

Łukasz Brzezicki

Anna Cwiąkała-Małys

# Zastosowanie nieradialnego modelu SBM z ograniczeniami wag do pomiaru efektywności dydaktycznej w szkolnictwie wyższym

## Streszczenie

*Cel:* W artykule dokonano pomiaru efektywności działalności dydaktycznej szkolnictwa wyższego za pomocą nieradialnego modelu SBM, z ograniczeniami nałożonymi na wagi. Analizie, przeprowadzonej na dwóch poziomach, poddano 59 publicznych szkół wyższych w Polsce oraz 18 wydziałów Politechniki Warszawskiej jako wybranej szkoły wyższej – w 2014 r.

*Metodyka badań:* W badaniu dokonano oszacowania efektywności za pomocą nieradialnego modelu SBM z ograniczeniami nałożonymi na wagi (*slack-based measure assurance region* – SBM-AR).

Łukasz Brzezicki, Uniwersytet Gdański, Wydział Ekonomiczny, ul. Armii Krajowej 119/121, 81-824 Sopot, e-mail: [lukasz.brzezicki@ug.edu.pl](mailto:lukasz.brzezicki@ug.edu.pl), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0761-1109>.

Anna Cwiąkała-Małys, Uniwersytet Wrocławski, Wydział Prawa, Administracji i Ekonomii, ul. Uniwersytecka 22/26, 50-145 Wrocław, e-mail: [anna.cwiakala-malys@uwr.edu.pl](mailto:anna.cwiakala-malys@uwr.edu.pl), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9812-2118>.

Artykuł udostępniany na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0); <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

*Wyniki badań:* Uzyskane wyniki wskazały, że niezależnie od przyjętego założenia badawczego jedynie Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Politechnika Gdańska, Politechnika Wrocławska – w przypadku uczelni wyższych, oraz Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych i Wydział Inżynierii Materiałowej – w przypadku wybranych wydziałów Politechniki Warszawskiej, okazały się w pełni efektywnymi jednostkami we wszystkich modelach i podejściach badawczych. Natomiast osiem uczelni i trzy wydziały są efektywne jedynie w pojedynczych przypadkach.

*Wnioski:* Nałożenie ograniczeń na wagi SBM pozwoliło zredukować nadmiarową liczbę efektywnych uczelni, jaką otrzymano w klasycznym podejściu.

*Wkład w rozwój dyscypliny:* Przeprowadzone badanie udowodniło, że przyjęcie odpowiedniego modelu DEA determinuje wyniki efektywności jednostek. Należy zatem wykorzystywać różne modele i na ich podstawie dokonywać całościowej oceny efektywności.

**Słowa kluczowe:** szkolnictwo wyższe, efektywność, SBM, AR, DEA.

**Klasyfikacja JEL:** I22, I23.

## 1. Wprowadzenie

Określona wielkość wydatków stanowi warunek konieczny do osiągnięcia planowanych wyników w szkolnictwie wyższym, ale nie jest on wystarczający. Istotnym czynnikiem odnoszącym się do efektywnego wykorzystania zasobów, na co wskazuje wielu autorów, jest odpowiedni system zarządzania (Altbach i Salmi 2011), wsparty nowoczesnym instrumentarium ilościowym. Stosowanie matematycznych formuł, opartych na określonych wielkościach i zależnościach, daje szansę na oszacowanie optymalnej wysokości nakładów dla szkolnictwa wyższego z podziałem na dydaktykę, bieżącą działalność i oddzielnie na badania.

Głównym czynnikiem sprzyjającym wprowadzaniu zarządzania publicznego, opartego na analizach ilościowych, jest potrzeba ograniczania rosnących wydatków na edukację wyższą, zarówno poprzez eliminowanie źródeł marnotrawstwa, jak i racjonalizację podziału środków publicznych, z uwzględnieniem kryterium efektywności ich wydatkowania. Jak wskazuje J. Nucińska (2017, s. 106), „podmioty publiczne potrzebują sprawnego zarządzania bardziej niż jednostki prowadzące działalność komercyjną. Wynika to z braku oddziaływania na nie bodźców rynkowych, które samoistnie wymusiłyby efektywne i skuteczne działanie”.

Celem niniejszego badania jest pomiar efektywności działalności dydaktycznej szkolnictwa wyższego na płaszczyźnie krajowej, na poziomie uczelni oraz wydziałów wybranej uczelni wyższej z zastosowaniem nieradialnego modelu SBM, z ograniczeniami nałożonymi na wagi. Należy zwrócić uwagę, że badanie efektywności działalności dydaktycznej szkolnictwa wyższego można rozpatrywać jako element związany z kontrolą zarządczą jednostek publicznych,

zgodnie z art. 68 ustawy o finansach publicznych, biorąc pod uwagę aspekt skuteczności i efektywności działania w tym zakresie.

## 2. Przegląd literatury

Dokonując kwerendy dotyczącej metod stosowanych do badania efektywności szkolnictwa wyższego, zauważono, że jest ono prowadzone za pomocą metod wskaźnikowych, np. wskaźników złożonych (Szuwarzyński i Julkowski 2014), metod parametrycznych, np. SFA (Brzezicki i Prędkie 2018), czy metod nieparametrycznych, np. DEA (Ćwiąkała-Małyś 2010, Pietrzak i Brzezicki 2017). Najczęściej jednak wykorzystywana jest nieparametryczna metoda DEA. W związku z powyższym na niej skupiono się, dokonując przeglądu badań.

Badania dotyczące szkolnictwa wyższego są prowadzone na kilku poziomach strukturalnych. Począwszy od największego zasięgu geograficznego, dotyczą one międzynarodowych badań systemów edukacji akademickiej (Ćwiąkała-Małyś i Mościbrodzka 2016, Wolszczak-Derlacz i Parteka 2011), przez krajowe porównania uczelni (Ćwiąkała-Małyś 2010, Brzezicki i Wolszczak-Derlacz 2015), aż do analizy wydziałów szkół wyższych (Pietrzak i Brzezicki 2017). Jednak wszystkie badania były prowadzone tylko na jednym poziomie strukturalnym. Nie dokonano dotąd analizy przekrojowej systemu szkolnictwa wyższego pomiędzy różnymi szczeblami. Stanowi to zasadnicze ograniczenie dotychczasowych badań. Warto zaznaczyć, że w najnowszej literaturze (Simar i Zelenyuk 2018, Zelenyuk 2019) można zauważyć nowy nurt badawczy, który skupia się na odnoszeniu wyników efektywności poszczególnych jednostek do coraz szerszych struktur gospodarczych, np. sektorów. W związku z powyższym badanie efektywności pomiędzy różnymi szczeblami edukacji akademickiej należy uznać za zasadne.

