روش شناسی مدل تعادل

عمومی قابل محاسبه‌ی *(CGE)* تئوری و کاربرد

دکتر سید کمیل طیبی و شیرین مصری نژاد *

تاریخ وصول: ۸۴/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۸۵/۳/۲۲

چکیده:

مدل سازی عددی به منظور بررسی سیاست‌ها و تغییر و تحولات بازار بر اساس اطلاعات داده - ستانده داخلی در دو دهه‌ی اخیر با استقبال قابل توجه پژوهشگران روبرو بوده است. مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE) ابزاری قوی برای تجزیه و تحلیل روابط پیچیده است. در تعادل عمومی کاربردی، مدل‌های تعادل جزئی از طریق روش خاص با مدل‌های تجمیعی اقتصاد کلان ترکیب می‌شوند. پیشرفت تکنولوژی کامپیوتر و وجود نرم افزارهای خاص، امکان مدل سازی با تعداد متغیرهای فراوان را فراهم نموده است. یکی از مسائل بسیار با اهمیت در مدل سازی تعادل عمومی کاربردی این است که در این روش ارتباط بین کلیه‌ی بخش‌های اقتصادی در نظر گرفته و به محدودیت منابع (مانند زمین و نیروی کار) نیز توجه می‌شود و با بعضی از قوانین اقتصاد کلان مانند تعادل پس انداز و سرمایه گذاری تلفیق می‌گردد. هدف این مقاله بررسی روش شناسی مدل تعادل عمومی قابل محاسبه و تصریح یک چارچوب استاندارد برای آن است، به طوری که زمینه‌ی تحلیل داده‌های حاصل را از طریق محاسبه و شبیه سازی روابط موجود در یک اقتصاد فراهم سازد.

طبقه بندی JEL: D50

واژه‌های کلیدی: *مدل تعادل عمومی قابل محاسبه، روش شناسی، سیاست‌های اقتصادی، CGE*

* به ترتیب: عضو هیأت علمي گروه اقتصاد دانشگاه اصفهان و عضو هیأت علمي موسسه‌ی آموزش عالي شیخ بهایي (komail@econ.ui.ac.ir)

۱- مقدمه

جدال میان مکاتب روش شناسی از جمله استقراگرایی[1] و ابطال گرایی[2] در دهه‌های اولیه‌ی قرن بیستم چالش‌های اساسی را در به کارگیری روش‌ها و شیوه‌های کمی و مقداری به ویژه در علوم انسانی به وجود آورد (زیباکلام، ۱۳۷۸). در این میان، علم اقتصاد نیز در به کارگیری روش‌های مقداری و کمی دستخوش جدال‌های روش شناسی فراوان شده است. انتقادها و چالش‌های ایجاد شده میان اندیشمندان موافق و مخالف به کارگیری شیوه‌های کمی در علم اقتصاد، به جای متوقف ساختن گسترش به کارگیری شیوه‌های مقداری در علم اقتصاد، موجب اصلاح تکنیک‌ها و واقف ساختن متخصصان به نواقص شیوه‌های کمی در علوم هنجاری و رفتاری گردیده است.

در این راستا، یکی از روش‌های تحلیل کمی که در مقابل دامنه‌ی وسیعی از موضوعات سیاستی (تغییرات مالیاتی، سیاست تجاری و ....) انعطاف پذیر است و می‌تواند چارچوب جامع نگری را برای بررسی آثار همه جانبه‌ی شوک‌ها فراهم نماید، روش تحلیل مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه *(CGE)* [3] است. عمده‌ترین مزیت مدل تعادل عمومی در مقایسه با تعادل جزئی این است که در تعادل جزئی فرض می‌شود که شوک‌ها منجر به تغییرات مستقیم قیمتی می‌شوند و بنابراین اثر درآمدی معنی دار و قابل توجهی ندارند و به همین دلیل بقیه‌ی قیمت‌ها ثابت باقی می‌مانند. در حالی‌که در مورد تحلیل‌های تعادل عمومی چنین فرضی مصداق ندارد.

مدل‌های CGE در حالت‌های ایستا و پویا قابل تعریف است. مدل CGE تک دوره‌ای معمولاً برای به دست آوردن تجربه و بررسی آمار مقایسه‌ای به کارگرفته می‌شود. بنابراین، به طور ضمنی زمان به صورت یک دوره در این نوع مدل‌ها وجود دارد. همچنین، فرض می‌شود که زمان برای تسویه‌ی تمام بازارها به اندازه‌ی کافی بزرگ باشد. زمان کوتاه یا طولانی بستگی کامل به ویژگی بازار عوامل و کشش‌های نهاده‌ها دارد. به عنوان مثال، جابه‌جایی کامل عوامل نیاز به تعریف دوره‌ی بلندمدت یا زمان طولانی در مدل دارد. در صورت وجود داده‌های

---

[2] Inductivism
[3] Falsification
[3] Computable General Equilibrium

کامل، مدل‌های ایستا با قدرت محاسباتی قوی و مناسب ساخته می‌شوند. یکی از جواب‌های الگوی تعادل عمومی ایستا شامل بردار قیمت‌ها است که از تعادل توأم عرضه و تقاضا به صورت همزمان به دست می‌آید. مدل تک دوره‌ای CGE ابزاری بسیار مفیدی برای یافتن پاسخ سؤالات متفاوتی درباره‌ی سیاست‌های اقتصادی است. با این وجود، برای تحلیل اثرات سیاست‌های پس انداز، سرمایه گذاری و انباشت سرمایه نیاز به مدل‌های چند دوره‌ای یا پویا است (احمدی، ۱۳۸۲).

مطالب بعدی این مقاله در شش بخش سازماندهی شده است. در بخش دوم به سابقه‌ی کاربرد مدل‌های تعادل عمومی اشاره شده است. طبقه بندی مدل‌های CGE در بخش سوم آمده است، بخش چهارم به تکنیک های مورد استفاده در مدل‌های CGE می‌پردازد. در بخش پنجم و ششم به فرم توابع و روش کالیبراسیون پارامترها در مدل CGE اشاره می‌گردد. در بخش هفتم یک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه تصریح می‌گردد. بخش آخر به جمع بندی می‌پردازد.

۲- سابقه‌ی کاربرد مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه

مدل‌های تعادل عمومی عموماً با عناوین مدل‌های تعادل عمومی کاربردی ($AGEM$) [۴] یا تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE) معرفی می‌شوند و با مدل والراس در یک اقتصاد رقابتی ارتباط نزدیک دارد و تعادل خطی و غیر خطی چند بخشی در کل اقتصاد را تبیین می‌کنند. ایده‌ی مدل رشد تعادل عمومی چندبخشی توسط یوهانسن (۱۹۶۰)[۵] مطرح شده است که اولین تجربه در به کارگیری مدل تعادل عمومی محسوب می‌گردد.

به طور کلی تعادل عمومی همان مدل تعادل رقابتی والراس است که در آن بنگاه‌ها قیمت پذیر هستند و در صدد حداکثر نمودن سود یا مطلوبیت خویش هستند تا جایی که قیمت‌ها تا تسویه‌ی کامل بازار تعدیل می‌گردند. نتیجه‌ی این چارچوب منجر به برابری عرضه و تقاضا خواهد شد. بر این اساس، مدل‌های CGE به یکپارچه کردن ارتباطات بین ساختار تولید، تقاضا و درآمد بنگاه‌های مختلف می‌پردازند. به این مدل‌ها، مدل‌های قیمت برون زا نیز اطلاق می‌شود؛ زیرا

[4] Applied General Equilibrium Models (AGEM)
[5] Johansen

قیمت‌ها به طور آزادانه تا ایجاد سازگاری بین تصمیم گیرندگان در طرف تولید و خانوارها و سایر تصمیم گیرندگان مستقل در طرف تقاضا تغییر می‌یابند. در اصل، تعادل عمومی و تصمیم گیران مستقل دو مفهوم اصلی در مدل‌سازی CGE هستند. به هر حال، با توجه به نظر درویس[۶] و همکارانش (۱۹۸۱) چارچوب CGE اصرار بر رقابت کامل، تسویه‌ی آنی بازار و عدم مداخله‌ی دولت ندارد. چارچوب CGE با رفتار رقابتی ناقص، تعدیل قیمت، تعدیل مقدار تولید و دخالت دولت سازگار است. عملکرد اصلی این مدل‌ها، شبیه سازی اثرات سیاست‌های اقتصادی دولت یا بخش عمومی است که به طور طبیعی در مدل طراحی و جهت داده می‌شوند. بدین لحاظ، درویس و همکارانش (۱۹۸۱) ادعا می‌کنند که مدل‌های CGE از سایر روش‌ها برای برنامه‌ریزی و تحلیل سیاست‌ها در بازارهای مرکب اقتصاد مناسب‌ترند؛ زیرا در این بازارها تصمیم گیری مستقل توسط بنگاه‌های مختلف انجام می‌گیرد و ساز و کار بازار تأثیرات بسیار مهمی در تخصیص منابع بر جای می‌گذارد.

