

Wojciech NASIEROWSKI*

Techniczna sprawność działań proinnowacyjnych w Polsce z perspektywy Unii Europejskiej¹

Streszczenie: W opracowaniu tym przedstawiono wnioski z oceny technicznej sprawności innowacji w krajach Europy. W analizie wykorzystano metodę *Data Envelopment Analysis*, wspierając ją symulacją dla wskazania zakresów działań proinnowacyjnych, które charakteryzują się niską sprawnością realizacji. Techniczna sprawność innowacji w Polsce jest niższa niż innych krajów w analizowanym zbiorze. Polska działa w obszarze zmniejszających się zwrotów z tytułu skali. Szczególną uwagę poświęcić należy edukacji, badaniom i wspieraniu MŚP. Należy podjąć działania w kierunku zmiany obecnego systemu prawnego i nastawienia Polaków do innowacji, jeżeli oczekuje się poprawy sprawności działań proinnowacyjnych w przyszłości. Aby poprawić techniczną sprawność innowacji w Polsce, należy również usprawnić Narodowy System Innowacyjności. Podstawowym czynnikiem obniżającym techniczną sprawność innowacji w Polsce jest przeinwestowanie (i/lub marnotrawstwo nakładów na innowacje). W podsumowaniu podano sugestie kierunków dalszych prac badawczych nad poprawą funkcjonowania Narodowego Systemu Innowacyjności.

Słowa kluczowe: techniczna sprawność, innowacje, DEA

Kody klasyfikacji JEL: C51, C54, M16, O31, O32

Artykuł nadesłany 6 czerwca 2019 r., zaakceptowany 23 października 2019 r.

* www.wnasierowski.eu, e-mail: nasierow@unb.ca

¹ Pragnę podziękować dwóm anonimowym Recenzentom za wyjątkowo trafne uwagi i pomoc, jakiej udzielili mi, by niniejszy tekst stał się czytelny. Współpracę z Nimi zapamiętam jako bardzo pozytywne doświadczenie zawodowe.

Wprowadzenie

Innowacje i działania proinnowacyjne znajdują się w obszarze zainteresowania biznesu, naukowców i polityków od dłuższego czasu. Ostatnio, w dobie globalnych zmian politycznych i technologicznych, takie słowa klucze jak innowacja, kreatywność, konkurencyjność przyciągają szczególną uwagę. Stały się one synonimami czynników, które wpływają na rozwój gospodarczy.

Definicja pojęcia „innowacja” nie została jednoznacznie określona w literaturze przedmiotu, a każda z propozycji wywołuje różnego typu kontrowersje. W Europie przyjmuje się, że definicja podana w podręczniku *Oslo Manual* [OM, 2005] jest standardem i podstawą prowadzenia dyskusji w tym obszarze. Napotyka się jednak kłopoty z operacjonalizacją tej definicji i nie są dostępne wszystkie dane do przeprowadzenia analiz porównawczych pomiędzy krajami. Przedstawienie definicji innowacji, w której konstrukt „innowacja” jest podatny na mierzenie przez niezależnego naukowca/badacza jest możliwe, ale mało prawdopodobne jest, by została ona powszechnie uznana [Nasierowski, Arcelus, 2012]. Z tego powodu omawiana w niniejszym artykule koncepcja innowacji i jej pomiaru mieści się w ramach wymogów *Oslo Manual*, a do przeprowadzenia obliczeń wykorzystano dane przedstawione w *European Innovation Scoreboard* [EIS, 2017] oraz *World Competitiveness Yearbook* [WCY, 2017]². Te źródła danych zostały przyjęte za punkt wyjścia do dyskusji o sprawności działań proinnowacyjnych.

Kwestię technicznej sprawności innowacyjności rozpatrywać można z wielu perspektyw. W tym opracowaniu skoncentrowano się na wynikach oceny technicznej sprawności innowacyjności uzyskanych przy zastosowaniu metody *Data Envelopment Analysis* (DEA) [Färe, Grosskopf, 1998; Coelli i in., 2005; Cooper i in., 2006; Wei, Yan, 2004; Färe i in., 1994: r. 3], a następnie skonfrontowano je z kompleksowymi indeksami innowacyjności (*composite indexes of innovativeness*). Obie metody – DEA i kompleksowe indeksy – mają zalety, wady, ograniczenia, zwolenników i przeciwników. Metody te różnią się perspektywą rozpatrywania zagadnienia.

Gdy publikacje i dyskusje dotyczące innowacji są analizowane z ilościowego punktu widzenia, często podaje się referencje do indeksów innowacyjności. Są one wygodne dla kształtowania opinii publicznej (i popularnej publicystyki). Ich tworzenie wspierają zamożni sponsorzy, tacy jak Bank Światowy, Komisja Europejska, ONZ, INSEAD, Cornell University, IMD itp. Literatura podająca zalety, wady, zakresy zastosowania i ograniczenia kompleksowych indeksów jest obszerna [np. Fagerberg, 1994; Freudenberg, 2003; Grupp, Moguee, 2004; Nasierowski, 2010; Grupp, Schubert, 2010; Adam, 2014; Nasierowski, 2016]. Różne wskaźniki kompleksowe innowacyjności wykorzystują podobne zbiory danych i metodologię ich tworzenia. Prowadzi to do statystycznie zbliżonych wyników w zakresie pozycjonowania krajów względem ich zaangażowania

² W niniejszym opracowaniu użyto określenia Europa nie w sensie klasyfikacji geograficznej, lecz względem krajów ujętych w raportach EIS i WCY.

w proinnowacyjne działania. Wyniki są zbieżne z rezultatami dotyczącymi oceny poziomu zamożności, standardu życia, wydatków na edukację i badania, zadowolenia z życia itp. [Nasierowski, 2016].

Prawdopodobnie jest to niemożliwe, a z pewnością trudne, by odizolować wpływ innowacyjności od czynników rynkowych, politycznych i społecznych, przyczyniających się do rozwoju krajów. Warto jednak mieć świadomość konsekwencji użycia wartości wskaźników opisujących działania proinnowacyjne. Analiza wartości tych wskaźników stanowić może platformę do rozważań, jak usprawnić działania proinnowacyjne, by w większym stopniu przyczyniały się one m.in. do wzrostu gospodarczego. Nie zawsze jednak działania skuteczne są sprawne, a sprawne działania nie muszą prowadzić do skutecznych wyników.

Podstawą tworzenia kompleksowego indeksu są dane, które włączane są do niego z taką samą wagą. Takie podejście (bez wskazania, co jest wejściem, a co wyjściem procesu innowacji) w obliczaniu wartości wskaźnika innowacyjności nieuchronnie opiera się na założeniu, że elementy składowe obliczeń (serie danych) są jednakowo ważne, a wszystkie kraje w rozpatrywanym zbiorze są tak samo sprawne w przekształcaniu wejść w wyjścia. Możliwe jest jednak, że kraje wykorzystują np. różne poziomy zasobów do wytworzenia takich samych rezultatów. Analogicznie, możliwe jest, że dwa różne kraje wykorzystują te same zbiory zasobów i tworzą z nich różne zestawy wyników. Prowadzi to do pytania, w jaki sposób oceniać sprawność działań proinnowacyjnych.

Z mikroekonomicznego punktu widzenia przypomina to koncepcję sprawności w sensie Pareto-Koopmansa [zob. np. Varian, 2002], która pozwala mierzyć zdolność kraju do zminimalizowania poziomu wejść wymaganych do wyprodukowania maksymalnej liczby wyjść (wyników). Przyjmuje się, że kraj jest w pełni sprawny wtedy i tylko wtedy, gdy nie jest możliwa zmiana żadnego wejścia bez pogorszenia rezultatów [Cooper i in., 2006: 45]. Na tej koncepcji opiera się zastosowana w niniejszej pracy metoda DEA o charakterze nieparametrycznym. Należy przy tym zaznaczyć, że w literaturze przedmiotu przedstawiano już zastosowanie tej metody do oceny efektywności działań proinnowacyjnych [np. Hollanders, Celikel-Esser, 2007; Murillo-Zamorano, 2004; Nasierowski, 2012; Kotsemir, 2013].

Głównym celem tej pracy jest przedstawienie wniosków z rozważań na temat oceny sprawności działań proinnowacyjnych w Europie, z uwzględnieniem specyfiki polskiej sytuacji. Uzyskane wyniki pozwalają kontynuować dyskusję na temat sposobów, które mogą się przyczynić do zwiększenia sprawności działań proinnowacyjnych w Polsce, a w tym zakresie także usprawnienia Narodowego Systemu Innowacyjności (*National Innovation System* – NIS)³.

W ramach takiego schematu badawczego zidentyfikowano, jakie aspekty wpływają w decydujący sposób na techniczną sprawność innowacji. Czy jest

³ Syntetyczny opis podstaw tej koncepcji przedstawili Dosi i in. [1989], Nasierowski [1997: r. 3], a jej bardziej współczesną interpretację przedstawiają np. Edquist i Hommen [2008].

to dochód narodowy brutto, wielkość kraju określona poprzez liczbę mieszkańców, czy na przykład zamożność? Następnie wprowadzono do rozważań na temat technicznej sprawności innowacji nową grupę czynników, co do których zakłada się, że mogą wpływać na techniczną sprawność lub moderować proces zamiany wejść w wyjścia. Określone są one w tym opracowaniu jako czynniki sytuacyjne. Jest to koncepcja względnie nowa w badaniu tematyki technicznej sprawności innowacji [EIS, 2019]. Czynniki sytuacyjne to cechy charakterystyczne kraju, które są stałe (dane, odziedziczone) lub trudne do zmienienia, takie jak standard życia, przestrzeganie prawa, kultura narodowa, a także klimat czy położenie geograficzne, a które mogą mieć wpływ na techniczną sprawność. To cechy określające kontekst, w jakim tworzone są innowacje. Wnioski z analizy ich wpływu na techniczną sprawność innowacji mogą się przyczynić do uzupełnienia rozważań na temat właściwego kształtowania polityki proinnowacyjnej.

