

STUDIA METODOLOGICZNE

Łukasz BRZEZICKI
Artur PRĘDKI

Pomiar efektywności publicznych szkół wyższych za pomocą metod DEA, SFA oraz StoNED¹

Streszczenie. *W artykule oszacowano — za pomocą metod DEA, SFA i StoNED — efektywność działalności dydaktycznej i naukowej 58 publicznych szkół wyższych w 2014 r. (analiza porównawcza wyników). Wyniki działalności dydaktycznej mierzono przeliczeniową liczbą absolwentów, a działalności naukowej — liczbą nadanych stopni naukowych; w obu przypadkach za nakłady przyjęto liczbę pracowników naukowo-dydaktycznych, pozostałych pracowników niebędących nauczycielami akademickimi oraz wartość środków trwałych uczelni.*

W badaniu dokonano oceny stosunku produkcji zaobserwowanej do maksymalnej pod względem liczby absolwentów i nadanych stopni naukowych. Wyniki i interpretacje przedstawiono dla poszczególnych rodzajów uczelni, osobno w odniesieniu do sfer dydaktycznej i naukowej. Wyższe miary efektywności, niezależnie od zastosowanej metody badawczej, uzyskano w zakresie działalności dydaktycznej. Średnia wartość efektywności działalności dydaktycznej obliczona za pomocą DEA wynosiła 0,7844, SFA — 0,8756, a StoNED — 0,8564, natomiast w zakresie działalności naukowej odpowiednio: 0,6690, 0,7351 i 0,6190. Wyniki wskazują, że uczelnie są bardziej skoncentrowane na działalności dydaktycznej, stanowiącej ich główne źródło finansowania — i do niej dostosowują swoje zasoby — niż na działalności naukowej, która jest drugą zasadniczą sferą funkcjonowania tych instytucji.

Słowa kluczowe: szkolnictwo wyższe, efektywność, DEA, SFA, StoNED.

JEL: C14, D24, I21, I23

¹ Artykuł sfinansowany ze środków przyznanych Wydziałowi Zarządzania Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie w ramach dotacji na utrzymanie potencjału badawczego.

Szkolnictwo wyższe wpływa na jakość kapitału ludzkiego, a to przekłada się na poziom dobrobytu indywidualnego i społecznego. Między innymi z tego względu problematyka efektywności funkcjonowania szkolnictwa wyższego jest przedmiotem badań naukowych. Zwiększone zainteresowanie szkolnictwem wyższym w ostatnich latach w Polsce wynikało przede wszystkim z konieczności wdrożenia kolejnych postanowień procesu bolońskiego², czego konsekwencją były zmiany w polskim systemie edukacji akademickiej. W latach 2011 i 2014 wprowadzono dwie reformy systemowe, a w 2016 r. dokonano deregulacji w celu odbiurokratyzowania szkolnictwa wyższego. We wrześniu 2017 r. podczas Narodowego Kongresu Nauki przedstawiono założenia nowej reformy (NKN, 2016); w marcu 2018 r. Rada Ministrów przyjęła projekt ustawy³. Zasadne zatem wydaje się dokonanie pomiaru efektywności szkolnictwa wyższego w przeddzień wdrożenia reformy. Najnowsze dostępne dane MNiSW pochodzą z 2014 r.⁴, co zdeterminowało wybór okresu poddanego analizie.

Szkolnictwu wyższemu przypisuje się na ogół dwa główne cele działalności — dydaktyczny i naukowy. Z tego względu celem badania jest pomiar efektywności technicznej uczelni publicznych w sferach dydaktycznej i naukowej. Do realizacji tego celu wykorzystano metody: nieparametryczną DEA (Data Envelopment Analysis — analiza obwiedni danych), parametryczną SFA (Stochastic Frontier Analysis — stochastyczna analiza graniczna) oraz semiparametryczną StoNED (Stochastic Non-smooth Envelopment of Data⁵); przeprowadzono analizę porównawczą uzyskanych wyników zarówno pod kątem zastosowanych metod, jak i sfery działalności.

Wszystkie użyte metody mają korzenie w mikroekonomicznej teorii procesu produkcyjnego, przy czym DEA może być stosowana w szerszym kontekście. Wybrano grupę obiektów działających w podobny sposób, aby spełnione zostało fundamentalne założenie o jednorodności stosowanej technologii. W omawianym badaniu technologię tę reprezentuje funkcja produkcji, która określa związek pomiędzy ilością nakładów a maksymalnym produktem, jaki można z nich uzyskać. Taki wybór narzuca konieczność potraktowania uczelni jako jednostki produkcyjnej, która z ilościowo⁶ wyrażonych nakładów wytwarza ilościowo wyrażony jeden produkt (np. Varian, 1997, s. 329 i 330).

² Proces ten ma m.in. doprowadzić do zbliżenia systemów szkolnictwa wyższego krajów europejskich.

³ Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego zakłada wejście w życie nowej ustawy, zwanej „Konstytucją dla Nauki”, 1 października 2018 r.

⁴ Stan na okres przeprowadzania analizy omawianej w artykule; obecnie dostępne są dane za 2015 r.

⁵ Ta metoda jest na tyle nowa, że nie doczekała się jeszcze polskiej nazwy. Tłumaczenie robocze autorów — stochastyczna nieładka obwiednia danych.

⁶ W badaniu starano się zatem unikać kategorii wartościowych, takich jak np. koszty czy przychody różnego rodzaju, często wykorzystywanych w badaniach efektywności jednostek dydaktyczno-naukowych — zob. rozdz. *Przegląd literatury*. Z konieczności jednak kapitał fizyczny uczelni — bardzo różnorodny — aproksymowano wartością środków trwałych.

PRZEGLĄD LITERATURY

Pomiar efektywności w szkolnictwie wyższym jest trudny⁷; w jego przypadku nie ma ujednoczonego, uniwersalnego podejścia badawczego ani metodologicznego. W zależności od zastosowanych metod oraz zestawu zmiennych użytych w analizie można uzyskać krańcowo różne rezultaty. Z przeprowadzonej przez autorów kwerendy wynika, że większość badaczy szkolnictwa wyższego skupia uwagę na uczelniach akademickich (uniwersytetach, politechnikach i akademiach), a tylko niewielka część badań odnosi się do wyższych szkół zawodowych (np. Rządziński i Sworowska, 2016).

W literaturze przedmiotu daje się zauważyć, że badania są prowadzone na kilku poziomach: od międzynarodowych porównań całych systemów szkolnictwa wyższego (Wolszczak-Derlacz, 2013), przez wybrane uczelnie w kraju (Ćwiąkała-Małys, 2010), a następnie wydziały szkoły wyższej (Pietrzak i Brzezicki, 2017), do jednostek organizacyjnych danego wydziału (Szuwarzyński, 2009). Badacze szkolnictwa wyższego nie są zgodni co do podejścia do działalności dydaktycznej i naukowej, gdyż jedni w swoich analizach łączą je w jednym modelu (np. Świtłyk, 2012), a drudzy je rozdzielają poprzez stosowanie odmiennych danych po stronie produktów i nazywają je modelami dydaktycznymi oraz naukowymi (Wolszczak-Derlacz, 2013). Rozgraniczenie sfery dydaktycznej od naukowej jest zasadne przy analizie efektywności poszczególnych obszarów działalności szkół wyższych bądź gdy wymaga tego przyjęta metoda badawcza; w innym wypadku nie zachodzi taka konieczność.

