

# Analiza efektywności gospodarowania przedsiębiorstw przemysłowych w Polsce

**Aneta Masternak-Janus**

Politechnika Świętokrzyska, Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego, Katedra Inżynierii Produkcji

e-mail: anetam@tu.kielce.pl

DOI: 10.12846/j.em.2013.04.08

## Streszczenie

Efektywność to stosunek uzyskanych efektów do poniesionych nakładów. Pomiar efektywności jest kwestią niezwykle ważną, ponieważ dostarcza informacji odnośnie skuteczności podejmowanych działań. Celem artykułu jest określenie efektywności technologicznej przedsiębiorstw przemysłowych w przekroju wojewódzkim z wykorzystaniem jednego z wariantów metody DEA – modelu CCR zorientowanego na nakłady. Wykonana analiza pozwoliła na utworzenie rankingu województw odnośnie sprawności przekształcania przez przemysł nakładów w efekty.

## Słowa kluczowe

efektywność, Data Envelopment Analysis (DEA), województwa, przedsiębiorstwa

## Wstęp

W sytuacji obserwowanego w ostatnich latach spowolnienia gospodarczego tworzone są rankingi województw i branż odnośnie stanu ich rozwoju. Dotyczą one głównie osiągniętych wyników gospodarczych, atrakcyjności inwestycyjnej dla działalności przemysłowej, poziomu innowacyjności, potencjału naukowo-badawczego. Oceny dokonuje się na podstawie analizy zmiennych zarówno o ilościowym, jak i jakościowym charakterze, co pozwala na uszeregowanie badanych jednostek pod względem posiadanych zasobów i osiągniętych rezultatów. Ciekawą kwestią może

być natomiast dokonanie rankingu województw pod względem efektywności wykorzystania posiadanych, często zróżnicowanych zasobów. Możliwość taką daje metoda analizy danych granicznych DEA (*Data Envelopment Analysis*).

Efektywność w metodzie DEA, nazywana technologiczną (lub techniczną), oznacza sprawność przekształcania nakładów w efekty, przy czym pomiaru efektywności danej jednostki dokonuje się względem innych jednostek z badanego zbioru. Pomiar efektywności jest zagadnieniem niezwykle ważnym, ponieważ dostarcza informacji odnośnie poprawności podejmowanych decyzji i daje możliwość porównania z wyznaczonym poziomem bazowym. Metoda DEA jest narzędziem pozwalającym symulować wpływ różnych zmiennych na tę efektywność, co może być pomocne przy określaniu działań wspomagających rozwój w poszczególnych regionach Polski.

Celem artykułu jest przedstawienie zastosowania jednego z wariantów metody DEA – modelu CCR zorientowanego na nakłady do określenia efektywności technologicznej polskich przedsiębiorstw przemysłowych w przekroju wojewódzkim. W efekcie analiza umożliwi wyodrębnienie województw, w których przemysł najskuteczniej przekształca nakłady w rezultaty. Celem szczegółowym jest wyznaczenie dla regionów nieefektywnych możliwego stopnia redukcji nakładów bez pogarszania rezultatów.

## 1. Efektywność – istota i pomiar

W najprostszej definicji efektywności zapisano, że jest to stosunek efektów do nakładów. Ekonomiści rozumieją efektywność jako brak zastoju i marnotrawstwa w firmie, przy czym efektywne przedsiębiorstwa znajdują się na najniższej możliwej krzywej kosztów, czyli określone rezultaty osiągają w możliwie najtańszy sposób (Begg i in., 1995). Istnieją różne kategorie efektywności, na przykład efektywność alokacyjna oznacza, że zasoby zostały przyporządkowane przez poszczególne przedsiębiorstwa zgodnie z preferencjami klientów, którzy mogą nabywać takie dobra i w takich ilościach, jakich potrzebują, w cenie, jaką są w stanie zapłacić (Szydło, 2008). Inną kategorią jest efektywność cenowa, która oznacza, że przedsiębiorstwo uzyskuje niższe ceny w zakresie pozyskiwania nakładów i wyższe ceny w zakresie sprzedaży produktów (Szymańska, 2010). Efektywność jest związana z takimi pojęciami, jak skuteczność podejmowanych działań, sprawność, rentowność, wydajność, produktywność, celowość.

Efektywność jest miarą racjonalności działania przedsiębiorstw i dotyczy ich zdolności do podnoszenia pozycji rynkowej i polepszania wyników finansowych.

Może być rozpatrywana w krótkich i długich okresach, w skali mikroekonomicznej i makroekonomicznej. Każda decyzja gospodarcza w firmie powinna być poprzedzona analizą ekonomiczną umożliwiającą wybór najlepszego rozwiązania. Istotną kwestią jest także efektywne wykorzystanie zasobów gospodarczych, czyli racjonalność gospodarowania (Skrzypek, 2012).

Badania efektywności odnoszą się głównie do analizowania efektów przy ustalonych nakładach lub wykorzystania nakładów w celu uzyskania zakładanych efektów (Kucharski, 2011). Jeśli nakłady i wyniki można wyrazić w jednostkach mierzalnych ich zestawienie umożliwia otrzymanie wskaźnika efektywności, który pozwala na dokonanie oceny w porównaniu na przykład z określonym poziomem bazowym, planem lub efektywnością innych jednostek (Kowalczyk, 2007). Dzięki temu można zidentyfikować obszary wymagające poprawy, określić kierunki działania, monitorować postępy.

