

Obliczeniowe modele równowagi ogólnej (CGE)

Olga Kiula

doktor, Wydział Nauk Ekonomicznych, Uniwersytet Warszawski

1. Wprowadzenie

Analiza ekonomiczna opiera się zazwyczaj na podejściu określanym jako równowaga cząstkowa, skupiająca uwagę tylko na jednym szczególnym sektorze gospodarki albo na wybranym aspekcie gospodarowania, nie uwzględniając przy tym powiązań z innymi sektorami gospodarki. W tej analizie krzywe popytu i podaży są od siebie niezależne. Takie uproszczenie rzeczywistości może być uzasadnione między innymi z powodu analitycznej wygody i matematycznej łatwości posługiwania się modelem. Modele ekonometryczne (czy też modele równowagi cząstkowej) zakładają więc, że badany wycinek rzeczywistości jest odizolowany od reszty gospodarki. Pozwalają one wahać się cenom i ilościami dóbr tylko na jednym rynku, zakładając, że wszystkie inne ceny w gospodarce pozostają sztywne.

Niektóre decyzje w gospodarce nie pozwalają na takie uproszczenia, gdyż ich skutki wpływają na wiele sektorów gospodarki jednocześnie (może to dotyczyć polityki energetycznej czy ochrony środowiska). W rzeczywistej gospodarce wszystkie rynki są ze sobą połączone mechanizmami podaży-popytu. Podobnie ujmują rzeczywistość tzw. obliczeniowe modele równowagi ogólnej (*Computable General Equilibrium* — CGE). Są to badania wzajemnego oddziaływania popytu i podaży na wielu rynkach jednocześnie, oparte na Walrasowskiej teorii równowagi ogólnej. Rozwiązanie takich modeli wymaga, aby wszystkie rynki były zrównoważone. Porównując w ten sposób dwa stany równowagi, można zidentyfikować skutki określonych przedsięwzięć.

Ekonomiści zajmują się modelami równowagi ogólnej nie dlatego, że wierzą, iż taka równowaga istnieje w rzeczywistości, lecz aby poznać mechanizmy popytowo-podażowe występujące na rynkach. Modele CGE są szczególnie użyteczne ze względu na to, że odzwierciedlają rzeczywistą strukturę gospodarki, a otrzymane wyniki opisują istniejące w niej zakłócenia. Posługując się tym narzędziem, należy pamiętać, że są to długookresowe modele i zajmują się tylko cenami względnymi (niestety nie mówią nic o faktycznych zmianach poziomu cen). Nie należy też od CGE oczekiwać prognozy precyzyjnych, ilościowych rezultatów konkretnych interwencji rządowych.

W Polsce modelowanie CGE nie jest popularnym narzędziem — zajmuje się nim zaledwie około dziesięciu specjalistów w całym kraju. Gospodarka polska znajduje się w długim okresie przejścia do stanu równowagi w gospo-

darce konkurencyjnej. Zmiany struktury politycznej, gospodarczej, społecznej i energetycznej są tak duże, iż takie metody modelowania jak makroekonomiczne modele wzrostu nie wystarczają. Wymagają one bowiem długich szeregów czasowych, których po prostu nie ma w kilku pierwszych latach gospodarki rynkowej. W takich sytuacjach szczególnie podkreśla się użyteczność modeli równowagi ogólnej.

2. Historia modeli równowagi ogólnej

Spróbujmy określić listę najwybitniejszych ekonomistów w historii modelowania równowagi ogólnej. Uwzględniając prace Blauga [1986], Debreu [1988], Geanakoplosa [1988], McKenziego [1988], Scarfa [1988], Dixona i in. [1992], Laroui [1995] wyróżnimy następujących specjalistów.

Idea przedstawienia mechanizmu gospodarczego i wzajemnych zależności między jego częściami składowymi pojawiła się już w XVIII wieku. **F. Quesnay** opublikował w 1758 pracę *Tableau Économique*, która jest uważana za pierwszy przykład analizy prowadzonej w kategoriach pełnego obiegu gospodarczego. Badając obieg, Quesnay wyjaśnia rolę podziału dochodów dla wzrostu gospodarczego. Praca zawiera pierwszy model ekonomiczny, jaki kiedykolwiek został wymyślony i *explicite* sformułowany. Autor przedstawił w sposób ilościowy wzajemne zależności między określonymi elementami mechanizmu gospodarczego. Jest to pierwsza znana próba kwantyfikacji wzajemnej zależności między określonymi elementami mechanizmu gospodarczego.

Model Quesnaya w wersji zmienionej przez K. Marksa (znanej pod nazwą „schematy reprodukcji”) zainspirował W. Leontiewa przy opracowywaniu tablicy przepływów międzygałęziowych.

A. Smith może być również przedstawiony na tej liście jako prekursor modelowania równowagi (*Badanie nad naturą i przyczynami bogactwa narodów*, 1776). Jako pierwszy próbował odpowiedzieć na pytanie, dlaczego olbrzymia liczba podmiotów gospodarczych, które kierują się wyłącznie własnym interesem i podejmują niezależne decyzje, nie doprowadzi do społecznego chaosu w gospodarce. Uważał, że w warunkach konkurencji „niewidzialna ręka” rynku efektywnie kieruje gospodarką.

Także **A. A. Cournota** można nazwać prekursorem w modelowaniu równowagi ogólnej z kilku przyczyn. Po pierwsze, był jednym z autorów ekonomii matematycznej. Jako jeden z pierwszych zbudował formalny model, w którym wykorzystał narzędzia matematyczne do wyrażania relacji istniejących między zmiennymi ekonomicznymi. Zainspirował tym L. Walrasa do stosowania metod matematycznych w analizie ekonomicznej. Po drugie, wprowadził koncepcję równowagi cząstkowej. Poszedł dalej niż A. Smith i ekonomiści klasyczni, definiując popyt w warunkach równowagi na pojedynczym rynku.

L. Walras był pierwszym twórcą modelu równowagi ogólnej, który starał się dowieść intuicyjne stwierdzenie Smitha. W pracy *Elements d'économie politique pure* (1874) L. Walras przedstawił swój model równowagi ogólnej. Ce-

lem było udowodnienie głównej idei ekonomistów liberalnych, zgodnie z którą swobodna gra konkurencji prowadzi do ukształtowania się układu cen, który zapewnia równowagę między podażą a popytem na wszystkich rynkach, odpowiadającą najlepszej możliwej alokacji zasobów [Bremond i in., 1997, s. 189]. Opracowany na tej podstawie układ równań zawiera ceny jako niewiadome. Jeżeli istnieje rozwiązanie takiego układu równań, to istnieje układ cen, który zapewnia równowagę na wszystkich rynkach. Dla Walrasa równość między liczbą niewiadomych i liczbą równań była wystarczającym dowodem, że układ jest rozwiązalny (czyli wszystkie niewiadome można wyznaczyć).

Wiadomo było, że model teoretyczny Walrasa będzie wtedy mieć sens, jeśli będzie można udowodnić istnienie co najmniej jednej równowagi. W tym celu Walras wprowadził normalizację cen, ustalając *numeraire*. Proces ustalania się równowagi Walrasa opisał za pomocą *tatônnement*, czyli działania centralnego planisty, który metodą prób i błędów określałby układ cen równowagi. Matematyczne narzędzia pozwalające na dowód istnienia równowagi układu równań nieliniowych w tym czasie nie istniały. Dopiero po kilkudziesięciu latach takie narzędzie się pojawiło — L. E. J. Brouwer udowodnił twierdzenie o punkcie stałym (1912), a później J. von Neumann i S. Kakutani je uogólnili.