Badacze zajmujący się efektywnością szkół wyższych wykorzystują do analiz dane statystyczne (liczba studentów, absolwentów, nauczycieli akademickich i pozostałych pracowników), finansowe (wartość przychodów, kosztów i dotacji dydaktycznej), a także inne kategorie księgowo, takie jak wartość rzeczowych aktywów trwałych, usług obcych, zużycia materiałów i energii itd. Przykładowo, Ćwiąkała-Małys (2010) posłużyła się m.in. wartością aktywów trwałych, liczbą nauczycieli akademickich oraz pracowników niebędących nauczycielami, kosztami operacyjnymi, dotacją dydaktyczną oraz liczbą studentów i absolwentów. Wolszczak-Derlacz (2013) przyjęła inny zestaw danych: liczbę nauczycieli akademickich, absolwentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych oraz publikacji i cytowań, a także wartość grantów i przychodów ogółem. Świtłyk (2012) natomiast ujął w badaniach głównie kategorie księgowo: koszty zużycia materiałów i energii, wartość usług obcych, koszty płac brutto, wartość amortyzacji i innych kosztów według rodzaju oraz wartość funduszy uzyskanych na prowadzenie

⁷ Między innymi ze względu na problem przyjęcia odpowiednich i miarodajnych danych dla poszczególnych obszarów działalności ośrodków akademickich, a także z uwagi na złożoność procesów w nich zachodzących.

badania naukowych i finansowanie dydaktyki. Zbliżony zestaw danych uwzględnili Rządziński i Sworowska (2016): pozostałe środki trwałe, zużycie materiałów i energii, outsourcing, wynagrodzenia, ubezpieczenia społeczne i inne świadczenia pracownicze, powierzchnię gruntów, budynki i cywilne obiekty inżynierskie, maszyny i urządzenia, pozostałe koszty, podatki i opłaty, a także liczbę studentów i absolwentów.

Podobne zróżnicowanie w doborze zestawów nakładów i efektów występuje w pracach autorów zagranicznych. Przykładowo, Agasisti i Pohl (2012) posłużyli się ogólnymi zmiennymi, takimi jak liczba absolwentów, studentów i nauczycieli akademickich oraz wartość grantów i wydatków w danym roku. Z kolei Katharaki i Katharakis (2010) przyjęli następujący zestaw danych: liczba absolwentów, studentów, nauczycieli akademickich i pozostałych pracowników, wartość przychodów z badań oraz wydatki operacyjne. Część autorów skupia uwagę na kapitale ludzkim, zarówno w zakresie działalności dydaktycznej, jak i naukowej, wykorzystując poza liczbą pracowników i absolwentów również uzyskane tytuły i stopnie naukowe. Takie podejście badawcze przyjął Fandel (2007), który uwzględnił: liczbę studentów, pracowników, absolwentów i nadanych stopni doktorskich oraz wartość dochodów ze źródeł zewnętrznych. Flegg, Allen, Field i Thurlow (2004) przyjęli zbliżone dane: liczbę pracowników oraz studentów studiów licencjackich, magisterskich i doktoranckich, wydatki rzeczowe, dochody z działalności badawczej, a także liczbę przyznanych tytułów licencjackich, magisterskich i stopni doktorskich. Kulshreshtha i Nayak (2015) wykorzystali liczbę publikacji naukowych, księgozbiór biblioteki, studentów, nauczycieli akademickich oraz pozostałych pracowników niebędących nauczycielami. Izadi, Johnes, Oskrochi i Crouchley (2002) uwzględnili zaś dane finansowe: łączne wydatki roczne, obciążenie studentów studiów licencjackich w naukach artystycznych i ścisłych, obciążenie studentów studiów podyplomowych oraz wartość otrzymanych dotacji badawczych i prac zleconych.

Do badania efektywności szkolnictwa wyższego zarówno w Polsce jak i za granicą stosuje się głównie metodę DEA oraz w mniejszym stopniu SFA. Za wykorzystaniem DEA przemawia jej stosunkowa prostota oraz fakt, że badacz nie musi zakładać określonej zależności funkcyjnej między nakładami a efektami, jak to się dzieje w przypadku metod parametrycznych. Dodatkowo jest ona bardziej niż metody parametryczne elastyczna w zakresie możliwości wykorzystania różnych danych w badaniu. Należy jednak pamiętać, że za pomocą DEA szacuje się efektywność względem innych jednostek w grupie, podczas gdy w metodach parametrycznych istnieje niezależny wzorzec efektywności w postaci funkcji produkcji lub kosztów. Metody parametryczne są ponadto dużo mniej wrażliwe na błędy danych ze względu na wykorzystanie tzw. składnika losowego, uwzględniającego wpływ czynników nieujętych w danym modelu. Metodę DEA stosowali m.in. Agasisti i Pohl (2012), Cwiąkała-Małys (2010), Ka-

tharaki i Katharakis (2010) oraz Wolszczak-Derlacz (2013), a SFA m.in.: Izadi, Johnes, Oskrochi i Crouchley (2002), Kulshreshtha i Nayak (2015) oraz Rządziński i Sworowska (2016).

Wciąż jednak poszukuje się nowych metod analizy efektywności szkolnictwa wyższego. W wyniku prób integracji DEA i SFA powstała metoda StoNED (Kuosmanen, 2008; Kuosmanen i Johnson, 2010; Kuosmanen i Kortelainen, 2012). Jednocześnie już Thanassoulis, Kortelainen, Johnes i Johnes (2011) zaznaczali, że efektywność szkolnictwa wyższego można w przyszłości analizować za pomocą StoNED. Według wiedzy autorów niniejszego opracowania metody tej nie stosowano do tej pory do analizy efektywności/nieefektywności obiektów związanych ze szkolnictwem wyższym. Omawiane badanie, w którym za pomocą metody StoNED przeanalizowano efektywność 58 uczelni publicznych, uzupełnia tę lukę. Badanie ma charakter pilotażowy. W celu lepszego zobrazowania wyników uzyskanych za pomocą StoNED porównawczo wykonano również obliczenia według DEA i SFA.

W celu zapewnienia porównywalności wyników należało maksymalnie upodobnić przyjęte podejście badawcze. Jak wspomniano, zastosowana metodyka (SFA, StoNED) opiera się w dużej mierze na pojęciu funkcji produkcji. Założono zatem, że w przypadku szkół wyższych ważniejsze jest uzyskanie maksymalnych wyników w sferze działalności dydaktycznej i naukowej niż minimalizacja nakładów potrzebnych do osiągnięcia tego celu. Koresponduje to z orientacją na produkty występującą w DEA. Oszacowanie miernika efektywności technicznej polega więc na ocenie stosunku produkcji zaobserwowanej do maksymalnej przy danych nakładach. W przypadku SFA i StoNED maksymalna produkcja podlega dodatkowo zakłóceniom losowym.

