

**DLACZEGO EUROPEJCZYCY WYTWARZAJĄ MNIEJ OD  
AMERYKANÓW? – ŹRÓDŁA DYSTANSU  
GOSPODARCZEGO MIĘDZY UNIĄ EUROPEJSKĄ A USA**



Warszawa, listopad 2008r.

**Autorzy:**

Jakub Growiec  
Łukasz Marć

**Opracowane dla Ministerstwa Gospodarki przez:**



**Instytut Badań Strukturalnych**

ul. Rejtana 15 lok. 24/25

02-516 Warszawa

e-mail: *ibs@ibs.org.pl*

*www.ibs.org.pl*

tel. (+48) 22 629-33-82

fax (+48) 22 395-50-21

# Spis treści

<b>1</b>	<b>Wprowadzenie</b>	<b>6</b>
1.1	Zakres opracowania . . . . .	6
1.2	Dane wykorzystane w opracowaniu . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Dekompozycja różnic w poziomie produktywności krajów Unii Europejskiej i USA metodą nieparametryczną</b>	<b>9</b>
2.1	Cel badania . . . . .	9
2.2	Opis metodologii . . . . .	11
2.2.1	Metoda DEA (Data Envelopment Analysis) . . . . .	11
2.2.2	Korzyści i ograniczenia przyjętej metody . . . . .	14
2.2.3	Implikacje dla TFP . . . . .	15
2.2.4	Implikacje dla kierunku postępu technologicznego . . . . .	16
2.3	Dane . . . . .	16
2.4	Światowa granica technologiczna: 1970–2000 . . . . .	20
2.4.1	Światowa granica technologiczna w roku 2000 . . . . .	20
2.4.2	Nieneutralny postęp technologiczny . . . . .	22
2.4.3	Optymalny wybór technologii . . . . .	24
2.4.4	Optymalny wybór technologii w krajach NMS12 . . . . .	25
2.5	Dekompozycja dystansu między krajami UE a USA, 2000 . . . . .	26
2.5.1	Rachunkowość poziomów PKB na pracownika . . . . .	26
2.5.2	Efektywność vs. „właściwa technologia” . . . . .	27
2.5.3	Rachunkowość poziomów dla krajów NMS12 . . . . .	29
2.6	Dekompozycja wzrostu PKB na pracownika, 1970–2000 . . . . .	31
2.6.1	Rachunkowość wzrostu . . . . .	31
2.6.2	Przesunięcia granicy technologicznej a przesunięcia wzdłuż granicy technologicznej . . . . .	32
2.7	Podsumowanie . . . . .	34
2.7.1	Wyniki . . . . .	34
2.7.2	Wnioski . . . . .	36

<b>3</b>	<b>Jednostkowe produktywności czynników w krajach Unii Europejskiej i USA</b>	<b>37</b>
3.1	Cel badania . . . . .	37
3.2	Opis przyjętej metodologii . . . . .	38
3.2.1	Zagregowana funkcja produkcji . . . . .	38
3.2.2	Procedura wyznaczania jednostkowych produktywności czynników (JPC) . . . . .	40
3.2.3	Produktywność faktyczna i potencjalna . . . . .	42
3.2.4	Kalibracja parametrów funkcji produkcji . . . . .	42
3.3	Wyznaczenie kształtu rozkładu jednostkowych produktywności czynników	43
3.4	Jednostkowe produktywności czynników: UE a USA . . . . .	45
3.5	Ewolucja jednostkowych produktywności czynników: 1970–2000 . . . . .	52
3.5.1	Wyniki badania opartego o dane rzeczywiste . . . . .	52
3.5.2	Wyniki badania opartego o dane potencjalne . . . . .	56
3.5.3	Postęp techniczny w USA . . . . .	56
3.6	Podsumowanie . . . . .	59
3.6.1	Wyniki . . . . .	59
3.6.2	Wnioski . . . . .	60
<b>4</b>	<b>Źródła wzrostu całkowitej produktywności czynników w krajach Unii Europejskiej</b>	<b>61</b>
4.1	Cel badania . . . . .	61
4.2	Opis metodologii . . . . .	62
4.2.1	Równanie dekompozycji przyrostu TFP . . . . .	62
4.2.2	TFP rzeczywiste i potencjalne . . . . .	63
4.2.3	Estymacja wolnych parametrów . . . . .	64
4.3	Dane . . . . .	64
4.4	Opis uzyskanych wyników . . . . .	66
4.4.1	Badanie oparte o 30-letni przedział czasowy . . . . .	66
4.4.2	Badanie oparte o 10-letnie przedziały czasowe . . . . .	69
4.5	Podsumowanie . . . . .	72
4.5.1	Wyniki . . . . .	72
4.5.2	Wnioski . . . . .	73
<b>5</b>	<b>Podsumowanie badania i wnioski dla polityki gospodarczej Polski</b>	<b>75</b>
5.1	Przeprowadzone analizy . . . . .	75
5.2	Syntetyczny opis uzyskanych wyników . . . . .	76
5.2.1	Efektywność techniczna a wyposażenie w czynniki produkcji . . . . .	76
5.2.2	Jednostkowe produktywności czynników . . . . .	78
5.2.3	R&D i dyfuzja technologii . . . . .	78
5.3	Wnioski dla polityki gospodarczej Polski . . . . .	79

# Spis rysunków

2.1	Światowa granica technologiczna w roku 2000 wyznaczona z wykorzystaniem danych z lat 1970–2000. . . . .	20
2.2	Kierunek postępu technicznego, 1970–2000. . . . .	22
3.1	Rozkład JPC. Przekrój $A^U$ vs $A^S$ . . . . .	44
3.2	Rozkład JPC. Przekrój $A^U$ vs $A^K$ . . . . .	44
3.3	Rozkład JPC. Przekrój $A^S$ vs $A^K$ . . . . .	45
3.4	Rozkłady JPC w specyfikacjach F2–F4. . . . .	46
4.1	Dekompozycja przyrostu potencjalnego TFP w latach 1970-80, 1980-90 oraz 1990-2000 (okresy 10-letnie) pomiędzy wpływ krajowego R&D, dyfuzję technologii (indukowanej przez import dóbr inwestycyjnych wysokich technologii) oraz składnik resztowy. . . . .	70

# Spis tablic

2.1	PKB na pracownika w stanach USA i krajach OECD w 2000r. (w USD). . . . .	12
2.2	Efektywne technologie w roku 2000. . . . .	21
2.3	Indeks efektywności technicznej $E_{it}$ w poszczególnych latach. . . . .	23
2.4	Optymalny wybór technologii poszczególnych krajów w 2000r. . . . .	24
2.5	Optymalny wybór technologii przez kraje NMS12 w 2000r. . . . .	26
2.6	Dekompozycja różnicy w PKB na pracownika pomiędzy poszczególnymi krajami a USA, 2000r. . . . .	28
2.7	Dekompozycja oparta na założeniu funkcji Cobba–Douglasa: efektywność vs. „właściwa technologia”, 2000r. . . . .	29
2.8	Dekompozycja dystansu pomiędzy krajami NMS12 a USA w 2000r. . . . .	30
2.9	Dekompozycja dystansu między krajami NMS12 a USA w 2000r. przy założeniu funkcji Cobba-Douglasa. Efektywność vs. „właściwa technologia”. . . . .	31
2.10	Dekompozycja wzrostu produktywności na pracownika w okresie 1970–2000. . . . .	33
2.11	Dekompozycja przyrostu produktywności na pracownika w okresie 1970–2000. Efektywność przesunięcia światowej granicy technologicznej oraz ruch wzdłuż światowej granicy technologicznej. . . . .	34
3.1	Warianty specyfikacji zagnieżdżonych funkcji produkcji. . . . .	40
3.2	Wzory na jednostkowe produktywności czynników. . . . .	41
3.3	Porównanie jednostkowych produktywności czynników w poszczególnych krajach w 2000r. (USA=1) . . . . .	49
3.4	Porównanie potencjalnych jednostkowych produktywności czynników w poszczególnych krajach w 2000r. (USA=1) . . . . .	50
3.5	Porównanie rzeczywistych i potencjalnych JPC w poszczególnych krajach w 2000r. (Ilorazy JPC rzeczywistych do JPC potencjalnych) . . . . .	51
3.6	Indeksy przyrostu JPC w latach 1970–2000. Dane rzeczywiste. . . . .	54
3.7	Indeksy przyrostu JPC w latach 1990–2000. Dane rzeczywiste. . . . .	55
3.8	Indeksy przyrostu JPC w latach 1970–2000. Dane oparte o produktywność potencjalną. . . . .	57
3.9	Indeksy przyrostu JPC w latach 1990–2000. Dane oparte o produktywność potencjalną. . . . .	58

4.1	Wkład krajowego R&D oraz dyfuzji indukowanej przez import dóbr inwestycyjnych wysokich technologii w przyrost całkowitej produktywności czynników (TFP) w latach 1970–2000. . . . .	68
4.2	Wkład krajowego R&D oraz dyfuzji indukowanej przez (a) bezpośrednie inwestycje zagraniczne (FDI), (b) import dóbr inwestycyjnych wysokich technologii w przyrost <i>potencjalnej</i> całkowitej produktywności czynników (TFP) w latach 1970–2000. . . . .	69
4.3	Dekompozycja przyrostu TFP oraz TFP potencjalnego w okresach 10-letnich. . . . .	71

# Rozdział 1

## Wprowadzenie

### 1.1 Zakres opracowania

Celem niniejszego opracowania jest przeprowadzenie szeregu ćwiczeń dekompozycyjnych, mających na celu objaśnienie przyczyn utrzymywania się dystansu gospodarczego między krajami Unii Europejskiej a USA. Można przecież zauważyć, iż dystans ten, mierzony zarówno pod względem PKB per capita, jak i PKB na jednego pracownika lub przepracowaną godzinę, nie tylko jest wciąż znaczny, ale i nie przejawia tendencji spadkowej.

W bieżącym opracowaniu podjęto więc próbę wskazania, jakie czynniki były w latach 1970–2000 w największym stopniu odpowiedzialne za taki stan rzeczy. Uzyskane tu wyniki sugerują, że pomimo względnej stałości ilorazu produktywności w Europie i USA, siła oddziaływania poszczególnych czynników podlegała znacznym wahaniom. Godne podkreślenia jest też znaczne wewnętrzne zróżnicowanie krajów Unii Europejskiej: nie tylko sam dystans pomiędzy poszczególnymi krajami a USA oraz jego dynamika były w badanym okresie różne, ale i poszczególne jego czynniki składowe.

Opracowanie składa się z trzech rozdziałów merytorycznych oraz podsumowania. Każdy z rozdziałów przedstawia odrębne ćwiczenie dekompozycyjne, pozwalające spojrzeć na dystans gospodarczy pomiędzy Unią Europejską a USA z innej perspektywy.

W rozdziale drugim przeprowadzono dekompozycję dystansu między poszczególnymi krajami Unii Europejskiej a USA pod względem PKB na jednego pracownika metodą nieparametryczną (tzw. metodą DEA). Dekompozycja ta pozwoliła wyodrębnić wpływ na *poziom* PKB w danym kraju i roku następujących czynników: (i) zasobu kapitału fizycznego, (ii) zasobu pracy niewykwalifikowanej, (iii) zasobu pracy wykwalifikowanej oraz (iv) indeksu efektywności technicznej, mierzącego iloraz bieżącej całkowitej produktywności czynników (ang. *total factor productivity*, TFP) oraz najwyższej produktywności aktualnie dostępnej przy danych zasobach czynników (dostępność oznacza tu, iż „gdzieś w świecie” technologię taką zdołano już zastosować). Dekompozycja *dynamiki zmian* PKB w czasie pozwoliła dołączyć do powyższych czynników dodatkowo



czynnik (v) postępu technologicznego, stopniowo zwiększającego najwyższą dostępną wartość TFP przy zadanych zasobach czynników. Dzięki zastosowaniu metody nieparametrycznej DEA, w rozdziale drugim udało się także wyodrębnić „światową granicę technologiczną”, rozpinaną przez najbardziej efektywne kraje oraz stany USA, oraz zobrazować, jak była ona w latach 1970–2000 przesuwana naprzód dzięki światowemu postępowi technicznemu. To z kolei pozwoliło zidentyfikować kraje, które w najmniejszym oraz największym stopniu skorzystały z owoców postępu technicznego. Dla 12 nowych krajów członkowskich Unii Europejskiej, w tym Polski, przeprowadzono w rozdziale 2 osobne badania, pozwalające zidentyfikować źródła ich dystansu względem gospodarki USA oraz wiodących gospodarek europejskich.

Rozdział trzeci stanowi odrębne ćwiczenie dekompozycyjne, ukazujące źródła różnic produktywności pomiędzy badanymi krajami w zupełnie innym świetle. Bazując na metodzie parametrycznej Caselli’ego i Colemana (2006), opartej na funkcjach produkcji klasy CES, oszacowano tam bowiem wartości *jednostkowych produktywności poszczególnych czynników produkcji*, tj. kapitału fizycznego, pracy niewykwalifikowanej oraz pracy wykwalifikowanej, w poszczególnych krajach i latach. Dekompozycja ta umożliwiła rozbicie różnic w PKB na jednego pracownika pomiędzy krajami pomiędzy efekty (i) różnic w wyposażeniu krajów w poszczególne czynniki produkcji, oraz (ii) różnic pod względem jednostkowych produktywności poszczególnych tych czynników. Podobnie uczyniono w odniesieniu do tempa zmian poszczególnych tych zmiennych. Przeprowadzona w rozdziale 3 dekompozycja pozwoliła zatem również wskazać, które czynniki produkcji podlegały najszybszemu wzrostowi produktywności w badanym okresie, a które nawet spadkowi (praca niewykwalifikowana). Przeanalizowano cztery alternatywne warianty specyfikacji funkcji produkcji, spośród których jedna obejmowała znany z literatury (choć kontrowersyjny) postulat komplementarności między kapitałem a pracą wykwalifikowaną, a inna zakładała zaś jednostkową elastyczność substytucji między kapitałem a pozostałymi czynnikami produkcji (zgodnie ze specyfikacją Cobba–Douglasa).

W rozdziale czwartym wskazano natomiast źródła wzrostu całkowitej produktywności czynników (TFP) w poszczególnych krajach Unii Europejskiej oraz w USA. Posługując się obliczonymi w sposób rezydualny wartościami TFP oraz ich wielkościami „potencjalnymi” (opartymi o produktywność krajów i stanów USA znajdujących się na światowej granicy technologicznej), przeprowadzono dekompozycję ich przyrostów pomiędzy (i) efekty własnej działalności badawczo-rozwojowej oraz (ii) efekty dyfuzji technologii z krajów o wyższej produktywności czynników, a więc przede wszystkim z USA. Przyrosty TFP obliczane były w odstępach 5-, 10- oraz 30-letnich, dzięki czemu cały okres badania (1970–2000) podzielony został, odpowiednio, na 6, 3 oraz 1 podokres. Przyjęto dwie specyfikacje czynnika dyfuzji: założono, że może ona być indukowana albo przez zagraniczne inwestycje bezpośrednie, albo przez import produktów wysokiej technologii.

Opracowanie kończy syntetyczne podsumowanie uzyskanych w nim wyników oraz lista wpływających z tychże wyników rekomendacji dla polityki gospodarczej Polski.

## 1.2 Dane wykorzystane w opracowaniu

W analizach posłużono się szerokim spektrum danych makroekonomicznych pochodzących z różnych źródeł, takich jak: Penn World Tables 6.2, Groningen Growth and Data Centre (GGDC), Eurostat, czy amerykańskie Bureau of Economic Analysis. Znaczny wysiłek został włożony, by sprawić, aby uzyskany zbiór danych był wewnętrznie spójny, dzięki czemu możliwe stają się porównania zarówno pomiędzy krajami, jak i okresami czasu. Wszystkie wielkości absolutne wyrażalne w jednostkach monetarnych przeliczone zostały do dolarów USA w cenach stałych z 2000 roku.

Zasadniczy kłopot z dostępnością danych dotyczył kapitału ludzkiego, gdzie dostępne były jedynie dane o częstotliwości pięcioletniej. Ponadto, ze względu na ograniczoną dostępność *rzetelnych* zbiorów danych obejmujących w jednolity sposób kraje Unii Europejskiej oraz USA, zdecydowano się skorzystać ze zbioru skonstruowanego przez de la Fuente i Doménecha (2006), który to zbiór kończy się w 1995r., a dla niektórych krajów nawet w 1990r. Żeby móc przybliżyć wyniki bieżących analiz do lat współczesnych, zdecydowano się ekstrapolować te dane do roku 2000. Ekstrapolacja taka wiąże się jednak ze znacznym ryzykiem błędów, rzutujących w istotny sposób na uzyskiwane wyniki. Z tego też względu, *dalsza ekstrapolacja (np. do roku 2005) jest już z całą pewnością metodologicznie niepoprawna*. To właśnie ten fakt ten jest kluczowym powodem, dla którego zdecydowano się ograniczyć zakres czasowy badania do okresu 1970–2000.

Mimo, iż zakres czasowy niniejszego badania kończy się na 2000r., nie ma ono charakteru wyłącznie historycznego. Charakter ćwiczeń tu przeprowadzonych – wyprowadzenia światowej granicy technologicznej, rachunkowości stóp wzrostu i poziomów PKB na jednego pracownika, wyznaczenia jednostkowych produktywności poszczególnych czynników produkcji – jest bowiem bardzo długookresowy. Zidentyfikowane w niniejszym opracowaniu źródła dystansu gospodarczego między poszczególnymi krajami Unii Europejskiej a USA, ze względu na samą konstrukcję badania, muszą nimi pozostać przez długi czas: zasoby czynników produkcji oraz poziom i struktura stosowanej technologii, a także instytucje gospodarcze, to przecież zmienne bardzo wolno zmienne w czasie.<sup>1</sup> Stąd też i uzyskane wyniki, mimo iż dotyczą lat 1970–2000, dostarczają konkretnych wniosków dla polityki, aplikowalnych również w chwili bieżącej. Wnioski te wymieniono w podsumowaniu każdego z rozdziałów.

Dane dotyczące zatrudnienia w sektorze badawczo-rozwojowym oraz liczby zgłoszeń patentowych w poszczególnych krajach Unii Europejskiej oraz USA, niezbędne dla przeprowadzenia analiz przedstawionych w rozdziale 4, zostały autorom udostępnione na potrzeby bieżącego badania przez Jakoba Madsena (zob. Madsen, 2008a,b). Autorzy pragną serdecznie podziękować profesorowi Madsenowi za tę uprzejmość.

---

<sup>1</sup>Jedyne, co mogło się nieznacznie zmienić między 2000r. a 2008r., to skala poszczególnych zidentyfikowanych tu problemów. Dostępne dane (tj. dane dotyczące wszystkich omawianych tu zmiennych z wyjątkiem kapitału ludzkiego) sugerują wyraźnie, że w tym omawianym okresie nie zaobserwowano wydarzeń przełomowych, które mogłyby zmienić wnioski wpływające z bieżącego badania pod względem jakościowym.

## Rozdział 2

# Dekompozycja różnic w poziomie produktywności krajów Unii Europejskiej i USA metodą nieparametryczną

### 2.1 Cel badania

Aby zrozumieć, skąd bierze się dystans pomiędzy krajami Unii Europejskiej a Stanami Zjednoczonymi pod względem produktywności, należy spojrzeć na to zagadnienie z perspektywy zasobów czynników produkcji, którymi kraje te dysponują, oraz charakteru technologii, które są przez nie wykorzystywane w procesie produkcyjnym. Jasne jest bowiem, że istotna część owej różnicy wynikać może z samej różnicy w wielkości dostępnego kapitału fizycznego oraz kapitału ludzkiego (mierzonego poziomem wykształcenia społeczeństw). Pozostała część owej różnicy może jednak wynikać z różnych źródeł, które są jednakowoż na ogół agregowane do wspólnego czynnika „całkowitej produktywności czynników” (ang. *total factor productivity*, TFP). Owo TFP jest jednak konstruktem teoretycznym, bazującym na powszechnie przyjmowanej przez makroekonomistów postaci funkcji produkcji Cobba–Douglasa. W przypadku, gdy funkcja ta nie spełnia jednak założeń Cobba–Douglasa, TFP staje się bytem łączącym w sobie kilka odrębnych zjawisk ekonomicznych. Zjawiska te oddzielić można od siebie dzięki wykorzystaniu metod nieparametrycznych, nie wymagających przyjmowania konkretnych założeń odnośnie kształtu funkcji produkcji. Dzięki temu krokowi, jednolity czynnik TFP udaje się zdekomponować w niniejszym badaniu na: (i) indeks efektywności technicznej oraz (ii) czynnik „właściwej technologii”, wskazujący, jaka jest maksymalna dostępna produktywność przy danych zasobach czynników produktów.

Analogicznie do wyznaczenia rozbicia *poziomów* produktywności w poszczególnych krajach, przeanalizowana będzie też *dynamika zmian* produktywności poszczególnych

krajów w czasie. Zmiana PKB na pracownika w czasie zdekomponowana będzie pomiędzy (i) skutki zmiany efektywności technicznej, (ii) skutki postępu technologicznego na poziomie technologii efektywnych, przesuwanego naprzód światową granicę możliwości technologicznych, (iii) skutki zmian dostępnej „właściwej technologii”, odzwierciedlającej przesuwanie się krajów wzdłuż owej granicy, (iv) konsekwencje akumulacji poszczególnych czynników produkcji.

Ostateczny cel bieżącego badania – *dekompozycja różnic w poziomie produktywności krajów Unii Europejskiej i USA oraz dynamiki zmian produktywności w tych krajach w latach 1970–2000* – zrealizowany będzie z wykorzystaniem metody nieparametrycznej DEA (ang. *Data Envelopment Analysis*) oraz standardowych technik dekompozycyjnych, tj. księgowości poziomów i rachunkowości wzrostu. Możemy zatem, oprócz celu głównego, wyodrębnić też trzy cele pomocnicze. Pierwszy z nich polega na wyznaczeniu światowej granicy technologicznej w roku 2000, a także w latach wcześniejszych (1970–1995, w odstępach pięcioletnich), względem których będzie można później dokonywać dekompozycji. Drugi cel pomocniczy polega na dokonaniu dekompozycji różnicy w poziomie produktywności między poszczególnymi krajami UE a Stanami Zjednoczonymi, wykorzystując przy tym granicę technologiczną w roku 2000. Trzeci cel pomocniczy polega na przeprowadzeniu ćwiczenia rachunkowości wzrostu, tak by móc ocenić dynamikę zmian poszczególnych składowych produktywności w czasie. Cel ten osiągnięty będzie dzięki wykorzystaniu oszacowań granicy technologicznej w poszczególnych okresach 1970–2000. Szczegółową metodologię badania przedstawiono w następnym podrozdziale.

Kluczową przewagą bieżącego badania nad analizami przeprowadzonymi już w literaturze (Kumar i Russell, 2002, Henderson i Russell, 2005, Jerzmanowski, 2007, Badunenko, Henderson i Zelenyuk, 2007), jest pomocnicze wykorzystanie danych dotyczących poszczególnych stanów USA. Stany Zjednoczone charakteryzują się bowiem na tyle wysoką produktywnością w przeliczeniu na jednego pracownika, że niemal we wszystkich badaniach okazują się efektywne, a zatem rozpinają światową granicę technologiczną;<sup>1</sup> są one jednakże również ogromnym krajem, który kryje w sobie znaczną wewnętrzną różnorodność. Traktując je jako jeden punkt danych, tracimy znaczną część precyzji estymacji granicy technologicznej, która pozwala też przecież wyciągać dokładniejsze wnioski w odniesieniu do będących w próbie krajów UE. Jeśli w jej estymacji uwzględnić też poszczególne stany USA, to właśnie niektóre z nich – a nie USA jako całość – okazują się efektywne: jest tak w szczególności w odniesieniu do Delaware, Connecticut, Nowego Jorku czy Kalifornii.

Zgodnie z sugestią Caselli’ego i Colemana (2006), będziemy także rozróżniać pomiędzy pracą wykwalifikowaną i niewykwalifikowaną oraz dopuszczać możliwość niedoskonałej substytucyjności obu tych rodzajów pracy. Krok ten prowadzi do dalszego wzrostu

---

<sup>1</sup>Wyjątkiem jest artykuł Caselli’ego i Colemana (2006), którzy stwierdzają, że w pewnych krajach, takich jak Włochy i Kanada, produktywność pracy niewykwalifikowanej jest wyższa niż w USA, co sprawia, że USA spada nieznacznie poniżej granicy technologicznej.

precyzji oszacowania światowej granicy technologicznej w porównaniu do wyników dostępnych już w literaturze.

W poniższych analizach, podobnie jak u Hendersona i Russella (2005), granica technologiczna w danym roku wyznaczana będzie z wykorzystaniem również danych z lat wcześniejszych. W istocie, okazuje się, że nawet niektóre technologie z 1970 roku pozostają efektywne w 2000 roku mimo, iż w międzyczasie dokonał się przecież znaczny postęp techniczny. Możliwe jest to dzięki temu, że technologie te np. niezwykle intensywnie wykorzystują pracę niewykwalifikowaną, która stopniowo zanikała w krajach wysoko rozwiniętych w badanym okresie.

Koncepcja, by zdekomponować Stany Zjednoczone na ich 50 stanów (wyłączając Dystrykt Kolumbii i terytoria zamorskie USA), niesie za sobą dwie istotne korzyści. Po pierwsze, stany USA są dostatecznie duże, by być bezpośrednio porównywalnymi z krajami UE (najludniejszy stan, Kalifornia, ma 35 milionów mieszkańców, to ponad dwukrotność Holandii liczącej 16 mln; najmniej ludny stan, Wyoming, ma ok. 500 tysięcy mieszkańców, przez co jest porównywalny z Luksemburgiem czy Cyprzem). Po drugie, należy się spodziewać, że znaczna liczba stanów USA będzie rozpinać granicę technologiczną, gdy USA zostaną zdezagregowane: jeśli już USA jako całość – którego produktywność jest ważoną *średnią* produktywności stanowych – rozpina granicę technologiczną (zob. np. Jerzmanowski, 2007), oczywistym jest, że po dezagregacji właśnie pewne ponadprzeciętne stany zaczną tę granicę rozpinać. Tabela 2.1 porównuje wielkość PKB na pracownika w poszczególnych stanach USA z krajami UE i kilkoma innymi wysoko rozwiniętymi krajami świata w roku 2000.

Przypomnijmy jednak, że stany USA pełnią w bieżącym badaniu jedynie funkcję pomocniczą – służyć będą one zwiększeniu dokładności estymacji funkcji produkcji i światowej granicy technologicznej; główny nacisk stawiany będzie wszak na dekompozycję dystansu między USA a krajami UE pod względem produktywności oraz dynamiki zmian tegoż dystansu.

## 2.2 Opis metodologii

### 2.2.1 Metoda DEA (Data Envelopment Analysis)

Cel pomocniczy niniejszego podrozdziału, tj. skonstruowanie światowej funkcji produkcji metodą nieparametryczną, tak by można było ją później wykorzystać do celów dekompozycji różnic w produktywności pomiędzy UE a USA, osiągnięty będzie metodą DEA (Data Envelopment Analysis). Funkcja produkcji będzie więc wyznaczona jako obwiednia wszystkich technik produkcyjnych (konfiguracji *input-output*), wykorzystywanych w poszczególnych jednostkach terytorialnych branż pod uwagę (krajów lub stanów USA). Metoda DEA wprowadzona została do rozważań makroekonomicznych przez Färe et al. (1994).

Przyjęta tu metoda badawcza będzie zatem podobna do tej, którą przyjęli w swoich

Tablica 2.1: PKB na pracownika w stanach USA i krajach OECD w 2000r. (w USD).

Lp.	Stan/Kraj	PKB/prac.	Lp.	Stan/Kraj	PKB/prac.
1	<b>Luksemburg</b>	114448	37	Wisconsin	59048
2	Delaware	94154	38	<b>Austria</b>	58441
3	District of Columbia	89401	39	Missouri	58254
4	Connecticut	87498	40	Tennessee	57655
5	New York	85696	41	<b>Holandia</b>	56691
6	New Jersey	83600	42	South Carolina	56615
7	Alaska	78902	43	Utah	56130
8	Massachusetts	77380	44	Kentucky	55321
9	California	75612	45	<b>Francja</b>	55286
10	Illinois	72162	46	Alabama	54666
11	Washington	72055	47	<b>Szwajcaria</b>	54306
12	Michigan	69065	48	Nebraska	54052
13	Georgia	68550	49	West Virginia	53933
14	Texas	68473	50	Kansas	53903
15	Virginia	68207	51	Iowa	53760
16	Maryland	67263	52	Maine	51721
17	Colorado	67170	53	Oklahoma	51353
18	<b>USA</b>	67079	54	South Dakota	51290
19	Nevada	67028	55	Arkansas	51212
20	Rhode Island	66369	56	Idaho	51196
21	Arizona	64829	57	<b>Niemcy</b>	51010
22	Pennsylvania	64418	58	<b>Włochy</b>	50853
23	North Carolina	64072	59	Vermont	50687
24	New Hampshire	63927	60	<b>Australia</b>	50606
25	<b>Norwegia</b>	63909	61	<b>Dania</b>	50448
26	Minnesota	63823	62	<b>Kanada</b>	49816
27	Louisiana	63068	63	Mississippi	49638
28	Ohio	62742	64	<b>Wielka Brytania</b>	49225
29	Oregon	61410	65	<b>Szwecja</b>	46544
30	Indiana	61021	66	North Dakota	45747
31	Wyoming	60911	67	<b>Finlandia</b>	45192
32	Florida	60828	68	<b>Japonia</b>	44563
33	Hawaii	60723	69	<b>Hiszpania</b>	44361
34	New Mexico	60107	70	Montana	44062
35	<b>Belgia</b>	59874	71	<b>Portugalia</b>	34000
36	<b>Irlandia</b>	59103	72	<b>Grecja</b>	32070

Źródło: opracowanie własne IBS na podstawie danych z Penn World Tables 6.2 oraz Bureau of Economic Analysis.

wcześniejszych badaniach Kumar i Russell (2002), Henderson i Russell (2005), Jerzmanowski (2007), oraz Badunenko, Henderson i Zelenyuk (2007). Zasadnicza idea metody DEA polega na tym, by „wpisać” wszystkie punkty danych w najmniejszy możliwy stożek wypukły, a następnie jako funkcję produkcji potraktować ten fragment brzegu owego stożka, dla którego produkt jest zmaksymalizowany przy danych zasobach czynników produkcji.

Dla każdej  $i$ -tej obserwacji, będziemy więc dokonywać dekompozycji produktu  $y_i$ :

$$y_i = E_i f(\mathbf{x}_i), \quad (2.1)$$

przedstawiając go jako iloczyn maksymalnego produktu, który można by uzyskać z posiadanych zasobów czynników (stosując najlepszą dostępną technologię)  $y_i^* \equiv f(\mathbf{x}_i)$  oraz indeksu efektywności technicznej  $E_i \in (0, 1]$ . Innymi słowy, indeks efektywności  $E_i$  mierzy (pionową) odległość od granicy technologicznej, natomiast sama granica wyznaczana jest nieparametrycznie jako  $y_i^* = f(\mathbf{x}_i)$ . Warto dodać, że wektor czynników produkcji  $\mathbf{x}_i$  mógłby być dowolnej długości  $n \in \mathbb{N}$ , lecz gdyby wyodrębnić zbyt wiele czynników, to po pierwsze, metoda DEA mogłaby popaść w problemy numeryczne związane z „klątwą wymiaru” (zob. Färe et al., 1994), i po drugie, poziomy efektywności  $E_i$  mogłyby zostać przeszacowane ze względu na zbyt małą wielkość próby.