Największym osiągnięciem Walrasa było wykorzystanie popytu do wytłumaczenia wartości i wzięcie pod uwagę jednoczesnych relacji rynkowych. Sformułowane przez niego prawo — suma popytu nadwyżkowego na wszystkich rynkach w gospodarce wynosi zero bez względu na to czy wszystkie rynki znajdują się w równowadze (ogólnej) — stało się jednym z podstawowych narzędzi w teorii ekonomii.

Model Walrasa miał istotną wadę. Przedstawiony w postaci układu równań nie zapewniał istnienia rozwiązania. **A. Wald** pierwszy udowodnił (1934) istnienie równowagi ogólnej w uproszczonym modelu. Jego dowód wymagał, aby popyt zagregowany nie zależał od dystrybucji dochodu i spełniał słaby aksjomat preferencji. Jakkolwiek dokonał on istotnego postępu w tej dziedzinie, to nie udało mu się w pełni osiągnąć celu. Dopiero w 1954 roku **K. Arrow** i **G. Debreu** udowodnili istnienie równowagi ogólnej dla statycznego modelu konkurencji doskonałej, wykorzystując dwa narzędzia: pojęcie wypukłości i twierdzenie o punkcie stałym. Również **L. W. McKenzie** uchodzi za współautora tego dowodu, ponieważ mniej więcej w tym samym czasie przeprowadził podobny dowód.

Równania opisujące zachowanie producentów i konsumentów w modelu równowagi ogólnej mogą być wysoce nieliniowe. Jest to główna przyczyna, że dużo czasu upłynęło, zanim teorię zastosowano w praktyce. Szybki postęp techniczny w sprzęcie komputerowym i programowaniu pozwolił na modelowanie CGE. W 1960 roku **L. Johanssen** przedstawił pierwszy wielosektorowy model empiryczny, w którym ceny były zmienną endogeniczną, analizującą alokację zasobów w gospodarce.

Opracowany przez **H. E. Scarfa** w 1967 r. algorytm stał się przełomem w wykorzystywaniu dużych obliczeniowych modeli równowagi ogólnej do celów

praktycznych. Ten algorytm odegrał znaczącą rolę w rozwoju modelowania równowagi ogólnej i stał się ważnym bodźcem do rozwoju modeli CGE.

Wielu innych znakomitych ekonomistów przyczyniło się do rozwoju modelowania równowagi ogólnej w latach 60. i 70. Są wśród nich na przykład A. Harberger, D. W. Jorgenson, J. B. Shoven, J. Whalley.

3. Cechy modeli CGE

Modele CGE pozwalają zrozumieć, jak różne rynki zależą od siebie nawzajem. Badania za pomocą takich modeli dostarczają często rezultatów pozornie sprzecznych z intuicją [Ginsburgh, 1997, s. 157]. Dzieje się tak, ponieważ modele równowagi ogólnej uwzględniają nie tylko bezpośrednie oddziaływania, lecz także efekty i sprzężenia zwrotne, wywołane za pomocą długich łańcuchów przyczynowo-skutkowych. Różnice te okazują się szczególnie istotne przy przewidywaniu skutków stosowania różnych instrumentów cenowych, a zwłaszcza podatków i opłat. Model równowagi ogólnej pozwala prześledzić stopień, w jakim ciężar opodatkowania jest przerzucany na uczestników poszczególnych rynków. Pozwala także na oszacowanie z dużą dokładnością wartości przychodów podatkowych.

Takie modele uwzględniają wzajemne oddziaływania sektorów gospodarczych, zależności między dochodami podmiotów i ich wydatkami, relacje czynników produkcji, a więc również odzwierciedlają efekty sprzężeń zwrotnych każdej polityki. Główną przyczyną wykorzystania modeli CGE jest dostarczenie ilościowej oceny skutków polityki rządowej. O ile jakościowe wyniki są dobre, chcielibyśmy zazwyczaj wiedzieć coś więcej na temat: czy dany szok egzogeniczny ma duże, czy małe znaczenie dla gospodarki. Nie służą one do prognozowania, lecz do oceny. Zastosowanie modelu równowagi ogólnej jest zalecane zwłaszcza wtedy, gdy polityka rządowa wywiera wpływ na całą gospodarkę.

Wraz z opracowaniem obliczeniowych modeli równowagi ogólnej teoria równowagi ogólnej stała się narzędziem operacyjnym w empirycznej analizie ekonomicznej. W modelach CGE zarówno wielkości produkcji i konsumpcji, jak i ceny względne są obliczane endogenicznie. Taki model może zostać rozwiązany numerycznie dla cen równowagi na rynkach wszystkich produktów i czynników produkcji jednocześnie. Modele CGE są głównie przeznaczone do wyjaśnienia schematów alokacji zasobów [Steininger, 1996, s. 1], nadają się również do wyjaśnienia cykli koniunkturalnych [Black, 1995, s. 132]. Służą do zrozumienia mechanizmów, poprzez które narzędzia polityki rządu wpływają na gospodarkę. Nie należy od nich jednak oczekiwać precyzyjnych, ilościowych rezultatów konkretnych interwencji rządu. Służą one do ilościowych analiz porównawczych różnych stanów równowagi. Ponieważ dochodzenie do stanu równowagi jest procesem długotrwałym i wymaga procesów dostosowawczych na wszystkich rynkach, modele CGE nie nadają się do prognoz krót-

kookresowych. Nie mogą też symulować małych marginalnych zmian, które powodują okresowe wytrącenie gospodarki ze stanu równowagi.

Istotą modeli CGE jest założenie, że w długim okresie gospodarka rozwija się w wyniku stałych dostosowań popytu i podaży. Dostosowania te odbywają się w wyniku zmian struktury cen, informującej konsumentów o kosztach produkcji poszczególnych dóbr i usług oraz zmuszającej producentów do zgodnej z decyzjami konsumentów alokacji czynników produkcji. Charakterystyczną cechą tych modeli jest to, że jakakolwiek zmiana narzędzi interwencji rządu w gospodarke (takich jak podatki, cła, zakupy interwencyjne itd.) zmienia opłacalność produkcji poszczególnych dóbr i usług, a tym samym prowadzi do odmiennego stanu równowagi i odmiennej ścieżki wzrostu gospodarczego.

Pomimo swojego wielosektorowego charakteru, modele CGE zwykle przedstawiają bardzo zagregowany obraz gospodarki. Chociaż nie ilustrują wzajemnego oddziaływania mikropodmiotów gospodarki (pojedynczych firm i konsumentów), struktura modeli CGE jest osadzona w mikroekonomicznej teorii równowagi ogólnej. W typowym modelu CGE przyjmuje się więc, że wszystkie rynki produktów i czynników produkcji są w pełni konkurencyjne, a funkcje nadwyżkowego popytu $z(p)$ są jednorodnymi funkcjami stopnia zero względem cen¹ i spełniają prawo Walrasa². Można także symulować działanie rynków o różnym stopniu niepełnej konkurencji. Ponadto, postaci funkcji popytu gospodarstw domowych zakładają, że konsumenci maksymalizują użyteczność przy spełnieniu ograniczeń budżetowych. Natomiast specyfikacja funkcji produkcji oraz popytu na czynniki produkcji zakłada, że firmy maksymalizują zyski przy uwzględnieniu ograniczeń technologicznych i zasobowych.

