



Jan Polaszczyk*

Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza, Wydział Zarządzania

WYKORZYSTANIE MODELU CGE W POMIARZE RZECZYWISTOŚCI GOSPODARCZEJ NA WYBRANYCH PRZYKŁADACH

Streszczenie

W artykule autor podejmuje problematykę zastosowania modeli *Computable General Equilibrium (CGE)* w opisie i pomiarze rzeczywistości gospodarczej. Opracowanie traktuje o istocie tych modeli i możliwości ich wykorzystania w analizach ekonomicznych wspomagających decyzje jednostek rządowych w zakresie skutków implementacji rozwiązań legislacyjnych. Szerokie stosowanie modelowania CGE na świecie wciąż pozostaje nieusystematyzowane w jednolity, spójny sposób, co wynika z możliwości i charakteru opisywanych modeli. Autor podaje przykłady wykorzystania CGE na świecie, poruszając problematykę makroekonomiczną.

Słowa kluczowe: CGE, Computable General Equilibrium, modelowanie ekonomiczne, rzeczywistość gospodarcza

* Adres e-mail: j.polaszczyk@prz.edu.pl.

Wprowadzenie

Turbulentne otoczenie gospodarcze wymaga na przedsiębiorcach, przedstawicielach jednostek rządowych czy wreszcie na naukowcach konieczność prowadzenia ciągłego monitoringu rzeczywistości gospodarczej. Definiując rzeczywistość jako „to, co istnieje naprawdę” (*Słownik języka polskiego*, 2016), w odniesieniu do gospodarki obrazuje się wszelkie zachodzące zjawiska gospodarcze mające w niej miejsce. Rozważając dalej, z punktu widzenia nauki istotne wydaje się stworzenie możliwości pomiaru rzeczywistości gospodarczej, czego od wieków podejmują się światowi ekonomiści. Współcześnie tempo zmian w systemach gospodarczych jest wysokie, co spowodowane jest między innymi postępem technologicznym wynikającym z zaawansowanej informatyzacji społeczeństwa. Wymusza to umiejętność elastycznej, dynamicznej reakcji wobec zachodzących zdarzeń, poprzedzonej próbami ich antycypacji. Bazując na zebranych doświadczeniach i zgromadzonych danych statystycznych, można podejmować wysiłki w celu określenia skutków konkretnych decyzji w przedsiębiorstwach czy wdrożenia polityk w gospodarkach krajowych. Takie możliwości są dostępne przy zastosowaniu modelowania ekonomicznego przy użyciu metod ilościowych.

Celem opracowania jest wskazanie na przesłanki teoretyczne modelu obliczeniowego równowagi ogólnej oraz przywołanie wybranych modeli ekonomicznych bazujących na konstrukcji CGE z ostatnich lat na podstawie badań literatury przedmiotu.

Coraz częściej wykorzystywane modele równowagi ogólnej pozwalają na pomiar rzeczywistości gospodarczej i przeprowadzenie analiz *ex post*, na podstawie których możliwe jest wnioskowanie o przyszłości. Autor zauważa konieczność doprecyzowania istniejących nomenklatur klasyfikujących stosowane modele.

1. Istota Computable General Equilibrium

Modele CGE posiadają wiele definicji w literaturze przedmiotu, co jest efektem ich coraz bardziej powszechnego charakteru. Kiuiła (2001, s. 109, 112) określa modele CGE jako „badania wzajemnego oddziaływania popytu i podaży na wielu rynkach jednocześnie, oparte na Walrasowskiej teorii równowagi ogólnej (...) są dodatkowym narzędziem służącym zrozumieniu ogólnych długookresowych procesów dostosowawczych w skali całej gospodarki”. Natomiast pracownicy przedsiębior-

