

*Władysław Welfe**

**MODELOWANIE INWESTYCJI
A GOSPODARKA OPRATA NA WIEDZY**

WPROWADZENIE

Modelowanie inwestycji zajmuje poczesne miejsce w procesie modelowania funkcjonowania i wzrostu gospodarki narodowej. Decyzje inwestycyjne są podejmowane w sferze przedsiębiorstw w wyniku antycypacji przyszłego wzrostu produkcji przy uwzględnieniu rachunku ekonomicznego. W długim okresie muszą być brane pod uwagę efekty postępu technicznego, tj. kapitału wiedzy materializującego się w nowych urządzeniach i aparaturze produkcyjnej. Efekty działalności inwestycyjnej mają doniosłe znaczenie, tak gdy chodzi o źródła cykliczności w gospodarce, jak też gdy idzie o wzrost gospodarczy, choć w tej dziedzinie coraz to większą rolę przypisuje się współcześnie efektom absorpcji kapitału wiedzy.

W opracowaniu zostaną przedstawione po pierwsze podstawowe koncepcje, na których zostało oparte modelowanie popytu inwestycyjnego – od zasady akceleratora po neoklasyczną koncepcję kosztów uzyskania inwestycji Jorgensona oraz ważniejsze wyniki badań empirycznych. Zostały one uzupełnione o elementy charakterystyczne dla współczesnych gospodarek opartych na wiedzy. Należą do nich: uwzględnienie ryzyka w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych, a z drugiej strony efektów absorpcji kapitału wiedzy, zwłaszcza w krajach należących do wschodzących rynków, na przykład poprzez import inwestycyjny i zagraniczne inwestycje.

Wspomniano również o nurcie badań opartym na analizie finansowej sytuacji przedsiębiorstw, w tym koncepcji „Q” Tobina, oraz uwzględniające restrykcje finansowe.

W końcowym fragmencie opracowania nawiązano do roli, jaką odgrywają inwestycje w procesie wzrostu gospodarczego, uwzględniając rosnące znaczenie absorpcji kapitału wiedzy, w znacznej mierze ucieleśnionego w dokonywanych inwestycjach. Szczególne znaczenie przypisuje się tu dynamice łącznej

* Prof. zw., dr hab., Uniwersytet Łódzki, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny, Instytut Ekonometrii.

produktywności czynników produkcji, powiązanej przede wszystkim z absorpcją nakładów na B+R i ich transferu z zagranicy.

Pełny obraz efektów realizacji popytu inwestycyjnego otrzymamy uwzględniając, iż wchodzi ona w sprzężenie zwrotne, w którym to inwestycje współdecydują o stopie wzrostu PKB. To zaś jest głównym wyznacznikiem bieżących decyzji inwestycyjnych. Pokazano rolę odpowiedniego mnożnika-akceleratora dla Polski.

FUNKCJE ZAPOTRZEBOWANIA NA CZYNNIKI PRODUKCJI A FUNKCJA PRODUKCJI

W modelach makroekonometrycznych zorientowanych popytowo przyjmowano, iż produkcja jest określana przez popyt, ta zaś wyznacza rozmiary zapotrzebowania na czynniki produkcji, przede wszystkim na środki trwałe oraz ich przyrost, a więc na popyt inwestycyjny.

Za punkt wyjścia przyjmowano funkcje produkcji określające technologię wytwarzania. Przyporządkowują one produkcję nakładom czynników produkcji. Ich odwrócenie (rozwiązanie) względem poszczególnych czynników produkcji prowadzi do otrzymania funkcji zapotrzebowania na środki trwałe (i inwestycje), oraz pozostałe czynniki produkcji.

W literaturze występuje wielość form tych funkcji¹. Ograniczymy się do przedstawienia najbardziej rozpowszechnionych w makromodelach:

– funkcji Cobb-Douglasa o stałych elastycznościach względem czynników produkcji (ceny stałe):

$$X_t = BA_t K_t^\alpha N_t^\beta e^{\varepsilon_t}, \quad (1)$$

gdzie

A_t – łączna produktywność czynników produkcji,

K_t – środki trwałe,

N_t – zatrudnienie,

ε_t – składnik losowy,

$\alpha > 0$ – elastyczność względem środków trwałych,

$\beta > 0$ – elastyczność względem zatrudnienia,

¹ Por. W. Welfe, *Stylized Empirical Model of Economic Growth*, [w:] *Macromodels 2004, Problems of Building and Estimation of Econometric Models*, Welfe W., Welfe A. (red.), "Acta UŁ, Folia Economica", 190, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2005, ss. 109–125.

$\alpha + \beta = \nu$ – stopień jednorodności funkcji; gdy $\nu = 1$ brak efektów skali.

– oraz funkcja CES o stałych elastycznościach substytucji (Constant Elasticity of Substitution):

$$X_t = \gamma [\delta K_t^{-\rho} + (1 - \delta) N_t^{-\rho}]^{-\nu/\rho}, \quad (2)$$

gdzie

γ – efektywność procesu produkcji,

δ – intensywność oddziaływania środków trwałych,

$\rho > 0$ – parametr powiązany z elastycznością substytucji $\delta_{K,N} = 1/(1 + \rho)$;

gdy $\rho \rightarrow 1$ otrzymujemy funkcję (1),

ν – stopień jednorodności funkcji (wyraża efekty skali).

Funkcję zapotrzebowania na czynniki produkcji otrzymamy, odwracając odpowiednio funkcję produkcji. Przedstawimy ją dla funkcji Cobb-Douglasa, którą dla wygody obustronnie zlogarytmujemy (małe litery oznaczają logarytmy zmiennych):

$$x_t = b + \alpha k_t + \beta n_t + \varepsilon_t \quad (1')$$

Funkcja zapotrzebowania na środki trwałe ma postać:

$$k_t = c - \gamma a_t + \gamma x_t - \beta \gamma n_t - \gamma \varepsilon_t, \quad (3)$$

gdzie

$$\gamma = 1/\alpha$$

$$c = -b/\alpha$$

Wykorzystanie tej funkcji w procesie estymacji ma tę niedogodność, iż należy spodziewać się współliniowości produkcji i zatrudnienia. Można tego uniknąć, zakładając, iż nie występują efekty skali, tj. $\alpha + \beta = 1$. Umożliwia to odpowiednie przekształcenia tej funkcji. Prowadzą one do wyznaczenia bądź funkcji kapitałochłonności (K_t/X_t), bądź technicznego uzbrojenia pracy (K_t/N_t). Mamy, korzystając z logarytmów zmiennych:

a. funkcję kapitałochłonności

$$k_t - x_t = c - \gamma a_t - \beta \gamma (n_t - x_t) - \gamma \varepsilon_t, \quad (3')$$

gdzie kapitałochłonność zależy od pracochłonności; odwrotność tej funkcji wyraża produktywność środków trwałych zależną od wydajności pracy;

b. funkcję technicznego uzbrojenia pracy:

$$k_t - n_t = c - \alpha_t - \gamma(n_t - x_t) - \eta \varepsilon_t, \quad (3'')$$

gdzie techniczne uzbrojenie pracy rośnie, gdy pracochłonność maleje (wydajność pracy rośnie).

W powyższych rozważaniach brano pod uwagę jedynie techniczne uwarunkowania procesu produkcji. Stosunkowo wcześniej zwrócono uwagę, iż podejmując decyzje dotyczące procesu produkcji, w tym generowania zapotrzebowania na czynniki produkcji, przedsiębiorstwa kierują się wynikami optymalizacji tj. maksymalizacji zysku (bądź minimalizacji kosztów) w warunkach niedoskonałej konkurencji.

Ma zatem miejsce proces maksymalizacji zysku, co w uproszczeniu przedstawia wzór:

$$\max \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t (P_t X_t - Z_t N_t - R_t K_t), \quad (4)$$

przy założeniu, iż X_t jest wyznaczane z funkcji produkcji (1), oraz

P_t – ceny realizacji,

R_t – cena kapitału trwałego,

Z_t – wynagrodzenie przeciętne.

Rozwiązanie tego zadania prowadzi do specyfikacji długookresowych równań zapotrzebowania na środki trwałe, wzbogaconych o efekty cenowe. Funkcja zapotrzebowania na środki trwałe, ma teraz postać:

$$k_t^* = c - \alpha_t + \alpha_t - \beta \gamma n_t - \nu(r_t - p_t) + \varepsilon_t, \quad (5)$$

gdzie dodatkową zmienną jest realna cena kapitału R_t / P_t ; im jest ona wyższa, tym niższe zapotrzebowanie.

Równanie powyższe stanowi punkt wyjścia dla rozbudowy funkcji popytu na środki trwałe i ich przyrostu, tzn. inwestycji.

FUNKCJA POPYTU NA ŚRODKI TRWAŁE I INWESTYCJE

Zapotrzebowanie przedsiębiorstw na środki trwałe jest konfrontowane z posiadanym ich zasobem. Jego realizacja może pociągnąć zwiększenie stopnia ich wykorzystania. Łączy się jednak na ogół z koniecznością ich zwiększenia w wyniku inwestycji. Proces ten można wyrazić, przyjmując założenie, iż będą

mieć miejsce adaptacyjne dostosowania, w wyniku których zostaną określone rozmiary środków trwałych na końcu danego okresu K_t .

