

Roman Kosmalski*

PRZYCZYNY NIERÓWNOŚCI TECHNOLOGICZNYCH W POLSKICH WOJEWÓDZTWACH W LATACH 1998–2008

Celem artykułu jest określenie przyczyn różnego poziomu efektywności technologii gospodarek poszczególnych regionów w Polsce, utożsamianych z województwami, a w konsekwencji zróżnicowania wydajności pracy. Aby określić przyczyny tego zróżnicowania zastosowano zmodyfikowaną wersję modelu DEA (*non-radial Data Envelopment Analysis*). Z ekonomicznego punktu widzenia największą zaletą takiego modelu jest rezygnacja z jednolitego wskaźnika efektywności technologicznej dla wszystkich nakładów. W modelu tym zakłada się, że każdy nakład może mieć inny wskaźnik efektywności. W rezultacie możliwa jest substytucja między nakładami kapitału rzeczowego i pracy.

Zastosowanie modelu *non-radial* DEA pozwoliło wyznaczyć cząstkową efektywność nakładów czynników produkcji, także w ujęciu sektorowym. Omawiana metoda pozwala nie tylko określić efektywność technologii stosowanych w gospodarkach regionalnych, ale także dostarcza informacji o przyczynach ewentualnej nieefektywności, z jednoczesną propozycją pożądaną kombinacji nakładów, która pozwoli tę nieefektywność wyeliminować.

Słowa kluczowe: ekonomia regionalna, otoczkowa analiza danych, efektywność technologiczna, struktura zatrudnienia.

Pomiar efektywności gospodarczej w naukach ekonomicznych i praktyce gospodarczej zawsze był jednym z najistotniejszych problemów, niezależnie od tego, jak był rozumiany. Dynamiczny rozwój cywilizacyjny świata nadał tej kategorii ekonomicznej wyjątkowe znaczenie, czyniąc ją przedmiotem oceny na licznych płaszczyznach działalności gospodarczej.

Potrzeba pomiaru efektywności wzrasta wraz z postępującymi procesami integracji gospodarczej oraz globalizacji. W obliczu scalania się rynków przed przedsiębiorstwami, regionami oraz gospodarkami ugrupowań integracyjnych, pojawiły się nowe wyzwania, wynikające z nasilającej się konkurencji ze strony zagranicznych przedsiębiorstw na rynku wewnętrznym oraz konieczności pokonywania wielu barier na drodze do zdobywania nowych klientów za granicą.

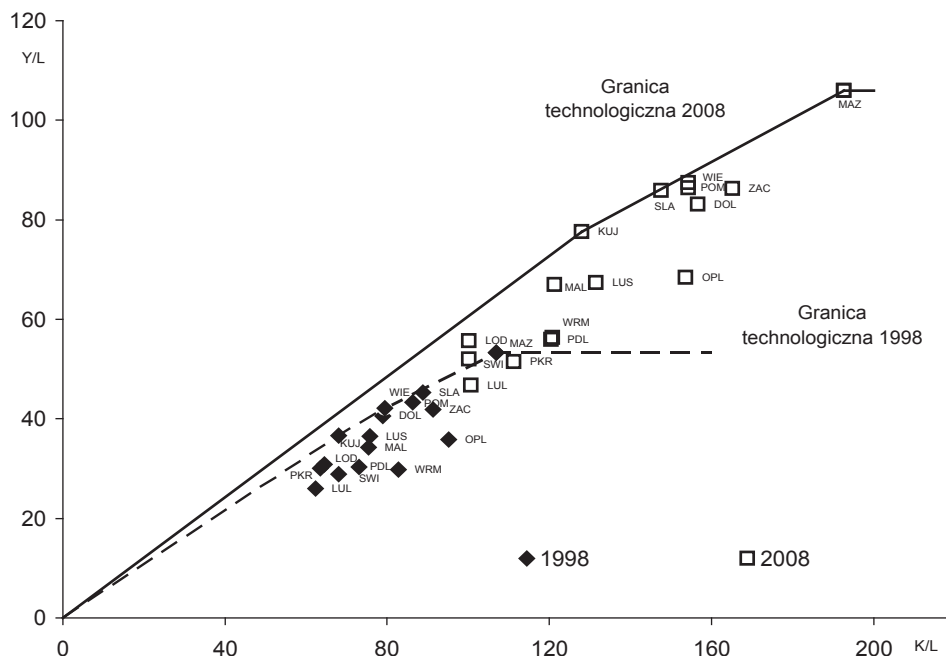
Tradycyjnie pojęcie konkurencyjności odnosiło się do podmiotów gospodarczych. Współcześnie jest rozumiane także jako cecha układów terytorialnych, w tym państw, regionów oraz ugrupowań integracyjnych. Konkurencyjność gospodarcza związana jest z efektywnością. W tej sytuacji obowiązkiem polskich ekonomistów i praktyków życia gospodarczego jest proponowanie rozwiązań,

* Katedra Ekonomii Matematycznej, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, al. Niepodległości 10, 61-875 Poznań; e-mail: rom2kos@tlen.pl.

które umożliwiają zwiększanie efektywności działalności gospodarczej i jej konkurencyjności, a w konsekwencji zdolności do rozwoju gospodarczego i społecznego, tak pojedynczych przedsiębiorstw, jak i jednostek makroekonomicznych lub terytorialnych. Zaproponowana w artykule metoda DEA (*Data Envelopment Analysis*) do badania efektywności gospodarczej może na tę potrzebę w dużym stopniu odpowiedzieć i zarazem stanowić punkt wyjścia do poszukiwań nowych rozwiązań w tym obszarze. Niniejsza praca wypełnia też swoistą lukę w polskiej literaturze naukowej. O ile bowiem, w światowej nauce problematyka badania efektywności metodą DEA była wielokrotnie podejmowana od wielu już lat – dorobek ten znajduje zresztą swoje odzwierciedlenie w wielu pracach, o tyle w Polsce ciągle jeszcze jest mało podobnych opracowań. Warto w tym miejscu wymienić prace Anny Domagały (2007), Tomasza Kopczewskiego i Małgorzaty Pawłowskiej (2001), w których podejmowana była tematyka efektywności banków i instytucji finansowych, czy też np. pracę Joanny Baran i Michała Pietrzaka (2006) dotyczącą efektywności w agrobiznesie. Metoda DEA, może więc być ciekawą propozycją badania efektywności gospodarczej jednostek terytorialnych. Dotyczy to zwłaszcza zastosowanych w artykule modeli efektywności nieradialnej wraz z ich potencjałem analitycznym.

Niniejsze opracowanie jest bezpośrednią kontynuacją i rozszerzeniem artykułu Romana Kosmałskiego (2010), w którym określono, jakie czynniki w największym stopniu przyczyniły się w badanym okresie do wykształcenia się różnic w poziomie wydajności pracy pomiędzy województwami w Polsce. Dobór danych statystycznych pozostaje więc w ścisłym związku z wymienionym opracowaniem.

Metoda DEA przypisuje wszystkim gospodarkom pewną efektywność. Pozwala to, porównywać regionalne gospodarki, a także wskazać systemy wzorcowe. Gospodarki wzorcowe wyznaczają granicę wydajności technologicznej, a ich efektywność θ wynosi 1, natomiast te leżące poniżej granicy efektywności technologicznej są nieefektywne (zob. ryc. 1), a ich nieefektywność wynosi $1-\theta$. Zatem pomiar produktywności jest dokonywany bez konieczności uśredniania danych (Lewin, Seiford 1995). Tak otrzymane wyniki stwarzają podstawy do zastosowania strategicznych technik zarządzania, dając konkretne wytyczne jak poprawić efektywność poprzez redukcję nakładów lub wzrost wyników (Mielnik, Ławrynowicz 2002).



Ryc. 1. Granica efektywności technologicznej dla lat 1998, 2008

DOL – dolnośląskie, KUJ – kujawsko-pomorskie, LUL – lubelskie, LUS – lubuskie, LOD – łódzkie, MAL – małopolskie, MAZ – mazowieckie, OPL – opolskie, PKR – podkarpackie, PDL – podlaskie, SLA – śląskie, POM – pomorskie, SWI – świętokrzyskie, WRM – warmińsko-mazurskie, WIE – wielkopolskie, ZAC – zachodniopomorskie.

Źródło: Kosmański 2010.

Na rycinie 1 przedstawiono granicę efektywności technologicznej dla lat 1998 i 2008 wyznaczoną przez najbardziej wydajne gospodarki regionalne w badanej grupie, których efektywność równa jest 1. Przedmiotem szczególnego zainteresowania w dalszej części artykułu będą przyczyny zróżnicowania efektywności technologii stosowanych w regionalnych gospodarkach w rozpatrywanym okresie. Ponadto dla tych spośród regionalnych gospodarek, które są technologicznie nieefektywne, a więc tych, które na rycinie 1 znajdują się poniżej granicy efektywności technologicznej, proponujemy takie technologie, które pozwolą im tę nieefektywność w optymalny sposób wyeliminować. Na rycinie 1. będzie to równoznaczne z wprowadzeniem każdej z regionalnych gospodarek na granicę efektywności technologicznej.

