

Łukasz BRZEZICKI<sup>1</sup>  
Artur PRĘDKI<sup>2</sup>

## Efektywność pozyskiwania środków na działalność dydaktyczną i naukową w publicznym szkolnictwie wyższym w Polsce<sup>3</sup>

### 1. WPROWADZENIE

Szkolnictwo wyższe pełni niezmiernie ważną rolę w każdej gospodarce dostarczając m.in. wysokiej klasy specjalistów oraz prowadząc badania naukowe i rozwijając w ten sposób naukę w aspekcie teoretycznym i praktycznym. W 2018 roku planowana jest w Polsce kolejna ważna reforma szkolnictwa wyższego i nauki, gdyż jak wskazuje ustawodawca (Uzasadnienie..., 2017, s. 1): *„problemy systemowe w obszarze szkolnictwa wyższego oraz nauki negatywnie wpływają na jakość badań naukowych i poziom kształcenia (...). Obecne zasady finansowania (...) przyczyniają się do pogłębiania pułapek rozwojowych. Stanowi to przesłankę do przeprowadzenia reformy szkolnictwa wyższego i nauki, obejmującej zmiany w zakresie funkcjonowania systemu, zarządzania, finansowania oraz oceny jakości działalności uczelni”*. W przededniu planowanej reformy, niezbędne jest dokonanie oceny efektywności pozyskiwania środków finansowych na działalność dydaktyczną i naukową w systemie szkolnictwa wyższego.

Celem badania jest zatem pomiar efektywności pozyskiwania środków na działalność dydaktyczną i naukową szkół wyższych za pomocą metody DEA (*Data Envelopment Analysis*) oraz wykorzystanie procedury losowania próby do pomiaru dokładności dokonanej oceny<sup>4</sup>.

Artykuł składa się z sześciu części. Po wprowadzeniu, w drugiej części dokonano przeglądu literatury odnośnie do pomiaru efektywności szkolnictwa wyż-

---

<sup>1</sup> Urząd Statystyczny w Gdańsku, ul. Danusi 4, 80–434 Gdańsk, Polska.

<sup>2</sup> Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Wydział Zarządzania, Katedra Ekonometrii i Badań Operacyjnych, ul. Rakowicka 27, 31–510 Kraków, Polska, autor prowadzący korespondencję – e-mail: predkia@uek.krakow.pl.

<sup>3</sup> Publikacja została sfinansowana ze środków przyznanych Wydziałowi Zarządzania Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie w ramach dotacji na utrzymanie potencjału badawczego.

<sup>4</sup> Wg wiedzy autorów, jest to pierwsze wykorzystanie tej procedury do analizy efektywności związanej ze sferą edukacji. Ponadto, po raz pierwszy przedstawiono ją i wykorzystano w wersji zorientowanej na produkty.

szego. W następnej części metodycznej zaprezentowano podstawy teoretyczne zastosowanych metod i procedur. W czwartej części scharakteryzowano badanie empiryczne. W kolejnej zaprezentowano wyniki badania i ich interpretację. W ostatniej, podsumowującej części przedstawiono wnioski i propozycje dalszych badań w opisywanej tematyce.

## 2. PRZEGLĄD LITERATURY

Do badania efektywności podmiotów gospodarczych powszechnie są wykorzystywane metody: klasyczne (wskaźnikowe), parametryczne i nieparametryczne (Szuwarzyński, Julkowski, 2014). Jedną z najczęściej wykorzystywanych metod nieparametrycznych jest analiza otoczki danych (DEA), którą wykorzystano również w niniejszej pracy wraz z tzw. losowaniem podpróby, które jest znacznie rzadziej wykorzystywane w praktyce.

Badania dotyczące analizy efektywności szkolnictwa wyższego metodą DEA są prowadzone na kilku płaszczyznach strukturalnych. Od międzynarodowych porównań szkół wyższych (Agasisti, Perez-Esparrells, 2010; Wolszczak-Derlacz, Parteka, 2011), przez krajowe porównania uczelni (Brzezicki, Wolszczak-Derlacz, 2015; Ćwiąkała-Małys, 2009, 2010; Katharaki, Katharakis, 2010; Wolszczak-Derlacz, 2013), aż do wydziałów ośrodków akademickich (Kounetas i inni, 2011; Pietrzak, Brzezicki, 2017).

Analizy w zakresie szkolnictwa wyższego są prowadzone na podstawie danych statystycznych i finansowych. Nie wolno jednak zapominać, że wybrany zestaw nakładów i efektów zależy zarówno od obszaru badawczego, jak i od celu analizy. W zależności od obszaru badawczego szkolnictwa wyższego przyjmowano zróżnicowane zmienne charakteryzujące poszczególne działalności.

W przypadku analizowania działalności dydaktycznej, po stronie wyników przyjmowano m.in. liczbę studentów, absolwentów (np. Agasisti, Perez-Esparrells, 2010; Ćwiąkała-Małys, 2009, 2010; Katharaki, Katharakis, 2010; Pietrzak, Brzezicki, 2017; Wolszczak-Derlacz, 2013), zaś dla działalności naukowej liczbę publikacji, cytowań (np. Wolszczak-Derlacz, Parteka, 2011; Wolszczak-Derlacz, 2013). Jednak w literaturze przedmiotu można również znaleźć badania, w których za wyniki przyjmowano dane finansowe dotyczące środków pozyskanych na działalność dydaktyczną i naukową (np. Agasisti, Perez-Esparrells, 2010; Agasisti, Pohl, 2012; Katharaki, Katharakis, 2010; Rusielik i inni, 2012; Świtłyk, 2012, 2013). Świtłyk (2013) sugeruje, że wielkość funduszy pozyskanych przez uczelnie na finansowanie dydaktyki ma taką samą wartość informacyjną, jak liczba studentów. Natomiast w innym badaniu Świtłyk (2012, s. 322), uwzględniając wartość funduszy uzyskanych na badania zakłada, że *sposób przyznawania tych środków oddaje rangę naukową uczelni*.

Przechodząc do kategorii nakładów, przyjmuje się za nie m.in.: liczbę nauczycieli akademickich (np. Katharaki, Katharakis, 2010; Brzezicki, Wolszczak-Der-

lacz, 2015; Ćwiąkała-Małys, 2009, 2010; Pietrzak, Brzezicki, 2017; Wolszczak-Derlacz, Parteka, 2011), pozostałych pracowników (np. Katharaki, Katharakis, 2010; Brzezicki, Wolszczak-Derlacz, 2015; Ćwiąkała-Małys, 2009, 2010), wartość aktywów trwałych (np. Ćwiąkała-Małys, 2009, 2010) i różnego rodzaju koszty, w postaci np. zużycia materiałów i energii, usług obcych, płac brutto, amortyzacji (Świtłyk, 2012, 2013; Rusielik i inni, 2012) lub wydatki (Agasisti, Pohl, 2012; Katharaki, Katharakis, 2010).

Autorzy przyjmują często w swoich badaniach jednocześnie kategorie finansowe i statystyczne, np. Ćwiąkała-Małys (2009, 2010) przyjęła w swoim badaniu następujące nakłady: aktywa trwałe, liczbę nauczycieli akademickich, liczbę pozostałych pracowników niebędących nauczycielami oraz koszty operacyjne. Natomiast Brzezicki, Wolszczak-Derlacz (2015) ujęli wartość przychodów z działalności edukacyjnej, liczbę nauczycieli akademickich oraz liczbę pozostałych pracowników.

