

Władysław Welfe, Waldemar Florczak, Iwona Świeczewska

RÓWNANIA PROCESU PRODUKCJI

1. WPROWADZENIE

W gospodarce rynkowej przyjmuje się, iż popyt finalny kierowany do podmiotów krajowych realizuje się i przeto wyznacza zapotrzebowanie na czynniki produkcji. Przedsiębiorstwa kierują się zasadą maksymalizacji nadwyżki lub minimalizacji kosztów wytwarzania, uwzględniając efekty innowacji i postępu technicznego. Popyt ten zderza się z podażą czynników produkcji zwykle znajdujących się w nadmiarze. Ma to odpowiednie implikacje dla specyfikacji równań w procesie produkcji, szeroko opisane w literaturze. Centralną rolę w tym procesie odgrywa funkcja produkcji, która spełnia podwójną rolę. Służy do wyznaczania potencjalnej produkcji (podaży), zaś po jej odwróceniu jest podstawą wyznaczenia zapotrzebowania na czynniki produkcji. Będziemy z tej możliwości korzystać, wyznaczając popyt na pracujących i zatrudnionych. Natomiast brak informacji o stopniu wykorzystania środków trwałych sprawił, że zrezygnowano z próby określenia na tej drodze zapotrzebowania na środki trwałe. Będzie o tym mowa w następnych punktach artykułu.

W modelu wprowadzono, poza PKB, uzupełniające mierniki produkcji. Są to: produkt globalny (Q_t) z jednej, zaś globalna wartość dodana (XVA_t) z drugiej strony.

Produkt globalny służy m. in. do wyznaczenia importu zaopatrzeniowego. Uzyskuje się go z tożsamości:

$$Q_t = X_t / (1 - A_t) \quad (1)$$

gdzie:

A_t – globalne zużycie energii, materiałów i surowców (koszty materiałowe w wyrażeniu realnym). Nie znaleziono lepszego rozwiązania niż przedstawienie średniego zużycia jako wykładniczej funkcji czasu.

Tablica 1

Zużycie pośrednie

```

FRML LA LA = A0001
+ TT * A0002
+ TT * U6079 * A0003
+ TT*TT * U6079 * A0004
+ TT * U8089 * A0005
+ U7983 * A0006

Annual Data From 1960:01 To 2005:01
Usable Observations 46 Degrees of Freedom 40
Centered R**2 0.990303 R Bar **2 0.989091
Uncentered R**2 0.999686 T x R**2 45.986
Durbin-Watson Statistic 1.650592

```

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. A0001	-1.069325945	0.012075012	-88.556929	0.00000000
2. A0002	0.009028239	0.000328023	27.523163	0.00000000
3. A0003	-0.020364551	0.002477714	-8.219090	0.00000000
4. A0004	0.000945578	0.000130519	7.244757	0.00000001
5. A0005	0.001545675	0.000293317	5.269640	0.00000500
6. A0006	0.033439590	0.009564330	3.496281	0.00117010

Zmiany materiałochłonności powiązane są głównie ze zmianami technologicznej. Wyrażają też zmiany w strukturze gałęziowej produkcji. W latach 60. po okresie stabilizacji ($A_t \approx 0,37$), nastąpił wzrost materiałochłonności do 0,40, głównie nasilający się w drugiej połowie lat 70. Przyjęto, iż wyraża to zmiany w technologii i odwzorowano je za pomocą zmiany parametrów stojących przy zmiennej czasowej T . Kolejny wzrost nastąpił na początku lat 80., następnie poziom współczynnika ustabilizował się ponownie wokół 0,5, rosnąc w latach 1997–1998 do 0,52. Zmiany te zależą głównie od zmian materiałochłonności krajowej. Rola importochłonności zaopatrzeniowej była ograniczona. W latach, w których nie występowały trudności zaopatrzeniowe, materiałochłonność rosła podobnie do importochłonności zaopatrzeniowej. Natomiast w pozostałych latach, ze względu na wymuszoną substytucję zagranicznych surowców i części przez krajowe, nastąpił wzrost materiałochłonności przy jednoczesnym spadku importochłonności, co miało miejsce głównie w latach 80.

Dla otrzymania globalnej wartości dodanej oszacowano rozmiary różnicy między tą wielkością a PKB, wywołaną obciążeniami podatkowymi, będącymi narzutami na ceny producenta ($DIFXVA_t$), powiązanymi głównie z importem towarów.

Tablica 2

Różnice między PKB a wartością dodaną RD

```

FRML LDIFXVAL LDIFXVAL = A0001
      + LOG(M) * A0002
      + U7073 * A0003
      + U7779 * A0004
      + U8389 * A0005
      + U9098 * A0006

Annual Data From 1970:01 To 2005:01
Usable Observations      36      Degrees of Freedom      30
Centered R**2      0.995672      R Bar **2      0.994951
Uncentered R**2      0.999996      T x R**2      36.000
Durbin-Watson Statistic      1.481149

```

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif

1. A0001	5.879552058	0.075544855	77.828624	0.00000000
2. A0002	0.429889805	0.006732593	63.852038	0.00000000
3. A0003	-0.083643830	0.016012538	-5.223646	0.00001239
4. A0004	0.083844689	0.015665488	5.352191	0.00000862
5. A0005	0.076192258	0.012396417	6.146313	0.00000093
6. A0006	-0.093567754	0.010027176	-9.331416	0.00000000

Długookresowa relacja między powyższą różnicą a globalnym importem okazała się bliska 0,43, krótkookresowa 0,45, przy powolnym zbliżaniu się do długookresowej.

Tablica 3

Różnice między PKB a wartością dodaną RK

```

FRML PLDIFXVA PLDIFXVA =
      + (LOG(DIFXVA(1))-DIFXVAL(1)) * A0001
      + LOG(M/M(1)) * A0002
      + U90 * A0003

Annual Data From 1971:01 To 2005:01
Usable Observations      35      Degrees of Freedom      32
Centered R**2      0.788367      R Bar **2      0.775140
Uncentered R**2      0.848911      T x R**2      29.712
Durbin-Watson Statistic      1.529741

```

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif

1. A0001	-0.450283053	0.232005809	-1.940827	0.06113157
2. A0002	0.445015250	0.036977652	12.034708	0.00000000
3. A0003	-0.139830661	0.027870728	-5.017116	0.00001891

Globalną wartość dodaną otrzymujemy z równości:

$$XVA_t = X_t - DIFXVA_t \quad (2)$$

2. FUNKCJA PRODUKCJI

Funkcja produkcji jest podstawowym równaniem opisującym proces produkcji. Argumentami tej funkcji są czynniki produkcji, tj. środki trwałe i zatrudnienie oraz zmienne określające poziom techniczny, reprezentowane przez łączną produktywność czynników produkcji (*TFP*).

W ślad za wieloletnią tradycją przyjmujemy, iż wystarczającą aproksymacją procesu produkcji jest funkcja Cobba–Douglasa o stałych efektach skali:

$$X_t = BA_t K_t^\alpha N_t^{(1-\alpha)} \varepsilon_t \quad (3)$$

gdzie:

A_t – *TFP*;

K_t – środki trwałe, ceny stałe;

N_t – liczba pracujących;

ε_t – składnik losowy.

W przedstawionej, ogólnej postaci funkcja ta wyraża efekty procesu produkcyjnego przy założeniu pełnego wykorzystania czynników produkcji. Może być zatem wykorzystana dla wyznaczania potencjalnych rozmiarów PKB, o czym piszemy dalej.

W poprzednich wersjach modeli W8 podejmowano próby bezpośredniego oszacowania parametrów tej funkcji zmodyfikowanych w wyniku wprowadzenia do niej charakterystyk stopnia wykorzystania czynników produkcji (por. Welfe, red., 2001, 2004). Przyjęta w nich postać funkcji produkcji odwoływała się do złożenia długookresowej jej postaci generującej produkcję potencjalną oraz charakterystyk wykorzystania potencjału produkcyjnego (por. Welfe, 1992). Najogólniej można ją zapisać następująco:

$$X_t = BA_t (WKZ_t K_t)^\alpha (WN_t N_t)^{1-\alpha} e^{\varepsilon_t} \quad (4)$$

gdzie:

WKZ_t – stopień wykorzystania środków trwałych, mierzony stopniem wykorzystania zmian;

WN_t – stopień wykorzystania czasu pracy pracujących.

W zastosowaniach korzystano z funkcji wydajności pracy i produktywności środków trwałych wynikających z prostego przekształcenia funkcji produkcji (4).

Trudności wynikające z zaniechania publikacji statystycznych o stopniu wykorzystania środków trwałych oraz zmienności pracujących, a także trud-

ności estymacyjne związane z mnożeniem liczby zmiennych objaśniających *TFP* spowodowały odejście od powyższej procedury.

