

Efektywność finansowa i techniczna regionalnych portów lotniczych w Polsce

Wojciech Augustyniak

Celem niniejszego opracowania jest zbadanie polskich regionalnych portów lotniczych pod kątem efektywności finansowej i technicznej oraz wytypowanie benchmarków dla każdego z nich. Aby zrealizować powyższy cel zostały przeprowadzone kalkulacje modelem PCA-DEA osobno dla danych finansowych i technicznych. W obu przypadkach oszacowano efekt skali, jej siłę i kierunek. Wytypowana została strategiczna pozycja polskich portów lotniczych na tle ich niemieckich odpowiedników. Następnie przeprowadzono analizę wag PCA-DEA w celu wyłonienia czynników, które w największym stopniu przyczyniły się do osiągniętych wyników efektywności.



mgr
Wojciech Augustyniak
Katedra Mikroekonomii
UE Poznań

Przedsiębiorstwa sektora usług transportu lotniczego działają obecnie w coraz bardziej konkurencyjnym otoczeniu. Presja związana ze zwiększaniem efektywności portów lotniczych jest odczuwana coraz silniej, a pochodzi ona zarówno od linii lotniczych, pasażerów, jak i od operatorów konkurencyjnych lotnisk. Liberalizacja i deregulacja sektora transportu lotniczego przyczyniły się do ewolucji rynku usług lotniczych i zmiany orientacji działalności z celów publicznych, na cele komercyjne. W konsekwencji jesteśmy świadkami rozwoju nowych modeli biznesowych takich, jak niskokosztowe linie lotnicze albo airport city. Dużej intensyfikacji konkurencji ulega już nie tylko rynek przewoźników, ale również rynek obsługi naziemnej.

Zmniejszeniu ulega siła przetargowa portów lotniczych względem przewoźników, którzy po uzyskaniu większej elastyczności działania stali się głównym generatorem popytu na usługi transportu lotniczego. Wzrastający udział przewoźników niskokosztowych na rynku usług transportu lotniczego sprawia, że regionalne porty lotnicze w coraz mniejszym stopniu funkcjonują na danym obszarze jako monopolista i są zmuszone do konkurencji między sobą za pomocą ceny. Rola portów lotniczych w coraz większym stopniu ogranicza się zatem do funkcji dostawcy infrastruktury naziemnej, których rentowność uzależniona jest przede wszystkim od zdolności minimalizowania ponoszonych nakładów. W obliczu takiego

stanu rzeczy dla operatorów portów lotniczych coraz istotniejszą staje się potrzeba mierzenia i porównywania ich relatywnej efektywności ekonomicznej [1].

Metodologia

Metoda DEA, znana w Polsce jako metoda granicznej analizy danych, jest powszechnie stosowana na świecie do mierzenia efektywności finansowej i technicznej podmiotów o złożonych procesach. W Polsce ta metoda była dotychczas stosowana głównie do badania efektywności instytucji finansowych. Analiza PCA jest z kolei jedną ze statystycznych metod analizy czynnikowej. Stosuje się ją do zmniejszania rozmiaru zbioru danych poprzez przekształcenie dużej ilości zmiennych poprzez zmniejszenie liczby tzw. „komponentów”, przy możliwie jak najmniejszej utracie informacji o zmienności. W tym opracowaniu podjęto próbę zastosowania kombinacji metod PCA i DEA do zbadania efektywności polskich regionalnych portów lotniczych.

Data Envelopment Analysis

Data Envelopment Analysis (DEA) jest ekonometryczną techniką programowania liniowego pozwalającą badać relatywną efektywność jednostek organizacyjnych (Decision Making Unit – DMU). Metoda DEA pozwala badać jednostki o wielu zmiennych wejściowych i wyjściowych reprezentujących odpowiednio: nakłady (inputs) oraz efekty (outputs). Jest to możliwe również w sytuacji, gdy wartości zmiennych są wyrażone w różnych jednostkach (np. pasażerowie w sztukach, a towary w tonach). Podczas analizy badane jednostki są porównywane do homogenicznej grupy podobnych podmiotów, spośród których wyznaczane są tzw. benchmarki, czyli jednostki o relatywnej efektywności równej 100%.

Metoda DEA bazuje na koncepcji produktywności sformułowanej przez Farrela [17], a definiowanej jako iloraz ważonej sumy

efektów do ważonej sumy nakładów. Charnes, Cooper i Rhodes [11] dopracowali tę metodę. Dostrzegli, że każda obserwacja może osiągać ten sam poziom efektywności za pomocą różnych kombinacji swoich zmiennych. Oznacza to, że kalkulując wartość efektywności dla każdej obserwacji można stosować odmienne wagi przy poszczególnych zmiennych. Jeżeli dana zmienne jest szczególnie korzystna dla danego podmiotu (np. stosunkowo niski poziom zatrudnienia), uzyskuje ona wagę o wartości relatywnie wysokiej w porównaniu do pozostałych obserwacji. Gdy wartość danej zmiennej jest relatywnie niekorzystna, otrzymuje ona wagę stosunkowo niską, lecz ograniczoną do wartości nieujemnych [10]. Warunkiem ograniczającym dobór wag jest również przedział wyników efektywności DEA wyrażony zbiorem $\langle 0;1 \rangle$. Wynik równy 1 oznacza wzorcową 100% efektywność.

W metodzie DEA wagi są dobierane zatem w taki sposób, żeby każda jednostka była przedstawiona w najlepszym możliwym świetle w stosunku do pozostałych obserwacji. Np. badając obserwację nr 1, dla całej populacji stosowany jest taki zestaw wag, aby stosunek ważonych efektów do ważonych nakładów obserwacji nr 1 miał jak najwyższą wartość w stosunku do pozostałych obserwacji. Badając obserwację nr 2, w populacji stosowany jest taki zestaw wag, aby tym razem obserwacja nr 2 cechowała się najwyższą relatywną wartością ilorazu ważonych nakładów do efektów. Analogicznie dobierane są wielkości wag dla pozostałych obserwacji. [7]

Przy powyższych założeniach efektywność jednostki $j,0$ można zapisać w formie algebraicznej jako:

$$\max h_0 = \frac{\sum_{i=1}^m u_i y_{i,0}}{\sum_{j=1}^n v_j x_{j,0}}$$

przy zadanym ograniczeniu wag do zbioru liczb nieujemnych, a wyników DEA do przedziału $\langle 0;1 \rangle$ dla każdej obserwacji:

$$\max h_0 = \frac{\sum_{i=1}^m u_i y_{i,0}}{\sum_{j=1}^n v_j x_{j,0}} \quad a=1, \dots, A \quad u_i, v_j \geq 0$$

gdzie:

A – liczba badanych jednostek (DMU)

y – efekt (output)

x – nakład (input)

m – liczba zmiennych reprezentujących efekty (outputs)

n – liczba zmiennych reprezentujących nakłady (inputs)

u – waga i -tej zmiennej efektu

v – waga j -tej zmiennej nakładu

Wyróżnia się kilka podstawowych typów Data Envelopment Analysis w zależności od przyjętych założeń [6]:

a) orientacja modelu

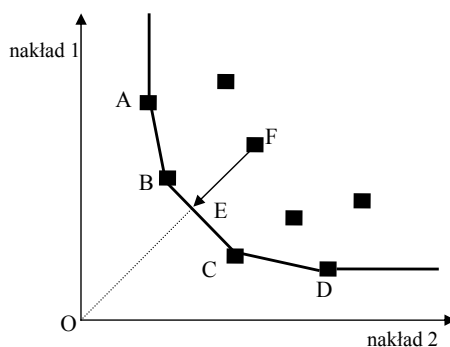
- **orientacja na nakłady** (input oriented) – zakłada minimalizację nakładów przy stałym poziomie efektów,
- **orientacja na efekty** (output oriented) – zakłada maksymalizację efektów przy stałym poziomie nakładów.