Rezultaty uzyskane w ramach tak nakreślonego zakresu badawczego mogą pomóc w sformułowaniu dalszych hipotez badawczych wartych zweryfikowania oraz w zwiększeniu stopnia zrozumienia przebiegu procesów innowacyjnych.

Pojęcia będące podstawą części metodycznej pracy wyjaśniono w drugiej części opracowania. W części trzeciej przedstawiono samą metodykę wykorzystaną w pracy i zbiór danych. W części czwartej opisano ograniczenia zastosowanej metodyki i ich konsekwencje dla praktycznego znaczenia uzyskanych wyników. Z kolei w części piątej przedstawiono uzyskane wyniki i wybrane ich interpretacje. W części szóstej omówiono wnioski z przeprowadzonych badań, zasugerowano zmianę niektórych elementów polityki proinnowacyjnej, wskazano obszary Narodowego Systemu Innowacyjności wymagające restrukturyzacji i nakreślono postulowane kierunki dalszych prac.

Techniczna sprawność działań proinnowacyjnych, zagęszczenie, zwrot z tytułu skali i czysta techniczna sprawność⁴

W opracowaniu wykorzystano nieparametryczną metodę DEA dla pomiaru technicznej sprawności innowacyjności krajów (*Technical Efficiency of Innovations* – EFF). Metoda ta pozwala na zbadanie, czy techniczna sprawność innowacyjności danego kraju jest zbieżna z granicą określającą najlepsze rozwiązania w tym zakresie (*Best Practice Frontier* – BPF) [Coelli i in., 2005; Cooper i in., 2006]. Podstawową zaletą takiego podejścia jest to, że modelowanie zależności pomiędzy wejściami a wyjściami nie wymaga przypisania im wstępnie wag.

W opracowaniu tym, dla zdefiniowania formuły określającej techniczną sprawność innowacji EFF, wykorzystano podejście opierające się na ukierunkowaniu na wejścia (minimalizowanie wielkości wejść), ponieważ przyjęto,

⁴ W tej części artykułu wykorzystano fragmenty wcześniejszych opracowań autora [Nasierowski, 2010; Nasierowski, Arcelus, 2015].

że kraje mają większe możliwości, by kontrolować wejścia niż wyjścia. Przy takim założeniu sprawność określana jest względem jednostek podejmujących decyzje (*Decision Making Units – DMUs*), które produkują założony poziom wyjść (wyrobów, usług, innowacji), przy zużyciu najmniejszego poziomu wejść albo przy najniższych kosztach [Färe, Grosskopf, 1998: 1]. Przy takim podejściu EFF odzwierciedla minimalizację zużycia zasobów dla otrzymania zamierzonych rezultatów. Dla krajów, które są określane jako najsprawniejsze, wartość EFF jest równa jedności. Dla wszystkich innych jednostek techniczna sprawność innowacji mierzona jest poprzez zakres, w jakim mogą one zmniejszyć zużycie zasobów⁵ i w dalszym ciągu utrzymać obecne wyniki [Nasierowski, Arcelus, 2015: 73].

Dwie charakterystyki innowacyjności krajów wpływające na ich poziom sprawności to zwrot z tytułu skali (*Returns to Scale – RS*)⁶ oraz zagęszczenie (*Congestion – CON*). Są to dwa podstawowe konstrukty wykorzystywane w ekonomii w kontekście badań nad sprawnością jednostek gospodarczych [Coelli i in., 2005: 161–181, 209–240; Cooper i in., 2006: 381–404; Wei, Yan, 2004]. Bez ich rozważenia i przeanalizowania nie jest możliwe ustalenie najlepszego rozwiązania dla danego kraju, czyli sprawnego podejścia do innowacji.

Zwrot z tytułu skali (RS) odnosi się do stopnia zmiany w poziomie zużywanych wejść, w porównaniu ze zmianą osiągniętych rezultatów. Stały zwrot z tytułu skali (*Constant Returns to Scale – CRS*) występuje wtedy, gdy zmiana poziomu wejść jest taka sama jak poziomu rezultatów. Jeżeli zmiany te różnią się od siebie, występuje zmienny stopień zwrotu z tytułu skali (*Variable Returns to Scale – VRS*).

Zagęszczenie (CON) to koszt pozbycia się niechcianych wejść (pozbycia się tych wejść, które nie są potrzebne). Wymagane są określone zasoby do tego, by się ich pozbyć. W innych okolicznościach zasoby te mogłyby się przyczynić do tworzenia wyjść (rezultatów) i tym samym podnosić sprawność danej DMU. Dowód na to, że występuje zagęszczenie, istnieje wtedy, gdy zmniejszenie jednego lub wielu wejść związane może być ze zwiększeniem jednego albo wielu wyjść. Rozpatrując tę kwestię inaczej, zagęszczenie występuje wtedy, gdy dalsze zwiększenie jednego lub wielu wejść skutkuje zmniejszeniem jednego lub wielu wyjść. Zagęszczenie występuje wtedy, gdy „złe” wyjścia są tworzone jako nieuchronny produkt realizowanych procesów [Färe i in., 1994: 38–39]. W tym zakresie literatura przedmiotu odwołuje się do takich koncepcji, jak słaba (*Weak Disposability – WD*) i silna (*Strong Disposability – SD*) możliwość pozbywania się niepożądanych wejść i wyjść jako dowodu na to, że zagęszczenie występuje. Słaba możliwość pozbywania się (WD) wskazuje na występowanie zagęszczenia. Silna możliwość pozbywania się wskazuje na brak zagęszczenia. „Silna możliwość pozbywania się niechcianych wejść oznacza,

⁵ Zmniejszenie zużycia zasobów obejmuje w tym kontekście także usprawnienia organizacyjne, tj. takie, które przynoszą pozytywne lub zamierzone wyniki.

⁶ W literaturze polskiej określane jako „korzyści skali” [Ćwiąkała-Małys, Nowak, 2009: 199–229; Guzik, 2009: 182–185].

że zwiększenie poziomu wejść nie spowoduje zmniejszenia się poziomu wyjść” [Färe, Grosskopf, 1998: r. 6]. Założenie, że proporcjonalne zwiększenie wejść nie będzie miało negatywnego wpływu na wyjścia, odnoszone jest do silnej możliwości pozbywania się niechcianych wejść (SD).

Dla potrzeb tej pracy zmienny zwrot z tytułu skali (VRS) i zagęszczenie (CON) określają dwa źródła technicznej sprawności, które mogą być wyodrębnione z całkowitej sprawności (EFF) celem uzyskania pozostałych elementów wpływających na sprawność. Określane są one jako Czysta Techniczna Sprawność (*Pure Technical Efficiency* – PTE), która odzwierciedla właściwe wykorzystanie zasobów przez kraj dla uzyskania innowacyjnych wyjść (rezultatów) [zob. np. Färe i in., 1994: 9, 61].

Miary RS, CON, PTE mogą przyjmować wartości w zakresie od 0 do 1. Jeżeli $EFF = 1$, wtedy wszystkie te elementy są równe jedności, co oznacza, że kraj jest sprawny, czyli leży na empirycznej granicy produkcyjnej (BPF). Procesy wykonywane w tym kraju są prowadzone przy stałych zwrotach z tytułu skali (CRS) i silnej możliwości pozbywania się zasobów (SD) (czyli wykazują się brakiem zagęszczenia). Wartość EFF mniejsza od jedności wskazuje natomiast na braki w zakresie sprawności, które mogą mieć różne źródła – ich wpływ mierzony jest za pomocą wspomnianych konstruktów RS, CON, PTE.

Nie wiadomo, czy ewentualne przesuwanie się innowacyjności danego kraju w kierunku BPF wynika ze zwiększenia się jego sprawności w wykorzystywaniu zasobów czy zmiany w zwrotach z tytułu skali. Dlatego też określić należy kierunek zmian: tu zmiany w poziomie wygenerowanych wyjść poprzez znane (określone) zmiany poziomu wejść. Zwrot z tytułu skali (RS) to stopień zmiany wejść wykorzystanych, w porównaniu ze stopniem zmiany otrzymanych wyjść. Wyjaśnia to związek (funkcję) wyjść w porównaniu ze zwiększonym lub zmniejszonym poziomem wejść w dłuższym okresie. Stały zwrot z tytułu skali (CRS) występuje wtedy, gdy stopień zmiany w wejściach jest proporcjonalny do stopnia zmiany wyjść. W sytuacji stałych zwrotów z tytułu skali proporcjonalne zmiany wyjść wymagają proporcjonalnych zmian w poziomie wejść [Färe, Grosskopf, 1998: 7]. W przeciwnym wypadku, jeżeli te stopnie zmian się różnią, mamy do czynienia albo ze zwiększającymi się, albo zmniejszającymi się zmianami z tytułu skali. Zwiększające się zwroty z tytułu skali (*Increasing Returns to Scale* – IRS) oznaczają, że zwiększony poziom wyjść wymaga mniejszego niż proporcjonalnie wzrostu poziomu wejść. Zmniejszające się zwroty z tytułu skali (*Decreasing Returns to Scale* – DRS) wskazują na to, że zwiększanie się poziomu wyjść wymaga ponadproporcjonalnie większego zużycia wejść.

Kraje są sprawne, jeżeli znajdują się na granicy BPF. W niektórych sytuacjach jednak zdarza się, że kraje te mogą nie wykorzystywać najmniejszego możliwego poziomu wejść do wyprodukowania wyjść [Färe, Grosskopf, 1998: 15–16].

Dekompozycja technicznej sprawności rozpoczyna się od porównania sprawności przy założeniu CRS i VRS. Zwrot z tytułu skali (RS) mierzy odchylenie od stałego zwrotu z tytułu skali (CRS). Natomiast zagęszczenie (CON)

pozwała na zmierzenie odchylenia każdego z krajów od silnej możliwości pozbycia się zasobów (SD). To, co pozostaje – niewyjaśniona część zmian określana jest mianem czystej technicznej sprawności (PTE) i pokazuje niewyjaśnione odchylenie każdej z DMU od granicy BPF. W rezultacie takiej dekompozycji problemu sprawność innowacji każdego z krajów, przy założeniu CRS i SD, można przedstawić jako iloczyn miar odpowiednich czynników, które się na nią składają [Färe i in., 1994: r. 3]: $EFF = RS * CON * PTE$.