Modele CGE, stosowane w praktyce do analiz polityk gospodarczych, energetycznych i ekologicznych, zawierają wiele kompromisów z teorią równowagi ogólnej Walrasa. Uznaje się często, że takie kompromisy przybliżają model do rzeczywistego niedoskonałego świata i zwiększają jego możliwości prognostyczne. Modele takie, mimo że zachowują ogólną strukturę równowagi ogólnej, pozwalają na niepełną mobilność czynników, niedoskonałą konkurencję na niektórych rynkach, nierówne wynagrodzenie czynników w różnych gałęziach oraz parametryzowanie niektórych tradycyjnie endogenicznych zmiennych (np. cen niektórych czynników) [Harris, 1984; Blanchard i in., 1987; Devarajan i in., 1989; Kehoe i in., 1994; Anwar, 1998].

Skutki gospodarcze polityki rządowej są odzwierciedlone w zmianach cen czynników, cen dóbr oraz wielkości produkcji różnych gałęzi. Informacje te nie są doskonałe. Dają jedynie wyobrażenie o skali zmian w gospodarce jako całości (np. jakie gałęzie będą pod silniejszą, a jakie pod słabszą presją konkurencyjną w wyniku zmian wywołanych symulowaną interwencją rządu). Modele CGE nie odpowiadają na wiele pytań, zwłaszcza gdy interesują nas precyzyjne efekty krótkookresowe lub efekty dla wąskich wycinków gospodar-

¹ $z(\alpha p) = z(p)$ dla dowolnego p i $\alpha > 0$.

² $p \cdot z(p) = 0$ dla wszystkich p .

ki. Taki model jest wyłącznie dodatkowym narzędziem służącym zrozumieniu ogólnych długookresowych procesów dostosowawczych w skali całej gospodarki. Modele CGE wykazują swoją względną użyteczność zwłaszcza przy analizowaniu wpływu instrumentów regulacyjnych rządu na dystrybucję dochodów w społeczeństwie oraz na konkurencyjność gałęziową.

Uzasadnione jest następujące pytanie: dlaczego zajmujemy się równowagą, skoro w rzeczywistym świecie rynki są na ogół niezrównoważone? Ekonomiści zajmują się modelami równowagi ogólnej nie dlatego, że wierzą, iż taka równowaga istnieje w rzeczywistości, lecz aby poznać mechanizmy popyto-podażowe występujące na tych rynkach [Walker, 1997, s. 5]. Wyników modelu CGE nie można interpretować dosłownie. Jeśli, na przykład, w ramach pewnego scenariusza cena dobra w równowadze ustali się na poziomie, przy którym zysk sektora wytwarzającego dane dobro będzie ujemny, produkcja tego sektora powinna natychmiast spaść do zera. Trudno sobie wyobrazić, aby do tego doszło w praktyce. Działalność gospodarcza wiąże się nie tylko z produkcją, ale również tworzeniem miejsc pracy, grupami interesów, lobby politycznym. Obliczony przez model zerowy poziom produkcji wskazuje na pewną presję na rząd, aby wprowadzić jakieś sposoby protekcji danego sektora. Jest to sygnał, że rząd powinien z góry przewidzieć taką presję i zaplanować przeciwdziałania zarówno ekonomiczne, jak i socjalne. Podejście równowagi ogólnej nie implikuje przekonania, że świat rzeczywisty przechodzi z jednej równowagi do drugiej [Kaldor, 1972, s. 1244]. Służy ono jako narzędzie studiowania sytuacji bardziej realnych w rzeczywistości, czyli nierównowagi rynków.

Modele CGE nie są w stanie dostarczyć odpowiedzi na wszystkie pytania ani nawet na większość z nich, ale stanowią dobry punkt wyjściowy [Hansen i in., 1996, s. 101].

4. Uporządkowanie danych

Analiza równowagi ogólnej posługuje się dużą liczbą zmiennych. To oznacza, że ważną rolę odgrywa sposób notowania zależności między nimi. Bazą danych dla modelu CGE jest macierz rachunkowości społecznej (*Social Accounting Matrix* — SAM). Dane zapisane są w niej w taki sposób, że wymuszona jest ich wzajemna zgodność. Konstrukcja macierzy umożliwia mianowicie sprawdzenie, czy wszystkie ograniczenia budżetowe są spełnione i czy konsumpcja (zużycie) każdego dobra (czynnika) równa się jego całkowitej produkcji (i wyposażeniu początkowemu). Używając macierzy do kalibracji modelu równowagi ogólnej, zakłada się, że opisywana przez nią gospodarka spełnia warunki równowagi.

4.1. Macierz rachunkowości społecznej

Macierz SAM została zaprojektowana przez Richarda Stone'a w latach sześćdziesiątych. Jest to macierz przedstawiająca całą serię rachunków monetarnych, z których każdy przedstawia konkretny proces gospodarczy i jego

Tabela 1.
Ogólna budowa macierzy SAM

			Wydatki						
			Produkcja			Instytucje			
			Działalności	Produkty	Czynniki	Firmy	Gospodarstwa domowe	Rząd	Rachunki kapitałowe
Przychody	Produkcja	Działalności		Wartość globalna				Subwencje eksportowe	
		Produkty	Popyt pośredni				Konsumpcja prywatna	Konsumpcja rządowa	Inwestycje
		Czynniki	Wartość dodana						
	Instytucje	Firmy			Zyski brutto			Transfery	
		Gospodarstwa domowe			Wynagrodzenia	Dystrybucja zysków		Transfery	
		Rząd	Podatki pośrednie	Cła	Podatki od czynników	Podatki od spółek	Podatki bezpośrednie		
		Rachunki kapitałowe	Deprecjacja kapitału			Rezerwy	Oszczędności prywatne	Oszczędności rządowe	
	Zagranica		Import	Import czynników produkcji		Przekazy za granicę	Przekazy za granicę	Przekazy kapitałowe	
	Suma	Koszty całkowite	Podaż zagregowana	Wydatki na czynniki	Wydatki firm	Wydatki gospodarstw	Wydatki rządowe	Całkowite inwestycje	

■ — dane wyszczególnione w tabeli przepływów międzygałęziowych
Źródło: Reinert [1995, s. IV-23].

relację do innych procesów gospodarczych. Taka macierz przedstawia obraz „przepływu określonego” gospodarki rynkowej w postaci jednego ujednoczonego zbioru rachunków [Dervis i in., 1989, s. 157].

Standardowa macierz SAM jest kwadratowa. Stanowi ona syntetyczny zapis wszystkich transakcji zawartych w danym okresie pomiędzy wyróżnionymi rachunkami (kontami). Każde konto składa się z jednego wiersza i jednej kolumny. Wiersze macierzy SAM odpowiadają stronie przychodowej kont, kolumny zaś — stanowią wydatki. Zapis macierzowy pozwala na pojedyncze księgowanie każdej transakcji zamiast zasady podwójnego zapisu stosowanej w tradycyjnym układzie kont. Kwadratowa macierz zawiera, wśród innych elementów, dane o przepływach międzygałęziowych, dane dotyczące dystrybucji wśród grup instytucjonalnych różnego rodzaju dochodów z czynników produkcji, wydatki na różne towary dokonane przez te grupy, ich oszczędności i inwestycje.

