

Waldemar Florczak, Iwona Świeczewska

MODELE SATELITARNE

1. SUBMODEL SEKCJI (*Waldemar Florczak*) NAUKI I EDUKACJI

1.1. Wprowadzenie

Pomimo istnienia bogatej literatury przedmiotu, przeważająca część istniejących badań empirycznych z zakresu wzrostu endogenicznego oparta jest na międzynarodowych danych panelowych (patrz np. *Sanjaya Lal*, red., 2001) i ogranicza się do wyodrębnionych zagadnień cząstkowych. Niemniej jednak ich praktyczna użyteczność z punktu widzenia konkretnego kraju jest ograniczona, gdyż uzyskane w wyniku takich badań oszacowania parametrów strukturalnych mają charakter zagregowany, 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 odniesienia do funkcjonowania gospodarki narodowej jako całości, sprzężeń występujących pomiędzy czynnikami produkcji, potencjałem produkcyjnym a popytem finalnym¹.

Postulatom tym czynią zadość długookresowe modele W8D gospodarki narodowej Polski (patrz *Welfe* red., 2001, 2004). W modelach tych po raz pierwszy na gruncie krajowym udało się objaśnić proces generowania wszystkich czynników produkcji, uwzględniając łączną produktywność czynników produkcji (patrz *Welfe, Florczak, Sabanty*, 2002). Modele te, pomimo swej aplikacyjnej efektywności (patrz np. *Florczak, Welfe*, 2003), posiadają jednak pewne ograniczenia. Nie objaśniają bowiem funkcjonowania podstawowych sekcji, w których generowana jest łączna produktywność czynników produkcji: a) sekcji edukacji, odpowiedzialnej w zasadniczym stopniu za przyrost kapitału ludzkiego; b) sekcji nauki, w której powstaje wiedza i generowane są jej zastosowania, wyrażające szeroko rozumiane efekty postępu technicznego.

¹ Do nielicznych wyjątków w skali krajowej zaliczyć należy badanie przeprowadzone przez *Z. Żółkiewskiego*, 2003.

Poniżej przedstawiono propozycję struktury submodeli nauki i edukacji, zawierające bloki równań i tożsamości objaśniających funkcjonowanie tych sekcji. Obejmują one zarówno popyt na usługi, jak i podaż usług, z uwzględnieniem procesu ich generowania w konwencji przyjętej dla modeli „gałęziowych”.

Ze względu na relatywnie krótkie szeregi czasowe, jak również duże rozmiary modelu, zastosowana w badaniu metodologia opiera się na metodologii tradycyjnej, opisanej w artykule pierwszym, z akcentem położonym na ekonomiczną interpretowalność uzyskanych wyników.

1.2. Baza danych sekcji nauki i edukacji

Biorąc pod uwagę znaczenie, jakie przypisuje się nauce i edukacji w długookresowym rozwoju gospodarczym państwa, pewne zdziwienie musi budzić fakt ubogości dostępnych danych statystycznych opisujących te sektory. Co prawda, w ewidencji statystycznej GUS-u podstawowe dane dotyczące kategorii łatwo mierzalnych (np. liczby uczniów i studentów, liczby i rodzajów szkół czy liczby zgłoszonych i przyznanych patentów) są dostępne i spójne dla długiego okresu czasu (30 lat). Jednakże nawet pobieżna analiza źródłowych szeregów czasowych opisujących tak ważne kategorie, jak np. wartość dodana w edukacji czy nawet liczba pracujących w B+R, wskazuje na brak ich ciągłości definicyjnej. Pomimo iż w dużym stopniu utrudnia to konstruowanie jednolitej bazy danych, nie czyni tego jednak zadaniem niemożliwym do wykonania. Stosując bowiem odpowiednie techniki przeszacowań czy wskaźniki udziałów (por. np. Florczak, Welfe, 2003), możliwe jest przygotowanie względnie jednorodnego banku danych.

Z drugiej strony, w przypadku braku odpowiednich informacji konieczne staje się przyjmowanie założeń upraszczających w celu wygenerowania odpowiednich szeregów. W opisywanym badaniu konieczność taka pojawiła się w stosunku do podstawowych kategorii makroekonomicznych sektora nauki. W rachunkach narodowych sektor ten jest bowiem połączony z sektorem obsługi nieruchomości i firm (*sic!*), co w praktyce wyklucza możliwość innego rozwiązania niż przyjęcie bardzo silnego założenia o równości temp wzrostu sektora nauki z kategorią zagregowaną: „obsługa nieruchomości i firm; nauka”. Podobnie sytuacja przedstawia się, gdy chodzi o czynniki produkcji: pracujących, majątek produkcyjny oraz nakłady inwestycyjne w cenach stałych. W przypadku nakładów inwestycyjnych oraz majątku trwałego w cenach bieżących ewidencja wyszczególnia podsektor obsługi nieruchomości i firm, co pozwala wyznaczyć odpowiednie wielkości nominalne dla sektora nauki. Jest to cenna informacja, pozwalająca ustalić wartości startowe w roku bazowym (1995) dla realnych wielkości nakładów inwestycyjnych i majątku trwałego. Jednakże brak deflatorów cen dla tych podsektorów („obsługa nieruchomości i firm” oraz „nauka”) wciąż uniemożliwia rzetelne wyznaczenie wolumenu nakładów inwestycyjnych i majątku trwałego w cenach stałych dla sektora nauki.

Ostatecznie zatem dla potrzeb badania przyjęto, iż tempa wzrostu realnych wartości nakładów inwestycyjnych i majątku trwałego w sektorze „nauka” są równe odpowiednim tempom dla definitywnie szerszej kategorii „obsługa nieruchomości i firm; nauka”. Dodatkowo założono, iż liczba zatrudnionych w sektorze nauki jest równa liczbie pracujących w B+R.

Przyjęte założenia są wyrazem kompromisu pomiędzy dążeniem do rozbudowy modelu W8D-2007 o sektory determinujące długookresowy wzrost endogeniczny a zastanym stanem rzeczy w zakresie ewidencji statystycznej. Nie trzeba dodawać, iż mogą rzutować one na uzyskane końcowe rezultaty analizy empirycznej.

Nadmienić należy, iż wcześniejsze bazy danych modeli W8D, pomimo iż zawierały liczne szeregi konieczne do konstrukcji modelu objaśniającego wzrost endogeniczny, takie jak nakłady na B+R – zarówno bieżące, jak i inwestycyjne – nie obejmowały zmiennych niezbędnych do konstrukcji submodelu nauki i edukacji.

Wszystkie dane źródłowe do bazy sektora edukacji i nauki zaczerpnięto z „Roczników Statystycznych” GUS z lat 1975–2002. Niestety, w licznych przypadkach dostępne dane, nawet po zastosowaniu przeszacowań, obejmują zaledwie 14 obserwacji (wartość dodana, nakłady inwestycyjne, majątek trwały). Stąd w analizie empirycznej akcent położono na kryteria poprawności ekonomicznej (odpowiednie znaki i wielkości uzyskanych oszacowań parametrów strukturalnych), mając świadomość, iż weryfikacja statystyczna jest, w przypadku równań o tak małej liczbie obserwacji, mało konkluzyjna.

W tab. 1 przedstawiono informacje o zmiennych zarówno źródłowych, jak i estymacyjnych, występujących w bazie danych.

Tablica 1

Lista źródłowych zmiennych występujących w bazie danych submodelu nauki i edukacji (bez zmiennych zdefiniowanych w ogólnej bazie modelu W8D-2007)

Symbol zmiennej	Nazwa stosowana w bazie danych	Jednostka miary i zakres	Numer tabeli i strony „Rocznika Statystycznego” GUS, Warszawa 2003
<i>FEDU</i>	fundusz płac w sektorze edukacji	mln zł, c.s. 1992–2005	tab. 1(187), s. 174 urealnione deflatorem PKB
<i>JE</i>	nakłady inwestycyjne brutto w sektorze edukacji	mln zł, c.s. 1992–2005	tab. 3(554), s. 555
<i>JN</i>	nakłady inwestycyjne brutto w sektorze nauki	mln zł, c.s. 1992–2005	tab. 3(554), s. 555
<i>KE</i>	środki trwałe brutto w sektorze edukacji	mln zł, c.s. 1992–2005	tab. 9(560), s. 564
<i>KN</i>	środki trwałe brutto w sektorze nauki	mln zł, c.s. 1992–2005	tab. 9(560), s. 564
<i>NE</i>	pracujący w edukacji	tys. osób 1992–2005	tab. 9(163), s. 149
<i>NN</i>	pracujący w sektorze nauki	osoby 1975–2005	tab. 1(328), s. 328

Tablica 1 (cd.)

Symbol zmiennej	Nazwa stosowana w bazie danych	Jednostka miary i zakres	Numer tabeli i strony „Rocznika Statystycznego” GUS, Warszawa 2003
<i>NSWP</i>	pracujący w szkolnictwie wyższym	osoby 1975–2005	tab. 1(328), s. 328
<i>VAE</i>	wartość dodana w sektorze edukacji	mln zł, c.s. 1992–2005	tab. 10(574), s. 585
<i>VAN</i>	wartość dodana w sektorze nauki	mln zł, c.s. 1992–2005	tab. 10(574), s. 585

Źródło: opracowanie własne.

1.3. Modelowanie produkcji usług sekcji nauki i edukacji

Model W8D-2007 objaśnia proces generowania łącznej produktywności czynników produkcji, determinujących długookresowy wzrost endogeniczny. Jednakże proces ten jest objaśniany w sposób niepełny. Mianowicie, brak było charakterystyk aktywności sekcji nauka i edukacja (produkcji, zatrudnienia, inwestycji), w których powstaje kapitał wiedzy. Efekty tej aktywności nie wpływały przeto na popyt finalny całe gospodarki, co powodowało trudności w analizie mnożnikowej. Postanowiono zatem rozbudować model W8D-2007 w sposób, który pozwoliłby uwzględnić również popytowe efekty działalności wpływu sekcji nauki i edukacji na funkcjonowanie gospodarki.

Produkcja usług w dziedzinie nauki i edukacji jest sumarycznie reprezentowana przez wartość dodaną tych sekcji, liczoną w cenach stałych. Dostępne mierniki ilościowe albo reprezentują produkt końcowy sekcji (patenty), albo oddają poziom aktywności sekcji w sposób niepełny (np. liczba uczniów).

W submodelach zarówno sekcji nauki, jak i sekcji edukacji podjęto próbę objaśnienia kształtowania się wielkości produkcji (wartości dodanej) oraz czynników produkcji w sposób „klasyczny”, poprzez użycie dwuczynnikowej funkcji produkcji typu Cobba–Douglasa:

$$VX_{it} = \alpha_0 K_{it}^{\alpha_1} N_{it}^{\alpha_2} e^{\alpha_3 T_t} e^{\alpha_4 U_{it}} \varepsilon_{it} \quad (1)$$

gdzie:

VX_{it} – wartość dodana w cenach stałych w okresie t dla i -tej sekcji ($i = 1$ – edukacja; $i = 2$ – nauka);

K_{it} – majątek trwały w cenach stałych;

N_{it} – pracujący;

T_t – zmienna czasowa.

W powyższej funkcji nie przyjęto założenia o jej jednorodności ($\alpha_1 + \alpha_2 = 1$), mając na uwadze specyficzne właściwości wartości dodanej wytwarzanej w sekcji 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 sekcji nauki (reprezentowanych np. przez liczbę zgłoszonych/uzyskanych patentów, czy liczbę/nakład publikacji naukowych) nie 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).

Efekty postępu technicznego są odzwierciedlone przez parametr stojący przy czasie, co zakłada stałą stopę postępu w tych sekcjach. Z powodu niedostępności danych dla omawianych sekcji nie podjęto próby szacunku efektów *TFP*.

W wyniku estymacji KMNK parametrów równania (1), po uprzednim obustronnym zlogarytmowaniu stronami, uzyskano następujące wyniki:

a) dla sekcji edukacji:

$$\ln \hat{V}AE_t = 0,3855 + 0,761 \ln NE_t + 0,3801 \ln KE_t + U9899, \quad (2)$$

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

$$\bar{R}^2 = 0,944 \quad DW = 1,70 \quad \bar{R}_L^2 = 0,964 \quad DW_L = 1,68$$

w której to funkcji parametr stojący przy zmiennej czasowej okazał się nieistotny;

b) dla sekcji nauki:

$$\ln \hat{V}AN_t = -2,1372 + 0,1979 \ln NN_t + 0,8021 \ln KN_t + 0,0124T_t + U9901, \quad (3)$$

(26,6) (6,3) (.) (7,1)

$$\bar{R}^2 = 0,996 \quad DW = 1,90 \quad \bar{R}_L^2 = 0,996 \quad DW_L = 1,82$$

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;

DW_L – wartość statystyki Durбина–Watsona dla poziomu zmiennej objaśnianej.

Wyniki empiryczne wskazują, iż w przypadku sekcji edukacji mamy do czynienia z rosnącą skalą produkcji (suma elastyczności wyższa od jedności), przy czym relatywnie większą rolę w tworzeniu wartości dodanej odgrywa

czynnik ludzki. W sektorze nauki przyjęto, iż nie występuje rosnący efekt skali, zaś większe znaczenie odgrywa majątek trwały (elastyczność produkcji względem aparatury naukowej jest wyższa niż względem pracujących). Ten wynik nie jest zaskakujący. Rola aparatury badawczej jest daleko bardziej znacząca w sekcji nauki.

1.4. Zapotrzebowanie na usługi sekcji nauki i edukacji

Równania (2)–(3) dla wartości dodanej sekcji edukacji i nauki definiują jej podaż. W celu wyznaczenia wysokości zapotrzebowania zgłaszanego na produkcję usług w omawianych sekcjach konieczne będzie nawiązanie do czynników determinujących to zapotrzebowanie poprzez utworzenie odpowiednich równań przejścia. Zauważmy, że posługujemy się kategorią zapotrzebowania, a nie popytu, gdyż o popycie mówić można w odniesieniu do sektora przedsiębiorstw, nie zaś w odniesieniu do sektora publicznego.

