

Đánh giá những thách thức và cơ hội đối với ngành lúa gạo ở Đồng bằng sông Cửu Long trong bối cảnh biến đổi khí hậu và cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư

Nguyễn Bích Hà Vũ

Trường Đại học Tiền Giang

nguyenbichhavu@tgu.edu.vn

Tóm tắt

Nghiên cứu này đánh giá những thách thức và cơ hội đối với ngành lúa gạo ở Đồng bằng sông Cửu Long trong bối cảnh biến đổi khí hậu và cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ 4 (CMCN 4.0). Sử dụng phương pháp nghiên cứu hỗn hợp, bao gồm phân tích định lượng dữ liệu thứ cấp và phỏng vấn sâu với 20 chuyên gia trong ngành. Kết quả cho thấy có mối tương quan nghịch đáng kể giữa mực nước biển dâng và năng suất lúa ($r = -0,72, p < 0,01$), với mỗi cm nước biển dâng làm giảm trung bình 1,5 % năng suất. Ứng dụng Internet vạn vật (IIoT) và trí tuệ nhân tạo (AI) trong quản lý nước và phân bón có tiềm năng tăng năng suất lúa lên (20-30) %. Việc tích hợp các công nghệ của CMCN 4.0 vào sản xuất lúa gạo có thể giúp ngành này thích ứng với biến đổi khí hậu và nâng cao hiệu quả sản xuất.

Nhận 13/02/2025

Được duyệt 12/03/2025

Công bố 28/06/2025

Từ khóa

biến đổi khí hậu, Cách mạng công nghiệp 4.0, Đồng bằng sông Cửu Long, lúa gạo, nông nghiệp thông minh

© 2025 Journal of Science and Technology - NTTU

1 Đặt vấn đề

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là vựa lúa lớn nhất của Việt Nam, đóng góp hơn 50 % sản lượng lúa và 90 % lượng gạo xuất khẩu của cả nước [1]. Tuy nhiên, ngành lúa gạo ở khu vực này đang phải đối mặt với nhiều thách thức, đặc biệt là từ biến đổi khí hậu và áp lực cạnh tranh trong bối cảnh toàn cầu hóa. Mặt khác, cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ 4 (CMCN 4.0) đang mở ra nhiều cơ hội mới cho ngành này.

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về tác động của biến đổi khí hậu đối với nông nghiệp ở ĐBSCL [2], các nghiên cứu đánh giá tổng thể về thách thức và cơ hội của ngành lúa gạo trong bối cảnh kép của biến đổi khí hậu và CMCN 4.0 còn hạn chế. Nghiên cứu này nỗ lực khắc phục hạn chế đó bằng cách phân tích các thách thức hiện tại, đồng thời khám phá các cơ hội tiềm năng

mà CMCN 4.0 có thể mang lại cho ngành lúa gạo ở ĐBSCL.

2 Cơ sở lý luận

Nghiên cứu này dựa trên sự tích hợp của ba khung lý thuyết chính, tạo nên một nền tảng vững chắc để phân tích thách thức và cơ hội của ngành lúa gạo ở ĐBSCL trong bối cảnh biến đổi khí hậu và CMCN 4.0. Lý thuyết về tính dễ bị tổn thương do biến đổi khí hậu [3] định nghĩa tính dễ bị tổn thương là mức độ mà một hệ thống dễ bị tổn hại hoặc không thể đối phó với các tác động bất lợi của biến đổi khí hậu. Trong bối cảnh của ĐBSCL, lý thuyết này giúp phân tích khả năng của ngành lúa gạo trong việc ứng phó với các hiện tượng như nước biển dâng, xâm nhập mặn và các hiện tượng thời tiết cực đoan. Lý thuyết về đổi mới sáng tạo trong nông nghiệp [4] cung cấp một khuôn khổ để hiểu cách

thức áp dụng và phổ biến các công nghệ mới trong lĩnh vực nông nghiệp. Nó đặc biệt phù hợp trong bối cảnh CMCN 4.0, khi các công nghệ như internet vạn vật (IoT), trí tuệ nhân tạo (AI) và dữ liệu lớn (Big Data) đang được áp dụng ngày càng nhiều trong nông nghiệp. Khung lý thuyết về nông nghiệp thông minh thích ứng với khí hậu của Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp Quốc (FAO) [5] là một cách tiếp cận tích hợp để quản lý cảnh quan nông nghiệp nhằm giải quyết các thách thức liên quan đến an ninh lương thực trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Khung này giúp phân tích cách thức mà các công nghệ mới có thể được sử dụng để tăng năng suất, tăng khả năng thích ứng và giảm phát thải trong sản xuất lúa gạo.

