

*dr Bogdan Ludwiczak*¹

Katedra Finansów
Uniwersytet Rzeszowski

Wykorzystanie metody DEA w przestrzenno-czasowej analizie efektywności inwestycji

WPROWADZENIE

Jednym z najważniejszych czynników decydujących o poziomie i tempie rozwoju gospodarczego jest efektywność wykorzystania inwestycji. Jest różna w poszczególnych regionach. Zależy ona od wielu czynników, w tym od potencjału gospodarczego. Wyniki badania efektywności wykorzystania inwestycji mogą stanowić, z jednej strony podstawę oceny jakości prowadzonej polityki gospodarczej, z drugiej zaś, weryfikować skuteczność zarządzania. W sytuacji ograniczania nakładów na inwestycje, szczególnego znaczenia nabiera optymalizacja ich wykorzystania. Podstawą podejmowanych decyzji, dotyczących alokacji nakładów, powinny być nie tylko potrzeby regionów, ale również wyniki oceny dotychczasowego wykorzystania środków.

Celem pracy jest pokazanie możliwości wykorzystania metody DEA (ang. *Data Envelopment Analysis*) w ocenie efektywności wykorzystania inwestycji z uwzględnieniem uwarunkowań przestrzennych. Rozważania ogólne są ilustrowane wynikami oceny efektywności inwestycji w poszczególnych województwach Polski w latach 2005–2010.

METODA OCENY EFEKTYWNOŚCI

Pomiar efektywności jest podstawowym zagadnieniem oceny zarówno zarządzania przedsiębiorstwem, jak i prowadzonej polityki gospodarczej. Dzięki temu mamy możliwość porównania skuteczności stosowanych metod zarządza-

¹ Adres korespondencyjny: Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Ekonomii, Katedra Finansów, ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów, tel. +48 17 872 1703, e-mail: bogdan.ludwiczak@hotmail.com.

nia, podejmowanych decyzji, a w rezultacie maksymalizacji wyników i wzrostu efektywności. Stosowane metody oceny można podzielić na trzy podstawowe kategorie: metody wskaźnikowe, parametryczne i nieparametryczne.

Podstawą oceny wskaźnikowej są z reguły mierniki bazujące na danych finansowych. Metody parametryczne bazują na podejściu statystycznym. Identyfikowany jest model zależności pomiędzy badanymi wielkościami, którego parametry podlegają estymacji na podstawie danych empirycznych. Klasycznym zagadnieniem jest w tej sytuacji modelowanie funkcji produkcji. W przypadku metod nieparametrycznych podstawą oceny efektywności organizacji jest relacja jej faktycznej produktywności do największej możliwej produktywności. Do tej kategorii zaliczana jest metoda DEA.

Metoda DEA od wielu lat pozostaje w kręgu zainteresowań badaczy. Wynika to z jej uniwersalności. Może być wykorzystana zarówno w analizie efektywności jednostek gospodarczych, jak i instytucji non profit [Czyż-Gwiazda, 2013].

Metoda DEA służy do oceny tzw. efektywności technologicznej [Guzik, 2009b] rozumianej jako relacja nakładów do efektów. Punktem wyjścia jest zbiór obiektów O_1, O_2, \dots, O_k . Każdy z nich charakteryzuje się zbiorem N nakładów i R rezultatów. Celem metody jest ocena efektywności technologicznej każdego z obiektów rozumianej jako ocena skuteczności przekształcania nakładów w rezultaty.

Podstawą oceny jest miernik, którego wartość wyznaczana jest dla każdego z obiektów. Mierzy on efektywność przekształcania nakładów w rezultaty przez każdy z obiektów. Miernik ten jest unormowany w przedziale $[0, 1]$, jego wyższa wartość odpowiada wyższej efektywności danego obiektu w relacji do pozostałych. Przyjmuje się, że takim wskaźnikiem jest iloraz kombinacji liniowych rezultatów i nakładów:

$$E = \frac{\sum_{r=1}^R v_r * y_r}{\sum_{n=1}^N w_n * x_n}$$

gdzie:

x_n – nakłady ($n = 1, \dots, N$),

y_r – rezultaty ($r = 1, \dots, R$),

w_n, v_r – wagi określające ważność poszczególnych nakładów i efektów.

Dla każdego z obiektów metodą programowania liniowego wyznacza się takie wartości wag, dla których wskaźnik efektywności przyjmuje wartość maksymalną. Na proces obliczeniowy składa się k zadań programowania liniowego. Podstawą optymalizacji prowadzonej indywidualnie dla każdego z obiektów są dane dotyczące nakładów i efektów całego badanego zbioru. Otrzymana ocena

efektywności badanego obiektu jest efektywnością względną, tzn. wyznaczona jest względem pozostałych obiektów.

