



Phân tích hiệu quả kinh tế và môi trường: Nghiên cứu trường hợp nghề nuôi thâm canh tôm thẻ chân trắng tại tỉnh Phú Yên

LÊ KIM LONG *

Trường Đại học Nha Trang

THÔNG TIN	TÓM TẮT
<p>Ngày nhận: 31/01/2022 Ngày nhận lại: 25/03/2022 Duyệt đăng: 29/03/2022</p> <p>Mã phân loại JEL: Q22; Q01; M21; C61.</p> <p>Từ khóa: Hiệu quả kinh tế; Hiệu quả môi trường; Hiệu quả kỹ thuật; Nuôi tôm thâm canh.</p> <p>Keywords: Economic efficiency; Environmental efficiency; Technical efficiency; Intensive shrimp aquaculture.</p>	<p>Bài báo này trình bày nền tảng lý thuyết về hiệu quả kinh tế, môi trường và mối quan hệ giữa hai chỉ số này theo cách tiếp cận nguyên lý cân bằng dưỡng chất. Phân tích bao dữ liệu được sử dụng để tính toán và phân tích các chỉ số này cho các trang trại nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh tại Phú Yên trong năm 2014. Kết quả nghiên cứu 59 hộ nuôi thâm canh (24% tổng thể) tôm thẻ chân trắng ở Phú Yên cho thấy bình quân, hộ nuôi có hiệu quả kinh tế là 69% và môi trường là 78%. Cải thiện hiệu quả kỹ thuật có thể đồng thời cải thiện cả hiệu quả kinh tế và hiệu quả môi trường của hộ nuôi với mức bình quân là 10%. Sự khác biệt về tỷ lệ giá thị trường và tỷ lệ hàm lượng dưỡng chất của thức ăn nuôi tôm và con giống đã dẫn đến sự đánh đổi giữa hiệu quả kinh tế và môi trường trong nghề nuôi tôm với chi phí ẩn bình quân của 01 kg ni-tơ dưỡng chất gây ô nhiễm là 1,858 triệu đồng. Để hướng đến nuôi tôm thẻ chân trắng bền vững, các chính sách về: (1) Huấn luyện kỹ thuật cho nghề nuôi tôm; (2) trợ cấp cho nghiên cứu và sản xuất giống; và (3) đánh thuế xả thải hoặc xây dựng tiêu chuẩn xử lý nước thải, chất thải nuôi tôm trước khi xả thải ra môi trường nên được quan tâm.</p> <p>Abstract</p> <p>This paper presents the theoretical background on economic and environmental efficiencies as well as the relationship between these two indicators based on the nutrient balance principle. The data envelopment analysis is adopted to calculate these indicators for intensive white-leg shrimp farming households in Phu Yen for the year of 2014. The results from 59 intensive shrimp household farms (24% of</p>

* Tác giả liên hệ.

Email: lekimlong@ntu.edu.vn (Lê Kim Long).

Trích dẫn bài viết: Lê Kim Long. (2022). Phân tích hiệu quả kinh tế và môi trường: Nghiên cứu trường hợp nghề nuôi thâm canh tôm thẻ chân trắng tại tỉnh Phú Yên. *Tạp chí Nghiên cứu Kinh tế và Kinh doanh Châu Á*, 33(6), 43–57.

the population) in Phu Yen show that, on average, farming economic and environmental efficiencies are 69% and 78%, respectively. Improving technical efficiency can simultaneously improve both the farm's economic and environmental efficiencies by an average of 10%. Differences in the ratios between market prices and the nutrient contents of shrimp feed and fingerlings have led to a trade-off between economic and environmental efficiencies with an average shadow cost of 1,858 million VND for 01 kg of nitrogen pollutant nutrient. Towards sustainable white-leg shrimp farming, policies on: (1) Technical training for this shrimp aquaculture; (2) subsidies for seeding research and production; and (3) pollution discharge tax or standards for treating shrimp farming wastes before discharging into the environment should be considered.

1. Giới thiệu

Với dự báo dân số toàn cầu sẽ đạt 9,6 tỷ vào năm 2050, thế giới đang và sẽ phải đối mặt với thử thách nghiêm trọng về sản xuất lương thực nhằm đáp ứng sự gia tăng về dân số trong điều kiện các nguồn lực tài nguyên thiên nhiên thiết yếu cho sản xuất như đất và nước – đang ngày càng trở nên khan hiếm (Kobayashi và cộng sự, 2015). Hiện tại, phần lớn các nguồn tài nguyên thủy sản tự nhiên trên thế giới đều đã và đang bị khai thác cạn kiệt hoặc quá mức, nuôi trồng thủy sản được dự báo sẽ vượt khai thác thủy sản tự nhiên và sẽ đóng vai trò chính yếu trong cung cấp thực phẩm ở tương lai. Kobayashi và cộng sự (2015) dự báo tổng cung thủy sản toàn cầu sẽ là 186 triệu tấn vào năm 2030, với sự đóng góp chủ yếu của nuôi trồng trong sự gia tăng của tổng sản lượng thủy sản. Nuôi tôm được dự báo sẽ là một trong những nghề nuôi trồng thủy sản có mức tăng trưởng cao nhất.

Từ đầu thập niên 2000, nghề nuôi tôm thẻ chân trắng bắt đầu trở nên quan trọng đối với sự phát triển kinh tế vùng duyên hải ở Việt Nam. Diện tích nuôi tôm thẻ chân trắng ở Việt Nam đã gia tăng nhanh chóng và đạt 104.000 ha vào năm 2018, chủ yếu ở các tỉnh duyên hải miền Trung và đồng bằng sông Cửu Long. Trong năm 2018, tổng sản lượng tôm của cả nước đạt 762.000 tấn, trong đó, sản lượng tôm thẻ chân trắng là 464.600 tấn (VASEP, 2020). Hơn nữa, sản xuất tôm chân trắng đã đạt giá trị xuất khẩu 2,5 tỷ USD, chiếm 30% tổng giá trị xuất khẩu thủy sản của Việt Nam trong năm 2017 (VASEP, 2020).

Là một địa phương thuộc vùng duyên hải miền Trung, Phú Yên đã phát triển nuôi tôm thẻ chân trắng từ năm 2005. Trong giai đoạn 2005–2011, diện tích nuôi tôm chân trắng của Phú Yên đã gia tăng nhanh chóng và đạt 2.186 ha vào năm 2011. Diện tích nuôi tôm thẻ chân trắng của tỉnh ổn định ở mức 2.204 ha trong giai đoạn 2011–2014, với diện tích nuôi thâm canh đạt 450 ha vào năm 2014 (Sở NN & PTNT Phú Yên, 2015). Trong giai đoạn đầu phát triển, do môi trường chưa bị ô nhiễm, nuôi thâm canh tôm thẻ chân trắng đã mang lại lợi nhuận đáng kể cho người nuôi và góp phần giải quyết công ăn việc làm cho nhiều lao động của địa phương. Dù vậy, việc thiếu quy hoạch và không tuân thủ các quy định về mùa vụ, mật độ nuôi, các biện pháp phòng trị bệnh, xử lý và xả nước thải sau khi nuôi... đã làm môi trường nuôi bị ô nhiễm nghiêm trọng và dẫn đến bùng phát dịch bệnh với ước tính thiệt hại từ 20%–40% diện tích thả giống trong giai đoạn 2011–2014 (Sở NN & PTNT Phú

Yên, 2015). Martinez-Cordero (2003), Anh và cộng sự (2010) cũng như Huy và Meade (2015) cho rằng nguyên nhân chính gây ô nhiễm là lượng dưỡng chất (ni-tơ) phát thải do sử dụng thức ăn trong nuôi tôm quá mức. Đây là nguyên nhân gây ra tình trạng tảo nở hoa và làm cho tôm, cá nuôi bị chết hàng loạt trong nhiều năm qua (Sở NN & PTNT Phú Yên, 2015).

Phân tích hiệu quả kinh tế và môi trường nhằm đề xuất các chính sách phát triển bền vững đã và đang được quan tâm sâu sắc trong nghề nuôi trồng thủy sản. Các nghiên cứu của Martinez-Cordero (2003), Lê Kim Long và cộng sự (2016) đã áp dụng cách tiếp cận của Färe và cộng sự (1989) để nội sinh hóa phát thải dưỡng chất (ni-tơ) gây ô nhiễm như là đầu ra không mong muốn của quá trình sản xuất và sử dụng cách tiếp cận hàm khoảng cách để tính toán chi phí ẩn của phát thải gây ô nhiễm. Dù vậy, Coelli và cộng sự (2007) đã chứng minh rằng cách tiếp cận này không thỏa mãn nguyên lý cân bằng dưỡng chất trong sản xuất và đề xuất cách tiếp cận thay thế. Cho đến nay, mới chỉ có Au và Speelman (2020) sử dụng cách tiếp cận nguyên lý cân bằng dưỡng chất trên nền tảng phân tích bao dữ liệu (Data Envelopment Analysis – DEA) được đề xuất bởi Coelli và cộng sự (2007) để phân tích hiệu quả kinh tế và môi trường cho nghề nuôi tôm hùm lông tại Việt Nam. Dù vậy, Au và Speelman (2020) mới chỉ nghiên cứu trường hợp một đầu vào phát thải dưỡng chất gây ô nhiễm (thức ăn) trong quá trình sản xuất.

Kế tiếp xu hướng này, bài báo sẽ sử dụng cách tiếp cận nguyên lý cân bằng dưỡng chất dựa trên nền tảng của phương pháp DEA được đề xuất bởi Coelli và cộng sự (2007) để tính toán và phân tích các chỉ số hiệu quả kinh tế và môi trường của nuôi tôm thẻ chân trắng với trường hợp đa đầu vào phát thải dưỡng chất gây ô nhiễm trong quá trình sản xuất. Mục tiêu chính của bài viết là: (1) trình bày tóm lược lý thuyết kinh tế của các chỉ số hiệu quả kinh tế, môi trường và mối quan hệ giữa chúng; và (2) tính toán và xem xét mối quan hệ giữa hiệu quả kinh tế và môi trường của nghề nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh tại tỉnh Phú Yên nhằm đề xuất một số khuyến nghị hướng đến phát triển nghề nuôi tôm bền vững.

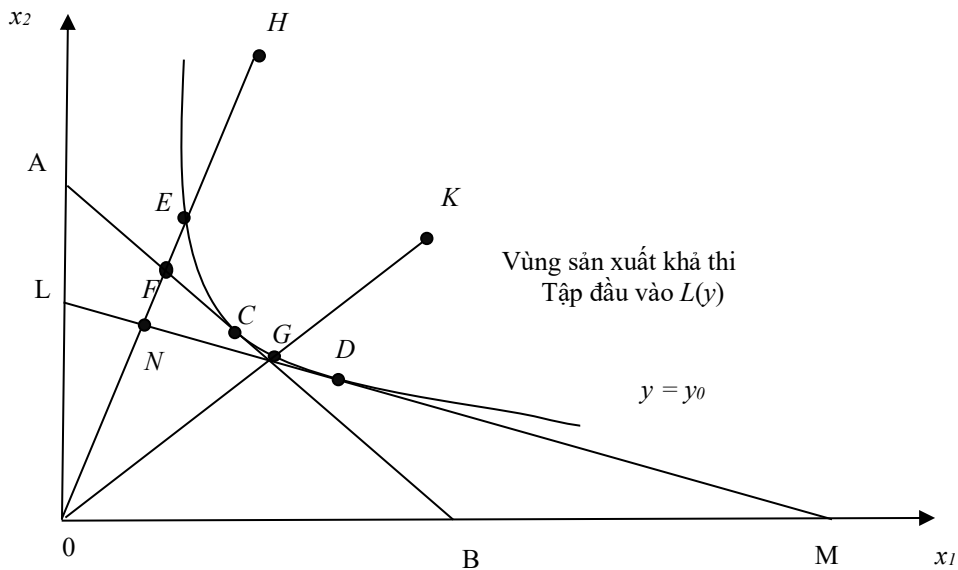
2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết về hiệu quả kinh tế và môi trường trong nuôi trồng thủy sản

Với một công nghệ cho trước, tập công nghệ sản xuất (Technology Set) là tập hợp các khả năng sản xuất khả thi nhằm biến đổi các yếu tố sản xuất ở đầu vào thành hàng hóa và dịch vụ ở đầu ra. Như vậy, giả sử các nhà sản xuất (Decision Making Unit – DMU) sử dụng vector các yếu tố đầu vào $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R_n^+$ để sản xuất ra các đầu ra $y = (y_1, y_2, \dots, y_m) \in R_m^+$. Khi đó, tập công nghệ sản xuất là:

$$T = \{(x, y) \in R_n^+ \times R_m^+ \mid x \text{ có thể sản xuất ra } y\} \quad (1)$$

Như vậy, với một công nghệ cho trước, tập công nghệ sản xuất (1) là tập lồi (Convex) và tất cả các phương án kết hợp các yếu tố đầu vào và đầu ra thuộc tập công nghệ sản xuất đều là các kế hoạch sản xuất khả thi. Để đơn giản, bài nghiên cứu sẽ trình bày khái niệm hiệu quả kinh tế, môi trường và mối liên hệ với trường hợp sản xuất gồm hai yếu tố đầu vào và một đầu ra qua Hình 1 như sau.



Hình 1. Hiệu quả kinh tế và môi trường trong nuôi trồng thủy sản

Nguồn: Điều chỉnh từ Coelli và cộng sự (2007)

Với công nghệ sản xuất và các đầu ra cho trước, tập công nghệ có thể được viết lại dưới dạng tập đầu vào là $L(y) = \{x: (x, y) \in T\}$. Với công nghệ sản xuất cho trước và đầu ra $y = y_0$ không đổi, tập đầu vào (tức vùng sản xuất khả thi) chính là phần bên phải của biên giới hạn khả năng sản xuất. Các phương án sản xuất phối hợp hai yếu tố đầu vào, x_1 và x_2 , nằm trong vùng sản xuất khả thi đều có thể sản xuất ra đầu ra y_0 với công nghệ hiện tại.

Hiệu quả kinh tế theo định hướng đầu vào, còn gọi là hiệu quả chi phí được đề xuất bởi Farrell (1957), liên quan đến sự lựa chọn tỷ lệ phối hợp và sử dụng các đầu vào sao cho chi phí sản xuất tối thiểu với điều kiện công nghệ sản xuất, giá của các đầu vào và sản lượng đầu ra cho trước. Giả sử giá của các yếu tố đầu vào x_1 và x_2 lần lượt là r_1 và r_2 . Trên Hình 1, AB là đường đẳng phí (Iso-Cost), nghĩa là các phương án sản xuất kết hợp các yếu tố đầu vào x_1 và x_2 nằm trên đường AB có cùng một mức chi phí sản xuất (c_0). AB là đường có hệ số góc bằng với tỷ lệ về giá thị trường của hai yếu tố đầu vào (r_1/r_2) và được mô tả dưới dạng toán học như sau:

$$x_2 = \frac{c_0}{r_2} - \frac{r_1}{r_2} x_1$$

Với giá thị trường không đổi, các đường đẳng phí AB sẽ dịch chuyển song song và càng xa gốc tọa độ khi các mức chi phí sản xuất được sử dụng càng nhiều. Rõ ràng, để sản xuất ra mức đầu ra y_0 với công nghệ và giá các yếu tố đầu vào cho trước thì phương án sản xuất cho chi phí sản xuất tối thiểu là tại điểm C, nơi mà đường đẳng phí (AB) tiếp xúc với biên giới hạn khả năng sản xuất (xem Hình 1). Lúc đó, hiệu quả kinh tế theo định hướng đầu vào (hay hiệu quả chi phí) của DMU_H sẽ bằng mức chi phí sản xuất tối thiểu tại C chia cho mức chi phí sản xuất thực tế tại H. Vì C và F cùng nằm trên đường đẳng phí AB nên mức chi phí sản xuất tại C và F bằng nhau. Vì vậy:

$$EE_H = \frac{\text{Chi phí tại } C}{\text{Chi phí tại } H} = \frac{\text{Chi phí tại } F}{\text{Chi phí tại } H} = \frac{OF}{OH} \quad (2)$$

Hiệu quả kinh tế (EE) được phân rã thành hiệu quả kỹ thuật và hiệu quả phân bổ kinh tế.

- *Thứ nhất*, hiệu quả kỹ thuật là chỉ số đánh giá trình độ sử dụng công nghệ sản xuất (Coelli và cộng sự, 2005). Với mức đầu ra y_0 cho trước và công nghệ sản xuất hiện tại, Hình 1 cho thấy đơn vị sản xuất (H) thuộc vùng khả thi nhưng không nằm trên đường biên giới hạn nên chưa sử dụng tối ưu công nghệ sản xuất, và do vậy, chưa đạt hiệu quả kỹ thuật. Hiệu quả kỹ thuật của DMU_H chính là (xem chi tiết tại Coelli và cộng sự (2005)):

$$TE_H = OE/OH \quad (3)$$

- *Thứ hai*, hiệu quả phân bổ kinh tế (Efficiency Allocational Economic – EAE) là chỉ số đánh giá trình độ của một đơn vị sản xuất trong việc lựa chọn tỷ lệ phối hợp các đầu vào của sản xuất (x_1/x_2 tối ưu) nhằm tối thiểu hóa chi phí với giá của các đầu vào cho trước. Chỉ số này cho biết liệu một nhà sản xuất (DMU) đạt hiệu quả kỹ thuật, tức nằm trên biên giới hạn khả năng sản xuất, đã sản xuất với chi phí thấp nhất có thể hay chưa. Để sản xuất ra y_0 với công nghệ sản xuất hiện tại và các mức giá cho trước, Hình 1 cho thấy E là phương án đạt hiệu quả kỹ thuật 100% nhưng chưa có chi phí sản xuất thấp nhất có thể, nghĩa là, tỷ lệ phối hợp các đầu vào x_{1E}/x_{2E} chưa tối ưu. Phương án cho chi phí sản xuất thấp nhất có thể với đầu ra y_0 và công nghệ hiện tại là C , trạng thái mà đường đẳng phí tiếp xúc với biên giới hạn khả năng sản xuất, như vậy, tỷ lệ phối hợp đầu vào x_{1C}/x_{2C} mới là tối ưu. Do đó, hiệu quả phân bổ kinh tế của DMU_H , được ký hiệu là EAE_H :

$$EAE_H = \frac{OF}{OE} \quad (4)$$

Từ (2), (3) và (4), ta có:

$$\frac{OF}{OH} = \frac{OE}{OH} \times \frac{OF}{OE} \text{ hay } EE_H = TE_H \times EAE_H \quad (5)$$

Dựa trên nền tảng lý thuyết hiệu quả kinh tế theo định hướng đầu vào của Farrell (1957), Coelli và cộng sự (2007) đã sử dụng nguyên lý bảo toàn dưỡng chất trong quá trình sản xuất để đề xuất chỉ số hiệu quả môi trường. Trong nghề nuôi trồng thủy sản, giả sử rằng hàm lượng dưỡng chất có trong các đầu vào x_1 và x_2 là m_1 và m_2 ; và có trong đầu ra là n . Lúc đó, tổng lượng dưỡng chất dư thừa gây ô nhiễm môi trường chính là $m_1 x_1 + m_2 x_2 - ny_0$. Với đầu ra cho trước (y_0), lượng dưỡng chất dư thừa gây ô nhiễm tối thiểu sẽ đạt được khi tổng lượng dưỡng chất đầu vào sử dụng là nhỏ nhất, tức $m_1 x_1 + m_2 x_2$ đạt giá trị nhỏ nhất.

Tương tự với khái niệm đường đẳng phí đã trình bày ở trên, với hàm lượng dưỡng chất trong các đầu vào lần lượt là m_1 và m_2 cho trước, LM là đường đẳng dưỡng chất (Iso-Nutrient), nghĩa là các phương án sản xuất kết hợp x_1 và x_2 nằm trên đường LM đều có một mức dưỡng chất đầu vào bằng nhau (z_0). Đường LM có hệ số góc là tỷ lệ về hàm lượng dưỡng chất của hai đầu vào (m_1/m_2) có phương trình toán học như dưới đây.

$$x_2 = \frac{z_0}{m_2} - \frac{m_1}{m_2} x_1$$

Đường đẳng dưỡng chất sẽ dịch chuyển song song và càng xa gốc tọa độ nếu mức dưỡng chất sử dụng trong nuôi trồng càng nhiều. Do đó, để sản xuất ra y_0 với công nghệ và hàm lượng dưỡng chất trong các đầu vào cho trước thì cần lượng dưỡng chất đầu vào tối thiểu là tại D , điểm mà đường LM tiếp tuyến với biên giới hạn khả năng sản xuất trên Hình 1. Do D và N cùng nằm trên đường đẳng

đường LM nên mức dưỡng chất sử dụng tại D và N là như nhau. Lúc đó, hiệu quả môi trường của DMU_H chính bằng mức dưỡng chất tối thiểu cần sử dụng tại N chia cho mức dưỡng chất thực tế đang sử dụng tại H. Lúc đó, hiệu quả môi trường (còn được gọi là hiệu quả sử dụng dưỡng chất đầu vào trong sản xuất – Nutrient Efficiency – NE) của DMU_H sẽ là (Coelli và cộng sự, 2007):

$$NE_H = \frac{ON}{OH} \quad (6)$$

Hiệu quả môi trường (NE) cũng được phân tách thành hiệu quả kỹ thuật (TE) và hiệu quả phân bổ môi trường. Tương tự chỉ số hiệu quả phân bổ kinh tế ở trên, hiệu quả phân bổ môi trường (NAE) là chỉ số đánh giá trình độ của một đơn vị sản xuất trong việc lựa chọn tỷ lệ phối hợp các đầu vào của sản xuất (x_1/x_2 tối ưu) nhằm tối thiểu hóa mức dưỡng chất sử dụng trong sản xuất với mức hàm lượng dưỡng chất trong các đầu vào cho trước. Chỉ số này cho biết liệu một nhà sản xuất (DMU) đạt hiệu quả kỹ thuật, tức nằm trên biên giới hạn khả năng sản xuất, đã sản xuất với mức dưỡng chất sử dụng thấp nhất có thể hay chưa. Hình 1 chỉ ra rằng E là trạng thái đạt hiệu quả kỹ thuật nhưng chưa đạt mức dưỡng chất đầu vào nhỏ nhất để sản xuất ra y_0 , nghĩa là, tỷ lệ phối hợp các yếu tố đầu vào x_{1E}/x_{2E} chưa tối ưu về mặt môi trường. Trạng thái có mức dưỡng chất đầu vào nhỏ nhất với đầu ra y_0 và công nghệ cho trước là tại D, do đó, tỷ lệ phối hợp các đầu vào x_{1D}/x_{2D} là tối ưu về môi trường. Như vậy, hiệu quả phân bổ môi trường của DMU_H , ký hiệu là NAE_H :

$$NAE_H = \frac{ON}{OE} \quad (7)$$

Từ (3), (6) và (7), ta có:

$$\frac{ON}{OH} = \frac{OE}{OH} \times \frac{ON}{OE} \text{ hay } NE_H = TE_H \times NAE_H \quad (8)$$

Như vậy, từ công thức (5) và (8) cho thấy, việc cải thiện hiệu quả kỹ thuật (TE), hay dịch chuyển từ H về E trên Hình 1, sẽ đồng thời cải thiện được cả hiệu quả kinh tế và hiệu quả môi trường. Do vậy, nghiên cứu cải thiện hiệu quả kỹ thuật đã và đang là một chủ đề quan trọng, được nghiên cứu nhiều trong thực tiễn ngành nuôi trồng thủy sản trên thế giới trong hơn ba thập kỷ qua (xem lược khảo của Sharma và Lueng (2003), Iliyasu và cộng sự (2014), Long và cộng sự (2020b)).

Trong thực tiễn nghề nuôi tôm ở các nước đang phát triển như Việt Nam, do sự cạnh tranh khốc liệt về giá trên thị trường thế giới và sức mặc cả yếu trong việc định giá của các hộ nuôi trồng nên tối thiểu hóa chi phí sản xuất là mục tiêu kinh tế rất quan trọng (xem Long và cộng sự (2020a) và Lê Kim Long (2022) cho thảo luận chi tiết). Hình 1 cho thấy, dịch chuyển từ E (điểm đạt hiệu quả kỹ thuật) về C (điểm đạt hiệu quả chi phí) sẽ tối thiểu hóa chi phí sản xuất một đơn vị sản phẩm. Mặt khác, dịch chuyển từ E về D sẽ đạt hiệu quả môi trường. Rõ ràng, dịch chuyển từ E về C và E về D là cùng chiều nhau trên Hình 1. Trong trường hợp của DMU_H , cải thiện hiệu quả kinh tế thông qua cải thiện hiệu quả phân bổ về kinh tế, tức dịch chuyển từ E về C, đồng thời cũng cải thiện hiệu quả môi trường. Dù vậy, nếu chúng ta muốn đạt hiệu quả môi trường thông qua cải thiện chỉ số hiệu quả phân bổ môi trường, tức tiếp tục dịch chuyển từ C về D, rõ ràng chi phí sản xuất sẽ gia tăng. Lúc này, để đạt được hiệu quả môi trường thì DMU_H phải đánh đổi hiệu quả kinh tế.

Với trường hợp DMU_K , việc cải thiện hiệu quả kinh tế thông qua cải thiện hiệu quả phân bổ về kinh tế lại làm giảm hiệu quả môi trường. Hình 1 cho thấy, từ K về G sẽ cải thiện hiệu quả kỹ thuật của DMU_K và do vậy, sẽ đồng thời cải thiện cả hiệu quả kinh tế và môi trường. Tiếp tục dịch chuyển từ G về C giúp cải thiện hiệu quả chi phí thông qua cải thiện hiệu quả phân bổ kinh tế; và dịch chuyển từ G về D giúp cải thiện hiệu quả môi trường thông qua cải thiện hiệu quả phân bổ môi trường. Rõ

ràng, dịch chuyển từ G về C và G về D là ngược chiều nhau trên Hình 1. Với trường hợp này, để đạt được hiệu quả kinh tế thông qua việc cải thiện hiệu quả phân bổ kinh tế thì DMU_K phải đánh đổi hiệu quả môi trường, và ngược lại.

Cuối cùng, trạng thái đạt hiệu quả kinh tế (C) và đạt hiệu quả môi trường (D) sẽ trùng nhau nếu hệ số góc của đường đẳng phí (AB) bằng với hệ số góc của đường đẳng dư (LM). Nghĩa là, nếu tỷ lệ về giá thị trường của hai đầu vào (r_1/r_2) bằng với tỷ trọng về hàm lượng dưỡng chất của hai đầu vào (m_1/m_2) thì điểm đạt hiệu quả kinh tế cũng chính là đạt hiệu quả môi trường. Như vậy, các nhà hoạch định chính sách có thể lựa chọn các chính sách thuế hay trợ cấp đối với các yếu tố đầu vào x_1 và x_2 phù hợp để điều chỉnh tỷ lệ về giá đầu vào (r_1/r_2) nhằm đưa trạng thái tối ưu về hiệu quả kinh tế về trạng thái tối ưu về môi trường. Hơn nữa, sự khác biệt giữa hiệu quả môi trường và hiệu quả chi phí cho phép chúng ta tính toán chi phí để di chuyển từ điểm hiệu quả về chi phí đến điểm hiệu quả về môi trường, và đồng thời cũng tính được lượng dưỡng chất có thể tiết kiệm cho quá trình dịch chuyển này; nghĩa là, chúng ta hoàn toàn tính toán được chi phí ẩn của 01 kg dưỡng chất cho mỗi hộ nuôi tôm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Mô hình nghiên cứu thực nghiệm

Banker và cộng sự (1984) đã hoàn thiện mô hình phân tích phi tham số DEA với giả thiết công nghệ có năng suất thay đổi theo quy mô (Variable Returns to Scale – viết tắt là giả thiết VRS), thường gọi là mô hình BCC (BCC là viết tắt tên của 3 tác giả: Banker, Charnes và Cooper). Kể từ đó, cách tiếp cận phân tích DEA với mô hình BCC đã được sử dụng rất rộng rãi trong các nghiên cứu thực nghiệm (xem lược khảo ở Emrouznejad và Yang (2018)). Trong lĩnh vực nuôi trồng thủy sản, các nghiên cứu phân tích DEA phần lớn đều sử dụng mô hình BCC (xem lược khảo ở Iliyasu và cộng sự (2014) và Long và cộng sự (2020a)). Cụ thể, mô hình BCC để tính toán hiệu quả kỹ thuật (Technical Efficiency – TE) trong nghiên cứu này được trình bày như sau:

Giả sử có n trang trại nuôi (hộ nuôi) tôm thẻ chân trắng trong mẫu nghiên cứu. Dữ liệu cho các trang trại nuôi được biểu diễn bởi ma trận đầu vào (X) và đầu ra (Y). Khi đó, bài toán BCC cho trang trại nuôi thứ i , với $i = 1, 2, \dots, n$ sẽ là:

$$\min_{\theta_i, \lambda} \theta_i$$

Với các ràng buộc:

$$\begin{cases} -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ \theta_i x_i - X\lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0 \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{cases} \quad (9)$$

Giá trị θ_i sẽ là mức TE_{*i*} của trang trại nuôi tôm thứ i , và có giá trị thuộc $(0, 1]$. Tiếp theo, $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ là ràng buộc về công nghệ có tính chất VRS. Ràng buộc thứ nhất trong chuỗi ràng buộc (9) là ràng buộc đối với đầu ra của sản xuất. Ràng buộc này hàm ý rằng hộ nuôi hiệu quả về mặt lý thuyết (tham chiếu) sẽ sinh ra lượng đầu ra lớn hơn hoặc bằng mức sản lượng đầu ra thực tế của hộ thứ i với cùng một lượng đầu vào cho trước. Ràng buộc thứ hai là ràng buộc đối với đầu vào trong sản xuất của hộ thứ i . Trong đó, $X\lambda$ là mức đầu vào nhỏ nhất của hộ nuôi tôm hiệu quả về lý thuyết (tham chiếu) với

mức đầu ra cho trước của hộ nuôi tôm thứ i , và $\theta_i x_i$ là mức đầu ra thực tế của hộ nuôi i nhân với chỉ số hiệu quả của nó.

Bài toán sẽ lần lượt được giải n lần, mỗi lần cho một trang trại nuôi. Nếu kết quả của bài toán BCC là $\theta_i = 1$, thì mức đầu vào mà hộ nuôi i đang sử dụng chính bằng mức đầu vào sử dụng của hộ nuôi đạt hiệu quả về lý thuyết khi sản xuất ra cùng mức đầu ra cho trước. Như vậy, hộ nuôi thứ i đạt hiệu quả và nằm trên biên giới hạn khả năng sản xuất trên Hình 1. Nếu kết quả $\theta_i < 1$, thì mức đầu vào mà hộ nuôi thứ i đã sử dụng có thể cắt giảm xuống thấp nhất bằng $X\lambda$ mà vẫn sản xuất được đầu ra không đổi. Như vậy, hộ nuôi thứ i chưa đạt hiệu quả.

Tiếp theo, hiệu quả kinh tế cho hộ nuôi thứ i được tính toán thông qua bài toán sau (ví dụ: Le Kim Long (2022)):

$$\text{Min } r_i' x_i^*$$

Với các ràng buộc:

$$\begin{cases} -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ x_i^* - X\lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0 \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{cases} \quad (10)$$

Khi đó, r_i là vector giá của các yếu tố đầu vào của hộ thứ i ; x_i^* (được tính từ công thức (10)) là vector khối lượng các đầu vào tương ứng với mức chi phí tối thiểu có thể đạt được của hộ thứ i , với các giá đầu vào r_i , sản lượng đầu ra y_i và công nghệ sản xuất không đổi; và λ đã được định nghĩa ở trên. Như vậy, hiệu quả kinh tế (Economic Efficiency – EE) của nông hộ thứ i được tính bằng mức chi phí sản xuất tối thiểu có thể đạt được chia cho chi phí sản xuất thực tế, tức là:

$$EE_i = r_i' x_i^* / r_i' x_i \quad (11)$$

Do đó, hiệu quả phân bổ kinh tế được tính là:

$$EAE_i = EE_i / TE_i \quad (12)$$

Tương tự, hiệu quả môi trường cho hộ nuôi thứ i được tính toán qua bài toán sau (Coelli và cộng sự, 2007):

$$\text{Min } m_i' x_i^*$$

Với các ràng buộc:

$$\begin{cases} -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ x_i^* - X\lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0 \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{cases} \quad (13)$$

Trong đó, m_i là vector hàm lượng dưỡng chất của các yếu tố đầu vào trong sản xuất của hộ nuôi thứ i ; x_i^* được tính từ công thức (13), là vector khối lượng các yếu tố đầu vào của hộ nuôi thứ i tương ứng với mức dưỡng chất đầu vào tối thiểu để có thể sản xuất được mức sản lượng đầu ra y_i với công nghệ sản xuất cho trước. Do đó, hiệu quả môi trường (Nutrient Efficiency – NE) của nông hộ thứ i được tính bằng mức dưỡng chất đầu vào tối thiểu chia cho mức dưỡng chất sử dụng trong sản xuất thực tế, tức là:

$$NE_i = m_i' x_i^* / m_i' x_i \quad (14)$$

Như vậy, hiệu quả phân bổ môi trường được tính là:

$$NAE_i = NE_i/TE_i \quad (15)$$

2.2.2. Địa bàn và dữ liệu nghiên cứu

Phú Yên là một tỉnh ở vùng duyên hải Nam Trung Bộ, có nghề nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh rất phát triển ở Việt Nam. Diện tích nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh của Phú Yên đạt 205 ha với bình quân 2,2 vụ/năm vào năm 2014 (Lê Kim Long và cộng sự, 2016). Nghiên cứu này sử dụng bộ dữ liệu khảo sát hoạt động sản xuất của nghề nuôi tôm trong Đề tài cấp bộ Giáo dục và Đào tạo của Lê Kim Long và cộng sự (2016). Sử dụng phương pháp tính toán cỡ mẫu của Yamane (1967), quy mô mẫu khảo sát được xác định là 59 hộ nuôi thâm canh tôm thẻ chân trắng của Phú Yên. Mẫu nghiên cứu có tổng diện tích là 45 ha, chiếm 24% tổng diện tích nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh toàn tỉnh trong năm sản xuất 2014, được khảo sát tại các huyện nuôi trọng điểm gồm: Sông Cầu, Tuy An và Đông Hòa, với hạn ngạch mẫu được xác định dựa vào tỷ lệ % diện tích trong tổng thể (Lê Kim Long và cộng sự, 2016). Bộ dữ liệu này cũng đã được sử dụng để phân tích hiệu quả sử dụng các nguồn lực đầu vào của nghề nuôi tôm thẻ thâm canh của Phú Yên (Lê Kim Long & Lê Văn Thập, 2019).