Autorzy w swoich badaniach dotyczących szkolnictwa wyższego ujmują różne dane, jednak dominują zmienne finansowe i statystyczne. Źródłami danych były m.in. bazy i publikacje EUROSTAT (Ćwiąkała-Małyś i Mościbrodzka 2016), GUS (Brzezicki 2017, Szuwarzyński 2014), Web of Science (Wolszczak-Derlacz 2013, Szuwarzyński 2014), a także sprawozdania z wykonania planu rzeczowo-finansowego (Brzezicki i Pietrzak 2017), sprawozdania finansowe zamieszczone Monitorze Polskim B (Wolszczak-Derlacz 2013) lub Monitorze Sądowym i Gospodarczym (Brzezicki i Prędkie 2018) czy informatorze statystycznym *Szkolnictwo wyższe – dane podstawowe* wydawanym przez MNiSW (Brzezicki i Wolszczak-Derlacz 2015, Wolszczak-Derlacz 2013). Źródłem danych są także obwieszczenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego – w sprawie wykazu jednostek, którym przyznano dotacje (Brzezicki i Wolszczak-Derlacz 2015), sprawozdania rektora z działalności uczelni (Pietrzak i Brzezicki 2017)

oraz ranking uczelni akademickich „Perspektyw” i „Rzeczpospolitej” (Brzezicki i Wolszczak-Derlacz 2015).

W literaturze dobór zmiennych do badania był przede wszystkim podyktowany dostępnością i aktualnością danych, obszarem działalności szkół wyższych poddanych ocenie, celem prowadzonej analizy, a także wynikiem doświadczeń z poprzednich badań. W przypadku badania działalności dydaktycznej autorzy przyjmowali za wynik m.in. liczbę studentów, liczbę absolwentów (Cwiąkała-Małys 2010), wskaźnik preferencji pracodawców (Brzezicki i Wolszczak-Derlacz 2015), ale też wartość środków pozyskanych na edukację (Rusielik, Świtłyk i Wilczyński 2012).

W zakresie działalności naukowej ujmowano natomiast m.in. liczbę publikacji i cytowań, wartość grantów badawczych (Wolszczak-Derlacz 2013) lub ich liczbę (Nazarko i in. 2008), ale również liczbę punktów przyznanych za publikację (Pietrzak i Brzezicki 2017) oraz wartość środków pozyskanych na badania (Rusielik, Świtłyk i Wilczyński 2012). Do nakładów zaliczano m.in. wartość: dotacji (Cwiąkała-Małys 2010, Nazarko i in. 2008), przychodów (Brzezicki i Wolszczak-Derlacz 2015) i majątku uczelni (Cwiąkała-Małys 2010), liczbę nauczycieli akademickich, różnego rodzaju wartości księgowe w zakresie kosztów, np. zużycia materiałów i energii, usług obcych, płac, amortyzacji itp. (Rusielik, Świtłyk i Wilczyński 2012).

Zdecydowana większość badań szkolnictwa wyższego prowadzona jest za pomocą dwóch standardowych, radialnych modeli CCR i BCC (np. Cwiąkała-Małys 2010, Wolszczak-Derlacz 2013), z nielicznymi wyjątkami. W ostatnich latach można jednak zauważyć wzmożone zainteresowanie nowszymi modelami DEA wykorzystywanymi do badania szkolnictwa wyższego w postaci: nieradialnego SBM (Brzezicki 2017, Szuwarzyński i Julkowski 2014), nieradialnego modelu sieciowego SBM (Pietrzak i Brzezicki 2017), radialnego modelu z globalnymi ograniczeniami nałożonymi na wagi ARG (Szuwarzyński 2014) czy radialnego modelu BCC z ograniczeniami nałożonymi na wagi (AR), tj. BCC-AR (Kao i Hung 2008). Ostatnie dwa modele wydają się bardzo interesujące, gdyż umożliwiają przewyżczenie typowego dla metody DEA problemu przypisywania zerowych wag do zmiennych charakteryzujących nakłady i produkty. Stosowane w literaturze klasyczne modele radialne posiadają znacznie mniejszą siłę dyskryminacji niż modele z ograniczeniami na wagach, gdyż wskazują zazwyczaj nadmiarową liczbę jednostek efektywnych, w wyniku wyznaczania zerowych wartości wag do zmiennych przyjętych do badania (Szuwarzyński 2014). W praktyce gospodarczej nie jest akceptowalne, aby dany nakład albo wynik nie miał wpływu na poziom efektywności, dlatego zastosowanie modelu z ograniczeniami na wagach umożliwia ocenę sytuacji jednostki w sposób bardziej rzetelny niż w przypadku zastosowania klasycznych modeli DEA.

### 3. Metodyka badawcza

Jak już zauważono w poprzednim punkcie, do badania szkolnictwa wyższego najczęściej jest wykorzystywana metoda DEA, przedstawiona w sformalizowanej postaci przez A. Charnesa, W.W. Coopera i E. Rhodesa (1978). Stworzyli oni pierwszy model nazywany od ich nazwisk CCR, zakładający stałe korzyści skali. Kilka lat później R.D. Banker, A. Charnes i W.W. Cooper (1984) przedstawili drugi model BCC, w którym założono zmienne efekty skali. Jednak zarówno model CCR, jak i BCC umożliwia jedynie pomiar efektywności radialnej. Gdy przyjmuje się orientację modelu efektywności radialnej na nakłady, następuje proporcjonalne zmniejszenie wszystkich nakładów, zaś gdy stosuje się orientację na produkty, dokonuje się proporcjonalnego zwiększenia uwzględnianych w badaniu wyników. W praktyce gospodarczej różne nakłady lub wyniki, nie zawsze jednak w takim samym stopniu, wpływają na efektywność podmiotu gospodarczego (Johnes i Tone 2016). Z uwagi na niedoskonałości efektywności radialnej, która stanowi pewne uproszczenie rzeczywistości, K. Tone (2001) przedstawił model SBM (*slack-based measure*), opierający się na efektywności nieradialnej zakładającej, że poszczególne nakłady i wyniki mają zróżnicowany wpływ na poziom efektywności.

