

Robert Rusielik

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

EFEKTYWNOŚĆ TECHNICZNA A WARUNKI PRODUKCJI W ROLNICTWIE

Streszczenie: W badaniach obliczono efektywność techniczną i zmiany tej efektywności w rolnictwie polskim oraz określono wpływ czynników warunkujących produkcję rolniczą na kształtowanie tych czynników. Do pomiaru efektywności i jej zmian wykorzystano metodę DEA, natomiast warunki produkcji obejmowały jakość ziemi, agroklimat, rzeźbę terenu i warunki wodne. Prezentowane wyniki są wynikami syntetycznymi przeprowadzonych badań.

Słowa kluczowe: efektywność rolnictwa, DEA, Malmquist.

1. Wstęp

Efektywność rolnictwa jest przedmiotem wielu opracowań i zazwyczaj dotyczy efektywności cząstkowych poszczególnych czynników produkcji. Przy analizie wielu czynników na raz, czyli w sytuacji wielowymiarowej, stosuje się zazwyczaj funkcję produkcji, a to wymaga znajomości zależności funkcyjnych pomiędzy nakładami i efektami. W celu obliczenia efektywności wykorzystano metodę z zakresu wielowymiarowej analizy porównawczej, w której znajomość tych zależności nie jest konieczna. Do pomiaru wykorzystano jedną z najbardziej popularnych technik bazujących na metodzie DEA zaproponowaną przez Färe i in. Metoda ta pozwoliła na obliczenie wskaźników efektywności technicznej (TE).

Wykorzystanie metody DEA do badania efektywności rolnictwa przeprowadzano na całym świecie, w tym również w Polsce. Na przykład w roku 2002 Brümmer, Glauben i Thijssen [2002] opisali badania, w których wykorzystali metodę DEA do zbadania 50 gospodarstw mlecznych. W roku 2003 K. Zawalińska z UW w swojej pracy doktorskiej dotyczącej konkurencyjności polskiego rolnictwa w kontekście integracji z UE przeprowadziła badania za lata 2000-2006 w 811 gospodarstwach wyłonionych z bazy IERiGŻ. Efektywność techniczną badał również L. Latruffe i inni w roku 2004. Badania były przeprowadzone na 914 gospodarstwach z bazy IERiGŻ, natomiast wyniki zostały opublikowane w pracy [Latruffe i in. 2004], gdzie wykorzystano 250 gospodarstw i dane za lata 2000-2004. Rusielik [2000] w rozprawie doktorskiej „Pomiar efektywności gospodarowania spółek Agencji Własności Rolnej Skarbu Państwa w latach 1996-1999 z wykorzystaniem metody DEA” badał

efektywność 126 spółek hodowlanych Skarbu Państwa. Istnieją również opracowania mikroekonomiczne dotyczące różnych kierunków działalności analizowanych grup gospodarstw i zazwyczaj przeprowadzanych w jakimś wybranym regionie.

Kolejnym analizowanym zagadnieniem były zmiany efektywności w czasie. Badaniami objęto lata 1998-2006. Do określenia zmian efektywności wykorzystano indeksy Malmquista TFP (*Total Factor Productivity*). W badaniach skoncentrowano się na modelu zorientowanym na nakłady, natomiast dane do modelu dotyczą całego obszaru Polski, z uwzględnieniem poszczególnych województw. W modelu jako wektor wejścia wprowadzono takie czynniki produkcji, jak: powierzchnia użytków rolnych (tys. ha), liczba ciągników (tys. jednostek pociagowych), liczba pracujących w rolnictwie (osoby), nawożenie mineralne (tony czystego składnika), pogłowie bydła i pogłowie trzody (szt.). Uwzględniono, czy czynniki produkcji mają generować zagregowany wektor wyjścia w postaci wartości skupu produktów rolnych (zł). Dobór zmiennych był celowy i wynikał z analizy dotychczas opublikowanych badań.

W końcowym etapie badań podjęto próbę zbadania wpływu warunków produkcyjnych panujących w każdym z województw na kształtowanie się obliczonych wskaźników efektywności. Warunki produkcyjne przyjęto według wskaźnika waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej opracowanego przez IUNG w Puławach. Wskaźnik ten obejmuje takie elementy, jak jakość i przydatność rolnicza gleby, agroklimat, rzeźba terenu i warunki wodne. Obliczono zależności pomiędzy tymi elementami a wskaźnikami efektywności.

