

**Marek Gogolkiewicz**

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa we Włocławku

## **Wykorzystanie modeli *Data Envelopment Analysis* w badaniu efektywności terminali intermodalnych**

### **Assumptions for the use of Data Envelopment Analysis models in the study of the efficiency of intermodal terminal**

**Synopsis.** Merytorycznie istotnym zagadnieniem z punktu widzenia obsługi ruchu kontenerowego jest efektywność terminali intermodalnych. Celem artykułu jest prezentacja teoretycznego modelu *Data Envelopment Analysis* (DEA) i ocena możliwości wykorzystania metody do badania efektywności terminali kontenerowych. W artykule przedstawiono wady i zalety metod wskaźnikowych i parametrycznych badania efektywności oraz przedstawiono metodę DEA jako przykład nieparametrycznego podejścia. Metoda DEA nie wymaga znajomości zależności funkcyjnej przy ocenie wpływu zmiennych wejściowych na zmienne wyjściowe. Z tego powodu, metoda DEA ułatwia ocenę wielokryterialną, niwelując jednocześnie problemy natury metodycznej i interpretacyjnej, wynikające ze stosowania metod parametrycznych. W artykule zaprezentowano etapy ewentualnego badania, przykładowe zmienne oraz możliwości interpretacji wskaźników na podstawie otrzymanych wyników.

**Słowa kluczowe:** *Data Envelopment Analysis*, terminale intermodalne, efektywność, transport intermodalny

**Abstract.** Efficiency of the container terminals is the key factor from the handling container traffic point of view. The aim of the article is a presentation of the theoretical model of Data Envelopment Analysis (DEA) and evaluation of the possibilities of using this method for studying the efficiency of container terminals. The article presents the advantages and disadvantages of the indicator and parametric methods in studying of effectiveness and the DEA method as an example of non-parametric approach. The DEA method does not require knowledge of functional dependency in assessing the impact of input variables on the output ones. For this reason, the DEA method simplifies a multi-criteria evaluation, while eliminating methodological and of interpretation problems, resulting from the use of parametric methods. The article presents the stages of the study, examples of variables for the study and the possibilities of interpreting the indicators based on the results.

**Key words:** Data Envelopment Analysis, intermodal terminals, efficiency, intermodal transport

## Wstęp

Do pomiaru efektywności organizacje wykorzystują różne metody oceny tego zjawiska wynikające z podejścia wskaźnikowego, parametrycznego i nieparametrycznego.

Najczęściej przedsiębiorstwa stosują podejście wskaźnikowe wykorzystujące do pomiaru efektywności określone wskaźniki finansowe. Najpowszechniej spotykane są analizy rentowności, płynności, rotacji czy zadłużenia. Dane do obliczeń uzyskiwane są ze sprawozdań finansowych, bilansu czy rachunku zysków i strat. Wskaźniki tego typu stanowią podstawę porównań wartościowych w różnych okresach sprawozdawczych. Służą także do porównań między przedsiębiorstwami lub w konkretnych sektorach, branżach gospodarki. Powszechność stosowania analizy wskaźnikowej powoduje, że bardzo rzadko wspomina się o jej wadach [Pierchalska 2014].

### Wady i zalety metod wykorzystywanych w badaniach efektywności

Analizując metody wykorzystywane w badaniach efektywności, należy wskazać możliwości ich zastosowania. Warto zwrócić uwagę na pewne elementy stanowiące słabe strony metody wskaźnikowej. Należy tu wskazać przede wszystkim to, że [Gąsioriewicz 2011]:

- „pojedynczy wskaźnik analizowany w separacji od pozostałych może dać błędne wnioski,
- tylko część wskaźników ma wzorcowe wielkości pozwalające określić poprawność badanych zjawisk,
- zmiany zasad rachunkowości, czy zróżnicowanie jej zasad w różnych krajach powoduje zaburzenie porównywalności i brak możliwości oceny badanych zjawisk,
- brak wskazania na przyczyny problemu,
- łatwość nadinterpretacji przez sformułowanie zbyt daleko idących wniosków i zafałszowanie rzeczywistości”.