W odróżnieniu od modeli radialnych CCR i BCC, w modelu SBM zwraca się również uwagę na wartości luzów (niedopasowania), które powstają podczas optymalizacji funkcji celu, gdy występują nadwyżki nakładów ( $s^-$ ) i niedobory wyników ( $s^+$ ) technologii empirycznej danego podmiotu w stosunku do technologii optymalnej (Kozuń-Cieślak 2011). W literaturze przedmiotu dotyczącej badań operacyjnych luzy nazywane są inaczej zmiennymi swobodnymi. Są to nieujemne zmienne, których istotnie dodatnie wartości informują, że możliwa jest zmiana wartości nakładów lub (i) efektów bez zmiany rozwiązania zadania, czyli bez zmiany poziomu efektywności (Domagała 2013), a zatem uwzględnienie luzów w modelu jest niezwykle istotne, ponieważ niezerowe ich wartości luzów wskazują na nieefektywność techniczną jednostki.

Źródła badań na temat modeli DEA nieefektywność dzielą na tzw. czystą nieefektywność techniczną oraz tzw. mix-nieefektywność. Podział ten zdeterminowany jest poprzez różne sposoby usuwania tych nieefektywności (Cooper, Seiford i Tone 2007). I tak w przypadku czystej nieefektywności technicznej jej usuwanie będzie polegało na zwiększeniu efektów lub – w zależności od orientacji modelu – na zmniejszeniu nakładów. Natomiast pozbywanie się mix-nieefektywności polega na doprowadzeniu do wyzerowania wszystkich luzów.

W literaturze przedmiotu definiowane jest również pojęcie efektywności w sensie DEA. Mianowicie mówi się, że  $r$ -ta jednostka DMU <sub>$r$</sub>  jest efektywna w sensie DEA, jeśli spełnia jednocześnie warunki (1) i (2):

$$\rho_1 = 1, \quad (1)$$

$$s_r^+ = 0 \text{ oraz } s_r^- = 0. \quad (2)$$

Spełnienie jedynie warunku (1) gwarantuje tzw. słabą efektywność obiektu. Niezerowa wartość któregokolwiek z luzów (2) powoduje, że jednostka jest oceniana jako nieefektywna, ponieważ możliwa jest dalsza redukcja związanego z tym luzem nakładu bez zmiany rozwiązania i przy niezmienionym poziomie efektów (Charnes, Cooper i Rhodes 1978).

Należy w tym miejscu zauważyć, że zarówno modele radialne, jak i nieradialne opierają się na założeniu całkowitej dowolności określenia wag podczas obliczania wskaźników efektywności. W konsekwencji może to doprowadzić do sytuacji, że tylko do niektórych zmiennych zostaną przypisane niezerowe wagi, a do innych już nie, gdyż będą posiadały wartość 0 (Cooper, Seiford i Tone 2007). Przyczynia się to do mniejszego wpływu tych drugich zmiennych na poziom efektywności, choć dane czynniki mogą być bądź są bardzo istotne w procesie produkcji. W związku z powyższym nienależyte ich uwzględnianie prowadzi do nieracjonalnych wyników i wskazywania nadmiarowej liczby efektywnych jednostek. Rozwiązaniem powyższego problemu jest nałożenie ograniczeń na wagi. Idea ograniczeń na wagach została zaproponowana przez R.G. Thompson i in. (1986), zaś implementacja jego założeń do modelu DEA została przedstawiona m.in. przez W.W. Coopera, L.M. Seiforda i K. Tone'a (2007). Autorzy ci nazwali procedurę wprowadzania ograniczeń na wagach *assurance region* – AR, od której tak zaczęto nazywać ten rodzaj modelu. Koncepcja AR została opracowana w celu ograniczenia dużych różnic w wagach między badanymi jednostkami, wprowadzając dolny i górny przedział wag. Ideę AR można również zastosować w nieradialnym modelu SBM. K. Tone (2001), przedstawiając nieradialny model SBM, zaproponował jego modyfikację w postaci nałożenia ograniczeń na wagach (AR).

Przechodząc do założeń empirycznych, postanowiono przyjąć następującą konwencję badawczą. Do badania efektywności szkolnictwa wyższego wykorzystano nieradialny model SBM z ograniczeniami na wagach (AR), zakładający zmienne efekty skali, zorientowany na wyniki SBM-AR-V-O. Natomiast w celu porównania wyników uzyskanych za pomocą powyższego modelu z ograniczeniami na wagach (AR) dokonano również oszacowania efektywności z użyciem klasycznego nieradialnego modelu SBM, zakładającego zmienne korzyści skali, zorientowanego na wyniki SBM-V-O. Do obliczeń empirycznych wykorzystano oprogramowanie MaxDEA.

Postanowiono przyjąć ograniczenia na dwa nakłady ( $X_1$ ,  $X_2$ ) w modelu SBM-AR-V-O. Wynika to z faktu, że z nakładów są generowane wyniki, więc nie powinny one mieć wartości wagi 0, sugerującej znikomy wpływ na poziom wyniku, co jest wyrazem nieefektywności. W tym celu zastosowano uniwersalne

podejście. Jednak najpierw dokonano oszacowania efektywności za pomocą klasycznego modelu SBM-V-O, zwracając uwagę na uzyskane wagi, które były dowolnie dobierane. Następnie uśredniono wagę dla każdego nakładu uzyskanego w modelu SBM-V-O i zastosowano ją do ograniczenia wag w modelu SBM-AR-V-O.

Zgodnie z przyjętym celem badawczym analizą objęto dwa poziomy strukturalne szkolnictwa wyższego, począwszy od krajowego porównywania 59 polskich publicznych szkół wyższych, aż do analizy wydziałów Politechniki Warszawskiej. Założeniem badania jest odniesienie wyników uczelni na płaszczyznę mikroekonomiczną wydziałów i *vice versa*.

Badaniem objęto 59 publicznych szkół wyższych, podległych MNiSW (tabela A1). Szkołom wyższym przyjętym do badania (DMU – *decision making unit*) nadano zmienne: U1–U59. Natomiast do niższego poziomu analizy empirycznej przyjęto 18 podstawowych jednostek organizacyjnych Politechniki Warszawskiej (tabela A2): W1–W18.

