

Tomasz Kijek

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

EFEKTYWNOŚĆ WYKORZYSTANIA POTENCJAŁU INNOWACYJNEGO GOSPODARKI POLSKIEJ

Streszczenie: Celem artykułu jest określenie relatywnej efektywności gospodarki polskiej w zakresie transformacji nakładów na działalność innowacyjną w wyniki innowacyjne. W pierwszej części opracowania omówiono rolę innowacji w kreowaniu wzrostu gospodarczego, a następnie przedstawiono istotę i metody pomiaru efektywności innowacji. W części empirycznej artykułu dokonano pomiaru efektywności działalności innowacyjnej krajów UE przy wykorzystaniu metody DEA.

Słowa kluczowe: innowacje, efektywność, wzrost gospodarczy.

1. Wstęp

We współczesnej gospodarce światowej podstawą konkurencyjności przedsiębiorstw, jak również krajów, jest ich skłonność i zdolność do tworzenia, adaptowania i upowszechniania innowacji, oznaczających inwencje, których realizacja tworzy określoną wartość ekonomiczną¹. Podaż innowacji zależy z jednej strony od ilości i jakości nakładów na działalność innowacyjną oraz zaangażowanego kapitału ludzkiego, z drugiej zaś strony determinowana jest przez sprawność procesu transformacji nakładów w wyniki innowacyjne. Pomimo iż problematyka pomiaru innowacyjności gospodarki jest przedmiotem licznych rozważań o charakterze teoretycznym i empirycznym, w większości opracowań naukowych ocena działalności innowacyjnej na poziomie makroekonomicznym sprowadzana jest do pomiaru pojedynczych lub zagregowanych miar w zakresie nakładów bądź wyników, z pominięciem oceny sprawności samego procesu innowacyjnego. W przypadku krajów o niskiej pozycji w międzynarodowych rankingach innowacyjności², do których zalicza się Polska, kwestią kluczową wydaje się określenie efektywności wykorzystania potencjału in-

¹ R. Foster, S. Kaplan, *Twórcza destrukcja*, Wydawnictwo Galaktyka, Łódź 2003, s. 134.

² Innovation Union Scoreboard 2010, UNU MERIT 2011, s. 9.

nowacyjnego gospodarki i wskazanie rozwiązań normatywnych, ukierunkowanych na poprawę osiąganych wyników.

Celem prezentowanego opracowania jest ocena sprawności polskiej gospodarki w przekształcaniu nakładów w wyniki działalności innowacyjnej, na tle pozostałych krajów UE. W badaniach wykorzystano nieparametryczną metodę oceny efektywności – DEA, która pozwala na zastosowanie podejścia wielowymiarowego w zakresie doboru miar nakładów i wyników oraz umożliwia wyznaczenie dystansu dzielącego podmioty nieefektywne od podmiotów efektywnych.

2. Innowacje a wzrost i rozwój gospodarczy

Za bezpośredni efekt realizacji innowacji uważa się postęp, w tym głównie techniczny³, oznaczający takie zmiany w technologii produkcji oraz w samych produktach, które prowadzą do wzrostu produktywności, tzn. przyrostu wartości produktu na jednostkę nakładu, przy czym zmiany te mają charakter jakościowy i nie wynikają tylko ze wzrostu zaangażowania czynników produkcji⁴. W odróżnieniu od innowacji, których efekty kwantyfikowane są na poziomie mikroekonomicznym, efekty postępu technicznego możliwe są do określenia na poziomie gospodarki. Zgodnie z koncepcją J. Hicksa postęp techniczny może mieć charakter pracooszczędny, kapitałoszczędny lub neutralny⁵. Formalnie klasyfikacja postępu technicznego sprowadza się do porównania zmian w krańcowych produktywnościach produktów pracy L i kapitału K , przy stałej relacji ilościowej czynników produkcji, wykorzystując do tego celu zagregowaną funkcję produkcji Q w postaci dynamicznej⁶:

$$Q(t) = F(A(t)K(t), B(t)L(t)),$$

gdzie: $A(t)$ – jednostkowa produktywność kapitału, $B(t)$ – jednostkowa produktywność pracy.

