



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Zeszyty Naukowe
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie

PROBLEMY
ROLNICTWA
ŚWIATOWEGO

Tom 16 (XXXI)
Zeszyt 3

Wydawnictwo SGGW
Warszawa 2016

Lucyna Błażejczyk-Majka¹

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Polskie gospodarstwa mleczne w rankingu efektywności technicznej gospodarstw unijnych z wykorzystaniem modelu SE-CCR

Polish Dairy Farms in the Ranking of Technical Efficiency of EU Farms Using the SE-CCR Model

Synopsis. W pracy przedstawiono zastosowanie analizy DEA, a w szczególności modelu SE-CCR, do budowy rankingów efektywności unijnych gospodarstw specjalizujących się w produkcji mleka. Wykorzystano dane statystyczne publikowane przez agencję FADN. Efektywność techniczną przeciętnych gospodarstw mlecznych poszczególnych krajów członkowskich UE wyznaczono ze względu na trzy rodzaje produktów w nich wytwarzanych, dzięki zaangażowaniu czterech podstawowych czynników produkcji. W efekcie badania wykazano, że polskie gospodarstwa mleczne w 2013r. prowadziły produkcję w sposób efektywny, niemniej jednak znalazły się one dopiero na 18 miejscu w rankingu efektywności produkcji mleka 23 państw unijnych.

Słowa kluczowe: analiza DEA, model nadefektywności, model SE-CCR, efektywność techniczna, rolnictwo unijne, produkcja mleka.

Abstract. The study presents the application of DEA analysis, particularly the SE-CCR model, to construct efficiency rankings of EU farms specializing in milk production. The analysis was based on statistical data published by FADN. Technical efficiency of average dairy farms in individual EU countries was determined for three types of their products using four basic factors of production. The analysis showed that production of Polish dairy farms in 2013 was efficient; nevertheless, these farms ranked only 18th in the ranking of milk production efficiency among 23 EU countries

Key words: DEA analysis, superefficiency model, SE-CCR model, technical efficiency, EU farming, milk production.

Wprowadzenie

Sektor produkcji i przetwórstwa mleka był wspierany od początku istnienia Wspólnej Polityki Rolnej (WPR). Jedną z form regulacji tego sektora były kwoty mleczne (Guba i Dąbrowski, 2012). Zostały one wprowadzone w 1984r. w wyniku wystąpienia w Europie nadwyżek produkcji mleka. W latach dziewięćdziesiątych były one nieznacznie obniżane. Dodatkowo w ramach reformy Mac Sharry'ego obniżono ceny wskaźnikowe i interwencyjne masła i mleka w proszku. Regulacje dotyczące kwot mlecznych znalazły się także w ustaleniach reform z 1999 r. oraz z 2003r. (Kalka, 2004). W Polsce kwoty mleczne obowiązywały od momentu przystąpienia do UE. Mechanizm ten uznawany jest za jeden z czynników determinujących postępującą koncentrację gospodarstw mlecznych (Ziętara, 2012).

¹ dr, Zakład Historii Gospodarczej, Instytut Historii, Wydział Historyczny, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Św. Marcin 78, 61-809 Poznań, e-mail: majkal@amu.edu.pl

W literaturze przyjmuje się, że proces deregulacji w sektorze mleczarskim rozpoczął się w 2003r., kiedy w ramach reformy WPR zdecydowano o ostatecznej rezygnacji z systemu kwotowania produkcji mleka w roku 2015 oraz o redukcji wielkości unijnego wsparcia dla produkcji masła i odtłuszczonego mleka w proszku. Aby złagodzić skutki społeczno-ekonomiczne takiej polityki, w latach 2008 - 2014 podnoszono kwoty mleczne, a także wprowadzono dofinansowanie do utrzymywanego pogłowia (Guba i Dąbrowski, 2012). Ostatecznie kwoty mleczne obowiązywały w UE do 31 marca 2015r. Od tego momentu zniesiono ilościowe ograniczenia w produkcji mleka.

Uwolnienie unijnego rynku mlecznego nałożyło się na pogarszającą się sytuację ekonomiczną gospodarstw rolnych specjalizujących się w produkcji tego surowca, wskutek wprowadzenia w 2014r. rosyjskiego embarga na produkty mleczne. W efekcie tych działań cena mleka drastycznie spadła i jego produkcja w ostatnich miesiącach przestaje być opłacalna (Ministerstwo Rolnictwa... 2016). W zaistniałej sytuacji podejmowane są na szczeblach krajowych działania, które w sposób pośredni będą wspierały sektor mleczarski. Od sierpnia 2016 r., po uzyskaniu zgodny Komisji Europejskiej, ruszył program pomocy dla polskich producentów mleka, którzy muszą wnieść opłatę za przekroczenie kwot indywidualnych w roku 2014/2015. Dodatkowo do szkół ma być wprowadzony program promujący konsumpcję mleka. Łącznie roczny budżet komponentu mlecznego i owocowo-warzywnego będzie wynosił 22 mln euro². Niemniej jednak w perspektywie czasu Unia Europejska dąży do zminimalizowania form wsparcia dla tego sektora produkcji rolniczej.

Powstaje zatem pytanie, jak wygląda sytuacja polskich gospodarstw mlecznych na tle takich samych gospodarstw prowadzących produkcję mleka w innych państwach członkowskich UE po blisko 10 latach funkcjonowania w ramach WPR. Czy u progu uwolnienia rynku mleka polskie gospodarstwa prowadziły produkcję tego surowca w sposób efektywny pod względem wykorzystania czynników produkcji? Celem pracy jest zatem budowa rankingu wielowymiarowego z wykorzystaniem modelu nadefektywności DEA dla przeciętnych gospodarstw specjalizujących się w produkcji mleka w poszczególnych państwach członkowskich UE. Zastosowanie tej metody pozwala na porównanie efektywności technicznej przeciętnych gospodarstw unijnych w mniejszym stopniu obciążonej różnego rodzaju finansowym wsparciem, przez co jej ocena wydaje się bliższa zasadom wolnego rynku. Dodatkowo metody DEA pozwalają na uwzględnienie faktu, że w procesie produkcji rolniczej wytwarzane są trzy grupy produktów przy zaangażowaniu czterech podstawowych czynników wytwórczych. Punktem wyjścia do analiz były dane publikowane w ramach agendy FADN dla przeciętnych gospodarstw mlecznych, prowadzących produkcję w państwach tworzących Unię Europejską. Dane dotyczyły roku 2013, zatem wyniki uzyskane na ich podstawie można uznać za dobry wyznacznik oceny przygotowania rolnictwa polskiego do stopniowego uwalniania rynku mleka.

Rankingi efektywności

Jednym z bardziej złożonych zagadnień we współczesnej ekonomii jest badanie efektywności. Jest ono przeprowadzane w celu oceny produkcji, zarządzania, inwestowania, czy też w odniesieniu do poszczególnych działań procesu wytwarzania

² <http://www.minrol.gov.pl/Ministerstwo/Biuro-Prasowe/Informacje-Prasowe/Program-pomocy-dla-producentow-mleka>. Data pobrania 18 lipca 2016 r.

