

MICHAŁ ŚWITŁYK
Instytut Rozwoju Wsi i Rolnictwa PAN
Warszawa

EFEKTYWNOŚĆ POLSKIEGO ROLNICTWA W LATACH 1998-2009

Wstęp

Podjęty temat wiąże się z podstawowym w naukach ekonomicznych problemem mierzenia gospodarności. Problem mierzenia gospodarności jest zagadnieniem złożonym, tak jak samo gospodarowanie, które w rolnictwie podlega dodatkowo oddziaływaniu zmiennych warunków przyrodniczych. Od metod mierzenia gospodarności wymagamy spełnienia dwóch warunków: ścisłości i małej pracochłonności. Stąd wynikają inicjatywy tworzenia metod użytecznych tylko aspektywnie, do których należą metody nieparametryczne i parametryczne.

Celem badań było określenie efektywności rolnictwa polskiego i jej zmian w latach 1998-2009, przy zastosowaniu dwóch alternatywnych metod – metod parametrycznych i nieparametrycznych. Z metod nieparametrycznych zastosowano metodę Data Envelopment Analysis (DEA). Z grupy metod parametrycznych w niniejszych badaniach zastosowano stochastyczną funkcję graniczną (Stochastic Frontier Analysis – SFA).

Celem badania było określenie efektywności technicznej rolnictwa, opracowanie rankingu efektywności rolnictwa przy zastosowaniu metody superefektywności DEA, próba wyjaśnienia efektywności rolnictwa przy zastosowaniu indeksu produktywności całkowitej Malmquista (TFP) oraz określenie efektywności rolnictwa metodą SFA dla poszczególnych badanych lat oraz w czasie. Analizie poddano wyniki rolnictwa w układzie wojewódzkim. Dane do analizy zaczerpnięto z wydawanych w latach 1999-2010 przez GUS roczników statystycznych województw.

Do obliczeń metodą DEA zastosowano modele zorientowane na wejście (input). Modele te odpowiadają na pytanie: o ile mogą być proporcjonalnie zredukowane wejścia (inputs) bez zmiany wytwarzanego uzysku przy założeniach zmiennych efektów skali (VRS). Modele uwzględniające zmienne efekty skali pozwalają na uniknięcie wpływu braku optymalnych warunków funkcjonowania na skalę efektywności. Do obliczeń metodą DEA przyjęto model rolnictwa, który składał się z dwóch efektów (outputs) oraz z dziewięciu zmiennych wejścia (inputs). Model ten miał postać:

Efekty (outputs):

wartość skupu produktów roślinnych na 1 ha użytków rolnych w zł;
wartość skupu produktów zwierzęcych na 1 ha użytków rolnych w zł.

Zmienne wejścia (inputs):

zasoby siły pociągowej w tys. jednostek pociagowych;
zużycie nawozów mineralnych na 1 ha użytków rolnych w kg;
zużycie nawozów wapniowych na 1 ha użytków rolnych w kg;
powierzchnia użytków rolnych w tys. ha;
plon zbóż ogółem z 1 ha w dt;
stan bydła w tys. szt.;
stan trzody w tys. szt.;
produkcja żywca w tys. t;
produkcja mleka w mln l.

W obliczeniach wykonywanych stochastyczną funkcją graniczną (SFA) wartość efektów dodano i posługiwano się wartością skupu produktów rolnych ogółem na 1 ha użytków rolnych w zł.

Obliczenia wykonano przy pomocy programu DEA opracowanego przez firmę Banxia, programu DEAP oraz pakietu Statistica.

W piśmiennictwie zagranicznym metody parametryczne i nieparametryczne są szeroko stosowane do określania efektywności rolnictwa. Problemem tym zajmowali się m.in. Aldaz i Millan [2], Hadley [13], Guyomard i in. [12], Matthews i in. [15], Gambau [11], Barnes [5].

Z kolei metoda DEA w polskiej literaturze ekonomiczno-rolniczej jest często wykorzystywana. Stosowana była m.in. do określania efektywności technicznej produkcji mleka, nawożenia mineralnego, określania efektywności gospodarstw rolnych różnych typów, badania efektywności spółek ANR, efektywności przedsiębiorstw przemysłu zbożowo-młynarskiego, pomiaru efektywności przedsiębiorstw przetwórstwa mleka [4].

W literaturze ekonomiczno-rolniczej pomiar produktywności rolnictwa polskiego za pomocą indeksu produktywności całkowitej Malmquista (MPI) był stosowany przez m.in. Brümmera i in. [8], Zawalińską [20], Latruffe [14], Piesse i in. [17], Balcombe i in. [3], Rusielika i Świtłyka [18]. Autorzy ci stosowali różne podejścia do problemu: podejście sektorowe bądź opierali swe badania o dane Instytutu Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej.

Faktografia i metody badań

Metoda DEA

W badaniach do obliczenia efektywności technicznej metodą DEA wykorzystano technikę przedstawioną przez Coelliego, Prasada Rao i Battese w pracy „An introduction to efficiency and productivity analysis” [10]. Ogólnym założeniem 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:

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

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. Charnes, Cooper i Rhodes przedstawili sposób rozwiązania tej funkcji przy pomocy metody programowania liniowego [9].