Zapotrzebowanie na usługi sekcji edukacji może być rozumiane dwojako. Z jednej strony jest to zapotrzebowanie na produkt końcowy tej sekcji, tj. na absolwentów szkół różnego szczebla. Jego pełny opis zawarty jest w modelu W8D-2007, w którym założono, iż zapotrzebowanie to zrównuje się z podażą absolwentów. Należy jednak uwzględnić zapotrzebowanie na usługi związane z pozostałymi elementami procesu kształcenia. Są one sumarycznie reprezentowane przez wartość dodaną sekcji edukacji. Jego wysokość postanowiono aproksymować równaniem przejścia, w którym wysokość tego zapotrzebowania uzależniono od wielkości nakładów na edukację, co do których przyjęto, iż wynikają z efektywnego zapotrzebowania na usługi edukacyjne. Nakłady te zdefiniowano jako sumę funduszu płac brutto w sekcji (*FEDU*) oraz nakładów inwestycyjnych (*JE*). Wyniki szacunku parametrów takiego równania są następujące:

$$\ln \hat{V}AE_t = 3,9181 + 0,5886 \ln(JE_t + FEDU_t) + 0,0766 \cdot U9495_t - 0,1738 \cdot (1 - U6099_t) \quad (4)$$

(8,3) (11,3) (3,1) (4,9)

$$\bar{R}^2 = 0,956 \quad DW = 2,18 \quad \bar{R}_L^2 = 0,966 \quad DW_L = 2,31$$

Popyt na usługi sekcji nauki ze strony przedsiębiorstw zależy od ich akumulacji finansowej, zaś zapotrzebowanie sektora publicznego na owe usługi jest funkcją możliwości finansowych państwa (wydatków budżetowych). W obydwu przypadkach popyt ten można utożsamiać z zapotrzebowaniem na B+R², którego wysokość jest znana. Nakłady na B+R obejmują wartość dodaną, jak

² Popyt na wyniki sektora nauki, rozumiany jako np. liczba zgłoszonych/przyjętych patentów, jest trudny do ustalenia.

również nakłady rzeczowe i nakłady inwestycyjne tej sekcji. Konieczna jest zatem konstrukcja równania przejścia, wiążącego wielkość produkcji dodanej sekcji nauki z nakładami na B+R. Wyniki szacunku parametrów takiego równania są następujące:

$$\ln \hat{VAN}_t = -0,5432 + 1,1234 \ln BIRK_t - 0,1275 \cdot (U93_t + U9900_t) \quad (5)$$

(0,6) (8,9) (3,8)

$$\bar{R}^2 = 0,864 \quad DW = 2,08 \quad \bar{R}_L^2 = 0,880 \quad DW_L = 2,00$$

gdzie:

$BIRK$ – krajowe nakłady na badania i rozwój.

1.5. Nakłady inwestycyjne brutto i majątek trwały

Specyfikacja równań nakładów inwestycyjnych brutto w sekcjach edukacji i nauki jest zbliżona do specyfikacji nakładów inwestycyjnych ogółem w modelu W8D-2007, przy czym, ze względu na brak informacji odnośnie do deflatorów cen w tych sekcjach, ograniczona jest jedynie do mechanizmu akceleratora. Ze względu na strukturę modelu W8D-2007 oraz wątpliwości związane z wiarygodnością szacunku wartości dodanej w sekcjach 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 wyżej wymienionych sekcjach a ogólną aktywnością gospodarczą:

$$\ln J_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln J_{i,t-1} + \alpha_2 \ln X_t + \alpha_i U_{it} + \varepsilon_t \quad (6)$$

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

gdzie:

J_{it} – wartość inwestycji w cenach stałych w okresie t dla i -tej sekcji ($i = 1$ – edukacja; $i = 2$ – nauka);

X_t – PKB.

Oszacowanie parametrów równania (6) dało następujące rezultaty:

a) dla sekcji edukacji:

$$\ln \hat{JE}_t = -8,5018 + 0,3722 \ln JE_{t-1} + 1,0159 \ln X_t - 0,193(U96_t + U97_t + U98_t + U2000_t + U2001_t) \quad (7)$$

(2,6) (2,4) (3,0) (4,5)

$$\bar{R}^2 = 0,954 \quad DW = 2,71 \quad \bar{R}_L^2 = 0,974 \quad DW_L = 2,67$$

b) dla sekcji nauki:

$$\ln \hat{J}N_t = -9,2384 + 0,5239 \ln JN_{t-1} + 0,9935 \ln X_t + 0,2139 U9900, \quad (8)$$

(4,2) (5,2) (4,6) (3,8)

$$\bar{R}^2 = 0,960 \quad DW = 1,99 \quad \bar{R}_L^2 = 0,968 \quad DW_L = 1,97$$

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 Koyka³ w sposób następujący:

$$DK_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DK_{i,t-1} + \alpha_2 J_{it} + \alpha_3 U_{it} + \varepsilon_t \quad (9)$$

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

gdzie:

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

Wyniki empiryczne estymacji parametrów równania (9) są następujące:

a) dla sektora edukacji:

$$D\hat{K}E_t = 251,7 + 0,4033 DKE_{t-1} + 0,6662 JE_t \quad (10)$$

(1,1) (2,5) (3,7)

$$\bar{R}^2 = 0,897 \quad DW = 2,45$$

b) dla sektora nauki nie uzyskano merytorycznie akceptowalnych wyników odpowiadających specyfikacji (9), 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:

$$\hat{K}N_t = 2355 + 0,8031 KN_{t-1} + 0,2864 JN_t - 214 \cdot U93_t + 359 \cdot U96_t \quad (11)$$

(5,8) (20,0) (3,7) (2,6) (4,7)

$$\bar{R}^2 = 0,997 \quad DW = 1,96$$

³ Zastosowanie rozkładu opóźnień Almon nie było możliwe z powodu „krótkości” dostępnej próby.

1.6. Popyt na pracujących

Liczbę pracujących w sekcji 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 była następująca:

$$\ln N_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln N_{i,t-1} + \alpha_2 \ln STUD_{it} + \alpha_3 \ln G_t + \alpha_4 U_{it} + \varepsilon_t \quad (12)$$

gdzie:

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

$STUD_{it}$ – liczba uczniów wszystkich szkół w okresie t , poza szkolnictwem wyższym ($i = 1$ – edukacja); liczba studentów w szkołach wyższych w okresie t ($i = 2$ – szkolnictwo wyższe);

G_t – spożycie zbiorowe.

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

W wyniku analiz empirycznych okazało się jednak, iż dla sekcji edukacji związek pomiędzy liczbą uczniów a nauczycieli charakteryzuje się – przynajmniej w okresie próby – korelacją ujemną. Stąd odstąpiono od specyfikacji w postaci równania (12) i zdecydowano się – w oparciu o metodę przeszukiwań – na wybór następującego wariantu:

$$\ln \hat{NE}_t = 4,2541 + 0,2400 \ln NE_{t-1} + 0,1041 \ln(FEDUP_t / PX_t) - 0,0592 \cdot U9902_t$$

(6,5) (2,2) (6,5) (7,1)

$$\bar{R}^2 = 0,941 \quad DW = 2,28 \quad \bar{R}_L^2 = 0,962 \quad DW_L = 2,26$$

(13)

gdzie:

$FEDUP$ – fundusz płac brutto w sekcji edukacji, ceny bieżące.

W przypadku pracujących w szkolnictwie wyższym obrano następujący wariant:

$$\ln \hat{NSWP}_t = 1,5367 + 0,8265 \ln NSWP_{t-1} + 0,0432 \ln(STUDWY_t) + 0,0538 \cdot U9598_t$$

(2,7) (12,8) (2,0) (4,3)

$$\bar{R}^2 = 0,985 \quad DW = 2,14 \quad \bar{R}_L^2 = 0,987 \quad DW_L = 2,31$$

(14)

Nieistotność zmiennej G_t , a w konsekwencji jej brak w równaniu (14), świadczyć mogą o daleko idącej niezależności finansowej szkół wyższych od subwencji budżetowych⁴.

Ostatnim równaniem stochastycznym, koniecznym do domknięcia submodelu, jest fundusz płac brutto w sekcji edukacji. Specyfikacja objaśniająca wariancję tej zmiennej ma charakter równania przejścia, w którym obok opóźnionej zmiennej objaśnianej występuje wysokość wydatków budżetu państwa jako aproksymanty wydolności państwa w zakresie finansowania edukacji. Wyniki szacunku parametrów omawianego równania są następujące:

$$\ln \hat{FEDUP}_t = -1,5551 + 0,6786 \ln FEDUP_{t-1} + 0,4010 \ln BCP_t + 0,1354 \cdot U9900_t$$

(1,6) (8,6) (2,8) (3,8)

$$\bar{R}^2 = 0,996 \quad DW = 1,99 \quad \bar{R}_L^2 = 0,993 \quad DW_L = 1,83$$

(15)

1.7. Tożsamości i równania domykające submodelu

W celu sprzężenia submodeli nauki i edukacji z systemem powiązań symultanicznych całego modelu konieczne jest uzupełnienie modelu symulacyjnego W8D-2007 o zbiór tożsamości domykających sprzężenia popytowe. Tylko wówczas bowiem odpowiednie impulsy w sektorze nauki i edukacji wywołują reakcje nie tylko po stronie podażowej, ale również popytowej modelu symulacyjnego. Dotyczy to następujących relacji:

a) nakładów inwestycyjnych ogółem:

$$JA_t \equiv JAI_t + (JE_t + JN_t) \tag{16}$$

gdzie:

JA_t – nakłady inwestycyjne brutto ogółem;

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

⁴ Szkolnictwo wyższe charakteryzuje się wyraźnie większym udziałem sektora prywatnego niż niższe szczeble szkolnictwa. Ponadto uczelnie państwowe dysponują środkami uzyskanymi w ramach kształcenia odpłatnego.

Powyższa dezagregacja pozwala uruchomić mechanizm akceleratora nawet w przypadku, gdy wzrost nakładów inwestycyjnych nastąpi jedynie w sekcjach nauki i/lub edukacji. Wymaga to oszacowania funkcji nakładów inwestycyjnych, obejmujących inne sekcje, w rozbiciu na nakłady na maszyny i urządzenia (JVI) oraz budynki i budowle ($JJTFI$), przy czym $JAI = JVI + JJTFI$.

Wyniki oszacowań funkcji nakładów inwestycyjnych – przy specyfikacji analogicznej do nakładów inwestycyjnych ogółem, tj. bez wyłączenia sekcji nauki i edukacji – są następujące:

– dla nakładów w maszyny i urządzenia:

$$\begin{aligned} \ln \hat{JVI}_t = & -3,0334 + 1,0 \cdot \ln X_t + 0,4998 \cdot \ln(WBP_t / 8291 / PJV_t) + 0,9248 \cdot \ln WN_t - \\ & (39,7) \quad (.) \quad (19,5) \quad (1,8) \\ & - 0,1 \cdot \ln[(1 + RKFR_t) / (PJA_t / PJA_{t-1}) \cdot (PJV_t / PX_t)] \cdot (1 - U6084_t) \\ & + 0,3672 \cdot U7279_t - 0,1539 \cdot U8284_t + 0,3285 \cdot U9599_t \\ & (10,3) \quad (2,9) \quad (6,9) \end{aligned} \quad (17)$$

$$\bar{R}^2 = 0,988 \quad DW = 2,09 \quad \bar{R}_L^2 = 0,975 \quad DW_L = 1,63$$

– dla nakładów na budynki i budowle:

$$\begin{aligned} \ln \hat{JJTFI}_t = & -2,0958 + 1,0 \cdot \ln X_t + 0,0906 \cdot \ln(WBP_t / 8291 / PJJT_t) + 0,6 \cdot \ln WN_t - \\ & (163) \quad (.) \quad (6,7) \quad (.) \\ & - 0,2370 \cdot \ln[(1 + RKFR_t) / (PJA_t / PJA_{t-1}) \cdot (PJJT_t / PX_t)] \cdot (1 - U6091_t) \\ & (2,1) \end{aligned} \quad (18)$$

$$+ 0,0137 \cdot \ln X_t + 0,0185 \cdot \ln X_t \cdot (U98_t + U99_t + U2000_t)$$

$$(8,4) \quad (7,1)$$

$$\bar{R}^2 = 0,987 \quad DW = 1,86 \quad \bar{R}_L^2 = 0,980 \quad DW_L = 1,89$$

b) liczby pracujących:

$$N_t \equiv NI_t + NE_t + NSWP_t + NNSWP_t \quad (19)$$

gdzie:

N_t – pracujący ogółem;

NI_t – pracujący poza sekcją edukacji i nauki;

NE_t – pracujący w sekcji 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;

c) dochodów ludności z tytułu wynagrodzeń:

$$FBP_t \equiv FBPI_t + FEDUP_t + FNAUK_t \quad (20)$$

gdzie:

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

$FBPNE_t$ – dochody ludności z tytułu zatrudnienia w sekcji edukacji;

$FNAUK_t$ – dochody ludności z tytułu zatrudnienia w sekcji nauki.

Alternatywą wobec przedstawionych powyżej tożsamości i równań domykających submodelu byłoby odpowiednie uzmiennienie wyrazów wolnych w równaniach inwestycji i pracujących ogółem w procesie symulacji.

