

Wykorzystanie sieciowego modelu DEA do pomiaru efektywności wydziałów Politechniki Warszawskiej

PIOTR PIETRZAK

Wydział Nauk Ekonomicznych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego*

ŁUKASZ BRZEZICKI

Urząd Statystyczny w Gdańsku

W artykule podjęto temat efektywności publicznych szkół wyższych oraz zaprezentowano wstępne wyniki badania w zakresie efektywności dla 18 wydziałów Politechniki Warszawskiej przeprowadzonego w roku akademickim 2014/2015. W analizie za rezultaty przyjęto: liczbę absolwentów (działalność dydaktyczna), liczbę punktów za publikacje („teoretyczna” działalność naukowa) oraz liczbę projektów realizowanych przez wydziały („praktyczna” działalność naukowa). Po stronie nakładów uwzględniono liczbę nauczycieli akademickich. Do obliczenia efektywności wydziałów wykorzystano nieradialny model sieciowy SBM (network SBM) oraz klasyczny SBM. Wyniki analiz wskazują, że pięć wydziałów było efektywnych w modelu SBM. W modelu sieciowym SBM w zakresie działalności dydaktycznej cztery wydziały były efektywne. W przypadku działalności naukowej, zarówno o charakterze „teoretycznym”, jak i „praktycznym”, jeden wydział był efektywny.

SŁOWA KLUCZOWE: szkoły wyższe; efektywność; DEA; sieciowy model DEA.

Edukacja wyższa przyczynia się do powstania pozytywnych efektów zewnętrznych, które mają dwojaki charakter. Po pierwsze, wykształcenie wyższe przynosi korzyści produkcyjne: podnosi wydajność pracowników, ale i umożliwia zwiększenie wydajności innych (Begg Fischer i Dornbusch, 2003). Badania rynku pracy prowadzone na danych pochodzących ze Stanów Zjednoczonych dowodzą, że osoby mające wyższe wykształcenie zarabiają średnio o 7,5% więcej za każdy ukończony dodatkowy rok nauki (Acemoglu

i Angrist, 2000). Po drugie, wykształcenie wyższe przynosi ogólniejsze korzyści społeczne, niewątpliwie trudne do zmierzenia w kategoriach finansowych (Wilkin, 2009). Do efektów zewnętrznych edukacji należy m.in. umocnienie demokracji i praw człowieka, poprawa wskaźników zdrowotnych (McMahon, 2002) czy redukcja przestępczości (Lochner i Moretti, 2004). Z tego względu władze publiczne wspierają dostęp do szkolnictwa wyższego. Oczywiście zakres interwencji publicznej jest zróżnicowany. W Polsce, podobnie jak w innych krajach Unii Europejskiej, uczelnie są finansowane

* Adres: ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa.
E-mail: piotr_pietrzak1@sggw.pl

© Instytut Badań Edukacyjnych

przede wszystkim z funduszy publicznych (ponad 70% przychodów szkół wyższych w UE pochodzi z tego źródła), lecz w Stanach Zjednoczonych proporcje są odwrotne – szkoły wyższe są finansowane głównie ze środków prywatnych (Paliszkievicz, 2010).

Ze względu na wsparcie, jakie państwa i jednostki udzielają uczelniom, pojawia się istotne pytanie o efektywność szkół wyższych w alokacji rzadkich zasobów gospodarczych. Należy jednak zauważyć, że pomiar efektywności uczelni nie jest zadaniem łatwym ze względu na specyficzne ich cechy, a w szczególności na fakt, że nie są to podmioty nastawione na zysk. Co więcej, działalność akademicka rozgrywa się przede wszystkim w sferze wartości niematerialnych (Morawski, 1999). Uczestniczą w niej różnorodne grupy interesariuszy (studenci, absolwenci, rodzice lub opiekunowie prawni, pracownicy dydaktyczni i naukowcy, pracownicy administracyjni, pracodawcy, przedstawiciele władz lokalnych i centralnych), mające odmienne cele i odmiennie postrzegające role uczelni wyższych. Wobec tego proces „wytwarzania wiedzy” (mający charakter ilościowy), a zwłaszcza jego efekty, nie jest łatwo ująć w wymierne wskaźniki. Wreszcie, sama ocena efektywności szkół wyższych może spotkać się z krytyką i obawą tych, którzy tymi podmiotami zarządzają.

W tym artykule postawiliśmy przed sobą dwa cele. Pierwszym jest dyskusja nad problemem efektywności i jej pomiarem w odniesieniu do publicznych szkół wyższych. Drugim celem jest przedstawienie wstępnych wyników badania efektywności z zastosowaniem sieciowego modelu DEA (network SBM) na przykładzie 18 wydziałów Politechniki Warszawskiej.