Przechodząc do analizy badań nad efektywnością szkolnictwa wyższego pod względem metodycznym, warto zauważyć, że autorzy stosują różne rozwiązania w zakresie założeń samego modelu DEA, tj.: model zorientowany na wyniki (np. Agasisti, Pohl, 2012; Brzezicki, Wolszczak-Derlacz, 2015; Wolszczak-Derlacz, 2013), model zorientowany na nakłady (Katharaki, Katharakis, 2010; Rusielik i inni, 2012; Świtłyk, 2012, 2013), model ze stałymi korzyściami skali (Agasisti, Pohl, 2012; Ćwiąkała-Małys, 2009, 2010) oraz model ze zmiennymi korzyściami skali (Brzezicki, Wolszczak-Derlacz, 2015; Ćwiąkała-Małys, 2009, 2010; Kounetas i inni, 2011; Pietrzak, Brzezicki, 2017).

W literaturze przedmiotu (np. Cooper i inni, 2007, s. 344) postuluje się, by w przypadku „*badania jednostek różniących się między sobą wielkością ... wybierać model ze zmiennymi efektami skali, a jeżeli jednostki nie różnią się wielkością bądź, gdy wykorzystujemy dane znormalizowane o małym zróżnicowaniu można wówczas zastosować model ze stałymi efektami skali*”. Jak sugeruje Agasisti (2011), wykorzystanie bardzo restrykcyjnego założenia odnośnie do stałych korzyści skali odbiega od stanu faktycznego. Ponadto, autor pracy (Agasisti, 2011, s. 205) argumentuje, że „(...) wielkość zasobów, wpływa na poziom efektywności”, szczególnie jest to zauważalne, jeżeli zastosujemy orientację na produkty. Wykorzystanie zatem modelu zakładającego zmienne efekty skali podczas badania wielu zróżnicowanych jednostek wydaje się najlepszym rozwiązaniem.

Wybór orientacji modelu DEA zależy przede wszystkim od celu badania empirycznego. Wykorzystując orientację na nakłady celem analizy jest minimalizacja wykorzystanych nakładów, przy ustalonych wynikach. Natomiast stosując model zorientowany na produkty, celem analizy jest maksymalizacja wyników, przy ustalonych nakładach.

Należy zauważyć, że najczęściej do analizy szkolnictwa wyższego metodą DEA wykorzystuje się modele deterministyczne, co utrudnia analizę różnego

rodzaju niepewności związanej z danymi oraz przyjętym modelem. Dlatego szczególnego znaczenia nabiera tzw. podejście statystyczne w ramach DEA (zob. np. r. 3–5 pracy Prędkiej, 2016), które umożliwia przeprowadzenie formalnego wnioskowania statystycznego w odniesieniu do przyjmowanych założeń modelowych oraz dostarcza narzędzi umożliwiających analizę dokładności estymacji miernika efektywności. Podejście to składa się z szeregu modeli statystycznych oraz opartych na nich procedur służących realizacji wspomnianych celów. Bardzo popularne są np. metody bootstrapowe. Jedną z nich jest losowanie podpróby, które zostało wykorzystane w niniejszej pracy (zob. np. Prędkiej, 2016, r. 4.6.3).

Warto zauważyć, że w ramach metodyki DEA korzysta się również z klasycznych modeli statystycznych. Przykładem są tu modele regresyjne, które wykorzystuje się w dwuetapowej procedurze służącej do identyfikacji czynników zewnętrznych wpływających na efektywność (zob. np. Liu, Lu, Lu, 2016, s. 39).

W pracach zespołu Wolszczak-Derlacz (Brzezicki, Wolszczak-Derlacz, 2015; Wolszczak-Derlacz, Parteka, 2011; Wolszczak-Derlacz, 2013) wykorzystano zarówno procedurę bootstrapową (tzw. bootstrap homogeniczny Simara-Wilsona) do pomiaru dokładności otrzymanych wskaźników efektywności DEA, jak i wspomnianą wcześniej dwuetapową analizę czynników zewnętrznych wpływających na efektywność. Podobną konwencję badawczą przyjęli Selim, Bursalioğlu (2015) do oceny efektywności tureckiego szkolnictwa wyższego. Natomiast do badania angielskiego szkolnictwa wyższego Johnes (2006), wykorzystwała jedynie procedurę bootstrapową (ponownie bootstrap homogeniczny Simara-Wilsona).

### 3. METODYKA BADAWCZA

Na początek wprowadzono następujące oznaczenia:

- $n$  – liczebność grupy obiektów,
- $m$  – liczba nakładów,
- $s$  – liczba produktów,
- $\mathbf{x}_j = [x_{1j}, \dots, x_{mj}]$  – wektor nakładów zużytych przez  $j$ -ty obiekt,
- $\mathbf{y}_j = [y_{1j}, \dots, y_{sj}]$  – wektor produktów wytworzonych przez  $j$ -ty obiekt, gdzie  $j \in \{1, \dots, n\}$ .

Przyjmuje się, że obserwacje  $(\mathbf{x}_j, \mathbf{y}_j)$  są realizacją ciągu niezależnych wektorów losowych o tym samym rozkładzie<sup>5</sup> oraz:

$$\forall j = 1, \dots, n: (\mathbf{x}_j, \mathbf{y}_j) \in T, \quad (1)$$

$$\text{gdzie } T = \{(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \in [0, \infty)^{m+s} : \mathbf{x} \text{ można wyprodukować } \mathbf{y}\}. \quad (2)$$

<sup>5</sup> Przyjmuje się, że rozkład ten jest wyrażony funkcją gęstości, która spełnia pewne, techniczne założenia – szczegóły zob. np. (Prędkiej, 2016, s. 107–108).

O zbiorze możliwości produkcyjnych  $T$  przyjmuje się, iż spełnia on tzw. warunek nieefektywności oraz warunek niemożności wyprodukowania produktów przy braku nakładów. Ponadto, zakłada się, że jest to zbiór domknięty i wypukły<sup>6</sup>.

Na zbiorze tym zdefiniowano miarę efektywności technicznej Farrella zorientowaną na produkty (zob. np. Prędko, 2016, s. 28):

$$\forall (\mathbf{x}_o, \mathbf{y}_o) \in T: \varphi(\mathbf{x}_o, \mathbf{y}_o) = \max\{\varphi \in (0, \infty): (\mathbf{x}_o, \varphi \mathbf{y}_o) \in T\}, \quad (3)$$

Przyjmuje ona wartości nie mniejsze od jedności i jest równa jeden dla planu wykonalnego efektywnego technicznie. W tym przypadku, pod pojęciem efektywności technicznej rozumie się więc niemożność dalszego, proporcjonalnego zwiększenia wszystkich produktów, przy ustalonych nakładach na poziomie zaobserwowanym.

Przy przyjęciu założenia, iż funkcja  $\varphi(\cdot, \cdot)$  jest klasy  $C^2$  na zbiorze  $T$  i przy wcześniej wspomnianych postulatach dowiedziono, iż jej estymatorem zgodnym w ustalonym punkcie jest (zob. np. Prędko, 2016, s. 113–115):

$$\hat{\varphi}(\mathbf{x}_o, \mathbf{y}_o) = \max\{\varphi \in (0, \infty): (\mathbf{x}_o, \varphi \mathbf{y}_o) \in \hat{T}\}, \quad (4)$$

$$\text{gdzie } \hat{T} = \{(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \in [0, \infty)^{m+s}: \exists \lambda_j \geq 0: \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \mathbf{x} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j \mathbf{x}_j, \mathbf{y} \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j \mathbf{y}_j\}, \quad (5)$$

Zbiór  $\hat{T}$  jest *najmniejszym* zbiorem, który zawiera w sobie obserwacje oraz spełnia wszystkie założenia narzucone na  $T$  (zob. np. Prędko, 2016, s. 22). Oznacza to, że  $\hat{T}$  zawiera się w zbiorze możliwości produkcyjnych, nie ma jednak, żadnej pewności, że zawiera on wszystkie plany wykonalne<sup>8</sup>. Wynika z tego w szczególności, iż:

$$\forall (\mathbf{x}_o, \mathbf{y}_o) \in T: \varphi(\mathbf{x}_o, \mathbf{y}_o) \geq \hat{\varphi}(\mathbf{x}_o, \mathbf{y}_o) \quad (6)$$

Do obliczenia oceny miary efektywności technicznej Farrella w punkcie  $(\mathbf{x}_o, \mathbf{y}_o)$  można wykorzystać model BCC zorientowany na produkty w postaci obwiedni (*the BCC output-oriented model in the envelopment form*, zob. (Banker i inni, 1984). Jest to jeden z modeli używanych w ramach deterministycznej wersji metody DEA:

$$\varphi_o \rightarrow \text{MAX} \quad (7)$$

<sup>6</sup> Szczegóły dotyczące wymienionych własności zbioru możliwości produkcyjnych można znaleźć np. w pracy (Prędko, 2016, s. 18 i 107).

