

Rozdział 2.

Modelowanie sektora nauki i edukacji – makroekonomiczne ujęcie systemowe

Waldemar Florczak

2.1. Wprowadzenie

Zagadnienia związane z problematyką wzrostu endogenicznego zajmują poczesne miejsce w makroekonomii, zarówno w zakresie rozważań teoretycznych, jak i badań empirycznych. Wynika to ze znaczenia, jakie przypisuje się łącznej produktywności czynników produkcji (TFP) w długookresowym wzroście gospodarczym. W myśl teorii wzrostu endogenicznego, o trwałym i dynamicznym rozwoju gospodarczym decydują jakościowe czynniki podażowe, takie jak kapitał ludzki, innowacyjność, postęp technologiczny, czy efektywność powiązań sektora B+R ze sferą produkcji. Jak należy przypuszczać, znaczenie tych czynników w przyszłości będzie wzrastać wraz z postępującym procesem globalizacji procesów ekonomicznych.

Pomimo istnienia bogatej literatury przedmiotu, przeważająca część istniejących badań empirycznych z zakresu wzrostu endogenicznego opartych jest, bądź na podstawach mikroekonomicznych (np. Hanushek, 2003), bądź na międzynarodowych danych panelowych (np. Sanjaya, 2001) i ogranicza się do wyodrębnionych zagadnień cząstkowych. Te ostatnie badania są w pewnym sensie podstawowe, gdyż weryfikują w skali międzynarodowej/globalnej adekwatność formułowanych na gruncie teoretycznym koncepcji. Tym niemniej, ich praktyczna użyteczność z punktu widzenia konkretnego kraju jest ograniczona, gdyż uzyskane w wyniku takich badań oszacowania parametrów strukturalnych mają charakter wielkości zagregowanej, a tym samym mogą nie odpowiadać oszacowaniom, jakie uzyskano by w wyniku zastosowania danych typu czasowego w odniesieniu do konkretnej gospodarki narodowej. W badaniach tych brakuje również podejścia systemowego, w którym uwzględnionoby symultaniczność podstawowych sprzężeń występujących pomiędzy czynnikami produkcji, potencjałem produkcyjnym a popytowymi czynnikami wzrostu. W szczególności bra-

kuje badań empirycznych opisujących proces powstawania i kumulowania wszystkich czynników produkcji, włączając łączną produktywność czynników produkcji, w których przedmiotem badania byłaby gospodarka wybranego kraju.²

Udaną próbą uwzględnienia podstawowych koncepcji wzrostu endogenicznego, w ramach rozwiązania systemowego, było skonstruowanie modelu W8D (Welfe, 2001). W modelu tym, po raz pierwszy na gruncie krajowym, udało się objaśnić proces generowania wszystkich czynników produkcji, uwzględniając łączną produktywność czynników produkcji (Welfe, Florczak, Sabanty, 2002, s. 7-36). Model ten, pomimo swej aplikacyjnej efektywności (np. Florczak, Welfe, 2003, s. 114-122), posiada jednak pewne ograniczenia:

1. nie w pełni objaśnia funkcjonowanie podstawowych sektorów, w których generowana jest łączna produktywność czynników produkcji:
 - a) sektora edukacji, odpowiedzialnego w zasadniczym stopniu za generowanie kapitału ludzkiego,
 - b) sektora nauki, w którym generowane są efekty postępu technicznego.
2. Po drugie, brakuje w nim powiązania strony podażowej z popytowymi aspektami generowania TFP, co wynika głównie z zagregowanego charakteru modelu i braku objaśnienia w nim sektora edukacji i nauki.
3. Po trzecie wreszcie, w modelu W8D *implicite* przyjęto, w specyfikacji kluczowych równań generujących techniczną wydajność pracy i produktywność majątku trwałego, równoważność pomiędzy nakładami na B+R, a efektami „produkcji” tego sektora.

W opracowaniu przedstawiono propozycję rozbudowy modelu W8D-2002 (Welfe, 2004), stanowiącego kontynuację modelu W8D, o submodele nauki i edukacji. Zawiera on blok równań i tożsamości objaśniających podstawowe ogniwa sektora edukacji i nauki, zarówno od strony popytowej (punkt 2), jak i podażowej (punkt 3), z uwzględnieniem uwag wymienionych powyżej. Punkt czwarty traktuje o alternatywnych ujęciach efektów postępu technicznego oraz kapitału ludzkiego w procesie generowania wydajności pracy w modelu W8D-2002. Wprowadza więc dodatkowe propozycje modyfikacji o charakterze opcjonalnym. Opracowanie kończą uwagi dotyczące dalszych zamierzeń badawczych.

Zaproponowane w submodelu specyfikacje równań odpowiadają ramom teoretycznym i metodologicznym przyjętym na etapie konstrukcji modelu W8D-2002. W szczególności, opierają się na dualnym podejściu do modelowania procesów ekonomicznych, objaśniając zarówno podaż, jak i popyt na poszczególne

² Do nielicznych wyjątków, w skali krajowej, zaliczyć należy badanie przeprowadzone przez Z. Żółkiewskiego (2003), s. 76-121.

dobra i w tym względzie wyprowadzone są z teorii neokeynesowskich. W odniesieniu zaś do modelowania funkcji produkcji – specyfikacje zasadzają się na teoriach wzrostu endogenicznego (Aghion, Howitt, 1999).