Przegląd literatury

Pojęcie i istota efektywności

Efektywność, mimo że jest pojęciem powszechnie używanym przez ekonomistów,

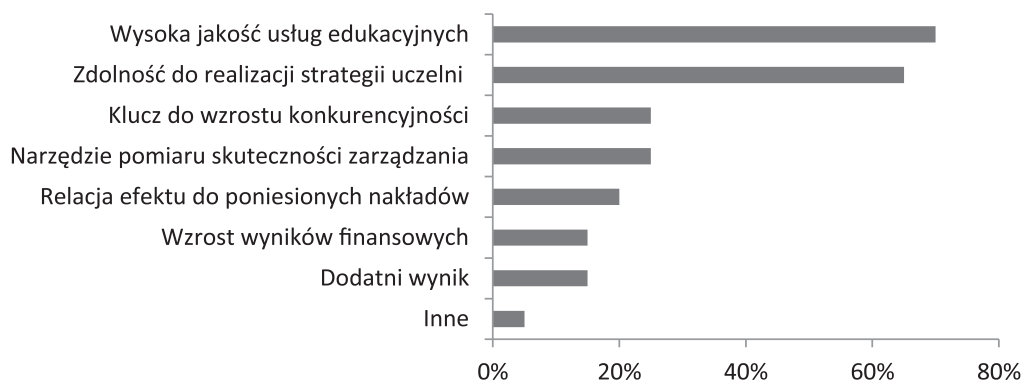
finansistów, menedżerów i polityków, bywa źródłem semantycznych nieścisłości. Przegląd literatury podejmujący zagadnienie efektywności wskazuje na szerokie spektrum możliwości rozumienia i interpretowania efektywności (Szymańska, 2010), a zarazem na jej wielowymiarowość (Kozuń-Cieślak, 2013). Zdaniem Jacka Kulawika dobrym punktem odniesienia do rozwiązania problemów definicyjnych dotyczących efektywności jest prakseologia:

Zgodnie z panującym w tej dziedzinie konsensem, pojęciem najszerszym jest sprawność [...] opisana: skutecznością (stopień zgodności rezultatu z zamierzeniem, niezależnie od relacji między nakładami a efektami), korzystnością (nadwyżka efektów nad nakładami), ekonomicznością (stosunek efektów do nakładów) oraz racjonalnością [...] (Kulawik, 2010, s. 63).

W tym kontekście efektywność może występować jako szeroka kategoria, która obejmuje: skuteczność, korzystność i ekonomiczność, lub też wąska, gdy jest tożsama z ekonomicznością. Pisząc o efektywności, będziemy odnosili się do jej wąskiego znaczenia.

Również zdefiniowanie efektywności w odniesieniu do szkół wyższych nie jest łatwe. Środowisko akademickie nie wypracowało w tym względzie konsensusu (Piasecka, 2013). Jedni utożsamiają efektywność uczelni ze skutecznością inni – naszym zdaniem błędnie – z wysoką jakością usług edukacyjnych (Rysunek 1). Brak jednoznacznej definicji efektywności szkół wyższych utrudnia jej pomiar. Dlatego efektywność szkół wyższych (w tym przypadku ich wydziałów) definiujemy jako relację efektów (odnoszących się do kluczowych obszarów ich funkcjonowania) do ponoszonych nakładów. W ramach analizy porównawczej jednostek (wydziałów) za efektywniejszą zostanie uznana ta, który przy nie większych nakładach otrzymuje większe efekty.

Analiza literatury przedmiotu wskazuje również, że nie istnieje uniwersalny zestaw



Rysunek 1. Pojęcie efektywności w odniesieniu do szkół wyższych.

Źródło: Piasecka (2013, s. 65).

zmiennych wchodzących w skład nakładów i efektów. Ich dobór często jest ograniczony dostępnością danych. Ponadto wybór zmiennych zależy od celu badania. W dotychczasowych analizach najczęściej za nakłady przyjmowano: liczbę pracowników naukowych, wartość majątku trwałego, zaś za efekty: liczbę absolwentów, liczbę nadanych stopni naukowych czy liczbę projektów badawczych. Dyskusyjną zmienną jest liczba studentów (Wolszczak-Derlacz, 2013). Nie do końca wiadomo, czy powinna ona zostać zaliczona do nakładów, czy do wyników działalności szkół wyższych. Na przykład w pracach zespołu Anthony'ego Flegga (Flegg, Allen, Field i Thurlow, 2004) oraz Tommaso Agasi-stiego i Carstena Pohla (2012) liczba studentów została zaliczona do nakładów. Z kolei Maria-Jesus Mancebon i Eduardo Bandres (1999) uważali, że studenci nie są zwyczajnym zasobem uczelni i dlatego nie mogą być traktowani jako nakład.

Definiując efekty, powinno się uwzględnić zmienne odnoszące się do głównych obszarów funkcjonowania uczelni: dydaktyki i działalności naukowej. Warto nadmienić, że za efekt działalności naukowej przyjmuje się zwykle liczbę publikacji. Niestety, w wielu przypadkach mają one

wyłącznie charakter teoretyczny i nie poruszają aspektów praktycznych. Jest to szczególnie widoczne w Polsce, gdzie transfer wiedzy z uczelni do szeroko pojętego otoczenia społeczno-gospodarczego jest na niewystarczającym poziomie. Z tego powodu działalność naukową podzieliłiśmy na „teoretyczną”, mierzoną liczbą punktów za publikacje, oraz „praktyczną”, mierzoną wartością pozyskanych grantów i prac zleconych.

Ze względu na konieczność stosowania wielu efektów i nakładów w pomiarze efektywności szkół wyższych, znaczącą pozycję w literaturze krajowej i zagranicznej zajmuje metoda *data envelopment analysis* (DEA). Sprawdza się ona zarówno w przypadku większej, jak i mniejszej liczby zmiennych uwzględnionych w badaniu, także w przypadku pojedynczego nakładu i wyniku po każdej ze stron oraz wykorzystania kilku danych mierzących poziom wyników (nakładów) i jednego nakładu (wyniku).