Wskaźniki i metody pomiaru efektywności oparte są na trzech podejściach (Szymańska, 2010):

- wskaźnikowym – konstruowanie relacji między różnymi wielkościami (bazowanie na wskaźnikach rentowności, opłacalności, produktywności);
- parametrycznym – określanie zależności technicznej między nakładami a produkcją, przedstawiającą maksymalną ilość produktu jaką można otrzymać przy określonym poziomie nakładów (rachunek bazujący na funkcji produkcji) – na przykład metoda SFA (*Stochastic Frontier Approach*), TFA (*Thick Frontier Approach*), DFA (*Distribution Free Approach*);
- nieparametrycznym – wykorzystującym procedurę programowania liniowego – na przykład metoda DEA (*Data Envelopment Analysis*), FDH (*Free Disposal Hull*).

Dobór metod i wskaźników do pomiaru efektywności zależy od zakresu zadania, możliwości finansowych i czasowych, umiejętności pracowników, możliwości pozyskania danych. Przed rozpoczęciem pomiaru należy określić, jakie zmienne mają zostać poddane analizie. W teorii ekonomicznej i praktyce gospodarczej relacja efektywnościowa wyraża najczęściej stosunek efektów takich jak, na przykład: produkcja, wartość dodana, dochód narodowy, zysk do nakładów takich, jak: zatrudnienie, majątek trwały, inwestycje, zużyte surowce i materiały, energia, paliwa (Kucharski, 2011).

## 2. Zastosowanie metody DEA do pomiaru efektywności

Celem dokonania oceny wybranych jednostek metodą DEA, należy ustalić zbiór  $N$  nakładów (sygnałów wejściowych) oraz  $R$  rezultatów działalności (sygnałów wyjściowych), w odniesieniu do których będą oceniane umiejętności poszczególnych jednostek w przekształcaniu nakładów w efekty. Wszystkie obiekty poddane analizie muszą mieć taką samą strukturę, określoną przez liczbę i rodzaj sygnałów wejściowych i wyjściowych, natomiast różnić się będą wartościami tych sygnałów (Gierulski i Kaczmarska, 2012). Model obiektu z wieloma wejściami i wyjściami przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Model obiektu z wieloma sygnałami wejściowymi i wyjściowymi

Źródło: (Gierulski i Kaczmarska, 2012).

Pomiaru efektywności technologicznej metodą DEA dokonuje się w przypadku instytucji non-profit, instytucji biznesowych (przedsiębiorstw), banków, szkół, szpitali, urzędów publicznych. Metoda ta może być również wykorzystywana do oceny i tworzenia rankingów regionów i krajów. Jest ona szczególnie polecana tam, gdzie niemożliwe jest wyznaczenie zależności funkcyjnej między nakładami a wynikami, a także niemożliwe jest określenie dla nich wag (Białas, 2007).

Postępowanie w metodzie DEA polega na poszukiwaniu wag maksymalizujących efektywność poszczególnych jednostek nazywanych DMU (*Decision Making Units*), a efektywność ta wyrażona jest jako iloraz ważonej sumy efektów do ważonej sumy nakładów:

$$\theta = \frac{\sum_{r=1}^R y_r \lambda_r}{\sum_{n=1}^N x_n \lambda_n} \quad (1)$$

gdzie:

$y_r$  – jednostkowa wartość  $r$ -tego rezultatu,

$x_n$  – jednostkowa wartość  $n$ -tego nakładu,

$\lambda_r$  – wagi określające ważność rezultatu  $r$ ,

$\lambda_n$  – wagi określające ważność nakładu  $n$ ,

$R$  – liczba rezultatów,

$N$  – liczba nakładów.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń z zakresu programowania liniowego ustala się krzywą efektywności obiektów DMU (*best practice frontier*), która jest granicą (obwiednią) dla wszystkich kombinacji zmiennych (nakładów i rezultatów). DMU znajdujące się na krzywej są efektywne, a efektywność ta wynosi 100%, natomiast DMU znajdujące się poniżej krzywej są nieefektywne, a nieefektywność ta wynosi  $<0,1$ ), (Białas, 2007).

Istnieje wiele wariantów metody DEA, a jednym z nich jest model CCR zorientowany na nakłady o stałych efektach skali (nazwa pochodzi od pierwszych liter nazwisk autorów, którzy go zaproponowali: A. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes). Ustalenie efektywności każdego obiektu odbywa się poprzez rozwiązanie liniowego zadania decyzyjnego związanego z tym obiektem, w którym maksymalizuje się jego efektywność. Należy wyznaczyć „wirtualne” minimalne nakłady, które mogą dawać rezultat, taki sam jak osiągnięty w rzeczywistości. Ten minimalny nakład jest kombinacją nakładów w poszczególnych obiektach (Guzik, 2009b). W praktyce do obliczania efektywności z wykorzystaniem modelu CCR stosuje się model dualny, który zakłada znalezienie minimalnej wartości współczynnika efektywności obiektu oraz współczynników kombinacji liniowej technologii wspólnej zorientowanej na dany obiekt z punktu widzenia minimalizacji nakładów dla osiągnięcia niezmiennego poziomu wyników. Postać dualną modelu CCR zorientowanego na nakłady można zapisać następująco:

$$\begin{aligned} \theta \quad \min \longrightarrow \\ \sum_{j=1}^J y_{jr} \lambda_j \geq y_{jr} \\ \sum_{j=1}^J x_{jn} \lambda_j \leq x_{jn} \theta \\ \lambda_j \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie:

$\theta$  - wskaźnik efektywności obiektu,

$\lambda_j$  - współczynniki kombinacji liniowej technologii wspólnej,

$j = 1, \dots, J, r = 1, \dots, R, n = 1, \dots, N$ .