Postęp techniczny może być nieucieleśniony i ucieleśniony. W pierwszym przypadku postęp ma charakter egzogeniczny i traktowany jest jako wiedza (*know-how*) pochodząca spoza systemu gospodarczego. W drugim przypadku postęp techniczny jest ucieleśniony w nowych maszynach i urządzeniach lub/i aktualnie przeszkolonych pracownikach⁷.

Przez długi okres postęp techniczny i innowacje były marginalizowane w głównym nurcie badań ekonomicznych, który koncentrował się na analizie determinan-

³ J.A. Schumpeter, *Business Cycles. A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, McGraw-Hill, New York – London 1939, s. 38-40.

⁴ R.M. Solow, *Teoria kapitału i stopa przychodu*, PWN, Warszawa 1967, s. 44.

⁵ M. Blaug, *Teoria ekonomii. Ujęcie retrospektywne*, PWN, Warszawa 1994, s. 481.

⁶ P. Hall, *Innovation, Economics and Evolution. Theoretical Perspectives on Changing Technology in Economic System*, Harvester Wheatsheaf, London 1994, s. 45.

⁷ R.G.D. Allen, *Teoria makroekonomiczna*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1975, s. 252.

tów struktury rynku oraz jej wpływu na konkurencję cenową i efektywność alokacyjną. Zmiana w podejściu do innowacji i postępu technicznego nastąpiła w efekcie publikacji prac J.A. Schumpetera, dotyczących istoty, formy i znaczenia innowacji w gospodarce oraz prezentacji wyników badań R. Solowa⁸ w zakresie roli postępu technicznego we wzroście gospodarczym.

W neoklasycznych modelach wzrostu, bazujących na pracach R. Solowa, postęp techniczny ma charakter egzogeniczny i traktowany jest jako funkcja trendu, co umożliwia określenie źródeł postępu technicznego i czynników determinujących jego dynamikę. W latach 50. i 60. ograniczenia metodyczne i poznawcze neoklasycznej teorii wzrostu stanowiły przesłankę dla N. Kaldora⁹ i K.J. Arrowa¹⁰ do endogenizacji zmian technicznych poprzez traktowanie efektu uczenia się jako źródła usprawnień technologii. Dalsze prace w zakresie endogenicznej teorii wzrostu doprowadziły do opracowania wielu modeli, wśród których podstawowym kryterium różnicującym są źródła wzrostu, tj.:

1. Inwestycje w określony czynnik produkcji, wywołujące efekty zewnętrzne. Zgodnie z modelem P.M. Romera¹¹ efekty zewnętrzne występują, gdy inwestycje kapitałowe pojedynczej firmy podnoszą poziom wiedzy, która rozprzestrzenia się następnie wśród innych firm.

2. Innowacje technologiczne, których podaż zależy od ilości zasobów zaangażowanych w działalność badawczo-rozwojową oraz inne procesy generujące wiedzę. W modelach P.M. Romera¹² oraz P. Aghiona i P. Howitta¹³ efektem prowadzenia prac badawczych są innowacje obejmujące dobra zaopatrzeniowe, które można traktować jako dodatkowe czynniki produkcji w stosunku do dotychczas wykorzystywanych lub jako przejaw kreatywnej destrukcji.

3. Akumulacja kapitału ludzkiego, który rozumiany jest jako suma umiejętności wszystkich pracowników w gospodarce. Zasób kapitału traktowany jest jako argument funkcji produkcji w modelach R.E. Lucasa¹⁴ oraz N.G. Mankiwa, D. Romera i D.N. Weila¹⁵.

⁸ R. Solow, *Technical change and the aggregate production function*, „The Review of Economics and Statistics” 1957, vol. 39, no. 3, s. 312-320.

⁹ N. Kaldor, *A model of economic growth*, „Economic Journal” 1957, vol. 67, s. 591-624.

¹⁰ K.J. Arrow, *The economic implications of learning by doing*, „Review of Economic Studies” 1962, vol. 29, no. 1, s. 155-173.

¹¹ P.M. Romer, *Increasing returns and long-run growth*, „Journal of Political Economy” 1986, vol. 94, no. 5, s. 1002-1037.