W celu nadania rang badanym województwom posłużono się wersją metody DEA, nazywaną modelem superefektywności lub modelem nadefektywności. Od strony matematycznej model superefektywności DEA jest identyczny z modelem konwencjonalnym.

W celu zbadania powiązań pomiędzy miejscami zajmowanymi w rankingach w poszczególnych latach przez analizowane obiekty policzono współczynniki τ Kendalla [16, 19], za pomocą których można ocenić podobieństwo uporządkowań zbioru obiektów w miarę upływu czasu. Współczynnik ten przyjmuje wartości z przedziału $[-1, 1]$. Im wartość współczynnika jest bliższa liczbie 1 lub -1, tym silniejsza jest badana zależność.

Pomiar całkowitej produktywności czynników produkcji

Najczęściej stosowanym do kwantyfikacji zmian całkowitej produktywności czynników produkcji jest indeks produktywności Malmquista (MPI), który w przypadku orientacji na wejście (input) zdefiniowany jest w następujący sposób:

$$M(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[\frac{D^t(y_{t+1}, x_{t+1})}{D^t(y_t, x_t)} \times \frac{D^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})}{D^{t+1}(y_t, x_t)} \right]^{1/2} \quad (2)$$

gdzie: x_t oraz x_{t+1} oznaczają l – wektorów wejścia (input) w czasie t lub $t+1$; y_t oraz y_{t+1} są to korespondujące k wektory wyjścia. D^t oraz D^{t+1} oznaczają funkcję dystansu zorientowaną na input odnoszącą się do technologii produkcji w t albo $t+1$ definiowaną w następujący sposób:

$$D(x, y) = \max\{\rho : (x/\rho) \in L(y)\} \quad (3)$$

$L(y)$ reprezentuje ilość wszystkich wektorów wejścia (input), przy pomocy których określony wektor wyjścia y może być wytwarzany, co oznacza, że $L(y) = \{x: y \text{ może być produkowany przez } x\}$. Może to być rozumiane jako odwrotność czynnika, o który wszystkie wejścia mogą być maksymalnie zredukowane bez konieczności zmniejszania produkcji. Związek pomiędzy MPI a analizą efektywności prze-

jawia się w fakcie, że zorientowana na input funkcja dystansu jest odwrotnością definicji efektywności podanej przez Farrella, która jest podstawą metody DEA zorientowanej na input. W tym przypadku MPI zmiany produktywności można rozłożyć na dwa komponenty, a mianowicie zmiany technologii produkcji (Technical Change) i zmiany efektywności technicznej (Technical Efficiency Change).

$$M(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \underbrace{\frac{D'(y_{t+1}, x_{t+1})}{D'(y_t, x_t)}}_{EFCH^{t+1}} \times \left[\underbrace{\frac{D'(y_{t+1}, x_{t+1})}{D^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})} \times \frac{D'(y_t, x_t)}{D^{t+1}(y_t, x_t)}}_{TECH^{t+1}} \right]^{1/2} \quad (4)$$

Indeks produktywności Malmquista przyjmuje wartości większe od jedności w przypadku zwiększania się produktywności. Te same zasady interpretacji stosuje się do każdego z komponentów indeksu Malmquista.

Do pomiaru efektywności metodą SFA wykorzystano stochastyczną funkcję produkcji przedstawioną w następujący sposób [1]:

$$\ln(y_i) = x_i \beta + v_i - u_i, \text{ dla } i = 1, 2, \dots, N, \quad (5)$$

gdzie: \ln – logarytm naturalny; y_i – produkcja; x_i – wektor wartości zmiennych objaśniających; β – estymowany wektor nieznanych parametrów; v_i – składniki losowe mające niezależne identyczne rozkłady normalne o średniej zero i skończonej wariancji (σ_v^2); u_i – nieujemna zmienna losowa reprezentująca nieefektywność.

Mając oszacowaną funkcję graniczną, możemy oszacować dla każdego obiektu (w relacji do oszacowanej funkcji) efektywność techniczną (TE):

$$TE_i = \frac{y_i}{\exp(x_i \beta)} = \frac{\exp(x_i \beta - u_i)}{\exp(x_i \beta)} = \exp(-u_i) \quad (6)$$

Do pomiaru efektywności technicznej metodą SFA wykorzystano 2 modele ekonometryczne zaproponowane przez Battese i Coelliego; model BC1 [6] i model BC2 [7].

Podstawowe charakterystyki opisowe wykorzystanych danych zamieszczono w tabeli 1.