Do podstawowych zalet metody DEA można zaliczyć ogólność podejścia do pomiaru efektywności. Pozwala to na jej implementację w tak odległych obszarach zainteresowań badawczych, jak np. analiza efektywności funkcjonowania bibliotek [Osiewalska, Osiewalski, 1999] czy ocena ryzyka kredytowego [Gospodarowicz, 2004]. Jako podstawowe wady wymienia się złożoność obliczeniową, brak odporności na obserwacje nietypowe (tzw. *outliers*) czy redundancję liczby obiektów ocenianych jako najlepsze. W tym ostatnim przypadku chodzi o to, że metoda DEA może uznawać znaczną część analizowanych obiektów za maksymalnie efektywne [Guzik, 2009a].

W związku z powyższym w literaturze przedmiotu proponuje się modyfikacje metody DEA. W szczególności mowa tu o rozwiązaniu prostszym pojęciowo i obliczeniowo, omawianym w pracach B. Guzika [Guzik, 2009a,b], dotyczącym ustalania efektywności instytucji non profit (NPE). W celu ograniczenia redundancji liczby obiektów ocenianych jako najlepsze, proponuje się rozszerzenie zbioru analizowanych obiektów o rzeczywisty lub wirtualny obiekt wzorcowy i analizę efektywności z uwzględnieniem tych dodatkowych obiektów. Mogą nimi być wzorce: ekstremalny, przeciętny czy kwartylowy.

W przypadku wzorca ekstremalnego za r -ty rezultat przyjmujemy wartość maksymalną spośród rezultatów empirycznych. Jako n -ty nakład przyjmujemy wartość minimalną z nakładów empirycznych:

$$y_{rw} = \max\{y_{r1}, \dots, y_{rk}\}, r = 1, \dots, R,$$

$$x_{nw} = \min\{x_{n1}, \dots, x_{nk}\}, n = 1, \dots, N,$$

gdzie

w – indeks obiektu wzorcowego,

k – liczba analizowanych obiektów.

Wzorzec ekstremalny jest praktycznie nieosiągalny z uwagi na częste zróżnicowanie wielkości badanych obiektów. Przypisywane mu rezultaty z reguły odpowiadają dużym obiektom, zaś nakłady obiektom małym. W związku z tym rozważany jest wzorzec przeciętny. Zakłada się, że ten wirtualny obiekt powinien charakteryzować przeciętne nakłady i efekty. W konstrukcji wzorca przeciętnego można wykorzystać wartości średnie lub mediany:

$$y_{rw} = \text{mediana}\{y_{r1}, \dots, y_{rk}\}, r = 1, \dots, R,$$

$$x_{nw} = \text{mediana}\{x_{n1}, \dots, x_{nk}\}, n = 1, \dots, N,$$

Wzorzec ekstremalny jest modelem sztucznym zaś wzorzec przeciętny może okazać się zbyt podobny do części obiektów. Rozwiązaniem pośrednim jest wzorzec kwartylowy:

$$y_{rw} = Q_3\{y_{r1}, \dots, y_{rk}\}, r = 1, \dots, R,$$

$$x_{nw} = Q_1\{x_{n1}, \dots, x_{nk}\}, n = 1, \dots, N,$$

gdzie:

$Q_1\{ \}, Q_3\{ \}$ – kwantyle rzędu pierwszego i trzeciego.

Ocena efektywności obiektów rzeczywistych może być prowadzona przy założeniu, że punktem odniesienia dla niej jest efektywność wzorca. W ten sposób redukujemy proces obliczeniowy do rozwiązania jednego zadania programowania liniowego. Znajdujemy wartości wag nakładów i efektów dla obiektu wzorcowego a wartości wskaźników efektywności pozostałych obiektów wyznaczamy w relacji do otrzymanego rozwiązania wzorcowego.

IDENTYFIKACJA ZALEŻNOŚCI PRZESTRZENNYCH

Jednym z istotnych elementów analizy zjawisk jest identyfikacja występowania zależności przestrzennych. Z reguły podstawą analizy są dane dotyczące takich obiektów, jak: regiony, powiaty czy gminy. Wprawdzie granice obiektów są często umowne to jednak w badaniach nie można pominąć przestrzennego wymiaru aktywności społeczno-ekonomicznej czy prowadzonej polityki gospodarczej. Tak więc w analizie ilościowej danych przestrzennych należy zwracać uwagę na problem autokorelacji przestrzennej, tj. wpływu lokalizacji przestrzennej obiektów na przebieg badanych zjawisk.

