بسمه تعالی

# آموزش تدوین مدل تعادل عمومی استاندارد قابل محاسبه (CGE)

**آموزش سایر نرم افزارها را میتوانید در آدرس زیر دانلود نمایید**

Econometrics.blog.ir

# آموزش گام به گام تدوین مدل تعادل عمومی استاندارد

**پژوهشگاه نیرو؛ کد پروژه: PENDE14**

## مقدمه

مدلهای تعادل عمومی استاندارد قابل محاسبه [1] از چهار ویژگی بشرح زیر برخوردار می باشند:

- کالاهای واسطه ای در فرآیند تولید مد نظر قرار می گیرند
- با تعریف دولت در مدل، کلیه مصارف و درآمدهای مستقیم و غیر مستقیم مالیاتی آن نظیر تعرفه های وارداتی در مستندسازی روابط مدل مورد توجه قرار می گیرد
- پس انداز و سرمایه گذاری در این مدلها در نظر گرفته می شود
- اقتصاد باز مورد توجه قرار خواهد گرفت. به این ترتیب توجه به تجارت بین الملل از ملزومات مدلهای تعادل عمومی استاندارد قابل محاسبه می باشد [(۱)].

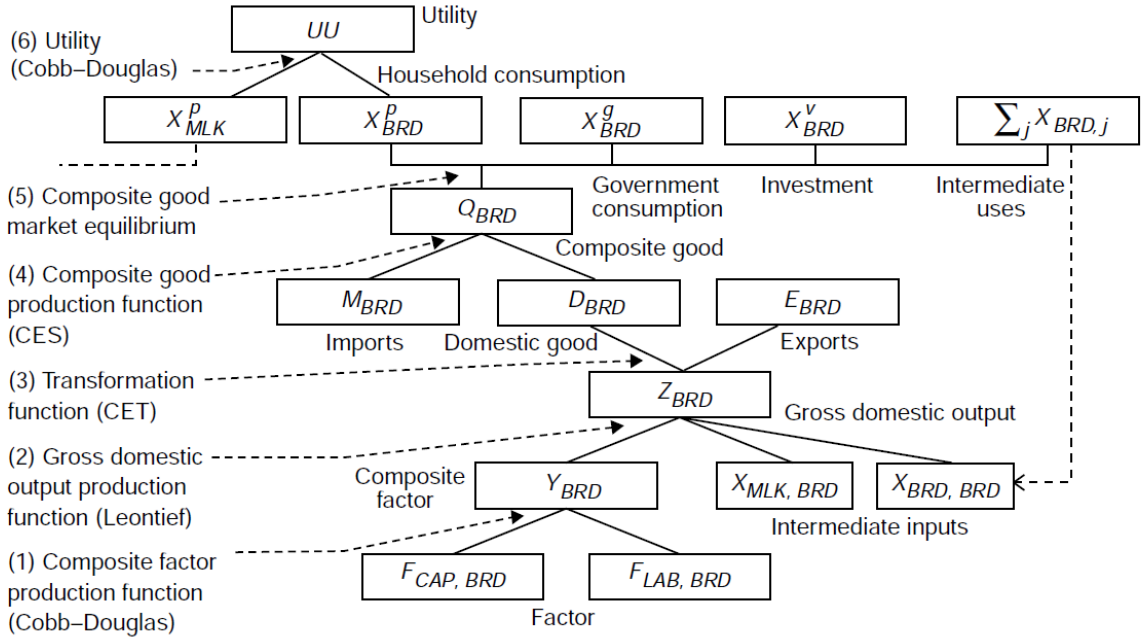
در این فصل مشخصات یک مدل تعادل عمومی استاندارد قابل محاسبه ارائه خواهد گردید. کالاهای واسطه ای در بخش ۲,۱ , دولت در بخش ۳,۱ و سرمایه گذاری و پس انداز در بخش ۴,۱ مورد توجه قرار خواهند گرفت. ضمن اینکه بخشهای ۵,۱، ۶,۱ و ۷,۱ معرف تجارت بین الملل، شرایط تسویه بازار و سیستم کامل معادلات همزمان در مدل استاندارد قابل محاسبه می باشند. همچنین در بخش ۸,۱ یک مدل کامپیوتری بر مبنای کالیبراسیون و بر مبنای ماتریس حسابداری اجتماعی و در نهایت حل مدل تعادل عمومی مورد توجه قرار خواهد گرفت.

## ۱-۱- نگاهی اجمالی به مدلهای تعادل عمومی استاندارد قابل محاسبه

شکل ۱-۱ مثالی از یک مدل تعادل عمومی استاندارد قابل محاسبه را از نقطه نظر جریان کالاها و عوامل تولید در یک اقتصاد ساده ارائه می نماید [(۲)]. در این اقتصاد صرفا دو کالا (نان و شیر با اندیسهای i و j) و دو عامل تولید نیروی کار و سرمایه (که با اندیسهای h و k نشان داده می شوند)، در نظر گرفته می شوند. یک خانوار نمونه نیز از دو نوع کالای یاد شده برای ماکزیمم کردن مطلوبیت خود استفاده می نماید. دو بنگاه نمونه نیز نان و شیر را تولید می نمایند. خانوارهای نمونه عوامل تولید را برای تولید در اختیار دو بنگاه نمونه قرار می دهند و در مقابل پرداختی به عوامل تولید صورت می پذیرد. عرضه و تقاضای بنگاه ها و خانوارها ( از کالاها و عوامل تولید) در تعادل قرار می گیرد و البته فرض اصلی این است که بازار رقابتی بوده و کلیه بنگاهها قیمت پذیر [2] می باشند.

---

[1] Standard CGE models
[2] Price taker




**شکل ۱-۱ نمایش خلاصه از مدل تعادل عمومی استاندارد قابل محاسبه (فرمهای تابعی مفروض در پرانتز قرار گرفته اند)**

در ادامه جریان کالاها و عوامل تولید در هر مرحله مورد توجه قرار خواهد گرفت. در هر مرحله از شکل ۱-۱، ترکیب کالاها و عوامل تولید منجر به تولید و یا مصرف خواهد گردید. بدین ترتیب جریان کالا و عوامل تولید از سمت پایین به بالا بصورت زیر تفسیر می شود:

۱) سرمایه ($F_{CAP,BRD}$) و نیروی کار ($F_{LAB,BRD}$) بر مبنای تابع تولید نهاده مرکب، در قالب یک نهاده مرکب ($Y_{BRD}$) تجمیع می شوند.

۲) ترکیب نهاده مرکب ($Y_{BRD}$) با نهاده های واسطه ای نان ($X_{.BRD,BRD}$) و شیر ($X_{MLK,BRD}$)، محصول ناخالص داخلی ($Z_{BRD}$) را بدست خواهد داد. این مهم با استفاده از تابع تولید محصول ناخالص داخلی صورت می پذیرد.

۳) محصول ناخالص داخلی ($Z_{BRD}$) بر مبنای تابع تبدیل محصول ناخالص داخلی به صادرات ($E_{BRD}$) و کالای داخلی ($D_{BRD}$) تبدیل می شود.

۴) محصول داخلی ($D_{BRD}$) و واردات ($M_{BRD}$) بر مبنای تابع تولید کالای مرکب به کالای مرکب تبدیل می شوند.

۵) کالای مرکب ($Q_{BRD}$) بین مصارف خانوارها ($X^{P}_{BRD,}$)، مصارف دولت ($X^{g}_{BRD,}$)، سرمایه گذاری ($X^{V}_{BRD,}$) و مصارف واسطه ای زیر بخشهای نان و شیر ($\Sigma i\, X_{BRD,j}$) توزیع می گردد [۳].

۶) مطلوبیت خانوارها UU بر اساس مصرف نان ($X^{P}_{BRD,}$) و شیر ($X^{P}_{MLK,}$) و توسط تابع مطلوبیت خانوار بیان می‌شود.

جزئیات مربوط به نهاده های مرکب، کالاهای مرکب و توابع مربوط در ادامه ارائه می گردد.

## ۱-۲- نهاده های واسطه ای

فرض می شود که بنگاه ها از نهاده های واسطه ای در فرآیند تولید خود استفاده می نمایند. همین فرض سبب پیچیده شدن رفتار بنگاه ها شده و فرآیند تولید را به دو فاز یا مرحله اصلی تقسیم می نماید. در مرحله اول نیروی کار و سرمایه برای تولید نهاده مرکب (ارزش افزوده) مورد استفاده قرار می گیرند. در مرحله دوم نیز، ترکیب نهاده مرکب با نهاده های واسطه ای به تولید محصول ناخالص داخلی می انجامد. تکنولوژی مورد استفاده در فرآیند تولید دو مرحله ای نیز، مشتمل بر تابع تولید کاب داگلاس برای مرحله اول و تابع تولید لئونتیف برای مرحله دوم می باشد. این دو تابع همگن از درجه یک و دارای بازدهی ثابت نسبت به مقیاس هستند [۴]. در تابع کاب داگلاس امکان جانشینی بین نهاده ها در نظر گرفته می شود، حال آنکه تابع لئونتیف از چنین قابلیتی برخوردار نیست. با این حال تابع لئونتیف از پیچیدگیهای مدل و بار محاسباتی آن می کاهد.

مساله ماکزیمم سازی سود j امین بنگاه بصورت زیر نوشته می شود [۵]:

– برای مرحله اول

$$\max_{Y_j, F_{h,j}} imize \quad \pi^{y}_{j} = p^{y}_{j} Y_j - \sum_{h} p^{f}_{h} F_{h,j}$$

با توجه به محدودیت

$$Y_j = b_j \prod_{h} F_{h,j}^{\beta_{h,j}} \qquad (۱-۱)$$

– برای مرحله دوم

$$\max_{Z_j,Y_j,X_{i,j}} imize\ \pi_j^z = p_j^z Z_j - \left( p_j^y Y_j + \sum_i p_i^q X_{i,j} \right)$$

با توجه به محدودیت

(۵-۱) "

$$Z_j = \min\left( \frac{X_{BRD,j}}{ax_{BRD,j}}, \frac{X_{MLK,j}}{ax_{MLK,j}}, \frac{Y_j}{ay_j} \right)$$

$\pi_j^y$: سود j امین بنگاه تولید کننده نهاده مرکب $Y_j$ در مرحله اول

$\pi_j^z$: سود j امین بنگاه تولید کننده محصول ناخالص داخلی $Z_j$ در مرحله دوم

$Y_j$: نهاده مرکب، در مرحله اول تولید شده و در مرحله دوم توسط بنگاه j ام مورد استفاده قرار می گیرد

$F_{h,j}$: h امین عامل تولید که توسط بنگاه j ام در مرحله اول مورد استفاده قرار می گیرد

$Z_j$: محصول ناخالص داخلی بنگاه j ام

$X_{i,j}$: نهاده های واسطه ای کالای i ام که توسط بنگاه j ام مورد استفاده قرار می گیرد

$p_j^y$: قیمت نهاده مرکب jام

$p_h^f$: قیمت نهاده h ام

$p_j^z$: قیمت j امین محصول ناخالص داخلی

$p_i^q$: قیمت i امین کالای مرکب

$\beta_{h,j}$: ضریب کشش در تابع تولید نهاده مرکب

$b_j$: ضریب مقیاس در تابع تولید نهاده مرکب

$aX_{i,j}$: ضرایب نهاده واسطه ای i ام در تابع لئونتیف برای تولید یک واحد از کالای j ام

$ay_i$: ضرایب کالای مرکب j ام در تابع لئونتیف برای تولید یک واحد از کالای j ام

مقادیر هدف هر مرحله از تولید، در واقع سود بنگاه ها می باشد. در تابع سود مرحله اول، اولین عبارت در سمت راست تابع هدف مربوط به رابطه ۱-۱ بیانگر فروش نهاده مرکب و عبارت دوم نیز هزینه نهاده های نیروی کار و سرمایه مورد استفاده در فرآیند تولید می باشد. محدودیت رابطه ۱-۱ نیز بیانگر تکنولوژی تولید نهاده مرکب است که توسط تابع تولید کاب داگلاس نمایش داده می شود. در تابع سود مرحله دوم مربوط به " (۱-۵)، اولین عبارت سمت راست بیانگر فروش محصول ناخالص داخلی می باشد که در این محصول از کالاهایی همچون نان و شیر تشکیل شده است. دومین و سومین عبارت نیز بیانگر هزینه های نهاده مرکب و نهاده های واسطه ای در تابع مرحله دوم می باشد. محدودیت رابطه " (۱-۵) یک تابع تولید لئونتیف برای تولید محصول ناخالص داخلی با توجه به نهاده های مرکب و