Podsumowując, badanie empiryczne zostało podzielone zarówno na dwie równoległe płaszczyzny, z których pierwsza dotyczy zastosowania klasycznego nieradialnego modelu SBM, a druga – nieradialnego modelu SBM z ograniczeniami nałożonymi zarówno na wagi (AR), jak i na dwa następujące po sobie etapy, które odpowiadają analizie poszczególnych poziomów strukturalnych szkolnictwa wyższego. Z uwagi na potrzebę zachowania porównywania wyników między poszczególnymi etapami badawczymi, analiza na wszystkich poziomach szkolnictwa wyższego została przeprowadzona na podstawie danych z 2014 r. Celowo wybrano dane historyczne, aby zwrócić uwagę przede wszystkim na metodykę DEA i różnice między wybranymi modelami (klasycznym a z ograniczeniami nałożonymi na wagi), a nie na wyniki efektywności dla poszczególnych uczelni jako takich, które mają drugorzędne znaczenie. Niniejszy artykuł jest kontynuacją pracy Ł. Brzezickiego (2017), który zauważył podczas szacowania efektywności szkół wyższych, że wybór modelu DEA wpływa bezpośrednio na uzyskiwane wyniki efektywności. Autor (Brzezicki 2017) w swoim badaniu wykorzystał nieradialny model SBM-Min i SBM-Max. W niniejszym badaniu zwrócono uwagę na kolejny aspekt badania efektywności za pomocą metody DEA, a mianowicie na wagi, które odgrywają kluczową rolę podczas szacowania efektywności. Zaproponowano procedurę nakładania ograniczeń na wagi, w celu redukcji nadmiarowości uzyskiwanych efektywności w klasycznym modelu SBM. Natomiast dokonując pomiaru efektywności na dwóch poziomach strukturalnych szkolnictwa wyższego, zwrócono uwagę, że na ogólny poziom efektywności danej uczelni wpływają zróżnicowane wyniki efektywności jej jednostek organizacyjnych.

#### 4. Zmienne przyjęte do badania

Efektywność działalności dydaktycznej szkolnictwa wyższego w zależności od poziomu analizy została zbadana na podstawie danych MNiSW pozyskanych na wniosek o dostępie do informacji publicznej (krajowe badanie szkolnictwa wyższego) oraz Sprawozdania rektora z działalności Politechniki Warszawskiej w okresie: 1.09.2014–31.08.2015 (badanie wydziałów wybranej uczelni). W celu odniesienia wyników efektywności uzyskanych na poszczególnych poziomach szkolnictwa wyższego oraz zachowania spójności między etapami badania empirycznego niezbędne jest przyjęcie zbliżonych, a najlepiej takich samych zmiennych.

Jako dane wejściowe, zarówno na poziomie 59 publicznych szkół wyższych, jak i 18 wydziałów Politechniki Warszawskiej, przyjęto takie same zmienne (tabela 1). Do nakładów zaliczono  $X_1$  – liczbę nauczycieli akademickich pełnozatrudnionych,  $X_2$  – wartość dotacji dydaktycznej przekazanej przez MNiSW, zaś do produktów działalności dydaktycznej zaliczono  $Y_1$  – łączną liczbę studentów stacjonarnych albo  $Y_2$  – łączną liczbę absolwentów stacjonarnych, którzy korespondują z wartością nakładu w postaci dotacji dydaktycznej.

Tabela 1. Charakterystyka badania empirycznego

Wyszczególnienie	Uczelnie wyższe (etap 1)	Wydziały wybranej szkoły wyższej (etap 2)
Liczba jednostek	59 uczelni	18 wydziałów
Źródło danych	MNiSW	Sprawozdania rektora z działalności uczelni
Przyjęte dane w zakresie nakładów	$X_1$ – liczba nauczycieli akademickich pełnozatrudnionych $X_2$ – wartość dotacji dydaktycznej przekazanej przez MNiSW	$X_1$ – liczba nauczycieli akademickich pełnozatrudnionych $X_2$ – wartość dotacji dydaktycznej przekazanej przez MNiSW
Przyjęte dane w zakresie wyników	$Y_1$ – łączna liczba studentów stacjonarnych $Y_2$ – łączna liczba absolwentów stacjonarnych	$Y_1$ – łączna liczba studentów stacjonarnych $Y_2$ – łączna liczba absolwentów stacjonarnych
Okres badawczy	2014	
Model DEA	SBM-V-O, SBM-AR-V-O	

Źródło: opracowanie własne.

Jak wskazują A. Cwiąkała-Małys i M. Mościbrodzka (2016, s. 18), „liczba pracowników dydaktycznych bezpośrednio jest związana z procesem dydaktycznym, jest również miarą nakładów często wykorzystywaną w badaniach efektywności uczelni wyższych. Zarówno liczba studentów, jak i liczba absolwentów



mogą być miarami nie tylko dla badania efektywności procesu kształcenia, ale również i efektywności finansowej uczelni, ponieważ są wymiernymi efektami nakładów finansowych, przeznaczonych na ten cel przez dane państwo”.

Na każdym etapie badania empirycznego postanowiono zastosować podobną konwencję badawczą jak w analizie A. Cwiąkały-Małys i M. Mościbrodzkiej (2016), przyjmując dwa modele empiryczne (model I [M-1] i model II [M-2]). W obu przypadkach modele składają się z dwóch takich samych nakładów w postaci liczby nauczycieli akademickich i wartości dotacji, jednak różniących się między sobą jedynie innym wynikiem działalności dydaktycznej. W modelu I produktem jest liczba studentów, zaś w modelu II – liczba absolwentów. Podsumowując, do badania przyjęto model I ( $X_1, X_2, Y_1$ ) i model II ( $X_1, X_2, Y_2$ ).

## 5. Wyniki badań i ich interpretacja

W pierwszym etapie badaniu poddano efektywność dydaktyczną 59 uczelni. Wyniki badania efektywności przedstawiono w tabeli 2.

Dokonując ogólnej analizy wskaźników zagregowanych w postaci średniej i odchylenia standardowego dla badanej grupy uczelni, nie zauważono znaczących różnic pomiędzy wynikami efektywności otrzymanej w pierwszym (M-1) i drugim (M-2) modelu empirycznym oraz w dwóch podejściach, tj. klasycznego SBM oraz SBM uwzględniającego ograniczenia na wagach. Jednostkami efektywnymi w sensie DEA, których efekty były mierzone zarówno liczbą studentów, jak i absolwentów w podejściu klasycznym oraz z ograniczeniami na wagach, zostały uczelnie: Uniwersytet Jagielloński w Krakowie (U5), Politechnika Gdańska (U24) oraz Politechnika Wrocławska (U36).