Podstawowym zagadnieniem w analizie przestrzennej jest identyfikacja autokorelacji przestrzennej i weryfikacja hipotez dotyczących jej istotności.

Punktem wyjścia dla każdej z metod proponowanych w literaturze przedmiotu jest tzw. macierz sąsiedztwa. Jest to kwadratowa, symetryczna macierz binarna. Wartości niezerowe oznaczają istnienie sąsiedztwa. Jedyne umieszczane są na przecięciu i -tego wiersza i j -tej kolumny macierzy w przypadku gdy i -ty obiekt sąsiaduje z j -tym. W przeciwnym razie mamy wartości zerowe. Dotyczy to także głównej przekątnej macierzy sąsiedztwa.

Na podstawie macierzy sąsiedztwa budowana jest macierz wag przestrzennych, która przedstawia zależności pomiędzy badanymi obiektami. Jej konstrukcja zależy od inwencji badacza. Może uwzględniać szeroko rozumiane odległości pomiędzy sąsiadującymi obiektami. Chodzi tu nie tylko o odległość fizyczną (np. pomiędzy środkami geograficznymi lub stolicami regionów) ale dystans społeczny czy ekonomiczny [Janc, 2006].

Najbardziej znaną i najczęściej wykorzystywaną miarą służącą do oceny stopnia skorelowania pomiędzy sąsiadującymi obiektami jest statystyka Morana I :

$$I = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k w_{ij}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k w_{ij} \cdot (x_i - \bar{x}) \cdot (x_j - \bar{x})}{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2} = \frac{k}{S_0} \cdot \frac{z^T W z}{z^T z}$$

gdzie:

x_i – wartość zmiennej dla i -tego regionu (obiektu),

W – macierz wag przestrzennych o wymiarach $k \times k$

z – wektor kolumnowy odchyłeń od średniej $z_i = x_i - \bar{x}$, $i = 1, \dots, k$,

$S_0 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k w_{ij}$ – suma wszystkich elementów macierzy wag.

Statystyka Morana jest wykorzystywana do ustalenia, czy sąsiadujące ze sobą obszary są bardziej podobne do siebie (w sensie wartości analizowanej zmiennej) niż to by wynikało ze stochastycznego charakteru badanego zjawiska [Suchecki, 2010 s. 113]. Stawiana jest hipoteza zerowa o braku zależności przestrzennych (wartości analizowanej zmiennej są rozmieszczone losowo) wobec hipotezy alternatywnej mówiącej o istnieniu autokorelacji przestrzennej. W przypadku braku autokorelacji przestrzennej statystyka Morana przyjmuje wartości bliskie zeru. Hipotezę o istotności autokorelacji przestrzennej można zweryfikować w oparciu o statystykę postaci:

$$Z_I = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{Var}(I)}}$$

gdzie:

$$E(I) = -\frac{1}{k-1},$$

$$\text{Var}(I) = \frac{k^2 S_1 - k S_2 + 3 S_0^2}{(k^2 - 1) S_0^2} - \frac{1}{(k-1)^2}$$

Wartości $E(I)$ oraz $\text{Var}(I)$ to aproksymacje wartości oczekiwanej i wariacji. Wartości pomocnicze S_1 i S_2 , podobnie jak S_0 , wyznaczamy na podstawie macierzy sąsiedztwa W :

$$S_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k (w_{ij} + w_{ji})^2 \quad S_2 = \sum_{i=1}^k \left(\sum_{j=1}^k w_{ij} + \sum_{j=1}^k w_{ji} \right)^2$$