Mamy:

$$K_t - K_{t-1} = \gamma(K_t^* - K_{t-1}). \quad (6)$$

Przy czym zgodnie z (5)

$$K_t^* = CA_t^{-\gamma} X_t^\gamma N_t^{\beta\gamma} (R_t / P_t)^{-\nu} e^{\varepsilon_t} \quad (7)$$

Przyrost środków trwałych będzie więc równy:

$$\Delta K_t = \gamma K_t^* - \gamma K_{t-1} \quad (6')$$

Z drugiej strony, przyrost środków trwałych otrzymamy od strony podaży jako różnicę inwestycji brutto (oddanych do użytku) I_t oraz likwidacji środków trwałych D_t :

$$\Delta K_t = I_t - D_t, \quad (8)$$

Na ogół przyjmuje się, iż stopa likwidacji δ jest stała, zaś często zastępuje się ją stopą amortyzacji. Mamy:

$$D_t = \delta K_{t-1}, \quad (9)$$

stąd

$$\Delta K_t = I_t - \delta K_{t-1} \quad (8')$$

Przyrównując równania (6') i (8'), otrzymamy:

$$\gamma K_t^* - \gamma K_{t-1} = I_t - \delta K_{t-1}.$$

Pozwala to wyznaczyć rozmiary inwestycji oddanych do użytku jako funkcję popytu na środki trwałe:

$$I_t = \gamma K_t^* + (\delta - \gamma) K_{t-1}, \quad (10)$$

gdzie K_t^* jest określone równaniem (7)

Decydujące znaczenie ma tu związek z rozmiarami produkcji, co wyraża zasadę prostego akceleratora.

Na ogół w modelach przyjmuje się, iż inwestycje oddane do użytku są równe nakładom inwestycyjnym J_t ($J_t \equiv I_t$). W niektórych krajach m.in. w Polsce

występują różnice między tymi miernikami (gdy nakłady inwestycyjne finansują roboty w roku).

Stąd dochodzą równania łącznikowe:

$$J_t = \sum_{i=0}^m \omega_i I_{it}, \quad (11)$$

gdzie $0 < \omega_i < 1$ wagi^{*}.

Specyfikacja funkcji inwestycji, z jaką spotykamy się w makroekonometrycznych modelach w pewnej mierze odbiega od przedstawionej wyżej. Przedstawiamy ją bardziej szczegółowo.

Wielu autorów dokonuje linearyzacji funkcji popytu na środki trwałe. Przyjmuje ona wówczas postać²:

$$K_t^* = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 (R_t / P_t) + \varepsilon_t \quad (12)$$

Pominięto w niej efekty zmian zatrudnienia, które są częściowo odwzorowywane przez zmiany w produkcji X_t , a także efekty postępu technicznego.

Zakładając adaptacyjny mechanizm dostosowań:

$$K_t = \lambda K_t^* + (1 - \lambda) K_{t-1},$$

otrzymuje się wówczas

$$\Delta K_t = \lambda \beta_0 + \lambda \beta_1 X_t + \lambda \beta_2 (R_t / P_t) - \lambda K_{t-1}. \quad (13)$$

Korzysta się następnie z tożsamości (8)

$$\Delta K_t = I - \delta K_{t-1},$$

co po przyrównaniu (13) i (8) pozwala wyznaczyć rozmiary inwestycji I_t :

$$I_t = \lambda \beta_0 + \lambda \beta_1 X_t + \lambda \beta_2 (R_t / P_t) + (\delta - \lambda) K_{t-1}. \quad (14)$$

Równanie w tej postaci lub logarytmicznej występowało w wielu zwłaszcza wczesnych makromodelach. Były one zazwyczaj uzupełniane przez wprowadzenie odpowiednich rozkładów opóźnień, tj. odnośnie relacji z rozmiarami produkcji przez wprowadzenie zasady zmiennego akceleratora. Miało to umożliwić odwzorowanie opóźnień w dostawach urządzeń, ich

² Por. m.in. L. R. Klein, A. Welfe, W. Welfe, *Principles of Macroeconometric Modeling*, North-Holland, Amsterdam 1999.

instalacji, z drugiej zaś strony uwzględnienie oczekiwań przedsiębiorstw opartych na doświadczeniach z przeszłości.

W latach 60-tych D. Jorgenson uogólnił powyższy model, wprowadzając do równania inwestycji szeroko rozumiane koszty uzyskania inwestycji KU_t w miejsce jednego tylko głównego składnika – stopy oprocentowania kredytów. Zwrócił także uwagę, iż proces inwestycyjny rozciąga się w czasie, co wymaga wprowadzenia odpowiednich rozkładów opóźnień³.

Koszt uzyskania inwestycji został określony, tak aby uwzględnić elementy fiskalnej natury, pozwalające na ewentualne analizy efektów polityki podatkowej. Mamy:

$$KU_t = \frac{P_{jt}}{P_t} (r_t - \delta)(1 - m_t - z_t)/(1 - t_t), \quad (15)$$

gdzie:

P_{jt} – ceny dóbr inwestycyjnych,

P_t – deflator PKB,

r_t – stopa procentowa,

δ – stopa amortyzacji,

m_t – stopa opodatkowania kredytu inwestycyjnego,

z_t – stopa podatkowa obciążająca amortyzację,

t_t – stopa podatku dochodowego obciążającego korporacje.

Uwzględniając opóźnienia w procesie inwestycyjnym otrzymamy:

$$I_t = \sum_{j=0}^J \alpha \beta_j \Delta (X_{t-j} KU_{t-j}^{-\sigma}) + u_t, \quad (16)$$

gdzie σ stała elastyczność substytucji między środkami trwałymi a innymi czynnikami produkcji, u_t – składnik losowy. W zastosowaniach często przyjmuje się $\sigma = 1$.

Niekiedy w równaniach rozważa się relacje inwestycji i środków trwałych (współczynniki odnowienia) $(i_t - k_{t-1})$ traktując je jako funkcję zmian powyżej wymienionych czynników⁴.

³ D. W. Jorgenson, *Capital Theory and Investment Behavior*, "American Economic Review", vol. 53, 1963, ss. 247–259.

⁴ Por. np. C. Dreger, M. Marcellino, *A Macroeconometric Model for the Euro Economy*, "Journal of the Policy Modelling", vol. 29, 2007, pp. 1–13.

Noeklasyczna koncepcja Jorgensona znalazła zastosowanie w licznych makroekonometrycznych modelach. W wielu przypadkach była używana w wersji uproszczonej. W szczególności zmienne były traktowane jako separowalne, sumy przyrostów ΔX_t zastępowano, korzystając z przekształcenia Koyck'a ważoną sumą opóźnionych inwestycji I_{t-1} oraz przyrostu bieżącej produkcji ΔX_t , a wreszcie ze względu na przypadkowość wahań przyrostów produkcji, zastępowano je przez poziomy produkcji X_t . Koszty uzyskania były często reprezentowane przez główne ich składniki – stopy procentowe, w nowszych zaś zastosowaniach dołączono do nich premię za ryzyko (risk premium). Po takich uproszczeniach funkcja inwestycji przybrała postać:

$$I_t = \alpha_0 + \alpha_1 I_{t-1} + \alpha_2 X_t + \alpha_3 KU_t + \varepsilon_t. \quad (17)$$

Często powraca się do relacji potęgowych. Wówczas mamy (małe litery oznaczają logarytmy zmiennych):

$$i_t = \alpha_0 + \alpha_1 i_{t-1} + \alpha_2 x_t + \alpha_3 ku_t + \zeta_t \quad (17')$$

Postać tę można odnaleźć w wielu makromodelach.

Tytułem przykładu podamy oszacowania parametrów funkcji popytu inwestycyjnego otrzymane przez R. Faira, w których to koszty uzyskania są reprezentowane przez długookresowe stopy procentowe. Parametry szacowano podwójną MNK.

Tablica 1.

Oceny parametrów funkcji inwestycji

Kraje	Elastyczność inwestycji względem			Przyrost względny inwestycji wynikający z jednostkowej zmiany nominalnej, długookresowej stopy procentowej	
	opóźnionych inwestycji	PKB			
			krótco-okresowe	długo-okresowe	krótco-okresowe
Francja	0,955	0,021	0,47	-0,0025 ^{a)}	-0,056
Japonia	0,923	0,045	0,58	-0,0026	-0,034
Niemcy	0,893	0,088	0,82	-0,0027	-0,021
W. Brytania	0,840	0,153	0,96	-0,0042 ^{a)}	-0,026
Włochy	0,914	0,051	0,59	-0,0017 ^{a)}	-0,020

^{a)} zmienna opóźniona o kwartał

Źródło: R. C. Fair, *Estimating how the Macroeconomy Works*, Harvard University Press, Cambridge, Ma., 2004, s. 269.

