Chi và cộng sự, 2022; Zhou và cộng sự, 2024). Tuy nhiên, nghiên cứu này đem lại góc nhìn khác hơn. Đầu tiên, dữ liệu WTP theo 3 nhóm phân mảnh Simpson của kịch bản 1 có phương sai bằng nhau (vì giá trị Sig của thống kê Levene lớn hơn mức ý nghĩa 5%). Thông qua đồ thị histogram, dữ liệu WTP có phân phối chuẩn nên đảm bảo điều kiện so sánh giá trị trung bình ở Bảng 6. Cụ thể, giá trị Sig của thống kê F khi phân tích phương sai một yếu tố ANOVA bằng 0,689 (lớn hơn mức ý nghĩa 5%) nên không có sự khác biệt về WTP trung bình giữa 3 nhóm phân mảnh Simpson. Tương tự, dữ liệu WTP cũng đảm bảo điều kiện áp dụng phân tích ANOVA cho kịch bản 2 “Gộp các thửa của hộ” và kịch bản 3 “Tiểu vùng”, kết quả cho thấy giá trị Sig của kiểm định F lần lượt là 0,464 và 0,593 nên cũng đi đến kết luận không có sự khác biệt về WTP trung bình giữa các nhóm phân mảnh.

Như vậy, ở các nhóm phân mảnh khác nhau thì mức độ đầu tư (WTP trung bình) không có sự khác nhau. Theo lý thuyết, nông dân sẽ tìm cách tối đa hóa lợi ích khi đầu tư công nghệ LLL. Tuy nhiên, kết quả này khác với nghiên cứu của Chi và cộng sự (2022) và Zhou và cộng sự (2024). Điều này có thể được giải thích do việc đầu tư công nghệ LLL hứa hẹn đem lại sự tiết kiệm chi phí đầu vào, tăng hiệu quả sản xuất và cải thiện thu nhập cho nông hộ trồng lúa. Vì thế, công nghệ LLL được xem như là một lực đẩy, tạo động lực cho nông dân đầu tư và sẵn lòng chi trả để thuê dịch vụ LLL. Một góc nhìn khác, công nghệ LLL là mới mẻ với nông dân, ở địa bàn nghiên cứu chưa có mô hình trình diễn để nông dân tham khảo về tính hiệu quả của công nghệ này. Đây được xem như là một lực kéo làm cho nông dân e ngại đầu tư công nghệ LLL. Như vậy, mức độ đầu tư của nông hộ có thể đã chịu ảnh hưởng đồng thời bởi cả lực kéo và lực đẩy nên dẫn đến không có sự khác nhau về WTP trung bình khi so sánh giữa các nhóm phân mảnh.

4.4. Thách thức xây dựng tiểu vùng canh tác lúa cùng với việc đầu tư công nghệ LLL

Đối với tình huống xây dựng tiểu vùng bằng công nghệ LLL đòi hỏi sự phối hợp của nhiều nông hộ khác nhau để đạt được quy mô tiểu vùng từ 1–4 ha. Ở Bảng 7, với 303 hộ khảo sát thì có 97 hộ đồng ý tham gia đầu tư xây dựng tiểu vùng cùng với các hộ khác, chiếm 32,01% tổng số hộ khảo sát; phần còn lại có 206 hộ không tham gia đầu tư, chiếm 67,98% tổng số hộ khảo sát. Tỷ lệ hộ tham gia đầu tư xây dựng tiểu vùng ở tỉnh An Giang cao hơn tỉnh Kiên Giang, số liệu thống kê lần lượt là 42,056% và 26,531%.

Bảng 7.

Mức độ nông dân tham gia xây dựng tiểu vùng bằng công nghệ LLL

Đơn vị: % tổng hộ khảo sát

Xây dựng tiểu vùng	An Giang (n1=107)	Kiên Giang (n2=196)	Tổng mẫu (n12=303)
Tham gia	42,056	26,531	32,013
Không tham gia	57,944	73,469	67,987
Tổng	100,000	100,000	100,000

Bảng 8.