Kraj jest sprawny względem zwrotu z tytułu skali, jeżeli $RS = 1$. Analogicznie zagęszczenie (CON) mierzy odchylenie od silnej możliwości pozbycia się niechcianych wejść poprzez obliczenie wskaźnika, jakim jest stosunek sprawności przy założeniu VRS i SD do sprawności przy założeniu VRS i WD. Jeżeli wskaźnik ten równy jest 1, wtedy nie ma dowodu na to, że zagęszczenie występuje i przyjąć można, że działanie kraju opiera się na założeniu o silnej możliwości pozbycia się niechcianych wejść. Trzeci z elementów dekompozycji $EFF - PTE$ – jest związany z pozostałą częścią określania sprawności, przy założeniu VRS i WD.

Metodyka i zbiór danych

Modele DEA, które służą do wyliczania EFF oraz jej składowych CON , RS i PTE , przedstawiono zbiorczo za pomocą odpowiednich formuł⁷:

$$k_n \rightarrow \min$$

$$\sum_{c=1}^C \lambda_c y_{co} \geq y_{no}, \quad o = 1, \dots, O; \quad (1)$$

$$\text{dla SD} \quad \sum_{c=1}^C \lambda_c x_{ci} \leq k_n x_{ni}, \quad i = 1, \dots, I \quad (2)$$

$$\text{dla WD} \quad \sum_{c=1}^C \lambda_c x_c = k_n x_{ni}, \quad i = 1, \dots, I \quad (3)$$

$$\text{dla CRS} \quad \lambda_c \geq 0, \quad c = 1, \dots, C \quad (4)$$

$$\text{dla VRS} \quad \sum_{c=1}^C \lambda_c = 1, \quad \lambda_c \geq 0, \quad c = 1, \dots, C \quad (5)$$

$$\text{dla NIRS} \quad \sum_{c=1}^C \lambda_c \leq 1, \quad \lambda_c \geq 0, \quad c = 1, \dots, C \quad (6)$$

$$EFF = k_n(\text{CRS}, \text{SD}) = RS * CON * PTE \quad (7)$$

⁷ Na podstawie zmodyfikowanych opisów podanych w pracach [Färe i in., 1994; Nasierowski, Arcelus, 2003; Nasierowski, 2010].

$$RS = k_n(\text{CRS}, \text{SD}) / k_n(\text{VRS}, \text{SD}) \quad (8)$$

$$\text{CON} = k_n(\text{VRS}, \text{SD}) / k_n(\text{VRS}, \text{WD}) \quad (9)$$

$$\text{PTE} = k_n(\text{VRS}, \text{WD}) \quad (10)$$

Zmniejszające się zwroty z tytułu skali

$$(\text{DRS}), \text{ jeżeli } RS < 1 \text{ i } k_n(\text{NIRS}, \text{SD}) > k_n(\text{CRS}, \text{SD}) \quad (11)$$

Zwiększające się zwroty z tytułu skali

$$(\text{IRS}), \text{ jeżeli } RS < 1 \text{ i } k_n(\text{NIRS}, \text{SD}) = k_n(\text{CRS}, \text{SD}) \quad (12)$$

$$\text{Stałe zwroty z tytułu skali (CRS), jeżeli } RS = 1 \quad (13)$$

Indeksy c oraz n numerują kraje, natomiast indeksy i oraz o odpowiednio wejścia oraz wyjścia. Stąd x_{ci} , x_{ni} oznaczają wartość (wielkość) i -tego wejścia odpowiednio w c -tym oraz n -tym kraju, a z kolei y_{co} , y_{no} wartość o -tego wyjścia w tych krajach.

W przyjętym zapisie techniczna sprawność k_n kraju n jest porównywana z innym, wzorcowym krajem, którego zasoby nie mogą przekraczać zużycia zasobów przez kraj n , nie może on też wyprodukować niższych poziomów wyjść niż kraj n . Poziom wejść i wyjść tego wzorcowego kraju (tzw. *benchmark*) jest określony jako odpowiednia średnia ważona poszczególnych wejść lub wyjść wszystkich krajów w zbiorze danych. Waga ważności dla kraju c , określana jako λ_c , jest nienegatywną zmienną decyzyjną (tzw. *intensity variable*).

Wcześniej podaną definicję sprawności wejście–wyjście odzwierciedla minimalizacja indeksu sprawności k_n kraju n , który jest badany. W związku z tym w praktyce, jeśli chce się przeanalizować sprawność wszystkich DMU wchodzących w skład zbioru danych, to należy wykonać formuły (1)–(13) dla $n = 1, \dots, C$. Pozostałe oznaczenia wykorzystane w formułach wprowadzono w większości już wcześniej. W celu ustalenia typu zwrotów, którym charakteryzuje się dany kraj, wprowadzono dodatkowo NIRS (*Non-Increasing Returns to Scale*), czyli niezwiększające się zwroty z tytułu skali. Ponadto warto przypomnieć, że w opracowaniu przyjęto dekompozycję sprawności technicznej postaci: $\text{EFF} = \text{RS} * \text{CON} * \text{PTE}$ (przy czym RS, CON, PTE są w przedziale od 0 do 1). Należy zaznaczyć, że w pracy wszelkie założenia odnośnie do typu zwrotów skali, czy tzw. dyspozycyjności nakładów (SD vs WD), nie są przyjmowane z góry, lecz podlegają weryfikacji. W odniesieniu do tzw. orientacji modelu DEA przyjęto ukierunkowanie na minimalizację poziomu wejść, co w przypadku dyskusji o innowacjach ma uzasadnienie (łatwiej jest kontrolować wejścia niż wyjścia).

Do obliczania wskaźników sprawności innowacji została wykorzystana baza danych EIS [2017: Aneks A] oraz wybrane serie danych z WCY [2015; 2017], zgodnie z zaleceniami podręcznika *Oslo Manual* [OM, 2005]. W przy-

padku braku danych dla jakiegoś kraju posłużono się wartościami średnimi z danych dla rozpatrywanego zbioru krajów. Standaryzację zmiennych przeprowadzono na podstawie formuły $(x - x_{min}) / (x_{max} - x_{min})$, tak jak sugeruje to EIS [2017: r. 6]. Wyodrębniono cztery grupy czynników wpływających na techniczną sprawność innowacji krajów i w związku z tym zdefiniowano cztery wejścia: edukacja (EDU), badania (BAD), wspieranie MŚP (MŚP) oraz sytuacja (SYT)⁸. Wartość danego wejścia stanowi średnia ze wskaźników dotyczących odpowiedniego obszaru.

Koncepcja włączenia do rozważań czynników opisujących sytuację jest dyskusyjna. Z jednej strony uznać je można za wejścia – elementy stymulujące, ułatwiające (lub utrudniające) innowacyjność; a z drugiej są one także efektem inwestowania w innowacyjność. W odniesieniu do wyjść przyjęto następujące kategorie: wyjścia komercyjne oraz wyjścia typu naukowego (tworzenie wiedzy)⁹. Eksperymenty symulacyjne dotyczące EFF wykorzystane zostały do zidentyfikowania tych czynników wpływających na EFF, które wymagają szczególnej uwagi. Odpowiednie obliczenia przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu SPSS, wersja 17 oraz programu OnFront.

Ograniczenia przyjętej metodyki

Przedstawienie ograniczeń (krytyki) zastosowanej metodyki w tym miejscu służy wskazaniu czytelnikowi, czego i dlaczego może (lub nie powinien) oczekiwać, analizując wyniki i wnioski przedstawione w części piątej tej pracy. Ograniczenia zastosowanej w tym opracowaniu metodyki wynikają z nieostrości definicji konstruktów „innowacja” i „NIS” oraz trudności w ich operacjonalizacji. Problematiczna jest też rzetelność dostępnych danych. Zastrzeżenia można formułować również co do ograniczeń metody nieparametrycznej, w szczególności w odniesieniu do sposobu traktowania tzw. *outliers*¹⁰. W związku

⁸ Dla obliczenia wartości wejść wybrano następujące serie danych według EIS [2017] i WCY [2015; 2017]: dla edukacji (EDU): EIS – dane z EIS – 112, 113, z WCY – 4.5.14, 4.5.02; dla badań (BAD): EIS – 211, 221, 222, 323, 411; WCY 4.2.17, 4.3.07, 4.3.09, 4.3.10, 4.2.16, 4.3.03, 4.3.04, 4.3.01; dla MSP (MSP): EIS – 311, 132, 223, 332, 313, 321, ECY 3.3.18, 3.4.10, 3.1.10, 2.4.14, 2.4.15, 4.3.08, 2.3.13; dla czynników sytuacyjnych (SYT): EIS 131; WCY – 4.3.24, 4.4.26, 4.4.10, 1.1.21, 4.2.17, 2.4.13, 2.3.14, 2.4.16. Opis wykorzystanych serii danych podano w załączniku 1.

⁹ Dla obliczenia wartości wyjść wybrano następujące serie danych według EIS [2017] oraz WCY [2015; 2017]: zastosowania komercyjne (COMM): EIS – 331, 421, 422, 332, 333, 423; WCY – 4.3.16, 4.2.20, 3.1.03, 1.2.10, 1.2.11, 1.1.15; a dla wyjść typu tworzenie nauki/wiedzy (KNOW): EIS – 111, 121, 122, 322; oraz WCY – 3.2.21, 4.3.12. Opis wykorzystanych serii danych podano w załączniku 1.

