

## تحلیل استواری نتایج به دست آمده از مدل تعادل عمومی پویا به کمک تغییر فرم تابعی

زهرا عادل برخوردار<sup>۱</sup>، یدالله سبوحی<sup>۲\*</sup>

۱. دانشجوی دکتری مهندسی سیستم‌های انرژی دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه صنعتی شریف  
adel\_barkhordar@yahoo.com

۲. استاد و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی انرژی و پژوهشکده علوم و فناوری انرژی شریف  
saboohi@sharif.edu دانشگاه صنعتی شریف

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۶/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۷/۰۸

### چکیده

یکی از منابع اصلی اطلاعات به کار گرفته شده در مدل‌های تعادل عمومی که باید عدم قطعیت مرتبط با آن شناسایی شود، ساختار تابعی به کار گرفته شده در مدل است. تحلیل حساسیت نسبت به فرم تابعی می‌تواند تخمینی از عدم قطعیت‌های موجود، که ناشی از فرم انتخاب شده تابعی هستند، در اختیار قرار دهد. در مدل‌های تعادل عمومی، استفاده از مقادیر کشش به دست آمده در مطالعات دیگران مرسوم است. در این حالت، فرم تابعی انتخاب شده به کمک کشش‌های مذکور کالیبره می‌شود و در مدل تعادل عمومی به کار می‌رود.

در مقاله حاضر، برای تحلیل حساسیت خروجی‌های مدل تعادل عمومی نسبت به فرم تابعی انتخاب شده، نتایج مدل در دو سناریو یکی با تابع تولید کشش جانشینی ثابت به صورت نمونه‌ای از فرم‌های تابعی فراگیر نظام‌مند و دیگری ترانس‌لوگ به عنوان نمونه‌ای از فرم‌های تابعی انعطاف پذیر ارائه و مقایسه شده‌اند. نتایج به دست آمده برای ارزش افزوده تمامی زیربخش‌ها نشان دهنده حساسیت بالای نتایج نسبت به شکل تابعی به ویژه در بخش نفت و گاز است. در نتیجه، استفاده از فرم‌های تابعی به کمک کالیبراسیون مدل نسبت به یک مقدار کشش جانشینی مشخص در مدل تعادل عمومی محدود به زمانی می‌شود که داده‌های گذشته صحت فرم تابعی مذکور را برای اقتصاد ایران تأیید کند.

طبقه‌بندی JEL: D04, E27, E23, C68

واژه‌های کلیدی: استواری نتایج، فرم تابعی انعطاف پذیر، مدل تعادل عمومی

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱۶۶۱۶۶۱۳۳ - ۰۲۱۶۶۰۸۵۱۹۸

## مقدمه

با رایج شدن استفاده از مدل های تعادل عمومی در تحلیل و طراحی سیاست گذاری ها، مسئله استواری<sup>۱</sup> نتایج به دست آمده از مدل مهم تر شده است. برای بررسی استواری نتایج به دست آمده از مدل باید منابع اصلی اطلاعات به کار گرفته شده در مدل و عدم قطعیت های مرتبط با آن ها شناسایی شوند. مدل های تجربی مانند مدل های تعادل عمومی حاوی سه نوع اطلاعات هستند: تحلیلی، تابعی و عددی. ساختار تحلیلی مباحث تئوریک را دربر می گیرد که مطابق آن متغیرهای مورد نظر و ارتباط علی بین آن ها تعیین می شود. ساختار تابعی همان نمایش ریاضی مدل تحلیلی است و شامل معادلات ریاضی مدل اصلی می شود. ساختار عددی متشکل از علامت و مقدار پارامترهای موجود در روابط ریاضی مدل است. با توجه به مبانی اقتصادی مدل های تعادل عمومی، مفروضات اصلی به کار گرفته شده مربوط به دو ساختار تابعی و پارامتری است. به این ترتیب پیش فرض های مدل که باید بررسی شوند فروض مربوط به ساختار تابعی و فروض مربوط به ساختار پارامتری مدل هستند. در مدل سازی، تحلیل حساسیت خروجی های مدل نسبت به مفروضات پارامتری امری رایج است، با وجود این فرم تابعی مورد استفاده کمتر بررسی شده است. می توان مشابه لندیس<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) تحلیل حساسیت خروجی های مدل نسبت به فرم تابعی را تحلیل حساسیت رده دوم<sup>۳</sup> نامید. تحلیل حساسیت نسبت به فرم تابعی می تواند تخمینی از عدم قطعیت های موجود، که ناشی از فرم انتخاب شده تابعی هستند، در اختیار قرار دهد.