W tabeli 2 zamieszczono współczynniki efektywności technicznej obliczone dla poszczególnych okresów. W latach 1998-2009 względne współczynniki efektywności polskiego rolnictwa należy uznać za wysokie – przeciętne współczynniki obliczone dla poszczególnych lat oscylują w granicach 100%. Wskaźniki efektywności technicznej obliczone dla poszczególnych województw wykazują również wysoką efektywność. Jedynie trzy województwa wykazywały nieefektywność rolnictwa: małopolskie – w latach 1998-2005 rzędu 10%, łódzkie – w dwóch latach badań ok. 3-4% oraz województwo pomorskie – w trzech latach badań od 1,5% do 4,5%.

Metoda DEA dostarcza miar efektywności dla poszczególnych obiektów. Wskaźnik efektywności dla jednostek efektywnych jest równy jedności, co uniemożliwia porównanie jednostek efektywnych. W celu określenia rankingu efektywności technicznej województw zastosowano metodę superefektywności. Wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli 3. Województwami, które zajęły najwyższe miejsca w rankingu efektywności, były: dolnośląskie, opolskie, wielkopolskie, podlaskie oraz lubuskie. Za pomocą współczynników τ Kendalla oceniono podobieństwo uporządkowań zbioru obiektów w miarę upływu czasu. Wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli 4. Współczynniki τ Kendalla przyjmują wysokie wartości, co świadczy o tym, że podobieństwo otrzymanych uporządkowań województw w poszczególnych latach jest duże.

Tabele 5 i 6 zawierają wyniki obliczeń indeksu produktywności całkowitej Malmquista (TFP) i jego indeksów częściowych, obliczone dla badanych województw i lat. Prezentowany indeks TFP jest średnią geometryczną.

Przeciętny dla Polski wzrost indeksu produktywności całkowitej Malmquista wyniósł 9,4%. Na wzrost tego indeksu miały wpływ przede wszystkim zmiany w stosowanej technologii. Największy wzrost indeksu produktywności całkowitej Malmquista (TFP) odnotowano w województwach: podlaskim (34,7%), lubuskim (18,3%), warmińsko-mazurskim (18,1%) i śląskim (17,5%), natomiast najmniejszy w dolnośląskim (0,6%) i kujawsko-pomorskim (1,1%). Jedynie w województwie wielkopolskim zaobserwowano spadek produktywności o 3,6% rocznie.

Indeks zmian efektywności (EC) w badanym okresie nie wykazywał zmian, poza województwami łódzkim i małopolskim, gdzie średnioroczny wzrost indeksu zmian efektywności wynosił od 0,2% do 0,3%.

Średnia wzrostu indeksu zmian technologicznych (TC) w analizowanym okresie równała się 9,4%. Największe średnioroczne wzrosty tego wskaźnika odnotowano w tych samych województwach, w których stwierdzono najwyższe wartości indeksu produktywności całkowitej (TFP) Malmquista.

Analiza wysokości wskaźnika produktywności całkowitej przeprowadzona dla poszczególnych lat wykazuje te same tendencje, co analiza przeprowadzona dla województw. We wszystkich badanych latach miał miejsce zróżnicowany wzrost efektywności. Najwyższe wartości współczynnika efektywności odnotowano w latach: 2000 (24,9%), 2006 (19,4%), 2007 (17,1%) oraz w 2003 r. (13,1%).

Przeciętne zmiany indeksu zmian efektywności (EC) w poszczególnych latach były niewielkie i wahały się od -0,9% (2000 r.) do +0,6% (2006 r.).

Podobnie, jak w analizie województw, największy wpływ na indeks produktywności całkowitej miały zmiany indeksu zmian technologicznych. Najwyższe zmiany analizowanego indeksu obserwowano w latach 2000 (26,1%), 2006 (18,7%), 2007 (17,1%) i w 2003 r. (12,9%). Jedynie w 2001 roku indeks zmian technologicznych był ujemny i wyniósł -0,3%.

W tabelach 7 i 8 zamieszczono wyniki obliczeń dla stochastycznej funkcji granicznej (SFA) dla obu rozważanych modeli w poszczególnych latach badania, natomiast w tabeli 9 i 10 zamieszczono wyniki obliczeń dla funkcji granicznej w czasie.

Analizując wyniki obliczeń dla modelu BC1 (tab. 7), można dostrzec, że średnie współczynniki efektywności były wysokie. Najniższe współczynniki efektywności odnotowano w latach 1999, 2001 i 2002 (87,3%, 87,0% i 86,4%); z kolei w latach 1998, 2000, 2003, 2004, 2004, 2008, 2009 współczynniki efektywności zaliczyć można do grupy zbliżonych do efektywnych, tzn. mieszczących się w przedziale od 90,0% do 99,9%, zaś w latach 2006 i 2007 wszystkie województwa były efektywne.

Rozwiązania modelu BC2 (tab. 8) dostarczyły nieznacznie niższych wyników w porównaniu z wynikami modelu BC1. Współczynniki efektywności w tym modelu wynosiły od 86,3% (2001) do 99,8% (1998).

