Wyzwania dla makromodelowania wynikające z przechodzenia do gospodarki opartej na wiedzy

Władysław Welfe

12.1. Wprowadzenie

Przed naukami ekonomicznymi stanęły w ostatnich latach wyzwania związane z transformacją współczesnej gospodarki rynkowej do „nowej gospodarki", a w perspektywie – do gospodarki opartej na wiedzy. Koncepcja gospodarki opartej na wiedzy (*knowledge-based economy*) została sformułowana dla przeciwstawienia jej panującej w ostatnich stuleciach gospodarki przemysłowej. Wprawdzie poprzednie systemy gospodarcze korzystały z wiedzy determinującej postęp techniczny, to jednak na przełomie XX i XXI w. rola kapitału wiedzy, w wyniku przede wszystkim rozwoju informatyki, stała się przemożna. Dotyczy to zarówno funkcjonowania gospodarki (automatyzacja procesów produkcyjnych, szybka transmisja informacji dotyczących zarządzania, ostatnio poprzez Internet etc.), jak też wzrostu gospodarczego (endogenizacja postępu technicznego).

Trudno jest znaleźć miarę (miary), które informowałyby o stopniu zaawansowania gospodarki opartej na wiedzy (Smith, 2002). Można wszakże przyjąć robocze założenie, iż oznaką dominacji tego rodzaju systemu powiązań gospodarczych, gdy chodzi o wzrost gospodarczy, jest szybszy wzrost nakładów na badania i rozwój oraz edukację, niż wzrost nakładów inwestycyjnych na środki trwałe. Dalej idącym kryterium byłoby przekroczenie progu, reprezentowanego przez odpowiednio wysoki np. 50-60% udział łącznej produktywności czynników produkcji (TFP) w przyroście PKB. W systemach tych ulega zarazem istotnej redukcji znaczenie przyrostu środków trwałych i zatrudnienia jako czynników produkcji.

Koncepcja powyższa, mimo wyraźnego opóźnienia technologicznego Polski, znalazła odzwierciedlenie w pracach inicjowanych przez A. Kuklińskiego (2001), a następnie w badaniach empirycznych kierowanych przez L. Zienkowskiego (2003)[1].

[1] Zawarte są tam bogate analizy, które nie wychodzą jednak poza formułowanie prostych regresji między wzrostem PKB, a pojedynczymi czynnikami wzrostu w polskiej gospodarce. Nie podej-

Badania własności gospodarki opartej na wiedzy, zwłaszcza w kontekście analizy wzrostu gospodarczego, za punkt wyjścia przyjmują procesy absorpcji kapitału wiedzy. Mają one miejsce w procesach technologicznych produkcji (zmniejszenie zużycia surowców, materiałów i energii, przyrost produktywności maszyn i urządzeń), w produkcji nowych wyrobów, a także w zarządzaniu.

Jednakże nie mniej ważne są uwarunkowania rosnącej absorpcji wiedzy, mianowicie jej powstawanie (wytwarzanie) oraz jej transfer. Istotną rolę odgrywa tu aktywność jednostek organizacyjnych zarówno należących do sekcji nauka, jak do pozostałych sekcji gospodarki, polegająca na generowaniu i wdrażaniu innowacji, badaniach naukowych i w zakresie rozwoju. Jej przejawy materializują się w nakładach na innowację, a zwłaszcza nakładach na badania i rozwój (B+R), a także w wynikach badań w postaci patentów i licencji.

Dotyczy to nie tylko całej gospodarki, ale w nie mniejszym stopniu wyróżnionych jej sekcji lub regionów, a zwłaszcza przemysłów *high-tech*, w tym przemysłu informatycznego, a także odpowiednich usług.

Podstawowe znaczenie, zwłaszcza dla krajów rozwijających się ma transfer wiedzy. W makro-skali można wyróżnić kilka kanałów transferu – od transferu kapitału wiedzy zawartej w odpowiednich nośnikach informacji, poprzez transfer importowanych materiałów (nowe technologie), import inwestycyjny, obejmujący maszyny i urządzenia. Podobnie istotne znaczenie ma międzygałęziowy transfer wiedzy.

Wreszcie należy wspomnieć o procesie gromadzenia wiedzy, tworzenia baz, głównie instytucjonalnie utrwalonych, warunkujących efektywny dostęp do kapitału wiedzy[2].

Problemy związane z modelowaniem powstawania i wykorzystania kapitału wiedzy będą przedmiotem kolejnych rozdziałów opracowania. Zaczniemy od charakterystyki długookresowych, makroekonometrycznych modeli, w ramach których to zostaną wkomponowane procesy generowania i absorpcji kapitału wiedzy. Następnie zostaną omówione kwestie dotyczące możliwości poszerzenia koncepcji funkcji produkcji, jako narzędzia pozwalającego na pomiar efek-

---

mują one próby łącznego ich potraktowania, ani też wpisania w system powiązań, charakterystyczny dla gospodarki jako całości, a w tym gospodarki opartej na wiedzy.