یکی از موارد در انتخاب شکل تابعی، مسئله انتخاب بین فرم های تابعی فراگیر نظام مند<sup>۴</sup> (مانند کاب-داگلاس) و فرم های تابعی انعطاف پذیر<sup>۵</sup> (مانند ترانسلوگ) است. توابع فراگیر نظام مند تمامی شروط نظام مندی نئوکلاسیک را در تمام دامنه تغییرات متغیرهای مستقل تابع دارند، در نتیجه استفاده از این فرم های تابعی در مدل های تعادل عمومی بسیار رایج است؛ چراکه در آن ها امکان تغییر شایان توجه در نقطه تعادل اولیه وجود دارد. باید توجه داشت که این فرم های تابعی ساختار منعطفی ندارند؛ برای مثال

- 
1. Robustness
  2. Landis
  3. Second order sensitivity analysis
  4. Globally regular functional forms
  5. Flexible functional forms

در دو فرم تابعی کاب-داگلاس و کشش جانشینی ثابت (CES) کشش جانشینی بین نهاده‌ها (برای مثال عوامل اولیه تولید) در تمام دامنه تغییرات نهاده‌ها ثابت است. در مقابل، فرم‌های تابعی انعطاف‌پذیر محدودیت‌های کمتری از لحاظ ساختار تابعی دارند و در عوض لزوماً تمام شروط نظام‌مندی نئوکلاسیک را در بر ندارند.

در مقاله حاضر، برای تحلیل حساسیت خروجی‌های مدل تعادل عمومی نسبت به فرم تابعی انتخاب‌شده، نتایج مدل در دو سناریو یکی با تابع تولید کشش جانشینی ثابت به عنوان نمونه‌ای از فرم‌های تابعی فراگیر نظام‌مند و دیگری ترانس‌لوگ به عنوان نمونه‌ای از فرم‌های تابعی انعطاف‌پذیر ارائه و مقایسه شده‌اند. به این منظور در بخش بعد، ابتدا مقایسه بین دو فرم‌های تابعی به طور مفصل‌تر بیان شده است. بخش سوم، به بیان مشخصات مدل تعادل عمومی توسعه داده شده برای ایران اختصاص دارد. نتایج مقایسه خروجی‌های مدل نیز در بخش چهارم بیان شده است.

#### مقایسه مبانی نظری به‌کارگیری فرم‌های تابعی در مدل‌های تعادل عمومی

در مدل‌سازی اقتصادسنجی، از فرم‌های تابعی به کمک مشاهدات موجود برای تخمین مشخصات موضعی رجحان‌ها و فناوری‌ها استفاده می‌شود. در مقایسه، در مدل‌های تعادل عمومی، فرم‌های تابعی به صورت نمایشی از رفتار فراگیر رجحان‌ها و فناوری‌ها به کار می‌روند. گرچه در اینجا نیز اطلاعات موجود به محدوده کوچکی از تولید یا مصرف مربوطند، از این اطلاعات برای برون‌یابی تمام دامنه مدل‌سازی استفاده می‌شود. در واقع، فرض این است که نتایج اصلی مدل به کمک مشتقات اول و دوم توابع تولید و تقاضا به‌دست می‌آیند و مشتقات درجه بالاتر تأثیر چندانی بر پاسخ‌ها ندارند؛ در نتیجه کالیبراسیون توابع انتخابی مرتبط به کمک کشش‌های مربوط در سال پایه می‌تواند تقریب خوبی از تابع اصلی تولید و تقاضا با همان کشش باشد.

در تحلیل‌های تعادل عمومی، رفتار فراگیر تابع مهم است. در واقع، به صورت فراگیر نظام‌مند بودن توابع تولید و تقاضا شرط لازم برای وجود پاسخ در مدل‌های تعادل عمومی است (Walley and Shoven, 1992). این بدین معناست که اگر در فرم تابعی انتخاب‌شده شروط نظام‌مندی نئوکلاسیک یعنی همگنی، جمع‌پذیری، تقارن، یکنواختی، انحنای مثبت بودن به صورت فراگیر برقرار نباشد، ممکن است حل عددی مدل با مشکل مواجه شود؛ از این رو فرم‌های تابعی که به صورت فراگیر نظام‌مند

هستند، در مدل‌های تعادل عمومی که در آن‌ها دامنه تغییرات متغیرهای به کار رفته در توابع می‌تواند وسیع باشد به‌وفور استفاده می‌شوند. از این دسته فرم‌ها می‌توان به توابع سیستم مخارج خطی و CES اشاره کرد. باید توجه داشت که فرم‌های تابعی مذکور ساختار منعطفی ندارند؛ برای مثال امکان وجود نهاده‌های مکمل در توابع کاب داگلاس و CES وجود ندارد. علاوه بر آن کشش جانشینی آلن-اوزاوا در این توابع مستقل از قیمت است؛ به عبارت دیگر، تغییرات قیمت نهاده‌ها هرچقدر هم که باشد، مشخصات تقاضای نسبی نهاده‌ها مشابه همان مشخصات اولیه باقی می‌ماند که در همسایگی تعادل اولیه آن‌ها مشاهده شده بود.