W kolejnych tabelach (tab. 9 i 10) zamieszczono współczynniki efektywności obliczone w czasie. Z danych tabel wynika, że zarówno współczynniki efektywności obliczone dla poszczególnych województw, jak i przeciętne dla Polski systematycznie rosną. Przeciętny współczynnik efektywności dla modelu BC1 w 1998 wynosił 45%, a w 2009 roku ukształtował się na poziomie 78,4%. Natomiast wyniki dla modelu BC2 są wyższe: w 1998 r. współczynnik efektywności wynosił 52,2%, a w 2009 r. 96,9%.

Tabela 1

Podstawowe statystyki opisowe zmiennych wykorzystanych w badaniach

Wyszczególnienie	Jednostka miary	Średnia	Minimum	Maksimum	Odchylenie standardowe
Wartość skupu produktów rolnych ogółem	zł/ha UR	1555,1	510,0	3738,0	672,5
Wartość skupu produktów roślinnych	zł/ha UR	503,4	110,0	1434,0	305,4
Wartość skupu produktów zwierzęcych	zł/ha UR	1051,6	316,0	2739,0	557,2
Zasoby siły pociągowej	tys. jedn. pociągowych	657,6	143,4	1657,3	357,1
Zużycie nawozów mineralnych	kg/ha UR	103,4	49,5	196,2	30,3
Zużycie nawozów wapniowych	kg/ha UR	84,5	4,8	262,7	53,9
Powierzchnia użytków rolnych	tys. ha	1059,3	438,8	2394,0	460,7
Plon zbóż ogółem	dt/ha	31,2	14,9	51,8	6,2
Stan bydła	tys. szt.	364,3	61,9	1040,4	259,3
Stan trzody	tys. szt.	1100,3	173,2	5325,4	1073,1
Produkcja żywca	tys. t	218,4	70,6	921,1	177,2
Produkcja mleka	mln l	733,6	118,9	2478,9	552,4

Źródło: Wyniki badań własnych.

Tabela 2

Współczynniki efektywności technicznej VRS w latach 1998-2009

Wyszczególnienie	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Dolnośląskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Kujawsko-pomorskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Lubelskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,8	100,0
Lubuskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Łódzkie	97,3	100,0	94,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Międzylesie	96,4	94,1	90,0	92,7	95,2	92,5	88,8	91,3	100,0	100,0	100,0	100,0
Mazowieckie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Opolskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Podkarpackie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Podlaskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Pomorskie	98,5	100,0	95,8	100,0	95,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Śląskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Świętokrzyskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Warmińsko-mazurskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Wielkopolskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Zachodniopomorskie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Średnia	99,5	99,6	98,7	99,5	99,4	99,5	99,3	99,5	100,0	100,0	99,7	100,0

Źródło: Wyniki badań własnych.

Tabela 3

Ranking efektywności województw w latach 1998-2009

Wyszczególnienie	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Dolnośląskie	8	5	4	4	1	1	4	1	1	1	1	1
Kujawsko-pomorskie	6	8	7	7	1	1	1	1	1	4	5	7
Lubelskie	5	6	8	10	9	6	11	11	9	12	14	11
Lubuskie	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	5
Łódzkie	15	13	14	13	8	10	8	5	8	9	11	14
Małopolskie	16	15	15	15	13	14	14	14	7	6	6	9
Mazowieckie	12	12	12	12	10	8	12	8	13	13	13	10
Opolskie	1	1	1	1	4	4	1	4	5	1	1	1
Podkarpackie	7	10	5	6	5	7	9	6	4	8	9	8
Podlaskie	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
Pomorskie	14	14	13	14	14	9	10	12	12	11	12	13
Śląskie	11	9	11	11	12	13	6	7	6	5	4	3
Świętokrzyskie	10	4	9	8	7	12	7	9	11	7	8	4
Warmińsko-mazurskie	9	7	6	5	6	5	5	10	10	10	7	6
Wielkopolskie	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zachodniopomorskie	13	11	10	9	11	11	13	13	14	14	10	12

Źródło: Wyniki badań własnych.

Tabela 4

Wartości współczynników τ Kendalla

Wyszczególnienie	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1998	1,000	0,778	0,828	0,762	0,599	0,582	0,616	0,447	0,430	0,447	0,430	0,515
1999	0,778	1,000	0,782	0,815	0,542	0,492	0,636	0,424	0,339	0,500	0,517	0,636
2000	0,828	0,782	1,000	0,933	0,661	0,610	0,619	0,475	0,424	0,483	0,500	0,585
2001	0,762	0,815	0,933	1,000	0,661	0,576	0,653	0,475	0,390	0,483	0,568	0,585
2002	0,599	0,542	0,661	0,661	1,000	0,778	0,658	0,744	0,658	0,538	0,487	0,470
2003	0,582	0,492	0,610	0,576	0,778	1,000	0,538	0,658	0,538	0,350	0,299	0,385
2004	0,616	0,636	0,619	0,653	0,658	0,538	1,000	0,675	0,590	0,675	0,624	0,538
2005	0,447	0,424	0,475	0,475	0,744	0,658	0,675	1,000	0,709	0,590	0,470	0,487
2006	0,430	0,339	0,424	0,390	0,658	0,538	0,590	0,709	1,000	0,744	0,624	0,504
2007	0,447	0,500	0,483	0,483	0,538	0,350	0,675	0,590	0,744	1,000	0,846	0,692
2008	0,430	0,517	0,500	0,568	0,487	0,299	0,624	0,470	0,624	0,846	1,000	0,744
2009	0,515	0,636	0,585	0,585	0,470	0,385	0,538	0,487	0,504	0,692	0,744	1,000

Źródło: Wyniki badań własnych.