واسطه ای می باشد و با حل توابع ماکزیمم سازی نسبت به توابع محدودیت، توابع تقاضا بصورت زیر حاصل می گردد[۶]:

$$Y_j = b_j \prod_h F_{h,j}^{\beta_{h,j}} \qquad \forall j \qquad (۱-۱)$$

$$F_{h,j} = \frac{\beta_{h,j} p_j^y}{p_h^f} Y_j \qquad \forall h, j \qquad (۱-۲)$$

$$X_{i,j} = ax_{i,j} Z_j \qquad \forall i, j \qquad (۱-۳)$$

$$Y_j = ay_j Z_j \qquad \forall j \qquad (۱-٤)$$

$$Z_j = \min\left( \frac{X_{BRD,j}}{ax_{BRD,j}}, \frac{X_{MLK,j}}{ax_{MLK,j}}, \frac{Y_i}{ay_j} \right) \qquad (۱-۵)''$$

منحنی‌های تولید یکسان تابع تولید لئونتیف از زاویه قائمه برخوردار می باشند و لذا وجود این نوع منحنیها سبب ایجاد اشکال در محاسبات عددی خواهد گردید [۷]. برای رفع این اشکال، محدودیت "(۱-۵) با یک معادله سود- صفر بصورت زیر جایگزین می گردد[۸]:

$$\pi_j^z = p_j^z Z_j - \left( p_j^y Y_j + \sum_i p_i^q X_{i,j} \right) = 0 \qquad \forall j$$

در ادامه و به جای استفاده از معادله سود صفر، حالت تبدیل شده این معادله را مورد استفاده قرار خواهیم داد. بدین ترتیب معادله سود صفر با در نظر قرار دادن روابط تعریف شده در " (۱-۵) بصورت زیر قابل تعریف خواهد بود:

$$p_j^z Z_j - \left( ay_j p_j^y Z_j + \sum_i ax_{i,j} p_i^q Z_j \right) = 0 \qquad \forall j$$

و در نهایت با حذف کردن $Z_j$ تابع هزینه به ازای واحد محصول بصورت زیر حاصل می گردد:

$$p_j^z = ay_j p_j^y + \sum_i ax_{i,j} p_i^q \qquad \forall j \tag{۵-۱}$$

بدین ترتیب و با جایگزین نمودن " (۱-۵) با (۱-۵) رفتار بنگاه ها بر مبنای روابط ۱-۱ تا ۱-۵ تعیین می گردد.

## ۱-۳- دولت

مدلهای تعادل عمومی برای تحلیل سیاستها مورد استفاده قرار می گیرند. نکته مهم در این بخش، نتایج حاصل از تغییر ابزارهای سیاستی بخصوص تغییر در مالیاتها می باشد. هرگونه مدل تعادل عمومی واقعی باید شامل دولت باشد و در این بخش نحوه مدلسازی رفتار دولت مورد بحث قرار خواهد گرفت.

در مدل تعادل عمومی دولت به گردآوری مالیاتها و مصرف کالاها می پردازد. البته نکته قابل توجه این است که اگرچه رفتار خانوارها و بنگاه ها بر مبنای تئوریهای خرد مدل می شود، هیچ راه دقیق و کاملی برای مدلسای فعالیتهای دولت از نقطه نظر مباحث خرد وجود ندارد. در ادامه و بعنوان نمونه مدل تعادل عمومی با لحاظ بخش دولت مورد اشاره قرار خواهد گرفت.

فرض کنیم که دولت مالیاتهای مستقیم بر درآمد خانوار را با نرخ $\tau^d$، مالیات تولید بر محصول ناخالص داخلی را با نرخ $\tau_j^z$ و تعرفه وارداتی معادل با $\tau_i^m$ را اعمال می نماید. همزمان دو فرض در این رابطه مد نظر قرار می گیرد:

۱) دولت کلیه درآمدهای مالیاتی خود را صرف مصرف می نماید

۲) سهم استفاده از کالاهای موجود در هزینه های دولت به نسبت ثابتی می باشد. بعنوان مثال دولت ۴۰ درصد از درآمدهای خود را برای خرید نان و مابقی را صرف هزینه های شیر می نماید. مفروضات فوق بصورت زیر نمایش داده می شود:

$$T^d = \tau^d \sum_h p_h^f FF_h \tag{۱-۶}$$

$$T_j^z = \tau_j^z p_j^z Z_j \quad \forall j \qquad (۷-۱)$$

$$T_i^m = \tau_i^m p_i^m M_j \quad \forall i \qquad (۸-۱)$$

$$X_i^g = \frac{\mu_i}{p_i^q}\left(T^d + \sum_j T_j^z + \sum_j T_j^m\right) \quad \forall i \qquad (۹-۱)\ ""$$

$T^d$: مالیات مستقیم

$T_j^z$: مالیات تولید بر j امین کالا

$T_i^m$: تعرفه های وارداتی بر i امین کالا

$\tau^d$: نرخ مالیات مستقیم

$\tau_j^z$: نرخ مالیات تولید بر j امین کالا

$\tau_i^m$: نرخ تعرفه های وارداتی بر i امین کالا

$FF_h$: موجودی خانوار از h امین عامل تولید

$Z_j$: محصول ناخالص داخلی j امین بنگاه

$M_i$: واردات از i امین کالا

$X_i^g$: مصارف دولت از i امین کالا

$p_j^z$ : قیمت j امین محصول ناخالص داخلی

$p_h^f$ : قیمت h امین عامل تولید

$p_i^m$ : قیمت i امین کالای واداتی

$p_i^q$ : قیمت i امین کالای ترکیبی

$\mu_i$ : سهم iامین کالا در هزینه های دولت $(0 \le \mu_i \le 1, \sum_i \mu_i = 1)$

فرض ما در اینجا این است که هزینه های مصرفی دولت برای کالاهای مختلف بر مبنای رابطه" " ( ۱ – ۹ ) به نسبتی از درآمدهای آن می‌باشد، ولی با این حال می توان فروض دیگری را به همراه آن در نظر گرفت. بعنوان مثال با ساده سازی رفتار دولت و معادل قرار دادن مقدار مصرف آن با مقدار تعادلی $X_i^{g0}$ داریم [۹]:

$$X_i^g = X_i^{g0} \quad \forall i$$

هنگامی که دولت دارایی‌های خود را می فروشد، این فروش به عنوان مصارف منفی در داده های آماری نظیر جدول I-O نمایان می شود ( مورد مشابه می تواند در حسابهای سرمایه گذاری و هنگام کاهش در موجودی انبار رخ دهد). در مدل فوق که مخارج دولت بصورت نسبتی از درآمدهای آن است، مصرف به دلیل آنکه تابعی از درآمد است مثبت می شود و لذا این مدل برای مصارف منفی مناسب نیست. در صورت وجود مصارف منفی باید مدلی توسعه داده شود که در آن مقادیر منفی برای مصارف دولت بصورت مجزا در نظر گرفته شده است. در چنین مدلی باید مصارف برخی کالاها منفی و مصارف سایر کالاها بصورت نسبتهای مثبتی از هزینه دولت در نظر گرفته شود.

## ۱-٤- سرمایه گذاری و پس انداز

### ۱-٤-۱- مقدمه ای بر سرمایه گذاری و پس انداز

مدل تعادل عمومی که در اینجا بدان پرداخته خواهد شد، از نوع ایستا[1] می باشد و معرفی پارامترهای دینامیکی همانند پس انداز و سرمایه گذاری با فروض اولیه یک مدل ایستا سازگار نیست. بهر حال بدلیل سهم قابل توجه سرمایه گذاری در تقاضای نهایی [۱۰]، نمی توان از آن چشم پوشی کرد و بنابراین اگرچه بر مبنای تئوریهای اقتصادی نمی توان سرمایه گذاری را در مدلهای ایستا در نظر گرفت ولی بنحوی باید آن را در مدل وارد نمود.

اینطور فرض می شود که یک عامل اقتصادی سرمایه گذاری، منابع پولی را از خانوارها، دولت و بخش خارجی گردآوری و آن را برای خرید کالاهای سرمایه ای مورد استفاده قرار می دهد. اگرچه خانوارها و دولت نیز تصمیمات خود را در خصوص سرمایه گذاری و پس انداز اتخاذ می نمایند، با این حال مدل حاضر فرض می کند که یک عامل اقتصادی، تمامی پس اندازهای موجود در اقتصاد را جمع آوری کرده و آنها را صرف خرید کالاها با نسبت ثابت $\lambda_i$ می

---

[1] Static

نماید. لذا می توان رفتار این عامل اقتصادی را بر مبنای تابع تقاضای سرمایه گذاری و مشابه با فروض در نظر گرفته شده برای تابع تقاضای کالاهای دولت، بصورت زیر مدل کرد:

(۱۰-۱)

$$X_i^v = \frac{\lambda_i}{p_i^q}(S^p + S^g + \varepsilon S^f) \qquad \forall i$$

$S^p$ : پس انداز خانوارها

$S^g$ : پس انداز دولت

$S^f$ : کسری حساب جاری بر حسب واحد پول خارجی (معادل با پس انداز خارجیان)

$X_i^v$ : تقاضای i امین کالای سرمایه ای

$\varepsilon$ : نرخ ارز خارجی ( معادل با نسبت پول داخلی به خارجی در نظر گرفته می شود)

$p_i^q$ : قیمت i امین کالای ترکیبی

$\lambda_i$ : سهم هزینه i امین کالا در کل مقادیر سرمایه گذاری ( $(0 \le \lambda_i \le 1, \sum_i \lambda_i = 1)$.)

متغیرهای داخل پرانتز در سمت راست رابطه ۱-۱۰ بیانگر مجموع مقادیر پس انداز متشکل از پس انداز خانوارها، دولت و بخش خارجی می باشد. البته باید این نکته را نیز مد نظر قرار داد که مجموع پارامتر سهم هزینه ( $\lambda_i$ ) برابر با واحد بوده و این بدان معنا است که کل پس انداز و سرمایه گذاری در اقتصاد با یکدیگر برابر می باشند.

فرض کنیم پس انداز خانوارها و دولت بر مبنای میل متوسط به پس انداز[1] و بصورت زیر تعیین می گردد:

(۱۱-۱)

$$S^p = ss^p \sum_h p_h^f FF_h$$

(۱۲-۱)

$$S^g = ss^g \left( T^d + \sum_j T_j^z + \sum_j T_j^m \right)$$

که در آن:

$ss^p$: میل متوسط پس انداز خانوارها

[1] Average propoensities for savings

$ss^g$: میل متوسط پس انداز دولت

می باشد. بجز پس اندازهای خانوارها ($ss^p$) و دولت ($ss^g$)، نوع دیگری از پس انداز در اقتصاد با عنوان ($s^f$) پس انداز خارجیان موجود می باشد. در مدل حاضر پس انداز خارجیان بصورت برونزا تعیین می شود که البته هر یک از متغیرهای فوق الذکر بر مبنای دیدگاه ما از اقتصاد واقعی می توانند بصورت درونزا و یا برونزا تعیین شوند. در واقع باید این موضوع را مد نظر قرار داد که سرمایه گذاری تعیین شده در رابطه ۱-۱۰ بیانگر کالاهایی است که از مصرف آن صرفنظر شده و لذا این کالا بر مطلوبیت خانوارها و بنگاه ها موثر نمی باشد. بعبارت دیگر، تابع مطلوبیت وابسته به مقادیر سرمایه گذاری ($X_i^v$) نمی باشد. همچنین موجودی سرمایه $FF_{CAP}$ در اقتصاد بصورت پیش فرض در نظر گرفته شده است و لذا در مدل ایستا در اثر سرمایه گذاری ($X_i^v$) افزایش نخواهد یافت.