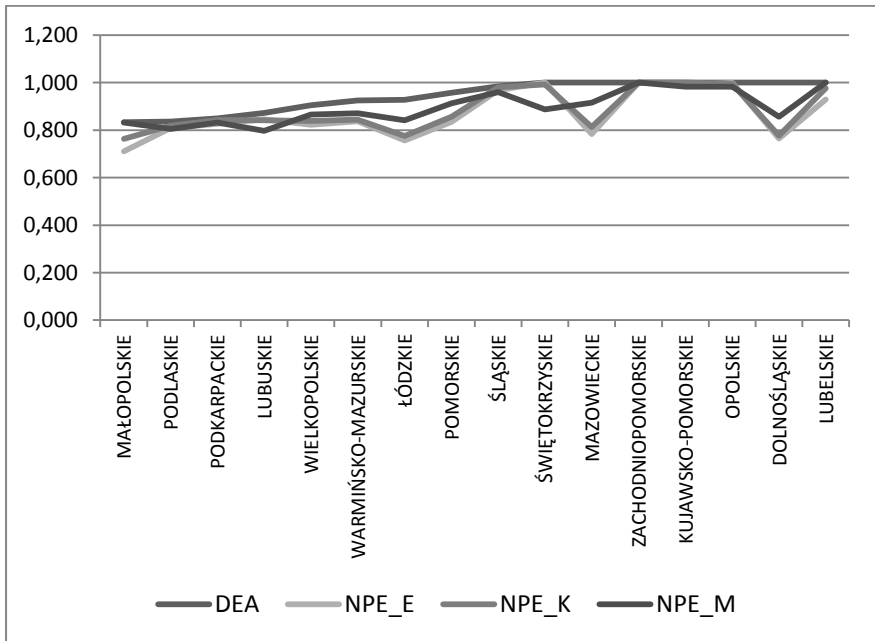
Statystyka Z_I charakteryzuje się standaryzowanym rozkładem normalnym $N(0,1)$. Gdy brak jest autokorelacji przestrzennej statystyka Morana I przyjmuje wartości bliskie wartości oczekiwanej ($I \approx -\frac{1}{k-1}$, $Z_I \approx 0$). Wartości większe od wartości oczekiwanej wskazują na autokorelację dodatnią zaś mniejsze na autokorelację ujemną.

ANALIZA EFEKTYWNOŚCI INWESTYCJI

Przedmiotem analizy jest wykorzystanie inwestycji w poszczególnych województwach Polski w latach 2005–2010. Wykorzystano dane statystyczne dotyczące wskaźników zrównoważonego rozwoju publikowane przez Główny Urząd Statystyczny [*Bank Danych...*, (<http://www.stat.gov.pl>)]. Dla potrzeb analizy wybrano następujące wielkości:

- nakłady inwestycyjne według sektorów na 1 mieszkańca (ceny bieżące) – ogółem,
- nakłady na działalność badawczo-rozwojową w relacji do PKB,
- udział wydatków inwestycyjnych jednostek samorządu terytorialnego w wydatkach ogółem,
- produkt krajowy brutto na 1 mieszkańca,
- przeciętny miesięczny dochód rozporządzalny na 1 osobę w gospodarstwie domowym.

Pierwsze trzy wskaźniki dotyczą nakładów inwestycyjnych. Pozostałe dwa charakteryzują efekty inwestycji. Pierwszy w wymiarze ogólnym. Drugi, odczuwalny społecznie.



Rysunek 1. Wyniki oceny efektywności inwestycji w roku 2005 otrzymane przy zastosowaniu różnych wersji metody DEA

Źródło: opracowanie własne.

Zgromadzone dane dotyczyły kształtowania się wybranych mierników w poszczególnych województwach w Polsce, w latach 2005–2010. Na ich podstawie metodą DEA oszacowano efektywność inwestycji w każdym z województw w poszczególnych latach. Miarą efektywności była, omawiana wcześniej, relacja wybranych efektów do nakładów inwestycyjnych. Otrzymane wyniki w pełni potwierdziły zastrzeżenia dotyczące redundancji liczby obiektów ocenianych jako najlepsze. W związku z tym dokonano pomiaru efektywności również zmodyfikowaną metodą DEA [Guzik, 2009b]. Na rysunku 1 pokazano wyniki otrzymane dla poszczególnych województw w roku 2005.

Podstawowa wersja metody (DEA) wskazuje na maksymalną efektywność inwestycji w siedmiu z szesnastu województw. Tej słabości pozbawione jest podejście bazujące na wzorcach. Wyniki otrzymane metodą zmodyfikowaną z wykorzystaniem różnych wzorców (NPE_E – wzorzec ekstremalny, NPE_M – wzorzec przeciętny oparty na medianie, NPE_K – wzorzec oparty na kwartylach) są podobne. Nie identyfikują tak znacznej liczby obiektów charakteryzujących się maksymalną efektywnością.