2. Metody badawcze

Do obliczenia efektywności technicznej wykorzystano koncepcję pomiaru efektywności przedstawioną przez autorów, takich jak T. Coelli, D.S. Prasada Rao i G.E. Battese [1988]. Koncepcja ta zakłada, że na całkowitą efektywność ekonomiczną wpływają dwa składniki, tj. efektywność techniczna (TE) i efektywność alokacyjna (AE). Można wyznaczyć krzywą efektywności, poza którą znajdują się obiekty wykazujące się pewnym stopniem nieefektywności i za pomocą tej krzywej to obliczyć. Zaznaczyć należy, że efektywność obliczona zgodnie z tą koncepcją ma charakter relatywny, tj. obliczony na podstawie porównań z innymi obiektami. Do obliczeń wykorzystano metodę *Data Envelopment Analysis* (DEA), która wykorzystuje tę koncepcję. Ogólnym założeniem tej metody jest to, że efektywność danego czynnika produkcji jest ilorazem danego nakładu do zamierzonego efektu, a rozwijając to do sytuacji wielowymiarowej, można przyjąć, że dysponując s -efektami i m -nakładami, efektywność przyjmuje postać:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} = \frac{u_1 y_1 + u_2 y_2 + \dots + u_s y_s}{v_1 x_1 + v_2 x_2 + \dots + v_m x_m},$$

gdzie: y_r – wartość efektu, u_r – waga efektu, x_i – wartość nakładu, v_i – waga nakładu.

Po sprowadzeniu nakładów i efektów do wielkości syntetycznych istnieje możliwość obliczenia współczynnika efektywności przez rozwiązanie zadania programowania liniowego. Obliczany współczynnik ma postać funkcji celu poddanej maksymalizacji. Funkcja taka obliczana jest dla każdego obiektu, natomiast zmiennymi optymalizowanymi są wagi efektów i wagi nakładów.

A. Charnes W.W. Cooper i E. Rhodes w publikacji *Measuring the efficiency of decision making units* przedstawili sposób rozwiązania tej funkcji za pomocą metody programowania liniowego [Charnes, Cooper, Rhodes 1978, s. 429-444]. Sposób ten wykorzystany jest przez program DEAP 2.1. do obliczenia efektywności.

Do ukazania zmian efektywności technicznej w czasie wykorzystano indeks produktywności całkowitej Malmquista (TFP). Indeks ten został wprowadzony przez Cavesa, Christensena i Diewerta [1982, s. 1393-1414]. Wykorzystali oni ideę zaproponowaną przez S. Malmquista [1953, s. 209-242], która zakładała wykorzystanie funkcji odległości do formułowania syntetycznego indeksu zmian wybranego czynnika pomiędzy dwoma punktami w czasie. Przemyślenia zawarte w pracy Cavesa i in. rozwinęli Färe i in., formułując model odpowiadający średniej geometrycznej dwóch sąsiadujących indeksów zaproponowanych przez Cavesa, jednocześnie dokonując dekompozycji tego indeksu na zmiany efektywności i zmiany technologiczne.

Można zastosować podejście zorientowane na nakłady lub zorientowane na efekty. W prezentowanych badaniach wykorzystano podejście zorientowane na nakłady oraz zmienne efekty skali. Przyjmując za x wektor nakładów, u jako wektor efektów i D jako odpowiednie funkcje odległości, model można przedstawić następująco [Althin 2001, s. 107-128]:

$${}^t M^{t+1}(u^t, x^t, u^{t+1}, x^{t+1}) = \frac{D^t(u^t, x^t)}{D^{t+1}(u^{t+1}, x^{t+1})} \cdot \left[\frac{D^{t+1}(u^{t+1}, x^{t+1})}{D^t(u^{t+1}, x^{t+1})} \cdot \frac{D^{t+1}(u^t, x^t)}{D^t(u^t, x^t)} \right]^{1/2}$$

Dekompozycję tego modelu na część związaną ze zmianą efektywności i część związaną ze zmianą technologii można przedstawić jako:

$${}^t M^{t+1}(u^t, x^t, u^{t+1}, x^{t+1}) = \underbrace{\frac{D^t(u^t, x^t)}{D^{t+1}(u^{t+1}, x^{t+1})}}_{\text{Zmiana efektywności (EC)}} \cdot \underbrace{\left[\frac{D^{t+1}(u^{t+1}, x^{t+1})}{D^t(u^{t+1}, x^{t+1})} \cdot \frac{D^{t+1}(u^t, x^t)}{D^t(u^t, x^t)} \right]^{1/2}}_{\text{Zmiana technologii (TC)}}$$

Do obliczenia indeksów produktywności Malmquista posłużono się również metodą *Data Envelopment Analysis* i wykorzystano do tego program komputerowy DEAP 2.1 T. Coelliego [1996].