¹² P.M. Romer, *Endogenous technical change*, „Journal of Political Economy” 1990, vol. 98, no. 5, s. 71-101.

¹³ P. Aghion, P. Howitt, *A model of growth through creative destruction*, „Econometrica” 1992, vol. 60, no. 2, s. 323-351.

¹⁴ R.E. Lucas, *On the mechanics of economic development*, „Journal of Monetary Economics” 1988, vol. 2, s. 3-42.

¹⁵ N.G. Mankiw, D. Romer, D.N. Weil, *A contribution to the empirics of economic growth*, „Quarterly Journal of Economics” 1992, vol. 107, no. 2, s. 407-437.

3. Pomiar efektywności innowacji

Koncepcja efektywności technicznej stanowi punkt wyjścia w analizie efektywności ekonomicznej. Zgodnie z definicją T. Koopmansa wektor nakładów – wyników jest technicznie efektywny wtedy i tylko wtedy, jeżeli wzrost jakiegokolwiek nakładu lub spadek jakiegokolwiek wyniku jest możliwy tylko poprzez zmniejszenie innego wyniku lub zwiększenie innego nakładu¹⁶. Dla podmiotu rynkowego, jak również dla gospodarki efektywność techniczna oznacza zdolność optymalnego wykorzystania zasobów poprzez maksymalizację osiąganych wyników przy danym poziomie nakładów (efektywność zorientowana na wyniki) lub minimalizację nakładów przy określonej wielkości wyników (efektywność zorientowana na nakłady).

W przypadku podejścia dynamicznego/czynnościowego do innowacji, zakładającego, iż proces innowacyjny obejmuje etapy tworzenia i projektowania aż do realizacji i adaptacji nowych produktów, procesów, metod organizacyjnych i marketingowych¹⁷, można mówić o efektywności innowacji. Pomiar efektywności innowacji sprowadza się do porównania wskaźników „wkładu” w aktywność innowacyjną (*innovation inputs*) do efektów działalności innowacyjnej (*innovation outputs*). Pierwsza grupa wskaźników, tzw. *innovation inputs*, oparta jest na liniowej koncepcji procesu innowacyjnego i obejmuje takie miary, jak¹⁸: nakłady na działalność badawczo-rozwojową, wydatki na edukację i szkolenia, wydatki kapitałowe, liczba pracowników działu badawczo-rozwojowego, intensywność technologiczna itd. Druga generacja wskaźników innowacji uzupełnia miary „wkładu” w działalność innowacyjną o miary efektów, do których zaliczamy m.in.: liczbę patentów lub zgłoszeń patentowych, liczbę nowych produktów lub procesów oraz wielkość przychodów ze sprzedaży nowych produktów¹⁹.

W celu pomiaru efektywności innowacji można posłużyć się koncepcją granicy efektywności²⁰, która w przestrzeni dwuwymiarowej odpowiada obwiedni łączącej punkty reprezentujące relacje nakład – wynik podmiotów (gospodarek) najbardziej efektywnych, poziom zaś nieefektywności podmiotów, znajdujących się poza obwiednią, mierzony jest jako odległość danego punktu od granicy. Wyznaczenie granicy efektywności można przeprowadzić za pomocą metod parametrycznych lub nieparametrycznych. Zastosowanie metod parametrycznych wymaga specyfikacji określonej funkcji granicznej i ekonometrycznej estymacji jej parametrów. Z kolei

¹⁶ T.C. Koopmans, *Activity Analysis of Production and Allocation*, Wiley, New York 1951, s. 60.

¹⁷ P. Trott, *Innovation Management and New Product Development*, Financial Times Management, London 1998, s. 10-11.

¹⁸ E. Milbergs, N. Vonortas, *Innovation Metrics: Measurement to Insight*, National Innovation Initiative 21st Century Working Group, Washington 2004, s. 4.

¹⁹ A. Kleinknecht, K. Montfort, E. Brouwer, *The non-trivial choice between innovation indicators*, „Economics of Innovation and New Technology” 2002, vol. 11, issue 2, s. 112-115.