برای رفع این محدودیت‌ها فرم‌های تابعی انعطاف‌پذیر توسعه داده شدند. این فرم‌های تابعی پارامترهای آزاد بیشتری دارند و در نتیجه این امکان را فراهم می‌آورند که تقریب درجه دومی از شکل واقعی تابع مطلوبیت یا هزینه در همسایگی تعادل اولیه به دست آید. در نتیجه، کشش‌های قیمتی با تقریبی از مقدار واقعی در همسایگی تعادل اولیه خواهند بود و علاوه بر آن امکان وجود نهاده‌های مکمل نیز فراهم می‌شود. استفاده از این فرم‌های تابعی نیازمند وجود اطلاعات در زمینه کشش‌های قیمتی متقاطع در سال پایه و وجود مفروضات درباره مسیر تغییرات آن‌ها در همسایگی تعادل اولیه است. گرچه استفاده از فرم‌های تابعی انعطاف‌پذیر مزایایی دارد اما به‌کارگیری آن‌ها در مدل تعادل عمومی می‌تواند رسیدن به تعادلی منطقی در پاسخ‌ها را با مشکل مواجه کند. مطالعه مک کتریک<sup>۱</sup> (۱۹۹۸) در مقایسه بین استفاده از توابع کشش جانشینی ثابت و درجه دوم نرمال‌شده، مشکلات استفاده از فرم انعطاف‌پذیر درجه دوم نرمال‌شده را در همگرایی و پایداری پاسخ‌ها بیان می‌کند. در واقع، مشکل اصلی فرم‌های انعطاف‌پذیر در این است که برای این دسته از توابع سه شرط یکنواختی، انحنای مثبت بودن لزوماً برقرار نیست. حتی اگر در تخمین اولیه توابع این سه شرط هم به نوعی برقرار باشند لیکن نمی‌توان در خارج از همسایگی برآورد اولیه انتظار برقرار ماندن شروط فوق را داشت. لذا به‌کارگیری فرم‌های تابعی انعطاف‌پذیر در مدل‌های تعادل عمومی که دورشدن از همسایگی تعادل اولیه امری عادی است اغلب توأم با مشکلات در رسیدن به پاسخ‌های منطقی (مانند غیر منفی بودن مقادیر تولید) و پایداری حل است.

1. Mckitrick

مک کتربیک (۱۹۹۸) و رودرفورد و پرونی<sup>۱</sup> (۱۹۹۵) استفاده از فرم‌های انعطاف‌پذیر را به دلیل وجود پارامترهای آزاد بیشتر در رسیدن به تخمین بهتر شکل واقعی مطلوبیت یا تابع هزینه نسبت به فرم‌های نظام‌مند فراگیر ارجح می‌دانند اما برقراری نظام‌مندی را در این توابع به صورت نیازی که باید تا حد امکان تأمین شود تا خروجی‌های مدل منطقی باشند ضروری می‌دانند. در عمل، تورنر<sup>۲</sup> (۲۰۰۹) انتخاب بین فرم انعطاف‌پذیر و فرم نظام‌مند فراگیر را انتخاب بین انعطاف‌پذیری و کنترل‌پذیری دانسته است. برای ارائه نتایج مدل در دو سناریوی استفاده از فرم انعطاف‌پذیر و فرم نظام‌مند فراگیر ابتدا لازم است مشخصات مدل توسعه‌یافته برای ایران توضیح داده شود؛ سپس در بخش چهار نتایج مقایسه خروجی‌های مدل ارائه خواهد شد.

### مشخصات مدل تعادل عمومی ایران

مدل تعادل عمومی اقتصاد ایران (GREMI)<sup>۳</sup> مدلی چندبخشی و دینامیک است که ساختار بازگشتی دارد. مدل توسعه داده شده همگام با مدل‌های نئوکلاسیک تعادل عمومی است که در ویس و همکاران<sup>۴</sup> (۱۹۸۲) به تبیین آن پرداخته‌اند. هسته مرکزی مدل، مدل تعادل عمومی استاتیک است که لافرین و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۲) آن را توضیح داده‌اند. عوامل در آن انتظارات تطبیقی دارند و بر مبنای مقادیر آتی متغیرهای درون‌زای مدل (مانند قیمت‌های آتی) تصمیم‌گیری نمی‌کنند؛ به عبارت دیگر، فاقد پیش‌بینی نسبت به آینده هستند. بازه زمانی در نظر گرفته شده برای مدل‌سازی ۱۳۸۰-۱۴۲۰ است. انتخاب ساختار دینامیک بازگشتی از دو جهت بوده است. اول آنکه در کشوری مانند ایران، که تغییرات سیاست‌گذاری‌ها در آن زیاد است، فرض رفتار عوامل با توجه به پیش‌بینی کامل برای بلندمدت (حداقل یک دوره پنج‌ساله) منطقی به نظر نمی‌رسد. دوم، با توجه به تجزیه اقتصاد به زیر بخش‌های متعدد، بار محاسباتی مدل‌های آینده‌نگر بسیار سنگین خواهد بود. با توجه به ساختار بازگشتی مدل، حل مدل کل از حل زنجیره‌ای از مدل‌های تک‌دوره‌ای تشکیل یافته است که با معادلاتی که دینامیک اقتصاد را در نظر می‌گیرند به هم پیوند خورده‌اند.

- 
1. Perroni and Rutherford
  2. Turner
  3. GeneRal Equilibrium Model of Iran
  4. Dervis et al.
  5. Lofgren et al.

عوامل اقتصادی لحاظ شده در مدل شامل دو خانوار نمونه شهری و روستایی، ۶ فعالیت، دولت و جهان خارج اند. سال مبنا که بر اساس آن کالیبراسیون صورت گرفته است، سال ۱۳۸۰ یعنی آخرین سالی است که SAM مربوط به آن موجود است. در ادامه، ابتدا توضیحات فنی بخش‌های مختلف مدل مذکور ارائه و سپس داده‌های ورودی لازم برای مدل بیان می‌شوند.