Ze względu na relatywnie krótkie szeregi czasowe³, jak również duże rozmiary samego modelu, zastosowana w badaniu metodologia opiera się na metodologii tradycyjnej⁴, z akcentem położonym na ekonomiczną interpretowalność uzyskanych wyników.

2.2. Sektor nauki i edukacji a rachunki narodowe w modelu W8D-2002

Model W8D-2002 objaśnia proces generowania czynników produkcji, determinujących długookresowy wzrost endogeniczny. Jednakże pomiędzy podażowymi czynnikami wzrostu a popytową stroną modelu występuje niemal pełna rozdzielność, co przejawiało się nieco zaskakującymi wynikami uzyskiwanymi w analizie mnożnikowej. Brak bezpośredniego powiązania pomiędzy podażowymi czynnikami wzrostu a ich popytowymi odpowiednikami⁵ prowadził do trudnych do wyjaśnienia, na gruncie merytorycznym, reakcji modelu. W związku z tym postanowiono rozbudować model W8D-2002 w sposób, który pozwoliłby uwzględnić również popytowe efekty wpływu sektora nauki i edukacji na funkcjonowanie gospodarki.

W rozbudowanej wersji modelu W8D-2002 zarówno w sektorze nauki, jak i sektorze edukacji, podjęto próbę objaśnienia kształtowania się wielkości produkcji (wartości dodanej) oraz czynników produkcji w sposób „klasyczny”, poprzez użycie dwuczynnikowej funkcji produkcji typu Cobb-Douglasa. W funkcji tej nie przyjęto jednak założenia o jej jednorodności ($\alpha_1 + \alpha_2 = 1$), mając na uwadze specyficzne właściwości wartości dodanej wytwarzanej w sektorze nauki i edukacji. Biorąc pod uwagę fakt, iż system edukacji podstawowej i średniej, a w swej zasadniczej części nawet wyższej, jest nieodpłatny, zaś rynkowa wycena efektów produkcji sektora nauki (reprezentowanych np. przez liczbę zgłoszonych/uzyskanych patentów, czy liczbę/nakład publikacji naukowych) nie

³ Dane źródłowe zaczerpnięto z roczników statystycznych GUS oraz baz danych modeli serii W8, stworzonych w Katedrze Modeli i Prognoz Ekonometrycznych Uniwersytetu Łódzkiego.

⁴ Omówienie podstawowych cech metodologii tradycyjnej zob. np. w: Gujarati (1995), s. 452-479, zaś aplikację tej metodologii w odniesieniu do modelu W8D-2002 zob. Florczak (2004).

⁵ Chodzi o to, iż wszelkiego rodzaju nakłady powiększające potencjał produkcyjny (np. nakłady na B+R, czy szkolnictwo wyższe) muszą mieć swój odpowiednik w popytowej stronie gospodarki (prowadzić do wzrostu, *ceteris paribus*, nakładów ogółem, a w konsekwencji poprzez uruchomienie sprzężeń popytowych, również do wzrostu zrealizowanego PKB). Nieuwzględnienie faktu, iż podaż stwarza również swój własny popyt, prowadzić może – jak to miało miejsce w modelu W8D – do efektów „wyparcia”, co przejawiało się spadkiem, zamiast wzrostem, PKB.

jest możliwa, stwierdzić należy, iż wartość dodana wytwarzana w tych sektorach nie ma w pełni charakteru rynkowego. O jej wysokości w zasadniczym stopniu decydują bowiem czynniki pozarynkowe i administracyjne (wysokość płac).

W wyniku estymacji KMNK parametrów takiej funkcji uzyskano następujące wyniki:

a) dla sektora edukacji:

$$\ln \hat{V}AE_t = -2,028 + 0,451 \ln NE_t + 0,848 \ln KE_t$$

(7,0) (4,6) (4,6)

$$\bar{R}^2 = 0,936 \quad DW = 1,72 \quad \bar{R}_L^2 = 0,944 \quad DW_L = 1,52 \quad (1)$$

b) dla sektora nauki:

$$\ln \hat{V}AN_t = -4,672 + 0,221 \ln NN_t + 1,091 \ln KN_t$$

(6,5) (3,4) (15,6)

$$\bar{R}^2 = 0,975 \quad DW = 1,67 \quad \bar{R}_L^2 = 0,978 \quad DW_L = 1,63 \quad (2)$$

gdzie:

w nawiasach pod oszacowaniami parametrów podano wartość bezwzględną statystyki *t*-Studenta,

\bar{R}^2 – skorygowany współczynnik determinacji,

DW – wartość statystyki Durбина-Watsona,

\bar{R}_L^2 – skorygowany współczynnik determinacji dla poziomu zmiennej objaśnianej (patrz np. Florczak, 2004, s. 15-18),

DW_L – wartość statystyki Durбина-Watsona dla poziomu zmiennej objaśnianej (Florczak, 2004, s. 15-18).

Wyniki empiryczne wskazują na rosnącą skalę produkcji (suma elastyczności wyższa od jedności), przy czym relatywnie większą rolę w tworzeniu wartości dodanej w obydwu sektorach odgrywa majątek trwały (elastyczności produkcji względem majątku są wyższe niż względem pracujących). Ten dość zaskakujący wynik może być efektem specyficznych właściwości produkcji dodanej w omawianych sektorach, o czym była mowa wcześniej.