(efektywność stanowiska pracy, efektywność zakładu pracy, efektywność wytwarzania określonego produktu). Na ogół porównanie efektywności badanych jednostek odbywa się poprzez budowanie rankingów w oparciu o konkretne, ważne ze względu na cel porównania, cechy. Zakres porównań jednostek determinuje zatem wielowymiarowość budowanych rankingów. W obszarze rolnictwa w taki sposób powstają na przykład ranking spółdzielni mleczarskich³ czy ranking 300 najlepszych przedsiębiorstw rolniczych⁴.

Najprostszą metodą budowy rankingów wielowymiarowych jest zastosowanie metod wskaźnikowych (Rogowski, 1996; Lisowski, 2014) np. przez uśrednienie, z wykorzystaniem średniej arytmetycznej bądź średniej ważonej, przeciętnych efektywności każdego z zaangażowanych w proces produkcji czynnika (Wroński, 2011). Porównanie w tym podejściu można przeprowadzić jednak tylko dla jednego produktu wytwarzanego w ramach działalności badanych jednostek. Zwykle w takiej sytuacji stosuje się zsumowaną produkcję różnych gałęzi wyrażoną w jednostkach pieniężnych, co wywołuje konieczność rezygnacji z części różnicujących jednostki informacji.

Ranking wielowymiarowych obiektów można przygotować także w oparciu o metody parametryczne (Rogowski, 1996; Lisowski, 2014), wykorzystujące funkcję produkcji. Również to podejście zmusza do wyrażenia wielkości produkcji za pomocą jednej zmiennej. Jednak w tym przypadku możliwy jest do zrealizowania postulat zmiennych efektów skali (patrz np. Aigner i Chu, 1968; Afriat, 1972), istotny ze względu na specyfikę przyrodniczego procesu wytwórczego. Rembisz i Sielska (2012) wskazują, że takie właściwości spełniają paraboliczne, wykładnicze czy potęgowe funkcje produkcji.

Wyznaczenie rankingów efektywności przy założeniu równoczesnego wytwarzania w procesie produkcji wielu produktów oraz zmiennych efektów skali, możliwe jest dzięki zastosowaniu metod nieparametrycznych (patrz np.: Farrell, 1957; Charnes i in., 1978), a w szczególności wykorzystanie dobrze już znanej w literaturze zagranicznej i polskiej metody DEA (*Data Envelopment Analysis*) (patrz np.: Świtłyk, 1999; Førsund i Sarafoglou, 2002; Cwiakała-Małys i Nowak, 2009; Guzik, 2009a i 2009b; Lisowski, 2014; Scippacercola i Sepe, 2014; Zhang, 2015). Jak każda metoda odznacza się ona licznymi zaletami i pewnymi wadami (patrz np. Szymańska, 2009). Przegląd metod budowy rankingów w oparciu o metodę DEA został przedstawiony w publikacji Adler i inni (2002). Jedną z tam zaprezentowanych podejść jest wykorzystanie modelu nadefektywności DEA (SE-CCR), który pozwala na ustalenie rankingów zarówno jednostek wzorcowych, jak i tych nieefektywnych. Model ten został szczegółowo opisany między innymi przez Guzika (2009a, s. 151-197; 2009b). Należy podkreślić, że podejście to cieszy się sporym zainteresowaniem w literaturze tematu (patrz np.: Li i in., 2007; Jahanshahloo i in., 2011; Kuszewski i Sielska, 2012).

Model nadefektywności DEA

Analiza DEA (*Data Envelopment Analysis*) polega na rozwiązywaniu serii równań liniowych, na podstawie których zostaje zidentyfikowana granica maksymalnej efektywności technicznej (więcej w pracach Koopmansa, 1951 i Debreu, 1951). Dzieje się to poprzez porównanie wektorów wyników - produktów q (*outputs*) i nakładów x (*inputs*) we wszystkich

³ <http://izbamleka.pl/ranking/>

⁴ <http://www.ierigz.waw.pl/prace-badawcze/ranking-300>

badanych jednostkach ($i = 1, 2, \dots, I$). Jedynym warunkiem, jaki musi być spełniony w tej analizie jest typ technologii. Może być on oparty na stałych korzyściach skali (CRS - *constant return to scale*) albo na zmiennych korzyściach skali (VRS - *variable return to scale*). W analizie tej konieczne jest także zdefiniowanie orientacji prowadzonej przez jednostki produkcji, która może polegać na maksymalizacji produkcji (*outputs maximization*) albo na minimalizacji użytych w procesie produkcji nakładów (*inputs minimization*). Szczegółowy opis tej metody można znaleźć w książkach: Coelli i inni (2005) oraz Thanassoulis (2008).

W przypadku założenia, że produkcja generuje stałe efekty skali i jest nastawiona na minimalizację wykorzystanych nakładów x_n ($n = 1, 2, \dots, N$), niezbędnych do wytworzenia produktów q_r ($r = 1, 2, \dots, R$), metoda DEA pozwala na wyznaczenie efektywności technicznej⁵ poprzez rozwiązanie dla każdej badanej jednostki programu równań liniowych (patrz np.: Charnes i in., 1978; Coelli i in., 2005, s. 163):

$$\begin{array}{ll} \text{funkcja celu:} & \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta_i \\ \text{warunki ograniczające:} & \mathbf{Q}\boldsymbol{\lambda} \geq \mathbf{q}_i, \\ & \theta_i \mathbf{x}_i \geq \mathbf{X}\boldsymbol{\lambda}, \\ & \boldsymbol{\lambda} \geq \mathbf{0}, \\ & \theta_i \leq 1 \end{array} \quad (1)$$

gdzie θ_i jest skalarom nazywanym mnożnikiem poziomu nakładów (Guzik, 2009a). Z kolei $\boldsymbol{\lambda}$ to wektor stałych, które nazywane są współczynnikami benchmarkingowymi. Pojedynczą składową tego wektora, odzwierciedlającą relację pomiędzy o -tą jednostką, dla której rozwiązywany jest program równań liniowych a dowolną j -tą jednostką z badanej grupy oznaczać będzie skalar λ_{oj} . Dla każdej badanej jednostki szacowane są jego wartości w stosunku do pozostałych jednostek. Macierze \mathbf{X} i \mathbf{Q} odpowiadają nakładom i produktom wszystkich jednostek biorących udział w badaniu. Natomiast wektory \mathbf{x}_i oraz \mathbf{q}_i odnoszą się do poniesionych nakładów oraz wytworzonych produktów w i -tej jednostce. Warto zauważyć, że podejście to prezentuje jeden ze sposobów poprawy efektywności w przedsiębiorstwie jakim jest oszczędne gospodarowanie poprzez redukcję nakładów (Ziółkowska, 2009; Kusz i Sobolewski, 2015).