W związku z powyższym, do prowadzenia analizy efektywności inwestycji ostatecznie wybrano metodę bazującą na wzorcu wykorzystującym kwartyle nakładów i efektów. W ten sposób oszacowano efektywność inwestycji w poszczególnych województwach w latach 2005–2010. Otrzymane wyniki podano tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki oceny efektywności inwestycji dla województw w latach 2005–2010

Województwo	Kod	Lata					
		2005	2006	2007	2008	2009	2010
Małopolskie	KR	0.762	0.717	0.817	0.824	0.888	0.775
Łódzkie	EL	0.775	0.860	0.801	0.796	0.880	0.859
Dolnośląskie	DW	0.777	0.907	0.845	0.850	0.902	0.965
Mazowieckie	WA	0.813	1.000	1.000	1.000	1.000	0.929
Podlaskie	BI	0.818	0.823	0.887	0.807	0.932	0.928
Wielkopolskie	PO	0.838	0.947	0.964	0.900	1.000	0.967
Lubuskie	FZ	0.841	0.947	0.883	0.972	1.000	0.676
Podkarpackie	RZ	0.842	0.759	0.849	0.814	0.849	0.625
Warmińsko-mazurskie	NO	0.844	0.895	0.865	0.862	0.929	0.841
Pomorskie	GD	0.857	0.910	0.807	0.755	0.694	0.853
Lubelskie	LU	0.976	0.837	0.970	0.827	0.887	0.825
Śląskie	SK	0.980	0.979	0.916	0.917	0.942	1.000
Świętokrzyskie	TK	0.992	1.000	1.000	0.873	0.816	0.757
Opolskie	OP	0.995	0.944	0.921	1.000	0.974	1.000
Kujawsko-pomorskie	CB	1.000	0.986	0.966	0.848	0.830	0.904
Zachodniopomorskie	ZS	1.000	1.000	0.966	0.834	0.944	0.980

Źródło: opracowanie własne.

Z otrzymanych rezultatów wynika, że efektywność wykorzystania inwestycji rozumiana jako względna ocena relacji wybranych wskaźników efektów do nakładów w latach 2005–2010 jest zróżnicowana w poszczególnych województwach. Można zauważyć regiony, w których kształtuje się ona na poziomie maksymalnym w każdym z analizowanych okresów. Do takich województw można zaliczyć: mazowieckie, wielkopolskie, śląskie, opolskie czy zachodniopomorskie. Są również województwa, które na tle całości charakteryzuje niższy od innych wskaźnik efektywności inwestycji. Należą do nich: małopolskie, łódzkie czy podkarpackie.

Trzeba podkreślić, że ocena efektywności województw w danym roku jest oceną względną, której podstawą jest relacja efektów do nakładów w hipotetycznym obiekcie wzorcowym. Należy również zauważyć, że efekty prowadzonej polityki inwestycyjnej są rozłożone w czasie. Otrzymane oceny efektywności w danym okresie są efektem nie tylko nakładów tego okresu ale nakładów i prowadzonej polityki inwestycyjnej, w okresach poprzednich. Tak więc wyniki otrzymane dla roku 2010 są konsekwencją polityki gospodarczej w przeszłości.

Możliwości wykorzystania inwestycji są uzależnione nie tylko od wielkości nakładów, ale również od poziomu rozwoju gospodarczego regionu. Pomimo prowadzonej polityki zrównoważonego rozwoju, poziom aktywności gospodarczej, uprzemysłowienia czy ryzyka inwestycyjnego jest w Polsce nadal zróżnicowany. Można przypuszczać, że to zróżnicowanie przestrzenne ma wpływ również na efektywność wykorzystania nakładów inwestycyjnych. W celu weryfikacji tej hipotezy dokonano pomiaru autokorelacji przestrzennej.

Dla każdego roku, na podstawie wyników oceny efektywności inwestycji w poszczególnych województwach, oszacowano wartości statystyki Morana I . Dla potrzeb weryfikacji hipotezy o istnieniu autokorelacji przestrzennej wyznaczono wartość statystyki Z_t oraz jej poziom istotności (p).

Tabela 2. Kształtowanie się statystyki Morana I dla oceny efektywności inwestycji w latach 2005–2010

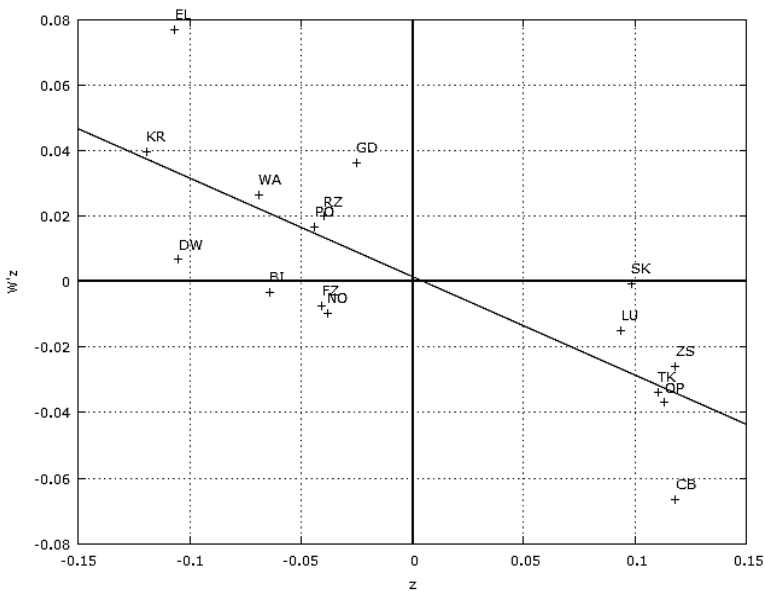
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
I	-0.3008	-0.0107	-0.2597	-0.1645	-0.0528	0.0961
Z_t	-1.6685	0.3989	-1.3754	-0.6970	0.0986	1.1601
p	0.0476	0.3450	0.0845	0.2429	0.4607	0.1230