W zasadzie nie ma jednolitej metody budowy macierzy SAM. Rozmiary macierzy określone przez liczbę wyróżnionych rachunków zależą od celu budowy i od dostępności danych statystycznych. Tabela 1. przedstawia ogólną budowę macierzy SAM. W tej tabeli wyróżnionych jest osiem rachunków:

- **r a c h u n e k d z i a ł a l n o ś c i** — całkowity przychód ze sprzedaży (produkt globalny, eksport z uwzględnieniem subwencji) jest równy wszystkim wydatkom na czynniki (popyt pośredni, wartość dodana netto, podatki pośrednie, amortyzacja);
- **r a c h u n e k p r o d u k t ó w** — całkowita podaż (produkt globalny, import z uwzględnieniem taryf) jest równa całkowitemu popytowi krajowemu (popyt pośredni, konsumpcja gospodarstw domowych, wydatki rządowe, inwestycje);
- **r a c h u n e k c z y n n i k ó w p r o d u k c j i** — pokazuje transfer wartości dodanej (wartość dodana netto, eksport czynników produkcji) do właścicieli czynników produkcji (zyski brutto, wynagrodzenia, podatki od czynników, import czynników produkcji);
- **r a c h u n e k f i r m** — bilansuje przychody z czynników produkcji i z zagranicy (zyski brutto, przelewy zagraniczne, transfery rządowe) z wydatkami poza procesem produkcyjnym (dystrybucja zysków, podatki od spółek, rezerwy);
- **r a c h u n e k g o s p o d a r s t w d o m o w y c h** — całkowite dochody (wynagrodzenia, zyski z przedsiębiorstw, transfery rządowe, przelewy zagraniczne) są równe wszystkim wydatkom (konsumpcja, podatki bezpośrednie, oszczędności, przekazy za granicę);
- **r a c h u n e k r z ą d o w y** — bilansuje dochody rządowe z podatków (podatki pośrednie, taryfy celne, podatki od czynników produkcji, podatki od spółek, podatki bezpośrednie, przelewy zagraniczne) z całkowitymi wydatkami rządowymi (subwencje eksportowe, konsumpcja, transfery, oszczędności rządowe, przekazy za granicę);

- **rachunek kapitałowy** — całkowite oszczędności (oszczędności prywatne i rządowe, rezerwy, deprecjacja kapitału, transfery kapitałowe z zagranicy) są równe inwestycjom, zawierającym także przekazy kapitałowe za granicę;
- **rachunek z zagranicy** — wydatki na rzecz zagranicy (import produktów i czynników produkcji, przekazy za granicę, przelewy kapitałowe za granicę) są równe wpływom z zagranicy (eksport produktów i czynników produkcji, przelewy zagraniczne, transfery kapitałowe z zagranicy).

Należy podkreślić, że import i eksport nie są symetrycznie traktowane w macierzy SAM. Import należy do rachunku produktów, z kolei eksport — do rachunku działalności, gdyż produkty są sprzedawane bezpośrednio za granicę przez producenta.

Suma każdego wiersza i kolumny ma swoją własną nazwę, z wyjątkiem całkowitej sumy wszystkich wierszy i kolumn. Główną funkcją tego konta jest zapewnienie równości pomiędzy wszystkimi wierszami i kolumnami. Wydatki muszą się równać przychodom, tak więc testem poprawności konstrukcji macierzy jest sprawdzenie, czy sumy pozycji w kolumnach równają się sumom pozycji w odpowiadających im wierszach. Całkowita wartość obu stron macierzy powinna wyjść taka sama. Przez to macierz SAM w pewnym sensie spełnia prawo Walrasa. Jeśli wszystkie konta (rachunki) macierzy są zbilansowane oprócz jednego, to ten ostatni też musi być zbilansowany.

Jednak w praktyce wzajemna zgodność danych, wymuszona warunkiem równości sum wierszy i kolumn, prawie się nie zdarza i konieczne jest ich skorygowanie. Dane koryguje się przy użyciu algorytmów iteracyjnych lub programowania liniowego [Battjes i in., 1998, s. 73]. Przykładem może być metoda RAS, która „wyrównuje” wiersze i kolumny macierzy za pomocą współczynników korygujących:

$$\hat{a}_{ij} = r_j a_{ij} s_j, \text{ czyli } \hat{A} = RAS,$$

gdzie \hat{A} — skorygowana macierz $[\hat{a}_{ij}]$, A — macierz wyjściowa $[a_{ij}]$, R — wektor wierszowy $[r_i]$, S — wektor kolumnowy $[s_j]$. Wektory te są wyznaczone z następujących tożsamości:

$$\sum_j r_i a_{ij} s_j = \sum_j \hat{a}_{ij}, \text{ czyli } \sum_i r_i a_{ij} s_j = \sum_i \hat{a}_{ij},$$

gdzie r_i i s_j pełnią funkcję mnożników nazywanych odpowiednio substytucji i wytwarzania. RAS jest metodą iteracyjną polegającą na korygowaniu elementów na przemian w wierszach i w kolumnach macierzy wyjściowej, aż do uzyskania zbilansowania. Dla macierzy zbilansowanej wektory R i S przyjmują wartości jednostkowe. Dokładny opis tej metody można znaleźć w Tomaszewicz [1994, s. 154].

4.2. Wykorzystanie macierzy w modelach równowagi ogólnej

SAM dostarcza sprawnych narzędzi do opisu wzajemnych oddziaływań w gospodarce, biorąc pod uwagę gałęzie produkcji, towary, podstawowe czynniki produkcji, różne krajowe (gospodarstwa domowe i rząd) oraz zagraniczne instytucje. Każda transakcja w macierzy jest pokazana jednocześnie jako wydatek dla jednego konta i przychód dla drugiego. Wyróżniamy cztery rodzaje kont (rachunków):

- **przepływy nominalne** — odzwierciedlają przepływy na wszystkich rynkach z płatnością w jedną stronę (od kolumn do wierszy);
- **przepływy realne** — dotyczą transakcji dóbr i usług (od wierszy do kolumn);
- **przepływy kapitałowe** — transakcje finansowe (od wierszy do kolumn);
- **transfery** — odzwierciedlają przepływy nominalne, przy których nie powstał ani nowy produkt, ani żaden produkt nie został sprzedany (od kolumn do wierszy).

Buduje się taką macierz na podstawie Systemu Rachunków Narodowych (*System of National Accounts* — SNA). W Polsce ten system obowiązuje od roku 1994. Poprzedni system — System Produkcji Materialnej (*Material Product System* — MPS) — komplikował procedurę budowy macierzy SAM. Systemy SNA i MPS są dwiema alternatywnymi metodami obliczania strumieni i zasobów w gospodarce narodowej. Składają się ze zbioru wzajemnie spójnych rachunków szczegółowych i tablic opracowywanych w celu dostarczenia systematycznego, porównywalnego i kompletnego (w miarę możliwości) obrazu działalności gospodarczej kraju.