[2] Charakterystyka powyższa pozwala na bardziej ogólne określenie wyróżników gospodarki opartej na wiedzy. Tak np. A.B. Czyżewski, M. Kolasa wyróżniają następujące cechy „aproksymujące poziom i zdolność wykorzystania wiedzy oraz nowych technologii". Są to: GERD – łączne wydatki na badania i rozwój (w % PKB), ICT – wydatki na technologie informacyjne (w % PKB), EPO – liczba wniosków patentowych zgłoszonych do Europejskiego Urzędu Patentowego (EPO) wg kraju wynalazcy (na 1 mln mieszkańców), INT liczba serwerów internetowych (na 1 tys. mieszkańców), EDU – odsetek populacji w wielu produkcyjnym z wykształceniem powyżej średniego, EXP – udział w eksporcie przemysłu przetwórczego eksportu gałęzi *high-tech*" (Zienkowski, 2003, s. 33 i nast.).

tów absorpcji kapitału wiedzy, gdy chodzi o wzrost gospodarczy. Następnie poddamy dyskusji specyficzne problemy pomiaru dynamiki łącznej produktywności czynników produkcji (TFP), jako miary efektów wykorzystania kapitału wiedzy. Zostaną także naszkicowane metody analizy związków TFP z nakładami na B+R z jednej strony, a także nakładami na edukację z drugiej strony. Będzie wreszcie mowa o możliwościach sektorowej i regionalnej dezagregacji modeli generujących powstawanie kapitału wiedzy i jego absorpcję.

12.2. Makroekonometryczne modele gospodarki opartej na wiedzy

Kwantyfikacja opisu mechanizmów rozwoju gospodarki opartej na wiedzy może nastąpić poprzez użycie odpowiednio rozbudowanych, makroekonometrycznych modeli.

Teoretyczną podstawę ich budowy jest endogeniczna teoria wzrostu gospodarczego, której to rozwój nastąpił w ciągu ostatnich kilkunastu lat. W tym też nurcie rozwijane są jego różne aspekty, w polskiej literaturze naukowej głównie za sprawą T. Tokarskiego (2001). Tematyka ta jest ciągle żywa i jest przeto przedmiotem dalszych teoretycznych badań (Nahuis, 2003).

Badania empiryczne, nawiązujące do tego nurtu, dokonują się w płaszczyźnie makro- i mikroekonomicznej (analiza procesu innowacji). W skali makroekonomicznej należy wspomnieć o empirycznych modelach wzrostu gospodarczego, których koncepcja została sformułowana przez W. Welfe (2000), i w rezultacie realizacji której powstał makroekonometryczny W8D model gospodarki polskiej (2001), mający kolejne mutacje (W. Welfe, 2004).

Modele te winny w szczególności uwzględniać generowanie endogenicznego postępu techniczno-organizacyjnego, explicite reagować na zmiany kapitału wiedzy, uwzględniając odpowiednie sprzężenia zwrotne. Modele takie pozwalają na prowadzenie analiz symulacyjnych, użytecznych w układaniu długookresowych scenariuszy rozwoju, uwzględniających dynamikę kapitału wiedzy.

Jednym z możliwych rozwiązań jest wykorzystanie w tym celu wspomnianego wyżej makroekonometrycznego, długookresowego modelu W8D gospodarki polskiej (por. W. Welfe, 2004). Model ten winien wszakże zostać odpowiednio rozbudowany, a dokładniej – przekształcony w nowy model – model gospodarki opartej na wiedzy. Model powyższy jest jedynym modelem operacyjnym tej klasy w Polsce, a także należy do nielicznych, analogicznych modeli w Europie. Zawiera on następujące bloki równań:

a) popytu finalnego oraz handlu zagranicznego,
b) czynników i procesu produkcji oraz postępu technicznego,
c) potencjału produkcyjnego i zatrudnienia,
d) cen, płac oraz przepływów finansowych.

Parametry równań stochastycznych zostały oszacowane na próbie do 2000 roku, liczy on 216 równań, w tym 80 stochastycznych oraz 24 zmienne egzogeniczne. Wyniki analiz symulacyjnych opartych na tym modelu stanowiły przedmiot zainteresowania RCSS, a także Komitetu Prognoz Polska 2000 Plus PAN.

Rozbudowa długookresowego makroekonometrycznego modelu W8D gospodarki polskiej polegać będzie przede wszystkim na:

a) szerokim uwzględnieniu w nim następstw wzrostu nakładów na innowacje ponoszonych w kraju oraz transferowanych z zagranicy, powiększających kapitał wiedzy ucieleśnionej w środkach trwałych oraz następstw wzrostu szeroko rozumianego kapitału ludzkiego;
b) rozbudowie modelu o satelitarne submodele, opisujące funkcjonowanie sektora nauki oraz edukacji, w tym szkolnictwa wyższego oraz podyplomowego, a także sekcji przemysłów *high-tech*, w tym informatycznego;
c) dezagregacji regionalnej 1-sektorowej modelu, co implikuje korzystanie z danych przekrojowo-czasowych.

Oszacowania parametrów nowego modelu zostaną oparte na próbie czasowej, wydłużonej do 2004 r.