b) efekt skali

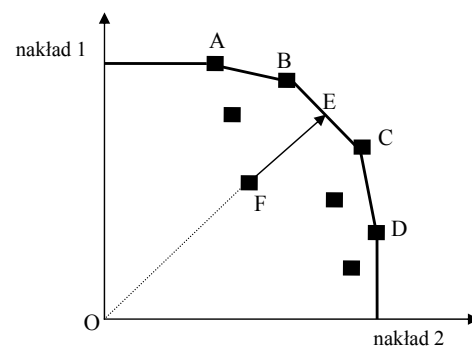
- **stałe efekty skali** – tzw. model CRS (constant return to scale) oznacza, że producent zmieniając wielkość nakładów przy zachowaniu stałego poziomu efektywności uzyska wzrost efektów o wartości wprost proporcjonalnej do wzrostu nakładów. Efektywność mierzona modelem CRS zwana jest efektywnością globalną [10]
- **zmiennie efekty skali** – tzw. model BCC [8] lub VRS (variable returns to scale) może oznaczać rosnące lub malejące efekty skali. W pierwszym przypadku wzrost nakładów przy zachowaniu stałego poziomu efektywności przyczynia się do wzrostu efektów o wartość większą niż wprost proporcjonalna do wzrostu nakładów. W przypadku malejących efektów skali wzrost wartości efektów jest mniej niż wprost proporcjonalny do wzrostu nakładów.

c) rodzaj zmiennych [13]

- **badanie efektywności technicznej (operacyjnej)**; zmiennymi wejściowymi są tylko dane techniczne,
- **badanie efektywności finansowej**; zmiennymi wejściowymi są tylko dane finansowe,
- **badanie efektywności mieszanej**; zmiennymi wejściowymi są zarówno dane techniczne, jak i dane finansowe.



1. DEA zorientowana na nakłady
Źródło: opracowanie własne na podstawie [Pacecho R. R., Fernandes E., 2003]



2. DEA zorientowana na efekty
Źródło: opracowanie własne na podstawie [Pacecho R. R., Fernandes E., 2003]

DEA: orientacja modelu

Data Envelopment Analysis jako metoda nieparametryczna nie wymaga znajomości zależności funkcyjnej między nakładami a efektami. W tej metodzie, przy pomocy przedstawionych wcześniej założeń programowania liniowego, wyznaczona zostaje empiryczna funkcja produkcji tzw. obwiednia (frontier). Obwiednia jest łamaną łączącą wyniki jednostek o efektywności 1. Innymi słowy jest izokwantą o najwyższej relatywnej efektywności dla badanych zmiennych. Relatywna nieefektywność danej jednostki aproksymowana jest odległością jednostki od wyznaczonej empirycznie funkcji produkcji. W przypadku jednostek leżących na obwiedni ich miara efektywności wynosi 1, są to obiekty efektywne. W przypadku obiektów leżących powyżej (w przypadku modelu zorientowanego na nakłady) lub poniżej (w przypadku modelu zorientowanego na efekty) obwiedni, wynik DEA jest mniejszy niż 1 i wskazuje poziom ich nieefektywności.

Wykres 1 przedstawia przykładowe wyniki Data Envelopment Analysis zorientowanej na nakłady dla dwóch zmiennych reprezentujących nakłady i jednej zmiennej reprezentującej efekty. Obserwacje najbliższe osi pionowej i poziomej wyznaczają obwiednię. Punkty A, B, C i D oznaczają jednostki o 100% efektywności. Punkt F przedstawia jednostkę, która w sposób nieefektywny przetwarza swoje zasoby. Benchmarkami dla jednostki F są punkty B i C. Mówiąc inaczej, struktura nakładów i efektów jednostki F jest najbardziej podobna do struktur nakładów i efektów B oraz C. F dążąc do poprawienia swoich wyników powinien brać za wzór B i C.

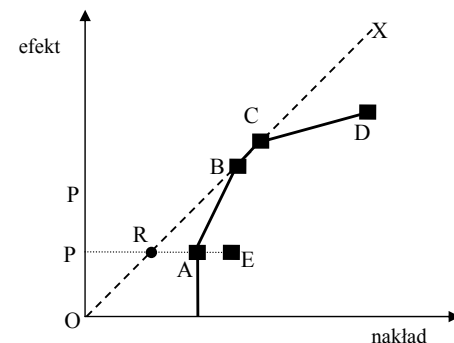
Iloraz długości odcinka OE i odcinka OF jest wynikiem efektywności jednostki F. Wartość 0,7 oznacza efektywność na poziomie 70%. Wartość można interpretować jako relatywną nieefektywność w stosunku do wirtualnego benchmarka E. Inaczej mówiąc jednostka F musiałaby zredukować wartość obu zmiennych wejściowych o 30%, aby

znaleźć się na obwiedni w punkcie E i uzyskać efektywność równą 100%. W praktyce, za pomocą analizy wag przydzielonych poszczególnym zmiennym, można wytypować te nakłady i efekty, których zmiana przyczyni się do polepszenia efektywności w sposób znaczniejszy niż w przypadku pozostałych zmiennych.

Badane podmioty mogą również działać w warunkach, w których łatwiej jest zwiększać efekty niż zmniejszać nakłady. Wykres 2 przedstawia przykład zastosowania Data Envelopment Analysis zorientowanego na efekty dla dwóch zmiennych efektu i jednej zmiennej nakładu. W tym przypadku obserwacje najbardziej oddalone od osi poziomej i pionowej przedstawiają jednostki o największej efektywności. Miarą relatywnej efektywności jednostki F jest stosunek długości odcinków OF do OE.

DEA: efekty skali

Mierząc efektywność DEA modelem CRS (constant return to scale) zwanym również CCR (Skrót CCR pochodzi od nazwisk twórców modelu [11]) zakłada się, że producent, który zachowuje stały poziom efektywności, po zmianie wielkości nakładów uzyska zmianę efektów o wartości wprost proporcjonalnej do wzrostu nakładów. Efektywność mierzona modelem CRS zwana jest efek-



3. DEA o stałych lub zmiennych efektach skali
Źródło: opracowanie własne na podstawie [10]

tywnością globalną [10]. Na wykresie numer 4 obwiednia CRS reprezentowana jest przez prostą OX. Współczynnik kierunkowy obwiedni w modelu CRS jest zawsze równy 1. W podanym przykładzie tylko punkty B i C leżą na obwiedni. Jako jedyne zatem osiągnęły efektywność równą 100%. Miarą efektywności globalnej obserwacji E jest wartość ilorazu długości odcinków PR do PE.

Efektywności DEA modelem VRS (variable returns to scale) zwanym również BCC (Skrót pochodzi od nazwisk twórców modelu [8]) oprócz istnienia stałych efektów skali uwzględnia istnienie zmiennych efektów skali. Uznaje się zatem, że przedsiębiorstwa mogą funkcjonować również w obszarze rosnących efektów skali lub w obszarze malejących efektów skali. W pierwszym przypadku wzrost nakładów dokonywany przy zachowaniu stałego poziomu efektywności VRS przyczynia się do wzrostu efektów o wartość większą niż wprost proporcjonalna do wzrostu nakładów. W przypadku malejących efektów skali wzrost efektów jest mniejszy niż wprost proporcjonalny do wzrostu nakładów. Efektywność mierzona modelem VRS zwana jest efektywnością lokalną [10].