Mnożnik poziomu nakładów θ_i może przyjmować wartości z przedziału $[0; 1]$, które wyznaczają efektywność techniczną i -tej jednostki, nazywaną także θ -efektywnością w sensie Farella (Guzik 2009b). Wszystkie jednostki, dla których $\theta_i < 1$ uznawane są za nieefektywne. Natomiast jeśli $\theta_i = 1$, to oznacza, że i -ta jednostka odznacza się najwyższą efektywnością w całej grupie – jest liderem, jednostką wzorcową. Zwykle w badaniu okazuje się, że takich jednostek jest co najmniej kilka⁶, co utrudnia wykorzystanie tego modelu do budowy rankingów. Więcej szczegółów na temat pomiaru efektywności i jej interpretacji prezentuje monografia, której autorzy to Fried i in. (2008). Tak sformułowany program równań liniowych nazywany jest w literaturze modelem CCR⁷ (Guzik, 2007).

Model nadefektywności SE-CCR (*super efficiency model*) jest rozwinięciem modelu CCR (Andersen i Petersen, 1993). Do programu równań liniowych (1) wprowadzony zostaje dodatkowy warunek ograniczający: dla o -tego obiektu przyjmuje się, że $\lambda_o = 0$. Rezygnuje się

⁵ Efektywność każdej jednostki jest zatem oceniana na tle wszystkich obiektów w grupie.

⁶ Powoduje to występowanie zjawiska redukcji liczby liderów (Guzik, 2009a, s.151).

⁷ Nazwa modelu CCR pochodzi od nazwisk autorów Charnes, Cooper, Rhodes (1978).

także z założenia, aby mnożnik poziomu nakładów $\rho_o \leq 1$ ⁸. Dzięki tej zmianie, efektywność o -tej jednostki rozpatruje się na tle grupy pozostałych jednostek z wyłączeniem o -tej jednostki (Guzik 2009a, s. 154), a uzyskane w wyniku rozwiązania układu równań liniowych wartości ρ -efektywności technicznej, mogą przyjmować wartości większe od 1. Wartość współczynnika $\rho_o \geq 1$ oznacza względną przewagę o -tej jednostki nad pozostałymi jednostkami w badanej grupie. „Im mnożnik ρ_o jest większy, tym obiekt jest bardziej skuteczny, ponieważ mniejszym nakładem uzyskuje założone rezultaty” (Guzik 2009b). Natomiast jeżeli $\rho_o < 1$ ⁹, to oznacza że konkurenci o -tej jednostki osiągnęliby ten sam poziom produkcji mniejszym nakładem. Obiekt taki nie jest zatem efektywny.

Sposób wyznaczania technicznych efektywności dla każdej jednostki w próbie w modelu SE-CCR pozwala przygotować ranking jednostek, w którym liderzy – jednostki wzorcowe - odznaczają się efektywnością $\rho_o \geq 1$, a pozostałe jednostki efektywnością z zakresu (0; 1). Na tej podstawie Guzik (2009a i 2009b, s. 178) zaproponował wyznaczenie unormowanego wskaźnika efektywności, opartego o oszacowania uzyskane w wyniku modelu SE-DEA:

$$\sigma_o = \frac{\rho_o}{\rho_{max}}, \quad \rho_{max} = \max(\rho_i; i = 1, 2, \dots, I). \quad (2)$$

Wskaźnik σ -efektywności przyjmuje wartości (0; 1] i pozwala na ocenę, o ile więcej nakładów potrzebowaliby konkurenci dla uzyskania wielkości produkcji o -tej jednostki. Wskazuje on na sprawność technologii o -tej jednostki w stosunku do lidera rankingu, którego sprawność wynosi 100%.

Z kolei analiza wartości składowych wektorów współczynników benchmarkingowych λ dla jednostek, których efektywność techniczna była mniejsza niż 1 stwarza możliwość wskazania dla nich najbliższych jednostek wzorcowych - liderów (Coelli i in., 2005, s. 166-167). Należy w tym miejscu podkreślić, że wartości te same w sobie nie posiadają interpretacji ekonomicznej. Służą one jedynie jako wagi do wyznaczenia technologii docelowej. Z kolei na podstawie wartości składowych wektorów λ dla jednostek, których efektywność techniczna była większa lub równa 1 możliwe jest wyznaczenie optymalnej technologii konkurentów o -tej jednostki.

Co więcej na podstawie sumy współczynników benchmarkingowych λ_{oj} , wyznaczonych w modelu SE-CCR dla o -tej jednostki można określić rodzaj korzyści skali jakie ona generuje (Guzik, 2009a, s. 182-185). W przypadku jednostek uznanych za nieefektywne jeżeli suma ta okaże się większa od 1, to znaczy że badana jednostka generuje niekorzyści wynikające ze zbyt dużej skali produkcji – w skrócie niekorzyści dużej skali. W przeciwnym przypadku skala produkcji o -tej jednostki jest zbyt mała. W odniesieniu do liderów można mówić natomiast odpowiednio o korzyściach dużej skali i korzyściach małej skali działalności.

W przypadku zastosowania analizy DEA zakłada się, że zbiór obiektów musi być jednorodny (Domagała, 2007; Guzik, 2009a, 2009b). Wynika to z postulatu, że wzorcem dla jednostki nieefektywnej powinna być technologia możliwa do osiągnięcia dla tej jednostki. Co więcej wyniki metody DEA są zależne od liczby analizowanych jednostek i liczby analizowanych zmiennych (Mielnik i Ławrynowicz, 2002). W przypadku

⁸ W metodzie CCR mnożnik ten był oznaczany θ_i . Dla rozróżnienia wyników obu metod w literaturze w metodzie SE-CCR stosuje się oznaczenie ρ_o .

⁹ Jeżeli $\rho_o < 1$, to jego wartość jest równa wyznaczonym w modelu CCR wartościom θ_i .

zastosowania modelu nadefektywności można skorzystać z metod wielowymiarowej analizy porównawczej. (Domagała, 2007) wskazuje jednak, że jedna z tego typu metod – analiza skupień –, „doskonale spełnia swoje zadanie, ale dopiero gdy zastosuje się ją po podzieleniu grupy obiektów ze względu na obszary korzyści skali w jakich one działają”. Guzik (2009a, s. 174-177; 2009b) proponuje testowanie jednorodności zbioru jednostek w oparciu o subiektywnie przyjęte granice jednorodności. W pracy zaproponowano rozwiązanie pośrednie: jednostkami niespełniającymi warunku jednorodności będą te, które uznać można za mało skuteczne lub za zbyt skuteczne w stosunku do typowego przekształcenia nakładów w rezultaty czyli znajdujące się poza granicami jednorodności. Jako definicję granic jednorodności przyjęto jednowymiarowe kryterium kwartylowe (Tukey, 1977), przy czym dolna (ρ_D) i górna granica jednorodności (ρ_G) przyjmuje postać:

$$\rho_D = Q_1 - 3(Q_3 - Q_1), \quad \rho_G = Q_3 + 3(Q_3 - Q_1). \quad (3)$$

gdzie Q_1 i Q_3 to odpowiednio pierwszy i trzeci kwartył wartości wskaźników rankingowych ρ_o wszystkich jednostek biorących udział w badaniu. Takie samo rozwiązanie jest stosowane do oznaczania wartości ekstremalnych w wykresach pudełkowych. Ze względu na fakt, że wartość oszacowanych współczynników rankingowych może zmieniać się w zależności od liczby jednostek w badanej grupie (Guzik 2009c), procedura testowania jednorodności zbioru obiektów polegać będzie zatem na (etap 1) wyznaczeniu dla wszystkich jednostek współczynników rankingowych i usunięciu jednostek, które okazały się zbyt lub za mało skuteczne. Na etapie 2 wyznacza się współczynniki rankingowe dla jednostek z okrojonego już zbioru i ponownie testuje jednorodność uzyskanych wyników. Procedurę powtarza się, aż do momentu uzyskania zbioru jednorodnego, kiedy to wszystkie jednostki znajdują się w granicach jednorodności.