Specyfikacja równań nakładów inwestycyjnych brutto w sektorach edukacji i nauki jest zbliżona do specyfikacji nakładów inwestycyjnych ogółem w modelu W8D-2002. Ze względu na strukturę modelu W8D-2002 (model jednosektorowy, w którym równanie wartości dodanej występuje w bloku równań post-

rekurencyjnych) oraz wątpliwości związane z wiarygodnym szacunkiem wartości dodanej w sektorach nauki i edukacji, zdecydowano się na specyfikację, w której w charakterze zmiennej dochodowej umieszczono PKB ogółem, nie zaś wartość dodaną wytworzoną w omawianych sekcjach. Rozwiązanie takie pozwala na zachowanie mechanizmu akceleratora, tj. sprzężenia zwrotnego pomiędzy inwestycjami w ww. sekcjach a ogólną aktywnością gospodarczą.

Oszacowania parametrów odpowiednich równań dają następujące wyniki:

a) dla sektora edukacji:

$$\ln \hat{J}E_t = -9,659 + 0,538 \ln JE_{t-1} + 1,037 \ln X_t - 0,193(U94_t + U99_t + U2002_t) \quad (3)$$

(1,7) (2,3) (1,8) (3,7)

$$\bar{R}^2 = 0,965 \quad DW = 1,93 \quad \bar{R}_L^2 = 0,975 \quad DW_L = 1,89$$

b) dla sektora nauki:

$$\ln \hat{J}N_t = -14,274 + 0,532 \ln JN_{t-1} + 1,402 \ln X_t \quad (4)$$

(3,8) (3,7) (4,0)

$$\bar{R}^2 = 0,921 \quad DW = 1,53 \quad \bar{R}_L^2 = 0,921 \quad DW_L = 1,52$$

W porównaniu z oszacowaniami parametrów równań nakładów inwestycyjnych ogółem (zarówno na maszyny i urządzenia, jak i na budynki i budowle), mechanizm akceleratora jest w sektorach edukacji i nauki wyraźnie silniej obecny (elastyczności nakładów inwestycyjnych względem PKB są w obydwu przypadkach wyższe od jedności).

Punktem startowym dla specyfikacji równań majątku trwałego było ustalenie współczynnika likwidacji w celu wyznaczenia wielkości przyrostu majątku brutto, odpowiadającej rozmiarom inwestycji oddanych do użytku. Kształtowanie tych ostatnich można wówczas objaśnić korzystając z transformacji Koyka w sposób następujący:

$$DK_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DK_{i,t-1} + \alpha_2 J_{it} + \alpha_i U_{it} + \varepsilon_t, \quad (5)$$

(?) (+) (+) (?)

gdzie:

DK_{it} – przyrost majątku brutto w cenach stałych w okresie t dla i -tego sektora ($i = 1$ – edukacja; $i = 2$ – nauka).

Wyniki empiryczne estymacji parametrów równania (5) są następujące:

a) dla sektora edukacji:

$$D\hat{K}E_t = 0 + 0,947DKE_{t-1} + 0,053JE_t \quad (6)$$

(6,5) (6,5)

$$\bar{R}^2 = 0,983 \quad DW = 3,0.$$

W równaniu (6) długookresowy wpływ nakładów inwestycyjnych na inwestycje oddane do użytku równy jest jedności, co uzyskano w wyniku restrukcji nałożonej na parametry równania (5).

b) dla sektora nauki nie uzyskano merytorycznie akceptowalnych wyników odpowiadających specyfikacji (5), co spowodowało konieczność zastosowania innego podejścia. Najlepszym – zarówno z merytorycznego, jak i statystycznego punktu widzenia – z przeanalizowanych empirycznie alternatywnych wariantów specyfikacji równania majątku trwałego w sektorze nauki – okazał się wariant następujący:

$$\hat{K}N_t = 1738 + 0,860KN_{t-1} + 0,222JN_t + 349 \cdot U96_t \quad (7)$$

(3,0) (15,5) (2,5) (4,5)

$$\bar{R}^2 = 0,996 \quad DW = 1,77.$$

Z powodów operacyjnych liczbę pracujących w sektorze nauki postanowiono podzielić na pracujących w szkolnictwie wyższym (*NSWP*) oraz na pozostałych pracujących w sektorze nauki (*NNSWP*), przy czym ostatnia z tych kategorii jest w modelu zmienną egzogeniczną.

Wyjściowa specyfikacja równań objaśniających liczbę pracujących w edukacji i szkolnictwie wyższym jest następująca:

$$\ln N_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln N_{i,t-1} + \alpha_2 \ln STUD_{it} + \alpha_3 \ln G_t + \alpha_i U_{it} + \varepsilon_t \quad (8)$$

(?) (+) (+) (+) (?)

gdzie:

N_{it} – pracujący w okresie t dla i -tego sektora ($i = 1$ – edukacja; $i = 2$ – szkolnictwo wyższe),

U_{it} – liczba uczniów wszystkich szkół w okresie t , poza szkolnictwem wyższym ($i = 1$ – edukacja);

$STUD_{it}$ – liczba studentów w szkołach wyższych w okresie t ($i = 2$ – szkolnictwo wyższe),

G_t – spożycie zbiorowe.