## مشخصات فنی

### مشخصات بخش استاتیک مدل

خانوار به صورت دو نماینده شهری و روستایی در نظر گرفته شده است. علت این تفکیک تفاوت الگوی مصرف میان این دو دسته خانوار بوده است. توابع تقاضای خانوارها به تابع مطلوبیت مفروض و شرط بودجه خانوار بستگی دارد. تابع مطلوبیت فرض شده شکل لگاریتمی خطی دارد که در واقع لگاریتم تابع مطلوبیت به شکل استون-گری است. از آنجا که تابع مطلوبیت مفهوم ترتیبی دارد، تبدیل یکنواخت آن از طریق لگاریتم‌گیری بر همان دستگاه رجان‌ها دلالت خواهد داشت و از این رو این کار اشکالی در تابع تقاضای مرتبط با آن ایجاد نمی‌کند. بهینه‌سازی مسئله فوق به تشکیل توابع تقاضای LES<sup>۱</sup> به شکل معادله ۱ منجر می‌شود:

$$PQ_c \times QH_{c,h} = PQ_c \times \gamma_{c,h} + \beta_{c,h} \cdot \left( EH_h - \sum_c PQ_c \times \gamma_{c,h} \right) \quad (1)$$

مقدار  $\gamma_{c,h}$ ، که حداقل مقدار مورد نیاز کالا برای هر فرد به شمار می‌رود، تابع مستقیم از جمعیت در نظر گرفته شده است. به این ترتیب گرچه درآمد افراد شاغل EH است، که به تأمین مخارج کل افراد جامعه منجر می‌شود، اما افراد غیر شاغل نیز نیازمند تأمین حداقل کالاهای مصرفی مورد نیاز خود هستند که مقدار آن به کمک  $\gamma_{c,h}$  و قیمت (PQ) مشخص می‌شود. به این ترتیب فرض می‌شود درآمد افراد شاغل ابتدا صرف تأمین حداقل مایحتاج ( $\gamma_{c,h}$ ) همه افراد می‌شود و سپس مقدار باقی‌مانده آن با نسبت‌های ثابت  $\beta_{c,h}$  تقسیم می‌شود.

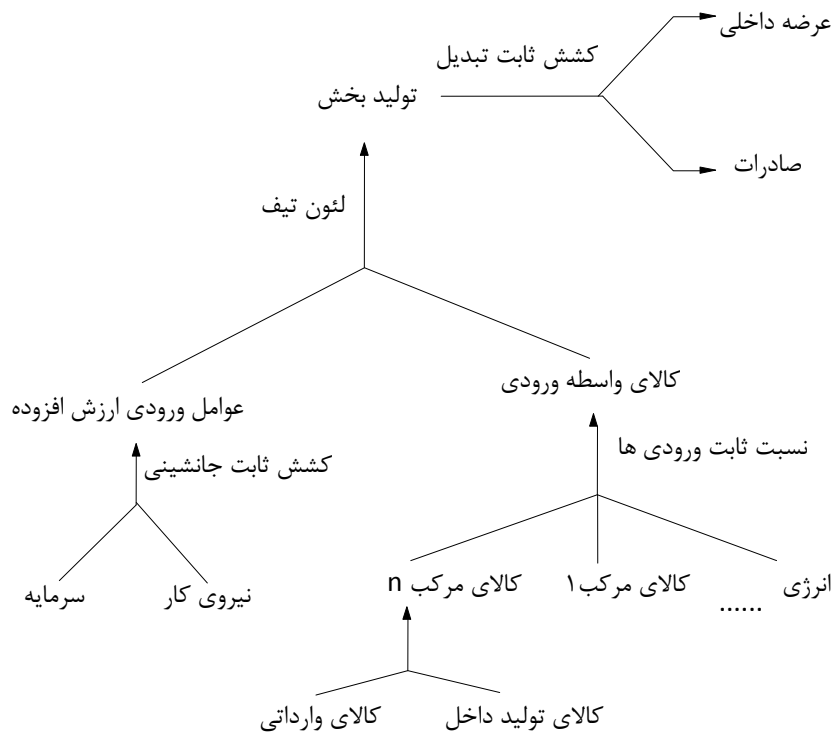
در مدل، مخارج مصرفی خانوار به صورت مانده درآمد خانوار محاسبه شده است؛ به عبارت دیگر، خانوار پس از آنکه حجم پس انداز را که ضریبی ثابت از درآمد آن است و مقدار مالیات بر درآمد پرداختی و انتقالات به خارج را از مقدار کل دارایی خود جدا کرد، مقدار باقی مانده را به عنوان درآمد قابل تصرف به مخارج مصرفی خود تخصیص می دهد. چنین فرض شده است که تولیدکنندگان که در راستای ماکزیم سازی سود خود تصمیم گیری می کنند. علاوه بر آن، فرض شده است بنگاه ها بازده ثابت نسبت به مقیاس دارند؛ در نتیجه در هر بخش یک بنگاه رقابتی نمونه فرض شده است. بخش نفت و گاز با اندک تفاوتی نسبت به سایر بنگاه ها مدل شده است که توضیحات مربوط به آن در بخش منابع پایان پذیر ارائه خواهد شد.