¹⁰ *Outliers* w tym opracowaniu to kraje o nietypowych cechach. Przykładowo DNB i liczba mieszkańców w Islandii i Niemczech odbiegają znacznie (więcej niż dwukrotna wartość odchylenia standardowego) od wartości średnich odpowiednich wielkości dla krajów rozpatrywanych w opracowaniu. Ich wyeliminowanie z analizy, zwłaszcza w przypadku badania technicznej sprawności, byłoby jednak bardzo kontrowersyjne. Kwestia *outliers*, w ramach prac dotyczących technicznej sprawności, wymaga zdaniem autora dalszych obszernych badań (z różnych powodów).

z brakiem akceptowalnej definicji innowacji/innowacyjności oraz niejednoznaczną interpretacją NIS występuje także problem z określeniem grup czynników wejść i wyjść. Grupy wejść określić można, wykorzystując referencje do podsystemów NIS dotyczących obszarów edukacji, badań i wspierania MŚP, które są siłą napędową we współczesnej gospodarce [Nasierowski, 2009]. Trudniej jest natomiast określić grupę wyjść. Teoretycznie, rządy projektują NIS, aby uzyskać rezultaty zgodne z celami rozwoju. Innowacje są jednym ze sposobów osiągania wielorakich celów i ograniczenie się np. do dwóch zagregowanych wyjść może być uznane za nadmierne uproszczenie zagadnienia.

Niewyjaśniona pozostaje kwestia, jaka część braków technicznej sprawności może być przypisana przeinwestowaniu, a jaka wynika ze złej organizacji działań proinnowacyjnych: tu niepoprawnie zaprojektowanego NIS. Występują też kontrowersje w przypadku wyjaśniania problemów z zagęszczeniem. Wynikać one mogą przykładowo z różnicy w poziomie zamożności. Koszt tego samego elementu w inwestowaniu w innowacje będzie inny w kraju „A” niż w kraju „B”. Wystąpić mogą również tzw. *cross-relationships* – zależności pośrednie w analizowanym modelu. Ten aspekt zagadnienia rozpatrywać można przy pomocy Modelu Równań Strukturalnych. Nie jest to jednak celem tego opracowania, ale temat ten wart jest podjęcia w ramach kolejnych badań, gdyż uzyskane wyniki dostarczyć mogą wartościowych obserwacji, także w zakresie synergii pomiędzy wejściami do procesów innowacyjności.

Serie danych wykorzystywane przez EIS i WCY w znacznym stopniu dotyczą wynalazków. O ile wynalazczość jest powiązana z innowacyjnością i prawdopodobnie dobrze wykształceni mają większe szanse, by stać się wynalazcami, o tyle poziom wykształcenia ma prawdopodobnie mniejsze znaczenie dla innowacyjności i kreatywności (co ponownie może wymagać oddzielnych, obszernych badań).

Opóźnienie czasowe pomiędzy inwestowaniem w innowacje a otrzymaniem odpowiednich efektów z pewnością występuje. Na poziomie przedsiębiorstwa jest to możliwe do określenia (choć trudne) dla niektórych z wykorzystanych zmiennych. Na poziomie kraju wychwycenie takich opóźnień jest wręcz niemożliwe. Opóźnienia czasowe występują pomiędzy aktualnymi wydatkami (inwestycjami) a aktualnymi wynikami – błędne jest założenie, że dzisiejsze inwestycje dają wyniki dzisiaj. Caballero [2014: 21–22] sugeruje, że występuje dwuletnie opóźnienie pomiędzy wejściami a wyjściami, ale ogranicza prezentację do trzech elementów. Opóźnienia czasowe będą znacznie dłuższe w przypadku inwestowania w edukację i badania, ale dokładne ich określenie nie jest możliwe. Dodatkowo, wielkość opóźnienia rozpatrywana w sektorach gospodarki i w krajach będzie się różniła.

Rola i znaczenie czynników sytuacyjnych (SYT), przy zaistnieniu których przebiegają procesy innowacyjne, nie jest uwzględniona w zbiorze danych przyjętym w EIS. Jest to element nowy w ilościowym badaniu technicznej sprawności, a w związku z tym jego włączenie do rozważań może być kontrowersyjne.

Ocena technicznej sprawności działań proinnowacyjnych w krajach Europy

Dane użyte do obliczeń składowych technicznej sprawności EFF przedstawiono w tabeli 1, natomiast wyniki w tabeli 2. W wierszu „ALL” (wszystkie kraje) wskazano m.in., że średnia EFF dla badanych krajów, przy założeniu CRS i SD, wynosi 0,81. Oznacza to, że aby być sprawnym w zakresie innowacji, średnio można zredukować o 19% zużycie zasobów¹¹ (wejść) na innowacje i nadal produkować takie same wyniki (wyjścia). Część z tego braku sprawności wytłumaczona może być wartością $RS = 0,93$ (średnio nie występują stałe zwroty z tytułu skali) oraz zagęszczeniem $CON = 0,90$ (średnio występuje niewielkie zagęszczenie nakładów), przy czym $PTE = 0,97$ oznacza, że średnio 3% niesprawności jest wynikiem oddziaływania innych czynników niż RS i CON .

Tabela 1. Wartości grup czynników określających wejścia i wyjścia służące do obliczenia wskaźników technicznej sprawności innowacji

	EDU	BAD	MSP	ENA	COMM	KNOW	SII-EIS	SII-MY
BE	0,55	0,51	0,60	0,63	0,41	0,46	0,597	0,537
BG	0,12	0,25	0,21	0,32	0,28	0,08	0,234	0,234
CZ	0,26	0,44	0,40	0,47	0,38	0,27	0,416	0,398
DK	0,75	0,60	0,61	0,76	0,42	0,69	0,675	0,613
DE	0,36	0,60	0,56	0,67	0,49	0,61	0,609	0,554
EE	0,47	0,41	0,44	0,47	0,33	0,20	0,393	0,403
IE	0,57	0,49	0,70	0,70	0,55	0,42	0,571	0,599
EL	0,28	0,32	0,32	0,32	0,19	0,22	0,337	0,290
ES	0,35	0,33	0,32	0,50	0,34	0,35	0,386	0,365
FR	0,60	0,45	0,47	0,54	0,37	0,44	0,539	0,470
HR	0,10	0,25	0,27	0,22	0,21	0,13	0,270	0,223
IT	0,24	0,30	0,35	0,46	0,32	0,38	0,371	0,344
LV	0,30	0,32	0,30	0,42	0,27	0,12	0,287	0,315
LT	0,39	0,49	0,46	0,50	0,24	0,10	0,391	0,409
LU	0,75	0,49	0,57	0,76	0,56	0,37	0,599	0,595
HU	0,18	0,31	0,25	0,31	0,35	0,13	0,332	0,279
NL	0,65	0,53	0,61	0,74	0,50	0,58	0,639	0,595
AT	0,49	0,53	0,58	0,60	0,41	0,41	0,599	0,518
PL	0,33	0,32	0,29	0,37	0,30	0,16	0,270	0,316
PT	0,37	0,36	0,40	0,49	0,24	0,29	0,409	0,361
RO	0,06	0,22	0,17	0,32	0,36	0,21	0,167	0,239

¹¹ Pod pojęciem „zużycie zasobów” należy w tym opracowaniu rozumieć zarówno zużycie zasobów, jak i usprawnienia organizacyjne przyjmowane dla celów zmniejszenia/zwiększenia zużycia zasobów, przykładowo poprzez właściwie zaprojektowany i wykorzystywany NIS.

cd. tabeli 1

	EDU	BAD	MSP	ENA	COMM	KNOW	SII-EIS	SII-MY
SI	0,42	0,40	0,41	0,47	0,37	0,38	0,482	0,404
SK	0,22	0,31	0,28	0,33	0,39	0,20	0,345	0,307
FI	0,74	0,59	0,63	0,69	0,38	0,53	0,646	0,573
SE	0,78	0,64	0,63	0,76	0,46	0,60	0,708	0,622
UK	0,55	0,45	0,57	0,62	0,36	0,67	0,618	0,520
IS	0,68	0,52	0,53	0,61	0,29	0,54	0,600	0,514
IL	0,40	0,67	0,46	0,67	0,41	0,34	0,548	0,512
NO	0,75	0,55	0,63	0,71	0,20	0,51	0,571	0,547
CH	0,94	0,70	0,69	0,74	0,66	0,84	0,812	0,728
TR	0,10	0,38	0,34	0,33	0,17	0,16	0,294	0,285
UA	0,25	0,20	0,21	0,18	0,21	0,06	0,142	0,199
ALL	0,44	0,44	0,45	0,52	0,36	0,36	0,46	0,43
CRS	0,54	0,50	0,51	0,61	0,42	0,38	0,53	0,50
IRS	0,52	0,48	0,49	0,54	0,33	0,41	0,49	0,46
							r=0,985	

EDU – średnia wartość wskaźników związanych z edukacją

BAD – średnia wartość wskaźników związanych z działalnością B+R

MŚP – średnia wartość wskaźników związanych z przedsiębiorczością i MŚP

SYT – średnia wartość wskaźników związanych z sytuacją, otoczeniem, w jakim wprowadza się innowacje w danym kraju

COMM – średnia wartość wskaźników związanych z wyjściami z procesów innowacyjnych o charakterze użytkowym (komercyjnym)

KNOW – średnia wartość wskaźników związanych z wyjściami z procesów innowacyjnych o charakterze naukowym

SII-EIS – wartości wejść i wyjść prezentowane przez EIS i wykorzystywane do przedstawienia rankingu krajów względem innowacyjności ([EIS, 2017: 90] – wartości standaryzowane)

SII-MY – wartości wejść i wyjść uzyskane przy pomocy metodyki prezentowanej w tym artykule

r = 0,985 – wartość współczynnika korelacji Pearsona pomiędzy SII-EIS a SII-MY

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2. Wyniki obliczeń technicznej sprawności innowacji dla krajów Europy z wykorzystaniem metody DEA

KRAJ		BPF		EFF	RS	CON	PTE	PPP	GDPwPPP
Belgia	BE		D	0,87	0,95	0,91	1	45 011	509,5
Bułgaria	BG		D	0,71	0,73	0,98	1	20 215	144,6
Czechy	CZ		D	0,74	0,95	0,78	1	33 196	350,7
Dania	DK		I	0,89	0,89	1	1	47 988	273,9
Niemcy	DE		D	0,69	0,81	0,85	1	48 401	3980,3
Estonia	EE		D	0,89	0,97	0,92	1	29 218	38,5
Irlandia	IE	x	C	1	1	1	1	68 230	324,9
Grecja	EL		D	0,73	0,77	0,95	1	26 756	289,4
Hiszpania	ES		C	0,65	1	0,9	0,73	36 302	1686,9