Popyt na pracujących w sektorze edukacji oraz w szkolnictwie wyższym jest determinowany przede wszystkim liczbą uczniów odpowiedniego szczebla edukacyjnego. Z drugiej strony, ze względu na państwowy charakter szkolnictwa, zatrudnienie w tych sektorach przejawiać musi się silną inercją. Zmienna G_t wprowadzona jest zaś w celu aproksymacji możliwości finansowania szkolnictwa z kasy państwowej.

W wyniku analiz empirycznych zdecydowano się na wybór wariantów o zredukowanej względem relacji (8) liczbie zmiennych objaśniających. I tak, dla sektora edukacji odpowiednie równanie jest następującej postaci:

$$\ln \hat{N}E_t = -5,289 + 0,588 \ln(STUDPO_t + STUDSR_t) + 0,627 \ln G_t \quad (5,7)$$

(2,0) (3,2)

$$\bar{R}^2 = 0,774 \quad DW = 1,35 \quad \bar{R}_L^2 = 0,832 \quad DW_L = 1,33 \quad (9)$$

zaś dla pracujących w szkolnictwie wyższym – następującej:

$$\ln \hat{N}SWP_t = 1,246 + 0,854 \ln NSWP_{t-1} + 0,044 \ln(STUDWY_t) + 0,088U96_t \quad (3,5)$$

(2,0) (12,1) (2,2)

$$\bar{R}^2 = 0,978 \quad DW = 1,81 \quad \bar{R}_L^2 = 0,981 \quad DW_L = 1,88 \quad (10)$$

Nieistotność zmiennej G_t , a w konsekwencji jej brak w równaniu (19), świadczyć może o daleko idącej niezależności finansowej szkół wyższych od subwencji budżetowych.⁶

W celu skonstruowania pełnego submodelu nauki i edukacji i wprężenia go w system powiązań symultanicznych, konieczne jest uzupełnienie modelu symulacyjnego W8D-2002 o zbiór tożsamości domykających sprzężenia popytowe. Tylko wówczas bowiem odpowiednie impulsy w sektorze nauki i edukacji wywołują reakcje nie tylko po stronie podaźowej, ale również popytowej modelu symulacyjnego. Dotyczy to następujących relacji:

a) nakładów inwestycyjnych ogółem:

$$JA_t \equiv JAI_t + (JE_t + JN_t) \quad (11)$$

gdzie:

⁶ Szkolnictwo wyższe charakteryzuje się wyraźnie większym udziałem sektora prywatnego niż niższe szczeble szkolnictwa. Ponadto uczelnie państwowe dysponują środkami uzyskanymi w ramach kształcenia odpłatnego.

JA_t – nakłady inwestycyjne brutto ogółem,

JAI_t – nakłady inwestycyjne brutto ogółem, z wykluczeniem nakładów w sektorze nauki i edukacji.

Powyższa dezagregacja pozwoli uruchomić mechanizm akceleratora w przypadku, gdy wzrost nakładów inwestycyjnych nastąpi tylko w sektorach nauki i/lub edukacji.

b) liczby pracujących:

$$N_t \equiv NI_t + NE_t + NSWP_t + NNSWP_t \quad (12)$$

gdzie:

N_t – pracujący ogółem,

NI_t – pracujący poza sektorem edukacji i nauki,

NE_t – pracujący w sektorze edukacji,

$NSWP_t$ – pracujący w szkolnictwie wyższym,

$NNSWP_t$ – pracujący w sektorze nauki, poza szkolnictwem wyższym.

Dezagregacja ta konieczna jest dla poprawnego wyznaczenia wysokości dochodów z tytułu wynagrodzeń (patrz kolejny podpunkt c)).

c) dochodów ludności z tytułu wynagrodzeń:

$$FBP_t \equiv FBPI_t + FBPNE_t, \quad (13)$$

gdzie:

$FBPI_t$ – dochody ludności z tytułu zatrudnienia poza sektorami edukacji i nauki,

$FBPNE_t$ – dochody ludności z tytułu zatrudnienia w sektorach edukacji i nauki.

Dla obydwu powyższych zmiennych można zastosować równanie przejścia, uzależniając ich kształtowanie się od płac przeciętnych i wysokości zatrudnienia. Dochody z tytułu wynagrodzeń stanowią główną składową dochodów ogółem, które w zasadniczym stopniu determinują wysokość konsumpcji. W ten sposób uruchomiono, by mnożnik konsumpcyjny w przypadku wzrostu nie tylko ogólnych płac przeciętnych / zatrudnienia, ale również w przypadku wzrostu płac / zatrudnienia tylko w sektorach edukacji i / lub nauki.

2.3. Efekty zmaterializowanego postępu technicznego – alternatywy wobec krajowych nakładów na B+R

Centralnym równaniem, w głównym stopniu odpowiadającymi za podażową stronę modelu W8D-2002, jest równanie technicznej wydajności pracy, *WXNML*. Ogniwa bezpośrednio powiązane ze sferą edukacji i nauki są w równaniu tym reprezentowane przez odpowiednio: kapitał ludzki, *HKLZ*, oraz skumulowane krajowe nakłady na B+R, *BIRKSI*.

Zasadnicza propozycja modyfikacji modelu W8D-2002 sprowadza się do zastąpienia w omawianym równaniu wielkości skumulowanych krajowych nakładów na B+R, wysokością skumulowanej liczby krajowych patentów. U podstaw takiej propozycji leży spostrzeżenie, iż nakłady inwestycyjne są jedynie strumieniem zasilającym zasoby czynników produkcji i jako takie nie reprezentują efektów produkcji sektora B+R (np. Lever, 2000, s. 139-151). Fakt zastąpienia strumienia inwestycji ich wielością skumulowaną nie wprowadza tutaj jakościowej różnicy, gdyż zmienna taka może być wówczas interpretowana bezpośrednio jako czynnik produkcji, nie zaś jako miara efektywności/produkcji sektora nauki (sektora B+R).