بنگاه های تولیدی دو دسته نهاده دارند: واسطه و اولیه. نهاده های اولیه (مانند نیروی کار و سرمایه) با یکدیگر تحت تابع مشخص ترکیب می شوند و ارزش افزوده بنگاه را تولید می کنند. فرض در این تابع، وجود بازده ثابت نسبت به مقیاس است. نهاده های واسطه نیز با یکدیگر ترکیب می شوند و نهاده واسطه کل را تشکیل می دهند. عموماً فرض بر این است که نهاده های واسطه طبق تابع تولید لئونتیف و با نسبت های ثابت که برگرفته از جدول داده / ستانده است با یکدیگر ترکیب می شوند. این امر منعکس کننده این فرض است که نسبت نهاده های واسطه از طریق تکنولوژی تولید تعیین می شود نه تصمیمات تولیدکنندگان.

فرض می شود بنگاه ها از عوامل اولیه تولید مرکب به شکل تابع تولید CES و از مواد واسطه به صورت نسبت های ثابت استفاده کنند. در این حالت، پاسخ تولیدکنندگان به تغییرات قیمت نسبی عوامل هموار و به کمک جانشین نمودن آنها با سایر عوامل اولیه تولید است. علاوه بر این به کمک ساختار کلی فوق جانشینی بین کالاهای واسطه و عوامل اولیه تولید وجود ندارد. در عوض، مابین سرمایه و نیروی کار جانشینی وجود دارد که درجه این جانشینی به سهم هریک از تولید در سال مبنا و به کشش جانشینی آن دو وابسته است.

تولید بنگاه ها با تابع CET بین مصرف داخلی و صادرات تقسیم می شود. این فرض باعث می شود امکان تفاوت قیمت بین کالای تولید داخل با کالای مشابه خارجی وجود داشته باشد و علاوه بر آن امکان وجود واردات و صادرات برای یک کالا، همچنان که در

عمل نیز وجود دارد، محقق شود. کشش بین کالای تولید داخل و کالای خارجی بخش به بخش متفاوت است. هرچه مقدار آن کمتر باشد، نشان دهنده این واقعیت است که تمایز بین کالای تولید داخل و کالای خارجی بیشتر بوده است. شکل ۱ ساختار تولید را نشان می دهد.



شکل ۱. ساختار تولید در GREMI

نیروی کار و سرمایه تحت تابع کشش جایگزینی ثابت با یکدیگر ترکیب می شوند و ارزش افزوده مرکب را تولید می کنند. هر فعالیت به عوامل خود دستمزدی متفاوت می دهد که حاصل ضرب سطح کلی دستمزدها در جمله اخلاص<sup>۱</sup> می شوند. نهاد دولت نیز از جهت مصرف مشابه خانوار در نظر گرفته شده است، با این تفاوت که دیگر نیازی به تعیین مقدار حداقل مورد نیاز نیست؛ به این ترتیب تابع مطلوبیت

1. Distortion factors



دولت به شکل کاب داگلاس فرض شده است که ماکزیمم سازی آن مطابق معادله ۲ به تعیین مصرف هر کالا به صورت ضرایب ثابت از مخارج کل دولت منجر می شود:

$$QG_c = \frac{\beta_c \times EG}{PQ_c} \quad (2)$$

که در آن  $EG$  مخارج دولت و  $\beta_c$  سهم هر کالا از مخارج کل است. البته باید توجه داشت که در اینجا مخارج دولت علاوه بر مخارج مصرفی شامل انتقالات به نهادها و دنیای خارج نیز می شود. درآمد دولت از محل مالیات ها، انتقالات از عوامل اولیه تولیدی و دنیای خارج است.

برای تبدیل اقتصاد به اقتصاد باز دنیای خارج به عنوان یکی از بخش های اقتصاد به آن اضافه می شود. با توجه به فرض کوچک بودن اقتصاد نسبت به اقتصاد جهانی، در هر دو بخش واردات و صادرات کشور به عنوان گیرنده قیمت فرض شده است. علاوه بر آن فرض می شود که عوامل برای مصرف خود بین کالاهای تولید داخل و خارج تمییز قائل می شوند (فرض آرمینگتون، ۱۹۶۹). در نتیجه، کالای مورد تقاضا کالایی ترکیبی به شکل تابع CES از واردات و تولید داخل همان کالا است.

کالای تولید شده از طریق فعالیت ها ممکن است صادر شود یا در داخل کشور به مصرف برسد. کالای تولیدی که در داخل مصرف می شود و کالای صادراتی جایگزین کامل نیستند و تحت تکنولوژی CET<sup>۱</sup> با یکدیگر ترکیب می شوند. علاوه بر واردات و صادرات، دریافت وجوه مالی به صورت وام از کشورهای خارجی و بازپرداخت آن، سرمایه گذاری انجام شده از/ در خارج از کشور، انتقالات خانوارها به / از خارج موارد دیگری هستند که اقتصاد داخل را به اقتصاد جهانی مرتبط می کنند.

با مشخص شدن ارزش واردات و صادرات لازم است تراز تجاری نیز در اقتصاد وارد شود. این معادله که در بخش روابط مربوط به تعادل در اقتصاد آورده خواهد شد، امکان اعمال سیاست گذاری های مختلف در زمینه ارزش را در مدل می دهد. سیاست نرخ ارز ثابت

#### 1. Constant Elasticity of Transformation

: همان کشش جایگزینی ثابت است با این تفاوت که چون در اینجا افزایش قیمت صادرات موجب افزایش صادرات و کاهش حجم مصرف داخلی تولیدات می شود، این مطلب به صورت توان منفی در معادله خود را نشان می دهد.