Na wykresie 3 obwiednia VRS reprezentowana jest przez łamaną ABCD. Rosnące efekty skali cechują obserwacje, których wielkość efektów jest mniejsza niż B. Malejące efekty skali występują dla obserwacji, których wielkość efektów jest większa niż C. Obserwacje A, B, C i D cechują się efektywnością lokalną równą 100%. Obserwacje położone poniżej obwiedni uzyskały wynik VRS poniżej 100%. Miarą efektywności lokalnej obserwacji E jest wartość ilorazu długości odcinków PA do PE.

Wartość efektywności lokalnej zawsze jest większa lub równa wartości efektywności globalnej. Jeżeli obserwacja uzyskała wynik równy 100% w modelu VRS, nie oznacza to, że otrzyma również taki samo wysoki wynik CRS. Punkt A na wykresie 4 uzyskał wynik 100% w modelu VRS, ale tylko 50% (przy założeniu, że na wykresie 4 odcinek PR jest równy odcinkowi RA) w modelu CRS. Obserwacje, które uzyskały efektywność CRS równą 100% będą się cechowały efektywnością VRS również równą 100%. Przykładem są punkty B i C na wykresie 4.

Przedsiębiorstwo znajdujące się w obszarze rosnących efektów skali może zwiększać swoją efektywność globalną poprzez zwiększanie skali swojej działalności, która jest rozumiana jako wzrost nakładów i efektów w proporcji gwarantującej zachowanie stałej efektywności lokalnej. Sytuacja przedstawiona w sposób graficzny oznaczałaby przesuwanie się punktu reprezentującego obserwację w kierunku obwiedni globalnej po linii prostej, równoległej do obwiedni lokalnej.

Iloraz efektywności lokalnej do globalnej nazywany jest siłą efektu skali. Gdy siła efektu skali jest mniejsza od 1, nieefektywność globalna badanego podmiotu wynika częściowo z przyczyn operacyjnych (wartość efektywności lokalnej), a częściowo z niewłaściwej wielkości działalności (wartość siły efektu skali). Przedsiębiorstwo może zatem zwiększyć efektywność globalną zmieniając wielkość swojej działalności. Jeżeli efektywność skali jest równa 1, ewentualna nieefektywność wynika wyłącznie z przyczyn operacyjnych.

W badaniu za pomocą modelu VRS, oprócz obszaru rosnących i malejących efektów skali, wyróżnia się również obszar MPSS (most productive scale size). Przedsiębiorstwa znajdujące się w obszarze MPSS osiągnęły rozmiar zapewniający najwyższą produktywność. Jest to obszar, w którym obwiednia CRS pokrywa się z obwiednią VRS. Podmioty znajdujące się w tym obszarze osiągnęły efektywność skali równą 1, czyli ich efektywność lokalna równa jest efektywności globalnej. Na wykresie 4 byłyby to obserwacje o wielkości nakładów większych od B, a mniejszych od C.

DEA: wady i zalety

Data Envelopment Analysis stosowana jest dosyć często w badaniach efektywności technologicznej. Popularność tej metody wynika z następujących właściwości DEA:

- możliwość analizowania działalności jednostek gospodarczych charakteryzujących się wielością nakładów i wyników,
 - łatwość zastosowania tej metody w przypadku jednostek, których nie można scharakteryzować przez miary efektywności oparte o współczynniki finansowe tj. instytucje publiczne lub oddziały bankowe o różnych charakterystykach (przykład: jak porównać używając współczynników finansowych oddziały banku o profilu depozytowym),
 - ściśle empiryczny charakter metody, który sprawia, że nie ma w niej potrzeby ścisłego określenia funkcji produkcji, co pozwala na uniknięcie dość kłopotliwego pytania o postać funkcji produkcji dla badanych podmiotów,
 - niewielkie wymagania co do ilości obserwacji pozwalające na analizowanie zjawisk, z którymi nie dają sobie rady inne metody ekonometryczne.
- Wadami metody DEA są:
- wrażliwość na obserwacje nietypowe; nie można prowadzić badań na niejednorodnej próbie,
 - estymacja miar nie ma charakteru statystycznego, przez co nie można określić właściwości statystycznych uzyskanych wyników,
 - ateoretyczny charakter metody – nie używa się parametrów funkcji produkcji.

Z powodu powyższych cech metoda Data Envelopment Analysis jest wykorzystywana w przypadku analizy efektywności podmiotów, dla których z pewnych przyczyn nie można zastosować modeli parametrycznych opartych na funkcji produkcji. Często do tej grupy zaliczane są podmioty użyteczności publicznej (lotniska, szpitale, oczyszczalnie ścieków) oraz podmioty o skomplikowanej strukturze procesów (np. banki). Powodem mogą być m.in. orientacja modelu, trudne do zdefiniowania zmienne, różne jednostki oraz duża ilość zmiennych. Istnieją sposoby zmniejszania wpływu niekorzystnych właściwości tej metody. Jest nią m.in. analiza PCA.

Principal Component Analysis

Metoda polega na zamianie zmiennych w grupy kilku nieskorelowanych ze sobą głównych komponentów (principal components), które opisują około 80-90% zmienności danych. Jeżeli pierwsze kilka komponentów generuje zdecydowaną większość zmienności danych, można nimi zastąpić oryginalne zmienne wejściowe i wyjściowe bez dużej straty informacji [4][5].

Przy powyższych założeniach metoda PCA może być zapisana wzorem:

$$X_{PCi} = l_i' X = l_{i1} X_1 + l_{i2} X_2 + \dots + l_{ip} X_p$$

$$Var(X_{PCi}) = l_i' V l_i = \eta_i, \quad i=1,2,\dots,p$$

$$Cov(X_{PCi}, X_{PCk}) = l_i' V l_k = 0, \quad i=1,2,\dots,p, \quad k=1,2,\dots,p, \quad i \neq k \quad \eta_1 \geq \eta_2 \geq \dots \geq \eta_p \geq 0$$

gdzie:

X – wektor składający się z dotychczasowych zmiennych,

l – waga komponentu,

i – ilość zmiennych,

k – ilość komponentów.

Komponenty $X_{PC1}, X_{PC2}, \dots, X_{PCp}$ są nieskorelowanymi ze sobą liniowymi kombinacjami uszeregowanymi malejąco wielkościami wariancji. PCA generuje tyle komponentów, ile było zmiennych, przy czym każdy kolejny komponent posiada coraz mniej informacji o zmienności danych. Zatem jeden lub kilka ostatnich komponentów można zazwyczaj opuścić w dalszej analizie.

PCA-DEA jest połączeniem Data Envelopment Analysis oraz Principal Component Analysis. PCA-DEA jest przydatna gdy potrzeba zwiększyć siłę dyskryminacji analizy DEA. Taka sytuacja ma zazwyczaj miejsce, gdy w badaniu zawarto relatywnie dużą ilość zmiennych przy jednoczesnej stosunkowo niewielkiej liczbie obserwacji. Efektem zastosowania dużej liczby zmiennych jest zazwyczaj duża liczba obserwacji z wynikiem 100%, co oznacza, że podmioty te są efektywne na swój bardzo indywidualny

sposób i zazwyczaj nie są benchmarkiem dla kolejnych podmiotów. Trudno w takiej sytuacji rozstrzygnąć, które cechy są dla danego przedsiębiorstwa najbardziej korzystne. Po zastosowaniu PCA-DEA liczba zmiennych zostaje zmniejszona do kilku komponentów, dzięki czemu ogranicza się liczbę jednostek w pełni efektywnych [6].