stwa EnergSys zajmującego się badaniami rynku przy zastosowaniu modelowania CGE (2008) wskazują, że jest on „zbiorem relacji zachowań (równań), które w warunkach doskonałej konkurencji wyznaczają równowagę pomiędzy produkcją i handlem, produktami i usługami poprzez zmiany w relacjach cen tych produktów i usług”. Idąc dalej, warto zastanowić się nad definicją podawaną przez HM Revenue & Customs, przedsiębiorstwo wykorzystujące model CGE do bieżących badań całej Wielkiej Brytanii: „Wielkoskalowy model numeryczny, który symuluje rdzenne interakcje ekonomiczne w gospodarce. Używa danych strukturalnych danej gospodarki wraz z zestawem równań, które na podstawie teorii ekonomii estymują efekty polityki fiskalnej i jej wpływ na rozpatrywaną gospodarkę”. Zawalińska (2010, s. 65) podaje, że „Modele CGE są modelowym przybliżeniem gospodarki obserwowanej jak pod mikroskopem po to, żeby móc śledzić skomplikowane mechanizmy powiązań ekonomicznych, takie jak wymiana towarów, usług (...) zachowania pracodawców i pracowników, czy nawet zachowania ludzi szukających lepszego życia – w równaniach funkcji migracji”. Z kolei Bobowski (2012, s. 129) definiuje CGE jako „(...) analityczne ujęcie mechanizmów osiągnięcia równowagi na poszczególnych rynkach jednocześnie” i dokonuje podziału modeli równowagi ogólnej, o czym traktuje dalsza część opracowania.

Odnosząc się do pomiaru gospodarczego czy też pomiaru przemian zachodzących w gospodarce na skutek modyfikacji jednego z jej elementów, można przyjmować wiele zmiennych jako podstawę pomiarową, w zależności od badanego elementu. Najczęściej stosowanym miernikiem jest jednak PKB (HM Revenue & Customs, 2013).

Jak wiadomo, PKB można rozdzielić na indywidualne komponenty, takie jak: konsumpcja, inwestycje, wydatki rządowe, eksport i import w celu zbadania, jak te elementy zmieniają swoje wartości w czasie. Interpretacja zmian tych wielkości w czasie i odniesienie ich wzajemnie do siebie prowadzi do zobrazowania sytuacji w gospodarce, na wybranych rynkach. Rynki wzajemnie na siebie oddziałują, generując zmiany w wolumenach popytu i podaży czy cenie dóbr. Na podstawie bieżących danych statystycznych można pokusić się o stworzenie liniowych równań popytu i podaży dla wybranych rynków, po czym ponowne odniesienie uzyskanych równań do przeszłych wyników sprzedażowych daje możliwość estymacji wartości wskaźników cenowej elastyczności popytu i podaży na określone dobra, co w kon-

sekwencji pozwala ustalić wielkości popytu i podaży w jednoczesnym *equilibrium* na wielu rynkach jednocześnie.

Macierze Rachunkowości Społecznej (*Social Accounting Matrix, SAM*) stanowią podstawową bazę danych dla modeli CGE. Jest to spowodowane przede wszystkim ilością informacji, które można zawrzeć i usystematyzować w ramach SAM, oraz systemem zapisu danych w macierzy (Kiwiła, 2001), który wymusza ich wzajemną zgodność. Należy w tym miejscu podkreślić również elastyczność w rozszerzaniu zakresu danych, które obejmuje macierz SAM, gdyż aby wziąć pod uwagę większy zakres danych, wystarczy jedynie dodać kolejną kolumnę i wiersz do macierzy, tym samym zwiększając jej rozmiar. Pozwala to na dowolną ingerencję w bazę danych dla modelu CGE, co umożliwia jego dowolne dostosowanie do zadanych zagadnień badawczych. Z tego względu jest narzędziem używanym bardzo powszechnie w kalkulacjach makroekonomicznych. Zawalińska (2010) podaje, iż wraz z rosnącą dostępnością danych modele CGE stawać się będą coraz bardziej szczegółowe i bliższe rzeczywistości. Tabela 1 przedstawia przykładową bazę danych dla opisywanego modelu.