Tabela 5

**Współczynniki produktywności całkowitej Malmquista i jego części składowych
obliczone dla województw w latach 1998-2009**

Wyszczególnienie	Indeks Malmquista (TFP)	Zmiana efektywności (EC)	Zmiana technologii (TC)
Dolnośląskie	1,006	1,000	1,006
Kujawsko-pomorskie	1,011	1,000	1,011
Lubelskie	1,093	1,000	1,093
Lubuskie	1,183	1,000	1,183
Łódzkie	1,112	1,002	1,109
Małopolskie	1,099	1,003	1,095
Mazowieckie	1,068	1,000	1,068
Opolskie	1,016	1,000	1,016
Podkarpackie	1,081	1,000	1,081
Podlaskie	1,347	1,000	1,347
Pomorskie	1,087	1,001	1,086
Śląskie	1,175	1,000	1,175
Świętokrzyskie	1,096	1,000	1,096
Warmińsko-mazurskie	1,181	1,000	1,181
Wielkopolskie	0,966	1,000	0,966
Zachodniopomorskie	1,050	1,000	1,050
Średnia	1,094	1,000	1,094

Źródło: Wyniki badań własnych.

Tabela 6

Przeciętne współczynniki produktywności Malmquista w latach 1999-2009

Wyszczególnienie	Indeks Malmquista (TFP)	Zmiana efektywności (EC)	Zmiana technologii (TC)
1999	1,059	1,001	1,058
2000	1,249	0,991	1,261
2001	1,005	1,008	0,997
2002	1,024	0,999	1,025
2003	1,131	1,001	1,129
2004	1,033	0,997	1,036
2005	1,079	1,002	1,077
2006	1,194	1,006	1,187
2007	1,171	1,000	1,171
2008	1,037	0,997	1,040
2009	1,088	1,003	1,085
Średnia	1,094	1,000	1,094

Źródło: Wyniki badań własnych.

Tabela 7

Współczynniki efektywności SFA obliczone dla poszczególnych lat (model BC1)

Wyszczególnienie	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Dolnośląskie	99,8	89,4	99,9	97,3	95,8	99,8	99,6	97,8	100,0	100,0	99,1	98,3
Kujawsko-pomorskie	99,8	87,9	99,9	99,3	92,5	99,8	93,0	98,8	100,0	100,0	90,0	81,7
Lubelskie	99,8	97,3	99,9	89,7	93,1	99,8	94,4	94,4	100,0	100,0	84,2	100,0
Lubuskie	99,8	99,7	99,9	99,5	99,7	99,8	96,2	95,6	100,0	100,0	92,5	90,4
Łódzkie	99,8	89,5	99,9	97,3	98,5	99,8	99,3	99,4	100,0	100,0	98,5	85,8
Małopolskie	99,8	86,6	99,9	76,7	65,6	99,8	69,5	65,3	100,0	100,0	96,4	97,0
Mazowieckie	99,8	85,7	99,9	78,3	78,3	99,8	84,2	88,4	100,0	100,0	90,4	98,6
Opolskie	99,8	100,0	99,9	86,1	98,2	99,8	99,3	90,6	100,0	100,0	99,3	96,5
Podkarpackie	99,8	82,4	99,9	69,2	72,5	99,8	99,6	81,4	100,0	100,0	87,3	91,0
Podlaskie	99,8	100,0	99,9	94,5	98,7	99,8	99,8	99,3	100,0	100,0	99,6	99,0
Pomorskie	99,8	56,2	99,9	75,3	69,4	99,8	87,6	81,8	100,0	100,0	92,6	99,0
Śląskie	99,8	76,4	99,9	85,3	76,7	99,8	91,3	95,8	100,0	100,0	92,7	98,5
Świętokrzyskie	99,8	87,9	99,9	94,3	90,4	99,8	99,7	99,1	100,0	100,0	92,1	87,2
Warmińsko-mazurskie	99,8	89,9	99,9	76,3	82,7	99,8	83,0	80,8	100,0	100,0	71,4	90,1
Wielkopolskie	99,8	83,3	99,9	83,9	99,0	99,8	99,5	89,0	100,0	100,0	97,3	90,9
Zachodniopomorskie	99,8	84,2	99,9	89,1	76,1	99,8	92,8	80,2	100,0	100,0	93,7	99,9
Średnia	99,8	87,3	99,9	87,0	86,7	99,8	93,1	89,9	100,0	100,0	92,3	94,0

Źródło: Wyniki badań własnych.