Sieciowy model DEA

Do oszacowania efektywności działalności szkół wyższych wykorzystuje się głównie nieparametryczną metodę DEA, a niekiedy również parametryczną (*stochastic frontier analysis*, SFA). W literaturze przyjmuje się

jednak, że metoda DEA jest najodpowiedniejsza do oszacowania efektywności technicznej, uwzględniającej sytuację wielowymiarową, która jest przedmiotem analizy w tym artykule (np. Cwiąkała-Małys, 2010; Wolszczak-Derlacz, 2013). Z uwagi, że badaniem zostały objęte wydziały szkoły wyższej, zasadne jest wykorzystanie jedynie modeli DEA zorientowanych na wyniki, których celem jest maksymalizacja efektów pracy tych wydziałów przy danym poziomie nakładów. W związku z powyższym w części empirycznej zostaną przedstawione i wykorzystane modele DEA zorientowane na wyniki.

Za początek metody DEA wskazuje się artykuł Abrahama Charnesa, Williama Coopera i Edwarda Rhodessa (1978). Dokonali oni estymacji miar efektywności za pomocą programowania liniowego, wykorzystując do tego koncepcję produktywności Michaela Farrella (1957). Zastosowali ją do wielu nakładów i efektów – w ten sposób stworzyli pierwszy model, nazwany od inicjałów nazwisk autorów modelem CCR, zakładający stałe efekty skali. Następnie zespół Rajiva Bankera (Banker, Charnes i Cooper, 1984), przedstawił model BCC, w którym założono zmienne efekty skali.

Wykorzystana przez zespół Charnesa (1978) efektywność Farella charakteryzuje się proporcjonalnością redukcji nakładów lub zwiększenia wyników (w zależności od wybranej orientacji modelu), ponieważ jest ona efektywnością radialną. Należy jednak zauważyć, że poszczególne nakłady lub wyniki nie zawsze w takim samym stopniu wpływają na efektywność badanej jednostki. Ponadto wspomniane modele nie uwzględniają niezerowych wartości luzów podczas obliczania wskaźników efektywności. Dlatego Kaoru Tone (2001) zaproponował nowy model SBM (*slack based measure*), z jednej strony opierający się na efektywności nieradialnej, zakładającej, że poszczególne nakłady i wyniki mają zróżnicowany wpływ na poziom efektywności, a z drugiej

na niedopasowanych wartościach (luzach), które powstają podczas optymalizowania funkcji celu, gdy występują nadwyżki nakładów i niedobory wyników technologii empirycznej danego podmiotu w stosunku do technologii optymalnej (Kozuń-Cieślak, 2011). Wartości te związane są z krzywą efektywności i pozwalają ograniczyć poziom niedokładnego położenia obiektu na granicy efektywności – w nieznaczonej odległości od niej.

Modele DEA (np. CCR, BCC, SBM) tradycyjnie określają poziom efektywności danego podmiotu na podstawie wielu nakładów i wyników w stosunku do innych podmiotów. Jednak w takim podejściu modele te nie uwzględniają powiązań między różnymi obszarami lub działami wewnątrz organizacji, a wszystkie procesy traktują jako czarną skrzynkę (*black box*). W systemie szkolnictwa wyższego wewnątrz badanej jednostki istnieje sieć zależności między różnymi procesami i obszarami działalności (np. działalnością dydaktyczną a naukową), których klasyczne modele DEA nie są w stanie uwzględnić. Rozwiązaniem tych mankamentów jest zastosowanie modelu sieciowego DEA (*network DEA*), który umożliwia przezwycięzenie tych problemów.

Podstawy modelu sieciowego DEA zostały przedstawione w artykule Rolfa Färe'a (1991), a następnie były przez niego rozwijane m.in. we współpracy z Showną Grosskopf (1996a; 2000). Model ten uwzględnia strukturę wewnętrzną, a także połączenia między różnymi aktywnościami. Warto zaznaczyć, że w ostatnich latach można zauważyć dynamiczny rozwój podstaw teoretycznych oraz metodologii odnoszącej się do modeli sieciowych w ramach metody DEA, a co za tym idzie – aplikacyjnego charakteru ich wykorzystywania na potrzeby badań empirycznych (Kao, 2014).

Kaoru Tone i Miki Tsutsui (2009) przedstawili nieradialny model sieciowy SBM (*network slack based measure*, NSBM). Za

podstawę posłużył im nieradialny model SBM (Tone, 2001), a właściwie jego modyfikację polegającą na uwzględnieniu wag w modelu SBM (Cooper, Seiford i Tone, 2007; Tsutsui i Goto, 2009). Wykorzystanie nieradialnego modelu sieciowego SBM (NSBM), pozwala uzyskać pełniejszą informację w porównaniu do wyników obliczeń przeprowadzonych z wykorzystaniem klasycznego modelu SBM. Dzięki temu możliwe staje się dokładniejsze zidentyfikowanie źródeł nieefektywności. Model sieciowy SBM uwzględnia obszary i procesy wewnątrz badanego obiektu, przez co daje możliwość uzyskania informacji zarówno o efektywności poszczególnych obszarów działalności w ramach danej jednostki, jak i o efektywności całkowitej (ogólnej) badanego obiektu.