²⁰ A. Ćwiąkała-Małys, W. Nowak, *Wybrane metody pomiaru efektywności podmiotu gospodarczego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 2009, s. 199.

metody nieparametryczne oparte są na programowaniu liniowym i nie wymagają specyfikacji zależności funkcyjnej w celu wyznaczenia granicy efektywności.

Wśród nielicznych prac empirycznych dotyczących pomiaru efektywności innowacji na poziomie gospodarki i bazujących na metodach nieparametrycznych na uwagę zasługują badania H. Lee i Y. Parka²¹, którzy wykorzystali metodę DEA – Data Envelopment Analysis do wyznaczenia produktywności nakładów na działalność badawczo-rozwojową w grupie 27 państw OECD. Natomiast odmienne podejście metodyczne zastosowali A. Conte i in.²², którzy analizowali efektywność działalności B + R krajów członkowskich UE z użyciem parametrycznej metody SFA – Stochastic Frontier Approach.

4. Metodyka i wyniki badań

W celu wyznaczenia efektywności wykorzystania potencjału innowacyjnego gospodarki polskiej na tle pozostałych krajów członkowskich UE wykorzystano metodę DEA, określaną w polskiej nomenklaturze naukowej jako metoda granicznej analizy danych. Metoda została sformalizowana w 1978 r. przez A. Charnesa, W.W. Coopera i E. Rhodsa. Model CCR (Charnesa, Coopera, Rhodsa) w pierwotnej postaci zakłada pomiar efektywności zorientowanej na nakłady w oparciu o współczynnik Debreu-Farella przy założeniu stałych korzyści skali. Kolejne modyfikacje modelu doprowadziły do rozluźnienia założeń odnośnie orientacji i korzyści skali, czego efektem było wprowadzenie modeli uwzględniających zmienne korzyści skali i zorientowanych na efekty.

Istota metody DEA sprowadza się do pomiaru efektywności procesu transformacji nakładów w wyniku przez jednostki decyzyjne (*decision making units*). Efektywność syntetyczna pojedynczego podmiotu określana jest jako stosunek ważonej sumy wyników do ważonej sumy nakładów²³, tj.:

$$EFEKTYWNOŚĆ = \frac{WYNIK}{NAKLAD} = \frac{\sum_j v_j y_j}{\sum_i u_i x_i}$$

gdzie: y_j – wynik j , x_i – nakład i , v_j – waga wyniku j , u_i – waga nakładu i .

W metodzie DEA określenie efektywności jednostki decyzyjnej w odniesieniu do pozostałych obiektów polega na rozwiązaniu zadania programowania liniowego, a więc znalezieniu wartości wag v_j i u_i , które przy założeniu orientacji modelu na nakłady maksymalizują lub przy orientacji na efekty minimalizują funkcję celu,

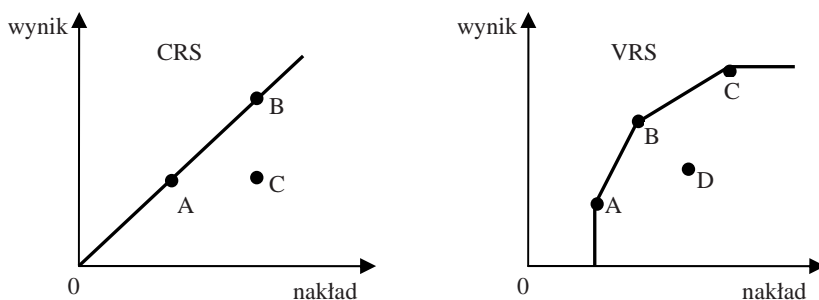
²¹ H. Lee, Y. Park, *An international comparison of R&D efficiency: DEA approach*, „Asian Journal of Technology Innovation” 2005, vol. 13, no. 2, s. 207-223.

²² A. Conte i in., *An Analysis of the Efficiency of Public Spending and National Policies in the Area of R&D*, Munich Personal RePEc Archive, Brussels 2009, s. 1-61.