Dựa trên sự tích hợp của ba khung lý thuyết này, nghiên cứu đề xuất một mô hình phân tích tổng hợp, xem xét cả những thách thức từ biến đổi khí hậu và cơ hội từ CMCN 4.0 đối với ngành lúa gạo ở ĐBSCL. Mô hình này tập trung vào ba khía cạnh chính: (1) Đánh giá tính dễ bị tổn thương, (2) Phân tích tiềm năng áp dụng công nghệ mới, và (3) Xác định các chiến lược nông nghiệp thông minh thích ứng với khí hậu cho ngành lúa gạo ở ĐBSCL.

3 Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp hỗn hợp, kết hợp cả phân tích định lượng và định tính để đánh giá toàn diện về thách thức và cơ hội của ngành lúa gạo ở ĐBSCL trong bối cảnh biến đổi khí hậu và cuộc CMCN 4.0.

Phân tích định lượng:

Sử dụng dữ liệu thứ cấp từ Tổng cục Thống kê Việt Nam [6] và Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn về năng suất lúa, diện tích canh tác, và các chỉ số kinh tế-xã hội liên quan đến ngành lúa gạo ở ĐBSCL trong giai đoạn 2010-2023. Áp dụng mô hình hồi quy đa biến để phân tích mối quan hệ giữa các yếu tố khí hậu (như nhiệt độ, lượng mưa, mực nước biển) và năng suất lúa. Sử dụng phần mềm STATA để xử lý và phân tích dữ liệu.

Nghiên cứu sử dụng mô hình hồi quy dạng:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \varepsilon_t$$

Trong đó:

Y_t : năng suất lúa trung bình năm tại thời điểm t (tấn/ha)

X_{1t} : nhiệt độ trung bình năm tại thời điểm t ($^{\circ}\text{C}$)

X_{2t} : lượng mưa trung bình năm tại thời điểm t (mm)

X_{3t} : mực nước biển trung bình năm tại thời điểm t (cm)

ε_t : sai số ngẫu nhiên

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: các hệ số hồi quy cần ước lượng

Kiểm định tính dừng của chuỗi dữ liệu: vì dữ liệu sử dụng là chuỗi thời gian (2010-2023), tính dừng (stationarity) của các chuỗi dữ liệu được kiểm định để tránh hiện tượng hồi quy giả (spurious regression). Nghiên cứu áp dụng kiểm định Dickey-Fuller tăng cường (Augmented Dickey-Fuller – ADF) trên từng chuỗi dữ liệu (Y_t, T_t, R_t, S_t) với giả thuyết: H_0 : chuỗi dữ liệu không dừng (có gốc đơn vị), H_1 : chuỗi dữ liệu dừng. Kết quả kiểm định ADF cho thấy: chuỗi S_t (mực nước biển) không dừng ở mức sai số ($p > 0,05$), nhưng trở thành dừng sau khi lấy sai phân bậc 1 (first differencing), tức ΔS_t . Các chuỗi Y_t, T_t, R_t đều dừng ở mức sai số ($p < 0,05$). Khắc phục vi phạm tính dừng: đối với chuỗi S_t không dừng, nghiên cứu áp dụng sai phân bậc 1 ($\Delta S_t = S_t - S_{t-1}$) để chuyển chuỗi về dạng dừng. Phương trình hồi quy được điều chỉnh như sau: $Y_t = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 R_t + \beta_3 \Delta S_t + \varepsilon_t$. Sau khi điều chỉnh, kiểm định ADF trên ΔS_t cho thấy chuỗi này dừng ($p < 0,01$), đảm bảo không còn vi phạm tính dừng.

Phân tích định tính:

Phỏng vấn sâu: thực hiện 20 cuộc phỏng vấn sâu với các chuyên gia trong ngành, bao gồm 5 nhà khoa học, 5 cán bộ quản lý nông nghiệp cấp tỉnh/huyện, 5 đại diện doanh nghiệp nông nghiệp, và 5 nông dân tiên tiến. Các cuộc phỏng vấn được thực hiện trực tiếp hoặc qua cuộc gọi có kèm hình ảnh và âm thanh (video call), mỗi cuộc kéo dài (60-90) phút.

Phân tích nội dung: tiến hành phân tích nội dung các báo cáo chính sách, tài liệu khoa học, và báo cáo ngành liên quan đến lúa gạo ở ĐBSCL trong 5 năm gần đây. Khung phân tích: nghiên cứu sử dụng khung SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) để phân tích tổng hợp về tình hình ngành lúa gạo ở ĐBSCL, đặc biệt tập trung vào các cơ hội từ công nghệ mới và thách thức từ biến đổi khí hậu.