**۱-٤-۲- رفتار خانوار و دولت**

با معرفی دولت، سرمایه‌گذاری و پس اندازها در مدل، بایستی قید بودجه خانوار اصلاح شود و وجوه موجود برای مصرف خانوار از پس اندازهای خانوار و مالیات‌های مستقیم کسر شود (از آنجایی که در مدل تعادل عمومی قابل محاسبه استاندارد موارد دیگری مانند مصرف دولت، مصارف سرمایه‌گذاری و نهاده‌های واسطه‌ای نیز در نظر گرفته می‌شوند، لذا از نماد $X_i^p$ برای نشان دادن مصرف خانوار استفاده می‌شود). بنابر این مسأله خانوار به صورت زیر ارائه می‌گردد:

$$\max_{X_i^p} UU = \prod_i (X_i^p)^{\alpha_i}$$

$$\sum_h p_i^q X_i^p = \sum_h p_h^f FF_h - S^p - T^d$$

که پارامترها و متغیرهای استفاده شده در آن به شرح زیر است:

$UU$: مطلوبیت

$X_i^p$: مصرف خانوار از کالای i

$FF_h$: موجودی hاُمین عامل تولید در اختیار خانوار

$S^p$: پس اندازهای خانوار

$T^d$: مالیات مستقیم

$X_i^p$: قیمت iاُمین کالای مرکب

$p_h^f$: قیمت hاُمین عامل تولید

$\alpha_i$: پارامتر نشان دهنده سهم در تابع مطلوبیت $(0 \le \alpha_i \le 1, \sum_i \alpha_i = 1)$

با حل کردن مسئله حداکثر سازی مطلوبیت خانوار، تابع تقاضای خانوار برای iاُمین کالا به صورت ذیل به دست می‌آید:

$$X_i^p = \frac{\alpha_i}{p_i^q}\left(\sum_h p_h^f FF_h - S^p - T^d\right) \quad \forall i \qquad (۱۳-۱)$$

با وارد کردن پس اندازهای دولت، تابع تقاضای دولت برای iاُمین کالا نیز به صورت ذیل حاصل می شود:

$$X_i^g = \frac{\mu_i}{p_i^q}\left(T^d + \sum_j T_j^z + \sum_j T_j^m - S^g\right) \quad \forall i \qquad (۹-۱)$$

## ۱-۵- تجارت بین المللی

### ۱-۵-۱- فرض کشور کوچک و تعادل ترازپرداخت‌ها

در این قسمت مدل تعادل عمومی قابل محاسبه استاندارد از یک مدل اقتصاد بسته به یک مدل اقتصاد باز تعمیم داده می‌شود. برای سادگی فرض می‌شود که این اقتصاد کوچک است و فعالیت‌های آن (حتی فعالیت‌های نظیر دامپینگ صادرات[۱۱]) تاثیر قابل توجهی بر سایر کشورها ندارد. فرض کوچک بودن اقتصاد دلالت بر آن دارد که قیمت‌های جهانی برای کالاهای صادراتی و وارداتی (که بر حسب ارزهای خارجی بیان می‌شود) برای این اقتصاد به صورت برونزا داده شده است.

با در نظر گرفتن تجارت بین المللی بایستی میان دو نوع از متغیرهای قیمتی تمایز قائل شد. یکی قیمت‌های صادارت و واردات بر حسب واحد پول داخلی است، که به ترتیب با $p_i^e$ و $p_i^m$ و دیگری قیمت‌های صادارت و واردات بر حسب واحد پول خارجی است، که به ترتیب با $p_i^{we}$ و $p_i^{wm}$ نشان داده می‌شود. این قیمت‌ها بر اساس روابط زیر با هم مرتبط می‌شوند.

$$p_i^e = \varepsilon p_i^{we} \quad \forall i \qquad (۱۴-۱)$$

$$p_i^m = \varepsilon p_i^{wm} \quad \forall i \qquad (۱۵-۱)$$

علاوه بر آن فرض می‌شود که اقتصاد با قیود تعادل تراز پرداخت‌ها مواجه است، که می‌توان آن را با استفاده از قیمت‌های صادرات و واردات بر حسب واحد پول خارجی به صورت زیر نوشت:

$$\sum_i p_i^{we} E_i + S^f = \sum_i p_i^{wm} M_i \quad \forall i \qquad (۱۶-۱)$$

که پارامترها و متغیرهای استفاده شده در آن به شرح زیر است:

$p_i^{we}$ : قیمت صادرات بر حسب واحد پول خارجی (برون زا)

$p_i^e$ : قیمت صادرات بر حسب واحد پول داخلی

$\varepsilon$ : نرخ ارز خارجی (واحد پول داخلی / واحد پول خارجی)

$E_i$ : صادرات اُمین کالا

$p_i^{wm}$ : قیمت واردات بر حسب واحد پول خارجی (برون زا)

$p_i^{m}$ : قیمت واردات بر حسب واحد پول داخلی

$M_i$ : واردات اُمین کالا

$S^f$ : کسری حساب جاری بر حسب واحد پول خارجی، که معادل پس انداز خارجی است. (برون زا)

همان طور که در زیر بخش (۱-۴-۱) ذکر شد، کسری حساب جاری بر حسب واحد پول خارجی $S^f$ یک متغیر برون زاست. در مدل فعلی قیود تعادل تراز پرداخت‌ها بر حسب واحد پول خارجی بیان شده‌اند، اما در عین حال می‌توان با استفاده از معادلات (۱-۱۴) و (۱-۱۵) و جایگذاری $p_i^e$ و $p_i^m$ به جای $p_i^{we}$ و $p_i^{wm}$ ، قیود تراز پرداخت‌ها را بر حسب واحد پول داخلی نیز نوشت.

### ۱-۵-۲- فرض آرمینگتون[1]

هنگامی که مدل به یک اقتصاد باز تعمیم داده می‌شود، می‌بایستی تفاوت‌ها (یا شباهت‌ها) میان کالاهای تولید شده/ مصرف شده در داخل و کالاهای وارداتی/ صادراتی را در نظر گرفت. در این بخش در نظر گرفتن فرض جانشینی ناقص بین کالاهای داخلی و وارداتی ضروری است، به عبارت دیگر فرض می‌شود که نان تولید داخل کالایی مشابه اما کمی متفاوت نسبت به نان وارداتی است.

همچنین فرض می‌شود که تمام کالاهای صادراتی جانشین کامل کالاهای وارداتی هستند، به گونه‌ای که امکان صادرات و واردات همزمان یک کالا وجود ندارد(۱۲). زیرا اگر نان‌های صادراتی و وارداتی کاملا جانشین یکدیگر باشند، آنگاه وارد کردن ۱۰۰ واحد نان و صادرات ۲۰ واحد از آن غیر منطقی خواهد بود و به جای این کار می‌توان به صورت خالص ۸۰ واحد نان را وارد نمود. این در حالیست که در دنیای واقعی صادرات و واردات یک کالا بطور همزمان رخ می‌دهد، به عبارت دیگر در حالی که یک کشور صادرکننده یک کالاست در همان زمان وارد کننده آن کالا نیز می‌باشد که این پدیده با نام تجارت دو طرفه[2] شناخته می‌شود. لذا به جهت برطرف نمودن تضاد میان تئوری و عمل، حتی زمانی که کالاها تحت یک عنوان طبقه بندی می‌شوند، باید میان کالاهای صادراتی و وارداتی تمایز قائل شد. می‌توان میزان تفاوت/ شباهت میان کالاهای صادراتی و وارداتی را با استفاده از یک پارامتر نظیر کشش جانشینی در توابع

---

[1] Armington assumption

[2] Two-way trade or cross hauling

کشش جانشینی ثابت (CES) اندازه گرفت. اگر کالاها به صورت قابل توجهی از یکدیگر متفاوت باشند کشش جانشینی میان آن‌ها کوچک خواهد بود و بالعکس.

به هر حال در دنیای واقعی جانشینی (یا رقابت) میان واردات و کالاهای داخلی و میان صادرات و کالاهای داخلی از جانشینی میان صادرات و واردات آشکارتر است و بر این اساس در مدل تعادل عمومی قابل محاسبه فرض می‌شود که میان واردات و کالاهای داخلی و نیز میان صادرات و کالاهای داخلی جانشینی وجود دارد(۱۳). فرض اول یعنی فرض جانشینی ناقص میان کالاهای وارداتی و داخلی فرض آرمینگتون (۱۹۶۹) نامیده می‌شود.

**۱-۵-۳- جانشینی میان کالاهای وارداتی و داخلی**

فرض آرمینگتون دلالت بر آن دارد که خانوارها یا بنگاه‌ها به صورت مستقیم کالاهای وارداتی را مصرف نمی‌کنند بلکه آن‌ها به اصطلاح "کالای مرکب آرمینگتون" مصرف می‌کنند که از واردات و کالاهای داخلی نظیر آن تشکیل شده است. برای توصیف فرایند ساخت کالاهای مرکب آرمینگتون فرض می‌کنیم یک مجموعه بنگاه‌های مجازی تولیدی وجود دارند که برای حداکثرسازی سودشان ترکیب مناسب کالای وارداتی و داخلی را انتخاب می‌کنند. حل مسئله حداکثر سازی سود این بنگاه‌های مجازی، تقاضا برای کالاهای وارداتی و داخلی را بر مبنای قیمتهای آنها تعیین می‌کند.

برای مثال، فرض می‌شود که یک بنگاه آب پرتقال وارداتی و داخلی را برای تهیه یک بطری آب پرتقال مخلوط ترکیب می‌کند. این فرایند تولید اغلب با یک تابع تولید CES همانند رابطه (۱-۱۷) توصیف می‌شود. این تابع یک تعمیم از توابع نام آشنای کاب – داگلاس و لئونتیف است. تابع CES با پارامتر کشش جانشینی، $\sigma_i$، مشخص می‌شود. کشش جانشینی نشان می‌دهد که به ازای یک درصد تغییر در قیمت نسبی نهاده‌ها، چند درصد نسبت نهاده‌ها تغییر خواهد کرد. به بیان نموداری این پارامتر، انحنای[1] منحنی‌های هم مقدار[2]را تعیین می‌کند. هر چه کشش جانشینی بیشتر باشد، انحنای منحنی‌های هم مقدار کمتر خواهد بود و سهم نهاده‌ها با انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به تغییرات قیمت نسبی نهاده‌ها واکنش نشان می‌دهد. حالت حدی کشش‌های جانشینی در توابع از نوع لئونتیف وجود دارد که در آن‌ها $\sigma_i = 0$ است.

میتوان مسئله بهینه سازی برای iاُمین کالای مرکب آرمینگتون را به صورت ذیل نوشت:

---

[1]-Curvature

[2]- Isoquant

$$\max_{Q_i, M_i, D_i} \pi_i^q = p_i^q Q_i - \left[(1+\tau_i^m) p_i^m M_i + p_i^d D_i\right] \qquad (۱۷-۱)$$

$$Q_i = \gamma_i (\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}}$$

که پارامترها و متغیرهای استفاده شده در آن به شرح زیر است:

$\pi_i^q$: سود بنگاه تولید کننده iاُمین کالاهای مرکب آرمینگتون

$P_i^q$: قیمت iاُمین کالای مرکب آرمینگتون

$P_i^m$: قیمت iاُمین کالای وارداتی بر حسب پول داخلی

$P_i^d$: قیمت iاُمین کالای داخلی

$Q_i$: iاُمین کالای مرکب آرمینگتون

$M_i$: iاُمین کالای وارداتی

$D_i$: iاُمین کالای داخلی

$\tau_i^m$: نرخ تعرفه بر واردات بر iاُمین کالا

$\gamma_i$: ضریب مقیاس در تابع تولید کالای مرکب آرمینگتون

$\delta m_i, \delta d_i$: ضرایب سهم نهاده‌ها در تابع تولید کالاهای مرکب آرمینگتون

$$(0 \le \delta m_i \le 1, 0 \le \delta d_i \le 1 \qquad , \qquad \delta m_i + \delta d_i = 1)$$

$\eta_i$: پارامتر تعریف شده با کشش جانشینی

$$(\eta_i = \frac{(\sigma_i - 1)}{\sigma_i} \qquad , \eta_i \le 1)$$

$\sigma_i$: کشش جانشینی در تابع تولید کالای مرکب آرمینگتون

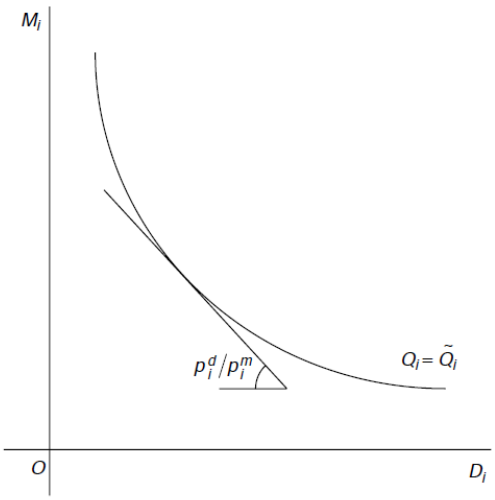
$$(\sigma_i = -\frac{d(M_i / D_i)}{M_i / D_i} \Big/ \frac{d(P_i^m / P_i^d)}{p_i^m / p_i^d})$$

شرایط مرتبه اول بهینگی مسئله بالا دلالت بر آن دارد که توابع تقاضای واردات و کالاهای داخلی به صورت ذیل می-باشد:[۱۴]

$$M_i = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta m_i p_i^q}{(1+\tau_i^m) p_i^m}\right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i \qquad \forall i \qquad (۱۸-۱)$$

$$D_i = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta d_i p_i^q}{p_i^d}\right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i \qquad \forall i \qquad (۱۹-۱)$$

باید توجه شود قیمتی که بنگاه تولید کننده کالای مرکب آرمینگتون با آن مواجه است معاف از تعرفه (و لذا به صورت $P_i^m$ ) نیست، بلکه این بنگاه با قیمت‌هایی مواجه است که شامل تعرفه واردات نیز می‌شود (و به صورت $(1+\tau_i^m)P_i^m$ است). بنابراین نرخ تعرفه $\tau_i^m$ در تعریف سود بنگاه $\pi_i^a$ ظاهر می‌شود. بر این اساس، $(1+\tau_i^m)P_i^m$ در تابع تقاضای واردات در رابطه (۱–۱۸) نیز ظاهر می‌شود.