²³ R. Ramanathan, *An Introduction to Data Envelopment Analysis. A Tool for Performance Measurement*, Sage Publications, New Delhi 2003, s. 39.

przyjmującą wartość mniejszą lub równą 1. W przypadku gdy współczynnik efektywności wynosi 1, oznacza to, iż dany podmiot leży na granicy efektywności. Z kolei w sytuacji gdy wartość współczynnika efektywności jest mniejsza od 1, można uznać dany podmiot za względnie nieefektywny, a wartość współczynnika pozwala na określenie poziomu nieefektywności.

Granice efektywności procesów innowacyjnych wyznaczone za pomocą modeli o stałych – CRS i zmiennych korzyści skali – VRS przedstawione są na rys. 1. W przypadku CRS występuje liniowa zależność pomiędzy nakładami a wynikami, a więc efekt wzrasta w takim samym stopniu, jak nakład. W odniesieniu do VRS wzrost nakładu może wywołać taki sam, mniejszy lub większy wzrost efektu w zależności od nachylenia odcinka granicy efektywności.



Rys. 1. Granice efektywne w modelach o stałych i zmiennych korzyściach skali

Źródło: opracowanie własne.

Różnica miar efektywności przy CRS i VRS wskazuje, iż jednostka decyzyjna posiada nieefektywną skalę działalności. Charakter skali – SE, tj. rosnący – irs lub malejący – drs, dla konkretnej jednostki decyzyjnej może być określony przez porównanie, czy poziom efektywności technicznej przy nierosnących odwzorowaniach na skali – NIRS jest równy poziomowi efektywności technicznej wyznaczonej w oparciu o model z VRS.

Biorąc po uwagę cel opracowania, do obliczenia efektywności technicznej badanych podmiotów wykorzystano model zorientowany na wyniki. Zakres czasowy badań dostosowano do specyfiki działalności innowacyjnej, dla której efekty występują przeciętnie z opóźnieniem od 3 do 5 lat²⁴. W modelu za nakłady przyjęto wartości średnie z lat 2006–2008 realizacji następujących zmiennych: x_1 – nakłady na działalność badawczo-rozwojową ogółem jako procent PKB, x_2 – nakłady na działalność innowacyjną (poza nakładami na B + R) przedsiębiorstw jako procent przychodów ze sprzedaży, x_3 – zatrudnieni w nauce i technice jako procent zasobów siły roboczej,

²⁴ S.B. Graves, N.S. Langowitz: *R&D productivity: a global multi-industry comparison*, „Technology Forecasting and Social Change” 1996, vol. 53, no. 2, s. 125-137.

a za wyniki odnoszące się do roku 2008 uznano: y_1 – liczbę zgłoszeń patentowych do Europejskiego Urzędu Patentowego na 1 mln mieszkańców, y_2 – udział przychodów ze sprzedaży nowych produktów w przychodach przedsiębiorstw ogółem, y_3 – udział małych i średnich przedsiębiorstw wprowadzających innowacje produktowe lub procesowe w ogólnej liczbie MŚP. Wyniki obliczeń efektywności technicznej innowacji – TE oraz efektywności skali działalności innowacyjnej – SE w grupie krajów UE, z wykorzystaniem modeli z CRS i VRS, przedstawia tab. 1.

Tabela 1. Wskaźniki efektywności innowacji i efektywności skali działalności innowacyjnej badanych krajów w latach 2006-2008

Lp.	Kraj	TECRS	TEVRS	SE	CSE
1	Belgia	0,75	0,93	0,81	drs
2	Bułgaria	0,7	1	0,7	irs
3	Czechy	0,67	0,82	0,82	drs
4	Dania	0,7	0,84	0,83	drs
5	Niemcy	0,95	1	0,95	drs
6	Estonia	0,7	0,93	0,76	drs
7	Irlandia	0,52	0,61	0,85	drs
8	Grecja	1	1	1	–
9	Hiszpania	0,99	0,99	1	–
10	Francja	0,81	0,81	1	drs
11	Włochy	0,82	0,82	0,99	drs
12	Cypr	1	1	1	–
13	Łotwa	0,4	0,42	0,97	drs
14	Litwa	0,52	0,53	0,97	drs
15	Luksemburg	1	1	1	–
16	Węgry	0,64	0,65	0,99	drs
17	Malta	0,81	1	0,81	irs
18	Holandia	0,75	0,85	0,87	drs
19	Austria	0,85	0,89	0,95	drs
20	Polska	0,46	0,46	0,99	irs
21	Portugalia	1	1	1	–
22	Rumunia	0,78	1	0,78	irs
23	Słowenia	0,63	0,72	0,88	drs
24	Słowacja	0,76	1	0,76	irs
25	Finlandia	0,81	0,98	0,82	drs
26	Szwecja	0,69	0,83	0,84	drs
27	Wielka Brytania	0,39	0,5	0,77	drs