Dane

W badaniu wykorzystano dane z portów lotniczych w Poznaniu (POZ), Wrocławiu (WRO), Gdańsku (GDN) oraz Katowicach (KTW) dla okresu 2007-2009. W przypadku rynku niemieckiego badanie objęło dane z portów lotniczych: Brema (BRE), Dortmund (DTM), Drezno (DRS), Düsseldorf (DUS), Hamburg (HAM), Hannover (HAJ), Köln-Bonn (CGN), Lipsk (LEJ), Monachium (MUC), Norymberga (NUE), Stuttgart (STR) oraz 3 porty lotniczych w Berlinie (suma wartości SXF, TXL, THF) w okresie 1998-2009. W przypadku części obserwacji okres jest nieco krótszy w wyniku braku dostępu do danych. W sumie analiza obejmuje 125 obserwacji, które reprezentują 18 portów lotniczych.

Po przeanalizowaniu korelacji między dostępnymi zmiennymi (Tabela 4) zdecydowano się zastosować liczbę bramek, powierzchnię terminala, ilość stanowisk checkin, ilość taśm odbioru bagażu, powierzchnię lotniska, liczbę pracowników jako zmienne wejściowe dla modelu technicznego. Jako zmienne wyjściowe wybrano ilość operacji lotniczych (ATM), liczbę pasażerów (PAX) oraz wagę obsługowanego frachtu (cargo). W przypadku analizy finansowej jako zmienne wejściowe użyto wielkość funduszu wynagrodzeń (koszt siły roboczej) oraz koszt kapitału rozumiany jako suma kosztów całkowitych pomniejszona o fundusz wynagrodzeń. Zmienne wyjściowe w tym przypadku to: suma przychodów z działalności lotniczej (Aero), suma przychodów z działalności pozalotniczej (Non-aero) oraz zyski przed uwzględnieniem odsetek od zaciągniętych kredytów (EBITDA).

Wyniki

Do obliczeń zastosowano model DEA zorientowany na nakłady. Takie podejście zakłada, że badane podmioty nie mają dużej

go wpływu na popyt. Założenie jest bliskie realnej sytuacji na rynku usług transportu lotniczego. Uznaje się, że linie lotnicze są odpowiedzialne za generowany popyt na usługi transportu lotniczego, a porty lotnicze obsługują wygenerowany popyt jako dostawca infrastruktury. Wynik efektywności portów lotniczych może być zatem polepszony głównie za pomocą obniżania nakładów. Badanie przeprowadzono zarówno dla stałych efektów skali (CRS) oraz zmiennych (VRS). Do analizy wykorzystano kombinację metody DEA oraz PCA (Primal Components Analysis) w celu zwiększenia wartości dyskryminacyjnej obliczeń oraz w celu ograniczenia nadmiernej liczby jednostek o efektywności równej 100%. Tabela 2 przedstawia zmienność wyjaśnioną przez poszczególne komponenty, które zostały wygenerowane ze zmiennych wejściowych i wyjściowych.

Wartość PCA ustalono na poziomie 98% dla analizy finansowej oraz 97% dla analizy technicznej, co oznacza utratę informacji o zmienności danych na poziomie nie większym niż odpowiednio 2% i 3%. W efekcie dalsza analiza techniczna DEA opierała się na 3 komponentach wejściowych pochodzących z 6 zmiennych oraz 2 komponentach wyjściowych pochodzących z 3 zmiennych. Analogicznie analiza finansowa opierała się na 2 komponentach wejściowych pochodzącym z 2 zmiennych oraz 2 komponentach wyjściowych pochodzących z 3 zmiennych. Komponenty odrzucone z analizy zaznaczono kursywą w tabeli 3. Dzięki powyższej operacji znacząco zmniejszono liczbę obserwacji o efektywności równej 100%.

W tabeli 3 przedstawiono ilość obserwacji i portów lotniczych o efektywności równej 100% z zastosowaniem standardowej DEA (PCA=100%) oraz z PCA-DEA (PCA<100%). Bez PCA w badaniu efektywności technicznej VRS (zmienne efekty skali) aż 1/3 obserwacji uzyskała maksymalny wynik, tzn. że co drugi port lotniczy (56%) miał przynajmniej jedną w pełni efektywną obserwację, a zatem był również benchmarkiem sam dla siebie. Po zastosowaniu PCA=97% ilość w pełni efektywnych obserwacji zmalała z 34% do 11%, czyli ponad trzykrotnie. Podobne wyniki uzyskano w przypadku pozostałych analiz. W przypadku analizy finansowej VRS ilość w pełni efektywnych obserwacji zmalała z 18% do 11%, co oznacza zmniejszenie liczby portów z co najmniej jedną wzorcową obserwacją z 67% do 46%.

Wyniki badania efektywności finansowej

W tabeli 4 przedstawiono wyniki analizy efektywności PCA-DEA dla danych finansowych z portów lotniczych w Poznaniu, Gdańsku, Katowicach i Wrocławiu w latach 2007-2009. Dane w kolumnie CRS reprezentują wynik przy założeniu stałych efektów

Tab.1. Korelacja zmiennych wejściowych i wyjściowych

p ≈ 0	Współczynnik korelacji rang Spearman'a	Gdańsk	Katowice	Dortmund	Bolonia	Charleroi
Nakłady/Efekty	ATM	PAX	Cargo	Aero	Non-aero	EBITDA
Liczba bramek	87,26%	87,20%	77,14%			
Powierzchnia terminala (m2)	78,43%	83,15%	74,53%			
Stanowiska check-in	87,60%	88,75%	74,46%			
Taśmy odbioru bagażu	77,03%	82,55%	72,88%			
Powierzchnia lotniska	58,79%	74,52%	78,04%			
Pracownicy	86,13%	90,58%	82,88%			
Koszt kapitału				93,70%	91,89%	85,70%
Koszt siły roboczej				93,72%	94,54%	89,35%
Wypożyczalnie samochodów	3,2%	3,9%	3,5%	3,0%	b.d.	b.d.
Biura podróży	1,9%	*	*	5,0%	b.d.	3,0%
Pozostałe	-	-	-	9,0%	2,0%	7,3%

Źródło: obliczenia własne

Tab.2. Komponenty PCA-DEA

Techniczna PCA-DEA		Finansowa PCA-DEA	
Wyjaśniona zmienność (%)		Wyjaśniona zmienność (%)	
Nakłady	Efekty	Nakłady	Efekty
91,40064995	91,12110806	97,58466361	94,50576609
3,587806518	8,10788735	2,415336394	3,959361077
2,399081934	0,771004586		1,534872829
1,988927773			
0,462485616			
0,161048206			

Źródło: obliczenia własne

Tab.3. Ilość wyników o efektywności równej 100%

1) PCAt,f=100% (standardowa DEA):		
DEA techniczna, VRS	56 obserwacji (34%)	13 portów lotniczych (56%)
DEA techniczna, CRS	25 obserwacji (15%)	9 portów lotniczych (39%)
DEA finansowa, VRS	27 obserwacji (18%)	14 portów lotniczych (67%)
DEA finansowa, CRS	10 obserwacji (7%)	7 portów lotniczych (33%)
2) PCAt=97%, PCAf=98% (PCA-DEA):		
PCA-DEA techniczna, VRS	VRS: 18 obserwacji (11%)	9 portów lotniczych (39%)
PCA-DEA techniczna, CRS	CRS: 8 obserwacji (5%)	5 portów lotniczych (21%)
PCA-DEA finansowa, VRS	VRS: 16 obserwacji (11%)	10 portów lotniczych (46%)
PCA-DEA finansowa, CRS	CRS: 6 obserwacji (4%)	5 portów lotniczych (24%)