Należy także podkreślić, że metodę DEA zwykle stosuje się do oceny efektywności jednostek podejmujących samodzielne decyzje ekonomiczne (*decision making units*), a nie dla zbiorów jednostek. Niemniej jednak w przypadku rolnictwa unijnego zapadają decyzje właśnie na szczeblu krajowym, co do wysokości czy kierunków wsparcia gospodarstw specjalizujących się w produkcji mleka, czy poziomu konwergencji. W tym sensie uśrednione gospodarstwa na poziomie krajowym można traktować jako jednostki decyzyjne. Porównania efektywności wyznaczonej w oparciu o metody DEA dla agregatów jednostek, jakimi są przeciętne gospodarstwa rolne na poziomie regionalnym czy krajowym można znaleźć w publikacjach zarówno krajowych jak i zagranicznych (patrz np.: Rao i Coelli, 2004; Coelli i Rao, 2005; Zhu i in., 2010; Błażejczyk-Majka i in., 2011; Zhu i in., 2012; Galluzo, 2016). Szczegółowo zagadnienie zastosowania metod nieparametrycznych do porównań produktywności na poziomie międzynarodowym opisane zostało przez Coelli i innych (2005, s. 157-160).

Warto w tym miejscu także zaznaczyć, że analiza DEA jest udostępniana w wielu komercyjnych programach statystycznych¹⁰. Wersję niekomercyjną programu DEAP stworzonego specjalnie dla tej metody można pobrać ze strony *Centre for Efficiency and Productivity Analysis* (CEPA, 2016)¹¹. Obok oprogramowania dostępny jest tam także

¹⁰ <http://www.deafrontier.net/deafree.html>; <http://www.dea-analysis.com/data-envelopment-analysis-software/data-envelopment-analysis.html>

¹¹ <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/index.php>

obszerny opis i podręcznik użytkownika. W pracy dla modelu SE-CCR wykorzystano możliwości funkcji Solver, dostępne w ramach programu Excel.

Dane

Punktem wyjścia do oceny sytuacji polskich gospodarstw mlecznych na tle gospodarstw specjalizujących się w takiej samej produkcji w innych państwach członkowskich UE były dane statystyczne dotyczące produkcji rolniczej na poziomie krajowym, publikowane przez agencję FADN (FADN..., 2016). Zmienne, przytoczone w pracy, odnoszą się do przeciętnych gospodarstw w poszczególnych krajach członkowskich UE w 2013r. Dobór danych, szczególnie w obszarze nakładów, zwykle przysparza badaczowi problemów. Szczegółowo o różnych podejściach w tym obszarze traktuje Guzik (2009c). W pracy wybrany zestaw cech miał odzwierciedlać zaangażowanie w procesie produkcji czterech podstawowych czynników: ziemię, pracę, kapitał trwały i obrotowy oraz trzy zmienne wynikowe, jakimi była wartość produkcji roślinnej, zwierzęcej i pozostałej.

Nakłady pracy (w metodyce FADN oznaczone symbolem SE010) zostały wyrażone liczbą pracowników pełnozatrudnionych w gospodarstwie. Kolejny czynnik produkcji, jakim jest ziemia opisano, wyrażoną w ha powierzchnią użytków rolniczych (SE025). Pozostałe zmienne użyte w analizie mają charakter wartościowy i są wyrażone są w tys. €. W ten sposób zostały zdefiniowane kapitał obrotowy (wartość SE270 pomniejszona o amortyzację SE360) oraz wartość kapitału trwałego, określoną jako sumę wartości budynków (SE450), maszyn (SE455) oraz stada podstawowego (SE460). Wartościowo zostały wyrażone także zmienne wynikowe: wielkość produkcji roślinnej (SE135), wielkość produkcji zwierzęcej (SE206) oraz pozostała produkcja rolnicza (SE256). Podobny zestaw danych został użyty w publikacji Bezat (2011), z tą różnicą, że jako zużycie kapitału trwałego przyjęto liczbę pogłowia liczoną w sztukach dużych (SE080), a dla kapitału obrotowego użyto zmienną SE270 bez korekty. Z kolei w publikacji Marzec i in. (2015) wyróżniono w produkcji gospodarstw mlecznych tylko jeden produkt i aż sześć nakładów: pracę, kapitał rzeczowy, materiały, pasze, użytki rolne i zwierzęta ogółem. Metodę DEA w oparciu o dane FADN zastosowano także w publikacji Smeździk (2010), Kubik (2013), Kusz i Sobolewski (2015).

Poniższy przykład odnosi się do oceny produktywności gospodarstw mlecznych w poszczególnych krajach członkowskich UE, czyli porównania wielkości osiągniętej produkcji, odniesionej do poniesionych nakładów. Nie bierze się natomiast pod uwagę dochodowości tej produkcji, co przy systemie wsparcia w postaci dopłat i subsydiów realizowanych w ramach Wspólnej Polityki Rolnej nie jest wielkością tożsamą ani zbliżoną do podejścia tutaj zaproponowanego (Zhu i in., 2012). Niemniej jednak, ze względu na rozważany problem, wydaje się, że porównania przeprowadzone w ten sposób będą lepiej odzwierciedlały gotowość polskich gospodarstw mlecznych do uwolnienia rynku mleka.

Wielowymiarowy ranking efektywności technicznej rolnictwa unijnego

Budowa rankingu efektywności przeciętnych gospodarstw specjalizujących się w produkcji mleka na obszarze poszczególnych państw członkowskich, przy zaangażowaniu czterech podstawowych czynników wytwórczych i z uwzględnieniem trzech grup produktów, jest możliwa dzięki zastosowaniu modelu nadefektywności SE-CCR. W tabeli 1 zestawiono

wartości współczynników rankingowych ρ_0 uzyskane w wyniku zastosowania tej metody, ukierunkowanej na nakłady. Dwa ostatnie wiersze tabeli 1 zawierają dolną i górną granicę jednorodności, wyznaczoną w oparciu o wzory (3). Dopiero na trzecim etapie udało się otrzymać zadawalające, ze względu na jednorodność, wyniki. Ostatnie dwie kolumny zawierają wartości θ -efektywności (porównaj wzór (1)) i σ -efektywność (wzór (2)). Wyfuszczono wyniki tych jednostek, które w rozumieniu metody SE-CCR okazały się efektywne, co więcej wyniki zostały przesortowane malejąco według uzyskanych w trzecim etapie testowania jednorodności zbioru obiektów, wartości współczynników rankingowych ρ_0 .