Przyjęto, iż wystarczającą aproksymację otrzyma się w rezultacie postępowania dwuetapowego, dość często stosowanego w makromodelowaniu. Mianowicie, w pierwszym etapie wyznacza się rozmiary środków trwałych (K_t), uczestniczących w procesie produkcji, oraz liczbę zatrudnionych (N_t), a także dynamikę *TFP*. W drugim etapie, po podstawieniu wartości tych zmiennych do równania (3), otrzymuje się (potencjalny) PKB. Wartość elastyczności produkcji względem środków trwałych α jest w tym przypadku kalibrowana. Zgodnie z neoklasyczną teorią podziału wyznacza się ją jako równą średniemu udziałowi nadwyżki w wartości dodanej (tj. dopełnieniu do jedności udziału kosztów pracy). Dla okresu próby przyjęto ją na poziomie $\alpha = 0,5$ (por. też dyskusję w Welfe, 2002).

Przeto w dalszym ciągu przedstawiamy równania opisujące proces reprodukcji środków trwałych, zatrudnienie oraz dynamikę łącznej produktywności środków trwałych (*TFP*), poświęcając tej ostatniej najwięcej miejsca.

3. RÓWNANIA ŚRODKÓW TRWAŁYCH

Jak wspomniano wcześniej, nie byliśmy w stanie zbudować równań określających popyt na środki trwałe. Natomiast w dość rozbudowany sposób pokazujemy proces ich reprodukcji (od strony podaży).

Prezentację rozpoczniemy od równań generujących **środki trwałe**. Ze względu na różnice w pełnionych funkcjach, środki trwałe zostały zdekomponowane analogicznie do dekompozycji nakładów inwestycyjnych na maszyny i urządzenia podstawowe w procesie produkcyjnym (KKM_t – stan na koniec roku) oraz budynki, budowle i pozostałe urządzenia ($KKBT_t$ – stan na koniec roku). Dla wyznaczenia stanu środków trwałych na koniec okresu skorzystano z następującej tożsamości (zapisanej dla maszyn i urządzeń):

$$KKM_t = KKM_{t-1} + DKKM_t - \delta_M KKM_{t-1} \quad (5)$$

gdzie:

$DKKM_t$ – przyrost brutto środków trwałych, któremu odpowiadają inwestycje w maszyny i urządzenia oddane do użytku;

δ_M – stopa likwidacji maszyn i urządzeń.

Stopę likwidacji maszyn i urządzeń przyjęto na poziomie bliskim oczekiwanej dla warunków normalnej eksploatacji $\delta_M = 0,07$, co odpowiadało założeniu blisko 16-letniego przeciętnego okresu użytkowania maszyn, stąd:

$$KKM_t = DKKM_t + 0,93KKM_{t-1} \quad (5')$$

Przyrost brutto stanu posiadania maszyn i urządzeń, odpowiadający rozmiarom inwestycji oddanych do użytku ($DKKM_t$), wyrażono jako funkcję poniesionych nakładów inwestycyjnych.

Dla maszyn i urządzeń przyjęto założenie, iż rozkład wag w rozkładzie opóźnień inwestycyjnych jest hipergeometryczny. Stosując przekształcenie Koycka, wyznaczono inwestycje oddane do użytku jako funkcję liniową inwestycji opóźnionych o jeden okres oraz bieżących nakładów inwestycyjnych na maszyny i urządzenia. Uwzględniono wyraźnie zakłócenia, wynikające ze względów rachunkowych ($U80_t$) lub z niedoszacowania nakładów ($U96_t$).

Tablica 4

Inwestycje oddane do użytku – maszyny i urządzenia

FRML	DKKM	DKKM	=	A0001
				+ DKKM(1) * A0002
				+ JV * A0003
				+ U80 * A0004
Annual Data From 1961:01 To 2005:01				
Usable Observations	44	Degrees of Freedom	40	
Total Observations	45	Skipped/Missing	1	
Centered R**2	0.968695	R Bar **2	0.966347	
Uncentered R**2	0.990690	T x R**2	43.590	
Durbin-Watson Statistic			2.033250	

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. A0001	885.385913	499.858427	1.771273	0.08413455
2. A0002	0.728610	0.112403	6.482113	0.00000010
3. A0003	0.286717	0.108938	2.631936	0.01200364
4. A0004	-6292.804444	1843.060255	-3.414324	0.00147790

Długookresowa ocena parametru stojącego przy JV_t jest bliska jedności.

Dla budynków i budowli oraz innych urządzeń ($KKBT_t$), odznaczających się wieloletnim cyklem inwestycyjnym, przyjęto znacznie niższą stopę likwidacji ($\delta = 0,039$), odpowiadającą danym historycznym, jednakże niższą od standardów europejskich. Stąd mamy:

$$KKBT_t = KKBT_{t-1} + DKKB T_t - 0,039KKBT_{t-1} = DKKB T_t + 0,961KKBT_{t-1} \quad (6)$$

Z powyższego wzoru obliczono (nieobserwowalne) wartości przyrostu brutto środków trwałych, tj. inwestycji oddanych do użytku ($DKKB T_t$).

Inwestycje oddane do użytku zależą od nakładów inwestycyjnych na budynki i budowle oraz inne urządzenia ($JJ T_t$), poniesionych w poprzednich okresach. Biorąc pod uwagę długość cykli inwestycyjnych i ich szczególny przebieg, przyjęto iż rozkład opóźnień inwestycyjnych można aproksymować rozkładem Almona. Wykorzystano w tym celu specjalną procedurę zawartą w pakiecie RATS.

Długość maksymalnego opóźnienia, trwającego 6 lat, określono na podstawie porównania statystyk obliczonych dla testowanych długości opóźnień z przedziału (4, 8). Jedynie dla wariantu z opóźnieniem 6-letnim uzyskano oceny dodatnie dla wszystkich parametrów. W pozostałych wariantach otrzymano ujemne oceny parametrów rozkładu dla dwóch ostatnich lat.

Tablica 5

Inwestycje oddane do użytku – budynki i budowle

Dependent Variable DKKBT - Estimation by Restricted Regression

Annual Data From 1965:01 To 2005:01

Centered R**2 0.680944 R Bar **2 0.663698

Uncentered R**2 0.973622 T x R**2 38.945

Durbin-Watson Statistic 1.447107

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. U90_99	-10502.84493	3334.83160	-3.149438	0.00323127
2. U0105	-22020.04653	2450.44027	-8.986159	0.00000000
3. JJT	0.19887	0.00863	23.032838	0.00000000
4. JJT(1)	0.16787	0.00675	24.885923	0.00000000
5. JJT(2)	0.13687	0.00486	28.180297	0.00000000
6. JJT(3)	0.10586	0.00297	35.667511	0.00000000
7. JJT(4)	0.07486	0.00108	69.359973	0.00000000
8. JJT(5)	0.04386	0.00081	54.179055	0.00000000
9. JJT(6)	0.01285	0.00270	4.763444	0.00002923

Przeciętne wielkości środków trwałych dla danego roku, zarówno w przypadku maszyn i urządzeń, jak i budynków i budowli, otrzymano jako średnią arytmetyczną ze stanów na koniec i początek roku:

$$KM_t = (KKM_t + KKM_{t-1})/2 \text{ oraz } KBT_t = (KKBT_t + KKBT_{t-1})/2 \quad (7)$$

a ogólną wielkość środków trwałych jako sumę powyższych składników:

$$K_t = KM_t + KBT_t \quad (8)$$

Przy konstrukcji funkcji produkcji używano początkowo alternatywnie dwóch mierników: środków trwałych, obejmujących jedynie maszyny i urządzenia (KM_t), oraz środków trwałych ogółem (K_t). We wcześniejszych wariantach modelu przyjęto hipotezę, iż korzystanie z miernika obejmującego maszyny prowadzi do dokładniejszych rezultatów dalszych oszacowań – są to bowiem te składniki majątku produkcyjnego, które są bezpośrednio czynne w procesie produkcji. Jednakże wątpliwości co do poprawności oszacowań dynamiki maszyn i urządzeń sprawiły, iż w aktualnej wersji modelu oparto obliczenia na informacjach o dynamice środków trwałych ogółem.

Produktywność środków trwałych otrzymamy z definicyjnej tożsamości, dzieląc PKB przez średni stan środków trwałych.

4. FUNKCJE ZATRUDNIENIA I PODAŻY SIŁY ROBOCZEJ

Popyt na pracujących wyznaczono, odwracając funkcję produkcji. Z pewnym uproszczeniem można przyjąć, że efekty zmian kapitałochłonności zostały zaabsorbowane przez zmiany *TFP*. Specyfikację tę wzbogacono, uwzględniając efekty substytucji pracy przez środki trwałe, wprowadzając do równania relacje wynagrodzeń przeciętnych (WB/P_t) i deflatora inwestycji (PJ_t). Ograniczenie się do wprowadzenia samych wynagrodzeń oznaczałoby wprowadzenie uwzględnienie presji występujących na rynku pracy, bez powiązania wszakże z alternatywą zastąpienia pracowników przez maszyny i urządzenia.