Dane wykorzystane w badaniu obejmują lata 1998-2006 i zostały uzyskane z opracowań Głównego Urzędu Statystycznego. Do obliczeń przyjęto następujący zestaw zmiennych:

Nakłady:

- x_1 – powierzchnia użytków rolnych (tys. ha),
- x_2 – liczba ciągników (tys. jednostek pociągowych),
- x_3 – pracujący w rolnictwie (osoby),
- x_4 – nawożenie NPK (tys. t),
- x_5 – nawożenie CaO (tys. t),
- x_6 – pogłowie bydła (tys. szt.),
- x_7 – pogłowie trzody (tys. szt.).

Efekty:

- y_1 – wartość skupu produktów rolnych (mln zł).

W celu ustalenia wpływu warunków produkcji na kształtowanie się efektywności technicznej posłużono się wskaźnikiem waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (*wwrpp*) opracowanego przez IUNG w Puławach. Wskaźnik ten obejmuje takie elementy, jak jakość i przydatność rolnicza gleby, agroklimat, rzeźba terenu i warunki wodne. Obliczono współczynniki korelacji dla wszystkich elementów tego wskaźnika.

3. Wyniki badań

W pierwszej kolejności obliczono dla każdego województwa wskaźniki efektywności technicznej (TE) we wszystkich latach. Wskaźniki te zaprezentowane są w tab. 1.

W ośmiu województwach zanotowano pełną efektywność rolnictwa przez cały analizowany okres. Do województw tych możemy zaliczyć dolnośląskie, lubelskie, mazowieckie, opolskie, podlaskie, warmińsko-mazurskie, wielkopolskie i zachodniopomorskie. Tylko w województwie pomorskim przez cały analizowany okres odnotowano pewien stopień nieefektywności rolnictwa. Najmniejszą średnią efektywność rolnictwa liczoną dla całej Polski zanotowano w roku 2001 i wyniosła ona 0,934, natomiast największą średnią efektywność rolnictwa odnotowano w roku 2006 i wyniosła ona 0,980. Największym stopniem nieefektywności rolnictwa wykazało się województwo pomorskie. W województwie tym wskaźnik efektywności wahał się w analizowanych latach od 0,649 do 0,769.

Obliczone wskaźniki efektywności rolnictwa wykorzystano do obliczenia indeksów produktywności Malmquista (TFP) i określenia zmian efektywności w czasie. Wyniki obliczeń przedstawiono w tab. 2.

Średni dla Polski wzrost indeksu produktywności całkowitej rolnictwa (TFP) za analizowany okres 1998/99-2005/06 wyniósł 11,8%, co nam pokazuje, o ile wzrósł stopień wykorzystanych środków produkcji. Na wzrost ten wpływały zarówno zmiany w stosowanej technologii, jak i zmiany w efektywności wykorzystania ponoszonych nakładów. Średnia wzrostu indeksu zmian efektywności (EC) dla analizowanego okresu 1998/99-2005/06 wyniosła 0,6%, natomiast średnia wzrostu indeksu zmian technologicznych (TC) w analizowanym okresie wyniosła 11,1%. Wszystkie województwa zwiększyły produktywność całkowitą rolnictwa. Największy wzrost tej produktywności odnotowano w województwach: podkarpackim (18%), małopol-

Tabela 1. Wskaźniki efektywności technicznej rolnictwa w Polsce w latach 1998-2006