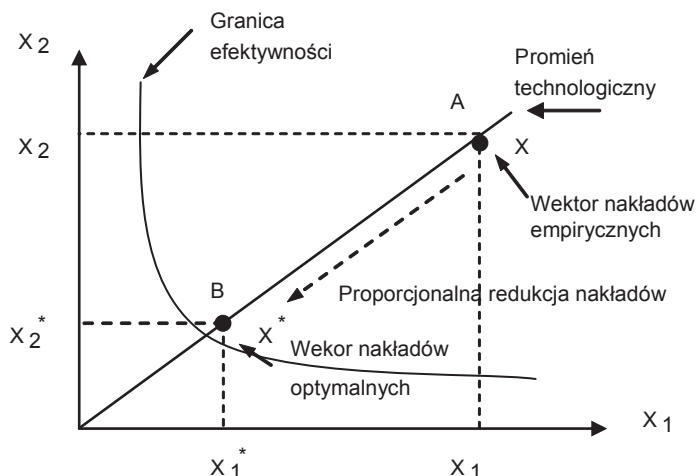
Nieparametryczna metoda pomiaru efektywności DEA

W literaturze poświęconej badaniu efektywności najczęściej wyróżnia się parametryczne, nieparametryczne oraz klasyczne podejście do analizy efektywności. Podejście parametryczne opiera się na modelach ekonometrycznych. Metody klasyczne sprowadzają się do badania wskaźników finansowych. Natomiast nie-

parametryczne podejście do analizy efektywności korzysta z metod programowania liniowego, do których zalicza się metodę DEA.

Sposób obliczania efektywności w metodzie DEA wywodzi się z koncepcji efektywności sformułowanej przez Farrella (1957) i Debreu (1951), zgodnie z którą efektywność jest definiowana jako iloraz pojedynczego wyniku i pojedynczego nakładu. Autorzy metody DEA odnieśli powyższą zależność do sytuacji wielowymiarowej, w której możemy dysponować więcej niż jednym nakładem i więcej niż jednym wynikiem.

Efektywność według Farrella-Debreu należy do klasy efektywności radialnych – opartych na liniowym promieniu technologicznym – utożsamianym z półprostą, łączącą początek układu współrzędnych z punktem poddawany analizie. Na tym promieniu leżą różne kombinacje nakładów niezbędnych do uzyskania określonych wyników. Przedstawiona na rycinie 2 ilustracja efektywności jest rodzajem efektywności zorientowanej na nakłady¹.



Ryc. 2 Ilustracja efektywności radialnej w sensie Farrella-Debreu²

Źródło: opracowane na podstawie Guzik (2009).

Na rycinie 2 przedstawiono nakłady X_1 , X_2 zużywane w celu wytworzenia wyniku Y . Obiekt znajdujący się w punkcie A z nakładów X_1 oraz X_2 może otrzymać wynik Y . Punkt B oznacza obiekt efektywny. Obiekt ten potrafi wytworzyć wynik Y przy mniejszym zużyciu obu nakładów niż obiekt A. W obiektach A i B nakłady wykorzystuje się w takich samych proporcjach, ponieważ ich technologie leżą na liniowym promieniu technologicznym. Przedmiotem badania jest technologia obiektu znajdującego się w punkcie A.

¹ Efektywność ukierunkowaną na wyniki można przedstawić w analogiczny sposób. W tym celu należy założyć, że nie zmienia się poziom nakładów.

² W dalszej części stosować będziemy tylko modele DEA ukierunkowane na nakłady.

Określenie efektywności technologii w sensie Farrela-Debreu polega na znalezieniu minimalnej wartości parametru θ takiej samej dla wszystkich nakładów, tzw. mnożnika poziomu nakładów, która umożliwia proporcjonalne zmniejszenie nakładów, tak by wynik pozostał na tym samym poziomie. Mnożnik ten określa, jaką wielokrotność faktycznych nakładów analizowanego obiektu musiałaby wykorzystać technologia wspólna zbioru obiektów dla uzyskania faktycznych wyników badanego obiektu.

Model *non-radial* DEA

W standardowych wariantach metody DEA zakłada się pełną komplementarność pomiędzy nakładami, co jednocześnie wyklucza możliwość ich substytucji (Charnes, Cooper, Rhodes 1978). Jest to spowodowane występowaniem jednolitego wskaźnika efektywności technologicznej dla wszystkich nakładów, zgodnie z ideą efektywności technologicznej sformułowaną przez Farrela-Debreu (zob. ryc. 1). Określenie efektywności technologii w sensie Farrela-Debreu sprowadza się do wyznaczenia współczynnika efektywności, umożliwiającego maksymalne proporcjonalne zmniejszenie nakładów lub zwiększenie wyników³ po promieniu technologicznym do poziomu, przy którym nadal możliwe jest osiągnięcie określonych wyników.

Z ekonomicznego punktu widzenia powyższe założenie jest zbyt abstrakcyjne, gdyż w rzeczywistej gospodarce mamy na ogół do czynienia z określoną substytucją nakładów. Aby wyeliminować tę niedogodność w niniejszym artykule zastosowano model *non-radial* DEA zaproponowany przez Dysona i Thanassoulisa (1992), będący modyfikacją standardowych modeli DEA, w szczególności modelu CCR. Polega on na uwzględnieniu dla poszczególnych nakładów mnożników częściowych.

Model *non-radial* DEA można zapisać w następującej postaci:

$$(1) \quad \bar{e}_o = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N e_{no} \rightarrow \min,$$

przy ograniczeniach:

$$(2) \quad \sum_{j=1}^J Y_j \lambda_{oj} \geq Y_o \quad \text{dla } j = 1, \dots, J,$$

$$(3) \quad \sum_{j=1}^J K_j \lambda_{oj} \leq e_{ko} K_o \quad \text{dla } n = 1, \dots, N,$$

$$(4) \quad \sum_{j=1}^J L_{nj} \lambda_{oj} \leq e_{lo} L_{no} \quad \text{dla } n = 1, \dots, N,$$

$$(5) \quad \lambda_{oj}, e_{ko}, e_{lo} \geq 0 \quad \text{dla } j = 1, \dots, J; n = 1, \dots, N,$$

³ W modelu ukierunkowanym na wyniki.

gdzie:

Y_j – wartość PKB w j -tym województwie (w mln zł),

K_j – wartość kapitału rzeczowego w j -tym województwie (w mln zł),

L_j – liczba pracujących w j -tym województwie (w tys. os.),

λ_{oj} – współczynniki kombinacji technologii wspólnej badanej grupy województw,

e_{ko} – optymalny mnożnik nakładu kapitału rzeczowego w gospodarce o -tego województwa,

e_{lo} – optymalny mnożnik nakładu czynnika pracy w gospodarce o -tego województwa.

\bar{e}_o – średnia wartość efektywności nakładu kapitału rzeczowego i czynnika pracy w o -tym województwie.

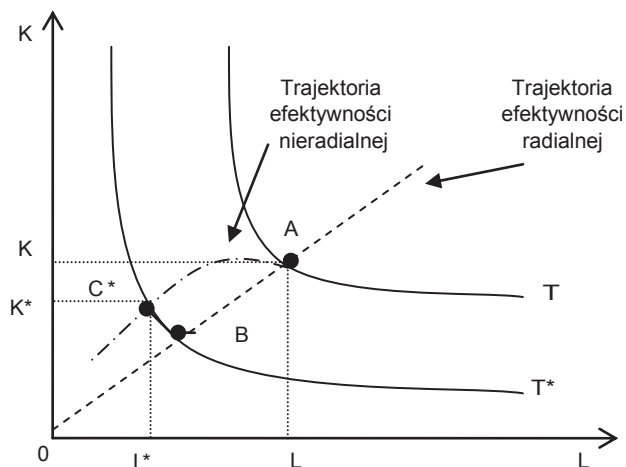
Współczynnik⁴ e_o należy interpretować jako wskaźnik efektywności technologicznej gospodarki o -tego województwa ze względu na dany nakład. Jego wartość określa procent, do jakiego powinien zostać zmniejszony ten nakład w gospodarce o -tego województwa, aby gospodarka ta uzyskała 100% efektywności ze względu na rozpatrywany nakład (Guzik 2009).

Analiza badanego zbioru województw wymaga sformułowania i rozwiązania N zadań programowania liniowego opisanych warunkami (1)–(5), po jednym dla każdego województwa. Celem każdego z nich jest wyznaczenie efektywności technologicznej dla każdej z rozpatrywanych gospodarek.

Substytucja nakładów w technologii optymalnej

Model *non-radial* DEA pozwala nie tylko wyznaczyć wskaźniki efektywności poszczególnych nakładów, ale także dostarcza informacji o niezbędnej redukcji nakładów w nieefektywnych gospodarkach, która umożliwiłaby im osiągnięcie 100% efektywności technologicznej w stosunku do pozostałych gospodarek w badanej grupie. Owa redukcja nakładów wiąże się na ogół ze zmianą struktury nakładów. Wskutek czego, przy przejściu od wektora nakładów empirycznych do wektora nakładów optymalnych niezbędna jest substytucja pomiędzy nakładami. Przez substytucję nakładów należy rozumieć zmniejszenie jednego nakładu z uwagi na wzrost drugiego nakładu lub bardziej intensywnie zmniejszanie jednego nakładu przy wolniejszym spadku drugiego nakładu. Ideę substytucji przyjętej na potrzeby niniejszego badania przedstawiono na rycinie 3.

⁴ Odpowiednio dla kapitału rzeczowego i czynnika pracy.



Ryc. 3 Ilustracja efektywności w modelu *non-radial* DEA

Źródło: opracowanie własne.