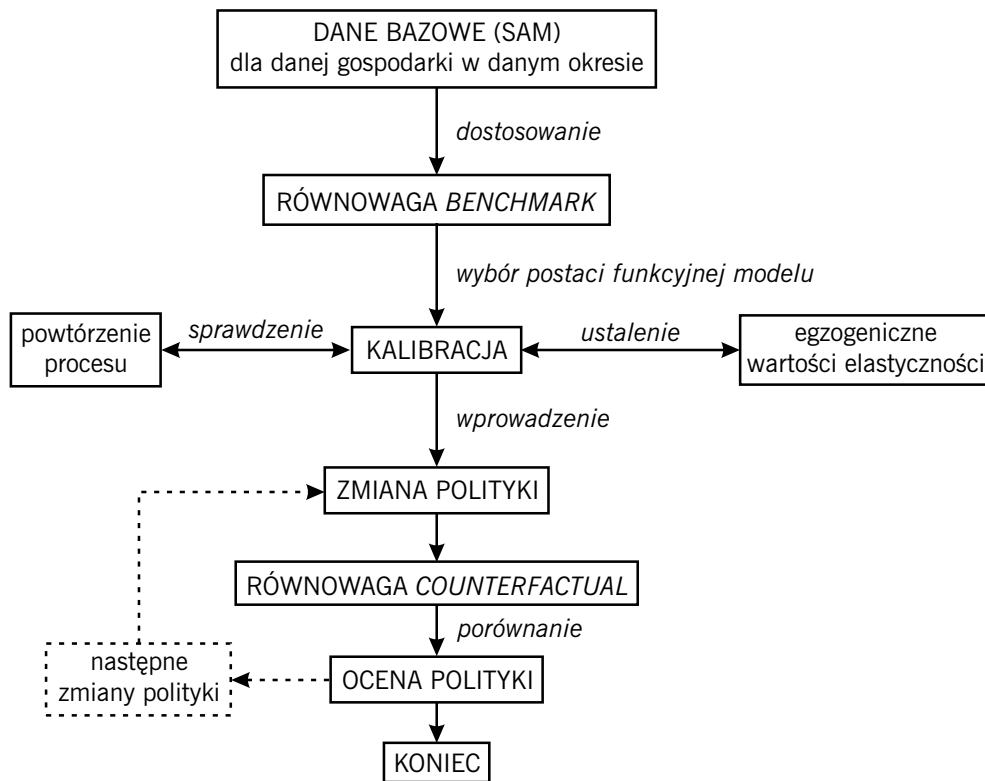
Różnice między obydwoma systemami polegają na odmiennym traktowaniu niektórych zjawisk, na innym podejściu do zagadnienia wyceny oraz różnicy w zakresie kategorii ekonomicznych. Na przykład w warunkach gospodarki zamkniętej pojęcie wartości dodanej netto odpowiada w systemie MPS dochodowi narodowemu, a w systemie SNA — produktowi narodowemu netto. Realia rynkowej gospodarki otwartej uwzględnia system SNA, natomiast gospodarki planowanej — MPS.

SAM dostarcza szczegółowego wglądu w strukturę gospodarczą danego kraju, gdyż bierze pod uwagę wszystkie podmioty i zawiera informacje o wszystkich modelowanych transakcjach. Z tego względu macierz SAM dla roku bazowego jest niezbędna do tzw. kalibracji modelu CGE, gdyż parametry w modelach CGE są szacowane za pomocą kalibracji. SAM stanowi punkt wyjścia dla kalibracji modelu, jak to zostało pokazane na rys. 1.

Kalibracja polega na dobieraniu parametrów w taki sposób, aby model odzwierciedlał faktyczny stan badanej gospodarki jako stan równowagi początkowej (*benchmark equilibrium*). Na przykład, wybór elastyczności substytucji polega na określeniu krzywizny izokwenty czy krzywej obojętności, której tylko jeden punkt jest zadany przez dane z macierzy SAM. Kalibracja sprowadza się do rozwiązania układów równań nieliniowych.

Procedura kalibrowania powoduje, że model generuje zestaw danych bazowych jako równowagę stanu ustalonego (*steady-state equilibrium*), jeśli rozpatrujemy model dynamiczny [Keuschnigg i in., 1997, s. 410].

Wyniki modelu CGE (*counterfactual equilibrium*) mogą w dużym stopniu zależeć od poprawności parametrów ustalanych egzogenicznie i od procesu kalibrowania. Skalibrowane wartości parametrów nie są jednoznaczne i nie odzwierciedlają, być może, najlepszych wartości w sensie statystycznym. Dodatkowo dane *benchmark* nie odzwierciedlają jedynej możliwej równowagi ze względu na poleganie na pojedynczej obserwacji. Dlatego istnieje wielu przeciwników modeli równowagi ogólnej [Lau, 1984, s. 135].



Rys. 1.

Proces kalibracji w klasycznych modelach CGE

Źródło: Shoven i in. [1992, s. 104].

Nie należy tutaj mylić pojęcia kalibracji z estymacją, gdyż kalibracja nie stanowi próby szacowania wielkości czegoś³. Kalibracja parametrów w mode-

³ Przez estymację rozumiemy ustalenie przybliżonych ilości czegoś [Kydland i in., 1996, s. 74].

lach równowagi ogólnej jest raczej zbliżona do procesu nazywanego „gestymacją” (*guesstimation*). Obie te metody bazują na odgadywaniu wartości parametrów na podstawie najlepszej naszej wiedzy, następnie weryfikują to i w miarę potrzeby korygują. Budujący model z wykorzystaniem takich narzędzi skazani są na domysły i hipotezy, które nawet jeśli nie są trafne, pozwalają rozwijać metody badawcze, uwzględniające wzajemne sprzężenia wielu rynków. Kalibracja, w odróżnieniu od gestymacji, w zasadniczej mierze bazuje na mikroekonomicznych założeniach i ograniczeniach. Z kolei gestymacja polega na wielokrotnym powtarzaniu procesu selekcji parametrów. Dlatego gestymację można nazwać „powtarzalną stochastyczną kalibracją” [Charemza, 1998, s. 11].

Macierz SAM sama w sobie przedstawia również narzędzie do analizy sytuacji gospodarczej. Za pomocą mnożników macierzy można dokonać analizy statyki porównawczej wpływu zmian egzogenicznych na gospodarkę, region, dany sektor itd. Mnożniki są często definiowane jako zmiany ilościowe przy danych cenach. Wybór typu mnożnika do analizy wpływu zmian egzogenicznych na układ gospodarczy zależy przede wszystkim od rodzaju tej analizy. Przykłady takiej analizy stanowią prace Defourny’ego i in. [1984], Lewisa i in. [1992], Keuninga [1995], Parikha i in. [1996], Saynatmaki i in. [1998].

4.3. Źródła danych macierzy

Po tych uwagach natury ogólnej nasuwa się pytanie, skąd brać materiał statystyczny niezbędny do opracowania macierzy SAM. Podstawową bazą macierzy SAM (zob. tabelę 1.) jest tablica przepływów międzygałęziowych (*input-output table — i/o*), która informuje o ruchu dóbr i usług dokonującym się w pewnym okresie między gałęziami produkcyjnymi, a także między tymi gałęziami a innymi podmiotami. Zawiera ona w sobie jednocześnie opis produkcji, tworzenia dochodów oraz podziału dochodu i produktu końcowego. Nazywana przez to „mapą gospodarczą” jest porównywalna z tablicami innych krajów, niezależnie od tego, jaką definicję dochodu narodowego przyjmuje dane państwo [Sulmicki, 1959, s. 159].

Nie jest to tablica przepływów pieniężnych ilustrujących rzeczywiste przychody i rozchody podmiotów gospodarczych. Między ruchem dóbr i usług a odwrotnym, co do kierunku, ruchem pieniądza występuje prawie zawsze różnica w czasie. Poza tym zapłata lub spłata należnej już uprzednio sumy może dotyczyć wymiany rzeczowej, składającej się z kilku rodzajów działalności zaklasyfikowanej do różnych gałęzi. Przy budowie tablicy wyrażającej ruch jednostek fizycznych przyjmuje się zasadę, że ruch pieniądza następuje jednocześnie z ruchem fizycznym. Tablica jest opracowywana w cenach bieżących.

Dodatkowy problem pojawia się z klasyfikacją danych. W praktyce, działalność gospodarcza kraju składa się z olbrzymiej liczby różnego rodzaju wzajemnych przepływów pomiędzy podmiotami. Istnieją dwie alternatywne metody klasyfikacji gałęzi produkcji. Klasyfikacja przedmiotowa uwzględnia jednorodne produkty dla grupowania rodzajów nakładów ponoszonych przez poszczególne podmioty gospodarcze. Taka klasyfikacja jest nazywana Euro-

pejską Klasyfikacją Działalności gospodarczej (EKD). Można klasyfikować także podmioty samodzielnych jednostek gospodarki narodowej. Klasyfikacja podmiotowa, nazywana Klasyfikacją Gospodarki Narodowej (KGN), obowiązywała w Polsce do roku 1993. Powszechnie obowiązującą obecnie klasyfikacją jest EKD, która została opracowana na podstawie NACE (projekt Biura Statystycznego Unii Europejskiej EUROSTAT).