Część uczelni było tylko efektywnych w podejściu klasycznym i po nałożeniu ograniczeń na wagach straciło ten status. Uniwersytet Łódzki (U6) uzyskał pełną efektywność w obu modelach empirycznych w podejściu klasycznym, jednak pozostał efektywny tylko w drugim modelu (M-2) po dodaniu ograniczeń na wagach. Natomiast uczelnie: Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu (U8) i Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie (U38), efektywne w dwóch modelach (M-1 i M-2) w podejściu klasycznym SBM, okazały się jednostkami całkowicie nieefektywnymi po nałożeniu ograniczeń na wagach. Podobnie było w wypadku Akademii Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej w Warszawie (U42), jednak dotyczyło to jedynie pierwszego modelu empirycznego (M-1).

Kilka uczelni było efektywnych w jednym modelu empirycznym w podejściu klasycznym, ale utrzymały one pełną efektywność po wprowadzeniu ograniczeń na wagach. Uniwersytet Warszawski (U1), Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie (U29) i Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Tabela 2. Krajowe badanie uczelni – wyniki

DMU	SBM		SBM-AR		Różnica	
	M-1	M-2	M-1	M-2	M-1	M-2
U1	0,97	1,00	0,97	1,00	0,00	0,00
U2	0,74	0,78	0,64	0,71	0,10	0,07
U3	0,87	0,96	0,74	0,93	0,13	0,03
U4	0,94	0,94	0,93	0,94	0,02	0,00
U5	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
U6	1,00	1,00	0,89	1,00	0,11	0,00
U7	0,87	0,89	0,69	0,84	0,18	0,06
U8	1,00	1,00	0,77	0,93	0,23	0,07
U9	0,72	0,86	0,69	0,82	0,03	0,03
U10	0,80	0,80	0,64	0,74	0,17	0,06
U11	0,82	0,76	0,69	0,73	0,13	0,03
U12	0,85	0,98	0,64	0,88	0,21	0,10
U13	0,01	0,85	0,01	0,83	0,00	0,02
U14	0,74	0,72	0,66	0,71	0,08	0,01
U15	0,93	0,80	0,91	0,78	0,01	0,01
U16	0,68	0,67	0,55	0,61	0,12	0,07
U17	0,77	0,85	0,66	0,77	0,11	0,09
U18	0,74	0,89	0,64	0,82	0,11	0,06
U19	0,57	0,49	0,53	0,47	0,04	0,01
U20	0,88	0,78	0,88	0,78	0,00	0,00
U21	0,76	0,71	0,75	0,71	0,01	0,01
U22	0,76	0,64	0,71	0,56	0,06	0,09
U23	0,53	0,52	0,50	0,51	0,02	0,02
U24	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
U25	0,73	0,92	0,67	0,91	0,06	0,01
U26	0,85	0,69	0,83	0,67	0,01	0,02
U27	0,66	0,60	0,62	0,52	0,04	0,07
U28	0,74	0,83	0,62	0,78	0,12	0,04
U29	0,89	1,00	0,87	1,00	0,02	0,00
U30	0,81	0,60	0,81	0,60	0,01	0,00
U31	0,73	0,61	0,69	0,61	0,03	0,01
U32	0,73	0,66	0,72	0,66	0,01	0,00
U33	0,75	0,89	0,67	0,86	0,08	0,03
U34	0,73	0,71	0,72	0,68	0,01	0,03
U35	0,92	0,97	0,91	0,95	0,01	0,01
U36	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00

cd. tabeli 2

DMU	SBM		SBM-AR		Różnica	
	M-1	M-2	M-1	M-2	M-1	M-2
U37	0,97	1,00	0,96	1,00	0,01	0,00
U38	1,00	1,00	0,98	0,98	0,02	0,02
U39	0,88	0,81	0,87	0,81	0,01	0,00
U40	0,61	0,66	0,56	0,63	0,05	0,04
U41	0,74	0,66	0,73	0,65	0,01	0,01
U42	1,00	0,95	0,69	0,58	0,31	0,37
U43	0,68	0,78	0,59	0,62	0,09	0,16
U44	0,75	0,80	0,56	0,67	0,18	0,13
U45	0,50	0,64	0,35	0,39	0,15	0,24
U46	0,62	0,74	0,54	0,60	0,08	0,14
U47	0,74	0,83	0,64	0,80	0,10	0,03
U48	0,57	0,46	0,55	0,44	0,02	0,02
U49	0,63	0,73	0,63	0,72	0,01	0,01
U50	0,57	0,63	0,52	0,60	0,05	0,03
U51	0,53	0,59	0,53	0,58	0,01	0,01
U52	0,70	0,63	0,69	0,62	0,01	0,00
U53	0,98	0,80	0,97	0,80	0,01	0,00
U54	0,99	0,95	0,98	0,95	0,01	0,00
U55	0,79	0,68	0,78	0,67	0,01	0,01
U56	0,89	0,76	0,88	0,76	0,00	0,00
U57	0,74	0,70	0,73	0,70	0,01	0,00
U58	0,69	0,65	0,66	0,58	0,03	0,07
U59	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Minimalna	0,01	0,46	0,01	0,39	0,00	0,00
Średnia	0,78	0,79	0,72	0,75	0,06	0,04
Odchylenie standardowe	0,17	0,15	0,18	0,16	0,07	0,06

Źródło: opracowanie własne.

(U37) pozostały efektywne w drugim modelu empirycznym (M-2). Natomiast mimo że Chrześcijańska Akademia Teologiczna w Warszawie (U59) utrzymała poziom wskaźnika efektywności na poziomie 1, po wprowadzeniu ograniczeń na wagach pojawiły się niezerowane wartości luzów. Oznaczało to, że jednostka była słabo efektywna w podejściu z ograniczeniami na wagach i w zbiorowości istniały inne DMU, które osiągały tę samą efektywność przy mniejszych nakładach lub (i) większych efektach. Największy spadek wskaźnika efektywności, spowodowa-

wany wprowadzeniem ograniczeń na wagach zauważono w przypadku Akademii Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej w Warszawie (U42). Wskaźnik efektywności w podejściu klasycznym był na poziomie 1, w modelu pierwszym (M-1) i 0,95 w drugim (M-2), zaś po dodaniu obostrzeń wag zmniejszył się odpowiednio do wartości 0,69 i 0,58. Była to najbardziej wrażliwa jednostka na zmiany wag. Dla pozostałych uczelni różnica pomiędzy wynikami nie przekroczyła 25 punktów proc.