Wielu autorów zwraca uwagę na to, by analiza wskaźnikowa była tylko jednym z elementów oceny przedsiębiorstwa. Powinna ona stanowić podstawę do podejmowania decyzji w przedsiębiorstwie, ale tylko przy założeniu jej interpretacji z wykorzystaniem innych analiz zarówno mierzalnych, jak i opisowych. Wyniki analizy wskaźnikowej nie powinny być traktowane, jako „ostateczna wyrocznia”, co do sytuacji finansowej firmy i jej możliwości rozwoju [Marcinkowska 2007].

Niedoskonałość analizy finansowej wpływa na to, że poszukuje się metod pomiaru efektywności funkcjonowania przedsiębiorstwa, dzięki którym można w szerszym spektrum spojrzeć na wynik pomiaru przy jednoczesnym zminimalizowaniu słabych cech analizy finansowej.

W związku z powyższym coraz częściej w badaniach naukowych stosuje się miary zbudowane na podstawie mikroekonomicznej definicji efektywności. Pojęcie to wskazuje, że testem efektywności produkcji jest to, czy osiągamy granicę możliwości produkcyjnych, w sensie wykorzystania w pełni zasobów przy jednoczesnym braku możliwości zwiększenia produkcji jednego dobra lub usługi bez zmniejszenia produkcji innego dobra, lub usługi [Mielnik i Szambelańczyk 2006].

Dlatego w praktyce stosuje się, obok prostych wskaźników finansowych, także metody statystyczne, opierające się na zidentyfikowanej zależności funkcyjnej, czyli tzw. metody parametryczne. Mają one zastosowanie w przypadku modeli o ściśle określonej strukturze, którą trzeba zidentyfikować. Metody parametryczne wymagają przyjęcia założeń odnośnie do postaci funkcji produkcji. Funkcja ta określa relacje między nakładami a wynikami. Daje odpowiedź na pytanie, jaki maksymalny produkt można uzyskać przy danych nakładach. Praktyka wskazuje, że często dla danego podmiotu nie można zaobserwować wszystkich możliwych kombinacji nakładów i wyników. Co w efekcie powoduje, iż trudno jest sprecyzować matematyczną postać funkcji produkcji. Dodatkowo nawet te zidentyfikowane funkcje mogą budzić wątpliwości natury interpretacyjnej [Ćwiąkała-Małys i Nowak 2009].

Wymienione wcześniej słabe strony metody wskaźnikowej i metod parametrycznych w ocenie efektywności organizacji spowodowały zwiększanie się zainteresowania w praktyce badawczej metodami nieparametrycznymi. Efektywność w metodach nieparametrycznych stanowi relację faktycznej produktywności do największej możliwej produktywności [Helta 2006].

Metodą nieparametryczną coraz szerzej stosowaną w praktyce badań pomiaru efektywności organizacji jest metoda DEA (ang. *Data Envelopment Analysis*).

### **Metoda *Data Envelopment Analysis***

Podstawową zaletą metody DEA jest to, że „jako metoda nieparametryczna, nie wymaga znajomości zależności funkcyjnej przy ocenie wpływu wielu zmiennych wejściowych na wiele zmiennych wyjściowych. Ułatwia tym samym ocenę wielokryterialną, niwelując jednocześnie problemy natury metodycznej i interpretacyjnej, wynikające ze stosowania metod parametrycznych. Struktura modelu nie jest założona, lecz dostosowywana do danych, dzięki czemu metodę tę cechuje większa elastyczność w porównaniu z metodami parametrycznymi.” [Czyż-Gwiazda 2013].

Istotę metody DEA można wytłumaczyć na prostym przykładzie. Dane są cztery jednostki: A, B, C oraz D. Każda z nich opisywana jest jednym efektem (y) i jednym nakładem (x) – tabela 1.