رابینسون معتقد است که مدل‌های CGE نتیجه‌ی رشد طبیعی مطالعات مربوط به مدل‌های داده ـ ستانده و برنامه ریزی خطی است که سیستم آشکار قیمت‌های بازار و مشخصات کامل جریان درآمد در اقتصاد به آن اضافه شده است. بل، سرین و اسان معتقدند که مدل‌های CGE به خاطر وجود سه محدودیت عمده در مدل‌های استاندارد داده ـ ستانده، توسعه و رشد یافته‌اند، این محدودیت‌ها عبارتند از:

۱ـ فرض می‌شود که ضرایب ثابت هستند و تغییر در قیمت‌ها تنها تأثیر درآمدی دارد.

۲ـ فرض می‌شود که بازده نسبت به مقیاس ثابت است و کشش عرضه‌ی عوامل بالاست و قیمت‌های نسبی کالاها تغییر نمی‌کند.

۳ـ عدم وجود الگوریتم یا روشی برای حل همزمان سیستم بسیار بزرگی مثل CGE که شامل مقادیر و قیمت‌ها است (موسوی، ۱۳۷۵).

یکی از ویژگی‌های مدل‌های CGE این است که مدل‌های اقتصاد سنجی در محیط برنامه ریزی توسعه‌ی مدل‌های CGE برای برآورد اولیه‌ی پارامترها و

---

[6] Dervis

روابط بین متغیرها کاربرد وسیعی دارند. البته، دی ملو و رابینسون[۷] (۱۹۸۹) استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی در کشورهای در حال توسعه را به دلیل کم بودن داده‌های سری زمانی برای دوره‌های به اندازه‌ی کافی طولانی و کوتاه بودن دوره‌ی بررسی نتایج، تا حدودی ناموفق می‌دانند. به هر حال، با پیشرفت روش‌های حل معادلات و افزایش قدرت محاسبات توسط رایانه‌های قوی، مدل‌های CGE در سال‌های اخیر توسعه‌ی بیشتری یافته‌اند. در دسترس بودن داده‌ها و توسعه‌ی چشمگیر کامپیوترها باعث گرایش به استفاده از مدل‌های CGE به عنوان ابزاری جذاب به ویژه در یافتن راه حل‌های پیچیده در عرصه‌ی اقتصاد گردیده است.

کاربرد مدل‌های CGE عمدتاً در اقتصاد کشورهای توسعه یافته در محدوده‌ی اقتصاد خرد با تمرکز بر تخمین اثرات ساختارهای متفاوت مالیات و تعرفه یا سیاست‌های انرژی بر روی رفاه جامعه انجام می‌گیرد. شوون و والی[۸] اقدام به استفاده ازمدل CGE به منظور بررسی آثار مالیات و تجارت خارجی روی اقتصاد کشورهای توسعه یافته نمودند. علاوه بر اقتصاد خرد، کاربرد دیگر این مدل‌ها در کشورهای توسعه یافته در زمینه‌ی سیاست‌های انرژی منتسب به جورگینسون،[۹] ویلگوسن[۱۰] و برگزمن[۱۱] است.

در کشورهای در حال توسعه نیز این مدل‌ها در برنامه‌های میان مدت و بلندمدت سناریوهای اقتصادی خرد و کلان استفاده می‌شود. درویس (۱۹۸۲) و رابینسون (۱۹۸۹) در کاربرد مدل‌های CGE در کشورهای در حال توسعه پیش قدم بوده‌اند. دواراجان[۱۲] مدل‌های CGE را در منابع طبیعی و مالیات در کشورهای در حال توسعه به کار برده‌اند. دی ملو (۱۹۸۸) نیز این مدل‌ها را با تحلیل سیاست تجارت در کشورهای در حال توسعه به بوته‌ی آزمایش گذاشته است. علاوه بر این، در سال‌های اخیر، برای بررسی توسعه و رشد کشورها و تأثیرات ناحیه‌ای تغییرات ملی جونز و والی،[۱۳] هاری گان و مک گرگور[۱۴] و کری

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[7] Demelo and Robinson
[8] Shoven and Walley
[9] Jorgenson
[10] Wilcoxen
[11] Bergsman
[12] Devarajan
[13] Jones and Whalley
[14] Harigan and McGregor

بیل[15] با استفاده از مدل‌های CGE مورد بررسی قرار گرفته‌اند (تور نوسکی، ۲۰۰۰).[16]

در ارتباط با ایران نیز مقالاتی در این زمینه به رشته‌ی تحریر در آمده است. ذوالنور با استفاده از تئوری کنترل مطلوب یک الگوی کاربردی تعادل عمومی را برای تعیین مسیر بهینه‌ی سرمایه گذاری مورد بررسی قرار داده است. موسوی (۱۳۷۵) یک الگوی ایستای کاربردی تعادل عمومی را برای اقتصاد ایران به منظور بررسی همزمان متغیرهای کلان اقتصادی در چارچوب یک اقتصاد چند بخشی تصریح نموده است. سلامی (۱۳۷۶) با استفاده از یک مدل تعادل عمومی، سیاست آزاد سازی محصولات کشاورزی در ایران را بررسی نموده و ذوالنور (۱۳۸۱) نیز یک الگوی ایستای تعادل عمومی را برای بررسی و اصلاح سیاست‌های تجاری تدوین نموده است.

۳- طبقه بندی مدل‌های CGE

در بررسی سیر تحول مدل‌های تعادل عمومی محاسباتی دو مسیر قابل مشاهده است. در مسیر اول که به دهه‌ی ۱۹۷۰ باز می‌گردد، مدل‌ها به صورت چند بخشی و کلان است. مسیر دوم با مطالعات تعادل عمومی والراس و بررسی-های عددی اسکارف (۱۹۶۷)[17] آغاز شده است.

در دسته‌ی دوم طبقه بندی فوق به مدل‌های نئوکلاسیکی به عنوان یکی از اجزاء مدل‌های CGE و به سایر تئوری‌ها نیز به عنوان جزء دیگر توجه می‌شود. نویسندگانی که چنین دسته بندی را انجام داده‌اند، ریشه‌ی تحولات را در نظریات اقتصاد دانان دهه‌ی ۱۹۶۰ ـ۱۹۷۰ مورد بررسی قرار می‌دهند.

دسته بندی سومی نیز در کنار دو دسته‌ی فوق قابل مشاهده است. این دسته بندی به روش استخراج پارامترها وابسته است. یکی از سؤالات حساس در مدل سازی تعادل عمومی محاسباتی، روش محاسبه‌ی پارامترهای مدل (مخصوصاً کشش‌ها) است. این دسته بندی بین مدل‌هایی که پارامترها را از روش کالیبراسیون[18] استخراج می‌کنند، تمایز قایل می‌شود.

---

[15] Kraybill
[16] Turnovsky
[17] Scarf
[18] Calibration

یک گروه از مدل‌های تعادل عمومی محاسباتی تلاش می‌کنند تا نظریه‌ی تعادل عمومی والراسی را کاربردی سازند. ریشه‌ی این مدل‌ها اقتصاد رفاه است. مدل‌های تعادل عمومی محاسباتی والراسی بر پایه‌ی رفتار بهینه‌ی کارگزاران اقتصادی است. این مدل‌ها که کارهای گینزبرگ و کیزر[۱۹] از نمونه‌های آن است، تابع مطلوبیت را برای مصرف کنندگان و تابع سود را برای تولیدکنندگان ماکزیمم می‌کنند. گروه دوم در این دسته بندی مدل‌های کلان تعادل عمومی محاسباتی است. اساس این مدل‌ها توسعه‌ی تجزیه و تحلیل داده - ستانده جدول لئونتیف است و از روش‌های برنامه ریزی خطی بهره می‌برند و از این مدل‌ها در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته استفاده شده است (مارک تیزن،[۲۰] ۱۹۹۸).

۳-۱- مدل‌های CGE والراسی

مدل‌های CGE والراسی از کار هاربرگر (۱۹۶۲) در مورد تأثیر مالیات در یک مدل دو بخشی آغاز شد. اسکارف (۱۹۷۳) نشان داد که می‌توان تعادل والراس را مورد محاسبه قرار داد. اسکارف و شوون و نیز شوون و والی تحقیقات پایه‌ای این نوع مدل‌ها را انجام داده‌اند. این مطالعات تقریباً مرجع همه‌ی تحقیقات اخیر به حساب می‌آید. به تحقیقات فوق، تحقیقات اخیر هرتل[۲۱] (۱۹۹۷) در خصوص تجارت جهانی و مطالعات گینزبرگ و کیزر را می‌توان اضافه نمود.

هدف مدل‌های تعادل عمومی والراسی بررسی اثر مقداری تغییرات برون زا بر توزیع بهینه‌ی منابع می‌باشد. در دهه‌ی اخیر این مدل‌ها در تعادل عمومی اولیه‌ی والراس تعدیلاتی ایجاد نموده است که در این مدل‌ها قیمت‌های درون زا موجب ایجاد شفافیت در بازار می‌شوند و به مقدار توجهی نمی‌شود.

۳-۱-۱- مدل هاربرگر

در اقتصاد بخش عمومی معروف‌ترین مدل تعادل عمومی مدل هاربرگر[۲۲] است. این مدل برای یک اقتصاد دو بخشی طراحی شده و هدف آن بررسی تأثیر انواع مالیات بر وضعیت تعادلی است. فروض اصلی مدل هاربرگر به شرح زیر است:

---

[19] Ginsburgh and Keyzer
[20] Mark Thissen
[21] Hertel
[22] Harberger

الف ـ دو کالا در اقتصاد وجود دارد؛
ب ـ دو نوع عامل تولید وجود دارد؛
ج ـ عوامل تولید در سطح ثابتی عرضه می‌شوند؛
د ـ بازارها در شرایط رقابت کامل می‌باشند؛
ه ـ قبل از مالیات در شرایط بهینگی پرتو قرار داریم؛
و ـ الگوی مصرف و تولید بر اساس کاب - داگلاس است.

در این مدل، هاربرگر تأثیر انواع مالیات را بر بازار عوامل و کالا مورد بررسی قرار می‌دهد. از آنجا که یارانه در واقع همان مالیات منفی است، می‌توان از این مدل برای بررسی پرداخت یارانه نیز استفاده نمود.

هاربرگر نشان می‌دهد که پرداخت یارانه به یک بخش (مثل گندم) موجب به هم خوردن شرایط کارایی و بار اضافی می‌شود. در صورتی که اگر یارانه به هر دو بخش (مثل گندم و برنج) پرداخت گردد، تقاضای نهاده در هر دو بخش ثابت مانده و در نتیجه‌ی تولید آنها بدون تغییر می‌ماند.

مهمترین مزیت مدل هاربرگر نسبت به سایر مدل‌ها، سادگی این مدل است. در واقع، در مدل تعادل عمومی مساله سادگی مدل بسیار حائز اهمیت است. البته، این سادگی موجب شده است که در بررسی یارانه (یا مالیات) محدودیت‌هایی نیز به وجود آید. همان طور که قبلاً گفتیم، مدل هاربرگر چون فقط دو بخش را مورد بررسی قرار می‌دهد، قادر به بررسی مالیات‌های چندگانه نیست. از طرفی دیگر، در مدل هاربرگر فرض می‌شود که عوامل تولید کاملاً همگن هستند و بنابراین بین کارگرهای ماهر و غیرماهر تفاوتی وجود ندارد. این موضوع در مورد سرمایه نیز صادق است، به طوری که در این مدل فرض بر این است که بین انواع سرمایه از نظر دارایی‌های مالی و ثابت تفاوتی وجود ندارد. در مورد انواع مالیات نیز تفاوتی بین وضع مالیات به صورت عمومی بر ثروت یا وضع مالیات به طور خاص بر سود تفاوتی در نظر گرفته نمی‌شود.

در این مدل، بازارها در شرایط رقابت کامل فرض می‌شوند و بنابراین، قیمت می‌تواند به آسانی افزایش یا کاهش یابد تا شرط قرار گرفتن در اشتغال کامل حفظ گردد. بنابراین، عواملی چون وجود انحصارات یا دخالت دولت در اقتصاد که می‌تواند موجب عدم شفافیت بازارها شود، در این مدل در نظر گرفته نشده است.

آخرین نکته‌ی مهم این است که نتایج تغییرات یارانه (یا مالیات) در مدل هاربرگر به کشش جانشینی وابسته است (براون و جاکسون، ۱۹۸۲).

۳-۱-۲- مدل شوون و والی

شوون و والی[۲۳] (۱۹۸۴) نیز مانند هاربرگر مدلی را بر اساس تعادل عمومی والراس و فروض نئوکلاسیک در خصوص قیمت‌های انعطاف پذیر ارائه داده‌اند. این مدل از یک تکنیک ریاضی قوی برخوردار بوده، قادر است که بیش از دو بخش را مورد بررسی قرار دهد. در این مدل، مالیات به صورت یکجا بر کلیه‌ی بخش‌های اقتصادی وضع می‌گردد. برتری این مدل نسبت به مدل‌های قبل در این است که قادر است برنامه‌های مالیاتی پیچیده را به صورت ترکیبی مورد بررسی قرار دهد.

آنچه در این مدل به عنوان نقطه‌ی ضعف محسوب می‌شود، نیاز آن به اطلاعات دقیق و جامع است و نتایج نیز تنها در یک شرایط خاص و تعریف شده قابل اتکاست.

۳-۲- مدل‌های *CGE* کلان

مدل‌های *CGE* کلان بر اساس جدول داده - ستانده‌ای که از دهه‌ی ۱۹۳۰ برای برنامه ریزی اقتصادی از آن استفاده می‌شود، توسعه یافت. برخلاف جدول داده - ستانده که فقط به مقادیر توجه دارد، این مدل‌ها بر اساس قیمت‌ها و مقادیر درون‌زاست و در آنها مصرف به درآمد وابسته است. اولین کار تجربی این مدل‌ها به یوهانسن (۱۹۶۰) در خصوص رشد بخشی با تعیین قیمت و مقدار و توزیع مجدد کار و سرمایه بر می‌گردد. وینسنت[۲۴] (۱۹۹۰)، پاول و لاوسان[۲۵] و محققان دیگری که از این مدل‌ها برای کشورهای در حال توسعه استفاده کرده‌اند، موجب توسعه‌ی هر چه بیشتر این مدل‌ها شده‌اند. پیشتاز این نوع مدل سازی برای کشورهای در حال توسعه‌ی، تیلور (۱۹۹۰) و رابینسون هستند. هدف این مدل‌ها بیشتر رشد بخشی، تراز تجاری و توزیع درآمد است. در این مدل‌ها می‌توان شرایطی را که در

[23] Shoven and Whalley
[24] Vincent (1990)
[25] Powell and Lawson

آن کارگزاران اقتصادی دارای رفتار بهینه نیستند، نیز در نظر گرفت. به این حالت خاص از این مدل‌ها، مدل‌های ترکیبی مختلط گویند.[۲۶]

کارهای تجربی اخیر مارک تیزن (۱۹۹۸) برای مصر و رادرفورد و مایلز (۲۰۰۱) برای اقتصاد کلمبیا را می‌توان در زمره این مدل‌ها طبقه بندی کرد.

۴- تکنیک‌های مورد استفاده در مدل‌های *CGE*

در عمل، تلاش‌های بسیاری برای یافتن تکنیک‌های مناسب مدل‌های *CGE* انجام گرفته است. تاکنون چهار روش برای حل این مدل‌ها به شرح زیر ارائه شده است.

۱ـ مدل *CGE* را باید به گونه‌ای فرموله کرد که امکان دسترسی در قیمت‌های غیرمنفی به نقاط ثابت وجود داشته باشد.

۲ـ مدل *CGE* را در قالب مجموعه‌ای از معادلات جبری غیرخطی فرموله کرد و به طور مستقیم با آنها کار نمود. این روش توسط ادلمن[۲۷] و رابینسون (۱۹۸۷) معرفی شده است.

۳ـ مدل *CGE* را در قالب برنامه ریزی خطی فرموله و آن را از روش سیمپلکس حل کرد. این روش توسط جوهانس (۱۹۶۰) در اولین مدل واقعی *CGE* استفاده گردید.

۴ـ انتخاب درست و مناسب تابع هدف و محدودیت‌ها، امکان به کارگیری تکنیک‌های برنامه ریزی را برای به دست آوردن جواب‌های مدل *CGE* فراهم خواهد آورد. این روش نتیجه‌ی طبیعی تحول مثبت در ادبیات مدل‌های برنامه ریزی توسعه است.

تمامی روش‌های فوق برای حل مدل‌های *CGE* قابل استفاده است، امروزه فرموله کردن این مدل‌ها بسیار آسان‌تر از به دست آوردن مدل‌های برنامه ریزی خطی در اقتصاد است. در واقع، با توسعه‌ی روش‌های برنامه ریزی غیر خطی، بسیاری از مشکلات مدل‌های برنامه ریزی خطی از بین رفته است و یکپارچه نمودن بهینه سازی با مشخصات کامل سیستم‌های بازار که در آن قیمت‌ها درون‌زا هستند، امکان پذیر شده است.

---

[26] Mixed Complementarity Models
[27] Adelman

در سال‌های اخیر، دو نوع از مدل‌های تجارت در قالب تعادل عمومی قابل محاسبه برای بررسی سیاست‌ها در بخش بین الملل مورد استفاده قرار گرفته‌اند که شامل « مدل تجارت چند کشوری » و « مدل تجارت یک کشوری » است. مدل‌های تجارت چندکشوری عموماً به تخصیص منابع و رفاه حاصل از وضع تعرفه‌ی مربوط در کشورها و شرکای تجاری می‌شوند. در حالی که مدل‌های یک کشوری برای تجزیه و تحلیل موارد گوناگونی در بخش بین الملل، از بررسی محدودیت‌ها بر روی تجارت خارجی شامل تعرفه‌ها و محدودیت‌های اعمال شده توسط سهمیه بندی و واردات تا تعیین اثر تغییر در خالص دریافتی از خارج یا اثر قیمت‌های جهانی روی نرخ مبادله‌ی واقعی تعادلی کاربرد ندارد. بنابراین، از مدل تجارت یک کشوری در قالب تعادل عمومی قابل محاسبه می‌توان برای شبیه سازی اثرات تغییر در سیاست دولت یا در محیط خارجی با معرفی تغییر و حل سیستم برای به دست آوردن تعادل عرضه و تقاضای جدید استفاده نمود.

معادلاتی که ناظر بر عرضه و تقاضا در مدل هستند، مبتنی بر رفتار بهینه سازی فردی توسط عاملان اقتصادی است؛ یعنی در آن تولیدکنندگان، سود و مصرف کنندگان، مطلوبیت خویش را به حداکثر می‌رسانند. نتایج حاصل از شبیه سازی سیاست‌ها بستگی به چگونگی فرمول بندی رفتار صادرات و واردات دارد. به طور کلی، در این روش، وضعیت اقتصادی کشور برای یک سال پایه در چارچوب معادلات ریاضی شبیه سازی می‌شود و سپس واکنش سیستم اقتصادی به سیاست‌های اتخاذ شده در قالب سناریوهای مختلف با فروض متفاوتی، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵- فرم توابع در مدل‌های *CGE*

عوامل مختلفی در انتخاب فرم توابع در مدل‌های *CGE* تاثیر گذارند. به طور کلی، تابع انتخاب شده در چنین مدل‌هایی باید پیوسته و همگن از درجه‌ی صفر باشد و سیستم تقاضایی را ایجاد کند که منطبق با قانون والراس باشد (شون و والی،۱۹۸۴).

از طرفی دیگر، انتخاب توابع رفتاری در ساختار مدل‌های *CGE* به مشخصات بخش‌ها یا تولیدات تحت مطالعه و نهایتا به مقدار کشش‌ها بستگی دارد. با توجه به این محدودیت‌ها فرم‌های متداول توابع به الگوهایی مانند کاب - داگلاس

یا کشش جانشینی ثابت (CES) [۲۸] محدود می‌شوند. با این حال، ممکن است که توابع انعطاف پذیرتری مانند سیستم مخارج خطی (LES) [۲۹] یا تابع ترانسلوگ نیز به کار برده شود. تحلیل این توابع متفاوت است.

۶- روش‌های کالیبراسیون پارامترها در مدل CGE

به کار بردن مدل‌های CGE متکی بر اصول کالیبراسیون است. منظور از کالیبراسیون، تعیین ارزش‌های عددی پارامترهای مختلف توابع سازگار با تعادل اولیه SAM [۳۰] است. در برخی از موارد، اطلاعات موجود در SAM برای کالیبراسیون همه‌ی پارامترها کافی نیست. به عنوان مثال، در صورت استفاده از کشش جانشینی ثابت یا سیستم مخارج خطی، لازم است که پارامترهای کشش جانشینی یا کشش درآمدی تخمین زده شود. ارزش این پارامترها را می‌توان به طور مستند یا از طریق تخمین‌های اقتصاد سنجی به دست آورد. به هر حال، انتخاب این پارامترها و تعیین مقادیر آنها از اهمیت خاصی بر خوردار است؛ زیرا بر نتایج حاصل از مدل تاثیر بسزایی دارد.

۶-۱- تابع کاب - داگلاس

در بسیاری از مطالعات، کشش‌های قیمتی و درآمدی توابع کاب-داکلاس مساوی با یک و کشش قیمتی متقاطع معادل با صفر در نظر گرفته می‌شود. اما از آنجا که ممکن است این فرضیه‌ها غیر واقعی به نظر آیند، برخی از محققین به کالیبره کردن پارامترهای تابع کاب - داگلاس می‌پردازند. در یک تابع کاب-داگلاس تنها پارامتر ناشناخته سهم بودجه‌ی مصرف هر کالا در مصرف کل است. بنابراین، با به دست آوردن درآمد، مصرف و قیمت‌ها از طریق SAM، سهم هر کالا در مخارج مصرفی کل از طریق رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$\alpha_i = \left(\frac{P_i * C_i}{R}\right) \qquad (۱)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[28] Constant Elasticity of Substitution
[29] Linear Expenditure Sustem
[30] Social Accounting Matrix

که در آن α_I سهم کالای I در مخارج مصرفی کل، R درآمد کل C_I مصرف کالای I و P_I قیمت کالای I است.

۶-۲- تابع کشش جانشینی ثابت

در توابع کشش جانشینی ثابت، کشش‌های قیمتی غیر یکسان اما ثابت و کشش‌های جانشینی، غیر صفر اما ثابت هستند. در این توابع محدودیت کشش قیمتی واحد که به وسیله‌ی تابع کاب-داگلاس تحمیل شده است، وجود ندارد، اما همانند توابع کاب-داگلاس، کشش درآمدی همچنان معادل با یک فرض می‌شود. در واقع، فرض کشش درآمدی واحد، بیان کننده‌ی آن است که سهم‌های بودجه‌ی هر کالا با سطح درآمد تفاوتی ندارد. برخی از نویسندگان به فرض مذکور اعتقاد ندارند و برای رها شدن از این محدودیت، سیستم مخارج خطی را در نظر می-گیرند.

فرضیه‌ی آرمینگتون (۱۹۶۹) بیانگر جانشینی ناقص میان تولیدات مناطق مختلف است. اگر تقاضای داخلی (Q_i) به صورت تابع CES باشد، در آن صورت داریم:

$$Q_i = A_i \left[\alpha_I M_i^{-\rho} + (1-\alpha_I) D_i^{-\rho} \right]^{-1/\rho} \qquad (۲)$$

که در آن D_i نشانگر تقاضا برای کالاهای تولید شده‌ی داخلی، M_i تقاضا برای کالاهای وارد شده و A_i پارامتر مقیاس است.
کشش جانشینی به صورت رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$\varepsilon_s = \frac{1}{(1+\rho)} \qquad (۳)$$

تقاضا برای کالاهای وارداتی نسبت به تقاضا برای کالاهای تولید شده‌ی داخلی تابعی از قیمت‌های نسبی آن کالاها است. رابطه زیر این تقاضا را نشان می‌دهد.

$$\frac{M}{D_i} = [(\frac{Pd_i}{Pm_i})*(\frac{a_i}{(۱-a_i)})]^{\varepsilon s} \qquad (۴)$$

با در نظر گرفتن قیمت‌های نرمال و به دست آوردن میزان تقاضا برای تولیدات داخلی و کالاهای وارداتی از طریق SAM، تنها پارامترهایی که باید محاسبه شوند، پارامتر سهم و پارامتر مقیاس هستند. با در اختیار داشتن کشش جانشینی، پارامتر سهم از طریق معکوس کردن معادله‌ی تقاضای واردات بالا محاسبه می‌شود و پارامتر مقیاس به وسیله‌ی معکوس تابع آرمینگتون محاسبه می‌گردد.

لازم به توضیح است که برای کالیبراسیون پارامترهای تابع کشش تبدیل ثابت (CET)[۳۱] نیز روش مشابهی وجود دارد. همچنین، از طریق روش‌های اقتصاد سنجی، نظیر روش حداقل مربعات معمولی می‌توان به تخمین پارامترها پرداخت.

۷- بیان ریاضی یک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه

۷-۱- معادلات قیمت‌ها

در جدول (۱) معادلات قیمتی مدل CGE ارائه شده است. در معادلات (۱) و (۲) قیمت‌های داخلی واردات (P^m) و صادرات (P^E) در برگیرنده‌ی تعرفه‌ی t^m، یارانه‌های صادراتی[۳۲] (t^E)، معادل تعرفه‌ای موانع غیر تعرفه‌ای (NTB) و نرخ ارز (EXR) هستند. معادلات (۳) و (۴) قیمت کالاهای مرکب X و Q را نشان می‌دهند. Q بیانگر تابع CES است که ارتباط دهنده‌ی مجموع واردات (M) و کالاهای داخلی عرضه شده در بازارهای داخلی (D) است. X، نشانگر ستانده‌ی کل بخشی است که در واقع یک تابع CET از مجموع کالاهای عرضه شده به بازار صادرات (E) و کالاهای فروش رفته در بازارهای داخلی (D) را معرفی می‌کند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[31] Constant Elasticity Transformation

[۲۸] در معادله‌ی قیمت صادرات، اگر به جاي يارانه‌ی صادراتي، ماليات بر صادرات در نظر گرفته شود، رابطه‌ی مذکور به صورت زیر $P^E = pw_i^e(۱-t_i^e).EXR$ تبدیل خواهد شد.

جدول ۱: معادلات قیمت در یک مدل CGE به صورت زیر است.

$$P_i^M = Pw_i^M.(۱+t_i^m + NTB_i).EXR \quad (۱)$$

$$P_i^E = Pw_i^e.(۱+t_i^e).EXR \quad (۲)$$

$$P_i^Q = \frac{P_i^D.D_i + P_i^M.M_i}{Q_i} \quad (۳)$$

$$P_i^X = \frac{P_i^D.D_i + P_i^E.E_i}{X_i} \quad (۴)$$

$$P_i^V = P_i^v.(۱+t_i^x) \quad \sum_j P_j^Q.a_{ji} \quad (۵)$$

$$P_i^k = \sum_j P_j^Q.b_{ji} \quad (۶)$$

$$PINDEX = \frac{GDPVA}{QRGDP} \quad (۷)$$

به طور کلی، می‌توان اشاره نمود که در هر اقتصادی، کالاهای عرضه شده از دو منبع کالاهای تولید شده در داخل و کالاهای وارداتی تأمین می‌شود. در تدوین این مدل، نظریه‌ی آرمینگتون در خصوص جانشینی کالاهای تولید شده در داخل و کالاهای وارداتی پذیرفته شده است. به این معنی که کالاهای وارداتی، به صورت جانشین ناقص برای کالاها و خدمات تولید شده در داخل در نظر گرفته شده‌اند.

بنابراین، Q که نشانگر جمع کالاهای عرضه شده در بازار است، به صورت تابع با کشش جانشینی ثابت (CES) خواهد بود که کالاهای تولید شده در داخل (D) و کالاهای وارداتی (M) را به هم مربوط می‌سازد.[۳۳]

معادله‌ی (۵) بیانگر ارزش افزوده یا قیمت خالص (P_i^V) است و از اختلاف قیمت ستانده (P_i^Q) و مالیات‌های غیر مستقیم (t_i^X) و هزینه‌ی نهاده‌های واسطه (براساس ضرائب ثابت داده-ستانده، a_{ij}) به دست می‌آید. حاصل ضرب $P^V.X$ با

[۲۹] اگر بخواهیم تأثیرنرخ مالیات بر فروش (t_q) و نرخ مالیات غیر مستقیم (t_x) را بر ارزش کالاهاي مرکب بسنجیم، معادلات ۳ و ۴ به صورت زیر خواهند بود.

$$P_i^Q(۱+t_q) = \frac{P_i^D D_i + P_i^M.M_i}{Q_i}$$

ارزش افزوده در هزینه‌ی عامل برابر است و به عنوان پرداختی از حساب فعالیت‌ها به حساب عوامل اولیه ظاهر می‌شود.

معادله‌ی (۶) قیمت یک واحد سرمایه بکار گرفته شده در بخش i (P_i^k) را نشان می‌دهد. اختلاف قیمت یک واحد سرمایه در بخش‌های مختلف نشان دهنده‌ی این واقعیت است که سرمایه‌ی به کارگرفته شده در بخش‌های مختلف ناهمگن است. برای مثال، یک واحد سرمایه که در بخش کشاورزی به کار گرفته شده است، می‌تواند دارای ترکیب متفاوتی از یک واحد سرمایه‌ی به کار گرفته شده در بخش صنعت باشد (به عنوان مثال، ماشین آلات بیشتر و ساختمان کمتر در بخش کشاورزی نسبت به بخش صنعت به کار گرفته می‌شود). ترکیب کالاهای سرمایه‌ای بوسیله‌ی بخش مبدأ (ماشین آلات، ساختمان و ...) در ستون‌های ماتریس ضرائب سرمایه b_{ij} نشان داده شده است. از آنجایی که جمع هر ستون این ماتریس برابر با یک است، بنابراین P^k برای هر بخش با متوسط وزنی هزینه‌ی هر واحد کالای سرمایه‌ای مورد نیاز برای ایجاد یک واحد سرمایه در هر بخش سرمایه گذاری برابر است.

این نوع از مدل CGE مدل ایستا است و ذخیره‌ی سرمایه به صورت برون زا، ثابت در نظر گرفته شده است. مدل طی یک دوره، پس انداز، سرمایه گذاری و تقاضا برای کالاهای سرمایه‌ای را ایجاد می‌کند. اگرچه با این فرض، کالاهای سرمایه‌ای طی یک دوره به کار گرفته نمی‌شود و سرمایه گذاری، به صورت بخشی از تقاضا که بدون تاثیر بر روی عرضه است، ظاهر می‌شود. پس، ناهمگنی یک محدودیت مهم در مدل ایستا است و تنها اثر آن از طریق تأثیر بر ساختار بخشی تقاضای نهایی سرمایه گذاری، پدیدار می‌گردد.[۳۴]

معادله‌ی (۷) شاخص قیمت کل ($PINDEX$) را نشان می‌دهد که به فرم تعدیل کننده‌ی تولید ناخالص داخلی (GDP) معرفی می‌گردد و از تقسیم تولید ناخالص داخلی اسمی ($GDPVA$) بر تولید ناخالص داخلی واقعی ($RGDP$) به دست می‌آید. این شاخص معرف یک قیمت ارزشی در مقابل همه‌ی قیمت‌های نسبی است که در مدل اندازه گیری می‌شوند. این مدل تنها قیمت‌های نسبی را تعیین کند. بنابراین، لازم است که یک معیار مقداری نیز انتخاب شود. تولید

---

[34] $P_i^X(۱+t_x) = \frac{P_i^D D_i + P_i^E . E_i}{X_i}$

ناخالص داخلی تعدیل شده یک انتخاب مطلوب برای معیار ارزشی در یک مدل کاربردی است؛ زیرا معمولاً از طریق حساب‌های ملی قابل دسترسی است. می‌توان معیارهای ارزشی دیگری مانند بعضی از شاخص‌های قیمتی (همچون شاخص قیمت تولید کننده و شاخص قیمت مصرف کننده) یا یک قیمت خاص (مانند نرخ ارز یا نرخ دستمزد) در نظر گرفت (رابینسون، ۱۹۸۹).

۷-۲- معادلات تولیدی

معادلات مربوط به عرضه و تقاضای بازار در جدول (۲) آمده است. معادلات (۸) تا (۱۰) تکنولوژی تولید و تقاضا برای عوامل تولید توسط بخش‌ها را نشان می‌دهد. معادله‌ی (۸) بیانگر تابع تولید، معادله‌ی (۹) شرط مرتبه‌ی اول برای حداکثر نمودن سود و معادله‌ی (۱۰) کل کاربردهای واسطه‌ای است. توابع تقاضا برای عوامل تولید بر این فرض استوارند که عوامل تولید (سرمایه و نیروی کار) بدون توجه به بخشی که در آن به کار گرفته شده‌اند، به طور متوسط، اجاره یا دستمزد (WE_F) یکسانی دریافت می‌کنند. با توجه به اینکه در کشورهای در حال توسعه، دستمزدها و بازگشت به سرمایه معمولاً در بخش‌های مختلف متفاوت هستند، فرض فوق با واقعیت این کشورها همخوانی ندارد. بدین منظور، برای تطابق مدل با واقعیت، پارامتری در نظر گرفته می‌شود که در هر بخش متفاوت است و انحراف درآمد عامل تولید را از متوسط آن نشان می‌دهد. چنانچه این انحراف وجود نداشته باشد، این پارامتر ($wfdist_{if}$) برای آن بخش معادل یک در نظر گرفته می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول شماره ۲: معادلات تولیدی در یک مدل CGE

$$X_i = a_i^D . \pi_f FDSC_{if}^{\alpha if} \quad (۸)$$

$$WF_f . wfdist_{if} = P_i^v . \alpha_{if} . \frac{X_i}{FDSC_{if}} \quad (۹)$$

$$INT_i = \Sigma_j a_{ij} . X_j \quad (۱۰)$$

$$X_i = a_i^T \left[\gamma_i . E_i^{\rho_i^T} + (۱ - \gamma_i) . D_i^{\rho_i^T} \right]^{1/\rho_i^T} \quad (۱۱)$$

$$X_{in} = D_i \quad (۱۲)$$

$$E_i = D_i \left(\frac{P_i^E . (۱ - \gamma_i)}{P_i^D . \gamma_i} \right)^{1/(\rho_i^T - ۱)} \quad (۱۳)$$

$$E_i = econ_i \left(\frac{PW_i^E}{PWS_i^E} \right)^{\rho_i^T} \quad (۱۴)$$

$$Q_i = a_i^C \left[\delta_i M_i^{\rho_i^C} + (۱ - \delta_i) . D_i^{\rho_i^C} \right]^{1/\rho_i^C} \quad (۱۵)$$

$$Q_{in} = D_i \quad (۱۶)$$

$$M_i = D_i \left(\frac{P_i^D . \delta_i}{P_i^M . (۱ - \delta_i)} \right)^{1/(۱ + \rho_i^C)} \quad (۱۷)$$

معادله‌ی (۱۱) و (۱۲)، تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CET) هستند که هر دو فروش داخلی و صادراتی را در مورد کالای تولید شده در داخل نشان می‌دهند. در این معادلات، کل تولید داخلی (x) یا به بازارهای داخلی عرضه می‌شود (D) یا به بازارهای خارجی صادر می‌گردند (E). معادله‌ی (۱۱) یک تابع CET و معادله‌ی (۱۲) فروش داخلی برای بخش‌های غیرتجاری است.

معادله‌ی (۱۳) عرضه‌ی صادرات را نشان می‌دهد که به قیمت نسبی ($\frac{P^E}{P^D}$) بستگی دارند و معادله‌ی (۱۴) تابع تقاضای صادرات جهانی را برای

بخش‌هایی در اقتصاد که فرض می‌شود از قدرت بازار برخوردارند (تابع تقاضا با شیب منفی) نشان می‌دهد.

معادلات (۱۵)، (۱۶) و (۱۷) توابع کل با کشش جانشینی ثابت (CES) هستند. این توابع نشان می‌دهند که چگونه تولید داخلی و واردات، تقاضا می‌شوند. همچنین، تابع تقاضای واردات به قیمت‌های نسبی ($\frac{P^D}{P^M}$) بستگی دارد.

فرض می‌شود که سه کالای X، D و E همه با قیمت‌های متفاوت از هم متمایز هستند، اگر چه تقسیم بندی آنها در هر بخش یکسان است. واردات (M) و کالاهای داخلی (D) از کالاهای مرکب (Q) متمایزند، و قیمت‌های بخشی آنها متفاوت است. مدل مورد نظر، امکان تجارت دو جانبه (یعنی صادرات و واردات همزمان) را در سطح بخش‌ها ممکن می‌سازد که این قابلیت با واقعیت‌های موجود در کشورهای جهان سوم همخوانی ندارد.

هر رهنمود کلی برای شرایط صادرات و واردات، تحت تأثیر سیستم قیمت‌های داخلی قرار می‌گیرد. سیستم قیمت‌های داخلی نیز متاثر از تغییرات قیمت‌های جهانی است که مبتنی بر جانشینی بخش‌ها است. قابلیت تجاری بخش‌ها عامل مهمی است که بر تجارت اثر می‌گذارد و نشانگر شکل واقعی‌تری نسبت به یک شرایط مجازی (مبتنی بر وجود رابطه جانشینی کامل میان اغلب کالاهای قابل مبادله یا غیر قابل مبادله) است. بنابراین، یک تصریح صحیح‌تری از مدل تقاضای واردات نسبت به دو حد واردات رقابتی یا غیر رقابتی به طور کامل به وجود می‌آید.

فرم‌های تابعی خاصی که در اینجا مورد پذیرش قرار می‌گیرند (مانند CES یا CET)، علی رغم انعطاف پذیری بر فروض قوی از جمله‌ی جدا پذیری و فقدان اثرات درآمدی استوار هستند. بدین لحاظ نسبت‌های صادرات و واردات به فروش داخلی در سطح بخش‌ها، تنها به قیمت‌های نسبی بستگی دارند و تقاضا برای عوامل تولید هم به سهم صادرات بستگی نخواهد داشت.

۷-۳- معادلات درآمدی

معادلات جدول (۳) نشانگر گردش و جریان در آمد از ارزش افزوده به نهادها و خانوارها هستند. بر اساس این جدول، معادله‌ی (۱۸) درآمد صاحبان عوامل تولید است که به صاحبان نیروی کار، کارفرما و مالک در معادلات (۱۹)،

(۲۰) و (۲۱) اختصاص می‌یابد. در این معادلات Y_f^F نشانگر در آمد عامل، W_f^F قیمت عامل، $Yinst_{Labor}$ درآمد نیروی کار، $Yinst_{prop}$ درآمد مالک، $Yinst_{ent}$ درآمد کارفرما، $gent$ پرداختی از دولت به کارفرما، $entsav$ پس انداز کارفرما، $enttax$ مالیات بر درآمد کارفرما و $depreci$ نرخ استهلاک است.

معادله‌ی (۱۸) درآمد صاحبان عوامل تولید را که به خانوارهای سرمایه دار و کارگران در معادلات (۲۲) و (۲۳) تخصیص یافته است، در بردارد. در معادله‌ی (۲۴) درآمد خانوار Y_h^H نشان داده شده است که در آن $Sintyh$ نشانگر توزیع درآمد نهادی خانوار، $remit$ انتقالات خالص از خارج، $rhsh$ سهم پرداخت پول خانوار و $thsh$ سهم خانوار از انتقالات دولت است. معادلات (۲۵) تا (۲۸) اجزاء درآمد دولت را که شامل تعرفه ($tarif_i$)، مالیات‌های غیر مستقیم ($indtan$)، مالیات کل خانوار ($tothhtax$)، مالیات کارفرما ($enttax$) و خالص وام‌های خارجی ($fbor$) است را نشان می‌دهند. در معادله‌ی (۲۸) etr بیانگر نرخ مالیات کارفرما است.

معادله‌ی (۲۹) جمع یارانه‌های خالص پرداخت شده به صادرات بخش‌ها ($netsub$) و معادله‌ی (۳۰) درآمد کل دولت (GR) را نشان می‌دهد. معادله‌ی (۳۱) پس انداز خانوار ($hhsav$) را به صورت ضریب ثابت (mps) درآمد قابل تصرف و معادله‌ی (۳۲)، پس انداز دولت ($govsav$) را به صورت اختلاف بین درآمد و هزینه‌ی دولت نشان می‌دهد. پس انداز کل ($totsav$) در معادله‌ی (۳۳) در برگیرنده‌ی سه جزء پس انداز داخلی به علاوه پس انداز خارجی ($Fsav$) برحسب پول داخلی است. در معادله‌ی (۳۴)، پس انداز کارفرما معرفی شده است که در این رابطه esr نرخ پس انداز کارفرما است. رابطه‌ی استهلاک به صورت معادله‌ی (۳۵) است که در آن $depr$ نرخ استهلاک است.

لازم به توضیح است که معادلات درآمدی در برگیرنده‌ی تعادل اقتصاد کلان است و این سه تعادل به صورت برابری پس انداز و سرمایه گذاری، تعادل بودجه‌ی دولت و تعادل در حساب‌های جاری مطرح می‌شوند. بنگاه‌ها و خانوارها سهم ثابتی از درآمدشان ($depr$ و mps) را پس انداز می‌کنند. پس انداز دولت به صورت کسری یا مازاد بودجه نمود می‌یابد و پس انداز خارجی همان جریان ورود سرمایه‌ی لازم برای تعادل پرداخت‌های بین المللی (پس انداز خارجی خالص) است.

از آنجا که در مدل‌های تعادل عمومی، قانون والراس صدق می‌کند، بنابراین باید بین این سه تعادل رابطه‌ی زیر برقرار باشد.

پس انداز خصوصی + پس انداز دولت + پس انداز خارجی = سرمایه گذاری

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۳ : معادلات درآمدی در یک مدل CGE، قابل کاربرد برای اقتصاد

$$Y_f^F = \sum_i WF_f.wfdist_{if}.fdsc_{if} \quad (۱۸)$$

$$Yinst_{labor} = Y_{labor}^F \quad (۱۹)$$

$$Yinst_{prop} = Y_{land}^F \quad (۲۰)$$

$$Yinst_{ent} = Y_{capital}^F + gent - (entsaw + enttax + deprecia) \quad (۲۱)$$

$$Y_{labor}^H = \sum_h Y_f^F \quad (۲۲)$$

$$Y_{cap}^H = Y_l^F - deprecia \ (Y_f^F = capital \ \ factor \ \ incom) \quad (۲۳)$$

$$Y_h^H = \left[\sum_{ins} S\text{int} y_{h,ins}^h.Yinst_{ins} \right] + remit.rhsh_h.EXR + hht.thsh_h \quad (۲۴)$$

$$tariff = \sum_i t_i^m.M_i.pw_i^m.EXR \quad (۲۵)$$

$$indtax = \sum_i \text{int} ax_i.P_i^X.X_i \quad (۲۶)$$

$$tothhtax = \sum_h h\tan_h.Y_h^H \quad (۲۷)$$

$$enttax = etr.(Y_{capital}^F) - deprecia + gent \quad (۲۸)$$

$$netsub = \sum_i t_i^e.E_i.pw_i^e.EXR \quad (۲۹)$$

$$GR = tariff - netsub + indtax + tothhtax + enttax + fbor.EXR \quad (۳۰)$$

$$\text{hhsav} = \sum_h \text{mps}_h.\text{Y}_h^{\text{H}}.(۱ - \text{htax}_h) \quad (۳۱)$$

$$govsav = GR - \sum_i P_i.GD_i \quad (۳۲)$$

$$totsav = hhsav + govsav + entsav + fsav.EXR \quad (۳۳)$$

$$entsav = esr.(Y_{capital}^F + gent - enttax - deprecia) \quad (۳۴)$$

$$deprecia = \sum_i depr_i.P_i^K.fdsc_{i,capital} \quad (۳۵)$$

۷-۴- معادلات هزینه (مخارج)

معادلات جدول شماره‌ی (۴) ضمن تکمیل جریان و گردش دایره‌وار اقتصاد، تقاضا برای کالاها را توسط عاملین اقتصادی نشان می‌دهد. مصرف خصوصی در معادله‌ی (۳۶) عبارت از مجموع تقاضای خانوارهاست که به صورت سهم ثابتی از مخارج یا هزینه‌های مصرفی به دست می‌آید که در آن CD نشان دهنده‌ی تقاضای نهایی - مصرف خصوصی و $cles$ سهم مصرف خانوار است.