*SE=TECRS/TEVRS, drs – malejące korzyści skali, irs – rosnące korzyści skali.

Źródło: opracowanie własne.

Obliczone wskaźniki efektywności technicznej, w oparciu o model ze zmiennymi korzyściami skali, wskazują, że do grupy krajów najbardziej efektywnych w wykorzystaniu posiadanego potencjału innowacyjnego należą: Bułgaria, Niemcy, Grecja, Hiszpania, Cypr, Luksemburg, Malta, Portugalia, Rumunia i Słowacja i Finlandia. Należy jednakże podkreślić, że w przypadku takich państw, jak: Bułgaria, Grecja, Hiszpania, Cypr, Malta, Portugalia, Rumunia i Słowacja, wysokie wskaźniki efektywności wynikają z relacji bardzo niskiego lub niskiego potencjału innowacyjnego i niskich lub średnich wyników innowacyjnych.

Ponadto wyniki badań pozwalają na stwierdzenie, że krajami o najniższej efektywności procesu innowacyjnego są: Łotwa, Litwa, Polska i Wielka Brytania. Niska sprawność innowacyjna polskiej gospodarki wynika z relatywnie małego potencjału innowacyjnego, który przekłada się na niezadawalające wyniki innowacyjne. Warto podkreślić, iż gospodarka polska funkcjonuje w obrębie rosnących korzyści skali działalności innowacyjnej, tak więc wzrost nakładów na B + R oraz zwiększenie zasobów ludzkich w sferze nauki i techniki pozwoliłyby na poprawę wyników i efektywności innowacji.

5. Podsumowanie

Przedstawione w niniejszym artykule rozważania teoretyczne i wyniki badań empirycznych można podsumować następująco:

1. Zdolność i skłonność do innowacji decydują o konkurencyjności, rozwoju i wroście gospodarki, przy czym kwestią kluczową dla oceny racjonalności działalności innowacyjnej jest pomiar efektywności innowacji.

2. Użyteczną metodą pomiaru efektywności innowacji jest metoda DEA, bazująca na koncepcji granicy efektywności. Zastosowanie metody DEA umożliwia określenie efektywności jednostki decyzyjnej przy występowaniu wielu nakładów i efektów, nie wymagając przy tym znajomości zależności funkcyjnej między zmiennymi. Metoda DEA posiada pewne ograniczenia, do których należą wrażliwość na występowanie obserwacji skrajnych oraz błędne dane.

3. Wyniki badań uzyskane przy zastosowaniu modelu DEA zorientowanego na efekty i zakładającego zmienne korzyści skali VRS wskazują, że gospodarka polska jest jedną z najmniej efektywnych w wykorzystaniu zasobów zaangażowanych w działalność innowacyjną wśród państw UE. Biorąc pod uwagę efekty skali działalności innowacyjnej, można stwierdzić, że jedną z przyczyn niskiej efektywności innowacji gospodarki polskiej jest zbyt niska aktywność państwa i przedsiębiorstw w zakresie tworzenia potencjału innowacyjnego. Taki stan rzeczy z jednej strony wynika z błędnej polityki innowacyjnej państwa wobec sektora wiedzy i umiejętności²⁵, co skutkuje powstaniem luki w akumulacji wiedzy wśród przedsiębiorstw polskich, a z drugiej strony ma swoje źródło m.in. w ograniczonych możliwościach

finansowych podmiotów rynkowych. W zaistniałej sytuacji jednym ze sposobów poprawy innowacyjności i efektywności polskiej gospodarki jest zwiększenie inwestycji w wysoko zaawansowane badania naukowe oraz kapitał ludzki, który ma kluczowe znaczenie dla zdolności do tworzenia, absorbowania, wprowadzania i realizacji innowacji.