Wyznaczenie współczynników kombinacji liniowej  $\lambda_j$  pozwala na wskazanie tak zwanych benchmarków, czyli obiektów wzorcowych, na których powinny się wzorować nieefektywne DMU ustalając swoją optymalną „technologię” gwarantującą 100-procentową efektywność. Jako technologię danego obiektu (empiryczną) należy rozumieć zestaw posiadanych przez niego nakładów i osiąganych rezultatów (Kucharski, 2011), a technologia optymalna jest kombinacją technologii empirycznych badanego zbioru obiektów, skierowaną na realizację zadań danego obiektu (Guzik,

2009c). Współczynniki kombinacji liniowej  $\lambda_j$  określają intensywność wykorzystania empirycznych technologii obiektów w technologii wspólnej, dlatego nazywane są wagami intensywności (Guzik, 2009a).

Wśród zalet metody DEA można wymienić następujące:

- nie wymaga przypisywania wag do nakładów i rezultatów;
- umożliwia dokonanie analizy w oparciu o niefinansowe przesłanki funkcjonowania, a nakłady i rezultaty mogą być wyrażone w dowolnych jednostkach;
- nie wymaga znajomości zależności funkcyjnej między nakładami a wynikami.

Do wad metody DEA można zaliczyć głównie:

- wrażliwość na zmianę zmiennych lub liczbę badanych obiektów;
- przyjęcie zbyt dużej liczby zmiennych w stosunku do badanego zbioru obiektów zwiększa możliwość znalezienia się na krzywej efektywności obiektów, które są w rzeczywistości nieefektywne.

### 3. Wyniki badań i analiza wyników

W celu określenia efektywności technologicznej przedsiębiorstw przemysłowych w przekroju wojewódzkim wyodrębniono następujące zmienne, które zaliczono do nakładów N:

- $x_1$  – zatrudnieni [tys.];
- $x_2$  – nakłady inwestycyjne [mln zł];
- $x_3$  – nakłady na działalność innowacyjną [mln zł];
- $x_4$  – wartość brutto środków trwałych [mln zł].

Zestaw przyjętych rezultatów R obejmował zmienne:

- $y_1$  – produkcja sprzedana [mln zł];
- $y_2$  – wartość dodana brutto [mln zł].

Dane źródłowe pochodzą z roczników statystycznych publikowanych przez Główny Urząd Statystyczny i dotyczą 2010 roku. Na wybór roku analizy miało wpływ roczne opóźnienie w publikowaniu danych o wartości dodanej brutto. Dobór zmiennych do modelu został przeprowadzony na podstawie analizy literatury (Kucharski, 2011; Kulawik, 2008) oraz był zdeterminowany ograniczonym zakresem danych statystycznych podawanych w przekroju wojewódzkim.

Przed przystąpieniem do badań sprawdzono, czy wszystkie zmienne zaliczone do nakładów cechują się dostatecznie wysoką zmiennością. W tym celu obliczono współczynniki zmienności dla każdej z cech ( $v_k$ ) i porównano je z przyjętą wartością

krytyczną  $v_k^* = 0,6$ . Stwierdzono, że wszystkie zmienne odznaczają się bardzo wysoką zmiennością ( $v_k \geq v_k^*$ ), czyli mogą wnieść istotne informacje o badanych zjawiskach.

W celu wyznaczenia efektywności technologicznej przedsiębiorstw przemysłowych w Polsce przeprowadzono trzy badania, w których jako sygnały wyjściowe przyjęto: w badaniu numer 1 – produkcję sprzedaną ( $y_1$ ), w badaniu numer 2 – wartość dodaną brutto ( $y_2$ ), w badaniu numer 3 – zarówno produkcję sprzedaną jak i wartość dodaną brutto ( $y_1$  i  $y_2$ ). Aby wybrać jak najlepsze kombinacje sygnałów wejściowych opisujących przyjęte efekty posłużono się metodą Hellwiga. Obliczono macierze korelacji  $R_{o1}$  i  $R_{o2}$  (między kolejnymi miernikami nakładów a efektami w postaci produkcji sprzedanej i wartości dodanej brutto) oraz macierz korelacji  $R$  (między miernikami nakładów). Wyznaczono 15 kombinacji dla czterech zmiennych zaliczonych do nakładów  $x_1 - x_4$  ( $2^4 - 1 = 15$ ), a następnie korzystając z macierzy korelacji  $R_{o1}$  i  $R$  obliczono indywidualną pojemność informacyjną nośników informacji ( $h_{ik}$ ) oraz integralną pojemność informacyjną każdej kombinacji ( $H_i$ ). Takich samych obliczeń dokonano korzystając z macierzy  $R_{o2}$  i  $R$ . Kierując się zasadą, że optymalną kombinacją nośników informacji stanowią zmienne, dla których pojemność informacyjna jest największa, wybrano kombinację sygnałów wejściowych:  $x_1, x_3, x_4$  jako najlepiej opisującą produkcję sprzedaną  $y_1$  ( $H_{\max}$  dla  $H\{x_1, x_3, x_4\} = 0,9675$ ). Stwierdzono, że do budowy kolejnego modelu, w którym sygnałem wyjściowym jest wartość dodana brutto ( $y_2$ ) najlepiej użyć zmiennych:  $x_1, x_2, x_4$  ( $H_{\max}$  dla  $H\{x_1, x_2, x_4\} = 0,9766$ ). W związku z tym, że w badaniu numer 3 zostały przyjęte dwa sygnały wyjściowe ( $y_1$  i  $y_2$ ) można tu mówić o modelu wielorównaniowym, gdzie jako wejścia należy zastosować zmienne opisujące zarówno produkcję sprzedaną, jak i wartość dodaną brutto.