12.3. Poszerzona funkcja produkcji

Podstawowym narzędziem analizy efektów absorpcji kapitału wiedzy, gdy chodzi o wzrost gospodarczy jest funkcja produkcji – poszerzona o zmienne opisujące dynamikę kapitału wiedzy. Dla prostoty przyjmujemy, zgodnie z powszechną praktyką, iż proces produkcji może być opisany przez funkcję potęgową, stanowiącą rozwinięcie funkcji produkcji Cobb-Douglasa o stałych efektach skali. Ma ona następującą postać:

$$X_t^p = BA_t K_t^{\alpha} N_t^{(1-\alpha)} e^{\varepsilon_t} \tag{1}$$

gdzie:

A_t – zmienna reprezentująca kapitał wiedzy, tj. łączną produktywność czynników produkcji (TFP),

K_t – środki trwałe (ceny stałe),

N_t – liczba zatrudnionych,

X_t^p – potencjalna produkcja (ceny stałe),

ε_t – składnik losowy.

W rozwiązaniach teoretycznych przyjmuję się zazwyczaj, iż dostępne czynniki produkcji, a mianowicie środki trwałe i siła robocza, zostają w pełni wykorzystane. Wynika to z przyjęcia założenia, że popyt efektywny na produkcję krajową X_t zrównuje się z produkcją potencjalną, tj. zachodzi $X_t = X_t^p$. Założenie to jest w rzeczywistości spełnione tylko wyjątkowo – z reguły potencjalna produkcja nie jest w pełni wykorzystana, tj. $X_t < X_t^p$, a wahania stopnia wykorzystania potencjału są zwykle zależne od wahań popytu finalnego. Tak więc::

$$WX_t = X_t / X_t^p \tag{2}$$

gdzie:

WX_t – stopień wykorzystania potencjału produkcyjnego.

Stopień ten może zostać zdekomponowany na stopień wykorzystania środków trwałych WK_t oraz stopień wykorzystania czasu pracy WN_t. W takim przypadku krótkookresowa funkcja produkcji objaśniająca efektywną produkcję może być zapisana w następujący sposób:

$$X_t = BA_t \left(K_t WK_t\right)^{\alpha} \left(N_t WN_t\right)^{1-\alpha} e^{\varepsilon_t} \tag{3}$$

przy czym:

$$WX_t = WK_t^{\alpha} WN_t^{(1-\alpha)} \tag{4}$$

Estymacja parametrów funkcji produkcji (4) wymaga znajomości tak stopnia wykorzystania czynników produkcji, o czym będzie dalej mowa, jak znajomości łącznej produktywności czynników produkcji (A_t). We wcześniejszych badaniach przyjmowano, że TFP jest zmienną egzogeniczną, a dokładniej (zwykle wykładniczą) funkcją czasu. Endogenizacja efektów postępu technicznego (absorpcji wiedzy) doprowadziła do uznania, iż efekty te można objaśnić, odwołując się do krajowych i zagranicznych nakładów na innowacje lub B+R, powiększających kapitał wiedzy ucieleśniony w środkach trwałych oraz do nakładów na edukację, stanowiących inwestycje w kapitał ludzki (por. dalsze podrozdziały).

12.4. Problemy pomiaru dynamiki łącznej produktywności czynników produkcji (TFP)

W procesie wzrostu gospodarczego efekty absorpcji wiedzy są, jak o tym była mowa, zazwyczaj opisywane przy użyciu charakterystyk łącznej produktywności czynników produkcji (*total factor productivity* – TFP) (Florczak i W. Welfe,

2000 oraz W. Welfe, 2001), nawiązującej do koncepcji „reszty" Solowa. Stosowane są one dość powszechnie w analizach międzynarodowych. Jednakże ich metodologia nie jest doskonała, o czym świadczą wyniki naszych ostatnich badań (W. Welfe, 2003; por. też J. Cornwall i W. Cornwall, 2002). Istotne zastrzeżenia odnoszą się do utożsamiania potencjalnej produkcji, generowanej przez funkcję produkcji z (obserwowalną) efektywną produkcją. Wątpliwości budzi dobór mierników produkcji (produkcja dodana *versus* globalna). Wątpliwości wzbudzają również metody kalibracji parametrów funkcji produkcji używanej dla określenia dynamiki TFP. Stąd występuje potrzeba znalezienia empirycznie osiągalnych alternatyw. Celowe jest także poszerzenie spektrum badań przez sięgnięcie do przekrojów działowo-gałęziowych z wyodrębnieniem działów, w których występuje wysoka absorpcja wiedzy technicznej, a także przekrojów regionalnych. Analogiczne badania mogą być prowadzone, gdy chodzi o pokrewne makromodele z odpowiednią dezagregacją (np. typu *input-output*). Rozpatrzmy podniesione problemy bardziej szczegółowo.

Łączna produktywność czynników produkcji jest, jak wiadomo, bezpośrednio nieobserwowalna. Powszechnie przyjęto, iż punktem wyjścia dla jej określenia jest tzw. „reszta Solowa" (Solow, 1957), tj. reszta otrzymywana z funkcji produkcji, określonej dla przypadku, gdy rozpatrywane są – jako zmienne objaśniające – tylko dwa czynniki produkcji: środki trwałe oraz zatrudnienie.

Dla funkcji produkcji o stałych efektach skali typu Cobb-Douglasa, określonej wzorem (1) mamy wtedy:

$$X_t^* = BK_t^{\alpha} N_t^{(1-\alpha)} e^{\varepsilon_t} \tag{5}$$

gdzie:

X_t^* – potencjalna produkcja (ceny stałe), otrzymana przy przyjęciu, iż efekty postępu technicznego (TFP) zostały zignorowane, tj. $A_t \equiv 1$.