Tabela 8

Współczynniki efektywności SFA obliczone dla poszczególnych lat (model BC2)

Wyszczególnienie	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Dolnośląskie	99,8	88,4	99,9	97,1	95,9	99,6	99,1	96,8	97,2	97,6	69,2	96,0
Kujawsko-pomorskie	99,8	85,3	99,9	98,1	92,4	99,6	97,8	98,2	97,4	97,6	68,8	82,0
Lubelskie	99,8	94,3	99,9	89,3	93,6	99,6	91,7	94,1	97,3	97,7	48,1	99,5
Lubuskie	99,7	96,1	99,9	96,8	98,8	99,6	97,2	94,1	97,2	97,8	72,7	89,7
Łódzkie	99,7	86,8	99,9	96,3	98,1	99,6	94,0	93,0	97,3	97,8	75,2	85,7
Małopolskie	99,7	85,0	99,9	74,9	64,9	99,6	68,6	64,7	97,6	98,3	80,3	97,7
Mazowieckie	99,7	83,6	99,9	78,3	78,2	99,6	81,9	87,5	97,1	97,7	72,5	98,6
Opolskie	99,8	97,6	99,9	84,3	98,1	99,6	100,0	89,9	97,3	97,9	67,5	94,6
Podkarpackie	99,7	80,6	99,9	68,0	71,7	99,6	95,1	81,1	96,6	97,4	44,3	89,9
Podlaskie	99,8	99,9	99,9	95,2	98,1	99,6	98,0	99,5	97,9	97,7	84,5	98,0
Pomorskie	99,7	55,6	99,9	76,3	70,6	99,6	92,4	85,2	97,4	97,8	73,8	99,5
Śląskie	99,8	75,1	99,9	83,1	75,9	99,6	91,3	94,2	97,4	97,7	85,4	97,7
Świętokrzyskie	99,8	86,4	99,9	93,4	90,5	99,6	98,7	99,6	97,5	97,4	96,1	88,3
Warmińsko-mazurskie	99,7	90,1	99,9	77,3	82,4	99,6	79,7	78,5	97,7	98,1	99,2	89,3
Wielkopolskie	99,7	80,6	99,9	82,9	98,1	99,6	99,7	87,3	97,4	97,9	96,3	92,3
Zachodniopomorskie	99,7	83,2	99,9	89,0	77,3	99,6	90,3	78,1	97,2	97,6	91,5	99,3
Średnia	99,8	85,5	99,9	86,3	86,5	99,6	92,2	88,9	97,4	97,7	76,6	93,6

Źródło: Wyniki badań własnych.

Tabela 9

Współczynniki efektywności SFA obliczone dla okresu 1999-2009 (model BC1)

Wyszczególnienie	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Dolnośląskie	60,1	63,4	66,4	69,3	72,0	74,5	76,8	78,9	80,9	82,7	84,3	85,8
Kujawsko-pomorskie	44,9	48,7	52,5	56,1	59,6	62,9	66,0	68,9	71,6	74,1	76,5	78,6
Lubelskie	53,2	56,8	60,2	63,4	66,5	69,4	72,1	74,5	76,8	79,0	80,9	82,7
Lubuskie	45,7	49,6	53,3	56,9	60,3	63,6	66,6	69,5	72,2	74,6	76,9	79,1
Łódzkie	44,5	48,4	52,2	55,9	59,3	62,6	65,7	68,7	71,4	73,9	76,3	78,4
Małopolskie	31,9	35,9	39,9	43,9	47,8	51,6	55,3	58,8	62,1	65,3	68,2	71,0
Mazowieckie	46,1	49,9	53,6	57,2	60,6	63,8	66,9	69,7	72,4	74,8	77,1	79,2
Opolskie	47,5	51,3	55,0	58,5	61,8	65,0	68,0	70,7	73,3	75,7	77,9	80,0
Podkarpackie	34,0	38,0	42,0	45,9	49,8	53,5	57,1	60,5	63,8	66,8	69,7	72,3
Podlaskie	67,2	70,0	72,7	75,1	77,4	79,5	81,4	83,1	84,7	86,2	87,5	88,8
Pomorskie	34,6	38,6	42,6	46,6	50,4	54,1	57,7	61,1	64,3	67,3	70,1	72,7
Śląskie	35,9	39,9	43,9	47,8	51,6	55,3	58,8	62,1	65,3	68,2	71,0	73,5
Świętokrzyskie	39,1	43,1	47,1	50,9	54,6	58,1	61,5	64,6	67,6	70,4	73,0	75,5
Warmińsko-mazurskie	49,6	53,3	56,9	60,4	63,6	66,6	69,5	72,2	74,7	77,0	79,1	81,0
Wielkopolskie	44,1	48,0	51,8	55,5	59,0	62,3	65,4	68,3	71,1	73,7	76,0	78,2
Zachodniopomorskie	41,8	45,7	49,6	53,3	56,9	60,3	63,6	66,6	69,5	72,2	74,7	77,0
Średnia	45,0	48,8	52,5	56,0	59,5	62,7	65,8	68,6	71,3	73,9	76,2	78,4

Źródło: Wyniki badań własnych.