Na podstawie współczynników korelacji występujących w macierzach  $R_{o1}$  i  $R_{o2}$  można wnioskować o silnych wpływach nakładów na efekty, co jest pożądane przy konstruowaniu modelu ekonometrycznego. Analiza macierzy  $R$  wskazuje na silne skorelowanie między nakładami, co teoretycznie nie powinno mieć miejsca i jest częstym problemem charakteryzującym rzeczywiste procesy ekonomiczne. Jednak „(...) inaczej niż w ekonometrii, gdzie skorelowanie w stopniu 1 zmiennych niezależnych uniemożliwia (a wysokie skorelowanie utrudnia) oszacowanie parametrów modelu (...), w standardowym modelu CCR można badać efektywność, nie martwiąc się numerycznymi skutkami wysokiego skorelowania w obrębie nakładów lub w obrębie rezultatów” (Guzik, 2009a). Faktem jest, że wiarygodność uzyskanych wyników może być wówczas dyskusyjna.

Do obliczenia efektywności technologicznej metodą CCR wykorzystano dodatek Solver w programie Excel. W każdym z trzech przeprowadzonych badań rozwiązano 16 zadań programowania liniowego. Dane do analizy, otrzymane wskaźniki efektywności oraz ich wartość średnią przedstawia tabela 1.

**Tab. 1.** Wyniki badania efektywności technologicznej przedsiębiorstw przemysłowych w przekroju wojewódzkim z wykorzystaniem modelu CCR

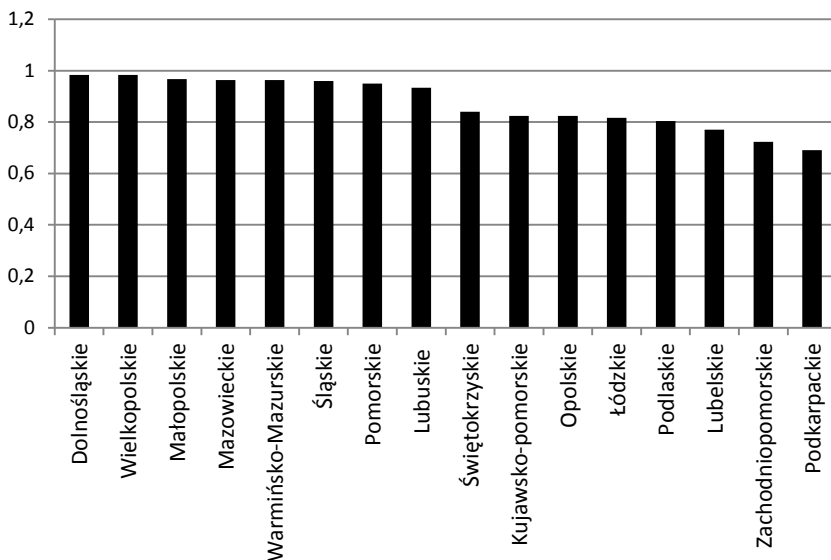
Lp.	Województwo	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	θ <sub>1</sub>	θ <sub>2</sub>	θ <sub>3</sub>	θ <sub>śred</sub>
1	Dolnośląskie	248,9	6832,2	1673,3	79448,4	89292,6	37498	0,95	1	1	0,98
2	Kujawsko-pomorskie	160,1	4254,0	1012,9	38202,6	44788,4	14526	0,79	0,81	0,87	0,82
3	Lubelskie	103,7	2645,3	491,0	24676,3	24536,8	9052	0,72	0,78	0,81	0,77
4	Lubuskie	85,1	1979,3	210,3	22180,2	24597,2	8413	1	0,80	1	0,93
5	Łódzkie	225,1	6317,5	2300,3*	52117,2	55480,0	21799	0,66	0,89	0,90	0,82
6	Małopolskie	213,8	3658,3	1007,6	52731,8	63250,5	20375	0,90	1	1	0,97
7	Mazowieckie	316,7	9783,5	6031,2	120507,2	199318,9	42450	1	0,89	1	0,96
8	Opolskie	74,7	2131,0	240,6	27882,4	18637,6	7750	0,82	0,69	0,96	0,82
9	Podkarpackie	152,7	3065,5	871,4	36122,5	30753,7	12497	0,59	0,74	0,74	0,69
10	Podlaskie	61,5	1292,9	311,2*	15447,9	16687,7	5502	0,81	0,78	0,82	0,80
11	Pomorskie	163,8	3813,3	1609,9	40923,1	63217,3	16794	0,98	0,87	1	0,95
12	Śląskie	488,7	10487,4	3871,8	145490,6	182501,4	55100	0,93	0,95	1	0,96
13	Świętokrzyskie	81,5	2206,1	279,1	22234,0	20769,9	8218	0,83	0,78	0,91	0,84
14	Warmińsko-mazurskie	98,8	1636,3	219,8	19548,1	22239,2	8225	0,98	0,91	1	0,96
15	Wielkopolskie	330,6	6037,5	1383,8	73603,8	103799,6	31554	1	0,95	1	0,98
16	Zachodniopomorskie	100,6	2839,1	482,1	29660,8	25809,1	8873	0,76	0,63	0,77	0,72