**شکل ۱–۲: منحنی هم مقدار تابع CES برای کالای مرکب آرمینگتون**

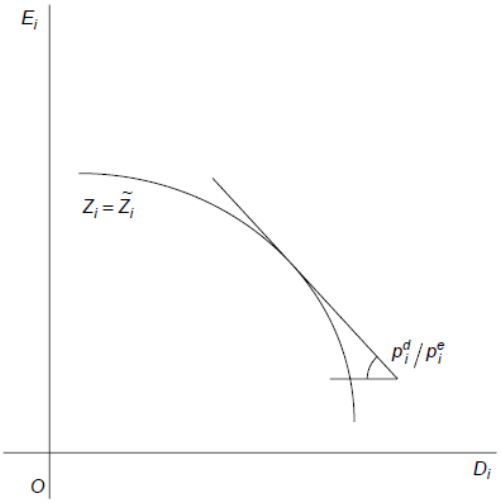
**۱–۵–٤– تبدیل میان کالاهای داخلی و صادراتی**

طرف عرضه شامل کالاهای داخلی و صادراتی است. فرض می‌شود که بنگاه‌ها محصول ناخالص داخلی را به کالاهایی که در بازارهای داخلی و بین‌المللی فروخته می‌شود تبدیل می‌کنند و همچنین در فرآیند تبدیل، جانشینی ناقصی (یا به عبارت بهتر تبدیل ناقصی) بین صادرات و عرضه کالای داخلی وجود دارد.[۱۵]

به عنوان مثال، لوازم الکترونیکی در تمام دنیا استفاده می‌شوند اما امکانات آنها معمولا براساس ترجیحات مصرف کنندگان هدف در هر کشور ارائه می‌شود. آنهایی که در ژاپن عرضه می‌شوند، کارکردهای زیاد و اندازه کوچکی دارند، در حالی که آنهایی که به بازارهای بین‌المللی صادر می‌شوند نسبتا کارکردهای ساده‌تری دارند و از اندازه بزرگتری برخوردارند. مثلا خودروهایی که برای فروش داخلی در ژاپن تولید می‌شوند امکانات لوکسی دارند اما خودروهایی که برای صادرات تولید می‌شوند تنها دارای امکانات ضروری هستند.

فرض می‌شود که یک بنگاه ( یا مرحله نهایی فرآیند تولید در یک بنگاه) که محصول ناخالص داخلی را برای بازارهای بین‌المللی و بازار داخلی تولید می‌کند در صدد است نسبت عرضه میان این دو بازار را تعیین و سپس براساس آن محصول مناسب برای عرضه در هر کدام از بازارهای هدف را تولید کند. چنین فرایند تبدیلی با کشش تبدیل ثابت

(CET) بیان می‌گردد. منحنی‌های هم مقدار نهاده[1] برای این تبدیل که در شکل (۱-۳) نشان داده شده‌اند در واقع تصاویر آینه‌ای منحنی‌های هم مقدار تولید تابع CES شکل (۱-۲) هستند. براساس قیمت نسبی بین صادرات و کالاهای داخلی، نسبت عرضه تغییر می‌کند، لذا هر چه کشش تبدیل $\psi_i$ بزرگتر باشد، انحنای منحنی‌های هم مقدارکمتر خواهد بود. در نتیجه بر مبنای یک کشش تبدیل بزرگتر نسبت عرضه بین بازار داخلی و بین‌المللی با حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات قیمتهای نسبی واکنش نشان می‌دهد.




**شکل ۱-۳ : منحنی هم مقدار تابع CET**

می‌توان مسئله حداکثرسازی سود iاُمین بنگاه که محصول ناخالص داخلی را به صادرات و کالاهای داخلی تبدیل می‌کندبه صورت ذیل بیان کرد:

$$\max_{Z_i, E_i, D_i} \ \pi_i = (p_i^e E_i + p_i^d D_i) - (1+\tau_i^z) p_i^z Z_i$$
$$Z_i = \theta_i \left[ \xi e_i E_i^{\phi_i} + \xi d_i D_i^{\phi_i} \right]^{\frac{1}{\phi_i}} \qquad \forall_i \qquad (۲۰-۱)$$

که پارامترها و متغیرهای استفاده شده در آن به شرح زیر است:

$\pi_i$: سود بنگاهی که iاُمین تبدیل را انجام می‌دهد.

$P_i^e$: قیمتiاُمین کالای صادراتی بر حسب واحد پول داخلی

$p_i^d$ : قیمت iاُمین کالای داخلی

[1]-Iso-input curve

$p_i^z$ : قیمت iاُمین محصول ناخالص داخلی

$E_i$: صادرات iاُمین کالا

$D_i$: عرضه iاُمین کالای داخلی

$Z_i$: محصول ناخالص داخلی iاُمین کالا

$\tau_i^z$: مالیات بر تولید iاُمین محصول ناخالص داخلی

$\theta_i$: ضریب مقیاس iاُمین تبدیل

$\xi e_i$ و $\xi d_i$: ضرایب سهم برای iاُمین تبدیل کالا( $0 \le \xi e_i \le 1, 0 \le \xi d_i \le 1, \xi e_i + \xi d_i = 1$)

$\phi_i$: پارامتر تعریف شده توسط کشش تبدیل

$$\phi_i = (\psi_i + 1)/\psi_i, \psi_i \ge 1$$

$\psi_i$: کشش تبدیل برای iاُمین تبدیل کالا

$$\psi_i = \frac{d(E_i/D_i)}{E_i/D_i} \Big/ \frac{d(p_e^i/p_d^i)}{p_e^i/p_d^i}$$

با حل این مسئله حداکثر سازی، توابع عرضه برای صادرات و کالاهای داخلی را به صورت ذیل به دست می‌آید:

$$E_i = \left[\frac{\theta_i^{\phi_i}\xi e_i(1+\tau_i^z)p_i^z}{p_i^e}\right]^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i \qquad \forall_i \tag{۲۱-۱}$$

$$D_i = \left[\frac{\theta_i^{\phi_i}\xi d_i(1+\tau_i^z)p_i^z}{p_i^d}\right]^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i \qquad \forall_i \tag{۲۲-۱}$$

ازآنجایی که مالیات تولید ( $\tau_i^z$ ) بر محصول ناخالص داخلی $Z_i$ (که به عنوان نهاده در فرایند تبدیل استفاده می‌شود)، وضع شده لذا $\tau_i^z$ در معادله سود $\pi_i$ و همچنین در صورت کسر دو تابع عرضه بالا ظاهر می‌شود.

## ۱-٦- شروط تسویه بازار

در بخشهای پیشین رفتار کارگزاران اقتصادی مانند خانوار، بنگاه‌ها، دولت، کارگزار سرمایه‌گذاری و بخش خارجی به وسیله مجموعه‌ای از معادلات تشریح شده است. مرحله آخر از فرآیند مدلسازی، تحمیل کردن شروط تسویه بازار به گونه‌ای است که تقاضا در همه بازارها با عرضه به صورت زیر برابر باشد.

$$Q_i = X_i^p + X_i^g + X_i^v + \sum_j X_{i,j} \qquad \forall i \qquad (۲۳-۱)$$

$$\sum_j F_{h,j} = FF_h \qquad \forall h \qquad (۱-۲۴)$$

شرط تسویه بازار برای کالاهای مرکب آرمینگتون[1] در رابطه (۲۳-۱) تشریح شده است. کالای مرکب $Q_i$ به وسیله خانوار، دولت و کارگزار سرمایه‌گذاری و نیز برای نهاده واسطه‌ای استفاده می‌شود. همچنین قیمت $P_i^q$ برای همه آنها یکسان در نظر گرفته می‌شود. رابطه (۲۴-۱) شرط تسویه بازار عوامل تولید است.

در مدل حاضر، $P_i^q$ ( قیمتی که خانوار با آن مواجه است) با قیمت $P_i^z$ (که بنگاه با آن مواجه است) به طور مستقیم مرتبط نیست. ساختارهای CES و CET که به ترتیب جانشینی بین کالاهای داخلی و وارداتی و تبدیل بین کالاهای داخلی و صادراتی را نشان می‌دهد، موجب برابری عرضه و تقاضای کالاها به وسیله این عاملان اقتصادی می‌گردد اما با این حال ارتباط مستقیمی بین $P_i^q$ و $P_i^z$ ایجاد نمی نماید و بنابراین قیود برابری قیمتهای $P_i^q$ و $P_i^z$ به این مدل تحمیل نخواهد شد.

## ۱-۷- سیستم مدل

همانطور که در بالا بحث گردید، یک سیستم از معادلات همزمان برای مدل تعادل عمومی قابل محاسبه استاندارد شامل روابط (۱-۱) تا (۲۴-۱) ، به صورت زیر بسط یافته است:

- تولید داخلی:

$$Y_j = b_i \prod_h F_{h,j}^{\beta_{h,j}} \qquad \forall j \qquad (۱-۱)$$

---

[1] - Armington composite goods.

$$F_{h,j} = \frac{\beta_{h,j} p_j^y}{p_h^f} Y_j \qquad \forall h, j \tag{۱-۲}$$

$$X_{i,j} = ax_{i,j} Z_j \qquad \forall i, j \tag{۱-۳}$$

$$Y_j = ay_j Z_j \qquad \forall j \tag{۱-۴}$$

$$p_j^z = ay_j p_j^y + \sum_i ax_{i,j} p_i^q \qquad \forall j \tag{۱-۵}$$

– دولت:

$$T^d = \tau^d \sum_h p_h^f FF_h \tag{۱-۶}$$

$$T_j^z = \tau_j^z p_j^z Z_j \qquad \forall j \tag{۱-۷}$$

$$T_i^m = \tau_i^m p_i^m M_i \qquad \forall i \tag{۱-۸}$$

$$X_i^g = \frac{\mu_i}{p_i^q}\left(T^d + \sum_j T_j^z + \sum_j T_j^m - S^g\right) \qquad \forall i \tag{۱-۹}$$

– پس انداز و سرمایه‌گذاری:

$$X_i^v = \frac{\lambda_i}{p_i^d}(S^p + S^g + \varepsilon S^f) \qquad \forall i \tag{۱-۱۰}$$

$$S^p = ss^p \sum_h p_h^f FF_h \tag{۱-۱۱}$$

$$S^g = ss^g\left(T^d + \sum_j T_j^z + \sum_j T_j^m\right) \tag{۱-۱۲}$$

-خانوار

$$X_i^p = \frac{\alpha_i}{p_i^q}\left(\sum_h p_h^f FF_h - S^p - T^d\right) \quad \forall i \qquad (۱-۱۳)$$

- قیمتهای صادرات و واردات و قید تراز پرداختها:

$$p_i^e = \varepsilon p_i^{we} \quad \forall i \qquad (۱-۱۴)$$

$$p_i^m = \varepsilon p_i^{wm} \quad \forall i \qquad (۱-۱۵)$$

$$\sum_i p_i^{we} E_i + S^f = \sum_i p_i^{wm} M_i \quad \forall i \qquad (۱-۱۶)$$

- جانشینی بین واردات و کالاهای داخلی (مرکب آرمینگتون)

$$Q_i = \gamma_i (\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}} \quad \forall i \qquad (۱-۱۷)$$

$$M_i = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta m_i p_i^q}{(1+\tau_i^m) p_i^m}\right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i \quad \forall i \qquad (۱-۱۸)$$

$$D_i = \left[\frac{\gamma_i^{\eta_i} \delta d_i p_i^q}{p_i^d}\right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} Q_i \quad \forall i \qquad (۱-۱۹)$$