Formalnie rzecz biorąc, metoda DEA polega na rozwiązaniu zagadnienia programowania liniowego, pozwalającego wyliczyć indeks efektywności  $E_j$  dla każdej obserwacji  $j = 1, 2, \dots, I$  w próbie tak, by jego odwrotność była zmaksymalizowana przy pewnych warunkach ograniczających:

$$\begin{aligned} & \max_{\{\theta_j, \lambda_1, \dots, \lambda_I\}} \theta_j \\ \text{s.t.} \quad & \theta_j y_j \leq \sum_{i=1}^I \lambda_i y_i, \\ & \sum_{i=1}^I \lambda_i x_{1i} \leq x_{1j}, \\ & \sum_{i=1}^I \lambda_i x_{2i} \leq x_{2j}, \\ & \vdots \\ & \sum_{i=1}^I \lambda_i x_{ni} \leq x_{nj}, \\ & \lambda_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, I. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Indeks efektywności technicznej  $E_j$  wyznaczany jest jako odwrotność  $\theta_j$  (tzn.  $E_j = 1/\theta_j$ ).

Ponieważ zbiór danych jest skończony – zawiera po jednej obserwacji dla każdej jednostki terytorialnej w określonym roku – funkcja produkcji wyznaczona metodą DEA będzie ze względu na swą konstrukcję funkcją kawałkami liniową. Jej wierzchołki stanowią będą faktycznie zaobserwowane *efektywne* konfiguracje *input–output* (efektywne tzn. nie zdominowane przez żadną liniową kombinację innych konfiguracji *input–output*).

### 2.2.2 Korzyści i ograniczenia przyjętej metody

Metoda DEA stanowi deterministyczne i ateoretyczne podejście do konstruowania funkcji produkcji. Jego niekwestionowaną zaletą jest fakt, iż nie wymaga ona żadnych założeń odnośnie postaci parametrycznej szacowanej funkcji produkcji (o ile tylko charakteryzuje się ona stałymi korzyściami skali oraz dopuszcza możliwość niepełnego wykorzystania czynników – tzw. *free-disposal property*), prowadzi natomiast do testowalnych predykcji co do owej postaci. W istocie, przyjmowane zwyczajowo założenie funkcji Cobba-Douglasa może prowadzić do znacznych obciążeń w ćwiczeniach rachunkowości wzrostu oraz rachunkowości poziomów, skutkujących przeszacowaniem roli całkowitej produktywności czynników (ang. *total factor productivity*, TFP), jak stwierdzili Caselli (2005) i Jerzmanowski (2007). Jeżeli zaś chodzi o przewidywania odnośnie kształtu funkcji produkcji, oczywistym jest, że będzie ona kawałkami liniowa ze względu na sposób jej konstrukcji. Przy dostatecznie dużych zbiorach danych, poszczególne postaci parametryczne owej funkcji będą mogły być jednakże zweryfikowane na gruncie statystycznym, poprzez porównanie do nieparametrycznego wzorca. Mowa tu w szczególności o funkcji Cobba–Douglasa oraz funkcji CES.

Podejście do zagadnienia od strony metody DEA wiąże się jednak również z pewnymi ograniczeniami. Po pierwsze, jej deterministyczny charakter sprawia, że nie sposób stwierdzić, na ile precyzyjne są otrzymane oszacowania. Niemożliwe jest też wyznaczenie przedziałów ufności dla uzyskiwanych indeksów efektywności w przypadku, gdyby proces produkcyjny charakteryzował się pewnym stopniem losowości.

Po drugie, metoda DEA omalże z definicji prowadzi do obciążonych oszacowań faktycznej granicy technologicznej. W istocie, nawet najefektywniejsze jednostki występujące w próbie mogłyby zapewne pracować jeszcze efektywniej: również one są przecież agregatami mniejszych jednostek gospodarczych, zawierają więc pewną wewnętrzną heterogeniczność. Jeśli wziąć ją pod uwagę, łatwo można by przesunąć oszacowanie granicy technologicznej w górę; współczynnik efektywności jest jednakże normalizowany do 100% dla najefektywniejszych jednostek w próbie.

Po trzecie, funkcja produkcji skonstruowana metodą DEA oparta jest o efektywne obserwacje. Sprawia to, że jest ona naturalnie wrażliwa na obserwacje odstające (tzw. outliers) oraz błędy pomiaru. Z drugiej strony, błędy takie mogą zostać łatwo zauważone o ile sprawią one, że dana jednostka niezasłużenie znajdzie się na granicy technologicznej. Przeszkadzałyby ona wówczas w dalszej analizie, wprowadzając niewiarygodne predykcje. Niektóre systematyczne błędy pomiaru mogą jednak przejść niezauważone, o ile tylko obserwacje te znajdują się poniżej granicy technologicznej.



### 2.2.3 Implikacje dla TFP

Podejście nieparametryczne, które przyjęto w bieżącym badaniu, można łatwo porównać z nieco bardziej standardowymi podejściami od strony rachunkowości wzrostu i rachunkowości poziomów zmiennych makroekonomicznych (por. Klenow i Rodriguez-Clare, 1997; Hall i Jones, 1999; Caselli, 2005), bazującymi na założeniu funkcji produkcji Cobba–Douglasa.

Porównanie to przebiega w następujący sposób. Zasadniczo wszystkie funkcje  $f(\mathbf{x}_i)$  – niezależnie od ich kształtu – mogą zostać zapisane jako

$$f(\mathbf{x}_i) = A(\mathbf{x}_i) \cdot x_{1i}^{\alpha_1} \cdot \dots \cdot x_{ni}^{\alpha_n}, \quad \sum_{k=1}^n \alpha_k = 1, \quad (2.3)$$

gdzie  $A(\mathbf{x}_i)$  jest „całkowitą produktywnością czynników (TFP). Oczywiście, o ile  $f$  nie jest dokładnie funkcją Cobba–Douglasa, wówczas czynnik  $A$  jest nietrywialną funkcją zasobów czynników produkcji.

W następnym kroku oznaczymy  $y_i^*$  jako największą osiągalną produkcję (tj. odpowiednią technologię znajdującą się na granicy technologicznej) przy danych zasobach czynników. Będzie zatem zachodzić równość  $y_i = E_i y_i^*$ . Wtedy możliwe stanie się zdekomponowanie faktycznego produktu poszczególnych jednostek pomiędzy: (i) indeks efektywności technicznej  $E_i$ , (ii) maksymalną produktywność jako funkcję posiadanych przez daną jednostkę zasobów czynników (tzw. czynnik „właściwej technologii”, zob. Basu i Weil, 1998) oraz (iii) zasoby czynników produkcji, związane funkcją Cobba–Douglasa:

$$y_i = E_i \cdot A(\mathbf{x}_i) \cdot x_{1i}^{\alpha_1} \cdot \dots \cdot x_{ni}^{\alpha_n}. \quad (2.4)$$

Jeśli z jakiegokolwiek powodu faktyczna funkcja produkcji ma w istocie postać Cobba–Douglasa, wówczas z powyższego równania wynika, że TFP będzie pewną stałą  $A > 0$ ; jeśli ma ona jednak inną postać, wówczas czynnik „właściwej technologii”  $A(\mathbf{x}_i)$  będzie zmieniał się wraz ze zmianami zasobów czynników produkcji, wskazując na potencjalne *dotatkowe* korzyści wynikające z ich akumulacji.

Rozległa gałąź współczesnej literatury makroekonomicznej stawia sobie za cel kwantyfikację i zrozumienie źródeł różnic w TFP, przy czym TFP jest zwyczajowo liczone jako wartość rezydualna (reszta Solowa) z funkcji Cobba–Douglasa. Jak już wspomniano powyżej, podejście takie może jednak prowadzić do pewnych błędów wynikających z niepoprawnej specyfikacji funkcji produkcji. Jednak nawet artykuły, w których założenie funkcji Cobba–Douglasa jest uchylane, np. na rzecz funkcji CES (zob. Basu i Weil, 1998; Acemoglu, 2003; Caselli i Coleman, 2006) mogą napotkać analogiczny problem błędnej specyfikacji postaci funkcyjnej. Czynnik „właściwej technologii”  $A(\mathbf{x}_i)$  może bowiem w swej istocie zawierać nie tylko ekonomiczne zagadnienie optymalnego wyboru technologii przy danych zasobach czynników (por. Jones, 2005; Growiec, 2008), ale również błąd specyfikacji funkcji produkcji. Wykorzystywana w bieżącym badaniu metoda DEA nie wymaga natomiast żadnych założeń odnośnie postaci funkcyjnej, może

więc być wykorzystana do wyznaczenia czynnika „właściwej technologii” jako funkcji zasobów czynników produkcji, bez ryzyka błędu specyfikacji.

#### 2.2.4 Implikacje dla kierunku postępu technologicznego

Metoda DEA pozwala również na wyciągnięcie ważnych wniosków w odniesieniu do kierunku postępu technologicznego. Ćwiczenie takie wymaga, by światowa funkcja produkcji wyznaczona była w co najmniej dwóch momentach czasu. Tylko wówczas możliwe są bowiem porównania międzyokresowe.

Procedura jest następująca. Obliczywszy indeks „właściwej technologii”  $A(x_i)$  z wykorzystaniem nieparametrycznej funkcji produkcji i jej wersji Cobba-Douglasa w obu momentach czasu, należy przeanalizować różnicę między nimi dwoma jako funkcję czynników produkcji. Pozwoli to zidentyfikować, dla jakich kombinacji czynników granica technologiczna najsilniej się przesunęła, a dla jakich pozostała prawie nietknięta.

### 2.3 Dane

Głównym celem bieżącego badania jest przeprowadzenie dekompozycji dystansu pomiędzy krajami UE a USA pomiędzy konsekwencje różnic w zasobach czynników produkcji a skutki różnic pod względem efektywności ich wykorzystania oraz rodzaju stosowanych technologii. Aby tego dokonać, konieczne jest wyznaczenie granicy technologicznej rozpinanej przez najbardziej rozwinięte regiony świata. Dokonamy tego metodą DEA, bazując na danych odnoszących się do 20 krajów OECD: Australii, Austrii, Belgii, Kanady, Danii, Finlandii, Francji, Niemiec, Grecji, Irlandii, Włoch, Japonii, Holandia, Norwegii, Portugalii, Hiszpanii, Szwecji, Szwajcarii, Wielkiej Brytanii, Stanów Zjednoczonych, a także do 50 stanów USA (z wyłączeniem Dystryktu Kolumbii).

Luksemburg i Dystrykt Kolumbii zdecydowano się usunąć z próby, gdyż zachodzi uzasadnione podejrzenie, iż ich produktywność na pracownika będzie przeszacowana w danych ze względu na pracowników dojeżdżających do pracy spoza ich terytorium (np. z Belgii i Francji w przypadku Luksemburga, zaś Wirginii i Marylandu w przypadku DC). Z próby usunięto też Niemcy w okresie poprzedzającym zjednoczenie.

Dodatkowo, ze względu na podatność metody DEA na wpływ obserwacji odstających, zdecydowano się też usunąć z próby stany USA, których długookresowa średnia udziału górnictwa w stanowym PKB przekracza 10%. Zachodzi podejrzenie, że produktywność tych stanów mogłaby być przeszacowana, gdyż ich PKB uwzględnia również znaczne renty surowcowe, których nie uwzględnia się wszak w estymowanej funkcji produkcji. Stany te to: Alaska, Luizjana, Nowy Meksyk, Zachodnia Wirginia i Wyoming.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>Niezwykle słabo zaludniona naftowa Alaska jest prawdopodobnie najważniejszym z tych przypadków. Udział górnictwa w PKB Alaski sięgnął bowiem aż 50% w 1981, zaś stan ten okazał się rozpinąć granicę technologiczną zawsze, gdy tylko włączony był do analiz, potrafiąc zmniejszyć oszacowanie indeksu efektywności innych stanów aż o 10–30 punktów procentowych.

Okres analizy obejmuje lata 1970–2000, a estymacje przeprowadzane są w pięcioletnich przedziałach czasu. „Wąskim gardłem” w dostępności danych są tu zmienne dotyczące poziomu wykształcenia społeczeństw, mierzone zaledwie raz na 5 lat. Większość pozostałych danych dostępnych jest jednak w częstotliwości rocznej i w dłuższym okresie czasu.

Funkcja produkcji oszacowana została metodą DEA, przy czym jako czynniki produkcji przyjęte zostały: kapitał fizyczny  $K$ , praca niewykwalifikowana  $L^U$  oraz praca wykwalifikowana  $L^S$ . Łączny produkt danego kraju  $i$  w danym roku  $t$  został następnie rozłożony na czynnik efektywności technicznej oraz maksymalny dostępny produkt przy danych zasobach czynników:

$$y_{it} = E_{it} f(K_{it}, L_{it}^U, L_{it}^S). \quad (2.5)$$

Praca wykwalifikowana i niewykwalifikowana mierzone są w „równowartościach osoby bez żadnego wykształcenia”, tak, by wkład pracy poszczególnych pracowników ważony był ich statusem pod względem poziomu wykształcenia (tj. liczbą ukończonych lat nauki). Podążając za Casellim i Colemanem (2006), uwzględniono zatem możliwość niedoskonałej substytucyjności pracy wykwalifikowanej i niewykwalifikowanej. Wymaga to rozbicia zasobu kapitału ludzkiego w przeliczeniu na pracownika na „kapitał ludzki w ramach pracy niewykwalifikowanej” i „w ramach pracy wykwalifikowanej”.<sup>3</sup>

Dane, które tu wykorzystujemy, są przedstawione w *przeliczeniu na jednego pracownika*. Oznacza to, że abstrahujemy tym samym od kwestii różnic w poziomie uczestnictwa w rynku pracy, które mogą powodować dodatkowe różnice w produktywności *per capita*. Pomijamy również problem zróżnicowania liczby godzin pracy w przeliczeniu na pracownika, co związane jest z wyborem pracowników pomiędzy pracą a czasem wolnym oraz różnicami instytucjonalnymi. Przy pozostałych czynnikach niezmiennych, zwiększenie się liczby godzin przepracowanych przez pracownika znajdzie odzwierciedlenie we wzroście „produktywności” – tak jak jest ona tu mierzona – mimo, iż technologia *per se* nie uległa zmianie. Ciężko jednak o wiarygodne i porównywalne dane dotyczące godzin przepracowanych na pracownika w krajach UE i USA, które sięgałyby wstecz, co najmniej do roku 1970.

Jeśli chodzi o dane międzynarodowe dotyczące PKB i PKB na pracownika, wykorzystujemy tu dane Penn World Tables 6.2 (Heston, Summers, and Aten, 2006), dostępne dla okresu 1960-2003. W odniesieniu do PKB i PKB na pracownika w poszczególnych stanach USA, wykorzystane dane pochodzą z Bureau of Economic Analysis, Regional Accounts, i obejmują okres 1963–2007. Jednostką, w której wyrażany jest produkt, jest dolar USA uwzględniający parytet siły nabywczej (PPP) w cenach stałych z roku 2000. Ponieważ wystąpiły pewne różnice (sięgające aż 15% w niektórych latach) w łącznej liczbie pracowników w USA pomiędzy oboma zbiorami danych, zaś dane międzynarodowe potraktowane zostały priorytetowo w analizie, dane BEA o PKB na pracownika

---

<sup>3</sup>Empiryczne uzasadnienie dla niedoskonałej substytucyjności między pracą niewykwalifikowaną a wykwalifikowaną dostarcza Pandey (2008).

w poszczególnych stanach USA zostały dopasowane tak, by zagwarantować wewnętrzną spójność ze zagregowanymi danymi o USA z Penn World Tables.

Szereg czasowy kapitału fizycznego został skonstruowany z wykorzystaniem metody *perpetual inventory*, zgodnie z jej definicją sformułowaną przez Caselli'ego (2005). Stopy inwestycji i stopy wydatków rządowych na poziomie krajów wzięte zostały z Penn World Tables 6.2. Można tu wyróżnić dwa skrajne podejścia do roli rządu w akumulacji kapitału: jedno z nich mówi, że wydatki rządowe w całości finansują konsumpcję, a drugie – że są to wyłącznie wydatki inwestycyjne. Postanowiliśmy przyjąć tu wersję pośrednią, zgodnie z którą rząd przeznaczają na inwestycje taki sam odsetek swojej części PKB, jaki przeznaczają na ten cel sektor prywatny. Przy tym założeniu, łączna stopa inwestycji (uwzględniająca zarówno inwestycje prywatne, jak i publiczne) wynosi  $s/(1 - g)$ , gdzie  $s$  jest stopą inwestycji prywatnych, a  $g$  jest udziałem wydatków rządowych w PKB. Zgodnie z sugestią Caselli'ego (2005) przyjęliśmy też stopę deprecjacji na poziomie 6%. Jeśli chodzi o udział wydatków rządowych w PKB stanów USA, to odpowiedni zestaw danych skompilowany został ze źródeł pierwotnych w US Census Bureau. Ponieważ okres dostępności danych obejmuje tylko okres 1992–2006, dane te zostały ekstrapolowane wstecz z wykorzystaniem średnich dla poszczególnych stanów z badanego okresu oraz długookresowych trendów dla całej gospodarki USA. Niestety, dane dotyczące stóp inwestycji na poziomie stanów nie są dostępne, dlatego też zostały one zastąpione wartościami właściwymi dla całych Stanów Zjednoczonych.

Dane dotyczące kapitału ludzkiego na poziomie krajów zostały wzięte z pracy de la Fuente i Doménecha (2006), oznaczanej dalej skrótowo jako D-D. Surowe dane odnoszą się do udziałów w populacji powyżej 25 roku życia osób mających wykształcenie podstawowe, niepełne średnie, średnie, niepełne wyższe, wyższe, lub „ponad wyższe” (mowa o osobach, które ukończyły studia doktorskie lub podyplomowe). Rozpatrywany zbiór danych zawiera tylko pomiary o pięcioletniej częstotliwości i kończy się w roku 1995. Spośród wszystkich dostępnych baz danych nt. edukacji, właśnie dane D-D wydają się być najdokładniejsze i najbardziej wiarygodne w odniesieniu do krajów UE oraz USA, dlatego też zostały one wybrane. Oryginalny zbiór danych D-D został jednakowoż ekstrapolowany w przód na rok 2000 z wykorzystaniem danych Cohena i Soto (2007) jako predyktorów trendu. Niestety, ani dane Barro i Lee (2001), ani Cohena i Soto (2007) nie mogły zostać wykorzystane bezpośrednio do tego celu, gdyż żaden z tych zbiorów nie jest (choćby w przybliżeniu) zgodny ze zbiorem D-D – ani ze sobą nawzajem – w okresie, w którym wszystkie obserwacje są dostępne.

Dane o kapitale ludzkim w poszczególnych stanach USA wzięte zostały z National Priorities Database. Występuje tu niewielka różnica w przyjętej metodologii, wynikająca ze specyfiki amerykańskiego systemu edukacyjnego. Surowe dane dotyczą tym razem odsetków populacji powyżej 25 roku życia, która ukończyła: mniej niż szkołę średnią, szkołę średnią (ale nie więcej), niepełny college, college, lub zdobyła tytuł Associate, Bachelor (tj. licencjat), lub Master (tj. magister). Ostatnia kategoria uwzględnia też osoby, które kontynuowały edukację po zdobyciu stopnia magistra. Dane te dostępne są tylko dla lat 1995–2006. Zostały one więc ekstrapolowane wstecz z wykorzystaniem informacji o

trendach na poziomie całych USA oraz przeciętnych różnic pomiędzy poziomem edukacji w poszczególnych stanach a ogólnokrajową średnią. Liczba lat edukacji charakteryzująca poszczególne poziomy wykształcenia w poszczególnych krajach wzięta została z D-D i ewentualnie uzupełniona informacjami ze źródeł krajowych. Dane o poziomie wykształcenia w rozbiciu na poszczególne stany USA zostały też nieco zmodyfikowane tak, by zagwarantować porównywalność z danymi D-D. W szczególności, zidentyfikowana została w przybliżeniu stała nadwyżka ok. 8 punktów procentowych w udziale populacji poniżej średniego wykształcenia w danych National Priorities Database, równoważona deficytem ok. 5,3 punktu procentowego osób o wykształceniu średnim i ok. 2,7 pp. w kategorii osób, które ukończyły „niepełny college”. Dlatego też odjęto/dodano odpowiednie wielkości do danych na poziomie stanów. W ten sposób zapewniono zgodność danych o USA na poziomie zagregowanym.

Agregaty kapitału ludzkiego zostały skonstruowane na bazie surowych danych dotyczących poziomów edukacji z wykorzystaniem formuły wykładniczej Mincera (ang. *Mincerian exponential*) z wykładnikiem będącym funkcją wklęsłą, zgodnie z sugestiami Halla i Jonesa (1999), Bilsa i Klenowa (2000) oraz Caselli’ego (2005):

$$L^U = e^{\phi(s)} \text{ for } s < 12, \quad L^S = e^{\phi(s)} \text{ for } s \geq 12, \quad (2.6)$$

gdzie  $s$  oznacza lata edukacji, a  $\phi(s)$  jest wklęsłą funkcją kawałkami liniową:

$$\phi(s) = \begin{cases} 0.134s & s < 4, \\ 0.134 \cdot 4 + 0.101(s - 4) & s \in [4, 8), \\ 0.134 \cdot 4 + 0.101 \cdot 8 + 0.068(s - 8) & s \geq 8. \end{cases} \quad (2.7)$$

Łączny indeks kapitału ludzkiego może zostać obliczony jako suma zasobu pracy niewykwalifikowanej i wykwalifikowanej:  $H = L^U + L^S$ . W bieżącym badaniu dopuszczono jednak niedoskonałą substytucyjność tych dwóch typów pracy. Przypadek doskonałej substytucyjności, w którym jedynie łączny kapitał ludzki ma znaczenie, jest ciekawym przypadkiem szczególnym przyjętego tu ogólniejszego sformułowania; dane wydają się jednak przeczyć temu założeniu.

Szczególną uwagę należy zwrócić na punkt odcięcia, oddzielający pracę wykwalifikowaną od niewykwalifikowanej, który postawiony został na poziomie 12 lat edukacji (tj. ukończonej szkoły średniej; w niektórych krajach szkołę średnią kończy się po 13 latach). Przyjęliśmy zatem konwencję, zgodnie z którą za pracownika niewykwalifikowanego uznaje się osobę, która nie ukończyła szkoły średniej, a za wykwalifikowanego – osobę, która ową szkołę ukończyła. Tak postawiony punkt odcięcia wydaje się adekwatny w odniesieniu do wysoko rozwiniętych krajów świata – w szczególności zaś krajów UE oraz USA – które są na ogół przy tym także zaawansowane technologicznie i dokapitalizowane. Gdybyśmy uwzględniali jednak również kraje rozwijające się, prawdopodobnie zasadne okazałoby się obniżenie tego progu (por. Caselli i Coleman, 2006).

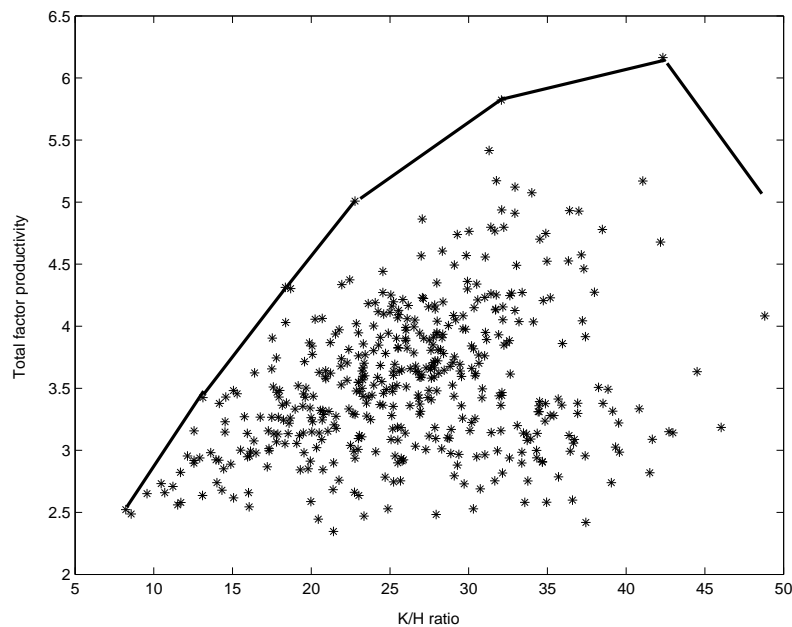
## 2.4 Światowa granica technologiczna: 1970–2000

### 2.4.1 Światowa granica technologiczna w roku 2000

Funkcja produkcji skonstruowana metodą DEA jest kawałkami liniowa w całej swojej dziedzinie, zaś wierzchołkami zbioru możliwości produkcyjnych – którego fragmentem (a konkretniej – tym fragmentem jego brzegu, dla którego wielkość produkcji jest zmaksymalizowana) są efektywne pary *input–output*. Dla wszystkich obserwacji wyliczony jest indeks efektywności  $E_{it} \in (0, 1]$ , który wynosi 1 dla obserwacji efektywnych. Nakładając strukturę Cobba–Douglasa na tę funkcję produkcji (w swej istocie nie będącą funkcją Cobba–Douglasa), możemy wyprowadzić czynnik „właściwej technologii”, zależny od zasobu czynników:

$$A_t(K_{it}, L_{it}^U, L_{it}^S) = \frac{y_{it}}{E_{it} K_{it}^\alpha (L_{it}^U + L_{it}^S)^{1-\alpha}}, \quad \alpha = \frac{1}{3}. \quad (2.8)$$

Rysunek 2.1: Światowa granica technologiczna w roku 2000 wyznaczona z wykorzystaniem danych z lat 1970–2000.



Źródło: opracowanie własne IBS.

Legenda: gwiazdkami oznaczono obserwacje empiryczne; linia ciągła oznacza efektywne technologie.

Światowa granica technologiczna, oszacowana z wykorzystaniem danych z lat 1970–2000, rozpięta jest przez następujące efektywne technologie (Tabela 2.2).

Zaskakujący może się wydawać wynik, że stare (ale nie nowe) technologie z Portugalii, Hiszpanii i Nebraski pozostają wciąż efektywne. Wynika to z faktu, że w latach

Tablica 2.2: Efektywne technologie w roku 2000.

Stan / Kraj	Rok	Stan / Kraj	Rok
Colorado	1970	Texas	1980
Florida	1970	Portugalia	1980
Nebraska	1970	Colorado	1985
Japonia	1970	Colorado	1990
Holandia	1970	Nevada	1995
Portugalia	1970	Utah	1995
Hiszpania	1970	Colorado	2000
Colorado	1975	Connecticut	2000
Nebraska	1975	Delaware	2000
Portugalia	1975	Nevada	2000
Hiszpania	1975	Utah	2000
Colorado	1980	Washington	2000
Nevada	1980		

Źródło: opracowanie własne IBS.

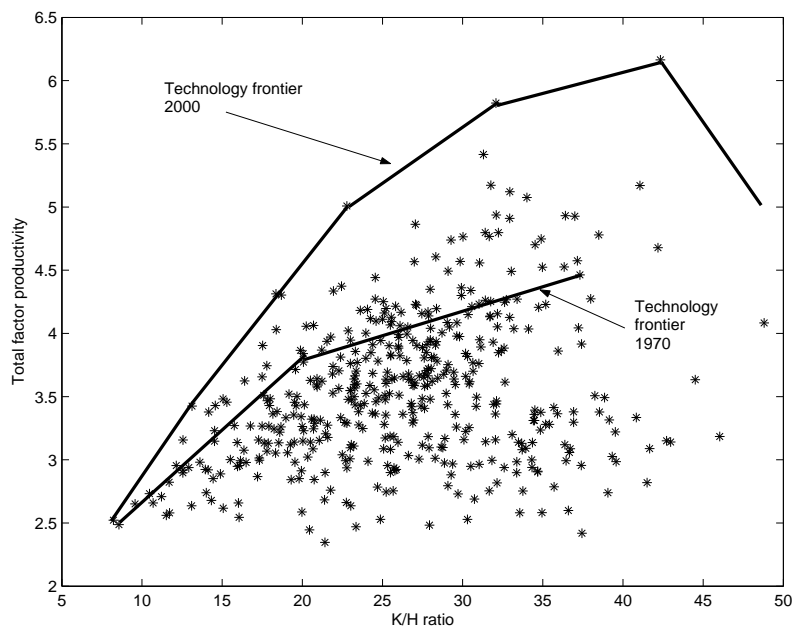
1970–1980 Portugalia i Hiszpania w bardzo dużym stopniu opierały swoją produkcję o niewykwalifikowaną siłę roboczą, będąc jednocześnie niedokapitalizowane i niedostatecznie wykształcone. Okazuje się, że żaden kraj nie był w stanie wykorzystywać pracę niewykwalifikowaną tak efektywnie później – oczywiście, produkowały one *więcej*, lecz wynikało to z większych zasobów czynników. Podobnie, Nebraska w latach 1970–75 była relatywnie niedokapitalizowana (jak na amerykańskie standardy), lecz jej produkt mimo to był wysoki. Dziś stara technologia z Nebraski pozostaje efektywna, ale jej wykorzystanie ma sens wyłącznie przy bardzo niskiej proporcji kapitału fizycznego do kapitału ludzkiego.

Całkowita produktywność czynników  $A_t$  została przedstawiona jako funkcja proporcji  $K/H$  w roku 2000 na Rysunku 2.1. Przedstawiona tam krzywa, czyli właściwie światowa granica technologiczna, oszacowana została z wykorzystaniem zarówno danych międzynarodowych, jak i danych o poszczególnych stanach USA, oraz wszystkich lat 1970–2000. Warto przy tym wspomnieć, że wiele technologii sprzed 2000r. wciąż pozostało efektywnych w roku 2000. Wynika to z faktu, że wraz z upływem czasu zmieniały się też proporcje czynników dostępnych w produkcji, więc pewnych technologii (wciąż efektywnych) nie opłacało się już później wykorzystać. Należy też pamiętać, że światowa granica technologiczna jest funkcją trzech zmiennych ( $K, L^U, L^S$ ), a na rysunku przedstawiono jedynie jej rzut na oś  $K/H = K/(L^U + L^S)$  (zgodnie z sugestią Jerzmanowskiego, 2007).

## 2.4.2 Nieneutralny postęp technologiczny

Warto też zwrócić uwagę, jak światowa granica technologiczna ewoluowała przez omawiane 30 lat (1970–2000). Widoczne jest to na Rysunku 2.2. Mimo, iż postęp technologiczny przesunął ową granicę w (niemalże) całej jej dziedzinie,<sup>4</sup> dwa efekty muszą zostać odnotowane: (i) postęp techniczny był najsilniejszy przy ilorazie  $K/H$  w okolicach 25–35, który jest „średnim zakresem” jak na rok 2000, (ii) podtrzymana akumulacja kapitału rozszerzyła obserwowaną granicę również w obszar większych wartości  $K/H$ , przekraczających 40. Dla niższych wartości tego ilorazu, postęp techniczny był wolniejszy, zaś dla  $K/H \approx 7$  (co miało miejsce w Hiszpanii i Portugalii około roku 1970), nie zaobserwowano w ogóle postępu technicznego (przynajmniej w naszych danych; możliwe jest, że w tym zakresie  $K/H$  pewien postęp dokonał się w krajach rozwijających się).

Rysunek 2.2: Kierunek postępu technicznego, 1970–2000.



Źródło: opracowanie własne IBS.

Legenda: gwiazdkami oznaczono technologie efektywne w 2000r. przy danym poziomie czynników produkcji.

Ciekawe jest też prześledzenie zmian indeksu efektywności technicznej  $E_{it}$  w poszczególnych krajach w latach 1970–2000. Ewolucja ta widoczna jest w Tabeli 2.3. Dla każdego z krajów obserwujemy znaczną zmienność czasową tej zmiennej, co może wiązać się z pojawianiem się w USA coraz to nowszych technologii rozpinających granicę

<sup>4</sup>Należy pamiętać, że Rys. 2.2 nie obejmuje całej, trójwymiarowej dziedziny  $A_t(K_{it}, L_{it}^U, L_{it}^S)$ . Technologie wykorzystywane w 1970 w Colorado, Florydzie, Nebrasce, Japonii, Holandii, Portugalii i Hiszpanii pozostały efektywne do roku 2000, ale kraje te przestały je wykorzystywać, gdyż w międzyczasie zdążyły zakumulować dodatkowy kapitał.