KRAJ		BPF		EFF	RS	CON	PTE	PPP	GDPwPPP
Francja	FR		D	0,76	0,98	0,91	0,86	40 969	2733,7
Chorwacja	HR		D	0,73	0,89	0,82	1	22 791	95,1
Włochy	IT		D	0,62	0,98	0,64	1	36 833	2234,5
Łotwa	LV		D	0,78	0,94	0,83	1	25 709	50,6
Litwa	LT	x	C	1	1	1	1	30 201	86,1
Luksemburg	LU	x	C	1	1	1	1	104 049	59,9
Węgry	HU		C	0,71	1	0,71	1	27 496	270,3
Holandia	NL		D	0,81	0,86	0,94	1	51 037	869,4
Austria	AT		D	0,87	0,93	0,94	1	47 742	417,2
Polska	PL		D	0,75	0,94	0,8	1	27 428	1054,1
Portugalia	PT		D	0,76	0,99	0,76	1	28 985	298,7
Rumunia	RO		D	0,59	0,99	0,82	0,73	22 348	441,6
Słowenia	SI		D	0,67	0,93	0,97	0,75	32 084	66,2
Słowacja	SK		D	0,67	0,98	0,68	1	31 340	170,1
Finlandia	FI		I	0,96	0,96	1	1	42 044	231,4
Szwecja	SE		I	0,93	0,93	1	1	50 123	498,1
Wielka Brytania	UK		D	0,69	0,86	0,8	1	42 714	2785,6
Islandia	IS		D	0,83	0,97	0,86	1	48 873	16,5
Izrael	IL	x	C	1	1	1	1	34 830	300,6
Norwegia	NO	x	C	1	1	1	1	69 263	364,4
Szwajcaria	CH	x	C	1	1	1	1	59 571	496,0
Turcja	TR		I	0,8	0,8	1	1	24 912	1988,3
Ukraina	UA		I	0,75	0,75	1	1	8272	353,0
Liczba obserwacji		ALL		0,81	0,93	0,90	0,97	39 529	733,8
N=8	CRS=1			0,92	1,00	0,95	0,97	53 743	448,6
N=19	DRS > EFF			0,75	0,92	0,85	0,97	34 824	870,9
N=5	IRS = EFF			0,87	0,87	1,00	1,00	34 668	668,9
N=14	PPP ≥ avg PPP			0,88	0,94	0,94	0,99	54 715	968,6
N=18	PPP < avg PPP			0,75	0,92	0,86	0,96	27 718	551,1

BPF – kraje, które działają zgodnie z najlepszymi znanymi praktykami w zakresie technicznej sprawności innowacji

EFF – techniczna sprawność innowacji

RS – zwrot z tytułu skali

CON – zagęszczenie

PTE – czysta techniczna sprawność

PPP – porównywalny roczny dochód na mieszkańca

GDPwPPP – Dochód Narodowy Brutto wyrażony w wartościach PPP

CRS – stały zwrot z tytułu skali

DRS – zmniejszający się zwrot z tytułu skali

IRS – zwiększający się zwrot z tytułu skali

avg – wartość średnia

Źródło: opracowanie własne.

Jak wykazano w tabeli 1, wartości wszystkich wejść w Polsce są niższe niż średnia dla badanego zbioru krajów, przy czym największy dystans do średniej jest w przypadku MŚP (czyli występują zaniedbania w zakresie wspierania MŚP). Z kolei wartości wszystkich wyjść są niższe od średniej, przy czym największy dystans jest w przypadku „tworzenia wiedzy”, co oznacza, że pomimo silnego wsparcia dla edukacji, otrzymane wyniki nie odpowiadają europejskim standardom.

EIS [2017: 90] przedstawia syntetyczny wskaźnik innowacyjności krajów w analizowanym zbiorze – SII-EIS. W artykule tym przyjęto inny zbiór danych do oceny innowacyjności niż ten podany w EIS [2017: 81–89]. Stosując metodologię EIS [2017: 78–79], ale opierając się na innym zbiorze danych, obliczono „skorygowany” wskaźnik SII-MY. Okazuje się, że wartości tych wskaźników – oryginalnego z EIS (SII-EIS) i opartego na danych podanych w tym artykule (SII-MY), są ze sobą, według współczynnika korelacji Pearsona, silnie skorelowane $r = 0.985$. Oznacza to dużą zbieżność uzyskanych wyników w zakresie oceny sprawności w zakresie innowacji tymi dwiema alternatywnymi metodami. Należy jednak zaznaczyć, że w ramach DEA można wskazać źródła braku sprawności, co nie jest możliwe w przypadku syntetycznego wskaźnika poziomu innowacyjności.

Kontynuacją tych rozważań powinno być sprawdzenie wpływu wielkości kraju, mierzonej wielkością DNB, na techniczną sprawność innowacji. Oczekiwać można, że wyniki analizy wpływu ekonomii skali i synergii organizacyjnych będą bardzo pomocne w kształtowaniu polityki proinnowacyjnej, jeżeli w danym kraju istnieją ośrodki decyzyjne zainteresowane podniesieniem poziomu sprawności technicznej innowacji.

Warto też zwrócić uwagę, że EFF jest silnie skorelowane dodatnio po krajach z PPP ($r = 0,589$), co oznacza, że im zamożniejszy kraj, tym wyższa techniczna sprawność innowacji (tym więcej korzyści z innowacji). EFF jest skorelowane po krajach z RS na poziomie $r = 0,319$, a z CON na poziomie $r = 0,682$. Stanowi to potwierdzenie tezy, że w kraju, w którym inwestuje się rozsądnie i nie marnotrawi się środków, EFF jest wysokie.

W przypadku Polski $EFF = 0,75$, co jest wartością poniżej średniej w badanym zbiorze. Oznacza to, że w Polsce zmniejszyć można zużycie zasobów o 25% bez uszczerbku dla rezultatów (albo usprawnić rozwiązania związane z NIS). Dodatkowo, jeżeli uwzględni się, że PPP w Polsce jest niższe niż średnie PPP w zbiorze (czyli koszty pracy i infrastruktury są relatywnie niższe niż w innych krajach), to względnie niska sprawność jest w rzeczywistości jeszcze niższa. Poziom $RS = 0,94$ – zwrot z tytułu skali – sugeruje występowanie problemu z wyborem zakresów specjalizacji. Silny wpływ na niską sprawność ma zbyt duże zagęszczenie wejść ($CON = 0,80$), co oznacza, że 20% (lub więcej) zasobów jest marnotrawionych (lub systemy związane z innowacyjnością są nieefektywne). Podsumowując, Polska działa w zakresie DRS i zagęszczenie wejść jest wyższe niż w innych badanych krajach. Zagadnienie to wymaga dalszych badań, by wyjaśnić, skąd się bierze to marnotrawstwo (lub gdzie są błędy w NIS)?

W celu znalezienia źródeł marnotrawstwa posłużono się dostępną w pakiecie OnFront funkcją „symulacja”. Wyniki eksperymentów symulacyjnych przedstawiono w tabeli 3. Stanowią one jedynie przykład, jak zastosować można tę metodę i nie odnoszą się do żadnej konkretnej sytuacji polskiego systemu innowacyjności. Nie ma możliwości wskazania takich zakresów (źródeł) bardziej precyzyjnie bez dostępu do szczegółowych danych¹².

Tabela 3. Wyniki symulacji w zakresie poszukiwania źródeł aktualnej technicznej sprawności innowacji w Polsce

	EFF	EDU	BAD	MSP	SYT	COMM	KNOW
1	0,75	0,67	0,74	0,71	0,61	0,70	0,84
2	0,81	0,60	0,74	0,71	0,61	0,70	0,84
3	0,88	0,60	0,66	0,71	0,61	0,70	0,84

Kolumny EDU, BAD, MSP, SYT odnoszą się, odpowiednio, do zestandaryzowanych wartości wejść, COMM, KNOW to zestandaryzowane wartości wyjść dla Polski. W kolumnie EFF podano kolejno: aktualną wartość odpowiedniego wskaźnika oraz jego dwie wartości wynikające z dwóch różnych symulacji zmian wejść i wyjść.

Źródło: opracowanie własne.

Wiersz 1 w tabeli 3 wskazuje aktualny EFF w Polsce. Wiersz 2 wskazuje, że jeżeli usprawniony zostanie system edukacyjny (EDU) z poziomu 0,67 do poziomu 0,60, a pozostałe wejścia nie ulegną zmianie, to poziom wyjść pozostanie niezmienny, a sprawność techniczna podniesie się o „6%”. Te „7%” zmiany systemu edukacyjnego nie ma bezpośredniego przetłumaczenia na łatwo mierzalne wskaźniki oceny systemu edukacyjnego (np. jednostki monetarne). Wynikać ono może z usprawnień organizacyjnych, zmniejszenia marnotrawstwa. Zakresy takich działań można określić, ale do tego niezbędne są dane bardziej szczegółowe od tych zagregowanych wykorzystywanych w pracy. Wiersz 3 wskazuje, że jeżeli dodatkowo w Polsce usprawniony zostanie system badań, to techniczna sprawność innowacji przewyższy średnią wartość tego współczynnika w badanym zbiorze. Powyższe sugestie podano bez uwzględnienia poziomu PPP w Polsce.

Wyniki symulacji należy interpretować z dużą ostrożnością. To, które z czynników wejść zmieniać lub w stosunku do których zmniejszać zużycie zasobów, uzależnione jest od wartości rozpatrywanych czynników, które opisane są poprzez obecnie stosowane rozwiązania. W szczególności należy znać aktualne koszty działań w różnych zakresach związanych z edukacją w Polsce, tak by wybrać optymalne z punktu widzenia organizacyjnego i finansowego rozwiązanie: Co zmieniać? Gdzie podnosić, a gdzie zmniejszać wydatki? Dane i informacje o takich kosztach są gromadzone przez Główny Urząd Statystyczny (np. formularz GUS F-01 s).

¹² Dane takie istnieją, ale nie są dostępne dla autora opracowania.