2. SUBMODEL SEKTORA PRZEMYSŁU WEDŁUG POZIOMU TECHNOLOGII

(Iwona Świczewska)

2.1. Wprowadzenie

Liczne badania empiryczne nad postępowaniem technicznym i jego endogenizacją, prowadzone zarówno na szczeblu makroekonomicznym, jak i na szczeblu poszczególnych gałęzi gospodarki czy przedsiębiorstw, wskazują na ogromną rolę działalności innowacyjnej gospodarki w procesie generowania postępu technicznego (Romer, 1990; Griliches, 1995; Coe, Helpman, 1995; Lichtenberg, Van Pottelsberghe de la Potterie, 2001). Aktywność innowacyjna gospodarki związana jest bezpośrednio z działalnością sfery badawczo-rozwojowej (B+R) tej gospodarki oraz z umiejętnością absorpcji innowacji i nowoczesnych technologii ze źródeł zewnętrznych. Aktywna współpraca sfery B+R z działalnością produkcyjną gospodarki traktowana jest obecnie jako najważniejsze źródło wzrostu gospodarczego. Szczególną rolę we wzroście gospodarczym odgrywa działalność sektorów reprezentujących wysokie technologie (*high-tech*). Mowa tu przede wszystkim o przemysłach wysokiej techniki, które powstają na styku nauki i przemysłu, i bazują przede wszystkim na przetwarzaniu wyników badań naukowych w przemyśle. Sektory *high-tech* uważane są we współczesnych gospodarkach za najbardziej innowacyjne. Stopień wykorzystania produktów wytwarzanych w sektorach wysokiej techniki przez pozostałe sfery działalności gospodarki, w tym przede wszystkim przez bardziej tradycyjne gałęzie przemysłu, w znacznym stopniu determinuje poziom efektywności gospodarki (Turowski, 2005).

Wydaje się więc, że badania nad postępowaniem technicznym i jego endogenizacją prowadzone na szczeblu makroekonomicznym wymagają pewnego uszczegółowienia. Dynamika rozwoju danej gospodarki wynika w znacznym stopniu z aktywności branż reprezentujących wysokie technologie oraz z ich zdolności do rozprzestrzeniania innowacji na pozostałe sfery działalności. Niniejszy punkt artykułu stanowi propozycję rozszerzenia modelu W8D-2007 na szczebel gałęziowy poprzez uwzględnienie w nim grup gałęzi przemysłu (zwanymi dalej sektorami) o różnym stopniu zaawansowania technologicznego⁵. Ocena efektywności tych sektorów oraz ich wpływ na rozwój pozostałych sfer gospodarki może przyczynić się do pełniejszego wyjaśnienia zmian zachodzących w gospodarce, wynikających z szeroko rozumianej działalności innowacyjnej. Szczególnie ważne wydaje się wskazanie źródeł efektywności w poszczególnych sektorach oraz określenie potencjalnych ścieżek dyfuzji innowacji między nimi. Główny akcent położony zostanie na objaśnienie podażowej strony tych sektorów, choć podjęta zostanie także próba objaśniania ich strony popytowej.

Struktura tego punktu jest następująca. W podpunkcie 2.2 przedstawiona jest teoretyczna koncepcja submodelu przemysłu w dezagregacji gałęziowej według różnych poziomów zaawansowania technologicznego. W podpunkcie 2.3 zawarto wyniki badań empirycznych dotyczących submodelu przemysłu dla polskiej gospodarki.

W celu zachowania spójności z modelem W8 oraz submodelami opisującymi sektory nauki i edukacji (por. pkt 3) przyjęto analogiczne oznaczenia zmiennych modelu i parametrów, wprowadzając jedynie subskrypt i ($i \in \{1, 2, 3, 4\}$) dla oznaczenia poszczególnych sektorów przemysłu różniących się poziomem zaawansowania technologicznego).

2.2. Submodel sektora przemysłu według poziomu technologii

Głównym elementem proponowanego submodelu jest funkcja produkcji. W celu zachowania spójności z modelem W8 przyjęto założenie, że funkcja produkcji w każdym z wyszczególnionych sektorów przyjmuje postać funkcji Cobba–Douglasa o stałych efektach skali. Jako miarę produkcji sektorów przyjęto wartość dodaną, a wśród czynników produkcji uwzględniono majątek trwały i pracujących:

⁵ Podstawowym kryterium podziału przemysłu na poszczególne kategorie jest intensywność prac badawczo-rozwojowych, mierzona wielkością nakładów na B+R w relacji do produkcji sprzedanej. Obecnie obowiązująca klasyfikacja wyróżnia cztery grupy sektorów przemysłu przetwórczego z punktu widzenia ich zaawansowania technologicznego. Są to sektory wysokich technologii (*high-technology industries*), średniowysokich technologii (*medium-high technology industries*), średnioniskich technologii (*medium-low technology industries*) oraz niskich technologii (*low technology industries*).

$$VX_{it} = B A_{it}^{(+)} K_{it}^{(+)} N_{it}^{(1-\alpha_1)} e^{\varepsilon_{it}} \quad (21)$$

gdzie:

VX_{it} – wartość dodana w cenach stałych w okresie t dla i -tego sektora ($i \in \{1, 2, 3, 4\}$);

A_{it} – łączna produktywność czynników produkcji ($A_{it} = TFP_{it}$);

K_{it} – majątek trwały w cenach stałych w okresie t dla i -tego sektora;

N_{it} – liczba pracujących w okresie t w i -tym sektorze.

Funkcja ta opisuje efekty procesu produkcyjnego przy założeniu pełnego wykorzystania czynników produkcji (por. pkt 3, s. 60 w niniejszym zeszycie).

Efektywność procesów produkcyjnych utożsamianych z efektami szeroko rozumianego postępu technicznego odzwierciedlona jest głównie przez zmiany łącznej produktywności czynników produkcji. Endogenizacja postępu technicznego wymaga więc wyjaśnienia zmian w poziomie i/lub dynamice TFP czynnikami, które generują postęp techniczny. Istotną rolę w procesie generowania tego postępu przypisuje się więc skłonnościom poszczególnych gospodarek do absorpcji osiągnięć sfery B+R umiejscowionej w danej gospodarce, jak również zdolności do absorpcji innowacji z zagranicy. Nie należy także pominąć również ważnego czynnika, jakim jest zasób kapitału ludzkiego w gospodarce, będący efektem inwestycji w sektorze edukacji (Ś w i e c z e w s k a, 2007).

Określenie efektywności procesów produkcyjnych w poszczególnych sektorach przemysłu może być więc związane z oceną zmian zaobserwowanych w dynamice łącznej produktywności czynników produkcji w tych sektorach. Kluczowe znaczenie ma jednak wyjaśnienie tych zmian na gruncie endogenicznej teorii wzrostu. W opisywanym submodelu proponuje się podejście dwuetapowe. W pierwszej kolejności należy wyznaczyć poziom i dynamikę łącznej produktywności czynników produkcji (etap I), a następnie dokonać jej endogenizacji (etap II). Wyznaczenie TFP może opierać się na zastosowaniu metod indeksowych (choćby agregatowego indeksu Törnquista, por. Ś w i e c z e w s k a, T o m a s z e w i c z, 2008) lub też poprzez bezpośrednią estymację parametrów funkcji produkcji określających elastyczność produkcji odpowiednio względem kapitału i pracy. W niniejszym modelu zdecydowano się na drugie z proponowanych podejść, przekształcając uprzednio funkcję produkcji na funkcję wydajności pracy (W e l f e, W e l f e, 2004). Dynamika TFP wyznaczana jest wówczas w sposób rezydualny, jako różnica między stopą wzrostu produkcji a ważoną sumą stóp wzrostu poszczególnych czynników produkcji, z wagami równymi elastyczności produkcji względem każdego z czynników produkcji (Ś w i e c z e w s k a, 2007).

Jak wspomniano, endogenizacja łącznej produktywności czynników produkcji sprowadza się do objaśnienia zmian w jej poziomie i/lub tempie czynni-

kami określającymi istniejący w gospodarce zasób kapitału wiedzy oraz kapitału ludzkiego. W proponowanym modelu, ze względu na trudności w określeniu – na gruncie empirycznym – zasobów kapitału ludzkiego w poszczególnych sektorach, pominięto znaczenie tego czynnika, ograniczając się jedynie do wyjaśnienia zmian łącznej produktywności czynników produkcji dostępnym w gospodarce potencjałem naukowo-badawczym, reprezentowanym przez nakłady na B+R.

W ujęciu dynamicznym zmiany łącznej produktywności czynników produkcji wyjaśniane są bądź zmianami w potencjale innowacyjnym gospodarki (mierzonym zmianami w skumulowanych nakładach na działalność B+R), bądź też zmianami w intensywności nakładów na B+R (mierzonymi udziałem nakładów na B+R w wielkości produkcji, por. Świeczewska, 2007):

$$\dot{A}_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \overset{(+)}{BIRS}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (22)$$

gdzie:

\dot{A}_{it} – stopa wzrostu łącznej produktywności czynników produkcji w sektorze i -tym w okresie t ;

$\overset{(+)}{BIRS}_{it}$ – stopa wzrostu skumulowanych nakładów na B+R w i -tym sektorze w okresie t ;

ε_{it} – składnik losowy;

lub alternatywnie:

$$\dot{A}_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \frac{\overset{(+)}{BIR}_{it}}{VX_{it}} + \varepsilon_{it} \quad (23)$$

gdzie:

$\frac{\overset{(+)}{BIR}_{it}}{VX_{it}}$ – intensywność nakładów na B+R poniesionych w i -tym sektorze w okresie t , mierzona relacją wielkości tych nakładów w relacji do wielkości produkcji (w proponowanym ujęciu w relacji do wartości dodanej).

W pierwszym z proponowanych podejść niezbędne jest wyznaczenie wielkości skumulowanych nakładów na działalność B+R. Jednak jeśli stopa deprecjacji skumulowanych nakładów na B+R jest bliska zeru, to przyrost skumulowanych nakładów może być aproksymowany przez wielkość nakładów bieżących (Terleckyj, 1974). To znacznie upraszcza procedurę estymacji zależności (22).

Jedną z najważniejszych cech innowacji jest ich zdolność do rozprzestrzeniania się między podmiotami funkcjonującymi w określonej gospodarce

(dyfuzja innowacji). Proces dyfuzji może odbywać się poprzez transakcje związane z zakupem różnego rodzaju produktów (dóbr pośrednich, inwestycyjnych czy konsumpcyjnych), nowych technologii w formie odpowiednich licencji i praw do ich stosowania, jak również poprzez wprowadzenie podobnych rozwiązań technologicznych opartych na ogólnodostępnej wiedzy (Griliches, 1979). Może on odbywać się zarówno wewnątrz gospodarki, jak i w skali międzynarodowej. Uwzględnienie w badaniach empirycznych efektów dyfuzji innowacji wymaga skonstruowania odpowiedniego miernika określającego wielkość korzyści wynikających z procesów dyfuzji. Najczęściej zakłada się, iż wielkość korzyści zewnętrznych jest proporcjonalna do wielkości zasobów wiedzy (mierzonych zwykle wielkością bieżących i/lub skumulowanych nakładów na działalność B+R) we wszystkich możliwych źródłach, w których powstają procesy dyfuzji, czyli:

$$BRspill_j = \sum_{i \neq j} v_{ij} BR_i \quad (24)$$

gdzie:

$BRspill_j$ – potencjalna wielkość nakładów na działalność B+R obserwowana w j -tej gałęzi, wynikająca z procesów dyfuzji innowacji pochodzących ze źródła i (gałęzi i);

BR_i – wielkość nakładów na działalność B+R poniesionych w źródłach (gałęziach), z których następuje transfer innowacji;

v_{ij} – współczynniki proporcjonalności (wagi).

Jeśli transfer innowacji odbywa się poprzez transakcje między poszczególnymi podmiotami (dotyczy więc dyfuzji innowacji ucieleśnionych), konstrukcja wag (v_{ij}) opiera się na wartościach tych transakcji. Transakcje te mogą dotyczyć zarówno dóbr inwestycyjnych, jak i dóbr pośrednich oraz patentów. W przypadku badań nad międzysektorową dyfuzją innowacji powstających w obrębie danej gospodarki niezbędne są informacje o wielkości przepływów dóbr inwestycyjnych między dostawcami i odbiorcami (Terleckyj, 1974; Sveikauskas, 1981; Sterlacchini, 1989) oraz przepływów surowców i materiałów (Brown, Conrad, 1967; Wolff, Nadiri, 1993; Wolff, 1997; Dietzenbacher, 2000). W przypadku transferu innowacji między krajami kluczową rolę odgrywa wielkość importu między poszczególnymi gospodarkami (w tym przede wszystkim importu inwestycyjnego, Coe, Helpman, 1995), wielkość bezpośrednich inwestycji zagranicznych (Lichtenberg, Van Pottelsberghe de la Potterie, 1996) oraz międzynarodowe przepływy patentów (Jaffe, Trajtenberg, 1999). W przypadku dyfuzji ogólnodostępnej wiedzy (dyfuzja innowacji nieucieleśnionych) wielkość tego transferu zależy od bliskości powiązań technologicznych między dostawcami a odbiorcami. Wspomniana bliskość technologiczna może wynikać chociażby z prowadzenia

podobnej działalności innowacyjnej (Goto, Suzuki, 1989; Jaffe, 1986; Verspagen, 1997).

