Ekonomia

Technologie informacyjne i komunikacyjne a produktywność w Polsce i krajach Europy Środkowo-Wschodniej

pod redakcją Łukasza Arendta i Elżbiety Kryńskiej

WYDAWNICTWO
UNIWERSYTETU
ŁÓDZKIEGO

http://dx.doi.org/10.18778/7969-965-0.09

2.4. TIK i czynniki komplementarne a produktywność – analiza ekonometryczna

Pierwszy długookresowy model wzrostu gospodarczego został wprowadzony do tradycyjnych makromodeli neoklasycznych przez Roberta Solowa (1956) i Trevora Swana (1956), którzy stwierdzili, że współczynnik kapitał–produkt w modelu Harroda–Domara nie powinien być traktowany jako egzogeniczny i w związku z tym przedstawili model wzrostu, w którym współczynnik ten może wprowadzić system na ścieżkę stałego wzrostu (Piech, 2011, s. 10).

Model Solowa–Swana inkorporuje technologię (postęp techniczny) do tradycyjnych neoklasycznych modeli wzrostu, w których czynnikami produkcji były praca i kapitał. Zgodnie z modelem Solowa–Swana produkcja (Y) jest funkcją kapitału (K) i pracy (L) oraz przyjmuje formę funkcji Cobba–Douglasa, zakładającą występowanie malejącej krańcowej produktywności kapitału, a także stałych przychodów względem czynników produkcji (por. równanie (1.1) i (1.2) w rozdziale 1.1).

Wczesne próby wprowadzenia technologii do modelu Solowa–Swana zakładały, że stopa zmian technologicznych była egzogeniczna. Dopiero w połowie lat 80. Romer (1986) swoim artykułem zapoczątkował badania nad endogenicznymi modelami wzrostu gospodarczego, w których wzrost gospodarczy objaśniany jest w ramach modelu. Ta klasa modeli wzrostu gospodarczego podkreśla istotność innych czynników wzrostu (poza kapitałem i pracą), jak tworzenie kapitału ludzkiego, wydatki na działania badawczo-rozwojowe i infrastrukturę, międzynarodowy przepływ wiedzy (w związku z efektami *spillover*) czy otwartość na wymianę handlową.

Metodologia wykorzystana w projekcie „Wpływ technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych na produktywność – analiza mikro i makroekonomiczna" w komponencie makroekonomicznym jest rozwinięciem podejścia do mierzenia produktywności i wzrostu gospodarczego w ramach neoklasycznego modelu wzrostu Solowa (Solow, 1957) i jego późniejszych modyfikacji (Jorgenson, Griliches, 1967; Jorgenson, Stiroh, 1999; Oliner, Sichel, 2000).

Zagregowana funkcja produkcji przyjmuje postać:

$$Y_{ti} = A_{ti} f(K_{ti}, L_{ti}) \tag{II.1}$$

gdzie, w danym czasie *t*, dla danego kraju *i*, *Y* jest wartością Produktu Krajowego Brutto; *A* jest współczynnikiem łącznej produkcyjności czynników produkcji (TFP), *K* jest nakładem kapitału fizycznego; *L* jest nakładem pracy. Po dekompozycji kapitału i pracy, równanie pierwsze może być przedstawione w poniższej postaci:

$$Y_{ti} = A_{ti} f(K_{ti}^{NOICT}, K_{ti}^{ICT}, L_{ti}^{U}, L_{ti}^{S}) \tag{II.2}$$

gdzie nakłady kapitału (*K*) są zdezagregowane na K^{NOICT} – kapitał inny niż TIK (majątek trwały) i K^{ICT} – kapitał TIK; a nakłady pracy (*L*) są zdekomponowane na L^{S} – wykwalifikowaną siłę roboczą i L^{U} – niewykwalifikowaną siłę roboczą. Łączna produkcyjność czynników produkcji (TFP) przyjmuje następującą postać funkcyjną:

$$A_{ti} = \exp(\delta_0 Trade.Openness + \delta_1 Edu + \delta_2 INTuse + \\ + \delta_3 Patents + \delta_4 RDS + \delta_5 HRST) \tag{II.3}$$

Po transformacji logarytmicznej ostateczna forma funkcyjna modelu przyjmuje postać:

$$\ln LP = \beta_1 \ln GFCF + \beta_2 \ln EduS + \beta_3 \ln RDS + \beta_4 \ln TIKS + \\ + \beta_5 \ln Trade.Openness + \beta_6 Edu + \beta_7 INTuse + \beta_8 \ln Patents + \beta_9 HRST \tag{II.4}$$

Powyższe równanie przedstawia cztery źródła wydajności pracy: kapitał inny niż TIK (GFCF), kapitał TIK (TIKS), kapitał ludzki (EduS) oraz łączną produkcyjność czynników produkcji.