<sup>7</sup> W całości pracy rozważa się realizacje odpowiednich estymatorów na próbie  $(\mathbf{x}_j, \mathbf{y}_j)$ ,  $j \in \{1, \dots, n\}$ ,

<sup>8</sup> Tzn. nie ma pewności, że pomiędzy odpowiednimi zbiorami zachodzi równość.

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

$$\varphi_o, \lambda_{jo} \geq 0, j = 1, \dots, n \text{ (zmienne decyzyjne)}$$

Optymalna wartość funkcji celu programu (7) jest szukaną oceną.

W niniejszej pracy, ze względów technicznych, za miernik efektywności przyjęto  $\theta_o = 1/\varphi(\mathbf{x}_o, \mathbf{y}_o)$  czyli odwrotność odpowiedniej miary, zwaną funkcją odległości Sheparda<sup>9</sup>. Jej zgodną oceną w ustalonym punkcie jest  $\hat{\theta}_o = 1/\hat{\varphi}(\mathbf{x}_o, \mathbf{y}_o)$  oraz:

$$\forall(\mathbf{x}_o, \mathbf{y}_o) \in T: \theta_o \leq \hat{\theta}_o \quad (8)$$

W celu zbadania dokładności estymacji wartości funkcji odległości Sheparda w ustalonym punkcie, obliczono bootstrapową aproksymację przedziału ufności dla wartości  $\theta_o$ . Posłużono się zgodną procedurą bootstrapową zwaną losowaniem podpróby (*subsampling*) opisaną po raz pierwszy w pracy (Kneip i inni, 2008, s. 1675–1676). Niestety procedura ta daje użyteczne wyniki jedynie dla wartości  $\hat{\theta}_o$  mniejszych od jedności (zob. Prędkie, 2016, s. 142–144), czyli dla planów wykonalnych ocenionych jako nieefektywne.

Przebieg procedury opisano wg schematu zawartego w podrozdziale 4.6.3 pracy (Prędkie, 2016), dotyczącego aproksymacji odpowiedniego przedziału, dla wartości miary efektywności technicznej Farrell'a w ustalonym punkcie w tzw. orientacji na nakłady. Schemat ten został w niniejszej pracy przystosowany do orientacji na produkty<sup>10</sup> oraz do analizy dokładności estymacji funkcji odległości Sheparda w punkcie.

Krok 1 Za pomocą programu (7) oblicza się na podstawie obserwacji ocenę  $\hat{\theta}_o$ .

Krok 2 Losuje się niezależnie, jednostajnie, ze zwracaniem albo bez zwracania z wyjściowej próby  $k$  elementów uzyskując próbę bootstrapową  $\chi_k^* = \{(\mathbf{x}_j^*, \mathbf{y}_j^*): j = 1, \dots, k\}$ , przy czym  $k < n$ .

Krok 3 Oblicza się ocenę bootstrapową  $\theta_o^* = 1/\varphi_o^*$  gdzie:

$$\varphi_o^* = \max\{\varphi \in (0, \infty): (\mathbf{x}_o, \varphi \mathbf{y}_o) \in \hat{T}(\chi_k^*)\}, \quad (9)$$

<sup>9</sup> Kod realizujący losowanie podpróby wymaga unormowanej postaci miernika efektywności, który to warunek spełnia wspomniana funkcja.

<sup>10</sup> Zgodność procedury dowiedziono w tzw. orientacji na nakłady, jednak w pracy źródłowej (Kneip i inni, 2008, s. 1666) wspomniano, iż dowód w orientacji na produkty przebiega analogicznie.

oraz

$$\hat{T}(X_k^*) = \left\{ (\mathbf{x}, \mathbf{y}) \in [0, \infty)^{m+s}: \exists \lambda_j \geq 0: \sum_{j=1}^k \lambda_j = 1, \mathbf{x} \geq \sum_{j=1}^k \lambda_j \mathbf{x}_j^*, \mathbf{y} \leq \sum_{j=1}^k \lambda_j \mathbf{y}_j^* \right\}, \quad (10)$$

Krok 2 i 3 powtarza się  $B$  razy uzyskując ciąg ocen bootstrapowych  $\{\theta_{ob}^*: b = 1, \dots, B\}$ . W zależności od tego, czy losuje się ze zwracaniem, czy bez zwracania, należy pamiętać, iż odpowiednio  $B \leq k^n$  lub  $B \leq \binom{n}{k}$ .

Krok 4 Oblicza się  $B$  wartości bootstrapowych postaci:  $k^{2/(m+s+1)} \left( \frac{\theta_{ob}^*}{\hat{\theta}_o} - 1 \right)$  i szereguje je niemalejąco.

Krok 5 Dla ustalonego  $\alpha \in (0,1)$ , z ciągu uzyskanego w kroku 4 odcina się  $\alpha/2$  procent wartości z obu końców. Wartości skrajne uciętego ciągu to tzw. kwantyle bootstrapowe, które oznaczono odpowiednio przez  $\delta_{\alpha/2,k}$  i  $\delta_{1-\alpha/2,k}$ .

Krok 6 Oblicza się przedział:

$$\left[ \hat{\theta}_o / (1 + n^{-2/(m+s+1)} \delta_{1-\alpha/2,k}); \hat{\theta}_o / (1 + n^{-2/(m+s+1)} \delta_{\alpha/2,k}) \right] \quad (11)$$

zwany asymptotycznym, bootstrapowym przedziałem ufności dla  $\theta_o$ .

Inne miary rozproszenia wartości bootstrapowych, służące również określeniu dokładności estymacji funkcji odległości Shepada w ustalonym punkcie, to (por. Simar, Wilson, 2008, s. 449 i 451):

– bootstrapowe obciążenie<sup>11</sup>

$$Bias_o = \left( \frac{k}{n} \right)^{\frac{2}{m+s+1}} (\bar{\theta}_o^* - \hat{\theta}_o), \quad (12)$$

– bootstrapowe odchylenie standardowe

$$\sigma_o = \left\{ \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B (\theta_{ob}^* - \theta_o^*)^2 \right\}^{1/2}, \quad (13)$$

Można więc skorygować wyjściową ocenę o obciążenie obliczając:

$$\hat{\hat{\theta}}_o = \hat{\theta}_o - Bias_o \quad (14)$$

Należy jednak pamiętać, iż korekta o obciążenie może spowodować wzrost wartości błędu średniokwadratowego estymatora skorygowanego w stosunku do wyjściowego. W literaturze przedmiotu (zob. np. Simar, Wilson, 2000, s. 790) zaleca się, by dokonywać korekty, gdy spełniony jest warunek:

<sup>11</sup> Kreska górna oznacza średnią arytmetyczną po indeksie  $b$  (z wartości bootstrapowych).

$$\text{Bias}_o^2 > 3\sigma_o^2 \quad (15)$$

W praktyce oceny funkcji odległości Sheparda oblicza się w punktach danych  $(x_o, y_o)$ , gdzie  $o = 1, \dots, n$ . Celem analizy jest bowiem m.in. porównanie efektywności technicznej i ułożenie rankingu badanych  $n$  jednostek gospodarczych pod tym kątem. Na podobnej zasadzie celowym jest również obliczenie dla każdego z  $n$  obiektów odpowiednich bootstrapowych miar, świadczących o dokładności dokonanej estymacji.