Wyniki symulacyjnych eksperymentów nie określają, jak przeprowadzać zmiany, gdyż nie to było celem badań i nie temu służy proponowanie możliwej do zastosowania metodyki. Rezultaty przedstawione w tym opracowaniu mogą być jedynie konstruktywną sugestią wyjściową do dyskusji, jak zmieniać systemy związane z innowacyjnością.

W rankingu EIS Polska zajmuje 29. miejsce wśród 35 krajów europejskich [EIS, 2017: 6] i charakteryzuje się niskim stopniem wzrostu nakładów na innowacje – 10% [EIS, 2017: 94], jednak jest wśród czołowych 15 krajów w Europie pod względem poprawy działań związanych z innowacyjnością (Polska 2%, Litwa 21%) [EIS 2017:16].

Średnie wartości poziomu inwestowania w innowacyjność i uzyskane wyniki wskazują, że Polska plasuje się powyżej średniej w przypadku: EDU – wg EIS-112¹³ (procent ludzi z wykształceniem wyższym); BAD – wg EIS-222 (wydatki na innowacje niezwiązane z B+R); WCY-4.2.16 (finansowanie rozwoju technologii); MŚP – wg WCY-3.3.18 (dostępność *venture capital*), 3.4.10 oraz 3.3.10 (obie serie danych dotyczą pozytywnych opinii o zdolnościach przedsiębiorczych); COMM – wg EIS-421 (eksport produktów w sektorze zaawansowanych technologii); WCY-1.2.11 (wzrost eksportu HT), 3.1.03 (wzrost wydajności); KNOW – wg EIS-333 (zastosowanie projektów).

W Polsce, pomimo względnie dużego udziału osób z wyższym wykształceniem i studentów (w porównaniu z odpowiednią średnią w badanym zbiorze), liczba osób kształcących się w dziedzinach związanych z innowacyjnością jest zbyt mała. Dodatkowo, analizując wytyczne odnośnie do nowych programów nauczania [Załączniki, 2017], należy zwrócić uwagę na to, że mniej niż 30% czasu nauki w szkołach podstawowych i ponadpodstawowych przeznaczane jest na zajęcia, które przyczyniają się do umiejętności abstrakcyjnego myślenia (STEM – *Science, Technology, Engineering, Mathematics*) i stanowią podstawę do uzyskania przez ucznia świadomości, że wiedza jest potęgą. Odzwierciedleniem braku takich umiejętności i wspomnianej świadomości są niskie wskaźniki zarówno w zakresie tworzenia zastosowań komercyjnych, jak i tworzenia wiedzy na poziomie zgodnym z europejskimi standardami. Polska jest w tych zakresach poniżej średniej europejskiej.

Podsumowanie

Uzyskane wyniki nie wskazują jednoznacznych kierunków usprawnień ani gotowych rozwiązań. Jest to m.in. konsekwencja wykorzystywania zagregowanych danych – niestety tylko takie dane są dostępne. To trudne do wyeliminowania ograniczenie nie powinno jednak zamykać dyskusji o bezstronnych metodach poszukiwania sposobów poprawy. Zastosowanie modeli DEA oraz symulacji, pomimo ich dużego poziomu ogólności, może być punktem wyjściowym do dyskusji o poprawianiu podejścia do innowacyjności i kształto-

¹³ EIS-112 to seria danych w EIS [2017: Aneks H] i analogicznie dla dalszych odwołań w tekście również tych dotyczących WCY.

wania Narodowego Systemu Innowacyjności (NIS) w Polsce. Wspomniane narzędzia dostarczają bowiem materiału do porównań z sytuacją występującą w tym zakresie w innych krajach.

Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują, że „zamożne kraje” (co mierzone jest poprzez porównywalny wskaźnik dochodów na mieszkańca – PPP) mają większą wartość technicznej sprawności innowacyjności niż kraje, gdzie poziom zamożności jest niski. Poziom zamożności nie musi być elementem krytycznym, o czym świadczy pozycja Litwy czy Izraela w rankingu technicznej sprawności innowacji. Domniemywać można, że kraje z sukcesami w innowacyjności mają dobrze opracowany i stosowany NIS. Świadczą o tym także wysokie RS i CON w tych krajach. Z reguły kraje, które nie są na poziomie najlepszych praktyk w zakresie innowacyjności (BPF), to te, które działają w obszarze zmniejszających się zwrotów z tytułu skali (DRS).

Problem z zagęszczeniem występuje także dlatego, że inwestycje w wynalazki są kosztowne i występuje duże opóźnienie pomiędzy dokonaniem odkrycia a jego komercyjnym zastosowaniem. Dla uzyskania wysokich wskaźników w zakresie wynalazczości i innowacyjności często niezbędna jest kosztowna infrastruktura. Polska mogłaby wykorzystać fakt, że jej PPP jest względnie niski, a jednocześnie dostępnych jest wielu wysokiej klasy specjalistów, co w konsekwencji oznacza, że prowadzenie prac B+R jest tańsze niż np. w Szwajcarii, Szwecji czy Niemczech. Przykładem wykorzystania takiej sytuacji mogą być inwestycje Assera Brown Boveri w Polsce 25 lat temu [Nasierowski, 1997: 2–36, 2–37]. Wiele szans tego typu zmarnowano, co nie oznacza, że nie można wykorzystać kolejnych. Jednym z problemów Polski, w odniesieniu do niskiej sprawności technicznej innowacji, jest także brak właściwie określonych zakresów specjalizacji, które wspierać mogłyby dążenia do poprawy jej pozycji konkurencyjnej. W świetle prezentowanych wyników wskazuje na to niska wartość miary RS. To z kolei implikuje wadliwość aktualnego polskiego NIS, o czym świadczą także problemy w koordynacji działań proinnowacyjnych.

Metoda DEA pozwala na wyznaczenie sprawności działań proinnowacyjnych, czyli określenia, czy zasoby przeznaczane na innowacje wykorzystywane są mądrze i bez ich marnotrawienia. Analiza rezultatów działań proinnowacyjnych przy wykorzystaniu tej metody wskazuje, że Polska nie znajduje się wśród liderów technicznej sprawności innowacji. Charakterystyczne jest to, że kraje, które są liderami w ocenie technicznej sprawności (EFF) innowacji, są także skuteczne w wykorzystywaniu tych innowacji, na co wskazują rankingi innowacyjności opracowywane w konwencji kompleksowych indeksów innowacyjności. W krajach tych innowacje przyczyniają się do wzrostu gospodarczego.

Metodyka, którą przedstawiono w opracowaniu, umożliwia przeprowadzanie symulacji. Można tę opcję wykorzystać do określenia zakresów zalecanych zmian. Pomimo zagregowanej formy serii danych wykorzystywanych przez EIS i WCY określić można obszary, w jakich należy poszukiwać usprawnień: tu, gdzie w ramach oszczędności lub zwiększenia przeznaczanych zasobów oczekiwać można największych korzyści. W opracowaniu nie przedstawiono

bardziej szczegółowych rozwiązań w tym zakresie, gdyż autor nie ma dostępu do struktury wydatków w obszarach omawianych w opracowaniu.

W odniesieniu do nakładów na B+R Polska plasuje się na 30. miejscu wśród 61 krajów analizowanych w WCY [2015: 439]. Na prace B+R wydawane jest w Polsce 0,88% DNB – w Izraelu 4,25%, Korei Południowej – 4,22% [WCY, 2017: tabl. 4.3.02]. Wydatki na B+R w Stanach Zjednoczonych są jedynie 20% mniejsze od DNB Polski¹⁴. Dane te wskazują, z jaką potężną konkurencją Polska ma do czynienia w zakresie prac B+R. Ryzyko prac B+R wynika z faktu, że inwestowanie jest rozciągnięte w czasie. Przykładowo, inwestycje w rozwój zasobów ludzkich trwają przez 20–30 lat, by stworzyć kadrę zdolną do tworzenia wynalazków. Ponadto, jedynie 20% wynalazków przynosi komercyjne (rynkowe) sukcesy, w dodatku z opóźnieniem. Z mikroekonomicznego punktu widzenia często przedsiębiorstwa intensywnie inwestujące w wynalazczość należą do najbardziej zyskowych. Wynalazczość nie musi jednak być lepszą drogą do sukcesu gospodarczego niż innowacyjność. To temat do odrębnej dyskusji, którą podjąć można w ramach koncepcji tworzenia kultury wspierającej wynalazczość (*exploration*) i innowacyjność (*exploitation*) [March, 1991]. Istnieją liczne przykłady gospodarek działających wg hasła „Dawid może pokonać Goliata”, które dynamicznie rozwijają się w sferze innowacji, np. Hongkong czy Singapur, ale także Finlandia, Dania czy Szwajcaria. Jak wskazują uzyskane wyniki (zob. też rys. 1–2), Polska jest w niekorzystnej sytuacji względem innych krajów z powodu niższego poziomu wejść do procesów innowacyjnych, np. nakładów na szkolnictwo i naukę czy na badania i rozwój.

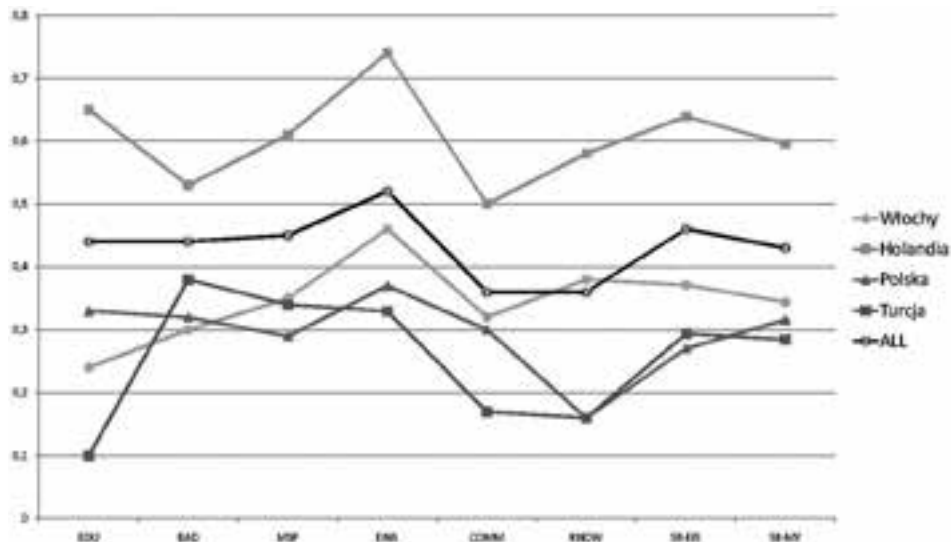
Tabele 1 i 2 wykorzystane mogą być do przedstawienia porównań w wielorakich przekrojach, dla zilustrowania sytuacji Polski względem innych krajów. Na podstawie uzyskanych wniosków można będzie podejmować działania zgodnie z intencjami jednostki prowadzącej analizę. Z powodu zagregowania danych będą to wnioski ogólne, lecz będą one oparte na faktach. Dla zilustrowania możliwości, jakie dają uzyskane wyniki, przeprowadzono przykładowo porównanie Polski z Holandią, Włochami i Turcją¹⁵.