Na ryc. 3 przedstawiono substytucję nakładów w modelach *non-radial* (nie-liniowej) efektywności. Krzywe T i T^* są ilustracją nakładów odpowiednio dla technologii empirycznej i technologii optymalnej (oznaczonej*). Krzywa nakładów dla technologii optymalnej została wyznaczona przez gospodarki charakteryzujące się najwyższą efektywnością technologiczną w badanej grupie gospodarek. Przystawiony na wykresie punkt A odpowiada wektorowi nakładów empirycznych, a punkt B wektorowi nakładów optymalnych w modelach radialnej efektywności, natomiast punkt C odpowiada wektorowi nakładów optymalnych w modelach nieradialnej efektywności. Symbolem (*) oznaczono kombinację nakładów w technologii optymalnej. Z kolei L i K to odpowiednio nakłady pracy i kapitału rzeczowego.

W modelach o nieradialnej efektywności uchyla się założenie dotyczące jednorodności wskaźników efektywności dla wszystkich nakładów, a więc proporcjonalnej redukcji wszystkich nakładów wzdłuż promienia technologicznego. Jeżeli zatem cząstkowe wskaźniki efektywności dla poszczególnych nakładów różnią się, to przy przejściu od wektora nakładów empirycznych do wektora nakładów optymalnych (na ryc. 3 przesunięcie z punktu A do punktu C) niezbędna jest zmiana struktury nakładów. Jeżeli z kolei w rozwiązaniu zadania nieradialnej DEA cząstkowe wskaźniki efektywności będą identyczne, to należy pozostawić poprzednią proporcję nakładów, gdyż jest ona optymalna.

W niniejszym artykule rozpatrzmy przypadek substytucji nakładów. Poniżej opisano ideę substytucji nakładów w rozumieniu metody DEA. Podane symbole e_k i e_l są wskaźnikami cząstkowej efektywności technologicznej odpowiednio czynnika kapitału rzeczowego i pracy, otrzymanymi z rozwiązania zadania nieradialnej efektywności DEA, opisanego warunkami (1)–(5). Substytucja nakładów występuje wtedy, kiedy cząstkowe wskaźniki efektywności różnią się:

$$(6) \quad e_k \neq e_l.$$

Wektor nakładów technologii optymalnej można przedstawić jako iloczyn wektora nakładów empirycznych i wskaźników efektywności technologicznej zapisanych w (6).

$$(7) \quad T^* = \frac{K^*}{L^*} = \frac{Ke_k}{Le_l},$$

gdzie:

$$(8) \quad \frac{K^*}{L^*} = S^*_{k(l)}$$

oznacza strukturę nakładów optymalnych,

$$(9) \quad S^*_{k(l)} = \frac{K}{L}$$

oznacza strukturę nakładów empirycznych, a

$$(10) \quad Z_{l(k)} = \frac{e_l}{e_k}$$

jest oznaczeniem wskaźnika substytucji pracy przez kapitał rzeczowy przy przejściu od wektora nakładów przy technologii empirycznej, do wektora nakładów przy technologii optymalnej. Jeżeli wskaźnik (10) przyjmuje wartość 1, to nakłady pracy i kapitału rzeczowego są komplementarne. Natomiast gdy wskaźnik $Z_{l(k)}$ jest różny od 1, to nakłady są substytucyjne.

Dla większej liczby nakładów możliwe jest zastosowanie miernika łącznej substytucji nakładów. Poniżej zaproponowano miernik substytucji będący średnią geometryczną wskaźników substytucji zapisanych w (10):

$$(11) \quad \bar{Z} = \sqrt[n]{Z_{n(m)_1} Z_{n(m)_2} \dots Z_{n(m)_N}}, \quad n, m = 1, \dots, N; \quad m \neq n,$$

gdzie:

$Z_{n(m)}$ – jest wskaźnikiem substytucji nakładu n -tego przez nakład m -ty.

Tak zdefiniowany miernik łącznej substytucji nakładów przyjmuje wartość równą 1, gdy wszystkie nakłady są komplementarne i nie ma pomiędzy nimi substytucji. Natomiast jest on tym większy od 1, im większy jest stopień łącznej substytucji w ramach całego wektora nakładów, niezbędnej przy przejściu od wektora nakładów empirycznych do wektora nakładów optymalnych.

Wyniki pomiaru cząstkowej efektywności pracy i kapitału rzeczowego

Badaniem objęto gospodarkę poszczególnych województw w Polsce w latach 1998, 2001, 2004, 2008. W badaniu posłużono się danymi pochodzącymi z artykułu Romana Kosmalskiego (2010).

Tab. 1. Efektywność nakładów kapitału rzeczowego i pracy w regionalnych gospodarkach w latach 1998–2008

Rok	1998		2001		2004		2008	
	L ¹	K ²	L	K	L	K	L	K
Województwo								
Dolnośląskie	0,86	1,00	0,93	1,00	0,84	1,00	0,78	0,97
Kujawsko-pomorskie	1,00	1,00	1,00	1,00	0,74	0,96	1,00	1,00
Lubelskie	0,49	0,84	0,48	0,83	0,54	0,76	0,44	0,84
Lubuskie	0,68	0,97	0,68	1,00	0,75	0,88	0,64	0,93
Łódzkie	0,58	0,96	0,60	0,97	0,70	0,91	0,55	1,00
Małopolskie	0,64	0,91	0,59	0,94	0,72	0,88	0,64	1,00
Mazowieckie	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Opolskie	0,67	0,75	0,57	0,78	0,71	0,88	0,65	0,81
Podkarpackie	0,56	0,95	0,56	0,90	0,63	0,79	0,49	0,84
Podlaskie	0,57	0,83	0,56	0,85	0,66	0,74	0,53	0,85
Pomorskie	0,84	1,00	0,79	1,00	0,88	1,00	0,87	1,00
Śląskie	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
Świętokrzyskie	0,54	0,85	0,54	0,92	0,65	0,80	0,49	0,94
Warmińsko-mazurskie	0,56	0,72	0,47	0,78	0,67	0,69	0,53	0,85
Wielkopolskie	1,00	1,00	1,00	1,00	0,86	0,93	0,92	1,00
Zachodniopomorskie	0,79	0,92	0,75	1,00	0,71	0,99	0,81	0,95
Średnia	0,73	0,92	0,72	0,94	0,75	0,89	0,71	0,94
Odchylenie standardowe	0,18	0,09	0,20	0,08	0,13	0,10	0,20	0,07

Źródło: opracowanie własne.

¹ Wskaźnik efektywności pracy.

² Wskaźnik efektywności kapitału rzeczowego.

W tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiaru cząstkowej efektywności pracy i kapitału rzeczowego dla wybranych lat z okresu 1998–2008, które uzyskano na podstawie miar efektywności technologicznej. Do estymacji miar efektywności wybrano model *non-radial* DEA zorientowany na nakłady. Przyjęto w nim, że cząstkowe wskaźniki efektywności pracy i kapitału rzeczowego w danym województwie mogą się różnić.

Z badań przeprowadzonych na podstawie modelu *non-radial* DEA wynika, że głównym źródłem nieefektywności w badanych gospodarkach była relatywnie niższa efektywność technologiczna czynnika pracy, przy jednoczesnym znacznym zróżnicowaniu przestrzennym tego wskaźnika. Najmniej efektywne w badanej grupie były gospodarki województw: lubelskiego, świętokrzyskiego, warmińsko-mazurskiego i podkarpackiego. Warto zauważyć, że są to województwa typowo rolnicze. Najwyższą 100-procentową efektywnością pracujących charakteryzowały się województwa: mazowieckie, kujawsko-pomorskie i wielkopolskie (z wyjątkiem roku 2004). Wśród województw o najniższych wartościach wskaźnika efektywności czynnika pracy zaobserwowano charakterystyczny jego spadek

w kolejnych rozpatrywanych latach. Z kolei najwyższą efektywność technologiczną kapitału rzeczowego zaobserwowano w województwach kujawsko-pomorskim, mazowieckim, wielkopolskim, pomorskim i śląskim. Natomiast najniższą efektywność kapitału rzeczowego miały województwa warmińsko-mazurskie, opolskie i lubelskie. Ogólnie kapitał rzeczowy w całym badanym okresie był nakładem o relatywnie wyższej efektywności technologicznej niż czynnik pracy.

Wskaźniki substytucji nakładów w modelu *non-radial* DEA

W tabeli 2 przedstawiono wartości wskaźników substytucji pracy przez kapitał rzeczowy, obliczone według wzoru (10), na podstawie danych z tabeli 1. Podane wskaźniki są miarą niezbędnej zmiany w relacji kapitału rzeczowego do liczby pracujących przy przejściu od wektora technologii empirycznej do wektora technologii optymalnej.

W metodzie DEA technologia optymalna dla każdej z nieefektywnych gospodarek jest technologią empiryczną wzorowaną na technologii innej gospodarki lub jest kombinacją kilku technologii innych gospodarek z badanej grupy. Dostarcza ona informacji o takich zmianach w strukturze nakładów, które są niezbędne do zwiększenia efektywności gospodarki dotąd nieefektywnej do poziomu wydajności gospodarek wzorcowych, które wyznaczają granicę technologiczną.