W długookresowym równaniu objaśniającym liczbę pracujących przyjęto – zgodnie z teoretycznymi postulatami – długookresową elastyczność względem PKB jako równą jedności (patrz Welfe, Welfe, 2004). Efekty postępu technicznego są wyraźnie zaznaczone – elastyczność względem *TFP* jest równa $-0,68$. Długookresowa elastyczność względem relacji płac i cen inwestycji, równa $-0,13$, wskazała na stosunkowo ograniczoną wrażliwość producentów na zmiany tych relacji. Po roku 2000 wystąpiły dodatkowe czynniki, pociągając za sobą bardziej intensywny spadek liczby pracujących.

Tablica 6

Pracujący RD				
FRML	LNL	LNL	=	A0001
				+ LOG(X) * 1
				+ LOG(TFP) * A0002
				+ LOG((WBP/8291)/PJA) * A0003
				+ U7479 * A0004
				+ U9192 * A0005
				+ (1-U6000) * A0006
Annual Data From 1973:01 To 2005:01				
Usable Observations	33	Degrees of Freedom	27	
Centered R**2	0.866528	R Bar **2	0.841811	
Uncentered R**2	0.999979	T x R**2	32.999	
Durbin-Watson Statistic		1.505283		
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. A0001	-2.746139722	0.071316523	-38.506360	0.00000000
2. A0002	-0.680151325	0.104064108	-6.535888	0.00000052
3. A0003	-0.128850417	0.049178578	-2.620052	0.01425414
4. A0004	-0.195708573	0.030410645	-6.435529	0.00000068
5. A0005	0.088420094	0.036360568	2.431758	0.02193742
6. A0006	-0.137941142	0.033822916	-4.078334	0.00035963

Dynamizacja równania potwierdziła hipotezę, iż procesy dostosowawcze oznaczają się inercją. Krótkookresowa elastyczność względem PKB jest równa 0,47, podczas gdy względem *TFP* $-0,57$, zaś względem relacji płac i cen inwestycji tylko $-0,03$.

Tablica 7

Pracujący RK

```

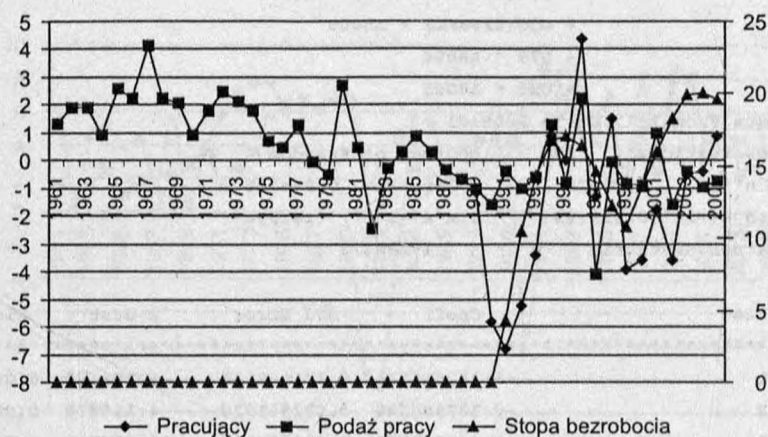
FRML PLN PLN =
+ (LOG(N{1})-NL{1}) * A0001
+ LOG(X/X{1}) * A0002
+ LOG(TFP/TFP{1}) * A0003
+ (LOG((WBP/8291)/PJA)-LOG((WBP{1}/8291)/PJA{1})) *
A0004
+ (U80+U81) * A0005
+ U9293 * A0006
+ U9902 * A0007

```

Annual Data From 1974:01 To 2005:01

Usable Observations	32	Degrees of Freedom	25
Centered R**2	0.890740	R Bar **2	0.864518
Uncentered R**2	0.901410	T x R**2	28.845
Durbin-Watson Statistic	2.269539		

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. A0001	-0.061054786	0.041088062	-1.485950	0.14979531
2. A0002	0.472768330	0.044109885	10.717968	0.00000000
3. A0003	-0.567766308	0.076093780	-7.461402	0.00000008
4. A0004	-0.030046254	0.013467534	-2.231014	0.03488633
5. A0005	0.072896753	0.009017737	8.083708	0.00000002
6. A0006	-0.027408492	0.007521589	-3.643976	0.00122845
7. A0007	-0.027566646	0.005138449	-5.364779	0.00001455



Rys. 1. Procentowe tempa wzrostu pracujących i podaży pracy oraz procentowa stopa bezrobocia (oś prawa)

Źródło: obliczenia własne na podstawie „Roczników Statystycznych” GUS.

Powyższe równania generowały liczbę pracujących przy założeniu, że czynnikiem decydującym o popycie na zatrudnionych są rozmiary produkcji. Odpowiada to sytuacji współczesnych gospodarek rynkowych znajdujących się w równowadze. W okresach jednak, w których występowała nierównowaga na rynku pracy, czynnikiem określającym liczbę pracujących mogły być ograniczenia aparatu produkcyjnego lub nawet siły roboczej. Pisaliśmy o odpowiednich rozwiązaniach w pracach poprzednich (por. Welfe, red., 2001).

W tym miejscu pragniemy zwrócić uwagę na możliwość określenia zapotrzebowania na pracujących, które zapewniłoby pełne wykorzystanie aparatu produkcyjnego. W tym celu można skorzystać z tożsamości, wykorzystując miernik technicznego uzbrojenia pracy TUM , wyznaczany jako relacja wolumenu maszyn i urządzeń do liczby pracujących. Mianowicie zapotrzebowanie na pracujących (NK) otrzymamy z równości:

$$NK_t = KM_t / TUM_t \quad (9)$$

Dla uniknięcia tautologii, techniczne uzbrojenie pracy zostanie wyznaczone z równania stochastycznego, w którym w roli zmiennych objaśniających znajduje się TFP oraz relacja cen dóbr inwestycyjnych i wynagrodzeń przeciętnych, determinująca substytucję pracy przez nowy aparat produkcyjny.

Tablica 8

Techniczne uzbrojenie pracy w maszyny i urządzenia RD

FRML LTUML LTUML = A0001				
+ LOG(PJV/WBP/8291) * A0002				
+ LOG(TFPKKD) * A0003				
+ U79 * A0004				
+ U95 * A0005				
Annual Data From 1977:01 To 2005:01				
Usable Observations	29	Degrees of Freedom	24	
Centered R**2	0.996217	R Bar **2	0.995586	
Uncentered R**2	0.999785	T x R**2	28.994	
Durbin-Watson Statistic		1.836573		
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. A0001	-3.182516271	0.471168147	-6.754523	0.00000055
2. A0002	-0.137886520	0.033541930	-4.110870	0.00039802
3. A0003	1.629369368	0.081522297	19.986794	0.00000000
4. A0004	0.100157370	0.035671844	2.807743	0.00975213
5. A0005	-0.083642992	0.034592010	-2.417986	0.02356209

Tablica 9

Techniczne uzbrojenie pracy w maszyny i urządzenia RK

FRML	PLTUM	PLTUM	=	
				+ (LOG(TUM{1})-TUM{1})) * A0001
				+ LOG(TFPKKD/TFPKKD(1)) * A0002
				+ U79 * A0003
Annual Data From 1978:01 To 2005:01				
Usable Observations	28	Degrees of Freedom	25	
Centered R**2	0.443275	R Bar **2	0.398737	
Uncentered R**2	0.822676	T x R**2	23.035	
Durbin-Watson Statistic		1.598732		
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif

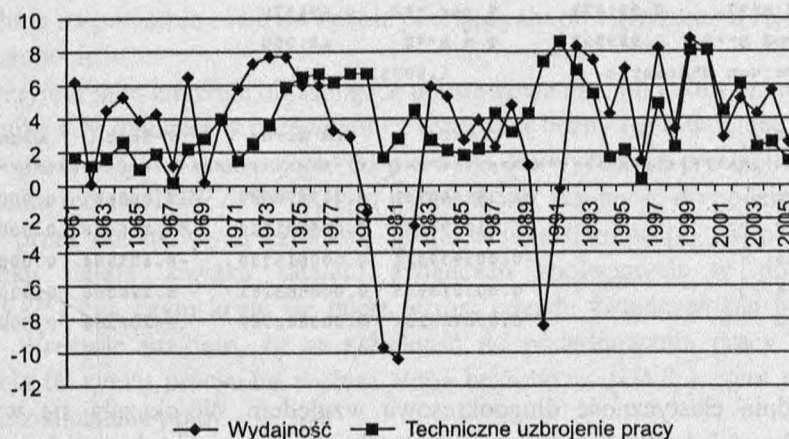
1. A0001	-0.729379739	0.193614198	-3.767181	0.00089863
2. A0002	1.738020322	0.187176797	9.285448	0.00000000
3. A0003	0.100143679	0.032010282	3.128485	0.00442523

Krótkookresowa elastyczność TUM_t względem TFP jest równa 1,7.