METODY BADAWCZE

DEA

Do obliczenia miary efektywności technicznej rozpatrywanej grupy obiektów wykorzystano model BCC zorientowany na produkty w postaci obwiedni (*the BCC output-oriented model in the envelopment form* — Banker, Charnes i Cooper, 1984). Na początek wprowadzono następujące oznaczenia:

n — liczba obiektów w grupie,

m — liczba nakładów,

s — liczba produktów,

$\mathbf{x}_j = [x_{1j}, \dots, x_{mj}]$ — wektor ilości nakładów zużytych przez j -ty obiekt,

$\mathbf{y}_j = [y_{1j}, \dots, y_{sj}]$ — wektor ilości produktów wytworzonych przez j -ty obiekt,

gdzie $j \in \{1, \dots, n\}$.

Model BCC ma postać:

$$\theta_o \rightarrow \text{MAX}$$

$$\mathbf{x}_o \geq \sum_{j=1}^n \lambda_{jo} \mathbf{x}_j \quad \theta_o \mathbf{y}_o \leq \sum_{j=1}^n \lambda_{jo} \mathbf{y}_j \quad \sum_{j=1}^n \lambda_{jo} = 1$$

$$\theta_o \in R \quad \lambda_{jo} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \text{ (zmiennie decyzyjne)}$$

W praktyce obiekt o jest zwykle jednym z danych n obiektów, tzn. $o \in \{1, \dots, n\}$. Powyższy program liniowy rozwiązuje się więc zwykle n razy, tzn. tyle, ile jest obiektów w grupie.

Optymalna wartość funkcji celu θ_o^* programu nazywana jest miarą efektywności technicznej Farrella danego obiektu o . W omawianym badaniu, dla celów analizy porównawczej, wykorzystano jej odwrotność⁸, ponieważ jest ona unormowana, podobnie jak miary efektywności uzyskane za pomocą SFA i StoNED. Wartość miary równa 1 oznacza, że obiekt jest w pełni efektywny. Poziom efektywności danej jednostki wyznacza się przez porównanie jej z innymi obiektami z grupy, stąd miara ta ma charakter względny. Porównanie następuje za pośrednictwem optymalnych wartości zmiennych intensywności $\lambda_{jo}^*, j = 1, \dots, n$, niezbędnych do konstrukcji tzw. wzorca efektywności, czyli wektora idealnych nakładów i produktów dla danego obiektu o , w postaci $(\sum_{j=1}^n \lambda_{jo}^* \mathbf{x}_j, \sum_{j=1}^n \lambda_{jo}^* \mathbf{y}_j)$.

W analizie za pomocą DEA efektywna jest zwykle pewna podgrupa jednostek, która rozpina tzw. obwiednię danych (stąd pochodzi nazwa metody). Wszystkie te jednostki mają wartość miary równą 1. W sytuacji jednoproduktowej obwiednia danych jest rodzajem empirycznej⁹ funkcji produkcji, a wartość wybranej miary efektywności technicznej $TE_{o,DEA} = 1/\theta_o^*$ uzyskuje się ze stosunku produkcji zaobserwowanej do maksymalnej możliwej do osiągnięcia przy danych nakładach. Interpretacja w przypadku miar wykorzystywanych w metodach StoNED i SFA jest bardzo podobna.

SFA

Metodę SFA, alternatywną względem DEA, zaproponowali równolegle Aigner, Lovell i Schmidt (1977) oraz Meeusen i van den Broeck (1977). Jej koncepcja opiera się na zastosowaniu parametrycznych modeli ekonometrycznych procesu produkcyjnego z odpowiednio skonstruowanym złożonym składnikiem losowym.

Zwykle wykorzystuje się multiplikatywną postać modelu:

$$y_j = g(\mathbf{x}_j; \boldsymbol{\beta}) \exp(\varepsilon_j) = g(\mathbf{x}_j; \boldsymbol{\beta}) \exp(v_j - u_j) \quad j = 1, \dots, n$$

⁸ Tzw. funkcja odległości Shepharda.

⁹ Czyli takiej, której postać wynika z zebranych danych i nie jest definiowana niezależnie, inaczej niż w StoNED lub SFA.

gdzie:

n — liczba obserwacji,

g — funkcja produkcji zależna analitycznie od wektora parametrów β ,

y_j — produkt wytworzony przez j -ty obiekt,

$\mathbf{x}_j = [x_1, \dots, x_{mj}] \in R^m$ — wektor ilości nakładów zużytych przez j -ty obiekt,

$\varepsilon_j = v_j - u_j$ — j -ty złożony składnik losowy, gdzie $u_j > 0$.

Złożony składnik losowy ε_j zawiera element v_j , który odzwierciedla czynniki (błędy) czysto losowe wpływające na wielkość produkcji, oraz element $-u_j$, będący miernikiem efektywności technicznej j -tej jednostki produkcyjnej.

Przyjmuje się, że funkcja produkcji jest ciągła i różniczkowalna ze względu na czynniki produkcji. W odniesieniu do składników losowych zakłada się natomiast, że:

- $\{v_j\}_{j=1}^n \sim$ i. i. d. $(0, \sigma_v^2)$ o rozkładzie symetrycznym;
- $\{u_j\}_{j=1}^n \sim$ i. i. d. (μ, σ_u^2) , gdzie $\mu > 0$ oraz rozkład jest asymetryczny;
- v_j, u_j są stochastycznie niezależne od siebie oraz od czynników x_{ij} dla dowolnych $j = 1, \dots, n$ oraz $i = 1, \dots, m$.

W praktyce przy zastosowaniu danej metody estymacji wektora parametrów β konieczne jest przyjęcie konkretnej, analitycznej postaci funkcji produkcji oraz bardziej szczegółowych założeń o postaci rozkładów składowych v_j, u_j . Literatura przedmiotu dostarcza wielu propozycji w tym zakresie (np. Kumbhakar i Lovell, 2000, s. 64–92). W omawianym badaniu przyjęto rozkłady normalny i półnormalny odpowiednio dla składowej v_j oraz u_j . W odniesieniu do postaci granicy produkcyjnej rozważono wyjściowo¹⁰ translogarytmiczną funkcję produkcji.