Tab. 2. Wartości wskaźników substytucji pracy przez kapitał rzeczowy w technologii optymalnej dla poszczególnych województw

Województwo	$Z_{-(k)1998}$	$Z_{-(k)2001}$	$Z_{-(k)2004}$	$Z_{-(k)2008}$
Dolnośląskie	0,86	0,93	0,84	0,81
Kujawsko-pomorskie	1,00	1,00	0,77	1,00
Lubelskie	0,58	0,58	0,71	0,52
Lubuskie	0,71	0,68	0,85	0,68
Łódzkie	0,60	0,62	0,77	0,55
Małopolskie	0,70	0,63	0,82	0,64
Mazowieckie	1,00	1,00	1,00	1,00
Opolskie	0,89	0,73	0,80	0,80
Podkarpackie	0,59	0,62	0,81	0,58
Podlaskie	0,68	0,65	0,89	0,63
Pomorskie	0,84	0,79	0,88	0,87
Śląskie	0,94	1,00	1,00	0,99
Świętokrzyskie	0,64	0,58	0,81	0,52
Warmińsko-mazurskie	0,77	0,61	0,98	0,63
Wielkopolskie	1,00	1,00	0,93	0,92
Zachodniopomorskie	0,85	0,76	0,72	0,86
Średnia	0,79	0,76	0,85	0,75
Odchylenie standardowe	0,15	0,16	0,09	0,17

Źródło: opracowanie własne.

W województwach, dla których wskaźnik substytucji jest równy 1, nie ma potrzeby dokonywania żadnych zmian w strukturze nakładów czynników produkcji, gdyż realizują one optymalne kombinacje nakładów pracy i kapitału rzeczowego. Analizując tabelę 2 należy zauważyć, że dla wdrożenia optymalnej kombinacji nakładów czynników produkcji najmniejsze zmiany w relacji pomiędzy kapitałem rzeczowym i pracą są konieczne w województwie śląskim w roku 2008. Dla uzyskania optymalnej relacji nakładów tym województwie wystarczające było zmniejszenie zaledwie o 1% liczby pracujących przy niezmienionym poziomie kapitału rzeczowego. Podobna sytuacja była w województwie dolnośląskim. Na przykład w roku 2001 dla uzyskania optymalnej kombinacji nakładów czynników produkcji w tym województwie wystarczyło liczbę pracujących zredukować o 7% przy niezmienionym poziomie kapitału rzeczowego. Z kolei najbardziej radykalne zmiany były niezbędne w województwach: świętokrzyskim, lubelskim, łódzkim oraz podkarpackim. W województwie świętokrzyskim rozwiązanie optymalne sugeruje w roku 2008 aż 52-procentową substytucję w obrębie nakładów. Dla uzyskania optymalnej relacji nakładów czynników produkcji, a więc takiej, która gwarantowałaby uzyskanie 100% efektywności technologii stosowanej w gospodarce tego województwa, konieczna byłaby 51-procentowa redukcja liczby pracujących i 6-procentowa redukcja nakładu kapitału rzeczowego. Potrzeba tak bardzo radykalnych zmian sugeruje, że przyczyną nieefektywności gospodarki województwa świętokrzyskiego mogła być przestarzała i bardzo pracochłonna technologia produkcji stosowana w tym województwie.

Efektywność struktur zatrudnienia w województwach w latach 1998–2008 w ujęciu sektorowym

Przeprowadzone badanie wykazało, że głównym źródłem nieefektywności regionalnych gospodarek w badanym okresie była relatywnie niższa efektywność czynnika pracy (zob. tab. 1). Stwierdzenie tego faktu stało się punktem wyjścia do postawienia pytania o wydajność pracy w poszczególnych sektorach i jej zmiany w przyjętym w badaniu horyzoncie czasowym. Analiza przeprowadzona w ujęciu sektorowym dla okresu 1998–2008 jest próbą oceny wpływu ewolucji struktur zatrudnienia na efektywność technologii stosowanych w regionalnych gospodarkach.

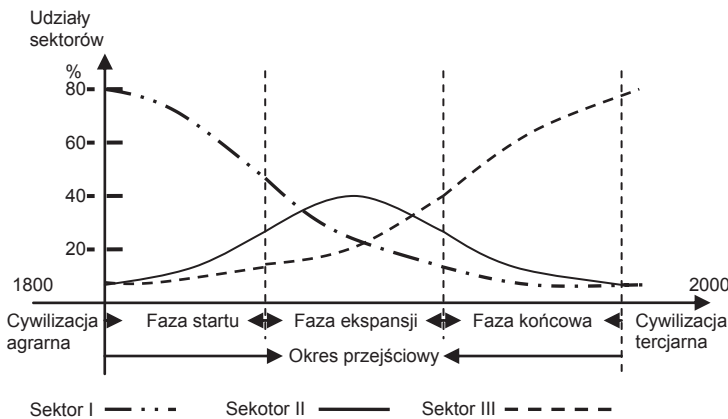
Celem tej części artykułu jest próba zbadania związku między strukturą zatrudnienia a efektywnością technologii stosowanych w województwach w Polsce. W badaniu postawiono następującą hipotezę: ewolucja struktury zatrudnienia w kierunku struktur wykształconych w gospodarkach krajów wysokorozwiniętych Unii Europejskiej przyczynia się do poprawy efektywności gospodarczej.

Struktura zatrudnienia została opisana za pomocą tzw. teorii trzech sektorów, zgodnie z którą kraje lub regiony znajdujące się na wyższych etapach rozwoju społeczno-gospodarczego, charakteryzują się relatywnie wysokim udziałem sektora usługowego, bardzo niskim udziałem sektora rolniczego oraz umiarkowanym udziałem sektora przemysłowego w ogólnym popycie na pracę. W badaniu zastosowano koncepcję pomiaru względnej efektywności regionalnej gospodarki

względem gospodarek relatywnie efektywnych w badanej grupie gospodarek, wykorzystywaną w metodzie DEA.

Teoria trzech sektorów według Jeana Fourastiego

Idea trójsektorowej struktury gospodarczej, jej zmian i prawidłowości rozwoju sektorów (teoria trzech sektorów gospodarki), została rozwinięta w latach trzydziestych przez Allana G.B. Fishera, Colina Clarka oraz Jeana Fourastiego (Rogoziński 2000). U podstaw tej teorii leży teza o zmieniającej się roli poszczególnych sektorów w historycznie ujmowanym procesie rozwoju gospodarek: zmniejszenie znaczenia sektora rolniczego, wzrost, stabilizacja, a następnie także zmniejszanie się udziału branży przemysłowej przy jednoczesnym ciągłym wzroście w strukturze zatrudnienia roli sektora usługowego. Zmienność pozycji danej gałęzi gospodarki (dominująca, drugoplanowa, peryferyjna) identyfikowana jest tak w ujęciu klasycznym, jak i w kolejnych jego modyfikacjach, głównie poprzez analizę udziału sektorów w ogólnym bilansie absorpcji siły roboczej. Znaczenie praktyczne teorii trzech sektorów gospodarki jest związane z ukierunkowaniem badań procesów rozwoju społeczno-ekonomicznego, m.in. na ewolucję struktur zatrudnienia. Relacje pomiędzy sektorami w różnych fazach rozwoju gospodarki przedstawia poniższa rycina.



Ryc. 4. Długookresowe zmiany w strukturze zatrudnienia w układzie trzech sektorów wg J. Fourastiego

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rogoziński (2000).

Na podstawie ryciny 4 można wyróżnić trzy stadia rozwoju cywilizacji europejskiej (Rogoziński 2000):

- Cywilizacja prymarna (rolnicza), dla której charakterystyczny jest bardzo duży udział sektora rolniczego w strukturze zatrudnienia. Kończy się w Europie około 1800 roku.

- XIX i XX wiek to okres dominacji cywilizacji przemysłowej, której szczyt (mierzony zatrudnieniem) przypada na lata 1950–1960. Na etapie industrializacji ma miejsce spadek zatrudnienia w rolnictwie, a zbędną siłą roboczą wchłania dynamicznie rozwijający się przemysł.
- Faza końcowa ewolucji struktury zatrudnienia, która łączy się ze spadkiem zatrudnienia w sektorze rolniczym i przemysłowym na rzecz wzrostu w sektorze usług.

Ewolucja struktury zatrudnienia

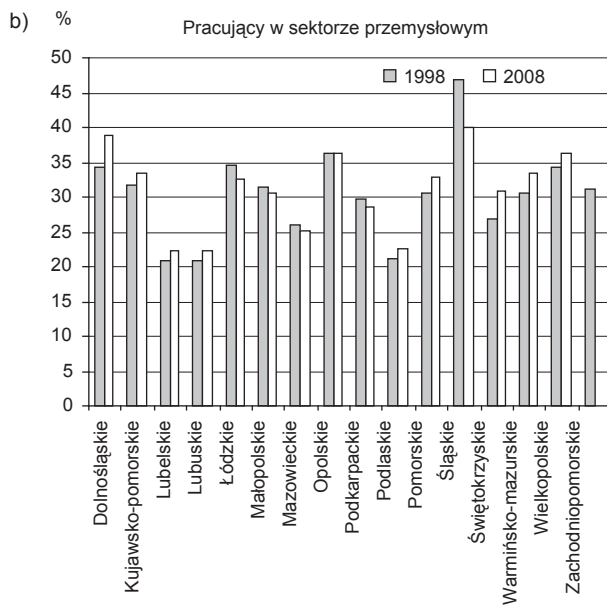
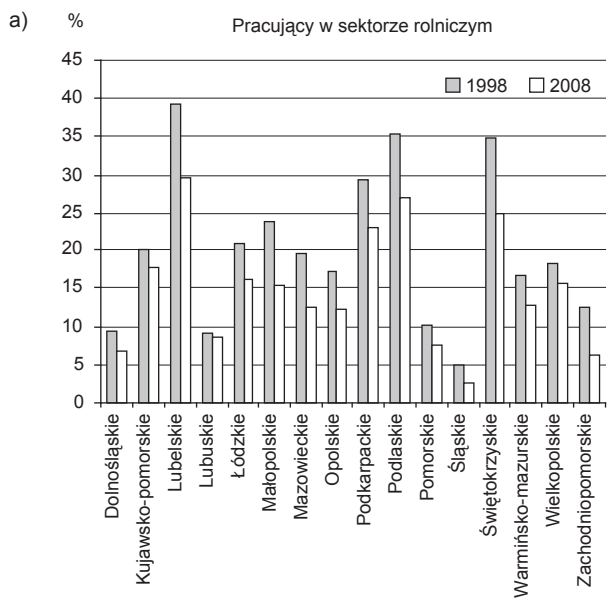
Struktura pracujących jest jednym z podstawowych wskaźników poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego, a także dojrzałości gospodarki rynkowej. Porównanie trójsektorowej struktury zatrudnienia w Polsce i w krajach Unii Europejskiej wskazuje na różnice w tym obszarze. Jest przy tym oczywiste, że struktura gospodarki polskiej nie musi w pełni odzwierciedlać struktur jakiegokolwiek kraju bądź całości Unii Europejskiej, ale wzorowanie się na nich jest wskazane i potrzebne. Należy liczyć się z tym, że takie tendencje, jakie w odniesieniu do popytu na pracę występowały w przeszłości w wysokorozwiniętych krajach Unii Europejskiej, ujawnią się także w Polsce. Aby zilustrować wagę problemu przemian strukturalnych na rycinie 5 przedstawiono strukturę pracujących w polskich województwach w latach 1998–2008 według trzech sektorów.