Wysiłek i koszt włożony w opracowanie macierzy SAM jest na tyle wysoki, że na ogół takie tablice są sporządzane bezpośrednio przez urzędy statystyczne. Skonstruowanie macierzy wiąże się z olbrzymią liczbą danych, do których dostęp jest często utrudniony. W Polsce macierze SAM konstruuje Zakład Badań Statystyczno-Ekonomicznych GUS i PAN [Czyżewski i in., 1991; Żółkiewski, 1993]. Jednak nie da się zbudować uniwersalnej macierzy SAM, która pasowałaby do wszystkich badań jednocześnie.

5. Rodzaje modeli CGE

Modele CGE różnią się między sobą pod względem struktury. Można je podzielić na cztery rodzaje [Bergman, 1990, s. 6].

Pierwszym z nich są modele wzrostu wielosektorowego (MSG — *Multisectoral Growth Model*) zapoczątkowane przez L. Johansena w 1960 roku. Są to najprostsze w swoim rodzaju modele rozwiązywane za pomocą prostych technik linearyzacji. Ich głównym celem jest pokazanie pewnych aspektów wzrostu gospodarczego dla sektorów, czyli takich jak realokacja siły roboczej i kapitału według sektorów, zmiany w *terms of trade* poszczególnych sektorów itd. w procesie wzrostu gospodarczego. Są to bardzo szczegółowe modele, jeśli chodzi o dezagregację działalności gospodarczej. Jedyną zmienną endogeniczną reprezentującą konsumpcję finalną jest popyt gospodarstw domowych, który jest w całości zagregowany. Pozostałe składniki konsumpcji finalnej są brane do modelu egzogenicznie. Takie modele odbiegają od modelu równowagi ogólnej w sensie Walrasa. Specyfikacja modelu jest wyłącznie niestochastyczna, większość parametrów jest wyestymowana na podstawie pojedynczej obserwacji alokacji czynników produkcji pomiędzy sektorami. Johansen był pierwszym, który użył metody kalibracji do określenia nieznanych parametrów w modelu. Algorytm obliczeniowy modelu sprowadza się w gruncie rzeczy do określenia logarytmiczno-liniowych przybliżeń układu równań, a następnie rozwiązania otrzymanych liniowych równań względem zmian zmiennych endogenicznych jako funkcji zmian zmiennych egzogenicznych. Model nie uwzględnia żadnych miar dobrobytu społeczeństwa. Wielu ekonomistów wykorzystało podejście Johansena w swoich modelach. Przykładem takich modeli zastosowanych do polityki ekologicznej bądź energetycznej są modele Bergmana i in. [1990], Ramjerdiego i in. [1996], Frandsena i in. [1996], Aaseruda [1996].

Nie wszystkie modele CGE bazują się na podejściu Johansena. Do następnej grupy zaliczamy modele określane jako podejście Harberger-Scarf-Shoven-Whalley (HSSW). A. Harberger w 1962 roku zapo-

czątkował dwusektorowy model z uwzględnieniem podatków. W 1967 roku H. Scarf opracował do tego modelu algorytm komputerowy ustalania się równowagi Walrasa. Następnie J. Shoven i J. Whalley w 1973 roku udowodnili istnienie równowagi ogólnej w takim modelu. Takie modele różnią się od modeli MSG pod kilkoma względami, przede wszystkim poziomem agregacji gospodarstw domowych, celem przeznaczenia modelu oraz podstawą teoretyczną. Modele HSSW czerpią swoje korzenie z ekonomii dobrobytu, podczas gdy modele MSG bazują na planowaniu gospodarczym oraz analizie przepływów międzygałęziowych. Wszystkie relacje cenowe popytu i podaży są homogeniczne stopnia zero w modelach HSSW i tylko ceny relatywne mogą być określone w modelu. W odróżnieniu od kalibracji Johanssena, gdzie specyfikacja modelu została przystosowana do danych bazowych, w modelach HSSW przystosowaniu podlegają dane do specyfikacji modelu. W tym okresie po raz pierwszy wprowadzono do modelu CGE podatki [Shoven, 1974].

Współczesne modele głównie odnoszą się do tej kategorii modeli CGE, np. Komen i in. [1996], Kandelaars i in. [1997], Galinis i in. [1998], Nestor i in. [1998], Watts i in. [1998]. Oprócz modeli dla pojedynczego kraju, powstaje coraz więcej modeli obejmujących wiele krajów jednocześnie. W przygotowaniu jest obecnie model Unii Europejskiej, który będzie obejmował wszystkie jej kraje członkowskie, aby zbadać szczególne efekty polityki ekologicznej tego regionu [Capros, 1998].

Alternatywnym podejściem do algorytmu Scarfa jest podejście zaproponowane w 1978 roku przez I. Adelmiana i S. Robinsona. Algorytm Scarfa polega na znalezieniu punktu stałego na mapie dopuszczalnych układów cen poprzez równania popytu nadwyżkowego. Z kolei Adelman i Robinson traktują model CGE po prostu jako zbiór nieliniowych równań algebraicznych, które można rozwiązać za pomocą istniejących technik numerycznych.

Metoda kalibracyjna stosowana w modelach HSSW posługuje się bardzo silnym założeniem o obserwowalnych wartościach zmiennych endogenicznych określanych wyłącznie przez czynniki włączone *explicite* do modelu. Próba zmodyfikowania takiej metody zajął się D. W. Jorgenson i w wyniku jego pracy w 1975 roku powstało *ekonometryczne podejście do modelu wania CGE*. Nowe podejście zakłada stochastyczną specyfikację modelu i estymację parametrów za pomocą metod ekonometrycznych. W tym celu najpierw stwarza się do każdej ceny submodel z funkcji translogarytmicznych, następnie definiuje się współczynniki Leontiewa, i na końcu określa się poziom produkcji, zatrudnienia i amortyzacji kapitału dla każdego sektora [Jorgenson, 1984]. Podstawowa trudność takiego podejścia wiąże się z problemem stopni swobody i olbrzymią liczbą niezbędnych danych. Równoległa estymacja modelu równowagi ogólnej wymaga dość skomplikowanych technik ekonometrycznych. Większość takich modeli jest poświęcona badaniom cykli koniunkturalnych, jak Hartley [1997], Geweke [1999].

Całkiem inne podejście do modelowania CGE zaproponowali w 1975 roku V. Ginsburgh i J. Waelbroeck pod nazwą *modele równowagi ogólnej*

do analizy działalności (AGE⁴ — *Activity Analysis General Equilibrium Models*). Modele AGE są konstruowane na podstawie programowania liniowego. Założenie o stałej krańcowej użyteczności w tych modelach nie obowiązuje. Funkcja użyteczności jest wklęsła, przedziałowo linearyzowana i to prowadzi do wprowadzenia dodatkowych liniowych założeń w modelu [Ginsburgh i in. 1984]. Głównym wkładem tych modeli w rozwój modelowania CGE jest pokazanie, że numerycznie wprowadzone modele równowagi ogólnej mogą być rozwiązane za pomocą algorytmu programowania liniowego. Prowadzono wiele dyskusji, czy modele AGE można zaliczać do grupy modeli CGE. Rzadko zresztą spotyka się w literaturze takie modele (na przykład J. A. Ritter [1995]).