Województwo	Rok								
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Dolnośląskie	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Kujawsko-pomorskie	1,000	0,977	0,978	0,953	0,982	0,940	0,994	0,979	0,985
Łódzkie	1,000	1,000	1,000	0,818	0,936	0,991	0,984	0,861	0,952
Lubelskie	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Lubuskie	1,000	1,000	0,916	0,898	0,962	0,999	0,961	1,000	1,000
Małopolskie	0,886	0,822	0,794	0,736	0,850	0,858	0,803	0,785	1,000
Mazowieckie	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Opolskie	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Podkarpackie	1,000	0,979	1,000	0,937	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Podlaskie	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Pomorskie	0,649	0,769	0,698	0,687	0,665	0,756	0,751	0,730	0,743
Śląskie	1,000	1,000	1,000	0,987	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Świętokrzyskie	1,000	1,000	0,981	0,932	0,969	1,000	1,000	1,000	1,000
Warmińsko-mazurskie	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Wielkopolskie	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Zachodniopomorskie	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Średnia	0,971	0,972	0,960	0,934	0,960	0,972	0,968	0,960	0,980

Źródło: badania własne.

skim (17,8%), świętokrzyskim (15,4%), podlaskim (16,9%) i lubuskim (14,3%), natomiast najmniejszy w województwie lubelskim (6%) [Rusielik, Świtlyk 2009, s. 6].

Obliczono również zależności pomiędzy wyliczonymi wskaźnikami efektywności technicznej (TE) i indeksu produktywności całkowitej (TFP) a wskaźnikiem waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (*wwrpp*), a dokładnie pomiędzy poszczególnymi elementami tego wskaźnika. Obliczone współczynniki korelacji pomiędzy współczynnikami TE w poszczególnych latach a elementami *wwrpp* przedstawia tab. 3.

Tabela 2. Zmiany indeksu produktywności całkowitej rolnictwa (TFP) w latach 1998-2006

Województwo	Lata							
	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06
Dolnośląskie	0,994	1,414	0,991	1,192	1,047	1,155	0,949	1,019
Kujawsko-pomorskie	1,043	1,306	1,049	1,157	1,071	1,318	0,971	0,974
Łódzkie	1,030	1,192	0,909	1,070	1,162	1,163	0,941	1,053
Lubelskie	1,086	1,649	1,157	1,242	0,963	1,092	1,107	0,971
Lubuskie	1,110	1,103	1,010	1,094	1,119	1,196	1,039	1,113
Małopolskie	1,053	1,188	0,977	0,992	1,155	1,093	1,029	2,361
Mazowieckie	1,166	1,272	1,106	0,982	1,119	1,231	1,082	0,967
Opolskie	0,933	1,338	1,024	1,057	1,070	1,234	0,967	1,051
Podkarpackie	1,060	1,097	1,068	1,061	1,002	1,286	0,855	2,581
Podlaskie	1,043	1,315	1,072	1,063	1,168	1,206	1,006	1,572
Pomorskie	1,225	1,281	1,043	1,231	1,267	1,139	0,948	1,018
Śląskie	1,150	1,337	1,069	0,966	1,083	1,282	1,039	1,021
Świętokrzyskie	1,433	0,983	0,990	1,078	1,232	1,185	0,931	1,541
Warmińsko-mazurskie	1,103	1,242	0,950	1,219	1,136	1,107	0,867	1,022
Wielkopolskie	1,082	1,300	1,226	1,175	1,164	1,215	0,964	0,868
Zachodniopomorskie	1,081	1,105	1,237	1,160	1,172	1,223	0,958	0,951

Źródło: badania własne.

Tabela 3. Współczynniki korelacji pomiędzy wskaźnikami TE a elementami *wwrpp*

Elementy <i>wwrpp</i>	Lata								
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Jakość gleby	-0,074	-0,150	-0,056	-0,218	-0,124	-0,158	-0,102	-0,240	-0,085
Agroklimat	0,347	0,364	0,309	0,242	0,325	0,392	0,325	0,321	0,302
Ukształtowanie terenu	0,230	0,454	0,338	0,410	0,267	0,329	0,395	0,368	-0,005
Warunki wodne	-0,160	-0,307	-0,194	-0,392	-0,228	-0,250	-0,256	-0,376	-0,094
<i>wwrpp</i>	0,023	-0,031	0,037	-0,126	-0,027	-0,038	0,001	-0,131	-0,011

Źródło: badania własne.

Obliczone współczynniki korelacji pokazują brak zależności liniowej pomiędzy poszczególnymi zmiennymi. Największy związek z kształtowaniem się współczynnika efektywności w analizowanych latach miały czynniki klimatyczne i ukształtowanie terenu. Jednak ich wartość w poszczególnych latach wskazuje na brak współzależności. Wskaźnik syntetyczny *wwrpp* również nie wykazuje takich zależności.