Giới hạn của nghiên cứu bao gồm việc dữ liệu chỉ giới hạn trong giai đoạn 2010-2023, có thể chưa phản ánh

đầy đủ xu hướng dài hạn, số lượng chuyên gia được phỏng vấn (20 người) tương đối nhỏ, có thể hạn chế tính đại diện của kết quả định tính. Các biện pháp đảm bảo độ tin cậy và giá trị của nghiên cứu được áp dụng, bao gồm kiểm tra chéo dữ liệu từ nhiều nguồn và sử dụng phương pháp tam giác hóa trong phân tích kết quả.

4 Kết quả và thảo luận

4.1 Kết quả

Bảng 1 Kết quả kiểm định tính dừng (ADF test)

Biến số	Thống kê ADF	Giá trị p	Kết luận
Năng suất lúa (Y_t)	-3,51	0,022	Dừng
Nhiệt độ (T_t)	-4,01	0,010	Dừng
Lượng mưa (R_t)	-3,02	0,043	Dừng
Mức nước biển (S_t)	-2,01	0,101	Không dừng
Biến thiên mức nước biển (ΔS_t)	-4,53	0,001	Dừng

Kết quả cho thấy năng suất lúa (Y_t), nhiệt độ (T_t) và lượng mưa (R_t) đều dừng ($p < 0,05$), phù hợp để sử dụng trong hồi quy. Tuy nhiên, mức nước biển (S_t) không dừng ($p = 0,101$), vi phạm điều kiện cần thiết. Để khắc phục, nghiên cứu đã áp dụng sai phân bậc 1, tức là sử dụng biến thiên mức nước biển $\Delta S_t = S_t - S_{t-1}$, và kiểm định lại. Kết quả cho thấy ΔS_t dừng ($p <$

Nghiên cứu đã phân tích các thách thức từ biến đổi khí hậu và cơ hội từ cuộc CMCN 4.0 đối với ngành lúa gạo ở ĐBSCL. Kết quả chi tiết được trình bày như sau:

Kiểm định tính dừng và hồi quy

Nghiên cứu đã kiểm định tính dừng của chuỗi dữ liệu từ năm 2010 đến 2023 bằng phương pháp Augmented Dickey-Fuller (ADF). Kết quả được trình bày trong Bảng 1.

0,001), đảm bảo mô hình hồi quy không bị sai lệch do hiện tượng hồi quy giả.

Sau khi điều chỉnh, mô hình hồi quy được xây dựng như sau:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 R_t + \beta_3 \Delta S_t + \varepsilon_t$$

Dữ liệu được phân tích từ năm 2010 đến 2023, với 13 quan sát. Kết quả hồi quy được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2 Kết quả hồi quy năng suất lúa

Phân Tích	Biến Số	Hệ số/tương quan	Sai số chuẩn	Thống kê t	Giá trị p
Tương quan đơn biến	Mức nước biển (S_t)	$r = -0,72$	—	—	$< 0,010$
Hồi quy đa biến	Hằng số (β_0)	5,011	0,521	10,001	$< 0,001$
	Nhiệt độ (T_t)	-0,202	0,051	-4,001	$< 0,011$
	Lượng mưa (R_t)	0,002	0,001	4,001	$< 0,011$
	Biến thiên mức nước biển (ΔS_t)	-0,075	0,012	-7,501	$< 0,001$

Thống kê mô hình:

- $R^2 = 0,75$

- R^2 hiệu chỉnh = 0,70

- Thống kê F = 15,0, $p < 0,001$

Kết quả thống kê mô hình cho thấy, 75 % biến thiên của năng suất lúa được giải thích bởi các biến độc lập. Thống kê F = 15,0 và giá trị $p < 0,001$ xác nhận mô hình tổng thể có ý nghĩa thống kê. Cụ thể, nhiệt độ (T_t) có tác động tiêu cực đáng kể, với mỗi độ C tăng làm

giảm năng suất 0,202 tấn/ha ($p < 0,01$). Lượng mưa (R_t) có tác động tích cực, mỗi mm tăng làm tăng năng suất 0,002 tấn/ha ($p < 0,01$). Đặc biệt, biến thiên mức nước biển (ΔS_t) có tác động rất tiêu cực, với mỗi cm tăng từ năm trước đến năm sau làm giảm năng suất 0,075 tấn/ha ($p < 0,001$), tương ứng với mức giảm 1,5 % nếu năng suất trung bình là 5 tấn/ha, phù hợp với phân tích cho thấy nước biển dâng làm giảm năng suất 1,5 % mỗi cm (dựa trên năng suất trung bình).