Dynamikę łącznej produktywności czynników produkcji określa się zazwyczaj poprzez dynamikę reszty. Wyznacza się ją poprzez odjęcie od stopy wzrostu produkcji $\overset{\circ}{X}_t$ – stopy potencjalnego jej wzrostu, otrzymanego przy założeniu, że rozważane są wyłącznie stopy wzrostu środków trwałych $\left(\overset{\circ}{K}_t\right)$ oraz zatrudnienia $\left(\overset{\circ}{N}_t\right)$:

$$\overset{\circ}{RESZTA}_t = \overset{\circ}{X}_t - \overset{\circ}{X}{}^{*}_t = \overset{\circ}{X}_t - \left[\alpha_t \overset{\circ}{K}_t + (1-\alpha) \overset{\circ}{N}_t \right] \tag{6}$$

albo po przejściu na logarytmy:

$$\Delta \ln RESZTA_t = \Delta \ln X_t - [\alpha \Delta \ln K_t + (1-\alpha) \Delta \ln N_t] \tag{6'}$$

gdzie: X_t – efektywna produkcja.

Przy tak określonej kwantyfikacji TFP powstaje wiele problemów, które w niejednakowy sposób są rozstrzygane w literaturze (por. W. Welfe, 2002). Po pierwsze, dotyczy to wyboru miernika produkcji. W makroskali przyjmuje się na ogół, iż winna być ona reprezentowana przez wartość dodaną (w skali gospodarki PKB), czemu to odpowiada wprowadzenie do funkcji produkcji jedynie pierwotnych czynników produkcji – środków trwałych i zatrudnienia. Natomiast w mikro-, a często także mezzoskali (działy, gałęzie), niejednokrotnie przyjmuje się produkcję globalną (lub sprzedaną), gdzie jest ona często łatwiej dostępna i dokładniej liczona. Oznacza to jednak konieczność modyfikacji funkcji produkcji (1) przez dodanie w charakterze zmiennych objaśniających – zużycia energii i materiałów, tj. użycia funkcji produkcji typu KLEM. Spełnienie tego ostatniego wymogu nie jest łatwe ze względu na słabą dostępność informacji o zużyciu pośrednim.

Po wtóre, zastosowanie wzoru (6) zakłada znajomość parametru α, tj. elastyczności produkcji względem środków trwałych. Ocenę tego parametru można otrzymać w dwojaki sposób: albo przez estymację parametrów funkcji produkcji (1), albo w wyniku kalibracji. W pierwszym przypadku potrzebna jest bliższa specyfikacja funkcji objaśniającej TFP (tj. A_t), o czym będzie dalej mowa. W drugim, często stosowanym przypadku, korzysta się z wyników klasycznej teorii produkcji. Wynika z nich, iż parametr α może być aproksymowany przez udział nadwyżki w wartości dodanej, a więc przez odjęcie od jedności udziału kosztów pracy w wartości dodanej. Sposób ten szeroko wykorzystywany w badaniach empirycznych nasuwa o tyle wątpliwości, iż udział ten w długich okresach ulega zmianom, nadto definicje kosztów pracy nie są stosowane jednolicie. Tak np. dla Polski przyjmowano w różnych badaniach wartości α od 0,25 do 0,5. Różnice te pociągają za sobą znaczące różnice w ocenie dynamiki TFP, zważywszy na to, iż powolnie rosnącym wolumenom środków trwałych, towarzyszyły wahania, a w niektórych latach – spadek zatrudnienia (por. W. Welfe, 2002).

Największe jednak trudności wiążą się z faktem, iż przyjęcie w obliczaniu tempa TFP na podstawie wzoru (6) stopy wzrostu faktycznej produkcji (X_t), za-

miast stopy wzrostu nieobserwowalnej produkcji potencjalnej (X_t^P), pociąga za sobą obciążenie oszacowania dynamiki TFP. Wynika ono stąd, iż reszta wyznaczona z (6) odwzorowuje nie tylko efekty postępu technicznego, ale także wahania w stopniu wykorzystania potencjału produkcyjnego WX_t. Na podstawie relacji (2) mamy, $X_t = WX_t X_t^p$, stąd $\overset{\circ}{X}_t = \overset{\circ}{WX}_t + \overset{\circ}{X}_t^p$.

W istocie dynamikę TFP należałoby wyznaczać korzystając z funkcji produkcji (1), w której zakłada się pełne wykorzystanie czynników produkcji. Mamy wówczas:

$$\overset{\circ}{A}_t = \overset{\circ}{X}_t^p - [\alpha \overset{\circ}{K}_t + (1-\alpha)\overset{\circ}{N}_t]. \tag{7}$$

Jeśli teraz rozpatrzymy wzór na resztę Solowa (6), to podstawiając na miejsce $\overset{\circ}{X}_t$ wyrażenie $\overset{\circ}{WX}_t + \overset{\circ}{X}_t^p$, otrzymamy:

$$\overset{\circ}{RESZTA} = \overset{\circ}{WX}_t + \overset{\circ}{X}_t^p - (\alpha \overset{\circ}{K}_t + (1-\alpha)\overset{\circ}{N}_t) = \overset{\circ}{WX}_t + \overset{\circ}{A}_t \tag{8}$$

Tak więc, jedynie w przypadku, gdy stopień wykorzystania potencjału nie ulega zmianie tj. $\overset{\circ}{WX}_t = 0$ – dynamika reszty wyraża dynamikę postępu technicznego. Warunek ten ma istotne znaczenie w przypadku analizy dynamiki TFP dla krajów (obszarów) o znacznej zmienności stopnia wykorzystania potencjału.