Zwracają uwagę wysokie wartości oszacowań współczynników autoregresji, co tłumaczy różnice między krótko i długookresowymi elastycznościami względem PKB. Te ostatnie jedynie odnośnie W. Brytanii są bliskie jedności. W pozostałych krajach mieszczą się w przedziale 0.5-0.6. Wynik ten stawia pod znakiem zapytania zasadność kalibracji powyższej elastyczności na poziomie równym jedności.

Kolejny przykład dotyczy wyników oszacowań otrzymanych w modelu gospodarki światowej MEMMOD. Oszacowania otrzymano, stosując powszechnie używaną metodę dwustopniową, używając w drugim stopniu ECM. Przyjęto, iż koszty uzyskania są reprezentowane przez stopy procentowe. Oto zastosowane równania:

równanie długookresowe:

$$\ln I_t^* = \alpha_0 + \alpha_1 \ln X_t + \alpha_2 0,01(R_t / P_t)$$

równanie krótkookresowe:

$$\Delta \ln I_t = \beta_1 \Delta \ln I_{t-1} + \beta_2 \Delta \ln X_t + \beta_3 0,01 \Delta(R_t / P_t) + \beta_4 (\ln I_t - \ln I_{t-1}^*)$$

Tablica 2.

Oceny elastyczności funkcji inwestycji. Próba 1974–1997

Kraje	Elastyczności długookresowe względem		Elastyczności krótkookresowe względem			Współczynniki korekty błędem
	PKB	realnych stóp procentowych	opóźnionych inwestycji	PKB	realnych stóp procentowych	
	α_1	α_2	β_1	β_2	β_3	
Francja	1,00 .	-0,02 (4,4)	0,67 (13,3)	0,49 (5,6)	-0,20 (3,6)	-0,09 (4,0)
Japonia	1,0 .	-1,97 (4,7)	0,67 (13,1)	0,56 (5,9)	-0,10 (7,1)	-0,11 (3,5)
Kanada	1,17 (30,2)	-1,00 .	0,73 (10,2)	0,45 (3,5)	-0,83 (2,5)	-0,15 (3,3)
Niemcy	1,30 (26,6)	. .	0,49 (7,5)	1,21 (7,0)	-0,41 (3,1)	-0,10 (2,7)
USA	0,98 (30,0)	. .	0,66 (13,9)	0,66 (6,5)	-0,28 (1,8)	-0,20 (4,9)
W. Brytania	1,04 (31,5)	-0,30 .	0,51 (7,6)	0,73 (5,4)	-0,15 (0,6)	-0,29 (4,4)
Włochy	0,44 (14,0)	-0,55 (3,1)	0,68 (14,6)	0,34 (4,9)	-0,07 (0,7)	-0,20 (4,4)

W nawiasach podano wartości statystyki t-Studenta.

Źródło: *Macro Econometric Multicountry Model*, Deutsche Bundesbank, 2000.

Długookresowe elastyczności względem PKB są w tych oszacowaniach bliskie jedności lub kalibrowane na poziomie jedności (wyjątkiem są Włochy), natomiast krótkookresowe zawierają się w przedziale 0,3-0,7 (wyjątkiem Niemcy), co zapewne wiąże się w wysokimi (0,5-0,7) współczynnikami autoregresji (inaczej zdefiniowanymi niż w poprzednim przykładzie). Szybkość adaptacji do poziomów równowagi jest powolna.

W niektórych makromodelach były podejmowane próby uzupełnienia powyższych specyfikacji przez wyraźne uwzględnienie stopnia wykorzystania potencjału produkcyjnego WX_t ; wysokie jego wartości skłaniają

przedsiębiorstwa do podejmowania nowych inwestycji. Próby sięgają wczesnych modeli Wharton, w których to używano specjalnych mierników Wharton⁵.

Mamy wówczas:

$$i = \alpha_0 + \alpha_1 i_{t-1} + \alpha_2 x_t + \alpha_3 k u_t + \alpha_4 w x_t + \zeta_t, \quad (17'')$$

W końcu lat 60-tych zwrócono uwagę, iż proces inwestycyjny pociąga za sobą koszty instalacji (przekuwania aparatu produkcyjnego, szkolenie personelu etc.). Zaproponowano więc, poszerzenie specyfikacji funkcji inwestycji o zmienną KA_t wyrażającą koszty instalacji. Zgodnie z propozycjami Lucasa [1967], Treadwaya [1969] przyjmuje się, iż koszty instalacji są kwadratową funkcją odchylenia relacji inwestycji – środki trwałe (współczynnika odnowienia) od jej długookresowego poziomu:

$$KA_t = \frac{\chi}{2} \left[\frac{I_t}{K_{t-1}} - (\delta + g) \right]^2 K_{t-1}, \quad (18)$$

gdzie

δ – stopa amortyzacji lub likwidacji,

g – długookresowa stopa wzrostu PKB.

W uproszczonej wersji koszty instalacji zależą jedynie od kształtowania się współczynnika odnowienia jak np. w modelu QUEST II⁶.

Wspomnieć wreszcie należy, iż w niektórych modelach zwłaszcza odnośnie specyfikacji funkcji popytu inwestycyjnego na maszyny i urządzenia zwraca się uwagę na występowanie substytucyjności pracy przez środki trwałe. Dla uwzględnienia tego efektu wprowadza się dodatkową zmienną objaśniającą, wyrażającą relację wynagrodzeń przeciętnych (WP_t) do delatora nakładów inwestycyjnych (PJ_t). Mamy wówczas, abstrahując od kosztów instalacji:

$$i_t = \alpha_0 + \alpha_1 i_{t-1} + \alpha_2 x_t + \alpha_3 k u_t + \alpha_4 u x_t + \alpha_5 (w p_t - j p_t) + \xi_t \quad (17''')$$

⁵ M. K. Evans, L. R. Klein, *The Wharton Econometric Forecasting Model*, 2-nd enlarged eds., Economics Research Unit, University of Pennsylvania, Philadelphia 1968. Por. też R. Harrisom, K. Nikolov, M. Quinn, G. Ramsay, A. Scott, R. Thomas, *The Bank of England Quarterly Model*, Bank of England, mimeo, 2005; W. Welfe (red.), *Makroekonometryczny model gospodarki polskiej opartej na wiedzy (Macroeconometric Model of the Knowledge Economy for Poland)*, "Acta UL, Folia Oeconomica", t. 229, Wydawnictwo UL, Łódź 2009.

⁶ W. Roger, J. int'Veld., *QUEST II, A Multicounty Business Cycle and Growth Model.*, "Economics Papers", no. 123, European Commission, 1997.

Parametry tak określonej funkcji popytu inwestycyjnego oszacowano dla Polski dla nakładów na maszyny i urządzenia w modelu W8 D - 2002⁷. Otrzymano następujące oceny:

$$\hat{\alpha}_2 = 0,61, \quad \hat{\alpha}_3 = -0,26, \quad \hat{\alpha}_4 = 0,90, \quad \hat{\alpha}_5 = 0,19$$

wszystkie statystycznie istotne, wskazujące na zasadność rozbudowy funkcji inwestycji.

Zwróćmy uwagę, iż w zastosowaniach prowadzących do otrzymania empirycznych funkcji popytu (patrz wzory (12) i następne), zostały „zagubione” efekty postępu technicznego, reprezentowane przez zmienną A_t w funkcji produkcji (1). Częściowo efekty te są reprezentowane przez wspomniane wyżej następstwa substytucji pracy przez środki trwałe. Jednakże zastosowanie maszyn i urządzeń nowych generacji, zazwyczaj bardziej produktywnych, łączy się z ograniczeniem fizycznych rozmiarów inwestycji, tj. zmniejszeniem ich przyrostu. Efekt ten w krótkich okresach może być pomijany, natomiast w długich powinien być odwzorowany, albo przez wprowadzenie trendu, albo przez uwzględnienie explicite zmian w łącznej produktywności czynników produkcji (A_t).

W modelach dla krajów wspomagających rynki wschodzące i krajów rozwijających się szczególnego znaczenia nabiera absorpcja zagranicznego kapitału wiedzy, dokonująca się wieloma kanałami. Stąd w modelach tych następuje wyodrębnienie dóbr inwestycyjnych pochodzących w importu, którym jest przypisywana wyższa produktywność, a także wydzielenie strumieni dóbr inwestycyjnych instalowanych w wyniku zagranicznych inwestycji (BIZ)⁸. O wyznaczeniu wartości tej zmiennej, szczególnie ważnej w modelach gospodarki opartej na wiedzy piszemy w kolejnych punktach opracowania.

⁷ W. Welfe (red.), *Długookresowy, makroekonometryczny model WD-2002 gospodarki polskiej (Long term Macroeconometric Model W8D-2002 of the Polish Economy)*, „Acta UŁ, Folia Oeconomica”, t. 172, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2004.

⁸ W. Welfe (red.), *Makroekonometryczny model gospodarki polskiej opartej na wiedzy (Macroeconometric Model of the Knowledge Economy for Poland)*, „Acta UŁ, Folia Oeconomica”, t. 229, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2009.