Tabela 1. Przykładowa macierz SAM

	Przedsiębiorstwa	Gospodarstwa domowe	Jednostki rządowe	Pozostała część gospodarki	Inwestycje	Razem
Przedsiębiorstwa		C	G_F	$(X-M)_K$	I	$C+G_F+(X-M)_K+I$
Gospodarstwa domowe	W		G_H	$(X-M)_C$		$W+G_H+(X-M)_C$
Jednostki rządowe	T_F	T_H				T_F+T_H
Pozostała część gospodarki	$(X-M)_K$	$(X-M)_C$				$(X-M)_K+(X-M)_C$
Inwestycje		S_H	S_G			S_H+S_G
Razem	$W+T_F+(X-M)_K$	$C+T_H+(X-M)_C+S_H$	$G_F+G_H+S_G$	$(X-M)_C+(X-M)_K$	I	

Źródło: opracowanie własne na podstawie Mitra-Kahn (2008).

gdzie:

T – podatki (*taxes*), W – wynagrodzenia (*wages*), M – import, X – eksport, S – oszczędności (*savings*), I – inwestycje, C – konsumpcja (*consumption*), G – wydatki rządowe (*government transfer*), F – przedsiębiorstwa (*firms*), H – gospodarstwa domowe (*households*).

Końcowa kolumna i wiersz służą sumowaniu w celach kontrolnych, przy czym całkowita wartość obu stron macierzy powinna się równać, co pozwala stwierdzić zachowanie Prawa Walrasa¹. Za Kiuiłą (2001) należy podkreślić, iż standardowa macierz SAM jest kwadratowa, jednakże nie jest ustalona jednolita jej budowa. Rozmiary macierzy są określone przez cele budowy modelu i dostępność danych statystycznych. Opisywana macierz stanowi punkt wyjścia do kalibracji modelu do stanu równowagi.

Podjmując problematykę kalibracji modelu CGE, należy przede wszystkim zauważyć, iż kalibracja nie jest estymacją, gdyż ta pierwsza nie stanowi próby szacowania, jedynie matematyczne przystosowanie wartości w macierzy do stanu równowagi wszystkich jej elementów przy uwzględnieniu wzajemnych oddziaływań. Proces kalibracyjny prowadzi do stworzenia przez model zestawu danych wyjściowych do dalszych operacji, swego rodzaju gospodarkę idealnie zrównoważoną, „zamrożoną” w danym momencie. Istotna tu jest poprawność wprowadzonych danych w celu zminimalizowana zakresu niepewności.

Nomenklatura klasyfikacji modeli CGE jest nieusystematyzowana w literaturze przedmiotu. Bobowski (2012) dokonał następującego podziału modeli równowagi ogólnej:

- model obliczeniowy równowagi ogólnej na poziomie krajowym,
- model obliczeniowy równowagi ogólnej na poziomie międzynarodowym,
- model równowagi cząstkowej (*Partial Equilibrium Models*),
- model grawitacyjny.

Ponadto można wyróżnić podział ze względu na strukturę (Bergman, 1990, s. 6):

- modele wzrostu wielosektorowego (*Multisectoral Growth Model*, Johansen, 1960),
- modele HSSW (Harberger-Scarf-Shoven-Whalley, 1962– 973),
- modele z podejściem ekonometrycznym (Jorgenson, 1984),
- modele równowagi ogólnej do analizy działalności AGE (*Activity Analysis General Equilibrium Models*).

¹ Prawo Walrasa – reguła dotycząca równowagi ogólnej, według której na doskonale konkurencyjnym rynku podaż i popyt na konkretnych mniejszych rynkach sumują się w jedną całość. Innymi słowy, wartość zagręgowanej nadwyżki popytu zawsze wynosi 0. Prawo Walrasa implikuje, że jeżeli $n - 1$ rynków znajduje się w równowadze, to i n -ty rynek musi być zrównoważony.

Literatura przedmiotu podaje rozbieżne podejścia do ostatniego rodzaju, mianowicie różnicy między AGE i CGE. Boratyński (2014) podaje, iż obie nazwy można traktować jako synonimy i stosować zamiennie, natomiast Mitra-Kahn (2008) wyraźnie podkreśla różnicę między nimi. Bowiem modele CGE, które bazują na równaniach bilansujących w skali makro i pracujących na tej samej liczbie równań co niewiadomych, rozwiązywalne są jako układ równań, gdzie egzogeniczne zmienne zmieniają się tylko poza modelem, by ostatecznie dać endogeniczne wyniki. Modele AGE z kolei, które bazują na teorii równowagi ogólnej Arrowa-Debreu², działają w zupełnie inny sposób. Mianowicie podejście to w pierwszej kolejności zakłada istnienie równowagi w sektorze, a potem dopiero przystępuje do wyszukania wektora zmian cen poprzez stosowanie algorytmu Scarfa³. Prowadzi to do zawężenia wyników i braku kompletnego uwzględnienia wzajemnych oddziaływań sektorów w procesie kalibracyjnym, tak jak w przypadku CGE. Słuszność obu teorii autor pozostawia do dalszej dyskusji naukowej.