جدول ۴: معادلات مخارج در یک مدل CGE

$$P_i^Q.CD_i = \sum_h cles_{i,h}.(1-mps_h).y_h^H.(1-htax_h) \quad (۳۶)$$

$$GD_i = gles_i.gdtot \quad (۳۷)$$

$$DST_i = dstr_i.x_i \quad (۳۸)$$

$$FXDINV = invest - \sum_i P_i^Q.DST_i \quad (۳۹)$$

$$P_i^k.DK_i = kshr_i.FXDINV \quad (۴۰)$$

$$ID_i = \sum_j bij.Dk_j \quad (۴۱)$$

$$GDPVA = \sum_i P_i^v.X_i + INDTAX + TARIFF - EXPSVB \quad (۴۲)$$

$$RGDP = \sum_i \left(CD_i + GD_i + ID_i + DST_i + E_i - PW_i^m.M_i.EXR\right) \quad (۴۳)$$

در معادله‌ی (۳۷) تقاضای دولت (GD) برای کالاهای نهایی - به صورت سهم ثابتی از مخارج واقعی کل ($gles$) روی کالاها و خدمات نشان داده شده است و $gdtot$ بیانگر حجم کل مصرف دولت است. تقاضا برای موجودی انبار (DST) یا تغییر در ذخایر به صورت سهم ثابتی از ستانده بخشی ($dstr$)، در معادله‌ی (۳۸) تعریف شده است. سرمایه گذاری ثابت اسمی کل ($FXDINV$) در معادله‌ی (۳۹) به صورت اختلاف بین سرمایه گذاری کل ($invest$) و انباشت (مجموع) موجودی انبار ارائه شده است. در معادله‌ی (۴۰) سرمایه گذاری ثابت کل به صورت سرمایه

گذاری بخشی واقعی توسط بخش مقصد (DK) آورده شده است که در این معادله ($kshr$)[۳۵] بیانگر سهم سرمایه گذاری توسط بخش مقصد است.

معادله (۴۱)، سرمایه گذاری توسط بخش مقصد را به تقاضا برای کالاهای سرمایه‌ای توسط بخش مبدأ (ID)، با استفاده از ماتریس مرکب سرمایه‌ی (b_{ij}) تبدیل می‌کند که در آن DK بیانگر حجم سرمایه گذاری توسط بخش مقصد است.

معادلات (۴۲) و (۴۳) به ترتیب، GDP واقعی و اسمی را تعریف می‌کنند و برای محاسبه‌ی GDP ضمنی و در معادلات قیمتی کاربرد دارند. GDP واقعی از سمت مخارج تعریف می‌شود که در آن واردات بر حسب قیمت‌های جهانی در نرخ ارز ارزشگذاری می‌شوند؛ به عبارتی دیگر، ارزش وارداتی که در GDP لحاظ شده است، بدون تعرفه‌ها در سال پایه است. GDP اسمی نیز از سمت ارزش افزوده ایجاد می‌شود. البته، لازم به توضیح است که قیمت ارزش افزوده از کسر هزینه‌های نهاده‌های که بر حسب PQ هستند حاصل می‌شود. بنابراین، چون تعرفه‌ها از ارزش افزوده کسر می‌شوند، برای اینکه مخارج و GDP مبتنی بر ارزش افزوده قابل مقایسه باشند، باید تعرفه‌ها را برای محاسبه‌ی GDP لحاظ کرد. به طور مشابه، یارانه‌های صادراتی نیز باید به طور خالص در نظر گرفته شوند؛ یعنی GDP اسمی در معادله‌ی (۴۲) مبتنی بر مجموع ارزش افزوده اسمی، مالیات‌های غیر مستقیم، تعرفه‌ها و خالص یارانه‌های صادراتی است.

۷-۵- شرایط تسویه‌ی بازار و تکمیل مدل اقتصادکلان

در جدول شماره‌ی (۵) معادلات مربوط به محدودیت‌های سیستم، که معمولاً در یک مدل اقتصادی مشاهده می‌گردد، ارائه شده است. در یک مدل مبتنی بر بازار شرایط تسویه‌ی بازار ملاحظه می‌گردند که در آن‌ها قیمت‌ها به منظور تعادل در هر بازار تغییر می‌کنند. اگرچه سازماندهی مدل بر اساس یک سیستم تعادل عمومی است، لیکن لازم و مفید است که هر یک از این شرایط تعادلی با یک متغیر تعادلی مربوط شوند. جدول شماره‌ی (۵) نشان دهنده‌ی این شرایط و محدودیت‌ها است.

[۳۰] مجموع $kshr$ براي تمام بخش‌ها معادل با يك است

جدول ۵: تسویه‌ی بازار و محدودیت‌های سیستم

$$Q_i = INT_i + CD_i + GD_i + ID_i + DST_i \quad (۴۴)$$

$$\sum_i FDSC_{if} = fs_f \quad (۴۵)$$

$$\sum_i PW_i^M . M_i = \sum_i PW_i^E . E_i + FSAV + remit + fbor \quad (۴۶)$$

$$SAVING = INVEST \quad (۴۷)$$

معادله‌ی (۴۴) به معنی برابری عرضه‌ی بخشی کالاهای مرکب با تقاضا است و بنابراین شرایط تعادل در بازار کالاها و خدمات را نشان می‌دهد. همچنین، این یک معادله‌ی تسویه‌ی بازار بخشی برای کالاهایی است که در داخل تولید شده و در بازارهای داخلی به فروش می‌رسند (D_i). با این حال، با مراجعه به معادله‌ی (۱۹) مشخص می‌گردد که نسبت واردات به فروش داخلی برای همه‌ی بخش‌های واردات یکسان است.

متغیرهای تعادلی برای معادله‌ی (۴۴)، قیمت‌های بخشی هستند، به طور کلی، ۹ قیمت در مدل وجود دارند که دارای اندیس‌های بخشی هستند. این قیمت‌ها عبارتند از: P^K، P^D، P^V، P^X، P^Q، P^E، P^M، PW^E، PW^M. قیمت‌های جهانی یعنی PW^E و PW^M به طور جداگانه در مدل آورده شده‌اند. از بین ۷ متغیر قیمتی باقی مانده، ۶ قیمت در سمت چپ معادلات قیمت ظاهر می‌شود و p^D یک متغیر آزاد است که می‌تواند تغییر کند.

معادله‌ی (۴۵) شرط تعادل در بازار عوامل را در بردارد و عرضه‌ی عوامل تولید اولیه (fs_f) به صورت برون‌زا ثابت است. تعادل در بازار ایجاب می‌کند که تقاضای کل عوامل با عرضه‌ی آن برابر باشند و متغیرهای تعادلی، متوسط قیمت عوامل (wf_f) است.

در مدل تصریح شده، همه‌ی عوامل اولیه در میان بخش‌ها تحرک دارند. تقاضای عوامل از طریق معادله‌ی (۹) مشخص می‌گردد و تعادل بازار از طریق تغییر در قیمت عوامل (wf_f) همراه با پارامتر بخشی که به طور برون‌زا مشخص می‌گردد ($wfdist_{if}$)، برقرار می‌شود. با این حال، در بسیاری از مطالعات تجربی در مورد کشورهای در حال توسعه، به طور مشترک فرض بر آن است که ذخیره‌ی سرمایه‌ی بخشی به صورت برون‌زا ثابت است. ذخیره‌ی سرمایه‌ی ثابت به آن معنی است که

تقاضای عوامل ($FDSC_{if}$) در معادله‌ی (۹) ثابت است و عرضه‌ی و تقاضای کل برای سرمایه به طور خودکار مساوی است و شرط تعادل بازار برای سرمایه در معادله‌ی (۴۵) بی اساس است و می‌تواند حذف شود. با این وجود، بدون تحرک عامل، نرخ‌های اجاره‌ای بخشی در بین بخش‌ها یکسان نیستند، به طوری که نمی‌توانند برای بعضی از جنبه‌های ابتدایی تحریف‌های موجود در پارامتر $wfdist$ ساخته شوند. بنابراین، با فرض موجودی‌های سرمایه‌ای ثابت، پارامترهای $wfdist$ درون‌زا هستند.