Mając wyznaczone rozmiary liczby pracujących, efektywną wydajność pracy (WXN_t) otrzymamy z tożsamości:

$$WXN_t = X_t / N_t \quad (10)$$

Specyfikacja ta zasadniczo różni się od przyjętej w poprzednich wersjach modelu, gdzie bezpośrednio szacowano parametry funkcji wydajności pracy wyprowadzone z funkcji produkcji (por. Welfe, red., 2001, 2004).



Rys. 2. Procentowe tempo wzrostu wydajności pracy i technicznego uzbrojenia pracy w cenach stałych z 1995 r.

Źródło: jak do rys. 1.

Jednakże powyższy sposób wyznaczania wydajności pracy jest o tyle niedoskonały, że nie odwzorowuje dokładnie efektów postępu technicznego, gdyż zarówno produkcja, jak i częściowo zatrudnienie podlegają wahaniom popytu. Wobec tego wprowadzono uzupełniającą miarę technicznej wydajności pracy ($WXNT_t$), wyznaczoną z relacji potencjalnego PKB do odpowiadającego mu zatrudnienia NK_t . Wówczas mamy:

$$WXNT = XK_t / NK_t \quad (11)$$

Z wielu względów jest nieodzowne wyznaczenie obok liczby pracujących także dynamiki głównej składowej – zatrudnienia na podstawie stosunku pracy.

Przyjęto, iż udział zatrudnionych w liczbie pracujących ma tendencję rosnącą, co jest wypadkową wysokiej dynamiki pracujących na rachunek własny poza rolnictwem oraz dość silnie malejącej liczby rolników, właścicieli gospodarstw rolnych. Wobec tego liczbę zatrudnionych (NZ_t) określono w długim okresie na podstawie następującego równania przedstawionego w tab. 10.

Tablica 10

Zatrudnienie RD				
FRML	LNZL	LNZL	=	A0001
			+	LOG(N) * A0002
			+	LOG(N) * U6069 * A0003
			+	LOG(N) * U7579 * A0004
			+	LOG(N) * (1-U6099) * A0005
Annual Data From 1960:01 To 2005:01				
Usable Observations	46	Degrees of Freedom	41	
Centered R**2	0.994871	R Bar **2	0.994370	
Uncentered R**2	0.999998	T x R**2	46.000	
Durbin-Watson Statistic	1.889530			
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif

1. A0001	-4.359698749	0.243696087	-17.889901	0.00000000
2. A0002	1.414394363	0.025191339	56.146056	0.00000000
3. A0003	-0.003939321	0.000615330	-6.401964	0.00000012
4. A0004	0.003513905	0.000663181	5.298558	0.00000427
5. A0005	0.006745164	0.000822367	8.202138	0.00000000

Średnia elastyczność długookresowa względem N okazała się wysoka i była równa 1,4. Wprowadzenie zmiennych interakcyjnych obraz ten zmieniło marginalnie.

W krótkim okresie elastyczność ta okazała się niższa (1,2) przy stosunkowo powolnym procesie dostosowawczym.

Tablica 11

Zatrudnienie RK

```

FRML PLNZ PLNZ =
+ (LOG(NZ(1))-NZL(1)) * A0001
+ LOG(N/N(1)) * A0002
Annual Data From 1961:01 To 2005:01
Usable Observations      45      Degrees of Freedom      43
Centered R**2            0.818862      R Bar **2      0.814650
Uncentered R**2          0.820590      T x R**2      36.927
Durbin-Watson Statistic      1.945244

```

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif

1. A0001	-0.511800993	0.179765051	-2.847055	0.00673864
2. A0002	1.208662163	0.086209511	14.020056	0.00000000

W większości makroekonometrycznych modeli korzysta się z informacji o przepracowanym czasie pracy, będącym bardziej dokładną charakterystyką wkładu pracy niż liczba zatrudnionych. Brak systematycznie publikowanych danych uniemożliwia wprowadzenie tej zmiennej do modelu.

W modelu została wyraźnie określona **funkcja podaży siły roboczej**. Powrócono do bezpośredniej specyfikacji równania podaży siły roboczej, rezygnując z objaśnienia poziomu aktywności zawodowej, wykazującego długookresową tendencję malejącą. Przypomnijmy, że podaż siły roboczej została w próbie określona na poziomie równym liczbie pracujących powiększonej o rejestrowane bezrobocie.

Przyjęto jako zmienne objaśniające podstawowe czynniki, które modyfikują dynamikę siły roboczej w porównaniu z dynamiką liczby osób w wieku zdolności do pracy. Są one następujące. Po pierwsze, im wyższe są przeciętne wynagrodzenia realne (WBP_t / PYW_t), tym mniejsza jest skłonność do podejmowania pracy przez dodatkowych członków gospodarstwa domowego. W podobnym kierunku działa zwyczajka udziału świadczeń społecznych w dochodach ($YBSP_t / YP_t$), za czym kryje się także wzrost udziału świadczeń dla bezrobotnych. Wreszcie przyjęto, że na skłonność do podejmowania pracy wpływa sytuacja na rynku pracy. Im wyższa stopa bezrobocia (UNR_t), tym mniejsze szanse znalezienia pracy.

Z powyższych uzasadnień wynika postać funkcji podaży siły roboczej, którą podano w tab. 12.

Tablica 12

Podaż siły roboczej

FRML NSLP NSLP =

A0001
 + LOG(YBSP/YF) * A0002
 + LOG(WBP/PYW) * A0003
 + UNR * A0004
 + U8082 * A0005
 + U9196 * A0006
 + U0405 * A0007

Annual Data From 1970:01 To 2005:01

Usable Observations 36 Degrees of Freedom 29
 Centered R**2 0.993007 R Bar **2 0.991560
 Uncentered R**2 0.999949 T x R**2 35.998
 Durbin-Watson Statistic 1.531333

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. A0001	1.016169631	0.084162190	12.073945	0.00000000
2. A0002	-0.097247805	0.005333429	-18.233637	0.00000000
3. A0003	-0.045580161	0.009002206	-5.063221	0.00002128
4. A0004	-0.003385418	0.000302486	-11.191983	0.00000000
5. A0005	0.013048046	0.004051996	3.220153	0.00315176
6. A0006	0.050823241	0.003750881	13.549680	0.00000000
7. A0007	-0.024748769	0.005158368	-4.797791	0.00004449

Wyniki oszacowań potwierdziły przedstawione hipotezy. Elastyczność względem wynagrodzeń oszacowano na poziomie -0,05, względem udziału świadczeń socjalnych – na poziomie -0,1, podczas gdy przyrost stopy bezrobocia o 1 pkt proc. pociąga za sobą spadek podaży siły roboczej o ok. 0,3%.

Wyznaczone w powyższy sposób wielkości popytu i podaży pracujących pozwalają na oszacowanie poziomu bezrobocia jako wielkości rezydualnej:

$$UN_t = NS_t - N_t \quad (12)$$

i odpowiednio stopy bezrobocia:

$$UNR_t = UN_t / NS_t = (NS_t - N_t) / NS_t \quad (13)$$

Trzeba przyznać, że tak rezydualnie określony poziom stopy bezrobocia odznacza się zazwyczaj małą dokładnością. Dla celów kontrolnych korzysta się z uproszczonej specyfikacji, w której – zakładając stabilność podaży siły roboczej – uzależnia się UNR_t od czynników wyznaczających popyt na pracujących, a więc od stopnia wykorzystania potencjału produkcyjnego, o wyznaczaniu której piszemy później.

Zwróćmy na koniec uwagę, iż interesującym przedmiotem badań mogą być koncepcje potencjalnego zatrudnienia – albo odpowiadającego pełnemu wykorzystaniu aparatu produkcyjnego, albo koncepcji pełnego zatrudnienia. Będzie o nich mowa w dalszych punktach artykułu.

5. RÓWNANIA ŁĄCZNEJ PRODUKTYWNOŚCI CZYNNIKÓW PRODUKCJI (*TFP*)

Równanie objaśniające *TFP* ma centralne znaczenie w zbiorze zależności określających transmisję efektów zastosowania kapitału wiedzy, zarówno gdy chodzi o rozmiary produkcji, jak i zatrudnienia. Stąd przywiązujemy ogromną wagę do należytej jego specyfikacji, starając się udoskonalać ją w każdej kolejnej wersji modelu.