W niniejszym opracowaniu podjęto próbę określenia wielkości korzyści wynikających z międzygałęziowej dyfuzji innowacji poprzez bezpośrednie przepływy surowców i materiałów. Uwzględnienie przepływów dóbr inwestycyjnych jako nośnika innowacji ucieleśnionych w produktach wytworzonych w poszczególnych gałęziach polskiej gospodarki nie było możliwe ze względu na brak danych w postaci tablic przepływów dóbr inwestycyjnych. W analizie wykorzystano metody analizy *input-output*. W najprostszym przypadku przyjęto założenie, że innowacje „produkowane” w danej gałęzi są przenoszone do innych gałęzi proporcjonalnie do wielkości bezpośrednich przepływów surowców i materiałów między gałęziami, opisanych za pomocą współczynników bezpośrednich nakładów (współczynników *input-output*). Współczynniki bezpośrednich nakładów, oznaczane zwykle przez a_{ij} , określają wartość nakładów surowców i materiałów pochodzących z i -tej gałęzi, niezbędnych do wytworzenia jednostki wartości produkcji globalnej j -tej gałęzi (Tomaszewicz, 1994). Ograniczenie analiz do czterech sektorów przemysłowych zagregowanych według poziomu zaawansowania technologicznego wymagało również odpowiedniej agregacji tablicy *input-output*. Współczynniki bezpośrednich nakładów otrzymane na podstawie zagregowanej tablicy potraktowane zostały jako wagi do określenia wielkości korzyści dla danego sektora, wynikających z międzygałęziowych procesów dyfuzji.

Nie pominięto także znaczenia dyfuzji innowacji z zagranicy. Przyjęto założenie, że głównym ich „nośnikiem” jest import produktów do danej gałęzi oraz bezpośrednie inwestycje zagraniczne. Na podstawie informacji dotyczących struktury importu według rodzajów produktów (sklasyfikowanych z punktu widzenia stopnia ich zaawansowania technologicznego) do wyróżnionych branż przemysłu z wybranych krajów OECD⁶ oszacowano wagi niezbędne do określenia wielkości korzyści wynikających z transferu innowacji z zagranicy. Alternatywą dla importu są bezpośrednie inwestycje zagraniczne, jakie napłynęły w badanym okresie do wyróżnionych sektorów przemysłu.

Oszacowanie wielkości produkcji potencjalnej w każdym z analizowanych sektorów przemysłu wymagało także objaśnienia podaży pierwotnych czynników produkcji. W przypadku obu wymienionych czynników produkcji zastosowano podobne podejście, jak w przypadku modelu całej gospodarki oraz submodelu sektora nauki i edukacji. W przypadku środków trwałych (traktowanych ogółem) ich stan na koniec roku wyznaczany jest z następującej tożsamości (por. pkt 3, s. 61 w niniejszym zeszycie):

⁶ Dane te zawarte są w bazie danych OECD – Bilateral Trade Database (BTM) – i dotyczą wielkości importu produktów poszczególnych gałęzi przemysłu danego kraju do poszczególnych gałęzi przemysłu w Polsce.

$$KKM_{it} = KKM_{it-1} + DKKM_{it} - \delta_i KKM_{it} \quad (25)$$

gdzie:

$DKKM_{it}$ – przyrost środków trwałych w sektorze i -tym w okresie t ;

δ_i – stopa likwidacji środków trwałych w sektorze i -tym.

Podobnie jak czyni się to wcześniej oszacowanie zasobów środków trwałych w każdym z sektorów wymaga określenia wielkości ich przyrostu oraz wielkości stopy likwidacji w każdym z sektorów. W przypadku stopy w każdym z wyróżnionych sektorów, w zależności od przeciętnej liczby lat użytkowania środków trwałych. Można przyjąć założenie, że liczba lat użytkowania środków trwałych jest dłuższa w przypadku sektorów o niższym poziomie zaawansowania technologicznego.

Przyrost środków trwałych w każdym z sektorów w danym okresie jest funkcją stanu przyrostu środków trwałych z okresu poprzedniego oraz inwestycji, co można zapisać:

$$DKKM_{it} = \alpha_{i0} + \alpha_{i1} DKKM_{it-1}^{(+)} + \alpha_{i2} J_{it}^{(+)} + \varepsilon_i \quad (26)$$

gdzie:

J_{it} – wielkość inwestycji poniesionych w i -tym sektorze w okresie t .

Inwestycje w każdym z sektorów objaśniane są wielkością inwestycji podejmowanych w tych sektorach w okresie poprzednim oraz „skłonnością” danego sektora do podejmowania inwestycji. Owa „skłonność” określona może być chociażby poprzez wielkość produkcji sprzedanej w okresie bieżącym. Takie podejście zapewnia zachowanie tzw. sprzężenia zwrotnego między inwestycjami w poszczególnych sektorach a ich aktywnością gospodarczą. Wobec powyższego równanie inwestycji dla poszczególnych sektorów przyjmuje postać:

$$J_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 J_{it-1}^{(+)} + \alpha_2 XPS_{it}^{(+)} + \varepsilon_{it} \quad (27a)$$

lub w formie potęgowej:

$$\ln J_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln J_{it-1}^{(+)} + \alpha_2 \ln XPS_{it}^{(+)} + \varepsilon_{it} \quad (27b)$$

gdzie:

XPS_{it} – produkcja sprzedana w i -tym sektorze w okresie t .

Określenie zapotrzebowania na siłę roboczą wyznaczone jest najczęściej z funkcji produkcji (Welfe, Welfe, 2004). Jeśli ma ona postać dwuczynnikowej funkcji Cobba–Douglasa ze stałymi efektami skali, to po odpowiednich

przekształceniach otrzymujemy funkcję zatrudnienia, w której rozmiary zatrudnienia zależą od wielkości produkcji (z elastycznością równą 1), kapitałochłonności produkcji i łącznej produktywności czynników produkcji, czyli:

$$\ln N_{it} = \alpha_0 + \ln^{(+)} VX_{it} + \alpha_2 \ln \left(\frac{K_{it}^{(-)}}{VX_{it}} \right) + \alpha_3 \ln^{(-)} A_{it} + \varepsilon_{it} \quad (28)$$

Przyjmując podobne założenie jak w przypadku modelu W8, że zmiany kapitałochłonności mogą być wyrażone zmianami łącznej produktywności czynników produkcji, możemy ograniczyć się do dwóch zmiennych objaśniających. Wówczas zależność (28) przyjmie postać:

$$\ln N_{it} = \alpha_0 + \ln^{(+)} VX_{it} + \alpha_3 \ln^{(-)} A_{it} + \varepsilon_{it} \quad (29)$$

Konstrukcja pełnego submodelu przemysłu według poziomów zaawansowania technologicznego z możliwością włączenia go do modelu symulacyjnego W8D-2007 wymaga jednak uzupełnienia go zbiorem pewnych tożsamości. Tożsamości te związane są głównie z podażową stroną modelu i dotyczą wielkości produkcji w gospodarce (mierzonej wartością dodaną), czyli:

$$VX_t = VX_{it} + VXP_t \quad \text{dla } i \in \{1, 2, 3, 4\} \quad (30)$$

gdzie:

VX_t – wartość dodana w gospodarce w okresie t ;

VX_{it} – wartość dodana w i -tym sektorze przemysłu w okresie t ;

VXP_t – wartość dodana w pozostałych sektorach gospodarki, poza sektorem przemysłowym.

Podobne tożsamości można zapisać w odniesieniu do nakładów inwestycyjnych ogółem i zapotrzebowania na siłę roboczą. Dla nakładów inwestycyjnych tożsamość ta ma postać:

$$J_t = J_{it} + JP_t \quad \text{dla } i \in \{1, 2, 3, 4\} \quad (31)$$

gdzie:

J_t – nakłady inwestycyjne w gospodarce w okresie t ;

J_{it} – nakłady inwestycyjne w i -tym sektorze przemysłu w okresie t ;

JP_t – nakłady inwestycyjne w pozostałych sektorach gospodarki, poza sektorem przemysłowym.

Dla liczby pracujących:

$$N_t = N_{it} + NP_t \quad \text{dla } i \in \{1, 2, 3, 4\} \quad (32)$$

gdzie:

N_t – liczba pracujących ogółem w gospodarce w okresie t ;

N_{it} – liczba pracujących w i -tym sektorze przemysłu w okresie t ;

NP_t – pracujący w pozostałych sektorach gospodarki, poza sektorem przemysłowym.

3. EMPIRYCZNY MODEL PRZEMYSŁU W UKŁADZIE WEDŁUG POZIOMU TECHNOLOGII (Iwona Świeczewska)

Podstawowym źródłem danych statystycznych wykorzystanych w proponowanym submodelu były publikacje Głównego Urzędu Statystycznego, z których zaczerpnięto informacje dotyczące analizowanych kategorii na poziomie działów przemysłu przetwórczego. Dane te, obejmujące lata 1992–2006, zostały przeliczone na ceny stałe z 2000 r., a następnie zagregowane do poziomu proponowanych sektorów. W badaniu wykorzystano także dane Narodowego Banku Polskiego, dotyczące wielkości napływu bezpośrednich inwestycji zagranicznych do Polski, oraz dane OECD, dotyczące intensywności nakładów na B+R (mierzonej relacją nakładów na B+R do wartości dodanej) w sektorach o różnym poziomie zaawansowania technologicznego w wybranych krajach⁷. Z baz danych OECD pochodziła także informacja o wielkości polskiego importu produktów rozważanych sektorów z sześciu uwzględnionych w badaniu krajów.

Agregację poszczególnych działów przemysłu przetwórczego w sektory o różnym poziomie zaawansowania technologicznego przeprowadzono w oparciu o opracowaną przez Eurostat i OECD klasyfikację rodzajów działalności według poziomu intensywności nakładów na B+R. Szczegółowe informacje dotyczące zaliczania poszczególnych działów przemysłu przetwórczego do sektorów o różnym poziomie zaawansowania technologicznego podaje tab. 2.

Tablica 2

Klasyfikacja działów przemysłu przetwórczego według poziomów techniki

Sektor technologiczny	Dział przemysłu przetwórczego zaliczony do danego sektora technologicznego
Wysoka technika (<i>high technology</i>)	– produkcja maszyn biurowych i komputerów; – produkcja sprzętu i urządzeń radiowych, telewizyjnych i telekomunikacyjnych; – produkcja instrumentów medycznych, precyzyjnych i optycznych, zegarów i zegarków

⁷ Wzięto pod uwagę takie kraje, jak Francja, Holandia, Niemcy, Włochy, Wielka Brytania i Stany Zjednoczone. Kraje te są największymi importerami i inwestorami zagranicznymi Polski.

Tablica 2 (cd.)

Sektor technologiczny	Działy przemysłu przetwórczego zaliczony do danego sektora technologicznego
Średniowysoka technika (<i>medium-high technology</i>)	<ul style="list-style-type: none"> – produkcja wyrobów chemicznych; – produkcja maszyn i urządzeń nigdzie indziej niesklasyfikowana; – produkcja maszyn i aparatury elektrycznej nigdzie indziej niesklasyfikowana; – produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep; – produkcja pozostałego sprzętu transportowego
Średnioniska technika (<i>medium-low technology</i>)	<ul style="list-style-type: none"> – wytwarzanie koksu, produktów rafinacji ropy naftowej i paliw jądrowych; – produkcja wyrobów gumowych i z tworzyw sztucznych; – produkcja wyrobów z pozostałych surowców niemetalicznych; – produkcja metali; – produkcja metalowych wyrobów gotowych z wyłączeniem maszyn i urządzeń
Niska technika (<i>low technology</i>)	<ul style="list-style-type: none"> – produkcja artykułów spożywczych i napojów; – produkcja wyrobów tytoniowych; – włókiennictwo; – produkcja odzieży i wyrobów futrzarskich; – produkcja skór wyprawionych i wyrobów ze skór wyprawionych; – produkcja drewna i wyrobów z drewna (z wyłączeniem mebli) – nazwa skrócona; – produkcja masy włóknistej, papieru oraz wyrobów z papieru; – działalność wydawnicza, poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji; – produkcja mebli; działalność produkcyjna nigdzie indziej niesklasyfikowana; – przetwarzanie odpadów

Źródło: *Nauka i technika w 2006 roku*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2007, s. 227.

Kluczowym elementem proponowanego submodelu jest funkcja produkcji. Przyjmując, że ma ona postać funkcji typu Cobba–Douglasa ze stałymi efektami skali, można ją przekształcić do funkcji wydajności pracy postaci:

$$\left(\frac{VX_{it}}{N_{it}}\right) = BA_t \left(\frac{K_{it}}{N_{it}}\right)^{\alpha_1} e^{\varepsilon_{it}} \quad (33)$$

Oszacowanie parametrów powyższej funkcji (przede wszystkim elastyczności wydajności pracy względem technicznego uzbrojenia pracy) pozwoli w dalszym kroku na wyznaczenie poziomu i dynamiki łącznej produktywności czynników produkcji. Wyniki estymacji modelu (33) dla poszczególnych sektorów technologicznych są następujące:

a) dla sektora wysokich technologii:

$$\ln\left(\frac{\hat{VX}_{1t}}{N_{1t}}\right) = 0,855 + 0,784 \ln\left(\frac{\hat{K}_{1t}}{N_{1t}}\right) - 1,083U9293_{1t} - 0,589U9495_{1t} + 0,688U0506_{1t} \quad (34a)$$

(0,690) (2,586) (6,129) (3,318) (4,639)

$$\bar{R}^2 = 0,922; \quad DW = 2,60$$

b) dla sektora średniowysokich technologii:

$$\ln\left(\frac{\hat{VX}_{2t}}{N_{2t}}\right) = 1,480 + 0,339 \ln\left(\frac{\hat{K}_{2t}}{N_{2t}}\right) + 0,088t - 0,109U02_{2t} + 0,070U03_{2t} \quad (34b)$$

(3,011) (2,915) (12,28) (3,677) (2,454)

$$\bar{R}^2 = 0,997; \quad DW = 2,85$$

c) dla sektora średnioniskich technologii:

$$\ln\left(\frac{\hat{VX}_{3t}}{N_{3t}}\right) = 0,117 + 0,861 \ln\left(\frac{\hat{K}_{3t}}{N_{3t}}\right) - 0,402U9293_{3t} - 0,321U9901_{3t} \quad (34c)$$

(0,249) (8,759) (5,691) (5,827)

$$\bar{R}^2 = 0,931; \quad DW = 1,70$$

d) dla sektora niskich technologii:

$$\ln\left(\frac{\hat{VX}_{3t}}{N_{3t}}\right) = -0,033 + 0,911 \ln\left(\frac{\hat{K}_{3t}}{N_{3t}}\right) - 0,181U9295_{3t} - 0,126U0103_{3t} \quad (34d)$$

(0,129) (14,440) (4,368) (3,279)

$$\bar{R}^2 = 0,974; \quad DW = 1,65$$

gdzie:

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

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

DW – wartość statystyki Durбина–Watsona.