Źródło: obliczenia własne

Tab.4. Wyniki analizy efektywności finansowej PCA-DEA i efekty skali

DMU	CRS	VRS	Efekt skali	Siła e.s.	Benchmark
Poznań 07	62,07%	87,07%	Rosnący	71,29%	Dortmund-0.8432, Gdańsk-0.1567
Poznań 08	61,66%	76,85%	Rosnący	80,23%	Gdańsk-0.4937, Dortmund-0.3909, Wrocław-0.1153
Poznań 09	55,54%	74,57%	Rosnący	74,48%	Dortmund-0.8055, Gdańsk-0.1458, Wrocław-0.04866
Gdańsk 07	99,31%	100,00%	Rosnący	99,31%	Gdańsk-1
Gdańsk 08	84,69%	87,45%	Rosnący	96,84%	Katowice-0.5532, Gdańsk-0.3458, Dortmund-0.0928, Brema-0.0080
Gdańsk 09	77,13%	85,93%	Rosnący	89,76%	Gdańsk-0.6920, Dortmund-0.2113, Katowice-0.0508, Wrocław-0.04580
Katowice 07	99,06%	100,00%	Rosnący	99,06%	Katowice-1
Katowice 08	81,85%	85,53%	Rosnący	95,70%	Katowice-0.6825, Dortmund-0.2331, Stuttgart-0.0531, Bremen-0.0311
Katowice 09	69,02%	75,38%	Rosnący	91,56%	Gdańsk-0.5131, Katowice-0.3082, Wrocław-0.1594, Stuttgart-0.0191
Wrocław 07	96,78%	100,00%	Rosnący	96,78%	Wrocław-1
Wrocław 08	100,00%	100,00%	Stąły	100,00%	Wrocław-1
Wrocław 09	91,19%	95,33%	Rosnący	95,66%	Wrocław-0.7481, Dortmund-0.2517
Średnia	79,35%	84,20%			
Mediana	79,48%	85,54%			

Źródło: obliczenia własne

skali, a w kolumnie VRS zmiennych efektów skali. Kolejne kolumny reprezentują kierunek i siłę efektu skali. Ostatnia kolumna zawiera informację na temat wzorcowych obserwacji i skali podobieństwa.

Efektywność finansową PCA-DEA na poziomie 100% uzyskały porty lotnicze obsługujące następujące miasta: Brema, Dortmund, Drezno, Düsseldorf, Hannover, Monachium, Stuttgart, Gdańsk, Katowice i Wrocław. Średni poziom efektywności lokalnej w badanej populacji wyniósł 84,2%, mediana 85,6%. Świadczy to o bardzo symetrycznym rozkładzie w populacji. W przypadku efektywności lokalnej wynik 100% uzyskały porty lotnicze: Brema, Drezno, Düsseldorf, Stuttgart oraz Wrocław. Wartość średniej i mediany są równe – wynoszą około 79%. Polskie porty lotnicze wypadły stosunkowo dobrze na tle ich niemieckich odpowiedników uzyskawszy zazwyczaj wyniki znacznie powyżej mediany i średniej w populacji. Wyjątkiem jest Port Lotniczy Poznań-Ławica oraz Port lotniczy Katowice-Pyrzowice w roku 2008. W przy-

padku Katowic jednorazowy spadek efektywności w dużej mierze spowodowany był otwarciem drugiego terminala. Niskie wyniki Poznania były spowodowane zarówno po stronie operacyjnej, ale również z przyczyn nieefektywności skali. Wartości siły efektu skali w okolicach 70-80% oznaczają, że rozwój ruchu lotniczego w tym porcie powinien zdecydowanie polepszyć efektywność globalną.

Z finansowego punktu widzenia najkorzystniejszym okresem dla lotnictwa okazał się rok 2007. Aż 3 polskie porty lotnicze uzyskały w tym czasie 100% poziom efektywności lokalnej. Wrocław, Gdańsk i Katowice stały się wzorami dla innych podmiotów. Wyniki pozostałych obserwacji reprezentują relatywną efektywność w stosunku do benchmarków, tzn. wskazują o ile procent porty lotnicze powinny zmniejszyć poziom nakładów caeteris paribus, aby uzyskać efektywność równą 100%. Poznań w roku 2009 uzyskał wynik równy 74,57%, a głównym benchmarkiem okazał się być Dortmund. W celu osiągnięcia

pełnej efektywności, poznański operator musiałby zatem dokonać redukcji obu nakładów o 25,43%.

Można zauważyć, że po roku 2007 większość portów lotniczych zanotowała spadek wyników efektywności finansowej. Skromniejsze wyniki uzyskane w roku 2008 można wytłumaczyć znacznym wzrostem zatrudnienia oraz (w konsekwencji) wzrostem poziomu kosztów ponoszonych z tytułu wynagrodzeń. Dynamika wzrostu dochodów była w tym okresie zbyt niska w stosunku do wzrostu kosztów, by móc utrzymać poziom efektywności z roku 2007. Dalsze pogorszenie wyników w roku 2009 jest rezultatem zmniejszenia się liczby podróży za pomocą transportu powietrznego. Był to pośredni efekt spowolnienia gospodarczego w krajach Unii Europejskiej.

Większość portów w badanym okresie działało w strefie rosnących efektów skali. Porty lotnicze w Gdańsku, Katowicach i Wrocławiu uzyskały zbliżone wyniki CRS i VRS. Siła efektu skali jest zatem bliska 100%, co oznacza, że przedsiębiorstwa te nie skorzystają znacząco z pozytywnego efektu skali przy zwiększaniu rozmiarów swojej działalności. Chcąc polepszyć efektywność, powinny skupić się na optymalizacji procesów operacyjnych. Wrocław w roku 2008 jako jedyny uzyskał 100% wynik efektywności zarówno lokalnej, jak i globalnej. Port działa w obszarze stałych efektów skali, czyli rozmiar przedsiębiorstwa jest optymalny z finansowego punktu widzenia.

Benchmarkami finansowymi dla polskich portów lotniczych są w przeważającej części inne polskie porty lotnicze. Mówiąc inaczej, struktura zmiennych finansowych w tych przedsiębiorstwach jest najbardziej podobna do struktur innych polskich podmiotów. Można zatem stwierdzić, że struktura finansowa niemieckich portów lotniczych istotnie różni się od struktur portów zlokalizowanych w Polsce. Obserwacje o efektywności równej 100% są wzorcami same dla siebie. Pozostałe obserwacje charakteryzują się większą ilością benchmarków, przy czym jeden jest zazwyczaj dominujący. Np. zapis „Dortmund-0.8432, Gdańsk-0.1567” w przypadku Poznania oznacza, że struktura zmiennych w 84,32% przypomina strukturę portu w Dortmundzie, a tylko w 15,67% strukturę portu w Gdańsku.

Większość obserwacji uzyskała wynik świadczący o działalności w warunkach rosnących efektów skali. Z tego powodu do dalszej analizy zostały wykorzystane jedynie wyniki modelu VRS.

Tabela 5 przedstawia wagi przydzielone poszczególnym zmiennym oraz poziom mediany dla całej populacji (podmioty polskie i niemieckie). Wagi zmiennych dobierane są w taki sposób, by w przypadku zastosowaniu tego samego zestawu wag

dla całej populacji, analizowana obserwacja mogła uzyskać najkorzystniejszy wynik DEA. Mówiąc inaczej, każda obserwacja otrzymuje taki zestaw wag, aby jej najlepsze cechy miały największy wpływ na końcowy wynik badania. Wysoki poziom danej wagi oznacza zatem, że wartość opisywanej zmiennej jest korzystna z punktu widzenia analizy efektywności. Z kolei poziom wagi poniżej mediany, oznacza że dana cecha działa niekorzystnie na efektywność. Skrajnym przypadkiem jest przyznanie wartości równej zero.