W teorii i praktyce makromodelowania występują istotne różnice w pojmowaniu zakresu *TFP* (patrz Welfe, 2002). Najbardziej szerokie jej określenie, przyjęte zresztą w naszych modelach, obejmuje efekty postępu technicznego w jego wszelkich formach: ucieleśnionego w środkach trwałych, w pracujących (kapitał ludzki), i nieucielesnionego – swobodnie rozprzestrzeniającego się pomiędzy krajami. Węższe określenie *TFP* wyłącza zeń efekty zmian jakości pracy, tj. zastosowania kapitału ludzkiego, traktując kapitał ten jako samodzielny czynnik produkcji (Maudos i in., 1999). Nie podzielamy tego stanowiska, jakkolwiek oddzielne oszacowanie jego dynamiki umożliwia traktowanie go bądź jako składowej *TFP*, bądź jako samodzielnego elementu, zwiększającego jakość czynnika pracy.

Dynamikę *TFP* objaśniono, starając się wyodrębnić czynniki określające efekty postępu technicznego ucieleśnionego w środkach trwałych, będącego rezultatem zastosowania krajowego i transferowanego z zagranicy kapitału wiedzy, oraz efekty ucieleśnione w pracujących (efekty kapitału ludzkiego).

Specyfikacja ta wymaga stosownego komentarza. We wcześniejszych opracowaniach dla charakterystyki postępu technicznego, ucieleśnionego w środkach trwałych, korzystano z prostej relacji pomiędzy przyrostem poziomu technicznego a stopą wzrostu środków trwałych¹. Dla maszyn i urządzeń (TKM_t), mamy:

$$TKM_t = TKM_{t-1} + (KKM_t - KKM_{t-1}) / KKM_{t-1} \quad (14)$$

przy czym $TKM_0 = 1$.

¹ Bliższą charakterystykę własności tego wskaźnika można znaleźć w: Welfe, 1992 oraz Welfe, Welfe, 2004.

Ujęcie to okazało się nieadekwatne do opisu sytuacji, w których nastąpiłby spadek środków trwałych (np. gdyby inwestycje oddane do użytku okazały się mniejsze od likwidacji środków trwałych). Trudno w takiej sytuacji przyjąć, iż nastąpiłby równoległy spadek jakości (poziomu technicznego) urządzeń. Nadto brak było powiązania tego miernika, a pośrednio nowych inwestycji, z wynikami w sferze B+R w kraju i za granicą, generującymi postęp techniczny.

Przeto zdecydowano się na endogenizację postępu technicznego, tj. odwzorowanie jego efektów przez uzależnienie poziomu technicznego od kapitału wiedzy technicznej ucieleśnionego w środkach trwałych. Kapitał ten powstaje w wyniku akumulacji wiedzy technicznej. Może on być reprezentowany przez nakłady na badania i rozwój (B+R), jednakże nie bieżące, lecz skumulowane, poniesione zarówno w kraju, jak i za granicą, transferowane do kraju. Przyjęto więc, iż *TFP* jest funkcją skumulowanych nakładów na badania i rozwój poniesionych w kraju (*BIRKS_t*) oraz skumulowanych nakładów na B+R zagranicą (*BIRMS_t*, lub *BIRMTS_t*)².

Przez nakłady na B+R zagranicą rozumiemy (jak o tym była mowa w pierwszym artykule) skumulowane nakłady poniesione przez główne kraje OECD, a mianowicie Francję, Holandię, Niemcy, Stany Zjednoczone AP, Wielką Brytanię i Włochy, ważone bądź to udziałem importu tych krajów do Polski (*BIRMS_t*), bądź – co jest absolutnym novum – udziałem grup towarów różniących się poziomem technicznym (*BIRTS_t*). Nakłady te są transferowane i absorbowane w kraju w proporcji do udziału importu inwestycyjnego w nakładach na inwestycje w maszyny i urządzenia³. Pierwszy z tych wariantów został zastosowany dla okresu do roku 1992, drugi, doskonalszy, od 1993 r., gdy udało się zgromadzić informacje o strukturze importu według grup towarów wyróżnionych ze względu na pięć poziomów technicznych.

Uznano także, że istotnym kanałem transferu zagranicznego kapitału wiedzy są bezpośrednie inwestycje zagraniczne (BIZ) (por. Borensztein i in., 1998; Lichtenberg, Van Pottelsberghe, 1998). Zmienna ta obejmuje nie tylko nakłady na postęp techniczny i organizacyjny, stąd jej umieszczenie ma charakter symptomatyczny.

Ważną zmienną objaśniającą jest kapitał ludzki na pracującego, jako miara jakości pracy zatrudnionych. Została ona zbudowana w taki sposób, iż różnym poziomom wykształcenia nadano wagi odpowiadające rynkowym relacjom wynagrodzeń pracujących o różnym poziomie wykształcenia. Mamy tu do

² Oddziaływanie nakładów na B+R, zwłaszcza transferowanych z zagranicy, ma bogatą literaturę. Omawiamy je w pracy Welfe, 2007. Tutaj ograniczymy się do wskazania podstawowych pozycji tej literatury: Coe, Helpman, 1995; Bayoumi i in., 1999; Engelbrecht, 1997, 2002; Lee, 2005; Xu, Wang 1999.

³ Metody i wyniki szacunków nakładów krajowych oraz zagranicznych na B+R przedstawiono w odrębnym opracowaniu.

czynienia z systematycznym wzrostem tego czynnika, wynikającym z rosnącego udziału osób z wyższym wykształceniem, a malejącego z podstawowym⁴.

Tablica 13

Łączna produktywność czynników produkcji

FRML	PLTFP	PLTFP	=	
				+ LOG(HKLZ/HKLZ(1)) * A0001
				+ LOG(BIRKSI/BIRKSI(1)) * A0002
				+ ((M7/JV)*LOG(BIRMSI)-(M7(1)/JV(1))*LOG(BIRMSI(1))) * U6092 * A0003
				+ PLBIRTS * (1-U6092) * A0004
				+ PLSJBUSD * (1-U6091) * A0005
				+ U8286 * A0006
				+ U91 * A0007
Annual Data From 1973:01 To 2005:01				
Usable Observations	33	Degrees of Freedom	26	
Centered R**2	-0.074155	R Bar **2	-0.322037	
Uncentered R**2	0.821521	T x R**2	27.110	
Durbin-Watson Statistic			2.016743	
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif

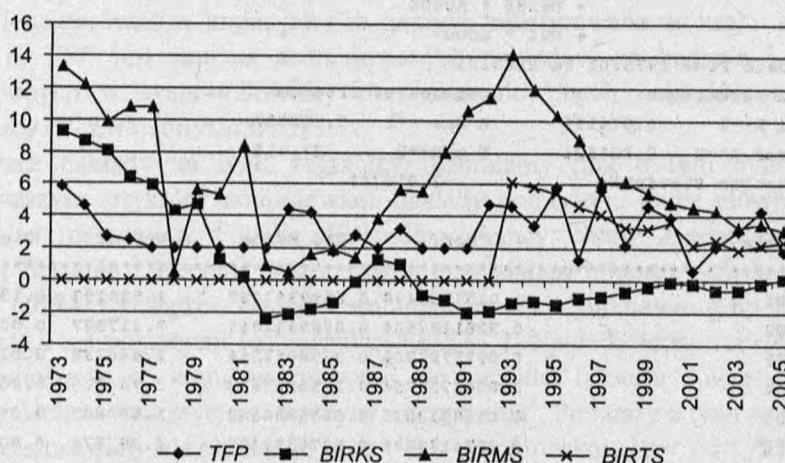
1. A0001	1.0157664498	0.6599343585	1.539193	0.13584019
2. A0002	0.3281137534	0.0988932845	3.317857	0.00268582
3. A0003	0.0973797204	0.0398063254	2.446338	0.02150614
4. A0004	0.6642954754	0.1755363612	3.784375	0.00081831
5. A0005	0.0168912025	0.0089804560	1.880885	0.07123274
6. A0006	0.0374179234	0.0076399427	4.897671	0.00004402
7. A0007	0.0378433449	0.0194214154	1.948537	0.06221988

Objaśniono tempa wzrostu *TFP* – tylko one mają sensowną interpretację ekonomiczną. Okazało się, że efekty zastosowań krajowego kapitału wiedzy są zaskakująco wysokie. Elastyczność względem *BIRMSI* jest równa 0,32, co 2-krotnie przekracza wartość otrzymywaną w poprzednich badaniach. Jeżeli nawet jest przeszacowana, to nader wyraźnie świadczy o wysokiej efektywności krajowych nakładów na B+R. Efekty transformacji zagranicznego kapitału wiedzy dla okresu gospodarki planowanej centralnie są zdecydowanie niskie (elastyczność poniżej 0,1), wskazując na występowanie poważnych problemów, gdy chodzi o absorpcję zagranicznego kapitału wiedzy w tamtym okresie. Natomiast efekty transferu zagranicznego kapitału wiedzy po 1991 r. są zaskakująco wysokie – elastyczność sięga 0,66, plasując Polskę w grupie krajów

⁴ Efektom wzrostu kapitału ludzkiego poświęcono bogatą literaturę. Przeważa w niej jednak ujęcie, w którym zmiany kapitału ludzkiego są powodowane zmianami w łącznej liczbie lat kształcenia. Por.: Barro 2001; Bassanini, Scarpetta, 2001; Benhabib, Spiegel, 1994; Fuente, 2004; Lee i in., 2003.

rozwijających się, które charakteryzują się wysoką absorpcją zagranicznego kapitału wiedzy. Efekty te są wspomagane przez napływ BIZ. Elastyczność względem tych nakładów otrzymano na niskim poziomie (blisko 0,02). Wiąże się to zapewne z tym, że niezbyt duża frakcja tych nakładów uczestniczy w transferze wiedzy techniczno-organizacyjnej. Należy podkreślić wysoką efektywność zastosowania rosnącego kapitału ludzkiego, o czym świadczy elastyczność na poziomie 1,0. Wynik ten okazał się oporny na zmiany w doborze zmiennych sztucznych.