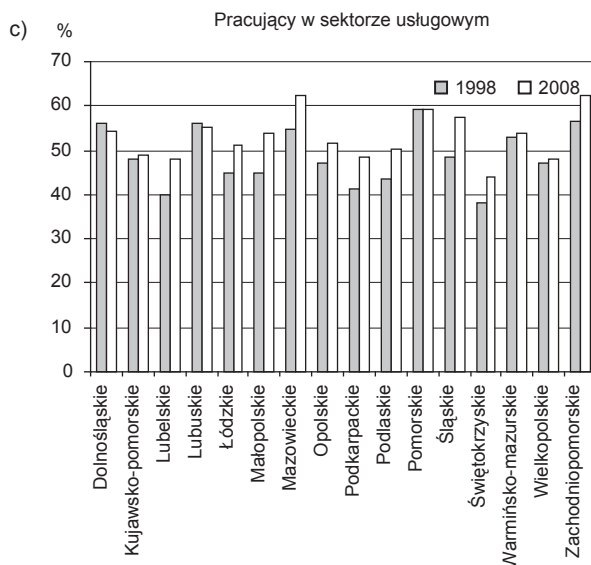
Obserwacje struktury zatrudnienia w województwach w Polsce potwierdzają słuszność teorii trzech sektorów. Regiony, w których można zaobserwować relacje pomiędzy sektorami takie, jak w trzeciej części ryciny 5, są regionami o relatywnie wyższym poziomie rozwoju gospodarczego. Wartość PKB w dużej mierze zależy od struktury jego tworzenia, która w Polsce ulega powolnemu, aczkolwiek systematycznemu przekształceniu. Udział poszczególnych sektorów w strukturze zatrudnienia na przestrzeni ostatnich lat zbliżał się do średniej unijnej, dla której charakterystyczny jest wysoki udział sektora usług.

O przeciętnej efektywności pracy w odniesieniu do poszczególnych województw decyduje m.in. liczba pracujących w rolnictwie. Najwyższą pozycję w tym zakresie zajmują województwa zdominowane przez działalność pozarolniczą, takie jak: mazowieckie, śląskie, wielkopolskie, dolnośląskie i pomorskie, najniższą zaś lubelskie, podlaskie, podkarpackie i są to jednocześnie województwa o strukturach zatrudnienia najbardziej oddalonych od przeciętej struktury zatrudnienia, jaka występuje w Unii Europejskiej.

Zmiany strukturalne na rynku pracy są niezbędne i właściwie wtórne wobec zmian strukturalnych w całej gospodarce polskiej, dla której pożądane jest istnienie i rozwój dziedzin nowoczesnych, produktywnych i nasyconych najnowszą technologią. Dla ich prawidłowego funkcjonowania konieczna jest dobrze rozwinięta infrastruktura. Wzrost chłonności siły roboczej w sektorach o najwyższej wartości dodanej, musi dokonywać się przy jednoczesnym zmniejszaniu popytu na siłę roboczą w innych dziedzinach gospodarki – mniej efektywnych. Nieunikniony jest więc proces realokacji siły roboczej między poszczególnymi

sektorami gospodarki. Biorąc to pod uwagę, w naszym kraju powinny dokonywać się głębokie zmiany struktury popytu na siłę roboczą.





Ryc. 5. Struktura pracujących według trzech sektorów ekonomicznych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych średniorocznych pochodzących z GUS.

Metoda badania efektywności regionalnych gospodarek w ujęciu sektorowym

W celu zbadania wpływu przemian regionalnych struktur zatrudnienia na efektywność technologii poszczególnych województw, podobnie jak w punkcie pierwszym, wykorzystano model nieradialnej efektywności DEA opisany warunkami (1)–(5). Model ten został zmodyfikowany poprzez dezagregację czynnika pracy do poziomu trzech sektorów gospodarczych.

Zastosowanie koncepcji trzech sektorów pozwoliło dokonać estymacji miar efektywności technologicznej czynnika pracy dla każdego z badanych sektorów oddzielnie. Wskutek czego możliwe było porównywanie efektywności czynnika pracy pomiędzy sektorami i jej zmian w kolejnych badanych latach 1998–2008.

Ponadto dzięki zastosowaniu koncepcji nieradialnej efektywności technologicznej, przeprowadzono dla każdej z nieefektywnych technologicznie gospodarek analizę substytucji czynnika pracy pomiędzy sektorami przy przejściu od technologii empirycznej do technologii optymalnej „modelowej”.

W rezultacie tak przeprowadzonego badania rozpoznano w ujęciu sektorowym źródła nieefektywności technologii stosowanych w badanych gospodarkach oraz zaproponowano m.in. w jaki sposób należy zmodyfikować stosowaną technologię, aby gospodarka dotąd nieefektywna uzyskała 100-procentową efektywność technologiczną.

Zmienne modelu

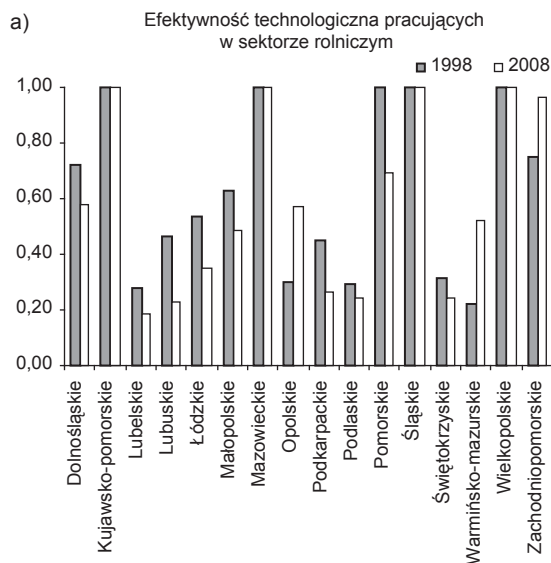
Zmienne diagnostyczne w modelu zostały dobrane w taki sposób, aby możliwe było osiągnięcie celu badania, jakim jest zweryfikowanie sformułowanej hipotezy badawczej.

Jako wynik przyjęto Y – PKB (w mln zł). Natomiast jako nakłady przyjęto: K – kapitał rzeczowy (w mln zł), L_u – liczba pracujących w sektorze usług (w tys. osób), L_p – pracujący w branży przemysłowej (w tys. osób), L_r – pracujący w rolnictwie (w tys. osób).

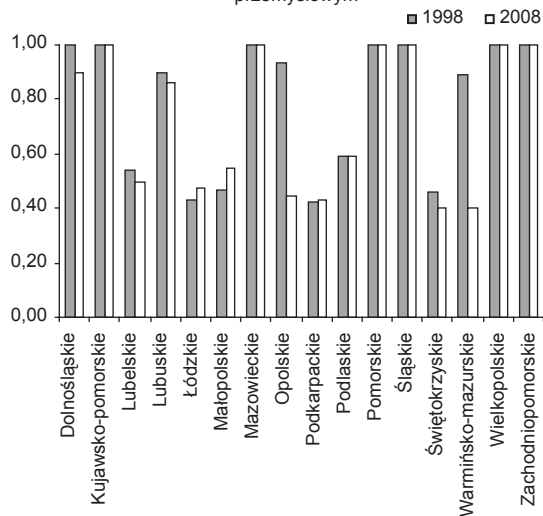
Wyniki pomiaru efektywności technologicznej regionalnych struktur gospodarczych w ujęciu sektorowym w latach 1998–2008

Na rycinie 6 przedstawiono wartości wskaźników cząstkowej efektywności poszczególnych nakładów dla województw w Polsce. Nakład czynnika pracy został zdezagregowany do poziomu trzech sektorów. Analiza czynnika pracy w ujęciu trzech gałęzi gospodarki pozwoliła rozpoznać przyczyny nieefektywności regionalnych struktur zatrudnienia oraz wskazać zmianę owych struktur, która tę nieefektywność wyeliminuje. Badanie przeprowadzono dla roku 1998 i następnie dla roku 2008.