Znalezienie w takich przypadkach odpowiedniej miary stopnia wykorzystania potencjału nie jest zadaniem trywialnym. Stosowane tu metody różnią się stopniem dokładności i zależą od dostępności danych. Wspominamy tu o metodach bezpośredniego pomiaru m.in. wykorzystujących dane ankietowe (por. Grzęda-Latocha, 2005), a także wątpliwej wartości metody, analizujące odchylenia od trendów produkcji. Z drugiej strony, mamy metody, przy pomocy których dekomponuje się stopień wykorzystania potencjału pomiędzy stopień wykorzystania czynników produkcji, a więc środków trwałych oraz zatrudnienia według wzoru (4). W tym ostatnim przypadku – proponuje się zastąpienie środków trwałych ogółem przez maszyny i urządzenia bezpośrednio uczestniczące w procesie produkcji, zakładając następnie, iż ich wykorzystanie jest skorelowane z czasem pracy (a przynajmniej zmianowością) zatrudnionych. Wprowadzenie do funkcji produkcji przepracowanego czasu pracy zatrudnionych – pozwala spełnić postulat uwzględnienia stopnia wykorzystania zatrudnionych. Jednakże z braku danych nie może być dla warunków Polski spełniony (Welfe, 1992).

12.5. Specyfikacja funkcji objaśniających dynamikę łącznej produktywności czynników produkcji. Rola badań naukowych i innowacji

Modelowanie źródeł wzrostu łącznej produktywności czynników produkcji ma niezbyt długą tradycję. Wiele zagadnień jest, ogólnie biorąc, słabo rozpoznane.

Dla objaśnienia zmian w łącznej produktywności czynników produkcji postuluje się zazwyczaj ich dekompozycję pomiędzy efekty wzrostu powszechnie dostępnego kapitału wiedzy (A_t^W), oddziaływanie rosnącego kapitału wiedzy ucieleśnionego w środkach trwałych (A_t^K) oraz przyrostu kapitału wiedzy, przypadającego na pracującego (A_t^N). Uwzględniając funkcję produkcji (1) mamy:

$$\overset{\circ}{A}_t = \overset{\circ}{A}_t^W + \alpha \overset{\circ}{A}_t^K + (1-\alpha) \overset{\circ}{A}_t^N \tag{9}$$

Efekty wzrostu powszechnie dostępnego kapitału wiedzy (A_t^w) są traktowane bądź egzogenicznie, zwykle jako wykładnicza funkcja czasu, bądź są przypisywane rosnącemu kapitałowi wiedzy, skorelowanego z zatrudnieniem.

Efekty rosnącego kapitału wiedzy ucieleśnionej w środkach trwałych łączy się z jednej strony z wynikami procesów badawczo-rozwojowych, materializującymi się w liczbie patentów (PA_t), bądź publikacjach naukowych (PU_t), z drugiej strony z antycypacją wyników badań, pośrednio reprezentowanych przez nakłady na innowacje oraz/lub na badania i rozwój. Chodzi w szczególności o skumulowane nakłady na badania i rozwój (B+R), tak krajowe (BRK_t^K), jak i transferowane z zagranicy (BRK_t^M), reprezentujące kapitał wiedzy technologiczno-organizacyjnej (Coe i Helpman, 1995). Niezbędne są dalsze badania, zmierzające do wyboru relacji najlepiej odwzorowujących powyższe związki.

Wymagają także rozpatrzenia problemy dotyczące pomiaru absorpcji nakładów na B+R transferowanych z zagranicy (rola bezpośredniego transferu wiedzy przez wykorzystanie sieci telekomunikacyjnych a rola importu, w tym zaopatrzeniowego i inwestycyjnego). Są one przedmiotem systematycznych analiz prowadzonych w skali międzynarodowej (Bayoumi i in., 1999, a ostatnio Lee, 2005). Dyskusyjny jest sposób powiązania tych ostatnich z badaniami efektów napływu zagranicznych inwestycji bezpośrednich. Z kolei wymaga rozpatrzenia rola krajowych nakładów na B+R w procesie absorpcji postępu technicznego, transferowanego z zagranicy.

W przypadku rozpatrywania efektów w przekrojach działowo-gałęziowych zachodzi także potrzeba analizy oddziaływania kapitału wiedzy zakumulowanego w komplementarnych działach / gałęziach.

Relacje powyższe mają zwykle charakter multiplikatywny. Stąd, rozpatrując dla przykładu relację opisującą związek produktywności czynników produkcji z nakładami na B+R, otrzymamy:

$$\ln A_t^k = \beta_1 \ln BRK_t^K + \beta_2 \ln BRK_t^M \tag{10}$$

Należy w rozważanym kontekście wspomnieć, iż wymaga także rozwiązania kwestia adekwatności użycia w tych badaniach informacji o nakładach na innowacje, jako alternatywy nakładów na B+R, zwłaszcza gdy dotyczy to ujęć zdezagregowanych w przekroju działowo-gałęziowym.