Przedstawiona klasyfikacja modeli CGE nie jest jedyną w swoim rodzaju. Nie ma powszechnie przyjętego jedynego podziału takich modeli. Istnieje wiele kryteriów, na przykład klasyfikacja według przedmiotu modelowania, metody estymacji parametrów, algorytmu rozwiązania, dezagregacji sektorów, kryterium zakresu przestrzennego [Bhattacharyya, 1996, s. 147]. Wydaje się jednak, że zawarta w tym podrozdziale klasyfikacja uwzględnia podstawowe cechy modeli CGE oraz ich chronologiczny rozwój.

Przy wyborze struktury modelu CGE najpierw musimy wyszczególnić podmioty gospodarcze, których zachowanie chcemy badać (producenci, konsumenci, rząd, zagranica, inne instytucje). Następnie należy określić reguły, według których podmioty zachowują się na rynkach zgodnie z ich założonymi motywacjami (na przykład maksymalizacja użyteczności przez konsumentów). Ważne jest także, by określić sygnały (takie jak ceny) obserwowane przez podmioty, na których podstawie podejmują oni swoje decyzje. Ostatecznie należy ustalić „reguły gry” na rynku, według których podmioty gospodarcze działają, czyli strukturę instytucjonalną gospodarki (na przykład założenie o konkurencji doskonałej oznacza, że każdy podmiot jest cenobiorcą i ceny są elastyczne).

6. Algorytm obliczeniowy

Działanie modelu CGE, w uproszczeniu, można przedstawić w sposób następujący. Przy danym poziomie dochodów i alokacji czynników produkcji popyt na dobra i usługi dzieli się pomiędzy popyt na import oraz popyt na produkcję krajową (w zależności od relacji cenowych pomiędzy produkcją krajową a importem). Następnie popyt na produkcję krajową konfrontowany jest na poszczególnych rynkach z poziomem podaży. Jeśli rynki nie są w równowadze, następują zmiany cen, a co za tym idzie rentowności produkcji. Wpływa to na strukturę popytu (reakcja konsumentów na zmiany cen) oraz alokację czynników produkcji między różne gałęzie gospodarki (reakcja producentów na

⁴ W analizie równowagi ogólnej stosuje się nieraz skrót AGE (*Applied General Equilibrium*) do określenia CGE. Przez AGE rozumie się modele równowagi ogólnej dla pojedynczego kraju, natomiast CGE mogą uwzględniać kilka krajów naraz [Robinson, 1989, s. 892]. W niniejszej pracy skrót AGE zachowamy wyłącznie do określenia podejścia Ginsburgha & Waelbroecka.

zmiany rentowności produkcji). Popyt na czynniki produkcji zgłaszany przez producentów konfrontowany jest na rynkach czynników produkcji z podażą, wyznaczając ich ceny. Z kolei popyt na czynniki produkcji oraz ich ceny determinują poziom i strukturę dochodów pierwotnych, które następnie, po uwzględnieniu transferów występujących w gospodarce, służą do wyznaczenia ostatecznego podziału dochodów (między gospodarstwem domowym, rządem i firmami). Dochody generują popyt konsumpcyjny (prywatny i zbiorowy) oraz inwestycyjny, podczas gdy popyt zagraniczny generuje zapotrzebowanie na eksport. Łącznie daje to nowy popyt na dobra i usługi, co kończy iterację szacowania modelu. Model rozwiązywany jest tak długo, aż zostanie wyliczony wektor cen zapewniający równowagę na wszystkich rynkach.

Do rozwiązywania takich modeli nieliniowych stosuje się algorytmy iteracyjne, działające na zasadzie prób i błędów. Do sprawdzenia, czy dany punkt, który osiągamy drogą kolejnych iteracji, odpowiada warunkom, jakie cechują punkt ekstremalny, służy w procedurach numerycznych optymalizacja statyczna. Obecnie znane są dziesiątki czy nawet setki takich algorytmów optymalizacji.

Znalezienie optymalnego rozwiązania w modelu nieliniowym nie gwarantuje dojścia do optimum globalnego, lecz jedynie do optimum lokalnego. W przypadku istnienia wielu maksimów lokalnych algorytm iteracyjny zapewnia uzyskanie jednego z nich w zależności od wyboru punktu początkowego. Z tego względu ważna jest baza danych w modelu, która określa punkt początkowy modelu.

Bibliografia

- Aaserud M., 1996, *Costs and Benefits of Climate Policies: an Integrated Economy-Energy-Environment Model Approach for Norway*, w: Madsen B., Jensen-Butler C., Mortensen J. B., Bruun-Christensen A. M. (red.), *Modelling the Economy and the Environment*, Springer, s. 77–92.
- Anwar S., 1998, *Government Size, Product Diversity and International Trade*, „Journal of Policy Modeling”, nr 1, tom 20, s. 1–9.
- Battjes J. J., Noorman K. J., Biesiot W., 1998, *Assessing the energy intensities of imports*, „Energy Economics”, nr 1, tom 20, s. 67–83.
- Bergman L., 1990, *The Development of Computable General Equilibrium Modelling*, w: Bergman L., Jorgenson D. W., Zalai E. (red.), *General Equilibrium Modelling and Economic Policy Analysis*, Basil Blackwell, s. 3–30.
- Bhattacharyya S. C., 1996, *Applied General Equilibrium Models for Energy Studies: a Survey*, „Energy Economics”, nr 18, s. 145–164.
- Black F., 1995, *Exploring General Equilibrium*, MIT Press.
- Blanchard O. J., Kiyotaki N., 1987, *Monopolistic Competition and Effects of Aggregate Demand*, „American Economic Review”, nr 4, tom 77, s. 647–666.
- Blaug M. (1986), *Great Economists before Keynes*, Cambridge University Press.
- Bremond J., Salort M. M., 1997, *Leksykon wybitnych ekonomistów*, PWN, Warszawa.
- Capros P., Georgakopoulos T., Kotsomiti S., Filippoupolitis A., 1998, *Economic Evaluation of Environmental Actions by Using the GEM-E3 General Equilibrium Model*, National Technical University of Athens [project for DG-XI].