\* dane z 2011 roku

Źródło: opracowanie własne na podstawie (GUS, 2011; GUS, 2012a; GUS, 2012b; GUS, 2012c).

Wartość średnia  $\theta_{\text{śred}}$  współczynników efektywności wyznaczonych w kolejnych badaniach pozwala na uszeregowanie województw ze względu na skuteczność gospodarowania przemysłu. Utworzony ranking ukazuje rysunek 2.





**Rys. 2.** Ranking przedsiębiorstw przemysłowych w przekroju wojewódzkim na podstawie modelu CCR

Źródło: opracowanie własne.

Według modelu CCR do grona liderów najskuteczniej transformujących posiadane nakłady w wyniki można zaliczyć przedsiębiorstwa przemysłowe z regionów: dolnośląskiego, wielkopolskiego, małopolskiego, mazowieckiego, warmińsko-mazurskiego, śląskiego, pomorskiego i lubuskiego (wskaźniki efektywności  $\geq 0,93$ ). Na uwagę zasługuje duża różnica dzieląca grupę liderów od pozostałych jednostek, których wskaźniki efektywności przyjmują wartości  $\leq 0,84$ . Na ostatnim miejscu w rankingu znalazło się województwo podkarpackie, gdzie przedsiębiorstwa aby stać się efektywne powinny zużywać przeciętnie  $1 - 0,69 = 0,31$  jednostek mniej nakładów dla uzyskania tego samego wyniku.

Dla nieefektywnych przedsiębiorstw przemysłowych można wyznaczyć kombinację technologii z innych obiektów, pozwalającą osiągnąć takie same efekty przy mniejszych nakładach. Obliczenia przeprowadza się na podstawie wartości współczynników kombinacji liniowej technologii wspólnej. W tabeli 2 przedstawiono wartości współczynników uzyskane w wyniku badania numer 1: analizy obiektów o trzech wejściach i jednym wyjściu:  $x_1$  – pracujący,  $x_3$  – nakłady na działalność innowacyjną,  $x_4$  – wartość brutto środków trwałych,  $y_1$  – produkcja sprzedana.

**Tab. 2.** Współczynniki kombinacji liniowej technologii wspólnej dla nieefektywnych przedsiębiorstw przemysłowych w przekroju wojewódzkim

Województwo	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$	$\lambda_7$	$\lambda_8$	$\lambda_9$	$\lambda_{10}$	$\lambda_{11}$	$\lambda_{12}$	$\lambda_{13}$	$\lambda_{14}$	$\lambda_{15}$	$\lambda_{16}$
Dolnośląskie	0	0	0	2,0728	0	0	0,1922	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kujawsko-pomorskie	0	0	0	0	0	0	0,0624	0	0	0	0	0	0	0	0,3117	0
Lubelskie	0	0	0	0,1486	0	0	0,0134	0	0	0	0	0	0	0	0,1756	0
Łódzkie	0	0	0	0	0	0	0,2322	0	0	0	0	0	0	0	0,0887	0
Małopolskie	0	0	0	0,7397	0	0	0,0445	0	0	0	0	0	0	0	0,3486	0
Opolskie	0	0	0	0,6882	0	0	0,0088	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Podkarpackie	0	0	0	0	0	0	0,0299	0	0	0	0	0	0	0	0,2388	0
Podlaskie	0	0	0	0,1996	0	0	0,0154	0	0	0	0	0	0	0	0,0839	0
Pomorskie	0	0	0	0	0	0	0,2196	0	0	0	0	0	0	0	0,1874	0
Śląskie	0	0	0	3,3686	0	0	0,4663	0	0	0	0	0	0	0	0,0645	0
Świętokrzyskie	0	0	0	0,7453	0	0	0,0122	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmińsko-mazurskie	0	0	0	0,6973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0490	0
Zachodniopomorskie	0	0	0	0,7746	0	0	0,0339	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne.