Tablica 2.3: Indeks efektywności technicznej  $E_{it}$  w poszczególnych latach.

Kraj	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Australia	0.8137	0.7690	0.7445	0.7491	0.6874	0.6773	0.6247
Austria	0.7638	0.7646	0.7940	0.7982	0.7949	0.7431	0.6549
Belgia	0.8693	0.8652	0.9020	0.8738	0.9140	0.8629	0.7484
Kanada	0.8367	0.8360	0.7588	0.7260	0.6667	0.6212	0.6446
Dania	0.7729	0.6880	0.7071	0.7351	0.7029	0.7226	0.6381
Finlandia	0.7475	0.7092	0.6851	0.7023	0.7153	0.5871	0.5795
Francja	0.8518	0.7977	0.8245	0.8281	0.8424	0.7607	0.6346
Niemcy	n/a	n/a	n/a	n/a	0.6256	0.6229	0.5487
Grecja	0.8020	0.7520	0.7819	0.7045	0.6553	0.5870	0.5664
Irlandia	0.9187	0.8107	0.7741	0.7143	0.7706	0.8233	0.9481
Włochy	0.9291	0.8962	1.0000	0.9656	0.9827	0.9025	0.7564
Japonia	1.0000	0.7124	0.6710	0.6746	0.7123	0.6458	0.4946
Holandia	1.0000	0.9860	0.9767	0.8471	0.7993	0.7438	0.6326
Norwegia	0.7466	0.7985	0.8674	0.8957	0.8544	0.8658	0.8074
Portugalia	1.0000	1.0000	1.0000	0.8391	0.9989	0.9276	0.8863
Hiszpania	1.0000	1.0000	0.9562	0.8938	0.9455	0.8073	0.7242
Szwecja	0.7889	0.7642	0.7343	0.7269	0.7269	0.6541	0.5759
Szwajcaria	0.8935	0.8736	0.9639	0.8573	0.8108	0.7056	0.5768
Wielka Brytania	0.8128	0.7905	0.7372	0.7617	0.7876	0.7486	0.7195
USA	0.9339	0.9135	0.9131	0.9078	0.8460	0.8359	0.8103

Źródło: opracowanie własne IBS.

technologiczną, które mogą zmienić ranking technologii poszczególnych krajów w nierównomierny sposób. Pewne trendy są jednak wyraźnie widoczne: efektywność techniczna w Australii, Kanadzie, Holandii, Szwecji i Szwajcarii (od 1980r.) spadała przez cały obserwowany okres, sugerując, iż zmiany efektywności technicznej mogły być najważniejszą siłą stojącą za słabszym wzrostem tych krajów w tym okresie, w porównaniu do USA. W Irlandii, z drugiej strony, efektywność techniczna początkowo spadała, po czym w 1985r. osiągnęła minimum, a od tego czasu zaczęła szybko rosnąć.

W Tabeli 2.3 raportujemy poziomy efektywności technicznej krajów. Tabela ta odnosi się jednak do granicy technologicznej, w której wyznaczeniu ważną rolę odegrały również poszczególne stany USA. Istotnym zastrzeżeniem jest tu fakt, że precyzja estymacji granicy technologicznej wzrasta w miarę przesuwania się od 1970 do 2000r. Można przypuszczać, że to właśnie z tego powodu np. bardzo silnie spadła efektywność Japonii pomiędzy 1970 a 1975r. Powstaje podejrzenie, że to nie jest pełnoprawna obserwacja empiryczna, lecz konsekwencja faktu, że efektywność Japonii w roku 1970 została znacznie przeszacowana (gdyż niedostępne są dane z wcześniejszych lat).

Tablica 2.4: Optymalny wybór technologii poszczególnych krajów w 2000r.

Kraj	Główna tech.	Udział	Druga tech.	Udział
Australia	Delaware 2000	0.5234	Nevada 2000	0.4416
Austria	Delaware 2000	0.9069	Holandia 1970	0.0931
Belgia	Delaware 2000	0.7326	Holandia 1970	0.2674
Kanada	Nevada 2000	0.5106	Delaware 2000	0.3773
Dania	Delaware 2000	0.7363	Holandia 1970	0.1533
Finlandia	Delaware 2000	0.6955	Holandia 1970	0.2990
Francja	Delaware 2000	0.8683	Holandia 1970	0.1248
Niemcy	Delaware 2000	1.0000		
Grecja	Nevada 2000	0.7219	Portugalia 1970	0.2021
Irlandia	Nevada 2000	0.4453	Hiszpania 1970	0.2848
Włochy	Holandia 1970	0.5088	Delaware 2000	0.4912
Japonia	Delaware 2000	0.9233	Holandia 1970	0.0767
Holandia	Delaware 2000	0.9218	Hiszpania 1975	0.0394
Norwegia	Delaware 2000	0.7173	Holandia 1970	0.2787
Portugalia	Hiszpania 1975	0.5664	Portugalia 1980	0.2739
Hiszpania	Delaware 2000	0.4644	Hiszpania 1975	0.4432
Szwecja	Delaware 2000	0.6905	Nevada 2000	0.1926
Szwajcaria	Delaware 2000	1.0000		
Wielka Brytania	Nevada 2000	0.8109	Delaware 2000	0.1351
USA	Delaware 2000	0.5790	Colorado 2000	0.3154

Źródło: opracowanie własne IBS.

### 2.4.3 Optymalny wybór technologii

Jeśli pierwszym krokiem jest poznanie poziomów efektywności poszczególnych krajów, tak w naturalny sposób drugim jest poznanie, jaki jest *optymalny* wybór technologii przy danych zasobach czynników, tak by efektywność tą zwiększyć do jedności. Metoda DEA pozwala udzielić odpowiedzi na to pytanie (udziałem  $i$ -tej technologii jest jej mnożnik  $\lambda_i$  z równania (2.3)). Wyniki te zostały podsumowane w Tabeli 2.4.

Kluczową implikacją Tabeli 2.4 jest fakt, że większość krajów najwięcej zyskałaby adoptując technologię ze stanu Delaware w roku 2000 (albo całkowicie, jak ma to miejsce w przypadku Niemiec i Szwajcarii, albo częściowo). Gdy dane państwo ma relatywnie mniejszy zasób kapitału, skorzystać może też z technologii z Holandii 1970, Hiszpanii 1970–1975 lub Nevady 2000.

#### 2.4.4 Optymalny wybór technologii w krajach NMS12

W dotychczasowych analizach pomijano nowe kraje członkowskie Unii Europejskiej, tzw. kraje NMS12 (ang. *New Member States*, jest 12 takich krajów). Mowa tu o 10 krajach, które przystąpiły to UE w roku 2004 (Cypr, Czechy, Estonia, Węgry, Łotwa, Litwa, Malta, Polska, Słowacja, Słowenia) oraz dwu, które dołączyły w 2007r. (Rumunia i Bułgaria).

Istnieją dwa powody, dla których kraje te nie zostały dołączone do głównego zbioru danych, lecz potraktowane osobno. Po pierwsze, dotyczące ich dane dostępne są zaledwie od roku 1990–1995 (w zależności od kraju), a dane dostatecznie rzetelne i jednocześnie nie zawierające w sobie konsekwencji gwałtownych zmian ustrojowych (w przypadku dominujących w tej grupie krajów postkomunistycznych), czyli takie, które można zastosować w bieżącej analizie, zaczynają się nie wcześniej niż w 1995r. To uniemożliwia dokonywanie rachunkowości wzrostu (brak wczesnego punktu startowego), ale i zwiększa ryzyko błędnego wyznaczenia zasobu kapitału fizycznego (krótki szereg czasowy wykorzystywany w metodzie *perpetual inventory*). Po drugie, dane dotyczące kapitału ludzkiego w tych krajach z konieczności wzięte zostały z bazy Barro i Lee (2001) – pozostałe dostępne bazy nie uwzględniają tych krajów – a o bazie tej wiemy, że obciążona jest pewnym błędem i nie jest kompatybilna z bazą D-D. Stąd też na uzyskane tu wyniki należy patrzeć z pewną dozą ostrożności.

Kraje NMS12 produkują, najogólniej rzecz biorąc, o wiele mniej w przeliczeniu na pracownika niż USA lub bogate kraje UE-15. Po części wynika to z ich znacznie gorszego wyposażenia w kapitał fizyczny i ludzki, ale pewną rolę mogą też w niektórych przypadkach odgrywać czynniki technologiczne. Dlatego też zasadne jest zbadanie dystansu tych krajów od światowej granicy technologicznej.

Estymacja światowej granicy technologicznej w roku 2000 została zatem przeprowadzona ponownie, z uwzględnieniem obserwacji z krajów NMS12 w latach 1995 i 2000 (Litwa, Łotwa i Estonia tylko w 1995 ze względu na niedostępność danych). Pojawiają się tu pewne zmiany: Bułgaria 1995, Łotwa 1995 oraz Malta 2000 okazują się efektywne technicznie, a zatem rozpinające granicę technologiczną, zaś niektóre obserwacje z lat 1970–1980 usunięte zostają z owej granicy. Oczywiście jest przy tym fakt, że kraje NMS12 mogą zwiększyć precyzję estymacji granicy technologicznej tylko w zakresie małych zasobów kapitału (i wręcz dramatycznie niskich ilorazów  $K/H$  – Bułgaria 1995, Łotwa 1995) lub niezwykle wysokich ilorazów  $L^U/L^S$  (Malta 2000). Optymalny wybór technologii w roku 2000 został zaprezentowany w Tabeli 2.5.

Tablica 2.5: Optymalny wybór technologii przez kraje NMS12 w 2000r.

Kraj	Główna tech.	Udział	Druga tech.	Udział
Bułgaria	Bułgaria 1995	0.9832	Nevada 1995	0.0168
Cypr	Nevada 2000	0.4651	Hiszpania 1970	0.3749
Czechy	Hiszpania 1970	0.6757	Nevada 2000	0.2211
Estonia (1995)	Łotwa 1995	0.7360	Nevada 2000	0.0926
Węgry	Portugalia 1970	0.3899	Nevada 2000	0.3447
Łotwa (1995)	Łotwa 1995	1.0000		
Litwa (1995)	Łotwa 1995	0.8359	Nevada 2000	0.0860
Malta	Malta 2000	1.0000		
Polska	Bułgaria 1995	0.5191	Portugalia 1970	0.3701
Rumunia	Bułgaria 1995	0.8276	Portugalia 1970	0.1078
Słowacja	Portugalia 1970	0.5403	Nevada 2000	0.2386
Słowenia	Hiszpania 1970	0.6567	Delaware 2000	0.2424

Źródło: opracowanie własne IBS.

## 2.5 Dekompozycja dystansu między krajami UE a USA, 2000

### 2.5.1 Rachunkowość poziomów PKB na pracownika

Dekompozycja dystansu między krajami UE a USA pod względem produktywności na pracownika przeprowadzona zostanie w oparciu o wyznaczoną powyżej światową granicę technologiczną. Iloraz PKB na pracownika w danym kraju i w USA rozbity będzie na następujące czynniki: (i) iloraz współczynników efektywności, (ii) ilorazy potencjalnego produktu, które przypisać można różnicom w wyposażeniu w poszczególne czynniki produkcji – kolejno, kapitał fizyczny, pracę niewykwalifikowaną i pracę wykwalifikowaną.

Ostatnia grupa czynników nie jednak wyznaczona jednoznacznie. Powodem tego jest fakt, że gdy oceniamy wpływ różnicy w zasobie jednego z czynników produkcji na produktywność, przy pozostałych zasobach niezmiennych, *możemy przyjąć różne poziomy pozostałych zasobów*: albo na poziomie USA, albo danego kraju, albo pewnej kombinacji tych możliwości. Dla dwóch czynników produkcji, np. kapitału fizycznego  $K$  i ludzkiego  $H$ , sytuacja jest względnie prosta, gdyż iloraz PKB na pracownika pomiędzy krajem  $C$  a USA można wówczas wyrazić w następujący sposób „idealny w sensie Fishera” (por.

Henderson i Russell, 2005):

$$\begin{aligned} \frac{y_C(K_C, H_C)}{y_U(K_U, H_U)} &= \frac{E_C}{E_U} \cdot \frac{y^*(K_C, H_C)}{y^*(K_U, H_U)} \\ &= \frac{E_C}{E_U} \cdot \underbrace{\sqrt{\frac{y^*(K_C, H_C)}{y^*(K_U, H_C)} \cdot \frac{y^*(K_C, H_U)}{y^*(K_U, H_U)}}}_{\text{różnica } K} \cdot \underbrace{\sqrt{\frac{y^*(K_C, H_C)}{y^*(K_C, H_U)} \cdot \frac{y^*(K_U, H_C)}{y^*(K_U, H_U)}}}_{\text{różnica } H} \end{aligned} \quad (2.9)$$

Jeśli jednak w grę wchodzi trzy czynniki, jak ma to miejsce w bieżącej analizie, sytuacja się nieco komplikuje: nie ma już pojedynczego „pozostałego czynnika”, który można by ustalić na poziomie  $C$  lub  $U$ , a w jego miejsce pojawiają się dwa „pozostałe czynniki”, które ustalić można na poziomach  $(C, C)$ ,  $(C, U)$ ,  $(U, C)$  lub  $(U, U)$ . Po odpowiedniej dozie przekształceń algebraicznych, otrzymujemy dekompozycję „idealną w sensie Fishera” następującej postaci:

$$\begin{aligned} \frac{y_C(K_C, H_C)}{y_U(K_U, H_U)} &= \frac{E_C}{E_U} \cdot \frac{y^*(K_C, H_C)}{y^*(K_U, H_U)} \\ &= \frac{E_C}{E_U} \cdot K \text{ diff} \cdot L^U \text{ diff} \cdot L^S \text{ diff} \end{aligned} \quad (2.10)$$

gdzie

$$\begin{aligned} K \text{ diff} &= \sqrt[6]{\left(\frac{y^*(K_C, L_C^U, L_C^S)}{y^*(K_U, L_C^U, L_C^S)}\right)^2 \frac{y^*(K_C, L_C^U, L_C^S)}{y^*(K_U, L_C^U, L_C^S)} \frac{y^*(K_C, L_U^U, L_C^S)}{y^*(K_U, L_U^U, L_C^S)} \left(\frac{y^*(K_C, L_U^U, L_C^S)}{y^*(K_U, L_U^U, L_C^S)}\right)^2}, \\ L^U \text{ diff} &= \sqrt[6]{\left(\frac{y^*(K_C, L_C^U, L_C^S)}{y^*(K_C, L_U^U, L_C^S)}\right)^2 \frac{y^*(K_C, L_C^U, L_C^S)}{y^*(K_C, L_U^U, L_C^S)} \frac{y^*(K_U, L_C^U, L_C^S)}{y^*(K_U, L_U^U, L_C^S)} \left(\frac{y^*(K_U, L_C^U, L_C^S)}{y^*(K_U, L_U^U, L_C^S)}\right)^2}, \\ L^S \text{ diff} &= \sqrt[6]{\left(\frac{y^*(K_C, L_C^U, L_C^S)}{y^*(K_C, L_C^U, L_U^S)}\right)^2 \frac{y^*(K_C, L_C^U, L_C^S)}{y^*(K_C, L_C^U, L_U^S)} \frac{y^*(K_U, L_C^U, L_C^S)}{y^*(K_U, L_C^U, L_U^S)} \left(\frac{y^*(K_U, L_C^U, L_C^S)}{y^*(K_U, L_C^U, L_U^S)}\right)^2}. \end{aligned}$$

Zwróćmy uwagę, że w każdym z powyższych ułamków, licznik i mianownik różnią się jedną tylko zmienną – tą, której wkład w łączny iloraz PKB na pracownika jest obecnie mierzony.

Wyniki obliczeń numerycznych dla dekompozycji (2.10) przedstawione zostały w Tabeli 2.6. „ $H$  diff” oznacza łączny wkład różnic w kapitale ludzkim, jest więc iloczynem  $L^U$  diff i  $L^S$  diff.

## 2.5.2 Efektywność vs. „właściwa technologia”

Granica technologiczna wyznaczona metodą nieparametryczną posłużyć może też nieco innej dekompozycji poziomów, mianowicie pomiędzy iloraz efektywności, czynniki obejmujące różnice w zasobach poszczególnych czynników produkcji, oraz iloraz współczyn-

Tablica 2.6: Dekompozycja różnicy w PKB na pracownika pomiędzy poszczególnymi krajami a USA, 2000r.

Kraj	Iloraz PKB	Efektywność	$K$ diff	$L^U$ diff	$L^S$ diff	$H$ diff
Australia	0.7544	0.7709	0.9763	1.0179	0.9847	1.0023
Austria	0.8712	0.8082	1.0606	1.0704	0.9495	1.0163
Belgia	0.8926	0.9235	1.0406	1.1296	0.8222	0.9288
Kanada	0.7426	0.7955	0.9392	0.9940	1.0000	0.9940
Dania	0.7521	0.7874	1.0142	1.1193	0.8414	0.9418
Finlandia	0.6737	0.7152	1.0230	1.1354	0.8110	0.9208
Francja	0.8242	0.7831	1.0490	1.0775	0.9310	1.0032
Niemcy	0.7605	0.6771	1.0779	1.0418	1.0001	1.0419
Grecja	0.4781	0.6989	0.7581	1.1177	0.8073	0.9023
Irlandia	0.8811	1.1700	0.8564	1.1249	0.7817	0.8793
Włochy	0.7581	0.9334	1.0090	1.2324	0.6531	0.8049
Japonia	0.6643	0.6104	1.0626	1.0676	0.9594	1.0243
Holandia	0.8451	0.7807	1.0549	1.0640	0.9645	1.0262
Norwegia	0.9527	0.9964	1.0403	1.1352	0.8097	0.9191
Portugalia	0.5069	1.0938	0.8603	1.9676	0.2738	0.5387
Hiszpania	0.6613	0.8937	0.9265	1.2656	0.6311	0.7987
Szwecja	0.6939	0.7106	0.9928	1.0619	0.9261	0.9835
Szwajcaria	0.8096	0.7118	1.0820	1.0537	0.9976	1.0512
Wielka Brytania	0.7338	0.8879	0.8631	1.0341	0.9261	0.9576

Źródło: opracowanie własne IBS.

ników „właściwej technologii”, obejmujących różnice w maksymalnej dostępnej produktywności przy danych zasobach czynników. Wyprowadzenie czynnika „właściwej technologii” wymaga niestety przyjęcia pomocniczego założenia funkcji Cobba–Douglasa. Jeśli jednakże założenie to jest z gruntu złe, wówczas i wyniki poniższej dekompozycji należałoby zignorować. Nie mamy jednak podstaw, by móc wysunąć taki wniosek.

Dekompozycja pomiędzy efektywność i właściwą technologię, bazująca na równaniu (2.4) oraz pomocniczym założeniu doskonałej substytucyjności między pracą wykwalifikowaną a niewykwalifikowaną (przyjętym, by zapewnić zgodność metodologiczną z dotychczasową literaturą), polega na przeprowadzeniu następującego rozbitcia:

$$\frac{y_C(K_C, L_C^U, L_C^S)}{y_U(K_U, L_U^U, L_U^S)} = \underbrace{\frac{E_C}{E_U}}_{\text{efektywność}} \cdot \underbrace{\frac{A(K_C, L_C^U, L_C^S)}{A(K_U, L_U^U, L_U^S)}}_{\text{właściwa tech.}} \cdot \underbrace{\frac{K_C^\alpha}{K_U^\alpha}}_{K \text{ diff}} \cdot \underbrace{\frac{(L_C^U + L_C^S)^{1-\alpha}}{(L_U^U + L_U^S)^{1-\alpha}}}_{H \text{ diff}}, \quad (2.11)$$

gdzie  $\alpha = 1/3$ .

Wyniki tego ćwiczenia zaprezentowano w Tabeli 2.7. Z tabeli tej dowiadujemy się,

Tablica 2.7: Dekompozycja oparta na założeniu funkcji Cobba–Douglasa: efektywność vs. „właściwa technologia”, 2000r.

Kraj	Iloraz PKB	Efektywność	Techn.	<i>K</i> diff	<i>H</i> diff
Australia	0.7544	0.7709	0.9640	0.9857	1.0299
Austria	0.8712	0.8082	0.9243	1.0654	1.0947
Belgia	0.8926	0.9235	0.8051	1.0691	1.1229
Kanada	0.7426	0.7955	0.9509	0.9665	1.0157
Dania	0.7521	0.7874	0.9803	1.0148	0.9601
Finlandia	0.6737	0.7152	0.9136	1.0255	1.0055
Francja	0.8242	0.7831	0.9899	1.0411	1.0212
Niemcy	0.7605	0.6771	0.9461	1.0478	1.1328
Grecja	0.4781	0.6989	0.7734	0.8520	1.0381
Irlandia	0.8811	1.1700	0.8627	0.9022	0.9675
Włochy	0.7581	0.9334	0.7841	1.0086	1.0270
Japonia	0.6643	0.6104	1.0210	1.0612	1.0046
Holandia	0.8451	0.7807	0.9560	1.0417	1.0871
Norwegia	0.9527	0.9964	0.9057	1.0965	0.9628
Portugalia	0.5069	1.0938	0.6950	0.8562	0.7788
Hiszpania	0.6613	0.8937	0.8061	0.9366	0.9801
Szwecja	0.6939	0.7106	1.0256	0.9957	0.9562
Szwajcaria	0.8096	0.7118	0.9752	1.1019	1.0584
Wielka Brytania	0.7338	0.8879	0.9262	0.9166	0.9736

Źródło: opracowanie własne IBS.

że przy założeniu Cobba–Douglasa, rola wyposażenia w czynniki produkcji jest znacznie niższa, niż w przypadku podejścia nieparametrycznego (*K* diff oraz *H* diff są teraz istotnie bliższe jedności), zaś istotna część różnicy w produktywności, wcześniej przypisywana wyposażeniu w czynniki, przechodzi na rzecz czynnika „właściwej technologii”, czy też „TFP zależnego od zasobów czynników”. W krajach takich jak Belgia czy Włochy, nieadekwatność stosowanej technologii zdaje się wyjaśniać większość różnicy w produktywności. Są też jednakże istotne kontrprzykłady: Japonia i Szwecja mogłyby produkować więcej niż USA przy ich zasobach czynników, (ich iloraz potencjalnego TFP przekracza 1), jednak nie czynią tak ze względu na znacznie niższą techniczną efektywność.

### 2.5.3 Rachunkowość poziomów dla krajów NMS12

Korzystając z granicy technologicznej wyznaczonej z wykorzystaniem danych odnośnie krajów NMS12 wyznaczono również dekompozycję różnic w poziomach produktywno-

ści na pracownika między poszczególnymi krajami NMS12 oraz USA. Wyodrębniono te same czynniki, co powyżej, a wyniki podsumowano w Tabeli 2.8. Ze względu na fakt, że proporcje  $L^U/L^S$  w niektórych krajach NMS12 okazały się być bardzo odległe od ich odpowiedników w krajach z głównej listy państw (oraz w stanach USA), dekompozycję przeprowadzono przy założeniu doskonałej substytucyjności pracy wykwalifikowanej i niewykwalifikowanej (tj. z wykorzystaniem zagregowanych danych o kapitale ludzkim).

Tablica 2.8: Dekompozycja dystansu pomiędzy krajami NMS12 a USA w 2000r.

Kraj	Iloraz PKB	Efektywność	$K$ diff	$H$ diff
Bułgaria	0.2098	1.1161	0.1882	0.9986
Cypr	0.6206	1.1064	0.6824	0.8219
Czechy	0.3617	0.6604	0.7258	0.7547
Estonia (1995)	0.2387	1.0410	0.3519	0.6518
Węgry	0.3546	0.7565	0.6334	0.7401
Łotwa (1995)	0.1939	1.2511	0.2365	0.6556
Litwa (1995)	0.2184	1.0155	0.3176	0.6770
Malta	0.7398	0.9338	0.8803	0.9000
Polska	0.2481	0.9045	0.3413	0.8037
Rumunia	0.1626	0.6948	0.2449	0.9558
Słowacja	0.2631	0.7500	0.5108	0.6868
Słowenia	0.5288	0.8457	0.7804	0.8013

Źródło: opracowanie własne IBS.

Tabela 2.9 przedstawia wyniki dekompozycji opartej na pomocniczym założeniu funkcji Cobba-Douglasa: iloraz produktywności został tam rozłożony na iloraz indeksów efektywności, czynnika „właściwej technologii” oraz różnic w zasobach czynników produkcji.

Z tabeli tej dowiadujemy się, że występują dwie zasadnicze przyczyny, ze względu na które dystans większości krajów NMS względem USA jest tak duży: po pierwsze, są one bardzo niedokapitalizowane; a po drugie, przy ich zasobach technologii, nie istnieje technologia pozwalająca im produkować tak wiele, jak czyni to USA (również w przeliczeniu na jednostkę kapitału). Przykładowo, Bułgaria w 1995r. wykorzystywała swe zasoby czynników efektywnie<sup>5</sup>, ale brakowało jej dramatycznie nie tylko kapitału, ale i przyzwoitej technologii, pozwalającej produkować więcej przy takich zasobach czynników: graniczne TFP dla bułgarskiej konfiguracji czynników wynosiło tylko 55% granicznego TFP dla konfiguracji czynników, która charakteryzuje USA.

<sup>5</sup>Należy pamiętać, że pojęcie „efektywnie” odnosi się do porównań z innymi krajami w bazie danych. Być może gdyby do bazy tej włączyć również pewne kraje rozwijające się, Bułgaria 1995 przestałaby rozpinąć granicę technologiczną.



Tablica 2.9: Dekompozycja dystansu między krajami NMS12 a USA w 2000r. przy założeniu funkcji Cobba-Douglasa. Efektywność vs. „właściwa technologia”.

Kraj	Iloraz PKB	Efekt.	Techn.	$K$ diff	$H$ diff
Bułgaria	0.2098	1.1161	0.4416	0.4504	0.9449
Cypr	0.6206	1.1064	0.8472	0.7915	0.8366
Czechy	0.3617	0.6604	0.8565	0.7944	0.8050
Estonia (1995)	0.2387	1.0410	0.5265	0.5679	0.7670
Węgry	0.3546	0.7565	0.7836	0.7491	0.7986
Łotwa (1995)	0.1939	1.2511	0.4342	0.4616	0.7734
Litwa (1995)	0.2184	1.0155	0.5089	0.5436	0.7773
Malta	0.7398	0.9338	1.0158	0.8976	0.8689
Polska	0.2481	0.9045	0.5627	0.5865	0.8311
Rumunia	0.1626	0.6948	0.4996	0.5170	0.9060
Słowacja	0.2631	0.7500	0.6688	0.6752	0.7769
Słowenia	0.5288	0.8457	0.9122	0.8291	0.8269

Źródło: opracowanie własne IBS.

## 2.6 Dekompozycja wzrostu PKB na pracownika, 1970–2000

### 2.6.1 Rachunkowość wzrostu

Ćwiczenie rachunkowości wzrostu zostało również przeprowadzone w oparciu o granicę technologiczną wyznaczoną nieparametrycznie. Ćwiczenie to polega na rozbiciu całkowitego przyrostu PKB na pracownika w poszczególnych krajach, w latach 1970–2000, na cząstkowe wkłady (i) zmian w efektywności technicznej, tj. odległości względem światowej granicy technologicznej, (ii) postępu technologicznego na owej granicy, (iii) akumulacji czynników.

W porównaniu z rachunkowością poziomów, pojawia się tu jeden dodatkowy czynnik, który należy wyodrębnić: postęp technologiczny na granicy, który przesuwa ową granicę naprzód, przez co potencjalna produktywność ulega zwiększeniu. Formalnie rzecz biorąc, przy trzech czynnikach produkcji,  $K$ ,  $L^U$ ,  $L^S$ , rozbicie „idealne w sensie Fishera” (zob. Henderson i Russell, 2005) ilorazu produktywności na pracownika 2000/1970 wyraża się

następującym wzorem (stosując oznaczenia  $s = 1970, n = 2000$ ):

$$\begin{aligned} \frac{y_n(K_n, L_n^U, L_n^S)}{y_s(K_s, L_s^U, L_s^S)} &= \frac{E_n}{E_s} \cdot \frac{y_n^*(K_n, L_n^U, L_n^S)}{y_s^*(K_s, L_s^U, L_s^S)} = & (2.12) \\ &= \underbrace{\frac{E_n}{E_s}}_{\text{efektywność}} \cdot \underbrace{\sqrt{\frac{y_n^*(K_n, L_n^U, L_n^S)}{y_s^*(K_n, L_n^U, L_n^S)} \frac{y_s^*(K_s, L_s^U, L_s^S)}{y_s^*(K_s, L_s^U, L_s^S)}}}_{\text{postęp techn.}} \cdot \underbrace{\sqrt{\frac{y_n^*(K_n, L_n^U, L_n^S)}{y_n^*(K_s, L_s^U, L_s^S)} \frac{y_s^*(K_n, L_n^U, L_n^S)}{y_s^*(K_s, L_s^U, L_s^S)}}}_{\text{akumulacja czynników}}. \end{aligned}$$

Dekompozycja wzrostu PKB, zdefiniowana równaniem (2.12) wyodrębnia dynamiczne zmiany w efektywności technicznej, przesunięcia granicy technologicznej, a także wpływ akumulacji czynników po odfiltrowaniu przesunięć granicy technologicznej. Co więcej, każdy z dwóch czynników składających się na związaną z „akumulacją czynników” część powyższego równania, powinien być dodatkowo zdekomponowany tak, jak opisano to w równaniu (2.10), tak by osobno uwzględniony został wkład akumulacji każdego z czynników produkcji we wzrost produktywności.

Tabela 2.10 podsumowuje wyniki rachunkowości wzrostu dla badanej grupy krajów. Widzimy, iż niezwykle osiągnięcia Irlandii pod względem wzrostu gospodarczego związane są (zgodnie z oczekiwaniami) przede wszystkim z szybką akumulacją kapitału i umiejętnością czerpania korzyści z wypracowywanego głównie w innych krajach światowego postępu technologicznego. Te same czynniki były kluczowe również w przypadku Japonii, lecz łączny rezultat był nieco słabszy w przypadku Japonii ze względu na silny spadek współczynnika efektywności technicznej w badanym okresie. Ważna grupa krajów, obejmująca Holandię, Szwecję, Finlandię i Norwegię, swój przyrost produktywności zawdzięcza w największej mierze poprawie jakości wykształcenia społeczeństwa. Wpływ postępu technologicznego najsilniej odczuwalny był w Szwajcarii i w USA, podczas gdy Portugalia i Grecja skorzystały z jego dobrodziejstw w najmniejszym stopniu. Oba kraje należą bowiem do grupy krajów naj słabiej dokapitalizowanych i naj słabiej wykształconych, a więc takich, którym najtrudniej jest (lub wręcz się nie opłaca) adoptować najnowsze technologie.

## 2.6.2 Przesunięcia granicy technologicznej a przesunięcia wzdłuż granicy technologicznej

Powracając do pomocniczego założenia funkcji Cobba–Douglasa, iloraz produktywności 2000/1970 może zostać zdekomponowany pomiędzy cząstkowe wkłady: (i) zmian w efektywności technicznej (tj. dystansu do światowej granicy technologicznej, ŚGT), (ii) postępu technologicznego (tj. przesunięć owej granicy), (iii) zmian w czynniku „właściwej technologii” przy danej granicy (tj. przesuwania się krajów wzdłuż owej granicy) oraz (iv) akumulacji czynników. Zwróćmy uwagę, że zasadniczo rzecz biorąc, graniczne TFP (będące funkcją zasobów czynników produkcji) jest zależne od czasu i może wzrastać dzięki nowym osiągnięciom badawczym – co znacznie komplikuje analizę.

Tablica 2.10: Dekompozycja wzrostu produktywności na pracownika w okresie 1970–2000.