Nazwa	Definicja	Źródło	Wskaźnik
LP	PKB na liczbę przepracowanych godzin w przeliczeniu na pracownika w ciągu roku	Total Economy Database	Wydajność pracy
GFCF	Nakłady brutto na środki trwałe (jako odsetek PKB)	World Bank (WDI) Bank Światowy – wskaźniki rozwoju światowego	Kapitał inny niż TIK (Majątek trwały)

Nazwa	Definicja	Źródło	Wskaźnik
TIKS	Całkowite wydatki na zasoby TIK (sprzęt i oprogramowanie komputerowe, usługi informatyczne i komunikacja) jako odsetek PKB	WITSA Digital Planet	Kapitał TIK
EduS	Całkowite wydatki publiczne na edukację w przeliczeniu na liczbę przepracowanych godzin na pracownika w ciągu roku	World Bank (WDI)/ Total Economy Database	Kapitał ludzki
RDS	Wydatki na prace badawczo-rozwojowe (B+R), jako odsetek PKB	World Bank (WDI) Bank Światowy – wskaźniki rozwoju światowego	Zdolność innowacji
Trade Openness	Wartość handlu ogółem (suma eksportu i importu), jako odsetek PKB	World Bank (WDI) Bank Światowy – wskaźniki rozwoju światowego	Dyfuzja technologii
Edu	Współczynnik skolaryzacji brutto	UNESCO UIS	Zdolność adaptacji technologii
HRST	Zasoby ludzkie dla nauki i techniki, jako odsetek aktywnej populacji w wieku od 25 do 64 lat	Eurostat	Zdolność adaptacji technologii
INTuse	Użytkownicy Internetu na 100 mieszkańców	World Bank (WDI) Bank Światowy – wskaźniki rozwoju światowego	Zdolność adaptacji technologii
Patents	Liczba wynalazków zgłoszonych do ochrony na terytorium kraju przez rezydentów na milion mieszkańców	World Bank (WDI) Bank Światowy – wskaźniki rozwoju światowego	Tworzenie technologii

Tabela 2.4. Zmienne i wskaźniki użyte w analizie ekonometrycznej
Źródło: opracowanie własne.

Analiza ekonometryczna została przeprowadzona na podstawie próby przekrojowo-czasowej obejmującej 21 krajów będących obecnie członkami Unii Europejskiej dla danych z lat 1995–2011[26] opartych na zmiennych opisujących poszczególne wskaźniki przedstawione w tabeli 2.4.

26 Jak już zostało zasygnalizowane Chorwacja, Cypr, Estonia, Łotwa, Litwa, Luksemburg i Malta zostały pominięte ze względu na brak danych odnośnie do kapitału TIK.

W badaniu wykorzystano estymację modeli z efektami stałymi za pomocą metody najmniejszych kwadratów ze zmiennymi sztucznymi (LSDV – *least squares dummy variable regression*). Tabela 2.5 przedstawia wyniki estymacji dla okresu 1995–2011 dla wszystkich państw oraz z podziałem próby na siedem krajów Europy Środkowo-Wschodniej i 14 krajów Europy Zachodniej.

Nazwa	21 Państw	7 EŚW	UE–14
log(GFCF)	0,049 (0,026)	**0,116***** (0,032)	–0,002 (0,029)
log(EduS)	**0,031**** (0,011)	–0,006 (0,013)	**0,040***** (0,012)
log(RDS)	**–0,047***** (0,014)	–0,030 (0,016)	**–0,059***** (0,015)
log(TIKS)	**0,201***** (0,016)	**0,136***** (0,021)	0,004 (0,025)
log(Trade. Openness)	0,035 (0,035)	–0,001 (0,040)	0,062 (0,036)
Edu	0,001 (0,001)	**0,004***** (0,001)	0,000 (0,001)
INTuse	**0,003***** (0,000)	**0,005***** (0,000)	**0,002***** (0,000)
log(Patents)	**–0,030*** (0,015)	0,007 (0,034)	–0,005 (0,012)
HRST	**0,006***** (0,002)	**0,006**** (0,002)	**0,006***** (0,002)
R^2	0,826	0,952	0,791
Adj. R^2	0,757	0,824	0,715
P-value	0,000	0,000	0,000
Num. obs.	357	119	238

Uwaga: $^{***}p < 0{,}001$, $^{**}p < 0{,}01$, $^{*}p < 0{,}05$. W nawiasie podano błąd standardowy.

Tabela 2.5. Wpływ TIK i innych czynników na wydajność pracy w krajach europejskich w latach 1995–2011

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki estymacji wykazały, że kapitał TIK jest istotną zmienną wyjaśniającą zmiany w wydajności pracy w okresie 1995–2011 dla całego zbioru ($\beta = 0{,}201$, $p < 0{,}001$) oraz w krajach Europy Środkowo-Wschodniej ($\beta = 0{,}136$, $p < 0{,}001$). Natomiast w krajach Europy Zachodniej ta zmienna okazała się nieistotna statystycznie.

W całej analizowanej próbie krajów, poza kapitałem TIK, na produktywność pracy pozytywnie wpływała również dostępność zasobów ludzkich dla nauki i techniki (HRST), odsetek populacji korzystającej z Internetu (INTuse) ($\beta = 0{,}003$, $p < 0{,}001$) i kapitał ludzki reprezentowany przez całkowite wydatki publiczne na edukację, w przeliczeniu na liczbę przepracowanych godzin na pracownika w ciągu roku ($\beta = 0{,}031$, $p < 0{,}01$). Kapitał ludzki okazał się istotną determinantą wydajności pracy również w krajach Europy Zachodniej ($\beta = 0{,}04$, $p < 0{,}001$), podczas gdy w grupie krajów Europy Środkowo-Wschodniej był nieistotny statystycznie, a na dodatek znak oszacowanego parametru był ujemny, co sugeruje, że kapitał ludzki, jako czynnik komplementarny wobec TIK, w krajach EŚW jest nadal zbyt słabo rozwinięty, aby przełożyć efekty inwestycji w TIK na produktywność pracy.

Zależność pomiędzy wydatkami na badania i rozwój a wydajnością pracy jest istotna statystycznie dla 21 analizowanych krajów ($\beta = -0{,}047$, $p < 0{,}001$), jak też w państwach Europy Zachodniej ($\beta = -0{,}059$, $p < 0{,}001$), przy czym ujemny znak pokazuje słabość wszystkich krajów europejskich, jeśli chodzi o zdolność do innowacji[27]. W przypadku warunków do tworzenia nowych technologii, mierzonych liczbą patentów, ich wpływ na produktywność pracy jest istotny statystycznie ($p < 0{,}05$), ale negatywny dla całej próby, natomiast w krajach Europy Zachodniej jest negatywny i nieistotny statystycznie, a w krajach Europy Środkowo-Wschodniej pozytywny, ale nieistotny statystycznie.

Z kolei w krajach Europy Środkowo-Wschodniej pozytywny i istotny statystycznie wpływ na produktywność pracy miały także nakłady brutto na środki trwałe (aproksymujące nakłady kapitału innego niż TIK) ($\beta = 0{,}116$, $p < 0{,}001$), odsetek populacji korzystającej z Internetu (INTuse) ($\beta = 0{,}005$, $p < 0{,}001$), dostępność zasobów ludzkich dla nauki i techniki (HRST) ($\beta = 0{,}06$, $p < 0{,}01$) oraz współczynnik skolaryzacji ($\beta = 0{,}004$, $p < 0{,}001$). W przypadku współczynnika skolaryzacji może być to wynikiem procesów, jakie w okresie transformacji systemowej zachodziły w krajach EŚW, charakteryzujących się umasowieniem kształcenia na poziomie wyższym i istotnym wzrostem udziału

27 W przypadku krajów Europy Środkowo-Wschodniej wpływ wydatków na B+R jest negatywny, ale nieistotny statystycznie.

osób z wykształceniem wyższym wśród ludności ogółem, szczególnie w młodszych grupach wiekowych – wzmacnia to efekt wynikający z wpływu zasobów ludzkich dla nauki i techniki na wydajność pracy.

Równanie (II.4) zostało oszacowanie również dla trzech podokresów, dla których analizowano zmiany produktywności pracy i źródła wzrostu gospodarczego: 1995–1999, 2000–2007 i 2008–2011. Wyniki analiz przeprowadzonych dla tych trzech podokresów jednoznacznie wskazują na zmiany w źródłach wzrostu produktywności powiązanych z TIK w krajach Europy Środkowo-Wschodniej, a także na destabilizujący wpływ kryzysu na zależność między TIK a wydajnością pracy (tab. 2.6). W krajach EŚW w pierwszym okresie jedynie nakłady brutto na środki trwałe ($\beta = 0{,}333$, $p < 0{,}001$) i stopień wykorzystania Internetu ($\beta = 0{,}017$, $p < 0{,}01$) były istotne statystycznie i wpływały pozytywnie na wydajność pracy[28].

Nazwa	Europa Środkowo-Wschodnia			Europa Zachodnia (UE-14)		
	1995–1999	2000–2007	2008–2011	1995–1999	2000–2007	2008–2011
log(GFCF)	**0,333*****	**0,160****	−0,017	**0,378*****	0,021	**−0,093***
	(0,073)	(0,046)	(0,053)	(0,074)	(0,042)	(0,044)
log(EduS)	0,000	0,050	−0,006	0,015	**0,077*****	0,019
	(0,013)	(0,028)	(0,017)	(0,010)	(0,019)	(0,015)
log(RDS)	−0,072	0,011	0,012	−0,007	0,003	**−0,041****
	(0,051)	(0,026)	(0,016)	(0,014)	(0,027)	(0,015)
log(TIKS)	−0,183	**0,125*****	−0,051	−0,083	**−0,038***	−0,169
	(0,051)	(0,026)	(0,127)	(0,084)	(0,019)	(0,099)
log(Trade. Openness)	−0,183	0,021	**0,119****	0,167	**0,120****	**0,180*****
	(0,109)	(0,070)	(0,035)	(0,094)	(0,036)	(0,045)
Edu	−0,003	**0,012*****	0,000	−0,001	0,000	0,000
	(0,003)	(0,002)	(0,002)	(0,001)	(0,000)	(0,001)
INTuse	**0,017****	**0,003*****	0,002	**0,002***	**0,002*****	0,000
	(0,006)	(0,001)	(0,002)	(0,001)	(0,000)	(0,001)
log (Patents)	0,049	0,063	0,038	0,009	−0,023	−0,042
	(0,053)	(0,044)	(0,058)	(0,044)	(0,020)	(0,034)
HRST	0,005	**0,013****	0,004	0,001	**0,005***	0,003
	(0,003)	(0,004)	(0,007)	(0,002)	(0,002)	(0,002)

28 Te same zmienne są istotne w krajach Europy Zachodniej.

Nazwa	Europa Środkowo-Wschodnia			Europa Zachodnia (UE-14)		
	1995–1999	2000–2007	2008–2011	1995–1999	2000–2007	2008–2011
R^2	0,838	0,947	0,757	0,753	0,823	0,622
Adj. R^2	0,455	0,676	0,324	0,506	0,654	0,367
Num. obs.	35	56	28	98	112	56
P-value	0,000	0,000	0,0125	0,000	0,000	0,000

Uwaga: ***p < 0,001, **p < 0,01, *p < 0,05. W nawiasie podano błąd standardowy.

Tabela 2.6. Wpływ TIK i innych czynników na wydajność pracy w krajach Europy Środkowo-Wschodniej i Europy Zachodniej w latach 1995–2011
Źródło: opracowanie własne.

W okresie 2000–2007 kolejnymi czynnikami istotnymi statystycznie i pozytywnie wpływającymi na poziom produktywności pracy w krajach Europy Środkowo-Wschodniej były: wydatki na TIK (β = 0,125, p < 0,001), poziom edukacji (β = 0,012, p < 0,001) oraz zasoby ludzkie dla nauki i techniki (β = 0,013, p < 0,01). W tym okresie w krajach Europy Zachodniej użycie Internetu (β = 0,002, p < 0,001) oraz zasoby ludzkie dla nauki i techniki (β = 0,005, p < 0,01) także pozytywnie wpływały na poziom wydajności pracy. Dodatkowo istotne są dwie zmienne nieistotne w krajach EŚW: kapitał ludzki (β = 0,077, p < 0,001) oraz otwartość handlowa (β = 0,12, p < 0,01).