Tabela 10

Współczynniki efektywności SFA obliczone dla okresu 1999-2009 (model BC2)

Wyszczególnienie	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Dolnośląskie	55,9	60,5	73,8	77,2	82,4	84,6	88,7	92,8	95,8	97,4	96,4	97,6
Kujawsko-pomorskie	52,7	56,0	70,8	69,3	72,0	79,5	87,8	93,9	91,6	94,5	94,4	96,0
Lubelskie	56,4	60,3	73,7	70,0	75,8	84,3	89,1	91,5	94,0	95,7	94,2	97,2
Lubuskie	58,0	56,6	70,1	72,9	75,0	85,0	81,1	89,6	94,2	94,6	94,9	97,0
Łódzkie	50,8	61,1	65,7	70,9	75,1	87,0	88,8	92,1	91,9	93,4	95,4	96,6
Małopolskie	46,9	49,0	56,3	59,1	64,2	71,4	76,8	78,8	92,2	94,1	95,4	97,7
Mazowieckie	49,1	51,6	64,9	67,3	69,9	76,5	85,1	92,4	92,2	94,3	94,7	96,7
Opolskie	59,2	59,5	70,6	74,3	77,1	83,1	89,1	92,0	93,3	97,0	95,8	97,3
Podkarpackie	50,8	49,5	59,7	60,4	67,7	73,1	86,4	83,9	89,5	91,3	92,5	96,7
Podlaskie	57,7	60,4	79,1	76,4	79,3	87,4	93,1	95,5	96,7	97,1	97,1	97,1
Pomorskie	44,3	47,3	55,1	58,9	61,7	76,8	82,3	88,3	91,1	94,5	96,2	97,2
Śląskie	46,7	55,3	64,2	66,1	67,3	72,5	84,3	90,8	94,1	95,7	96,0	97,9
Świętokrzyskie	50,2	55,7	61,9	62,6	71,4	79,7	86,7	91,9	92,5	92,4	94,0	97,6
Warmińsko-mazurskie	53,5	56,3	66,5	65,8	73,9	76,1	83,0	90,4	89,2	93,7	93,4	95,2
Wielkopolskie	51,7	52,7	67,5	69,7	73,0	83,8	87,1	92,7	91,6	93,3	94,8	95,8
Zachodniopomorskie	51,4	55,8	62,0	66,3	68,8	67,5	77,0	84,1	88,8	94,5	95,8	96,6
Średnia	52,2	55,5	66,4	68,0	72,2	79,3	85,4	90,0	92,4	94,6	95,1	96,9

Źródło: Wyniki badań własnych.

Wnioski

Przeprowadzone badania nad efektywnością rolnictwa w Polsce w latach 1998-2009 pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Obliczenia efektywności technicznej VRS w badanych latach wykazały, że rolnictwo Polski w analizowanych latach było efektywne. Wartość przeciętnych współczynników efektywności w poszczególnych latach wahała się w granicach 99,3%-100,0%.
2. Województwami, które zajęły najwyższe miejsca w rankingu efektywności, były następujące: dolnośląskie, opolskie, wielkopolskie, podlaskie, lubuskie. Wartości współczynników τ Kendalla przyjmują wysokie wartości, co świadczy o tym, że podobieństwo otrzymanych uporządkowań województw w latach jest duże.
3. Wartość indeksu produktywności całkowitej Malmquista w latach 1998-2009 wyniosła 9,4%, przy czym na jego wzrost miał wpływ indeks zmian technologicznych (9,4%) rocznie. Indeks zmian efektywności w badanym okresie nie wykazywał zmian. Najwyższymi przeciętnymi indeksami produktywności całkowitej charakteryzowały się województwa: podlaskie (34,7%), lubuskie (18,3) oraz warmińsko-mazurskie (18,1%). Najwyższe średnie indeksy produktywności całkowitej Malmquista odnotowano w latach: 2000 (24,9%), 2006 (19,4%) i 2007 (17,1%).
4. Obliczenia współczynników efektywności wykonane przy zastosowaniu modelu BC1 i BC2 stochastycznej funkcji granicznej (SFA) potwierdziły wysoką efektywność polskiego rolnictwa w analizowanych latach. W przypadku modelu BC1 wahała się ona od 86,7% (2002) do 100% (2006, 2007). Rozwiązania modelu BC2 dostarczyły nieznacznie niższych wyników w porównaniu z wynikami modelu BC1. Współczynniki efektywności w tym modelu wynosiły od 86,3% (2001) do 99,8% (1998).
5. Współczynniki efektywności SFA obliczone w czasie wykazują systematyczny wzrost. W modelu BC1 w 1998 r. współczynnik efektywności wynosił 45,0%, a w 2009 r. osiągnął wartość 78,4%, natomiast w modelu BC2 współczynnik efektywności wynosił 52,2% w 1998 r. i 96,9% w 2009 r.