Otrzymane wyniki wskazują, iż wydajność pracy w większym stopniu zależy od technicznego uzbrojenia pracy w sektorach o niższym poziomie zaawansowania technologicznego. Wyjątkiem jest jedynie sektor wysokich technologii, w którym jednoprocenowy wzrost technicznego uzbrojenia pracy spowoduje wzrost wydajności pracy o 0,784%. Efekt ten jest wyraźnie wyższy w porównaniu z sektorem średniowysokich technologii. W sektorze niskich technologii wydajność pracy zależy w głównej mierze od technicznego uzbrojenia pracy.

Uzyskane w powyższych równaniach elastyczności wydajności pracy względem technicznego uzbrojenia pracy zostały wykorzystane do wyznaczenia poziomu i dynamiki łącznej produktywności czynników produkcji. Wyznaczając z funkcji produkcji Cobba–Douglasa ze stałymi efektami skali poziom TFP , otrzymujemy:

$$A_{it} = \frac{VX_{it}}{K_{it}^{\alpha} N_{it}^{(1-\alpha)}} \quad (35)$$

Oszacowane na tej podstawie stopy wzrostu TFP dla rozważanych sektorów przemysłu przetwórczego w całym analizowanym okresie (1992–2006) oraz w podokresach 1992–1995, 1996–1999, 2000–2003 i 2004–2006 przedstawione są w tab. 3.

Tablica 3

Stopy wzrostu TFP w poszczególnych sektorach przemysłu przetwórczego w latach 1992–2006 i w podokresach

Sektory technologiczne	1992–2006	1992–1995	1996–1999	2000–2003	2004–2006
	%				
Wysoka technika	18,5	33,5	18,7	–2,6	35,9
Średniowysoka technika	6,8	9,2	3,9	5,4	10,3
Średnioniska technika	4,1	16,6	–7,5	5,5	6,9
Niska technika	2,3	4,9	3,9	–4,1	6,4

Źródło: obliczenia własne.

Jak wynika z powyższych danych, stopy wzrostu łącznej produktywności czynników produkcji były zróżnicowane zarówno między sektorami, jak i w poszczególnych podokresach. Stopa wzrostu TFP w całym badanym okresie jest tym wyższa, im wyższy jest poziom zaawansowania technologicznego sektora. W przypadku sektora wysokich technologii tak wysoka stopa wzrostu TFP w całym badanym okresie wynika z dynamicznego wzrostu produkcji tego sektora w tym okresie (ponad 17% rocznie) przy jednoczesnym spadku liczby pracujących w tym sektorze (ok. 2% rocznie). Szczególnie wysokie tempo wzrostu TFP w sektorze wysokich technologii zaobserwowano w pierwszej połowie lat 90. oraz w latach 2004–2006. Można to tłumaczyć wzrostem popytu konsumpcyjnego i inwestycyjnego na ten rodzaj dóbr (zwłaszcza w latach 90.). Ujemna stopa wzrostu w latach 2000–2003 wynika ze spadku produkcji tego sektora (o ponad 4% rocznie) na skutek słabej koniunktury gospodarczej i ograniczenia popytu wewnętrznego na produkty tego sektora.

W przypadku sektora średniowysokich technologii stopa wzrostu *TFP* jest ok. 3-krotnie niższa niż w sektorze wysokich technologii i znacznie stabilniejsza. Średnioroczna stopa wzrostu *TFP* w tym sektorze jest efektem wysokiej dynamiki *TFP* w pierwszej połowie lat 90. oraz w latach 2004–2006. W przypadku pierwszego z wymienionych podokresów tak dynamiczny rozwój tego sektora może być związany z napływem bezpośrednich inwestycji zagranicznych (BIZ) w tym okresie (głównie do branży samochodowej i przemysłu chemicznego). W ostatnim podokresie tak znaczny wzrost *TFP* wynika ze wzrostu produkcji tego sektora, który może mieć związek z ożywieniem koniunktury gospodarczej w kraju i otwarciem nowych rynków zbytu w efekcie integracji Polski z Unią Europejską.

W sektorze średnioniskich technologii średnioroczne tempo wzrostu *TFP* na poziomie nieco ponad 4% wynikało, podobnie jak w dwóch pozostałych sektorach, z wysokiej dynamiki *TFP* w pierwszej połowie lat 90. i w ostatnim badanym podokresie. Wysoki wzrost *TFP* obserwowany w tym sektorze, w początkowych latach badanego okresu nie został utrzymany w drugiej połowie lat 90., pomimo znaczącego napływu inwestycji zagranicznych (głównie do przemysłu mineralnego, gumowego i tworzyw sztucznych). Efekty wzmożonej działalności inwestycyjnej obserwowane w gałęziach zaliczanych do średnioniskich technologii można zaobserwować dopiero od 2000 r., co poskutkowało wyraźnym wzrostem efektywności tych gałęzi. Nie bez znaczenia dla ich rozwoju mogła być także sprzyjająca koniunktura w budownictwie.

W przypadku sektorów niskich technologii średnia roczna stopa wzrostu *TFP* w całym badanym okresie sięga nieco ponad 2%, przy czym jej wahania w poszczególnych podokresach związane są w znacznym stopniu z koniunkturą obserwowaną w gospodarce. Wysokie stopy wzrostu *TFP* w tym sektorze w latach 90. mogą być związane z rosnącym popytem na produkty gałęzi reprezentujących niskie technologie (głównie przemysł spożywczy, włókienniczy i odzieżowy), co zaowocowało wysokim wzrostem produkcji tego sektora przy relatywnie niewielkim wzroście zasobów pracy i kapitału, zwłaszcza w pierwszej połowie lat 90. Druga połowa tych lat to okres znacznego napływu BIZ, szczególnie w branży spożywczej. Podobnie wysoką efektywność w sektorze niskich technologii zaobserwowano w latach 2004–2006. Mogła być ona związana z procesem włączenia Polski do struktur Unii Europejskiej i ułatwieniem dostępu do nowych rynków zbytu, co w efekcie pozytywnie wpłynęło na konkurencyjność tej branży.

W proponowanym modelu podjęto również próbę wyjaśnienia zmian łącznej produktywności czynników produkcji na gruncie endogenicznej teorii wzrostu. Zdecydowano się na zastosowanie modelu (23), w którym stopa wzrostu *TFP* zależy od intensywności nakładów na działalność B+R w poszczególnych sektorach (mierzoną udziałem nakładów na B+R w wartości dodanej

wytworzonej w tym sektorze). W celu uwzględnienia korzyści wynikających z dyfuzji innowacji krajowych i zagranicznych, dla każdego z sektorów podjęto próbę określenia potencjalnej wielkości nakładów na B+R wynikających z procesów dyfuzji. W przypadku dyfuzji innowacji krajowych przyjęto założenie, że głównym ich nośnikiem są przepływy surowców i materiałów między poszczególnymi gałęziami⁸. W analizie wykorzystano metody analizy *input-output*. Przyjęto założenie, że innowacje „produkowane” w danej gałęzi przenoszone są do innych gałęzi proporcjonalnie do wielkości bezpośrednich przepływów surowców i materiałów między gałęziami, opisanych za pomocą współczynników bezpośrednich nakładów (współczynników *input-output*)⁹. Wyznaczenie współczynników bezpośrednich nakładów wymagało agregacji dostępnych tablic *input-output* (dla lat 1995 i 2000) do poziomu prowadzonych analiz. Oszacowane współczynniki uwzględnione zostały jako wagi do określenia wielkości korzyści dla danej gałęzi, wynikających z międzygałęziowych procesów dyfuzji.

W odniesieniu do transferu innowacji z zagranicy przyjęto założenie, że głównym ich „nośnikiem” jest import produktów do danej gałęzi oraz bezpośrednie inwestycje zagraniczne. Na podstawie informacji dotyczących struktury importu produktów o różnym stopniu zaawansowania technologicznego do wyodrębnionych w badaniu sektorów przemysłu przetwórczego z wybranych krajów OECD¹⁰ oszacowano wagi niezbędne do określenia wielkości korzyści wynikających z transferu innowacji z zagranicy. Jako alternatywę dla intensywności nakładów na B+R pochodzących z zagranicy przyjęto intensywność bezpośrednich inwestycji zagranicznych w wyróżnionych sektorach¹¹. Wobec powyższego model (6.23) można przedstawić w postaci:

$$\hat{A}_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \frac{BIR_{it-s}}{VX_{it-s}} + \alpha_2 \left(\frac{BIR_{it-s}}{VX_{it-s}} \right)^{dyf_kraj} + \alpha_3 \left(\frac{BIR_{it-s}}{VX_{it-s}} \right)^{dyf_zagr} + \alpha_4 \left(\frac{BIZ_{it-s}}{VX_{it-s}} \right) + \varepsilon_{it} \quad (36)$$

⁸ Uwzględnienie przepływów dóbr inwestycyjnych jako nośnika innowacji ucieleśnionych w produktach wytworzonych w poszczególnych gałęziach polskiej gospodarki nie było możliwe ze względu na brak danych w postaci tablic przepływów dóbr inwestycyjnych.

⁹ Wykorzystanie współczynników bezpośrednich nakładów w charakterze wag wynikało także ze wcześniejszych badań autorki nad procesami dyfuzji innowacji krajowych (Świeczewska, Tomaszewicz, 2008).

¹⁰ Dane te zawarte są w bazie danych OECD – Bilateral Trade Database (BTM) – i dotyczą wielkości importu produktów poszczególnych sektorów o różnym poziomie zaawansowania technologicznego danego kraju do poszczególnych analizowanych sektorów przemysłu przetwórczego polskiej gospodarki.

¹¹ Dane o wielkości napływu BIZ do poszczególnych gałęzi polskiej gospodarki pochodzą z raportów Narodowego Banku Polskiego.

gdzie:

$\frac{BIR_{it-s}}{VX_{it-s}}$ – intensywność nakładów na B+R poniesionych w i -tym sektorze,

mierzona relacją wielkości tych nakładów w relacji do wielkości produkcji (w proponowanym ujęciu w relacji do wartości dodanej);

$\left(\frac{BIR_{it-s}}{VX_{it-s}}\right)^{dyf_kraj}$ – wielkość korzyści dla i -tego sektora wynikających

z dyfuzji innowacji krajowych;

$\left(\frac{BIR_{it-s}}{VX_{it-s}}\right)^{dyf_zagr}$ – wielkość korzyści dla i -tego sektora wynikających

z dyfuzji innowacji z zagranicy;

$\left(\frac{BIZ_{it-s}}{VX_{it-s}}\right)$ – intensywność bezpośrednich inwestycji zagranicznych w i -tym

sektorze;

s – opóźnienie czasowe.

Objaśnienie stóp wzrostu TFP dla poszczególnych sektorów przemysłu przetwórczego w polskiej gospodarce jest następujące¹²:

a) dla sektora wysokich technologii:

$$\dot{A}_i = -1,054 + 0,510 \left(\frac{BIR}{VX}\right)_{t-3}^{dyf_zagr} - 0,264U0001 - 0,443U0204 \quad (37a)$$

(2,841) (3,771) (3,904) (6,646)

$$\bar{R}^2 = 0,87 \quad DW = 2,53$$

b) dla sektora średniowysokich technologii:

$$\dot{A}_i = -0,348 + 0,228 \left(\frac{BIR}{VX}\right)_{t-3}^{dyf_zagr} - 0,157U96 - 0,148U0102 - 0,138U05 \quad (37b)$$

(1,478) (1,99) (3,904) (6,646) (2,719)

$$\bar{R}^2 = 0,87 \quad DW = 2,53$$

lub alternatywnie:

$$\dot{A}_i = 0,130 + 0,335 \left(\frac{BIZ}{VX}\right)_{t-3} - 0,149U96 - 0,195U0102 - 0,185U05 \quad (37c)$$

(12,43) (2,436) (7,751) (13,04) (9,096)

$$\bar{R}^2 = 0,95 \quad DW = 2,59$$

¹² Podano tylko te warianty równań, które według autorki artykułu okazały się najlepsze.

c) dla sektora średnioniskich technologii:

$$\dot{A}_t = -0,184 + 0,262 \left(\frac{BIZ}{VX} \right)_{t-3} + 0,381 \left(\frac{BIR}{VX} \right)_{t-1} - 0,463U99 - 0,147U00$$

(2,155) (3,066) (2,709) (7,343) (2,400) (37d)

$$\bar{R}^2 = 0,90 \quad DW = 2,21$$

d) dla sektora niskich technologii:

$$\dot{A}_t = 0,057 + 0,203 \left(\frac{BIZ}{VX} \right)_{t-3} + 0,049U96 + 0,074U03 + 0,104U05$$

(6,495) (7,148) (2,791) (3,940) (6,239) (37e)

$$\bar{R}^2 = 0,96 \quad DW = 1,75$$

Z powyższych równań wynikają następujące wnioski:

– w przypadku sektorów wysokich i średniowysokich technologii efektywność tych sektorów mierzona zmianami łącznej produktywności czynników produkcji wynika z intensywności nakładów na działalność B+R poniesionych za granicą i transferowanych do polskiej gospodarki poprzez import produktów tych sektorów. Efekt ten obserwowany jest z 3-letnim opóźnieniem;

– w sektorze średniowysokich technologii istotne okazały się także bezpośrednie inwestycje zagraniczne, przy czym, podobnie jak w przypadku zagranicznych nakładów na B+R, efekty te są widoczne po upływie trzech lat. Warto także dodać, iż zmienne określające intensywność zagranicznych nakładów na B+R oraz intensywność napływu kapitału z zagranicy są ze sobą dodatnio skorelowane, co może oznaczać, że wraz z napływem kapitału z zagranicy do gałęzi reprezentujących średniowysokie technologie zwiększa się także importochłonność tych gałęzi;

– w gałęziach reprezentujących sektor średnioniskich technologii zmiany *TFP* determinowane są działalnością krajowej sfery B+R oraz napływem kapitału z zagranicy w formie BIZ. W przypadku krajowej sfery badawczo-rozwojowej efekt widoczny jest już po upływie jednego roku, zaś w przypadku inwestycji zagranicznych po upływie trzech lat;

– w sektorze niskich technologii wzrost efektywności tego sektora zależy przede wszystkim od intensywności napływu kapitału z zagranicy, przy czym, podobnie jak w pozostałych sektorach, efekt ten jest widoczny z 3-letnim opóźnieniem;

– w żadnym z analizowanych sektorów nie były istotne efekty związane z międzygałęziową dyfuzją innowacji poprzez przepływy surowców i materiałów.