Niezależnie od modelu zastosowanego do analizy (np. CCR, BCC, SBM, network SBM) badanie efektywności technicznej za pomocą metody DEA polega na rozwiązaniu funkcji celu przy określonych warunkach ograniczających za pomocą programowania

liniowego. Względem krzywej efektywności wyznaczonej na tej podstawie i z danych empirycznych jest określana pozycja danego obiektu i jej poziom efektywności, który mieści się w przedziale $(0; 1/n)$, gdzie 1 oznacza jednostkę w 100% efektywną, znajdująca się na krzywej efektywności, zaś w pozostałych przypadkach badany podmiot charakteryzuje się nieefektywnością.

Ocena efektywności publicznych szkół wyższych w Polsce

W kontekście wyzwań strategicznych, z jakimi musi zmierzyć się polski system szkolnictwa wyższego, a także ze względu na trwające prace nad projektem ustawy o szkolnictwie wyższym, pomiar efektywności uczelni nabiera kluczowego znaczenia. W ostatnich latach można zaobserwować wzrost popularności stosowania metody DEA w ocenie efektywności szkół wyższych. Dotychczasowe badania prowadzono na czterech poziomach: pojedynczych uczelni, grup uczelni, wydziałów określonego typu

Tabela 1

Wybrane prace empiryczne na temat efektywności szkolnictwa wyższego w Polsce

Poziom analizy	Autorzy (rok publikacji)	Zakres przestrzenny badań
Pojedyncza szkoła wyższa	Szuwarzyński (2006)	8 wydziałów Politechniki Gdańskiej
	Baran, Pietrzak i Pietrzak (2015)	13 wydziałów Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego
Szkół wyższe określonego typu	Nazarko, Komuda, Kuźmich, Szubzda i Urban (2008)	19 politechnik
	Pasewicz, Słabońska i Świtłyk (2009)	8 uczelni rolniczych
	Mongiolo, Pasewicz i Świtłyk (2010)	18 politechnik
	Szuwarzyński i Julkowski (2014)	18 politechnik
Wydziały określonego typu	Pietrzak (2015)	46 wydziałów reprezentujących nauki przyrodnicze i rolnicze
	Pietrzak, Pietrzak i Baran (2016)	33 wydziały reprezentujące nauki społeczne
Szkół wyższe różnego typu	Ćwiąkała-Matys (2010)	59 szkół wyższych
	Wolszczak-Derlacz (2013)	31 szkół wyższych
	Brzezicki i Wolszczak-Derlacz (2015)	50 szkół wyższych
	Chodakowska (2015)	12 szkół wyższych

oraz publicznych szkół wyższych różnego typu. Zestawienie wybranych prac empirycznych zawarto w Tabeli 1.

Należy zauważyć, że w zależności od kierunku studiów w obrębie pojedynczych szkół wyższych mogą występować znaczące dysproporcje między jednostkowymi kosztami kształcenia studentów. Dla przykładu, na Uniwersytecie Warszawskim koszt kształcenia przypadający na jednego studenta na Wydziale Fizyki był w 2009 r. ponad jedenaściekrotnie wyższy niż na Wydziale Dziennikarstwa i Nauk Politycznych (Wilkin, 2009). Jak podkreślali Dennis Carlton i Jeffrey Perloff (2005), znajomość funkcji kosztów w przedsiębiorstwie i znajomość jego technologii są równoważne. Tym samym pomiar efektywności szkolnictwa wyższego powinien być prowadzony raczej na poziomie wydziałów niż na poziomie szkół wyższych. Jednakże zebranie danych o poziomie mikro nie jest zadaniem trywialnym:

[...] Polska charakteryzuje się niezmiernie restrykcyjną polityką rozpowszechniania danych statystycznych, dając instytucjom [...] prawo do bezapelacyjnego odrzucenia próśb o dostęp do danych [...]. Jest to szczególnie uderzające, jeśli weźmiemy pod uwagę, że najbardziej liczące się szkoły wyższe w Polsce są instytucjami publicznymi [...] i brak transparentności jest co najmniej zdumiewający (Wolszczak-Derlacz i Parteka, 2010, s. 45).

Zebranie odpowiednich danych wymaga niejednokrotnie bezpośredniego kontaktowania się z władzami jednostek i sięgania po statystyki dostępne wyłącznie w formie papierowej. Często zarządzający wydziałami nie dostrzegają potrzeby pomiaru efektywności. Widoczne jest ścieranie się dwóch poglądów na temat miejsca i roli szkoły wyższej: „scjentystycznego”, traktującego uczelnię jako skarbnicę wiedzy oraz „prakseologicznego”, oceniającego przede wszystkim skuteczność i efektywność jej funkcjonowania. Dlatego niezmiernie ważne jest uświadomienie środowisku akademickiemu, że uczelnie

nie są „enklawami, w których życie toczy się niezależnie od otoczenia [...], a analiza efektywności [...] jest w pełni zasadna, a wręcz konieczna” (Leja, 2000, s. 24). Wartością dodaną naszych analiz jest wykorzystanie modelu sieciowego DEA, który pozwala określić zarówno efektywność poszczególnych obszarów funkcjonowania szkoły wyższej (np. dydaktyka, badania naukowe), jak i oszacować ogólną efektywność badanej jednostki. Konkretnie wydziały po uzyskaniu takiej informacji będą mogły lepiej określić swoją strategię dalszego rozwoju. Ponadto w literaturze jest wciąż niewiele badań poświęconych analizie efektywności wydziałów szkół wyższych. Głównym poziomem badań szkolnictwa wyższego w kraju i zagranicą są porównania między poszczególnymi szkołami wyższymi lub ich grupami.