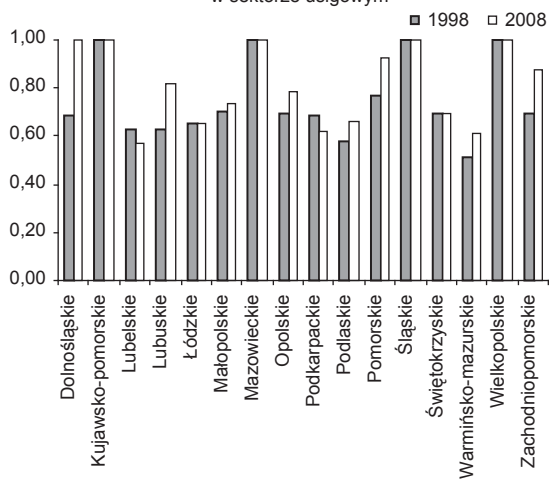
Na podstawie ryciny 6 można stwierdzić, że głównym źródłem nieefektywności technologii stosowanych w regionalnych gospodarkach była struktura zatrudnienia, charakteryzująca się dużym udziałem pracujących w rolnictwie w ogólnej liczbie pracujących. Najniższą przeciętną efektywnością technologiczną charakteryzował się sektor rolniczy, następnie przemysłowy i usługowy.

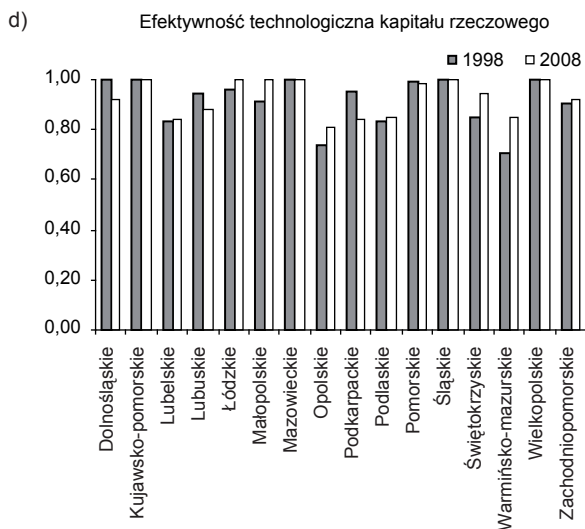


b) Efektywność technologiczna pracujących w sektorze przemysłowym



c) Efektywność technologiczna pracujących w sektorze usługowym





Ryc. 6 Wskaźniki efektywności technologicznej poszczególnych nakładów w województwach w Polsce w latach 1998, 2008

Źródło: opracowanie własne.

Efektywność pracujących w rolnictwie wykazuje przy tym znaczne zróżnicowanie przestrzenne. Najniższą wartość tego wskaźnika wystąpiła w województwie lubelskim. Wynosił on zaledwie 19% w roku 1998, gdzie do uzyskania 100% efektywności konieczna byłaby redukcja liczby pracujących aż o 81%. Bardzo niską relatywną efektywność pracujących w rolnictwie mają także województwa lubuskie, świętokrzyskie, podlaskie i podkarpackie. Wśród gospodarek o najwyższej efektywności technologicznej pracujących w tym sektorze znalazły się gospodarki województw: kujawsko-pomorskiego, mazowieckiego, śląskiego, wielkopolskiego i pomorskiego w 1998 roku.

Efektywność pracujących w sektorze przemysłowym kształtuje się w przedziale 40–100%. Najniższą wartość rozpatrywanego wskaźnika zaobserwowano w województwie łódzkim, następnie opolskim, podkarpackim i warmińsko-mazurskim.

Z kolei efektywność pracujących w sektorze usługowym kształtuje się na stosunkowo wyższym poziomie i zawiera się w przedziale od 57% w województwie warmińsko-mazurskim do 100% w dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, mazowieckim, pomorskim, śląskim i wielkopolskim.

Jeśli zaś chodzi o efektywność, z jaką kapitał rzeczowy przyczynia się do powstania określonego poziomu dochodów to trudno uznać, aby był on głównym źródłem nieefektywności regionalnych gospodarek. Efektywność tego czynnika produkcji zawiera się w przedziale od 72% w warmińsko-mazurskim i 75% w województwie opolskim do 100% w województwach: dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, mazowieckim, pomorskim, śląskim, wielkopolskim.

Wskaźniki łącznej substytucji nakładów w województwach w Polsce w latach 1998–2008

Wskaźniki łącznej substytucji zostały obliczone w taki sposób, aby odzwierciedlały łączne przemiany w strukturze zatrudnienia, charakterystyczne dla teorii trzech sektorów. Przedmiotem naszego zainteresowania były niezbędne łączne przesunięcia w strukturze zatrudnienia z sektorów mniej efektywnych (przede wszystkim rolnictwa) do bardziej efektywnych (sektora usługowego).

Zastosowanie w badaniu metody *non-radial* DEA wraz ze wskaźnikiem łącznej substytucji nakładów pozwoliło wskazać na rozmiary takiej łącznej substytucji w ramach wszystkich nakładów, która umożliwi badanym gospodarkom, dotąd nieefektywnym, osiągnięcie 100% efektywności technologicznej. Innymi słowy zbadano zmianę relacji pomiędzy pracującymi w poszczególnych sektorach oraz pomiędzy pracującymi w poszczególnych sektorach a kapitałem rzeczowym niezbędną przy przejściu od wektora nakładów empirycznych do wektora nakładów optymalnych. Badanie przeprowadzono przy użyciu syntetycznego wskaźnika substytucji zapisanego w postaci warunku (11).

W tabeli 3 przedstawiono wartości wskaźników łącznej substytucji, w ramach całego wektora nakładów, przy przejściu od wektora nakładów technologii empirycznej do wektora nakładów technologii optymalnej. W skład wektora nakładów wchodzi cztery czynniki produkcji tj. kapitał rzeczowy i praca, która została zdezagregowana do poziomu trzech sektorów ekonomicznych. Celem tak sformułowanego problemu badawczego była ocena prawidłowości realokacji siły roboczej, zgodnych z teorią trzech sektorów.

Tab. 3. Wskaźnik łącznej substytucji w ramach całego wektora nakładów

Województwo	Dolnośląskie	Kujawsko-pomorskie	Lubelskie	Lubuskie	Łódzkie	Małopolskie	Mazowieckie	Opolskie
\bar{Z}_{1998}	1,28	1,0	1,78	1,45	1,46	1,34	1,0	1,72
\bar{Z}_{2008}	1,32	1,0	2,19	1,98	1,78	1,51	1,0	1,42
Województwo	Podkarpackie	Podlaskie	Pomorskie	Śląskie	Świętokrzyskie	Warmińsko-mazurskie	Wielkopolskie	Zachodniopomorskie
\bar{Z}_{1998}	1,52	1,72	1,14	1,0	1,77	2,11	1,08	1,22
\bar{Z}_{2008}	1,9	1,9	1,21	1,0	2,23	1,5	1,0	1,08

Źródło: opracowanie własne.

Optymalną strukturą nakładów czynników produkcji w badanych latach charakteryzowały się województwa: kujawsko-pomorskie, mazowieckie, śląskie i w roku 2008 wielkopolskie. Aby w województwie wielkopolskim w 1998 roku można było uzyskać optymalną strukturę nakładów czynników produkcji, należałoby dokonać 8-procentowej łącznej substytucji w ramach całego wektora nakładów. W województwie dolnośląskim dla uzyskania w roku 2008 optymalnej struktury nakładów czynników produkcji konieczna byłaby 32-procentowa

substytucja w obrębie wszystkich nakładów. Największe zmiany w strukturze nakładów przy przejściu od wektora nakładów empirycznych do wektora nakładów technologii optymalnej niezbędne są w województwach najmniej efektywnych technologicznie, do których należą województwo świętokrzyskie, lubelskie, podkarpackie, lubuskie i podlaskie.

W odniesieniu do wyżej przedstawionej substytucji warto zaznaczyć, że jest to tylko substytucja modelowa i ma ona jedynie charakter symulacyjny. Jeśli bowiem struktura nakładów w optymalnej technologii będzie znacznie różniła się od struktury nakładów w technologii empirycznej, to wdrożenie optymalnej technologii może być trudne.

Benchmarking, wybór optymalnej technologii

Wyznaczenie relatywnej efektywności dla wszystkich regionalnych gospodarek z badanego zbioru nie stanowi celu samego w sobie. Ideą przewodnią metody DEA jest nie tylko wybranie spośród badanych gospodarek jednostek efektywnych, ale także określenie źródeł i wielkości nieefektywności województw o względnie niższych wskaźnikach efektywności technologicznej. Współczynnik efektywności technologicznej otrzymany w wyniku rozwiązania zadania typu DEA pokazuje, z jaką relatywną efektywnością nakłady przekształcane są w wynik względem pozostałych gospodarek w badanej grupie. Jednocześnie wskazuje on na procent wykorzystania środków, równoznaczny z informacją o możliwej ich redukcji, przy której nadal będzie osiągalny dany poziom wyników.

Jeżeli pierwszym etapem badania jest określenie poziomów efektywności poszczególnych regionów, to w naturalny sposób drugim jest poznanie, jaki jest optymalny wybór technologii przy danych zasobach, tak by efektywność tę zwiększyć do jedności. Metoda DEA pozwala udzielić odpowiedzi na to pytanie.