Problem polega na tym, że wyniki teoretyczne oraz symulacje, zawarte w dotychczas wydanych pracach (Kneip i inni, 2008; Simar, Wilson, 2011) z zakresu procedury losowania podpróby, dotyczą wyłącznie ustalonego punktu  $(x_o, y_o)$  niezależnego od zaobserwowanych danych  $\{(x_j, y_j) \in R_{+0}^{m+s} : j = 1, \dots, n\}$ . Przekłada się to bowiem na konieczną niezależność odpowiednio wektora losowego  $(X_o, Y_o)$  od ciągu wektorów losowych  $(X_j, Y_j)$ , dla  $j = 1, \dots, n$ . Własność ta jest niezbędna dla dowiedzenia zgodności tej procedury bootstrapowej.

Chcąc więc zastosować losowanie podpróby w praktyce zmodyfikowano opisaną wcześniej procedurę losowania podpróby<sup>12</sup>. Po pierwsze losowanie podpróby przeprowadza się  $n$  razy dla  $o = 1, \dots, n$ . Przy ustalonym indeksie  $o$  schemat postępowania wygląda podobnie jak poprzednio z tym, że w kroku 2 losuje się  $k$  elementów z  $n - 1$  elementów, pomijając element o numerze  $o$ . Oczywiście w dalszym ciągu  $k < n - 1$ , traci się więc informację, ale zyskuje pożądaną niezależność.

Kolejnym problemem, który należy rozwiązać korzystając z procedury losowania podpróby, jest wybór właściwej liczności podpróby  $k$ . Eksperymenty symulacyjne przeprowadzone w pracy Kneipa, Simara i Wilsona (2008) wskazują na dużą wrażliwość uzyskiwanych wyników w zależności od przyjętej wartości  $k$ . Brak jest niestety ogólnej procedury w tym zakresie o określonych własnościach statystycznych. W niniejszej pracy wykorzystano dość arbitralną regułę empiryczną, opisaną w pracy Simara, Wilsona (2011, s. 42–43), będącą uszczegółowieniem ogólniejszej wersji z pracy Politisa i inni (2001).

#### 4. CHARAKTERYSTYKA BADANIA EMPIRYCZNEGO

Każde zaplanowane badanie empiryczne składa się zazwyczaj z trzech głównych etapów, z których jednym jest dobór jednostek poddanych analizie, drugim wybór odpowiednich zmiennych, zaś trzecim wykorzystanie należytego narzędzia lub metody badawczej.

Analizą objęto wszystkie publiczne szkoły wyższe nadzorowane przez MNiSW (59 obiektów, szczegółowa lista uczelni znajdują się w aneksie 1). W analizie wykorzystano najbardziej aktualne i dostępne dane z 2015 roku. Przy

<sup>12</sup> Modyfikacja ta została po raz pierwszy opisana w pracy (Prędko, 2013).



wyborze konkretnych danych do badania kierowano się zmiennymi wykorzystywanymi w literaturze przez innych autorów, ich dostępnością, założeniami przyszłej reformy szkolnictwa wyższego i nauki, a także celem niniejszego badania, czyli pomiarem efektywności pozyskiwania środków finansowych na działalność dydaktyczną i naukową.

Kierując się tymi wytycznymi zdecydowano się ostatecznie na wzięcie następujących kategorii do badania:

$x_1$  – wartość środków trwałych Uczelni (stan na 31.12.2015), liczona w tys. zł;

$x_2$  – pracownicy naukowo-dydaktyczni Uczelni (stan na 31.12.2015), liczeni w etatach;

$x_3$  – pozostali pracownicy (stan na 31.12.2015), liczeni w etatach;

$y_1$  – przychody<sup>13</sup> ogółem z działalności dydaktycznej, liczone w tys. zł;

$y_2$  – przychody ogółem z działalności badawczej, liczone w tys. zł.

Zmienne przyjęte w niniejszej analizie w zakresie produktów są takie same jak w badaniach Rusielika i inni (2012), a także Świtłyka (2012), zaś odnośnie do nakładów bardzo zbliżone do tych wykorzystanych w pracach Brzezickiego, Wolszczak-Derlacz (2015), a także Cwiąkały-Małys (2009, 2010).

Wybór produktów w postaci wartości przychodów działalności dydaktycznej i naukowej przez autorów został podyktowany i umotywowany założeniami przyszłej reformy szkolnictwa wyższego i nauki, wskazującej, że (Uzasadnienie..., 2017, s. 2–3): „*Barierą dla sprawnego zarządzania uczelnia jest ograniczona elastyczność w wydatkowaniu środków przekazywanych z budżetu państwa. W systemie szkolnictwa wyższego i nauki istnieje kilkadziesiąt strumieni finansowania, z odrębnymi zasadami, co do możliwego zakresu wydatkowania środków. Podział strumieni finansowania uniemożliwia osiągnięcie efektu synergii pomiędzy tymi strumieniami oraz elastyczną gospodarkę finansową uczelni (przykładowo – z dotacji statutowej uczelnia może sfinansować wyłącznie wynagrodzenie pracownika naukowego, ale nie pracownika naukowo-dydaktycznego)*”. W kontekście powyższego uzasadnienia postanowiono przyjąć dwa ogólne strumienie odpowiadające dwóm głównym obszarom działalności szkół wyższych.

Dane do obliczeń pozyskano z informatora statystycznego „Szkolnictwo wyższe – dane podstawowe” wydawanego przez MNiSW (kategorie  $x_2$  i  $x_3$ ), sprawozdań z wykonania planu rzeczowo-finansowego (kategorie  $y_1$  i  $y_2$ ) i ze sprawozdań finansowych poszczególnych uczelni (kategoria  $x_1$ ) zamieszczonych w ogólnodostępnym Monitorze Sądowym i Gospodarczym.

Ze względu na cel badania, którym jest analiza efektywności pozyskiwania środków finansowych na działalność dydaktyczną i naukową, postanowiono przyjąć orientację na produkty. Wybór takiej konwencji badawczej pozwoli uzyskać informację, czy dana uczelnia w pełni wykorzystwała posiadane zasoby,

<sup>13</sup> Dane w zakresie przychodów z działalności dydaktycznej i naukowej pochodzą ze sprawozdania z wykonania planu rzeczowo-finansowego, które wypełnia się w ujęciu roku kalendarzowego, tj. od 1 stycznia do 31 grudnia 2015 roku.

w postaci środków trwałych, nauczycieli akademickich i pozostałych pracowników, dla pozyskania środków finansowych na działalność naukową i dydaktyczną. Z uwagi na to, że badaniem zostało objętych 59 publicznych szkół wyższych, różniących się między sobą wielkością oraz skalą działalności, wybrano do pomiaru efektywności model BCC ze zmiennymi efektami skali (zob. program (7)).