Materiał i metoda

Przed przystąpieniem do analizy z wykorzystaniem metody DEA należy spełnić założenie wstępne w zakresie odpowiedniej liczby badanych jednostek oraz względnej ich jednolitości. W naszym badaniu, które ma charakter pilotażowy, dokonaliśmy doboru celowego obiektu badawczego. Jednostkami analizy było 18 wydziałów Politechniki Warszawskiej: Administracji i Nauk Społecznych (W1), Architektury (W2), Chemiczny (W3), Elektroniki i Technik Informacyjnych (W4), Elektryczny (W5), Fizyki (W6), Geodezji i Kartografii (W7), Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska (W8), Inżynierii Chemicznej i Procesowej (W9), Inżynierii Lądowej (W10), Inżynierii Materiałowej (W11), Inżynierii Produkcji (W12), Matematyki i Nauk Informacyjnych (W13), Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa (W14), Mechatroniki (W15), Samochodów i Maszyn Roboczych (W16), Transportu (W17) i Zarządzania (W18).

Definiując efekty, wzięto pod uwagę trzy zmienne odnoszące się do wspomnianych w przeglądzie literatury obszarów

funkcjonowania szkoły wyższej: (a) działalność dydaktyczną, (b) „teoretyczną” oraz (c) „praktyczną” działalność naukową (oczywiście w zakresie, w jakim pozwalała na to ograniczona dostępność danych). Ze względu na niewielką liczbę obiektów łączna liczba zmiennych nie powinna być zbyt duża, dlatego dla każdego z trzech obszarów funkcjonowania wydziału w roku akademickim 2014/2015 przyjęto po jednym wyniku oraz jednym nakładzie wspólnym dla wszystkich obszarów: liczbę nauczycieli akademickich (x_1). Uznano bowiem, że najbardziej kluczowym nakładem są ludzie, a w szczególności kadra akademicka. W przypadku efektów działalności dydaktycznej przyjęto liczbę absolwentów (y_1), „teoretycznej” działalności naukowej – liczbę punktów przyznanych za publikację (y_2), zaś w zakresie „praktycznej” działalności naukowej przyjęto liczbę prowadzonych projektów (y_3). Dla takiej struktury efektów jest uzasadnione przyjęcie orientacji modelu ukierunkowanego na maksymalizację efektów. Wszystkie dane do badania zaczerpnięto ze *Sprawozdania Rektora z działalności Politechniki Warszawskiej w okresie 1.09.2014–31.08.2015*.

Do pomiaru efektywności wydziałów i poszczególnych obszarów działalności tych wydziałów (dydaktyka, „teoretyczna” i „praktyczna” działalność naukowa) wykorzystano nieradialny model sieciowy SBM (NSBM) oraz uzupełniając i porównawczo model SBM do określenia różnic między klasycznym a sieciowym pomiarem efektywności danego wydziału. Jak już wspomniano, mimo że metoda DEA jest w głównej mierze wykorzystywana w przypadku uwzględniania wielu nakładów i wyników w badaniu, to równie dobrze sprawdza się przy mniejszej liczbie zmiennych. Zarówno w modelu NSBM, jak i SBM przyjęto założenie odnośnie do zmiennych efektów skali oraz orientacji na wyniki (maksymalizowanie efektów przy danym poziomie nakładów). Dla poszczególnych obszarów działalności

wydziałów w ramach modelu NSBM przypisano następujące wagi: działalność dydaktyczna (0,70), „teoretyczna” działalność naukowa (0,15) i „praktyczna” działalność naukowa (0,15). Podstawą do określenia wag dla trzech obszarów były informacje z lat 2014–2015 pochodzące z publikacji *Szkoły wyższe i ich finanse* (Główny Urząd Statystyczny, 2015–2016), wskazujące, że 70% przychodów działalności operacyjnej szkół technicznych pochodzi z działalności dydaktycznej. Z uwagi, że szkoły wyższe uzyskują przychody z innych źródeł, które nie zostały objęte badaniem (np. przychody z wyodrębnionej działalności gospodarczej, pozostałe przychody operacyjne), postanowiono pozostałe 30% podzielić równo na „teoretyczną” i „praktyczną” działalność naukową. W celu zmniejszenia wpływu subiektywnego ustalania wag (dla poszczególnych obszarów badawczych) na poziom efektywności, postanowiono w modelu NSBM wykorzystać własność określającą, że łącznik działów jest ustalany swobodnie (uznaniowo), przy zachowaniu ciągłości między stanem początkowym a końcowym.