Zgodnie z danymi zilustrowanymi na rysunku 1, poziom wejść i wyjść dla Holandii jest wyższy niż średnia europejska. Nie powinno stanowić zaskoczenia, że ranking Holandii w zakresie innowacyjności jest wysoki. W zakresie technicznej sprawności – EFF na rysunku 2 – wynik Holandii zbliżony jest do średniej europejskiej, co może w jej przypadku być rezultatem problemów z RS – np. problemów z określeniem zakresów specjalizacji (zbyt szeroko rozpatrywane zakresy, w jakich prowadzone są prace innowacyjne).

¹⁴ Wydatki na B+R w Polsce są na niższym poziomie niż takich firm jak: Amazon – 17,4 mld USD, VW – 15,1 mld USD, Alphabet – 14,5 mld USD, Intel – 12,8 mld USD, Samsung – 12,7 mld USD, Microsoft – 12,7 mld USD, Roche – 11,7 mld USD, Huawei – 11,2 mld USD, Apple – 10,8 mld USD, Merck – 10,3 mld USD, <http://www.visualcapitalist.com/global-leaders-r-d-spending/>, 18.01.2019.

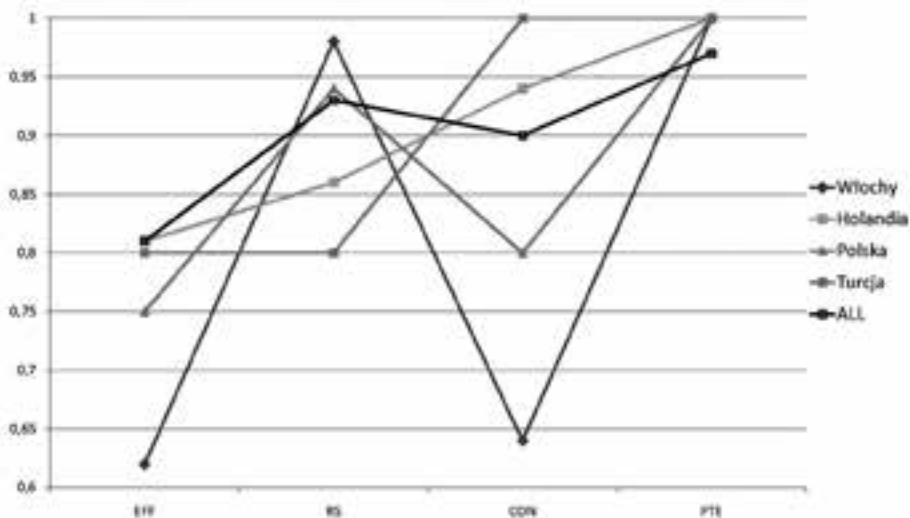
¹⁵ Wybór Włoch, Holandii i Turcji uznany może być za kontrowersyjny i nieco arbitralny, lecz z punktu widzenia podobieństwa cech Polski względem liczby mieszkańców i DNB, i przyjmując dla porównań wartość danej cechy +/-, odchylenie standardowe w zbiorze badanych krajów (razy 2, razy 3) – te kraje są najbardziej podobne do Polski.

Rysunek 1. Wejścia i wyjścia – Polska na tle UE oraz porównanie z Włochami, Turcją i Holandią



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 2. Rezultaty obliczeń z zastosowaniem DEA



Źródło: opracowanie własne

W przypadku Włoch, Turcji i Polski poziom wejść, z wyjątkiem edukacji (EDU), jest zbliżony (rysunek 1), choć niższy dla Turcji, zwłaszcza w odniesieniu do wyjść. Techniczna sprawność Turcji (rysunek 2) jest bliska średniej europejskiej. Wynikać to może z braku zagęszczenia i paradoksalnie być wynikiem tego, że gdy się mało inwestuje, to również niewiele można zmarnotra-

wić. W ekstremalnym przypadku, jeżeli nic się nie inwestuje, to nic nie można zmarnotrawić. Niski poziom technicznej sprawności Włoch – $EFF = 0,62$ jest konsekwencją dużego marnotrawstwa ($CON = 0,64$) – poziom niemal najwyższy w badanym zbiorze. Analogiczny problem zauważalny jest w przypadku Polski ($CON = 0,8$), co powoduje jej względnie niską techniczną sprawność.

Duże zagęszczenie (CON) w decydujący sposób wpływa na obniżenie sprawności innowacji (EFF). Poziom zasobów przeznaczanych na innowacje wpływa na pozycję w rankingu w zakresie innowacyjności. Niemniej niektóre kraje (np. Litwa), pomimo przeznaczania względnie mniejszych niż Polska zasobów na innowacje, mają lepsze wyniki w zakresie rezultatów komercyjnych i tworzenia wiedzy oraz wyższe miejsce w rankingu innowacyjności.

Występują także uwarunkowania, które są trudne do usunięcia w krótkim okresie – np. brak środków – i stanowi to dla niektórych decydentów podstawę do stawiania zarzutów dotyczących braku pozytywnych rezultatów. Przy podobnych ograniczeniach jak w Polsce są kraje, które mają większe sukcesy. Przykładowo, źródeł usprawnień poszukiwać można np. w uregulowaniach prawnych, które mają wpływ na przedsiębiorczość i innowacyjność. Wśród 61 krajów analizowanych przez WCY [2017] Polska plasuje się na 16. miejscu w rankingu sprawności MŚP [WCY, 2017: tabl. 3.1.10], pod względem umiejętności kierowników w zakresie przedsiębiorczości na miejscu drugim [WCY, 2015: tabl. 3.4.07], natomiast w zakresie łatwości prowadzenia działalności biznesowej na miejscu 45. [WCY, 2017: tabl. 2.4.13], tego, jak łatwo jest otworzyć firmę, na miejscu 53. [WCY, 2017: tabl. 2.4.14], a pod względem liczby dni potrzebnych do otwarcia firmy na miejscu 60. [WCY, 2017: tabl. 2.4.15]. Takie fakty (tu: opinie ok. 13 000 respondentów w kwestionariuszowych badaniach prowadzonych przez WCY) wskazują na dystans pomiędzy istniejącymi możliwościami a rzeczywistością, w której przedsiębiorcy – często innowatorzy – działają.

Jako kontynuację prac w obszarze polepszania technicznej sprawności innowacji zasugerować należy:

- przeprowadzenie porównania rozwiązań w ramach grup krajów, zgodnie z przyjętą typologią (uzależnioną od celu badania), co pozwoli zmniejszyć problemy związane z wpływem tzw. *outliers* na wyniki,
- określenie, w jakim stopniu za nieefektywność odpowiedzialne jest przeinwestowanie, a w jakim marnotrawstwo, niesprawność NIS i inne czynniki, co prawdopodobnie wymagałoby zastosowania metody studium przypadków.

Wspieranie innowacyjności to nie tylko kwestia dostępnych funduszy, uregulowań prawnych, infrastruktury czy też kreatywności, którą można wzmacniać programami edukacyjnymi. Innowacyjność to także zjawisko kulturowe. Wiele jest krajów, w których aspekt ten jest kształtowany i pielęgnowany w społeczeństwie. Dążyć należy do tego, by Polska do nich dołączyła. W wielu kulturach ci, którzy odnoszą sukces, są uznawani za sprawnych i szybkich bohaterów, którym należy się pomoc i uznanie. Bywa jednak inaczej – zob. np. [WCY, 2017; tabl. 2.4.13 i 2.4.15].

Bibliografia

- Adam F. [2014], *Measuring National Innovation Performance*, Springer.
- Caballero J.R. [2014], *Measuring Innovation Efficiency in Europe. A Färe-Primont TFP Index Approach*, UAB – Universitat Autònoma de Barcelona, Department D’Economia Aplicada, 11.07.2014.
- Coelli T., Rao D.S.P., Battese G.E. [2005], *An introduction to efficiency and productivity analysis*, Springer.
- Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. [2006], *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses*, Springer.
- Ćwiakła-Małys A., Nowak W. [2009], *Wybrane metody pomiaru efektywności podmiotu gospodarczego*, Wrocław, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego.
- Dosi G.C., Freeman R., Nelson G., Silverberg L. [1989], *Technical change and economic theory*, London, Pinter Publishers.
- Edquist C., Hommen L. [2008], *Small country innovation systems: Globalization, change and policy in Asia and Europe*, Edward Elgar Publishing.
- EIS (European Innovation Scoreboard) [2017], *European Innovation Scoreboard*, European Union.
- EIS (European Innovation Scoreboard) [2018], *Exploratory Report C: Supplementary analyses and contextualization of innovation performance data*, European Commission.
- Fagerberg J. [1994], Technology and International Differences in Growth Rate, *Journal of Economic Literature*, 32(3): 1147–1175.
- Färe R., Grosskopf S. [1998], *User’s guide to OnFront*, Lund, Economic Measurement and Quality Corporation.
- Färe R., Grosskopf S., Lovell C.A.K. [1994], *Production Frontiers*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Freudenberg M. [2003], *Composite indicators of country performance: A critical assessment*, STI Working paper, no. 16, OECD Publishing.
- Grupp H., Mogege M.E. [2004], Indicators for national science and technology policy: how robust are composite indicators, *Research Policy*, 33(9): 1373–1384.
- Grupp H., Schubert T. [2010], Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance, *Research Policy*, 39(1): 67–78.
- Guzik B. [2009], *Podstawowe modele DEA w badaniu efektywności gospodarczej i społecznej*, Poznań, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.
- Hollanders H.J.G. M., Celikel-Esser F. [2007], *Measuring Innovation Efficiency*, Inno-Metrics Thematic Paper, Maastricht University.
- Kotsemir M. [2013], *Measuring National Innovation Systems efficiency – a review of DEA. Approach, Basic Research Program, Working Papers Series: Science, Technology and Innovation WP BRP 16/STI*.
- March J.G. [1991], Exploration and exploitation in organizational learning, *Organization Science*, 2(1): 71–87.
- Murillo-Zamorano L.R. [2004], Economic Efficiency and Frontier Techniques, *Journal of Economic Surveys*, 18(1): 33–77.