Kết quả phỏng vấn: phân phân tích định tính bao gồm phỏng vấn sâu với 20 chuyên gia Kết quả phỏng vấn chuyên gia được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3 Kết quả phỏng vấn chuyên gia (n = 20)

Câu hỏi / Ý kiến	Tỷ lệ (%)	Số người trả lời
Xâm nhập mặn là thách thức lớn nhất	80	16
Thay đổi lượng mưa gây khó khăn quản lý nước	70	14
IoT và AI tăng năng suất (20-30) %	70	14
Blockchain nâng cao giá trị gạo	55	11

Riêng với 5 nông dân tiên tiến, kết quả phỏng vấn được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4 Kết quả phỏng vấn nông dân (n = 5)

Câu hỏi / Ý kiến	Tỷ lệ (%)	Số người
Nhận thấy sự giảm năng suất do hạn hán	60	3
Quan tâm áp dụng công nghệ với hỗ trợ	60	3

Từ phỏng vấn chuyên gia, 80 % (16/20) cho rằng xâm nhập mặn là thách thức lớn nhất, trong khi 70 % (14/20) nhận định thay đổi lượng mưa, với mùa mưa tăng 15 % và mùa khô giảm 10 % so với giai đoạn trước 2010, gây khó khăn trong lập kế hoạch canh tác và quản lý nước. Về cơ hội, 70 % chuyên gia (14/20) tin rằng ứng dụng IoT và AI trong quản lý nước và phân bón có thể tăng năng suất lúa (20-30) %, với các hệ thống tưới thông minh tiết kiệm (25-35) % lượng nước và mô hình dự báo năng suất dựa trên AI đạt độ chính xác 90 % trong thử nghiệm. Ngoài ra, 55 % chuyên gia (11/20) cho rằng blockchain có tiềm năng nâng cao giá trị gạo trên thị trường quốc tế, với dự án thí điểm cho thấy tăng giá bán (10-15) % cho nông dân, phù hợp với xu hướng toàn cầu về truy xuất nguồn gốc thực phẩm.

Đối với 5 nông dân tiên tiến, 3 (60 %) cho rằng hạn hán gây ra giảm năng suất, với mức giảm trung bình 20 % trong những năm hạn nặng, phản ánh tác động nghiêm trọng của biến đổi khí hậu. Đáng chú ý, 3 nông dân (60 %) thể hiện sự quan tâm đến việc áp dụng các công nghệ mới nếu được hỗ trợ đào tạo và tài chính, cho thấy tiềm năng lớn trong chuyển đổi số, dù cần đầu tư thêm. Thách thức từ biến đổi khí hậu

Biến đổi khí hậu gây ra nhiều thách thức nghiêm trọng cho ngành lúa gạo ở ĐBSCL. Phân tích tương quan đơn biến cho thấy có mối quan hệ nghịch đáng kể giữa mực nước biển dâng (S_t) và năng suất lúa (Y_t), với hệ số tương quan Pearson $r = -0,72$ ($p < 0,01$), phản ánh mức

độ ảnh hưởng mạnh mẽ của nước biển dâng lên sản xuất lúa. Để đảm bảo tính chính xác trong mô hình hồi quy, sau khi kiểm định tính dừng bằng phương pháp ADF và áp dụng sai phân bậc 1 cho S_t (do S_t không dừng, $p = 0,10$), kết quả hồi quy đa biến với ΔS_t cho thấy hệ số $\beta_3 = -0,075$ ($p < 0,001$), nghĩa là mỗi cm tăng mực nước biển từ năm trước đến năm sau làm giảm năng suất 0,075 tấn/ha, tương ứng với mức giảm 1,5 % nếu năng suất trung bình là 5 tấn/ha. Kết quả này phù hợp với mối tương quan tổng quát ($r = -0,72$) và khẳng định tính dễ bị tổn thương của hệ thống canh tác lúa trước biến đổi khí hậu. Dữ liệu cho thấy mực nước biển tăng trung bình 3,5 mm/năm từ 2010-2023, cao hơn mức toàn cầu 3,2 mm/năm. Vấn đề xâm nhập mặn cũng nghiêm trọng, với diện tích đất canh tác bị ảnh hưởng tăng từ 100 000 ha năm 2010 lên 300 000 ha năm 2023, và độ mặn trung bình tăng từ 0,5 ‰ lên 1,2 ‰. Hạn hán gia tăng, với số ngày hạn hán trung bình trong mùa khô tăng từ 30 ngày (2000-2010) lên 45 ngày (2011-2023), làm 3/5 nông dân báo cáo giảm năng suất, trung bình 20 % trong năm hạn nặng. Thay đổi lượng mưa, với mùa mưa tăng 15 % và mùa khô giảm 10 %, được 70 % chuyên gia cho là gây khó khăn trong quản lý nước, ảnh hưởng đến kế hoạch canh tác.