Aż 10 z 12 polskich obserwacji uzyskała wyniki wag EBITDA powyżej mediany. Wynik świadczy o tym, że polskie porty zazwyczaj osiągają wyższą rentowność niż ich niemieckie odpowiedniki. Bardzo wysokie wartości wag po stronie kosztów siły roboczej w przypadku wszystkich polskich portów lotniczych oznaczają, że na tle analizowanej grupy relacje kosztów wynagrodzeń do pozostałych zmiennych są stosunkowo niskie, a co się z tym wiąże, korzystnie wpływają na ich wynik efektywności. Mówiąc inaczej, wysoki wynik efektywności finansowej polskich portów lotniczych jest związany w głównej mierze z niższym poziomem funduszu wynagrodzeń.

Polskie przedsiębiorstwa również dobrze sobie radzą w przypadku przychodów ze źródeł lotniczych – wszystkie obserwacje uzyskały wagi powyżej mediany. W przypadku źródeł pozalotniczych polskie porty lotnicze również wypadają dobrze. Tylko jedna obserwacja w Poznaniu i jedna w Gdańsku otrzymały wagi poniżej mediany. Poziom kosztów kapitału działań niekorzystnie w 8 obserwacjach, z czego w 3 przypadkach wagi otrzymały skrajne wartości zero, co oznacza, że niemieckie przedsiębiorstwa lepiej sobie radzą z kosztami związanymi m.in. z infrastrukturą.

Wyniki badania efektywności technicznej

W badaniu efektywności technicznej PCA-DEA 9 portów lotniczych uzyskało wynik efektywności VRS równy 100%: Berlin-Tegel, Düsseldorf, Frankfurt, Frankfurt-Hahn, Friedrichshafen, Kolonia-Bonn, Saarbrücken, Stuttgart oraz Gdańsk. Średni poziom efektywności w badanej populacji wyniósł 71,6%, a wartość mediany 72,6%. W przypadku efektywności VRS maksymalna efektywność uzyskały porty lotnicze: Berlin-Tegel, Frankfurt, Frankfurt-Hahn, Friedrichshafen i Koln-Bonn. Średnia w populacji wyniosła 61,25%, a mediana 59,15%, co czyni rozkład delikatnie skośnym prawostronnie. Tabela 6 przedstawia wyniki analizy efektywności PCA-DEA dla danych technicznych z portów lotniczych w Poznaniu, Gdańsku, Katowicach i Wrocławiu w latach 2007-2009.

Najlepsze wyniki efektywności tech-

Tab.5. Wagi analizy efektywności finansowej PCA-DEA VRS

	Kapitał	Siła robocza	Aero	Non-aero	EBITDA
Poznań 07	0,0000	11,8264	1,1614	0,0000	1,8005
Poznań 08	0,0000	9,1281	1,2663	1,5563	1,0639
Poznań 09	0,0000	9,9507	1,3804	1,6966	1,1598
Gdańsk 07	0,0260	10,9623	1,1366	0,0316	1,7437
Gdańsk 08	1,8712	5,6943	1,7813	2,2280	1,4743
Gdańsk 09	1,7041	7,2158	2,0462	2,9740	1,4539
Katowice 07	0,4737	7,6596	1,8343	1,7786	1,8160
Katowice 08	1,2651	3,9718	1,2458	1,6869	0,9567
Katowice 09	0,2084	5,9244	1,3678	1,4263	1,2963
Wrocław 07	0,0297	9,7279	0,7317	1,9635	0,0000
Wrocław 08	0,0176	8,0735	0,7949	2,0423	0,0524
Wrocław 09	0,9954	8,0224	0,9948	2,6694	0,0000
mediana	0,7127	0,4389	0,2961	0,7251	0,0331

Źródło: obliczenia własne

Tab.6. Wyniki analizy efektywności technicznej PCA-DEA

DMU	CRS	VRS	Efekt skali	Siła e.s.	Benchmark
Poznań 07	32,59%	52,57%	Rosnący	61,99%	Saarbrücken-0.9889, Köln-Bonn-0.011,
Poznań 08	42,43%	55,13%	Rosnący	76,96%	Saarbrücken-0.6077, Gdańsk-0.266, Friedrichshafen-0.1144, Köln-Bonn-0.0117
Poznań 09	40,92%	54,55%	Rosnący	75,01%	Saarbrücken-0.6206, Gdańsk-0.3636, Friedrichshafen-0.0088, Köln-Bonn-0.0067
Gdańsk 07	86,09%	100,00%	Rosnący	86,09%	Gdańsk
Gdańsk 08	76,96%	85,11%	Rosnący	90,42%	Friedrichshafen-0.8017, Gdańsk-0.1643, Köln-Bonn-0.0338
Gdańsk 09	73,79%	83,44%	Rosnący	88,43%	Friedrichshafen-0.5127, Gdańsk-0.4662, Köln-Bonn-0.021
Katowice 07	52,93%	62,75%	Rosnący	84,35%	Saarbrücken-0.45, Friedrichshafen-0.3089, Gdańsk-0.202, Köln-Bonn-0.039
Katowice 08	40,34%	44,46%	Rosnący	90,73%	Friedrichshafen-0.6655, Saarbrücken-0.2569, Köln-Bonn-0.057127, Hahn-0.020421
Katowice 09	28,93%	31,37%	Rosnący	92,22%	Friedrichshafen-0.7167, Saarbrücken-0.2261, Köln-Bonn-0.047314, Hahn-0.0098044
Wrocław 07	38,59%	53,92%	Rosnący	71,57%	Friedrichshafen-0.9077, Hahn-0.067395, Saarbrücken-0.024862
Wrocław 08	44,06%	52,50%	Rosnący	83,92%	Friedrichshafen-0.6338, Saarbrücken-0.3022, Hahn-0.0619, Köln-Bonn-0.0019
Wrocław 09	36,09%	47,25%	Rosnący	76,38%	Saarbrücken-0.5501, Friedrichshafen-0.4024, Hahn-0.0446, Köln-Bonn-0.0026
Średnia	61,25%	71,59%			
Mediana	59,15%	72,61%			

Źródło: obliczenia własne

nicznej odnotowano w gdańskim porcie lotniczym. Było to również jedyne polskie lotnisko, którego efektywność była wyższa od wartości średnich w badanej populacji. W roku 2007 port uzyskał maksymalną możliwą ocenę efektywności (100%) i stał się częstokwytym wzorcem dla portów w Poznaniu i Katowicach, ale również dla Berlin-Tempelhof, Dortmund i Köln-Bonn. W kolejnych latach Gdańsk zanotował spadek efektywności do poziomu ok. 85%. Było to spowodowane głównie zwiększeniem powierzchni terminala, podwojeniem ilości bramek oraz otwarciem nowych stanowisk

check-in. Nie bez znaczenia był również wzrost zatrudnienia oraz spadek ilości obsługiwanych pasażerów i towarów w roku 2009. Analiza wag przedstawionych w tabeli 5 pozwala stwierdzić, że wysokie wyniki efektywności w 2007 Gdańsk zawdzięcza przede wszystkim małej ilości taśm bagażowych (waga 3,96, mediana w populacji 0,17), małej liczbie bramek (waga 1,8, mediana 0,63), niewielkiej powierzchni terminala (waga 0,37, mediana 0,16), małej powierzchni całego lotniska (waga 0,0069, mediana 0) oraz małej ilości stanowisk check-in (waga 1,92, mediana 0,65). Wielkość zatrudnienia w gdańskim