Kraj	PKB	Efekt.	Techn.	$K$ diff	$L^U$ diff	$L^S$ diff	$H$ diff
Australia	1.4896	0.7678	1.3935	1.1710	0.9227	1.2885	1.1890
Austria	1.9269	0.8575	1.4597	1.3070	0.9942	1.1846	1.1778
Belgia	1.7902	0.8609	1.3714	1.1884	0.9932	1.2846	1.2759
Kanada	1.4426	0.7704	1.4163	1.2588	0.6149	1.7080	1.0503
Dania	1.4687	0.8256	1.3857	1.1518	0.9861	1.1303	1.1146
Finlandia	1.8019	0.7753	1.3305	1.1165	0.7220	2.1671	1.5645
Francja	1.7534	0.7450	1.4171	1.2488	0.7259	1.8320	1.3299
Grecja	1.4765	0.7062	1.1909	1.3817	0.9536	1.3325	1.2707
Irlandia	2.9088	1.0320	1.2112	2.5160	0.6818	1.3565	0.9249
Włochy	1.6992	0.8140	1.2356	1.0840	0.9520	1.6369	1.5584
Japonia	1.9971	0.4946	1.4218	2.5008	0.6507	1.7452	1.1356
Holandia	1.3746	0.6326	1.3326	1.0418	0.4924	3.1786	1.5652
Norwegia	1.9835	1.0814	1.3542	1.0633	0.6857	1.8577	1.2737
Portugalia	1.9022	0.8863	1.1733	1.6664	0.6588	1.6664	1.0977
Hiszpania	1.7849	0.7242	1.2073	1.3288	0.9340	1.6448	1.5363
Szwecja	1.3726	0.7300	1.3881	1.0688	0.5015	2.5274	1.2674
Szwajcaria	1.2044	0.6455	1.6201	1.0530	0.9680	1.1297	1.0936
Wielka Brytania	1.7615	0.8852	1.3124	1.3184	0.8858	1.2983	1.1501
USA	1.6486	0.8677	1.5633	1.2758	0.6247	1.5249	0.9526

Źródło: opracowanie własne IBS.

Formalnie rzecz biorąc, dekompozycja „idealna w sensie Fishera”, uwzględniająca w pełni skutki postępu technologicznego, wyraża się następującym wzorem:

$$\frac{y_n(\mathbf{x}_n)}{y_s(\mathbf{x}_s)} = \underbrace{\frac{E_n}{E_s}}_{\text{efektywność}} \cdot \underbrace{\frac{A_n(\mathbf{x}_n)}{A_s(\mathbf{x}_s)}}_{\text{przesunięcia } \acute{S}\text{GT}} \cdot \underbrace{\frac{K_n^\alpha}{K_s^\alpha}}_{K \text{ diff}} \cdot \underbrace{\frac{(L_n^U + L_n^S)^{1-\alpha}}{(L_s^U + L_s^S)^{1-\alpha}}}_{H \text{ diff}}, \quad (2.13)$$

$$\text{gdzie } \frac{A_n(\mathbf{x}_n)}{A_s(\mathbf{x}_s)} = \underbrace{\sqrt{\frac{A_n(\mathbf{x}_n)}{A_s(\mathbf{x}_n)} \frac{A_n(\mathbf{x}_s)}{A_s(\mathbf{x}_s)}}}_{\text{przesunięcia } \acute{S}\text{GT}} \cdot \underbrace{\sqrt{\frac{A_n(\mathbf{x}_n)}{A_n(\mathbf{x}_s)} \frac{A_s(\mathbf{x}_n)}{A_s(\mathbf{x}_s)}}}_{\text{ruch wzdłuż } \acute{S}\text{GT}},$$

gdzie dla uproszczenia przyjęto oznaczenie  $\mathbf{x}_i = (K_i, L_i^U, L_i^S)$ ,  $i = n, s$ .

Wyniki tej dekompozycji zawarto w Tabeli 2.11. Pierwszym wnioskiem z tej tabeli jest obserwacja, że to przesunięcia  $\acute{S}\text{GT}$  związane z postępow technologicznym były kluczowym czynnikiem determinującym wzrost gospodarczy we wszystkich badanych krajach wyjąwszy Portugalię (i być może Grecję). W kilku interesujących przypadkach, ruch

wzdłuż granicy technologicznej okazał się jednak dodatkową siłą sprzyjającą poprawie produktywności: w szczególności dotyczy to Irlandii i Portugalii, i w nieco mniejszym stopniu Hiszpanii, Japonii i Grecji. Obserwujemy też, że przesunięcia wzdłuż granicy technologicznej są silnie skorelowane z akumulacją kapitału fizycznego: oba te czynniki są najsilniejsze w tej samej grupie krajów, obejmującej Japonię, Irlandię, Portugalie i Hiszpanię.

Tablica 2.11: Dekompozycja przyrostu produktywności na pracownika w okresie 1970–2000. Efektywność przesunięcia światowej granicy technologicznej oraz ruch wzdłuż światowej granicy technologicznej.

Kraj	Iloraz PKB	Efekt.	ŚGT	Wzdłuż ŚGT	<i>K</i> diff	<i>H</i> diff
Australia	1.4896	0.8276	1.4314	0.9495	1.1699	1.1319
Austria	1.9269	0.8974	1.5078	0.9654	1.3048	1.1305
Belgia	1.7902	0.8680	1.5503	0.9057	1.2705	1.1561
Kanada	1.4426	0.7905	1.3638	1.0067	1.1968	1.1105
Dania	1.4687	0.7984	1.5043	1.0030	1.1731	1.0393
Finlandia	1.8019	0.8437	1.4444	0.9592	1.2105	1.2734
Francja	1.7534	0.7970	1.4880	0.9882	1.2843	1.1650
Grecja	1.4765	0.7006	1.1977	1.1453	1.2176	1.2619
Irlandia	2.9088	0.9631	1.1757	1.5634	1.4202	1.1569
Włochy	1.6992	0.8688	1.4732	0.8980	1.1813	1.2515
Japonia	1.9971	0.5300	1.4179	1.2990	1.5943	1.2834
Holandia	1.3746	0.7561	1.6562	0.8597	1.0885	1.1730
Norwegia	1.9835	1.1016	1.5698	0.9508	1.2051	1.0011
Portugalia	1.9022	0.7286	1.0941	1.4893	1.4401	1.1126
Hiszpania	1.7849	0.6260	1.2776	1.2479	1.3645	1.3107
Szwecja	1.3726	0.8067	1.4851	0.9286	1.1147	1.1068
Szwajcaria	1.2044	0.6455	1.6922	0.8559	1.1427	1.1273
Wielka Brytania	1.7615	0.9247	1.2729	1.1120	1.1995	1.1220
USA	1.6486	0.8570	1.4268	1.0345	1.2244	1.0645

Źródło: opracowanie własne IBS.

## 2.7 Podsumowanie

### 2.7.1 Wyniki

Przedstawione w bieżącym rozdziale badanie doprowadziło, po pierwsze, do dekompozycji dystansu pomiędzy poszczególnymi krajami UE a Stanami Zjednoczonymi pod względem PKB w przeliczeniu na jednego pracownika. Po drugie zaś, posłużyło ono również

analizie dynamiki owej produktywności w czasie w poszczególnych krajach, a zatem też identyfikacji przyczyn, dla których jedne kraje rosły szybciej niż inne.

Dokonanie owych dekompozycji oparte zostało o konstrukt światowej granicy technologicznej, tj. funkcji przypisującej poszczególnym kombinacjom czynników produkcji odpowiadającą im maksymalną dostępną produktywność. Granica owa wyznaczona została za pomocą nieparametrycznej metody DEA, a do jej wyznaczenia wykorzystano nie tylko dane międzynarodowe, ale również dane dotyczące produktywności w poszczególnych stanach USA. Wykorzystanie tych danych istotnie zwiększyło precyzję otrzymanych tu wyników, gdyż USA są bardzo wysoko rozwinięte technologicznie (w istocie we wszystkich innych badaniach, w których brano USA jako całość, rozpinają one granicę technologiczną), a jednocześnie dość wyraźnie zróżnicowane wewnętrznie. Nasze wyniki wskazują, że światowa granica technologiczna rozpinana jest przez szereg stanów USA takich, jak Delaware, Connecticut, Colorado i Nevada; USA jako całość znajdują się znacznie poniżej owej granicy. Dodatkowym krokiem w stronę poprawy precyzji otrzymanych wyników jest uwzględnienie niedoskonałej substytucyjności pomiędzy pracą wykwalifikowaną i niewykwalifikowaną (por. Caselli i Coleman, 2006).

Dekompozycja przeprowadzona z wykorzystaniem metody DEA pozwoliła na wyodrębnienie następujących składników PKB na pracownika: (i) efektywność techniczna, (ii) maksymalna produktywność wynikająca z granicy technologicznej (możliwa do osiągnięcia pod warunkiem uzyskania 100% efektywności technicznej). W przypadku rachunkowości poziomów zmiennych, iloraz produktywności w dwóch krajach rozbity został na (i) iloraz efektywności technicznej oraz (ii) wkłady różnic w zasobach poszczególnych czynników w różnicę w maksymalnej produktywności (wynikającej z granicy technologicznej). W odniesieniu do rachunkowości wzrostu, iloraz produktywności danego kraju w roku 2000 i 1970 rozbity został na (i) iloraz efektywności technicznej, (ii) czynnik postępu technologicznego przesuwającego granicę technologiczną, (iii) skutki akumulacji poszczególnych czynników dla maksymalnej dostępnej produktywności (wynikającej z granicy technologicznej).

Dodatkowo wykorzystano także pomocnicze założenie funkcji Cobba-Douglasa, które pozwoliło na wyodrębnienie dodatkowego czynnika w funkcji produkcji, tzw. czynnika „właściwej technologii”, mówiącego jaka jest maksymalna dostępna całkowita produktywność czynników (TFP) przy danych zasobach czynników produkcji. W przypadku rachunkowości poziomów zmiennych, dekompozycja taka umożliwia uzyskanie następujących czynników: (i) iloraz efektywności, (ii) czynnik „właściwej technologii” czyli iloraz maksymalnego dostępnego TFP przy danych zasobach czynników, (iii) czynniki wynikające z różnic w zasobach poszczególnych czynników produkcji. Podobnie, w przypadku rachunkowości wzrostu, iloraz PKB na pracownika w latach 2000 i 1970 rozbity został pomiędzy (i) zmianę efektywności, (ii) czynnik postępu technologicznego, wiążący się z przesunięciem w górę światowej granicy technologicznej, (iii) czynnik „właściwej technologii” odzwierciedlający przesunięcie się danego kraju wzdłuż dostępnej granicy technologicznej (której przesunięcie jest tu ofiltrowywane), a więc obrazujący zmianę jego zdolności do adopcji najbardziej produktywnych technologii, oraz (iv) akumulację

poszczególnych czynników produkcji.

## 2.7.2 Wnioski

Z uzyskanych rezultatów wypływają następujące wnioski dla polityki gospodarczej.

1. Kraje o niskich zasobach kapitału fizycznego oraz pracy wykwalifikowanej mogą nadganiać dystans gospodarczy poprzez akumulację tych czynników. Dodatkową korzyścią, którą będą one równolegle odnosić, będzie uzyskanie dostępu do coraz bardziej efektywnych technologii. Akumulacja czynników w krajach już dobrze w nie wyposażonych nie pozwala odnieść tej dodatkowej korzyści.
2. Wiele krajów UE-15 (głównie Europa „kontynentalna” oraz Skandynawia, także Grecja) charakteryzuje się bardzo niską efektywnością techniczną wykorzystania czynników. Dzięki przeprowadzeniu odpowiednich reform, mających na celu np. zmianę struktury sektorowej gospodarki, mogą one produkować o wiele więcej nawet przy obecnych zasobach kapitału oraz pracy wykwalifikowanej.
3. Nowe kraje członkowskie UE charakteryzują się znacznie niższym zasobem kapitału fizycznego niż kraje UE-15 oraz USA. Intensyfikacja akumulacji tego właśnie czynnika wydaje się dla tych krajów najlepszą metodą na przyspieszenie konwergencji względem krajów wyżej rozwiniętych. Różnice pod względem kapitału ludzkiego oraz efektywności technicznej też są na ogół (w szczególności w przypadku Polski) zauważalne, lecz zwrot z inwestycji w czynniki te jest wyraźnie niższy niż z inwestycji w kapitał fizyczny.<sup>6</sup>
4. Różnice pod względem kapitału ludzkiego są natomiast kluczową przyczyną utrzymywania się dystansu krajów śródziemnomorskich (Portugalii, Hiszpanii, Włoch i Grecji) względem USA. Dla krajów tych najlepszą metodą na przyspieszenie konwergencji względem USA i wyżej rozwiniętych krajów UE jest więc intensyfikacja akumulacji kapitału ludzkiego.<sup>7</sup> W przypadku Grecji jest też pole do zwiększania efektywności technicznej procesu produkcyjnego oraz akumulacji kapitału fizycznego.

---

<sup>6</sup> „Akumulację kapitału fizycznego” należy rozumieć szeroko, włączając weni (i) inwestowanie w dobra kapitałowe, (ii) modernizację wykorzystywanych w produkcji dóbr kapitałowych, (iii) wdrażanie nowoczesnych urządzeń i metod działania służących efektywniejszemu wytwarzaniu produktu w poszczególnych sektorach gospodarki, a także (iv) rozwijanie relatywnie kapitałochłonnych branż gospodarki kosztem branż relatywnie pracochłonnych.

<sup>7</sup> „Akumulację kapitału ludzkiego” należy interpretować jako (i) dbałość o wysoki poziom edukacji w szkołach i na uczelniach, (ii) umożliwienie jak najszerszym grupom społecznym udziału w procesie edukacyjnym na jak największej liczbie szczebli, (iii) wytwarzanie warunków, by osoby najlepiej wykwalifikowane znajdowały w kraju pracę odpowiadającą ich kwalifikacjom, (iv) dbałość o odpowiednią proporcję absolwentów kierunków technicznych i nietechnicznych.

# Rozdział 3

## Jednostkowe produktywności czynników w krajach Unii Europejskiej i USA

### 3.1 Cel badania

Analizy przeprowadzone w poprzednim rozdziale dostarczyły szczegółowych informacji odnośnie dekompozycji różnic w PKB *per capita* między krajami UE a Stanami Zjednoczonymi pomiędzy składowe związane z zasobami czynników produkcji, składową technologiczną oraz efektywność techniczną. Dzięki zastosowanej tam metodzie nieparametrycznej (metoda DEA), uzyskane wyniki odporne są na krytykę związaną z ewentualną nieadekwatnością kształtu funkcji produkcji, która w istocie może być tam dowolna. Z drugiej jednak strony, brak konkretnej parametrycznej specyfikacji funkcji produkcji sprawia, że niemożliwe jest wyznaczenie *jednostkowych produktywności czynników* (JPC) oraz ich zmian w czasie. Niemożliwe będzie więc udzielenie odpowiedzi na pytanie, czy różnice w produktywności wynikają z niejednakowej produktywności kapitału fizycznego, czy też pracy niewykwalifikowanej bądź wykwalifikowanej.

Celem niniejszego rozdziału jest uzupełnienie tego niedostatku, a więc wyznaczenie jednostkowych produktywności poszczególnych czynników produkcji – kapitału, pracy niewykwalifikowanej oraz pracy wykwalifikowanej – w krajach UE oraz USA (a także, dla porównania, w innych krajach OECD: Australii, Kanadzie, Japonii, Norwegii i Szwajcarii) w latach 1970–2000. Krok ten wykonany być może wyłącznie przy przyjęciu, że zagregowana funkcja produkcji należy do pewnej, zdefiniowanej parametrycznie, klasy. Badanie zdecydowano się oprzeć o zagnieżdżone funkcje klasy CES (tj. funkcje o stałej elastyczności substytucji pomiędzy czynnikami produkcji), zob. Klump i Preissler (2000), Krusell et al. (2000), Caselli i Coleman (2002, 2006).

Wyprowadzone omówioną w poniższym podrozdziale metodą parametryczną wartości JPC wykorzystane zostaną w trzech rodzajach analiz, które można nazwać celami

cząstkowymi.

Pierwszy cel cząstkowy stanowi wyznaczenie kształtu rozkładu jednostkowych produktywności czynników pomiędzy krajami. Kluczową obserwacją będzie tu wyraźnie widoczna zamiennosc między produktywnościami poszczególnych czynników, sugerująca znaczne możliwości specjalizacji. Drugim celem cząstkowym będzie porównanie wszystkich JPC pomiędzy poszczególnymi krajami UE a USA w roku 2000. Pozwoli to zdiagnozować bieżącą sytuację, tj. zidentyfikować, które czynniki przez które kraje są szczególnie (nie)efektywnie wykorzystywane. Trzecim celem będzie natomiast dokonanie analizy dynamicznej, ukierunkowanej na zweryfikowanie, jak na przestrzeni okresu 1970–2000 ewoluowały produktywności poszczególnych czynników w poszczególnych krajach.

Należy nadmienić, że w oparciu o zaproponowaną tu metodę parametryczną – wykorzystującą funkcję CES – przeprowadzić można też ćwiczenia analogiczne do poczynionych w powyższym rozdziale: rachunkowości wzrostu oraz poziomów poszczególnych zmiennych makroekonomicznych. Nie będziemy jednak tu tego czynić, mając na uwadze fakt, iż metoda nieparametryczna pozwala na precyzyjniejsze rozwiązanie tego zagadnienia. Nie jest ona bowiem obciążona potencjalnym błędem związanym z nieadekwatnością funkcji CES oraz błędami oszacowania egzogenicznych parametrów jej funkcji.

## 3.2 Opis przyjętej metodologii

### 3.2.1 Zagregowana funkcja produkcji

Metodologia bieżącego badania opiera się na założeniu, że zagregowana funkcja produkcji w gospodarce składa się z dwóch zagnieżdżonych funkcji klasy CES, przy czym czynnikami produkcji są kapitał fizyczny  $K$ , praca niewykwalifikowana  $L^U$  oraz praca wykwalifikowana  $L^S$ :

$$Y = \left( (A^U L^U)^\sigma + \left( (A^S L^S)^\rho + (A^K K)^\rho \right)^{\frac{\sigma}{\rho}} \right)^{\frac{1}{\sigma}}, \quad \sigma < 1, \rho < 1, \sigma \neq 0, \rho \neq 0. \quad (3.1)$$

Specyfikacja ta (wariant F1) wzięta została od Caselli’ego i Colemana (2002), gdzie służyła ona do wyznaczenia ewolucji produktywności w USA na przestrzeni lat. Wcześniej-sze prace, gdzie postać taka była zakładana, to m.in. Krusell et al. (2000). Jej specyfika polega na tym, że praca niewykwalifikowana traktowana jest jako jeden z dwóch podstawowych czynników produkcji, wymienny z elastycznością  $1/(1 - \sigma)$ , z drugim czynnikiem, będącym zagnieżdżoną funkcją kapitału fizycznego i pracy wykwalifikowanej, które z kolei wymienne są między sobą z elastycznością  $1/(1 - \rho)$ . Jeśli  $\rho < 0$ , to będziemy mieli do czynienia z założeniem komplementarności między kapitałem a umiejętnościami (ang. *capital-skill complementarity*) – wynikiem często przywoływanym w literaturze.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Pytanie, czy kapitał i praca wykwalifikowana są komplementarne brutto czy substytucyjne brutto nie zostało wszakże jednoznacznie rozstrzygnięte, zob. Caselli i Coleman (2002).



Występujące w powyższej funkcji produkcji zmienne  $A^U$ ,  $A^S$ ,  $A^K$  są jednostkowymi produktywnościami poszczególnych czynników, odpowiednio: pracy niewykwalifikowanej, pracy wykwalifikowanej oraz kapitału.

Szczególną cechą specyfikacji (3.1) jest fakt, iż spośród wszystkich trzech czynników wyróżniony został czynnik pracy niewykwalifikowanej, który występuje w funkcji CES w pierwszym stopniu zagnieżdżenia, podczas gdy kapitał i praca wykwalifikowana – w drugim. Założenie to można interpretować następująco: praca niewykwalifikowana – bazująca na prostych umiejętnościach i prostych narzędziach – przynosi zwrot w mniejszym stopniu zależny od technicznego jej uzbrojenia niż praca wykwalifikowana, częściej wykorzystująca zaawansowane technologicznie, złożone narzędzia, wymagające znacznych inwestycji kapitałowych.

Mimo, iż powyższa interpretacja uzasadnia postać funkcyjną w wariancie F1, należy jednak nadmienić, że istnieją dla niej ważne alternatywy. Można bowiem wyróżnić też np. pracę wykwalifikowaną jako odrębny czynnik w pierwszym stopniu zagnieżdżenia, podczas gdy praca niewykwalifikowana i kapitał zostałyby zagnieżdżone o stopień głębiej:

$$Y = \left( (A^S L^S)^\sigma + \left( (A^U L^U)^\rho + (A^K K)^\rho \right)^{\frac{\sigma}{\rho}} \right)^{\frac{1}{\sigma}}. \quad (3.2)$$

Specyfikacja taka (wariant F2) odzwierciedla fakt, iż praca niewykwalifikowana jest w pewnym stopniu substytucyjna względem kapitału (sugerując  $\rho > 0$ ): przykłady z praktyki przemysłowej pokazują bowiem, że można zastąpić pracowników wykonujących rutynowe zadania „przy taśmie” odpowiednio skonstruowanymi maszynami.

Po trzecie natomiast, możliwe jest, że to kapitał powinien zostać wyróżniony, a w drugim stopniu zagnieżdżenia powinny znaleźć się praca niewykwalifikowana i wykwalifikowana. W istocie, praca niewykwalifikowana i wykwalifikowana są przecież w dużym stopniu substytucyjne (zob. Pandey, 2008) – niektóre prace wykonywane przez osoby wykwalifikowane mogłyby np. wykonywać dwie osoby niewykwalifikowane. W literaturze często spotykamy się przecież z sytuacją, w której oba rodzaje pracy (po ewentualnym skorygowaniu o multiplikatywny czynnik kapitału ludzkiego) traktowane są jako jeden, homogeniczny czynnik pracy  $L$ . W omawianym przypadku, funkcja produkcji przyjmuje postać (wariant F3):

$$Y = \left( (A^K K)^\sigma + \left( (A^U L^U)^\rho + (A^S L^S)^\rho \right)^{\frac{\sigma}{\rho}} \right)^{\frac{1}{\sigma}}. \quad (3.3)$$

Jeśliby potraktować pracę jako czynnik homogeniczny, wówczas należałoby przyjąć  $\rho = 1$ . W przypadku takim niemożliwe byłoby oddzielne zidentyfikowanie  $A^U$  i  $A^S$ : jedyne, co udałoby się uzyskać na podstawie dostępnych danych to jednostkowa produktywność pracy  $A^L$ .

Po czwarte (wariant F4), nie ma w literaturze zgody, czy elastyczność substytucji między pracą a kapitałem jest mniejsza czy większa od jedności (zob. Duffy i Papageorgiou, 2000) – tj. czy w specyfikacji trzeciej (równanie (3.3)) jest  $\sigma > 0$  czy  $\sigma < 0$ . Co więcej, ze względu na fakt, że ani szereg czasowy stóp procentowych, ani ilorazu kapitał/produkt

Tablica 3.1: Warianty specyfikacji zagnieżdżonych funkcji produkcji.

Wariant	Funkcja
F1	$CES(L^U, CES(L^S, K))$
F2	$CES(L^S, CES(L^U, K))$
F3	$CES(K, CES(L^U, L^S))$
F4	$CD(K, CES(L^U, L^S))$

Źródło: opracowanie własne IBS.

nie wykazują wyraźnego trendu, można podejrzewać, że elastyczność ta jest w istocie bliska jedności ( $\sigma = 0$ ). W przypadku tym mielibyśmy funkcję CES zagnieżdżoną w funkcji Cobba-Douglasa (por. Caselli i Coleman, 2006):

$$Y = K^\alpha \left( (A^U L^U)^\rho + (A^S L^S)^\rho \right)^{\frac{1-\alpha}{\rho}}, \quad \alpha \in [0, 1]. \quad (3.4)$$

Jak widać, w przypadku funkcji Cobba-Douglasa niemożliwa jest jednoznaczna identyfikacja jednostkowej produktywności kapitału  $A^K$ . Wyznaczone w jej ramach czynniki  $A^U, A^S$  są z kolei wyliczone warunkowo – tj. ich wartość można bezpośrednio zinterpretować jako jednostkową produktywność odpowiedniego rodzaju pracy tylko pod warunkiem, że jednostkowa produktywność kapitału jest znormalizowana do jedności.

Gdyby przyjąć również  $\rho = 0$ , mielibyśmy do czynienia z funkcją Cobba-Douglasa o stałych korzyściach skali, postaci  $Y = AK^\alpha(L^U)^\beta(L^S)^{1-\alpha-\beta}$ . W przypadku takim JPC nie dałoby się wyznaczyć; można by wówczas, co najwyżej wyliczyć całkowitą produktywność czynników  $A$  (TFP).

Reasumując, w bieżącym badaniu wyznaczać będziemy jednostkowe produktywności czynników  $A^U, A^S$  i  $A^K$  w oparciu o cztery warianty funkcji produkcji. Warianty te podsumowane zostały w zbiorczej tabeli 3.1.

### 3.2.2 Procedura wyznaczania jednostkowych produktywności czynników (JPC)

Danymi wejściowymi do procedury wyznaczania jednostkowych produktywności czynników (JPC) będą: wielkości produktu na pracownika (przyjmowaną tu jako  $Y$ )<sup>2</sup>, kapitału na pracownika oraz zasobów pracy niewykwalifikowanej i wykwalifikowanej. Sama równość wynikająca z funkcji produkcji stanowi jednak zaledwie jedno równanie, podczas gdy do wyznaczenia pozostają trzy niewiadome  $A^U, A^S, A^K$ . Aby je jednoznacznie zidentyfikować, należy znaleźć odpowiednie równania opisujące płace oraz zwrot z kapitału.

Postępując analogicznie jak Caselli i Coleman (2006), przyjmiemy zatem, że wszystkie te czynniki produkcji wynagradzane są swoim krańcowym produktem. Założenie

<sup>2</sup>Ze względu na stałe korzyści skali w funkcjach produkcji (3.1)–(3.4), nie ma różnicy, czy zasoby czynników  $K, L^U, L^S$  wyrażone są w wielkościach całkowitych czy w przeliczeniu na jednego pracownika.

Tablica 3.2: Wzory na jednostkowe produktywności czynników.

Wariant	Wartość $A^U$	Wartość $A^S$	Wartość $A^K$
F1	$\frac{Y}{L^U}(1-S)^{1/\sigma}$	$\frac{Y}{L^S}\left(1-\frac{rK/Y}{S}\right)^{1/\rho}S^{1/\sigma}$	$\left(\frac{r(K/Y)^{1-\rho}}{S}\right)^{1/\rho}S^{1/\sigma}$
F2	$\frac{Y}{L^U}\left(1-\frac{rK/Y}{T}\right)^{1/\rho}T^{1/\sigma}$	$\frac{Y}{L^S}(1-T)^{1/\sigma}$	$\left(\frac{r(K/Y)^{1-\rho}}{T}\right)^{1/\rho}T^{1/\sigma}$
F3	$\frac{Y}{L^U}Q^{1/\rho}(1-rK/Y)^{1/\sigma}$	$\frac{Y}{L^S}(1-Q)^{1/\rho}(1-rK/Y)^{1/\sigma}$	$r^{1/\sigma}(K/Y)^{1/\sigma-1}$
F4	$\frac{Y}{L^U}Q^{1/\rho}\left(\frac{Y}{K}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$	$\frac{Y}{L^S}(1-Q)^{1/\rho}\left(\frac{Y}{K}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$	N/A

Źródło: opracowanie własne IBS na podstawie Caselli'ego i Colemana (2002, 2006).

to jest oczywiście trudne do uzasadnienia empirycznego – w końcu rynki omawianych krajów nie są doskonale konkurencyjne – jednak o ile wszystkie te zaburzenia nie są obciążone w stronę tylko jednego lub dwóch czynników, to założenie owo nie będzie miało wpływu na rezultaty.

Kluczową rolę w wyznaczeniu JPC będzie miało w szczególności *skill premium*, czyli premia za wykształcenie, mierzona jako  $w^S/w^U$ , a więc iloraz płacy osoby wykwalifikowanej i niewykwalifikowanej. Należy spodziewać się, że premia ta będzie zawsze większa od jedności, a ponadto, tym wyższa, im mniejszy jest procent osób wykwalifikowanych na rynku pracy (kontrolując o szczegółowe różnice w poziomie kwalifikacji obu grup). Wykorzystane zostaną również dane o długookresowej realnej stopie procentowej  $r$ .

JPC zostaną zatem wyznaczone jako rozwiązania układu równań:

$$\begin{cases} r &= \frac{\partial Y}{\partial K}, \\ \frac{w^S}{w^U} &= \frac{\partial Y}{\partial L^S} / \frac{\partial Y}{\partial L^U}, \\ Y &= F(L^U, L^S, K), \end{cases} \quad (3.5)$$

gdzie  $F$  oznacza funkcję produkcji dla jednego z czterech wariantów F1–F4. Łatwo wykazać, że dla zagnieżdżonych funkcji produkcji CES, układ powyższy ma jednoznaczne rozwiązanie. Rozwiązanie to, w zależności od wariantu funkcji produkcji, przybiera postać podaną w tabeli 3.2, gdzie użyto ponadto oznaczeń:

$$S = \frac{\frac{w^S L^S}{w^U L^U} + \frac{rK}{Y}}{\frac{w^S L^S}{w^U L^U} + 1}, \quad (3.6)$$

$$T = \frac{\frac{w^U L^U}{w^S L^S} + \frac{rK}{Y}}{\frac{w^U L^U}{w^S L^S} + 1}, \quad (3.7)$$

$$Q = \frac{1}{1 + \frac{w^S L^S}{w^U L^U}}. \quad (3.8)$$

### 3.2.3 Produktywność faktyczna i potencjalna

Analizy przeprowadzone w poprzednim rozdziale, bazujące na światowej granicy technologicznej wyznaczonej nieparametryczną metodą DEA, pozwalają na włączenie do analiz jeszcze jednego aspektu: pozwalają bowiem w miejsce faktycznie obserwowanego produktu na pracownika  $Y$  wziąć produkt potencjalny  $Y^*$ . Ów produkt potencjalny równy jest  $Y^* = Y/E$ , tzn. wynika z podzielenia faktycznego produktu na pracownika przez indeks efektywności technicznej  $E$ . Mówi zatem o tym, ile można by produkować przy danych zasobach czynników produkcji, gdyby dany kraj charakteryzował się stuprocentową efektywnością techniczną, czyli gdyby korzystał z technologii znajdującej się na światowej granicy technologicznej.

O ile badanie oparte o prawdziwy produkt  $Y$  mówi o JPC faktycznie obserwowanych w poszczególnych krajach – a więc charakteryzuje bezpośrednio ich proces produkcyjny, to badanie oparte o produkt potencjalny  $Y^*$  odpowiada na pytanie o charakterystykę optymalnej technologii przy danym wyposażeniu kraju w czynniki produkcji.

Ciekawym wynikiem jest zatem wyznaczenie różnicy między JPC opartymi o produkt faktyczny z opartymi o produkt potencjalny.

### 3.2.4 Kalibracja parametrów funkcji produkcji

Kalibracja parametrów powyższych funkcji produkcji dostarcza pewnych kłopotów. Po pierwsze, w literaturze wykorzystuje się w przeważającej liczbie przypadków funkcje produkcji klasy Cobba-Douglasa, a nie rozważanej tu klasy CES, będącej jej uogólnieniem. Nieliczne wyjątki od tej reguły dostarczają niewiele wskazówek co do wartości parametrów  $\sigma$ ,  $\rho$  i  $\alpha$ , a i one bywają ze sobą sprzeczne; wiele oszacowań jest też niekonkluzywnych lub charakteryzuje się dużą wariancją.