**MODELE INWESTYCYJNE ODWZOROWUJĄCE
DECYZJE UWZGLĘDNIAJĄCE RYNKOWE I FINANSOWE
UWARUNKOWANIA PRZEDSIĘBIORSTW**

Drugim nurtem w procesie modelowania inwestycji była koncepcja oparta na teorii współczynnika Q sformułowanego przez J. Tobina⁹. W teorii tej przyjmuje się iż decyzje inwestycyjne są podejmowane przez przedsiębiorstwa wtedy, gdy wartość rynkowa firmy przekracza koszty odtworzenia posiadanych środków trwałych. Oznacza to, iż zależą one od wartości współczynnika Q^* zdefiniowanego jak następuje:

$$Q_t^* = V_t / PJ_t K_t, \quad (19)$$

gdzie

V_t – rynkowa wartość firmy.

Relacja ta jest wyprowadzona w wyniku rozwiązania zadania programowania dynamicznego polegającego na maksymalizacji przyszłych zysków. Przy założeniu, iż technologia jest opisywana przez funkcję Cobb-Douglasa (i występują koszty instalacji) oraz przy warunku określającym dynamikę środków trwałych (8'), otrzymuje się długookresowe równanie inwestycji:

$$I_t = \left(\delta + g + \frac{Q_t - 1}{\chi} \right) K_{t-1} \quad (20)$$

gdzie

δ – stopa likwidacji,

g – stopa wzrostu PKB.

We wzorze tym występuje współczynnik q_t rozumiany jako relacja rynkowej wartości krańcowego przyrostu środków trwałych do ich kosztów odtworzenia. W zastosowaniach wartość ta jest nieobserwowalna i wobec tego zastępuje się wartością przeciętną Q_t^* określoną wzorem (19).

⁹ W. C. Brainard, J. Tobin, *Pitfalls in Financial Model Building*, "American Economic Review", vol. 58, 1968, ss. 99–122 oraz J. Tobin, *A General Equilibrium Approach to Monetary Theory*, "Journal Money, Credit and Banking", vol. 1, 1969, ss. 15–29.

Dla lepszego empirycznego odwzorowania procesów inwestycyjnych uwzględnia się występujące w tym procesie opóźnienia. Tytułem przykładu podamy równanie zastosowane w modelu MULTIMOD MARK III [1998]:

$$\frac{I_t}{K_{t-1}} - \delta - g = k_1 Q_t^* + k_2 Q_{t-1}^* + \varepsilon_t, \quad (21)$$

gdzie otrzymano oszacowania $k_1 = 0,033$: $k_2 = 0,048$

Koncepcja powyższa mimo teoretycznej atrakcyjności (m.in. odwzorowuje oczekiwania rynkowe) znalazła ograniczone zastosowanie. We wczesnych stadiach modelowania procesu inwestycyjnego zwracano uwagę na znaczenie dostępności środków finansowych dla podejmowania decyzji inwestycyjnych. Prowadziło to do uwzględniania ograniczeń w ich dostępności w równaniach inwestycji. Środki te były definiowane jako suma środków własnych przedsiębiorstw (płynących z zysku i amortyzacji) oraz pożyczanych (kredyt bankowy) oraz ewentualnie subsydiów. Z ograniczeń tych zrezygnowano w modelach dla gospodarek rynkowych, przyjmując, iż efektywny popyt inwestycyjny ma pełne szanse realizacji, zaś ograniczenia natury finansowej są wystarczająco dobrze reprezentowane przez stopy oprocentowania kredytów.

Zmienne powyższe były przez długi okres stosowane w krajach o gospodarce centralnie planowanej oraz w krajach rozwijających się, gdzie kredyty bankowe były racjonowane. Pewien renesans powyższych koncepcji nastąpił w ostatnich latach, gdy w ramach teorii neokeynesowskich zwrócono uwagę na występowanie asymetrii informacji dostępnych dla banków i przedsiębiorstw – kredytobiorców. W procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych banki są zazwyczaj gorzej poinformowane, co skłania je do ostrożności, a nawet reglamentacji kredytów. Starają się one odpowiednio zabezpieczyć przed stratami. Stąd m.in. w funkcjach inwestycji pojawiła się zmienna w postaci premii za ryzyko. Wchodzi ona na ogół w skład kosztu uzyskania inwestycji (15). W modelach dla krajów rozwijających się często występują zmienne odwzorowujące bezpośrednio dostępność kredytów.

FUNKCJA INWESTYCJI, FUNKCJA PRODUKCJI A WZROST GOSPODARCZY

W poprzednich punktach rozpatrywano równania opisujące zachowania przedsiębiorstw przy założeniu, że popyt na produkcję jest ustalony. Przeto ich decyzje, sprowadzające się do dostosowania podaży do ustalonego popytu, przenosiły się na decyzje co do kształtowania popytu na czynniki produkcji a następnie na inwestycje, tak by zabezpieczyć realizację produkcji na

oczekiwanym poziomie. Funkcje produkcji – po ich odwróceniu były narzędziem generowania tego popytu. Powstaje jednak pytanie, czy oczekiwania producentów dotyczące produkcji są trafne, czy zatem oferowana podaż produktów nie różni się z popytem. Podaż ta wynika przede wszystkim z posiadanego zasobu środków trwałych (i pozostałych czynników produkcji), który jest uzupełniany przez inwestycje oddawane do użytku. Zasób ten zazwyczaj nie jest w pełni wykorzystywany. Nasuwa się przeto pytanie o wysokość potencjalnej produkcji, jaka może być otrzymana przy pełnym wykorzystaniu czynników produkcji. Ma to szczególne znaczenie w makroanalizach dotyczących długiego okresu, kiedy to chodzi o wyodrębnienie efektów przyrostu środków trwałych tj. inwestycji oraz efektów absorpcji kapitału wiedzy.

W pierwszej kolejności zostaną przedstawione niektóre problemy specyfikacji funkcji produkcji. Funkcja ta określona dla produkcji (wartości) dodanej, w skali gospodarki narodowej dla PKB ma ogólną postać

$$X_t^* = x_t(K_t, N_t, A_t, \varepsilon_t). \quad (22)$$

Do najczęściej używanych w makromodelach postaci należą, jak wspomniano wyżej, funkcje potęgowa tj. Cobb-Douglasa (1) oraz funkcje o stałych elastycznościach substytucji (CES) (2). Oszacowanie parametrów tych funkcji na podstawie szeregów czasowych rodziło wiele problemów, których rozwiązanie nie do końca jest zadawalające. Po pierwsze, dane dotyczące efektywnej produkcji (X_t) reprezentują realizację popytu na produkcję podczas gdy funkcja produkcji (22) określa potencjalną jej wielkość, tj. możliwości produkcyjne, które zwykle nie są w pełni wykorzystane. Korzystając z definicji stopnia wykorzystania potencjału $WX_t = X_t / X_t^*$, zmodyfikowaną funkcję produkcji (często zwaną krótkookresową), w której objaśnia się efektywną produkcję X_t , można przedstawić za pomocą równania:

$$X_t = WX_t X_t^* = w(K_t, N_t, WX_t, A_t, \varepsilon_t). \quad (23)$$

Oszacowanie stopnia wykorzystania potencjału WX_t było w różny sposób rozstrzygane w makroekonometrycznych modelach. Wymienimy podstawowe rozwiązania. We wczesnych modelach gospodarki amerykańskiej w powszechnym użyciu był Wharton Index of Capacity Utilization wyznaczany z porównania aktualnej produkcji z produkcją w szczytowych kwartałach cyklu koniunkturalnego¹⁰. W wielu krajach europejskich korzysta się ze wskaźników, będących uogólnieniem informacji o stopniu wykorzystania mocy

¹⁰ L. R. Klein, *The Wharton Index of Capacity Utilization*, "Studies in Quantitative Economics", no. 1, University of Pensylwania, Philadelphia 1966.

produkcyjnych, pochodzących z danych ankietowych lub spisów przedsiębiorstw.¹¹ Rzadziej korzystano z cząstkowych informacji o wykorzystaniu zmian lub czasu pracy zatrudnionych¹².