Literatura:

1. Aigner D.J., Lovell C.A.K., Schmidt P.: Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6, 1977.
2. Aldaz N., Millan J.A.: Regional productivity of Spanish agriculture in a panel DEA framework. *Applied Economics Letters*, 10, 2003.
3. Balcombe K., Davidova S., Latruffe L.: Productivity change in polish agriculture: an application of a bootstrap procedure to Malmquist indices. 99th seminar of the EAAE Copenhagen, Denmark, August 24-27, 2005, <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/24572/1/cp05ba06.pdf>, dostęp 01.09.2011.
4. Baran J.: Efektywność skali produkcji w sektorze przetwórstwa mleka. Rozprawa doktorska. SGGW, Warszawa 2010.

5. Barnes A.P., Revoredo-Giha C., Sauer J. Elliott J., Jones G. : A report on technical efficiency at the farm level 1989 to 2008. Final Report to Defra, London 2010. <http://archive.defra.gov.uk/evidence/economics/foodfarm/reports/documents/farmeffericiency.pdf>, dostęp 01.09.2011.
6. Battese G.E., Coelli T.J.: Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 3, 1992.
7. Battese G.E., Coelli T.J.: A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20, 1995.
8. 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*, 84(3), 2002.
9. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E.: Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, vol. 2, issue 6, 1978.
10. Coelli T., Prasada R., Battese G.: An introduction to efficiency and productivity analysis. Kluwer Academic Publishers, Boston 1998.
11. Gambau A.M.: Regional technical efficiency: a stochastic frontier approach. *Applied Economics Letters*, 5, 1998.
12. Guyomard H., Latruffe L., Le Mouël Ch.: Technical efficiency, technical progress and productivity change in French agriculture: do subsidies and farm's size matter? 96th EAAE Seminar, 10-11 January 2006, Tänikon. Switzerland. www.rennes.inra.fr/smart/content/download/2931/30267/.../3_anikon.pdf, dostęp 01.09.2011.
13. Hadley D.: Efficiency and productivity at the farm level in England and Wales 1982 to 2002; archive.defra.gov.uk/evidence/economics/foodfarm/reports/.../Product.pdf, dostęp 01.09.2011.
14. Latruffe L.: Farm technical efficiency, credit and investment microeconomic analysis in Poland. PhD Thesis, University of Paris, 2004.
15. Matthews A., Newman C., Thorne F.: Productivity in Irish agriculture. The Rural Economy Research Centre, Working Paper Series, Working Papers 06-WP-RE-14, Dublin 2006. www.agresearch.teagasc.ie/lerc/downloads/workingpapers/06wpre14.pdf, dostęp 01.09.11.
16. Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w badaniach marketingowych (red. E. Gatnar, M. Walesiak). Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław 2004.
17. Piesse, J., Thirtle, C., Hadley, D.: Current and historic relative agricultural productivity and performance: sector and farm level. Chapter 1 in *Impact on UK of increasing agricultural productivity in new member states*. Report for DEFRA, Project No. EPES 0203/4, 2004.
18. Rusielik R., Śwityk M.: Zmiany efektywności technicznej rolnictwa w Polsce w latach 1998-2006. *Roczniki Nauk Rolniczych, Seria G*, t. 96, z. 3.
19. Steczkowski J., Zeliaś A.: *Metody statystyczne w badaniu zjawisk jakościowych*. Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków 1997.
20. Zawalińska K.: *Konkurencyjność polskiego rolnictwa w kontekście integracji z Unią Europejską*. Rozprawa doktorska. Uniwersytet Warszawski, 2003.

MICHAŁ ŚWITLYK

Institute of Rural and Agricultural Development
Polish Academy of Sciences
Warszawa

EFFICIENCY OF POLISH AGRICULTURE IN 1998-2009

Summary

The aim of this study was to examine the technical efficiency of agriculture by identifying the coefficients of technical efficiency, development of agricultural efficiency ranking using DEA superefficiency method, an attempt to clarify the efficiency of agriculture by using an index of Malmquist total factor productivity (TFP) and to determine the efficiency of agriculture by the SFA for each year of the period audited. We analyzed the results of agriculture presented by the provincial structure.

The value of the average DEA technical efficiency ratios in individual years ranged from 99.3% to 100.0% and the index value of the total Malmquist productivity in 1998-2009 was 9.4%, while its growth was the impact of technological change index (9.4%) per year.

Calculations of coefficients of efficiency made by using BC1 and BC2 models of stochastic frontier functions (SFA) confirmed high efficiency of Polish agriculture in the analyzed period. In the case of BC1 model, it ranged from 86.7% (2002) to 100% (2006, 2007). Solutions BC2 model provided slightly lower results compared with the results of BC1 model. Efficiency coefficients in this model ranged from 86.3% (2001) to 99.8% (1998).

Efficiency coefficients calculated at the time the SFA show steady growth. In the BC1 model in 1998 efficiency ratio was 45.0% and in 2009 reached 78.4%, while in the BC2 model efficiency coefficients were 52.2% in 1998 and 96.9% in 2009.