Wyniki estymacji dla okresu 2008–2011 wyraźnie pokazują, że wraz z kryzysem dopasowanie modelu ekonometrycznego do danych empirycznych słabnie. Zgodnie z oczekiwaniami zmienne objaśniające istotne w poprzednich okresach przestały być istotne statystycznie, a w przypadku krajów Europy Zachodniej niektóre parametry przyjęły ujemne wartości. Jakość dopasowania modelu, szacowana skorygowanym współczynnikiem determinacji, w tym okresie w krajach Europy Środkowo-Wschodniej i Europy Zachodniej spadła odpowiednio do 32 i 37%. W krajach EŚW jedyną zmienną istotną statystycznie w latach 2008–2011 była wartość handlu ogółem (β = 0,119, p < 0,01), zdefiniowana jako udział eksportu netto w PKB (będąca wskaźnikiem dyfuzji technologii). Zmienna ta, podobnie jak w poprzednim okresie, wyjaśnia poziom wydajności pracy w krajach Europy Zachodniej (β = 0,18, p < 0,001). Liberalizacja handlu i otwartość rynku na zagraniczne inwestycje stała się w czasie kryzysu istotna dla adaptacji nowych, zagranicznych technologii dla wszystkich gospodarek europejskich.

Podsumowując syntetycznie wyniki analiz ekonometrycznych przeprowadzonych na poziomie makroekonomicznym należy stwierdzić,

że po roku 1995 w krajach Europy Środkowo-Wschodniej dla wzrostu produktywności (wydajności pracy) istotne były, poza nakładami na majątek trwały, kapitał TIK, a także czynniki komplementarne wobec TIK, które zgodnie z dominującym obecnie podejściem w literaturze przedmiotu (por. m.in. Caselli, Coleman, 2001; Pohjola, 2003) wzmacniają wpływ wynikający z inwestycji w TIK na produktywność – tj. kapitał ludzki, mierzony poprzez dostępność zasobów ludzkich dla nauki i techniki, współczynnik skolaryzacji oraz stopień wykorzystania Internetu. Równocześnie zmienne zastosowane jako wskaźniki innowacyjności okazały się nieistotne statystycznie w badaniu. Z kolei analiza w podziale na trzy podokresy wskazuje na rosnącą rolę otwartości na wymianę handlową dla skutecznego wdrażania TIK, a co za tym idzie poprawy produktywności.

Technologie informacyjne i komunikacyjne (TIK) odgrywają kluczową rolę w budowaniu gospodarki opartej na wiedzy, innowacyjności, a także dobrobytu. Wraz z rozwojem i rosnącym wykorzystaniem tych technologii coraz bardziej istotnym zagadnieniem staje się to, na ile wspierają one wzrost gospodarczy i poprawiają efektywność gospodarowania. Ta problematyka była przedmiotem badań w projekcie „Wpływ technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych na produktywność – analiza makro i mikroekonomiczna", który został zrealizowany w Katedrze Polityki Ekonomicznej Uniwersytetu Łódzkiego w latach 2014–2015 ze środków Narodowego Centrum Nauki.

Monografia przedstawia wyniki przeprowadzonych analiz. Opisuje zależności pomiędzy technologiami informacyjnymi i komunikacyjnymi a produktywnością w kontekście paradoksu Solowa. Identyfikuje czynniki komplementarne wobec TIK, które warunkują produktywne wdrożenie i wykorzystanie tych technologii – w skali makroekonomicznej dla krajów Europy Środkowo-Wschodniej oraz w skali mikroekonomicznej dla Polski. W ramach badań dowiedziono, że technologie informacyjne i komunikacyjne podnoszą wydajność pracy pod warunkiem powiązania ich z czynnikami komplementarnymi – kapitałem ludzkim, zmianą organizacyjną, innowacyjnością. W rezultacie położenie większego nacisku na wdrażanie czynników komplementarnych wobec TIK w Polsce i krajach Europy Środkowo-Wschodniej powinno skutkować poprawą wydajności pracy, nawet jeśli wzrost nakładów na inwestycje w te technologie w najbliższych latach nie będzie tak dynamiczny jak w przeszłości.

WYDAWNICTWO
UNIWERSYTETU
ŁÓDZKIEGO

www.wydawnictwo.uni.lodz.pl
e-mail: ksiegarnia@uni.lodz.pl
tel. (42) 665 58 63, faks (42) 665 58 62

ISBN 978-83-7969-965-0

788379 699650