Lý do nông hộ không đầu tư xây dựng tiểu vùng

Lý do	Số lượt trả lời (Lượt)	Tỷ lệ (% tổng lượt)
Liên quan đến ranh đất: Sợ mất đất do phá ranh, xác định lại ranh không chính xác, tranh chấp khi phân ranh.	97	31,392
Liên quan đến sự mập mờ khác nhau giữa các thửa lo ngại mất lớp đất mặt màu mỡ, mất đất khi cào bằng đối với thửa gò.	62	20,065
Liên quan đến sự mập mờ khác nhau giữa các thửa đòi hỏi sự phân bổ chi phí san phải hợp lý.	52	16,828
Liên quan đến sự hợp tác: Người được phỏng vấn nghĩ là các hộ xung quanh không đồng ý.	49	15,858
Diện tích đất đã đủ lớn, không cần san chung để hình thành tiểu vùng.	40	12,945
Liên quan đến hệ thống đê bao, đường dẫn nước, kênh cao, kênh thấp và thực hành canh tác đồng loạt.	9	2,913
Tổng	309	100,000

Để tổ chức triển khai công nghệ nông nghiệp chính xác LLL đòi hỏi ruộng lúa có diện tích tương đối lớn. Bên cạnh đó, các trở ngại phổ biến liên quan đến triển khai công nghệ LLL bao gồm: chi phí LLL tăng cao nếu tính chất mập mờ của các thửa liền kề lớn, mức độ cào xới đất sâu ở khu vực gò có thể làm ảnh hưởng đến tính chất màu mỡ của đất đã hội tụ qua nhiều năm canh tác. Bảng 8 đã mô tả 309 lý do của 206 hộ không tham gia đầu tư xây dựng tiểu vùng do mỗi hộ có thể trả lời hơn một lý do. Xây dựng tiểu vùng làm cho nông dân lo ngại ranh giới đất chiếm tỷ lệ 31,392%, mất đất màu mỡ khi gộp với thửa đất của hộ khác với tỷ lệ 20,065%, các thay đổi về hệ thống đê bao khiến tưới tiêu không còn thuận lợi như trước, yêu cầu canh tác đồng loạt và sự hợp tác của các hộ khác.

5. Kết luận và khuyến nghị

Sản xuất lúa bền vững gắn với việc triển khai áp dụng hiệu quả các công nghệ nông nghiệp chính xác, trong đó công nghệ LLL là một công nghệ điển hình đặt ra các thách thức cần giải quyết khắc phục về tính manh mún, phân mảnh của đồng ruộng lúa hiện nay tại ĐBSCL. Nghiên cứu này đã phân tích các đặc điểm phân mảnh của đồng ruộng lúa tại ĐBSCL ảnh hưởng đến mức sẵn lòng đầu tư công nghệ san lấp mặt ruộng được điều khiển bằng laser và các thách thức trong vấn đề gộp thửa. Sự phân mảnh được đo lường bằng chỉ tiêu Simpson với giá trị trung bình là 0,401 đối với đồng ruộng lúa tại ĐBSCL. Phân tích phương sai một yếu tố cho thấy không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về WTP trung bình cho công nghệ LLL ở các nhóm phân mảnh khác nhau. Điều này có nghĩa là ở các quy mô tính chất phân mảnh khác nhau, không có sự khác nhau về mức độ chịu đầu tư san phẳng mặt ruộng lúa của hộ. Các cơ quan chức năng nên rà soát danh sách các đơn vị cung cấp dịch vụ LLL ở ĐBSCL, thống kê số lượng máy kéo và thiết bị laser sẵn có, khảo sát chất lượng vận hành công nghệ san laser của các đơn vị cung cấp để mời chuyên gia tập huấn, đào tạo nâng cao kỹ thuật san khi cần thiết. Ngoài ra, địa phương cần có chính sách khuyến khích, hỗ trợ thủ tục kinh doanh cho các nhà cung cấp hiện hữu hoặc kêu gọi các nhà đầu tư mới tham gia dịch vụ LLL nhằm tạo thị trường cung ứng cạnh tranh, sẵn sàng phục vụ cho nhiều nông dân có nhu cầu san trên diện rộng. Bên cạnh đó, công tác lập kế hoạch san laser là cần thiết, các bên liên quan cần thảo luận, thống nhất giá dịch vụ, quy mô diện tích cần san, chọn thời gian thi công và điều kiện thời tiết phù hợp, chuẩn bị đồng ruộng (giữ đất khô, vệ sinh ruộng...) cho từng vùng canh tác để việc thi công san laser được thuận lợi nhất.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này sử dụng số liệu từ Dự án được tài trợ bởi Cơ quan Hợp tác Phát triển Quốc tế Thụy Điển (SIDA) thông qua Trung tâm Môi trường cho Phát triển (EfD) tại Việt Nam. Mã số đề tài MS-546, thời gian triển khai đề tài 2020–2024.