- تبدیل بین کالاهای صادراتی و داخلی

$$Z_i = \theta_i \left[\xi e_i E_i^{\phi_i} + \xi d_i D_i^{\phi_i}\right]^{\frac{1}{\phi_i}} \quad \forall_i \qquad (۱-۲۰)$$

$$E_i = \left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi e_i (1+\tau_i^z) p_i^z}{p_i^e}\right]^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i \quad \forall_i \qquad (۱-۲۱)$$

$$D_i = \left[\frac{\theta_i^{\phi_i} \xi d_i (1+\tau_i^z) p_i^z}{p_i^d}\right]^{\frac{1}{1-\phi_i}} Z_i \quad \forall_i \qquad (۱-۲۲)$$

- شرایط تسویه بازار

$$Q_i = X_i^p + X_i^g + X_i^v + \sum_j X_{i,j} \quad \forall i \qquad (۱-۲۳)$$

$$\sum_j F_{h,j} = FF_h \qquad \forall h \tag{۱-۲۴}$$

سیستم معادلات همزمان بالا شامل ۲۴ مجموعه از معادلات/ ۴۸ معادله تکی و به همین تعداد متغیرهای درون‌زا است. (به طور دقیق‌تر، تعداد معادلات تکی و متغیرهای درون‌زا $(h+i+17).j+h+4$ است). متغیرهـای درون‌زا در ایـن مدل عبارتند از:

$$Y_j, F_{h,j}, X_{i,j}, Z_j, X_i^p, X_i^g, X_i^v, E_i, M_i, Q_i, D_i, p_h^f,$$
$$p_j^y, p_j^z, p_i^q, p_i^e, p_i^m, p_i^d, \varepsilon, S^p, S^g, T^d, T_j^z \ and \ T_i^m.$$

متغیرهای برون‌زا عبارتند از [۱۶]: $FF_h, S^f, p_i^{we}, p_i^{wm}, \tau^d, \tau_j^z \ and \ \tau_i^m$

قبل از به پایان رساندن مدلسازی مدل تعادل عمومی استاندارد قابل محاسبه، بایستی بازنگریی بر قانون والراس صورت گیرد. مطابق قانون والراس، نباید قیود تسویه بازار بر روی همه n بازار تحمیل گردد، چراکه تعادل عمومی در این مدل اقتصادی فقط با n-1 شرط تسویه بازار برقرار است و یکی از معادلات مدل اضافی است؛ بنابراین همه قیمتها نمی‌تواند حل شود. لذا انتخاب شمارشگر و تعیین قیمت آن در سطح معینی ضروری است و لذا همه قیمتهای دیگر بایسـتی بـر حسب شمارشگر بیان گردد. اگرچه از نظر تئوری امکان تعیین قیمت شمارشگر در هر سطح دلخواهی وجود دارد، با این حال به جهت سادگی و سازگاری با فرایند کالیبراسیون[۱] قیمـت بصـورت واحـد در نظـر گرفتـه شـده و لـذا در فرآینـد کالیبراسیون همه قیمتهای معاف از مالیات[۲] به صورت قیمت واحد تعیین می‌شوند. (در این مـدل ریاضـی شمارشـگری تعیین نشده است اما در ذیل برنامه‌نویسی GAMS یک کالای یا عامل تولید مشخص به عنوان شـمارش‌گر انتخـاب خواهد شد).

## ۱-۸- برنامه‌نویسی GAMS

در این قسمت، فایل ورودی GAMS برای مدل تعادل عمومی قابل محاسبه استاندارد بسـط داده خواهـد شـد. بـدین منظور دو کالای ( نان و شیر) و دو عامل تولیدی ( سرمایه و نیروی کار) در نظر گرفته می‌شود. مدل ارائه شده در بـالا به صورت یک فایل ورودی در شکل ۱-۴ نشان داده شده است. (stdcge.gms) [۱۷]

---

[1] - calibration.

[2] - tax–exclusive.

**جدول ۱-۱: ماتریس حسابداری اجتماعی برای مدل تعادل عمومی قابل محاسبه استاندارد**

| | | Activity | | Factor | | Indirect Tax | | Final Demand | | | External | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | BRD | MLK | CAP | LAB | IDT | TRF | HOH | GOV | INV | EXT | |
| *Activity* | BRD | 21 | 8 | | | | | 20 | 19 | 16 | 8 | 92 |
| | MLK | 17 | 9 | | | | | 30 | 14 | 15 | 4 | 89 |
| *Factor* | CAP | 20 | 30 | | | | | | | | | 50 |
| | LAB | 15 | 25 | | | | | | | | | 40 |
| *Indirect* | IDT | 5 | 4 | | | | | | | | | 9 |
| *Tax* | TRF | 1 | 2 | | | | | | | | | 3 |
| *Final* | HOH | | | 50 | 40 | | | | | | | 90 |
| *Demand* | GOV | | | | | 9 | 3 | 23 | | | | 35 |
| | INV | | | | | | | 17 | 2 | | 12 | 31 |
| *External* | EXT | 13 | 11 | | | | | | | | | 24 |
| *Total* | | 92 | 89 | 50 | 40 | 9 | 3 | 90 | 35 | 31 | 24 | |
| | | $p_i^{q0}X_{i,j}^0$ | $p_h^{f0}F_{h,j}^0$ | $p_j^{m0}M_j^0$ | $p_h^{f0}FF_h$ | $\sum_j T_j^{z0}$ | $\sum_j T_j^{m0}$ | $T^{d0}$ | $S^{p0}$ | $S^{g0}$ | $\varepsilon^0 S^f$ | |
| | | $T_j^{z0}$ | $T_j^{m0}$ | | | $p_i^{q0}X_i^{p0}$ | $p_i^{q0}X_i^{g0}$ | $p_i^{q0}X_i^{v0}$ | $p_i^{e0}E_i^0$ | | | |

*Unit*: yen

```
1  $ Title A Standard CGE Model in Ch. 6 (STDCGE,SEQ=276)
2
3  * Definition of sets for suffix ---------------------------------------
4  Set     u        SAM entry      /BRD, MLK, CAP, LAB, IDT, TRF, HOH, GOV,
5                                   INV, EXT/
6          i(u)     goods          /BRD, MLK/
7          h(u)     factor         /CAP, LAB/;
8  Alias (u,v), (i,j), (h,k);
9  * ----------------------------------------------------------------------
10
11 * Loading data ---------------------------------------------------------
```