W wyniku testowania jednorodności zbioru badanych jednostek, spośród przeciętnych gospodarstw mlecznych poszczególnych krajów członkowskich za zbyt skuteczne uznano gospodarstwa tego typu prowadzone na Malcie oraz w Austrii i Holandii. Nie było natomiast obiektów o efektywności zbyt małej na tle innych. Za jednorodny zbiór można zatem uznać przeciętne gospodarstwa mleczne prowadzące swoją działalność w 23 państwach członkowskich UE. Spośród badanych jednostek efektywne w sensie Farrella, czyli takich dla których współczynnik rankingowy ρ_0 przyjął wartość co najmniej równą 1, okazały się przeciętne gospodarstwa prowadzące swoją produkcję na obszarze aż 16 państw (niemal 70% wszystkich badanych jednostek). Wśród nich znalazły się również polskie gospodarstwa specjalizujące się w produkcji mleka, jednak w stworzonym z wykorzystaniem modelu SE-CCR rankingu rolnictwo polskie zajmuje dopiero 16 miejsce. Spośród obiektów nieefektywnych najbliższe liderom okazały się gospodarstwa węgierskie, a najniższą efektywność uzyskały przeciętne gospodarstwa specjalizujące się w produkcji mleka w Finlandii i Francji. Niemniej jednak należy podkreślić, że podniesienie przez nie produktywności zaledwie o 20% pozwoliłoby im znaleźć się w grupie liderów.

Z kolei wartość współczynnika rankingowego ρ_0 pozwala wskazać, że najskuteczniej nakłady w rezultaty przekształcały w gospodarstwach mlecznych w Słowacji i Danii. Do osiągnięcia zadanego poziomu produkcji mlecznej przeciętne gospodarstwa w tych krajach potrzebowały blisko dwa razy mniej nakładów niż zużyłyby na to pozostałe jednostki w swojej optymalnej technologii wspólnej. Najslabsze spośród badanych jednostek charakteryzujących się 100-procentową θ -efektywnością okazały się gospodarstwa polskie. Konkurenci tego rolnictwa, aby uzyskać tę samą wielkość produkcji, musieliby ponieść nakłady tylko o 1,2% wyższe od nakładów produkcyjnych rolnictwa polskiego. Konkurenci najmniej efektywnego rolnictwa specjalizującego się w produkcji mleka, jakim okazało się rolnictwo fińskie i francuskie, osiągnęliby ten sam efekt produkcyjny angażując około 80% rzeczywistych nakładów tego rolnictwa. Na podstawie oszacowanej wartości σ -efektywności można natomiast stwierdzić, że najbardziej skuteczną jednostką – przeciętne gospodarstwa mleczne w Słowacji – okazała się prawie dwa razy bardziej skuteczna od polskich gospodarstw mlecznych i tylko 2,3 razy bardziej skuteczna od najsłabszej jednostki w rankingu – przeciętnych fińskich gospodarstw mlecznych. Zróżnicowanie jednostek efektywnych okazało się zatem znacznie większe niż jednostek nieefektywnych.

Zastosowanie modelu SE-CCR pozwala na ustalenie wzorców dla jednostek, które okazały się nieefektywne, tzn. takich, których wyznaczone współczynniki rankingowe ρ_0 był mniejszy od 1. W tym celu należy przeanalizować niezerowe wartości współczynników benchmarkingowych λ_{0j} dla jednostek nieefektywnych (tab. 2). Ostatni wiersz – ich suma – pozwala zinterpretować niekorzyści skali dla tych jednostek. I tak gospodarstwa węgierskie specjalizujące się w produkcji mleka powinny wzorować się na

gospodarstwach niemieckich, włoskich i słowackich. Na optymalną technologię produkcji mleka gospodarstw węgierskich składa się 30% nakładów-wyników gospodarstw włoskich, 7% nakładów-wyników gospodarstw niemieckich oraz nieco ponad 5% nakładów-wyników gospodarstw słowackich. Na tej podstawie można wyznaczyć źródła nieefektywności poszczególnych jednostek. Nie jest to jednak przedmiotem tego opracowania.

Tabela 1. Współczynniki rankingowe ρ_0 uzyskane w rezultacie zastosowania standardowej SE-CCR i wskaźniki efektywności przeciętnych gospodarstw mlecznych w poszczególnych państwach UE w 2013r.

Table1. Ranking indexes ρ_0 obtained using standard SE-CCR and efficiency indexes of average dairy farms in individual EU countries in 2013

Kraj	Współczynniki rankingowe ρ_0			θ -efektywność	σ -efektywność
	etap (1)	etap (2)	etap (3)		
MLT	8,019				
OST	3,171				
NED	1,675	2,212			
SVK	1,867	1,867	1,867	1	1,000
DAN	1,846	1,846	1,865	1	0,999
LUX	1,023	1,204	1,472	1	0,788
ITA	1,335	1,335	1,456	1	0,780
ROU	1,455	1,455	1,455	1	0,779
SVE	1,252	1,276	1,304	1	0,698
UKI	1,290	1,290	1,290	1	0,691
HRV	1,253	1,253	1,253	1	0,671
DEU	1,055	1,055	1,198	1	0,642
POR	1,162	1,162	1,162	1	0,622
SVN	1,053	1,148	1,148	1	0,615
BEL	1,074	1,074	1,099	1	0,589
ESP	1,074	1,074	1,074	1	0,575
LTU	1,054	1,054	1,054	1	0,565
EST	1,042	1,042	1,042	1	0,558
POL	1,012	1,012	1,012	1	0,542
HUN	0,973	0,973	0,972	0,972	0,521
IRE	0,970	0,970	0,970	0,970	0,520
LVA	0,959	0,959	0,959	0,959	0,514
BGR	0,950	0,950	0,950	0,950	0,509
CZE	0,942	0,942	0,942	0,942	0,505
FRA	0,859	0,859	0,868	0,868	0,465
SUO	0,799	0,799	0,799	0,799	0,428
ρ_D	0,300	0,357	0,317		
ρ_G	2,348	2,202	2,277		

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych FADN.

Analizując tabelę 2 można zauważyć, że liderem dla rolnictwa aż 4 jednostek spośród 6 nieefektywnych, okazało się rolnictwo słowackie. Co więcej wśród obiektów wzorcowych dla żadnego z państw nie znalazły się polskie gospodarstwa specjalizujące się w produkcji mleka. Co więcej tylko gospodarstwa czeskie generują niekorzyści wynikające ze zbyt dużej skali produkcji. Pozostałe jednostki nieefektywne, aby poprawić swoją

efektywność, powinny zwiększyć skalę produkcji: w największym stopniu gospodarstwa bułgarskie, a w najmniejszym stopniu gospodarstwa irlandzkie.