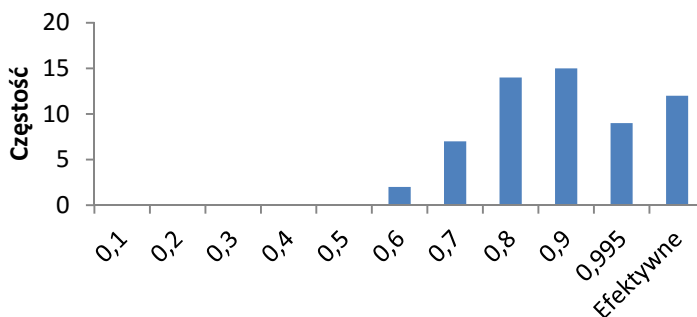
Badanie empiryczne zostało podzielone na dwa następujące po sobie etapy, o których wspomniano już we wstępie pracy. W pierwszym etapie dokonano pomiaru efektywności szkolnictwa wyższego w zakresie pozyskiwania środków finansowych na działalność dydaktyczną i naukową, uwzględniając posiadane przez nie zasoby kapitału i pracy, za pomocą modelu BCC zorientowanego na produkty, będącego jednym z modeli wykorzystywanych w ramach nieparametrycznej metody DEA. W drugim etapie wykorzystano procedurę losowania próby zorientowaną na produkty do określenia dokładności ocen efektywności uzyskanych w etapie pierwszym.

### 5. WYNIKI BADAŃ EMPIRYCZNYCH

Wyniki szczegółowe są analizowane w podziale na względnie jednorodne 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). Osobną jednostką jest Chrześcijańska Akademia Teologiczna (ChAT), która jest jedyną Uczelnią teologiczną nadzorowaną w pełni przez MNiSW.

Na wstępie, za pomocą programu MaxDEA, rozwiązano program liniowy (7) i uzyskano oceny funkcji odległości Sheparda w punktach danych, czyli mierzniiki efektywności poszczególnych uczelni. Wyniki przedstawiono na rysunku 1 w postaci histogramu, przedstawiającego rozkład empiryczny wspomnianych ocen.

Rysunek 1. Histogram ocen funkcji odległości Sheparda



Dwanaście uczelni zostało uznane za efektywne<sup>14</sup> w ramach zastosowanej metodyki. W ich przypadku, uzyskanie większych przychodów dydaktycznych i naukowych nie jest możliwe, przy obecnym poziomie wartości środków trwałych oraz liczbie pracowników naukowo-dydaktycznych i pozostałych. Wśród nich są cztery Uniwersytety, pięć Uniwersytetów Technicznych, dwa Uniwersytety Ekonomiczne oraz Chrześcijańska Akademia Teologiczna w Warszawie.

Najliczniejsze frakcje stanowią jednostki, w których stosunek zaobserwowanych przychodów dydaktycznych i naukowych do ich potencjalnych, maksymalnych wartości znajduje się w przedziałach [0,7; 0,8) i [0,8;0,9) – odpowiednio 14 oraz 15 jednostek. Jednocześnie, jedynie dwie uczelnie można uznać za skrajnie nieefektywne, ponieważ ich zaobserwowane przychody dydaktyczne i naukowe nie przekraczają 60% ich możliwości w tym zakresie<sup>15</sup>. Średnia efektywność w badanej grupie uczelni publicznych wynosiła 0,839 i była bardzo zbliżona do mediany<sup>16</sup> wynoszącej 0,833. Oznacza to, że efektywność połowy uczelni przekroczyła 83,3% ich możliwości w zakresie pozyskiwania źródeł finansowania działalności dydaktycznej i naukowej.

W tabeli 1 przedstawiono jak wygląda sytuacja ze względu na ustalone, jednorodnie grupy uczelni.

TABELA 1. WYBRANE CHARAKTERYSTYKI OPISOWE OCEN FUNKCJI ODLEGŁOŚCI SHEPARDA DLA POSZCZEGÓLNYCH GRUP UCZELNI

Grupa	Liczność	Min	Średnia	Odchylenie
U .....	18	0,5607	0,8104	0,1435
UT .....	18	0,6588	0,8800	0,1098
UE .....	5	0,8256	0,9456	0,0639
UPe .....	5	0,5888	0,7503	0,0946
UPrz .....	6	0,6640	0,8070	0,1021
AWF .....	6	0,7091	0,7946	0,0821

Źródło: opracowanie własne.

Największą średnią efektywnością w pozyskiwaniu środków na działalność dydaktyczną i naukową charakteryzują się Uniwersytety Ekonomiczne (0,9456). Jednocześnie rozproszenie ocen<sup>17</sup> jest w tej grupie najmniejsze i niewielkie w stosunku do średniej, co świadczy o tym, że wspomniana średnia jest w miarę

<sup>14</sup> W dwóch przypadkach ocena funkcji odległości Sheparda była na tyle bliska jedności, że przyjęto, iż obiekty te są efektywne.

<sup>15</sup> Należy pamiętać, że wszystkie interpretacje dokonywane są przy założeniu ustalonych na poziomie zaobserwowanym wartości środków trwałych oraz liczby pracowników naukowo-dydaktycznych i pozostałych.

<sup>16</sup> Mimo to rozkład empiryczny nie jest zbliżony do symetrycznego, głównie ze względu na brak równoliczności frakcji skrajnych.

<sup>17</sup> Mierzone odchyleniem z próby.

reprezentatywna. Wprawdzie niewielkie rozproszenie może tu być wynikiem małej liczności arbitralnie wyłonionej grupy, jednak należy zauważyć, że inne grupy o bardzo zbliżonej liczności (UPe, UPrz AWF), charakteryzują się znacznie mniejszą średnią efektywnością, a jednocześnie większym rozproszeniem ocen.

Na drugim miejscu, ze względu na średnią efektywność, znajduje się grupa Uniwersytetów Technicznych. Jest to bardzo dobry wynik przy tak dużej liczności tej grupy – jednocześnie rozproszenie ocen jest tu również niewielkie w stosunku do wartości średniej.

Trzecie miejsce zajmują teoretycznie Uniwersytety, lecz jednocześnie rozproszenie ocen w tej grupie jest największe. Ponadto, różnica między średnią efektywnością grup zajmujących miejsca od trzeciego do piątego jest znikoma. Stąd można powiedzieć, że średnia efektywność Uniwersytetów, Uniwersytetów Przyrodniczych (miejsce 4) oraz AWF-ów (miejsce 5) jest zbliżona.

Na końcu stawki znajdują się Uniwersytety Pedagogiczne, gdzie możliwości zdobywania środków na działalność dydaktyczną i naukową zostały wykorzystane średnio w 75 procentach.

Jak wspomniano w części metodycznej, nie można wykluczyć, że aproksymanta  $\hat{T}$  zbioru możliwości produkcyjnych<sup>18</sup> (zob. formuła (5)), wyznaczona na bazie planów zaobserwowanych, nie zawiera części planów wykonalnych. Stąd obliczone oceny miernika efektywności mogą być zawyżone (zob. wzór (8)). Za pomocą procedury losowania podpróby uzyskano więc aproksymację 95-procentowego przedziału ufności dla rzeczywistej wartości miernika efektywności (zob. wzór (11) oraz dwie, ostatnie kolumny tabeli 2).