**شکل ۱-٤: فایل ورودی برای مدل تعادل عمومی قابل محاسبه استاندارد (stdcge.gms)**

```
Table   SAM(u,v)        social accounting matrix
        BRD     MLK     CAP     LAB     IDT
BRD     21      8
MLK     17      9
CAP     20      30
LAB     15      25
IDT     5       4
TRF     1       2
HOH                     50      40
GOV                                     9
INV
EXT     13      11

+       TRF     HOH     GOV     INV     EXT
BRD             20      19      16      8
MLK             30      14      15      4
CAP
LAB
IDT
TRF
HOH
GOV     3       23
INV             17      2               12
EXT
;
* Loading the initial values ----------------------------------------
Parameter       Y0(j)           composite factor
                F0(h,j)         the h-th factor input by the j-th firm
                X0(i,j)         intermediate input
                Z0(j)           output of the j-th good
                Xp0(i)          household consumption of the i-th good
                Xg0(i)          government consumption
                Xv0(i)          investment demand
                E0(i)           exports
                M0(i)           imports
                Q0(i)           Armington's composite good
                D0(i)           domestic good
                Sp0             private saving
                Sg0             government saving
                Td0             direct tax
                Tz0(j)          production tax
                Tm0(j)          import tariff

                FF(h)           factor endowment of the h-th factor
                Sf              foreign saving in US dollars
                pWe(i)          export price in US dollars
                pWm(i)          import price in US dollars
                tauz(i)         production tax rate
                taum(i)         import tariff rate
;
Td0     =SAM("GOV","HOH");
Tz0(j)  =SAM("IDT",j);
Tm0(j)  =SAM("TRF",j);

F0(h,j) =SAM(h,j);
Y0(j)   =sum(h, F0(h,j));
```

```
X0(i,j)  =SAM(i,j);
Z0(j)    =Y0(j) +sum(i, X0(i,j));
M0(i)    =SAM("EXT",i);

tauz(j)  =Tz0(j)/Z0(j);
taum(j)  =Tm0(j)/M0(j);

Xp0(i)   =SAM(i,"HOH");
FF(h)    =SAM("HOH",h);

Xg0(i)   =SAM(i,"GOV");
Xv0(i)   =SAM(i,"INV");
E0(i)    =SAM(i,"EXT");
Q0(i)    =Xp0(i)+Xg0(i)+Xv0(i)+sum(j, X0(i,j));
D0(i)    =(1+tauz(i))*Z0(i)-E0(i);
Sp0      =SAM("INV","HOH");
Sg0      =SAM("INV","GOV");
Sf       =SAM("INV","EXT");

pWe(i)   =1;
pWm(i)   =1;

Display Y0,F0,X0,Z0,Xp0,Xg0,Xv0,E0,M0,Q0,D0,Sp0,Sg0,Td0,Tz0,Tm0,
        FF,Sf,tauz,taum;
* Calibration ------------------------------------------------------------
Parameter        sigma(i)        elasticity of substitution
                 psi(i)          elasticity of transformation
                 eta(i)          substitution elasticity parameter
                 phi(i)          transformation elasticity parameter
;
sigma(i)=2;
psi(i)  =2;
eta(i)=(sigma(i)-1)/sigma(i);
phi(i)=(psi(i)+1)/psi(i);

Parameter        alpha(i)        share parameter in utility func.
                 beta(h,j)       share parameter in production func.
                 b(j)            scale parameter in production func.
                 ax(i,j)         intermediate input requirement coeff.
                 ay(j)           composite fact. input req. coeff.
                 mu(i)           government consumption share
                 lambda(i)       investment demand share
                 deltam(i)       share par. in Armington func.
                 deltad(i)       share par. in Armington func.
                 gamma(i)        scale par. in Armington func.
                 xid(i)          share par. in transformation func.
                 xie(i)          share par. in transformation func.
                 theta(i)        scale par. in transformation func.
                 ssp             average propensity for private saving
                 ssg             average propensity for gov. saving
                 taud            direct tax rate
;

alpha(i)=Xp0(i)/sum(j, Xp0(j));
beta(h,j)=F0(h,j)/sum(k, F0(k,j));
b(j)     =Y0(j)/prod(h, F0(h,j)**beta(h,j));
```

```
ax(i,j)  =X0(i,j)/Z0(j);
ay(j)    =Y0(j)/Z0(j);
mu(i)    =Xg0(i)/sum(j, Xg0(j));
lambda(i)=Xv0(i)/(Sp0+Sg0+Sf);

deltam(i)=(1+taum(i))*M0(i)**(1-eta(i))
          /((1+taum(i))*M0(i)**(1-eta(i)) +D0(i)**(1-eta(i)));
deltad(i)=D0(i)**(1-eta(i))
          /((1+taum(i))*M0(i)**(1-eta(i)) +D0(i)**(1-eta(i)));
gamma(i)=Q0(i)/(deltam(i)*M0(i)**eta(i)+deltad(i)*D0(i)**eta(i))
         **(1/eta(i));

xie(i)=E0(i)**(1-phi(i))/(E0(i)**(1-phi(i))+D0(i)**(1-phi(i)));
xid(i)=D0(i)**(1-phi(i))/(E0(i)**(1-phi(i))+D0(i)**(1-phi(i)));
theta(i)=Z0(i)
         /(xie(i)*E0(i)**phi(i)+xid(i)*D0(i)**phi(i))**(1/phi(i));

ssp      =Sp0/sum(h, FF(h));
ssg      =Sg0/(Td0+sum(j, Tz0(j))+sum(j, Tm0(j)));
taud     =Td0/sum(h, FF(h));

Display alpha,beta,b,ax,ay,mu,lambda,deltam,deltad,gamma,xie,
        xid,theta,ssp,ssg,taud;
* ---------------------------------------------------------------------

* Defining model system ---------------------------------------------
Variable        Y(j)            composite factor
                F(h,j)          the h-th factor input by the j-th firm
                X(i,j)          intermediate input
                Z(j)            output of the j-th good
                Xp(i)           household consumption of the i-th good
                Xg(i)           government consumption
                Xv(i)           investment demand
                E(i)            exports
                M(i)            imports
                Q(i)            Armington's composite good
                D(i)            domestic good

                pf(h)           the h-th factor price
                py(j)           composite factor price
                pz(j)           supply price of the i-th good
                pq(i)           Armington's composite good price
                pe(i)           export price in local currency
                pm(i)           import price in local currency
                pd(i)           the i-th domestic good price
                epsilon         exchange rate

                Sp              private saving
                Sg              government saving
                Td              direct tax
                Tz(j)           production tax
                Tm(i)           import tariff

                UU              utility [fictitious]
;
```

```
Equation        eqpy(j)         composite factor agg. func.
                eqF(h,j)        factor demand function
                eqX(i,j)        intermediate demand function
                eqY(j)          composite factor demand function
                eqpzs(j)        unit cost function

                eqTd            direct tax revenue function
                eqTz(j)         production tax revenue function
                eqTm(i)         import tariff revenue function
                eqXg(i)         government demand function

                eqXv(i)         investment demand function
                eqSp            private saving function
                eqSg            government saving function

                eqXp(i)         household demand function

                eqpe(i)         world export price equation
                eqpm(i)         world import price equation
                eqepsilon       balance of payments

                eqpqs(i)        Armington function
                eqM(i)          import demand function
                eqD(i)          domestic good demand function

                eqpzd(i)        transformation function
                eqDs(i)         domestic good supply function
                eqE(i)          export supply function

                eqpqd(i)        market clearing cond. for comp. good
                eqpf(h)         factor market clearing condition

                obj             utility function [fictitious]
;
*[domestic production] ----
eqpy(j)..       Y(j)     =e= b(j)*prod(h, F(h,j)**beta(h,j));
eqF(h,j)..      F(h,j)   =e= beta(h,j)*py(j)*Y(j)/pf(h);
eqX(i,j)..      X(i,j)   =e= ax(i,j)*Z(j);
eqY(j)..        Y(j)     =e= ay(j)*Z(j);
eqpzs(j)..      pz(j)    =e= ay(j)*py(j) +sum(i, ax(i,j)*pq(i));

*[government behavior] ----
eqTd..          Td       =e= taud*sum(h, pf(h)*FF(h));
eqTz(j)..       Tz(j)    =e= tauz(j)*pz(j)*Z(j);
eqTm(i)..       Tm(i)    =e= taum(i)*pm(i)*M(i);
eqXg(i)..       Xg(i)    =e= mu(i)*(Td +sum(j, Tz(j)) +sum(j, Tm(j))
                              -Sg)/pq(i);
*[investment behavior] ----
eqXv(i)..       Xv(i)    =e= lambda(i)*(Sp +Sg +epsilon*Sf)/pq(i);

*[savings] ----------------
eqSp..          Sp       =e= ssp*sum(h, pf(h)*FF(h));
eqSg..          Sg       =e= ssg*(Td +sum(j, Tz(j))+sum(j, Tm(j)));

*[household consumption] --
eqXp(i)..       Xp(i)    =e= alpha(i)*(sum(h, pf(h)*FF(h)) -Sp -Td)
```

```
                                /pq(i);
*[international trade] ----
eqpe(i)..        pe(i)    =e= epsilon*pWe(i);
eqpm(i)..        pm(i)    =e= epsilon*pWm(i);
eqepsilon..      sum(i, pWe(i)*E(i)) +Sf
                          =e= sum(i, pWm(i)*M(i));

*[Armington function] -----
eqpqs(i)..       Q(i)     =e= gamma(i)*(deltam(i)*M(i)**eta(i)+deltad(i)
                              *D(i)**eta(i))**(1/eta(i));
eqM(i)..         M(i)     =e= (gamma(i)**eta(i)*deltam(i)*pq(i)
                              /((1+taum(i))*pm(i)))**(1/(1-eta(i)))*Q(i);
eqD(i)..         D(i)     =e= (gamma(i)**eta(i)*deltad(i)*pq(i)/pd(i))
                              **(1/(1-eta(i)))*Q(i);

*[transformation function] -----
eqpzd(i)..       Z(i)     =e= theta(i)*(xie(i)*E(i)**phi(i)+xid(i)
                              *D(i)**phi(i))**(1/phi(i));
eqE(i)..         E(i)     =e= (theta(i)**phi(i)*xie(i)*(1+tauz(i))*pz(i)
                              /pe(i))**(1/(1-phi(i)))*Z(i);
eqDs(i)..        D(i)     =e= (theta(i)**phi(i)*xid(i)*(1+tauz(i))*pz(i)
                              /pd(i))**(1/(1-phi(i)))*Z(i);

*[market clearing condition]
eqpqd(i)..       Q(i)     =e= Xp(i) +Xg(i) +Xv(i) +sum(j, X(i,j));
eqpf(h)..        sum(j, F(h,j)) =e= FF(h);

*[fictitious objective function]
obj..            UU       =e= prod(i, Xp(i)**alpha(i));
* ---------------------------------------------------------------------

* Initializing variables ---------------------------------------------
Y.l(j)   =Y0(j);
F.l(h,j)=F0(h,j);
X.l(i,j)=X0(i,j);
Z.l(j)   =Z0(j);
Xp.l(i)  =Xp0(i);
Xg.l(i)  =Xg0(i);
Xv.l(i)  =Xv0(i);
E.l(i)   =E0(i);
M.l(i)   =M0(i);
Q.l(i)   =Q0(i);
D.l(i)   =D0(i);
pf.l(h)  =1;
py.l(j)  =1;
pz.l(j)  =1;
pq.l(i)  =1;
pe.l(i)  =1;
pm.l(i)  =1;
pd.l(i)  =1;
epsilon.l=1;
Sp.l     =Sp0;
Sg.l     =Sg0;
Td.l     =Td0;
Tz.l(j)  =Tz0(j);
Tm.l(i)  =Tm0(i);
* ---------------------------------------------------------------------
```

```
293
294 * Setting lower bounds to avoid division by zero ----------------------
295 Y.lo(j) =0.00001;
296 F.lo(h,j)=0.00001;
297 X.lo(i,j)=0.00001;
298 Z.lo(j) =0.00001;
299 Xp.lo(i)=0.00001;
300 Xg.lo(i)=0.00001;
301 Xv.lo(i)=0.00001;
302 E.lo(i) =0.00001;
303 M.lo(i) =0.00001;
304 Q.lo(i) =0.00001;
305 D.lo(i) =0.00001;
306 pf.lo(h)=0.00001;
307 py.lo(j)=0.00001;
308 pz.lo(j)=0.00001;
309 pq.lo(i)=0.00001;
310 pe.lo(i)=0.00001;
311 pm.lo(i)=0.00001;
312 pd.lo(i)=0.00001;
313 epsilon.lo=0.00001;
314 Sp.lo   =0.00001;
315 Sg.lo   =0.00001;
316 Td.lo   =0.00001;
317 Tz.lo(j)=0.0000;
318 Tm.lo(i)=0.0000;
319 * ------------------------------------------------------------------
320 * numeraire ---
321 pf.fx("LAB")=1;
322 * ------------------------------------------------------------------
323 * Defining and solving the model ---------------------------------
324 Model stdcge /all/;
325 Solve stdcge maximizing UU using nlp;
```

**شکل ۱-٤: فایل ورودی برای مدل تعادل عمومی قابل محاسبه استاندارد. (stdcge.gms)**

### ۱-۸-۱- بیان مجموعه‌ها، نصب ماتریس حسابداری اجتماعی و استخراج مقادیر تعادلی اولیه

خطوط ۴ تا ۷ از طریق دستور مجموعه (set) به معرفی مجموعه‌ها که متشکل از کالاها، کارگزاران و دیگر عناصر مربوطه می‌پردازد که این مجموعه ها از طریق اندیس مشخص شده اند. دستور Alias که در ادامه معرفی مجموعه‌ها آمده است برای تکرار دوباره این مجموعه‌ها است. درایه های ماتریس حسابداری اجتماعی مانند واردات، سرمایه‌گذاری، بخش خارجی، مالیات تولیدی ( مالیات غیرمستقیم) و تعرفه‌های وارداتی به ترتیب به صورت IDT,EXT,INV,GOV و TRF مخفف شده‌اند. ماتریس حسابداری اجتماعی در شکل ۱-۴ در خط ۱۲ تا ۳۶ از طریق دستور Table نشان داده شده است. باید توجه داشت که به خاطر عریض بودن ماتریس در فایل ورودی، می‌توان آن را به دو زیر ماتریس

تقسیم کرد. نماد ' + ' که در ابتدای خط ۲۵ قرار دارد سبب می شود که این دو زیر ماتریس، یک ماتریس حسابداری اجتماعی بزرگتر را تشکیل دهند. وقتی ماتریس بزرگتر باشد و نیاز به شکستن ماتریس باشد، می توان ماتریس حسابداری اجتماعی را از طریق نماد '+' به همین شیوه به سه یا بیشتر زیر ماتریس تقسیم کرد.

در خطوط ۳۸ تا ۶۱ ، نام مقادیر ثابت متشکل از مقادیر تعادلی اولیه مربوطه به متغیرهای درون‌زا و برخی متغیرهای برون‌زا بیان شده است. در ادامه آنها نیز مقادیر تعادلی اولیه متغیرهای درون‌زا از طریق نماد 'o' مشخص می‌شود. مقادیر تعادلی اولیه متغیرهای درون‌زا در دو طبقه قابل تقسیم می باشند. نوع اول از این مقادیر به طور مستقیم از ماتریس حسابداری اجتماعی استخراج می‌شوند. نوع دوم مقادیر نیز از ماتریس حسابداری اجتماعی و از طریق محاسبات استخراج می‌گردند. استخراج این مقادیر در خطوط ۶۲ تا ۸۵ نشان داده شده است. استخراج مقادیر تعادلی نوع اول ساده است. برای مثال، در خط ۶۸ نحوه استخراج مستقیم نهاده‌های واسطه‌ی از ماتریس حسابداری اجتماعی نشان داده شده است. مقادیر متغیرهای درونزای نوع دوم همچون $Z_j^O$، $Q_i^O$ و $D_i^O$ به طور صریح در ماتریس حسابداری اجتماعی نشان داده نشده است و لذا مقادیر تعادلی آنها باید از طریق محاسبات استخراج گردد. خط ۶۹ نشان دهنده آن است که $Z_j^O$ با استفاده از شرط سود صفر و از طریق تعادل اولیه زیر استخراج می‌شود(۱۸):

$$P_j^{zo} Z_j^o = P^{yo} Y_j^o + \sum_i P_i^{qo} \quad X_{i,j}^o \qquad \forall j$$

در خط ۸۱، $Q_i^O$ از طریق شرط تسویه بازار در رابطه (۲۳-۱) به صورت زیر به دست می‌آید(۱۹):

$$Q_i^0 = X_i^{p0} + X_i^{g0} + X_i^{v0} + \sum_j X_{i,j}^0 \qquad \forall i$$

در خط ۸۲ نیز، $D_i^O$ از طریق شرط سود صفر بنگاه تبدیل کننده تولید ناخالص داخلی[1] به صورت زیر استخراج می‌گردد:

$$(1+\tau_i^z) p_i^{z0} Z_i^0 = p_i^{e0} E_i^0 + p_i^{d0} D_i^0 \qquad \forall i$$

در اینجا ضروری است به ترتیب فرآیند محاسباتی فوق الذکر توجه داشت. به عنوان مثال، قبل از محاسبه $D_i^O$ در خط ۸۲، بایستی نرخ مالیات تولید $\tau_j^z$ در خط ۷۲، به صورت زیر محاسبه گردد:

---

[1] -Gross domestic output transforming firm.

$$\tau_i^z = \frac{T_j^{z0}}{p_j^{z0} Z_j^0} \qquad \forall j$$

به طور مشابه، محاسبه $\tau_j^z$ در خط ۷۲ باید بعد از محاسبه $T_j^{zo}$(خط ۶۳) و $Z_j^o$ (خط ۶۹) که در سمت راست فرمول بالا هستند صورت گیرد.

همانگونه که ملاحظه گردید استخراج مقادیر تعادلی اولیه متغیرهای درون‌زا از طریق متغیرهایی که به صورت برون‌زا داده شده اند، صورت می پذیرد. همچنین برای حفظ سازگاری میان همه قیمتها در تعادل اولیه، قیمتهای بین‌المللی (معاف از مالیات) صادرات و واردات،که بر حسب دلار آمریکا بیان شده اند، به صورت قیمت واحد در خطوط ۸۷ تا ۸۸ برنامه ارائه گردیده اند. علاوه بر این متغیرها، پارامترهای توابع CET و CES (خطوط ۹۸ تا ۹۹) به صورت برون‌زا در نظر گرفته می‌شوند که در بخشهای آتی بدان اشاره خواهد گردید.