Tabela 2. Współczynniki benchmarkingowe λ_{0j} dla obiektów nieefektywnych

Table 2. Benchmarking coefficients λ_{0j} for inefficient objects

Obiekty efektywne	Obiekty nieefektywne					
	HUN	IRE	LVA	BGR	CZE	FRA
BEL	0	0,701	0	0	0	0,383
DEU	0,070	0	0	0	0	0,085
ESP	0	0,106	0	0	0	0
EST	0	0	0	0	0,048	0
HRV	0	0	0	0	1,785	0
ITA	0,302	0	0	0,012	0	0,223
LTU	0	0	0,339	0,165	0	0
POR	0	0	0,177	0,125	0	0
SVE	0	0	0	0	0,602	0
SVK	0,052	0	0,011	0,003	0,155	0
SVN	0	0	0	0	0,132	0
UKI	0	0,043	0	0	0	0,102
$\Sigma(\lambda_{0j})$	0,425	0,850	0,527	0,305	2,722	0,794

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych FADN.

Tabela 3. Struktura technologii optymalnej konkurencji technologicznej

Table 3. Structure of technology for optimal technological competition

kraj	Współczynniki rankingowe ρ_θ	Niezerowe współczynniki benchmarkingowe λ_{0j}	$\Sigma(\lambda_{0j})$
SVK	1,867	HUN (13,425)	13,425
DAN	1,865	SVE (1,579); UKI (0,484)	2,063
LUX	1,472	SVK (0,039); SVE (0,480) ; DEU (0,166)	0,685
ITA	1,456	DAN (0,202); DEU (0,176)	0,378
ROU	1,455	HRV (0,216); POL (0,051)	0,267
SVE	1,304	DAN (0,361); LUX (0,325); DEU (0,692)	1,379
UKI	1,290	DAN (0,358); ESP (1,435)	1,793
HRV	1,253	SVK (0,004); ROU (1,674) ; SVN (0,347)	2,026
DEU	1,198	SVK (0,014); ITA (0,478); SVE (0,358) ; UKI (0,060)	0,910
POR	1,162	SVK (0,006); ITA (0,071); UKI (0,132)	0,209
SVN	1,148	SVK (0,006); ITA (0,274); ROU (1,247)	1,527
BEL	1,099	ITA (0,320); UKI (0,057); IRE (0,721)	1,098
ESP	1,074	ITA (0,207); UKI (0,124) ; POR (0,663)	0,993
LTU	1,054	SVK (0,005); ITA (0,117); ROU (1,298)	1,420
EST	1,042	SVK (0,095); DAN (0,033); ITA (0,298); SVE (0,256)	0,681
POL	1,012	ROU (1,158) ; BEL (0,126)	1,284

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych FADN.

Zastosowanie modelu nadefektywności SE-CCR pozwala także na podstawie wyznaczonych współczynników λ_{0j} wyznaczyć optymalną technologię konkurentów

obiektów efektywnych. Zostały one przedstawione w tabeli 3. Na jej podstawie można stwierdzić, że najwięcej konkurentów mają gospodarstwa specjalizujące się w produkcji mleka w Niemczech i Estonii. Spośród wszystkich przedstawionych w tabeli 3 powiązań konkurencyjnych wystąpiło 8 powiązań zwrotnych. Ostatnia kolumna tabeli 3 zawiera zsumowane współczynniki benchmarkingowe, które służą do określenia korzyści skali każdej z jednostek efektywnych. I tak 9 spośród 16 jednostek generowało w 2013r korzyści z dużej skali produkcji – najsilniejsze odnotowano w rolnictwie słowackim, a najsłabsze w gospodarstwach mlecznych w Belgii. Pozostałe jednostki wykorzystywały efekt korzyści z małej skali. Przewodnikami w tym sposobie osiągania pełnej efektywności wykorzystania czynników produkcji były gospodarstwa mleczne w Portugalii, Rumunii i Włoszech. Wśród nich znalazło się również rolnictwo polskie.

Tabela 4. Udział jednostek w technologii optymalnej konkurentów polskich gospodarstw specjalizujących się w produkcji mleka w 2013 r.

Table 4. The share of optimal technology units of competitors of Polish farms specialising in milk production in 2013

Wyszczególnienie	Dane empiryczne		Wartości kalkulowane			Udział jednostki w grupie konkurentów	
	BEL	ROU	BEL 0,126*	ROU 1,158*	Suma	BEL	ROU
Produkcja roślinna [1000€]	18784	2742	2362	3175	5537	43%	57%
Produkcja zwierzęca [1000€]	188314	5056	23684	5854	2953	80%	20%
Pozostała produkcja [1000€]	3038	15	382	17	399	96%	4%
Siła robocza [AWU]	1,76	1,07	0,22	1,24	1,46	15%	85%
Ziemia [ha UR]	50,19	4,60	6,31	5,33	11,64	54%	46%
Kapitał obrotowy [1000€]	135239	3854	17008	4462	2147	79%	21%
Kapitał trwały [1000€]	311050	14692	39120	17011	5613	70%	30%

* wartości odpowiednich współczynników benchmarkingowych.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych FADN.

Tabela 5. Udział jednostek w technologii optymalnej konkurentów rumuńskich gospodarstw specjalizujących się w produkcji mleka w 2013r.

Table 5. The share of optimal technology units of competitors of Romanian farms specialising in milk production in 2013

Wyszczególnienie	Dane empiryczne		Wartości kalkulowane			Udział jednostki w grupie konkurentów	
	POL	HVR	POL 0,126*	HVR 1,158*	Suma	POL	HVR
Produkcja roślinna [1000€]	5537	11401	280	2462	2742	10%	90%
Produkcja zwierzęca [1000€]	29537	16498	1494	3563	5056	30%	70%
Pozostała produkcja [1000€]	213	214	11	46	57	19%	81%
Siła robocza [AWU]	1,81	2,07	0,09	0,45	0,54	17%	83%
Ziemia [ha UR]	21,27	15,04	1,08	3,25	4,32	25%	75%
Kapitał obrotowy [1000€]	21207	21001	1072	4535	5608	19%	81%
Kapitał trwały [1000€]	97276	65701	4919	14188	19107	26%	74%

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych FADN.

Najsilniejszymi konkurentami polskich gospodarstw mlecznych okazały się gospodarstwa prowadzące produkcję o tym samym profilu w Rumunii i Belgii. Powiązanie z rolnictwem rumuńskim działa także w przeciwną stronę. Udział poszczególnych jednostek w technologii optymalnej konkurentów polskich gospodarstw specjalizujących się w produkcji mleka przedstawia tabela 4. Z kolei tabela 5 zawiera analogiczne obliczenia z uwzględnieniem udziału polskiego rolnictwa w technologii optymalnej konkurentów rolnictwa rumuńskiego.