Tài liệu tham khảo

- Adesina, A. A., & Zinnah, M. M. (1993). Technology characteristics, farmers' perceptions and adoption decisions: A Tobit model application in Sierra Leone. *Agricultural Economics*, 9(4), 297-311.
- Alemu, G. T., Ayele, Z. B., & Berhanu, A. A. (2017). Effects of land fragmentation on productivity in Northwestern Ethiopia. *Advances in Agriculture*. <https://doi.org/10.1155/2017/4509605>
- Becker, G. M., Degroot, M. H., & Marschak, J. (1964). Measuring utility by a single-response sequential method. *Behavioral Science*, 9(3), 226-232. <https://doi.org/10.1002/bs.3830090304>
- Chen, G., Hu, L., Luo, X., Wang, P., He, J., Huang, P., ... Tu, T. (2024). A review of global precision land-leveling technologies and implements: Current status, challenges and future trends. *Computers and Electronics in Agriculture*, 220, 108901. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108901>
- Chi, L., Han, S., Huan, M., Li, Y., & Liu, J. (2022). Land fragmentation, technology adoption and chemical fertilizer application: Evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 8147.

- Cishahayo, L., Zhu, Y., & Wang, F. (2024). Land fragmentation, adoption intensity of climate-smart agricultural practices, and economic performance of banana farmers in China. *Climate and Development*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/17565529.2024.2407357>
- Demont, M., & Ndour, M. (2015). Upgrading rice value chains: Experimental evidence from 11 African markets. *Global Food Security*, 5, 70-76.
- Janus, J., Mika, M., Leń, P., Siejka, M., & Taszakowski, J. (2018). A new approach to calculate the land fragmentation indicators taking into account the adjacent plots. *Survey Review*, 50(358), 1-7. <https://doi.org/10.1080/00396265.2016.1210362>
- Kakraliya, S. K., Jat, H. S., Singh, I., Sapkota, T. B., Singh, L. K., Sutaliya, J. M., ... Jat, M. L. (2018). Performance of portfolios of climate smart agriculture practices in a rice-wheat system of western Indo-Gangetic plains. *Agricultural Water Management*, 202, 122-133. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.02.020>
- Khan, N., Ray, R. L., Sargani, G. R., Ihtisham, M., Khayyam, M., & Ismail, S. (2021). Current progress and future prospects of agriculture technology: Gateway to sustainable agriculture. *Sustainability*, 13(9), 4883. <https://doi.org/10.3390/su13094883>
- Kumar, D., Bishnoi, D. K., Kumar, R., & Dhaka, A. K. (2021). Quantification of incremental benefits and change in input use pattern under laser land levelling in comparison with conventional land levelling in Haryana. *Economic Affairs*, 66(2), 259-263. <https://doi.org/10.46852/0424-2513.2.2021.11>
- Lampayan, R. M., Rejesus, R. M., Singleton, G. R., & Bouman, B. A. (2015). Adoption and economics of alternate wetting and drying water management for irrigated lowland rice. *Field Crops Research*, 170, 95-108. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.10.013>
- Le, L. T. (2021). Alternate wetting and drying technique in paddy production in the Mekong Delta, Vietnam: economic evaluation and adoption determinants. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 11(1), 42-59.
- Li, C. (2023). Climate change impacts on rice production in Japan: A Cobb-Douglas and panel data analysis. *Ecological Indicators*, 147, 110008. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110008>
- Li, X., Yu, G., Wen, L., & Liu, G. (2023). Research on the effect of agricultural science and technology service supply from the perspective of farmers' differentiation. *Innovation and Green Development*, 2(3), 100055. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100055>
- Liu, J., Jin, X., Xu, W., & Zhou, Y. (2022). Evolution of cultivated land fragmentation and its driving mechanism in rural development: A case study of Jiangsu Province. *Journal of Rural Studies*, 91, 58-72. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.02.011>
- Looga, J., Jürgenson, E., Sikk, K., Matveev, E., & Maasikamäe, S. (2018). Land fragmentation and other determinants of agricultural farm productivity: The case of Estonia. *Land Use Policy*, 79, 285-292.
- Lu, H., Chen, Y., Huan, H., & Duan, N. (2022). Analyzing cultivated land protection behavior from the perspective of land fragmentation and farmland transfer: Evidence from farmers in rural China. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 901097.