Określenie potencjału produkcyjnego poszczególnych sektorów wymaga także określenia wielkości podaży czynników produkcji, a mianowicie pracy i kapitału. W przypadku środków trwałych (ogółem) ich stan na koniec roku

opisany jest tożsamością (25), przy czym w każdym z analizowanych sektorów przyjęto inną stopę likwidacji. Zakładając, że czas eksploatacji środków trwałych jest odwrotnie proporcjonalny do stopnia zaawansowania technologicznego poszczególnych sektorów, przyjęto następujące poziomy stóp likwidacji majątku trwałego: 0,125 – w sektorze wysokich technologii; 0,083 – w sektorze średnio-wysokich technologii; 0,063 – w sektorze średnioniskich technologii oraz 0,05 – w sektorze niskich technologii. Oznacza to, że średni czas użytkowania środków trwałych w poszczególnych sektorach wynosi odpowiednio: 8, 12, 16 i 20 lat. Wobec tego tożsamości określające zasób środków trwałych na koniec każdego okresu są następujące:

a) dla sektora wysokich technologii:

$$KKM_{1t} = 0,875KKM_{1t-1} + DKKM_{1t} \quad (38a)$$

b) dla sektora średniowysokich technologii:

$$KKM_{2t} = 0,917KKM_{2t-1} + DKKM_{2t} \quad (38b)$$

c) dla sektora średnioniskich technologii:

$$KKM_{3t} = 0,937KKM_{3t-1} + DKKM_{3t} \quad (38c)$$

d) dla sektora niskich technologii:

$$KKM_{4t} = 0,95KKM_{4t-1} + DKKM_{4t} \quad (38d)$$

Przyrost środków trwałych $DKKM_{it}$ w każdym z sektorów zależy od wielkości tego przyrostu w okresie poprzednim oraz od wielkości nakładów inwestycyjnych na środki trwałe. Równania opisujące przyrost środków trwałych dla poszczególnych sektorów są następujące:

a) dla sektora wysokich technologii:

$$DKKM_{1t} = -78,268 + 0,878DKKM_{1t-1} + 0,127J_{1t} + 267,51U98 + 160,23U01 - 462,40U05 \quad (39a)$$

(2,00) (12,73) (2,83) (4,89) (3,00) (8,52)

$$\bar{R}^2 = 0,95 \quad DW = 2,09$$

b) dla sektora średniowysokich technologii:

$$DKKM_{2t} = 1927,49 + 0,901DKKM_{2t-1} + 0,16J_{2t} - 2295,2U95 + 1799,69U9697 - 3854,11U98$$

(2,35) (5,81) (2,17) (4,25) (5,39) (7,55)

$$\bar{R}^2 = 0,92 \quad DW = 2,50$$

(39b)

c) dla sektora średnioniskich technologii:

$$DKKM_{3t} = -4861,44 + 0,249DKKM_{3t-1} + 0,908J_{3t} + 3176,72U9697 - 2285,68U98$$

(4,12) (2,77) (5,57) (4,26) (2,05)

$$\bar{R}^2 = 0,86 \quad DW = 1,79$$

(39c)

d) dla sektora niskich technologii:

$$DKKM_{4t} = 2747,25 + 0,189DKKM_{4t-1} + 0,09J_{4t} + 1604,04U_{95} - 3226,14U_{9697} \quad (39d)$$

(4,59) (3,59) (2,57) (5,15) (15,14)

$$\overline{R^2} = 0,96 \quad DW = 2,25$$

Dodatkowo nakłady inwestycyjne poniesione w okresie bieżącym w każdym z sektorów zależą od inwestycji opóźnionych i od wielkości produkcji sprzedanej każdego z sektorów (por. 27a, b). Przyjęcie takiego założenia powoduje nawiązanie w proponowanym submodelu do popytowej strony gospodarki. Równania inwestycji w poszczególnych podsektorach są następujące:

a) dla sektora wysokich technologii:

$$J_{1t} = 119,30 + 0,04XPS_{1t} - 326,91U_{01} - 605,67U_{0405} \quad (40a)$$

(1,63) (9,23) (2,47) (5,55)

$$\overline{R^2} = 0,86 \quad DW = 2,66$$

b) dla sektora średniowysokich technologii:

$$J_{2t} = 871,96 + 0,657J_{2t-1} + 0,012XPS_{2t} + 2141,2U_{9798} \quad (40b)$$

(2,17) (7,77) (2,70) (5,80)

$$\overline{R^2} = 0,95 \quad DW = 1,42$$

c) dla sektora średnioniskich technologii:

$$\ln J_{3t} = 1,495 + 0,845 \ln J_{3t-1} - 0,297U_{0102} \quad (40c)$$

(1,57) (7,79) (2,85)

$$\overline{R^2} = 0,824 \quad DW = 2,16$$

d) dla sektora niskich technologii:

$$J_{4t} = 1500,16 + 0,46J_{4t-1} + 0,02XPS_{4t} + 1637,4U_{9798} - 1976,87U_{02} \quad (40d)$$

(1,72) (3,42) (2,88) (3,06) (2,94)

$$\overline{R^2} = 0,89 \quad DW = 1,98$$

W sektorze wysokich technologii inwestycje w danym roku determinowane są głównie wielkością sprzedaży produktów tego sektora. Nieistotne okazały się nakłady inwestycyjne poniesione w roku poprzednim. Może to oznaczać, że podaż tego sektora wynika głównie z zapotrzebowania na ten rodzaj dóbr. W pozostałych sektorach istotne okazały się nakłady inwestycyjne poniesione w roku poprzednim oraz wielkość sprzedaży (za wyjątkiem sektora średnioniskich technologii).

Modelując podaż na siłę roboczą, przyjęto założenie, iż zależy ona od wielkości produkcji i poziomu technologii w poszczególnych sektorach, wyrażonego

przez łączną produktywność czynników produkcji. Wobec powyższego, równania określające zapotrzebowanie na siłę roboczą w poszczególnych sektorach są następujące:

a) dla sektora wysokich technologii:

$$\ln N_{1t} = -3,238 + 1,374 \ln VX_{1t} - 1,421 \ln A_{1t} + 0,061U9598 - 0,063U0304 \quad (41a)$$

(3,61) (9,09) (10,03) (4,34) (3,33)

$$\bar{R}^2 = 0,96 \quad DW = 1,61$$

b) dla sektora średniowysokich technologii:

$$\ln N_{2t} = -2,949 + 0,35 \ln VX_{2t} - 0,827 \ln A_{2t} + 0,07U9598 - 0,153U0104 \quad (41b)$$

(0,81) (1,85) (2,76) (2,59) (5,11)

$$\bar{R}^2 = 0,92 \quad DW = 2,18$$

c) dla sektora średnioniskich technologii:

$$\ln N_{3t} = 8,01 + 0,14 \ln VX_{3t} - 0,28 \ln A_{3t} - 0,12U0104 \quad (41c)$$

(12,35) (2,34) (3,02) (5,31)

$$\bar{R}^2 = 0,81 \quad DW = 1,84$$

d) dla sektora niskich technologii:

$$\ln N_{4t} = 13,96 + 0,61 \ln VX_{4t} - 1,21 \ln A_{4t} - 0,087U93 - 0,054U0001 \quad (41d)$$

(24,96) (11,96) (9,28) (2,45) (2,25)

$$\bar{R}^2 = 0,91 \quad DW = 1,86$$

W każdym z analizowanych sektorów zapotrzebowanie na siłę roboczą w większym stopniu zależy od poziomu technologii niż wielkość produkcji, przy czym efekt ten jest największy w przypadku sektorów wysokich i niskich technologii. Najslabiej efekty zmian produkcji i poziomu technologicznego wpływają na zmiany zatrudnienia w sektorze średnioniskich technologii. Może to być spowodowane specyfiką tego sektora i związaną z nią znaczną ingerencją państwa w jego funkcjonowanie.

4. RELACJE EKONOMICZNO-EKOLOGICZNE (Waldemar Florczak)

4.1. Wprowadzenie

Przez ostatnie kilkadziesiąt lat zagadnienia związane z ekologicznymi aspektami gospodarowania torowały sobie drogę do panteonu nauk ekonomicznych, zaś od lat kilkunastu zajmują w nim stałe miejsce. Zainicjowany *Raportem rzymskim* proces uświadamiania rozmiarów potencjalnego zagrożenia w skali

globalnej zaowocował licznymi międzynarodowymi inicjatywami, zmierzającymi w kierunku ograniczenia, a nawet odwrócenia niekorzystnych tendencji w degradacji środowiska naturalnego. Immanentną cechą znacznej części procesów ekologicznych jest bowiem ich ponadnarodowy charakter, sprawiający, iż nie powinny być one traktowane jako tylko wewnętrzne problemy indywidualnych krajów.

Rozwój teoretycznych podstaw gospodarowania środowiskiem naturalnym zaowocował koncepcją wzrostu zrównoważonego (ang. *sustainable growth*), w myśl której dalszy rozwój gospodarczy obecnego pokolenia nie powinien odbywać się kosztem ograniczania praw do zaspokajania potrzeb rozwojowych przyszłych generacji. W szczególności oznacza to, iż dalszy rozwój ekonomiczny świata nie może prowadzić do rabunkowej eksploatacji dostępnych zasobów naturalnych oraz przebiegać powinien zgodnie z zasadami rozwoju zrównoważonego (por. np. Bańkowski, 2004 czy Florczak, 2007). Nieprzestrzeganie zasad wzrostu zrównoważonego w długim okresie prowadzić może bowiem nawet do zagrożenia egzystencji gatunku ludzkiego (patrz np. Budnikowski, 1994).

Wśród zagadnień znajdujących się w centrum zainteresowań ekonomii ekologicznej szczególne miejsce przypada problemom związanym z zanieczyszczeniem powietrza. Wynika to zarówno z ich globalnego charakteru, jak i skali potencjalnego niebezpieczeństwa, jakie niesie ze sobą efekt cieplarniany (patrz np. Bolini in., 1986). Jak wskazują badania (patrz np. Cline, 1991), główną przyczyną narastania efektu cieplarnianego jest zwiększanie się koncentracji dwutlenku węgla w atmosferze ziemskiej, spowodowane emisją gazów w wyniku działalności gospodarczej człowieka. W celu zapobieżenia negatywnym konsekwencjom efektu cieplarnianego państwa grupy OECD, będące głównymi emitentami gazów cieplarnianych, zobowiązały się w tzw. *Protokole z Kioto* do zredukowania emisji dwutlenku węgla zgodnie z ustalonym w protokole harmonogramem (patrz np. Sadowski, 1999).

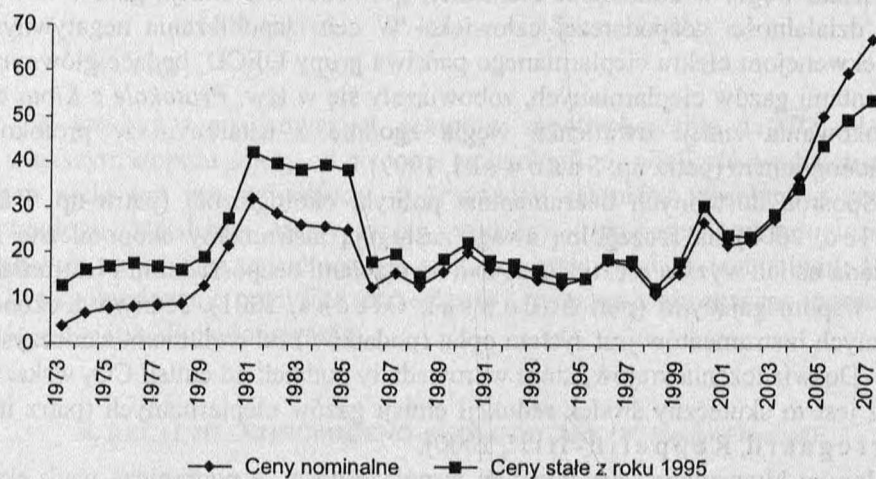
Spośród dostępnych instrumentów polityki ekologicznej (patrz np. Famielec, 2000) na szczególną uwagę zasługują instrumenty ekonomiczne ze względu na ich wyższą efektywność nad regulacjami bezpośrednimi i instrumentami wspomagającymi (por. Sadowski, Olecka, 2001). Jednym z ekonomicznych instrumentów jest system opłat (podatków) od wolumenu zanieczyszczeń. Doświadczenia krajów, które wprowadziły podatek od emisji CO₂ wskazują, iż jest to skuteczny środek redukcji emisji gazów cieplarnianych (patrz np. Norregaard, Reppelin-Hill, 2000).