W jednym jak i w drugim przypadku wymaga także rozpatrzenia kwestia pomiaru procesu starzenia się wiedzy. Mianowicie, dynamika skumulowanych krajowych nakładów na B+R jest określona przez równanie:

$$BRK_t^K = BRK_{t-1}^K - \delta \cdot BRK_{t-1}^K + BR_t^K \tag{11}$$

gdzie:

BRK_t – bieżące nakłady na B+R (ceny stałe)

δ – stopa starzenia się wiedzy ucieleśnionej w środkach trwałych.

Zauważmy, iż równanie powyższe pozwala ustanowić związek z bieżącymi nakładami na B+R tak z budżetu państwa, jak i sektora przedsiębiorstw.

Należy dodać, iż postulaty R.J. Barro (1999) odnoszące się m.in. do poszerzania wachlarza wyrobów nowej jakości, analizy efektów skali (Peretto, Smulder, 2002), nie zostały dotąd w badaniach empirycznych odpowiednio uwzględnione. Wymaga wreszcie dalszych badań wyodrębnienie efektów komputeryzacji procesów produkcyjnych i zarządzania, rozpatrywanych dotąd głównie odnośnie gospodarki Stanów Zjednoczonych (Joregenson, 2000, 2003), ale także krajów należących do OECD (Collechia i Schreyer, 2002), jak również dla Holandii (van Leeuwen i van der Wiel, 2003).

12.6. Efekty przyrostu kapitału ludzkiego

Badania dotyczące oddziaływania na wzrost gospodarczy przyrostu kapitału ludzkiego dają nadal wyniki wysoce kontrowersyjne. Zauważmy, że kapitał ludzki jest często za Lucasem traktowany jako samodzielny czynnik produkcji i wyłączany z pojęcia łącznej produktywności czynników produkcji. Nie sądzimy, by było to zasadne, gdyż kapitał ludzki (na pracującego) reprezentuje jakość siły roboczej zaangażowanej w procesie produkcji, przeto obydwie zmienne po-

winny być traktowane łącznie. Jest on ponadto czynnikiem warunkującym absorpcję zagranicznych nakładów na B+R, na co zwrócili uwagę Nelson i Phelps.

Niezależnie od tego trzeba stwierdzić, iż problematyka pomiaru i objaśniania dynamiki kapitału ludzkiego wymaga poszerzenia frontu badań. Nadal wielu badaczy posługuje się prymitywnymi ujęciami, używając jedynie danych o udziale osób z wyższym wykształceniem wśród pracujących lub nawet absolwentów albo uczniów szkół średnich lub wyższych. Sytuacja ulega ostatnio pewnej poprawie w miarę uzyskiwania coraz bardziej poprawnych danych w skali międzynarodowej – o skali długości kształcenia w porównywalnych systemach szkolnych (por. Fuente, 2004), Niewielu natomiast badaczy korzysta z opracowanych w ostatnich latach syntetycznych mierników kapitału ludzkiego na pracującego.

Najogólniej kapitał ludzki można przedstawić jako ważoną sumę liczby zatrudnionych według poziomu wykształcenia (N_{it}):

$$H_t = \sum \mu_i N_{it} \tag{12}$$

gdzie:

i – poziom wykształcenia,

μ_i – wagi, mogą odpowiadać liczbie lat kształcenia[3] lub kosztom kształcenia, albo raczej relacjom wynagrodzeń przeciętnych osób z różnym wykształceniem; wagi te podlegają zwykle standaryzacji, poprzez przyjęcie za podstawę poziomu zmiennej dla najniższej kategorii wykształcenia (np. podstawowego). Dekompozycja pracujących może być dalej rozwijana przez wyróżniki płac, stanowiska itd. (Jorgenson i in., 2003).

Kapitał ludzki na zatrudnionego h_t otrzymamy, dzieląc łączny kapitał ludzki przez ogólną liczbę zatrudnionych:

$$h_t = H_t / N_t \tag{13}$$

Dynamikę kapitału ludzkiego określa równanie bilansowe:

$$H_t = H_{t-1} + HI_t - \delta \cdot H_{t-1} \tag{14}$$

gdzie:

[3] W pierwotnych badaniach otrzymano kontrowersyjne rezultaty, głownie za sprawą błędów w danych. Patrz A. de La Fuente (2004), który podaje nowe wyniki, potwierdzające dodatni efekt wzrostu wykształcenia – oparte na nowych, skorygowanych danych, korzystając z próby przekrojowo-czasowej.

HI_t – inwestycje w człowieka (ceny stałe), wyrażone w jednostkach pieniężnych, gdy wagi dotyczą kosztów kształcenia lub wynagrodzeń,

δ – stopa deprecjacji wiedzy.