Analizując dane zawarte w tabeli 2, można ustalić optymalną technologię dla każdego z nieefektywnych obiektów, na przykład dla podkarpackich przedsiębiorstw przemysłowych o najniższej w Polsce efektywności technologicznej optymalna jest kombinacja: 3% technologii województwa mazowieckiego oraz 24% technologii województwa wielkopolskiego. Województwa te stały się punktami odniesienia (tak zwanymi benchmarkami) dla nieefektywnego województwa podkarpackiego. Innymi słowy, gdyby przemysł z regionu podkarpackiego skonstruował swoją technologię na wzór przedsiębiorstw z regionów wyznaczających dla niego benchmark, wykorzystałby 59% swoich nakładów (współczynnik efektywności w badaniu numer 1 równy 0,59). W celu osiągnięcia produkcji sprzedanej w wysokości 30753,7 mln zł podkarpackie przedsiębiorstwa przemysłowe powinny zużyć następujące wielkości nakładów:

- $x_1$  – pracujący:  $0,0299 \times 316,7 + 0,2388 \times 330,6 = 88,4$  tys.;
- $x_3$  – nakłady na działalność innowacyjną:  $0,0299 \times 6031,2 + 0,2388 \times 1383,8 = 511$  mln zł;
- $x_4$  – wartość brutto środków trwałych:  $0,0299 \times 120507,2 + 0,2388 \times 73603,8 = 21183,1$  mln zł.

Otrzymane wartości znajdują się znacznie poniżej wielkości nakładów wykorzystanych w województwie podkarpackim w 2010 roku. Aby przedsiębiorstwa przemysłowe z tego regionu można było zaliczyć do efektywnych technologicznie w celu osiągnięcia niezmiennionej wartości produkcji sprzedanej powinny angażować liczbę pracujących mniejszą o 42%, a nakłady na działalność innowacyjną oraz wartość brutto środków trwałych powinny być mniejsze o 41,4%. Procentowe wielkości przekroczonych nakładów przy uzyskiwaniu produkcji sprzedanej dla wszystkich obiektów nieefektywnych przedstawiono w tabeli 3.

**Tab. 3.** Procentowe wielkości przekroczonych nakładów przy osiągnięciu produkcji sprzedanej dla przedsiębiorstw przemysłowych w przekroju wojewódzkim

Województwo	X <sub>1</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
Dolnośląskie	4,7	4,7	13
Kujawsko-pomorskie	23,3	20,3	20,3
Lubelskie	27,8	27,8	27,8
Łódzkie	54,3	33,8	33,8
Małopolskie	10,1	10	10,1
Opolskie	17,9	17,9	41,5
Podkarpackie	42	41,4	41,4
Podlaskie	19,3	19,4	19,4
Pomorskie	19,7	1,6	1,6
Śląskie	6,8	6,8	6,8
Świętokrzyskie	17,4	17,4	19
Warmińsko-mazurskie	7,3	23,2	14,2
Zachodniopomorskie	23,8	23,8	28,3

Źródło: opracowanie własne.

Podobnie na podstawie wag intensywności wyznaczonych w badaniu numer 2 i badaniu numer 3 można określić dla wszystkich nieefektywnych jednostek decyzyjnych, o ile procent powinny zostać zmniejszone ich nakłady w celu osiągnięcia niezmiennych rezultatów. Zalecenia dotyczące zmniejszania nakładów będą się różnić w każdym z badań, ale mogą być podstawą symulacji odnośnie dokonywania zmian w obszarze nakładów i rezultatów pod kątem poprawy efektywności. Poniżej przeprowadzono przykładową symulację mającą na celu sprawdzenie, czy zmniejszenie nakładów o wartość obliczoną jako średnia arytmetyczna procentowych wielkości przekroczonych nakładów (określonych na podstawie wag intensywności z kolejnych badań) zapewni efektywność technologiczną analizowanym obiektom. Wyznaczone zalecenia dotyczące zmniejszania nakładów ukazuje tabela 4.

**Tab. 4.** Przykładowe zalecenia dotyczące zmniejszenia nakładów dla przedsiębiorstw przemysłowych w przekroju wojewódzkim [%]

Lp.	Województwo	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
1	Dolnośląskie	1,6	0	2,4	4,3
2	Kujawsko-pomorskie	27,9	34,9	16,8	17,6
3	Lubelskie	32,9	37,1	23,6	23,1
4	Lubuskie	11,5	11,3	0	6,5
5	Łódzkie	40,7	36,2	42,9	18,3
6	Małopolskie	3,4	0	5	3,4
7	Mazowieckie	3,7	10,5	0	8,5
8	Opolskie	17,6	26,5	11	37,6
9	Podkarpackie	42,8	25,8	38,6	30,9
10	Podlaskie	25,5	20,2	18,7	20,6
11	Pomorskie	17,2	9,9	0,8	4,9
12	Śląskie	3,9	2,5	3,4	6,1
13	Świętokrzyskie	19,7	25,4	13	16,4
14	Warmińsko-Mazurskie	16,1	4,3	11,6	7,6
15	Wielkopolskie	9,7	2,6	0	1,7
16	Zachodniopomorskie	29,4	37,6	23,3	30,2

Źródło: opracowanie własne.