W oparciu o autorską procedurę<sup>19</sup> napisaną w programie Gauss 12.0, wielokrotnie przeprowadzono wspomniane losowanie podpróby wraz z opisaną wcześniej modyfikacją własną. Zgodnie z zaleceniami zawartymi w literaturze przedmiotu (zob. np. Simar, Wilson, 2008, s. 467), wykonano 2000 iteracji bootstrapowych dla każdego obiektu  $B = 2000$ , którego ocena funkcji odległości Sheparda wskazywała na nieefektywność<sup>20</sup> ( $\hat{\theta}_o < 1$ ). Co do sensowności korekty o obciążenie, to należy zaznaczyć, że dla żadnego obiektu uznanego za nieefektywny, nie jest spełniony wymagany warunek (zob. wzór (15)), stąd korekta ta nie jest konieczna. Dla porządku podano jednak wartości skorygowane dla wszystkich jednostek w grupie, których plany zaobserwowane są nieefektywne (zob. wzór (14) oraz kolumna trzecia tabeli 2). Obliczono również bootstrapowe miary rozproszenia (zob. wzory (12)–(13) oraz kolumna czwarta i piąta tabeli 2) świadczące o dokładności estymacji miernika efektywności.

<sup>18</sup> Autorzy zdają sobie sprawę, że przyjmując za produkty przychód dydaktyczny i naukowy Uczelni popełniają pewne nadużycie z punktu widzenia mikroekonomicznej teorii procesu produkcyjnego.

<sup>19</sup> Procedura ta wykorzystuje inne procedury zagnieżdżone autorstwa Prof. UEK dr hab. Anny Pajor, której autorzy pragną w tym miejscu podziękować za okazane wsparcie merytoryczne.

<sup>20</sup> Jak wspomniano w części metodycznej, jedynie dla takich jednostek ten rodzaj bootstrapu nie ulega degeneracji dając użyteczne wyniki.

TABELA 2. OCENY FUNKCJI ODLEGŁOŚCI SHEPARDA W PUNKTACH DANYCH, JEJ WARTOŚCI SKORYGOWANE, BOOTSTRAPOWE MIERNIKI ROZPROSZENIA I PRZEDZIAŁY UFNOŚCI DLA OBIEKTÓW NIEEFEKTYWNYCH

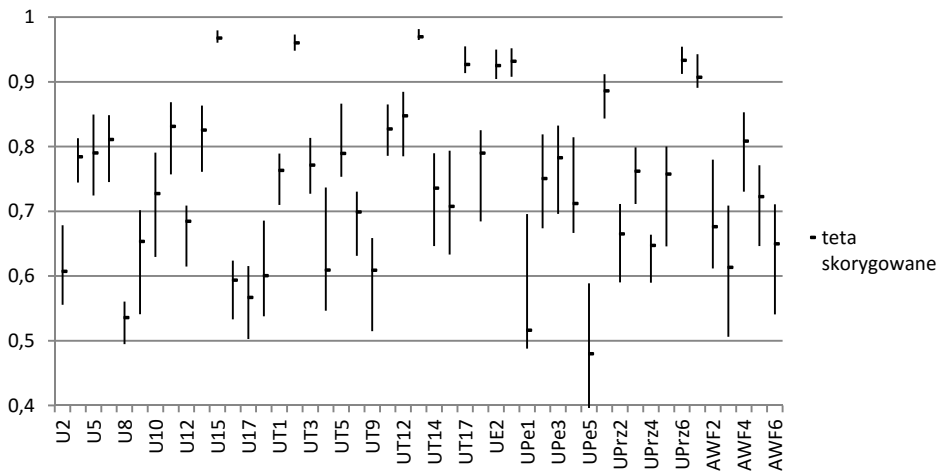
$o$	$\hat{\theta}_o$	$\hat{\theta}_o$	$\sigma_o$	$Bias_o$	L	P
U2 .....	0,67877	0,60713	0,06364	0,07165	0,55550	0,67860
U3 .....	0,81313	0,78422	0,02535	0,02891	0,74447	0,81292
U5 .....	0,84974	0,78998	0,07361	0,05976	0,72452	0,84952
U7 .....	0,84885	0,81089	0,03502	0,03796	0,74527	0,84863
U8 .....	0,56070	0,53568	0,02673	0,02503	0,49475	0,56056
U9 .....	0,70189	0,65351	0,06364	0,04838	0,54091	0,70171
U10 .....	0,79097	0,72737	0,07347	0,06360	0,62949	0,79077
U11 .....	0,86889	0,83112	0,03852	0,03777	0,75720	0,86867
U12 .....	0,70898	0,68447	0,03428	0,02452	0,61466	0,70880
U13 .....	0,86374	0,82554	0,03489	0,03820	0,76110	0,86352
U15 .....	0,97988	0,96769	0,00982	0,01218	0,96052	0,97962
U16 .....	0,62405	0,59360	0,03673	0,03045	0,53303	0,62389
U17 .....	0,61561	0,56684	0,05431	0,04877	0,50274	0,61545
U18 .....	0,68585	0,60038	0,07508	0,08547	0,53776	0,68567
UT1 .....	0,78955	0,76313	0,02858	0,02642	0,70995	0,78935
UT2 .....	0,97348	0,96032	0,01166	0,01317	0,94825	0,97323
UT3 .....	0,81362	0,77141	0,03427	0,04220	0,72720	0,81341
UT4 .....	0,73696	0,60921	0,10660	0,12774	0,54640	0,73677
UT5 .....	0,86663	0,78928	0,04963	0,07735	0,75336	0,86640
UT8 .....	0,73051	0,69897	0,03888	0,03154	0,63135	0,73032
UT9 .....	0,65883	0,60880	0,05394	0,05002	0,51480	0,65866
UT10 .....	0,86544	0,82726	0,02858	0,03819	0,78568	0,86522
UT12 .....	0,88492	0,84753	0,03355	0,03739	0,78513	0,88470
UT13 .....	0,98186	0,96969	0,00731	0,01218	0,96467	0,98161
UT14 .....	0,78992	0,73559	0,05613	0,05433	0,64646	0,78971
UT16 .....	0,79383	0,70761	0,07551	0,08621	0,63319	0,79362
UT17 .....	0,95504	0,92673	0,01768	0,02832	0,91351	0,95479
UE1 .....	0,82555	0,78974	0,05002	0,03580	0,68430	0,82534
UE2 .....	0,95018	0,92504	0,02175	0,02514	0,90439	0,94993
UE5 .....	0,95220	0,93171	0,02185	0,02049	0,90788	0,95196
UPe1 .....	0,69593	0,51622	0,14082	0,17971	0,48777	0,69575
UPe2 .....	0,81915	0,75056	0,06716	0,06859	0,67380	0,81894
UPe3 .....	0,83262	0,78279	0,06280	0,04983	0,69597	0,83240
UPe4 .....	0,81479	0,71201	0,08549	0,10278	0,66667	0,81457
UPe5 .....	0,58881	0,47984	0,10892	0,10898	0,38822	0,58866
UPrz1 .....	0,91214	0,88606	0,02380	0,02609	0,84330	0,91191
UPrz2 .....	0,71161	0,66506	0,04306	0,04655	0,59024	0,71143
UPrz3 .....	0,79916	0,76182	0,03546	0,03734	0,71149	0,79895
UPrz4 .....	0,66403	0,64720	0,02031	0,01683	0,58983	0,66386
UPrz5 .....	0,80026	0,75737	0,05136	0,04288	0,64577	0,80005
UPrz6 .....	0,95469	0,93313	0,01702	0,02156	0,91227	0,95444
AWF1 .....	0,94292	0,90698	0,02654	0,03593	0,89090	0,94267
AWF2 .....	0,78004	0,67619	0,09685	0,10385	0,61161	0,77984
AWF3 .....	0,70906	0,61329	0,09693	0,09577	0,50622	0,70888
AWF4 .....	0,85323	0,80838	0,04779	0,04485	0,73040	0,85301
AWF5 .....	0,77135	0,72249	0,04774	0,04886	0,64644	0,77116
AWF6 .....	0,71106	0,64979	0,06446	0,06127	0,54087	0,71088

Źródło: opracowanie własne.