Benchmarking polega na porównywaniu dowolnej gospodarki z tymi najbardziej efektywnymi technologicznie w badanej grupie oraz jest użytecznym narzędziem do wprowadzania usprawnień w stosowanych technologiach gospodarek województw nieefektywnych. Owe udoskonalenia formułowane są na podstawie technologii stosowanych w gospodarkach wzorcowych (Karłow 1995). W metodzie DEA za formułę benchmarkingową obiektu nieefektywnego można uznać jego technologię optymalną, która jest określana na podstawie technologii obiektów o najwyższej względnej efektywności.

Optymalne rozwiązania techniczne dla każdej z nieefektywnych regionalnych gospodarek określane są na podstawie technologii województw o najwyższej względnej efektywności w badanej grupie. Technologia optymalna określana jest na podstawie wzoru (Guzik 2009):

$$(12) \quad T_o^* = \sum_{j=1}^N \lambda_{oj} t_j,$$

gdzie:

T_o^* – technologia optymalna dla o -tego województwa,

t_j – technologia empiryczna j -tego województwa,

λ_{oj} – współczynnik kombinacji technologii wspólnej badanych województw określający udział technologii województwa j -tego w technologii optymalnej dla o -tego województwa.

Tab. 4. Technologie optymalne, formuły benchmarkingowe

Województwo	Wzorzec technologiczny * λ	
	1998	2008
Dolnośląskie	$T_{DOL}^* = 0,01*MAZ + 0,77*SLA + 0,15*WIE$	$T_{DOL}^* = 0,13*MAZ + 0,79*SLA$
Kujawsko-pomorskie	$T_{KUJ}^* =$ technologia własna	$T_{KUJ}^* =$ technologia własna
Lubelskie	$T_{LUL}^* = 0,50*MAZ$	$T_{LUL}^* = 0,42*MAZ$
Lubuskie	$T_{LUS}^* = 0,84*SLA$	$T_{LUS}^* = 0,82*SLA$
Łódzkie	$T_{LOD}^* = 0,59*MAZ$	$T_{LOD}^* = 0,47*MAZ + 0,16*SLA$
Małopolskie	$T_{MAL}^* = 0,60*MAZ$	$T_{MAL}^* = 0,50*MAZ + 0,47*SLA$
Mazowieckie	$T_{MAZ}^* =$ technologia własna	$T_{MAZ}^* =$ technologia własna
Opolskie	$T_{OPL}^* = 0,82*SLA$	$T_{OPL}^* = 0,50*MAZ$
Podkarpackie	$T_{PKR}^* = 0,50*MAZ$	$T_{PKR}^* = 0,43*MAZ$
Podlaskie	$T_{PDL}^* = 0,52*MAZ$	$T_{PDL}^* = 0,46*MAZ$
Pomorskie	$T_{POM}^* = 0,29*MAZ + 0,51*SLA$	$T_{POM}^* = 0,23*MAZ + 0,58*SLA$
Śląskie	$T_{SLA}^* =$ technologia własna	$T_{SLA}^* =$ technologia własna
Świętokrzyskie	$T_{SWI}^* = 0,51*MAZ$	$T_{SWI}^* = 0,48*MAZ$
Warmińsko-mazurskie	$T_{WRM}^* = 0,60*SLA$	$T_{WRM}^* = 0,44*MAZ$
Wielkopolskie	$T_{WIE}^* =$ technologia własna	$T_{WIE}^* = 0,40*KUJ + 0,44*MAZ$
Zachodniopomorskie	$T_{ZAC}^* = 0,22*MAZ + 0,62*SLA$	$T_{ZAC}^* = 0,26*MAZ + 0,47*SLA$

Źródło: opracowanie własne.

W dalszej części opracowania ze względu na ograniczoną objętość artykułu a także, aby nie nużyć czytelnika monotonnymi obliczeniami, przedstawiono tylko rozwiązania techniczne optymalne dla województw: lubelskiego i zachodniopomorskiego.

Technologia optymalna w metodzie DEA jest technologią wzorowaną na gospodarkach województw o najwyższej relatywnej efektywności. Udział technologii gospodarki województwa wzorcowego w technologii optymalnej dla rozpatrywanej gospodarki jest określany na podstawie współczynników kombinacji technologii wspólnej zorientowanej na gospodarkę badanego województwa.

Współczynniki kombinacji technologii wspólnej dla kolejnych lat objętych badaniem pochodzą z tabeli 4. Na przykład w 1998 roku technologia optymalna

dla województwa lubelskiego, wzorowana na najbardziej efektywnych gospodarkach w badanej grupie gospodarek, jest kombinacją technologii stosowanej w województwie mazowieckim według następującej formuły:

$$(13) \quad T^*_{LUL} = 0,50 * MAZ.$$

Technologia optymalna dla województwa lubelskiego wzorowana jest na technologii województwa mazowieckiego z roku 1998. Oznacza to, że stosując technologię województwa mazowieckiego z roku 1998 można wytworzyć ten sam poziom produkcji co województwo lubelskie, zużywając do tego celu 50% nakładów zużywanych przez województwo lubelskie.

Tab. 5. Obliczenia nakładów i wyników w technologii optymalnej dla województwa lubelskiego w roku 1998

Wzorzec	MAZ	Technologia optymalna	Technologia empiryczna	Wartości optymalne jako procent wartości empirycznych
λ	0,50 X			
Sektor I	8,2%	4%	15%	28%
Sektor II	10,0%	5%	9%	54%
Sektor III	22,7%	11%	18%	63%
Kapitał rzeczowy	46,46	23,23	27,76	84%
PKB	23 171,56	11 585,78	11 566,42	100%

Źródło: opracowanie własne.

Przeprowadzone badanie sugeruje, że gdyby województwo lubelskie stosowało technologię optymalną, to dla uzyskania wyniku – PKB na mieszkańca na poziomie co najmniej 11 585 zł, wystarczyłaby liczba pracujących w poszczególnych sektorach oraz wartość kapitału rzeczowego w przeliczeniu na mieszkańca na poziomie nie wyższym niż: 28% faktycznej liczby pracujących w sektorze rolniczym, 54% faktycznej liczby pracujących w sektorze przemysłowym, 63% faktycznej liczby pracujących w sektorze usługowym oraz 84% wartości kapitału rzeczowego.

Na przykład w roku 1998 technologia optymalna dla województwa zachodniopomorskiego określona jest według następującej formuły:

$$(14) \quad T^*_{ZAC} = 0,22 * MAZ + 0,62 * SLA,$$

czyli technologia ta składa się z 22% technologii stosowanej w województwie mazowieckim i 62% stosowanej w województwie śląskim.

Taka struktura technologii optymalnej dla województwa zachodniopomorskiego oznacza, że uczestniczące w technologii wspólnej regionalne gospodarki (województwa mazowieckiego i śląskiego) potrafiłyby, według wskazań metody DEA w badanym roku uzyskać co najmniej takie same wyniki, a więc PKB na poziomie 15 303 zł w przeliczeniu na mieszkańca, przy liczbie pracujących

w poszczególnych sektorach i wartości kapitału rzeczowego nie przekraczającej: 72% faktycznej liczby pracujących w sektorze rolniczym, 99% faktycznej liczby pracujących w sektorze przemysłowym, 69% faktycznej liczby pracujących w sektorze usługowym oraz 89% wartości kapitału rzeczowego.

Tab. 6. Obliczenia nakładów i wyników w technologii optymalnej dla województwa zachodniopomorskiego w roku 1998

Wzorzec	MAZ	SLA	Technologia optymalna	Technologia empiryczna	Wartości optymalne jako procent wartości empirycznych
λ	0,29X	0,51x			
Sektor I	8,2%	1,7%	2,73%	3,8%	72%
Sektor II	10,0%	14,8%	11,00%	11,1%	99%
Sektor III	22,7%	16,1%	14,41%	21,1%	68%
Kapitał rzeczowy	46,46	32,99	29,6	33,25	89%
PKB	23 171,56	16 833,77	15 303	15 262	100%

Źródło: opracowanie własne.

O tak znacznej nieefektywności regionalnych gospodarek w porównaniu do gospodarek o najwyższych wskaźnikach efektywności technologicznej w badanej grupie przesądza względnie wysokie zatrudnienie we wszystkich sektorach, a w szczególności w sektorze rolniczym.

Podsumowanie

W dobie zachodzących procesów globalizacji i integracji gospodarczej jednym z ważniejszych problemów ekonomicznych jest poszukiwanie metod dochodzenia regionów opóźnionych do poziomu konkurencyjności regionów najlepiej rozwiniętych.

W obliczu tych wyzwań pojawia się pytanie czy regiony zacofane, na podstawie doświadczeń regionów wyżej rozwiniętych, mogą przejść drogę usprawnień szybciej i z mniejszymi kosztami społecznymi, także wtedy gdy różnią się one pod względem zasobów czynników produkcji.

Warunkiem zwiększenia konkurencyjnej Polski i jej województw w Europie i na świecie jest efektywne wykorzystanie zasobów lokalnych i zdobycie zewnętrznych, a także ich ukierunkowanie na realizację działań o najwyższym potencjale wzrostu.

Metoda DEA zaproponowana w artykule do badania efektywności gospodarczej jednostek terytorialnych dostarcza wielu rozwiązań tak sformułowanych zadań i może być postrzegana jako narzędzie komplementarne w stosunku do modeli wzrostu gospodarczego.

Wykorzystanie DEA do badania efektywności gospodarek regionalnych i jej zmian w czasie jest przykładem nowego zastosowania tej metody w badaniach, które dotąd najczęściej były prowadzone w oparciu o modele ekonometryczne.