با برونزا فرض کردن مقدار نرخ ارز در مبادلات تجاری اعمال می‌شود. به این ترتیب مقدار کسری/مازاد تجاری برای یک دوره به صورت برونزا در مدل تعیین خواهد شد.

### مشخصات بخش دینامیک مدل

با توجه به مدل مورد بررسی، که در آن منابع پایان‌پذیر (نفت و گاز) وجود دارند، دینامیک مدل به دو دسته دینامیک برداشت از منابع پایان‌پذیر و دینامیک مرتبط با رشد اقتصادی مربوط می‌شود. بر اساس نظریه‌های موجود رشد اقتصادی از دو طریق ایجاد می‌شود: انباشت عوامل اولیه تولید (نیروی کار، سرمایه) و رشد بهره‌وری که به منظور سادگی تفسیر نتایج در تحلیل حساسیت خروجی مدل نسبت به فرم تابعی برای تمامی زیربخش‌ها صفر در نظر گرفته شده است.

از آنجا که افزایش عرضه نیروی کار به صورت برونزا به مدل داده می‌شود، بحث اصلی انباشت سرمایه و بهره‌وری است. آنچه به تجمیع سرمایه منجر می‌شود عامل سرمایه‌گذاری است. فرض پیش‌بینی کامل در رفتار سرمایه‌گذاری به‌ویژه در کشوری که اقتصاد آن در حال گذار است و با وجود مشکلاتی که در بخش گذشته در ارتباط با سرمایه‌گذاری بیان شد، چندان منطقی به نظر نمی‌رسد؛ به این ترتیب بهتر است رفتار عوامل در پاسخ به سیاست‌گذاری‌هایی که به نحوی مرتبط با سرمایه‌گذاری هستند به صورت انتظارات تطبیقی در نظر گرفته شود.

انتخاب بین نحوه ارتباط بین پس‌انداز و سرمایه‌گذاری، که بستایی مدل را تعیین می‌کند، بسیار پیچیده است. از یک سو، تئوری نئوکلاسیک و رشد درونزا بر تقدم پس‌انداز در تعیین سرمایه‌گذاری و رشد تأکید دارند؛ بنابراین در این دیدگاه پس‌انداز برونزا است و سرمایه‌گذاری برای تأمین برابری پس‌انداز - سرمایه‌گذاری تنظیم می‌شود. از سوی دیگر، دیدگاه کینزی این رابطه علیت را معکوس در نظر می‌گیرد و سرمایه‌گذاری را برونزا فرض می‌کند. در برخی کشورهای توسعه‌یافته نیز این رابطه دوطرفه است و پس‌انداز و سرمایه‌گذاری هردو به صورت درونزا تعیین می‌شوند. در ایران، نتایج مطالعات حسن‌پور و ترکمانی (۱۳۸۶) نشان داده است که در ایران رابطه یک‌طرفه قوی از پس‌انداز به سرمایه‌گذاری وجود دارد؛ به این ترتیب در مدل حاضر پس‌انداز برونزا و سرمایه‌گذاری به صورت درونزا تعیین می‌شود.

همان گونه که در بخش پیش توضیح داده شد، بخش مهمی از سرمایه گذاری در کشور سرمایه گذاری دولتی است. با توجه به تفاوتی که در انگیزه های سرمایه گذاری بخش دولتی نسبت به بخش خصوصی وجود دارد، این دو بخش و دینامیک آن ها به صورت متفاوت در مدل لحاظ شده اند تا تأثیر غیر بهینه بودن تخصیص سرمایه گذاری دولتی در فعالیت های تولیدی بر تولید دیده شود.

پس از آنکه مقدار وجوه سرمایه گذاری خصوصی از طریق نهادهای غیر دولتی تعیین شد، تخصیص این مقدار بین بخش های مختلف تولیدی تابعی از سودآوری بخش ها در دوره گذشته و دوره حاضر فرض شده است. در این روش، که مشابه روش نئوکلاسیک تئوری شتاب است، در تعیین سهم هر بخش از کل سرمایه گذاری ابتدا لازم است سهم آن از درآمد سرمایه کل اقتصاد تعیین شود. برای این منظور به کمک رابطه ۳ متوسط دستمزد عامل سرمایه در فعالیت های مختلف محاسبه می شود:

$$kaw_t \cdot \sum_a QF_{a,t} = \sum_a QF_{a,t} \cdot WF_{k,t} \cdot WFDIST_{f,a,t} \quad (3)$$

عبارت سمت راست معادله مجموع ارزش پرداختی یعنی حاصل ضرب دستمزد ( $WF_{k,t} \cdot WFDIST_{f,a,t}$ ) در میزان تقاضا شده ( $QF_{a,t}$ )، فعالیت های مختلف به عامل سرمایه است که برابر است با حاصل ضرب مقدار کل تقاضای سرمایه در متوسط دستمزد سرمایه ( $kaw_t$ ) در عبارت سمت چپ. دستمزد سرمایه در واقع همان قیمت سرمایه است که بر مبنای آن سهم سرمایه گذاری در هر فعالیت مشخص می شود؛ سپس سهم سرمایه گذاری جدید برای هر بخش با مقایسه نرخ اجاره سرمایه در آن بخش با متوسط کل آن ضربدر سهم حجم سرمایه آن بخش به دست می آید (معادله ۴).