Analizując wyniki efektywności z uwzględnieniem jedynie poziomu wskaźnika efektywności równego 1, zauważono zróżnicowanie zarówno w przypadku dwóch modeli empirycznych, jak i wykorzystanych podejść badawczych. W podejściu klasycznym SBM było więcej uczelni, których wskaźnik efektywności wynosił 1, charakteryzujący jednostki efektywne, niż w przypadku podejścia z ograniczeniami na wagach. W pierwszym modelu (M-1) klasycznym takich szkół wyższych było osiem: Uniwersytet Jagielloński w Krakowie (U5), Uniwersytet Łódzki (U6), Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu (U8), Politechnika Gdańska (U24), Politechnika Wrocławska (U36), Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie (U38), Akademia Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej w Warszawie (U42) i Chrześcijańska Akademia Teologiczna w Warszawie (U59). W drugim modelu (M-2) klasycznym było aż dziesięć uczelni (ponad 15% wszystkich badanych szkół wyższych): Uniwersytet Warszawski (U1), Uniwersytet Jagielloński w Krakowie (U5), Uniwersytet Łódzki (U6), Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu (U8), Politechnika Gdańska (U24), Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie (U29), Politechnika Wrocławska (U36), Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach (U37), Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie (U38) i Chrześcijańska Akademia Teologiczna w Warszawie (U59). Natomiast w pierwszym modelu (M-1) z ograniczeniami na wagach zanotowano tylko cztery szkoły wyższe, zaś w drugim osiem. W porównaniu z podejściem klasycznym w pierwszym przypadku poziom wskaźnika efektywności utrzymały następujące uczelnie: Uniwersytet Jagielloński w Krakowie (U5), Politechnika Gdańska (U24), Politechnika Wrocławska (U36) i Chrześcijańska Akademia Teologiczna w Warszawie (U59). W drugim przypadku status jednostki efektywnej utraciły: Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu (U8) i Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie (U38).

Wprowadzenie ograniczeń na wagach spowodowało spadek liczby jednostek, dla których przypisywane były zerowe wagi do poszczególnych nakładów. Jedynie w dwóch jednostkach zanotowano odwrotną zależność: Uniwersytet Jagielloński w Krakowie (U5) – model M-1 i M-2, oraz Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy (U48) – M-1. Ponadto zauważono, że ograniczenia na wagach zredukowały poziom luzów na dwóch nakładach, ale zwiększyły ich poziom w zakresie efektów.

Tabela 3. Krajowe badanie wydziałów – wyniki

DMU	SBM		SBM-AR		Różnica	
	M-1	M-2	M-1	M-2	M-1	M-2
W1	1,00	1,00	0,83	1,00	0,17	0,00
W2	0,39	0,32	0,37	0,30	0,02	0,02
W3	0,64	0,79	0,64	0,75	0,00	0,04
W4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
W5	0,96	0,80	0,96	0,77	0,00	0,03
W6	0,35	0,28	0,35	0,28	0,00	0,00
W7	0,60	0,83	0,55	0,78	0,05	0,06
W8	0,55	0,46	0,40	0,46	0,16	0,00
W9	0,69	0,95	0,61	0,82	0,08	0,13
W10	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
W11	1,00	0,75	1,00	0,71	0,00	0,04
W12	0,92	0,92	0,92	0,87	0,00	0,05
W13	0,49	0,35	0,48	0,33	0,01	0,03
W14	0,97	1,00	0,97	1,00	0,00	0,00
W15	0,77	0,78	0,77	0,78	0,00	0,00
W16	0,76	0,39	0,76	0,38	0,00	0,01
W17	0,78	0,56	0,76	0,54	0,02	0,01
W18	1,00	0,94	1,00	0,94	0,00	0,00
Minimalna	0,35	0,28	0,35	0,28	0,00	0,00
Średnia	0,77	0,73	0,74	0,71	0,03	0,02
Odchylenie standardowe	0,22	0,26	0,24	0,26	0,05	0,03

Źródło: opracowanie własne.

Średnia efektywność wydziałów w Polsce w 2014 r. wahała się od 0,71 do 0,77, natomiast zróżnicowanie efektywności jednostek nie przekroczyło 0,30 (tabela 3). Warto podkreślić, że w każdym przypadku średnia efektywność w modelach z ograniczeniami na wagach była niższa niż w jej klasycznych odpowiednikach. Odwrotna zależność dotyczyła natomiast zróżnicowania danych. Jedynym wydziałem, który stracił status jednostki efektywnej, gdyż odnotował dodatnie wartości luzów w modelu pierwszym (M-1) po wprowadzeniu ograniczeń wag, był Wydział Administracji i Nauk Społecznych (W1). W jego przypadku efektywność obniżyła się do poziomu 0,83, co stanowiło spadek o 17 punktów proc. Efektywnymi w sensie DEA wydziałami okazały się natomiast w dwóch modelach (model M-1 i M-2) i dwóch podejściach: Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych

(W4) i Wydział Inżynierii Materiałowej (W10), w jednym modelu (M-1): Wydział Inżynierii Produkcji (W11) oraz Wydział Zarządzania (W18), a także Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa (W14), ale w drugim modelu (M-2).

Wśród wydziałów nieefektywnych według modelu pierwszego (M-1) znalazły się również te, dla których metoda, usuwając luzy w programowaniu, obniżyła ich wskaźnik efektywności. Największy jej ubytek zaobserwowano dla Wydziału Administracji i Nauk Społecznych (W1), a następnie dla Wydziału Inżynierii Chemicznej i Procesowej (W8), dla którego spadek poziomu efektywności obniżył się o 16 punktów proc. Natomiast w przypadku modelu drugiego (M-2) wszystkie wydziały efektywne według klasycznego podejścia SBM były również efektywne po wprowadzeniu ograniczeń na wagach w sensie DEA. Takich wydziałów było cztery: Wydział Administracji i Nauk Społecznych (W1), Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych (W4), Wydział Inżynierii Materiałowej (W10) oraz Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa (W14). Natomiast największy ubytek (o 13 punktów proc.) poziomu efektywności został odnotowany dla Wydziału Inżynierii Lądowej (W9), w przypadku którego wskaźnik efektywności zmalał z 0,95 do poziomu 0,82. W pozostałych nieefektywnych jednostkach ubytek nie był już tak duży (nie przekroczył 5 punktów proc.).

Po wprowadzeniu ograniczeń na wagach zmniejszyła się liczba jednostek, w których zostały przypisane zerowe wagi do poszczególnych nakładów. Jedynie w trzech wydziałach zaobserwowano odwrotną zależność: Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych (W4) – M-1 i M-2, Wydział Inżynierii Materiałowej (W10) – M-1, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa (W14) – M-2. Ponadto ograniczenia na wagach zredukowały poziom luzów po stronie nakładów i zwiększyły ich wielkość w zakresie efektów (w większości wydziałów), podobnie jak w przypadku badanych uczelni.