Innym kluczowym zagadnieniem współczesności, z pogranicza nauk ekonomicznych i ekologicznych, jest kurcząca się światowa baza surowcowa, w tym przede wszystkim dostępność ekonomicznie opłacalnych złóż surowców energetycznych, w szczególności ropy naftowej.

Ropa naftowa stanowi kluczowy, strategiczny surowiec naturalny, warunkujący rozwój gospodarczy współczesnego świata. Wynika to zarówno z bardzo ograniczonej substytucyjności tego surowca oraz faktu, iż wszystkie dziedziny

działalności ekonomicznej człowieka zależą – bezpośrednio lub pośrednio – od jego dostępności, by wymienić tylko transport, nowoczesne rolnictwo, przemysł chemiczny czy przemysł farmaceutyczny. Jest niewiele przesady w stwierdzeniu, iż we współczesnym świecie niemal wszystko co nowoczesne jest w dużym stopniu uzależnione od konsumpcji ropy naftowej. Poza wymienionymi dziedzinami działalności człowieka masowe ilości ropy wymagane są do produkcji plastików, komputerów, urządzeń komunikacyjnych, wydobycia innych kopalin itp. Co więcej, również rozwój i budowa alternatywnych obiektów infrastruktury energetycznej, takich jak ogniwa słoneczne, wiatraki, biopaliwa, paliwa wodoro- we czy elektrownie jądrowe, wymaga zużycia ogromnych ilości ropy.

Nie dziwi zatem fakt, iż uwaga nie tylko ekonomistów, ale również polityków i licznych międzynarodowych organizacji skoncentrowana jest na problemach, jakie, w sposób nieunikniony, pojawią się – i nasilać się będą wraz z upływającym czasem – za sprawą rosnącego popytu na ropę oraz malejących możliwości jej podaży. W warunkach ustalonych i względnie sztywnych dostępnych zasobów ropy naftowej¹³, rosnących kosztów jej wydobycia oraz malejącego współczynnika *EROEI* dla użytkowanych kopalin energetycznych, przy jednocześnie stałym/rosnącym popycie, jedynym efektywnym instrumentem ekonomicznym równoważącym popyt z podażą będą silnie rosnące ceny. Jak się wydaje, proces ten już się rozpoczął (patrz rys. 1).



Rys. 1. Ceny nominalne i stałe (z roku 1995) ropy naftowej; w USD za baryłkę

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych zaczerpniętych z *Energy Information Administration*: http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_wco_k_w.htm.

¹³ Patrz np. Campbell, 2002 czy *Worldwide Look at Reserves and Production*, 2006.

Liczne kraje, będące znaczącymi w skali świata producentami ropy naftowej – takie jak USA, Norwegia, Wielka Brytania, Meksyk czy Indonezja – definitywnie przekroczyły już swoją maksymalną roczną podaż produkcji. Inne – w tym Arabia Saudyjska, Kuwejt Wenezuela czy Nigeria – odnotowują spadek wydobycia na wybranych polach roponośnych. Według Energy Information Administration obecny stopień wykorzystania mocy wytwórczych producentów ropy naftowej wynosi w skali całego świata 99%. Niewiele wskazuje zatem, aby zjawisko rosnących cen ropy naftowej miało ulec odwróceniu.

W niniejszym podpunkcie przedstawiono propozycję rozbudowy modelu W8D-2007 o elementy umożliwiające dokonanie ilościowej analizy następstw wprowadzenia podatku od emisji CO₂ w Polsce, jak również makroekonomicznych konsekwencji radykalnego wzrostu światowych cen ropy naftowej dla gospodarki kraju. W świetle zarysowanych powyżej tendencji próba udzielenia skwantyfikowanej odpowiedzi na tak postawione pytania nie ma bynajmniej jedynie znaczenia akademickiego.

4.2. Równania umożliwiające analizę makroekonomicznych efektów nałożenia podatku na emisję CO₂

W celu kwantyfikacji wpływu wprowadzenia podatku od emisji CO₂ w Polsce na podstawowe charakterystyki makroekonomiczne konieczna jest rozbudowa modelu w celu uwzględnienia jednoczesnych powiązań pomiędzy wysokością podatku, wolumenem emisji oraz aktywnością ekonomiczną. Ze względu bowiem na stymulacyjną, kosztotwórczą i redystrybucyjną funkcję tego podatku analiza pomijająca symultaniczność powiązań byłaby w najlepszym wypadku analizą niekompletną.

W dotychczasowych badaniach na gruncie polskim nie podjęto próby oceny makroekonomicznych konsekwencji wprowadzenia podatku od emisji CO₂. Istniejące prace ograniczają się bądź do analizy jakościowej (patrz np. Cygler, Ejdyś, Poskrobko, 1998), bądź do formułowania modeli czysto teoretycznych (np. Posłuszny, 1992), bądź wreszcie do kwantyfikacji wybranych tylko aspektów omawianego problemu (patrz np. Plich, red., 2000).

Wykorzystana przez nas metodologia *top-down* opiera się przede wszystkim na modelowaniu interesującego nas zagadnienia przy użyciu metod ekonometrycznych na podstawie szeregów czasowych. Jedynym wyjątkiem jest równanie generujące wolumen emisji dwutlenku węgla, którego parametry uzyskano w wyniku kalibracji. Narzędziem analizy jest przedstawiony wyżej model W8D-2007 gospodarki narodowej Polski. W celu wzbogacenia możliwości aplikacyjnych modelu o analizę efektów wprowadzenia podatków od emisji gazów cieplarnianych, konieczna była jego modyfikacja i rozbudowa. Aby to osiągnąć, do symulacyjnej wersji modelu W8D-2007 wprowadzono równanie objaśniające wysokość emisji, jak również zmodyfikowane równania dochodów budżetowych oraz jednostkowych cen.

Początkowo, zgodnie z metodologią wykorzystaną w trakcie konstrukcji modelu W8D-2007, podjęto próbę objaśnienia emisji dwutlenku węgla w ramach podejścia ekonometrycznego. Jednakże, ze względu na gwałtowny spadek emisji gazów cieplarnianych w Polsce w latach 90., spowodowany dostosowaniami systemowymi gospodarki zarówno po stronie popytu, jak i podaży, jak również ze względu na niewielką liczbę dostępnych obserwacji, próba ta nie dała oczekiwanych rezultatów – uzyskane oszacowania parametrów strukturalnych okazały się merytorycznie nieakceptowalne. Stąd zdecydowano się na alternatywę, polegającą na kalibracji parametrów strukturalnych równania objaśniającego wysokość emisji CO₂. Przyjęto, iż wysokość emisji jest funkcją następujących zmiennych:

a) ogólnej aktywności gospodarczej, mierzonej wysokością PKB; przy założeniu braku postępu technicznego oraz stabilnej strukturze popytu finalnego elastyczność emisji względem PKB wynosi 1;

b) postępu technicznego, aproksymowanego w modelu W8D-2002 wielkością łącznej produktywności czynników produkcji; przyjęto iż elastyczność emisji względem *TFP* wynosi -1;

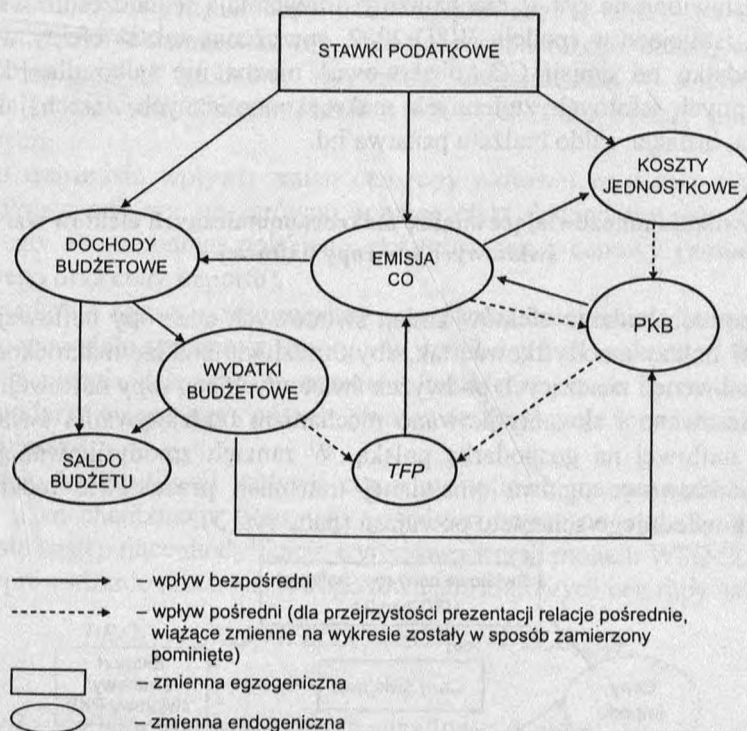
c) podatków nałożonych na emisję gazów cieplarnianych w zł na 1 tonę emisji; przyjęto iż elastyczność emisji względem podatków wynosi -0,2 (por. Atkinson, Manning, 1995).

Tak zdefiniowana relacja, uzależniająca wysokość emisji CO₂ bezpośrednio od PKB, ma charakter postaci zredukowanej, w której brakującym ogniwem jest popyt na energię. Przyjęto ją ze względu na brak równań objaśniających popyt na produkcję sektora energetycznego (w modelu W8D-2007). Ustalenie jednostkowej elastyczności emisji względem PKB odpowiada sytuacji, gdy wzrostowi PKB nie towarzyszy postęp techniczny oraz występuje stabilna struktura popytu na energię. Dla wyodrębnienia tych efektów wprowadzono do omawianej relacji wielkość *TFP*, która aproksymuje wpływ zarówno postępu technicznego, jak i zmieniającej się struktury popytu. Dodatkowo, pośrednio implikuje występowanie malejącej energochłonności popytu finalnego. I wreszcie, podatki od emisji CO₂ powodują jej ograniczenie w skali proporcjonalnej do ich wysokości.

W celu domknięcia sprzężenia ekologicznego w modelu W8D-2007 konieczne jest jeszcze wprowadzenie następujących modyfikacji do już istniejących równań:

a) kosztów jednostkowych wynikających z nałożenia podatków na emisję; wpływ podatków na ogólny poziom cen jest proporcjonalny zarówno do wysokości stawek podatkowych, jak i wolumenu samej emisji, wprowadzony jest bowiem do równania kosztów jednostkowych w postaci iloczynu tych dwóch czynników;

b) dochodów budżetu państwa; budżet zasilany jest dodatkowymi środkami z tytułu opłat od emisji gazów cieplarnianych proporcjonalnie do wysokości stawek podatkowych oraz wolumenu emisji.



Rys. 2. Sprzężenie ekologiczno-ekonomiczne w modelu W8D-2007

Po wprowadzeniu wyżej wymienionych uzupełnień i modyfikacji, model W8D-2007 służyć może jako efektywne narzędzie ilościowej analizy makroekonomicznych konsekwencji wprowadzenia podatków od emisji gazów cieplarnianych w Polsce. W celu zilustrowania podstawowych powiązań występujących w modelu pomiędzy aspektami ekologicznymi a ekonomicznymi posłużymy się rys. 2.

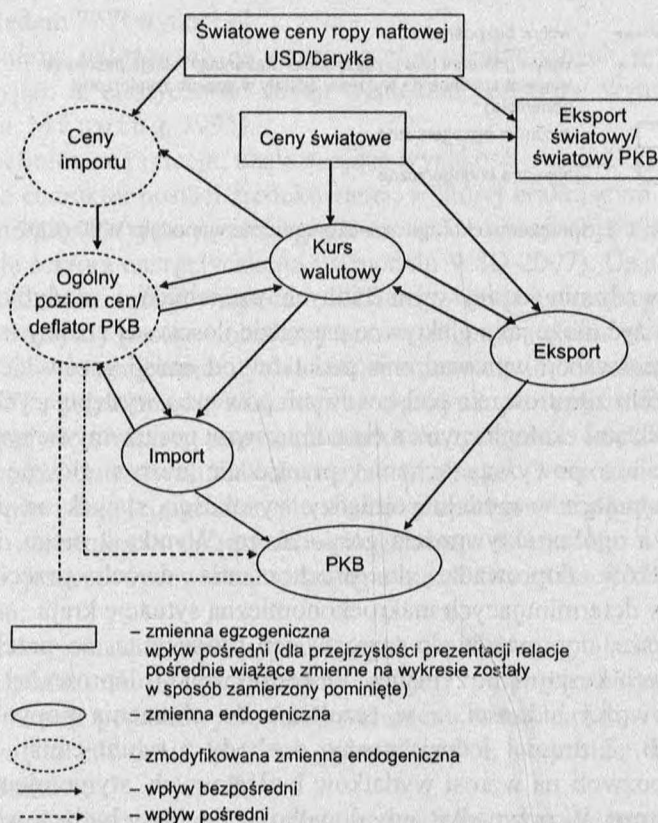
W oparciu o powyższy schemat prześledzić można główne sprzężenia zwrotne występujące w modelu pomiędzy wysokością stawek od emisji dwutlenku węgla a ogólną aktywnością gospodarczą. Wynika z niego, iż wprowadzenie podatków doprowadzi do uruchomienia dwóch przeciwstawnych mechanizmów determinujących makroekonomiczną sytuację kraju.

Po pierwsze, doprowadzi do wzrostu cen producenta, co przełoży się na wzrost ogólnych kosztów utrzymania. W konsekwencji doprowadzi do obniżenia siły nabywczej ludności, a w rezultacie do obniżenia popytu finalnego i spadku PKB. Z drugiej jednak strony, dochody z tytułu emisji zasila kasa państwa, co pozwoli na wzrost wydatków budżetowych, stymulujących aktywność gospodarczą. W przypadku, gdy dodatkowe dochody budżetowe skierowane zostaną tylko na obniżenie deficytu budżetowego, drugi z omawianych mechanizmów pozostanie nieaktywny.