- Nasierowski W. [1997a], *Zarządzanie Rozwojem Techniki, EURO-Management*, Poltext, Warszawa.
- Nasierowski W. [1997,] *Cross Culture Management: International Business Environments and Operations*, University of New Brunswick, Fredericton.
- Nasierowski W. [2009], A conceptual framework for formalization of National Innovation Systems', *Foundations of Management*, 1(2): 59–166.
- Nasierowski W. [2010], About technical efficiency of efforts to enhance innovativeness in European Union, *International Journal of Innovation and Technology Management*, 7(4): 389–404.
- Nasierowski W. [2016], Composite Indexes of Economic and Social Performance: Do they provide valuable information', *Foundations of Management*, 8(1): 167–174.
- Nasierowski W., Arcelus F. [1999], Interrelationships among the elements of National Innovation Systems: A statistical evaluation, *European Journal of Operations Research*, 119: 235–253.
- Nasierowski W., Arcelus F. [2003], On the efficiency of National Innovation Systems, *Socio Economic Planning Sciences*, 37: 215–234.
- Nasierowski W., Arcelus F. [2012], What is Innovativeness: Literature review, *Foundations of Management*, 4(1): 63–74.
- Nasierowski W., Arcelus F. [2015], On perceptions of Technical Efficiency on the Basis of Innovation Union Scoreboard Index, Chapter 6, *Research in the Decision Sciences for Global Business*, Pearson: 69–84.
- OM, Oslo Manual [2005], *Guidelines for collecting and interpreting innovation data*, 3rd edition, Paris, OECD.
- Varian H. [2002], *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach*, New York, Norton.
- WCY [2015], *World Competitiveness Yearbook*, Lausanne, International Institute for Management Development.
- WCY [2017], *World Competitiveness Yearbook*, Lausanne, International Institute for Management Development.
- Wei Q., Yan H. [2004], Congestion and returns to scale in data envelopment analysis, *European Journal of Operational Research*, vol. 153, no. 3: 641–660.
- Załączniki [2017], Załączniki do Rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 lutego 2017 r. w sprawie podstawy programowej, *Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej*, 24.02.2017, poz. 356.

Załącznik 1. Wyjaśnienia do symboli serii danych użytych w badaniu, wymienionych w FN 7 oraz FN 8

Dla obliczenia wartości wejść wybrano następujące serie danych według EIS [2017] i WCY [2015; 2017]. Z reguły są to wskaźniki prezentowanych zagadnień:

Dla edukacji (EDU):

dane z EIS:

112 – procent ludności, która ukończyła naukę (przed studiami na poziomie uniwersyteckim)

113 – ocena koncepcji „uczenia się przez całe życie”

dane z WCY: tablica 4.5.14 – nauka (przedmioty z zakresy nauk ścisłych) jako przedmiot nauczania jest/nie jest wystarczająco podkreślana (ma/nie ma wystarczająco znaczącego priorytetu) (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)

4.5.02 – nakłady ze środków publicznych na edukację na mieszkańca

Dla badań (BAD):

dane z EIS:

211 – wydatki na B+R w sektorze publicznym

221 – wydatki na B+R w sektorze przemysłowym

222 – wydatki na innowacje inne niż B+R

323 – dofinansowanie publicznych wydatków na B+R

411 – liczba zatrudnionych w działaniach intensywnych dla wiedzy

dane z WCY: tablica 4.2.17 – regulacje dotyczące techniki (które utrudniają/ułatwiają rozwój przedsiębiorstw i innowacje) (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)

4.3.07 – całkowita liczba personelu B+R w przeliczeniu na mieszkańca

4.3.09 – całkowita liczba personelu B+R w sektorze biznesowym w przeliczeniu na mieszkańca

4.3.10 – liczba pracowników badawczych w B+R w przeliczeniu na mieszkańca

4.2.16 – dostępność funduszy na rozwój techniczny (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)

4.3.03 – wydatki na B+R w przeliczeniu na mieszkańca

4.3.04 – wydatki na B+R w przedsiębiorstwach

4.3.01 – wydatki na B+R

Dla MSP (MSP):

dane z EIS:

311 – procent MŚP, w których miały miejsce innowacje produktów lub procesów

132 – przedsiębiorczość wynikająca z okazji

223 – procent przedsiębiorstw, w których są szkolenia w zakresie metod komputerowych i informacyjnych

332 – liczba podań o uzyskanie znaku towarowego

313 – liczba MŚP, w których ma miejsce innowacyjność stymulowana z wewnątrz przedsiębiorstwa

321 – oceny poziomu udziału MŚP, które współpracują z innymi przedsiębiorstwami

212 – inwestycje związane z kapitałem wysokiego ryzyka

412 – zatrudnienie w szybko rozwijających się firmach w innowacyjnych sektorach

dane z WCY:

3.3.18 – dostępność kapitału podwyższonego ryzyka (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)

3.4.10 – poziom przedsiębiorczości kadry kierowniczej (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)

- 3.1.10 – ocena, czy MSP są sprawne według standardów międzynarodowych (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)
- 2.4.14 – opinia, czy przepisy wspierają/utrudniają tworzenie firm (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)
- 2.4.15 – liczba dni potrzebnych do utworzenia firmy
- 4.3.08 – liczba zatrudnionych w B+R na pełnym etacie w przedsiębiorstwach

Dla czynników sytuacyjnych (SYT):

dane z EIS:

131 – wskaźnik dostępności Internetu

Dane z WC:

- 4.3.24 – zdolności innowacyjne przedsiębiorstw (ich możliwości do tworzenia nowych wyrobów, procesów i/lub usług) jest duża/miała w ekonomii kraju (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)
- 4.4.26 – jakość życia (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)
- 4.4.10 – Indeks Rozwoju Kraju (*Human Development Index* – HDI), który łączy zagadnienia ekonomiczne, społeczne, edukacyjne
- 1.1.21 – porównywalny dochód narodowy na mieszkańca (*Purchasing Power Parity* – PPP);
- 4.2.17 – rozwój i zastosowanie technologii są wspierane przez system prawny (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)
- 2.4.13 – łatwość prowadzenia biznesu – poziom biurokracji (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)
- 2.4.14 tworzenie firm jest/nie jest wspierane przez system prawny (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)
- 2.3.14 – poziom korupcji (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)
- 2.4.16 procedury tworzenia firm – liczba procedur związanych z utworzeniem firmy (potrzebnych do rozpoczęcia działalności)

Dla obliczenia wartości wyjść wybrano następujące serie danych według EIS [2017] oraz WCY [2015; 2017]:

Zastosowania komercyjne (COMM):

dane z EIS:

- 331 – liczba podań o patenty PCT (PCT – *Patent Cooperation Treaty* – Porozumienie o Ochronie Patentowej)
- 421 – eksport produktów o średnio i wysoce rozwiniętej technologii
- 422 – eksport usług o wysoce rozwiniętej wiedzy
- 332 – liczba podań o znak towarowy
- 333 – liczba podań o zastrzeżenie projektu
- 423 – wskaźnik poziomu sprzedaży innowacji, które są nowe na rynku/nowe dla przedsiębiorstwa

dane z WCY:

- 4.3.16 – liczba podań o przyznanie patentu
- 4.2.20 – eksport rozwiązań o zaawansowanej technologii (USD)
- 3.1.03 – rzeczywisty wzrost wydajności (szacowany procent zmiany Dochodu Narodowego Brutto na zatrudnionego)
- 1.2.10 – wartość eksportu na mieszkańca (USD)
- 1.2.11 – wzrost eksportu towarów
- 1.1.15 – faktyczny wzrost Dochodu Narodowego Brutto na mieszkańca

Dla wyjść typu tworzenie nauki/wiedzy (KNOW):

dane z EIS:

111 – wskaźnik związany z liczbą obron prac doktorskich

121 – wskaźnik dotyczący międzynarodowego współautorstwa publikacji naukowych

122 – wskaźnik publikacji naukowych wśród tych najlepszych 10% najczęściej cytowanych

322

dane z WCY:

3.2.21 – „drenaż mózgów” utrudnia/nie utrudnia konkurencyjności gospodarki (badania kwestionariuszowe – opinia ekspertów)

4.3.12 – liczba artykułów naukowych

Technical Efficiency of Innovations in Poland from EU Perspective

Abstract: This paper presents the results of an assessment of the technical efficiency of innovations in the European Union (EU). Data Envelopment Analysis was used to investigate this subject. The results of simulation experiments were used to offer possible suggestions regarding policy measures that may be considered when exploring means to improve Poland's performance in terms of innovation. The technical efficiency of innovations in Poland is below that in the European Union as a whole. Poland exhibits decreasing returns to scale. Special attention should be paid to education, research, and support for small and medium-sized enterprises (SMEs). It is essential to undertake legal changes governing innovation activities and the attitudes of Poles towards innovativeness in order to improve results. In general, the National Innovation System needs to be corrected or improved. The key aspect of such improvements rests with congestion: overinvestment or inappropriate use of resources. Suggestions for further research on the subject are presented, along with proposed ways of improving the National Innovation System.

Keywords: DEA, technical efficiency, innovation

JEL classification codes: C51, C54, M16, O31, O32

Article submitted June 6, 2019, accepted for publication October 23, 2019.