2.3.1. Patenty i publikacje naukowe

Wśród istniejących miar, które można utożsamiać z „produkcją”⁷ sektora nauki, największą popularnością cieszy się liczba patentów (np. Lever, 2000, s. 139-151, s. 139-151; Gorzelak, Olechnicka, 2003, s. 122-152). Stąd rozbudowa sektora nauki w ujęciu podażowym zmierzać może w kierunku endogenizacji procesu generowania strumienia patentów i ich skumulowanych zasobów.

Spośród dostępnych w ewidencji statystycznej GUS kategorii definiujących liczbę patentów zdecydowano się na przyjęcie liczby krajowych patentów zgłoszonych w Polsce. Postąpiono tak w wyniku wstępnej analizy alternatywnego szeregu „patenty krajowe przyznane”, konstatując, iż bardzo wysoka zmienność relacji patentów zgłoszonych do przyznanych wynikać musi z często zmieniających się kryteriów przyznawania licencji patentowych. Zatem w przypadku kategorii „patenty krajowe przyznane w Polsce” mamy do czynienia z szeregiem niespójnym definicyjnie.

Teoretyczna specyfikacja równania liczby patentów objęła dwa warianty:

1. wariant, w którym równanie liczby patentów, *PATZ*, jest funkcją produkcji typu Cobba-Douglasa, zaś zmiennymi objaśniającymi są pracujący w sektorze nauki, *NN*, oraz majątek trwały tego sektora, *KN*:

⁷ Ze względów wymienionych w punkcie drugim opracowania nie może to być wartość dodana tego sektora.

$$PATZ_t = \alpha_0 NN_t^{\alpha_1} KN_t^{\alpha_2} e^{\alpha_3 U_{it}} e^{\varepsilon_t}, \quad (14)$$

2. wariant, w którym równanie liczby patentów jest funkcją pracujących w sektorze nauki oraz wielkości skumulowanych publikacji (tytułów) naukowych, *BNTSI*:

$$PATZ_t = f(NN_t^{(+)}, BNTSI_t^{(+)}, \varepsilon_t) \quad (15)$$

Propozycja wprowadzenia zmiennej *BNTSI* do równania patentów znajduje swoje uzasadnienie na gruncie teoretycznym. Jak wykazują badania (np. Matthiessen, Schwarz (2000), s. 47-67) pomiędzy wielkością zgłaszanych patentów, a liczbą cytowań publikacji naukowych istnieje związek przyczynowo-skutkowy. Przy założeniu, iż liczba cytowań (dla których nie dysponujemy danymi) jest funkcją liczby wydanych opracowań/książek naukowych, dostajemy zredukowaną zależność pomiędzy liczbą patentów a liczbą publikacji naukowych.

Empiryczna weryfikacja równania (14) nie przyniosła potwierdzenia związku przyczynowego pomiędzy wolumenem zgłaszanych patentów a majątkiem trwałym w sektorze nauki⁸. Natomiast estymacja parametrów funkcji przyrostowo-logarytmicznej relacji (15) daje rezultaty zgodne z postulatami teoretycznymi:

$$\Delta \ln \bar{PATZ}_t = -0,050 + 0,508 \Delta \ln NN_t + 0,549 \Delta \ln BNTSI_t + 0,173 \cdot U_{88} - 0,168 \cdot U_{90} \quad (16)$$

(1,9) (2,5) (0,9) (2,3) (2,2)

$$\bar{R}^2 = 0,467 \quad DW = 1,77 \quad \bar{R}_L^2 = 0,970 \quad DW_L = 1,25$$

Elastyczność „produkcji” patentów względem pracujących nauce wynosi 0,5 i jest w przybliżeniu równa elastyczności względem opublikowanych tytułów prac naukowych (0,549). Tak więc suma oszacowań tych dwóch parametrów wskazuje na jednorodność funkcji produkcji patentów względem tak zdefiniowanych czynników produkcji.

W relacjach (15) i (16) zmienna *BNTSI* zdefiniowana jest następująco:

$$BNTSI_t = BNTS_t / BNTS_{1995} \quad (17)$$

⁸ Dotyczy to również funkcyjnych modyfikacji równania (14), w tym funkcji przyrostowo-logarytmicznej.

i reprezentuje znormalizowaną względem roku bazowego (1995) skumulowaną liczbę publikacji naukowych, $BNTS$, generowanych następującym równaniem tożsamościowym:

$$BNTS_t \equiv 0,9 \cdot BNTS_{t-1} + BNT_t, \quad (18)$$

gdzie:

BNT_t – liczba publikacji naukowych wydanych w roku t .