Technologia konkurentów polskich gospodarstw mlecznych (porównaj tabelę 3 i 4) opiera się na technologii stosowanej w rolnictwie belgijskim i rumuńskim. Udział rolnictwa belgijskiego jest szczególnie widoczny w zakresie wielkości uzyskiwanej produkcji zwierzęcej i pozostałej. Jest także przeważający w wielkości zaangażowanego kapitału obrotowego i kapitału trwałego. Wkład technologii rumuńskiej w technologię konkurencyjną dla rolnictwa polskiego opiera się przede wszystkim na przeciętnym poziomie zaangażowania siły roboczej w gospodarstwach specjalizujących się w produkcji mleka. Dużo mniejszy udział polskiej technologii odnotowano w konkurencyjnej technologii wspólnej w stosunku do przeciętnych gospodarstw specjalizujących się w produkcji mleka w Rumunii (porównaj tabela 5). W każdym przypadku, co najmniej 70% udział miało w tej technologii rolnictwo węgierskie.

Podsumowanie

W pracy zaprezentowano jedną z metod nieparametrycznych budowy rankingu efektywności w warunkach wielowymiarowości porównywanych jednostek, opartą na analizie DEA. W tym celu wykorzystano model nadefektywności SE-CCR. Podejście to pozwala na wyznaczenie efektywności technicznej jednostek wytwarzających wiele produktów oraz angażujących wiele czynników. Zaproponowana metoda, oprócz wskazania pozycji w rankingu, pozwala również na przeanalizowanie do której jednostki wzorcowej – lidera – jednostki nieefektywne powinny się skłaniać. Informacja ta pozwala w sposób realny ukierunkować ewentualne zmiany, mające na celu poprawę efektywności produkcji danego rolnictwa. Zastosowanie metod DEA pozwala także wskazać najbliższych konkurentów dla jednostek efektywnych i zdefiniować rodzaj korzyści skali jaki wykorzystują w swojej działalności wytwórczej.

W przypadku rolnictwa unijnego trzy państwa prowadziły w 2013r. produkcję mleka w technologii, której efektywności nie było w stanie osiągnąć rolnictwo żadnego z pozostałych państw unijnych, biorących udział w badaniu. Należy tu wymienić technologię produkcji mleka stosowaną na Malcie, w Austrii oraz w Holandii. Analizując wyniki pozostałych 23 państw członkowskich UE należy zauważyć, że aż 16 spośród nich okazało się prowadzić produkcję mleka w sposób efektywny. Przeciętne gospodarstwa mleczne w Finlandii czy Francji – najsłabsze w rankingu, po obniżeniu zaangażowania nakładów zaledwie o 20% mogłyby także zostać uznane za efektywne. Porównując wyniki rankingowe stwierdzono także dużo mniejsze zróżnicowanie efektywności wśród jednostek nieefektywnych niż wśród liderów. Oznaczać to może, że mimo dużego zróżnicowania warunków przyrodniczych panujących w poszczególnych państwach członkowskich, polityki unijne doprowadziły do zmniejszenia dysproporcji pomiędzy najsłabszymi, ale nie zahamowały jednak rozwoju gospodarstw najefektywniejszych.

Najsukuteczniejsze w przetwarzaniu czynników produkcji na efekty okazały się gospodarstwa słowackie. Technologia przez nie stosowana była także często wzorcem dla jednostek nieefektywnych. Rolnictwo słowackie wystąpiło jako punkt odniesienia dla 4 spośród 6 nieefektywnych jednostek, co więcej żadne z jednostek efektywnych nie stworzyło dla niego technologii konkurencyjnej. Rolnictwo to generowało korzyści dużej skali. Niemniej jednak należy zwrócić uwagę, że wśród jednostek efektywnych, które uzyskały wysoką pozycję w rankingu gospodarstw mlecznych, znalazły się także takie – rolnictwo luksemburskie, włoskie i rumuńskie – które generowały korzyści małej skali. Trudno zatem mówić, że efektywność unijnych gospodarstw mlecznych jest skorelowana z wielkością wytwarzanej przez nie produkcji.

Przeciętne gospodarstwa polskie, specjalizujące się w produkcji mleka znalazły się w grupie jednostek efektywnych. Zatem w obliczu zmieniającego się podejścia władz unijnych do kwestii bezpośredniego wsparcia produkcji mleka wydaje się, że polskie gospodarstwa ukierunkowane na wytwarzanie tego surowca prowadzą produkcję w sposób racjonalny pod względem wykorzystania czynników produkcji. Niemniej jednak, technologia produkcji mleka w Polsce okazała się być najslabsza spośród 16 technologii, które stosowały jednostki efektywne i była o połowę mniej skuteczna od technologii lidera rankingu - gospodarstw mlecznych na Słowacji. Co więcej dystans do rolnictwa węgierskiego, znajdującego się na pozycji 17 rankingu, ale już w grupie państw nieefektywnych, okazał się bardzo niewielki.

Zastosowanie modelu SE-CCR pozwoliło również wskazać konkurencyjną relację zwrotną mlecznych gospodarstw polskich z gospodarstwami rumuńskimi i znaczący udział rolnictwa belgijskiego w technologii konkurencyjnej dla rolnictwa polskiego. Ta informacja może być wskazówką, z którymi państwami unijnymi polscy politycy powinni budować sojusze w obszarze negocjacji warunków wspólnej polityki rolnej.

Literatura

- Adler, N., Friedman, L., Sinuany-Stern, Z. (2002). Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. *European Journal of Operational Research*, 140, 249-265.
- Afriat, S.N. (1972). Efficiency estimation of production functions. *International Economic Review*, 13, 568-598.
- Aigner, D.J., Chu, S.F. (1968). On estimating the industry production function. *American Economic Review*, 58, 826-839.
- Andersen, P., Petersen, N.C. (1993). A procedure for ranking efficient units in Data Envelopments Analysis. *Management Science*, 39, 10, 1261-1264.
- Błażejczyk-Majka, L., Kala, R., Maciejewski K. (2011). Productivity and efficiency of large and mixed farms of old and new EU regions. *Agricultural Economics – Czech*, 58, 61–71.
- Bezat, A. (2011). Zastosowanie metody DEA w analizie efektywności przedsiębiorstw rolniczych. Komunikaty Raporty Ekspertyzy, 545, IERiGŻ -BIP. Warszawa.
- CEPA (2016). Centre for Efficiency and Productivity Analysis. Pobrane marzec 2016 z: <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/index.php>.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Coelli, T.J., Rao, D.S.P. (2005). Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980-2000. *Agricultural Economics*, 32, 115-134.
- Coelli, T.J., Rao, D.S.P., O'Donnell, C.J., Battese, G.E. (2005). An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Second Eds: Springer Science+Business Media, New York.
- Ćwiakala-Małys, A., Nowak, W. (2009). Sposoby klasyfikacji modeli DEA. *Badania Operacyjne i Decyzje*, 3, 5-18.
- Debreu, G. (1951). The coefficient of resource utilization. *Econometrica*, 19, 14-22.