2. Przykłady praktycznych zastosowań modelowania CGE

W opracowaniu niejednokrotnie podkreślono powszechny charakter modeli CGE i ich stosowanie w skali globalnej przez wiele instytucji. W zależności od potrzeb podmiotów realizujących badania z zakresu problematyki CGE i określenia wpływu zmian legislacyjnych w konkretnych obszarach gospodarki opracowania traktują o przeróżnych próbach pomiaru rzeczywistości gospodarczej. Obecnie niemożliwe wydaje się podjęcie próby estymacji ilości badań z wykorzystaniem modeli

² W 1954 roku Kenneth Arrow oraz Gérard Debreu udowodnili matematycznie fakt istnienia równowagi (Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy, *Econometrica*, vol. 22, No. 3, 1954). Definicję równowagi zaproponowaną przez nich nazywa się dziś często równowagą konkurencyjną Arrowa-Debreu (ang. *Arrow-Debreu Competitive Equilibrium*, ADCE). Równowaga ogólna w modelach à la Arrow-Debreu pokazuje, że system ekonomiczny może być całościowo analizowany przy użyciu neoklasycznych założeń: indywidualnej racjonalności, oczyszczających się rynków i racjonalnych oczekiwań (Dąbrowski, 2009).

³ Za Gąsiorowskim i Kuszewskim (2004, s. 100). Pierwszy algorytm wyznaczania wektora cen równowagi w nieliniowym modelu równowagi ogólnej opracował Scarf (1967). Opracowanie przez Scarfa algorytmu pozwalającego w skończonej liczbie kroków wyznaczyć wektor cen równowagi w modelu równowagi ogólnej było jednym z decydujących czynników umożliwiających gwałtowny rozwój zastosowań tej klasy modeli do badania zachowań systemów gospodarczych (*On the Computation of Equilibrium Proces*. W: Fellner, 1967).

CGE i ich kategoryzacja. Biorąc pod uwagę powyższe, autor podaje przykłady zastosowań modelu CGE w praktyce w celu zbadania i pomiaru wpływu wybranych narzędzi polityki rządu na gospodarkę jako całość.

Symulacja wpływu wdrożenia *Free Trade Agreement of Southern African Development Community* (Umowa Liberalizacji Wymiany Handlowej Południowoafrykańskiej Organizacji Rozwoju) (Hallaert, 2007)

Wymiana handlowa Madagaskaru z RPA zdecydowanie wzrosłaby przy wdrożeniu SADC FTA. Jednakże wpływ na handel pomiędzy Madagaskarem a resztą SADC jest niewielki i w rzeczywistości nie zmienia wiele, natomiast przewidziano, iż ratyfikowanie tej umowy ograniczy niemal do zera wymianę towarową z państwami trzecimi. Pomimo ogólnego pozytywnego bilansu handlowego Madagaskaru po przyjęciu *Free Trade Agreement* wpływ tej operacji na zmianę realnego PKB jest wysoce ograniczony, ponieważ liberalizacja handlu jest wciąż ograniczona (eliminacja taryf wpłynęłaby na mniej niż 6% malgaskiego importu). W kalkulację decyzyjną należy wliczyć koszty administracyjne i czas poświęcony na realizację powiązanych zadań.

Ponadto omawiana symulacja wskazuje, iż eliminacja obostrzeń sankcjonujących utylizację odpadów powstających w wyniku podaży czynników produkcji pozytywnie wpłynęłaby na gospodarkę, jednakże ponownie jedynie w niewielkim stopniu. Z drugiej strony, jeśli liberalizacja regionalnej wymiany handlowej jest powiązana z liberalizacją multilateralną, całość w synergii owocuje zwiększonymi korzyściami dla kraju. Autor podaje dwa powody: po pierwsze, liberalizacja dotyczyłaby całości wymiany handlowej Madagaskaru, a nie jedynie jej części, na co wskazywali politycy. Po drugie, multilateralna liberalizacja zredukowałaby koszty związane z potencjalną dywersyfikacją kierunków handlu. Jednocześnie podkreślono, iż dalsza, głębsza analiza jest wskazana.