$$\eta_{a,t} = \left( \frac{QF_{k,a,t}}{\sum_a QF_{k,a,t}} \right) \left\{ \left( \frac{WF_{k,t} \times WFDIST_{k,a,t}}{kaw_t} \right) + 1 \right\} \quad (4)$$

که در آن  $\emptyset$  ضریب جابه جایی سرمایه بین بخش های مختلف است. در گام بعد، حجم سرمایه جدید برای هر بخش از حاصل ضرب سهم آن بخش از سرمایه گذاری ( $\eta_{a,t}$ ) در حجم موجود سرمایه گذاری کل محاسبه می شود. دقت شود که در این بخش منظور از سرمایه، سرمایه ثابت یا همان کالای سرمایه ای است. حجم کل سرمایه جدید از تقسیم تشکیل سرمایه ثابت ناخالص بر قیمت آن به دست می آید.

حجم سرمایه جدید برای دوره آتی برابر است با حجم سرمایه ای که با در نظر گرفتن استهلاک از دوره فعلی برای دوره بعد باقی می ماند، به اضافه مقدار سرمایه گذاری که در پایان دوره فعلی صورت پذیرفته است.

همان گونه که پیشتر بدان اشاره شد، فرض شده است که دولت هر ساله سهم مشخصی از سرمایه گذاری خود را به بخش های مختلف مانند بخش خدمات (دفاعی، بهداشت دولتی و ...)، نفت و گاز، صنعت و غیره تخصیص می دهد؛ در نتیجه این تخصیص با توجه به بازدهی بخش های مختلف صورت نمی گیرد. محدودیت دینامیک برداشت از میادین پایان پذیر بیان می کند که برداشت تجمعی از میادین باید از حجم اولیه میادین در سال پایه کمتر باشد:

$$\sum_{\tau=t_0}^t FF_{\tau} \leq R_t. \quad (5)$$

روابط تعادلی در مدل عبارتند از: تعادل در بازارها (کالا و عوامل)، تراز پس انداز- سرمایه گذاری، تراز مالی و تراز تجاری که سه مورد آخر تحت عنوان بستایی کلان بررسی می شوند.

### داده های ورودی

داده های مورد نیاز مدل به سه دسته اساسی تقسیم بندی می شوند:

- ماتریس حسابداری اجتماعی

- پارامترهای ورودی مدل

- داده های مربوط به شرایط مرزی مدل

ماتریس حسابداری اجتماعی مورد استفاده برگرفته از ماتریس SAM سال ۱۳۸۰ است که دکتر بانویی (۱۳۸۳) آن را توسعه داده است. اجزای اصلی آن به شکل خلاصه شده در جدول پیوست ب نشان داده شده است. از آنجا که فعالیت و کالا در ماتریس اولیه تفکیک بسیار بالایی دارد، ماتریس فوق در حد نیاز جمع شده است. حساب کالا و خدمات و حساب فعالیت در پنج بخش کشاورزی، نفت و گاز، صنعت و معدن، ساختمان و خدمات تقسیم بندی شده است. عوامل اولیه تولید نیز نیروی کار و سرمایه هستند که نیروی کار از لحاظ شهری/ روستایی تقسیم بندی شده است. از آنجا که در جدول SAM حق مالکیت پرداختنی (رانت) بخش نفت در مقدار مازاد

عملیاتی آن وارد شده است (بخش ارزش افزوده)، این مقدار پرداختی از ارزش افزوده بخش نفت جدا شده و در سطر مربوط به نام رانت نفت و ستون فعالیت نفت و گاز قرار گرفته است<sup>۱</sup>. این مقدار به طور کامل در سطر مربوط به دولت و ستون رانت نفت به دولت تحویل داده می شود. تعیین درصد پرداختی به دولت به کمک آمار حساب های ملی بانک مرکزی ایران صورت گرفته است<sup>۲</sup>.

علاوه بر پارامترهای فوق، به کارگیری مدل نیاز به مقاردهی برخی متغیرها دارد که در مقیاس و حوزه کاری فعلی مدل برونزا هستند. این دسته از متغیرها به کمک شرایط مرزی موجود در مدل تأثیر می گذارند.

### مرزبندی مدل

هر مدل برای تبیین واقعیات مربوط به محدوده و دامنه ای مشخص توسعه پیدا می کند. واقعیات خارج از محدوده مذکور در چارچوب مدل قرار نگرفته اند و به صورت جهان خارج با آنها برخورد خواهد شد. هر مدل به طور مشخص دارای دامنه فیزیکی و زمانی است اما هر مدل علاوه بر دامنه محدوده کاری نیز دارد. از یک مدل انتظار نمی رود که بتواند به تمامی پرسش های ممکن و واقعیات پیرامون به تنهایی پاسخ گوید، از این رو محدوده کاری مدل نیز در تعیین آنچه برای مدل برونزا است و تعیین آن در چارچوب مدل امکان پذیر نیست، نقش بسزایی دارد.