دو معادله‌ی آخر، شرایط تعادل اقتصاد کلان را برای تراز پرداخت‌ها و تراز بین پس انداز و سرمایه گذاری بیان می‌کنند. برای تحقق هر یک از این شرایط لازم است که متغیرهایی را که آزاد هستند و نیز متغیرهایی را که به طور برون‌زا ثابت نگه داشته می‌شوند، مشخص گردند.

در معادله‌ی (۴۶) تراز پرداخت‌ها به صورت ساده بیان شده است که در آن پس انداز خارجی ($FSAV$) از تفاوت واردات کل و صادرات کل به دست می‌آید. اگر پس انداز خارجی، برون‌زا فرض شود، متغیر تعادلی در این معادله، نرخ مبادله (EXR) خواهد بود. تغییرات در EXR باعث تغییر در قیمت‌های صادرات و واردات (P^M و P^E) نسبت به قیمت کالاهای داخلی P^D می‌شود و از این طریق تعادل به دست می‌آید. به عبارتی دیگر، با تغییر قیمت نسبی کالاهای قابل مبادله به کالاهای غیر قابل مبادله می‌توان به تعادل دست یافت. برای مثال، افزایش در نرخ ارز منجر به کاهش واقعی ارزش پول می‌گردد. همچنین، قیمت‌های واردات (PM) و صادرات (P^E) نسبت به قیمت داخلی (P^D) افزایش می‌یابند. با توجه به توابع عرضه‌ی صادرات و تقاضای واردات که در اختیار است، این امر منجر به صادرات بیشتر و واردات کمتر می‌شود. بنابراین، از یک تعادل اولیه، هر کاهش در پس انداز خارجی، یک تعادل جدید با یک نرخ ارز بالاتر منجر می‌گردد.

گزینش‌های مختلفی از بازار ارز خارجی جایگزین هم وجود دارد. برای مثال، نرخ ارز می‌تواند ثابت باشد و پس انداز خارجی تغییر کند. همچنین، شاخص قیمت ($PINDEX$) می‌تواند به صورت برون زا ثابت باشد و نرخ ارز و پس انداز خارجی به صورت درون زا تعیین گردد.

در واقع، آن چیزی که مدل تعیین می‌کند یک ارتباط ایستا یا پایداری در تعادل را باعث می‌گردد. یک مدل کلان از این نوع می‌تواند تنها برای تعیین یکی

از متغیرهای نرخ ارز اسمی (EXR)، سطح قیمت ($PINDEX$) یا تعادل تجارت ($FSAV$) به کار برده شود.

آخرین شرط تعادل اقتصادی در معادله‌ی (۴۷) بیان کننده‌ی آن است که پس انداز کل باید با سرمایه گذاری کل برابر باشد.

۸- جمع بندی

وجود تغییرات و شوک‌های متعدد در یک سیستم اقتصادی، آثار متعددی را بر روی متغیرهای درون زا و بخش‌های اقتصادی ایجاد می‌کنند و هر گونه تغییر در ساختار تولیدی می‌تواند بخش خارجی اقتصاد یا توزیع درآمد خانوارها و رفاه آنها را تحت تاثیر قرار دهد. علاوه بر این، در مطالعات تجربی اعمال سناریوهای متنوع بر روی متغیر برون‌زا و قابل کنترل، می‌تواند موجی از تغییرات را در رفتار فعالیت‌های اقتصادی ایجادکند. بدین لحاظ، استفاده از مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه‌ی (CGE) زمینه‌های وسیعی را در کمی سازی و اندازه گیری این تغییرات فراهم می‌کند. به همین ترتیب، شبیه سازی این نوع مدل‌ها کمک‌های شایانی را در بررسی و به کارگیری سیاست‌ها و تحلیل‌های سیاستی در هر دو حالت ایستا و پویا ارائه می‌نماید.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فهرست منابع:

احمدی، سنور، اثرات آزادسازی تجارت کشاورزی بر روی رفاه خانوارهای روستایی در ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۲.

چالمرز، آلن اف، چیستی علم، درآمدی بر مکاتب علم شناسی فلسفی، ترجمه: سعید زیبا کلام، انتشارات سمت، ۱۳۷۸، تهران.

ذوالنور، سیدحسین، بررسی و اصلاح سیاست‌های تجاری، تهران، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، مؤسسه عالی پژوهش در برنامه ریزی و توسعه، تهران، ۱۳۸۱.

سلامی، حبیب اله، "سیاست آزادسازی تجاری محصولات کشاورزی در ایران: تحلیلی در چارچوب تعادل عمومی"، اولین سمینار اقتصاد کشاورزی در ایران، تهران، ۱۳۷۶، صص ۱۳۷- ۸۲.

عسگری، علی و نعمت اله، اکبری، "روش شناسی اقتصاد سنجی فضایی، تئوری و کاربرد"، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، شماره ۱ و ۲، ۱۳۸۰، صص ۹۶- ۹۳.

موسوی محسنی، رضا، یک الگوی کاربردی تعادل عمومی برای اقتصاد ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد شیراز، ۱۳۷۵.

Adelman, I.S. Robinson, Income Distributtion Policies in Developing Countries, Staford, Calif: Staford University Press, 1987.

Armington, P.S., "A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production," IMF Staff Paper16, 1969.

Demelo, J.A.P., Estimating the Costs of Protection: General Equilibrium Approach, quarterly Journal of Economics, Vol. 92, Issue 2, 1988.

Demelo, A.P. and Sh. Robinson. Product Differentiation and the Treatment of Foreign Trade in Computable General Equilibrium Models of Small Economies, Journal of International Economics, Vol. 27, 1989, pp. 47- 67.

Dervis, K., J. Demelo and Sh. Robinson, "A General Equilibrium Analysis of Foreign Exchange Shortages in a Developing Economy," the Economic Journal, Vol. 91, 1981, pp. 891-906.

Dervis, K,. J. Demelo and S. Robinson, General Equilibrium Models for Development Policy, Cambridge University Press, London, 1982.

Johansen, L. A Multi- Sectoral Study of Economic Growth, Amsterdam: North- Holland Publishing Co, 1960.

Harberger, A., "The Incidence of the Corporate Income Tax" Journal of Political Economy, Vol. 70, 1962, pp. 2-18.

Hertel, T. and W. Global Trade Analysis: Modeling and Applications, Cambridge University Press, New York and Melbourne, 1997.

Lofgren, H., R. Harris, and Sh. Robinson, A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C., 2001.

Lysy, F. L. Taylor., A Computable General Equilibrium Model for the Functional Distribution of Income, Experiments for Brazil, 1980.

Robinson, Sh., Multisectoral Models, In H.B. Chenery and T.N. Srinivasan, eds, Handbook of Development Economics, Amsterdam: North Holland, 1989.

Rutherford, T. and Light, M., "A General Equilibrium Model for Tax Policy Analysis in Colombia," 2001.
www.gerogetown.edu/faculty/ejb37/papers/idb.pdf.

Scarf, H. On the Computation of Equilibrium Prices, Ten Economic Studies in the Tradition of Irving Fisher, wiley, New York, 1967.

Scarf, H. The Computation of Economic Equilibria, Yale University Press, New Haven and London, 1973.

Shoven, j. b:walley.j., "Applied General Equilibrium Model of Taxation and International trade: An Introduction and Survey," Journal of Economic Literature, Vol. 22, 1984, pp. 23-42.

Taylor, L. Socially Relevant Policy Analysis: Structuralist Computable General Equilibrium Models for the Developing World, MIT Press, Combridge, 1990.

Thissen, M. A Classification of Empirical CGE Modeling, SOM Research Report 99 Col, University of Groningen, the Netherlands, December, 1998.

Turnovsky, S. Methods of Macroeconomic Dynamics, the MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2000.

Vincent, D.P., Applied General Equilibrium Modeling in the Australian Industries Assistance Commission: Perspectives of a Policy Analyst, in D.J.Bergamn, Oxford, 47, 1990.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

The Methodology of the Computable General Equilibrium (CGE) Model: Theory and Application

Seyed Komail Tayebi (Ph.D.) and Shirin Mesrinezhad (M.Sc.)*

Abstract:

Economic researchers have paid crucial (significant) attention to modeling an economy in order to investigate possible developments in different markets using domestic input-output data during two recent decades. In applied general equilibrium, specific methods combine partial equilibrium models with aggregated macroeconomic approaches. This enables researchers to measure most effects arising from a particular shock or policy on the whole economy. Progress in the computer software and the availability of updated economic packages has also facilitated modeling empirically with the inclusion of many variables and observations. Creating a link between all economic sectors is much important in the applied general equilibrium procedure to being concerned, while the actual production resources (such as labor force and capital) are obviously limited. Other limitations in financial and investment resources are also added. The goal of this paper is thus to study the methodology of the CGE models, and specify equations and identities of the standard framework of a CGE model. This may provide the economy with analyzing results and simulating conducted policies on the objective variables.

JEL classification**:** ***D50***

Keywords: Computable General Equilibrium (CGE) Model, Methodology, Economic Policies.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

* Assistant professor and graduate student of economics, respectively-Isfahan University