Ocena wpływu zatrudnienia i polityki socjalnej na wydajność energetyczną Unii Europejskiej (World Scientific and Imperial College Press, zbiór autorów, 2015)

Celem opracowania z wykorzystaniem modelu GEM-E3 (Energy–Economy–Environment) Komisji Europejskiej z 2015 roku była ocena pośrednich i bezpośred-

nich sprzężeń pomiędzy wydajnością energetyczną UE, rynku pracy i dobrobytu społeczeństwa, zarówno na poziomie mikro, jak i makro. W analizie zastosowano zarówno podejście ilościowe, jak i jakościowe. Badano, jaki jest aktualny poziom zatrudnienia w sektorze energetycznym w Europie oraz jaki wpływ na ten rynek mają inwestycje w sektorze energetycznym. Podjęto próbę określenia instrumentów polityki wspierających ocenę wpływu nowych rozwiązań legislacyjnych w zakresie wydajności energetycznej na rynek pracy i in.

Proces modelowania ujawnił, iż ustanowienie ambitnych celów dla wydajności energetycznej w Unii Europejskiej cechowałoby się skromnym wpływem na PKB (-0,2%) ze względu na spowodowany tym spadek inwestycji w Europie. Makroekonomiczne korzyści wynikające z wdrożenia wyższej efektywności energetycznej zostaną zmaksymalizowane, jeżeli infrastruktura zastosowana do osiągnięcia tego założenia zostanie wyprodukowana w EU oraz jeżeli również w EU zostaną opracowane nowe technologie na ten krok pozwalające. Kluczowym czynnikiem jest tutaj rozwój sektora elektromobilności. Jednocześnie zauważono, iż największy potencjał wdrożeniowy dla wyższej efektywności energetycznej znajduje miejsce w państwach członkowskich, które dołączyły do UE jako ostatnie.

Ocena wpływu inwestycji „Autostrada Wschód–Zachód” w Gruzji na jej gospodarkę krajową (World Bank Group, 2015)

Celem opracowania z 2015 roku wykonanego przez Bank Światowy była ocena pośredniego wpływu gruzińskiej inwestycji *East West Highway (EWH)* na całość gospodarki. W pracy zastosowano model CGE w wersji zmodyfikowanej do potrzeb autorów. Przeprowadzono symulację pośrednich korzyści powiązanych z ukończeniem nowoczesnego korytarza autostradowego w Gruzji dla wielu sektorów gospodarki. Inwestycja w założeniu prowadziła do zmniejszenia kosztów transportu – przez redukcję kosztów operacyjnych pojazdów i czasu. Zazwyczaj ocena tego stanu rzeczy jest realizowana przy standardowej analizie input-output, jednakże takowa nie pozwala na szerokie spojrzenie i uwzględnienie wszystkich kaskadowych skutków dla gospodarki.

Wyniki modelowania ukazują pośrednie korzyści z inwestycji i oceniają inwestycję jako przydatną dla gospodarki w średnim i długim okresie. Oceniono, iż PKB realne wzrosło o 1,5 punktu procentowego w średnim okresie i wzrosło do 4,2% w długim. Szacowano, że wartości zarówno eksportu, jak i importu wzrosną

w dalekiej perspektywie, przy dominacji wzrostu eksportu nad importem. Rozwój infrastruktury przyczyni się do wzrostu dochodów gospodarstw domowych, mimo że pierwsze dwa kwintyle o najniższym dochodzie zyskają na inwestycji znacznie mniej niż inne grupy tych gospodarstw. Ponadto stwierdzono, że gminy wiejskie zyskają na inwestycji daleko więcej niż miejskie.