W dalszym ciągu przedstawimy specyfikacje równań objaśniających krajowe i zagraniczne nakłady na B+R oraz dynamikę kapitału ludzkiego.



Rys. 3. Procentowe tempa wzrostu *TFP*, skumulowanych krajowych nakładów na B+R (*BIRKS*), skumulowanych zagranicznych nakładów na B+R (*BIRMS*) i skumulowanych zagranicznych nakładów na B+R z uwzględnieniem zróżnicowania technologicznego (*BIRTS*)

Źródło: obliczenia własne.

6. RÓWNANIA OBJAŚNIAJĄCE NAKŁADY NA BADANIA I ROZWÓJ

Dalsza endogenizacja postępu technicznego wymagała objaśnienia skumulowanych, a w konsekwencji bieżących, nakładów na B+R. Mianowicie skumulowane realne nakłady na B+R krajowe i zagranicy są otrzymywane na drodze rekurencyjnej, poprzez odjęcie od stanu początkowego deprecjacji wiedzy technicznej i dodanie bieżących realnych nakładów na B+R. W literaturze przyjmuje się, iż stopa deprecjacji wiedzy technicznej odpowiadającej skumulowanym nakładom na B+R waha się w granicach 0,05–0,15. Zgodnie z wynikami D. T. Coe, E. Helpmana (1995) przyjęto jej wartość na poziomie 0,05.

Bieżące krajowe, realne nakłady na badania i rozwój ($BIRK_t$) mają różne źródła zasilania, prywatne i publiczne. Przyjęto, iż nakłady na B+R w sektorze przedsiębiorstw $BIRKQ_t$ zależą głównie od realnej wielkości nadwyżki osiągniętej w tym sektorze ($AFZSP_t / PX_t$).

Tablica 14

Krajowe nakłady na B+R w sektorze przedsiębiorstw

FRML	LBIRKQ	LBIRKQ	=	A0001
			+	LOG(AFZSP/PX) * A0002
			+	LOG(AFZSP/PX) * U7079 * A0003
			+	U8081 * A0004
			+	U8285 * A0005
			+	U91 * A0006
			+	LOG(AFZSP/PX) * (U9097) * A0007
Annual Data From 1970:01 To 2005:01				
Usable Observations	36	Degrees of Freedom	29	
Centered R**2	0.911914	R Bar **2	0.893689	
Uncentered R**2	0.998956	T x R**2	35.962	
Durbin-Watson Statistic		1.604956		

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. A0001	3.377338241	0.602873323	5.602069	0.00000477
2. A0002	0.390283878	0.059353667	6.575565	0.00000033
3. A0003	0.070314289	0.011201078	6.277457	0.00000075
4. A0004	0.628939397	0.205935548	3.054059	0.00480306
5. A0005	-0.637237202	0.162134227	-3.930306	0.00048326
6. A0006	-1.909490493	0.285985294	-6.676884	0.00000025
7. A0007	-0.051143828	0.012942618	-3.951583	0.00045621

Elastyczność tych nakładów względem nadwyżki otrzymano bliską 0,4, z tym, że dla lat ożywienia, obejmujących lata 70. ubiegłego stulecia, była ona wyższa o 0,07.

Realne nakłady na B+R finansowane z budżetu państwa w oczywisty sposób zależą od kształtowania się bieżących wydatków budżetu. Średnią elastyczność otrzymano na poziomie 0,46. Jednakże wydatki te były przez wiele rządów traktowane rezydualnie, co znalazło wyraz w skokowych zmianach elastyczności: w latach 70. podniosła się do ok. 0,51, gdy w latach 80. spadła do 0,41.

Z kolei realne bieżące nakłady na B+R transferowane z zagranicy uzależniono od łącznego PKB wyróżnionych 6 krajów OECD (XW_t). Stanowi to daleko idące uproszczenie wobec metody ich szacunku dla okresu próby, przedstawionej w artykule pierwszym. Uproszczenie to polega na przyjęciu, iż stopy wzrostu gospodarczego wyróżnionych krajów są zbliżone.

Tablica 15

Krajowe nakłady na B+R finansowane z budżetu państwa

```

FRML LBIRKB LBIRKB = A0001
+ LOG(BCC) * A0002
+ LOG(BCC) * U7079 * A0003
+ LOG(BCC) * U8389 * A0004
+ (U87+U89+U90) * A0005
+ U91 * A0006

Annual Data From 1971:01 To 2005:01
Usable Observations 35 Degrees of Freedom 29
Centered R**2 0.939394 R Bar **2 0.928944
Uncentered R**2 0.999520 T x R**2 34.983
Durbin-Watson Statistic 2.097953

```

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. A0001	2.077083076	2.105461591	0.986521	0.33203715
2. A0002	0.459173999	0.185069030	2.481096	0.01914209
3. A0003	0.046633946	0.009261953	5.035001	0.00002301
4. A0004	-0.047072396	0.007165027	-6.569744	0.00000034
5. A0005	-1.531218936	0.114454084	-13.378456	0.00000000
6. A0006	0.407901117	0.194817558	2.093760	0.04513597

Tablica 16

Nakłady na B+R transferowane z zagranicy

```

FRML LBIRM LBIRM = A0001
+ LOG(XW) * A0002
+ U8289 * LOG(XW) * A0003
+ (1-U6091) * LOG(XW) * A0004
+ U78 * A0005
+ U7980 * A0006
+ U8889 * A0007
+ U9396 * A0008
+ (1-U6002) * A0009

Annual Data From 1973:01 To 2005:01
Usable Observations 33 Degrees of Freedom 24
Centered R**2 0.988269 R Bar **2 0.984359
Uncentered R**2 0.999946 T x R**2 32.998
Durbin-Watson Statistic 1.873167

```

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. A0001	-16.77480511	2.57156319	-6.523194	0.00000096
2. A0002	1.61451427	0.15997263	10.092441	0.00000000
3. A0003	-0.04303735	0.00286609	-15.016059	0.00000000
4. A0004	0.01008863	0.00502268	2.008616	0.05595691
5. A0005	-0.91681752	0.08672282	-10.571814	0.00000000
6. A0006	-0.29073995	0.06458281	-4.501816	0.00014743
7. A0007	0.36254923	0.07017172	5.166600	0.00002727
8. A0008	0.27752717	0.05388675	5.150194	0.00002842
9. A0009	-0.19292572	0.06022512	-3.203409	0.00380911

Dla zagranicznych nakładów na B+R otrzymanych przy założeniu, iż wagi krajów są proporcjonalne do udziału w imporcie ($BIRM_t$) otrzymano elastyczność rzędu 1,6. Dla nakładów na B+R uwzględniających w transferze kapitału wiedzy udziały towarów o różnym poziomie technicznym ($BIRT_t$) policzono relacje oparte na tempach wzrostu, co przyniosło ocenę elastyczności bliską jedności.

Tablica 17

Nakłady na B+R transferowane z zagranicy ważone udziałami importu według poziomu technicznego

FRML	PLBIRT	PLBIRT	=	
				+ LOG(XW/XW(1)) * A0001
				+ U93 * A0002
				+ U98 * A0003
				+ U2001 * A0004
Annual Data From 1993:01 To 2005:01				
Usable Observations	13	Degrees of Freedom	9	
Centered R**2	0.890291	R Bar **2	0.853721	
Uncentered R**2	0.897697	T x R**2	11.670	
Durbin-Watson Statistic		2.568145		

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif

1. A0001	0.969439880	0.505504153	1.917768	0.08736822
2. A0002	0.327848219	0.043682653	7.505227	0.00003673
3. A0003	-0.089296600	0.047151040	-1.893842	0.09077734
4. A0004	-0.154048176	0.043526870	-3.539151	0.00632252

7. RÓWNANIA KAPITAŁU LUDZKIEGO

Efekty postępu technicznego **ucieleśnionego w pracujących**, tj. **kapitału ludzkiego**, odwzorowują mierniki kapitału ludzkiego. Efekt ten w przeliczeniu na pracującego, równy $HKLZ_t$, pozwala wyznaczyć łączny zasób kapitału ludzkiego $NKLZ_t$:

$$NKLZ_t = HKLZ_t / N_t \quad (15)$$

gdzie:

N_t – liczba pracujących.