Konsekwencją przyjęcia równania (16) jest konieczność zendogenizowania zmiennej BNT . Zaproponowano specyfikację uzależniającą liczbę publikacji od wysokości zatrudnienia w szkolnictwie wyższym oraz majątku trwałego w sektorze nauki. W wyniku badania alternatywnych wariantów takiej specyfikacji zdecydowano się na dynamizację równania, poprzez wprowadzenie opóźnionej zmiennej objaśnianej w charakterze dodatkowego regresora. Ostatecznie zaakceptowano następujące rezultaty:

$$\ln BNT_t = -12,761 + 0,563 \ln BNT_{t-1} + 1,253 \ln NSWP_t + 0,347 \ln KN_t - 0,207(U93_t + U98_t + U01_t) \quad (19)$$

(18,7) (7,2) (2,4) (2,4) (4,0)

$\bar{R}^2 = 0,958$ $DW = 2,49$ $\bar{R}_L^2 = 0,965$ $DW_L = 2,28$

Obecność majątku trwałego w równaniu (19) pozwala na zachowanie wpływu nakładów inwestycyjnych w sektorze nauki na podaźową stronę modelu W8D-2002, poprzez uruchomienie następującego łańcucha powiązań:

$$JN \rightarrow KN \rightarrow BNT \rightarrow BNTSI \rightarrow PATZ \rightarrow PATZSI \rightarrow WXNML, \quad (20)$$

gdzie symbol „ \rightarrow ” oznacza kierunek zależności.

2.3.2. Techniczna wydajność pracy i produktywność majątku trwałego – modyfikacja

W schemacie powiązań (20) pozostaje do objaśnienia jeszcze ostatnie ogniwo: techniczna wydajność pracy, $WXNML$.

Jak już wspomiano, pewnym *novum* w stosunku do dotychczasowych specyfikacji tych równań⁹ jest zastąpienie skumulowanych nakładów na B+R wielkością skumulowanych patentów.

⁹ Teoretyczne podstawy wyjściowych specyfikacji równań technicznej wydajności zob. Welfe (2001) lub (2004).

Skumulowaną liczbę patentów uzyskano według następującej formuły:

$$PATZS_t = 0,90 \cdot PATZS_{t-1} + PATZ_t, \quad (21)$$

zaś zmienna:

$$PATZSI_t = PATZS_t / PATZS_{1995} \quad (22)$$

oznacza indeks skumulowanych patentów znormalizowany względem bazowego, 1995 roku.

Empiryczne efekty zamiany *BIRKSI* na *PATZSI* zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1.: Wyniki empiryczne oszacowania parametrów strukturalnych równania technicznej wydajności pracy, *WXNML*, w modelu *W8D-2002*

Zmienna objaśniająca	Oszacowania parametrów strukturalnych	
	W8D-2002	W8D-2002 – modyfikacja
Wyraz wolny	0,007 (0,95)	0,004 (0,66)
$\Delta \ln(TUM_t / HKLZ_t)$	0,400 (2,70)	0,761 (6,35)
$\Delta \ln(WN_t)$	1,159 (3,22)	0,617 (2,06)
$\Delta \ln(BIRKSI_t)$	0,181 (1,12)	-
$\Delta \ln(PATZSI_t)$	-	0,329 (2,23)
$\Delta \ln[(M7_t / JV_t) \cdot BIRMSI_t]$	0,041 (0,80)	0,114 (2,85)
$U7981_t$	-0,092 (7,64)	-0,079 (5,05)
$U8384_t$	0,034 (2,40)	0,041 (4,43)
$U90_t$	-0,070 (2,36)	-0,117 (5,39)
$U0102_t$	-	-0,020 (2,89)
\bar{R}^2	0,886	0,952
DW	1,96	2,52
\bar{R}_L^2	0,991	0,998
DW_L	2,05	2,33

Uwagi: w nawiasach podano wartości bezwzględne statystyk *t*-Studenta

Źródło: W. Florczak (2004) oraz obliczenia własne.

W tabeli 1 symbole zmiennych, nie zdefiniowanych do tej pory, oznaczają odpowiednio:

TUM – techniczne uzbrojenie pracy,

HKLZ – kapitał ludzki na pracującego,
WN – standaryzowany współczynnik czasu przepracowanego,
WKZ – standaryzowany współczynnik zmienności,
BIRKSI – indeks skumulowanych krajowych nakładów na B+R,
BIRMSI – indeks skumulowanych zagranicznych nakładów na B+R,
JV – nakłady inwestycyjne na maszyny i urządzenia,
M7 – import maszyn i urządzeń,
U – odpowiednie zmienne zero-jedynkowe.

Wyniki zawarte zarówno w tablicy 1 wydają się potwierdzać słuszność przyjętych modyfikacji równania technicznej wydajności pracy. Dotyczy to zarówno aspektu statystycznego, jak i merytorycznego uzyskanych oszacowań. Wyższy jest bowiem stopień objaśnienia wariacji zmiennych objaśnianych, mierzony skorygowanym współczynnikiem determinacji. Dodatkowo, wpływ dwóch najistotniejszych z punktu widzenia wzrostu endogenicznego zmiennych, *PATZSI* i *BIRMSI*, okazuje się w wersji zmodyfikowanej statystycznie istotny. Co więcej, uzyskane oceny parametrów strukturalnych stojących przy tych zmiennych są bliższe wynikom uzyskanym w innych badaniach empirycznych.

2.4. Modyfikacja miary kapitału ludzkiego

W modelu W8D miara kapitału ludzkiego zdefiniowana została jako suma frakcji pracowników z określonej grupy wykształcenia (podstawowe, średnie, wyższe), ważona znormalizowaną wysokością ich przeciętnych wynagrodzeń. Stąd kluczową rolę w wyznaczaniu wielkości kapitału ludzkiego odgrywa proces generowania podaży siły roboczej według grup wykształcenia, któremu to zagadnieniu poświęcono w modelu W8D i W8D-2002 dużo uwagi (np. Welfe, Florczak, Sabaty, 2002, s. 7-36).