Postać multiplikatywną modelu estymuje się zwykle w postaci zlogarytmowanej:

$$\ln y_j = \ln(g(\mathbf{x}_j; \beta)) + \varepsilon_j$$

gdzie w przypadku funkcji Translog:

$$\ln(g(\mathbf{x}_j; \beta)) = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{g \geq i} \beta_{ig} \ln x_{ij} \ln x_{gj}$$

Do tego celu stosuje się zwykle metodę MNW (największej wiarygodności), która daje zgodne oceny parametrów strukturalnych β oraz parametrów strukturalnych

¹⁰ Ze względu na nieistotność statystyczną większości parametrów wektora β ograniczono się ostatecznie do szczególnego przypadku, jakim jest funkcja produkcji Cobba-Douglasa (zob. rozdz. *Wyniki i ich interpretacja*).

ry stochastycznej μ, σ_v^2 i σ_u^2 (Kumbhakar i Lovell, 2000, s. 77). W omawianym badaniu posłużono się jednak alternatywnym sposobem estymacji, zwanym metodą momentów (Kumbhakar i Lovell 2000, s. 90—93), ze względu na przyjęcie takiego właśnie podejścia w metodzie StoNED¹¹. W tym celu zapisuje się wersję zlogarytmowaną modelu w postaci:

$$\ln y_j = \left[\ln \left(g(\mathbf{x}_j; \boldsymbol{\beta}) \right) - \mu \right] + [\varepsilon_j + \mu] = \ln \left(f(\mathbf{x}_j; \boldsymbol{\beta}) \right) + v_j$$

gdzie $f(\mathbf{x}_j) = g(\mathbf{x}_j; \boldsymbol{\beta}) \exp(-\mu)$ — tzw. przeciętna funkcja produkcji.

Przy powyższych założeniach $E(\varepsilon_j) = -E(u_j) = -\mu < 0$, co oznacza, że składnik losowy v_j spełnia standardowe założenia twierdzenia Gaussa-Markowa, tzn. $\{v_j\}_{j=1}^n \sim \text{i. i. d. } (0, \sigma_v^2)$.

Umożliwia to zgodną estymację parametrów strukturalnych¹² logarytmu przeciętnej funkcji produkcji za pomocą metody MNK (najmniejszych kwadratów), ponieważ jest to funkcja liniowa względem parametrów:

$$\ln \left(f(\mathbf{x}_j; \boldsymbol{\beta}) \right) = \beta_0 - \mu + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{g \geq i} \beta_{ig} \ln x_{ij} \ln x_{gj}$$

Dzięki temu uzyskuje się tzw. reszty $e_j = \ln y_j - \hat{\ln} \left(f(\mathbf{x}_j; \hat{\boldsymbol{\beta}}) \right)$.

W następnej kolejności oblicza się oceny parametrów struktury stochastycznej, korzystając ze wzorów¹³:

$$\hat{\sigma}_u^2 = \left(\frac{\hat{M}_3}{\left(\sqrt{\frac{2}{\pi}} \right) \left(1 - \frac{4}{\pi} \right)} \right)^{2/3}$$

$$\hat{\sigma}_v^2 = \hat{M}_2 - \left(\frac{\pi - 2}{\pi} \right) \hat{\sigma}_u^2$$

$$\hat{\mu} = \hat{\sigma}_u \left(\sqrt{\frac{2}{\pi}} \right)$$

¹¹ Maksymalne upodobnienie podejścia uprawomocnia porównanie uzyskanych wyników.

¹² Formalnie stała β_0 wymaga dodatkowej zgodnej estymacji, jednak na potrzeby niniejszego opracowania nie trzeba jej przeprowadzać.

¹³ Są to wzory prawdziwe, przy przyjętych założeniach o normalności i półnormalności rozkładu odpowiednich składowych złożonego składnika losowego.

gdzie:

$$\widehat{M}_2 = \left[\sum_{j=1}^n (e_j - \widehat{E}(v_j))^2 \right] / n$$

$$\widehat{M}_3 = \left[\sum_{j=1}^n (e_j - \widehat{E}(v_j))^3 \right] / n$$

$$\widehat{E}(v_j) = \left[\sum_{j=1}^n e_j \right] / n$$

W przypadku użycia reszt uzyskanych za pomocą MNK powyższe wzory upraszczają się, ponieważ $[\sum_{j=1}^n e_j] / n = 0$.

Ostatnim etapem w SFA jest oszacowanie miernika efektywności technicznej:

$$TE_{j,SFA} = \exp(-u_j) = \frac{y_j}{g(\mathbf{x}_j; \boldsymbol{\beta}) \exp(v_j)} \quad j = 1, \dots, n$$

Podobnie jak w przypadku DEA liczy się tu więc stosunek produkcji zaobserwowanej do maksymalnej, z tym że produkcja maksymalna podlega symetrycznym zakłóceniom czysto losowym.

Oceną tak zdefiniowanej miary efektywności jest:

$$T\widehat{E}_{j,SFA} = \exp(-\widehat{u}_j)$$

gdzie

$$\widehat{u}_j = \widehat{\mu}_{*j} + \widehat{\sigma}_* \left(\frac{\varphi(-\widehat{\mu}_{*j}/\widehat{\sigma}_*)}{1 - \Phi(-\widehat{\mu}_{*j}/\widehat{\sigma}_*)} \right)$$

oraz

$$\widehat{\mu}_{*j} = -\widehat{\varepsilon}_j \left(\frac{\widehat{\sigma}_u^2}{\widehat{\sigma}_u^2 + \widehat{\sigma}_v^2} \right) \quad \widehat{\sigma}_* = \left(\frac{\widehat{\sigma}_u^2 \widehat{\sigma}_v^2}{\widehat{\sigma}_u^2 + \widehat{\sigma}_v^2} \right)^{1/2} \quad \widehat{\varepsilon}_j = e_j - \widehat{\sigma}_u \left(\sqrt{\frac{2}{\pi}} \right)$$

StoNED

Metoda ta jest bardzo podobna pod względem koncepcji i stosowania do SFA, opiera się jednak na addytywnej wersji modelu procesu produkcyjnego (Kuosmanen i Kortelainen, 2012, s. 14):

$$y_j = g(\mathbf{x}_j) + \varepsilon_j = g(\mathbf{x}_j) + v_j - u_j \quad j = 1, \dots, n$$

Należy przy tym zaznaczyć, że funkcja produkcji g nie zależy od parametrów i tym samym nie jest zadana analitycznie. Ponadto przyjmuje się, że funkcja ta jest ciągła, niemalejąca i globalnie wklęsła. Pozostałe założenia odnoszące się do złożonego składnika losowego nie ulegają zmianie¹⁴, m.in. ponownie przyjęto rozkłady normalny i półnormalny odpowiednio dla składowej v_j oraz u_j .

Wobec nieparametrycznej postaci granicy produkcyjnej zastosowanie MNW nie jest tu możliwe. Z tego powodu stosuje się metodę momentów, co ponownie wymaga wprowadzenia pośredniej funkcji produkcji f , tym razem w wersji addytywnej:

$$y_j = [g(\mathbf{x}_j) - \mu] + [\varepsilon_j + \mu] = f(\mathbf{x}_j) + v_j$$

Składnik losowy v_j spełnia standardowe założenia twierdzenia Gaussa-Markowa, tzn. $\{v_j\}_{j=1}^n \sim \text{i.i.d.}(0, \sigma_v^2)$, o czym wspomniano już przy opisie SFA. Ponadto funkcja f , podobnie jak g , jest niemalejąca i globalnie wypukła, ponieważ μ jest stałą.