Kolejne problemy dotyczą kwestii pomiaru środków trwałych. Informacje statystyczne dotyczące środków trwałych są często kwestionowane przez konstruktorów makromodeli. Preferują oni samodzielne generowanie szeregów czasowych przez dodawania bardziej „pewnych” danych o rozmiarach inwestycji z poprawką na zużycie środków trwałych. Nie jest to jednak techniką doskonałą. Środki trwałe są zazwyczaj traktowane jako wielkości homogeniczne. Jednakże, w wielu makromodelach odstępuje się od tego założenia, wyodrębniając co najmniej maszyny i urządzenia oraz budynki i budowle, pełniące odmienne funkcje w procesie produkcji. Rzutuje to na klasyfikację inwestycji. W wielu makromodelach (np. NIESR dla W. Brytanii) podjęto próbę zróżnicowania środków trwałych ze względu na poziom techniczny, wprowadzając środki trwałe kolejnych generacji (przypisując nowszym wyższą produktywność). Pewną ich aproksymacją są próby wyodrębnienia środków trwałych najnowszych generacji np. liczących poniżej 5 lat. W tym też kierunku zmierzały podejmowane w krajach rozwijających się próby wyodrębnienia maszyn i urządzeń pochodzących z importu, którym to przypisywano wyższą produktywność¹³. Wreszcie w ostatnich latach dla wyodrębnienia efektów komputeryzacji procesów produkcyjnych pojawiły się próby wyodrębnienia spośród środków trwałych – komputerów, ich oprogramowania i urządzeń telekomunikacyjnych¹⁴. Powyższe poszerzenie specyfikacji zmierzało w kierunku wychwycenia szczególnych efektów postępu technicznego związanych z komputeryzacją procesów produkcyjnego i zarządzania. Dodajmy, iż ich wprowadzenie redukowało zakres oddziaływań zmiennej A_t , reprezentującej łączną produktywność czynników produkcji.

Efekty postępu technicznego reprezentowane przez łączną produktywność czynników produkcji (*total factor productivity TFP*) tj. zmienną A_t początkowo były traktowane jako egzogeniczne i najczęściej są przedstawiane jako wykładnicza funkcja czasu:

¹¹ R. Grzęda Latocha, *Ekonometryczna analiza koniunktury gospodarczej w krajach strefy euro*, (Econometric Analyses of Business Cycle in the Euro-area), „*Ekonomista*”, nr 5, 2005, ss. 621–643.

¹² W. Welfe, *Łączna produktywność czynników produkcji a postęp techniczny*, (*TFP and Technical Progress*), „*Studia Ekonomiczne*”, vol. 36–37, nr 1–2, 2002, ss. 94–115.

¹³ W. Welfe, *Ekonometryczne modele gospodarki narodowej Polski* (*Econometric Models of Poland's National Economy*), PWE, Warszawa 1992.

¹⁴ D. W. Jorgenson, M. S. Ho, K. J. Stiroh, *Lessons from the US Growth Resurgence*, “*Journal of Policy Modeling*”, vol. 25, 2003, ss. 453–470.

$$\ln A_t = \lambda_0 + \lambda_1 t. \quad (24)$$

Założenie, iż efekty te są stałe w czasie i wyrażają się stałą stopą wzrostu, na ogół nie wyższą niż 1%, w ostatnich latach zaczęto uważać za zbyt mocne, zwłaszcza gdy modele były stosowane w analizach i prognozach długookresowych. Rosnąca rola kapitału wiedzy we wzroście gospodarczym, konkurencyjna wobec inwestycji spowodowała w ostatnim piętnastolecu zainteresowanie kwestiami pomiaru efektów postępu technicznego i jego źródeł.

Łączna produktywność czynników produkcji jest zmienną nieobserwowalną. Jej dynamikę – zgodnie z powszechnie przyjętym poglądem – reprezentuje reszta Solowa, otrzymana z przyrównania dynamiki produkcji wyznaczonej z funkcji produkcji z dynamiką potencjalnej produkcji wyznaczonej z tejże funkcji przy założeniu neutralizacji postępu technicznego. Dla funkcji produkcji Cobb-Douglasa przy braku efektów skali (1) poszerzonej o współczynnik wykorzystania potencjału WX_t , mamy po jej logarytmowaniu:

$$\Delta x_t = \Delta wx_t + [\alpha \Delta k_t + (1 - \alpha) \Delta n_t + \Delta a_t]. \quad (25)$$

Zaś przy neutralizacji efektów postępu technicznego, tj. $\Delta a_t = 0$, otrzymujemy

$$\Delta x^0 = \Delta wk_t + [\alpha \Delta k_t + (1 - \alpha) x_t]. \quad (26)$$

Odejmując stronami, otrzymamy:

$$\Delta a_t = (\Delta x_t - \Delta x_t^0) = \Delta x_t - \Delta wx_t - [\alpha \Delta k_t + (1 - \alpha) \Delta n_t]. \quad (27)$$

Dla wyznaczenia stopy wzrostu TFP potrzebna jest znajomość zmian stopnia wykorzystania potencjału produkcyjnego oraz oszacowania elastyczności produkcji względem środków trwałych.

O wyznaczeniu stopnia wykorzystania potencjału była wyżej mowa. Nierzadko jednak w makromodelach zmienna ta jest ignorowana, co prowadzi do obciążenia oszacowań dynamiki TFP. W szczególności w okresach depresji tempo wzrostu produkcji maleje, co przy zignorowaniu spadku stopnia wykorzystania potencjału, pociąga za sobą niedoszacowanie dynamiki TFP, zaś w okresach ożywienia, – przy rosnących tempach wzrostu produkcji – zignorowanie rosnącego WX_t powoduje przeszacowanie dynamiki TFP¹⁵.

Oszacowanie elastyczności α produkcji względem środków trwałych jest wprawdzie możliwe, jeśli zostanie wyspecyfikowana funkcja dla TFP, tj.

¹⁵ W. Welfe (red.), *Makroekonometryczny model gospodarki polskiej opartej na wiedzy (Macroeconometric Model of the Knowledge Economy for Poland)*, "Acta UŁ, Folia Oeconomica", t. 229, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2009.

zmienna A_t przedstawiona jako funkcja czynników oddziałujących na postęp techniczny. Jest to zadanie dość złożone i rzadko stosowane w praktyce makromodelowania (por. np. wcześniejsze wersje modelu W8D gospodarki¹⁶. Częściej natomiast oceny tego parametru są kalibrowane. Dla funkcji Cobb – Douglasa wykorzystuje się wniosek płynący z neoklasycznej teorii produkcji, iż oceny parametrów funkcji produkcji są równe odpowiednio udziałowi zysku i kosztów pracy w PKB. Udziały te są różnie definiowane i stąd oceny parametrów różnią się w makromodelach. W modelu MEMMOD oszacowania dla kluczowych krajów uprzemysłowionych zawierały się w przedziale 0.38 (Francja) do 0.51 (Niemcy) (MEMMOD [2000]). Zwrócono jednak uwagę, iż błędy w ich wyznaczeniu mają znaczący wpływ na określenie dynamiki TFP¹⁷.

Pomimo powyższych zastrzeżeń dynamika TFP jest, zwłaszcza w modelach długookresowych, wprowadzana jako zmienna objaśniająca z coraz to bogatszymi próbami jej objaśniania. Wygodnie jest dekomponować dynamikę TFP reprezentującą dynamikę kapitału wiedzy na trzy czynniki – powiązaną z dynamiką środków trwałych, a raczej inwestycji A_t^K , dynamiką zatrudnienia – tj. szeroko rozumianego kapitału ludzkiego A_t^N oraz dynamiką nieucieleśnionego kapitału wiedzy A_t^W .

Dla funkcji Cobb-Douglasa mielibyśmy następującą dekompozycję:

$$\Delta a_t = \Delta a_t^W + \alpha \Delta a_t^K + (1 - \alpha) \Delta a_t^N. \quad (28)$$

Przyjmuje się na ogół, iż dynamika powszechnie dostępnego, nieucieleśnionego kapitału wiedzy odznacza się stabilnością w czasie i można ją wyrazić za pomocą trendu wykładniczego:

$$\Delta a_t^W = \mu_0 - \mu_{1t}. \quad (29)$$

Niekiedy łączy się ją z dynamiką zatrudnienia.

Dynamika efektów postępu technicznego ucieleśnionego w środkach trwałych jest wiązana z dynamiką nakładów na badania i rozwój (B+R) ponoszonych w kraju, jak i za granicą, której rezultaty są transferowane do kraju.

Wyraża ją równanie:

¹⁶ W. Welfe (red.), *Długookresowy, makroekonometryczny model WD-2002 gospodarki polskiej (Long term Macroeconometric Model W8D-2002 of the Polish Economy)*, „Acta UŁ, Folia Oeconomica”, t. 172, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2004.

¹⁷ Patrz W. Welfe, *Łączna produktywność czynników produkcji a postęp techniczny, (TFP and Technical Progress)*, „Studia Ekonomiczne”, vol. 36–37, nr 1–2, 2002, ss. 94–115.

$$\ln A_t^K = \beta_1 \ln S_t^k + \beta_2 \gamma \ln S_t^m, \quad (30)$$

gdzie

S_k^k – skumulowane krajowe nakłady na B+R, ceny stałe,

S_t^m – skumulowane zagraniczne nakłady na B+R, ceny stałe,

γ – syntetyczna waga, reprezentująca m.in. rolę importu, tj. otwarcia gospodarek.

Koncepcja ta została po raz pierwszy wykorzystana w badaniach opartych na międzynarodowej próbie czasowo-przekrojowej¹⁸. Była rozwijana w wielu kolejnych pracach¹⁹.

Krajowe skumulowane nakłady na B+R powstają z dodania bieżących nakładów na B+R, przeliczonych na ceny stałe SB^k , po odjęciu deprecjacji kapitału wiedzy:

$$S_t^k = S_{t-1}^k + SB_t^k - \delta S_{t-1}^k, \quad (31)$$

gdzie

δ – stopa deprecjacji kapitału wiedzy, przyjmowana często na poziomie 5%.

Bardziej złożona jest specyfikacja transferu kapitału wiedzy z zagranicy. Reprezentują ją skumulowane nakłady zagranicy na B+R. Zazwyczaj ogranicza się je do nakładów w bardziej rozwiniętych krajach świata. Rozróżnia się bezpośredni i pośredni transfer kapitału wiedzy. Rolę bezpośredniego transferu pełnią sieci telekomunikacyjne, bliskość technologiczna, dostępność wiedzy zawartej w patentach, licencjach. itp.²⁰, transferu pośredniego zaś import. Z analizowanych wariantów obejmujących bądź import zaopatrzeniowy (nowe technologie), bądź inwestycyjny, bardziej trafny okazał się ten drugi wariant²¹.

Pośredni transfer kapitału jest reprezentowany przez relację odnoszącą się do bieżących nakładów na B+R:

¹⁸ D. T. Coe, E. Helpman E., *International R&D Spillovers*, "European Economic Review", vol. 39, 1995, ss. 859–887.

¹⁹ Por. H. J. Engelbrecht, *International Spillovers, Human Capital and Productivity in OECD Economies. An Empirical Investigation*, "European Economic Review", vol. 41, 1997, ss. 1479–1488; T. Bayoumi, D. T. Coe, E. Helpman, *R&D Spillovers and Global Growth*, "Journal of International Economics", vol. 47, 1999, ss. 399–428 oraz W. Welfe (red.), *Długookresowy, makroekonometryczny model WD-2002 gospodarki polskiej (Long term Macroeconometric Model W8D-2002 of the Polish Economy)*, „Acta UŁ, Folia Oeconomica”, t. 172, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2004.

²⁰ G. Lee, *Direct versus Indirect International R&D Spillovers*, "Information Economics and Policy", vol. 17, 2005, ss. 334–348.

²¹ B. Xu, J. Wang, *Capital Goods Trade and R&D Spillovers in the OECD*, "Canadian Journal of Economics", vol. 32, 1999, ss. 1258–1274.

$$SB_t^m = \sum_j w_j SB_j^k, \quad (32)$$

gdzie $0 < w_j < 1$ – waga przyporządkowana kapitałowi wiedzy pochodzącemu z kraju j , zaś skumulowane nakłady na B+R przez relację bilansową:

$$S_t^m = S_{t-1}^m + SB_t^m - \delta S_{t-1}^m \quad (33)$$

W ostatnich latach zwrócono uwagę, iż absorpcja zagranicznego kapitału wiedzy wymaga odpowiedniego przygotowania gospodarki, do której następuje transfer wiedzy. Uzasadnia to uzupełnienie powyższych równań o zmienne charakteryzujące „dojrzałość” gospodarki, czy to gdy chodzi o wysokość krajowych nakładów na B+R czy to poziom kapitału ludzkiego²². Wreszcie rozważa się odrębnie znaczenie takiego kanału transferu wiedzy, jakim są zagraniczne inwestycje bezpośrednie.

Empiryczne wyniki powyższych badań są zwykle ujmowane w formie elastyczności TFP względem krajowych i zagranicznych skumulowanych nakładów na B+R. Wyniki oszacowań opartych na międzynarodowych próbach czasowo-przekrojowych według wspomnianych autorów nie różnią się znacząco. Kraje bardziej rozwinięte legitymują się wysokimi elastycznościami względem krajowego kapitału wiedzy. Dla krajów G7 β_1 zawiera się w przedziale 0,14-0,16; dla pozostałych krajów rozwiniętych $\beta_1 = 0,06 - 0,10$ gdy dla krajów rozwijających się były bliskie zeru. Elastyczności odnoszące się do intensywności transferu kapitału wiedzy β_2 kształtowały się natomiast na poziomie 0,08-0,10, a dla krajów rozwijających się: 0,5.²³

Kapitał wiedzy ucieleśniony w sile roboczej jest zwykle reprezentowany przez kapitał ludzki na pracującego (zatrudnionego). Zakres kapitału ludzkiego jest rozumiany szeroko – jest on sumaryczną charakterystyką właściwości poszczególnych pracowników rzutujących na ich efektywność. Sprawia to, iż istnieje wiele miar kapitału ludzkiego, które mają jednak cechę wspólną, mianowicie traktują poziom wykształcenia jako kluczowy. Przyjmując tę cechę za punkt wyjścia można określić poziom kapitału ludzkiego H_{it} jak następuje:

$$H_{it} = \sum_i \mu_i N_{it}, \quad (34)$$

²² M. Cincera, B. van Pottelsberghe de la Potterie, *International R&D Spillovers: A Survey*, “Cahiers Economiques de Bruxelles”, vol. 169, 1, 2001, ss. 1–20.

²³ W. Welfe (red.), *Makroekonometryczny model gospodarki polskiej opartej na wiedzy (Macroeconometric Model of the Knowledge Economy for Poland)*, “Acta UŁ, Folia Oeconomica”, t. 229, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2009.

gdzie N_{it} – liczba zatrudnionych z i -tym poziomem wykształcenia.

Kapitał ludzki na zatrudnionego otrzymamy wówczas z wzoru:

$$h_t = H / N_t = \sum_i \mu_{it} N_{it} / \sum_i N_{it} \quad (35)$$

Powyższa formuła może być poszerzana w wyniku wprowadzenia dalszych grup zatrudnionych, np. według płci, wieku, stanowiska, gałęzi.²⁴ Stało się to możliwe w wyniku rozbudowy baz danych dotyczących struktury demograficznej w większości krajów rozwiniętych.

Podstawowym problemem pozostaje określenie wag μ_i . Najczęściej przyjmowano, iż winny one odwzorowywać okres kształcenia wyrażony w latach. Otrzymywano go pośrednio, opierając się na danych o stopniu scholaryzacji, by w ostatnich latach uzyskiwać je z badań bezpośrednich, co znacznie poprawiło ich dokładność²⁵.

Współcześnie zwrócono uwagę, iż tak ustalone wagi nie odzwierciedlają „rynkowej” efektywności zatrudnionych z różnym poziomem wykształcenia. Taką rolę odgrywają wagi, które wyrażają relacje wynagrodzeń przeciętnych. Relacje te – zgodnie z równaniem Mincera – pozostają także w związku z różnicami w poziomie wykształcenia. Mamy wówczas

$$\mu_{it} = WP_i / WP_o, \quad (36)$$

gdzie WP_i – przeciętne wynagrodzenie zatrudnionych z różnym poziomem wykształcenia.

Badania nad rolą kapitału ludzkiego we wzroście TFP przez wiele lat przynosiły niepewne i sprzeczne rezultaty, nie wyłączając efektów negatywnych. Okazało się jednak, że źródłem owych niepowodzeń były niepełne i nie dokładne bazy danych odnoszących do długości lat kształcenia na różnych jego poziomach.²⁶

W badaniach empirycznych opartych na próbach międzynarodowych dotyczących lat 1960–1990 i odnoszących się do krajów OECD, podstawą były dane o liczbie lat kształcenia. Wyniki przedstawiono poniżej dla poziomów i pierwszych różnic zmiennych wyrażonych w logarytmach (statystyki t w nawiasach). Dotyczą one elastyczności produkcji względem przeciętnej liczby lat kształcenia.

²⁴ D. W. Jorgenson, K. J. Stiroh, *Raising the Speed Limits: US Economy Growth in the Information Age*, “Brookings Papers on Economic Activity” no. 1, 2000, ss. 125–211.

²⁵ A. de la Fuente, *Human Capital and Growth: Some results for the OECD*, *Current Issues of Economic Growth*, “Proceedings of OeNB Workshops”, no. 2, 2004.

²⁶ *Ibidem*.

Tablica 3.

Elastyczność produkcji względem przeciętnej liczby lat kształcenia

Autor	poziomy		pierwsze różnice	
	Nehru i in. 1995	0.078	(2.02)*	0.079
Barro, Lee 1996	0.165	(4.82)	0.083	(1.47)
Cohen, Soto 2001	0.397	(7.98)	0.525	(2.57)
Fuente, Domenech 2000	0.407	(7.76)	0.520	(2.17)
* w nawiasach podano wartości statystyki <i>t</i>				

Źródło: A. de la Fuente, *Human Capital and Growth : Some results for the OECD, Current Issues of Economic Growth*, "Proceedings of OeNB Workshops", no. 2, 2004, tabl. 4, 103.

Wszystkie oszacowania oparte na poziomach były statystycznie istotne, zaś na pierwszych różnicach tylko gdy chodzi o najnowsze badania. Niedoskonałością tych badań było pominięcie efektów oddziaływania kapitału B+R.