Oszacowanie kapitału ludzkiego sprowadzi się w modelu do wyznaczenia ważonej sumy liczby pracujących w trzech grupach wykształcenia: podstawowego, średniego i wyższego. Wagi te wyznaczono, przyjmując dwa warianty. W pierwszym jako wagi przyjęto liczbę lat kształcenia (S_t) odniesioną do liczby lat kształcenia w szkołach podstawowych. Kapitał ludzki tak zdefiniowany odwzorowuje łączną znormalizowaną liczbę lat kształcenia:

$$NKLS_t = \sum_{i=0}^2 (S_i / S_0) N_{it} \quad (16)$$

gdzie:

$$S_2 / S_0 = 2, \quad S_1 / S_0 = 1,5.$$

Stąd kapitał ludzki na pracującego jest równy:

$$HKLS_t = NKLS_t / N_t = \sum_{i=0}^2 (S_i / S_0) (N_{it} / N_t) \quad (17)$$

W drugim wariancie, przyjętym ostatecznie w modelu, w charakterze wag zastosowano relacje wynagrodzeń przeciętnych (ZB_i) względem wynagrodzeń osób z wykształceniem podstawowym (ZB_0) (por. Mulligan, Sala-i-Martin 1997). Relacje te otrzymano na podstawie wyników najnowszych dostępnych badań wynagrodzeń za rok 2006. Kapitał ludzki odwzorowujący łączną znormalizowaną sumę realnych wynagrodzeń dany jest wzorem:

$$NKLZ_t = \sum_{i=0}^2 (ZB_i / ZB_0) N_{it} \quad (18)$$

gdzie:

$$ZB_2 / ZB_0 = 2,0 \text{ oraz } ZB_1 / ZB_0 = 1,2.$$

Stąd kapitał ludzki na pracującego:

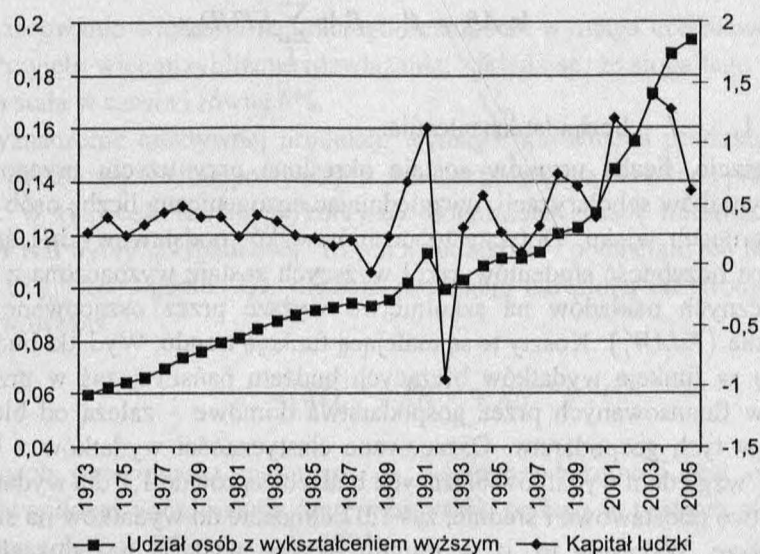
$$HKLZ_t = NKLZ_t / N_t = \sum_{i=0}^2 (ZB_i / ZB_0) (N_{it} / N_t) \quad (19)$$

Generowanie kapitału ludzkiego w modelu symulacyjnym odbywa się na drodze rekurencyjnej. Poziom kapitału ludzkiego w okresie t można otrzymać, odejmując od kapitału wyjściowego kapitał, który uległ deprecjacji (przedawnieniu) według stopy przyjętej przez analogię do kapitału rzeczowego na poziomie $\delta = 0,05$ oraz dodając kapitał nowy, tj. inwestycje w człowieka, zależne od przyrostu liczby pracujących w odpowiednich kategoriach wykształcenia. Mamy więc:

$$HKLZ_t = (1 - 0,05) HKLZ_{t-1} + \sum_{i=0}^2 (ZP_i / ZP_0) \Delta(N_{it} / N_t) \quad (20)$$

Jednakże w związku z tym, iż nie udało się oszacować efektów wzrostu doświadczenia zawodowego (*learning by doing*), przyjęto, iż jest on w przybliżeniu równy efektowi deprecjacji; we wzorze powyższym zignorowano więc ten ostatni.

Dalsze postępowanie prowadzące do otrzymania oczekiwanej liczby osób pracujących w poszczególnych grupach wykształcenia, liczby absolwentów i studentów odpowiednich typów szkół przedstawiono poniżej. Nie będziemy jednak wchodzić w szczegóły, odsyłając czytelnika do analiz, w których przedstawiono odpowiednie równania stochastyczne oraz tożsamości (por. prace: Welfe, red., 2001; Welfe i in., 2002).



Rys. 4. Procentowe tempa wzrostu kapitału ludzkiego (*HKLZ*) (oś prawa) oraz udział ludności z wykształceniem wyższym (oś lewa)

Źródło: obliczenia własne.

Problem sprowadza się do oszacowania liczebności pracujących w wyróżnionych grupach wykształcenia – podstawowym (PO), średnim (SR) i wyższym (WY). Generuje się je od strony podażowej.

W pierwszym kroku na podstawie równań stochastycznych zostaje ustalona relacja między liczbą pracujących z i -tym wykształceniem a liczbą absolwentów zgodnie z równaniem:

$$\ln N_{it} = \alpha_{0i} + \ln \left[(1 - 0,025) N_{i,t-1} + (1 - \alpha_{1i}) AB_{it} \right] \quad (21)$$

gdzie:

AB_{it} – liczba absolwentów szkół z i -tym poziomem,

α_{1i} – udział absolwentów kontynuujących naukę na poziomie $i + 1$.

Tak wyznaczone przyrosty pracujących według poziomu wykształcenia odwzorowuje podaż pracowników. Przyjęto, iż struktura popytu na pracujących

w tym układzie jest zbieżna do struktury podaży, wprowadzając odpowiednie korekty. Założenie to wymaga jednak modyfikacji. Szanse uzyskania pracy dla absolwentów szkół wyższych są niewątpliwie wyższe niż dla absolwentów szkół podstawowych.

W drugim kroku ustala się relacje między liczbą absolwentów szkół o i -tym poziomie a liczbą uczniów ($STUD_{it}$) tych szkół, uwzględniając typowy okres kształcenia:

$$\ln AB_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln \sum_j STUD_{ijt} \quad (22)$$

gdzie:

$j = 1, \dots, J$ – liczba lat kształcenia.

Wreszcie, liczba uczniów zostaje określona przy użyciu oszacowanych współczynników scholaryzacji, uwzględniając egzogeniczną liczbę osób w ustalonych grupach wieku. Dotyczy to uczniów szkół podstawowych i średnich. Natomiast liczebność studentów szkół wyższych zostaje wyznaczona z podzielenia łącznych nakładów na szkolnictwo wyższe przez oszacowane koszty kształcenia ($KJAW_t$). Koszty te są malejącą funkcją trendu. Wydatki budżetu na edukację są funkcją wydatków bieżących budżetu państwa, zaś w przypadku nakładów finansowanych przez gospodarstwa domowe – zależą od bieżących wydatków tych gospodarstw. Oszacowane elastyczności wydatków z budżetu państwa względem wydatków bieżących budżetu są równe 1,1 dla wydatków na szkolnictwo podstawowe i średnie, zaś 1,07 odnośnie do wydatków na szkolnictwo wyższe. Wskazuje to, iż w długim okresie wydatki na edukację rosną szybciej niż wydatki bieżące budżetu państwa. Oszacowana elastyczność wydatków gospodarstw domowych na kształcenie wyższe jest równa 1.

8. PRODUKCJA POTENCJALNA

Oszacowanie parametrów funkcji łącznej produktywności czynników produkcji pozwoliło na wyznaczenie potencjalnych (od strony podaży) wielkości PKB przy alternatywnych założeniach dotyczących czynników jego wzrostu.