Z uwagi na nieparametryczny charakter granicy produkcyjnej estymuje się bezpośrednio przeciętną funkcję produkcji f w punktach danych za pomocą metody CNLS (Convex Nonparametric Least Squares — nieparametryczna, wypukła MNK)¹⁵, która sprowadza się do rozwiązania zadania kwadratowego w postaci (Kuosmanen, 2008, s. 312):

$$\min \sum_{j=1}^n e_j^2$$

$$y_j = \alpha_j + \boldsymbol{\beta}_j \mathbf{x}_j^T + e_j \quad j = 1, \dots, n$$

$$\alpha_j + \boldsymbol{\beta}_j \mathbf{x}_j^T \leq \alpha_h + \boldsymbol{\beta}_h \mathbf{x}_j^T \quad h, j = 1, \dots, n$$

¹⁴ Utrzymanie założeń o parametrycznych rozkładach składowych złożonego składnika losowego przy jednoczesnym braku parametrycznej postaci funkcji produkcji świadczy o semiparametrycznym charakterze metody StoNED.

¹⁵ Seijo i Sen (2011) dowiedli zgodności ocen uzyskanych metodą CNLS.

$$\beta_j = [\beta_{1j}, \dots, \beta_{mj}] \geq \mathbf{0}, \alpha_j, e_j \in R \quad j = 1, \dots, n \text{ (zmienne decyzyjne)}$$

Przykładowe rozwiązanie optymalne zadania¹⁶ oznaczono przez $[\hat{\alpha}, \{\hat{\beta}_j\}_{j=1}^n, \hat{e}]$, gdzie:

$$\hat{\alpha} = [\hat{\alpha}_1, \dots, \hat{\alpha}_n] \quad \hat{\beta}_j = [\hat{\beta}_{1j}, \dots, \hat{\beta}_{mj}] \quad \hat{e} = [\hat{e}_1, \dots, \hat{e}_n]$$

Za jego pomocą dokonuje się estymacji przeciętnej funkcji produkcji w punktach danych:

$$\hat{f}(\mathbf{x}_j) = y_j - \hat{e}_j \quad j = 1, \dots, n$$

W drugim etapie, podobnie jak w SFA, estymuje się parametry struktury stochastycznej $\mu, \sigma_u^2, \sigma_v^2$ za pomocą analogicznych wzorów, z tym że w obliczeniach wykorzystuje się reszty \hat{e}_j uzyskane w wyniku zastosowania CNLS.

Ostatni etap, tak jak w SFA, polega na obliczeniu dla każdego obiektu oceny miernika efektywności technicznej. W pierwszej kolejności wylicza się oceny złożonego składnika losowego oraz wyjściowej funkcji produkcji g w punktach danych:

$$\hat{\varepsilon}_j = \hat{e}_j - \hat{\sigma}_u \left(\sqrt{\frac{2}{\pi}} \right) \quad \hat{g}(\mathbf{x}_j) = \hat{f}(\mathbf{x}_j) + \hat{\sigma}_u \left(\sqrt{\frac{2}{\pi}} \right)$$

Następnie wylicza się ocenę \hat{u}_j ze wzorów analogicznych jak w SFA. Dzięki temu możliwe staje się obliczenie oceny składowej v_j : $\hat{v}_j = \hat{\varepsilon}_j + \hat{u}_j$, a w konsekwencji również oceny miary efektywności technicznej:

$$TE_{j, StoNED} = \frac{y_j}{\hat{g}(\mathbf{x}_j) + \hat{v}_j} \quad j = 1, \dots, n$$

W literaturze przedmiotu jako miarę efektywności technicznej przyjmuje się $-\hat{u}_j$ lub — przez analogię do SFA — $\exp(-\hat{u}_j)$ (Kuosmanen i Kortelainen, 2012, s. 18; Kumbhakar i Lovell, 2000, s. 78). W omawianym badaniu zastosowano jednak rozwiązanie¹⁷ gwarantujące zachowanie interpretacji wartości miary jako stosunku produkcji zaobserwowanej do maksymalnej, podlegającej zakłóceniom losowym.

¹⁶ Zadanie to może mieć wiele rozwiązań optymalnych, jedynie tzw. wektor reszt \hat{e} jest wyznaczony jednoznacznie.

¹⁷ Jest to wersja przystosowana do addytywnej postaci modelu.

CHARAKTERYSTYKA BADANIA EMPIRYCZNEGO

Badaniem empirycznym objęto 58 z 59 publicznych uczelni akademickich nadzorowanych w 2014 r. przez MNiSW. Ich dobór oraz wybór okresu badawczego podyktowane były przede wszystkim dostępnością danych. Z uwagi na ich brak lub niekompletność, a także w celu zachowania relatywnej homogeniczności badanych jednostek, wyłączono Chrześcijańską Akademię Teologiczną w Warszawie, która ma niewielką skalę działalności w stosunku do innych uczelni w grupie, a ponadto jej dane finansowe nie są publikowane w Monitorze Sądowym i Gospodarczym. W dalszej kolejności z badania wyłączono Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego i Collegium Medicum Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Wydziały lekarskie nadzorowane są bowiem przez Ministerstwo Zdrowia, a ich działalność ma nieco inny charakter niż pozostałych wydziałów, co mogłoby negatywnie wpływać na określenie poziomu efektywności, szczególnie w przypadku metody DEA, która jest wrażliwa na wszelką niejednorodność w danych. Pominęto również wyższe szkoły zawodowe, mające inny charakter działalności niż uczelnie akademickie, a także szkoły wyższe podlegające nie MNiSW, lecz innym ministerstwom.

W badaniu przyjęto dane za 2014 r. — najbardziej aktualne z dostępnych informacji. Obliczenia wykonano na podstawie danych zaczerpniętych ze sprawozdań finansowych uczelni zamieszczonych w ogólnodostępnym Monitorze Sądowym i Gospodarczym oraz z informatora statystycznego *Szkolnictwo wyższe — dane podstawowe*, wydawanego przez MNiSW (MNiSW, 2015)¹⁸.

Kluczowym zagadnieniem był wybór odpowiednich nakładów i efektów do analizy efektywności działalności dydaktycznej i naukowej szkół wyższych, determinuje on bowiem zarówno cel prowadzonej analizy, jak i uzyskane wyniki. Nie jest to łatwe (o czym już wspomniano) ze względu na złożoność procesów oraz przenikanie się obszarów działalności uczelni (naukowego, dydaktycznego oraz współpracy z otoczeniem zewnętrznym). Należy przy tym pamiętać, że posługując się metodami StoNED i SFA w wersji opartej na koncepcji funkcji produkcji¹⁹, trzeba przyjąć po jednym efekcie działalności dydaktycznej i naukowej oraz orientację na maksymalizację tego efektu przy ustalonych nakładach. Najbardziej elastyczna pod tym względem jest DEA, w której można uwzględnić wiele nakładów i efektów, jeśli ich łączna liczba jest niewielka w stosunku do łącznej liczby obiektów podlegających analizie (Guzik, 2009, s. 29).