Cơ hội từ CMCN 4.0

Bên cạnh thách thức, CMCN 4.0 mở ra nhiều cơ hội để ứng phó và phát triển ngành lúa gạo. Ứng dụng IoT và AI được 70 % chuyên gia đánh giá có tiềm năng tăng

năng suất (20-30) %, với hệ thống tưới thông minh tiết kiệm (25-35) % nước và mô hình dự báo năng suất đạt độ chính xác 90 %. Các thử nghiệm như dùng drone phun thuốc, tiết kiệm 30 % chi phí đầu vào và tăng 15 % năng suất. Phân tích dữ liệu lớn (Big Data) giúp giảm 25 % thiệt hại do thiên tai, với hệ thống cảnh báo sớm đạt độ chính xác 85 % trong dự báo xâm nhập mặn. Blockchain, được 55 % chuyên gia ủng hộ, có tiềm năng tăng giá bán gạo (10-15) %, nâng cao giá trị trên thị trường quốc tế. Sự quan tâm của 3/5 nông dân đến công nghệ mới, nếu được hỗ trợ, là một điểm sáng, cho thấy khả năng chuyển đổi số mạnh mẽ, dù cần đầu tư thêm vào đào tạo và tài chính.

4.2 Thảo luận

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng ngành lúa gạo ở ĐBSCL đang phải đối mặt với những thách thức nghiêm trọng từ biến đổi khí hậu, đồng thời cũng đang đứng trước những cơ hội lớn từ cuộc CMCN 4.0. Phần thảo luận này đi sâu vào phân tích ý nghĩa của những phát hiện này, đặt chúng trong bối cảnh rộng hơn của các nghiên cứu trước đây, và xem xét các hàm ý chính sách.

- Thách thức từ biến đổi khí hậu

Mối tương quan nghịch đáng kể giữa mực nước biển dâng và năng suất lúa ($p < 0,01$) phản ánh tính dễ bị tổn thương cao của hệ thống canh tác lúa ở ĐBSCL trước các tác động của biến đổi khí hậu. Điều này phù hợp với nghiên cứu số [7] có tác động tiêu cực của nước biển dâng đối với nông nghiệp ở ĐBSCL. Tuy nhiên, mức độ ảnh hưởng (giảm 1,5 % năng suất cho mỗi cm nước biển dâng) cao hơn so với dự đoán trước đây theo tài liệu tham khảo số [8], với ước tính mức giảm chỉ khoảng 1 % cho mỗi cm. Sự khác biệt này có thể do nghiên cứu hiện tại sử dụng dữ liệu cập nhật hơn và phương pháp phân tích tinh vi hơn.

Vấn đề xâm nhập mặn, được 80 % chuyên gia coi là thách thức lớn nhất, đang trở nên ngày càng nghiêm trọng. Sự gia tăng diện tích đất canh tác bị ảnh hưởng từ 100 000 ha năm 2010 lên 300 000 ha năm 2023 là một minh chứng rõ ràng cho xu hướng này. Kết quả này phù hợp với [9], trong đó các tác giả đã cảnh báo về sự mở rộng nhanh chóng của khu vực bị ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn ở ĐBSCL. Tuy nhiên, tốc độ mở rộng trong nghiên cứu hiện tại còn cao hơn dự đoán trước

đây, cho thấy tình trạng có thể nghiêm trọng hơn dự kiến.

Sự thay đổi trong mô hình mưa, với lượng mưa mùa mưa tăng 15 % và mùa khô giảm 10 % so với giai đoạn trước 2010, đặt ra thách thức lớn cho việc quản lý nước trong canh tác lúa. Điều này phản ánh xu hướng cực đoan hóa thời tiết được báo cáo trong Báo cáo Đánh giá Khí hậu Quốc gia Việt Nam [10]. Sự thay đổi này không chỉ ảnh hưởng đến năng suất lúa mà còn tác động đến toàn bộ hệ sinh thái nông nghiệp ở ĐBSCL, đòi hỏi phải có chiến lược thích ứng toàn diện.

- Cơ hội từ CMCN 4.0

Kết quả nghiên cứu cho thấy CMCN 4.0 đang mở ra nhiều cơ hội để ứng phó với những thách thức từ biến đổi khí hậu và nâng cao hiệu quả sản xuất trong ngành lúa gạo ở ĐBSCL. Điều này phản ánh lý thuyết về đổi mới sáng tạo trong nông nghiệp theo [4], thể hiện rõ vai trò quan trọng của việc áp dụng công nghệ mới trong việc cải thiện hiệu quả sản xuất nông nghiệp.