- Charemza W. W., 1998, *Guesstimation*, mimeo, University of Leicester.
- Czyżewski A., Orłowski W., Zienkowski L., 1999, *Średniookresowe efekty członkostwa Polski w Unii Europejskiej*, Instytut Europejski w Łodzi.
- Debreu G., 1988, *Existence of general equilibrium*, w: Eatwell J., Milgate M., Newman P. (red.), *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, The Macmillan Press, s. 216–219.
- Defourny J., Thoyer E., 1984, *Structural Path Analysis and Multiplier Decomposition within a Social Accounting Matrix Framework*, „Economic Journal”, tom 94, s. 111–136.
- Dervis K., J. de Melo, Robinson S., 1989, *General Equilibrium Models for Development Policy*, World Bank.
- Devarajan S., Rodrik D., 1989, *Trade Liberalization in Developing Countries: Do Imperfect Competition and Scale Economies Matter?*, „AEA Papers and Proceedings”, nr 2, tom 79, s. 283–287.
- Dixon P. B., Parmenter B. R., Powell A. A., Wilcoxon P. J., 1992, *Notes and Problems in Applied General Equilibrium Economics*, North-Holland.
- Frandsen S. E., Hansen J. V., Trier P., 1996, *A CGE Model for Denmark Applied to CO₂ Targets and GATT Liberalizations*, w: Madsen B., Jensen-Butler C., Mortensen J. B., Bruun-Christensen A. M. (red.), 1996, *Modelling the Economy and the Environment*, Springer, s. 62–76.
- Galiniš A., van Leeuwen M., 1998, *A Computable General Equilibrium Model for Lithuania*, mimeo, Lithuanian Energy Institute.
- Genakoplos J., 1988, *Arrow-Debreu model of general equilibrium*, w: Eatwell J., Milgate M., Newman P. (red.), *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, The Macmillan Press, s. 116–124.
- Geweke J., 1999, *Computational Experiments and Reality*, mimeo, University of Minnesota.
- Ginsburgh V., Waelbroeck J., 1984, *Planning Models and General Equilibrium Activity Analysis*, w: Scarf H. E., Shoven J. B. (red.), *Applied General Equilibrium Analysis*, Cambridge University Press, s. 415–438.
- Ginsburgh V., Keyzer M., 1997, *The Structure of Applied General Equilibrium Models*, MIT Press.
- Hansen L. P., Heckman J. J., 1996, *The Empirical Foundations of Calibration*, „Journal of Economic Perspectives”, nr 1, tom 10, s. 87–104.
- Harris R., 1984, *Applied General Equilibrium Analysis of Small Open Economies with Scale Economies and Imperfect Competition*, „American Economic Review”, nr 5, tom 74, s. 1016–1031.
- Hartley J., Salyer K., Sheffrin S., 1997, *Calibration and Real Business Cycle Models: an Unorthodox Experiment*, „Journal of Macroeconomics”, nr 1, tom 19, s. 1–17.
- Jorgenson D. W., 1984, *Econometric Methods for Applied General Equilibrium Analysis*, w: Scarf H. E., Shoven J. B. (red.), *Applied General Equilibrium Analysis*, Cambridge University Press, s. 139–202.
- Kaldor N. (1972), *The Irrelevance of Equilibrium Economics*, „Economic Journal”, tom 82, s. 1237–1255.
- Kandelaars P. P., van der Bergh J., 1997, *General Equilibrium Analysis of Economic Instruments in Materials-Product Chains with Materials Balance, Recycling and Waste Treatment*, Tinbergen Institute.
- Kehoe P. J., Kehoe T. J., 1994, *A Primer on Static Applied General Equilibrium Models*, „Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review”, nr 1, tom 18, s. 2–16.
- Keuning S. J., 1995, *Accounting for Economic Development and Social Change with case study for Indonesia*, praca doktorska, Erasmus University of Rotterdam.

- Keuschnigg C., Kohler W., 1997, *Dynamics of Trade Liberalization*, w: Francois J. F., Reinert K. (red.), *Applied Trade Policy Analysis*, Cambridge University Press, s. 383–434.
- Komen M. H., Peerlings J. H., 1996, *The effects of the Dutch 1996 energy tax for agriculture*, mimeo, Wageningen [referat przedstawiony na międzynarodowym warsztacie „EAERE/Environmental Problems and Policy”, 9–11 październik 1996].
- Kydland F. E., Prescott E. C., 1996, *The Computational Experiment: an Economic Tool*, „Journal of Economic Perspectives”, nr 1, tom 10, s. 69–85.
- Laroui F., 1995, *A brief history of modelling*, w: Laroui F., van Leeuwen M. J., *Top-down or Bottom-up Modelling?*, Fundacja Studiów Ekonomicznych (SEO) przy Uniwersytecie Amsterdamskim, raport 356, s. 1–37.
- Lau L. J., 1984, *Comments*, w: Scarf H. E., Shoven J. B. (red.), *Applied General Equilibrium Analysis*, Cambridge University Press, s. 127–137.
- Lewis B., Thorbecke E., 1992, *District-Level Economic Linkages in Kenya: Evidence Based on a Small Regional Social Accounting Matrix*, „World Development”, nr 6, tom 20, s. 881–897.
- McKenzie L. W., 1988, *General equilibrium*, w: Eatwell J., Milgate M., Newman P. (red.), *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, The Macmillan Press, s. 498–512.
- Nestor D. V., Pasurka C. A. Jr., 1998, *Least-Cost Air Pollution Control: a CGE Framework*, mimeo, US Environmental Protection Agency.
- Parikh A., Thorbecke E., 1996, *Impact of Rural Industrialization on Village Life and Economy: a Social Accounting Matrix Approach*, *Economic Development and Cultural Change*, University of Chicago, s. 351–377.
- Ramjerdi F., Rand L., 1996, *A National Forecasting Model System for the Evaluation of the Impacts of Alternative Policy Measures on Transport and Environment*, w: Madsen B., Jensen-Butler C., Mortensen J. B., Bruun-Christensen A. M. (red.), 1996, *Modelling the Economy and the Environment*, Springer, s. 221–238.
- Reinert K. A., Roland-Holst D. W., 1995, *Social Accounting Matrices*, w: Francois J. F., Reinert K. (red.), *Applied Trade Policy Analysis*, Cambridge University Press, s. 94–121.
- Ritter J. A., 1995, *An Outsider's Guide to Real Business Cycle Modelling*, „Federal Reserve Bank Review”, nr 2, tom 77, s. 49–60.
- Robinson S., 1989, *Multisectoral Models*, w: Chenery H., Srinivasan T. N. (red.), *Handbook of Development Economics*, tom 2, North-Holland, s. 885–947.
- Saynatmaki T., Kola I., Nokkala M., 1998, *Constructing Regional SAMs for North Karelia and South Ostrobothnia by Using Regional I-O Tables*, University of Helsinki, wersja internetowa [<http://www.stat.fi/savonlimna/>].
- Scarf H. E., 1998, *Computation of General Equilibrium*, w: Eatwell J., Milgate M., Newman P. (red.), *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, The Macmillan Press, s. 556–562.
- Shoven J. B. (1974), *A Proof of the Existence of a General Equilibrium with ad Valorem Commodity Taxes*, „Journal of Economic Theory”, nr 8, s. 1–25.
- Shoven J. B., Whalley J., 1992, *Applying General Equilibrium*, Cambridge.
- Steininger K., 1996, *General Models of Environmental Policy and Foreign Trade*, mimeo, Wageningen [referat przedstawiony na międzynarodowym warsztacie „EAERE/Environmental Problems and Policy”, 9–11 października 1996].
- Sulmicki P., 1959, *Przepływy międzygałęziowe*, PWG, Warszawa.
- Tomaszewicz Ł., 1994, *Metody analizy input-output*, PWE, Warszawa.
- Walker D. A., 1997, *Advances in General Equilibrium Theory*, Edward Elgar.

Watts G., Noonan W. R., Maddux H. R., Brookshire D. S., 1998, *The Endangered Species Act and Critical Habitat Designation: an Integrated Biological and Economic Approach*, mimeo, the University of New Mexico.

Zółkiewski Z., 1993, *Social Accounting Matrix for Poland 1990*, z prac ZBSE, GUS i PAN, zeszyt 215.

A b s t r a c t Computable Models of General Equilibrium (CGE)

A

The paper presents rarely used in Poland research method which is the computable model of general equilibrium. In distinction from the econometric models, where we assume that the investigated segment of reality is isolated from the rest of economy, and CGE models of the markets are connected with each other by the supply-demand mechanism like in a real economy. Such models are particularly concentrated on the optimization of prosperity which is directly taken into consideration through the assumption about the rational behaviour of economic subjects.

The approach of general equilibrium does not imply the conviction that the real world passes from one equilibrium to another. It serves as a tool for studying situations more real in reality, that is, the imbalance of the markets. The paper presents both the strong and weak sides of this tool and explains its main conception. For a long time it comprised exclusively a theoretical tool and only in the sixties for the first time it was used in empirical analyzes.

A particular role in such an analysis is played by the way of noting the relationship between the variables since CGE models use a large number of variables. The model parameters are evaluated by means of calibration which significantly deviates from the estimation.