Tab.7. Wagi analizy efektywności technicznej PCA-DEA VRS

	Bramki	Terminal	check-in	Taśmy bagażowe	Pow. lotniska	Zatrud.	ATM	PAX	Cargo
Poznań 07	1,0495	0,2123	1,1212	2,3138	0	0	0	0,3211	1,2904
Poznań 08	1,0616	0,3331	1,1279	2,1742	0	0,1430	0,2783	0,4716	1,0108
Poznań 09	1,0588	0,3322	1,1250	2,1685	0	0,1427	0,2775	0,4704	1,0082
Gdańsk 07	1,8018	0,3719	1,9244	3,9611	0,0069	0,0092	0,9166	0,9890	1,0607
Gdańsk 08	1,4622	0,2957	1,5620	3,2234	0	0	0,8441	0,8589	0,7685
Gdańsk 09	1,4622	0,2957	1,5620	3,2234	0	0	0,8441	0,8589	0,7685
Katowice 07	1,1072	0,3474	1,1764	2,2675	0	0,1492	0,2902	0,4919	1,0542
Katowice 08	0,8320	1,0317	0,8444	0,6225	0	1,0432	0,0446	0,3896	1,4236
Katowice 09	0,6229	0,7723	0,6321	0,4660	0	0,7809	0,0334	0,2916	1,0657
Wrocław 07	1,3278	1,9032	1,3342	0,6330	0	1,9751	0	0,5226	2,1001
Wrocław 08	1,1997	1,4875	1,2174	0,8975	0	1,5041	0,0644	0,5617	2,0526
Wrocław 09	1,1081	1,3740	1,1245	0,8290	0	1,3894	0,0595	0,5188	1,8959
Mediana	0,6389	0,1695	0,6541	0,1703	0	0,0896	0,4888	0,5414	0,0019

Źródło: obliczenia własne

portie lotniczym została natomiast negatywnie zweryfikowana przez model PCA-DEA we wszystkich analizowanych latach (wagi 0,009 oraz 0, mediana 0,089).

Katowicki port lotniczy uzyskał drugi najwyższy wynik w roku 2007 (62,75%), lecz z powodu otwarcia drugiego terminala w połowie roku 2008 efektywność techniczna zmalała w kolejnych okresach do poziomu 44% oraz 31%. Za spadek sprawności odpowiada głównie potrojenie powierzchni terminala oraz podwojenie liczby bramek, stanowisk check-in i taśm bagażowych. Do tych samych wniosków doprowadza analiza wag. Waga bramek równa 1,1 w roku 2007 spadła w ciągu dwóch kolejnych lat do poziomu 0,62 (mediana 0,63). Waga zmiennej „check-in” spadła z poziomu 1,17 do 0,63 (mediana 0,65), a waga taśm bagażowych zmalała z poziomu 2,26 do poziomu 0,4 (mediana 0,17). Waga powierzchni terminala co prawda wzrosła, ale można to wytłumaczyć zmianą głównego benchmarku Katowic z Saarbrücken na Friedrichshafen.

Poznań i Wrocław osiągnęły najniższe techniczne rezultaty spośród polskich portów lotniczych. Wyniki PCA-DEA w okolicach 50% świadczą, że oba porty powinny zmniejszyć wielkość nakładów o połowę by uzyskać 100% efektywności swoich obecnych wzorców. Na tle polskich portów lotniczych niekorzystny wynik Poznania można tłumaczyć m.in. stosunkowo dużą powierzchnią terminala (wagi od 0,2 do 0,3). Wyjątkowo niski poziom efektywności Wrocławia w roku 2009 (47,25%) jest wynikiem zwiększenia przepustowości infrastruktury (powiększony terminal, więcej stanowisk check-in) przy jednoczesnym spadku ruchu lotniczego. Należy pamiętać, że niski wynik efektywności technicznej może okazać się cechą pozytywną na rynkach w fazie dynamicznego wzrostu. Niski wynik oznacza, że

przedsiębiorstwo prawdopodobnie będzie miało zdolność do zwiększenia swojej przepustowości za pomocą aktualnie posiadanej infrastruktury.

Żaden polski port lotniczy nie uzyskał 100% efektywności globalnej. Wszystkie przedsiębiorstwa działają w warunkach rosnących technicznych efektów skali oraz cechują się niższą, niż w przypadku analizy finansowej siłą efektu skali. To oznacza, że wraz z rozwojem działalności, globalna efektywność techniczna powinna wzrastać. Najbliższymi wzorcami dla większości badanych portów są przedsiębiorstwa z Saarbrücken i Friedrichshafen. W kolejnych latach można się spodziewać polepszania wyniku Katowic w związku z prognozowanym wzrostem ruchu pasażerskiego i cargo, co powinno doprowadzić do pełniejszego wykorzystania obecnej infrastruktury. Poznań, Gdańsk i Wrocław są zobowiązane do przeprowadzenia licznych inwestycji w infrastrukturę swoich portów lotniczych do roku 2012 w związku z rozgrywanymi w tych miastach Mistrzostwach Europy w Piłce Nożnej. Bezpośrednim efektem zwiększenia przepustowości tych portów lotniczych będzie korekta w dynamice efektywności technicznej podobna do tej, którą zaobserwowano w Katowicach w roku 2008.

Do ciekawych wniosków może prowadzić konfrontacja technicznych wag wielkości zatrudnienia z finansowymi wagami kosztów siły roboczej. Wszystkie przedsiębiorstwa osiągnęły bardzo wysokie wartości wag w przypadku wynagrodzeń, lecz tylko Katowice i Wrocław uzyskał podobnie atrakcyjne wielkości wag w przypadku liczby zatrudnionych osób. Oznacza to, że Katowice i Wrocław swoje wyniki uzyskały zarówno dzięki niskim kosztom pracy, jak i niewielkiej liczbie pracowników. Poznań i Gdańsk swoją wysoką efektywność finan-

sową zawdzięczają niskim kosztom pracy, lecz wzrost efektywności technicznej był utrudniony z powodu stosunkowo wysokiej liczby pracowników. Polityka kadrowa tych przedsiębiorstw powinna zatem skupić się na ograniczeniu dalszego wzrostu zatrudnienia. Można również zgadywać, że średni poziom wynagrodzeń jest niższy w porcie poznańskim i gdańskim.

Pozycja strategiczna polskich portów lotniczych

Na wykresie 4. przedstawiono macierz BCG z wynikami lokalnej efektywności technicznej oraz finansowej. Wartości minimalne i maksymalne obu osi zostały ustalone na poziomie wartości skrajnych obu obszarów zmienności. Ten sposób przedstawiania danych pozwala na łatwą identyfikację zmian trendów na przestrzeni czasu. Na wykresie widać, że porty lotnicze w Gdańsku, Wrocławiu i Katowicach z roku na rok notowały coraz gorsze wyniki zarówno efektywności technicznej, jak i finansowej. Port lotniczy Poznań-Ławica, jako jedyny w grupie, zanotował niewielki wzrost efektywności technicznej, lecz podzielił los pozostałych podmiotów w przypadku efektywności finansowej.

Spośród polskich przedsiębiorstw status „gwiazdy” otrzymał wyłącznie gdański port lotniczy. W roku 2007 Gdańsk i Stuttgart jako jedyne uzyskały wzorcowe wyniki zarówno w analizie technicznej, jak i finansowej. Taka pozycja może świadczyć o skutecznej minimalizacji nakładów przy zadanym poziomie popytu. Z drugiej strony prognozowany wzrost ruchu pasażerskiego przy jednoczesnym wysokim poziomie efektywności technicznej mogą sugerować rychłą konieczność przeprowadzenia inwestycji związanych ze zwiększeniem przepustowości.

Wrocław w roku 2007 i 2008 osiągnął status benchmarka finansowego pomimo przeciętnej sprawności technicznej. W kolejnych okresach wrocławskie przedsiębiorstwo utrzymało status „dojnej krowy”, lecz dalszy wzrost zatrudnienia konsekwentnie przyczyniał się do spadku efektywności finansowej. Niewielki wzrost ruchu pasażerskiego, przy podobnym lub wzrastającym poziomie pozostałych zmiennych, można zaobserwować jako niewielki spadek efektywności technicznej w roku 2009.