Szczególnie trudnym zadaniem jest powiązanie inwestycji w człowieka z nakładami na edukację (BDE_t). Wymaga to konstrukcji odpowiedniego submodelu, odwzorowującego przebieg procesów kształcenia i ponoszone w tym procesie nakłady (W. Welfe i in., 2002). Mierniki powyższe są jednakże niedoskonałe, ponieważ nie uwzględniają kształcenia podyplomowego, efektów doskonalenia zawodowego (*learning by doing*), następstw wzrostu poziomu kulturalnego (np. przez uwzględnienie skali czytelnictwa), stanu zdrowia ludności, a wreszcie efektów migracji zarobkowej oraz wielu innych (por. Benabou, 2002). Potrzebne jest możliwie pełne potraktowanie tych zagadnień w makro – skali. Wymaga to jednak użycia nowych rozwiązań metodologicznych, uwzględniających szeroko wspomniane aspekty wzrostu kapitału ludzkiego. Rysują się tu podejścia dwustopniowe, analogiczne do stosowanych w analizach wpływu nakładów na B+R, polegające na odrębnym badaniu związków wyodrębnionego kapitału ludzkiego na zatrudnionego z wymienionymi wyżej czynnikami jego wzrostu.

12.7. Zastosowania

Pragniemy wyrazić nadzieję, iż prowadzone w ośrodku łódzkim badania w wymienionych wyżej kierunkach pozwolą wzbogacić opis efektów postępu technicznego m.in. przez ich włączenie do zaktualizowanej wersji modelu W8D. Wymagać to będzie – poza odpowiednim poszerzeniem bazy danych modelu – rozwiązania wielu problemów metodologicznych. Zważmy, iż bezpośrednie wprowadzenie wielu postulowanych, nowych zmiennych do funkcji produkcji wymagałoby daleko idącego poszerzenia próby. Korzystanie z samych tylko szeregów czasowych (dla pojedynczego kraju) nie rozwiązuje problemu, gdyż trudno wyjść poza 40 rocznych obserwacji. Pozostają analizy oparte na danych przekrojowo-czasowych albo w przekroju regionalnym, albo międzynarodowym, a następnie kalibracja parametrów. Wymaga to więc znacznego poszerzenia frontu badań.

W wyniku poszerzenia wspomnianego modelu stanie się możliwe dokonywanie licznych analiz scenariuszowych. Dotyczyłyby one m.in. następstw, a także warunków realizacji scenariuszy wzrostu nakładów na B+R koncypowanych przez KBN (*Strategia*…, 2004), skutków i warunków wzrostu nakładów na edukację, a zwłaszcza kształcenia na poziomie wyższym i podyplomowym.

12.8. Koncepcja makromodeli dla sekcji nauka i edukacja

Przedstawione wyżej wzbogacanie makromodelu nie rozwiąże wszystkich problemów związanych z rozbudową warsztatu naukowego, niezbędnego do badania właściwości gospodarki opartej na wiedzy. Rysuje się w związku z tym potrzeba konstrukcji specjalnych submodeli dotyczących pomnażania kapitału wiedzy. Model sekcji nauki, którego konstrukcja została przez nas ostatnio zarysowana (Florczak, 2005), byłby zbudowany w sposób analogiczny do modeli innych rodzajów działalności. Zawierałby równania generujące popyt na usługi tego sektora ze strony sektora publicznego i sektora przedsiębiorstw. Produkcja usług tego sektora zostałaby porównana z nakładami na B+R, przy czym wyodrębniono by wartość dodaną tego sektora. W następstwie dałoby to również możliwość generowania zapotrzebowania na pracowników sektora nauki, a także inwestycji w tym sektorze. Model ten może również generować potencjał sektora nauki z uwzględnieniem roli sektora przedsiębiorstw oraz badań stosowanych, przy zastosowaniu funkcji produkcji, uwzględniającej postęp techniczny w tej sekcji. Model powyższy będzie więc znacząco się różnić od empirycznych ujęć stosowanych w analizach nakładów na B+R.

W analogiczny sposób można przedstawić koncepcję budowy submodeli dotyczących wyróżnionych sekcji gospodarki, odznaczających się wysokim stopniem absorpcji kapitału wiedzy. Chodzi tu przede wszystkim o modele dla gałęzi przemysłu *high-tech*, dla przemysłu informatycznego i środków łączności, dla usług informatycznych i usług w dziedzinie łączności

Model sekcji edukacji powinien zapewnić możliwość generowania popytu gospodarki na absolwentów różnych szczebli oraz zapotrzebowania na kształcenie podyplomowe. Z drugiej strony model ten generowałby liczby uczniów (studentów) i absolwentów szkół różnych szczebli, rozbudowując system, jaki został przez nas skonstruowany przy okazji analiz kapitału ludzkiego (W. Welfe i in., 2002). Do tego systemu musiałyby być dołączone równania generujące liczbę nauczycieli i innych zatrudnionych w systemie edukacyjnym oraz inwestycje i wyposażenie szkolnictwa, a także inwestycje oświatowe poza szkolnymi. Realizacja tych zamierzeń pozwoliłyby na dokonywanie długookresowych analiz scenariuszowych, dotyczących rozwoju szkolnictwa w kontekście uwarunkowań stworzonych przez wejście do Unii Europejskiej.

Poza wartościami poznawczymi w obydwu analizowanych przypadkach modele powyższe będą mogły być – po ich stosownej weryfikacji – stosowane dla celów aplikacyjnych. Wchodzą tu głównie w grę symulacje komputerowe używane dla otrzymania charakterystyk analizowanych systemów, jak również dla konstruowania scenariuszy rozwojowych o długim horyzoncie czasowym. Dałoby to szanse przybliżonej oceny ilościowych efektów przyjmowanych scena-

riuszy rozwoju przez różne gremia stanowiące i opiniodawcze, czego dotąd były one na ogół pozbawione.