Badania empiryczne, w których wykorzystano w charakterze wag relacje wynagrodzeń przeciętnych zatrudnionych o różnym poziomie wykształcenia należą raczej do rzadkości.²⁷ Wyniki otrzymane przez nas dla Polski wskazują, iż nie jest to bynajmniej problem akademicki. Dla lat 1991–1998 otrzymano przeciętne roczne tempo wzrostu kapitału ludzkiego rzędu 0,54%, gdy użyto relacje wynagrodzeń, zaś 0,78 % gdy użyto liczby lat kształcenia.²⁸

W badaniach empirycznych dla poszczególnych krajów efekty zmian w kapitale ludzkim mogą być rozpatrywane, uwzględniając bardziej bogate spektrum pracujących np. uwzględniając płeć, wiek, pozycje zawodową etc.²⁹

Postuluje się także poszerzenie zakresu charakterystyk kapitału ludzkiego przez uwzględnienie doświadczenia zawodowego, stanu zdrowotnego a także czytelnictwa, migracji etc.³⁰ Taką poszerzoną charakterystykę kapitału ludzkiego można znaleźć w submodelu kapitału wiedzy dla Polski, w którym uwzględniono doświadczenie zawodowe reprezentowane przez wiek

²⁷ A. Krueger, M. Lindahl, *Education for Growth: why and for whom?*, "Journal of Economic Literature", vol. 39, 2001, ss. 1101–1136.

²⁸ W. Welfe, W. Florczak, L. Sabanty, *Kapitał ludzki i jego endogenizacja, (Human Capital and its Endogenization)*, „Przegląd Statystyczny”, vol. 50, nr 2, 2002, ss. 7–36.

²⁹ Por. dla USA D. W. Jorgenson, M. S. Ho, K. J. Stiroh, *Lessons from the US Growth Resurgence*, "Journal of Policy Modeling", vol. 25, 2003, ss. 453–470.

³⁰ R. Benabou, *Human Capital, Technical Change and the Welfare State*, "Temi di Discussione del Servizio Studi", 465, Banca d'Italia, Roma 2002.

zatrudnionych oraz stan zdrowia odwzorowany przez przeciętną długość życia zatrudnionych kobiet i mężczyzn.³¹

ZNACZENIE INWESTYCJI W ROZWOJU GOSPODARCZYM W ŚWIETLE ANALIZY MNOŻNIKOWEJ

Role inwestycji w procesie funkcjonowania gospodarki i wzrostu gospodarczego można w sposób syntetyczny wyrazić, korzystając z odpowiedniego modelu makroekonometrycznego. Symulacja na takim modelu pozwala wyznaczyć wartości mnożników otrzymanych w rezultacie zadania odpowiednich szoków. W interesującym nas przypadku będą to mnożniki odwzorowujące ścieżki wzrostu w rezultacie zadanego przyrostu inwestycji np. o 10%, interpretowanego na przykład jako rezultat czy to BIZ czy to wydatkowania środków płynących z UE.

W charakterze przykładu przytoczymy wartości mnożników podtrzymanych, uzyskanych dla Polski na podstawie modelu W8 2007.³² Wyniki podano dla wyróżnionych 3 lat.

Tablica 4.

Podtrzymane mnożniki dla przyrostu inwestycji o 10%

zmienna	2013	2020	2030
Inwestycje brutto	31,4	21,9	17,9
PKB efektywny	10,8	8,6	5,5
PKB potencjalny	15,3	22,4	21,4

Źródło: W. Welfe, W. Florczak, *Prognozy i scenariusze długookresowego rozwoju gospodarczego Polski*, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2009.

Zwracają uwagę wysokie efekty wynikające z funkcjonowania zasady akceleratora – po 10 latach tempo wzrostu inwestycji jest dwukrotnie wyższe niż założone. Maleje, gdyż maleje stopień wykorzystania potencjału gospodarczego, co znalazło wyraz w malejących stopach wzrostu efektywnego PKB w porównaniu ze stabilnymi stopami wzrostu potencjału gospodarczego.

³¹ W. Florczak, *Modelowanie kapitału ludzkiego i struktura ludności (Modelling Human Capital and Population Composition)*, [w:] *Makroekonomiczny model gospodarki opartej na wiedzy*, W. Welfe (red.), "Acta UŁ, Folia Oeconomica", t. 229, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2009, ss. 241–279.

³² *Ibidem*.

Przykład powyższy unaocznia w sposób niepełny efekty szoku inwestycyjnego, gdyż eksport został zamrożony. Dopiero w połączeniu z efektami absorpcji kapitału wiedzy może dać wyobrażenie o potencjalnej skali przyszłego wzrostu gospodarczego, a to dzięki odpowiednim analizom scenariuszowym.³³

UWAGA KOŃCOWA

Na zakończenie wypada stwierdzić, że w dalszym ciągu powstaje do naukowego rozpatrzenia wiele szczególnych kwestii, dotąd rozwiązywanych w sposób niedoskonały, o czym była mowa we wcześniejszych partiach opracowania.

LITERATURA

- Barro R. J., Lee J. W.**, *International Measures of Schooling Years and Schooling Quality*, „American Economic Review”, vol. 86, 2, Papers and Proceedings, 1996.
- Bayoumi T., Coe D. T., Helpman E.**, *R&D Spillovers and Global Growth*, „Journal of International Economics”, vol. 47, 1999.
- Benabou R.**, *Human Capital, Technical Change and the Welfare State*, „Temi di Discussione del Servizio Studi”, 465, Banca d’Italia, Roma 2002.
- Benhabib J., Spiegel M.**, *The Role of Human Capital in Economic Development, Evidence from Aggregate Cross-Country Data*, „Journal of Monetary Economics”, vol. 34, 2, 1994.
- Borensztein E., De Gregorio J., Lee J. W.**, *How does Foreign Direct Investment Affect Economic Growth*, „Journal of International Economics”, vol. 45, 1998.
- Brainard W. C., Tobin J.**, *Pitfalls in Financial Model Building*, „American Economic Review”, vol. 58, 1968.

³³ Por. W. Welfe, *Stylized Empirical Model of Economic Growth*, [w:] *Macromodels 2004, Problems of Building and Estimation of Econometric Models*, Welfe W., Welfe A. (red.), „Acta UŁ, Folia Economica”, 190, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2005, ss. 109–125.

- Chirinko R. S.**, *Business Fixed Investment Spending: A Critical Survey of Modeling Strategies, Empirical Results and Policy Implications*, Center for Economic Studies, Working Paper No. 27, Munich 1992.
- Chirinko R. S., Fazzari S. M.**, *Tobins Q. Non Constant Returns to Scale and Imperfectly Competitive Product Markets*, "Recherches Economiques de Louvain", vol. 54, 1988.
- Cincera M., van Pottelsberghe de la Potterie B.**, *International R&D Spillovers: A Survey*, "Cahiers Economiques de Bruxelles", vol. 169, 2001.
- Coe D. T., Helpman E.**, *International R&D Spillovers*, "European Economic Review", vol. 39, 1995.
- Coe D. F., Hoffmaister A. W.**, *Are there International R&D Spillovers among Randomly Matched Trade Partners? A Response to Keller*, "Working Paper, of International Monetary Fund", 1999.
- Cohen D., Soto M.**, *Growth and Human Capital: Good data, Good results*, "CEPR Discussion Paper", no. 3025, 2001.
- Collechia A., Schreyer P.**, *ICT Investment and Economic Growth in the 1990 s': is the United States a Unique Case? A Comparative Study of Nine OECD Countries*, "Review of Economic Dynamics", vol. 5, 2002.
- Crispolti V., Marconi D.**, *Technology Transfer and Economic Growth in Developing Countries: an Econometric Analysis*, "Temi di Discussione del Servizio Studi", 564, Bank of Italy, Roma 2005.
- Dreger C., Marcellino M.**, *A Macroeconometric Model for the Euro Economy*, "Journal of the Policy Modelling", vol. 29, 2007.
- Eaton J., Kortum S.**, *Trade in Ideas, Patenting and Productivity in the OECD*, "Journal of International Economics", vol. 40, 1996.
- Eisner R., Strotz R. H.**, *Determinants of Business Investment*, [w:] *Commission on Money and Credit, Impacts of Monetary Policy*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1963.
- Engelbrecht H. J.**, *International Spillovers, Human Capital and Productivity in OECD Economies. An Empirical Investigation*, "European Economic Review", vol. 41, 1997.
- Engelbrecht H. J.**, *Human Capital and International Knowledge Spillovers in TFP Growth of a Sample of Developing Countries: an Exploration of Alternative Approches*, "Applied Economics", vol. 34, 2002.