Katowicki port lotniczy w 2007 претендовал do miana „gwiazdy”, lecz po zwiększeniu przepustowości swojej infrastruktury w 2008 roku uzyskał status „dojnej krowy”. Komfortowa sytuacja przedsiębiorstwa wydajnego finansowo i posiadającego dużo wolnych mocy przerobowych nie trwała długo. Oddanie do użytku drugiego terminala zbiegło się w czasie ze spadkiem

popytu na usługi transportu lotniczego, co w roku 2009 doprowadziło do dalszej zmiany pozycji strategicznej w kierunku „psów”.

Wyniki poznańskiego portu lotniczego plasują go w pobliżu przecięcia się wszystkich 4 części macierzy. Jego sytuację najlepiej opisują ćwiartki krowy i psa. Port nie wykorzystuje w pełni swojego potencjału finansowego ani technicznego, ale jednocześnie inwestuje w rozbudowę infrastruktury, do czego jest zobligowany w związku z mistrzostwami EURO 2012. Jeżeli wraz z rozbudową portu lotniczego zostanie przeprowadzona restrukturyzacja zwiększająca rentowność przedsiębiorstwa, można się spodziewać, że w kolejnych latach przedsiębiorstwo ugruntuje swoją pozycję jako „dojna krowa”. W innym przypadku grozi mu degradacja do „psa”, czyli nierentownej organizacji z niewykorzystywaną infrastrukturą.

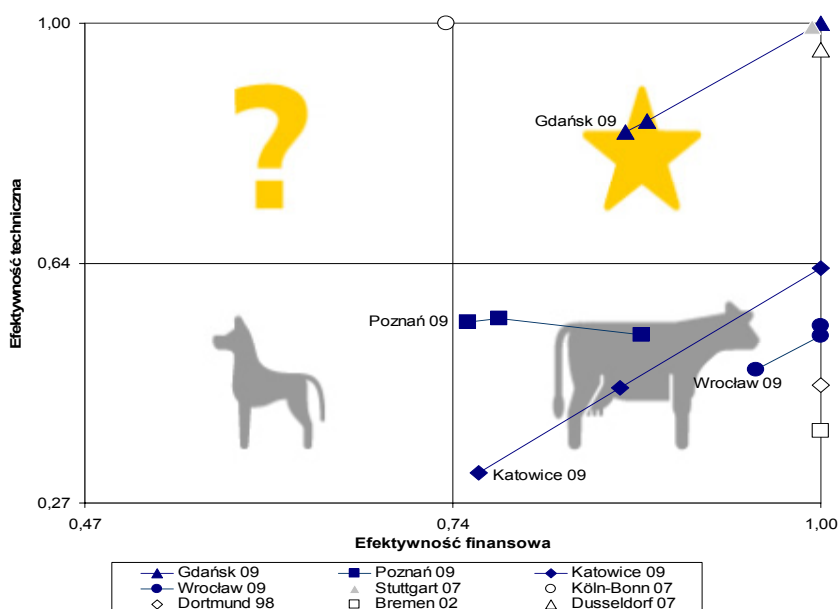
Należy pamiętać, że powyższa macierz jest miarą relatywnych efektywności DEA. Granice między poszczególnymi ćwiartkami są do pewnego stopnia umowne i powinny być traktowane z dużą ostrożnością. Wyniki poszczególnych obserwacji są wrażliwe na zmiany struktur wyników reszty populacji, na które z kolei największy wpływ mają jednostki skrajnie efektywne oraz skrajnie nieefektywne. Inny dobór podmiotów mógłby w ekstremalnej sytuacji doprowadzić do przesunięcia się wszystkich obserwacji do jednej ćwiartki.

Podsumowanie

Analizy efektywności technicznej i finansowej polskich regionalnych portów lotniczych zostały przeprowadzone metodą PCA-DEA z wykorzystaniem osobno zmiennych technicznych i finansowych. Wyniki ujawniają, że polskie porty lotnicze charakteryzują się zazwyczaj ponadprzeciętną efektywnością w porównaniu do ich niemieckich odpowiedników. Zmierzone nieefektywności miały swoje źródło zarówno w czynnikach operacyjnych, jak i czynnikach wynikających z ekonomii skali.

Zauważono dużą wrażliwość wyników efektywności na dynamikę po stronie popytowej oraz podażowej. Negatywny wpływ strony popytowej zanotowany w roku 2008 był spowodowany spowolnieniem gospodarczym i zmniejszonym popytem na usługi transportu lotniczego. Negatywny wpływ strony podażowej został zauważony jako zależność wyników efektywności od miejsca w cyklu inwestycyjnym przedsiębiorstwa. Zauważono bezpośredni spadek efektywności w związku ze skokową zmianą przepustowości portów lotniczych.

Przeprowadzona analiza wag PCA-DEA ukazała, które czynniki przyczyniły się w największym stopniu do uzyskanych wyników.



4. Pozycja strategiczna portów lotniczych w latach 2007-2009

Źródło: obliczenia własne

W przypadku danych finansowych były to zazwyczaj niski koszt siły roboczej oraz relatywnie wysokie przychody z działalności lotniczej. W analizie efektywności technicznej największe znaczenie okazały się mieć: udział przewożonych cargo, mała powierzchnia terminali oraz stosunkowo niewielka liczba bramek, taśm bagażowych i stanowisk check-in stosowanych w polskich portach lotniczych.

Materiały źródłowe

- [1] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie usług obsługi naziemnej w portach lotniczych Unii i uchylające dyrektywę Rady 96/67/WE, 2011/0397 (COD), 1/12/2011
- [2] Aczel A., 2000, Statystyka w zarządzaniu, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., Warszawa, 304-313, s. 742-746.
- [3] Adler, N., Golany B., 2001, Evaluation of deregulated airline networks using data envelopment analysis combined with principal component analysis with an application to Western Europe. European Journal of Operational Research 132, s. 18-31.
- [4] Adler, N., B. Golany., 2002, Including Principal Component Weights to improve discrimination in Data Envelopment Analysis. Journal of the Operational Research Society 53, s. 985-991,
- [5] Adler N., and Golany B., 2007, Data reduction through principal component analysis (DEA-PCA). Cook W. and Zhu J. (eds): Modeling Problem Structure and data varieties using data envelopment analysis: A Problem-Solving Handbook, Springer, New York. Unedited Version,
- [6] Adler N. and Yazhemsy E., 2009, Improving discrimination in Data Envelopment Analysis: PCA-DEA versus Variable Reduction. Which method at what cost?, European Journal of Operational Research,
- [7] Augustyniak W., Kalinowski S., Rekowski M. (red.), 2011, Regionalne porty lotnicze w Polsce - charakterystyka i tendencje rozwojowe. Wydaw. AEP, Poznań, s. 326-357.
- [8] Banker R. D., Charnes A., Cooper W. W., 1984, Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, Managerial Science 30, s. 1078-1092,
- [9] Barros C. P., Dieke P. U. C., 2007, Performance evaluation of Italian airports: A data envelopment analysis, Journal of Air Transport management 13, s. 184-191,
- [10] Cooper W. W., Seiford L. M., Tone K., 2000, Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, Kluwer Academic Publisher, s. 12-150,
- [11] Charnes A., Cooper, W. W., Rhodes E., 1978, Measuring the efficiency of decision making units, European Journal of Operational Research 2, s. 429-444,
- [12] Charnes, A., W.W. Cooper, B. Golany, L. Seiford and J. Stutz. 1985. Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions, Journal of Econometrics 30, s. 91-107.
- [13] Ulku T., 2009, Efficiency of German Airports and Influencing Factors, Diploma for the degree Master of Science (MSc) in Economics and Management Science, Institute for Competition Policy, Humboldt University, Berlin.