Nakłady przedsiębiorstw przemysłowych w 2010 roku zostały zmniejszone według zaleceń przedstawionych w tabeli 4. Następnie nowe, zmniejszone nakłady zastosowano jako sygnały wejściowe do modeli o następujących specyfikacjach:

- model w badaniu numer 4:  $x_1, x_3, x_4, y_1$ ;
- model w badaniu numer 5:  $x_1, x_2, x_4, y_2$ ;
- model w badaniu numer 6:  $x_1, x_2, x_3, x_4, y_1, y_2$ .

W tabeli 5 zestawiono współczynniki efektywności technologicznej badanych obiektów otrzymane przed zmniejszeniem nakładów oraz po ich zmniejszeniu.

**Tab. 5.** Efektywność technologiczna przedsiębiorstw przemysłowych w przekroju wojewódzkim

Lp.	Województwo	Przed zmniejszeniu nakładów				Po zmniejszeniu nakładów			
		$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_3$	$\theta_{\text{sred}}$	$\theta_4$	$\theta_5$	$\theta_6$	$\theta_{\text{sred zm}}$
1	Dolnośląskie	0,95	1	1	0,98	0,91	1	1	0,97
2	Kujawsko-pomorskie	0,79	0,81	0,87	0,82	0,91	0,95	1	0,95
3	Lubelskie	0,72	0,78	0,81	0,77	0,95	0,99	1	0,98
4	Lubuskie	1	0,80	1	0,93	1	0,87	1	0,96
5	Łódzkie	0,66	0,89	0,90	0,82	0,90	1	1	0,97
6	Małopolskie	0,90	1	1	0,97	0,88	1	1	0,96
7	Mazowieckie	1	0,89	1	0,96	1	0,89	1	0,96
8	Opolskie	0,82	0,69	0,96	0,82	0,89	0,90	1	0,93
9	Podkarpackie	0,59	0,74	0,74	0,69	0,90	1	1	0,97
10	Podlaskie	0,81	0,78	0,82	0,80	0,98	0,97	1	0,98
11	Pomorskie	0,98	0,87	1	0,95	0,98	0,89	1	0,96
12	Śląskie	0,93	0,95	1	0,96	0,92	0,97	1	0,96
13	Świętokrzyskie	0,83	0,78	0,91	0,84	0,92	0,90	1	0,94
14	Warmińsko-Mazurskie	0,98	0,91	1	0,96	1	0,95	1	0,98
15	Wielkopolskie	1	0,95	1	0,98	1	0,97	1	0,99
16	Zachodniopomorskie	0,76	0,63	0,77	0,72	0,97	0,90	1	0,96
	Średnio	0,86	0,84	0,92	0,87	0,94	0,95	1	0,96

kolor szary – nieznaczne pogorszenie efektywności

Źródło: opracowanie własne

Analizując dane przedstawione w tabeli 5, można stwierdzić, że jedynie w jednym z przeprowadzonych badań obserwuje się nieznaczne pogorszenie efektywności technologicznej przedsiębiorstw z regionu dolnośląskiego, małopolskiego i śląskiego. Sytuacja ta może wynikać ze specyfiki metody DEA, gdzie pomiaru efektywności danej jednostki dokonuje się względem innych jednostek z badanego zbioru. W wyniku obniżenia nakładów poprawiają się relacje między nakładami a efektami w wielu obiektach (zajmujących dotychczas dalsze pozycje w rankingu efektywności technologicznej), przez co przedsiębiorstwa z wyżej wymienionych regionów przestają znacznie wyprzedzać pozostałe, a nawet okazują się nie być już tak skuteczne na tle innych. W rozpatrywanej zbiorowości są więc inne jednostki, które zadania tych przedsiębiorstw realizowałyby lepiej.

W badaniu, w którym zastosowano model z kompletem zmiennych zaliczonych do nakładów i rezultatów (badanie numer 6) obniżenie nakładów prowadzi do uzyskania efektywności technologicznej przez wszystkie rozpatrywane obiekty (wskaźniki efektywności równe 1). Z jednej strony jest to następstwem pozytywnego oddziaływania związanego z redukcją nakładów, z drugiej strony wynika z właściwości metody DEA: im większa liczba zmiennych w stosunku do badanego zbioru obiektów, tym więcej tych obiektów zalicza ona do efektywnych.

Analizując średnią wartość wskaźnika efektywności technologicznej dla Polski przed zmniejszeniem nakładów ( $\theta_{\text{śred}}$ ) oraz po ich zmniejszeniu ( $\theta_{\text{śred zm}}$ ) można zauważyć, że redukcja nakładów spowodowałaby jego wzrost z 0,87 do 0,96. Pozytywnym skutkiem zmniejszenia nakładów byłoby również bardziej równomiernie rozłożenie średnich wartości współczynników efektywności poszczególnych obiektów, a najniższa wartość wyniosłaby 0,93 dla opolskich przedsiębiorstw przemysłowych. Dla porównania: przed zmniejszeniem nakładów najniższy średni współczynnik efektywności przyjmował wartość 0,69 dla podkarpackich przedsiębiorstw przemysłowych.