Powiedziawszy to wszystko, przedstawmy wartości parametrów, które według naszej wiedzy najbliższe są rzeczywistości.

W odniesieniu do specyfikacji F1, najbardziej szczegółowych informacji dostarcza artykuł Krusella et al. (2000), w którym uzyskali oni oszacowania  $\sigma \approx 0.4$  oraz  $\rho \approx -0.5$ . Właśnie tak zostanie zatem sparametryzowana funkcja F1 w poniższych rozważaniach. Należy podkreślić, że takie wartości parametrów pozostają w zgodzie z hipotezą komplementarności pomiędzy kapitałem i umiejętnościami (ang. *capital-skill complementarity*). Dzięki przyjęciu, iż  $\rho < 0$ , są one tu komplementarne brutto; w przeciwnym przypadku  $\rho > 0$  byłyby substytucyjne brutto.

Stosując inne podejście do omawianego zagadnienia oraz wykorzystując wyłącznie dane dotyczące gospodarki USA, Caselli i Coleman (2002) postulują natomiast parametryzację  $\sigma = \rho = 0.25$ , według której kapitał i praca wykwalifikowana są niekomplementarne, a substytucyjne brutto.

Specyfikacja F2 nie była natomiast w ogóle rozpatrywana w dotychczasowej literaturze. Są ku temu dwa powody: po pierwsze, specyfikacja ta nie jest zgodna z hipotezą *capital-skill complementarity*, gdyż, według niej bezpośrednio komplementarna / substy-

tuczyna względem kapitału powinna być praca niewykwalifikowana. Po drugie, wyróżnia ona pracę wykwalifikowaną, która często traktowana bywa też jako względnie bliski substytut pracy niewykwalifikowanej. Należy jednak pamiętać, że również i specyfikacja F2 ma ciekawą ekonomiczną interpretację, zgodnie z którą (o ile tylko  $\rho > 0$ ) pracę niewykwalifikowaną łatwo zastępować można kapitałem, np. maszynami). Postulowana tu kalibracja to wysuwana przez Casellego i Colemana równość  $\sigma = \rho = 0.25$ , stojąca w zgodzie z powyższą interpretacją.

Jeśli chodzi o wariant F3, to literatura dostarcza już bezpośrednich oszacowań. Elastyczność produkcji między kapitałem a pracą ( $\sigma$ ) wzięta zostanie z pracy Duffy'ego i Papageorgiou (2000), którzy uzyskali w swojej głównej regresji<sup>3</sup> wartość  $\sigma \approx 0.362$ . Parametr  $\rho$  opisujący elastyczność substytucji pomiędzy pracą niewykwalifikowaną a wykwalifikowaną przyjęto natomiast na poziomie  $\rho = 0.285714$ , tak by zgodny był on z oszacowaniem Caselli'ego i Colemana (2006), sugerującym by elastyczność ta była równa  $1/(1 - \rho) = 1.4$ . Alternatywnie można by też skorzystać z oszacowania Pandey'a (2008), sugerującego  $\rho \approx 0.75$  (tj. elastyczność równa 4). Parametryzacja taka prowadziłaby jednak do braku możliwości rzetelnego zidentyfikowania  $A^U$  i  $A^S$  na podstawie dostępnych danych; błędy agregacji oraz postaci funkcyjnej kumulowałyby się wówczas silnie (tym silniej, im bliższa jedności jest wartość  $\rho$ ).

W odniesieniu do wariantu F4, przyjęta parametryzacja  $\alpha = 1/3, \rho = 0.285714$  jest w zgodzie z (i) faktem, iż  $1 - \alpha$  – udział płac w produkcie jest w krajach rozwiniętych od lat zbliżony do  $2/3$ , (ii) wynikami Caselli'ego i Colemana (2006), omówionymi powyżej.

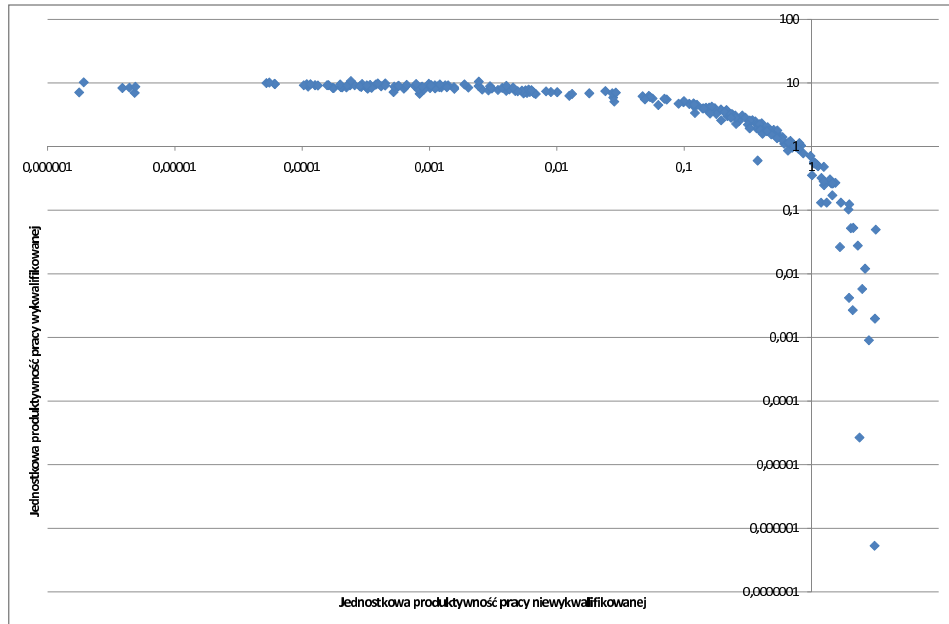
### 3.3 Wyznaczenie kształtu rozkładu jednostkowych produktywności czynników

Pierwszą z analiz, jakiej należy tu dokonać, jest zobrazowanie kształtu rozkładów JPC pomiędzy krajami. Rozkłady te zawarto na poniższych wykresach – Rys. 3.1–3.3, odnoszących się do produktywności potencjalnych, wyznaczonych za pomocą metody nieparametrycznej z poprzedniego rozdziału. Sam rozkład wyznaczony jest w trójwymiarowej przestrzeni  $(A^U, A^S, A^K)$ , a więc wykresy te są – z konieczności – rzutami owego rozkładu na różne dobierane pary osi. Podkreślmy, że wykresy te są podwójnie logarytmiczne, tj. wartości na obu osiach wzrastają w postępie wykładniczym.

Widzimy zatem silną wymiennność między jednostkową produktywnością pracy niewykwalifikowanej  $A^U$  z jednej strony, a produktywnością pracy wykwalifikowanej  $A^S$  lub kapitału  $A^K$  – z drugiej. W odniesieniu do  $A^S$  i  $A^K$ , zależność nie jest już jednak tak silna, i – co więcej – jest ona dodatnia. Wynika to z przyjętego w modelu założenia komplementarności między umiejętnościami i kapitałem. Wynik ten nie jest odporny na zmianę parametru  $\rho$  do wartości dodatnich (wtedy zależność  $A^S$  i  $A^K$  staje się dodatnia),

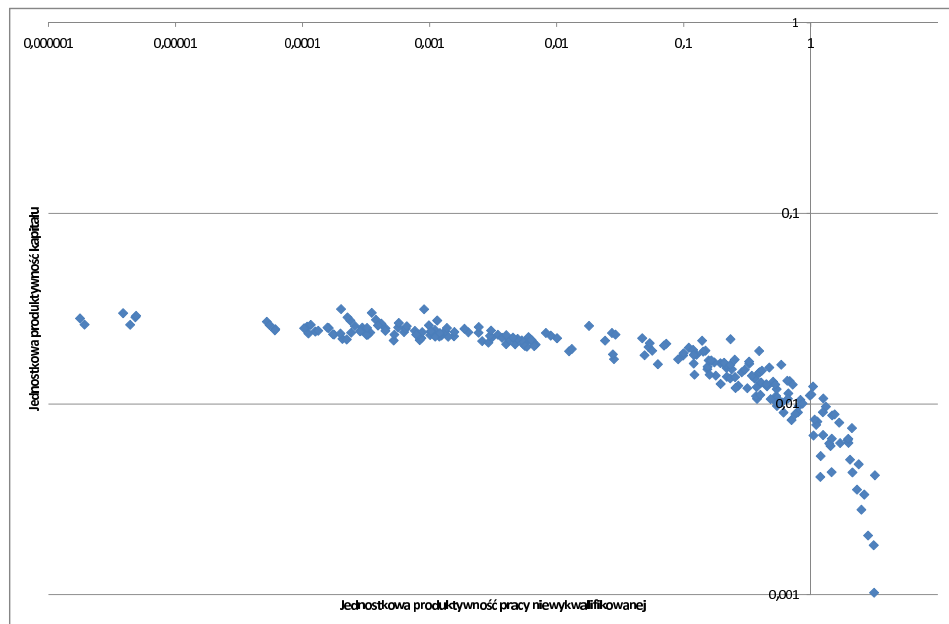
<sup>3</sup>Mowa o regresji przeprowadzonej z wykorzystaniem pełnej próby krajów oraz przy restrykcji wymuszającej stałe korzyści skali.

Rysunek 3.1: Rozkład JPC. Przekrój  $A^U$  vs  $A^S$ .



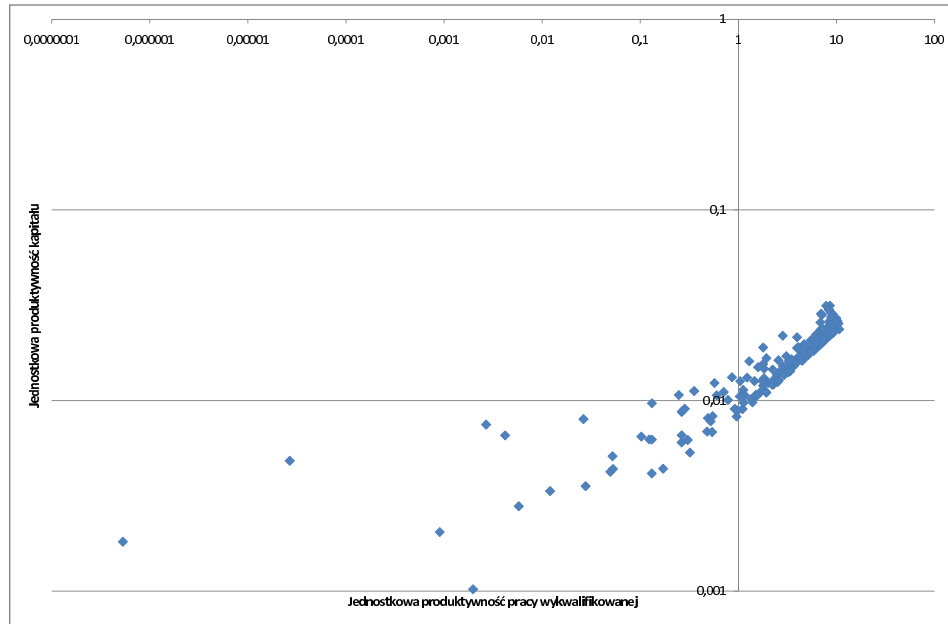
Źródło: opracowanie własne IBS.

Rysunek 3.2: Rozkład JPC. Przekrój  $A^U$  vs  $A^K$ .



Źródło: opracowanie własne IBS.

Rysunek 3.3: Rozkład JPC. Przekrój  $A^S$  vs  $A^K$ .



Źródło: opracowanie własne IBS.

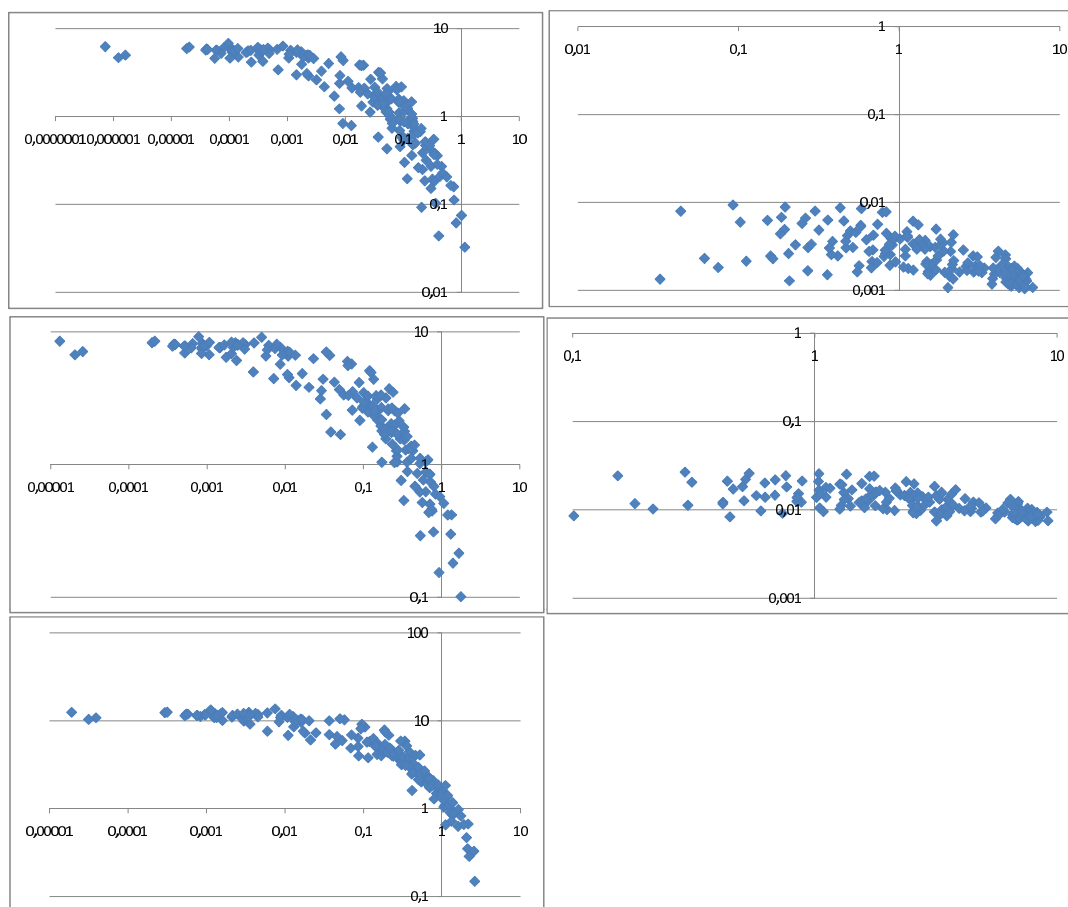
jest natomiast odporny na zmianę specyfikacji funkcji produkcji z F1 na F2, F3 bądź F4.

Na rysunku 3.4 przedstawiono analogiczne rzuty trójwymiarowego wykresu rozkładu jednostkowych produktywności czynników w przypadkach F2 i F3 oraz pełen kształt dwuwymiarowego rozkładu  $A^U$  i  $A^S$  w przypadku specyfikacji F4. Zauważmy, iż zaproponowane tam specyfikacje nie uwzględniają komplementarności między umiejętnościami a kapitałem. Dlatego też zależność między  $A^S$  i  $A^K$  nie jest dodatnia, lecz (nieznacznie) ujemna. Podkreślmy też fakt, iż nieumieszczone na rysunku 3.4 rzuty wykresu JPC na przestrzeń  $(A^U, A^K)$  wyglądają analogicznie do tych przedstawionych na rysunku 3.2. Zostały one tutaj pominięte, gdyż nie wnoszą nowych informacji do analiz.

### 3.4 Jednostkowe produktywności czynników: UE a USA

Sformułowane powyżej badanie przeprowadzone zostało na wykorzystywanej w bieżącym badaniu próbie krajów OECD, obejmującej w szczególności kraje UE-15 (z wyjątkiem Luksemburga) oraz USA. Zgodnie z powyższą zapowiedzią, rozważono dwa alternatywne warianty: (i) wariant oparty na faktycznej produktywności (tj. wartości PKB na pracownika)  $Y$  poszczególnych krajów, (ii) wariant oparty na maksymalnej potencjalnie dostępnej produktywności przy danych zasobach czynników, obliczonej metodą nieparametryczną DEA ( $Y^* = Y/E$ , gdzie  $E$  jest współczynnikiem efektywności technicznej). Wyniki dla wariantu (i) zawarto w tabeli 3.3, natomiast dla wariantu (ii) – w tabeli 3.4.

Rysunek 3.4: Rozkłady JPC w specyfikacjach F2–F4.



Źródło: opracowanie własne IBS.

Legenda: lewe panele – wykres  $A^U$  względem  $A^S$ ; prawe panele – wykres  $A^S$  względem  $A^K$ .  
Patrząc od góry: specyfikacja F2, F3 i F4.

Okazuje się, że w zależności od przyjętego wariantu modelu F1–F4, wyniki różnią się znacznie. Po części jest to konsekwencją różnej sekwencji zagnieżdżeń czynników w funkcji produkcji, co oddziałuje pośrednio na elastyczności cząstkowe produkcji, ze względu na poszczególne czynniki. Z drugiej strony, należy także pamiętać, iż wyniki te są silnie uzależnione od przyjętych wartości elastyczności substytucji pomiędzy poszczególnymi parami czynników. Dużą rolę odgrywa w szczególności pytanie, czy kapitał jest komplementarny czy substytucyjny (brutto)<sup>4</sup> z pracą wykwalifikowaną.

W tabeli 3.3 daje się jednak zauważyć kilka kluczowych regularności, powtarzających

<sup>4</sup>Mówimy, że dwa czynniki są komplementarne brutto (ang. *gross complements*), jeśli elastyczność substytucji pomiędzy nimi jest mniejsza od jedności. Jeśli jest ona większa od jedności, czynniki są substytucyjne brutto (ang. *gross substitutes*). Graniczny przypadek elastyczności równej jeden to przypadek funkcji Cobba-Douglasa.



się niezależnie od przyjętej specyfikacji:

1. Jednostkowe produktywności pracy niewykwalifikowanej  $A^U$  są na ogół tym wyższe, im *mniej* wykwalifikowana jest przeciętnie siła robocza w danym kraju. W szczególności, wartości te przewyższają (wielokrotnie) wartość dla USA we wszystkich rozpatrywanych krajach oprócz Kanady.
2. Jednostkowe produktywności pracy wykwalifikowanej  $A^S$  są we wszystkich badanych krajach niższe niż w USA, we wszystkich specyfikacjach modelu z wyjątkiem F1. Specyfikacja F1 jest tu wyjątkiem, gdyż jako jedyna zakłada komplementarność między wiedzą a kapitałem. Stąd też w modelu F1, wielokrotnie niższe niż w USA są jednostkowe produktywności kapitału  $A^K$ , podczas gdy wartości  $A^S$  pozostają (relatywnie) bliskie jedności.
3. Jednostkowe produktywności kapitału są w krajach europejskich – w ramach specyfikacji F2 i F3 – na ogół wyższe niż w USA. Ważny wyjątek stanowi tu Irlandia, gdzie  $A^K$  jest niższe niż w USA.
4. Największe różnice występują w przypadku jednostkowej produktywności pracy niewykwalifikowanej  $A^U$ , lecz wyniki te mają relatywnie małą wagę w porównaniu z różnicami w  $A^S$ , gdyż (i) tylko niewielkie odsetki ludności w omawianych krajach w 2000r. zaklasyfikowane zostały do grupy osób niewykwalifikowanych, (ii) w zakresie osób niewykwalifikowanych występują potencjalnie największe błędy szacunku, co związane jest z większym odchyleniem od warunków konkurencji doskonałej, stanowiących podstawę do identyfikacji  $A^U$  na podstawie dostępnych danych.

Reasumując, różnice w produktywności (PKB na pracownika) pomiędzy krajami UE-15 a USA okazują się wynikać przede wszystkim z różnic w efektywności wykorzystania pracy wykwalifikowanej. Jeśli pracę taką uważać za komplementarną względem kapitału (jak jest w specyfikacji F1), podobnie (a nawet w większym stopniu) stwierdzić można w odniesieniu do kapitału fizycznego. Ponadto niebagatelną rolę odgrywa oczywiście sama różnica w wyposażeniu w poszczególne czynniki produkcji; o tym jednak mowa była już w poprzednim rozdziale. Co ciekawe jednak, badanie wskazuje, iż w krajach o niższym poziomie przeciętnym kapitału ludzkiego wyższa jest efektywność wykorzystania pracy niewykwalifikowanej. Wynikać może to częściowo z tego, iż osoby niewykształcone (formalnie) wykonują tam szerszy zakres prac, które w innych krajach wykonywane są przez osoby wykształcone.

O ile badanie oparte o dane rzeczywiste pozwala zdekomponować różnice w łącznej produktywności pomiędzy zasoby poszczególnych czynników oraz ich jednostkowe produktywności, tak – z dwóch powodów – warto je uzupełnić badaniem opartym na danych bazujących na produktywności potencjalnej – maksymalnej możliwej przy danych zasobach czynników, wyznaczonej za pomocą metody nieparametrycznej DEA. Badanie owo

będzie bowiem (i) bezpośrednio odzwierciedlało właściwości stosowanych w poszczególnych krajach technologii oraz (ii) pozwoli na „odfiltrowanie” wpływu na produktywność różnic w efektywności technicznej – w przypadku badania opartego o dane rzeczywiste, obu tych cech nie sposób od siebie oddzielić.

Wyniki badania opartego o produktywność potencjalną zawarto w tabeli 3.4.

Widzimy zatem, iż wszystkie główne zależności, zidentyfikowane już w przypadku badania opartego o rzeczywistą produktywność, pozostają w mocy również w bieżącym przypadku. Podstawowe różnice to:

1. Jednostkowe produktywności kapitału  $A^K$  w różnych krajach są bardziej do siebie podobne. Świadczyć to może o tym, iż tak duże różnice w efektywności wykorzystania kapitału, jakie zidentyfikowane zostały w badaniu poprzednim, w istocie odzwierciedlają przede wszystkim różnice w efektywności technicznej  $E$ .
2. Również jednostkowe produktywności pracy wykwalifikowanej  $A^S$  oraz pracy niewykwalifikowanej  $A^U$  są bliższe jedności (tzn. dystans między poszczególnymi krajami a USA jest mniejszy). Ma to związek z faktem, iż w istocie różnice w produktywności potencjalnej  $Y^*$  są niższe niż w produktywności łącznej  $Y$  – ponieważ „odfiltrowany” został wpływ różnic w efektywności technicznej, znajdujący swoje odzwierciedlenie we wszystkich współczynnikach  $A^U$ ,  $A^S$ ,  $A^K$ . Tym niemniej wpływ efektywności technicznej na  $A^K$  jest wyraźnie najsilniejszy.

Reasumując, pozostaje prawdą, iż różnice w produktywności (PKB na pracownika) pomiędzy krajami UE-15 a USA okazują się wynikać przede wszystkim z różnic w efektywności wykorzystania pracy wykwalifikowanej. Jeśli pracę taką uważać za komplementarną względem kapitału (wariant F1), podobnie stwierdzić można w odniesieniu do kapitału.

W tabeli 3.5 zawarto porównanie współczynników efektywności technicznej dla modelu opartego o dane rzeczywiste z ich odpowiednikami opartymi o dane o produktywności potencjalnej. Widać tam, iż w przypadku specyfikacji F1, nieuwzględnienie w badaniu różnic w efektywności technicznej powoduje przeszacowanie JPC pracy wykwalifikowanej  $A^S$  oraz niedoszacowanie pozostałych indeksów efektywnościowych  $A^U$  i  $A^K$ . W przypadku specyfikacji F2 i F3 przeszacowana zostaje natomiast JPC kapitału  $A^K$ , a niedoszacowane indeksy efektywności obu rodzajów pracy  $A^U$  i  $A^S$ . Jedynie w przypadku modelu F4 niedoszacowane pozostają wszystkie wartości (tj.  $A^U$  i  $A^S$ ).

Tablica 3.3: Porównanie jednostkowych produktywności czynników w poszczególnych krajach w 2000r. (USA=1)

	Model F1			Model F2			Model F3			Model F4	
	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$
Australia	10,051	0,921	0,258	70,771	0,309	2,046	36,550	0,381	1,523	44,305	0,462
Austria	16,575	1,193	0,142	150,900	0,217	2,673	71,189	0,298	1,782	95,783	0,400
Belgia	26,184	1,354	0,086	410,894	0,167	2,565	161,802	0,240	1,739	213,906	0,317
Dania	15,263	1,235	0,157	121,889	0,242	2,683	60,066	0,328	1,786	80,949	0,442
Finlandia	19,649	1,625	0,071	155,377	0,106	4,101	76,096	0,171	2,291	127,359	0,286
Francja	9,759	1,192	0,206	57,401	0,295	2,567	31,349	0,386	1,740	41,462	0,510
Grecja	13,294	0,707	0,119	212,312	0,129	2,164	83,374	0,175	1,574	103,124	0,217
Hiszpania	27,922	1,141	0,084	682,008	0,169	1,918	232,933	0,234	1,466	276,158	0,278
Holandia	14,744	1,078	0,171	134,670	0,245	2,392	63,598	0,323	1,669	81,725	0,415
Irlandia	29,370	0,726	0,449	976,745	0,537	0,579	305,476	0,576	0,725	280,486	0,529
Japonia	5,862	1,688	0,109	9,887	0,110	5,819	8,024	0,185	2,814	17,101	0,394
Kanada	0,708	0,872	0,561	0,456	0,508	1,797	0,524	0,567	1,411	0,608	0,658
Niemcy	3,255	1,040	0,223	5,730	0,217	3,463	4,649	0,295	2,074	7,077	0,449
Norwegia	29,147	1,528	0,126	308,262	0,255	2,650	138,364	0,353	1,773	185,465	0,473
Portugalia	56,069	2,276	0,025	2348,101	0,090	1,898	670,164	0,143	1,457	791,844	0,170
Szwajcaria	5,193	1,512	0,152	9,887	0,181	4,514	7,764	0,273	2,424	13,795	0,484
Szwecja	5,944	1,146	0,225	20,959	0,278	2,878	13,545	0,366	1,861	18,831	0,509
USA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Wlk. Brytania	9,903	0,781	0,452	102,877	0,483	1,155	47,066	0,532	1,088	48,517	0,548
Włochy	28,255	1,482	0,070	538,833	0,154	2,479	198,959	0,226	1,705	259,378	0,295

Źródło: opracowanie własne IBS.

Tablica 3.4: Porównanie potencjalnych jednostkowych produktywności czynników w poszczególnych krajach w 2000r. (USA=1)

	Model F1			Model F2			Model F3			Model F4	
	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$
Australia	13,063	0,845	0,563	147,864	0,645	0,937	65,893	0,687	0,963	65,451	0,682
Austria	20,550	0,941	0,269	313,737	0,452	1,411	126,052	0,527	1,224	131,824	0,551
Belgia	28,381	0,976	0,109	602,286	0,244	2,021	215,950	0,320	1,512	240,986	0,357
Dania	19,426	0,996	0,321	269,912	0,536	1,310	111,987	0,612	1,172	115,837	0,633
Finlandia	27,569	0,940	0,194	539,600	0,369	1,500	199,438	0,448	1,269	210,581	0,473
Francja	12,488	1,025	0,428	126,408	0,650	1,233	58,323	0,717	1,131	59,823	0,736
Grecja	19,068	0,554	0,346	557,321	0,340	0,739	181,387	0,382	0,837	176,459	0,371
Hiszpania	31,276	0,835	0,117	999,263	0,247	1,369	313,972	0,316	1,203	326,842	0,329
Holandia	18,926	0,898	0,359	290,332	0,528	1,138	116,710	0,593	1,079	118,475	0,601
Irlandia	25,075	0,686	0,280	665,951	0,366	0,927	223,357	0,421	0,957	221,615	0,418
Japonia	9,652	1,102	0,478	65,825	0,731	1,323	34,619	0,798	1,179	35,860	0,826
Kanada	0,892	0,891	1,114	0,853	0,949	0,905	0,866	0,937	0,943	0,857	0,928
Niemcy	4,824	0,912	0,719	20,375	0,770	1,075	12,596	0,800	1,044	12,700	0,806
Norwegia	29,268	1,226	0,128	370,186	0,306	2,622	157,184	0,401	1,762	186,465	0,475
Portugalia	51,243	1,472	0,019	2040,451	0,079	2,484	591,581	0,127	1,707	692,209	0,148
Szwajcaria	7,321	1,142	0,421	36,998	0,676	1,628	21,456	0,753	1,332	22,970	0,806
Szwecja	8,389	1,013	0,625	60,531	0,803	1,033	31,315	0,847	1,019	31,428	0,850
USA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Wlk. Brytania	11,161	0,768	0,646	135,898	0,638	0,809	59,179	0,669	0,883	57,985	0,655
Włochy	30,298	1,022	0,086	760,396	0,218	2,017	257,820	0,293	1,510	287,591	0,327

Źródło: opracowanie własne IBS.

Tablica 3.5: Porównanie rzeczywistych i potencjalnych JPC w poszczególnych krajach w 2000r. (Ilorazy JPC rzeczywistych do JPC potencjalnych)

	Model F1			Model F2			Model F3			Model F4	
	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$
Australia	0,623	1,027	0,244	0,290	0,290	4,102	0,368	0,368	2,291	0,494	0,494
Austria	0,653	1,196	0,281	0,292	0,292	3,560	0,375	0,375	2,109	0,530	0,530
Belgia	0,747	1,308	0,420	0,414	0,414	2,386	0,497	0,497	1,667	0,647	0,647
Dania	0,636	1,169	0,260	0,274	0,274	3,849	0,356	0,356	2,207	0,510	0,510
Finlandia	0,577	1,631	0,195	0,175	0,175	5,139	0,253	0,253	2,616	0,441	0,441
Francja	0,632	1,097	0,256	0,275	0,275	3,913	0,357	0,357	2,229	0,506	0,506
Grecja	0,564	1,203	0,182	0,231	0,231	5,503	0,305	0,305	2,723	0,426	0,426
Hiszpania	0,722	1,288	0,381	0,414	0,414	2,633	0,492	0,492	1,766	0,616	0,616
Holandia	0,630	1,131	0,254	0,281	0,281	3,950	0,361	0,361	2,241	0,503	0,503
Irlandia	0,948	0,997	0,852	0,890	0,890	1,173	0,907	0,907	1,098	0,923	0,923
Japonia	0,491	1,444	0,121	0,091	0,091	8,265	0,154	0,154	3,458	0,348	0,348
Kanada	0,643	0,922	0,268	0,325	0,325	3,734	0,401	0,401	2,168	0,518	0,518
Niemcy	0,546	1,075	0,165	0,171	0,171	6,053	0,245	0,245	2,880	0,406	0,406
Norwegia	0,806	1,176	0,527	0,505	0,505	1,900	0,584	0,584	1,458	0,725	0,725
Portugalia	0,885	1,457	0,698	0,698	0,698	1,436	0,751	0,751	1,237	0,834	0,834
Szwajcaria	0,574	1,248	0,192	0,162	0,162	5,211	0,240	0,240	2,637	0,438	0,438
Szwecja	0,573	1,066	0,191	0,210	0,210	5,236	0,287	0,287	2,645	0,437	0,437
USA	0,809	0,943	0,532	0,606	0,606	1,880	0,663	0,663	1,449	0,729	0,729
Wlk. Brytania	0,718	0,959	0,373	0,459	0,459	2,685	0,528	0,528	1,786	0,610	0,610
Włochy	0,755	1,368	0,434	0,430	0,430	2,311	0,512	0,512	1,636	0,658	0,658

Źródło: opracowanie własne IBS.

## 3.5 Ewolucja jednostkowych produktywności czynników: 1970–2000

Bieżące badanie pozwala nie tylko dokonać porównania poziomów JPC w poszczególnych krajach w roku 2000, ale i prześledzić ewolucję, jaką parametry te przeszły w całym badanym okresie 1970–2000. Innymi słowy, podobnie jak w rozdziale 2, również tu obok ćwiczenia „rachunkowości poziomów” przeprowadzić można ćwiczenie „rachunkowości wzrostu”.