Przy wyborze danych do badania kierowano się przede wszystkim zmiennymi wykorzystywanymi przez innych badaczy, dostępnością danych dla wszystkich

¹⁸ Informator otrzymano z MNiSW na wniosek o udostępnienie informacji publicznej.

¹⁹ Istnieje wprowadzie wersja SFA oparta na tzw. funkcji kosztów, która uwzględnia wieloproduktowość danych, wymaga ona jednak znajomości cen nakładów zmiennych. Ponadto, zdaniem autorów niniejszej pracy, odpowiednia wersja StoNED wymaga dopracowania (Kuosmanen i Kortelainen, 2012, rozdz. 4.4).

badanych obiektów oraz ograniczeniami stosowanych metod badawczych. W przypadku nakładów postanowiono — z uwagi na wykorzystanie funkcji produkcji w metodach SFA i StoNED — uwzględnić w badaniu klasyczne czynniki produkcji. Autorzy przyjęli jako nakłady m.in. wartość środków trwałych uczelni (x_1) wyrażającą kapitał fizyczny oraz liczbę pracowników naukowo-dydaktycznych (x_2) i pracowników (x_3) niebędących nauczycielami jako dwa rodzaje kapitału ludzkiego. Uznano, że kluczowym nakładem w przypadku szkół wyższych są ludzie, którzy mają odpowiednią wiedzę i umiejętności, aby efektywnie wykonywać pracę w ramach dwóch głównych sfer działalności uczelni. Uwzględnienie w badaniu liczby pracowników naukowo-dydaktycznych jest oczywiste, inaczej niż pozostałych pracowników. Ujęcie ich po stronie nakładów wynikało stąd, że pomimo pośredniego uczestniczenia w działalności dydaktycznej i naukowej szkół wyższych stanowią bardzo istotne wsparcie dla kadry naukowo-dydaktycznej, czym przyczyniają się do sprawniejszego funkcjonowania obu tych sfer.

Za wynik działalności dydaktycznej przyjęto liczbę absolwentów (y_D), którzy są naturalnie utożsamiani z efektem kształcenia. Znacznie trudniejszy był wybór jednego wyniku działalności naukowej (konieczny z uwagi na ograniczenia badawcze StoNED), gdyż jest ona bardziej złożona i w jej ramach powstaje kilka różnych produktów. W literaturze przedmiotu za wynik działalności naukowej przyjmuje się m.in. liczbę publikacji (Wolszczak-Derlacz, 2013), przyznanych punktów (Pietrzak i Brzezicki, 2017), nadanych stopni (Fandel, 2007) czy prowadzonych projektów badawczych (Pietrzak i Brzezicki, 2017) lub wartość grantów naukowych uzyskanych przez daną uczelnię (Wolszczak-Derlacz, 2013).

W omawianym badaniu postanowiono skupić się na kapitale ludzkim. A skoro po stronie nakładów przyjęto liczbę pracowników naukowo-dydaktycznych i pozostałych, zaś po stronie wyników działalności dydaktycznej — liczbę absolwentów, to produkt działalności naukowej zdefiniowano jako liczbę nadanych stopni naukowych (y_N).

Uwzględnione w badaniu kategorie to:

- x_1 — wartość środków trwałych uczelni (stan na 31.12.2014 r.) w tys. zł;
- x_2 — pracownicy naukowo-dydaktyczni uczelni (stan na 31.12.2014 r.) w etatach²⁰;
- x_3 — pozostali pracownicy (stan na 31.12.2014 r.) w etatach²¹;
- y_D — przeliczeniowa²² liczba absolwentów uczelni w roku akademickim 2013/2014 (produkt dydaktyczny);

²⁰ Wartość zaokrąglona do najbliższej liczby całkowitej.

²¹ Jw.

²² Liczba absolwentów studiów stacjonarnych + 0,6 (liczba absolwentów studiów niestacjonarnych), jako że zwykle łączna liczba godzin dydaktycznych na studiach niestacjonarnych stanowi 60% liczby godzin na studiach stacjonarnych.

- y_N — liczba stopni naukowych nadanych²³ przez uczelnię w roku 2014 (produkt naukowy).

Do modeli dydaktycznego i naukowego uczelni przyjęto odpowiednio zestawy kategorii $(x_1, x_2, x_3 \text{ i } y_D)$ i $(x_1, x_2, x_3 \text{ i } y_N)$.

Na podstawie zgromadzonych danych stwierdzono, że występuje silna istotna statystycznie korelacja dodatnia pomiędzy nakładami a produktami, zatem podstawowy warunek został spełniony.

WYNIKI I ICH INTERPRETACJA

Wszystkie parametry strukturalne funkcji Translog w modelu naukowym okazały się statystycznie nieistotne, a w modelu dydaktycznym jedynie trzy parametry (na 10) okazały się istotne. Z tego powodu zdecydowano się na wykorzystanie funkcji produkcji Cobba-Douglasa, która jest szczególnym przypadkiem Transloga, oszczędniej sparametryzowanym:

$$\ln(g(\mathbf{x}_j; \boldsymbol{\beta})) = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln x_{ij}$$

Dopasowanie modelu, wyrażone współczynnikiem determinacji R^2 , spadło nieznacznie w porównaniu do translogarytmicznej funkcji produkcji, natomiast poprawiła się istotność parametrów strukturalnych — dwa parametry na cztery w obu modelach okazały się statystycznie istotne.

Do obliczenia miar efektywności technicznej wykorzystano programy MaxDEA, Microsoft Excel oraz autorski kod w *R*-rze oparty na funkcji solve.QP, wchodzącej w skład biblioteki quadprog. Ze względu na poufność części wykorzystanych danych przedstawiono wyniki częściowo zagregowane, w podziale na grupy uczelni:

- uniwersytety (U, 18 obiektów);
- uniwersytety techniczne (UT, 18 obiektów);
- uniwersytety ekonomiczne (UE, 5 obiektów);
- uniwersytety pedagogiczne (UPe, 5 obiektów);
- uniwersytety przyrodnicze (UPrz, 6 obiektów);
- akademie wychowania fizycznego (AWF, 6 obiektów).

W tabl. 1 przedstawiono wyniki otrzymane dla modelu dydaktycznego. Wartość miary oznacza tu stosunek zaobserwowanej liczby absolwentów przeliczeniowych do maksymalnej możliwej do uzyskania²⁴ przy obecnej wartości środ-

²³ Wzięto pod uwagę również stopnie nadane osobom, które nie były pracownikami danej uczelni. Zagregowano liczbę stopni: I. st. dr + 2 I. st. dr hab.; przyjęto, że średnio na uzyskanie stopnia doktora habilitowanego potrzeba dwa razy więcej czasu niż na uzyskanie stopnia doktora (założenie podobne jak przy agregacji absolwentów).

²⁴ Według modelu będącego podstawą danej metody.

ków trwałych oraz liczbie pracowników naukowo-dydaktycznych i pozostałych. Rankingi uczelni opracowano ze względu na średnie wartości miary efektywności w ramach poszczególnych metod.