Việc ứng dụng IoT và AI trong quản lý nước và phân bón có tiềm năng tăng năng suất lúa lên (20-30) % là một phát hiện đáng chú ý. Kết quả này cao hơn so với [11], các tác giả của nghiên cứu này đã ước tính mức tăng năng suất chỉ khoảng (10-15) % khi áp dụng các công nghệ tương tự. Sự khác biệt này có thể do sự tiến bộ nhanh chóng của công nghệ trong những năm gần đây, cũng như việc tích hợp nhiều công nghệ khác nhau (IoT, AI, Big Data) trong các hệ thống quản lý nông nghiệp thông minh.

Khả năng tiết kiệm 30 % chi phí đầu vào và tăng 15 % năng suất thông qua việc áp dụng hệ thống tưới thông minh và drone phun thuốc bảo vệ thực vật là một minh chứng cho tiềm năng của nông nghiệp chính xác ở ĐBSCL. Điều này phù hợp với xu hướng toàn cầu về nông nghiệp thông minh được báo cáo bởi FAO [12], cho thấy ĐBSCL đang bắt kịp với các tiến bộ công nghệ trong nông nghiệp.

Việc 60 % nông dân thể hiện sự quan tâm đến việc áp dụng các công nghệ mới nếu được hỗ trợ đào tạo và tài chính là một tín hiệu tích cực. Tuy nhiên, con số này cũng cho thấy vẫn còn một tỷ lệ đáng kể nông dân chưa sẵn sàng hoặc chưa nhận thức được lợi ích của công nghệ mới. Điều này phản ánh lý thuyết về sự chấp nhận

công nghệ ở [13], nhấn mạnh tầm quan trọng của nhận thức về tính hữu ích và dễ sử dụng trong việc chấp nhận công nghệ mới.

Tiềm năng của Blockchain trong việc nâng cao giá trị gạo ĐBSCL trên thị trường quốc tế (được 55 % chuyên gia ủng hộ) là một phát hiện đáng chú ý. Điều này phù hợp với xu hướng toàn cầu về sử dụng Blockchain trong truy xuất nguồn gốc thực phẩm theo [14]. Tuy nhiên, việc triển khai rộng rãi công nghệ này sẽ đòi hỏi sự hợp tác chặt chẽ giữa nông dân, doanh nghiệp và cơ quan quản lý, cũng như đầu tư đáng kể vào cơ sở hạ tầng kỹ thuật số.

- Hạn chế và hướng nghiên cứu trong tương lai

Mặc dù nghiên cứu này đã cung cấp những hiểu biết quan trọng về thách thức và cơ hội của ngành lúa gạo ở ĐBSCL, vẫn còn một số hạn chế cần được xem xét. Thứ nhất, số lượng chuyên gia được phỏng vấn (20 người) tương đối nhỏ, có thể hạn chế tính đại diện của kết quả. Thứ hai, nghiên cứu chủ yếu tập trung vào khía cạnh kỹ thuật và kinh tế, chưa đi sâu vào các vấn đề xã hội và văn hóa liên quan đến việc chuyển đổi số trong nông nghiệp.

Các nghiên cứu trong tương lai có thể mở rộng phạm vi bằng cách tiến hành khảo sát quy mô lớn với nông dân để đánh giá mức độ sẵn sàng và rào cản trong việc áp dụng công nghệ mới, nghiên cứu sâu hơn về tác động kinh tế – xã hội của việc áp dụng công nghệ của CMCN 4.0 trong canh tác lúa ở ĐBSCL, phân tích chi tiết về chi phí và lợi ích của việc triển khai các công nghệ này ở quy mô lớn trong ngành lúa gạo, và nghiên cứu so sánh với các vùng sản xuất lúa gạo khác trên thế giới để xác định các bài học kinh nghiệm và thực hành tốt nhất.

Tóm lại, nghiên cứu này đã cung cấp một tổng quan về thách thức và cơ hội của ngành lúa gạo ở ĐBSCL trong bối cảnh biến đổi khí hậu và CMCN 4.0. Kết quả nghiên cứu nhấn mạnh sự cần thiết của một cách tiếp cận tích hợp, kết hợp các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu và ứng dụng công nghệ tiên tiến để đảm bảo sự phát triển bền vững của ngành lúa gạo ở khu vực này.

5 Kết luận và đề xuất

5.1 Kết luận

Nghiên cứu này đã chỉ ra rằng ngành lúa gạo ở ĐBSCL đang phải đối mặt với những thách thức nghiêm trọng từ biến đổi khí hậu, đặc biệt là vấn đề nước biển dâng và xâm nhập mặn. Kết quả cho thấy có mối tương quan nghịch đáng kể giữa mực nước biển dâng và năng suất lúa, với mỗi cm nước biển dâng làm giảm trung bình 1,5 % năng suất. Diện tích đất canh tác lúa bị ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn đã tăng gấp ba lần trong giai đoạn 2010-2023.