- Lybbert, T. J., Magnan, N., Spielman, D. J., Bhargava, A. K., & Gulati, K. (2018). Targeting technology to increase smallholder profits and conserve resources: Experimental provision of laser land-leveling services to Indian farmers. *Economic Development and Cultural Change*, 66(2), 265-306. <https://doi.org/10.1086/695284>
- Manjunatha, A. V., Anik, A. R., Speelman, S., & Nuppenau, E. A. (2013). Impact of land fragmentation, farm size, land ownership and crop diversity on profit and efficiency of irrigated farms in India. *Land Use Policy*, 31, 397-405.
- Nguyen, H. Q. & Warr, P. (2020). Land consolidation as technical change: Economic impacts in rural Vietnam. *World Development*, 127, 104750. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104750>
- Friha, O., Ferrag, M. A., Shu, L., Maglaras, L., & Wang, X. (2021). Internet of things for the future of smart agriculture: A comprehensive survey of emerging technologies. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 8(4), 718-752. <https://doi.org/10.1109/JAS.2021.1003925>
- Pal, B. D., Kapoor, S., Saroj, S., Jat, M. L., Kumar, Y., & Anantha, K. H. (2022). Adoption of climate-smart agriculture technology in drought-prone area of India—implications on farmers' livelihoods. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 12(5), 824-848. <https://doi.org/10.1108/JADEE-01-2021-0033>
- Nguyễn Văn Hùng, Trương Quang Trường, & Phan Hiếu Hiền. (2013). *Giới thiệu Dự án IRRI-ADB và các vấn đề sau thu hoạch lúa gạo ở Việt Nam*. Truy cập từ [https://www2.hcmuaf.edu.vn/data/tqtruong/F01A-TongQuanDuAn-CacvandeSTH\(1\).pdf](https://www2.hcmuaf.edu.vn/data/tqtruong/F01A-TongQuanDuAn-CacvandeSTH(1).pdf)
- Ren, X., Huang, B., & Yin, H. (2023). A review of the large-scale application of autonomous mobility of agricultural platform. *Computers and Electronics in Agriculture*, 206, 107628. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107628>
- Sanga, U., Park, H., Wagner, C. H., Shah, S. H., & Ligmann-Zielinska, A. (2021). How do farmers adapt to agricultural risks in northern India? An agent-based exploration of alternate theories of decision-making. *Journal of Environmental Management*, 298, 113353.
- Stringer, L. C., Fraser, E. D., Harris, D., Lyon, C., Pereira, L., Ward, C. F., & Simelton, E. (2020). Adaptation and development pathways for different types of farmers. *Environmental Science & Policy*, 104, 174-189. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.10.007>
- Thompson, N. M., Bir, C., Widmar, D. A., & Mintert, J. R. (2019). Farmer perceptions of precision agriculture technology benefits. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 51(1), 142-163. <https://doi.org/10.1017/aae.2018.27>
- Wang, Y., Li, X., Lu, D., & Yan, J. (2020a). Evaluating the impact of land fragmentation on the cost of agricultural operation in the southwest mountainous areas of China. *Land Use Policy*, 99, 105099. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105099>
- Wang, Y., Zang, L., & Araral, E. (2020b). The impacts of land fragmentation on irrigation collective action: Empirical test of the social-ecological system framework in China. *Journal of Rural Studies*, 78, 234-244.
- Zhou, C., Zhao, Y., Long, M., & Li, X. (2024). How does land fragmentation affect agricultural technical efficiency? Based on mediation effects analysis. *Land*, 13(3), 284.