Na mocy konstrukcji, asymptotyczne, bootstrapowe przedziały ufności znajdują się poniżej oceny miernika efektywności, czyli tam, gdzie spodziewamy się jego prawdziwej wartości. Skorygowana ocena miernika stanowi asymptotycznie nieobciążoną estymatę jego rzeczywistej wartości, należąca zwykle<sup>21</sup> do odpowiedniego bootstrapowego przedziału ufności. W tym sensie jest ona więc bardziej sensowną propozycją oceny miernika niż ocena wyjściowa. Należy jednak w dalszym ciągu pamiętać, że wartości skorygowane estymatora, wobec nie spełnienia warunku (15), charakteryzują się większym rozproszeniem<sup>22</sup> niż wartości wyjściowe.

Na rysunku 2 zilustrowano asymptotyczne, bootstrapowe przedziały ufności oraz skorygowane wartości miernika efektywności.

Rysunek 2. Asymptotyczne, bootstrapowe przedziały ufności oraz skorygowane oceny funkcji odległości Sheparda dla jednostek nieefektywnych



Źródło: opracowanie własne.

Widoczne jest, iż szerokość przedziałów ufności jest dość zróżnicowana, przy tym z samej ich konstrukcji wynika, że te dla obiektów o wysokiej efektywności są zwykle węższe. Na uwagę zasługuje natomiast duża dokładność szacunku w odniesieniu do rzeczywistej wartości miernika efektywności dla stosunkowo mało efektywnych obiektów. Przykładowo, ocena wyjściowa i skorygowana miernika efektywności dla bardzo nieefektywnej jednostki U8 wynosi odpowiednio około 0,561 i 0,536, a przedział ufności postaci  $[0,49475; 0,56056]$  ma niewielką szerokość (zob. rysunek 2).

<sup>21</sup> W tym badaniu empirycznym tak rzeczywiście jest, nie ma jednak teoretycznie takiej gwarancji.

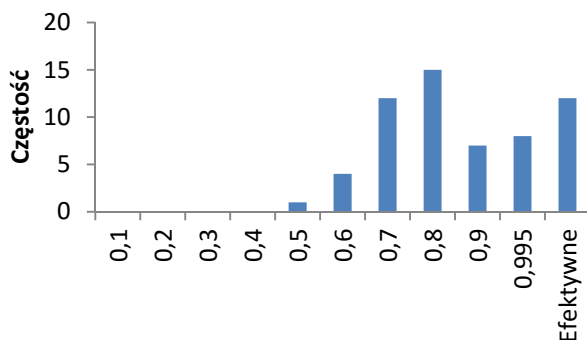
<sup>22</sup> Mierzonym błędem średniokwadratowym – zob. komentarz pomiędzy wzorami (14) i (15).

Warto na tym przykładzie przedyskutować, jaką dodatkową informację wnosi do analizy wykorzystana metoda bootstrapowa. Korzystając z deterministycznej wersji metody DEA (program (7)) uzyskuje się jedynie wyjściową, obciążoną ocenę miernika, z której wynika, iż jednostka U8 wykorzystuje swoje możliwości w zakresie pozyskiwania środków na działalność dydaktyczną i naukową jedynie w około 56,1%. Tymczasem, korzystając z losowania podpróby bierze się pod uwagę niepewność związaną z faktem, iż zbiór „rozpięty” na wszystkich planach wykonalnych zaobserwowanych jest jedynie podzbiorem rzeczywistego zbioru możliwości produkcyjnych. Jego rzeczywista efektywność może być więc jeszcze niższa, a z przeprowadzonej analizy wynika, że z wysokim prawdopodobieństwem<sup>23</sup> znajduje się ona w przedziale [0,49475; 0,56056]. Podobną informację niesie ze sobą asymptotycznie nieobciążona ocena skorygowana, która sugeruje, że wspomniane wcześniej możliwości obiektu zostały wykorzystane jedynie w około 53,6%.

Powstaje problem, czy w takim razie w analizie efektywności lepiej jest korzystać z ocen wyjściowych czy skorygowanych. Wady i zalety obu rozwiązań omówiono już wcześniej. W tym miejscu warto jedynie podkreślić, że rankingi obiektów ustalone przez oba rodzaje ocen nie są identyczne. W badaniu empirycznym przedstawionym w tej pracy odpowiedni współczynnik korelacji rangowej wynosi 0,987. Oznacza to, że wspomniane rankingi są bardzo zbliżone, ale nie są identyczne. Największa różnica pomiędzy miejscami w obu rankingach występuje dla jednostki UPe4, która w rankingu ustalonym przez oceny skorygowane znajduje się o osiem lokat niżej, niż w rankingu ustalonym przez oceny wyjściowe.

Ponadto, należy zaznaczyć, że na mocy swej konstrukcji, oceny skorygowane są zawsze niższe od wyjściowych. Brak identyczności rankingów może prowadzić do znaczących zmian w ocenie efektywności obiektów. Dla zilustrowania tego faktu warto porównać histogram ocen skorygowanych (rysunek 3) z histogramem ocen wyjściowych (rysunek 1).

Rysunek 3. Histogram ocen skorygowanych funkcji odległości Sheparda



Źródło: opracowanie własne.

<sup>23</sup> Asymptotycznie, przy  $n, B \rightarrow \infty$ , byłoby to prawdopodobieństwo 0,95 (przyjęto poziom istotności  $\alpha = 0,05$ ).

Oczywiście ten pierwszy jest przesunięty bardziej w lewo (niższa efektywność obiektów), jednak nieco inna jest również licznosc większości<sup>24</sup> odpowiednich klas.

## 6. WNIOSKI

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że efektywność pozyskiwania środków na działalność dydaktyczną i naukową jest dość wysoka dla większości<sup>25</sup> uczelni publicznych nadzorowanych przez MNiSW. Dwanaście jednostek jest w pełni efektywnych, a frakcje jednostek silnie nieefektywnych są stosunkowo nieliczne (zob. rysunek 1).

Należy jednak pamiętać, że ze względu na to, iż nie wszystkie plany wykonalne są obserwowalne, uzyskane oceny efektywności mogą być zawyżone. Stąd kluczowa jest rola procedury losowania podpróby, która pozwoliła oszacować dokładność przeprowadzonej estymacji efektywności. W szczególności uzyskano aproksymację przedziału ufności dla rzeczywistej wartości miernika efektywności w odniesieniu do każdego z badanych obiektów.

Warto zaznaczyć, że w niniejszej pracy została ona, wg wiedzy autorów, zastosowana po raz pierwszy w orientacji na produkty oraz w odniesieniu do jednostek edukacyjnych, co jest niewątpliwą wartością dodaną niniejszego artykułu. W przyszłości planuje się przeprowadzenie badania efektywności uczelni publicznych w sferze dydaktycznej i naukowej za pomocą innych kategorii produktów dydaktycznych i naukowych oraz alternatywnego narzędzia, jakim jest graniczna funkcja kosztu krótkookresowego.

Interesujące byłoby również wyznaczenie zewnętrznych czynników wpływających na efektywność uczelni publicznych, np. za pomocą modelu tobitowego oraz wzięcie pod uwagę niepewności, zmienności związanej z zebranymi danymi<sup>26</sup>.

## LITERATURA

- Agasisti T., (2011), Performances And Spending Efficiency in Higher Education: A European Comparison Through Non-Parametric Approaches, *Education Economics*, 19 (2), 199–224.
- Agasisti T., Perez-Esparrells C., (2010), Comparing Efficiency in a Cross-Country Perspective: The Case of Italian and Spanish State Universities, *Higher Education*, 59, 85–103.
- 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.

---

<sup>24</sup> Należy pamiętać, że licznosc klasy obiektów efektywnych jest zawsze identyczna, ponieważ dla nich nie da się wyznaczyć ocen skorygowanych.