Literatura

- Aghion P., Howitt P., *A model of growth through creative destruction*, „Econometrica” 1992, vol. 60, no. 2.
- Allen R.G.D., *Teoria makroekonomiczna*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1975.
- Arrow K.J., *The economic implications of learning by doing*, „Review of Economic Studies” 1962, vol. 29, no. 1.
- Blaug M., *Teoria ekonomii. Ujęcie retrospektywne*, PWN, Warszawa 1994.
- Conte A. i in., *An Analysis of the Efficiency of Public Spending and National Policies in the Area of R&D*, Munich Personal RePEc Archive, Brussels 2009.
- Ćwiąkała-Małys A., Nowak W., *Wybrane metody pomiaru efektywności podmiotu gospodarczego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 2009.
- Foster R., Kaplan S., *Twórcza destrukcja*, Wydawnictwo Galaktyka, Łódź 2003.
- Graves S.B., Langowitz N.S., *R&D productivity: a global multi-industry comparison*, „Technology Forecasting and Social Change” 1996, vol. 53, no. 2.
- Hall P., *Innovation, Economics and Evolution. Theoretical Perspectives on Changing Technology in Economic System*, Harvester Wheatsheaf, London 1994.
- Innovation Union Scoreboard 2010, UNU MERIT 2011.
- Kaldor N., *A model of economic growth*, „Economic Journal” 1957, vol. 67.
- Kleinknecht A., Montfort K., Brouwer E., *The non-trivial choice between innovation indicators*, „Economics of Innovation and New Technology” 2002, vol. 11, issue 2.
- Koopmans T.C., *Activity Analysis of Production and Allocation*, Wiley, New York 1951.
- Lee H., Park Y., *An international comparison of R&D efficiency: DEA approach*, „Asian Journal of Technology Innovation” 2005, vol. 13, no. 2.
- Lucas R.E., *On the mechanics of economic development*, „Journal of Monetary Economics” 1988, vol. 2.
- Mankiw N.G., Romer D., Weil D.N., *A contribution to the empirics of economic growth*, „Quarterly Journal of Economics” 1992, vol. 107, no. 2.
- Marciniak S., *Innowacyjność i konkurencyjność gospodarki*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2010.
- Milbergs E., Vonortas N., *Innovation Metrics: Measurement to Insight*, National Innovation Initiative 21st Century Working Group, Washington 2004.
- Ramanathan R., *An Introduction to Data Envelopment Analysis. A Tool for Performance Measurement*, Sage Publications, New Delhi 2003.
- Romer P.M., *Endogenous technical change*, „Journal of Political Economy” 1990, vol. 98, no. 5.
- Romer P.M., *Increasing returns and long-run growth*, „Journal of Political Economy” 1986, vol. 94, no. 5.

Schumpeter J.A., *Business Cycles. A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, McGraw-Hill, New York – London 1939.

Solow R., *Technical change and the aggregate production function*, „The Review of Economics and Statistics” 1957, vol. 39, no. 3.

Solow R.M., *Teoria kapitału i stopa przychodu*, PWN, Warszawa 1967.

Trott P., *Innovation Management and New Product Development*, Financial Times Management, London 1998.

Wziątek-Kubiak A., Balcerowicz E., *Determinanty rozwoju innowacyjności firmy w kontekście poziomu wykształcenia pracowników*, Centrum Analiz Społeczno-Ekonomicznych, Warszawa 2009.

EFFICIENCY OF POLISH ECONOMY’S INNOVATION POTENTIAL EXPLOITATION

Summary: The purpose of the article is to measure the relative efficiency of Polish economy in the process of innovation input-output transformation. The first part of the paper pertains to the role of innovation in economic growth as well as the point of innovation efficiency and methods of its measurement. The empirical part of the article contains the results of evaluation of innovation activity efficiency of EU countries using DEA method.

Keywords: innovation, efficiency, economic growth.