## 6. Podsumowanie

Przedstawione rozważania stanowią pilotaż badań efektywności działalności dydaktycznej z zastosowaniem nieradialnego modelu SBM, z ograniczeniami na wagach SBM-AR. Uzyskane wyniki wskazały, że trzy uczelnie okazały się efektywne w dwóch modelach empirycznych i podejściach badawczych. Są to Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Politechnika Gdańska i Politechnika Wrocławska. Przy określonych warunkach są również efektywne inne uczelnie, takie jak: Uniwersytet Łódzki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Akademia Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej w Warszawie, Uniwersytet Warszawski, Akademia Górniczo-Hutnicza

im. Stanisława Staszica w Krakowie, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach i Chrześcijańska Akademia Teologiczna w Warszawie. Jedynie Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych oraz Wydział Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej uzyskał pełną efektywność we wszystkich modelach i podejściach badawczych. W pojedynczych przypadkach również Wydział Inżynierii Produkcji, Wydział Zarządzania, a także Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa są efektywnymi jednostkami.

Zastosowanie unifikacyjnego podejścia na dwóch strukturalnych poziomach szkolnictwa wyższego umożliwiło zobrazowanie wpływu efektywności poszczególnych jednostek organizacyjnych na ogólny poziom efektywności bądź nieefektywności uczelni. Oszacowanie efektywności jednostek organizacyjnych uczelni umożliwia wyznaczenie wydziałów efektywnych i nieefektywnych. Dzięki tej informacji uczelnie mogą dokonać poprawy efektywności swoich jednostek organizacyjnych, które nie są efektywne. Poprawianie efektywności jednostek organizacyjnych następuje na podstawie zwiększenia generowania efektów (w badaniu przyjęto orientację na efekty), które bezpośrednio przekładają się na podwyższenie poziomu efektów całej uczelni i tym samym na zmianę efektywności szkoły wyższej względem innych ośrodków akademickich, przy założeniu *ceteris paribus*. Zastosowanie tych samych zmiennych na dwóch poziomach strukturalnych umożliwia prowadzenie tego typu analiz.

Wprowadzenie ograniczeń na wagach w przypadku uczelni i wydziałów zmniejszyło liczbę efektywnych jednostek, tj. nadmiarowość, a także przypisywanie zerowych wag do poszczególnych nakładów (z nielicznymi wyjątkami). Ponadto dodanie ograniczeń do wag zredukowało poziom luzów po stronie nakładów.

Przyszłe kierunki rozważań powinny dotyczyć pomiaru efektywności kosztowej dwóch głównych obszarów funkcjonowania ośrodków akademickich, tj. działalności dydaktycznej i naukowej. Interesującym zagadnieniem w kontekście wyniku finansowego byłoby również przeanalizowanie efektywności poszczególnych obszarów działalności szkół wyższych, z uwzględnieniem modelu DEA z ujemnymi wartościami, które mogą wystąpić w takim przypadku. Powyższe podejście wydaje się szczególnie zasadne w zakresie działalności naukowo-badawczej, w której zostały wykorzystane zasoby (np. nakłady finansowe), a nie uzyskano odpowiednich wyników, np. w postaci zgłoszeń patentowych lub uzyskanych patentów.

**Aneks**

Tabela A1. Uczelnie akademickie uwzględnione w badaniu empirycznym

DMU	Nazwa uczelni
U1	Uniwersytet Warszawski
U2	Uniwersytet w Białymstoku
U3	Uniwersytet Gdański
U4	Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
U5	Uniwersytet Jagielloński w Krakowie
U6	Uniwersytet Łódzki
U7	Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
U8	Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
U9	Uniwersytet Opolski
U10	Uniwersytet Szczeciński
U11	Uniwersytet Śląski w Katowicach
U12	Uniwersytet Rzeszowski
U13	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
U14	Uniwersytet Wrocławski
U15	Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie
U16	Uniwersytet Zielonogórski
U17	Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
U18	Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
U19	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
U20	Politechnika Warszawska
U21	Politechnika Białostocka
U22	Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej
U23	Politechnika Częstochowska
U24	Politechnika Gdańska
U25	Politechnika Śląska w Gliwicach
U26	Politechnika Świętokrzyska w Kielcach
U27	Politechnika Koszalińska
U28	Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki
U29	Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
U30	Politechnika Lubelska
U31	Politechnika Łódzka
U32	Politechnika Opolska
U33	Politechnika Poznańska
U34	Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu



cd. tabeli A1

DMU	Nazwa uczelni
U35	Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza
U36	Politechnika Wrocławska
U37	Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
U38	Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
U39	Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu
U40	Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
U41	Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
U42	Akademia Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej w Warszawie
U43	Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
U44	Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie
U45	Akademia Pomorska w Słupsku
U46	Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
U47	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
U48	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy
U49	Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
U50	Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
U51	Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
U52	Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
U53	Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku
U54	Akademia Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki w Katowicach
U55	Akademia Wychowania Fizycznego im. Br. Czecha w Krakowie
U56	Akademia Wychowania Fizycznego im. E. Piaseckiego w Poznaniu
U57	Akademia Wychowania Fizycznego J. Piłsudskiego w Warszawie
U58	Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu
U59	Chrześcijańska Akademia Teologiczna w Warszawie

Źródło: opracowanie własne.

Tabela A2. Wydziały Politechniki Warszawskiej uwzględnione w badaniu empirycznym

DMU	Nazwa wydziału Politechniki Warszawskiej
W1	Wydział Administracji i Nauk Społecznych
W2	Wydział Architektury
W3	Wydział Chemiczny
W4	Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych
W5	Wydział Elektryczny
W6	Wydział Fizyki
W7	Wydział Geodezji i Kartografii

cd. tabeli A2

DMU	Nazwa wydziału Politechniki Warszawskiej
W8	Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej
W9	Wydział Inżynierii Lądowej
W10	Wydział Inżynierii Materiałowej
W11	Wydział Inżynierii Produkcji
W12	Wydział Inżynierii Środowiska
W13	Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych
W14	Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa
W15	Wydział Mechatroniki
W16	Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych
W17	Wydział Transportu
W18	Wydział Zarządzania

Źródło: opracowanie własne.