Źródło: opracowanie własne.

Uzyskane wyniki pozwalają na odrzucenie hipotezy o braku autokorelacji przestrzennej jedynie na początku badanego okresu (na poziomie istotności 5%). W roku 2005 wartość statystyki Morana I wskazuje na ujemną autokorelację przestrzenną. W pozostałych latach brak jest podstaw do twierdzenia, że zależności przestrzenne mają istotny wpływ na uzyskane oceny efektywności inwestycji. Warto jednak zwrócić uwagę na zmiany poziomu statystyki I . Jej wartość standaryzowana zwiąk-

sza się. Z istotnej wartości ujemnej na początku zmienia się, przyjmując wartość dodatnią na końcu analizowanego okresu. Może to wskazywać, że wraz z upływem czasu efektywność wykorzystania inwestycji będzie podobna w regionach sąsiadujących ze sobą. Zmiany te można zilustrować graficznie na wykresach rozproszenia, w literaturze określanych m.in. jako moranowskie wykresy rozproszenia [Suchecki, 2010, s. 118] czy wykresy punktowe statystyki Morana [Kopczevska, 2011, s. 74]. Na osi odciętych odkładane są wartości standaryzowane analizowanej zmiennej (w naszym przypadku z), a na osi rzędnych jej wartości „przestrzennie” opóźnione przez wykorzystanie macierzy sąsiedztwa ($y = W^T z$).

Na wykresach przedstawiono zależności pomiędzy wartościami oceny efektywności inwestycji w danym województwie, a oceną efektywności skorygowaną o lokalizację (tj. uwzględniającą efekt sąsiedztwa). W celu identyfikacji poszczególnych województw, na wykresach wykorzystano ich kody podane w tabeli 1. Dla otrzymanego zbioru punktów szacowana jest linia regresji ($y = a + bz$). Jej współczynnik kierunkowy (tangens kąta nachylenia prostej) jest równy statystyce Morana I .



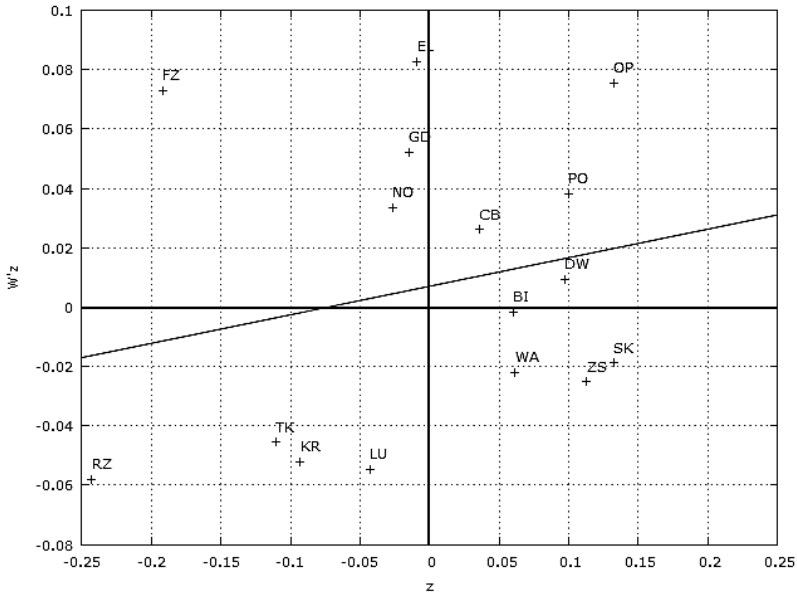
Rysunek 2. Wykres rozproszenia dla ocen efektywności w roku 2005
(równanie linii regresji: $y = 0.00158 - 0.3008z$)

Źródło: opracowanie własne.