W kolejnych tabelach 3.6–3.9 zawarto indeksy przyrostu poszczególnych JPC, odpowiednio:

- tab. 3.6 – w oparciu o dane rzeczywiste z okresu 1970–2000;
- tab. 3.7 – w oparciu o dane rzeczywiste z okresu 1990–2000;
- tab. 3.8 – w oparciu o dane potencjalne z okresu 1970–2000;
- tab. 3.9 – w oparciu o dane potencjalne z okresu 1990–2000.

W osobnych kolumnach wymieniono predykcje poszczególnych wersji funkcji produkcji, F1–F4.

Kluczową obserwacją, obecną we wszystkich krajach i wszystkich możliwych wariantach specyfikacji, jest spadek wartości  $A^U$  (jedyne wyjątki to Niemcy i Norwegia w przypadku okresu 1990–2000), a więc jednostkowej produktywności pracy niewykwalifikowanej. Potwierdza to występowanie tzw. *absolute skill bias of technical change*, czyli bezwzględniego nakierowania postępu technicznego na umiejętności, który to efekt zdiagnozowali Caselli i Coleman (2002, 2006). Z drugiej strony – skoro całkowita produktywność czynników TFP rosła w badanym okresie – spadki te musiały zostać zrównoważone wzrostami JPC pracy wykwalifikowanej i kapitału. Istotnie, wynik taki obserwujemy we wszystkich specyfikacjach funkcji produkcji i wszystkich wariantach „rachunkowości wzrostu”, a ponadto we wszystkich krajach.

Różnice między poszczególnymi krajami oraz specyfikacjami modelu wydają się również podatne na interpretację. Po pierwsze, widać odmienne predykcje względem  $A^S$  i  $A^K$  pomiędzy specyfikacją F1 a pozostałymi specyfikacjami modelu. Wynika to z faktu, iż specyfikacja F1 jako jedyna bazuje na założeniu komplementarności między kapitałem a pracą wykwalifikowaną (por. Krusell et al., 2000); w pozostałych przypadkach praca wykwalifikowana oraz kapitał fizyczny są substytucyjne brutto.

### 3.5.1 Wyniki badania opartego o dane rzeczywiste

Względne siły zmian poszczególnych JPC różniły się znacznie w zależności od przyjętej specyfikacji modelu (F1–F4), jednak kluczowe wyniki badania opartego o dane rzeczywiste okazały się odporne na tego rodzaju różnice. Najsilniejsze spadki jednostkowej

produktywności pracy niewykwalifikowanej  $A^U$  zaobserwowano mianowicie w Kanadzie, USA, a w na ogół nieco mniejszym stopniu – także w Japonii, Holandii i Szwecji. Można to powiązać z szybką akumulacją kapitału ludzkiego w tych krajach: w roku 2000, to właśnie tam poziom wykształcenia społeczeństw był najwyższy, odsetek osób o wykształceniu niższym niż średnie – najniższy, a i dystans, który kraje te pokonały w badanym okresie 1970–2000 był niebagatelny.

Jeśli chodzi o jednostkową produktywność pracy wykwalifikowanej  $A^S$ , to najbardziej wzrosła ona w badanym okresie w Holandii, a w następnej kolejności – w Portugalii, Norwegii oraz Irlandii (kolejność zależna od specyfikacji F2–F4). W przypadku specyfikacji F1, ranking jest znacznie zmieniony, jako że w owym przypadku – zgodnie z powyższą argumentacją – JPC pracy wykwalifikowanej w dużej mierze identyfikowana jest jako JPC kapitału (i na odwrót). Bardzo ważnymi obserwacjami są tu Szwajcaria i Japonia, w których  $A^S$  uległo zmniejszeniu w badanym okresie (wg specyfikacji F2–F3) lub bardzo nieznacznej poprawie (F4): w żadnym innym kraju nie odnotowano spadku JPC pracy wykwalifikowanej. Sugeruje to, iż w krajach tych postęp technologiczny odbywał się wyłącznie w sposób udoskonalający wykorzystanie kapitału (ang. *capital augmenting*), przecząc hipotezie o teorii wzrostu, mówiącej iż powinien on być wyłącznie *labor-augmenting*, tj. udoskonalający wykorzystanie czynnika pracy. Należy jednak być ostrożnym co do tego wyniku, gdyż zapewne odzwierciedla on w istocie znaczny spadek efektywności technicznej, jaki odnotowano w Japonii oraz Szwajcarii w badanym okresie.

W przypadku JPC kapitału, w specyfikacjach F2–F3 widać, iż największy postęp dokonał się w Japonii. Widzimy zatem, iż kraj ten w badanym okresie nie tylko intensywnie akumulował kapitał, ale i uczył się go coraz efektywniej wykorzystywać w procesie produkcyjnym. Znaczne wzrosty  $A^K$  odnotowano również w Portugalii i Hiszpanii.

W odniesieniu do podokresu obejmującego ostatnie dziesięciolecie próby, 1990–2000, najważniejszym spostrzeżeniem jest wzrost pozycji Irlandii, Norwegii oraz, w nieco mniejszym stopniu, Finlandii, w hierarchii najszybciej rozwijających się krajów. Okres szybkiego rozwoju, przejawiającego się w intensywnych przyrostach JPC pracy wykwalifikowanej oraz kapitału, odnotowano w tych krajach bowiem dopiero po roku 1990.

Tablica 3.6: Indeksy przyrostu JPC w latach 1970–2000. Dane rzeczywiste.

	Model F1			Model F2			Model F3			Model F4	
	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$
Australia	0,329	1,119	3,272	0,076	2,425	1,242	0,123	2,175	1,136	0,132	2,333
Austria	0,615	1,573	2,300	0,173	2,394	1,533	0,263	2,304	1,285	0,307	2,696
Belgia	0,556	0,741	4,598	0,171	3,295	1,503	0,252	2,922	1,270	0,292	3,382
Dania	0,541	1,375	2,074	0,179	2,063	1,328	0,258	1,977	1,181	0,288	2,208
Finlandia	0,369	0,122	12,519	0,120	5,781	0,954	0,175	4,307	0,973	0,170	4,186
Francja	0,210	1,120	6,193	0,025	3,937	1,763	0,050	3,428	1,395	0,061	4,155
Grecja	0,305	0,514	7,201	0,068	2,976	1,828	0,111	2,526	1,425	0,132	3,015
Hiszpania	0,317	0,000	25,785	0,057	8,107	2,884	0,099	6,030	1,863	0,126	7,650
Holandia	0,148	1,879	103,526	0,028	20,116	0,826	0,049	11,612	0,894	0,045	10,701
Irlandia	0,699	1,662	14,042	0,232	11,192	0,955	0,335	8,327	0,973	0,334	8,281
Japonia	0,218	4,087	0,682	0,007	0,701	8,353	0,021	0,976	3,480	0,048	2,210
Kanada	0,052	1,500	1,713	0,002	1,669	1,678	0,005	1,638	1,356	0,006	1,875
Norwegia	0,544	0,024	18,917	0,214	14,082	0,687	0,295	9,450	0,802	0,244	7,843
Portugalia	0,699	1,289	16,623	0,172	10,000	3,870	0,270	7,840	2,214	0,353	10,271
Szwajcaria	0,281	1,346	1,111	0,045	0,834	1,902	0,081	0,932	1,459	0,113	1,293
Szwecja	0,163	0,609	6,355	0,025	3,426	1,028	0,046	2,799	1,016	0,047	2,833
USA	0,139	1,695	1,269	0,012	1,772	1,380	0,028	1,748	1,208	0,029	1,848
Wlk. Brytania	0,310	1,218	6,071	0,074	4,349	0,940	0,120	3,542	0,965	0,118	3,492
Włochy	0,396	0,338	20,392	0,162	6,970	0,913	0,219	4,903	0,948	0,211	4,718

Źródło: opracowanie własne IBS.



Tablica 3.7: Indeksy przyrostu JPC w latach 1990–2000. Dane rzeczywiste.

	Model F1			Model F2			Model F3			Model F4	
	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$
Australia	0,754	1,091	1,435	0,530	1,475	0,923	0,597	1,402	0,954	0,580	1,362
Austria	0,841	1,152	1,191	0,577	1,228	1,109	0,653	1,223	1,063	0,681	1,277
Belgia	0,825	1,173	1,178	0,529	1,144	1,264	0,611	1,159	1,147	0,668	1,267
Dania	0,864	0,975	1,630	0,757	1,744	0,812	0,795	1,593	0,885	0,721	1,446
Finlandia	0,756	0,494	2,091	0,794	2,013	0,730	0,788	1,703	0,831	0,636	1,375
Francja	0,502	1,048	1,546	0,228	1,351	1,113	0,296	1,306	1,065	0,309	1,364
Grecja	0,575	0,538	2,692	0,427	1,692	0,790	0,473	1,464	0,871	0,431	1,332
Hiszpania	0,572	0,912	1,960	0,279	1,371	1,443	0,353	1,316	1,240	0,392	1,464
Holandia	0,574	0,793	2,379	0,367	1,957	0,810	0,428	1,719	0,883	0,391	1,570
Irlandia	1,081	0,956	4,566	1,158	3,557	0,394	1,144	2,873	0,579	0,960	2,412
Japonia	0,488	1,541	0,704	0,111	0,534	2,077	0,179	0,658	1,536	0,277	1,021
Kanada	0,263	1,109	1,337	0,064	1,354	0,949	0,102	1,304	0,970	0,100	1,282
Niemcy	1,009	1,053	1,109	0,927	1,199	0,941	0,955	1,171	0,965	0,924	1,134
Norwegia	1,007	0,564	2,737	1,373	3,068	0,533	1,257	2,402	0,691	0,889	1,699
Portugalia	0,744	1,037	1,922	0,352	1,589	1,977	0,448	1,558	1,492	0,533	1,855
Szwajcaria	0,587	1,115	0,930	0,271	0,798	1,326	0,348	0,856	1,180	0,410	1,008
Szwecja	0,508	0,889	1,725	0,278	1,513	0,872	0,341	1,389	0,923	0,320	1,301
USA	0,636	1,252	1,041	0,334	1,265	1,039	0,414	1,262	1,023	0,417	1,271
Wlk. Brytania	0,557	1,131	1,777	0,287	1,628	0,963	0,358	1,523	0,978	0,355	1,510
Włochy	0,562	0,541	2,585	0,344	1,635	1,022	0,405	1,475	1,013	0,409	1,489

Źródło: opracowanie własne IBS.

### 3.5.2 Wyniki badania opartego o dane potencjalne

Niektóre aspekty wyników badania opartego o dane potencjalne są analogiczne do badania opartego o dane rzeczywiste. Jest tak w szczególności w odniesieniu do JPC pracy niewykwalifikowanej  $A^U$ . Tutaj również obserwujemy bowiem wspólny trend spadkowy, przy czym spadki najsilniej zaznaczyły się w Kanadzie oraz USA. W drugiej kolejności spadki  $A^U$  wystąpiły we Francji, Szwecji, Japonii, Holandii i Wielkiej Brytanii. Po drugiej stronie klasyfikacji znalazły się natomiast Dania oraz Belgia, Włochy i Austria.

W odniesieniu do JPC pracy wykwalifikowanej  $A^S$ , ponownie największy postęp dokonał się w Holandii, a w następnej kolejności – w Hiszpanii i Portugalii. Duże wzrosty zaobserwowane zostały także w przypadku Włoch, Finlandii, Irlandii i Norwegii. Przypadki Hiszpanii, Włoch i Finlandii są tu szczególnie istotne, gdyż badanie oparte na danych rzeczywistych nie stwierdzało, by  $A^S$  wzrosło w tych krajach tak bardzo. Należy zatem wiązać ten wynik z występującym równocześnie w tych krajach podtrzymanym spadkiem indeksu efektywności technicznej. Z drugiej strony, w żadnym kraju potencjalne  $A^K$  nie uległo zmniejszeniu, sugerując jednoznacznie, iż światowy postęp techniczny jest w dużej mierze skoncentrowany na zwiększaniu efektywności wykorzystania pracy wykwalifikowanej.

Jeśli natomiast chodzi o JPC kapitału  $A^K$ , to większych wzrostów nie zaobserwowano w żadnym kraju, oprócz Portugalii. Dane potencjalne sugerują zatem, iż zaobserwowany postęp techniczny miał charakter przede wszystkim *labor-augmenting*, tj. zwiększający zwłaszcza JPC pracy (wykwalifikowanej). Niewielkie wzrosty zaobserwowano też w Hiszpanii i Irlandii, natomiast w większości krajów  $A^K$  spadło. Zjawisko to jest jeszcze wyraźniej widoczne na podpróbie obejmującej lata 1990–2000, kiedy to  $A^K$  wzrosło wyłącznie w Portugalii.

### 3.5.3 Postęp techniczny w USA

W przypadku danych potencjalnych dotyczących Stanów Zjednoczonych, postęp techniczny miał – zgodnie z predykcjami teorii wzrostu – charakter oparty o JPC pracy wykwalifikowanej. Zarówno JPC kapitału, jak i pracy niewykwalifikowanej, spadły w badanym okresie 1970–2000. Jeśli uwzględnić natomiast dane rzeczywiste, tj. te, w których nie odfiltrowano efektów zmian indeksu efektywności technicznej, to (mniejszemu) wzrostowi podlegała również JPC kapitału. Należy jednak zauważyć, iż w ciągu badanego okresu efektywność techniczna USA spadła z poziomu 0,93 do 0,81, co odpowiada za różnicę między obiema wielkościami.

Tablica 3.8: Indeksy przyrostu JPC w latach 1970–2000. Dane oparte o produktywność potencjalną.

	Model F1			Model F2			Model F3			Model F4	
	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$
Australia	0,429	1,327	7,236	0,148	4,748	0,562	0,213	3,753	0,713	0,196	3,468
Austria	0,719	1,763	3,652	0,286	3,949	0,966	0,389	3,414	0,980	0,387	3,395
Belgia	0,647	0,962	7,210	0,278	5,340	0,959	0,368	4,272	0,976	0,365	4,234
Dania	0,657	1,519	3,686	0,313	3,609	0,747	0,402	3,087	0,843	0,383	2,943
Finlandia	0,476	0,256	26,979	0,236	11,314	0,445	0,301	7,410	0,621	0,249	6,133
Francja	0,282	1,418	14,991	0,058	9,282	0,729	0,099	6,789	0,831	0,094	6,461
Grecja	0,433	0,850	20,465	0,169	7,457	0,644	0,232	5,306	0,772	0,222	5,079
Hiszpania	0,439	0,000	67,724	0,137	19,585	1,095	0,202	12,253	1,055	0,205	12,413
Holandia	0,236	1,662	408,272	0,099	71,505	0,209	0,135	32,122	0,399	0,089	21,269
Irlandia	0,678	1,920	12,789	0,217	10,444	1,050	0,317	7,862	1,029	0,318	7,899
Japonia	0,445	2,830	5,627	0,076	7,691	1,011	0,137	6,345	1,006	0,138	6,355
Kanada	0,067	1,645	3,748	0,004	3,322	0,767	0,009	2,857	0,856	0,009	2,773
Norwegia	0,503	0,567	15,042	0,151	9,937	0,869	0,226	7,250	0,921	0,217	6,974
Portugalia	0,789	0,884	23,832	0,246	14,328	2,694	0,359	10,432	1,790	0,423	12,310
Szwajcaria	0,437	1,182	4,127	0,192	3,578	0,512	0,255	2,918	0,675	0,218	2,493
Szwecja	0,224	0,975	16,363	0,055	7,602	0,400	0,089	5,350	0,584	0,075	4,543
USA	0,161	1,775	1,942	0,018	2,495	0,901	0,037	2,313	0,941	0,036	2,286
Wlk. Brytania	0,350	1,523	8,763	0,096	5,624	0,652	0,148	4,392	0,778	0,142	4,193
Włochy	0,488	0,053	37,799	0,293	12,566	0,493	0,350	7,850	0,660	0,287	6,423

Źródło: opracowanie własne IBS.

Tablica 3.9: Indeksy przyrostu JPC w latach 1990–2000. Dane oparte o produktywność potencjalną.

	Model F1			Model F2			Model F3			Model F4	
	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$	$A^K$	$A^U$	$A^S$
Australia	0,830	1,189	1,912	0,640	1,780	0,693	0,700	1,645	0,806	0,669	1,572
Austria	1,022	1,141	2,128	0,978	2,083	0,620	0,998	1,870	0,755	0,911	1,707
Belgia	1,010	1,015	2,143	0,967	2,093	0,694	0,986	1,871	0,807	0,901	1,711
Dania	0,953	1,122	2,180	0,885	2,039	0,608	0,912	1,828	0,746	0,834	1,671
Finlandia	0,934	0,754	3,933	1,176	2,981	0,388	1,103	2,385	0,574	0,872	1,886
Francja	0,668	1,083	3,614	0,487	2,879	0,476	0,546	2,405	0,646	0,473	2,086
Grecja	0,666	0,805	4,173	0,534	2,118	0,510	0,579	1,789	0,673	0,536	1,657
Hiszpania	0,748	0,789	4,355	0,578	2,840	0,648	0,633	2,363	0,775	0,585	2,184
Holandia	0,727	0,937	4,798	0,623	3,318	0,402	0,663	2,661	0,585	0,555	2,230
Irlandia	0,877	1,138	2,456	0,663	2,036	0,734	0,730	1,833	0,834	0,704	1,767
Japonia	0,705	1,255	2,102	0,431	2,069	0,695	0,510	1,878	0,808	0,479	1,764
Kanada	0,272	1,166	1,480	0,067	1,434	0,858	0,107	1,370	0,914	0,106	1,348
Niemcy	1,151	1,118	1,644	1,222	1,581	0,635	1,203	1,476	0,766	1,125	1,380
Norwegia	1,066	0,725	3,245	1,392	3,110	0,450	1,291	2,468	0,626	0,968	1,850
Portugalia	0,840	0,716	2,747	0,503	2,270	1,381	0,594	2,068	1,209	0,638	2,219
Szwajcaria	0,828	1,027	2,582	0,800	2,355	0,477	0,817	2,010	0,648	0,683	1,681
Szwecja	0,642	1,031	3,469	0,465	2,528	0,434	0,523	2,129	0,612	0,453	1,845
USA	0,664	1,272	1,185	0,369	1,398	0,913	0,449	1,370	0,948	0,445	1,356
Wlk. Brytania	0,610	1,217	2,331	0,346	1,966	0,734	0,419	1,784	0,834	0,406	1,729
Włochy	0,731	0,425	5,658	0,754	3,584	0,466	0,755	2,751	0,639	0,605	2,204

Źródło: opracowanie własne IBS.

## 3.6 Podsumowanie

### 3.6.1 Wyniki

Przeprowadzone w bieżącym rozdziale badanie doprowadziło do zidentyfikowania jednostkowych produktywności czynników (JPC): (i) kapitału fizycznego, (ii) pracy niewykwalifikowanej oraz (iii) pracy wykwalifikowanej, dla grupy 20 krajów OECD, w tym USA oraz 14 krajów UE-15 (bez Luksemburga). Dzięki identyfikacji tych wielkości możliwe stało się, po pierwsze, określenie na jakich polach dystans między USA a UE jest największy czy też najmniejszy; po drugie, pozwoliło to na prześledzenie ewolucji JPC w poszczególnych krajach na przestrzeni badanego okresu 1970–2000.

Bieżące badanie opierało się na podejściu zaproponowanym przez Caselli’ego i Colemana (2002, 2006). Niezbędnym warunkiem dla realizacji tego podejścia jest przyjęcie założenia, iż funkcja produkcji ma postać zagnieżdżonej funkcji CES (funkcja CES zagnieżdżona w funkcji CES). Rozszerzając znacznie analizę Caselli’ego i Colemana, zaproponowano cztery warianty takich zagnieżdżeń F1–F4. Każdy z nich okazał się dostarczać nieco innych predykcji co do dynamiki zmian oraz przekrojowych różnic w JPC. Cechą wyróżniającą specyfikację F1 było założenie komplementarności między pracą wykwalifikowaną a kapitałem (ang. *capital–skill complementarity*) – w pozostałych specyfikacjach czynniki te były substytucyjne brutto. Specyfikacja F2 zakładała, iż kapitał może bezpośrednio substytuować pracę niewykwalifikowaną. W specyfikacji F3 najłatwiej wzajemnie zastępowalne były oba rodzaje pracy. W specyfikacji F4 przyjęto, iż elastyczność substytucji pomiędzy kapitałem a zagregowanym czynnikiem pracy jest jednostkowa, tj., że funkcja zawiera agregat CES zagnieżdżony w funkcji Cobba–Douglasa.

Badanie zostało też wzbogacone wykorzystaniem informacji o potencjalnym TFP w badanych krajach, wyliczonym przez odfiltrowanie różnic w efektywności technicznej – w rozdziale 2 bieżącego opracowania. Wyniki oparte o dane potencjalne pozwalają scharakteryzować najlepszą dostępną technologię przy danych zasobach czynników produkcji, abstrahując od dodatkowych czynników zewnętrznych, które sprawiają, iż technologia taka nie jest w pełni wykorzystywana.

Kluczowe wyniki są następujące. Po pierwsze, porównanie JPC pomiędzy USA a krajami europejskimi prowadzi do wniosku, iż JPC pracy niewykwalifikowanej jest jednoznacznie wyższa w Europie (gdzie czynnik ten jest też powszechniej wykorzystywany). JPC kapitału też jest na ogół wyższa w Europie (wyjąwszy Irlandię), natomiast *absolutnie kluczowa, najważniejsza różnica polega na efektywności wykorzystania pracy wykwalifikowanej*, która jest istotnie wyższa w USA. To właśnie w tym obszarze oraz w wielkościach zasobów poszczególnych czynników produkcji – kapitału fizycznego i ludzkiego – leży cała przewaga USA nad UE pod względem produktywności.

Po drugie, wzrost JPC pracy wykwalifikowanej był głównym czynnikiem wzrostu produktywności (oprócz akumulacji czynników) w badanych krajach w latach 1970–2000. Był on w szczególności kluczowym czynnikiem wzrostu produktywności USA. W większości krajów (najbardziej w Japonii) wzrosła też JPC kapitału. JPC pracy niewy-

kwalifikowanej zanotowała natomiast znaczne spadki, potwierdzając spostrzeżenie *absolute skill bias*, wysunięte przez Caselli'ego i Colemana (2006).

### 3.6.2 Wnioski

Z uzyskanych rezultatów wypływają następujące wnioski dla polityki gospodarczej.

1. Jak dotąd, żaden kraj Unii Europejskiej nie potrafi wykorzystywać pracy wykwalifikowanej tak efektywnie, jak czyni to USA. W każdym z krajów UE, PKB na pracownika mógłby wzrosnąć wielokrotnie, gdyby kraje te potrafiły uczynić lepszy użytek ze swoich zasobów kapitału ludzkiego. Największy potencjał wzrostowy mają w tym względzie Portugalia, Finlandia, Grecja, Włochy, Hiszpania i Belgia.
2. Należy się spodziewać, iż wraz ze wzrostem JPC pracy wykwalifikowanej spadać będzie JPC pracy niewykwalifikowanej (ze względu na efekty realokacji pracy i wzajemną substytucyjność obu tych czynników). Dane przekrojowe sugerują jednak, iż koszt ten jest zawsze niższy niż korzyść ze wzrostu JPC pracy wykwalifikowanej. Dlatego też opisana powyżej rekomendacja, by inwestować i wspierać efektywność wykorzystania kwalifikacji pracowników, pozostaje w mocy.
3. Postęp techniczny przejawia się przede wszystkim we wzroście JPC pracy wykwalifikowanej (tudzież kapitału ludzkiego, jest to tzw. *labor-augmenting technical change*), natomiast JPC pracy niewykwalifikowanej na ogół spada wraz z czasem i stopniową akumulacją kapitału ludzkiego. Wynika stąd, iż dystans krajów UE-15 do USA pod względem jednostkowej produktywności tego czynnika jest częściowo odzwierciedleniem ich niższej efektywności technicznej. Przedyskutowane w poprzednim rozdziale reformy strukturalne, mające na celu poprawę efektywności technicznej, mogą być więc też środkiem służącym pośrednio zwiększeniu JPC pracy wykwalifikowanej w krajach UE.

## Rozdział 4

# Źródła wzrostu całkowitej produktywności czynników w krajach Unii Europejskiej

### 4.1 Cel badania

Uwaga omówionych w rozdziałach 2 i 3 badań skoncentrowana została na oddzieleniu wpływu akumulacji czynników produkcji w krajach Unii Europejskiej oraz USA na produktywność w tych krajach, od wpływu postępu technologicznego. W rozdziale 2 dokonano zatem dekompozycji różnic w produktywności pomiędzy krajami oraz okresami czasu pomiędzy składniki związane z (i) kapitałem fizycznym, (ii) pracą niewykwalifikowaną, (iii) pracą wykwalifikowaną, oraz (iv) indeksem efektywności technicznej, mierzącym dystans danego kraju od światowej granicy technologicznej (ŚGT). Wykorzystana została przy tym metoda nieparametryczna DEA, której kluczową zaletą jest brak ograniczeń związanych z kształtem funkcji produkcji. Celem rozdziału trzeciego było natomiast wyodrębnienie jednostkowych produktywności poszczególnych czynników (JPC). Niestety, zadania tego nie sposób wykonać bez założenia określonych postaci parametrycznych funkcji produkcji. Za Casellim i Colemanem (2002, 2006) zdecydowano się wykorzystać w tym celu zagnieżdżone funkcje CES.

Żaden z powyższych rozdziałów nie podjął jednak próby „wniknięcia” w strukturę postępu technologicznego. W istocie, w odniesieniu do danych przekrojowych o różnych krajach świata, zasadne wydaje się zadanie pytania, jaka część zaobserwowanego w określonym przedziale czasu (np. 5, 10, 30 lat) postępu technologicznego wynikała z prowadzonych w danym kraju prac badawczo-rozwojowych, a jaka – z osiągnięć techniki przepływających do kraju z zagranicy. Odpowiedź na takie pytanie pozwoliłaby bowiem ocenić względną istotność *własnej innowacyjności*, porównaną do *otwartości na absorpcję* najnowszych technologii pochodzących z zagranicy. Pytanie takie, choć nie jest interesujące z punktu widzenia źródeł postępu technicznego w skali świata – te muszą

pochodzić z innowacji – wydaje się kluczowe w kontekście identyfikacji źródeł przewagi technologicznej jednych krajów nad innymi w danej chwili czasu.

Celem bieżącego badania jest zatem rozbitcie całkowitego przyrostu całkowitej produktywności czynników (TFP) w poszczególnych krajach pomiędzy dwie składowe, odpowiedzialne za (i) własną działalność R&D w badanym okresie oraz (ii) dyfuzję technologii z krajów o większej produktywności.

## 4.2 Opis metodologii

### 4.2.1 Równanie dekompozycji przyrostu TFP

Bieżące badanie opierać się będzie na dekompozycji przyrostu TFP (oznaczany jako  $A_t$ ) pomiędzy składnik R&D, składnik dyfuzji oraz resztę:

$$A_t - A_{t-1} = \text{R\&D}_{t-1} + \text{Dyfuzja}_{t-1} + \varepsilon_t. \quad (4.1)$$

Wykorzystane w powyższym sformułowaniu określenia okresu czasowego  $t$  i  $t - 1$  odnoszą się do okresów, w zależności od przyjętego wariantu, 5-, 10- lub 30-letnich.

Najważniejszą częścią przyjętej metodologii są postaci funkcyjne wykorzystanych w powyższym równaniu członów „R&D” oraz „Dyfuzja”. Zgodnie ze wskazaniem Ha i Howitta (2007) oraz Madsena (2008a,b), zdecydowaliśmy się przyjąć funkcję R&D charakterystyczną dla modeli całkowicie endogenicznego wzrostu z efektem rozprzestrzeniania się produktów (ang. *product proliferation*), bez efektów skali:

$$\text{R\&D}_t = \xi \left( \frac{\text{Pat}_t}{L_{At}} \right) \left( \frac{H_{At}}{H_t} \right)^\lambda A_t, \quad (4.2)$$

gdzie  $\xi > 0$  jest wolnym parametrem, który doszacowywany będzie na podstawie dostępnych danych;  $\text{Pat}_t$  oznacza liczbę zgłoszeń patentowych w okresie  $t$ ,  $L_{At}$  oznacza liczbę pracowników sektora R&D,  $H_{At}$  – całkowity kapitał ludzki zatrudniony w R&D, zaś  $H_t$  – całkowity kapitał ludzki w gospodarce. Parametr  $\lambda \in (0, 1]$  mierzy elastyczność wyników R&D ze względu na wykorzystywany tam kapitał ludzki.

Widzimy zatem, iż wolumen krajowego R&D traktowany jest tu jako funkcja (i) jednostkowej efektywności procesu R&D – liczby patentów na pracownika R&D; (ii) udziału sektora R&D w całkowitym zatrudnieniu kapitału ludzkiego, (iii) dotychczasowej wielkości TFP. Specyfikacja taka zgodna jest z postulatami modeli w pełni endogenicznego wzrostu, gdyż jest liniowa względem  $A_t$ , nie implikuje też efektów skali, gdyż liczba naukowców występuje w tym wzorze jedynie w sposób relatywny, odniesiona do łącznej liczebności populacji.

W odniesieniu do członu dyfuzyjnego, zdecydowano się rozważyć dwie alternatywy: (i) międzynarodowej dyfuzji technologii indukowanej przez zagraniczne inwestycje bezpośrednie (FDI), oraz (ii) dyfuzji indukowanej przez import zaawansowanych technologicznie dóbr inwestycyjnych. Obie te alternatywy rozważono w ramach modelu dyfuzji



logistycznej (por. Benhabib i Spiegel, 2005):<sup>1</sup>

$$\text{Dyfuzja}_t = \zeta X_t H_t^\gamma \left( \frac{A_t}{A_t^{\max}} (A_t^{\max} - A_t) \right), \quad (4.3)$$

gdzie  $\zeta > 0$  jest wolnym parametrem, który doszacowywany będzie na podstawie dostępnych danych;  $X_t$  oznacza albo udział FDI w PKB kraju w okresie  $t$  albo udział importu zaawansowanych technologicznie dóbr inwestycyjnych – w zależności od wariantu specyfikacji;  $H_t$  oznacza kapitał ludzki, który – jak postulowali już Nelson i Phelps (1966) – ułatwia absorpcję zaawansowanych technologicznie rozwiązań z zagranicy. Ostatni czynnik mierzy dystans między daną gospodarką a gospodarką charakteryzującą się „najlepszą technologią”, tj. posiadającą największą całkowitą produktywność czynników. W całym okresie 1970–2000 były to Stany Zjednoczone (z wyjątkiem pojedynczych izolowanych lat, kiedy były one drugie w klasyfikacji: Hiszpania 1975, Irlandia 2000), dlatego też domyślnie przyjęto, iż  $A^{\max}$  oznacza TFP w USA. Ma to dwie implikacje: po pierwsze, dzięki temu założeniu, przeprowadzone tu badanie pozwala sprawdzić, w jakim stopniu do wzrostu produktywności w Europie przyczyniały się innowacje pochodzące z USA; a po drugie, iż udział dyfuzji z zagranicy w kreowaniu postępu technologicznego w USA jest z definicji zerowy.

Parametr  $\gamma \in (0, 1]$  mierzy elastyczność absorpcji technologii ze względu na zasób kapitału ludzkiego w danym kraju.

#### 4.2.2 TFP rzeczywiste i potencjalne

Podobnie, jak uczyniono w rozdziale 2, tak i tu, oprócz TFP rzeczywistego, w badaniu wykorzystane zostanie TFP potencjalne, uzyskanie dzięki „odfiltrowaniu” różnic w efektywności technicznej, jakie obserwowane są pomiędzy poszczególnymi krajami. Efektywność techniczna zidentyfikowana została za pomocą metody nieparametrycznej DEA w rozdziale 1; stamtąd wzięte zostaną zatem też charakteryzujące poszczególne gospodarki wielkości TFP potencjalnego,  $A^* = A/E$ .