Kolejna propozycja dotyczy uwzględnienia *explicite* w funkcji technicznej wydajności pracy efektów związanych z popularyzacją wiedzy wśród społeczeństwa, poprzez modyfikację miary kapitału ludzkiego. Wychodzi ona naprzeciw artykułowanym przez licznych badaczy opiniom (np. Świtalski, 1995, s. 103-122; Świtalski, 2000, s. 152-170), zgodnie z którymi efekty popularyzacji wiedzy wśród społeczeństwa w istotny sposób wpływają na jakość siły roboczej, czyli kapitału ludzkiego.

Podobnie jak w przypadku wielu innych propozycji teoretycznych brakuje jednak wyraźnych wskazówek, w jaki sposób kwantyfikować efekty popularyzacji wiedzy wśród społeczeństwa. Stąd zdecydowano się na własne rozwiązanie, w którym przeanalizowano przydatność kilku alternatywnych indyktorów:

- a) łączny nakład wszystkich książek sprzedanych w danym roku,
- b) liczba wypożyczonych wolumenów bibliotecznych w danym roku,
- c) = a)+b)
- d) = c) + ważony wolumen sprzedanych czasopism i gazet w danym roku.

Nadmienić należy, iż każda z proponowanych miar może być traktowana wyłącznie jako indikator efektów popularyzacji wiedzy, nie zaś jako instrument polityki edukacyjnej społeczeństwa. W tym sensie indykatory informują o wyższej jakości kapitału ludzkiego, jeśli ich wzrost następuje w sposób autonomiczny. Najprawdopodobniej z tej właśnie przyczyny indykator a), a tym samym indykatory c) i d), okazały się, w świetle analizy empirycznej, niewłaściwe. Obok bowiem przyczyn autonomicznych, niewątpliwie znaczenie w objaśnieniu zmienności tych miar odgrywają czynniki ekonomiczne (ceny książek, dochody ludności).

Ostatecznie zatem zdecydowano się na wybór indikatora b). Zmodyfikowana, znormalizowana względem roku 1995, miara kapitału ludzkiego jest zatem następująca:

$$HKLZB_t = HKLZ_t \cdot BWWI_t, \quad (23)$$

gdzie:

$BWWI_t = (BWW_t / L_t) / BWW_{1995}$, $HKLZ$ – wyjściowa definicja kapitału ludzkiego,
 BWW – liczba wypożyczonych wolumenów bibliotecznych,
 L – liczba ludności.

Konsekwencją zmiany definicji kapitału ludzkiego jest konieczność dalszej modyfikacji funkcji technicznej wydajności pracy. W równaniu tym należy zastąpić starą definicję kapitału ludzkiego, $HKLZ$, definicją nową, $HKLZB$. Wyniki szacunku parametrów wymienionego równania wraz z przytoczeniem wcześniejszych rezultatów zawarte zostały w tabeli 2.

Rezultaty modyfikacji są akceptowalne zarówno od strony merytorycznej, jak i statystycznej. W omawianym wariancie uzyskano najwyższe elastyczności technicznej wydajności pracy zarówno względem skumulowanej liczby patentów, jak i skumulowanych zagranicznych nakładów na B+R. Wariant ten uwypukla zatem znaczenie endogenicznych czynników wzrostu i stanowić może poważną alternatywę wobec pozostałych opcji.

Tabela 2.: Wyniki empiryczne oszacowania parametrów strukturalnych równania technicznej wydajności pracy, *WXNML*, w modelu W8D-2002 i jego modyfikacje

Zmienna objaśniająca	Oszacowania parametrów strukturalnych		
	W8D-2002	Modyfikacja 1*	Modyfikacja 1 i 2
Wyraz wolny	0,007 (0,95)	0,004 (0,66)	0.017 (3.37)
$\Delta \ln(TUM_t / HKLZ_t)$	0,400 (2,70)	0,761 (6,35)	-
$\Delta \ln(TUM_t / HKLZB_t)$	-	-	0.454 (5.51)
$\Delta \ln(WN_t)$	1,159 (3,22)	0,617 (2,06)	1.463 (3.70)
$\Delta \ln(BIRKSI_t)$	0,181 (1,12)	-	-
$\Delta \ln(PATZSI_t)$	-	0,329 (2,23)	0.619 (3.72)
$\Delta \ln[(M7_t / JV_t) \cdot BIRMSI_t]$	0,041 (0,80)	0,114 (2,85)	0.153 (3.62)
$U7981_t$	-0,092(7,64)	-0,079(5,05)	-0.116 (8.44)
$U8384_t$	0,034 (2,40)	0,041 (4,43)	0.031 (3.48)
$U90_t$	-0,070(2,36)	-0,117(5,39)	-0.064 (2.45)
$U0102_t$	-	-0,020(2,89)	-0.025 (2.85)
\bar{R}^2	0,886	0,952	0,952
DW	1,96	2,52	2,55
\bar{R}_L^2	0,991	0,998	0,977
DW_L	2,05	2,33	2,32

Uwagi: w nawiasach podano wartości bezwzględne statystyk *t*-Studenta.