**۱-۸-۲- کالیبراسیون (درجه بندی)**

خطوط ۹۳- ۱۰۱، پارامتر کشش $\eta_i$ در تابع CES و $\phi_i$ در تابع CET را بدست می‌دهند. به منظور تعیین $\eta_i$ (در خط ۱۰۰)، نماد $\sigma_i$(در خط ۹۳) برای کشش جانشینی در نظر گرفته می‌شود که در واقع انحنای منحنی‌های هم مقداری توابع CES را مشخص نموده و مقدار آن برابر با ۲ می باشد (در خط ۹۸). به طورمشابه، به منظور تعیین $\phi_i$، کشش تبدیل $\psi_i$تعریف شده که انحنای منحنی‌های هم مقداری تابع CET را مشخص می‌کند و مقدار مفروض آن برابر ۲ در نظر گرفته شده است (در خط ۹۹). (کشش‌های $\sigma_i$ و $\psi_i$ به صورت برونزا تعیین شده و درجه‌بندی نمی شوند که چرایی این موضوع در ادامه مورد بحث قرار خواهد گرفت).

خطوط ۱۰۳-۱۱۹ نمادهایی را برای متغیرهای برون‌زا و سایر ضرایب، ارائه می دهند. مقادیر این متغیرها و نیز ضرایب فوق الذکر طبق کدهای ارائه شده در خطوط ۱۲۱- ۱۴۴ کالیبره می شوند.

در ادامه و بعنوان نمونه، درجه بندی ضرایب توابع لئونتیف و CET/CES به همراه نرخ مالیات مستقیم و نرخ‌های پس انداز بصورت زیر صورت می پذیرد.

**- کالیبراسیون تابع لئونتیف:**

خطوط ۱۲۵-۱۲۶ ضرایب تابع تولید لئونتیف، $\alpha x_{i,j}$ و $\alpha y_j$، را به صورت زیر درجه‌بندی می‌کنند:

$$\alpha x_{i,j} = \frac{x_{i,j}^o}{Z_j^o}$$

$$\alpha y_j = \frac{Y_j^o}{Z_j^o} \qquad \forall j$$

این فرمول ها از توابع تقاضای نهاده های واسطه ای و عامل مرکب زیر بدست آمده اند:

$$X_{i,j} = ax_{i,j} Z_j \quad \forall i, j$$ ۳-۱

$$Y_j = ay_j Z_j \quad \forall j$$ ۴-۱

از آنجایی که مقادیر اولیه تعادلی برای $X^o_{i,j}$ و $Y^o_j$ و $Z^o_j$ در روابط پیشین تعیین شده‌اند، $\alpha x_{ij}$ و $\alpha y_j$ به آسانی قابل محاسبه می‌باشند.

**- کالیبراسیون تابع CES**

تابع تولید کالای مرکب آرمینگتون در رابطه (۱-۱۷)، چهار ضریب نامشخص $\delta m_i$، $\delta d_i$، $\gamma_i$ و $\eta_i$ را در بر می گیرد و این ضرایب در سه معادله (۱-۱۷) تا (۱-۱۹) ظاهر می‌شوند. مقادیر اولیه تعادلی برای متغیرهای درون‌زای $Q_i$، $M_i$، $D_i$، $P^q_i$، $P^m_i$ و $P^d_i$ که در این سه معادله ظاهر می‌شوند، از ماتریس حسابداری اجتماعی اخذ شده و یا می‌توان آنها را معادل با مقدار واحد در نظر گرفت؛ که در هر دو حالت، مشخص و معلوم هستند. به طور خلاصه، چهار ضریب نامشخص با سه معادله وجود دارد و بنابراین استخراج این ضرایب با استفاده از تکنیک کالیبراسیون امکان پذیر نیست. در نتیجه باید مقدار یکی از این چهار ضریب با استفاده از داده‌های خارج از مدل و ماتریس حسابداری اجتماعی تعیین شود. معمولاً مقدار کشش جانشینی و کشش تبدیل براساس بررسی سوابق پیشین یا پایگاه داده‌ای قابل دسترس تعیین می گردد[۲۰] در اینجا، فرض می شود که کشش جانشینی $\sigma_i$ برای همه کالاها برابر ۲ می‌باشد (در خط ۹۸). وقتی که کشش جانشینی $\sigma_i$ تعیین شد، پارامتر کشش $\eta_i$ برای تابع CES (در خط ۱۰۰) با استفاده از رابطه $\eta_i = (\sigma_i - 1)/\sigma_i$ حاصل می گردد.

بعد از تعیین کشش جانشینی $\sigma_i$ معادل با ۲، ضرایب سهم نهاده ها همچون $\delta m_i$ و $\delta d_i$، در خطوط ۱۳۰-۱۳۳ به صورت زیر تخمین زده می‌شوند[۲۱]

$$\delta m_i = \frac{(1+\tau^m_i) p^{m0}_i M^{0(1-\eta_i)}_i}{(1+\tau^m_i) p^{m0}_i M^{0(1-\eta_i)}_i + p^{d0}_i D^{0(1-\eta_i)}_i} \quad \forall i$$ e-۱

$$\delta d_i = \frac{p^{d0}_i D^{0(1-\eta_i)}_i}{(1+\tau^m_i) p^{m0}_i M^{0(1-\eta_i)}_i + p^{d0}_i D^{0(1-\eta_i)}_i} \quad \forall i$$ f-۱

نکته قابل توجه در کالیبراسیون $\delta m$ و $\delta d_i$ این است که قیمت وارداتی مشمول تعرفه در تعادل اولیه، $(1+\tau_i^m)P_i^{mo}$، معادل با واحد(عدد یک) نیست ولی محاسبه آن به سادگی امکان پذیر می باشد. از آنجا که $P_i^{mo}$، معادل با مقدار واحد و $\tau_i^m$ نیز در خط ۷۳ محاسبه می‌شود، قیمت وارداتی مشمول تعرفه را به راحتی می توان بدست آورد. با کالیبره شدن ضرایب سهمی $\delta m_i$ و $\delta d_i$، می‌توان ضریب مقیاس را نیز کالیبره کرد. در نهایت با معکوس نمودن تابع تولید کالای مرکب آرمینگتون اصلی در رابطه (۱-۱۷)، عبارت زیر بدست می آید:

$$\gamma_i = \frac{Q_i^0}{(\delta m_i M_i^{0^{\eta_i}} + \delta d_i D_i^{0^{\eta_i}})^{1/\eta_i}} \qquad \forall i$$

**- کالیبراسیون تابع CET :**

روش کالیبراسیون توابع CET تقریبا مشابه با توابع CES می‌باشد. در این جا، چهار ضریب نامشخص $\xi e_i, \xi d_i, \theta_i$ , $\phi_i$ وجود دارد که این متغیرها در سه معادله قرار گرفته اند ((۱-۲۰) تا (۱-۲۲)). در میان این چهار ضریب، کشش تبدیل $\psi_i$ برای همه کالاها به طور برون‌زا معادل با مقدار ۲ (در خط ۹۹) تعیین و سپس پارامتر کشش از طریق رابطه $\phi_i = (\psi_i + 1)/\psi_i$ محاسبه می‌شود ( در خط ۱۰۱). وقتی که پارامتر کشش $\phi_i$ مشخص شد، می‌توان ضرایب سهمی نامشخص $\xi e_i$ و $\xi d_i$ را با استفاده از توابع عرضه صادرات (۱-۲۱) و کالای داخلی (۱-۲۲) به شکل زیر کالیبره کرد [۲۲].

$$\xi e_i = \frac{p_i^{e0} E_i^{0^{(1-\phi_i)}}}{p_i^{e0} E_i^{0^{(1-\phi_i)}} + p_i^{d0} D_i^{0^{(1-\phi_i)}}} \qquad \forall i$$

$$\xi d_i = \frac{p_i^{d0} D_i^{0^{(1-\phi_i)}}}{p_i^{e0} E_i^{0^{(1-\phi_i)}} + p_i^{d0} D_i^{0^{(1-\phi_i)}}} \qquad \forall i$$

این معادلات در خطوط ۱۳۷-۱۳۸ قرار دارند. خطوط ۱۳۹- ۱۴۰ نیز، از این ضرایب برای کالیبره کردن ضریب مقیاس $\theta_i$ در تابع CET (۱-۲۰) به شرح زیر استفاده می‌کنند.

$$\theta_i = \frac{Z_i^0}{(\xi e_i E_i^{0^{\phi_i}} + \xi d_i D_i^{0^{\phi_i}})} \qquad \forall i$$

**- تخمین نرخ‌های پس انداز و نرخ مستقیم مالیات:**

در مورد نرخ پس انداز و نرخ مستقیم مالیاتی، سه ضریب نامشخص وجود دارد: میل متوسط پس انداز خانوار $ss^P$ ، دولت $ss^g$، و نرخ مستقیم مالیات $\tau^d$. میل متوسط پس انداز دولت و خانوار از توابع پس انداز در روابط (۱-۱۱) و (۱-۱۲) (در خطوط ۱۴۲-۱۴۳) به شرح زیر تعیین می‌شوند.

$$ss^p = \frac{S^{p0}}{\sum_h p_h^{f0} FF_h}$$

$$ss^g = \frac{S^{g0}}{T^{d0} + \sum_j T_j^{z0} + \sum_j T_j^{m0}}$$

نرخ مستقیم مالیات با مشخص کردن درآمد مستقیم مالیاتی و درآمد خانوار در معادله زیر (خط ۱۴۴) قابل حصول می باشد:

$$\tau^d = \frac{T^{d0}}{\sum_h p_h^{f0} FF_h}$$

**جدول ۱-۲ معادلات در مدل تعادل عومی قابل محاسبه استاندارد در فهرست ۱-۱**

| شماره خط در فهرست ۱-۱ | شماره معادله | توصیف معادلات |
|---|---|---|
| ۲۱۵ | (۱-۱) | تابع تولید نهاده مرکب |
| ۲۱۶ | (۱-۲) | تابع تقاضای نهاده |
| ۲۱۷ | (۱-۳) | تابع تقاضای نهاده واسطه ای |
| ۲۱۸ | (۱-۴) | تابع تقاضای نهاده مرکب |
| ۲۱۹ | (۱-۵) | تابع هزینه واحد محصول ناخالص داخلی |
| ۲۲۲ | (۱-۶) | تابع درامد مالیات مستقیم |
| ۲۲۳ | (۱-۷) | تابع درامد مالیات بر تولید |
| ۲۲۴ | (۱-۸) | تابع درامد تعرفه های وارداتی |
| ۲۲۶-۲۲۵ | (۱-۹) | تابع تقاضای دولت |
| ۲۲۸ | (۱-۱۰) | تابع تقاضای سرمایه گذاری |
| ۲۳۱ | (۱-۱۱) | تابع پس انداز خانوار |
| ۲۳۲ | (۱-۱۲) | تابع پس انداز دولت |
| ۲۳۶-۲۳۵ | (۱-۱۳) | تابع تقاضای خانوار |
| ۲۳۸ | (۱-۱۴) | معادله تبدیل قیمت صادرات |
| ۲۳۹ | (۱-۱۵) | معادله تبدیل قیمت واردات |
| ۲۴۱-۲۴۰ | (۱-۱۶) | محدودیت تراز پرداختها |
| ۲۴۵-۲۴۴ | (۱-۱۷) | تابع تولید کالای مرکب ارمینگتون |
| ۲۴۷-۲۴۶ | (۱-۱۸) | تابع تقاضای واردات |
| ۲۴۹-۲۴۸ | (۱-۱۹) | تابع تقاضای کالای داخلی |
| ۲۵۳-۲۵۲ | (۱-۲۰) | تابع تبدیل تولید ناخالص داخلی |
| ۲۵۵-۲۵۴ | (۱-۲۱) | تابع عرضه صادرات |

| | | |
|---|---|---|
| تابع عرضه کالای داخلی | (۱-۲۲) | ۲۵۷-۲۵۶ |
| شرط تسویه بازار برای کالای مرکب ارمینگتون | (۱-۲۳) | ۲۶۰ |
| شرط تسویه برای نهاده | (۱-۲۴) | ۲۶۱ |
| تابع مطلوبیت خانوار | - | ۲۶۴ |

**۱-۸-۳- حل مدل**

با از نوشتن عبارت Solve (در خط ۳۲۵)، با کلیک روي آیکون در GAMS IDE راه‌حل حاصل و سپس فایل خروجي با پسوند "LST" ایجاد مي‌شود. ممکن است کاربر دچار خطاهای متعددی از قبیل نگذاشتن پرانتز، نقطه ویرگول و تایپ عملیات ضرب و توان و غیره شود که این خطاها باید با بررسی فایل ورودی رفع شوند.

**پی نوشت:**

۱) در این مدل تعادل عمومی قابل محاسبه استاندارد، تنها یك خانوار نماینده در نظر گرفته شده است.