**TABL. 1. ŚREDNIE WARTOŚCI MIARY EFEKTYWNOŚCI
W GRUPACH UCZELNI
ORAZ RANKINGI — MODEL DYDAKTYCZNY (D)**

Grupy uczelni	DEA	SFA	StoNED
Średnia efektywność			
U	0,8582	0,8681	0,9434
UT	0,7160	0,8491	0,8906
UE	0,8793	0,8898	0,9282
UPe	0,9256	0,8483	0,8575
UPrz	0,5540	0,8316	0,8605
AWF	0,7734	0,8513	0,7734
Rankingi uczelni			
U	3	2	1
UT	5	4	3
UE	2	1	2
UPe	1	5	5
UPrz	6	6	4
AWF	4	3	6

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie danych przedstawionych w tabeli można wyciągnąć wniosek o dość dobrej kondycji w sferze dydaktycznej — średnie miary efektywności są w większości dość bliskie 1, bez względu na stosowaną metodę. Wyjątek stanowi jedynie średni współczynnik efektywności uniwersytetów przyrodniczych uzyskany za pomocą DEA.

Formalnie w rankingach w przypadku wszystkich trzech metod przodują uniwersytety i uniwersytety ekonomiczne, jednak różnice pomiędzy poszczególnymi miejscami często są niewielkie. Średnia miara efektywności w tych grupach uczelni zmienia się nieznacznie w zależności od zastosowanej metody.

Najgorzej w rankingach wypadają uniwersytety przyrodnicze, przy czym ich średnia efektywność jest niska jedynie z punktu widzenia DEA (0,5540). Odległe miejsca zajmują również AWF-y, mające zbliżoną średnią efektywność niezależnie od metody badania.

Uniwersytety pedagogiczne, mimo stosunkowo jednolitej i wysokiej średniej efektywności, wypadają w rankingach słabo — z wyjątkiem DEA, gdzie plasują się na pierwszym miejscu.

Największe różnicowanie wyników w zależności od zastosowanej metody dotyczy uniwersytetów technicznych — zarówno w odniesieniu do średniej wartości miary efektywności, jak i rankingu.

W tabl. 2 przedstawiono wyniki dla modelu naukowego. W tym wypadku wartością miary był stosunek zaobserwowanej liczby nadanych stopni naukowych

do maksymalnej możliwej do uzyskania przy aktualnej wartości środków trwałych oraz liczbie pracowników naukowo-dydaktycznych i pozostałych.

**TABL. 2. ŚREDNIE WARTOŚCI MIAR EFEKTYWNOŚCI
W GRUPACH UCZELNI
ORAZ RANKINGI — MODEL NAUKOWY (N)**

Grupy uczelni	DEA	SFA	StoNED
Średnia efektywność			
U	0,7151	0,6171	0,8510
UT	0,4591	0,5179	0,7285
UE	0,7784	0,7175	0,8444
UPe	0,6960	0,5613	0,5623
UPrz	0,5442	0,6072	0,8250
AWF	0,8212	0,6932	0,5993
Rankingi uczelni			
U	3	3	1
UT	6	6	4
UE	2	1	2
UPe	4	5	6
UPrz	5	4	3
AWF	1	2	5

Źródło: jak przy tabl. 1.

Pierwsze, na co należy zwrócić uwagę, to niższy poziom średniej efektywności w sferze naukowej w porównaniu ze sferą dydaktyczną (por. tabl. 1). Wyjątkiem jest nieznacznie wyższa średnia efektywność AWF-ów w sferze naukowej. Drugą charakterystyczną rzeczą jest znacznie większe rozproszenie średnich wartości uzyskanych za pomocą różnych metod w każdej z grup uczelni niż w modelu dydaktycznym. Jedynie w przypadku uniwersytetów przyrodniczych jest ono porównywalne.

Uniwersytety oraz uniwersytety ekonomiczne plasują się w czołówce wszystkich rankingów, tak samo jak w sferze dydaktycznej. Najgorsze miejsce zajmują uniwersytety techniczne i pedagogiczne (w modelu dydaktycznym — przyrodnicze). AWF-y wypadają całkiem nieźle, z wyjątkiem rankingu StoNED, gdzie plasują się na przedostatniej pozycji.

Zbadano również korelację pomiędzy:

- rankingami według różnych metod w ramach danego modelu;
- rankingami w ramach tej samej metody w modelach dydaktycznym i naukowym.

W tym celu obliczono współczynniki korelacji rang Spearmana na podstawie pełnych rankingów dotyczących wszystkich 58 uczelni, bez podziału na grupy²⁵. Wyniki zestawiono w tabl. 3.

²⁵ Uzyskuje się wtedy bardziej wiarygodne wyniki, a jednocześnie poufność zgromadzonych danych nie zostaje naruszona.

TABL. 3. WSPÓŁCZYNNIK KORELACJI RANGOWEJ POMIĘDZY RANKINGAMI

Wyszczególnienie	Współczynnik korelacji
Według metody	
DEA, StoNED D	0,5231
DEA, StoNED N	0,6068
StoNED, SFA D	0,5708
StoNED, SFA N	0,4549
DEA, SFA D	0,5963
DEA, SFA N	0,7841
Według modelu	
DEA: D, N	0,4330
StoNED: D, N	0,6572
SFA: D, N	0,0811

Źródło: jak przy tabl. 1.

Ogólnie można stwierdzić, że w prawie wszystkich przypadkach występuje istotna statystycznie dodatnia korelacja, z wyjątkiem rankingów w ramach SFA dla modeli dydaktycznego i naukowego. Występuje też tylko jedna silnie dodatnia korelacja pomiędzy rankingami według DEA i SFA w modelu naukowym.

Tak więc w większości przypadków zarówno rankingi według różnych metod w ramach jednego modelu, jak i w modelach dydaktycznym i naukowym w ramach tej samej metody są umiarkowanie zbieżne. Interesujące wnioski można wyciągnąć z porównania rankingów dla grup uczelni. Uniwersytety ekonomiczne uzyskały takie samo miejsce w rankingu w ramach tych samych metod zarówno w działalności naukowej, jak i dydaktycznej. Podobnie uniwersytety, jednak z wyjątkiem rankingu według SFA. W przypadku innych uczelni również można zaobserwować podobieństwa, choć mniejsze. Uniwersytety pedagogiczne w zakresie działalności dydaktycznej uplasowały się na piątym miejscu w rankingu według metod StoNED i SFA. uniwersytety przyrodnicze zajęły szóstą pozycję w rankingu dla modelu dydaktycznego w ramach metod DEA i SFA. Uniwersytety techniczne miały szóste miejsce w zakresie działalności naukowej.

Warto też zwrócić uwagę, że w modelu dydaktycznym siła powiązań pomiędzy rankingami według różnych metod jest bardzo podobna, podczas gdy w modelu naukowym — dosyć zróżnicowana. Niemniej jednak rankingi w ramach StoNED są bardziej zbliżone do wyników w ramach SFA (z dwoma wyjątkami w sferze naukowej) niż DEA. Najbardziej zróżnicowana siła powiązań występuje pomiędzy rankingami w modelach dydaktycznym i naukowym w zależności od zastosowanej metody.