Tabela 1. Wyliczenie efektywności w metodzie DEA  
Table 1. Calculating the efficiency in the DEA method

Obiekt	y	x	Efektywność (y/x)
A	125	18	6,94
B	44	16	2,75
C	80	17	4,71
D	23	11	2,09

Źródło: [www.people.brunel.ac.uk/~mastjib/jeb/or/dea.html](http://www.people.brunel.ac.uk/~mastjib/jeb/or/dea.html) [dostęp: 15.10.2017].

W celu wyznaczenia efektywności względnej należy zestawić wszystkie obiekty z jednostką, która w najlepszy sposób przekształca nakłady w efekty. W przykładzie jest to jednostka A – tabela 2.

Tabela 2. Wyliczenie wskaźnika efektywności względnej

Table 2. Calculation of the relative effectiveness index

Obiekt	Efektywność (y/x)	Wskaźnik efektywności względnej
A	6,94	$6,94/6,94 \times 100\% = 100\%$
B	2,75	$2,75/6,94 \times 100\% = 40\%$
C	4,71	$4,71/6,94 \times 100\% = 68\%$
D	2,09	$2,09/6,94 \times 100\% = 30\%$

Źródło: [www.people.brunel.ac.uk/~mastjib/jeb/or/dea.html](http://www.people.brunel.ac.uk/~mastjib/jeb/or/dea.html) [dostęp: 15.10.2017].

Obiekt, którego wskaźnik efektywności względnej wynosi 100%, określane jest jako efektywny. Pozostałe obiekty to jednostki nieefektywne. Efektywna jednostka A wyznacza granicę efektywności, która jest również granicą zbioru możliwości produkcyjnych analizowanej grupy obiektów. Dla wszystkich jednostek, znajdujących się na tej granicy, efektywność względna wynosi 100%. Dzięki ustaleniu tej granicy jednostki nieefektywne mogą poszukiwać kierunków zmian w poziomie nakładów (lub efektów), które doprowadzą je do tej granicy, a tym samym spowodują, że ich wskaźnik efektywności względnej wyniesie 100% [Domagała 2007].

Prostych przypadków, jak powyższy, raczej nie spotyka się w faktycznych badaniach efektywności. Gdy jednostki opisywane są więcej niż jednym nakładem i jednym efektem, badanie komplikuje się i prosta analiza graficzna nie jest możliwa. Wtedy jedynie rozwiązanie odpowiedniego modelu DEA pozwala obliczyć względną efektywność obiektów i odnaleźć wzorce dla jednostek nieefektywnych.

Metoda *Data Envelopment Analysis* opierając się na benchmarkingu, pozwala nie tylko ocenić efektywność danego obiektu i ustalić ranking jednostek nieefektywnych, lecz także wskazać dla tych ostatnich obiekty wzorcowe i zlokalizować obszary potencjalnych usprawnień [Kozłowska 2014].

W polskiej literaturze metoda DEA nazywana jest najczęściej metodą granicznej analizy danych lub obwiedni danych, lub też metodą badania efektywności granicznej.

Metoda powstała w USA w latach 70. XX wieku. Jej twórcy Charnes, Cooper i Rhodes zdefiniowali efektywność jako stosunek sumy ważonych efektów do sumy ważonych nakładów [Kozłowska 2014].

Przy wykorzystaniu empirycznych wielkości nakładów i efektów, szuka się dla danego obiektu (DMU – *Decision Making Units*) wag maksymalizujących efektywność. W rezultacie otrzymuje się zadanie programowania matematycznego, którego rozwiązaniem dla poszczególnych obiektów jest względna efektywność techniczna, czyli ustalona w odniesieniu do pozostałych DMU, co pozwala na benchmarking najlepszych praktyk, technik i rozwiązań. Obiekty o najwyższych wskaźnikach wyznaczają empiryczną granicę efektywności, stanowiąc jednocześnie empiryczną graniczną krzywą produkcji w badanej grupie obiektów. Ponadto, w odróżnieniu od innych metod oceny efektywności, takich jak chociażby analiza wskaźnikowa, metoda DEA pozwala uwzględnić wiele

nakładów i wiele efektów dla badanych DMU. Stąd też znajduje zastosowanie w badaniu jednostek charakteryzujących się złożonymi procesami [Kozłowska 2014].

Autorzy metody DEA bazując na koncepcji produktywności sformułowanej przez Debreu i Farella, definiującej miarę produktywności jako iloraz pojedynczego efektu i pojedynczego nakładu, zastosowali ją do sytuacji wielowymiarowej, czyli takiej, w której dysponuje się więcej niż jednym nakładem i więcej niż jednym efektem.

Zaletą metody DEA jest jej nieparametryczny charakter, co pozwala na stosowanie tej metody bez znajomości zależności funkcyjnych pomiędzy efektami a nakładami.

W przypadku przedsiębiorstw sektora usługowego jest to szczególnie istotne z uwagi na specyfikę usługi jako produktu. Charakterystycznymi cechami usług są m.in.: niematerialność, nierozłączność i jednoczesność, różnorodność, niemożność przechowywania. W niektórych przypadkach znaczenie danej usługi przeważa nad jej względami finansowymi, chociaż ich nie wyklucza, zatem bardzo trudno byłoby w sposób jednoznaczny określić zależności przekształcania nakładów w wyniki.

Plusem metody jest też możliwość stosowania danych wyrażonych w różnych jednostkach miary zarówno po stronie nakładów, jak i efektów. Pozwala to uwzględnić w analizie takie informacje jak np. czas wytworzenia usługi, poziom jakości usług, liczbę uzyskanych certyfikatów, czy liczbę stałych klientów w zestawieniu z wynikami finansowymi jako efektem czy też liczbą usług. Konfiguracja modelu DEA pod względem zmiennych charakteryzuje się zatem dużą elastycznością, co wydatnie wpływa na zakres zastosowań metody. Można też wprowadzić do analizy zmienne środowiskowe, czyli takie, które oddziałują na efekty lub nakłady DMU, obiekt zaś ich nie kontroluje. Są to zmienne będące odzwierciedleniem uwarunkowań geograficznych, prawnych czy też gospodarczych [Kozłowska 2014].

Niemniej metoda DEA ma też oczywiście pewne ograniczenia, są to m.in.:

- duża wrażliwość na błędne dane oraz wartości istotnie różne od pozostałych;
- wrażliwość na zmianę liczby badanych obiektów (usunięcie lub dodanie kilku jednostek do analizy powoduje różnice w wynikach, jako że metoda opiera się na określaniu efektywności względnej;
- konieczność zachowania odpowiedniej proporcji między liczbą obiektów a liczbą zmiennych (w sumie nakładów i efektów) [Kozun-Cieślak 2012].

Podsumowując, do zalet metody DEA należy zaliczyć:

- możliwość jednoczesnego uwzględnienia wielu nakładów i efektów;
- brak wymagań co do postaci funkcji wyrażającej zależności między nakładami a efektami;
- zmienne opisujące nakłady i efekty mogą mieć różne miana;
- metoda wychwytuje wielkości skrajne, zamiast je uśredniać jak to dzieje się na przykład w przypadku linii regresji.

Metoda ta ma też wady, wśród których należy wskazać:

- efektywność mierzona jest względem pozostałych obiektów, co uwrażliwia metodę na usuwanie bądź dołączanie do zbioru obiektów;
- duża wrażliwość na błędne dane (szczególnie w obiektach uznanych za wzorcowe);
- konieczność oddzielnego rozwiązywania zadania dla każdego obiektu;
- w podstawowych modelach np. CCR pojawia się duża liczba obiektów efektywnych w stosunku do całkowitej liczby obiektów [Kucharski 2014].

Przystępując do badania efektywności metodą DEA, należy pamiętać, iż pozwala ona na porównanie obiektów homogenicznych ze sobą. Wymaga określenia, co jest nakładem, a co efektem działania, przy czym zakłada, że zmienna może być uznana za efekt działania obiektu, jeśli jej wzrost jest pożądany z punktu widzenia DMU, nakłady zaś są zmiennymi kosztowymi, a zatem w interesie jednostki badanej jest ich minimalizowanie.

W terminologii metody DEA wektor empirycznych nakładów i efektów danej jednostki (czyli wszystkie wartości poszczególnych zmiennych danego DMU) określa się technologią obiektu.

Metoda *Data Envelopment Analysis* jest coraz częściej stosowana na świecie jako narzędzie praktyczne wspomagające podejmowanie decyzji w zarządzaniu organizacjami oraz jednostkami gospodarczymi, z kolei w Polsce wciąż pozostaje ona głównie w kręgu zainteresowań środowisk naukowych.

### **Założenia do badania efektywności terminali kontenerowych metodą DEA**

Podstawowym elementem infrastruktury niezbędnym do obsługi ruchu kontenerowego są terminale intermodalne stanowiące węzłowe punkty transportowe, łączące różne gałęzie transportu, najczęściej transport drogowy, kolejowy i wodny. Istotnym zagadnieniem z punktu widzenia obsługi ruchu kontenerowego jest efektywność poszczególnych terminali. W literaturze można spotkać badania porównujące sprawność różnego typu węzłów logistycznych na podstawie tradycyjnych wskaźników, można również znaleźć analizy bazujące na wielowymiarowych metodach badania efektywności takich jak np. DEA.

W ramach przeprowadzonego przeglądu literatury ustalono, że metoda DEA jest wykorzystywana do badania efektywności węzłów logistycznych np. portów morskich czy portów lotniczych. W odniesieniu do portów morskich metoda DEA była stosowana do teoretycznej oceny efektywności portów morskich, do określenia względnej wydajności portów i ewolucji efektywności indywidualnej poszczególnych portów, do empirycznego przetestowania różnych czynników wpływających na wydajność i efektywność portów, do porównania efektywności portów morskich, w celu ustalenia, czy istnieje szczególny rodzaj własności i struktury organizacyjnej, która prowadzi do wyższej efektywności portu. Zastosowanie metody DEA można również spotkać w licznych badaniach dotyczących efektywności portów lotniczych.

W ostatnich latach dynamicznie zwiększyła się liczba przewozów intermodalnych – tak wynika z danych zebranych przez Urząd Transportu Kolejowego. W 2016 roku masa przewiezionych towarów wzrosła blisko o 25% w porównaniu z rokiem poprzednim. Przewozy intermodalne realizowało trzynastu przewoźników. Z danych za 2016 rok wynika, że przetransportowano ponad 12,8 mln ton. Oznacza to wzrost w porównaniu z 2015 rokiem o ponad 2,4 mln ton (ok. 23,5 %). W 2016 roku udział przewozów intermodalnych w rynku przewozów kolejowych mierzony masą przewiezionych ładunków osiągnął poziom 5,8%. Był wyższy o blisko 1,2 p.p. niż w 2015 roku. Praca przewozowa wykonana przy przewozie ładunków kształtowała się na poziomie 4,4 mld tkm. Porównując to z 2015 rokiem, obserwujemy wzrost o ponad 0,7 mld tkm (19,4%). W 2016 roku

udział przewozów intermodalnych w rynku przewozów kolejowych mierzony wykonaną pracą przewozową osiągnął poziom 8,8%. Był wyższy o ponad 1,4 p.p. niż w 2015 roku. Jednak dynamiczny wzrost przewozów intermodalnych nie przekłada się na realny wzrost wolumenu przewozów towarowych. Dlatego segment ten cały czas wymaga wsparcia. Liczba przedsiębiorstw wykonujących takie przewozy nadal jest niewielka. W 2016 roku z 69 spółek wykonujących przewozy towarowe jedynie 13 oferowało przewozy intermodalne. Dla dalszego rozwoju tej gałęzi transportu niezbędne jest zapewnienie stabilnych zasad dostępu do infrastruktury. Pozwoli to na długofalowe planowanie inwestycji, m.in. w specjalistyczny tabor [Przewozy..., 2017].

Polski transport intermodalny według danych za 2015 rok, uzyskanych od terminali przeładunkowych oraz z informacji zamieszczanych przez nie na oficjalnych stronach internetowych wykorzystuje czynnie 31 terminali. Wbrew temu, co można by sądzić, Polska dysponuje stosunkowo dużą liczbą terminali kontenerowych na tle krajów europejskich. Średnia gęstość w przeliczeniu na powierzchnię kraju wynosi około 1 terminala na 10 tys km<sup>2</sup>. Niemniej jednak w krajach wysoko rozwiniętych takich jak choćby Niemcy oraz, w których transport intermodalny jest kluczowym sektorem rynku kolejowego, średnia gęstość kształtuje się na poziomie 4,2 terminala na 10 tys km<sup>2</sup> [Analiza..., 2016].

Z informacji przekazanych przez przewoźników kolejowych widać, że mimo stopniowego rozwoju infrastruktury punktowej w Polsce transport intermodalny jest nadal dużo mniej konkurencyjny niż w pozostałych krajach europejskich. Jakość infrastruktury punktowej i liniowej w krajach europejskich wpływa znacząco na wzrost konkurencyjności transportu kolejowego w stosunku do innych gałęzi transportu. Stan techniczny terminali, brak odpowiedniego sprzętu przeładunkowego oraz niedostateczna długość torów za- i wyładunkowych w Polsce nadal utrudniają uruchamianie przez kolej regularnych połączeń. Obecnie wiele terminali wymaga rozbudowy i modernizacji. Przewoźnicy zwracają uwagę na ograniczenia przepustowości dla infrastruktury punktowej. Niezbędna staje się rozbudowa układu torowego przy dojeździe do określonego terminalu, jak i budowa torów postojowych dla pociągów oczekujących na przeładunek w określonym terminalu [Analiza..., 2016].

Proponowane badanie będzie propagować potencjalne narzędzie do analiz efektywności terminali kontenerowych, co powinno przełożyć się w najbliższych latach zarówno na zwiększenie liczby nowych inwestycji terminalowych, jak i przyczynić się do unowocześnienia, w tym rozbudowy i modernizacji już istniejącej infrastruktury punktowej.

W trakcie przeglądu literatury nie natrafiono dotychczas na wykorzystanie metody DEA do analiz efektywności terminali kontenerowych. W celu empirycznego przetestowania metody DEA zostaną zebrane dane na temat terminali kontenerowych zlokalizowanych na terenie Polski.

Do modelu DEA mogą zostać przyjęte następujące przykładowe zmienne:

- efekt 1 – np. wielkość obrotów ładunkowych w poszczególnych terminalach (tys. ton lub TEU),
- efekt 2 – np. liczba pociągów lub zestawów drogowych wjeżdżających do terminalu w określonej jednostce czasu (szt./t.),
- nakład 1 – np. długość torów kolejowych do załadunku i wyładunku (m),
- nakład 2 – np. urządzenia przeładunkowe tego samego typu (szt.),
- nakład 3 – np. powierzchnia składowa (TEU).

W pierwszym etapie badania zostanie obliczony model DEA ukierunkowany na maksymalizację efektów. Wielkość miary efektywności technicznej wyliczonej w modelu zorientowanym na efekty pozwoli przeanalizować, na ile trzeba zwiększyć wyniki danego terminala kontenerowego, aby był on efektywny przy tej samej wielkości użytych nakładów. Wynikiem badania będzie ranking efektywności terminali kontenerowych według modelu zorientowanego na efekty. Efektywność badanych terminali powinna kształtować się w przedziale od 0,1 do 1. W modelu ukierunkowanym na maksymalizację efektów terminale, których wskaźniki efektywności wyniosły 1, będzie oznaczać, że efektywnie wykorzystywano posiadane nakłady i zostaną one uznane za w pełni efektywne. Terminale intermodalne, dla których wskaźniki efektywności będą mniejsze od 1, zostaną uznane za nieefektywne a w kolejnym etapie badania zostanie wskazane, o ile powinny zwiększyć obroty ładunkowe i liczbę obsługiwanych środków transportu, aby mogły zostać uznane za efektywne przy tej samej wielkości zaangażowanych nakładów.

Zgodnie z ideą benchmarkingu dla nieefektywnych terminali intermodalnych przy pomocy metody DEA zdefiniowane zostaną wzorce efektywności, co pozwoli wskazać na potencjalne usprawnienia, które należałoby zastosować, aby uznać dany terminal za efektywny. Zaprezentowane zostaną potencjalne zmiany, jakie powinny dokonać się w nieefektywnych, terminalach tak, aby mogły stać się terminalami efektywnymi. Wyniki powinny sugerować, jaką ilość efektów należy wygenerować przy danym poziomie nakładów w poszczególnych terminalach kontenerowych.

Kolejny element badania będzie wynikał z faktu, że zarządzający terminalami mają większy wpływ na wielkość stosowanych nakładów niż wielkość generowanych wyników. W związku z tym w kolejnym etapie zostanie obliczony model DEA ukierunkowany na minimalizację nakładów. Za efektywne należałoby w tym przypadku uznać terminale, których wskaźniki efektywności wyniosłyby 1. W odniesieniu do terminali kontenerowych, dla których wskaźniki efektywności będą mniejsze od 1, ustalone zostaną warunki mogące wpłynąć na to, że dana wielkość generowanych efektów mogłaby być osiągnięta przy wykorzystaniu mniejszych nakładów. Da to możliwość przedstawienia potencjalnych zmian, jakie powinny zostać dokonane w nakładach terminali nieefektywnych tak, aby mogły stać się portami efektywnymi. Mając takie informacje, zarządzający poszczególnymi punktami węzłowymi mogą skoncentrować się na odpowiedniej redukcji nakładów, co powinno w terminalach pozwolić zredukować koszty oraz stać się jednostkami efektywnymi.

## Podsumowanie i wnioski

Punktem wyjścia dla podejmowanych decyzji w zakresie funkcjonowania strategii terminali kontenerowych jest rozwiązanie dylematu czy minimalizować nakłady, czy maksymalizować efekty, powinna być analiza skali działania terminalu i związanych z tym korzyści skali. W tym przypadku charakter korzyści skali jest uzależniony od reakcji efektów badanego terminala na zwiększenie ilości nakładów. Jeżeli wzrost efektów jest procentowo większy niż wzrost nakładów, to można mówić o rosnących korzyściach skali. Z kolei w przypadku procentowego wzrostu wielkości efektów w mniejszym stopniu niż nakładów wskazuje na malejące korzyści skali. Jeżeli wielkość efektów wzrasta o taki sam procent, jak nakłady to oznacza, że obiekt charakteryzuje się stałymi korzy-



ściami skali. W celu określenia korzyści skali w terminalach kontenerowych można skorzystać z obliczenia modelu NIRS (model przyjmujący założenie o nierosnących korzyściach skali) i porównaniu go z wielkością czystej efektywności technicznej. Pozwoli to na określenie, ile terminali kontenerowych w badanej grupie charakteryzuje się stałymi, malejącymi lub rosnącymi korzyściami skali.

Dążąc do poprawy efektywności węzłów logistycznych warto w tym celu stosować koncepcję tzw. twórczego naśladownictwa to jest benchmarkingu, którego celem jest równanie do najlepszych. Benchmarking wyników można prowadzić na podstawie tradycyjnych metod wskaźnikowych odzwierciedlających relację pojedynczego efektu do pojedynczego nakładu. Ciekawą alternatywą jest zastosowanie metody DEA umożliwiającej ocenę relacji wielu nakładów i efektów. W projekcie badań planuje się zastosować metodę DEA do oceny efektywności terminali intermodalnych w Polsce. Dzięki zastosowaniu metody DEA zostanie ustalony ranking terminali kontenerowych według ich efektywności uwzględniającej relację trzech nakładów i dwóch efektów. W ramach przeprowadzonej analizy zidentyfikowane zostaną najbardziej efektywne terminale kontenerowe. Z kolei dla terminali nieefektywnych określone zostaną benchmarki dzięki, którym można będzie wskazać, co należy usprawnić, aby dany terminal kontenerowy stał się w pełni efektywny.

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania, należy stwierdzić, że metodę DEA można zastosować do badania efektywności różnego typu węzłów logistycznych. Metoda DEA może być narzędziem do oceny efektywności także w portach morskich lub lotniczych oraz centrach dystrybucyjnych. Korzystając z metody DEA, trzeba mieć zawsze na uwadze wady i ograniczenia tej metody. Dotyczy to zwłaszcza wyznaczania względnej efektywności badanego obiektu, czyli ustalania efektywności względem badanej grupy obiektów. Wpływ na wskaźniki efektywności badanych obiektów może mieć każde dołączenie lub wyłączenie nawet jednego obiektu z badanej grupy. Dodatkowo metoda DEA posiada dużą wrażliwość na błędne dane. Związane jest to z tym, że krzywa efektywności jest budowana nie przez estymację parametrów, ale na podstawie danych empirycznych. Z tego powodu każdy błąd w danych jest w stanie w znaczący sposób zmienić wynik obliczeń. W metodzie DEA szczegółowo określono wskazówki w zakresie liczebności próby. Liczba badanych obiektów powinna być znacząco większa od sumy liczby nakładów i efektów. To ograniczenie może stanowić istotną barierę do wykorzystania metody DEA do małych populacji obiektów.

## Literatura

- Analiza kolejowych przewozów intermodalnych w Polsce, 2016, UTK, Warszawa, 5, 6.
- Czyż-Gwiazda E., 2013: Koncepcje pomiaru efektywności funkcjonowania organizacji – zastosowanie metody DEA w ocenie efektywności organizacji, Zarządzanie i Finanse 11.1, 1, 105.
- Ćwiakła-Małys A., Nowak W., 2009: Sposoby klasyfikacji modeli DEA, Badania Operacyjne i Decyzje 3, 6.
- Domagała A., 2007: Metoda Data Envelopment Analysis jako narzędzie badania względnej efektywności technicznej, Badania Operacyjne i Decyzje 3–4, 24–26.
- Gąsiorkiewicz L., 2011: Analiza ekonomiczno-finansowa przedsiębiorstw, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 52.

- Helta M., 2006: Zastosowanie metody DEA do opracowania rankingu efektywności spółek Agencji Nieruchomości Rolnych w 2006 roku, Roczniki Nauk Rolniczych Seria G, 96, 108.
- Kozun-Cieślak G., 2012: Efektywność wydatków publicznych na ochronę zdrowia w krajach Unii Europejskiej, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu 262, 190.
- Kucharski A., 2014: Metoda DEA w ocenie efektywności gospodarczej, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 16.
- Kozłowska J., 2014: Zastosowanie metody DEA w analizie efektywności działania przedsiębiorstw usługowych, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej 73, 306, 308, 311.
- Marcinkowska M., 2007: Ocena działalności instytucji finansowych, Difin, Warszawa, 315.
- Mielnik M, Szambelańczyk J., 2006: Ocena efektywności banków spółdzielczych w Polsce w latach 1997–2003, Bezpieczny Bank 1, 30.
- Pierzchalska W.B., 2014: Analiza finansowa oraz modele przewidywania upadłości jako narzędzie oceny kondycji finansowej przedsiębiorstwa, Finanse i prawo finansowe 1, 17–18.
- Przewozy intermodalne w 2016 roku podsumowanie Prezesa UTK, Warszawa, marzec 2017, 1–5.

Adres do korespondencji:

**dr Marek Gogolkiewicz**

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa we Włocławku

Zakład Zarządzania

ul. Mechaników 3

87-800 Włocławek

tel. (+48) 690 623 325

e-mail: [marek.gogolkiewicz@pwsz.wloclawek.pl](mailto:marek.gogolkiewicz@pwsz.wloclawek.pl)