Zbadano również, czy istnieje zależność pomiędzy samym wskaźnikiem *wwrpp* i jego elementami a indeksem produktywności całkowitej TFP. Wyniki zamieszczono w tab. 4. Podobnie jak w przypadku wskaźnika efektywności współczynniki korelacji wykazują małą zależność liniową pomiędzy zmiennymi.

Tabela 4. Współczynniki korelacji pomiędzy wskaźnikami TFP a elementami *wwrpp*

	Rok							
	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06
Jakość gleby	-0,277	-0,154	-0,473	0,046	-0,044	0,029	-0,566	0,130
Agroklimat	-0,174	0,130	0,123	-0,162	-0,452	0,197	0,192	-0,141
Ukształtowanie terenu	-0,243	0,411	0,425	0,346	-0,168	0,190	0,351	-0,810
Warunki wodne	-0,180	-0,412	-0,440	-0,025	0,062	-0,110	-0,618	0,500
<i>wwrpp</i>	-0,320	-0,097	-0,377	0,033	-0,157	0,079	-0,465	0,048

Źródło: badania własne.

4. Podsumowanie

W badaniach obliczono wskaźniki efektywności technicznej oraz wykonano analizę zmian produktywności rolnictwa polskiego w latach 1998-2006 przy wykorzystaniu indeksów produktywności Malmquista.

Obliczenia wykazały zróżnicowanie w efektywności rolnictwa poszczególnych województw. Osiem województw, tj.: dolnośląskie, lubelskie, mazowieckie, opolskie, podlaskie, warmińsko-mazurskie, wielkopolskie i zachodniopomorskie, przez cały analizowany okres wykazywało się efektywnością rolnictwa, natomiast pozostałe wykazywały pewien stopień nieefektywności w porównaniu z województwami, gdzie rolnictwo zostało uznane za efektywne. Największym stopniem nieefektywności rolnictwa wykazało się województwo pomorskie. W województwie tym wskaźnik efektywności wahał się w analizowanych latach od 0,649 do 0,769.

Wyniki analizy wykazują, że w badanym okresie nastąpił relatywny wzrost produktywności rolnictwa. We wszystkich województwach średnia za analizowany okres wyniosła powyżej jednego, co wskazuje na wzrost produktywności. Natomiast pomiędzy poszczególnymi okresami zanotowano zarówno wzrosty produktywności, jak i spadki. Wyjątek stanowią tu województwa łódzkie i podlaskie, w których indeks TFP nie spadł poniżej zera w całym okresie analizy.

Warunki produkcyjne określone przez wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej nie mają wpływu na kształtowanie się wskaźników efektywności obliczonych metodą DEA.

Literatura

- Althin R., *Measurement of productivity changes: two malmquist index approaches*, „Journal of Productivity Analysis” 2001 no 16.
- Brümmer B., Glauben T., Thijssen G., *Decomposition of productivity growth using distance functions: The case of dairy farms in three European countries*, „American Journal of Agricultural Economics” 2002 no 84(3).
- Caves D., Christensen L., Diewert E., *The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity*, „Econometrica” 1982 no 50(6).
- Charles A., Cooper W.W., Rhodes E., *Measuring the efficiency of decision making units*, „European Journal of Operational Research” Volume 2, Issue 6, November 1978.
- Coelli T., *CEPA Working Paper 96/08: A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program*, The Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England 1996.
- Coelli T., Prasada R., Battese G., *An introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston-Dordrecht-London 1988.
- Latruffe L., Balcombe K., Davidova S., Zawalinska K., *Determinants of technical efficiency of crop and livestock farms in Poland*, „Applied Economics” 2004 36(12).
- Malmquist S., *Index numbers and indifference curves*, „Trabajos de Estadística” 1953 no 4, 1.
- Rusielik R., Świtłyk M., *Zmiany efektywności technicznej rolnictwa w Polsce w latach 1998-2006*, Roczniki Nauk Rolniczych, Warszawa 2009.

TECHNICAL EFFICIENCY VERSUS PRODUCTION ENVIRONMENT IN AGRICULTURE

Summary: Technical efficiency and its changes in Polish agriculture were calculated in research and presented in the article. The impact of agricultural production determinants on the formation of these factors was also defined by the author. To measure efficiency and its changes DEA method was used, while the production environment includes land quality, agro-climate, relief and water conditions. The results presented in the article are synthetic results of scientific research.