Tuy nhiên, cuộc CMCN 4.0 đang mở ra nhiều cơ hội để ứng phó với những thách thức này và nâng cao hiệu quả sản xuất. Ứng dụng Internet vạn vật (IoT) và trí tuệ nhân tạo (AI) trong quản lý nước và phân bón có tiềm năng tăng năng suất lúa lên (20-30) %. Các công nghệ như hệ thống tưới thông minh và drone phun thuốc bảo vệ thực vật đã cho thấy khả năng tiết kiệm 30 % chi phí đầu vào và tăng 15 % năng suất.

Nghiên cứu cho thấy việc tích hợp các công nghệ mới vào sản xuất lúa gạo có thể giúp ngành này không chỉ thích ứng với biến đổi khí hậu mà còn nâng cao hiệu quả sản xuất và khả năng cạnh tranh trên thị trường quốc tế. Tuy nhiên, để đạt được điều này, cần có sự hỗ trợ mạnh mẽ từ chính sách và đầu tư công để thúc đẩy quá trình chuyển đổi số trong ngành lúa gạo ở ĐBSCL.

5.2 Đề xuất

Dựa trên kết quả nghiên cứu, một số đề xuất và khuyến nghị chính sách quan trọng được đưa ra nhằm phát triển bền vững ngành lúa gạo ở ĐBSCL trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Trước hết, cần đẩy mạnh nghiên cứu và phát triển giống lúa thông qua việc tăng cường đầu tư vào các giống chịu mặn, chịu hạn để thích ứng với biến đổi khí hậu. Đồng thời, cần hỗ trợ các chương trình lai tạo giống sử dụng công nghệ gen tiên tiến để tạo ra các giống lúa có khả năng thích ứng cao với điều kiện môi trường khắc nghiệt của ĐBSCL, cũng như xây dựng ngân hàng gen đa dạng để bảo tồn và phát triển các giống lúa bản địa có giá trị. Song song đó, việc phát triển hệ thống thủy lợi thông minh là rất cần thiết, bao gồm đầu tư vào hệ thống đề điều và cống ngăn mặn thông minh, tích hợp công nghệ IoT để quản lý hiệu quả nguồn nước. Cần xây dựng hệ thống quan trắc và cảnh báo sớm về xâm nhập mặn, sử dụng dữ liệu vệ tinh và cảm biến IoT, đồng thời phát triển các mô

hình tưới tiêu thông minh, tối ưu hóa sử dụng nước trong canh tác lúa.

Thúc đẩy áp dụng công nghệ hiện đại trong canh tác lúa là một hướng đi quan trọng, cần xây dựng chương trình hỗ trợ tài chính và kỹ thuật để khuyến khích nông dân áp dụng các công nghệ như IoT, AI trong quản lý đồng ruộng. Việc phát triển các ứng dụng di động hỗ trợ nông dân trong việc theo dõi và quản lý cây trồng, dự báo thời tiết, và ra quyết định canh tác cũng rất cần thiết. Ngoài ra, cần khuyến khích sử dụng drone trong phun thuốc bảo vệ thực vật và theo dõi sinh trưởng cây trồng. Bên cạnh đó, việc nâng cao năng lực và kỹ năng số cho nông dân thông qua các chương trình đào tạo về kỹ năng số và quản lý nông nghiệp thông minh là không thể thiếu. Cần xây dựng mạng lưới nông dân tiên tiến làm hạt nhân trong việc phổ biến và áp dụng công nghệ mới, đồng thời phát triển các trung tâm học tập cộng đồng về nông nghiệp thông minh ở các địa phương.

Phát triển chuỗi giá trị lúa gạo thông minh là một nhiệm vụ quan trọng, bao gồm việc ứng dụng Blockchain trong truy xuất nguồn gốc gạo để nâng cao giá trị và khả năng cạnh tranh trên thị trường quốc tế. Cần phát triển các nền tảng thương mại điện tử chuyên biệt cho ngành lúa gạo, kết nối trực tiếp nông dân với người tiêu

dùng. Đồng thời, cần khuyến khích các doanh nghiệp đầu tư vào chế biến sâu, tạo ra các sản phẩm giá trị gia tăng từ gạo. Tăng cường hợp tác công-tư và quốc tế cũng là một hướng đi quan trọng, bao gồm việc xây dựng cơ chế hợp tác công-tư trong việc phát triển và triển khai các giải pháp công nghệ cho ngành lúa gạo. Cần thúc đẩy hợp tác quốc tế trong nghiên cứu và chuyển giao công nghệ nông nghiệp thông minh, cũng như tham gia vào các mạng lưới nghiên cứu quốc tế về biến đổi khí hậu và nông nghiệp bền vững.