## Podsumowanie

Pomiar efektywności jest czynnością złożoną i wielowymiarową. Zastosowanie w niniejszej publikacji modelu CCR jako metody oceny efektywności umożliwiło wyodrębnienie efektywnych i nieefektywnych technologicznie przedsiębiorstw przemysłowych w przekroju wojewódzkim. Sporządzony na tej podstawie ranking województw może być dyskusyjny, a przyjęcie do analizy innej listy zmiennych być może dałoby inne wyniki. Ranking ten oparto jednak na modelach o określonej specyfikacji i powinien być on traktowany jako impuls do dalszych analiz w celu lepszego poznania zachodzących zjawisk, na przykład poprzez zastosowanie innych rodzajów i kombinacji sygnałów wejściowych i wyjściowych.

Model CCR zakłada stałe efekty skali i dotyczy głównie obiektów działających w podobnych warunkach gospodarowania. Użycie wyłącznie tego modelu do badania efektywności technologicznej przedsiębiorstw przemysłowych z różnych regionów było więc w publikacji pewnym uproszczeniem, a w dalszym etapie badań należałoby rozszerzyć proces modelowania i zestawzić otrzymane wyniki z modelami BCC zakładającymi zmienne efekty skali. Jedyne analizy z wykorzystaniem wielu podejść i z zastosowaniem różnych czynników determinujących efektywność mogą

stanowiąc punkt wyjścia do właściwej interpretacji i oceny skuteczności gospodarowania polskiego przemysłu, a przez to poszukiwania kierunków poprawy tej efektywności.

## Literatura

1. Begg D., Fischer S., Dornbusch R. (1995), *Ekonomia*, t. 1, Państwowe Towarzystwo Ekonomiczne, Warszawa
2. Białas P. (2007), *Materiały do wykładu dotyczącego metody DEA*, Łódź, Katedra Badań Operacyjnych, [http://www.kbo.uni.lodz.pl/index.php?option=com\\_docman&task=search\\_result&Itemid=9&lang=pl](http://www.kbo.uni.lodz.pl/index.php?option=com_docman&task=search_result&Itemid=9&lang=pl) [05.04.2013]
3. Gierulski W., Kaczmarska B. (2012), *Methodology for Evaluating Organization Development State. An Application of the DEA Method*, Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing
4. GUS (2011), *Rocznik Statystyczny Przemysłu 2011*, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa
5. GUS (2012a), *Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w latach 2009-2011*, Warszawa, Informacje i Opracowania Statystyczne, [http://www.stat.gov.pl/gus/nauka\\_tech\\_nika\\_PLK\\_HTML.htm](http://www.stat.gov.pl/gus/nauka_tech_nika_PLK_HTML.htm) [15.04.2013]
6. GUS (2012b), *Rocznik statystyczny przemysłu 2012*, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa
7. GUS (2012c), *Rocznik statystyczny województw 2012*, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa
8. Guzik B. (2009a), *Podstawowe modele DEA w badaniu efektywności gospodarczej i społecznej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Poznań
9. Guzik B. (2009b), *Propozycja metody szacowania efektywności instytucji non profit*, Roczniki Ekonomiczne Kujawsko-Pomorskiej Szkoły Wyższej w Bydgoszczy 2
10. Guzik B. (2009c), *Podstawowe możliwości analityczne modelu CCR-DEA*, Badania Operacyjne i Decyzje 1
11. Kowalczyk J. (2007), *Jak ocenić efektywność działania firmy*, <http://mojafirma.infor.pl/biznes-finanse/56602/Jak-oceniac-efektywnosc-dzialania-firmy,1,Jak-oceniac-efektywnosc-dzialania-firmy.html> [22.03.2013]
12. Kucharski A. (2011), *Metoda DEA w ocenie efektywności gospodarczej*, Katedra Badań Operacyjnych, Łódź, [http://www.kbo.uni.lodz.pl/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=43&Itemid=9&lang=pl](http://www.kbo.uni.lodz.pl/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=43&Itemid=9&lang=pl) [24.01.2013]
13. Kulawik J. (2008), *Analiza efektywności ekonomicznej i finansowej przedsiębiorstw rolnych powstałych na bazie majątku WRSP*, Dział Wydawnictw IERiGŻ-PIB, Warszawa

14. Nazarko J., Urban J., Komuda M., Kuźmich K., Szubzda E. (2008), *Metoda DEA w badaniu efektywności instytucji sektora publicznego na przykładzie szkół wyższych*, *Badania Operacyjne i Decyzje* 4
15. Skrzypek E. (2012), *Efektywność ekonomiczna jako ważny czynnik sukcesu organizacji*, Wrocław, <http://efektywnosc.konferencja.org/page.php?id=3504> [24.01.2013]
16. Szydło M. (2008), *Konkurencja regulacyjna w prawie spółek*, Oficyna Wolters Kluwer Polska, Warszawa
17. Szymańska E. (2010), *Efektywność przedsiębiorstw – definiowanie i pomiar*, *Roczniki Nauk Rolniczych G 97* (2)

## **Analysis of economic efficiency of industrial enterprises in Poland**

### **Abstract**

Efficiency is expressed as a ratio between the effects and expenditures. Measurement of efficiency is a very important matter because it provides information about effectiveness of undertaken actions. This article presents the use of one of versions of the DEA method – the input-oriented CCR model, to determine the technological effectiveness of industrial enterprises in Polish provinces. The analysis gives a possibility to create a ranking of regions concerning the efficiency of the transformation of expenditures in effects by industrial enterprises.

### **Keywords**

efficiency, Data Envelopment Analysis (DEA), voivodships, enterprises