* Modyfikację 1 omówiono w punkcie 3.

Źródło: W. Florczak (2004) oraz obliczenia własne.

2.5. Zakończenie

Przystawione w opracowaniu propozycje rozbudowy modelu W8D-2002 o sektor nauki i edukacji są pewnego rodzaju konsensusem pomiędzy dążeniem do uwzględnienia wybranych postulatów teorii wzrostu endogenicznego, a dostępnymi w ewidencji statystycznej danymi, za pomocą których można empirycznie weryfikować wybrane hipotezy badawcze.

Przyjęte w opracowaniu rozwiązania mają niejednokrotnie charakter nowatorski, gdyż pomimo istnienia systemowych opracowań teoretycznych (np. Świtalski 1995; 2000), częstokroć brakuje sprecyzowanych ustaleń, co do miar statystycznych i sposobów jakimi należy posłużyć się w trakcie empirycznej weryfikacji koncepcji teoretycznych.

Walorem zaproponowanych rozwiązań jest ich kompletność z punktu widzenia powiązania sektora nauki i edukacji z gospodarką, gdyż uwzględniają one zarówno sprzężenia wynikające z powiązań podażowych, jak i popytowych. Tym samym, przy użyciu rozbudowanego modelu W8D-2002, możliwa będzie analiza skutków makroekonomicznych decyzji dotyczących tych sektorów, zwłaszcza w kontekście wzrostu długookresowego. Aby jednak model mógł efektywnie wypełniać te funkcje, konieczna jest kontynuacja prac zmierzająca do konstrukcji jego wersji symulacyjnej. Co więcej, na gruncie analizy porównawczej wyników otrzymanych w różnych wariantach tego samego równania (patrz np. równanie technicznej wydajności pracy w punkcie 3) trudno jednoznacznie dokonać wyboru najlepszego wariantu. Dysponując systemem symulacyjnym i przeprowadzając analizę mnożnikową wybór taki staje się merytorycznie bardziej uzasadniony, gdyż uwzględnione zostają wszystkie jednoczesne powiązania występujące w modelu.

Powyższe spostrzeżenia wyznaczają kierunki dalszych zamierzeń badawczych. Kolejne etapy obejmować mogą:

- a) podłączenie submodelu nauki i edukacji do istniejącej wersji modelu W8D-2002 i utworzeniu jego wersji symulacyjnej;
- b) przeprowadzenie analizy mnożnikowej, zwłaszcza w kontekście instrumentów makroekonomicznych związanych z sektorem nauki i edukacji;
- c) opracowanie prognozy i scenariuszy długookresowego rozwoju gospodarczego Polski przy użyciu systemu symulacyjnego.

Bibliografia:

1. Aghion, Ph., Howitt P. (1999), *Endogenous Growth Theory*, MIT Press, London
2. Florczak W., Welfe W. (2003), *Long-Term Growth Scenarios for Poland to 2025*, "International Advances in Economic Research", 9, no. 2
3. Florczak W., (2004), *Stochastyczne równania modelu W8D-2002*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, „Prace IEiS UŁ” nr 144
4. Gorzelak G., Olechnicka A. (2003), *Innowacyjny potencjał polskich regionów* (w:) L. Zienkowski (red.), *Wiedza a wzrost gospodarczy*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa
5. Gujarati Damodar N. (1995), *Basic Econometrics*, MacGraw-Hill
6. Hanushek Erick A. (2003), *The Economics of Schooling and School Quality*, Volumes 1 & 2, Edward Edgar Publishing, Cheltenham, UK; Northhampton, MA, USA
7. Lever William F. (2000), *Measuring the Comparative Advantage of the Knowledge Base*, (w:) A. Kukliński, W. Orłowski (red.), *The Knowledge-based Economy. The Global Challenges of the 21st Century*, KBN, Warszawa
8. Matthiessn Ch. W., Schwarz A. W. (2000), *Knowledge centers of Europe: An Analysis of Research Strength and Patterns of Specialization Based on Bibliometric Indicators* (w:) A. Kukliński (red.), *The Knowledge-based Economy. The European Challenges of the 21st Century*, KBN, Warszawa
9. Sanjaya L. (2001), *The Economics of Technology Transfer*, Edward Edgar Publishing, Cheltenham (UK) – Northhampton (MA)
10. Świtalski W. (1995), *Mapy problematyki badań naukowych, innowacji i ich zastosowań* (w:) A. Kukliński (red.), *Nauka-Technologia-Gospodarka*, KBN, Warszawa
11. Świtalski W. (2000), *The knowledge-based Economy Paradigm: From Factographic Research to Model Building* (w:) A. Kukliński, W. Orłowski (red.), *The Knowledge-based Economy. The Global Challenges of the 21st Century*, KBN, Warszawa
12. Welfe W. (red.) (2001), *Ekonometryczny model wzrostu gospodarczego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź
13. Welfe W., Florczak W., Sabanty L. (2002), *Kapitał ludzki i jego endogenizacja*, „Przegląd Statystyczny”, 50, nr 2
14. Welfe W. (red.) (2004), *Długookresowy makroekonometryczny model W8D-2002 gospodarki polskiej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Acta Universitatis Lodziensis, nr 172
15. Żółkiewski Z. (2003), *Nakłady na przyszły rozwój (NPR) w okresie transformacji* (w:) L. Zienkowski (red.), *Wiedza a wzrost gospodarczy*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa