
PHÂN TÍCH CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN HIỆU QUẢ SỬ DỤNG NƯỚC TRONG CHĂN NUÔI LỢN TRÊN ĐỊA BÀN THÀNH PHỐ HÀ NỘI

Lê Thị Thu Hương

Khoa Kế toán và Quản trị Kinh doanh, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Email: thuhuonglt.qtkd@gmail.com

Lưu Văn Duy

Khoa Kinh tế và Phát triển nông thôn, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Email: luuvanduy@vnua.edu.vn

Mã bài: JED-213

Ngày nhận: 09/06/2021

Ngày nhận bản sửa: 26/08/2021

Ngày duyệt đăng: 01/09/2021

Tóm tắt

Cùng với sự tăng trưởng nhanh chóng của ngành nuôi lợn ở Việt Nam, một lượng lớn nước đã được sử dụng trong chăn nuôi, sau đó thải ra môi trường. Việc tăng hiệu quả sử dụng nước không chỉ giúp giải quyết vấn đề khan hiếm nước mà còn giảm thiểu ô nhiễm môi trường. Mục tiêu của nghiên cứu này là phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng nước và đề xuất một số giải pháp góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng nước của các cơ sở chăn nuôi ở thành phố Hà Nội. Nhóm tác giả tiến hành khảo sát 270 cơ sở chăn nuôi và áp dụng phương pháp phân tích đường bao dữ liệu với vector phụ (sub-vector DEA), đường biên chung (metafrontier) và mô hình Tobit. Kết quả chỉ ra rằng hiệu quả sử dụng nước bình quân theo biên sản xuất riêng của nhóm trại công nghiệp là 70,68%, trại bán công nghiệp là 51,64% và hộ chăn nuôi truyền thống là 38,32%. Tỷ số siêu kỹ thuật bình quân của 3 nhóm trại lần lượt là 71,72%, 77,95% và 97,77% cho thấy hộ chăn nuôi truyền thống có kỹ thuật sử dụng nước gần với kỹ thuật tối ưu nhất. Kết quả mô hình Tobit chỉ ra rằng việc rút ngắn giai đoạn vỗ béo, giảm tần suất rửa chuồng vào mùa đông, giảm bớt diện tích sàn, phân tách chất thải ngay tại chuồng sẽ giúp nâng cao hiệu quả sử dụng nước.

Từ khóa: Chăn nuôi lợn, loại hình chăn nuôi, hiệu quả sử dụng nước; phân tích DEA

Mã JEL: D24

Determinants of water use efficiency of pig production in Hanoi

Abstract:

Along with the rapid growth of the pig production sector in Vietnam, a large amount of water has been used in the pig raising, then discharged in the environment. Therefore, increasing water efficiency not only helps to solve the problem of water scarcity but also reduces environmental pollution. This study measures the water-use efficiency and proposes solutions to improve the efficiency of three pig farming systems of industrial, semi-industrial and conventional farms in Hanoi. We surveyed 270 pig farms and applied sub-vector DEA, metafrontier and Tobit model. The results indicate that based on individual frontiers, the water-use efficiency of industrial, semi-industrial and conventional farms are 70.68%, 51.64% and 38.32%, respectively. However, the meta technology ratios of the farms are 71.72%, 77.95% and 97.77%, respectively, which reveals water-use technology of conventional farms is close to the optimal technology. The Tobit findings reveal that shortening the fattening period and decreasing the frequency of cleaning pigpens in the winter, reducing the floor area and manure separation helps to improve the efficiency.

Keywords: DEA; farming system; pig production; water-use efficiency.

JEL Code: D24.

1. Giới thiệu

Với sự tăng trưởng nhanh chóng chăn nuôi ở Việt Nam, một lượng lớn nước đã được sử dụng và thải ra môi trường dưới dạng nước thải. Sử dụng nước hiệu quả không chỉ giúp cải thiện các vấn đề khan hiếm nước mà còn giảm ô nhiễm môi trường. Do đó, nâng cao hiệu quả sử dụng nước sẽ giúp phát triển bền vững ngành chăn nuôi.

Thành phố Hà Nội là địa phương có đàn gia súc, gia cầm đứng cả nước. Theo báo cáo của Trung tâm phát triển chăn nuôi thành phố, cuối năm 2020, số đầu lợn của Hà Nội là 1,4 triệu con với phương thức chăn nuôi chủ yếu là hộ hoặc trang trại. Theo thống kê của Sở nông nghiệp và phát triển nông thôn thành phố, số đầu lợn trong trại chăn nuôi quy mô lớn là 712.513 con, chiếm 50,6% tổng đàn lợn toàn thành phố, số còn lại được chăn nuôi trong hệ thống chuồng của các hộ dân quy mô nhỏ. Với quy mô đàn lợn lớn như đã đề cập ở trên, các cơ sở chăn nuôi lợn trên địa bàn thành phố Hà Nội đã sử dụng một lượng nước đầu vào lớn phục vụ cho việc rửa chuồng, làm mát chuồng và nước uống cho lợn. Mặt khác, các đơn vị chăn nuôi này cũng xả ra môi trường lượng nước thải lớn. Mặc dù nước là đầu vào rất quan trọng đối với ngành chăn nuôi lợn và ảnh hưởng rất lớn đến môi trường, nhưng các nghiên cứu trước đây thường bỏ ngỏ trong việc phân tích hiệu quả và các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng nước trong chăn nuôi lợn.

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là cung cấp luận cứ khoa học về hiệu quả sử dụng nước và các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng nước trong chăn nuôi lợn trên địa bàn thành phố Hà Nội. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất một số giải pháp nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn tài nguyên nước, góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường trong chăn nuôi.

2. Tổng quan nghiên cứu

Trong lĩnh vực chăn nuôi, hầu hết các nghiên cứu đo lường hiệu quả sử dụng nước tập trung vào các kỹ thuật đánh giá lợi ích của lượng nước được tiêu thụ (Kebebe & cộng sự, 2015; Ran & cộng sự, 2013). Tuy nhiên, các kỹ thuật này không xem xét mối quan hệ giữa nước và các đầu vào khác, do đó ngăn cản việc đánh giá mức độ kinh tế của việc sử dụng nước. Để đạt được thâm canh bền vững, một phương pháp kinh tế dựa trên khái niệm hiệu quả kỹ thuật của một đầu vào cụ thể (subvector technical efficiency) được sử dụng để đo lường hiệu quả sử dụng nước. Việc sử dụng nước ở các cơ sở chăn nuôi được kết hợp cùng với các yếu tố đầu vào khác để ước tính đường biên sản xuất thể hiện việc sử dụng tối ưu các yếu tố đầu vào.

Bên cạnh đó, hầu hết các nghiên cứu về hiệu quả sử dụng nước trong chăn nuôi đều tập trung vào nước uống (Hoeck & Büscher, 2015; Zhu & cộng sự, 2017) vì nước uống chiếm 80% tổng lượng nước sử dụng trong chăn nuôi lợn, trong khi nước làm mát và rửa chuồng chỉ chiếm 19% (Muhlbauer & cộng sự, 2011). Trong khi đó, ở các nước nhiệt đới như Việt Nam, lượng nước uống trung bình hàng ngày cho lợn nái và lợn đẻ đến khi xuất chuồng lần lượt là 9 lít và 6,9 lít (Van & cộng sự, 2017), lượng nước cần để rửa chuồng là 40 lít/ con lợn mỗi ngày (Vu & cộng sự, 2007); ở Malaysia và Singapore, lợn cần từ 12 đến 50 lít mỗi ngày (Liang & cộng sự, 2017; Taiganides, 1992). Tuy nhiên, rất ít nghiên cứu tập trung vào nước rửa chuồng và làm mát, mặc dù nó chiếm một tỷ lệ lớn trong tổng lượng nước tiêu thụ ở một số quốc gia và gây ô nhiễm môi trường (Liang & cộng sự, 2017; Nguyen, 2017; Thien Thu & cộng sự, 2012).

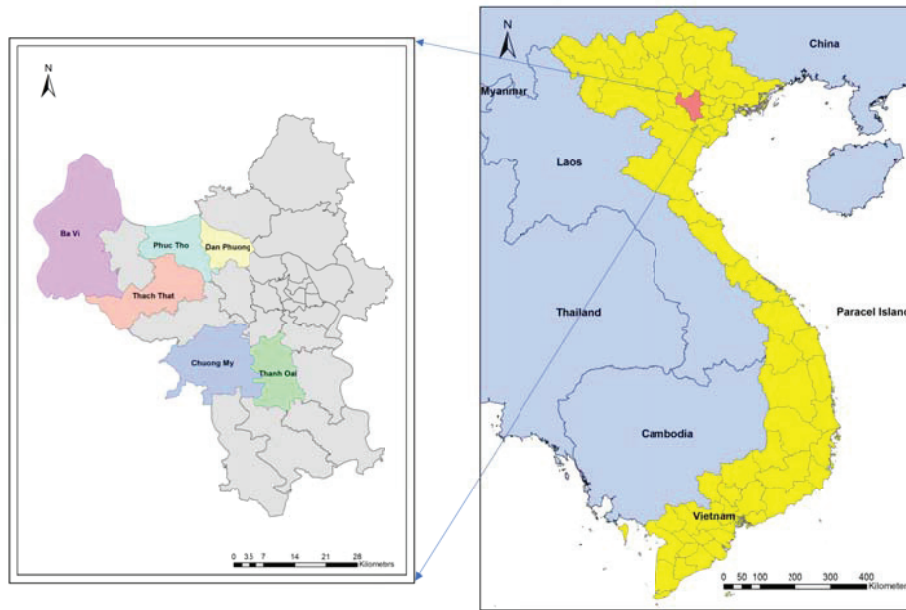
Các hình thức chăn nuôi lợn trên địa bàn Hà Nội bao gồm các trang trại và các hộ chăn nuôi, trong đó quy mô trang trại được quy định là phải có ít nhất 20 nái hoặc ít nhất 100 thịt/lúa; còn lại được xác định là quy mô hộ chăn nuôi (Dinh, 2017). Tuy nhiên, cách phân loại chỉ căn cứ theo số lượng lợn, không phản ánh sự khác biệt giữa các hình thức chăn nuôi về việc sử dụng tài nguyên. Vì vậy, để phản ánh tốt hơn việc sử dụng tài nguyên của các hình thức chăn nuôi, tác giả giới thiệu một cách thức phân loại khác dựa trên mức độ phát triển của trại đó là: trại công nghiệp, trại bán công nghiệp và hộ chăn nuôi truyền thống. Kết quả của nghiên cứu này sẽ cung cấp những thông tin có giá trị và các giải pháp tiềm năng để sử dụng nước bền vững trong chăn nuôi cho các vùng miền khác ở Việt Nam.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Chọn điểm và mẫu nghiên cứu

Thành phố Hà Nội được chọn làm điểm nghiên cứu vì đây là địa phương có quy mô đàn lợn lớn nhất cả nước với 1,4 triệu con, chiếm 5,3% đàn lợn của cả nước (GSO, 2017) với ba loại hình chăn nuôi (công

Hình 1: Bản đồ địa bàn nghiên cứu



Nguồn: trích xuất từ phần mềm vẽ bản đồ Quantum GIS.

nghiệp, bán công nghiệp và truyền thống). Nhóm nghiên cứu xác định 6 huyện có quy mô chăn nuôi lớn của Hà Nội là địa bàn khảo sát gồm Ba Vì, Phúc Thọ, Thạch Thất, Đan Phượng, Chương Mỹ và Thanh Oai (Hình 1) để tiến hành khảo sát.

Số mẫu được chọn theo phương pháp chọn mẫu ngẫu nhiên với 270 cơ sở chăn nuôi đã được phỏng vấn trực tiếp bằng bảng hỏi. Theo thống kê của Sở Nông Nghiệp thành phố Hà Nội, đến thời điểm tháng 5/2018, có 205 trại chăn nuôi gia công (trại công nghiệp), và 101.813 trại và hộ chăn nuôi kiểu bán công nghiệp và truyền thống. Do đó số lượng các trại mà chúng tôi điều tra được bao gồm 54 trại công nghiệp, 63 trại bán công nghiệp và 153 hộ chăn nuôi truyền thống có thể chưa đảm bảo tính đại diện cho địa bàn Hà Nội, và sẽ được chúng tôi hoàn thiện trong các nghiên cứu sau này. Để khắc phục hạn chế này, chúng tôi sử dụng kỹ thuật bootstrap 2000 lần điểm hiệu quả sử dụng nước của từng nhóm trại giúp giảm các sai số trong chọn mẫu. Nghiên cứu này tập trung phỏng vấn các cơ sở chăn nuôi nuôi lợn thịt vì phương thức này tiêu tốn nhiều nước hơn so với chăn nuôi lợn nái. Số liệu phỏng vấn được thu thập từ tháng 10 đến tháng 12 năm 2018.

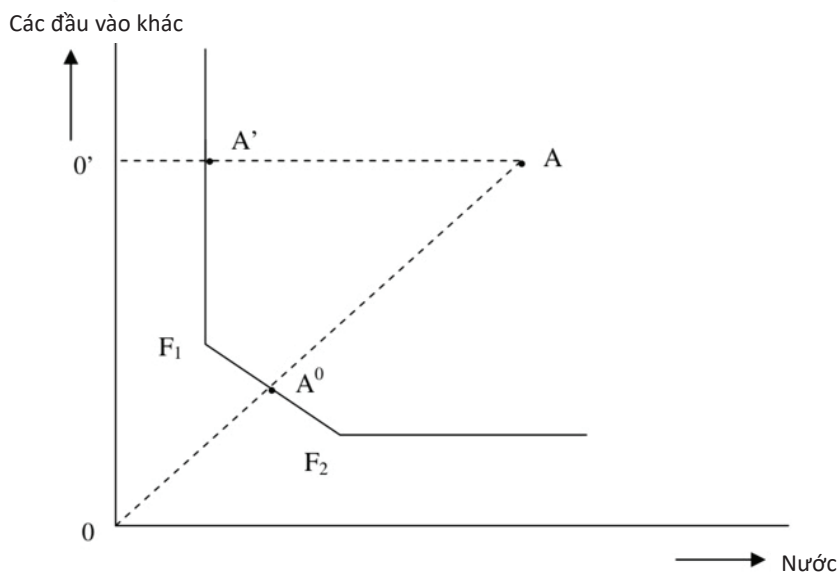
3.2. Phương pháp phân tích số liệu

3.2.1. Vector phụ DEA

Có hai phương pháp được sử dụng phổ biến để đo lường hiệu quả sử dụng nước là phương pháp tham số (SFA) và phương pháp phi tham số (vector phụ DEA). Trong nghiên cứu này chúng tôi lựa chọn phương pháp phi tham số để đo lường hiệu quả sử dụng nước do phương pháp này không yêu cầu phải xây dựng một hàm sản xuất cụ thể như SFA và cho phép đo lường hiệu quả theo quy mô (Reinhard & cộng sự, 2000).