Badanie oparte o TFP rzeczywiste dostarcza innych wniosków niż badanie oparte o TFP potencjalne. Wynika to z kilku kluczowych faktów:

- TFP rzeczywiste może zmieniać się wskutek zmian w efektywności technicznej, nie odzwierciedlając w istocie postępu ani regresu technologicznego, lecz np., zmiany w instytucjach gospodarki. TFP potencjalne jest pozbawione tej cechy, przez co dokładnie odzwierciedla optymalną dla danego kraju technologię przy jego zasobach czynników.

---

<sup>1</sup>Zdecydowano się zastosować postulowany przez Benhabiba i Spiegla model dyfuzji logistycznej, gdyż zgodnie z ich wynikami, odzwierciedla on rzeczywiste procesy dyfuzyjne istotnie lepiej niż przyjmowany domyślnie w literaturze model dyfuzji wykładniczej Nelsona i Phelpsa (1966). Gdybyśmy zdecydowali się jednak przyjąć model dyfuzji wykładniczej, należałoby usunąć z poniższego równania czynnik  $A_t/A_t^{\max}$ .

- TFP rzeczywiste może fluktuować w cyklu koniunkturalnym, podlegając m.in. okresowym spadkom, niezwiązanym przecież z żadnym regresem technologicznym. TFP potencjalne przy danych zasobach czynników nie może spadać w czasie.
- TFP potencjalne odzwierciedla technologię optymalną przy danych zasobach czynników. Dlatego też powinno być znacznie ściślej związane z efektami R&D niż TFP rzeczywiste: niektóre produktywne osiągnięcia techniczne bywają adaptowane ze znacznym opóźnieniem lub wcale.
- TFP potencjalne nie odzwierciedla technologii faktycznie stosowanej w danym kraju, lecz technologię, której zastosowanie prowadzi do maksymalizacji produktu przy danych zasobach czynników. Dlatego też dystans w TFP potencjalnym może być słabym miernikiem faktycznego dystansu technologicznego pomiędzy dwoma krajami, a przez to zaburzać nieco rozumowanie dotyczące dyfuzji.

### 4.2.3 Estymacja wolnych parametrów

Badaniem objęto okres lat 1970–2000. Ze względu na dostępność danych dotyczących kapitału ludzkiego, zmienne mierzone są w odstępach pięcioletnich. Zdecydowano się rozważyć trzy szerokości okna czasowego: pięcioletnie (wtedy mamy łącznie 6 okresów), 10-letnie (3 okresy) oraz 30-letnie (1 okres, badanie przekrojowe). W miarę wydłużania się okna czasowego, maleje liczba dostępnych obserwacji; z drugiej strony, wygładzeniu ulegają też fluktuacje o częstotliwościach charakterystycznych dla cyklu koniunkturalnego.

W przypadku każdej z długości okna czasowego, wolne parametry równania (4.1) ( $\xi$  i  $\zeta$ ) oszacowano odpowiednią metodą ekonometryczną, a następnie tak uzyskane oszacowanie wykorzystano w ćwiczeniu dekompozycyjnym. We wszystkich przypadkach, z wyjątkiem badania przeprowadzonego na okresie 30-letnim, z wykorzystaniem TFP rzeczywistego oraz dyfuzji indukowanej przez FDI, oba parametry okazały się dodatnie oraz statystycznie istotne z krytycznym poziomem istotności  $p < 0,01$ . Ze względu na pojawiający się w badaniu problem heteroskedastyczności, zdecydowano się wykorzystać estymator uogólnionej metody najmniejszych kwadratów (UMNK), korygujący heteroskedastyczność. W przypadku okna czasowego 5- oraz 10-letniego, wykorzystano też panelowy charakter danych, stosując panelowy estymator UMNK.

## 4.3 Dane

Podobnie jak w poprzednich rozdziałach bieżącego raportu, zakres czasowy danych obejmuje okres 1970–2000, a ich częstotliwość jest pięcioletnia (barierą jest tu dostępność danych o kapitale ludzkim; pozostałe zmienne dostępne są w częstotliwości rocznej). Badane kraje obejmują UE-15 (z wyjątkiem Luksemburga), a także USA oraz wybrane inne kraje OECD: Australię, Japonię, Kanadę, Norwegię i Szwajcarię.

Wykorzystane w badaniu dane to w dużej części ten sam zestaw zmiennych, który był wykorzystywany w rozdziałach wcześniejszych. Stamtąd wzięto też wielkości TFP potencjalnego, dlatego też jest to TFP potencjalne wyznaczone z pomocniczym wykorzystaniem danych o poszczególnych stanach USA.

Dodatkowo wykorzystano też dane o liczbie złożonych wniosków patentowych. Dane te mówią o całkowitej liczbie wniosków patentowych złożonych przez obywateli danego kraju w danym roku. Posłużono się danymi o wnioskach patentowych, a nie patentach przyznanych, gdyż czas rozpatrywania wniosku znacznie różni się pomiędzy krajami oraz okresami czasu (wzrósł on znacznie w okresie 1970–2000); rozważono wyłącznie patenty krajowe, gdyż w przeciwnym razie uwzględniane byłyby w mierniku R&D danego kraju również efekty działalności badawczej poza jego granicami (częste jest np. zjawisko patentowania tego samego pomysłu w różnych krajach celem zagwarantowania sobie wyłączności w jego wdrożeniu). Dane dotyczące liczby patentów zgłoszonych przez rezydentów danych krajów ( $Pat_t$ ) pochodzą od Madsena (2008a,b) i wykorzystane zostały tutaj dzięki jego uprzejmości.

Inną dodatkową zmienną jest udział pracowników sektora R&D (naukowców i inżynierów, zarówno w sektorze publicznym, np. na uniwersytetach, jak i prywatnym, np. firmy wytwarzające produkty wysokiej technologii) w łącznym zatrudnieniu danego kraju. Dane o liczbie pracowników R&D w poszczególnych latach  $L_{At}$  również pochodzą od Madsena (2008a,b). Dane roczne zostały przekształcone do danych pięcioletnich poprzez wyliczenie średnich w poszczególnych okresach, np. 1971-1975, 1976-1980.

W odniesieniu do dyfuzji technologii ponad granicami krajów, zdecydowano się wykorzystać dwa alternatywne pośrednie mierniki intensywności owej dyfuzji: (i) udział FDI w PKB kraju, oraz (ii) udział importu dóbr inwestycyjnych wysokich technologii w PKB kraju. Pierwszy z nich odpowiada za hipotezę, iż osiągnięcia postępu technologicznego wdrażane są w kolejnych krajach dzięki bezpośrednim inwestycjom firm z krajów wyżej rozwiniętych, np. USA. Instalując swoje zakłady, firmy te nie tylko wymagają wykorzystywania określonych technologii we własnych zakładach, ale również wykorzystują ich przewagę na rynku krajowym, wywierając w ten sposób nacisk na firmy krajowe, by poszły ich śladami i wdrożyły owe poprawiające efektywność innowacje, tym samym nie wypadając z rynku. Drugi z powyższych mierników dyfuzji opiera się na demonstracji przewag nowoczesnych technologii importowanych bezpośrednio do kraju.

Dane dotyczące bezpośrednich inwestycji zagranicznych (FDI) dotyczą strumieni FDI, skumulowanych w okresach 5-letnich (oraz wyrażone w przeliczeniu na 1 rok). Pochodzą one z bazy danych zebranych przez agendę UNCTAD Organizacji Narodów Zjednoczonych. Strumienie te wyrażone są jako odsetek PKB kraju w danym roku, gdyż ich zadaniem jest mierzyć intensywność procesu dyfuzyjnego, a nie jego zagregowany efekt.

Dane dotyczące importu dóbr inwestycyjnych wysokich technologii pochodzą z dostępnej publicznie bazy danych Międzynarodowej Organizacji Handlu (WTO). Wykorzystano dane kategorii sektorowej „wyposażenie biurowe i telekomunikacyjne”, dzielącej się na podkategorie: „elektroniczne przetwarzanie danych i wyposażenie biurowe”, „wyposażenie telekomunikacyjne” oraz „układy scalone i części elektroniczne”. Ze względu

na brak dalszej dezagregacji danych, zdecydowano się pominąć, zawierające w sobie również (między innymi) produkty wysokiej technologii, kategorie „produkty motoryzacyjne” oraz „produkty chemiczne”.

## 4.4 Opis uzyskanych wyników

Zgodnie ze specyfikacją omówioną w powyższym podrozdziale metodologicznym, badanie przeprowadzone zostało w dwóch wariantach: opartym na danych o produkcie i TFP rzeczywistym oraz potencjalnym. W każdym z tych dwóch wariantów, równanie dyfuzji oparto też albo o FDI, albo o import dóbr inwestycyjnych wysokich technologii. Ponadto, w każdej z owych (łącznie czterech) specyfikacji, przeprowadzono badania na danych o różnej częstotliwości, od 5-letniej, przez 10-letnią, po 30-letnią (badanie przekrojowe).

Najogólniej rzecz ujmując, należy podkreślić następujące regularności w uzyskanych wynikach:

- Wyniki oparte o dane potencjalne charakteryzują się znacznie mniejszą wariancją składnika resztowego  $\varepsilon_t$  (por. równanie (4.1)) niż wyniki oparte o dane rzeczywiste. Oznacza to, że wyniki R&D oraz efekty dyfuzyjne w większym stopniu objaśniają zmienność TFP potencjalnego niż rzeczywistego. Nie należy się temu dziwić, gdyż zmiany w TFP rzeczywistym wynikać mogą też z nieuwzględnionych w specyfikacji (4.1) (i) zmian w efektywności technicznej, (ii) wahań związanych z cyklem koniunkturalnym.
- Wyniki oparte o 10-letnie i 30-letnie przedziały czasowe wydają się być bardziej wiarygodne niż te oparte o okresy 5-letnie. Należy podejrzewać, że ma to związek z (i) nieobjaśnionymi modelami wahaniami cyklicznymi TFP, (ii) relatywnie długim opóźnieniem, z jakim najnowsze osiągnięcia R&D wdrażane są w praktyce oraz dyfundują do innych krajów (w ostatnich latach okres ten uległ znacznemu skróceniu, ale w początkowych latach okresu 1970–2000 nie był on jeszcze zauważalny).

Ponieważ wyniki uzyskane na bazie 5-letnich przedziałów czasowych charakteryzują się największą wariancją błędów, a główne implikacje są podobne do tych opartych na danych mierzonych w przedziałach 10- i 30-letnich, zdecydowano się nie raportować tu wyników opartych o przedziały 5-letnie.

### 4.4.1 Badanie oparte o 30-letni przedział czasowy

W przypadku badania przekrojowego, opartego o 30-letni przedział czasowy, uzyskano następujące wyniki.

Po pierwsze, w przypadku TFP rzeczywistego, niezgodna z danymi empirycznymi okazała się specyfikacja wykorzystująca FDI jako mechanizm transmisji innowacji ponad granicami krajów. W takim przypadku uzyskano bowiem bliski zeru, statystycznie

nieistotny parametr  $\xi \approx 0$  przy zmiennej R&D. Interpretując bezpośrednio, oznaczałoby to brak wpływu R&D na przyrost TFP, co – zwłaszcza w okresie 30 lat – wydaje się konkluzją błędną. Należy raczej podejrzewać błąd specyfikacji lub nieefektywność zastosowanych estymatorów, ze względu na bardzo małą ( $n = 18$ ) liczebność próby.

Wyniki dla specyfikacji opartej o dyfuzję indukowaną przez import dóbr inwestycyjnych przedstawiono w tabeli 4.1. Podkreśliśmy kilka kluczowych faktów, które zostały tam zawarte:

- Niektóre kraje (Grecja, Hiszpania, Japonia, Szwajcaria) doświadczyły (niewielkiego) spadku TFP w badanym okresie. Mogło to wynikać z faktu, iż obserwowany w tych krajach wzrost gospodarczy napędzany był w dużej mierze przez akumulację czynników (kapitału fizycznego i ludzkiego). Ponadto, w Japonii i Szwajcarii odnotowano bardzo znaczący spadek efektywności technicznej w badanym okresie (por. rozdział 2).
- Największy przyrost TFP odnotowano w Irlandii, Norwegii, USA, Wielkiej Brytanii i Austrii.
- Dyfuzja wydaje się wyjaśniać znacznie (wielokrotnie) większą część zmiany TFP niż własne R&D we wszystkich krajach oprócz USA. Wynik ten jest zgodny z obrazem świata, gdzie największa część innowacji bezpośrednio na światowej granicy technologicznej dokonywana jest w USA.
- Dyfuzja technologii najsilniejszy wpływ wywarła na wzrost TFP w Irlandii, Holandii, Finlandii i Szwecji, a najsłabszy (poza USA) – na kraje śródziemnomorskie: Grecję, Hiszpanię, Portugalię i Włochy.
- Własne R&D najsilniej oddziaływało na wzrost TFP w Japonii, a następnie – Grecji, Austrii i USA.

W odniesieniu do badania opartego o TFP potencjalne, obie specyfikacje wydawały się stanowić dobre objaśnienie dla obserwowanego zjawiska. Tym niemniej, wnioskując na bazie niescentrowanego współczynnika determinacji  $R^2$ , należałoby wskazać nieco lepsze dopasowanie do danych modelu opartego o import dóbr inwestycyjnych. Jednakże, by przekazać rzetelnie obie wersje omawianego modelu, w tabeli 4.2 zawarto obie alternatywne specyfikacje.

W podsumowaniu zawartych tam wyników, podkreśliśmy, że:

- Największe przyrosty potencjalnego TFP odnotowano dla kombinacji czynników produkcji charakteryzujących Japonię, Holandię, Francję i Irlandię. W najmniejszym stopniu potencjalny TFP wzrósł w przypadkach Portugalii, Grecji i Hiszpanii. Wynika to z faktu, iż te trzy kraje charakteryzowały się w 2000r. najniższym poziomem kapitału ludzkiego w społeczeństwie. Wymienione powyżej kraje dokonały w tym zakresie znacznego skoku w latach 1970–2000 (choć pamiętajmy, że i punkt startowy był u nich wyższy).

Tablica 4.1: Wkład krajowego R&D oraz dyfuzji indukowanej przez import dóbr inwestycyjnych wysokich technologii w przyrost całkowitej produktywności czynników (TFP) w latach 1970–2000.

	$\Delta$ TFP	R&D	Dyfuzja
Australia	0,3738	0,0237	0,2718
Austria	0,7939	0,0362	0,3573
Dania	0,5944	0,0112	0,4445
Finlandia	0,4278	0,0137	0,5957
Francja	0,5155	0,0129	0,1987
Grecja	-0,0992	0,0441	0,1483
Hiszpania	-0,0059	0,0174	0,1308
Holandia	0,2405	0,0086	0,7319
Irlandia	1,9900	0,0165	1,2419
Japonia	-0,0682	0,0789	0,1192
Kanada	0,2699	0,0057	0,3480
Norwegia	1,6019	0,0128	0,3891
Portugalia	0,5440	0,0031	0,1490
Szwajcaria	-0,2184	0,0245	0,3893
Szwecja	0,3341	0,0233	0,5468
USA	0,9492	0,0283	0,0000
Wlk. Brytania	0,8793	0,0184	0,3536
Włochy	0,4310	0,0132	0,1545

Źródło: opracowanie własne IBS.

- Specyfikacja bazująca na imporcie dóbr inwestycyjnych implikuje nieco większy wkład własnego R&D w przyrost TFP.
- Wzrost potencjalnego TFP w największym stopniu bazował na własnym R&D w Japonii, Grecji, Austrii. W dalszej kolejności – USA, Szwecji i Australii.
- Wzrost potencjalnego TFP w największym stopniu bazował na dyfuzji technologii z zagranicy w Holandii, Hiszpanii, Irlandii i Portugalii (dyfuzja indukowana przez FDI) lub w Irlandii, Holandii, Norwegii i Finlandii (dyfuzja indukowana przez import).

Widzimy zatem, podobnie jak w przypadku badania opartego o rzeczywiste TFP, bardzo duże znaczenie własnego R&D w Japonii oraz istotny wpływ dyfuzji w małych bogatych gospodarkach europejskich, w szczególności tych, gdzie są duże zasoby kapitału ludzkiego. Jeśli chodzi o dyfuzję indukowaną przez FDI, dyfuzja w silnym stopniu wpłynęła też na wzrost potencjalnego TFP w Hiszpanii i Portugalii. Niestety, za wzrostem potencjalnego TFP w tych krajach nie poszedł wzrost rzeczywistego TFP. Źródłem takiego stanu rzeczy należy dopatrywać się w znacznych zaległościach tych krajów pod względem ich zasobów kapitału ludzkiego.

Tablica 4.2: Wkład krajowego R&D oraz dyfuzji indukowanej przez (a) bezpośrednio inwestycje zagraniczne (FDI), (b) import dóbr inwestycyjnych wysokich technologii w przyrost *potencjalnej* całkowitej produktywności czynników (TFP) w latach 1970–2000.

	$\Delta TFP^*$	R&D	Dyf. (FDI)	R&D	Dyf. (Import)
Australia	1,7108	0,7155	0,5813	0,8854	0,2166
Austria	1,7761	1,0470	0,3977	1,2954	0,7794
Dania	1,7247	0,3486	0,4386	0,4313	0,4774
Finlandia	1,7201	0,4437	0,4213	0,5490	1,0800
Francja	2,0162	0,3535	0,4482	0,4374	0,4387
Grecja	1,1460	1,2990	0,8058	1,6073	0,3121
Hiszpania	1,2367	0,4020	1,2775	0,4973	0,5451
Holandia	2,2037	0,2107	2,0058	0,2607	2,1124
Irlandia	2,0118	0,4682	1,2528	0,5793	3,1504
Japonia	2,8164	2,4826	0,0182	3,0717	0,1589
Kanada	1,5429	0,1720	0,0507	0,2128	0,0051
Norwegia	1,7333	0,3491	0,9346	0,4320	1,1507
Portugalia	0,9857	0,0709	1,0325	0,0878	0,6979
Szwajcaria	1,6877	0,6349	0,4649	0,7856	0,9464
Szwecja	1,9713	0,7000	0,5360	0,8661	0,5146
USA	1,7562	0,7104	0,0000	0,8790	0,0000
Wlk. Brytania	1,6761	0,5304	0,7815	0,6563	0,5675
Włochy	1,2785	0,3164	0,4442	0,3915	0,7082

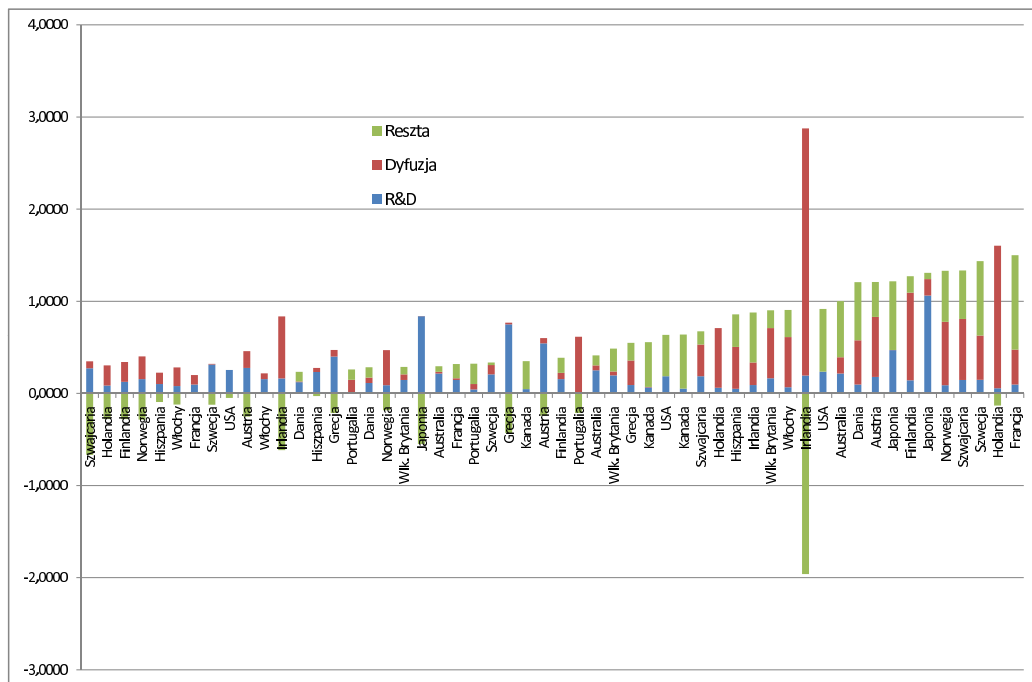
Źródło: opracowanie własne IBS.

#### 4.4.2 Badanie oparte o 10-letnie przedziały czasowe

Celem badania opartego na 10-letnich przedziałach czasowych było uwzględnienie zmienności w czasie tempa dyfuzji oraz postępu technologicznego generowanego przez R&D. W istocie, jak łatwo zauważyć na podstawie dostępnych danych (tabela 4.3), wielkości te zmieniały się w czasie w sposób znaczący: np. w USA większość postępu w TFP dokonała się w ostatnim okresie 1990–2000; wiele krajów odnotowało spadki TFP w latach 1970–1980, kiedy w ich gospodarki uderzył kryzys naftowy. Ze względu na najszybszy postęp technologiczny w USA w latach 1990–2000, potencjalny TFP rósł najszybciej właśnie w tym okresie we wszystkich badanych krajach.

Wykres zamieszczony na rys. 4.1 ilustruje dekompozycję przyrostu potencjalnego TFP pomiędzy wpływ krajowego R&D, dyfuzję technologii (indukowanej przez import dóbr inwestycyjnych wysokich technologii) oraz składnik resztowy. Jak widać, dużej części przyrostu TFP nie udało się objaśnić za pomocą bieżącego modelu. W przypadkach niektórych krajów, mogła być ona wręcz większa co do wartości bezwzględnej od wpływu R&D lub dyfuzji. Ponadto, Irlandia w latach 1990–2000 wydaje się być obserwacją odstającą (outlierem). Największy przyrost potencjalnego TFP odnotowano w

Rysunek 4.1: Dekompozycja przyrostu potencjalnego TFP w latach 1970-80, 1980-90 oraz 1990-2000 (okresy 10-letnie) pomiędzy wpływ krajowego R&D, dyfuzję technologii (indukowanej przez import dóbr inwestycyjnych wysokich technologii) oraz składnik resztowy.



Źródło: opracowanie własne IBS.

latach 1990–2000 we Francji, Holandii, Szwecji, Szwajcarii, Norwegii i Japonii, ale tylko w tym ostatnim kraju najważniejszy wpływ na ten fakt miało własne R&D.

Szczegółowe wyniki dotyczące wkładów własnego R&D oraz dyfuzji technologii ponad granicami krajów w przyrost TFP w poszczególnych 10-letnich podokresach okresu 1970–2000 zawarto w Tabeli 4.3. Wyniki, które można tam znaleźć, potwierdzają główne obserwacje, których dokonano na danych obejmujących cały ten okres. Warto jednak zwrócić uwagę na znaczne zróżnicowanie poszczególnych 10-latek. Pierwszy podokres, obejmujący lata 70., w których wystąpił szok naftowy oraz recesja w większości badanych gospodarek, był okresem wolnego wzrostu (a w przypadku wielu krajów wręcz spadku) TFP, a także skromnego wzrostu TFP potencjalnego. Również R&D oraz procesy dyfuzyjne były wówczas mało aktywne. Najsilniejszy wzrost TFP potencjalnego zaobserwowano, bez wyjątków, w okresie 1990–2000; także średni wzrost rzeczywistego TFP był w tym okresie największy.



Tablica 4.3: Dekompozycja przyrostu TFP oraz TFP potencjalnego w okresach 10-letnich.

		$\Delta$ TFP	R&D	Dyf. (FDI)	R&D	Dyf (Imp.)	$\Delta$ TFP*	R&D	Dyf (FDI)	R&D	Dyf (Imp.)
Australia	1970-1980	-0,0343	0,0809	0,1160	0,0481	0,0248	0,2957	0,2609	0,1598	0,2162	0,0172
Australia	1980-1990	0,0574	0,0884	0,1056	0,0526	0,0729	0,4135	0,3023	0,1117	0,2505	0,0534
Australia	1990-2000	0,3507	0,0696	0,2490	0,0414	0,1487	1,0016	0,2608	0,4796	0,2161	0,1769
Austria	1970-1980	0,3880	0,1963	0,0427	0,1167	0,0354	0,3598	0,6562	0,1182	0,5438	0,0571
Austria	1980-1990	0,1684	0,1036	0,0219	0,0616	0,0865	0,2077	0,3327	0,0730	0,2757	0,1836
Austria	1990-2000	0,2374	0,0654	0,0679	0,0389	0,2021	1,2087	0,2169	0,3227	0,1797	0,6500
Dania	1970-1980	-0,0821	0,0420	0,0558	0,0250	0,0510	0,2333	0,1475	0,0180	0,1222	0,0069
Dania	1980-1990	0,1828	0,0386	0,0067	0,0230	0,1116	0,2839	0,1368	0,0077	0,1134	0,0585
Dania	1990-2000	0,4937	0,0326	0,1730	0,0194	0,2405	1,2075	0,1171	0,5410	0,0970	0,4802
Finlandia	1970-1980	0,0532	0,0538	0,0158	0,0320	0,0483	0,3861	0,1879	0,0383	0,1557	0,0678
Finlandia	1980-1990	0,1581	0,0412	0,0163	0,0245	0,1326	0,0618	0,1516	0,0431	0,1257	0,2154
Finlandia	1990-2000	0,2165	0,0436	0,1129	0,0259	0,3594	1,2722	0,1714	0,4630	0,1421	0,9511
Francja	1970-1980	0,1664	0,0570	0,0274	0,0339	0,0147	0,3182	0,1764	0,0653	0,1462	0,0177
Francja	1980-1990	0,2350	0,0374	0,0299	0,0223	0,0499	0,1975	0,1158	0,0911	0,0959	0,1040
Francja	1990-2000	0,1141	0,0361	0,0885	0,0214	0,1156	1,5004	0,1150	0,4228	0,0953	0,3797
Grecja	1970-1980	0,2013	0,2761	0,0243	0,1642	0,0090	0,3391	0,9045	0,0918	0,7496	0,0186
Grecja	1980-1990	-0,2760	0,1414	0,0925	0,0841	0,0300	0,2579	0,4828	0,3383	0,4001	0,0712
Grecja	1990-2000	-0,0245	0,0272	0,1415	0,0162	0,0955	0,5490	0,1088	0,6111	0,0902	0,2669
Hiszpania	1970-1980	0,0945	0,1100	0,0062	0,0654	0,0028	0,2485	0,2810	0,0967	0,2328	0,0443
Hiszpania	1980-1990	0,0860	0,0446	0,0355	0,0265	0,0276	0,1308	0,1219	0,2412	0,1010	0,1236
Hiszpania	1990-2000	-0,1864	0,0206	0,1714	0,0122	0,0882	0,8574	0,0600	1,3127	0,0497	0,4550
Holandia	1970-1980	-0,0485	0,0401	0,0795	0,0238	0,0397	0,0252	0,1031	0,6731	0,0854	0,2185
Holandia	1980-1990	0,0033	0,0263	0,0731	0,0156	0,1579	0,7066	0,0734	0,4823	0,0608	0,6474
Holandia	1990-2000	0,2857	0,0200	0,2776	0,0119	0,4662	1,4718	0,0662	1,4363	0,0548	1,5483
Irlandia	1970-1980	0,2727	0,0367	0,0643	0,0218	0,0785	0,8772	0,1087	0,3315	0,0901	0,2461
Irlandia	1980-1990	0,1561	0,0566	0,1198	0,0337	0,3464	0,2194	0,1959	0,3515	0,1624	0,6736
Irlandia	1990-2000	1,5612	0,0730	0,1563	0,0434	0,7012	0,9152	0,2346	0,9357	0,1944	2,6810
Japonia	1970-1980	-0,1343	0,1887	0,0028	0,1122	0,0017	1,2173	0,5667	0,0111	0,4696	0,0015
Japonia	1980-1990	0,3768	0,2660	0,0023	0,1582	0,0173	0,2908	1,0100	0,0008	0,8370	0,0031
Japonia	1990-2000	-0,3107	0,3416	0,0038	0,2032	0,0890	1,3082	1,2824	0,0117	1,0628	0,1769
Kanada	1970-1980	0,1275	0,0255	0,1115	0,0152	0,0238	0,5554	0,0780	0,0656	0,0646	0,0059
Kanada	1980-1990	-0,1656	0,0164	0,0718	0,0097	0,0784	0,3494	0,0564	0,0000	0,0467	0,0000
Kanada	1990-2000	0,3080	0,0161	0,1333	0,0096	0,2134	0,6381	0,0637	0,0000	0,0528	0,0000
Norwegia	1970-1980	0,5030	0,0559	0,0712	0,0333	0,1102	0,1162	0,1862	0,2476	0,1543	0,2471
Norwegia	1980-1990	0,1993	0,0371	0,0567	0,0221	0,1047	0,2857	0,1078	0,3009	0,0893	0,3799
Norwegia	1990-2000	0,8996	0,0364	0,0870	0,0216	0,1380	1,3314	0,1080	0,6590	0,0895	0,6881
Portugalia	1970-1980	0,3226	0,0201	0,0200	0,0119	0,0115	0,3226	0,0513	0,1601	0,0425	0,0601
Portugalia	1980-1990	0,2568	0,0067	0,0229	0,0040	0,0305	0,2606	0,0185	0,1421	0,0153	0,1329
Portugalia	1990-2000	-0,0355	0,0045	0,1026	0,0027	0,0932	0,4024	0,0120	1,0318	0,0099	0,6046
Szwajcaria	1970-1980	-0,0438	0,1137	0,0000	0,0677	0,0265	-0,3203	0,3284	0,0000	0,2722	0,0755
Szwajcaria	1980-1990	0,0195	0,0808	0,0000	0,0481	0,0832	0,6742	0,2258	0,0000	0,1871	0,3442
Szwajcaria	1990-2000	-0,1941	0,0525	0,1334	0,0312	0,2433	1,3338	0,1770	0,6007	0,1467	0,6620
Szwecja	1970-1980	-0,0589	0,1155	0,0187	0,0687	0,0489	0,1995	0,3786	0,0105	0,3137	0,0078
Szwecja	1980-1990	0,2149	0,0716	0,0229	0,0426	0,1427	0,3360	0,2503	0,0274	0,2074	0,0995
Szwecja	1990-2000	0,1781	0,0479	0,2907	0,0285	0,3042	1,4358	0,1773	0,6546	0,1470	0,4808
USA	1970-1980	0,1073	0,1111	0,0000	0,0661	0,0000	0,2049	0,3073	0,0000	0,2547	0,0000
USA	1980-1990	0,2660	0,0805	0,0000	0,0479	0,0000	0,6348	0,2258	0,0000	0,1871	0,0000
USA	1990-2000	0,5758	0,0937	0,0000	0,0558	0,0000	0,9165	0,2851	0,0000	0,2362	0,0000
Wlk. Brytania	1970-1980	0,0937	0,0739	0,0800	0,0440	0,0276	0,4862	0,2353	0,2065	0,1950	0,0432
Wlk. Brytania	1980-1990	0,4277	0,0518	0,0935	0,0308	0,0931	0,2879	0,1764	0,0775	0,1462	0,0611
Wlk. Brytania	1990-2000	0,3579	0,0599	0,1732	0,0356	0,1999	0,9020	0,1992	0,7258	0,1651	0,5443
Włochy	1970-1980	0,4310	0,0673	0,0269	0,0400	0,0163	0,2109	0,1879	0,1603	0,1557	0,0622
Włochy	1980-1990	0,1021	0,0371	0,0097	0,0221	0,0347	0,1623	0,0959	0,0853	0,0795	0,2028
Włochy	1990-2000	-0,1021	0,0292	0,0341	0,0174	0,0890	0,9053	0,0807	0,3284	0,0668	0,5444

Źródło: opracowanie własne IBS.