Wykresy rozproszenia ilustrują zależności przestrzenne. Punkty na wykresie odpowiadają poszczególnym województwom. Silne grupowanie się analizowanych obiektów w ćwiartce I i III układu współrzędnych wskazuje, że wyższe wartości analizowanej zmiennej odpowiadają obiektom sąsiadującym z sobą.

Niższe wartości odpowiadają regionom, które z sobą nie sąsiadują. W tej sytuacji mamy dodatni współczynnik kierunkowy linii regresji. Odpowiada to dodatniej autokorelacji przestrzennej.

Skupianie się punktów w ćwiartkach II i IV odpowiada autokorelacji ujemnej. Jest to przypadek, w którym wyższe wartości analizowanej zmiennej sąsiadują z niskimi i odwrotnie.



Rysunek 3. Wykres rozproszenia dla ocen efektywności w roku 2010 (równanie linii regresji: $y=0,00701-0,0961z$)

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki oceny efektywności wskazują na ujemną autokorelację przestrzenną w 2005 r. Oznacza to, że na początku badanego okresu mamy do czynienia ze zróżnicowaniem poziomu wykorzystania nakładów inwestycyjnych w sąsiadujących regionach kraju. Uzyskane rezultaty pozwalają przypuszczać, że wraz z upływem czasu zachodzą zmiany zależności przestrzennych – z autokorelacji ujemnej na dodatnią. W poszczególnych województwach zmienia się względna efektywność wykorzystania inwestycji. Otrzymane wyniki wskazują na tendencję do upodabniania się, z tego punktu widzenia, województw sąsiadujących ze sobą. Nie jest to jeszcze zależność statystycznie istotna. Niemniej jednak na uwagę zasługuje kierunek zachodzących zmian. W tej sytuacji uzasadniona wydaje się być analiza zachodzących zmian w poziomie efektywności wykorzystania inwestycji na przestrzeni kolejnych lat. Taka analiza będzie możliwa po udostępnieniu danych przez GUS.

ZAKOŃCZENIE

W pracy pokazano możliwości wykorzystania wybranej metody nieparametrycznej w analizie przestrzenno-czasowej wykorzystania inwestycji. Przedstawiane rozważania pozwalają na sformułowanie licznych wniosków:

- ocena efektywności wykorzystania nakładów inwestycyjnych nie jest zadaniem łatwym,
- istotnym zagadnieniem jest wybór metodologii; w tym celu można wykorzystać metodę DEA,
- uzyskane wyniki empiryczne potwierdzają zarzuty stawiane metodzie DEA dotyczące redundancji liczby obiektów ocenianych jako najlepsze,
- dla potrzeb analizy można wykorzystać modyfikacje proponowane przez B. Guzika [Guzik, 2009a,b].

Analiza uzyskanych rezultatów oceny efektywności wykorzystania inwestycji w poszczególnych województwach Polski w latach 2005–2010 wskazuje na:

- relatywnie wysoką relację efektów do nakładów inwestycyjnych we wszystkich województwach,
- przekształcanie się, wraz z upływem czasu, relacji przestrzennych w efektywności wykorzystania inwestycji z autokorelacji ujemnej na dodatnią, tj. na tendencje do grupowania się województw w regiony o podobnym poziomie wykorzystania nakładów inwestycyjnych (niższym lub wyższym).

Powyższe uwagi warto wziąć pod uwagę analizując efekty prowadzonej polityki gospodarczej z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju wszystkich regionów naszego kraju.

LITERATURA

Bank Danych Lokalnych GUS, www.stat.gov.pl.

Czyż-Gwiazda E., 2013, *Koncepcje pomiaru efektywności funkcjonowania organizacji – zastosowanie metody DEA w ocenie efektywności organizacji*, „Zarządzanie i Finanse. Journal of Management and Finance”, Vol. 1, No. 1.

Gospodarowicz A., 2004, *Możliwości wykorzystania metody DEA do oceny ryzyka kredytowego w kontekście Nowej Umowy Kapitałowej* [w:] *Przestrzenno-czasowe modelowanie i prognozowanie zjawisk gospodarczych*, red. A. Zeliaś, Wyd. Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków.

Guzik B., 2009a, *Propozycja metody szacowania efektywności instytucji non profit*, Roczniki Ekonomiczne Kujawsko-Pomorskiej Szkoły Wyższej w Bydgoszczy, nr 2.