Przedstawione na rys. 2 mechanizmy uruchamiają jednocześnie wszystkie pozostałe, istniejące w modelu W8D-2007, sprzężenia, tak iż efekty wprowadzenia podatku od emisji CO₂ obserwować można nie tylko dla PKB, ale również innych istotnych zmiennych makroekonomicznych, takich jak stopa bezrobocia, inflacja, saldo budżetu państwa itd.

4.3. Równania umożliwiające analizę makroekonomicznych efektów wzrostu światowych cen ropy naftowej

Dla potrzeb badania efektów zmian światowych cen ropy naftowej model W8D-2007 należy zmodyfikować tak, aby umożliwić analizę makroekonomicznych konsekwencji znaczących podwyżek światowych cen ropy naftowej. W tym celu zdefiniowano i skwantyfikowano mechanizm oddziaływania światowych cen ropy naftowej na gospodarkę polską. W ramach zmodyfikowanej wersji modelu podstawowe ogniwa omawianej transmisji przedstawić można przy użyciu odpowiedniego schematu powiązań (patrz rys. 3).



Rys. 3. Wpływ światowych cen ropy naftowej na gospodarkę Polski w modyfikowanym modelu W8D-2007

Wzrost światowych cen ropy naftowej prowadzi – *ceteris paribus* – do zmian zewnętrznych uwarunkowań rozwoju gospodarczego Polski, wpływając zarówno na poziom globalnej aktywności ekonomicznej – a tym samym wielkość światowych obrotów handlowych – jak i na ogólny poziom cen światowych.

Stąd transmisja wpływu zmian cen ropy naftowej na aktywność ekonomiczną Polski odbywa się zarówno poprzez efekt dochodowy (obroty handlu światowego → wolumen polskiego eksportu), jak i cenowy (zmiany kursu walutowego oraz ceny importu).

Początkowe egzogeniczne impulsy zewnętrzne uruchamiają wszystkie występujące w modelu sprzężenia zwrotne. W wyniku gry sił rynkowych pierwotne zaburzenia ulegają dalszemu wzmocnieniu/osłabieniu, aż do momentu, w którym gospodarka osiąga nowy poziom równowagi (następuje rozwiązanie modelu symulacyjnego).

W celu kwantyfikacji wpływu cen ropy naftowej na gospodarkę Polski, zgodnie z mechanizmem transmisji przedstawionym na rys. 3, konieczne okazały się następujące modyfikacje wyjściowej wersji modelu W&D-2007:

1) wprowadzenie tożsamościowego równania krajowych cen ropy naftowej:

$$PROP_t = (ROP_t / WZLD_t) / (ROP_{1995} / WZLD_{1995}) \quad (42)$$

gdzie:

$PROP_t$ – deflator krajowych cen ropy naftowej w roku;

ROP_t – średnia światowa cena ropy naftowej¹⁴ w USD za baryłkę w roku t ;

$WZLD_t$ – średni kurs walutowy PLN/USD w roku;

ROP_{1995} – średnia światowa cena ropy naftowej w USD za baryłkę w bazowym roku 1995;

$WZLD_{1995}$ – średni kurs walutowy PLN/USD w bazowym roku 1995;

2) oszacowanie parametrów równania wiążącego deflator cen importu ze zmianami światowych cen ropy naftowej.

U podstaw specyfikacji omawianej relacji leży hipoteza, iż poziomy cen ropy naftowej w zasadniczym stopniu determinują i są pierwotne względem cen pozostałych nośników energii (patrz np. Quarterly Report on the Euro Area, 2005), co uzasadnia uczynienie deflatora importu grupy towarowej SITC3 funkcją cen ropy naftowej. Z kolei wprowadzenie do równania deflatora cen importu ogółem dodatkowego czynnika, w postaci deflatora cen paliw, pozwala przenieść wzrost cen ropy naftowej na poziom ogólnych cen importu. Deflator cen importu stanowi jedną ze składowych definiujących koszty jednostkowe, które wpływają na ogólny deflator cen krajowych (PKB). Zatem ostatecznie, zmiany światowych cen ropy naftowej przenoszą się na zmiany cen krajowych i – za pośrednictwem wszystkich powiązań jednoczesnych występujących w modelu – realną sferę gospodarki.

¹⁴ Dane zaczerpnięto z baz danych Energy Information Administration.

Wprowadzenie zaproponowanych modyfikacji do symulacyjnej wersji modelu W8D-2002 umożliwi efektywną analizę makroekonomicznych konsekwencji wahań światowych cen ropy naftowej dla gospodarki Polski. Wspomnieć należy jednak, iż analiza taka wymaga sformułowania odpowiednich założeń dotyczących zarówno zewnętrznych uwarunkowań rozwoju gospodarczego kraju (ceny światowe, obroty handlu światowego itp.), jak i realizowanej w przyszłości polityki społeczno-ekonomicznej.

BIBLIOGRAFIA

- Atkinson J., Manning N. (1995), *A survey of international energy elasticities*, [w:] T. Barker, P. Ekins, N. Johnstone (eds.), *Global Warming and Energy Demand*, Routledge, London
- Bańkowski M. (2004), *Powiązanie polityk energetycznej i ochrony środowiska w dokumentach rządowych jako element realizacji polityki zrównoważonego rozwoju*, Krajowa Agencja Poszanowania Energii, www.kape.gov.pl
- Bolin B., Doos B. R., Jager J., Warrick R. A. (1986), *The Greenhouse Effect, Climatic Change and Ecosystems*, Wiley, New York
- Brown M., Conrad A. (1967), *The Influence of Research on CES Production Relations*, [w:] M. Brown (ed.), *The Theory and Empirical Analysis of Production, Studies in Income and Wealth*, Vol. 3, Columbia University Press for NBER, New York, s. 275–340
- Budnikowski A. (1994), *Ekonomia i środowisko*, „Ekonomia i Środowisko”, Vol. 4, nr 1, s. 31–43 (Białystok)
- Campbell C. J. (2002), *Peak Oil: An Outlook on Crude Oil Depletion*, www.mbandi.co.za/indy/oilg/p0070.htm
- Cline W. R. (1991), *Scientific basis for the greenhouse effect*, „Economic Journal”, Vol. 101, s. 904–919
- Coe D. T., Helpman E. (1995), *International R&D Spillovers*, „European Economic Review”, Vol. 39, s. 859–887
- Cyglar M., Ejdys J., Poskrobko B. (1998), *Oplata produktywno-emisyjna za zanieczyszczenie powietrza*, „Ekonomia i Środowisko”, Vol. 13, nr 2, s. 95–108 (Białystok)
- Dietzenbacher E. (2000), *Spillovers of Innovation Effects*, „Journal of Policy Modelling”, Vol. 22, s. 27–42
- Famielec J. (2000), *Instrumenty polityki ekologicznej w krajach OECD*, „Ekonomia i Środowisko”, Vol. 16, nr 1, s. 65–75 (Białystok)
- Florczak W. (1999), *Modelowanie gospodarki Polski w okresie transformacji przy użyciu makroekonometrycznego modelu W8-98*, Instytut Ekonometrii i Statystyki, Uniwersytet Łódzki, Łódź, rozprawa doktorska
- Florczak (2007), *Koncepcja zrównoważonego rozwoju w naukach społeczno-ekonomicznych*, „Studia Prawno-Ekonomiczne”, Vol. LXXV, s. 119–139 (Łódź)
- Florczak W., Welfe W. (2003), *Long-Term Growth Scenarios for Poland to 2025*, „International Advances in Economic Research”, Vol. 9, No. 2, s. 114–122
- Goto A., Suzuki K. (1989), *R&D Capital, Rate of Return of R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Firms*, „Review of Economics and Statistics”, Vol. 71, s. 555–564

- Griliches Z. (1979), *Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth*, „Bell Journal of Economics”, Vol. 10, Spring, s. 92–116
- Griliches Z. (1995), *Firm Productivity in Israeli Industry, 1979–1988*, „Journal of Econometrics”, Vol. 65, Issue 1, s. 175–203
- Gujarati D. N. (1995), *Basic Econometrics*, MacGraw-Hill, London
- Hanushek E. A. (2003), *The Economics of Schooling and School Quality*, Vol. 1, 2, Edward Edgar Publishing, Cheltenham UK – Northampton (MA)
- Jaffe A. B. (1986), *Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits and Market Value*, „American Economic Review”, Vol. 76, s. 984–1001
- Jaffe A., Trajtenberg M. (1999), *International Knowledge Flows: Evidence from Patent Citations*, „Economics of Innovation and New Technology”, Vol. 8, s. 105–136
- Lichtenberg F. R., Van Pottelsberghe de la Potterie B. (1996), *International R&D Spillovers: A Re-examination*, NBER, „Working Paper”, No. 5668
- Lichtenberg F. R., Van Pottelsberghe de la Potterie B. (2001), *Does Foreign Direct Investment Transfer Technology Across Borders*, „The Review of Economics and Statistics”, Vol. 83, s. 490–497
- Nauka i technika w 2006 roku* (2007), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa
- Norregaard J., Reppelin-Hill V. (2000), *Taxes and Tradable Permits as Instruments for Controlling Pollution: Theory and Practice*, IMF, „Working Paper”, No. 13
- Plich M. (red.), (2000), *Model ekonomiczno-ekologiczny dla gospodarki Polski. Budowa i wyniki modelu*, Wydawnictwo Broker, Łódź
- Posłuszny K. (1992), *Analiza modelowa zarządzania ochroną środowiska przyrodniczego*, „Ekonomia i Środowisko”, Vol. 2, nr 2, s. 21–37 (Białystok)
- Romer P. M. (1990), *Endogenous Technical Change*, „Journal of Political Economy”, October, s. 71–102
- Sadowski M. (1999), *Perspektywy współpracy Wschód–Zachód w kontekście ustaleń protokołu z Kioto*, „Ekonomia i Środowisko”, Vol. 14, nr 1, s. 35–46 (Białystok)
- Sadowski M., Olecka A. (2001), *Strategie i polityka ochrony klimatu*, „Ekonomia i Środowisko”, Vol. 18, nr 1, s. 71–93 (Białystok)
- Sanjaya L. (2001), *The Economics of Technology Transfer*, Edward Edgar Publishing, Cheltenham (UK) – Northampton (MA)
- Sterlacchini A. (1989), *R&D, innovations and total factor productivity growth in British manufacturing*, „Applied Economics”, Vol. 21, s. 1549–1562
- Sveikauskas L. (1981), *Technological Inputs and Multifactor Productivity Growth*, „Review of Economics and Statistics”, Vol. 68, s. 275–282
- Świeczewska I. (2007), *Łączna produktywność czynników produkcji. Ucieleśniony kapitał wiedzy*, [w:] W. Welfe (red.), *Gospodarka oparta na wiedzy*, PWE, Warszawa
- Świeczewska I., Tomaszewicz Ł. (2008), *Rola innowacji w procesie wzrostu efektywności polskiej gospodarki. Ujęcie gależiowe*, referat wygłoszony na I Konferencji „Metody ilościowe w ekonomii i finansach”, Łańsk, 23–25 czerwca 2008
- Terleckyj N. E. (1974), *Effects on R&D on the Productivity Growth of Industries: An Exploratory Study*, National Planning Association, Washington D.C.
- Tomaszewicz Ł. (1994), *Metody analizy input-output*, PWE, Warszawa
- Turowski K. (2005), *Sektor wysokich technologii jako główne źródło wzrostu we współczesnych gospodarkach*, [w:] D. Kopycińska (red.), *Funkcjonowanie gospodarki polskiej w warunkach integracji i globalizacji*, Katedra Mikroekonomii, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin
- Verspagen B. (1997), *Measuring Intersectoral Technology Spillovers: Estimates from the European and US Patent Office Databases*, „Economic Systems Research”, Vol. 9, No. 1, s. 47–65
- Welfe A. (2003), *Ekonometria*, PWE, Warszawa

- Welfe W., Welfe A. (2004), *Ekonometria stosowana*, PWE, Warszawa
- Welfe W., Florczak W., Sabanty L. (2002), *Kapitał ludzki i jego endogenizacja*, „Przegląd Statystyczny”, Vol. 50, nr 2, s. 7–36 (Warszawa)
- Welfe W. (red.) (2001), *Ekonometryczny model wzrostu gospodarczego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź
- Welfe W. (red.) (2004), *Długookresowy makroekonometryczny model W8D-2002 gospodarki polskiej*, „Acta Universitatis Lodziensis”, Folia Oeconomica, nr 172 (Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź)
- Wolff E. N. (1997), *Industrial Composition, Interindustry Effects and the U.S. Productivity Slowdown*, „Review of Economics and Statistics”, Vol. 65, s. 268–277
- Wolff E. N., Nadiri M. I. (1993), *Spillover Effects, Linkage Structure, and Research and Development*, „Structural Change and Economic Dynamics”, Vol. 4, s. 315–331
- Worldwide Look at Reserves and Production* (2006), „Oil and Gas Journal”, Vol. 104, No. 47, s. 24–25
- Żółkiewski Z. (2003), *Nakłady na przyszły rozwój (NPR) w okresie transformacji*, [w:] L. Ziencowski (red.), *Wiedza a wzrost gospodarczy*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa, s. 76–121

Waldemar Florczak, Iwona Świczewska

SATELLITE MODELS

The core model represents a highly aggregated system that needs several extensions, mainly in order to illustrate the dependence in creating knowledge capital on specific factors. For this reason several satellite models have been proposed and constructed. Firstly, the models of research and educational sector were built to show the channels the knowledge capital is generated. The technology transfer assuming sector decomposition was separately analysed. On the other hand, the factors affecting the human capital were distinguished and analysed, including demographic variables. The ecological issues were treated separately.