Để đo lường hiệu quả sử dụng nước, chúng tôi sử dụng phương pháp DEA với vector phụ (Fare & cộng sự, 1994). Hiệu quả sử dụng nước là tỷ số giữa lượng nước tối thiểu (được sử dụng bởi các trại hoạt động hiệu quả) với lượng nước thực tế (được sử dụng bởi một trại nào đó), với điều kiện giữ nguyên các đầu ra và đầu vào còn lại (Hình 2). Giả sử F1 và F2 là hai trại hiệu quả (sử dụng ít nhất đầu vào với đầu ra quan sát được), hình thành đường biên sản xuất. Trại A nằm trong đường biên sản xuất nên chưa đạt được hiệu quả. Để đạt được hiệu quả sử dụng nước với các đầu vào và đầu ra khác cố định, trại A cần phải cắt giảm lượng nước sử dụng tại điểm A'. Tỷ số $\theta^k = 0'A'/O'A$ đo lường hiệu quả sử dụng nước của trại A, luôn nằm trong khoảng (0;1].

Hình 2: Hiệu quả sử dụng nước



Nguồn: Mô phỏng theo Lansink & cộng sự (2002).

Hiệu quả sử dụng nước của trại thứ i được tính theo công thức 1 (CT1):

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta^k, \quad (\text{CT 1})$$

$$\text{Với điều kiện } -y_i + Y_\lambda \geq 0, \quad (1)$$

$$\theta^k x_i^k - X^k \lambda \geq 0 \quad (2)$$

$$x_i^{n-k} - X^{n-k} \lambda \geq 0 \quad (3)$$

$$N1' \lambda = 1 \quad (4)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (5)$$

Trong đó:

θ là vô hướng.

$N1$ là vector của 1.

λ là vector hằng số.

θ^k là hiệu quả sử dụng nước của trại thứ i , nằm trong đoạn $(0;1]$.

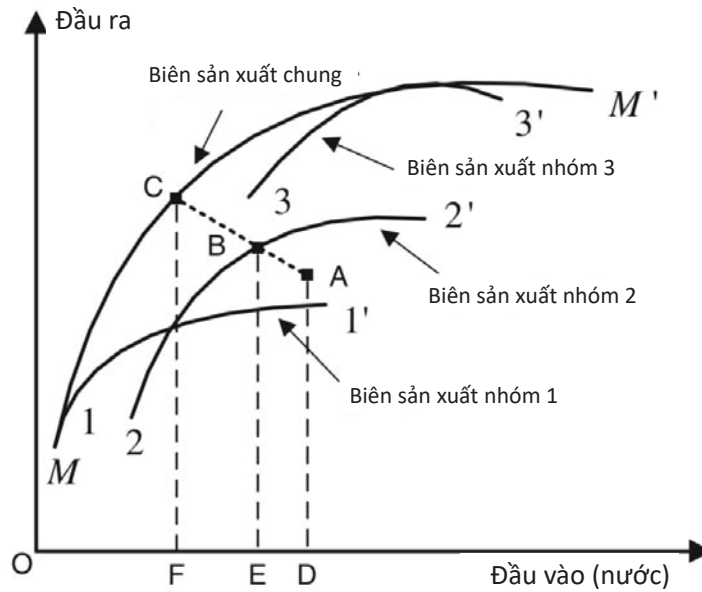
x_i^{n-k} và X^{n-k} là đầu vào bất kỳ x_i và các đầu vào X khi đưa nước ra khỏi mô hình.

x_i^k và X^k là chỉ đưa nước vào mô hình.

Mô hình DEA nói chung và DEA với vector phụ nói riêng đo lường hiệu quả thông qua việc so sánh các trại nằm bên dưới đường biên sản xuất được tạo nên bởi các trại hoạt động hiệu quả. Do đó những trại được đánh giá chỉ có thể so sánh được với hiệu quả của những trại trong cùng một mẫu quan sát đang phân tích. Các nhóm trại khác nhau (trại công nghiệp, bán công nghiệp và truyền thống) sẽ có những đặc điểm khác nhau và từ đó sẽ hình thành nên những biên sản xuất riêng biệt cho từng nhóm. Để so sánh hiệu quả giữa các nhóm khác nhau, nghiên cứu này sử dụng kỹ thuật siêu đường biên (metafrontier). Kỹ thuật này giả định rằng ngoài việc các nhóm khác nhau (nhưng có mối liên hệ với nhau) có những biên sản xuất khác nhau, họ còn chia sẻ chung một biên sản xuất – biên sản xuất này được gọi là biên sản xuất chung (Hình 3). Biên sản xuất chung được định nghĩa như là biên giới hạn bao bọc tất cả các biên sản xuất riêng của các nhóm khác nhau (O'Donnell & cộng sự, 2008).

Hiệu quả sản xuất của các trại sẽ được đo lường với các trại khác trong cùng một nhóm và so sánh với các trại trong các nhóm khác nhau. Điều này được thực hiện bằng cách tính toán và so sánh tỷ số siêu kỹ thuật

Hình 3: Biên sản xuất chung (metafrontier)



(metatechnology ratio [MTR]) của các nhóm với nhau. Tỷ số này được định nghĩa như sau:

$$MTR_i = \frac{\theta^k_i}{\theta^k_g} = \frac{OF}{OE} \quad (\text{CT 2})$$

Trong đó:

MTR_i là tỷ số siêu kỹ thuật của trại thứ i

θ^k là hiệu quả sử dụng nước được ước lượng trên cơ sở so sánh với biên sản xuất chung của tất cả các nhóm của trại thứ i

θ^k_g là hiệu quả sử dụng nước được ước lượng trên cơ sở so sánh với biên sản xuất trong nhóm g của trại thứ i

Việc so sánh hiệu quả sử dụng nước của những trại trong các nhóm khác nhau sẽ được thực hiện trên cơ sở so sánh giá trị trung bình của MTR giữa các nhóm với nhau. Nhóm nào có giá trị trung bình MTR lớn hơn sẽ đạt hiệu quả sử dụng nước trung bình cao hơn.

Do cỡ mẫu trong từng nhóm trại khá nhỏ và có khả năng tồn tại các sai số do chọn mẫu gây ra nên nghiên cứu này sử dụng kỹ thuật Bootstrapping DEA để giảm độ nhạy của các điểm hiệu quả (Simar & Wilson, 2007).

3.2.2. Hồi quy Tobit

Sau khi đo lường hiệu quả sử dụng nước, để phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng nước, chúng tôi sử dụng hàm hồi quy Tobit. Do hiệu quả sử dụng nước θ^k luôn nằm trong khoảng (0; 1], chúng tôi thực hiện hồi quy Tobit hai phía (hồi quy kiểm định trên và dưới) để đảm bảo giá trị dự đoán của hiệu quả sử dụng nước không nằm ngoài khoảng đó (Wooldridge, 2016). Hàm hồi quy Tobit được mô tả theo công thức 2 (CT 3).

$$\theta^{k*} = ZB + e \quad (\text{CT 3})$$

$$\theta^k = \begin{cases} \theta^{k*} & \text{if } 0 < \theta^{k*} < 1 \\ 0 & \text{if } \theta^{k*} < 0 \\ 1 & \text{if } \theta^{k*} > 1 \end{cases},$$

Trong đó:

Z: Các biến phụ thuộc

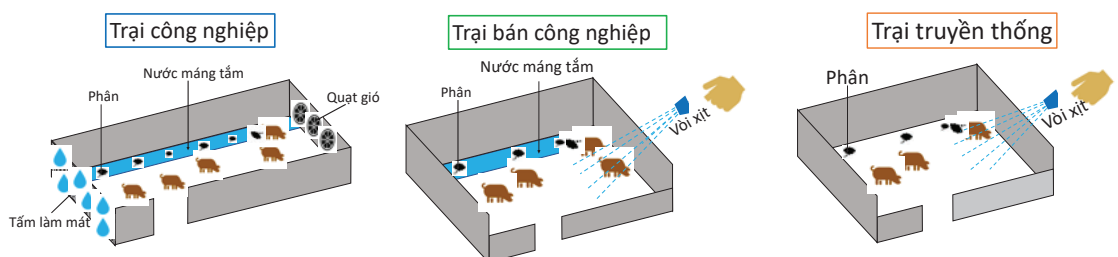
θ^k : Biến ẩn

θ^k : hiệu quả sử dụng nước nằm trong khoảng (0; 1]

B : Các tham số ước lượng

e : Nhiễu

Hình 4: Kiểu chuồng nuôi của ba loại hình chăn nuôi lợn



Nguồn: Theo điều tra của nhóm tác giả năm 2018.

4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

4.1. Đặc điểm chuồng nuôi của các loại hình chăn nuôi

Chăn nuôi lợn trên địa bàn Hà Nội phổ biến ba loại hình: trại công nghiệp, bán công nghiệp và truyền thống (Hình 4).

Đặc điểm quan trọng nhất để phân biệt trại công nghiệp với các hệ thống khác là việc sử dụng chuồng kín. Để kiểm soát nhiệt độ, độ ẩm và luồng không khí, các chuồng kín được trang bị quạt thông gió và các tấm làm mát. Khi nhiệt độ trên 30° C, các tấm làm mát được làm ướt. Sau đó, quạt thông gió làm cho nước trong tấm làm mát bay hơi, làm giảm nhiệt độ của chuồng. Nước nhỏ giọt từ các tấm làm mát được thu hồi để sử dụng tiếp. Chuồng kín tiêu chuẩn có diện tích 750 m², có thể nuôi 500–600 con lợn vỗ béo. Những chuồng này có thể có một hoặc hai máng tắm, dài 50m chạy dọc chuồng, rộng 1–1,2 m và sâu 10–15 cm (Hình 4). Các máng tắm được dùng để lợn bài tiết chất thải, luôn chứa đầy nước và được xả một hoặc hai lần một ngày. Từ khảo sát, chúng tôi tính toán trại công nghiệp tiêu thụ khoảng 87,1 m³ nước rửa và làm mát cho một tấn thịt lợn hơi, thấp hơn so với trại bán công nghiệp và truyền thống (lần lượt là 192,4 m³ và 234,7 m³).

Trại bán công nghiệp và truyền thống sử dụng chuồng hở (Hình 4), với quạt và vòi nước để làm mát và rửa sàn. Độ ẩm, lưu lượng không khí và nhiệt độ không được kiểm soát tốt vì không có hệ thống làm mát. Vào mùa hè, các trại phun nước lên mái chuồng để giảm nhiệt độ. Máng tắm trong chuồng giúp trại bán công nghiệp tiết kiệm thời gian rửa sàn và giảm mùi hôi trong chuồng. Trại truyền thống không có máng tắm nên người chăn nuôi phải thu gom phân dưới nền chuồng rồi dùng vòi cao áp xịt rửa.

Bảng 1: Các đầu vào và đầu ra được sử dụng trong mô hình DEA

Các biến đầu ra và đầu vào	ĐVT	Trại công nghiệp N=54	Trại bán công nghiệp N=63	Hộ chăn nuôi truyền thống N=153	
Chi phí thức ăn chăn nuôi	1000 VNĐ/kg	19,6	24,2	18,5	
Chi phí giống	1000VN Đ/kg	6,2	6,6	6,6	
Chi phí lao động	1000 VNĐ/kg	0,44	0,44	4,18	
Chi phí cố định (khấu hao)	VNĐ/kg	1,5	1,3	1,5	
Chi phí khác	1000 VNĐ/kg	2,2	2,0	1,5	
Lượng nước rửa chuồng và làm mát	m ³ /kg	83,2	208,5	191,8	
Đầu ra	Tổng trọng lượng lợn xuất chuồng	tấn	204,2	35,3	5,8

Nguồn: Tổng hợp từ số liệu điều tra năm 2018.

4.2. Hiệu quả sử dụng nước

Đầu vào và đầu ra được sử dụng trong mô hình DEA của ba loại trại được trình bày trong Bảng 1. Các đầu vào chính trong chăn nuôi lợn ở Việt Nam bao gồm: thức ăn chăn nuôi, giống, lao động, các chi phí cố định và các loại chi phí biến đổi khác (Jabbar & Akter, 2008; Lapar, 2014; Ly & cộng sự, 2020; Ly & cộng sự, 2016); đầu ra là tổng sản lượng lợn xuất chuồng (Jabbar & Akter, 2008; Ly & cộng sự, 2020). Nước là một đầu vào quan trọng, tồn tại dưới hình thức nước uống cho lợn, nước rửa chuồng và làm mát, là một trong những nguyên nhân chính gây ô nhiễm môi trường (Van & cộng sự, 2017).

Kết quả đo lường hiệu quả sử dụng nước của các trại theo đường biên sản xuất riêng được mô tả trong Bảng 2, theo đó trại công nghiệp có hiệu quả sử dụng nước là 70,68%, trại bán công nghiệp là 51,64% và nhóm hộ chăn nuôi truyền thống là 38,31%. Điều này cho thấy các trại công nghiệp có khả năng sử dụng nước tương đối hiệu quả và nằm gần với đường biên sản xuất tối ưu của nhóm, trong khi đó các trại bán công nghiệp và hộ chăn nuôi truyền thống sử dụng nước không hiệu quả, nằm khá xa so với đường biên hiệu quả của nhóm. Nguyên nhân chính là do thiết kế chuồng nuôi của các trại công nghiệp có sự tương đồng lớn

Bảng 2: Hiệu quả sử dụng nước theo đường biên sản xuất riêng

Giá trị hiệu quả	Trại công nghiệp N=54		Trại bán công nghiệp N=63		Hộ chăn nuôi truyền thống N=154	
	Số hộ	%	Số hộ	%	Số hộ	%
100	20	37,04	17	26,98	15	9,80
90 – 99	0	0,00	1	1,59	1	0,65
80 – 89	1	1,85	1	1,59	4	2,61
70 – 79	2	3,70	3	4,76	5	3,27
60 – 69	6	11,11	2	3,17	4	2,61
50 – 59	10	18,52	5	7,94	7	4,58
40 – 49	10	18,52	3	4,76	25	16,34
30 – 39	4	7,41	4	6,35	18	11,76
20 – 29	1	1,85	11	17,46	22	14,38
10 – 19	0	0,00	12	19,05	35	22,88
<10	0	0,00	4	6,35	17	11,11
Trung bình		70,68		51,64		38,31
Nhỏ nhất		27,99		7,48		5,67
Lớn nhất		100		100		100
Độ lệch chuẩn		25,13		35,40		27,99

Chú thích: Kiểm định t được thực hiện để so sánh cặp các giá trị trung bình của hiệu quả sử dụng nước giữa các trại công nghiệp, bán công nghiệp và truyền thống. Trong mỗi hàng, những số có chỉ số phụ (^{a, b, c}) khác nhau cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

Nguồn: Tổng hợp từ số liệu điều tra năm 2018.

trong khi các trại bán công nghiệp và truyền thống có sự khác biệt lớn dẫn đến hiệu quả sử dụng nước trong từng nhóm có sự chênh lệch đáng kể. Nhìn chung, hệ thống chuồng trại là yếu tố chính ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng nước của các trại chăn nuôi lợn ở hầu hết các khu vực trên thế giới. Do đó, những đổi mới trong thiết kế chuồng nuôi góp phần quan trọng vào việc tiết giảm sử dụng nước ở Việt Nam và các nước trên thế giới. Tỷ lệ các trại/hộ nằm trên đường biên sản xuất riêng của trại công nghiệp là lớn nhất chiếm 37,04%, tiếp đến là trại bán công nghiệp (26,98%) và thấp nhất là hộ chăn nuôi truyền thống (9,80%).

Để có thể ước lượng và so sánh hiệu quả sử dụng nước của 3 nhóm trại, chúng ta phải tính toán hiệu quả sử dụng nước của các trại theo biên sản xuất chung cho cả 3 nhóm (metafrontier) và xác định tỷ số siêu kỹ thuật (MTR) của các trại/hộ. Hiệu quả sử dụng nước theo đường biên sản xuất chung, riêng và tỷ số siêu kỹ thuật được trình bày trong Bảng 3. Theo đường biên sản xuất chung, hiệu quả sử dụng nước của các trại công nghiệp, bán công nghiệp và hộ chăn nuôi truyền thống lần lượt là 48,89%, 37,37% và 38,31%. Như vậy, trên thực tế các trại có thể giảm đi lần lượt là 51,11%, 62,63%, 62,69% lượng nước sử dụng mà vẫn không ảnh hưởng đến sản lượng. Điều này cho thấy sự kém hiệu quả trong việc sử dụng nước, là kết quả của việc tự do khai thác nước ngầm. Vì chăn nuôi lợn ở Việt Nam đòi hỏi lượng nước đáng kể để cho lợn uống, vệ sinh chuồng trại và làm mát (Thien Thu & cộng sự, 2012), nên các trại chăn nuôi lợn phải nằm ở những nơi có nguồn nước dồi dào. Do đó, các trại ở những khu vực này không phải đối mặt với tình trạng khan hiếm nước

nên không có động lực để sử dụng nước tiết kiệm (Hong & Yabe, 2017). Vì vậy, cần nâng cao nhận thức của người chăn nuôi lợn về tầm quan trọng của việc sử dụng nước hiệu quả, giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Dựa vào kết quả ước lượng và tính toán trình bày trong Bảng 3, chúng ta thấy rằng tỷ số siêu kỹ thuật bình quân (mean MTR) của các hộ chăn nuôi truyền thống cao hơn so với trại công nghiệp và bán công nghiệp. Kết quả tính toán chỉ ra rằng: bình quân các hộ chăn nuôi truyền thống có hiệu quả sử dụng nước cao hơn 2 nhóm còn lại. Chúng ta nhận thấy rằng, nếu quan sát khách quan thì các trại công nghiệp và bán công nghiệp

Bảng 3: Tỷ số siêu kỹ thuật trung bình (MTR)

	Trại công nghiệp N=54	Trại bán công nghiệp N=63	Hộ chăn nuôi truyền thống N=153
Hiệu quả sử dụng nước bình quân theo biên sản xuất riêng	70,68	51,64	38,32
Hiệu quả sử dụng nước bình quân theo biên sản xuất chung	48,89	37,37	37,02
Tỷ số siêu kỹ thuật bình quân (MTR)	71,72	77,95	97,77

Nguồn: Tổng hợp, phân tích từ số liệu điều tra năm 2018.

có hiệu quả sử dụng nước bình quân theo biên sản xuất riêng cao hơn so với các hộ chăn nuôi truyền thống. Thế nhưng, theo kết quả tính toán MTR đã chỉ ra kết quả ngược lại. Điều này phản ánh các trại đạt hiệu quả tối ưu trong nhóm trại công nghiệp và bán công nghiệp (hiệu quả kỹ thuật = 100%) có giá trị hiệu quả thấp tương đối so với các hộ đạt hiệu quả tối ưu trong nhóm hộ chăn nuôi truyền thống (hiệu quả kỹ thuật = 100%). Hay nói cách khác là vị trí của các trại công nghiệp và bán công nghiệp mặc dù tập trung gần với biên sản xuất riêng của nó (giá trị bình quân hiệu quả sử dụng nước cao), thế nhưng khoảng cách giữa biên sản xuất riêng với biên sản xuất chung của chúng xa hơn so với nhóm hộ chăn nuôi truyền thống.

4.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng nước

Một số các nghiên cứu trước đã chỉ ra các đặc tính của hộ như giới tính, tuổi, giáo dục, thu nhập có thể là

Bảng 4: Các biến sử dụng trong các mô hình hồi quy Tobit

Các biến	ĐVT	Trại công nghiệp N=54	Trại bán công nghiệp N=63	Hộ chăn nuôi truyền thống N=153
Biến phụ thuộc: điểm hiệu quả sử dụng nước ^(*)	%	61,36	41,06	35,84
Giới tính của chủ hộ (1 = Nam, 0 = Nữ) ^(**)		46	51	97
Tuổi của chủ hộ	Năm	46,3	49,2	52,0
Số năm đi học của chủ hộ	Năm	9,7	8,9	7,6
Phân tách chất thải tại chuồng (1 = có, 0 = Không) ^(***)		8	19	30
Thời gian vỗ béo	Tháng	5,8	5,5	5,8
Tần suất vệ sinh chuồng mùa hè	Lần/ngày	1,9	1,9	2,9
Tần suất vệ sinh chuồng mùa đông	Lần/ngày	1,8	1,6	1,7
Mật độ lợn	m ² /con	1,33	3,07	3,24
Khối lượng trung bình lợn xuất chuồng	kg/con	114,9	104,1	99,9
Thu nhập từ nuôi lợn	1000VNĐ/ton	1.229,8	369,6	1.907,4

Chú thích: () Điểm hiệu quả sử dụng nước được bootstrap 2000 lần; (**) và (***): thống kê số chủ hộ/trại là nam và số hộ/trại phân tách chất thải tại chuồng*

Nguồn: Tổng hợp, phân tích từ số liệu điều tra năm 2018.

các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng nước ở Việt Nam (Hong & Yabe, 2017; Tu & cộng sự, 2018). Bên cạnh đó, các hình thức xử lý chất thải như phân tách chất thải tại chuồng, vệ sinh chuồng hàng ngày, mật độ lợn nuôi, giai đoạn tăng trưởng của lợn, khối lượng lợn xuất chuồng bình quân cũng ảnh hưởng tới lượng nước sử dụng (Liang & cộng sự, 2017; Muhlbaauer & cộng sự, 2011; Nguyen, 2017; Thien Thu & cộng sự, 2012; Van & cộng sự, 2017). Bảng 4 tóm tắt các biến được sử dụng trong các mô hình Tobit. Các

biến này được kiểm tra tương quan trước khi đưa vào mô hình. Kết quả ma trận tương quan được trình bày trong Bảng 6 phần phụ lục. Các biến đều có hệ số tương quan nhỏ hơn 0,5, đảm bảo tiêu chuẩn của các biến đưa vào mô hình Tobit. Các biến sử dụng trong mô hình được tóm tắt trong Bảng 4.

Bảng 5 cho thấy kết quả của các mô hình Tobit, trong đó chúng tôi phân tích các yếu tố ảnh hưởng tới hiệu quả sử dụng nước. Việc phân tách chất thải tại chuồng giúp tăng hiệu quả sử dụng nước của trại công nghiệp lên 15,50%. Thiên Thu & cộng sự (2012) chỉ ra rằng các trại chăn nuôi lợn ở Việt Nam tiêu thụ rất nhiều nước để rửa chuồng vì họ sử dụng vòi để rửa sạch phân trên sàn và chỉ dùng phun nước sàn chuồng sạch hoàn toàn. Do đó, thu gom phân trước khi rửa chuồng có thể giúp giảm lượng nước sử dụng. Tỷ lệ tách phân của các trại tại khu vực nghiên cứu thấp lần lượt là 15%, 30% và 20% đối với trại công nghiệp, bán công nghiệp và truyền thống vì việc phân tách đòi hỏi thêm thời gian lao động. Trên thực tế, việc tách phân chỉ làm tăng hiệu quả sử dụng nước của trại công nghiệp trong khi không ảnh hưởng đến các trang trại khác. Tách phân có thể giúp giảm lượng nước sử dụng để rửa chuồng nhưng không thể giảm bớt nước để làm mát cho lợn vào mùa hè, đặc biệt là ở những chuồng hở của trại bán công nghiệp và truyền thống. Lượng nước sử dụng theo nghiên cứu này cao hơn ở Thái Lan (64 lít/con), Nhật Bản (118 lít/con) (Kuyama, 2017), và Malaysia (50 lít/con) (Liang & cộng sự, 2017), nơi mà phân thải được hút ra khỏi chuồng, giúp giảm lượng nước đáng kể để xịt rửa. Liang & cộng sự (2017) đề xuất rằng một phần của sàn chuồng nên được lát gạch. Bên dưới là một hệ thống tách phân tự động có thể tách và thu gom phân để sử dụng sau này. Nước tiểu và nước thải có thể được thu gom và thoát vào bể tiền xử lý bằng thiết bị thu gom, trước khi đưa vào các công trình xử lý kế tiếp. Thiết kế này sẽ giảm lượng nước sử dụng hàng ngày từ 50 lít/con xuống 7,5 lít/con.

Thời gian vỗ béo tăng lên 1 tháng làm giảm hiệu quả sử dụng nước của cả 3 loại hình chăn nuôi công nghiệp, bán công nghiệp và truyền thống lần lượt là 9,97% và 4,63%. Vì trại sử dụng nước để làm sạch và làm mát chuồng hàng ngày, thời gian vỗ béo tăng lên thì lượng nước tiêu thụ nhiều hơn. Hơn nữa, khối lượng chất thải của lợn tăng lên theo trọng lượng. Do đó, giai đoạn vỗ béo kéo dài cần một lượng nước đáng kể cho mục đích làm sạch. Tuy nhiên, với các trại công nghiệp, khoảng thời gian của giai đoạn vỗ béo ít ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng nước vì các trại áp dụng kỹ thuật chăn nuôi tương tự nhau (thường là theo quy định của các công ty ký kết hợp đồng chăn nuôi với trại). Thời gian vỗ béo lợn ở Việt Nam mất trung bình 5,8 tháng, tương tự như Đài Loan là 6 tháng (Chen, 2012). Theo Muhlbauer & cộng sự (2011), hầu hết nước được sử dụng trong giai đoạn vỗ béo (62%), do đó, giai đoạn này càng dài thì lượng nước tiêu thụ càng nhiều.

Sự gia tăng tần suất vệ sinh chuồng trại vào mùa đông làm giảm hiệu quả sử dụng nước cả trại công nghiệp và hộ chăn nuôi truyền thống ở mức 12,31% và 4,84%. Thực tế, miền Bắc Việt Nam, nhiệt độ giảm mạnh vào mùa đông, nên việc giảm bớt tần suất vệ sinh chuồng và tắm cho lợn giúp tiết kiệm nước.

Không gian sàn trên một đầu lợn càng lớn sẽ làm giảm hiệu quả sử dụng nước của hộ chăn nuôi truyền thống 2,92%, nhưng không ảnh hưởng đến các loại hình trại còn lại. Nguyên nhân là trại truyền thống có cấu trúc chuồng nuôi đơn giản, khả năng điều chỉnh nhiệt độ kém, nên yêu cầu mật độ lợn thấp hơn so với trại công nghiệp và bán công nghiệp. Điều này dẫn đến diện tích chuồng cần được vệ sinh lớn hơn, tiêu thụ nhiều nước rửa chuồng hơn.

Khối lượng lợn xuất chuồng tăng lên làm tăng hiệu quả sử dụng nước của trại công nghiệp 0,99% nhưng không ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng nước của các loại trại khác. Trên thực tế, lượng nước sử dụng hàng ngày để vệ sinh chuồng trại công nghiệp không tăng theo khối lượng lợn vì lượng nước đổ vào các vũng là không đổi theo ngày; do đó, việc tăng khối lượng lợn không dẫn đến việc tăng lượng nước sử dụng. Thu nhập từ chăn nuôi lợn tăng làm tăng hiệu quả sử dụng nước của trại truyền thống và công nghiệp, nhưng không ảnh hưởng đến trại bán công nghiệp. Nhìn chung, những trại có thu nhập cao hơn có khả năng quản lý và sử dụng tốt hơn các đầu vào trong đó có việc sử dụng nước.

Hiện nay ở Việt Nam, một số nghiên cứu về thiết kế chuồng nuôi giúp tiết kiệm nước trong chăn nuôi lợn thịt đã chỉ ra rằng mô hình chuồng sàn đã cho thấy nhiều ưu điểm như tiết kiệm tài nguyên nước, hạn chế tình trạng ô nhiễm môi trường và phòng tránh dịch bệnh (Ngân, 2020). Theo đó, chuồng sàn bằng tấm đan và là chuồng hở, hoặc chuồng kín, trong đó chuồng kín sẽ phù hợp hơn do không phải chống nóng trong mùa hè. Mô hình này phù hợp với quy mô chăn nuôi từ 50 - 300 heo thịt. Tỷ lệ diện tích tấm sàn trên nền chuồng là từ 70% đến 100% diện tích sàn. Ưu điểm chuồng sàn là tận dụng tối đa hạ tầng chuồng nuôi kiểu

Bảng 5: Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng nước

Các biến	Trại công nghiệp N=54	Trại bán công nghiệp N=63	Hộ chăn nuôi truyền thống N=153
Giới tính của chủ hộ (1 = Nam, 0 = Nữ)	7,03	-4,95	-6,36**
Tuổi của chủ hộ	0,07	0,023	0,06
Số năm đi học của chủ hộ	0,46	0,45	0,19
Phân tách chất thải tại chuồng (1 = có, 0 = Không)	15,50**	-6,28	1,67
Thời gian vỗ béo	-4,02*	-9,97***	-4,63***
Tần suất vệ sinh chuồng mùa hè	-2,63	-2,27	-1,978
Tần suất vệ sinh chuồng mùa đông	-12,31*	-7,01	-4,84**
Mật độ lợn	-6,57	0,73	-2,92***
Khối lượng trung bình lợn xuất chuồng	0,99***	0,40	-0,10
Thu nhập từ nuôi lợn	0,11*	0,02	0,03***
Constant	-15,82	70,54*	92,29***
LR chi2	29,66	17,28	42,82
Prob > chi2	0,0010	0,0084	0,0000
Pseudo R2	0,0650	0,0300	0,0317
Log likelihood	-213,37	-278,901	-653,90

Chú thích: *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$; Biến phụ thuộc hiệu quả sử dụng nước được bootstrap 2000 lần.

Nguồn: Tổng hợp, phân tích từ số liệu điều tra năm 2018.

cũ. Bên cạnh đó, chuồng sàn giúp lợn tăng trọng nhanh hơn, ít bị bệnh hơn. Chuồng sàn còn giúp tiết kiệm thời gian rửa chuồng, do đó cũng giảm lượng nước sử dụng. Lượng nước dùng cho chuồng sàn chỉ bằng 10% đến 15% so với công nghệ cũ, do đó lượng nước thải chỉ bằng khoảng 10% đến 15% so với chuồng kiểu cũ. Theo đó, chi phí xử lý chất thải, xử lý môi trường cũng sẽ giảm tương ứng. Ngoài ra, biện pháp khác là chăn nuôi trên đệm lót sinh học giúp tiết kiệm được khoảng 80% lượng nước trong chăn nuôi (do không phải rửa chuồng, tắm lợn, vật nuôi); giảm 50% nhân công lao động (do không cần tốn công dọn, rửa chuồng trại); tiết kiệm 10% thức ăn (do khả năng tiêu hóa hấp thụ của vật nuôi tốt hơn nhờ vào lượng vi sinh vật có lợi từ đệm lót) (Vân, 2018).

5. Kết luận

Hệ thống trại chăn nuôi trên địa bàn Hà Nội bao gồm ba loại hình: công nghiệp, bán công nghiệp và truyền thống. Hầu hết các nghiên cứu trước đây đều phân tích tác động của quy mô trại đến kinh tế và ô nhiễm môi trường một cách riêng biệt. Nghiên cứu này đóng góp vào lý luận và thực tiễn thông qua đánh giá tính bền vững của các hệ thống trại bằng cách phân tích hiệu quả sử dụng tài nguyên nước ở cấp trại/hộ.

Kết quả cho thấy xét trên đường biên sản xuất riêng của từng nhóm thì trại công nghiệp, trại bán công nghiệp và hộ chăn nuôi truyền thống có hiệu quả sử dụng nước lần lượt là 70,68%, 51,64% và 38,32%. Điều này cho thấy các trại công nghiệp sử dụng nước khá hiệu quả, gần với đường biên tối ưu của nhóm, trong khi đó trại bán công nghiệp và hộ chăn nuôi truyền thống sử dụng nước chưa hiệu quả với phương thức chăn nuôi riêng của nhóm. Tuy nhiên, tỉ số siêu kỹ thuật lại chỉ ra rằng khoảng cách giữa đường biên riêng của nhóm hộ chăn nuôi truyền thống với đường biên chung là nhỏ nhất, thể hiện tính tối ưu về mặt kỹ thuật sử dụng nước của nhóm này.

Hiệu quả sử dụng nước của các trại chăn nuôi lợn trên địa bàn nghiên cứu tương đối thấp, do việc khai thác tự do nguồn nước ngầm, tuy nhiên lại không thể áp dụng các loại phí như thủy lợi phí. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng rút ngắn giai đoạn vỗ béo giúp tăng hiệu quả sử dụng nước. Bên cạnh đó giảm tần suất vệ sinh chuồng trại vào mùa đông, tăng mật độ lợn trong chuồng và phân tách chất thải tại chuồng là các giải pháp giúp tăng hiệu quả sử dụng nước. Để thực hiện các giải pháp này thì việc cần thiết là điều chỉnh thiết kế chuồng nuôi cho phù hợp.

PHỤ LỤC

Bảng 6: Ma trận tương quan của các biến sử dụng trong mô hình Tobit

	Tuổi của chủ hộ	Số năm đi học của chủ hộ	Thời gian vỗ béo	Tần suất vệ sinh chuồng mùa hè	Tần suất vệ sinh chuồng mùa đông	Mật độ lợn	Khối lượng trung bình lợn xuất chuồng	Thu nhập từ nuôi lợn
Tuổi của chủ hộ	1							
Số năm đi học của chủ hộ	-0.3396	1						
Thời gian vỗ béo	-0.0707	-0.1893	1					
Tần suất vệ sinh chuồng mùa hè	0.0921	-0.1742	-0.0514	1				
Tần suất vệ sinh chuồng mùa đông	-0.1113	0.0169	0.057	0.3603	1			
Mật độ lợn	0.0762	-0.0724	-0.0468	0.0624	-0.1322	1		
Khối lượng trung bình lợn xuất chuồng	-0.1163	0.1926	-0.0847	-0.1860	0.0913	-0.1984	1	
Thu nhập từ nuôi lợn	0.0397	-0.0037	0.0770	0.068	0.1004	-0.0015	0.1625	1

Nguồn: Tổng hợp, phân tích từ số liệu điều tra năm 2018.