Guzik B., 2009b, *Uwagi na temat zastosowania metody DEA do ustalania zdolności kredytowej*, „Przegląd Statystyczny”, z. 2

Janc K., 2006, *Zjawisko autokorelacji przestrzennej na przykładzie statystyki I Morana oraz lokalnych wskaźników zależności przestrzennej (LISA)*. Wybrane zagadnienia metodyczne [w:] *Idee i praktyczny uniwersalizm geografii*, red. Komornicki T., Podgórski Z., Dokumentacja Geograficzna, nr 33, IGiPZ PAN, Warszawa.

- Kopczewska K., 2011, *Ekonometria i statystyka przestrzenna z wykorzystaniem programu R CRAN*, CEDEWU.PL.
- Ludwiczak B., 1991, *Korelacja przestrzenna* [w:] *Ekonometria przestrzenna*, red. A. Zeliaś, PWE, Warszawa.
- Osiewalska A., Osiewalski J., 1999, *Próba oceny efektywności kosztowej polskich bibliotek akademickich*, „Elektroniczny Biuletyn Informacyjny Bibliotekarzy”, www.oss.wroc.l/biuletyn.
- Suchecki B. (red.), 2010, *Ekonometria przestrzenna, Metody i modele analizy danych przestrzennych*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa.

Streszczenie

Praca dotyczy zastosowania metody DEA (*Data Envelopment Analysis*) w przestrzenno-czasowej analizie efektywności inwestycji. Przedmiotem analizy były nakłady i efekty inwestycji w poszczególnych województwach w Polsce, w okresie 2005–2010. W analizie wykorzystano dane publikowane przez Główny Urząd Statystyczny. Dla potrzeb oceny efektywności wybrano trzy rodzaje nakładów i dwa rodzaje efektów inwestycyjnych. W analizie efektywności wykorzystano, proponowaną w literaturze przedmiotu, wersję metody DEA zmodyfikowaną dla potrzeb analizy efektywności instytucji non profit. Chodziło o redukcję liczby obiektów ocenianych jako najlepsze. Rozszerzono zbiór analizowanych obiektów o wirtualny obiekt wzorcowy i analizowano efektywność z uwzględnieniem tego dodatkowego obiektu. Szacując efektywność inwestycji w poszczególnych województwach przyjęto, że punktem odniesienia dla niej jest efektywność wzorca. Pozwoliło to na znaczną redukcję procesu obliczeniowego. Rozważano różne wzorce. Szacowano wagi nakładów i efektów dla obiektu wzorcowego, a wartości wskaźników efektywności pozostałych obiektów wyznaczano w relacji do otrzymanego rozwiązania wzorcowego. Uzyskane wyniki potwierdziły zarzuty stawiane metodzie DEA dotyczące redundancji liczby obiektów ocenianych jako najlepsze.

Przeprowadzono analizę autokorelacji przestrzennej otrzymanych wyników oceny efektywności inwestycji dla poszczególnych województw w badanym okresie. W tym celu wykorzystano statystykę Morana. Otrzymane wyniki wskazują na przekształcanie się, wraz z upływem czasu, relacji przestrzennych w efektywności wykorzystania inwestycji z autokorelacji ujemnej na dodatnią, tj. na tendencję do grupowania się województw w regiony o podobnym poziomie wykorzystania nakładów inwestycyjnych (niższym lub wyższym).

Słowa kluczowe: efektywność inwestycji, metoda DEA, autokorelacja przestrzenna

The Use of DEA Method in Time-spatial Analysis of Investment Efficiency

Summary

The subject of this work is the application of the DEA (*Data Envelopment Analysis*) method – spatial analysis of investment efficiency for certain period of time. The inputs and the effects of investment in voivodeships in Poland during the period 2005–2010 were examined. The analysis is based on the data published by the Central Statistical Office. Three types of inputs and two types of outputs were used to estimate the effectiveness of investment. The modified DEA method for non-profit institutions was applied. The main issue concerns on reduction of

the number of the most effective objects. The method used in the article is deprived of that fault. The set of analyzed objects was extended and includes virtual reference object. There were estimated weight coefficients of the inputs and the outputs for the reference unit. The effectiveness of investment in voivodeships was estimated with this assumption. The results of the empirical investigations confirmed that DEA method has a fault of redundancy i.e. it provides unnecessary number of multiple effective solutions.

The results of effectiveness of investment in voivodeships were analyzed. The spatial autocorrelation method was applied. Moran statistics was used to measure the degree of dependency among values of investment efficiency. The results of investigations indicate the transformation of the spatial relationships. The negative autocorrelation changes into positive. That suggests the tendency to cumulate units with the same level of efficiency.

Keywords: efficiency of investments, DEA, spatial autocorrelation

JEL: C14, C21, R15