<sup>25</sup> Warto przypomnieć, że mediana miernika efektywności wynosi 0,833.

<sup>26</sup> Np. za pomocą metod typu *fuzzy DEA* czy *imprecise DEA* – zob. np. Liu i inni (2016, s. 42).



- 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.
- 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. Oeconomia*, 46 (1), 123–139.
- 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.
- Ćwiakła-Malys A., (2009), Wykorzystanie Data Envelopment Analysis (DEA) do badania relacji nakłady-efekty w publicznym szkolnictwie akademickim w Polsce, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 56, 67–82.
- Ćwiakła-Malys A., (2010), *Pomiar efektywności procesu kształcenia w publicznym szkolnictwie akademickim*. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- Johnes J., (2006), Data Envelopment Analysis and Its Application to The Measurement of Efficiency in Higher Education, *Economics of Education Review*, 25 (3), 273–288.
- 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.
- Kneip A., Simar L., Wilson P. W., (2008), Asymptotics and Consistent Bootstraps for DEA Estimators in Nonparametric Frontier Models, *Econometric Theory*, 24, 1663–1697.
- Kounetas K., Anastasiou A., Mitropoulos P., Mitropoulos I., (2011), Departmental Efficiency Differences Within a Greek University: An Application of a DEA and Tobit Analysis, *International Transactions in Operational Research*, 18 (5), 545–559.
- Liu J. S., Lu L. Y. Y., Lu W.-M., (2016), Research Fronts in Data Envelopment Analysis, *Omega*, 58, 33–45.
- Pietrzak P., Brzezicki Ł., (2017), Wykorzystanie sieciowego modelu DEA do pomiaru efektywności wydziałów Politechniki Warszawskiej, *Edukacja*, 3 (142), 83–93.
- Politis D., Romano J., Wolf M., (2001), On the Asymptotic Theory of Subsampling, *Statistica Sinica*, 11, 1105–1124.
- Prędko A., (2013), Subsampling Approach for Statistical Inference Within Stochastic DEA Models, *Quantitative Methods in Economics*, 14 (2), 158–168.
- Prędko A., (2016), *Modelowanie zmienności danych w ramach metody DEA*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków.
- Rusielik R., Świżyk M., Wilczyński A., (2012), Efektywność publicznych uczelni technicznych w Polsce w latach 2007–2009, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 246, 403–412.
- Selim S., Bursalioğlu S. A., (2015), Efficiency of Higher Education in Turkey: A Bootstrapped Two-Stage DEA Approach, *International Journal of Statistics and Applications*, 5 (2), 56–67.
- Simar L., Wilson P. W., (2000), A General Methodology for Bootstrapping in Nonparametric Frontier Models, *Journal of Applied Statistics*, 27, 779–802.
- Simar L., Wilson P. W., (2008), Statistical Inference in Nonparametric Frontier Models: Recent Developments and Perspectives, w: Fried H., Lovell K., Schmidt S., (red.), *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, Oxford University Press, New York.
- Simar L., Wilson P. W., (2011), Inference by the  $m$  out of  $n$  Bootstrap in Nonparametric Frontier Models, *Journal of Productivity Analysis*, 36, 33–53.
- Świżyk M., (2012), Efektywność techniczna publicznych uczelni w latach 2001–2010, *Ekonometria*, 4 (38), 320–342.
- Świżyk M., (2013), Efektywność dydaktyki w uczelniach publicznych w Polsce, *Oeconomia*, 1 (22), 9–28.

Szuwarzyński A., Julkowski B., (2014), Wykorzystanie wskaźników złożonych i metod nieparametrycznych do oceny i poprawy efektywności funkcjonowania wyższych uczelni technicznych, *Edukacja*, 3 (128), 54–74.

Uzasadnienie do projektu ustawy prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z 2017 roku, <http://konstytucjadlanauki.gov.pl/content/uploads/2017/09/uzasadnienie-do-projektu-ustawy-prawo-o-szkolnictwie-wyzszym-i-nauce-16092017.pdf> (data dostępu: 12.01.2018).

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*, 89, 887–917.

## ANEKS 1.

### Szkoły wyższe przyjęte do badania empirycznego.

Szczegółowa lista 59 uczelni wraz z przypisanym skrótem: 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 M. Curie-Skłodowskiej w Lublinie, U8 – Uniwersytet M. 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 S. Wyszyńskiego w Warszawie, U16 – Uniwersytet Zielonogórski, U17 – Uniwersytet K. Wielkiego w Bydgoszczy, U18 – Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, UT1 – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, UT2 – Politechnika Warszawska, UT3 – Politechnika Białostocka, UT4 – Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, UT5 – Politechnika Częstochowska, UT6 – Politechnika Gdańska, UT7 – Politechnika Śląska w Gliwicach, UT8 – Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, UT9 – Politechnika Koszalińska, UT10 – Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki, UT11 – Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, UT12 – Politechnika Lubelska, UT13 – Politechnika Łódzka, UT14 – Politechnika Opolska, UT15 – Politechnika Poznańska, UT16 – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, UT17 – Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza, UT18 – Politechnika Wrocławska, UE1 – Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, UE2 – Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, UE3 – Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, UE4 – Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, UE5 – Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, UPe1 – Akademia Pedagogiki Specjalnej im. M. Grzegorzewskiej w Warszawie, UPe2 – Akademia im. J. Długosza w Częstochowie, UPe3 – Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, UPe4 – Akademia Pomorska w Słupsku, UPe5 – Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, UPrz1 – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

w Warszawie, UPr2 – Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy, UPr3 – Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, UPr4 – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, UPr5 – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, UPr6 – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, AWF1 – Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im. J. Śniadeckiego w Gdańsku, AWF2 – Akademia Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki w Katowicach, AWF3 – Akademia Wychowania Fizycznego im. Br. Czecha w Krakowie, AWF4 – Akademia Wychowania Fizycznego im. E. Piaseckiego w Poznaniu, AWF5 – Akademia Wychowania Fizycznego J. Piłsudskiego w Warszawie, AWF6 – Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, ChAT – Chrześcijańska Akademia Teologiczna w Warszawie.

## **EFEKTYWNOŚĆ POZYSKIWANIA ŚRODKÓW NA DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNĄ I NAUKOWĄ W PUBLICZNYM SZKOLNICTWIE WYŻSZYM W POLSCE**

### **Streszczenie**

*W artykule oszacowano efektywność 59 publicznych szkół wyższych w Polsce w zakresie pozyskiwania środków na działalność dydaktyczną i naukową w 2015 roku nieparametryczną metodą DEA. Zastosowano model BCC zorientowany na produkty. W pracy wykorzystano również procedurę losowania próby (subsampling) w celu oszacowania dokładności dokonanego wcześniej pomiaru efektywności. Dwanaście uczelni okazało się w pełni efektywnymi we wspomnianym zakresie, zaś średnia efektywność jest dość wysoka i zbliżona do mediany.*

**Słowa kluczowe:** szkolnictwo wyższe, efektywność, DEA, podpróbkiowanie

## **EFFICIENCY OF RAISING OF THE FUNDS FOR THE DIDACTIC AND SCIENTIFIC ACTIVITY IN PUBLIC HIGHER EDUCATION IN POLAND**

### **Abstract**

*The article estimates the efficiency of 59 public higher education institutions in Poland in rising of funds for didactic and scientific activity in 2015 using non-parametric DEA method. We used output-oriented BCC model. The work also uses the subsampling procedure to assess the accuracy of the previously performed efficiency measurement. Twelve universities turned out to be fully efficient in the above-mentioned scope, while the average efficiency is quite high and close to the median.*

**Keywords:** higher education, efficiency, DEA, subsampling