Pomiędzy poszczególnymi okresami widać także zróżnicowanie intensywności wymiany handlowej oraz bezpośrednich inwestycji zagranicznych, co przełożyło się na siłę procesów dyfuzyjnych. Własne R&D było natomiast najsilniejsze w latach 70., co wiązać należy z największą liczbą patentów na jednego pracownika sektora R&D, którą wówczas odnotowano. Spadek liczby patentów na pracownika wiązać się może z (i) wzrastającą trudnością R&D, (ii) zmniejszeniem się skłonności firm i osób do patentowania swoich wynalazków lub (iii) wydłużeniem się i utrudnieniem procedury patentowej. Wiadomo, iż wszystkie te efekty miały miejsce, lecz analiza mająca na celu wykazanie, które były decydujące, wykracza poza ramy bieżącego opracowania.

## 4.5 Podsumowanie

### 4.5.1 Wyniki

Przeprowadzone w bieżącym rozdziale badanie pozwoliło zidentyfikować źródła wzrostu TFP w badanych 20 krajach OECD (w tym 14 krajach UE): dokonano tu bowiem rozróżnienia pomiędzy postępowaniem technologicznym wynikającym z własnych nakładów na R&D, a dyfuzją technologii z zagranicy. Przyjęto dwa kanały, poprzez które indukowana jest dyfuzja: kanał bezpośrednich inwestycji zagranicznych oraz kanał importu dóbr inwestycyjnych wysokich technologii. Badanie sugeruje jednak, iż uwzględnienie tego drugiego kanału prowadzi do lepszych wyników: efekty FDI bywają nierównomierne i znacznie odsunięte w czasie, podczas gdy import dóbr wysokiej technologii wiąże się z dyfuzją w bardziej bezpośredni sposób.

Badanie przeprowadzono dla całego okresu 30-letniego (1970–2000), jak i dla poszczególnych 5- i 10-letnich podokresów. Wykorzystano w nim (i) dane o rzeczywistym TFP oraz (ii) dane o TFP potencjalnym, maksymalnym dostępnym przy danych zasobach czynników produkcji. TFP potencjalne zostało wyznaczone w oparciu o metodę nieparametryczną DEA w rozdziale 2. Wykorzystanie w badaniu informacji o TFP potencjalnym w miejsce TFP rzeczywistego pozwala odfiltrować jeden ważny czynnik warunkujący zmienność TFP: zmiany w efektywności technicznej – tj. dystans do granicy technologicznej. Jak pokazano w rozdziale 2, efektywność ta podlegała trendowi spadkowemu w wielu krajach europejskich.

Wyniki sugerują jednoznacznie, iż dyfuzja technologii z krajów wyżej rozwiniętych technologicznie, takich jak USA, było w badanym okresie kluczowym mechanizmem wzrostu TFP w krajach UE-15. Własne R&D odpowiadało za względnie małą część owego postępu. Inaczej sytuacja wyglądała natomiast w Japonii, gdzie duża część przyrostu TFP wynikała z osiągnięć krajowego R&D.

Wyniki są znacznie klarowniejsze w odniesieniu do zmian TFP potencjalnego niż TFP rzeczywistego. Wynika to z faktu, iż TFP rzeczywiste uwzględnia również efektywność techniczną, a także podlega fluktuacjom związanym z cyklem koniunkturalnym. TFP potencjalne jest w znacznym stopniu odporne na wpływ czynników cyklicznych –

w szczególności, jest ono niemalejącą funkcją czasu. W odniesieniu do TFP potencjalnego, największy postęp w okresie 1970–2000 dokonał się w Japonii, Irlandii, Holandii i Francji, przy czym w przypadku trzech krajów europejskich z tej czwórki, wynikał on przede wszystkim z dyfuzji technologii z zagranicy (m.in. USA), natomiast w przypadku Japonii – był on niemal wyłącznie skutkiem własnego R&D.

## 4.5.2 Wnioski

Z uzyskanych rezultatów wypływają następujące wnioski dla polityki gospodarczej.

1. Dyfuzja technologii objaśnia wielokrotnie większą część przyrostu TFP niż własne R&D we wszystkich badanych krajach oprócz Stanów Zjednoczonych. Wynik ten jest zgodny z obrazem świata, w którym największa część innowacji bezpośrednio na światowej granicy technologicznej dokonywana jest w USA. W świetle takiego wyniku, naczelnym celem krajów UE powinno być więc możliwie silne otwarcie się na absorpcję technologii pochodzących zza granicy. Wiemy, że czynnikami sprzyjającymi absorpcji nowych technologii są (i) kapitał ludzki, tj. odpowiedni poziom kwalifikacji pracowników, pozwalający na efektywne wdrażanie innowacji, (ii) odpowiedni poziom kapitału fizycznego, dzięki czemu implementacja nowych, na ogół wysoce kapitałochłonnych technologii, jest w ogóle opłacalna, (iii) otwartość gospodarki, dzięki której łatwo przychodzić mogą do kraju produkty i *know-how* sektorów wysokiej technologii, (iv) bezpośrednie inwestycje zagraniczne, dzięki którym ów *know-how* implementowany jest bezpośrednio przez zagranicznych inwestorów, by móc później dyfundować do firm krajowych.
2. Dyfuzja technologii najsilniejszy wpływ wywarła na wzrost TFP w latach 1970–2000 w Irlandii, Holandii, Finlandii i Szwecji, a najslabszy (poza USA) — na kraje śródziemnomorskie: Grecję, Hiszpanię, Portugalię i Włochy. Kluczową barierą dyfuzji technologii do tych krajów wydaje się niski poziom wykształcenia pracowników w tych krajach. Mamy zatem kolejny argument za rekomendacją szczególnego wspierania akumulacji kapitału ludzkiego w tych krajach – poza innymi korzystnymi efektami, ułatwi ona im bowiem absorpcję nowoczesnych technologii.
3. Aby działalność badawczo-rozwojowa mogła stać się decydującym motorem wzrostu gospodarczego krajów UE, konieczne jest ich *znaczne* zintensyfikowanie, tak by UE mogła konkurować *zarówno ilością, jak i jakością badań naukowych* z USA. Ponieważ skądinąd wiadomo, iż w działalności R&D występują znaczne efekty koncentracji, niezbędnym pierwszym krokiem w realizacji tego postulatu wydaje się zacieśnienie współpracy naukowo-badawczej pomiędzy różnymi krajami UE. Wskazane wydaje się też zwiększenie skali współpracy z ośrodkami badawczymi poza Europą, w tym – w USA. Europa musiałaby też wytworzyć sobie możliwość przyciągania do swoich ośrodków najwybitniejszych naukowców z całego świata.

Owa procedura „drenażu mózgów” jest przecież obecnie dużo efektywniej prowadzona przez USA niż przez ośrodki europejskie. Kolejnym niezbędnym warunkiem jest usprawnienie współpracy ośrodków badawczych z firmami sektora prywatnego. Współpraca taka jest jednym z ważnych wyróżników obecnej pozycji USA jako niekwestionowanego lidera światowego postępu technicznego. Niestety, w świetle powyższych badań nie wydaje się, by Europa mogła w najbliższych latach wyprzedzić USA i stać się światowym liderem innowacyjności. Nie oznacza to jednak, iż niemożliwe jest wyprzedzenie USA pod względem PKB per capita – niewielkie różnice technologiczne mogą zostać przecież zniwelowane za pomocą większych zasobów czynników produkcji.

# Rozdział 5

## Podsumowanie badania i wnioski dla polityki gospodarczej Polski

### 5.1 Przeprowadzone analizy

Celem niniejszego opracowania była identyfikacja źródeł dystansu gospodarczego pomiędzy krajami Unii Europejskiej a Stanami Zjednoczonymi, a dzięki temu udzielenie możliwie szczegółowej odpowiedzi na tytułowe pytanie: *Dlaczego Europejczycy wytwarzają mniej od Amerykanów?* Opracowanie podzielone zostało na trzy zasadnicze części. W pierwszej z nich zdekomponowano różnice w produktywności krajów Unii Europejskiej i USA metodą nieparametryczną. W drugiej zbadano jednostkowe produktywności czynników w krajach Unii Europejskiej i USA. Trzecia część skoncentrowana została na źródłach wzrostu produktywności w krajach Unii Europejskiej.

Zastosowanie dwóch różnych od siebie, dopełniających się metod dekompozycji różnic w produktywności pomiędzy efekty poszczególnych interesujących nas zjawisk, a więc metody nieparametrycznej DEA w drugim rozdziale i metody parametrycznej opartej o funkcję CES o stałej elastyczności substytucji w rozdziale trzecim, umożliwiło z jednej strony (i) otrzymanie dokładniejszych, bardziej rzetelnych wyników, gdyż oba te badania pozwalają spojrzeć na dystans gospodarczy między UE a USA z różnych perspektyw; oraz z drugiej strony (ii) przeprowadzenie bardziej kompleksowej analizy problemu, ze względu na komplementarność obu badań<sup>1</sup>. Rozdział czwarty jest naturalnym uzupełnieniem obu wcześniejszych rozdziałów: po oddzieleniu wpływu akumulacji czynników produkcji od wpływu postępu technologicznego na produktywność gospodarek Unii Europejskiej i USA, podjęto próbę objaśnienia struktury samego postępu technologicznego. Przeprowadzono zatem jego dekompozycję pomiędzy efekty prac badawczych

---

<sup>1</sup>W metodzie nieparametrycznej nie jest możliwe wyznaczenie *jednostkowych produktywności czynników*, co możliwe jest dopiero po sparametryzowaniu funkcji produkcji; metoda parametryczna nie pozwala natomiast na wyliczenie indeksów efektywności technicznej w poszczególnych krajach oraz ich *produktu potencjalnego*, tj. wielkości PKB, którą można by wytworzyć przy założeniu stuprocentowej efektywności technicznej.

prowadzonych w danym kraju oraz dyfuzję technologii przyptywającej z zagranicy.

Należy też podkreślić, że pomimo faktu, iż zakres czasowy niniejszego badania obejmuje lata 1970–2000, a więc kończy się aż 8 lat przed bieżącym rokiem 2008, nie ma ono charakteru wyłącznie historycznego. Charakter wszystkich przeprowadzonych tu analiz jest bowiem bardzo długookresowy. Zidentyfikowane w niniejszym opracowaniu źródła dystansu gospodarczego między poszczególnymi krajami Unii Europejskiej a USA, ze względu na samą konstrukcję badania, muszą nimi pozostać przez długi czas: zasoby czynników produkcji, poziom i struktura stosowanej technologii oraz instytucje gospodarcze to przecież zmienne bardzo wolno zmienne w czasie. Stąd też i uzyskane wyniki, mimo iż dotyczą lat 1970–2000, dostarczają konkretnych wniosków dla polityki, aplikowalnych również w chwili bieżącej. Wnioski te wymieniono w podsumowaniu każdego z rozdziałów; na końcu całego opracowania odniesiono je natomiast do specyficznego przypadku Polski.

## **5.2 Syntetyczny opis uzyskanych wyników**

### **5.2.1 Efektywność techniczna a wyposażenie w czynniki produkcji**

Wykonana w rozdziale drugim dekompozycja (wykorzystująca nieparametryczną metodę DEA) oparta została o konstrukt światowej granicy technologicznej. Do jej wyznaczenia wykorzystane zostały nie tylko dane międzynarodowe, ale również dane dla poszczególnych stanów USA. Takie podejście umożliwiło z jednej strony znaczące zwiększenie precyzji wyników bieżącego badania, dzięki większej liczbie obserwacji, z drugiej strony zaś – uwzględnienie dość wyraźnej heterogeniczności w ramach samych Stanów Zjednoczonych. Wyniki badania wskazują, że światowa granica technologiczna rozpinana jest nie przez USA jako całość, ale przez najbardziej rozwinięte stany USA, takie jak Delaware, Connecticut, Colorado i Nevada. Odległość krajów europejskich od światowej granicy technologicznej podlegała znacznym zmianom w czasie i objaśniała znaczną część dystansu gospodarczego między UE a USA.

W ramach rozdziału dokonano również podobnego badania dla nowych krajów członkowskich UE, w tym Polski. Dużo mniejsza produkcja w przeliczeniu na pracownika w tych krajach w porównaniu do USA czy UE-15 wynika, po części, ze znacznie gorszego wyposażenia w kapitał fizyczny i ludzki, ale istotne znaczenie ma również odległość od światowej granicy technologicznej. Przy danych zasobach kapitału fizycznego i ludzkiego, w wielu krajach Europy Środkowej możliwa byłaby znacznie wyższa produkcja, gdyby kraje te były bardziej efektywne, tj. zdolne efektywnie wykorzystywać najlepsze spośród dostępnych w świecie technologii.

Z punktu widzenia celu bieżącego opracowania, najważniejsze wydają się następujące wyniki:

1. Światowy postęp technologiczny dokonuje się, przede wszystkim, w zakresie technologii intensywnie wykorzystujących kapitał fizyczny oraz pracę wykwalifiko-

waną. Tylko kraje o dużych zasobach tych czynników mogą w pełni korzystać z owoców postępu technologicznego.

2. Kraje o niskich zasobach kapitału fizycznego oraz pracy wykwalifikowanej mogą nadganiać dystans gospodarczy poprzez akumulację tych czynników. Dodatkową korzyścią, którą będą one równolegle odnosić, będzie wtedy uzyskanie dostępu do coraz bardziej efektywnych technologii.
3. Wiele krajów UE-15 (głównie Europa „kontynentalna” oraz Skandynawia, a także Grecja) charakteryzuje się bardzo niską efektywnością techniczną wykorzystania czynników.
4. W okresie 1970–2000 efektywność techniczna podlegała systematycznym spadkom w większości krajów UE-15. Proces ten nasilił się w latach 90. Wyjątkiem jest tu Irlandia, której indeks efektywności technicznej spadał do roku 1985, po czym zaczął szybko wzrastać.
5. W krajach śródziemnomorskich (Portugalii, Grecji, Włoszech i Hiszpanii) oraz w Irlandii kluczowym czynnikiem determinującym utrzymywanie się dystansu gospodarczego względem USA wydaje się ich niski zasób pracy wykwalifikowanej (lub ogólniej, kapitału ludzkiego). We wszystkich wymienionych krajach, oprócz Włoch, istotna jest też rola niedoboru kapitału fizycznego.
6. W pozostałych krajach UE-15, dystans do USA pod względem PKB na jednego pracownika wynika przede wszystkim z różnic w efektywności technicznej wykorzystania dostępnych czynników produkcji.
7. W nowych krajach członkowskich UE, dystans do USA pod względem PKB na jednego pracownika wynika przede wszystkim z niedoborów kapitału fizycznego. W niektórych krajach (zwłaszcza Czechach, Rumunii, Słowacji i Węgrzech) istotną rolę odgrywa też niska efektywność techniczna.
8. Dystans względem USA pod względem zasobów kapitału ludzkiego wydaje się znacznie niższy niż w przypadku krajów śródziemnomorskich.
9. Dystans gospodarczy Polski względem USA wynika przede wszystkim z dramatycznej różnicy w wyposażeniu w kapitał fizyczny. Znaczną rolę odgrywa też niedostatek kapitału ludzkiego (zasobu pracy wykwalifikowanej) w Polsce. Oznacza to również niedostępność najlepszych współczesnych technologii, które są zbyt kapitałochłonne jak na polskie potrzeby. Rola efektywności technicznej okazała się (nieco wbrew oczekiwaniom autorów) niewielka.

## 5.2.2 Jednostkowe produktywności czynników

Przeprowadzone w rozdziale trzecim analizy umożliwiły zidentyfikowanie jednostkowych produktywności (JPC) poszczególnych czynników produkcji, tj. kapitału fizycznego, pracy niewykwalifikowanej oraz pracy wykwalifikowanej, w poszczególnych krajach i latach. Dekompozycja taka, bazująca na założeniu, iż funkcje produkcji poszczególnych gospodarek dają się sparametryzować jako funkcje CES, umożliwiła zidentyfikowanie tych aspektów technologii, pod względem których dystans między USA a krajami UE jest największy. Wyniki badania wskazują, że:

1. JPC niewykwalifikowanej siły roboczej i kapitału są na ogół wyższe w Europie niż w USA (nie licząc Irlandii). Okazuje się, iż cała przewaga USA nad Unią Europejską pod względem produktywności leży w efektywności wykorzystania pracy wysoko wykwalifikowanej. Różnica ta jest tak duża, że możliwe jest nie tylko znivelowanie niższej efektywności kapitału i pracy niewykwalifikowanej w USA, ale jeszcze wytworzenie znacznej przewagi pod względem całkowitej produktywności.
2. JPC niewykwalifikowanej siły roboczej są tym wyższe, im większy jest odsetek osób nisko wykwalifikowanych w populacji kraju. Efekt ten działa jednak zawsze kosztem JPC pracy wykwalifikowanej.
3. W ramach UE, JPC kapitału jest najwyższa w Finlandii i w Niemczech (a w świecie – w Japonii i Szwajcarii). Poziomy tej zmiennej są też bardzo wysokie w pozostałych krajach skandynawskich oraz w niektórych krajach Europy „kontynentalnej”.
4. JPC pracy wykwalifikowanej była głównym czynnikiem wzrostu produktywności (obok akumulacji czynników) w niemal wszystkich badanych krajach, a w szczególności w USA, częściowo potwierdzając tym samym hipotezę *labor-augmenting technical change*, często postulowaną w literaturze przedmiotu.

## 5.2.3 R&D i dyfuzja technologii

W rozdziale czwartym podjęto próbę dekompozycji obserwowanego w poszczególnych krajach postępu technologicznego (mierzonego wzrostem całkowitej produktywności czynników, TFP) na (i) część wynikającą z działalności badawczo-rozwojowej (R&D) prowadzonej w danym kraju oraz (ii) efekty międzynarodowej dyfuzji technologii, tj. część wyrażającą otwartość danego kraju na absorpcję najnowszych rozwiązań technologicznych, wynalezionych w innych regionach świata.

Badanie to wskazuje jednoznacznie, że dyfuzja technologii z krajów wysoko rozwiniętych technologicznie, przede wszystkim z USA, była w badanym okresie kluczowym mechanizmem wzrostu produktywności we wszystkich krajach UE-15. Największy postęp technologiczny dokonał się w latach 1970–2000 w Irlandii, Holandii i Francji i wynikał on właśnie w dużym stopniu z dyfuzji technologii z zagranicy.



Przeprowadzone badanie pozwala zatem zwiększyć precyzję odpowiedzi na pytanie postawione w tytule opracowania: *Dlaczego Europejczycy wytwarzają mniej od Amerykanów?* – omówione tu zostały bowiem źródła (traktowanego w poprzednich rozdziałach jako zjawisko egzogeniczne) postępu technologicznego w Europie. W rozdziale drugim wskazano, iż niższa produktywność Europejczyków wynika w dużej mierze z niższego poziomu technologicznego krajów europejskich (mierzonego indeksem efektywności technicznej: przecież to amerykańskie stany rozpinają światową granicę technologiczną). W rozdziale trzecim dodano, iż w Europie relatywnie mniej efektywnie wykorzystywane są dostępne zasoby wysoko wykwalifikowanej siły roboczej. W rozdziale czwartym wskazano natomiast, iż z racji przodownictwa Stanów Zjednoczonych w zakresie najnowszych technologii, Europa jest przede wszystkim odbiorcą technologii i regionem je absorbującym, a jedynie w mniejszym stopniu regionem, gdzie nowe technologie są wynajdywane i wdrażane po raz pierwszy. Dystans technologiczny Europy wynika zatem w dużej mierze z opóźnienia dyfuzyjnego (*diffusion lag*), tym większego im szybszy jest postęp technologiczny w USA. Efekt ten w dużej mierze tłumaczy wzrost dystansu pod względem TFP między UE-15 a USA w latach dziewięćdziesiątych.

### 5.3 Wnioski dla polityki gospodarczej Polski

Strategia Lizbońska Unii Europejskiej podkreśla bardzo duże znaczenie wydatków na badania i rozwój (R&D). W stanowisku takim jest oczywiście dużo racji, gdyż R&D jest przecież fundamentalnym motorem wzrostu gospodarczego w skali świata. Co więcej, również w znacznie mniejszej skali mogą one efektywnie przyczyniać się do nadrabiania różnic rozwojowych w stosunku do krajów o wyższym PKB, np. Stanów Zjednoczonych. W świetle wyników bieżącego badania, wydaje się jednak, że nie wszystkie kraje europejskie, a w szczególności nie kraje Europy Środkowo-Wschodniej i na pewno nie Polska, wytworzyły już odpowiednie warunki, by efektywnie prowadzić działalność badawczo-rozwojową i wdrażać jej efekty w praktyce. **Analiza charakteru rozwoju gospodarczego w latach 1970–2000 w Europie Zachodniej wskazuje, że conajmniej równie ważna, a w przeważającej większości krajów nawet ważniejsza, była w tym okresie absorpcja najnowszych rozwiązań technologicznych pochodzących zza granicy.**

**W przypadku Polski kluczowe wydaje się zatem stworzenie podstaw do absorpcji najnowszych rozwiązań technologicznych,** a więc dbałość o nienarastanie różnic między Polską a USA pod względem zasobów kapitału ludzkiego, tj. poziomu wykształcenia społeczeństwa, a także wysoki poziom otwartości gospodarki i polityka sprzyjania bezpośrednim zagranicznym inwestycjom. Ponieważ nowoczesne technologie są na ogół wysoce kapitałochłonne, ważne jest też, by obecny w gospodarce zasób kapitału fizycznego był dostatecznie duży. W przeciwnym razie technologie te, przyływające do Polski z zewnątrz, nie będą mogły być efektywnie wdrożone w praktyce gospodarczej.

Dekompozycja różnic produktywności pomiędzy Polską a USA oraz krajami UE-15 wskazuje jednoznacznie, iż największy dystans dzieli nas pod względem zasobu kapitału

fizycznego. Należy się domyślać, iż duża część tej różnicy jest konsekwencją różnicy w (szeroko pojętej) jakości wykorzystywanych w procesie produkcyjnym dóbr kapitałowych. To właśnie ta różnica stanowi najważniejszą barierę dla szybkiej konwergencji Polski względem USA. W drugiej kolejności należy wymienić dystans pod względem zasobu kapitału ludzkiego, a dopiero później – pod względem technicznej efektywności wykorzystania dostępnych zasobów.

Podstawowy wniosek dla polityki gospodarczej Polski jest zatem następujący: **skoro czynnikiem mogącym najłatwiej przyczynić się do nadgonienia dystansu do USA pod względem produktywności jest czynnik kapitału, to właśnie akumulację kapitału należy najbardziej intensywnie wspierać.** „Akumulację kapitału” należy rozumieć tu bardzo szeroko, włączając weń, oprócz inwestowania w dobra kapitałowe, również (i) modernizację wykorzystywanych w produkcji dóbr kapitałowych, (ii) wdrażanie nowoczesnych urządzeń i metod działania służących efektywniejszemu wytwarzaniu produktu w poszczególnych sektorach gospodarki, a także (iii) rozwijanie relatywnie kapitałochłonnych branż gospodarki kosztem branż relatywnie pracochłonnych. Wyniki badania wskazują, iż w przypadku krajów relatywnie niedokapitalizowanych, takich jak Polska, **inwestycje w kapitał produkcyjny powinny zwrócić się w dwójnasób:** po pierwsze, produktywność wzrośnie z racji samego lepszego wyposażenia w kapitał, a po drugie, lepsze wyposażenie w kapitał pozwoli zyskać dostęp do lepszych, bardziej wydajnych technologii. Niska produktywność w Polsce wydaje się bowiem wynikać w dużej części z niemożliwości zastosowania w naszym kraju najefektywniejszych nowoczesnych technologii, takich, które stosuje się z powodzeniem w USA oraz w niektórych krajach Europy Zachodniej. Gdyby kapitału fizycznego było w Polsce więcej, to i te technologie stałyby się dostępne.

Wnioskując na podstawie rezultatów powyższych analiz stwierdzamy też, iż **drugim, nieznacznie tylko mniej ważnym, priorytetem Polski powinno być wspieranie akumulacji kapitału ludzkiego**, a więc (i) dbałość o wysoki poziom edukacji w szkołach i na uczelniach, (ii) umożliwienie jak najszerszym grupom społecznym udziału w procesie edukacyjnym na jak największej liczbie szczebli, (iii) wytwarzanie warunków, by osoby najlepiej wykwalifikowane znajdowały w kraju pracę odpowiadającą ich kwalifikacjom, (iv) dbałość o odpowiednią (wyższą niż obecnie) proporcję absolwentów kierunków technicznych i nietechnicznych. Powodem, dla którego sugerujemy, by akumulacja kapitału ludzkiego miała drugi, a nie pierwszy priorytet w polityce gospodarczej Polski, jest fakt, iż wyniki omówionego powyżej badania sugerują, że dystans naszego kraju względem USA pod względem zasobu kapitału ludzkiego nie jest tak duży, jak pod względem zasobu kapitału fizycznego (jest on w szczególności znacznie mniejszy niż dystans, jaki do pokonania mają Portugalczycy, Włosi, Grecy czy Hiszpanie). Stąd też i spodziewany zwrot z inwestycji w kapitał ludzki będzie zauważalnie niższy.

W odniesieniu do inwestycji w działalność badawczo-rozwojową, to niestety nie należy się spodziewać, by mogły się one stać decydującym motorem wzrostu gospodarczego Polski w najbliższych latach. Wynika to z faktu, iż nawet w krajach znacznie od Polski bogatszych i bardziej efektywnych, większość postępu technicznego to w istocie techno-

logie przychodzące zza granicy. Jest jednak jeden kluczowy efekt pośredni, który uzasadnia celowość zwiększenia takich inwestycji: chodzi mianowicie o umożliwienie specjalistom z różnych dziedzin nauki pozostania w kraju i przekazywania swoich kompetencji oraz kwalifikacji kolejnym osobom. **Odpowiednia liczba wysoko wykwalifikowanych pracowników jest przecież warunkiem koniecznym efektywnej absorpcji technologii z zewnątrz, a przez to korzystania z owoców światowego postępu technicznego.**

# Bibliografia

- [1] Badunenko, O., D. J. Henderson, V. Zelenyuk (2007), “Technological Change and Transition: Relative Contributions to Worldwide Growth During the 1990’s”, DIW – Berlin, Discussion Paper 740.
- [2] Barro, R.J., J.-W. Lee (2001), “International Data on Educational Attainment: Updates and Implications”, *Oxford Economic Papers* 53(3), 541-563.
- [3] Basu, S., D.N. Weil (1998), “Appropriate Technology and Growth”, *Quarterly Journal of Economics* 113(4), 1025-1054.
- [4] Benhabib, J., M.M. Spiegel (2005), “Human Capital and Technology Diffusion” [w:] P. Aghion, S. Durlauf (eds.), *Handbook of Economic Growth*. Elsevier, Amsterdam.
- [5] Bilal, M., P.J. Klenow (2000), “Does Schooling Cause Growth?”, *American Economic Review* 90(5), 1160-1183.
- [6] Caselli F. (2005), “Accounting for Cross-Country Income Differences” [w:] P. Aghion, S. Durlauf (eds.), *Handbook of Economic Growth*. Elsevier, Amsterdam.
- [7] Caselli, F., W. J. Coleman (2002), “The U.S. Technology Frontier”, *American Economic Review Papers and Proceedings* 92(2), 148-152.
- [8] Caselli F., W. J. Coleman (2006), “The World Technology Frontier”, *American Economic Review* 96(3), 499-522.
- [9] Cohen, D., M. Soto (2007), “Growth and Human Capital: Good Data, Good Results”, *Journal of Economic Growth* 12(1), 51-76.
- [10] de la Fuente, A., R. Doménech (2006), “Human Capital in Growth Regressions: How Much Difference Does Data Quality Make?”, *Journal of the European Economic Association* 4(1), 1-36.
- [11] Duffy, J., C. Papageorgiou (2000), “A Cross-Country Empirical Investigation of the Aggregate Production Function Specification”, *Journal of Economic Growth* 5, 87-120.

- [12] Fare, R., S. Grosskopf, M. Norris, Z. Zhang (1994), “Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries”, *American Economic Review* 84(1), 66-83.
- [13] Growiec, J. (2008), “A New Class of Production Functions and an Argument Against Purely Labor-Augmenting Technical Change”, *International Journal of Economic Theory* 4(4), 483-502.
- [14] Ha, J., P. Howitt (2007), “Accounting for Trends in Productivity and R&D: A Schumpeterian Critique of Semi-Endogenous Growth Theory”, *Journal of Money Credit and Banking* 39, 733–774.
- [15] Hall, R.E., C.I. Jones (1999), “Why Do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker Than Others?”, *Quarterly Journal of Economics* 114(1), 83-116.
- [16] Henderson, D. J., R. R. Russell (2005), “Human Capital and Convergence: A Production–Frontier Approach”, *International Economic Review* 46(4), 1167-1205.
- [17] Heston, A., R. Summers, B. Aten (2006), “Penn World Table Version 6.2”, Center for International Comparisons of Production, Income and Prices at the University of Pennsylvania.
- [18] Jerzmanowski, M. (2007), “Total Factor Productivity Differences: Appropriate Technology Vs. Efficiency”, *European Economic Review* 51, 2080-2110.
- [19] Jones, C.I. (1997), “On the Evolution of the World Income Distribution”, *Journal of Economic Perspectives* 11, 19–36.
- [20] Jones, C.I. (2005), “The Shape of Production Functions and the Direction of Technical Change”, *Quarterly Journal of Economics* 120(2), 517-549.
- [21] Klenow, P.J., A. Rodriguez-Clare (1997), “The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has It Gone Too Far?”, [in:] B.S. Bernanke, J.J. Rotemberg, eds., *NBER Macroeconomics Annual 1997*, pp. 73-103. MIT Press, Cambridge.
- [22] Klump, R., H. Preissler (2000), “CES Production Functions and Economic Growth”, *Scandinavian Journal of Economics* 102 (1), 41–56.
- [23] Krusell, P., L. Ohanian, J.-V. Rios-Rull, G. Violante (2000), “Capital–Skill Complementarity and Inequality: A Macroeconomic Analysis”, *Econometrica* 68 (5), 1029–1053.
- [24] Kumar, S., R. R. Russell (2002), “Technological Change, Technological Catch-up, and Capital Deepening: Relative Contributions to Growth and Convergence”, *American Economic Review* 92(3), 527-548.

- [25] Madsen, J.B. (2008a), “Semi-Endogenous Versus Schumpeterian Growth Models: Testing the Knowledge Production Function Using International Data”, *Journal of Economic Growth* 13(1), 1-26
- [26] Madsen, J.B. (2008b), “Economic Growth, TFP Convergence and the World Export of Ideas: A Century of Evidence”, *Scandinavian Journal of Economics* 110(1), 145-167.
- [27] Nelson, R.R., E.S. Phelps (1966), “Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth”, *American Economic Review* 56, 69-75.
- [28] Pandey, M. (2008), “Human Capital Aggregation and Relative Wages Across Countries”, *Journal of Macroeconomics*, forthcoming.
- [29] Quah, D. T. (1996), “Empirics for Economic Growth and Convergence”, *European Economic Review* 40, 1353-1375.
- [30] Quah, D. T. (1997), “Empirics for Growth and Distribution: Stratification, Polarization, and Convergence Clubs”, *Journal of Economic Growth* 2, 27-59.
- [31] Sala-i-Martin, X.X. (2006), “The World Distribution of Income: Falling Poverty and ... Convergence, Period”, *Quarterly Journal of Economics* 121(2), 351-397.
- [32] Simar, L., P. Wilson (2000), “Statistical Inference in Nonparametric Frontier Models: State of the Art”, *Journal of Productivity Analysis* 13, 49-78.
- [33] Turner, C., R. Tamura, S.E. Mulholland (2008), “How Important are Human Capital, Physical Capital and Total Factor Productivity for Determining State Economic Growth in the United States: 1840 – 2000?”, Nicholls State University, unpublished.