Wyniki badania

Wskaźniki efektywności obliczone za pomocą modeli SBM i NSBM przedstawiono w Tabeli 2. W zdecydowanej większości uzyskano różne wyniki efektywności dla obu modeli, co wynika z różnic między klasycznym a sieciowym podejściem do analiz w ramach metody DEA. Średnia wartość wskaźników efektywności ogólnej dla modelu SBM wyniosła 0,49, a dla NSBM – 0,36. W zakresie efektywności „teoretycznej” i „praktycznej” działalności naukowej otrzymano zbliżone średnie wartości wskaźników efektywności (odpowiednio 0,25 i 0,27), w przeciwieństwie do dydaktyki, której średnia miara wyniosła aż 0,69. Pięć wydziałów (W1, W3, W4, W5 i W11) okazało się w stu procentach efektywnych w modelu SBM, a żaden w modelu NSBM.

Tabela 2

Wskaźniki efektywności w klasycznym i sieciowym modelu SBM dla 18 wydziałów Politechniki Warszawskiej w roku akademickim 2014/2015

	Model sieciowy SBM (NSBM)			Model SBM	
	Efektywność obszarów badawczych				
	Działalność dydaktyczna	Działalność naukowa		Efektywność całkowita	Efektywność „black box”
Wydział		„Teoretyczna”	„Praktyczna”		
W1	1,00	0,07	0,02	0,09	1,00
W2	0,51	0,04	0,01	0,05	0,03
W3	0,73	0,62	0,68	0,70	1,00
W4	1,00	1,00	0,91	0,99	1,00
W5	1,00	0,25	0,19	0,48	1,00
W6	0,20	0,21	0,38	0,21	0,39
W7	0,63	0,09	0,02	0,09	0,07
W8	0,91	0,15	0,10	0,31	0,42
W9	0,46	0,13	0,21	0,30	0,32
W10	0,68	0,19	0,09	0,29	0,22
W11	1,00	0,41	1,00	0,82	1,00
W12	0,72	0,19	0,16	0,37	0,34
W13	0,28	0,16	0,13	0,22	0,23
W14	0,88	0,20	0,40	0,52	0,73
W15	0,69	0,36	0,28	0,51	0,59
W16	0,36	0,13	0,17	0,26	0,27
W17	0,59	0,24	0,04	0,17	0,12
W18	0,72	0,06	0,02	0,09	0,09
Min	0,20	0,04	0,01	0,05	0,03
M	0,69	0,25	0,27	0,36	0,49
Max	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00

Jedynie Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych (W4) uzyskał 99-procentową efektywność. Odnosnie do działalności dydaktycznej w czterech na pięć przypadków jednostka stuprocentowo efektywna w modelu SBM została uznana za efektywną w NSBM. Powyższy wynik wskazuje, że jednostka, która jest efektywna przynajmniej w jednym z trzech przyjętych obszarów badawczych w ramach sieciowego modelu SBM, będzie się również charakteryzowała efektywnością w klasycznym modelu SBM.

Innym sposobem uzyskania pełnej efektywności w tradycyjnym modelu SBM jest

otrzymanie powyżej 60% efektywności (W3) dla wszystkich trzech obszarów badawczych w ramach modelu sieciowego SBM.

W pełni efektywnymi jednostkami w zakresie działalności dydaktycznej okazały się cztery wydziały (W1, W4, W5, W11), w wypadku działalności naukowej po jednym w ramach „teoretycznej” (W4) i „praktycznej” (W11). Odnotowano jedynie dwa przypadki, gdy wydział był jednocześnie efektywny w dwóch obszarach działalności. Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych (W4) był w stu procentach efektywny odnośnie do działalności dydaktycznej

oraz „teoretycznej” działalności naukowej, a Wydział Inżynierii Materiałowej (W11) w zakresie dydaktyki i „praktycznej” działalności naukowej.

Pełna efektywność wydziałów w modelu SBM wynika przede wszystkim z efektywności ich działalności dydaktycznej. Natomiast na obniżenie wskaźników efektywności w klasycznym modelu SBM wpływał niski poziom efektywności w zakresie „teoretycznej” i „praktycznej” działalności naukowej – wskazując na to wyniki modelu NSBM.

Podsumowanie i wnioski

Wyniki pomiaru efektywności 18 wydziałów Politechniki Warszawskiej w obszarach: działalności dydaktycznej, „teoretycznej” i „praktycznej” działalności naukowej w roku akademickim 2014/2015 nasuwają kilka wniosków. Obliczenia dokonane z wykorzystaniem sieciowego modelu SBM pozwalają uzyskać bardziej szczegółowe informacje zarówno o badanej jednostce, jak i o jej efektywności w poszczególnych obszarach funkcjonowania, czego klasyczny model SBM nie jest w stanie uwzględnić. Spośród czterech w pełni efektywnych wydziałów w ramach modelu sieciowego SBM dwa (W1 oraz W5) były efektywne w jednym z trzech obszarów, tzn. działalności dydaktycznej, „teoretycznej” lub „praktycznej” działalności naukowej. W dwóch przypadkach (W3 oraz W11) jednostki były jednocześnie efektywne w działalności dydaktycznej oraz w „teoretycznej” lub „praktycznej” działalności naukowej. W pięciu z czterech przypadków wydział uznany za efektywny w modelu SBM był również efektywny w zakresie działalności dydaktycznej w ramach sieciowego modelu SBM.