## Literatura

- Altbach G., Salmi J. (2011), *The Road to Academic Excellence: The Making of World-Class Research Universities*, World Bank, Washington DC.
- Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. (1984), *Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis*, „Management Science”, vol. 30, <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>.
- Brzezicki Ł. (2017), *Efektywność działalności dydaktycznej polskiego szkolnictwa wyższego*, „Wiadomości Statystyczne”, vol. 678, nr 11.
- Brzezicki Ł., Pietrzak P. (2017), *Efektywność dwuetapowego procesu dydaktycznego w publicznych uczelniach technicznych*, „Studia Ekonomiczne”, nr 2.
- Brzezicki Ł., Prędko A. (2018), *Zastosowanie metod DEA, SFA oraz StoNED do pomiaru efektywności publicznych szkół wyższych*, „Wiadomości Statystyczne”, vol. 684, nr 5.
- Brzezicki Ł., Wolszczak-Derlacz J. (2015), *Ocena efektywności działalności dydaktycznej publicznych szkół wyższych w Polsce wraz z analizą czynników ją determinujących*, „Acta Universitatis Nicolai Copernici. Ekonomia”, vol. 46, nr 1, [https://doi.org/10.12775/AUNC\\_ECON.2015.006](https://doi.org/10.12775/AUNC_ECON.2015.006).
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes, E. (1978), *Measuring the Efficiency of Decision-making Units*, „European Journal of Operational Research”, vol. 2, [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8).
- Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. (2007), *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Springer, New York.
- Cwiąkała-Małys A. (2010), *Pomiar efektywności procesu kształcenia w publicznym szkolnictwie akademickim*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- Cwiąkała-Małys A., Mościbrodzka M. (2016), *Analiza efektywności finansowej szkolnictwa wyższego państw Unii Europejskiej – podejście nieparametryczne*, „Prace

- Naukowe Wydziału Prawa, Administracji i Ekonomii Uniwersytetu Wrocławskiego. *Finanse i Rachunkowość*, nr 2.
- Domagała A. (2013), *Metoda DEA jako narzędzie wsparcia w procesie kupna-sprzedaży samochodów osobowych*, „*Studia Oeconomica Posnaniensia*”, vol. 1, nr 10.
- Johnes G., Tone K. (2017), *The Efficiency of Higher Education Institutions in England Revisited: Comparing Alternative Measures*, „*Tertiary Education and Management*”, vol. 23, <https://doi.org/10.1080/13583883.2016.1203457>.
- Kao C., Hung H.T. (2008), *Efficiency Analysis of University Departments: An Empirical Study*, „*Omega*”, vol. 36, <https://doi.org/10.1016/j.omega.2006.02.003>.
- Kozuń-Cieślak G. (2011), *Wykorzystanie metody DEA do oceny efektywności w usługach sektora publicznego*, „*Wiadomości Statystyczne*”, nr 3.
- Nazarko J., Komuda M., Kuźmich K., Szubzda E., Urban J. (2008), *Metoda DEA w badaniu efektywności instytucji sektora publicznego na przykładzie szkół wyższych*, „*Badania Operacyjne i Decyzje*”, nr 4.
- Nucińska J. (2017), *Uwarunkowania pomiaru efektywności finansowania edukacji – zarys problemu*, „*Progress in Economic Sciences*”, nr 4, <https://doi.org/10.14595/PES/04/007>.
- Pietrzak P., Brzezicki Ł. (2017), *Wykorzystanie sieciowego modelu DEA do pomiaru efektywności wydziałów Politechniki Warszawskiej*, „*Edukacja*”, vol. 142, nr 3, <https://doi.org/10.24131/3724.170306>.
- Rusielik R., Świtłyk M., Wilczyński A. (2012), *Efektywność publicznych uczelni technicznych w Polsce w latach 2007–2009*, „*Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*”, nr 246.
- Simar L., Zelenyuk V. (2018), *Central Limit Theorems for Aggregate Efficiency*, „*Operations Research*”, vol. 166, nr 1.
- Szuwarzyński A. (2014), *Model DEA do oceny efektywności funkcjonowania publicznych uniwersytetów w Polsce*, „*Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*”, nr 348.
- Szuwarzyński A., Julkowski B. (2014), *Wykorzystanie wskaźników złożonych i metod nieparametrycznych do oceny i poprawy efektywności funkcjonowania wyższych uczelni technicznych*, „*Edukacja*”, vol. 128, nr 3.
- Thompson R.G., Singleton F.D., Thrall R.M., Smith B.A. (1986), *Comparative Site Evaluations for Locating a High-energy Physics Lab in Texas*, „*Interfaces*”, vol. 16.
- Tone K. (2001), *A Slacks-based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis*, „*European Journal of Operational Research*”, vol. 130, [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5).
- Wolszczak-Derlacz J. (2013), *Efektywność naukowa dydaktyczna i wdrożeniowa publicznych szkół wyższych w Polsce - analiza nieparametryczna*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- Wolszczak-Derlacz J., Parteka A. (2011), *Efficiency of European Public Higher Education Institutions: A Two-stage Multicountry Approach*, „*Scientometrics*”, vol. 89, <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0484-9>.
- Zelenyuk V. (2019), *Aggregation of Efficiency and Productivity: From Firm to Sector and Higher Levels*, „*CEPA Working Papers Series*”, WP062019, <https://economics.uq.edu.au/files/14339/WP062019.pdf>.

## **Application of the non-Radial SBM Model with Weight Restrictions for Measuring the Efficiency of Teaching Activity in Higher Education**

(Abstract)

*Objective:* The article measures the efficiency of higher education didactic activities using a non-radial SBM model with weight restrictions. The analysis was performed on two levels, from the analysis of 59 public higher education institutions in Poland and 18 faculties of the Warsaw University of Technology in 2014.

*Research Design & Methods:* A non-radial SBM model with weight restrictions (Slack Based Measure Assurance Region, SBM-AR) was used to assess efficiency.

*Findings:* The results of the study indicate that, irrespective of the research assumption, only the Jagiellonian University in Kraków, Gdańsk University of Technology and Wrocław University of Technology, in the case of universities, and the Faculty of Electronics and Information Technology and the Faculty of Materials Science at the Warsaw University of Technology proved to be fully efficient units in all models and research approaches. Eight universities and three faculties were not fully efficient, though they were efficient in some respects.

*Implications/ Recommendations:* Imposing restrictions on the SBM weights made it possible to reduce the excess number of efficient universities present in the classical approach.

*Contribution:* The study proves that adopting the appropriate DEA model determines the results of unit efficiency. Therefore, different models should be used in conjunctions with a comprehensive performance assessment based on them.

**Keywords:** higher education, efficiency, SBM, AR, DEA.