- Domagała, A. (2006). Postulat homogeniczności jednostek decyzyjnych w metodzie DEA. Sugestie teoretyczne a wyniki symulacji empirycznych. *Ekonometria finansowa, Zeszyty Naukowe AE w Poznaniu*, z. 84, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Poznań.
- FADN (2015). Farm Accountancy Data Network. Pobrane lipiec 2015 z: <http://www.ec.europa.eu/agriculture/rica>.
- Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency of production. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 120(III), 253-281.
- Førsund, F.R., Sarafoglou, N. (2002). On the origins of data envelopment analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 17, 23-40.
- Fried, H., Lovell, K., Schmidt, S. (2008). Efficiency and productivity. W: H. Fried, K. Lovell, S. Schmidt (red.) *The Measurement of Productive Efficiency and Productive Growth*. Oxford University Press, Oxford, New York.
- Galluzzo, N. (2016). An analysis of the efficiency in a sample of small Italian farms part of the FADN dataset. *Agricultural Economics – Czech*, 62, 62–70.
- Guba, W., Dąbrowski, J. (2012). Deregulacja rynku mleka w Unii Europejskiej – skutki i zalecenia dla Polski. *Roczniki Nauk Rolniczych. Seria G*, T. 99, Z. 1.32-41.
- Guzik, B. (2007). O pewnej możliwości uwzględnienia substytucji nakładów w modelach DEA. *Badania Operacyjne i Decyzje*, 3-4, 71-92.
- Guzik, B. (2009a). Podstawowe modele DEA w badaniu efektywności gospodarczej i społecznej. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu. Poznań.
- Guzik, B. (2009b). Podstawowe możliwości analityczne modelu CCR-DEA. *Badania Operacyjne i Decyzje*, 1,-55-75.
- Guzik, B. (2009c). Prosta metoda doboru zestawu nakładów w modelach DEA. *Przegląd Statystyczny*, LVI, 1, 74-90.
- Jahanshahloo, R.G., Khodabakhshi, M., Hosseinzadeh Lotfi, F., Moazami Goudarzi, M.R. (2011). A cross-efficiency model based on super-efficiency for ranking units through the TOPSIS approach and its extension to the interval case. *Mathematical and Computer Modelling*, 53, 9-10, 1946-1955.
- Kalka, P. (2004). Reformy Wspólnej Polityki Rolnej EWG/Wspólnoty Europejskiej. Departament Strategii i Planowania Polityki Zagranicznej. Ministerstwo Spraw Zagranicznych. Warszawa.
- Koopmans, T.C. (1951). An analysis of production as an efficient combination of activities. W: T. C. Koopmans (red.) *Activity Analysis of Production and Allocation*. Cowles Commission for Research in Economics Monograph, 13. New York: Wiley.
- Kubik, R. (2013). Wykorzystanie metody DEA do badania efektywności wybranych gospodarstw towarowych według regionów. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, XV, 6, 154-158.
- Kusz, D., Sobolewski, M. (2015). Efektywność rozdrobnionego rolnictwa w wybranych krajach Unii Europejskiej. *Problemy Drobnych Gospodarstw Rolnych*, 4, 25-38.
- Kuszeński, T., Sielska, A. (2012). Efektywność sektora rolnego w województwach przed i po akcesji Polski do Unii Europejskiej. *Gospodarka Narodowa*, 3(247), 19-42.
- Li, S., Jahanshahloo, G.R., Khodabakhshi, M. (2007). A super-efficiency model for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Applied Mathematics and Computation*, 184, 638-648.
- Lisowski, M. (2014). Metoda Data Envelopment Analysis (DEA) w ocenie efektywności podmiotów. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 343. Modele zarządzania kosztami i dokonaniem. 364-375.
- Marzec, J., Pisulewski, A., Prędko, A. (2015). Efektywność techniczna gospodarstw mlecznych w Polsce – analiza porównawcza za pomocą DEA i BSFA. *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, XVI/4, 7-23.
- Mielnik, M., Ławrynowicz, M. (2002). Badanie efektywności technicznej banków komercyjnych w Polsce metodą DEA. *Bank i Kredyt*, 2, 20-34.
- Ministerstwo Rolnictwa (2016). Pobrane lipiec 2016 z: <http://www.minrol.gov.pl/Ministerstwo/Biuro-Prasowe/Informacje-Prasowe/Minister-rolnictwa-zabiega-o-wsparcie-producentow-mleka>.
- Rao, D.S.P., Coelli, T.J. (2005). Catch-up and Convergence in Global Agricultural Productivity. *Indian Economic Review*, 29, 123-148.
- Rembisz, W., Sielska A. (2012). Mikroekonomiczna funkcja produkcji – właściwości analityczne wybranych jej postaci. Warszawa: Vizja Press & IT.
- Rogowski, G. (1996). Analiza i ocena działalności banków z wykorzystaniem metody DEA. *Bank i Kredyt*, 9, 41-48.
- Scippacercola, S., Sepe, E. (2014). Principal component analysis to ranking technical efficiencies through stochastic frontier analysis and DEA. *Journal of Applied Quantitative Methods*, 9(4), 1-9.

- Smędzik, K. (2010). Skala produkcji a efektywność różnych typów indywidualnych gospodarstw rolnych w Polsce z zastosowaniem modeli DEA. *Roczniki Ekonomiczne Kujawsko-Pomorskiej Szkoły Wyższej w Bydgoszczy*, 3, 261-273.
- Szymańska, E. (2009). Zastosowanie metody DEA do badania efektywności gospodarstw trzodowych. *Journal od Agribusiness and Rural Development*, 2, 12, 249-255.
- Śwityk, M. (1999). Zastosowanie metody DEA do analizy efektywności gospodarstw rolnych. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, 6, 28-41.
- Thanassoulis, E., Portela, M., Despić, O. (2008). Data envelopment analysis: the mathematical programming approach to efficiency analysis. W: H. Fried, K. Lovell and S. Schmidt (red.) *The Measurement of Productive Efficiency and Productive Growth*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Tukey, J.W. (1977), *Exploratory Data Analysis*, Addison-Wesley.
- Wroński, P. (2011). Wykorzystanie analizy taksonomicznej do opracowania ranking miast Lubelszczyzny. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Ekonometria* (34), 200, 38-47.
- Zhang, W. (2015). The Analysis of the Agriculture Input and Output Efficiency Based on DEA Model. *Agricultural Science & Technology*, 16 (2), 414-416.
- Zhu, X., Oude Lansink, A. (2010). Impact of CAP subsidies on Technical Efficiency and productivity of crop farms in Germany, the Netherlands and Sweden. *Journal of Agricultural Economic*, 61, 545-564.
- Zhu, X., Demeter, R.M., Oude Lansink, A. (2012). Technical efficiency and productivity of dairy farms in three EU countries: the role of CAP subsidies. *Agricultural Economics Review*, 13, 1, 66-92.
- Ziętara, W. (2012). Organizacja i ekonomika produkcji mleka w Polsce, dotychczasowe tendencje i kierunki zmian. *Roczniki Nauk Rolniczych. Seria G. T. 99, Z. 1*. 43-57.
- Ziółkowska, J. (2008). Efektywność techniczna w gospodarstwach wielkotowarowych. *Studia i Monografie*, 140, IERiGŻ-PIB, Warszawa.
- Ziółkowska, J. (2009). Determinanty efektywności technicznej obliczonej metodą DEA. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, 3, 124-132.