Podsumowanie

Modele CGE znajdują szerokie zastosowanie w aktualnej problematyce makroekonomicznej i są wykorzystywane do działań, które globalnie autor określa jako pomiar rzeczywistości gospodarczej. Zmiana jednego z elementów funkcjonującej gospodarki uruchamia wszelkie sprzężenia istniejące pomiędzy jej sektorami, wywierając pośredni wpływ na wszystkie jej elementy. Analiza tych zmian jest istotnym zagadnieniem, które podejmowane jest przez wielu specjalistów z całego świata. CGE to narzędzie pomagające podejmować istotne dla gospodarek krajowych decyzje, które mają następnie wpływ na jakość życia społeczeństwa, poziom ich dochodów, czy wreszcie wartości wskaźników takich jak PKB i pokrewnych. Przeprowadziwszy – z wykorzystaniem modeli CGE – dogłębną, szczegółową analizę przedwdrożeniową dla procesu legislacyjnego, jednostki rządowe są w stanie sprawdzić „co by było, gdyby” dane rozwiązanie zostało urzeczywistnione. Jest to możliwość, która nigdy nie powinna być zaniedbywana przez rządzących, wykładnią działalności których powinno być przecież dobro społeczeństwa.

Literatura

- Badania Systemowe EnergSys sp. z o.o. (2008). *Ocena skutków wdrożenia pakietu energetyczno-klimatycznego dla Polski w okresie do roku 2030, zał. 6: Opis modelu równowagi ogólnej CGE*. Warszawa.
- Bergman, L. (1990). The Development of Computable General Equilibrium Modelling. W: L. Bergman, D.W. Jorgenson, E. Zalai (red.), *General Equilibrium Modelling and Economic Policy Analysis* (s. 3–30) Hoboken: Blackwell Pub.
- Bobowski, S. (2012). Modele obliczeniowe równowagi ogólnej – ramy teoretyczne, zastosowanie przy ocenie skutków liberalizacji handlu. *Ekonomia I* (18), 129–145.

- Boratyński, J. (2014). Robustness of cge simulation results in the context of structural changes – the case of Poland. *Przegląd Statystyczny*, 3 (LXI), 245–261.
- Hallaert, J.-J. (2007). Can Regional Integration Accelerate Development in Africa? CGE Model Simulations of the Impact of the SADC FTA on the Republic of Madagascar. *IMF Working Papers*, 07/66, 1–30.
- HM Revenue&Customs (2013). *HMRC's CGE model documentation*. Londyn.
- Kiuiła, O. (2001). Obliczeniowe modele równowagi ogólnej (CGE). *Ekonomia: Rynek, Gospodarka, Społeczeństwo*, 109–127.
- Kuszczyński, T., Gąsiorowski, P. (2004). Modelowanie preferencji konsumenta w symulacyjnych modelach stosowanej równowagi ogólnej. *Prace Naukowe Instytutu Organizacji i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej*, 75, 99–113.
- Mitra-Kahn, B.H. (2008). *Debunking the Myths of Computable General Equilibrium Models*. Schwartz Center for Economic Policy Analysis and Department of Economics, The New School for Social Research, Working Paper Series. Nowy Jork.
- Słownik języka polskiego PWN* (2016). Pobrane z: <https://sjp.pwn.pl/sjp/rzeczywistosc;2518603.html> (6.08.2017).
- World Scientific and Imperial College Press Reference on Natural Resources and Environmental Policy in the Era of Global Change (s. 207–245). W: *Computable General Equilibrium Models* (Vol. 3).
- World Bank Group, Transport and ICT Global Practice, Europe And Central Asia, *Report No ACS15092*.
- Zawalińska, K. (2010). Modelowanie rozwoju ekonomicznego na przykładzie polityki rozwoju obszarów wiejskich i regionalnego modelu równowagi ogólnej RegPol. *Roczniki Nauk Rolniczych*, 2 (97), 63–75.

APPLICATION OF CGE MODELS IN ECONOMY MEASUREMENT BASED ON SELECTED EXAMPLES

Abstract

In this article author takes on the issues of application of *Computable General Equilibrium (CGE)* models in describing and measuring economic reality. Essay treats about the essence of those models and possibilities of their utilization in economic analytics which aid decision process of government units about the effects of implementation of policies into economy. Worldwide application of CGE models still is not homogeneously systematized and varies based on user's needs. Author shows the practical examples of usage of CGE models on macro scale in latest years.

Keywords: CGE, Computable General Equilibrium, economic modelling, economy measurement

Translated by Jan Polaszczyk

JEL codes: R13, R15