Do najistotniejszych zalet DEA zaliczamy niewielkie wymagania dotyczące liczby obserwacji statystycznych. Ponadto, dokonanie pomiaru efektywności gospodarczej w oparciu o metodę DEA powoduje, że nie jest wymagana znajomość zależności funkcyjnej, jaka występuje pomiędzy nakładami a wynikiem – utożsamianej z funkcją produkcji. Zatem wyniki nie będą obciążone potencjalnym błędem wynikającym z niedostatecznego dopasowania modelu do danych empirycznych lub niedostatecznie długich szeregów czasowych. Omawiana metoda pozwala nie tylko wyznaczyć efektywność technologii stosowanych w gospodarkach regionalnych, ale także dostarcza informacji o przyczynach ewentualnej nieefektywności, z jednoczesną informacją o takiej koniecznej kombinacji nakładów, która pozwoli tę nieefektywność wyeliminować. Naturalnie DEA ma też wady np. wrażliwość wyników na nietypowe dane w obiektach uznanych za wzorcowe. Jeśli obiekt wzorcowy jest nietypowy, obniża to znacznie wyniki badania efektywności pozostałych obiektów.

Przeprowadzona z zastosowaniem metody DEA analiza przyczyn nieefektywności technologicznej wykazała, iż poziom efektywności czynnika pracy w większości województw jest daleki od optymalnego, możliwego do uzyskania w danych warunkach. Najwyższą efektywność w badanym okresie osiągnęły województwa mazowieckie, wielkopolskie, śląskie i kujawsko-pomorskie. Z kolei najniższą województwa typowo rolnicze, jak np. lubelskie, świętokrzyskie i podkarpackie. Głównym źródłem nieefektywności była mało nowoczesna struktura zatrudnienia, znacznie odbiegająca od rozwiązań wykształconych w wysokorozwiniętych krajach Unii Europejskiej. Zdecydowana większość województw o niskiej efektywności charakteryzowała się względnie wysokim udziałem pracujących w rolnictwie w ogólnej liczbie pracujących.

Uzyskane wyniki potwierdziły hipotezę, że proces przesunięć międzysektorowych w kierunku struktur wykształconych w krajach wysokorozwiniętych UE przyczynia się do poprawy efektywności technologicznej. Gospodarki województw charakteryzujących się relatywnie niższym udziałem liczby pracujących w rolnictwie uzyskują wyższą efektywność technologiczną. Względnie niskie wskaźniki efektywności sugerują potrzebę dalszej realokacji siły roboczej z sektorów mniej efektywnych, przede wszystkim z rolnictwa, do sektora usług przy niezmiennym poziomie produkcji. Zapewni to efektywną alokację nakładów, w celu wytworzenia tej samej wielkości produkcji. Niski poziom efektywności technologii stosowanych w rozpatrywanych gospodarkach regionalnych jest po części następstwem struktury wytwarzania, która implikuje niższą ogólną wartość wskaźnika efektywności technologicznej. Wraz z rozwojem gospodarczym udział sektorów o niskiej wartości dodanej (przede wszystkim rolnictwa) powinien maleć, tak jak to miało miejsce w przeszłości w Unii Europejskiej – organizacji o wyższym poziomie rozwoju (Winiarski 2002).

Problem przemian strukturalnych zatrudnienia w polskiej gospodarce, pomimo upływu dwudziestu lat jej transformacji, jest ciągle aktualny. Oprócz wielu osiągnięć ciągle jeszcze są widoczne słabości polskiej gospodarki, będące wraz z jej negatywnych cech strukturalnych. Integracja ze strukturami zachodnioeuropejskimi państw z Europy Środkowo-Wschodniej, które często znacząco

odbiegają w rozwoju społeczno-gospodarczym od krajów wysokorozwiniętych Unii Europejskiej, jeszcze bardziej uwidocznią negatywne skutki tego zjawiska, wskazując na potrzebę koncentrowania się w ramach polityki strukturalnej na stwarzaniu warunków do trwałego wzrostu gospodarczego. Z uwagi na to, że wzrost gospodarczy wiąże się z głębokimi przemianami struktury gospodarczej, rynek pracy jest i będzie poddawany procesom realokacji siły roboczej w kierunku bardziej efektywnych zastosowań.

Problemy nierównomiernego rozwoju gospodarczego, które generują nierówności w dochodach pomiędzy poszczególnymi regionami i grupami społecznymi na obszarach wysokorozwiniętych, łagodzone są poprzez zmiany strukturalne w gospodarce. W miarę zwiększania się udziału usług w gospodarce dowolnego regionu następuje wzrost dochodów, zaś relatywnie niższe dochody na mieszkańca mają te rejony, w których istotne znaczenie ma rolnictwo oraz przemysł. Zjawisko to opisuje tzw. „hipoteza Chenery’ego”, zgodnie z którą istnieje zależność między frakcjami pracujących w poszczególnych sektorach w gospodarce a dochodami w przeliczeniu na mieszkańca, wyrażająca się wzrostem PKB na mieszkańca wraz ze wzrostem udziału sektora usług w strukturze zatrudnienia, kosztem rolnictwa i przemysłu (Chenery 1960). Im bardziej dany region lub kraj jest rozwinięty, tym większy jest udział usług w PKB. Zauważmy, że środki pochodzące z funduszy strukturalnych w dużym stopniu są właśnie nakierowane na modernizację struktur gospodarek słabo rozwiniętych.

Porównanie struktur zatrudnienia na obszarach lepiej rozwiniętych, z odpowiednimi strukturami regionów opóźnionych gospodarczo wskazuje jedynie – w sensie ogólnym, ponieważ przyszły rozwój może różnić się od dotychczasowego – na potrzebę zmian strukturalnych, których należy dokonać w danych regionach w celu wdrożenia optymalnej technologii produkcji.

Literatura

- Baran J., Pietrzak M., 2007, „Analiza efektywności wybranych branż polskiego agrobiznesu bazująca na metodzie DEA”, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, t. 9, nr 3, s. 15–19.
- Canter U., Kruger J., Hanusach H., 2007, *Produktivitäts- und Effizienzanalyse. Der nicht-parametrische Ansatz*, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Charnes A., Cooper W.W., Lewin A.Y., Seiford L.M., (red.), 1995, *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications*, Boston: Springer Verlag.
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E., 1978, „Measuring the efficiency of decision making units”, *European Journal of Operational Research*, t. 2, nr 6, s. 429–444.
- Chenery H.B., 1960, „Patterns of industrial growth”, *American Economic Review*, t. 50, nr 3, s. 624–654.
- Debreu G., 1951, „The coefficient of resource utilisation”, *Econometrica*, t. 19, nr 3, s. 273–292.
- Domagała A., 2007, „Przestrzenno-czasowa analiza efektywności jednostek decyzyjnych metodą DEA na przykładzie banków polskich”, *Badania Operacyjne i Decyzje*, nr 3–4.
- Farrell M. J., 1957, „The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, t. 120, nr 3, s. 35–56.

- Guzik B., 2009, *Podstawowe modele DEA w badaniu efektywności gospodarczej i społecznej*, Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego.
- Karlof B., Ostblom S., 1995, *Benchmarking – równaj do najlepszych*, Warszawa: Zarządzanie i Finanse – Józef Śnieciński.
- Kopczewski T., Pawłowska M., 2001, *Efektywność technologiczna i kosztowa banków komercyjnych w latach 1997–2000*, cz. 2, Warszawa: Narodowy Bank Polski.
- Kosmański R., 2010, „Zróżnicowanie poziomu wydajności pracy i jego przyczyny w polskich województwach w latach 1998–2008”, *Studia Regionalne i Lokalne*, nr 3, s. 99–114.
- Mielnik M., Ławrynowicz M., 2002, „Badanie efektywności technicznej banków komercyjnych w Polsce metodą DEA”, *Bank i Kredyt*, nr 5, s. 52–64.
- Pawłowska M., 2005, *Konkurencyjność i efektywność na polskim rynku bankowym na tle zmian strukturalnych i technologicznych*, Warszawa: Narodowy Bank Polski.
- Rogoziński K., 2000, *Usługi rynkowe*, Poznań: Akademia Ekonomiczna w Poznaniu.
- Thanassoulis, E. Dyson R.G., 1992, „Estimating preferred target input-output levels using Data Envelopment Analysis”, *European Journal of Operational Research*, t. 56, nr 1, s. 80–97.
- Winiarski B. (red.), 2002, *Polityka gospodarcza*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

THE CAUSES OF TECHNOLOGICAL INEFFECTIVENESS IN POLISH VOIVODESHIPS IN THE YEARS 1998–2008

The aim of the paper has been to determine the reasons for technological ineffectiveness of the economies of Polish regions (i.e. voivodeships). In order to do so, we have used the modified method of *non-radial Data Envelopment Analysis*, which allowed us to determine partial indexes of technological effectiveness separately for the labour factor and the material capital factor. As a result, we have been able to state that the main source of technological ineffectiveness of technologies used in regional economies lies in relatively lower and spatially differentiated technological effectiveness compared to the technological effectiveness of the material capital factor. In view of the results, we have extended the study over three sectors of the economy and considered the substitution processes occurring between them. Adapting such a research objective has made it possible to identify the reasons of the ineffectiveness of the analyzed economies and of those characterized by a relatively low technological effectiveness. A technology has been proposed which will help to overcome the technological inadequacies in the most effective way.

Key words: regional economy, data envelopment analysis, technological efficiency, employment structure.