Podsumowanie

Należy pamiętać, że uzyskana efektywność techniczna obiektu zależy nie tylko od zastosowanej metody badawczej, lecz także, a może przede wszystkim, od kategorii nakładów i produktów wybranych do badania. Autorzy planują za-

tem przetestowanie wrażliwości wyników na dobór innych, dopuszczalnych z punktu widzenia teorii mikroekonomicznej, zestawów nakładów i produktów. Szczególnie interesujące wydaje się rozpatrywanie różnie mierzonych produktów naukowych. W literaturze przedmiotu proponuje się np. liczbę publikacji, ewentualnie z podziałem na ich rodzaje lub liczbę (Wolszczak-Derlacz, 2013), czy też wartość grantów naukowych uzyskanych przez daną uczelnię (Agasisti i Pohl, 2012).

Zróźnicowanie siły związków pomiędzy rankingami w ramach modeli dydaktycznego oraz naukowego w zależności od wybranej metody wskazuje na konieczność budowy modelu, który łączyłby te podstawowe sfery działalności uczelni. Wymaga to jednak użycia modeli i metod przystosowanych do danych wieloproduktowych. Autorzy zamierzają posłużyć się uniwersalną w tym zakresie metodą DEA, a w przypadku metod parametrycznych — wykorzystać modele oparte na funkcji kosztów. W kontekście metody DEA zasadne wydaje się wykorzystanie do analizy efektywności szkolnictwa wyższego kolejnej stosunkowo nowej metodyki, jaką jest podpróbkiowanie oparte na modelach zespołu Simara.

dr Łukasz Brzezicki — *Urząd Statystyczny w Gdańsku*
dr hab. Artur Prędko — *Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie*

LITERATURA

- Agasisti, T., 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.
- Aigner, D., Lovell, C. A. K., Schmidt, P. (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*, 6, 21—37.
- Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30, 1078—1092.
- Ćwiakata-Małys, A. (2010). *Pomiar efektywności procesu kształcenia w publicznym szkolnictwie akademickim*. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego.
- Fandel, G. (2007). On the performance of universities in North Rhine-Westphalia, Germany: Government's redistribution of funds judged using DEA efficiency measures. *European Journal of Operational Research*, (176), 521—533.
- Flegg, A. T., Allen, D. O., Field, K., Thurlow, T. W. (2004). Measuring the Efficiency of British Universities: A Multi-Period Data Envelopment Analysis. *Education Economics*, 12(3), 231—249.
- Guzik, B. (2009). *Podstawowe modele DEA w badaniu efektywności gospodarczej i społecznej*. Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.
- Izadi, H., Johnes, G., Oskrochi, R., Crouchley, R. (2002). Stochastic frontier estimation of a CES cost function: the case of higher education in Britain. *Economics of Education Review*, 21(1), s. 63—71.
- Katharakis, M., Katharakis, G. (2010). A comparative assessment of Greek universities' efficiency using quantitative analysis. *International Journal of Educational Research*, 49(4—5), 115—128.

- Kulshreshtha, P., Nayak, T. K. (2015). Efficiency of Higher Technical Educational Institutions in India. *Archive of Business Research*, 3(1), 94—122.
- Kumbhakar, S. C., Lovell, C. A. K. (2000). *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kuosmanen, T. (2008). Representation theorem for convex nonparametric least squares. *Econometrics Journal*, 11(2), 308—325.
- Kuosmanen, T., Johnson, A. (2010). Data envelopment analysis as nonparametric least squares regression. *Operations Research*, 58(1), 149—160.
- Kuosmanen, T., Kortelainen, M. (2012). Stochastic non-smooth envelopment of data: semiparametric frontier estimation subject to shape constraints. *Journal of Productivity Analysis*, 38(1), 11—28.
- NKN (2016). *Jarosław Gowin: uczelnie powinny zabiegać o zagranicznych studentów i wykładowców*. Pobrano z: <https://nkn.gov.pl/jaroslaw-gowin-uczelnie-zabiegac-o-zagranicznych-studentow-wykladowcow>.
- Meeusen, W., van den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *Internation Economic Review*, 18, 435—444.
- MNiSW (2015). *Szkolnictwo wyższe 2014. Dane podstawowe*. Informator. MNiSW: Warszawa.
- Pietrzak, P., Brzezicki, Ł. (2017). Wykorzystanie sieciowego modelu DEA do pomiaru efektywności wydziałów Politechniki Warszawskiej, *Edukacja*, 3(142), 109—121.
- Rządziński, L., Sworowska, A. (2016). Parametric and Non Parametric Methods for Efficiency Assessment of State Higher Vocational Schools in 2009—2011. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 4(1), 95—112. DOI: <http://dx.doi.org/10.15678/EBER.2016.040107>.
- Seijo, E., Sen, B. (2011). Nonparametric least squares estimation of a multivariate convex regression function. *Ann Stat*, 39(3), 1633—1657.
- Szuwarzyński, A. (2009). Pomiar efektywności działalności badawczej jednostek organizacyjnych wydziału. *Problemy zarządzania*, 7(4), 113—129.
- Świłyk, M. (2012). Efektywność techniczna publicznych uczelni w latach 2001—2010. *Ekonometria*, 4(38), 320—342.
- Thanassoulis, E., Kortelainen, M., Johnes, G., Johnes, J. (2011). Costs and efficiency of higher education institutions in England: a DEA analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 62(7), 1282—1297.
- Varian, H. R. (1997). *Mikroekonomia*. Warszawa: PWN.
- Wolszczak-Derlacz, J. (2013). *Efektywność naukowa dydaktyczna i wdrożeniowa publicznych szkół wyższych w Polsce — analiza nieparametryczna*. Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej.

Summary. *The article evaluates the efficiency of the didactic and scientific activity of 58 public academic institutions in 2014 using the DEA, SFA and StoNED (comparative analysis of the results). The result of the didactic activity was measured by the number of graduates, and scientific activity by the number of conferred academic degrees; in both cases of the number of academic staff, non-teaching staff, and the value of capital assets were assumed as an input.*

The research evaluated the ratio of production observed to the maximum for the number of graduates and conferred degrees. The results and interpretations were presented separately for particular types of higher education institutions, separately in terms of didactic and scientific spheres. Higher efficiency

measures, regardless of the applied research method, were obtained in the field of didactic activity. The mean value of the didactic activity efficiency obtained by the DEA method was 0.7844, SFA 0.8756, and StoNED 0.8564, whereas in terms of scientific activity 0.6690, 0.7351 and 0.6190 respectively. The results indicate that universities are more focused on didactic activity, which is their main source of funding, adapting their resources to it. Less attention is paid to the scientific activity, which is the second fundamental sphere of these institutions' functioning.

Keywords: higher education, efficiency, DEA, SFA, StoNED.