Horyzont tych i wcześniejszych analiz scenariuszowych może być przesunięty z 2025 r. nawet do 2040 r., o ile upoważnią do tego studia nad odpornością modeli na różnego rodzaju szoki wewnętrzne, jak i zewnętrzne, prowadzone głównie przy użyciu analizy mnożnikowej.[4]

Bibliografia:

1. Barro R.J. (1999), *Notes on Growth Accocunting*, "Journal of Economic Growth", 4, s. 119-137.
2. Bayoumi T., Coe D.T., Helpman E. (1999), *R&D Spillovers and Global Growth*, "Journal of International Economics", 47, s. 399-428.
3. Benabou R. (2002), *Human capital, Technical Change and the Welfare State*, "Temi di discussion del Servizio Studi", 465, Banca d'Italia, Roma.
4. Coe D.T., Helpman E. (1995), *International R&D Spillovers*, "European Economic Review", 39, s. 859-887.
5. Colecchia A., Schreyer P. (2002), *ICT Investment and Economic Growth in the 1990. Is the United States an Unique Case? A Comparative Study of Nine OECD Countries*, "Review of Economic Dynamics" 5, s. 408-442.
6. Cornwall J., Cornwall W. (2002), *A Demand and Supply Analysis of Productivity Growth*, "Structural Change and Economic Dynamics", 13, s. 203-229.
7. Engelbrecht H.J. (1997), *International Spillovers, Human Capital and Productivity in OECD Economies. An Empirical Investigation*, "European Economic Review" 41, s. 1479-1488.
8. Grzęda Latocha R. (2005), *Ekonometryczna analiza koniunktury gospodarczej w krajach strefy euro*, „Ekonomista", nr 5, s. 621-640.
9. Florczak W., Welfe W. (2002), *Wyznaczanie potencjalnego PKB, łącznej produktywności czynników produkcji*, „Gospodarka Narodowa", nr 11-12, s. 10-55.
10. Fuente A. (2004), *Human Capital and Growth: Some Results for the OECD*, [w:] Current Issues of Economic Growth, Proceedings of OeNB Workshops no. 2, Vienna.
11. Jorgenson D.W. (2003), *Information Technology and the US Economy*, "American Economic Review", 91, s. 1-32.
12. Jorgenson D.W., Ho M.S., Strirch K.J. (2003), *Lessons for Europe from the US Growth Resurgence*, "CES ifo Economic Studies", 49, s. 27-47.
13. Kukliński A. (red.) (2001), *Gospodarka oparta na wiedzy jako wyzwanie dla Polski XXI wieku*, KBN, Warszawa.

[4] Podniesione problemy będą przedmiotem badań prowadzonych m.in. w ośrodku łódzkim, uwzględniając szeroka współpracę międzynarodową. Wstępne wyniki badań, o których wspomniano wyżej, stwarzają nadzieje na otrzymanie dalszych rezultatów, pozwalających choćby częściowo rzucić nowe światło na podniesione problemy.

14. Lee G. (2005), *Direct versus Indirect International R&D Spillovers*, "Information Economics and Policy", 17, s. 334-348.
15. Van Leeuwen G., Van der Wiel (2003), *Spillovers Effects of ICT*, "CBP Report", nr 3, s. 24-40
16. Nahuis R. (2003), *Knowledge, Inequality and Growth in the New Economy*, Elgar, Cheltenham (UK).
17. Peretti P., Smulder S. (2002), *Technological Distance, Growth and Scale Effects*, "The Economic Journal" 112, s. 603-624.
18. Smith K. (2002), *What is the 'Knowledge Economy', Knowledge Intensity and Distributed Knowledge Bases*, "Discussion Paper Series" 2002-6, The UN University, INTECH Maastricht.
19. Solow R. (1957), *Technical Change and Aggregate Production Function*, "Review of Economics and Statistics", 39, s. 312-320.
20. Tokarski T. (2001), *Modele wzrostu endogenicznego* [w:] Welfe (2001).
21. Welfe W. (2000), *Empiryczne modele wzrostu gospodarczego*, „Ekonomista", nr 4, s. 483-499
22. Welfe W. (red.) (2001), *Ekonometryczny model wzrostu gospodarczego*, Uniwersytet Łódzki, Łódź
23. Welfe W. (2002), *Łączna produktywność czynników produkcji a postęp techniczny*, „Studia Ekonomiczne", 36-37, nr.1-2, s. 94-115
24. Welfe W., Florczak W., Sabanty L. (2002), *Kapitał ludzki i jego endogenizacja*, „Przegląd Statystyczny", 50, nr 2, s. 7-36.
25. Welfe W. (red.) (2004), *Długookresowy, makroekonometryczny model W8D-2002 gospodarki polskiej*, „Acta UŁ. Folia Oeconomica" 172, Uniwersytet Łódzki, Łódź.
26. Welfe W., Florczak W., Welfe A. (red.) (2004), *Scenariusze długookresowego rozwoju gospodarczego Polski*, Wydawnictwo Uniwerystetu Łódzkiego, Łódź.
27. Zienkowski L. (2003), *Wiedza a wzrost gospodarczy*, Wyd. Naukowe SCHOLAR, Warszawa.