Liderem badania pod względem efektywności był Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, który w ramach modelu sieciowego SBM uzyskał stuprocentową efektywność w zakresie działalności

dydaktycznej i „teoretycznej” działalności naukowej oraz 91-procentową efektywność odnośnie do „praktycznej” działalności naukowej. Dodatkowo charakteryzował się on pełną efektywnością w modelu SBM. Uzyskane wyniki pozwalają określić, który wydział w ramach swojej ogólnej działalności specjalizuje się w działalności dydaktycznej, który w „teoretycznej”, a który w „praktycznej” działalności naukowej, a także jaki obszar funkcjonowania jednostki charakteryzują się nieefektywnością. Należy się nad nim skupić, aby uzyskać pełną efektywność.

Zdajemy sobie sprawę z potencjalnych uwag krytycznych odnośnie do powyższej analizy, związanych z małą liczbą jednostek objętych badaniem, ograniczoną liczbą danych, w tym z trudnościami ze zmierzeniem rezultatów działalności wydziałów, a także uwzględnianiem jedynie zmiennych ilościowych. Należy jednak zauważyć, że badanie miało charakter pilotażu rozpoznawczego. W związku z tym przyszłe badania tego zagadnienia powinny uwzględnić zasygnalizowane ograniczenia, zwiększą liczbę badanych jednostek, zmiennych ujętych w analizie, a także dane jakościowe charakteryzujące każdy obszar działalności wydziałów.

Literatura

- Acemoglu, D. i Angrist, J. (2000). How large are the social returns to education? Evidence from compulsory schooling laws. *NBER Macroeconomics Annual*, 15, 9–59.
- Agasisti, T. i Pohl, C. (2012). Comparing German and Italian public universities: convergence or divergence in the higher education landscape? *Managerial and Decision Economics*, 33(2), 71–85.
- Banker, R. D., Charnes, A. i Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30, 1078–1092.
- Baran, J., Pietrzak, M. i Pietrzak, P. (2015). Efektywność funkcjonowania publicznych szkół wyższych. *Optimum. Studia Ekonomiczne*, 76(4), 169–185.
- Begg, D., Fischer, S. i Dornbusch, R. (2003). *Mikroekonomia*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

- Brzezicki, Ł. i Wolszczak-Derlacz, J. (2015). Ocena efektywności działalności dydaktycznej publicznych szkół wyższych w Polsce wraz z analizą czynników ją determinujących. *Acta Universitatis Nicolai Copernici*, 46(1), 123–139.
- Carlton, D. W. i Perloff J. M. (2005). *Modern industrial organization*. Boston: Addison-Wesley.
- Charnes, A., Cooper, W. W. i Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 6(2), 429–444.
- Chodakowska, E. (2015). An example of network DEA – assessment of operating efficiency of universities. *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, 16(1), 75–84.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. i Tone, K. (red.). (2007). *Data envelopment analysis. a comprehensive text with models, applications. references and DEA-solver software*. New York: Springer.
- Ćwiąkała-Małys, A. (2010). *Pomiar efektywności procesu kształcenia w publicznym szkolnictwie akademickim*. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego.
- Färe, R. (1991) Measuring Farrell efficiency for a firm with intermediate inputs. *Academia Economic Papers*, 19(2), 329–340.
- Färe, R. i Grosskopf, S. (1996a) *Intertemporal production frontiers with dynamic DEA*. Boston: Kluwer.
- Färe, R. i Grosskopf, S. (1996b) Productivity and intermediate products: a frontier approach. *Economics Letters*, 50(1), 65–70.
- Färe, R. i Grosskopf, S. (2000) Network DEA. *Socio-economic Planning Sciences*, 34(1), 35–49.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253–281.
- Flegg, A. T., Allen, D. O., Field, K. i Thurlow, T. W. (2004). Measuring the efficiency of British universities: a multi-period data envelopment analysis. *Education Economics*, 12(3), 231–249.
- Główny Urząd Statystyczny (2015). *Szkoły wyższe i ich finanse w 2014 roku*. Warszawa: Główny Urząd Statystyczny.
- Główny Urząd Statystyczny (2016). *Szkoły wyższe i ich finanse w 2015 roku*. Warszawa: Główny Urząd Statystyczny.
- Kao, C. (2014). Network data envelopment analysis: a review. *European Journal of Operational Research*, 239(1), 1–16.
- Kozuń-Cieślak, G. (2011). Wykorzystanie metody DEA do oceny efektywności w usługach sektora publicznego. *Wiadomości Statystyczne*, 3, 14–42.
- Kozuń-Cieślak, G. (2013). Efektywność – rozważania nad istotą i typologią. *Studia i prace – Kwartalnik Kolegium Ekonomiczno-Społecznego*, 16(4), 13–42.
- Kulawik, J. (2010). Efektywność przedsiębiorstw wielkotowarowych w rolnictwie. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, 324(3), 39–67.
- Leja, K. (2000). Uniwersytet nie jest enklawą. Pobrano z <https://forumakademickie.pl/fa-archiwum/archiwum/2000/12/08.html>
- Lochner, L. i Moretti, E. (2004). The effect of education on crime: evidence from prison inmates, arrests, and self-reports. *American Economic Review*, 94(1), 155–189.
- Mancebon, M.-J. i Bandres, E. (1999). Efficiency evaluation in secondary schools: the key role of model specification and of „ex post” analysis of results. *Education Economics*, 7(2), 131–152.
- McMahon, W. W. (2002). *Education and development. Measuring the social benefits*. Oxford: Oxford University Press.
- Mongiało, Z., Pasewicz, W. i Świtłyk, M. (2010). Efektywność kształcenia w publicznych uczelniach technicznych w latach 2001–2005. *Folia Pomoranae Universitatis Technologiae Stetinensis. Oeconomica*, 282(60), 85–102.
- Morawski, R. Z. (1999). Kryteria efektywności instytucji akademickich. W: J. Woźnicki (red.), *Model zarządzania publiczną instytucją akademicką*. Warszawa: Instytut Spraw Publicznych.
- Nazarko, J., Komuda, M., Kuźmich, K., Szubda, E. i Urban, J. (2008). Metoda DEA w badaniu efektywności instytucji sektora publicznego na przykładzie szkół wyższych. *Badania Operacyjne i Decyzje*, 4, 89–105.
- Paliszkievicz, J. O. (2010). Scenariusze i strategie rozwoju szkolnictwa wyższego w Polsce i za granicą. Analiza foresightów i dokumentów strategicznych. Pobrano z <http://www.akademickiemazow-sze2030.pl/Data/File/54.pdf>
- Pasewicz, W., Słabońska, T. i Świtłyk M. (2009). Ocena kształcenia w publicznych uczelniach rolniczych w latach 2001–2005. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, 318(1), 57–72.
- Piasecka, A. (2013). Postrzeganie efektywności w szkołach wyższych w warunkach społeczeństwa informacyjnego. *Nierówności społeczne a wzrost gospodarczy*, 32, 259–269.
- Pietrzak, P. (2015). Wykorzystanie metody DEA do oceny i poprawy efektywności funkcjonowania wydziałów nauk przyrodniczych i rolniczych. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 17(5), 205–212.