- Evans M. K., Klein L. R.**, *The Wharton Econometric Forecasting Model*, 2-nd enlarged eds., Economics Research Unit, University of Pennsylvania, Philadelphia 1968.
- Fair R. C.**, *Estimating how the Macroeconomy Works*, Harvard University Press, Cambridge, Ma., 2004.
- Florczak W.**, *Modelowanie kapitału ludzkiego i struktura ludności (Modelling Human Capital and Population Composition)*, [w:] *Makroekonomiczny model gospodarki opartej na wiedzy*, W. Welfe (red.), "Acta UŁ, Folia Oeconomica", t. 229, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2009.
- Florczak W., Welfe W.**, *Wyznaczanie potencjalnego PKB, łącznej produktywności czynników produkcji, (Potential GDP and TFP Determination)*, „Gospodarka Narodowa”, nr 11–12, 2000.
- Fuente de la A., Domenech R.**, *Human Capital in Growth Regressions: How much Differences does Data Quality make: “OECD, Economics Department, Working Paper”*, no 262, 2000.
- Fuente de la. A.**, *Human Capital and Growth : Some results for the OECD*, Current Issues of Economic Growth, “Proceedings of OeNB Workshops”, no 2, 2004.
- Grzęda Latocha R.**, *Ekonometryczna analiza koniunktury gospodarczej w krajach strefy euro, (Econometric Analyses of Business Cycle in the Euro-area)*, „Ekonomista”, nr 5, 2005.
- Harrisom R., Nikolov K., Quinn M., Ramsay G., Scott A., Thomas R.**, *The Bank of England Quarterly Model*, Bank of England, mimeo, 2005.
- Jaffe A. B.**, *Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms Patent, Profits and Market Values*, “American Economic Review”, vol. 76, 1986.
- Jorgenson D. W.**, *Capital Theory and Investment Behavior*, “American Economic Review”, vol. 53, 1963.
- Jorgenson D. W.**, *The Theory of Investment Behavior*, [w:] *Determinants of Investment Behavior*, R. Ferber (red.), Columbia University Press New York 1967.
- Jorgenson D. W.**, *Econometric Studies of Investment Behavior, A Surrey*, “Journal of Economic Literature”, vol. 9, 1971.
- Jorgenson D. W.**, *Information Technology and the US Economy*, “American Economic Review”, vol. 91, 2000.

- Jorgenson D. W., Stiroh K. J.**, *Raising the Speed Limits: US Economy Growth in the Information Age*, "Brookings Papers on Economic Activity", no 1, 2000.
- Jorgenson D. W., Ho M. S., Stiroh K. J.**, *Lessons from the US Growth Resurgence*, "Journal of Policy Modeling", vol. 25, 2003.
- Keller W.**, *International Technology Diffusion*, "Journal of Economic Literature", vol. 42, 2004.
- Klein L. R.**, *The Wharton Index of Capacity Utilization*, "Studies in Quantitative Economics", no. 1, University of Pennsylvania, Philadelphia 1966.
- Klein L. R., Goldberger A. S.**, *An Econometric Model of the United States, 1929–1952*, North Holland, Amsterdam 1955.
- Klein L. R., Welfe A., Welfe W.**, *Principles of Macroeconometric Modeling*, North-Holland, Amsterdam 1999.
- Koyck L. M.**, *Distributed Lags and Investment Analysis*, North-Holland, Amsterdam 1954.
- Krueger A., Lindahl M.**, *Education for Growth: why and for whom?*, "Journal of Economic Literature", vol. 39, 2001.
- Laxton D, Isard P., Faruquee H., Prasada E., Turtelboom B.**, *MULTIMOD MARK III, The Core Dynamic and Steady State Models*, "IMF Occasional Papers", no. 164, 1998.
- Lee G.**, *Direct versus Indirect International R&D Spillovers*, "Information Economics and Policy", vol. 17, 2005.
- Lichtenberg F., van Pottelsberghe de la Potterie B.**, *International R&D Spillovers, A Comment*, "The European Economic Review", vol. 42, 1998.
- Van Leeuwen G., Van der Wiel H.**, *Spillovers Effects of ICT*, "CBP Report", no. 3, 2003.
- Mac Garvie M.**, *The Determinants of International Knowledge Diffusion Measured by Patent Citations*, "Economic Letters", vol. 87, 2005.
- Lucas R. E.**, *Optimal Investment Policy and the Flexible Accelerator*, "International Economic Review", vol. 8, 1967.
- Macroeconometric Multi Country Model MEMMOD*, Deutsche Bundesbank, Frankfurt/Main, mimeo, 2000.

- Nehru V., Swanson E., Dubey A. A.,** *New Data Base on Human Capital Stocks in Developing and Industrial Countries: Sources, Methodology and Results*, "Journal of Development Economics", vol. 46, 1995.
- Van Pottelsberghe B., Lichtenberg F. R.,** *Does Foreign Direct Investment Transfer Technology Across Borders*, "Review of Economics and Statistics", vol. 83, 2001.
- Richards R. G.,** *Endogenous Technological Advance in an Econometric Model, (Implications for Productivity and Potential Output in the United States)*, "Economic Modelling", vol. 17, 2000.
- Roger W., int'Veld J.,** „*QUEST II, A Multicounty Business Cycle and Growth Model.*", "Economics Papers", No. 123, European Commission, 1997.
- Saggi K.,** *Trade, Foreign Direct Investment and International Technology Transfer: A Survey*, "World Bank, Policy Research Papers", no. 2379, 2000.
- Smith K.,** *What is the Knowledge Economy: Knowledge Intensity and Distributed Knowledge Bases*, "Discussion Paper", 2002–6, Maastricht, The UN University, INTECH, 2002.
- Solow R.,** *Technical Change and Aggregate Production Function*, "Review of Economics and Statistics", vol. 39, 1957.
- Solow R.,** *Technical Progress, Capital Formation and Economic Growth*, "American Economic Review", vol. 52, 1962.
- Tobin J.,** *A General Equilibrium Approach to Monetary Theory*, "Journal Money, Credit and Banking", vol. 1, 1969.
- Treadway A. B.,** *On Rational Entrepreneurial Behavior and the Demand for Investment*, "The Review of Economic Studies", vol. 26, 1969.
- Wallis K. F.,** *Topics in Applied Econometrics*, University of Minnesota Press, Minneapolis 1980.
- Welfe W.,** *Ekonometryczne modele gospodarki narodowej Polski (Econometric Models of Polands' National Economy)*, PWE, Warszawa 1992.
- Welfe W.,** *Empiryczne modele wzrostu gospodarczego, (Empirical Models of Economic Growth)*, „*Ekonomista*”, nr 4, 2000.
- Welfe W. (red.),** *Ekonometryczny model wzrostu gospodarczego (An Econometric Model of Economic Growth)*, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2001.

- Welfe W.**, *Łączna produktywność czynników produkcji a postęp techniczny, (TFP and Technical Progress)*, „Studia Ekonomiczne”, vol. 36–37, nr 1–2, 2002.
- Welfe W., Florczak W.**, *Prognozy i scenariusze długookresowego rozwoju gospodarczego Polski*, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2009.
- Welfe W., Florczak W., Sabanty L.**, *Kapitał ludzki i jego endogenizacja, (Human Capital and its Endogenization)*, „Przegląd Statystyczny”, vol. 50, nr 2, 2002.
- Welfe W. (red.)**, *Długookresowy, makroekonometryczny model W8D-2002 gospodarki polskiej, (Long-term Macroeconometric Model W8D-2002 of the Polish Economy)*, „Acta UŁ, Folia Oeconomica”, t. 172, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2002.
- Welfe W. (red.)**, *Długookresowy, makroekonometryczny model WD-2002 gospodarki polskiej (Long term Macroeconometric Model W8D-2002 of the Polish Economy)*, „Acta UŁ, Folia Oeconomica”, t. 172, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2004.
- Welfe W.**, *Stylized Empirical Model of Economic Growth*, [w:] *Macromodels 2004, Problems of Building and Estimation of Econometric Models*, W. Welfe, A. Welfe (red.), „Acta UŁ, Folia Oeconomica”, 190, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2005.
- Welfe W., Florczak W.**, *Prognozy i scenariusze długookresowego rozwoju gospodarczego Polski*, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2009.
- Welfe W. (red.)**, *Makroekonometryczny model gospodarki polskiej opartej na wiedzy (Macroeconometric Model of the Knowledge Economy for Poland)*, „Acta UŁ, Folia Oeconomica”, t. 229, Wydawnictwo UŁ, Łódź 2009.
- Xu B., Wang J.**, *Capital Goods Trade and R&D Spillovers in the OECD*, „Canadian Journal of Economics”, vol. 32, 5, 1999.
- Xu B., Wang J.**, *Trade, FDI and International Technology Diffusion*, „Journal of Economic Integration”, vol. 15, 2000.

Władysław Welfe

**INVESTMENT MODELLING
AND THE KNOWLEDGE-BASED ECONOMY**

Abstract

Investments are the major factor of economic growth, however, their importance is diminishing in the knowledge-based economies because of the rising role of the absorption of knowledge capital.

In the process of investment modelling, except for the accelerator rule, an important role is played by the neoclassical concept of investment user costs. It needs extensions covering the impacts of investment risks.

In a knowledge-based economy the impacts of knowledge capital absorption, especially the capital transferred from abroad (e.g. due to FDI) have gained great importance.

The paper shows the tendencies in the further development of investment models and several empirical results obtained for Poland.