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Thống kê mô tả các biến dùng trong phân tích

Kế tiếp các nghiên cứu về nghề nuôi tôm của Nguyen và Fisher (2014), Thap và cộng sự (2016), Long và cộng sự (2020b) và Lê Kim Long (2022), nghiên cứu này sử dụng $k = 5$ yếu tố đầu vào biến đổi chủ yếu của nghề nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh là: Giống, thức ăn, lao động, năng lượng và hóa chất; và $l = 01$ đầu ra (sản lượng tôm thu hoạch) của mỗi ha nuôi tôm trong năm sản xuất 2014 như sau.

Bảng 1.

Thống kê mô tả các biến sử dụng trong phân tích

Tên biến	Đơn vị tính	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Nhỏ nhất	Lớn nhất
Khối lượng					
<i>Sản lượng đầu ra (y)</i>	Kg/ha	18.109	10.649	4.000	45.000
<i>Đầu vào (x)</i>					
Giống (x_1)	Nghìn con/ha	2.253	1.142	800	5.100
Thức ăn (x_2)	Kg/ha	24.435	14.597	5.000	70.000
Lao động (x_3)	Số giờ/ha	5.772	2.470	1.680	15.120
Hóa chất (x_4)	Nghìn đồng/ha	216.504	207.820	6.000	750.000
Năng lượng (x_5)	Kw/ha	146.177	146.081	12.153	949.487
Giá/Chi phí đầu vào					
Giống (w_1)	Đồng/con	94,341	9,428	75,000	120,000

Tên biến	Đơn vị tính	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Nhỏ nhất	Lớn nhất
Thức ăn (w_2)	Nghìn đồng/kg	31,502	2,785	26,000	37,500
Lao động (w_3)	Nghìn đồng/giờ	23,565	4,446	15,278	35,156
Hóa chất (w_5) ¹	Nghìn đồng	1,000	—	—	—
Năng lượng (w_4)	Nghìn đồng/kw	1,317	—	—	—
Hàm lượng dưỡng chất (ni-tơ) trong đầu vào					
Giống (m_1)	g/1.000 con	0,084	—	—	—
Thức ăn (m_2)	g/kg thức ăn	60,250	—	—	—
Lao động (m_3)	—	—	—	—	—
Năng lượng (m_4)	—	—	—	—	—
Hóa chất (m_5)	—	—	—	—	—

Nguồn: Tính toán từ bộ dữ liệu điều tra của Lê Kim Long và cộng sự (2016).

Hàm lượng dưỡng chất ni-tơ trong thức ăn nuôi tôm thẻ chân trắng ở Việt Nam là 60,25g cho 1 kg thức ăn công nghiệp (Huy & Maeda, 2015). Giống đầu vào được mua từ các công ty sản xuất giống uy tín với kích cỡ loại PL12 có trọng lượng bình quân là 3g/1.000 con với hàm lượng dưỡng chất ni-tơ trong 1.000 con giống là 0,084g (Huy & Maeda, 2015; Mariscal-Lagarda & Pérez-Osuna, 2014). Các đầu vào khác được giả thiết là có hàm lượng ni-tơ không đáng kể (Au & Speelman, 2020).

3.2. Phân tích hiệu quả kinh tế và môi trường

Kết quả tính các chỉ số hiệu quả của các trang trại nuôi tôm thẻ chân trắng ở Phú Yên năm 2014 từ phần mềm DEA Excel Solver của Zhu (2003) như Bảng 2.

Bảng 2.

Kết quả tính các chỉ số hiệu quả của các trang trại nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh tại tỉnh Phú Yên năm 2014

Mức hiệu quả	Tần suất (%)				
	EE	EAE	TE	NAE	NE
<0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30–0,39	5,08	1,69	0,00	0,00	0,00
0,40–0,49	8,47	3,39	0,00	0,00	0,00
0,50–0,59	18,64	5,08	0,00	3,39	13,56
0,60–0,69	16,95	16,95	5,08	8,47	16,95
0,70–0,79	20,34	25,42	15,25	13,56	16,95

¹ Do nghề nuôi tôm thẻ thâm canh sử dụng nhiều loại hóa chất khác nhau nên nghiên cứu này sử dụng chi phí hóa chất thay vì sử dụng biến vật lý thông thường (Long và cộng sự, 2020a).

Mức hiệu quả	Tần suất (%)				
	EE	EAE	TE	NAE	NE
0,80–0,89	15,25	28,81	23,73	25,42	37,29
0,90–0,99	6,78	10,17	22,03	40,68	6,78
1,00	8,47	8,47	33,90	8,47	8,47
Trung bình	0,69	0,77	0,90	0,87	0,78
Độ lệch chuẩn	0,17	0,15	0,11	0,11	0,13

Ghi chú: EE: Hiệu quả kinh tế; EAE: Hiệu quả phân bổ kinh tế; TE: Hiệu quả kỹ thuật; NE: Hiệu quả môi trường, NAE: Hiệu quả phân bổ môi trường.

Nguồn: Tính toán từ số liệu điều tra của Lê Kim Long và cộng sự (2016)

Bảng 2 trình bày kết quả tính toán các chỉ số hiệu kinh tế và môi trường của các hộ nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh tỉnh Phú Yên trong năm 2014. Giá trị bình quân của hiệu quả kinh tế (EE) và hiệu quả môi trường (NE) lần lượt là 69% và 78%. Kết quả này hàm ý rằng, bình quân chi phí và lượng dưỡng chất đầu vào của các hộ nuôi tôm có thể giảm tối đa lần lượt là 31% và 22% mà vẫn cho sản lượng đầu ra không đổi, với các yếu tố khác giữ nguyên không đổi. Như vậy, việc nghiên cứu cải thiện hiệu quả kinh tế và hiệu quả môi trường có ý nghĩa quan trọng để hướng tới phát triển nghề nuôi tôm bền vững ở Phú Yên.

Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả kỹ thuật (TE) đạt 90%, hàm ý rằng bình quân các hộ nuôi có thể cắt giảm tới 10% các đầu vào mà vẫn có thể sản xuất ra lượng đầu ra không đổi nếu vận hành tốt nhất công nghệ sản xuất. Như vậy, bình quân các hộ nuôi tôm thâm canh tại Phú Yên có thể đồng thời cải thiện được cả hiệu quả kinh tế và môi trường được 10% bằng cách cải thiện trình độ sử dụng công nghệ trong sản xuất. Đây là bằng chứng cho thấy các nông hộ nuôi tôm hoàn toàn có thể đồng thời cải thiện cả hiệu quả kinh tế và hiệu quả môi trường mà không cần bất kỳ can thiệp chính sách lớn nào vào thị trường, ví dụ như: Các chương trình đào tạo kỹ thuật giúp nông dân để tăng hiệu quả kỹ thuật có thể nâng cao đáng kể cả hiệu quả kinh tế và môi trường của nghề nuôi tôm.