1. Wyróżniamy najpierw **potencjalny PKB (XK_t) odpowiadający pełnemu wykorzystaniu środków trwałych**, którego wartość otrzymamy, podstawiając do funkcji produkcji (3) wielkości odpowiadające posiadanym zasobom środków trwałych oraz potencjalnej liczby pracujących, niezbędnej do pełnego ich uruchomienia (NK_t). Wielkości potencjalnego zatrudnienia (NK_t) można wyznaczyć, korzystając z oszacowanego poziomu technicznego uzbrojenia pracy (TUM_t). Mamy wówczas:

$$NK_t = KM_t / TUM_t \quad (23)$$

2. Dla wyznaczenia potencjalnego PKB zakładającego **pełne zatrudnienie** potrzebne jest z kolei określenie pełnego zatrudnienia (NU). Często przyjmuje się, że jest ono równe podaży siły roboczej pomniejszonej o wielkość naturalnego bezrobocia (UNA_t), tj.:

$$NU_t = NS_t - UNA_t \quad (24)$$

Oszacowanie wielkości naturalnego bezrobocia wymaga dodatkowych studiów. Przyjęto więc przybliżone rozwiązanie, zakładając, że stopa tego bezrobocia była stała w czasie i równa 6%.

Wyznaczenie efektywnej produkcji wymaga porównania produkcji potencjalnej, określonej według powyższych zasad, z produkcją określoną przez popyt finalny. W tym celu można wykorzystać uogólnioną zasadę minimum. **Efektywny PKB** byłby „wypadkową” trzech składników – potencjalnych produkcji: XD_t , XK_t , XN_t , gdzie XD_t oznacza produkcję określoną od strony popytu. Mamy wówczas:

$$X_t = (XD_t^{-\rho} + XK_t^{-\rho} + XN_t^{-\rho})^{-1/\rho} \quad (25)$$

Sposób oszacowania parametru ρ , którego odwrotność jest nazywana współczynnikiem wymieszania (ang. *mismatch*), podano w naszych wcześniejszych pracach (por. Welfe, red., 2004).

Dla ostatnich 10-leci można było przyjąć, iż produkcja efektywna jest równa wielkości popytu, tj. $X_t = XD_t$.

W wyniku powyższych obliczeń można wyznaczyć charakterystyki **stopnia wykorzystania potencjału produkcyjnego** w dwóch wariantach określonych wyżej. Najbardziej ogólny określa relację między PKB wytworzonym (X_t) a potencjalnym, zakładającym pełne wykorzystanie aparatu produkcyjnego (XK_t):

$$WWM_t^K = X_t / XK_t \quad (26)$$

Alternatywny współczynnik $WWMU_t$ określa relację pomiędzy PKB wytworzonym a potencjalnym, przyjmującym pełne zatrudnienie.

Współczynniki te w analizach symulacyjnych winny zastąpić ich aproksymację, jaką był stopień wykorzystania czasu pracy pracujących (WN_t).

W dalszej kolejności mogą być analizowane relacje pomiędzy dynamiką potencjalnego PKB a czynnikami jego wzrostu, m. in. *TFP*, z uwzględnieniem efektów wzrostu kapitału ludzkiego i nakładów na B+R.

BIBLIOGRAFIA

- Aghion P., Howitt P. (1998), *Endogenous Growth Theory*, MIT Press, Cambridge (MA)
- Barro R. J. (2001), *Human Capital and Growth*, „American Economic Review, Papers and Proceedings”, Vol. 91/2, s. 12–17
- Barro R. J., Lee J. W. (1996), *International Measures of Schooling Years and Schooling Quality*, „American Economic Review, Papers and Proceedings”, Vol. 86/2, s. 218–223
- Bassanini A., Scarpetta S. (2001), *Does Human Capital Matter for Growth in OECD Countries?: Evidence from Pooled Mean-Group Estimate*, „OECD Economics Department Working Papers”, No. 282, OECD Publishing
- Bayoumi T., Coe D. T., Helpman E. (1999), *R&D Spillovers and Global Growth*, „Journal of International Economics”, Vol. 47, s. 399–428
- Benhabib J., Spiegel M. M. (1994), *The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-Country and Regional U.S. Data*, „Journal of Monetary Economics”, Vol. 34/2, s. 143–173
- Borensztein E., De Gorgio J., Lee J. W. (1998), *How Does Foreign Direct Investment Affect Economic Growth?*, „Journal of International Economics”, Vol. 45, s. 115–135
- Cameron G., Proudman J., Redding S. (2005), *Technological Convergence, R&D, Trade and Productivity Growth*, „European Economic Review”, Vol. 49, s. 775–807
- Cincera M., Van Pottelsberghe de la Potterie B. (2001), *International R&D Spillovers A Survey*, „Cahiers Economiques de Bruxelles”, Vol. 169, No. 1, s. 1–20
- Coe D. T., Helpman E. (1995), *International R&D Spillovers*, „European Economic Review”, Vol. 39, s. 859–887
- Engelbrecht H. J. (1997), *International Spillovers, Human Capital and Productivity in OECD Economies. An Empirical Investigation*, „European Economic Review”, Vol. 41, s. 1479–1488
- Engelbrecht H. J. (2002), *Human Capital and International Knowledge Spillovers in TFP Growth of a Sample of Developing Countries: An Exploration of Alternative Approaches*, „Applied Economics”, Vol. 34, s. 831–841
- Florczak W., Welfe W. (2000), *Wyznaczanie potencjalnego PKB, łącznej produktywności czynników produkcji*, „Gospodarka Narodowa”, nr 11–12, s. 10–55
- Fuente de la A. (2004), *Human Capital and Growth: Some Results for the OECD*, [w:] *Current Issues of Economic Growth*, „Proceedings of OeNB Workshops”, No. 2 (Vienna)
- Jaffe A., Trajtenberg M., Henderson R. (1993), *Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations*, „Quarterly Journal of Economics”, August, s. 577–598
- Le T., Gibson J., Oxely L. (2003), *Cost- and Income-Based Measures of Human Capital*, „Journal of Economic Surveys”, Vol. 17, No. 3, s. 271–307
- Lee G. (2005), *Direct versus Indirect International R&D Spillovers*, „Information Economics and Policy”, Vol. 17, s. 334–348
- Lichtenberg F. R., Van Pottelsberghe de la Potterie B. (1998), *Does Foreign Direct Investment Transfer Technology Across Borders*, „The Review of Economics and Statistics”, Vol. 83, s. 490–497
- MacGarvie M. (2005), *The Determinants of International Knowledge Diffusion as Measured by Patent Citations*, „Economic Letters”, Vol. 87, s. 121–126
- Maudos J., Pastor J. M., Serrano L. (1999), *Total Factor Productivity Measurement and Human Capital in OECD Countries*, „Economic Letters”, Vol. 63, s. 39–64

- Milo W., Szafrński G. (2006), *Uwagi na temat pomiaru kapitału ludzkiego*, [w:] A. Zeliaś (red.), *Przestrzenno-czasowe modelowanie i prognozowane zjawiska gospodarczych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków, s. 81–98
- Mincer J. (1970), *The Distribution of Labour Incomes: A Survey with Special Reference to Human Capital Approach*, „Journal of Economic Literature”, Vol. 8, No. 1, March, s. 1–26
- Mulligan C. B., Sala-i-Martin X. (1997), *A Labour Income-Based Measure of the Value of Human Capital: An Application to the States of the United States*, „Japan and the World Economy”, Vol. 9, No. 2, s. 159–191
- Peretto P., Smulder S. (2002), *Technological Distance, Growth and Scale Effects*, „The Economic Journal”, Vol. 112, s. 603–624
- Romer P. M. (1990), *Human Capital and Growth: Theory and Evidence*, „Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy”, Vol. 32, s. 251–286
- Solow R. (1957), *Technical Change and Aggregate Production Function*, „Review of Economics and Statistics”, Vol. 39, s. 312–320
- Welfe W. (1992), *Ekonometryczne modele gospodarki narodowej Polski*, PWE, Warszawa;
- Welfe W. (2000), *Empiryczne modele wzrostu gospodarczego*, „Ekonomista”, nr 4, s. 483–499
- Welfe W. (2002), *Łączna produktywność czynników produkcji a postęp techniczny*, „Studia Ekonomiczne”, Vol. 36–37, nr 1–2, s. 94–115
- 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
- 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)
- Xu B., Wang J. (1999), *Capital Goods Trade and R&D Spillovers in the OECD*, „Canadian Journal of Economics”, Vol. 32, No. 5, s. 1258–1274

Władysław Welfe, Waldemar Florczak, Iwona Świczewska

EQUATIONS EXPLAINING PRODUCTION PROCESS

Extended producing function is the major instrument in analyzing the production process. The Cobb–Douglas production function with constant returns to scale is recommended. The fixed capital and employment impacts are discussed. Major role is played by the total factor productivity (*TFP*). Its measurement problems are discussed in detail. The growth of *TFP* is explained taking into account the R&D capital and human capital. Domestic and foreign R&D capital is distinguished, various channels of foreign R&D capital transfer are discussed. The equations explaining demand for labour and labour supply are specified and the rate of unemployment determined.