Tài liệu tham khảo

- Chen, P.-C. (2012), ‘Measurement of technical efficiency in farrow-to-finish swine production using multi-activity network data envelopment analysis: Evidence from taiwan’, *Journal of Productivity Analysis*, 38(3), 319-331, doi: 10.1007/s11123-012-0267-1.
- Dinh, T.X. (2017), *Tổng quan về ô nhiễm nông nghiệp ở Việt Nam: ngành chăn nuôi*, Báo cáo chuẩn bị cho Ngân Hàng Thế Giới.
- Fare, R., Färe, R., Fèare, R., Grosskopf, S., & Lovell, C.K. (1994), *Production frontiers*, Cambridge university press.
- GSO (2017), *Statistical yearbook 2017*.
- Hoeck, J., & Büscher, W. (2015), ‘Temperature-dependent consumption of drinking water in piglet rearing’, *Applied Animal Behaviour Science*, 170, 20-25, doi: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.06.007>.
- Hong, N.B., & Yabe, M. (2017), ‘Improvement in irrigation water use efficiency: A strategy for climate change adaptation and sustainable development of vietnamese tea production’, *Environment, Development and Sustainability*, 19(4), 1247-1263.
- Jabbar, M.A., & Akter, S. (2008), ‘Market and other factors affecting farm specific production efficiency in pig production in Vietnam’, *Journal of International Food and Agribusiness Marketing*, 20(3), 29-53, doi: 10.1080/08974430802157606.
- Kebebe, E., Oosting, S., Hailelassie, A., Duncan, A., & de Boer, I. (2015), ‘Strategies for improving water use efficiency of livestock production in rain-fed systems’, *Animal*, 9(5), 908-916.
- Kuyama, T. (2017), ‘Pig manure management in Asia’, Paper presented at the *The 11th Annual Meeting of Water Environment Partnership in Asia (WEPA)*, Lao P.D.R.
- Lansink, A.O., Pietola, K., & Bäckman, S. (2002), ‘Efficiency and productivity of conventional and organic farms in Finland 1994–1997’, *European Review of Agricultural Economics*, 29(1), 51-65, doi: 10.1093/erae/29.1.51.
- Lapar, M. (2014), *Review of the pig sector in vietnam Multi-scale assessment of livestock development pathways in Vietnam*, Nairobi, Kenya: ILRI.
- Liang, J.B., Kayawake, E., Sekine, T., Suzuki, S., & Lim, K.K. (2017), ‘Developing zero-discharge pig-farming system: A feasibility study in malaysia’, *Animal Production Science*, 57(8), 1598-1602.
- Ly, N.T., Nanseki, T., & Chimei, Y. (2020), ‘Are there differences in technical, allocative, and cost efficiencies among

production scales? The case of vietnamese household pig production’, *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 65(2), 379-388.

- Ly, N.T., Nanseki, T., & Chomei, Y. (2016), ‘Technical efficiency and its determinants in household pig production in vietnam: A dea approach’, *The Japanese Journal of Rural Economics*, 18, 56-61.
- Muhlbauer, R., Moody, L., Burns, R., Harmon, J., & Stalder, K. (2011), ‘Water consumption and conservation techniques currently available for swine production’, Conference paper of University of Minnesota Digital Conservancy.
- Ngân, H. (2020), *Công nghệ chăn nuôi heo thịt không xả thải*, truy cập từ <http://nguoichannuoi.vn/cong-nghe-chan-nuoi-heo-thit-khong-xa-thai-nd6145.html>
- Nguyen, T.H. (2017), ‘Nghiên cứu hiệu quả kinh tế của các công trình khí sinh học nhằm giải thích hành vi đầu tư xử lý môi trường của các hộ chăn nuôi’, *Tạp chí nông nghiệp và phát triển nông thôn*, 18, 5-11.
- O’Donnell, C.J., Rao, D.S.P., & Battese, G.E. (2008), ‘Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios’, *Empirical Economics*, 34(2), 231-255, doi: 10.1007/s00181-007-0119-4.
- Ran, Y., Deutsch, L., Lannerstad, M., & Heinke, J. (2013), ‘Rapidly intensified beef production in uruguay: Impacts on water-related ecosystem services’, *Aquatic Procedia*, 1, 77-87, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2013.07.007>
- Reinhard, S., Knox Lovell, C.A., & Thijssen, G.J. (2000), ‘Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated with SFA and DEA’, *European Journal of Operational Research*, 121(2), 287-303, doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00218-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00218-0).
- Simar, L., & Wilson, P.W. (2007), ‘Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes’, *Journal of Econometrics*, 136(1), 31-64, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.07.009>.
- Taiganides, E.P. (1992), *Pig waste management and recycling: The singapore experience*, IDRC, Ottawa, ON, CA.
- Thien Thu, C.T., Cuong, P.H., Hang, L.T., Chao, N.V., Anh, L.X., Trach, N.X., & Sommer, S.G. (2012), ‘Manure management practices on biogas and non-biogas pig farms in developing countries – using livestock farms in vietnam as an example’, *Journal of Cleaner Production*, 27, 64-71, doi: 10.1016/j.jclepro.2012.01.006
- Tu, V.H., Can, N.D., Takahashi, Y., & Yabe, M. (2018), ‘Water use efficiency in rice production: Implications for climate change adaptation in the vietnamese mekong delta’, *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 2(3), 221-238, doi: 10.1007/s41660-018-0038-1
- Van, D.T.H., Lam, N.T., Son, C.T., Cong, V.H., Bao, P.N., & Kuyama, T. (2017), ‘Pig manure and effluent management in Vietnam’, Paper presented at *the WEPA Group Workshop on Pig Wastewater Management in Asia*, Thailand.
- Vân, N. (2018), *Giải pháp hạn chế sử dụng nước trong chăn nuôi gia súc giúp thu gom chất thải hiệu quả*, truy cập từ <http://nhachannuoi.vn/giai-phap-han-che-su-dung-nuoc-trong-chan-nuoi-gia-suc-giup-thu-gom-chat-thai-hieu-qua/>
- Vu, T.K.V., Tran, M.T., & Dang, T.T.S. (2007), ‘A survey of manure management on pig farms in northern Vietnam’, *Livestock Science*, 112(3), 288-297, doi: 10.1016/j.livsci.2007.09.008
- Wooldridge, J.M. (2016), *Introductory econometrics: A modern approach*, Nelson Education.
- Zhu, W.-x., Guo, Y.-z., Jiao, P.-p., Ma, C.-h., & Chen, C. (2017), ‘Recognition and drinking behaviour analysis of individual pigs based on machine vision’, *Livestock Science*, 205, 129-136, doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.09.003>