Kết quả cũng cho thấy hệ số tương quan của hiệu quả kinh tế và môi trường trong nghề nuôi tôm ở Phú Yên là tương đối thấp, đạt 0,34. Như vậy, trạng thái đạt hiệu quả kinh tế của các hộ nuôi tôm đang lệch pha với trạng thái đạt hiệu quả môi trường. Nguyên nhân chính dẫn đến sự lệch pha giữa hai chỉ số này là do sự khác biệt về chỉ số phân bổ kinh tế (EAE) và chỉ số phân bổ dưỡng chất (NEA) của các đầu vào. Kết quả từ Bảng 1 cho thấy tỷ lệ về giá thị trường của 1 kg thức ăn trên 1.000 con giống là 0,33; trong khi đó, tỷ lệ dưỡng chất của hai đầu vào này là 717,26. Nếu giá thị trường phản ánh đúng hàm lượng dưỡng chất có trong đầu vào thì hiện giá tôm giống đang quá đắt (gấp 717,26/0,33 tức 2173,52 lần) so với giá thức ăn. Nguyên nhân của sự khác biệt này có lẽ hàm lượng khoa học công nghệ kết tinh trong sản xuất tôm giống lớn hơn rất nhiều trong sản xuất thức ăn cho tôm. Để trạng thái đạt hiệu quả về môi trường và kinh tế lại gần nhau thì: (1) Hỗ trợ cho nghiên cứu và sản xuất tôm giống, và (2) đánh thuế với thức ăn nuôi tôm có thể là các lựa chọn giải pháp quan trọng.

Bảng 3.

Thống kê về tỷ lệ % các nông hộ nuôi tôm trong mẫu

	Từ hiện tại về TE		Từ TE về EE		Từ TE về NE	
	Thay đổi chi phí	Thay đổi đường chất	Thay đổi chi phí	Thay đổi đường chất	Thay đổi chi phí	Thay đổi đường chất
(–)	66,1	66,1	91,5	27,1	32,2	86,4
(0)	33,9	33,9	8,5	10,2	8,5	13,6
(+)	0,0	0,0	0,0	62,7	59,3	0,0
Tổng	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Ghi chú: EE: Hiệu quả kinh tế; TE: Hiệu quả kỹ thuật; NE: Hiệu quả môi trường.

Kết quả Bảng 3 một lần nữa cho thấy việc cải thiện hiệu quả kỹ thuật đã làm 66,1% các hộ nuôi giảm được cả chi phí sản xuất và lượng đường chất đầu vào, trong đó, 33,9% các hộ không thay đổi cả hai tiêu chí này là do đã đạt hiệu quả kỹ thuật và nằm trên biên giới hạn khả năng sản xuất. Cải thiện hiệu quả phân bổ về kinh tế (EAE), tức dịch chuyển từ trạng thái TE (tối ưu về kỹ thuật) về trạng thái EE (tối ưu về kinh tế), Bảng 3 cho thấy có tới 91,5% các hộ giảm về chi phí sản xuất nhưng chỉ có 27,1% các hộ giảm đi mức đường chất đầu vào sử dụng. Tương tự như vậy, cải thiện hiệu quả phân bổ về môi trường (NAE), tức dịch chuyển từ trạng thái TE (tối ưu về kỹ thuật) về trạng thái NE (tối ưu về môi trường), Bảng 3 cho thấy có tới 86,4% các hộ giảm về lượng đường chất sử dụng nhưng chỉ có 32,2% các hộ giảm đi mức chi phí sản xuất. Kết quả này rõ ràng cho thấy sự đánh đổi về hiệu quả kinh tế và môi trường trong nghề nuôi tôm ở Phú Yên có nguyên nhân là do sự khác biệt về tỷ lệ giá thức ăn và giá giống với hàm lượng ni-tơ trong thức ăn và giống.

Bảng 4.

Thay đổi về chi phí và lượng đường chất sử dụng khi dịch chuyển từ trạng thái tối ưu về kinh tế (EE) sang tối ưu về môi trường (NE) cho 1 ha nuôi tôm

	Thay đổi chi phí (nghìn đồng)		Thay đổi đường chất gây ô nhiễm (g ni-tơ)	
	Giá trị	%	Giá trị	%
Giá trị trung bình	327.353	33	–176.193	–15
Độ lệch chuẩn	242.185	–	151.633	–

Kết quả của Bảng 4 cho thấy khi dịch chuyển từ trạng thái tối ưu về kinh tế (EE) sang tối ưu về môi trường (NE), bình quân chi phí sản xuất cho 01 ha nuôi tôm (tương ứng với mức lượng là 18.190 kg) tại Phú Yên trong năm 2014 gia tăng là 327.353 nghìn đồng, tức 33%; trong khi đó, lượng đường chất đầu vào bình quân giảm đi 176.193 g ni-tơ hay 15%. Như vậy, chi phí ẩn bình quân của 01 kg ni-tơ đường chất phát thải gây ô nhiễm là 1,858 triệu đồng (tức 327.353/176.193) hay 84 USD. Kết quả này cao hơn so với báo cáo về chi phí ẩn của 01 kg ni-tơ đường chất phát thải gây ô nhiễm là 7,1 USD của nghề nuôi tôm của Mexico (Martinez-Cordero, 2003) và 14,7 USD của nghề nuôi tôm ở miền Trung, Việt Nam (Lê Kim Long và cộng sự, 2016). Nguyên nhân có thể là do Martinez-Cordero (2003) và Lê Kim Long và cộng sự (2016) đã sử dụng hàm khoảng cách đề xuất bởi Färe và

cộng sự (1989), cách tiếp cận không thỏa mãn nguyên lý cân bằng dưỡng chất trong sản xuất để tính toán (Coelli và cộng sự, 2007).

4. Kết luận và hàm ý chính sách

Bài báo này đã trình bày nền tảng lý thuyết kinh tế về các chỉ số hiệu quả kinh tế và môi trường cũng như mối quan hệ của chúng trên nền tảng của nguyên lý cân bằng dưỡng chất. Phân tích DEA với giả thiết công nghệ sản xuất *VRS* đã được sử dụng để tính toán các chỉ số này cho các trang trại nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh tại tỉnh Phú Yên trong năm 2014. Với mẫu khảo sát gồm 59 hộ nuôi tôm ở Phú Yên trong năm 2014, kết quả cho thấy tiềm năng cải thiện hiệu quả kinh tế (tiết kiệm tối đa 31% chi phí sản xuất) và môi trường (giảm thiểu tối đa 22% dưỡng chất gây ô nhiễm) của nghề nuôi thâm canh tôm thẻ chân trắng là tương đối lớn.