- Pietrzak, M., Pietrzak, P. i Baran, J. (2016). Efficiency assessment of public higher education with the application of data envelopment analysis: the evidence from Poland. *Online Journal of Applied Knowledge Management*, 4(2), 59–73.
- Sprawozdanie Rektora z działalności Politechniki Warszawskiej w okresie: 1.09.2014–31.08.2015. (2015). Pobrano z <https://www.bip.pw.edu.pl/Sprawozdania/Sprawozdania-Rektora>
- Szuwarzyński, A. (2006). Metoda DEA pomiaru efektywności działalności dydaktycznej szkół wyższych. *Nauka i Szkolnictwo Wyższe*, 28(2), 78–88.
- Szuwarzyński, A. i Julkowski, B. (2014). Wykorzystanie wskaźników złożonych i metod nieparametrycznych do oceny i poprawy efektywności funkcjonowania wyższych uczelni technicznych. *Edukacja*, 128(3), 54–74.
- Szymańska, E. (2010). Efektywność przedsiębiorstw – definiowanie i pomiar. *Roczniki Nauk Rolniczych. Seria G*, 97(2), 152–164.
- Tone, K. (2001). A slack-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 130(3), 498–509.
- Tone, K. i Tsutsui M. (2009). Network DEA: a slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research*, 197, 243–252.
- Tsutsui, M. i Goto, M. (2009). A multi-division efficiency evaluation of U.S. electric power companies using a weighted slacks-based measure. *Socio-Economic Planning Sciences* 43(3), 201–208.
- Wilkin, J. (2009). Ekonomiczno-finansowe uwarunkowania rozwoju szkolnictwa wyższego w Polsce. W: Z. Morawski (red.), *Polskie szkolnictwo wyższe: stan, uwarunkowania i perspektywy*. Warszawa: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
- Wolszczak-Derlacz, J. i Parteka, A. (2010). Produktowność naukowa wyższych szkół publicznych w Polsce – bibliometryczna analiza porównawcza. Pobrano z [http://www.ey.com/Publication/vwLU-Assets/Produktownosc_naukowa.pdf/\\$FILE/ATTVYNOZ.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLU-Assets/Produktownosc_naukowa.pdf/$FILE/ATTVYNOZ.pdf)
- Wolszczak-Derlacz, J. (2013). *Efektywność naukowa, dydaktyczna i wdrożenia publicznych szkół wyższych w Polsce*. Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej.

Tekst złożony 20 stycznia 2017 r., zrecenzowany 5 kwietnia 2017 r., przyjęty do druku 24 maja 2017 r.

Application of the network DEA method to measure the efficiency of faculties at the Warsaw University of Technology

The paper discusses the efficiency of public higher education institutions and presents the results of efficiency research for 18 faculties of the Warsaw University of Technology in the 2014/2015 academic year. The outputs of the model included: the number of graduates (reflecting activity in teaching), the number of publication points (reflecting activity in “theoretical” scientific work) and the number of research projects (reflecting activity in “practical” scientific work). Inputs were measured by the number of academic staff. The analysis was conducted using the non-radial network SBM model and traditional SBM model. The results show that five faculties were efficient using the SBM model. In using the network SBM model, we found that four faculties were efficient in terms of teaching activities and one faculty was efficient in the activities of “theoretical” and “practical” scientific work.

KEYWORDS: higher education institutions; efficiency; DEA; network DEA.