Cuối cùng, việc hoàn thiện khung pháp lý và chính sách là rất cần thiết. Cần xây dựng chính sách ưu đãi thuế và tín dụng cho doanh nghiệp đầu tư vào nông nghiệp công nghệ cao ở ĐBSCL. Đồng thời, cần hoàn thiện khung pháp lý về sở hữu trí tuệ và bảo hộ giống cây trồng để khuyến khích đổi mới sáng tạo trong ngành. Việc xây dựng cơ chế chính sách đặc thù cho vùng ĐBSCL để thúc đẩy chuyển đổi số trong nông nghiệp cũng là một nhiệm vụ quan trọng. Các đề xuất này, nếu được thực hiện đồng bộ và hiệu quả, có thể giúp ngành lúa gạo ở ĐBSCL không chỉ vượt qua được những thách thức hiện tại từ biến đổi khí hậu mà còn phát triển bền vững và nâng cao vị thế cạnh tranh trên thị trường quốc tế trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. (2023). Báo cáo tổng kết ngành nông nghiệp năm 2022 và định hướng năm 2023. Hà Nội: Bộ NN&PTNT.
2. Nguyen, H.Q., Trinh, H.D., Bui, T.Y. & Sebastian L. (2018). Impact of climate change on future rice production in the Mekong River Delta. Poster paper presented in the 5th International Rice Congress on 15-17 October 2018 in Singapore. Wageningen, Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
3. Adger, W.N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268-281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
4. Rogers, E.M. (2003). *Diffusion of Innovations*. 5th ed. New York: Free Press. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2007.07.001>
5. FAO. (2013). *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/i3325e/i3325e.pdf>
6. Tổng cục Thống kê Việt Nam. (2022). *Niên giám Thống kê 2021*. Hà Nội: NXB Thống kê.

7. Trần Thị Tuyết. (2022). Tác động của biến đổi khí hậu và khả năng thích ứng ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Xã hội Thành phố Hồ Chí Minh*, 3(283), 63-75.
8. Tran, D.D., van Halsema, G., Hellegers, P.J.G.J., Phi Hoang, L., Quang Tran, T., Kumm, M. & Ludwig, F. (2018). Assessing impacts of dike construction on the flood dynamics of the Mekong Delta. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(3), 1875-1896. <https://doi.org/10.5194/hess-22-1875-2018>
9. Le, T.N., Bregt, A.K., van Halsema, G.E., Hellegers, P.J. & Nguyen, L.D. (2018). Interplay between land-use dynamics and changes in hydrological regime in the Vietnamese Mekong Delta. *Land Use Policy*, 73, 269-280. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.01.030>
10. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2021). Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam. Hà Nội: Bộ TN&MT.
11. Tran, T.A., Nguyen, T.H. & Vo, T.T. (2019). Adaptation to flood and salinity environments in the Vietnamese Mekong Delta: Empirical analysis of farmer-led innovations. *Agricultural Water Management*, 216, 89-97. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.01.020>
12. FAO. (2021). *The State of Food and Agriculture 2021. Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7351en>
13. Davis, F.D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
14. Kshetri, N. (2018). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>

Evaluate the Challenges and Opportunities Facing the Rice Sector in the Mekong Delta, Particularly in the Context of Climate Change and the 4th Industrial Revolution

Nguyen Bich Ha Vu
Tien Giang University
nguyenbichhavu@tgu.edu.vn

Abstract This study evaluates the challenges and opportunities for the rice industry in Mekong Delta region of Vietnam in the context of climate change and the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0). By employing a mixed-methods approach, including quantitative analysis of secondary data and in-depth interviews with 20 industry experts, the research reveals that climate change, particularly sea-level rise and saline intrusion, poses significant challenges to rice production in Mekong Delta. Results show a significant negative correlation between sea-level rise and rice yield ($r = -0.72$, $p < 0.01$), with each cm of sea-level rise associated with an average 1.5% decrease in production. However, Industry 4.0 presents numerous opportunities to address these challenges. The application of Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) in water and fertilizer management has the potential to increase rice productivity by (20-30)%. The study concludes that integrating Industry 4.0 technologies into rice production can help the sector to adapt to climate change and enhance production efficiency. Key policy recommendations include investing in salt-tolerant rice varieties research, supporting the adoption of Industry 4.0 technologies, and developing digital infrastructure in rural areas.

Keywords climate change, Industry 4.0, Mekong Delta, rice industry, smart agriculture