Hơn nữa, nghiên cứu cải thiện hiệu quả kỹ thuật (tức trình độ sử dụng công nghệ) của các hộ nuôi tôm có thể đồng thời cải thiện tối đa 10% cả hiệu quả chi phí và hiệu quả môi trường. Như vậy, các nông hộ nuôi tôm hoàn toàn có thể đồng thời cải thiện cả hiệu quả kinh tế và hiệu quả môi trường mà không có bất kỳ can thiệp chính sách lớn nào vào thị trường. Ví dụ, các chương trình đào tạo kỹ thuật giúp nông dân để tăng hiệu quả kỹ thuật có thể nâng cao đáng kể đồng thời cả hiệu quả kinh tế và môi trường của nghề nuôi tôm.

Dù vậy, sự khác biệt về tỷ lệ giá thị trường và tỷ lệ hàm lượng dưỡng chất của các đầu vào đã dẫn đến sự đánh đổi về hiệu quả kinh tế và môi trường trong nghề nuôi tôm với chi phí ẩn bình quân của 01 kg dưỡng chất gây ô nhiễm là 1,858 triệu đồng. Nghiên cứu này cũng cho thấy việc sử dụng cách tiếp cận không thỏa mãn nguyên lý cân bằng dưỡng chất có thể dẫn đến đánh giá thấp chi phí ẩn của dưỡng chất phát thải gây ô nhiễm trong nuôi tôm. Đây là một thông tin quan trọng để các nhà hoạch định chính sách và các hộ nuôi tôm tham khảo để tính toán và lựa chọn các chiến lược giảm thiểu ô nhiễm khác nhau, ví dụ như: Chi phí phải mất đi từ việc dịch chuyển từ trạng thái tối ưu về kinh tế về trạng thái tối ưu về môi trường có thể được so sánh với chi phí xử lý nước thải ở đầu ra. Hơn nữa, việc trợ cấp cho nghiên cứu và sản xuất giống có thể sẽ là giải pháp quan trọng để hướng đến nuôi tôm bền vững. Bên cạnh đó, đánh thuế xả thải hoặc xây dựng tiêu chuẩn xử lý nước thải, chất thải nuôi tôm trước khi xả thải ra môi trường cũng là các giải pháp đáng cân nhắc.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo với số tiền tài trợ 270 triệu đồng cho đề tài có mã số: B2014-13-12 thực hiện trong giai đoạn 2014–2016.

Tài liệu tham khảo

- Anh, P. T., Kroeze, C., Bush, S. R., & Mol, A. P. (2010). Water pollution by intensive brackish shrimp farming in south-east Vietnam: Causes and options for control. *Agricultural Water Management*, 97(6), 872–882.
- Au, T. N. H., & Speelman, S. (2020). Economic-environmental trade-offs in marine aquaculture: The case of lobster farming in Vietnam. *Aquaculture*, 516, 734593.

- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078–1092.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. USA: Springer Science & Business Media.
- Coelli, T., Lauwers, L., & Van Huylenbroeck, G. (2007). Environmental efficiency measurement and the materials balance condition. *Journal of Productivity Analysis*, 28(1), 3–12.
- Emrouznejad, A., & Yang, G.-L. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4–8.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253–290.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C. A. K., & Pasurka, C. (1989). Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: A nonparametric approach. *The Review of Economics and Statistics*, 71(1), 90–98.
- Iliyasu, A., Mohamed, Z. A., Ismail, M. M., Abdullah, A. M., Kamarudin, S. M., & Mazuki, H. (2014). A review of production frontier research in aquaculture (2001–2011). *Aquaculture Economics & Management*, 18(3), 221–247.
- Huy, N. V., & Maeda, M. (2015). Nutrient mass balances in intensive shrimp ponds with a sludge removal regime: A case study in the Tam Giang Lagoon, central Vietnam. *Journal of Agricultural Science and Technology A & B and Hue University Journal of Science*, 5, 539–548.
- Lê Kim Long, Lê Văn Tháp, Phạm Thị Thanh Thủy, & Nguyễn Xuân Thủy. (2016). *Phát triển bền vững nghề nuôi tôm thẻ chân trắng tại các tỉnh duyên hải Nam Trung Bộ*. Đề tài cấp Bộ Giáo Dục và Đào tạo. Mã số: B2014-13-12.
- Kobayashi, M., Msangi, S., Batka, M., Vannuccini, S., Dey, M. M., & Anderson, J. L. (2015). Fish to 2030: The role and opportunity for aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 19(3), 282–300.
- Le Kim Long. (2022). Cost efficiency analysis in aquaculture: Data envelopment analysis with a two-stage bootstrapping technique. *Aquaculture Economics & Management*, 26(1), 77–97.
- Long, L. K., Thap, L. V., & Hoai, N. T. (2020a). An application of data envelopment analysis with the double bootstrapping technique to analyze cost and technical efficiency in aquaculture: Do credit constraints matter?. *Aquaculture*, 525, 735290.
- Long, L. K., Thap, L. V., Hoai, N. T., & Pham, T. T. T. (2020b). Data envelopment analysis for analyzing technical efficiency in aquaculture: The bootstrap methods. *Aquaculture Economics & Management*, 24(4), 422–446.
- Lê Kim Long, & Lê Văn Tháp. (2019). Hiệu quả sử dụng đầu vào trong nuôi trồng thủy sản: Trường hợp nghề nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh tại tỉnh Phú Yên. *Tạp chí Kinh tế & Phát triển*, 261, 72–80.
- Martinez-Cordero, F. J. (2003). *Regional economic planning of shrimp aquaculture in Mexico*. PhD Dissertations, University of Hawaii, USA.

- Mariscal-Lagarda, M. M., & Páez-Osuna, F. (2014). Mass balances of nitrogen and phosphorus in an integrated culture of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: A short communication. *Aquacultural Engineering*, 58, 107–112.
- Nguyen, K. T., & Fisher, T. C. (2014). Efficiency analysis and the effect of pollution on shrimp farming in the Mekong river delta. *Aquaculture Economics & Management*, 18(4), 325–343.
- Sharma, K. R., & Leung, P. (2003). A review of production frontier analysis for aquaculture management. *Aquaculture Economics & Management*, 7(1–2), 15–34.
- Sở NN & PTNT Phú Yên. (2015). *Tình hình sản xuất, nuôi trồng thủy sản năm 2014 và Kế hoạch và các giải pháp năm 2015 (báo cáo bản cứng)*. Phú Yên.
- Thap, L. V., Long, L. K., & Hoai, N. T. (2016). *Analysis of technical efficiency of intensive white-leg shrimp farming in Ninh Thuan, Vietnam: An application of the double-bootstrap data envelopment analysis*. Proceedings of the Eighteenth Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade, July 11–15, 2016, Aberdeen, Scotland, UK.
- Zhu, J. (2003). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver*. New York, USA: Springer Science & Business Media.
- VASEP. (2020). *Report on Vietnam's shrimp sector 2009–2018*. Vietnam Association of Seafood Exporter and Producers, Hanoi, Vietnam.
- Yamane, T. (1967). *Statistics: An Introductory Analysis* (2nd ed.). New York: Harper and Row.