۲) این شکل برای جریان کالاها همانند نان ترسیم شده که می توان آن را برای شیر نیز تکرار کرد.

۳) توجه شود که سرمایه‌گذاري به عمومي و خصوصي یا به تشکیل سرمایه ثابت و افزایش در موجودی انبار تجزیه نشده است.

٤) یک تابع همگن از درجه n، f(u,v) به شرح زیر تعریف مي‌شود.

$$f(t.u,t.V)=t^{n}.f(u,v)$$

این معادله نشان می‌دهد که وقتی مقدار همه نهاده‌ها به اندازه عامل t افزایش می یابد، تولید نیز به صورت ضریبی از t افزایش می‌یابد. دو شکل از همگنی در مدل تعادل عمومی قابل محاسبه فعلی ارائه شده است. نوع اول: توابع تولید همگن از درجه یک می باشند. نوع دوم نیز مربوط به سیستم مدل تعادل عمومی قابل محاسبه است که همگن از درجه یک نسبت به قیمت‌ها است. اگر سیستم مدل به صورت $CGE(p,q)=0$ تعریف شود ( به طوری که P بردار قیمت و q بردار مقدار در این سیستم را نشان دهد) این همگنی حاکی از برقراری رابطه زیر می باشد :

$$CGE(tp,q)=t^{o}CGE(p,q)$$

٥) تابع $\min(u,v)$ کوچکترین مقدار را در میان عناصرش نشان مي‌دهد.

۶) مسئله حداکثر سازی سود برای گام دوم در رابطه (۱-۵) به وسیله روش ضریب لاگرانژ قابل حل نیست چرا که تابع تولید لئونتیف در رابطه" (۱-۵)، تابع مشتق‌پذیر نیست. به منظور استخراج تابع تقاضای نهاده واسطه‌ای در رابطه (۱-۳)

و تابع تقاضای عامل مرکب در رابطه (۱-۴)، باید از تابع CES که فرم تعمیم یافته تابع لئونتیف است، استفاده کرد. وقتی که کشش جانشینی در تابع CES به صفر میل می‌کند، شرایط مرتبه اول به روابط (۱-۳)، (۱-۴) و " (۱-۵) نزدیک می‌شود.

۷) در اکثر محاسبات عددی، از ضرایب دیفرانسیلی متغیرهای مربوطه برای جستجوی راه‌حل بهینه استفاده می‌شود. با این حال زمانی که از توابع شکسته مانند تابع لئونتیف استفاده می‌شود، نمی توان ضرایب دیفرانسیلی را تعریف کرد و لذا استفاده از این توابع مشکلات محاسباتی به همراه دارد.

۸) از آن جایی که رقابت کامل امکان سود اضافی را نمی‌دهد، در تعادل مقدار سود $\pi_j^Z$ برابر صفر در نظر گرفته می شود.

۹) با پذیرش این فرض، باید بخش درآمدی دولت اصلاح شود به طوری که بودجه دولت متوازن گردد. برای مثال، می توان فرض کرد که مالیات مستقیم، همان مالیات یکجا روی درآمد خانوار (صرف نظر از میزان درآمدش) می‌باشد و لذا مالیات مستقیم انعطاف پذیر بوده و برای دستیابی به بودجه متوازن دولتی تنظیم می‌شود.

۱۰)در ژاپن، سهم تشکیل سرمایه ثابت ناخالص در حدود یک چهارم تولید ناخالص داخلی می باشد.

۱۱) این وضعیت همانند زندگی روزانه می‌باشد، به طوری که هیچ فردی به تنهایی تاثیر قابل توجهی روی داوجونز (شاخص بورس USA) یا شاخص متوسط ۲۲۵ نیکی Nikkei در بازارهای سهام نمی تواند بگذارد.

۱۲) یکی از دلایل این موضوع این است که در آمارهای تجاری، طبقه‌بندی به شکل جزئی خصوصا برای دسته بندی کالاهای بظاهر مشابه ( اما در واقع متفاوت) وجود ندارد. برای مثال، ژاپن ماشین های کوچک را صادر و ماشین های بزرگ را وارد می کند. با این حال، آمارهای تجاری ماشین را به عنوان کالایی ثبت می نماید که هم وارد و هم صادر شود. دلیل دیگر، اثر تغییرات فصلی در الگوهای تجاری است. مثلا فصل‌های برداشت محصول بین نیم‌کره شمالی و جنوبی وارونه می‌باشد. این موضوع مبین پاسخ این سوال است که چرا با وجود اینکه صادرات و واردات کالای کشاورزی مشابه در فصل‌های مختلف اتفاق می‌افتد، هر دو در آمارهای تجاری برای یکسال مشابه ثبت می‌شوند؟

۱۳) فرض می شود که تولید ناخالص داخلی به دو بخش صادراتی و بازارهای داخلی تبدیل می‌شود. کالاهایی که به بازارهای داخلی فرستاده می‌شوند از این پس " کالاهای داخلی" نامیده می‌شوند.

۱۴) روابط (۱-۱۸) و (۱-۱۹) به روش زیر استخراج می شوند. می توان تابع لاگرانژ $L_i(0)$ را با ضریب لاگرانژ $\theta_i$ برای مسئله حداکثر سازی سود بنگاه i ام به شرح زیر تعریف نمود.

$$L_i(Q_i, M_i, D_i; \theta_i) = p_i^q Q_i - \left[(1+\tau_i^m) p_i^m M_i + p_i^d D_i\right] + \theta_i \left[ \gamma_i (\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}} - Q_i) \right]$$

شرایط مرتبه اول:

$$\frac{dL_i}{dQ_i} = P_i^q - \theta_i = 0 \qquad (a-۱)$$

$$\frac{dL_i}{dM_i} = -(1+\tau_i^m)p_i^m + \theta_i \frac{1}{\eta_i}\gamma_i.\left[\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i}\right]^{\frac{1}{\eta_i}}.\eta_i \delta m_i M_i^{\eta_i - 1} = 0 \qquad (b-۱)$$

$$\frac{dL}{dD_i} = -p_i^d + \theta_i \frac{1}{\eta_i}\gamma_i.(\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}-1}.\eta_i \delta d_i D_i^{\eta_i - 1} = 0 \qquad (c-۱)$$

$$\frac{dL}{d\theta_i} = -\gamma_i(\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i})^{\frac{1}{\eta_i}} - Q_i = 0 \qquad (d-۱)$$

با تغییر شکل (d-۱)، عبارت $\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i} = (\theta_i / \gamma_i)^{\eta_i}$ بدست می آید، همچنین با حذف عبارت $\delta m_i M_i^{\eta_i} + \delta d_i D_i^{\eta_i}$ در (b-۱) و (c-۱) و حذف $\theta_i$، عبارت زیر حاصل می شود :

$$-(1+\tau_i^m)p_i^m + p_i^q \gamma_i (\frac{Q_i}{\gamma_i})^{\eta_i \frac{1-\eta_i}{\eta_i}} \delta m_i M_i^{\eta_{i-1}} = 0 \qquad (b''-۱)$$

$$-p_i^d + p_i^q \gamma_i.(\frac{Q_i}{\gamma_i})^{\eta_i \frac{1-\eta_i}{\eta_i}} \delta d_i D_i^{\eta_{i-1}} = 0 \qquad (c''-۱)$$

با مرتب سازی (b''-۱) و (c''-۱) بر حسب $m_i$ و $D_i$، توابع تقاضا طبق روابط (۱-۱۸) و (۱-۱۹) بدست می آیند.

۱۵) گاهی اوقات فرض می‌شود که علاوه بر فرض آرمینگتون برای واردات و کالای داخلی، صادرات و کالای داخلی نیز از قابلیت جانشینی کامل برخوردار می‌باشند. در این حالت روابط (۱-۲۰) تا (۱-۲۲) در مدل اصلی با معادلات زیر جانشین می‌شوند:

$$Z_i = E_i + D_i \qquad \forall_i \qquad (۱-۲۰)''$$

$$(1+\tau_i^z)p_i^z = p_i^e \qquad \forall_i \qquad (۱-۲۱)''$$

$$(1+\tau_i^z)p_i^z = p_i^d \qquad \forall_i \qquad (۱-۲۲)''$$

این سه معادله در واقع حالت های خاصی از معادلات اصلی (۱-۲۰) تا (۱-۲۲) می باشند که در آنها کشش تبدیل $\psi_i$، بی‌نهایت در نظر گرفته می‌شود.

۱۶) در این مدل، فرض می شود که پس‌انداز داخلی $S^P$ و $S^g$ به وسیله روابط (۱-۱۱) و (۱-۱۲) تعیین می‌شوند و پس‌انداز خارجی $S^F$ بر حسب پول خارجی برون‌زاست. این در حالی است که مقدار سرمایه‌گذاری $X_i^v$ به وسیله رابطه (۱-۱۰) و در جریان معادل سازی پس‌انداز کل با سرمایه‌گذاری کل تعیین می‌شود. در واقع این مدل از یک بستار شامل پس‌انداز استفاده می‌کند به طوری که پس انداز ابتدا تعیین می‌شود و سرمایه‌گذاری مطابق بودجه از پیش تعیین شده از پس‌انداز کل ایجاد می‌شود. بجای آن می توان فرض نمود که سرمایه‌گذاری ابتدا تعیین گردد و به دنبال آن پس‌انداز تعیین شود. همچنین می توان موضوعات مشابهی اعم از این که آیا نرخ ارزها و پس انداز خارجی $S^F$ باید در مدل درون‌زا باشند یا برون‌زا مطرح نمود که طرح هر کدام می تواند بر بستارهای مدل اثرگذار باشد.

۱۷) فایل ورودی (stdcge).gms موجود در کتابخانه برنامه های مدل GAMS کد بیشتری را نسبت به آن چیزی که در شکل ۱-۴ نشان داده شده است ارائه می نماید.

۱۸) از آنجایی که در تعادل اولیه همه قیمتها معادل قیمت واحد تعیین می‌شوند، هیچ قیمتی در خط ۶۹ ظاهر نمی‌شود.

۱۹) بجای آن، بعد از تخمین $D_i^O$، می توان $Q_i^O$ را با استفاده از شرط سود صفر مربوط به بنگاه تولید کننده کالای مرکب آرمینگتون بصورت زیر محاسبه نمود:

$$p_i^{qo} Q_i^o = P_i^{do} D_i^o + (1+\tau_i^m) p_i^{mo} M_i^o$$

هر ناسازگاری در این تخمین، بیانگر خطا در داده‌های ماتریس حسابداری اجتماعی، معادلات مدل یا فرایند تخمین مقادیر تعادلی اولیه می باشد.

۲۰) برای مثال، می توان از پایگاه داده ایGTAP و تحقیق پیمایشی استرن و دیگران (۱۹۷۶) به همراه نتایج تخمین کشش قیمتی تقاضای واردات استفاده کرد. لیو و دیگران (۲۰۰۴)، اعتبار پارامترهای پیشنهادی توسط پایگاه داده‌ایGTAP را از نقطه نظر اقتصاد سنجی مورد آزمون قرار داده‌اند. همچنین می‌توان از کشش قیمتی تقاضای واردات به عنوان کشش جانشینی در تابع CES استفاده نمود، چرا که کشش قیمتی تابع تقاضای واردات ( مشتق شده از تابع CES ) تقریبا معادل کشش جانشینی می‌باشد.

۲۱) به منظور استخراج روابط (۱-e) و (۱- f) باید هر دو طرف تابع تقاضای واردات رابطه (۱-۱۸) را به تابع تقاضای کالای داخلی (۱-۱۹) به شکل زیر تقسیم نمود.

$$\frac{M_i}{D_i} = \left[ \frac{\delta m_i}{\delta d_i} \quad \frac{p_i^d}{(1+\tau_i^m) p_i^m} \right]^{\frac{1}{1-\eta i}} \quad \forall_i$$

از آنجایی که جمع ضرایب سهمی نهاده‌ها همیشه برابر واحد است، با حذف $\delta d_i$ از معادله بالا عبارت زیر بدست می‌آید:

$$\delta m_i = \frac{(M_i / D_i)^{1-\eta_i} \quad (1+\tau_i^m) p_i^m / p_i^d}{1+(M_i / D_i)^{1-\eta_i} (1+\tau_i^m) p_i^m / p_i^d} \qquad \forall_i$$

با ضرب کردن $P_i^d D_i^{1-\eta_i}$ در صورت و مخرج سمت راست عبارت فوق، رابطه (e-۱) بدست می آید. همچنین می‌توان به روش مشابه به (f -۱) رسید.

۲۲) این ضرایب به روش مشابه با $\delta m_i$ و $\delta d_i$ استخراج می شوند.