دامنه فیزیکی مدل مربوط به ایران است و در نتیجه سایر کشورها به صورت جهان خارج در نظر گرفته می شوند. فرض شده است در حجم مبادلات بین ایران و جهان خارج محدودیتی در عرضه و تقاضای جهانی وجود ندارد و میزان عرضه و تقاضای داخلی ایران است که محدودکننده این مبادلات است. علاوه بر آن، قیمت های جهانی مشخص هستند و بر حجم مبادلات تأثیر گذارند. از آنجا که تعیین قیمت های جهانی در چارچوب کار مدل نیست، به صورت برونزا تعیین می شوند و در معادلات مربوط به مدل قرار می گیرند.

۱. با توجه به اینکه جدول حساب های اجتماعی ایران، که در پیوست آورده شده است، شکل تجمیعی دارد، این

سطر و ستون در حساب عوامل اولیه تولید به شکل اولیه آن آورده شده است.

۲. در جدول های حساب های ملی ایران، که بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران منتشر می کند، ارقام بهره مالکانه

(رانت) به عنوان دریافتی دولت در ستون منابع آن و به عنوان پرداختی بخش نفت و گاز در ستون مصارف آن

ثبت می شود. در مدل حاضر، از متوسط نسبت این مقدار به ارزش افزوده بخش نفت و گاز استفاده شده است

(اداره حساب های اقتصادی ایران، ۱۳۸۸).

دامنه زمانی به کارگیری مدل سال ۱۳۸۰ (سال مبنا) تا سال ۱۴۲۰ است. با توجه به اینکه مدل حل بازگشتی دارد و عوامل انتظارات کوتاه مدت نگر دارند، شروط پایانی<sup>۱</sup> برای سال پایانی لحاظ نمی شوند. گرچه در مدل CGE داده‌های جمعیتی مانند جمعیت شهری و روستایی و جمعیت فعال مورد نیاز است اما محاسبه آن‌ها نیازمند مدل جمعیت است و در محدوده کاری مدل حاضر قرار نمی‌گیرد؛ در نتیجه به داده‌های مربوط به رشد جمعیت برای سال‌های مورد بررسی نیاز بوده است. این پیش‌بینی از آمار ارائه شده بانک جهانی<sup>۲</sup> گرفته شده است.

### تحلیل حساسیت تابعی مدل GREMI

در این بخش، حساسیت خروجی‌های مدل GREMI نسبت به فرم تابع تولید به کار گرفته شده در مدل سنجیده می‌شود. فرم تابعی به کار گرفته شده برای توابع تولید فعالیت‌های اقتصادی فرم کشش جانشینی ثابت بوده است (معادله ۶).

$$QVA = \alpha_{va} \left( \sum_{i=1}^N \delta_i \cdot QF_i^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (6)$$

تعداد پارامترهای تابع CES  $N+2$  است. به طور معمول، در رگرسیون توابع هرچه تعداد پارامترها بیشتر باشد، آزادی عمل در تخمین بیشتر است.<sup>۳</sup> تابع انعطاف‌پذیر ترانسلوگ (معادله ۷) دارای  $N+2$  پارامتر است که قیود اعمالی بر آن تعداد پارامترهای آزاد مدل را به  $N \cdot (N+3)/2$  می‌رساند؛ در نتیجه تعداد پارامترهای آزاد تابع ترانسلوگ برای  $N > 1$  بیشتر از تابع CES است. بیشتر بودن تعداد پارامترهای آزاد در تابع تولید ترانسلوگ باعث می‌شود از پیش محدودیتی بر روی کشش‌های جانشینی عوامل اولیه تولید وجود نداشته باشد. علاوه بر آن، در تابع ترانسلوگ کشش جانشینی جزئی بین عوامل و همچنین کشش قیمتی عوامل ثابت نیست؛ در نتیجه بهتر می‌تواند مواردی مانند U شکل بودن تابع هزینه را در تولید منعکس کند.

سهام درآمدی عوامل اولیه تولید (si) از شروط مرتبه اول برای حداکثرسازی تولید مطابق رابطه ۸ محاسبه می‌شود.

1. Terminal Conditions

2. <http://go.worldbank.org/KZHE1CQFA0>

۳. البته فرض بر انتخاب تعداد معقول پارامتر در تخمین است.

$$\ln(QVA) = \ln(c.) + \sum_{i=1}^N c_i \ln(QF_i) + \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{i,j} \ln(QF_i) \ln(QF_j) \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N c_i = 1 \quad \gamma_{i,j} = \gamma_{j,i} \quad \sum_{j=1}^N \gamma_{i,j} = 0$$

$$\frac{\partial QVA}{\partial QF_i} = \frac{WF_i}{PVA} \Rightarrow \frac{WF_i}{PVA} = \left( c_i + \sum_{j=1}^N \gamma_{i,j} \ln(QF_j) \right) \frac{QVA}{QF_i} \quad (8)$$

$$s_i = \frac{WF_i \cdot QF_i}{PVA \cdot QVA} = c_i + \sum_{j=1}^N \gamma_{i,j} \ln(QF_j)$$

از آنجا که در این بخش سعی شده است که تنها تأثیر فرم تابعی بر خروجی‌های مدل ارزیابی شود، بنابراین کشش‌های جانشینی و سهم درآمدی عوامل اولیه تولید در سال پایه باید با مقدار سابق آن در فرم تابعی CES برابر باشد. به کارگیری این روش بدان معناست که در تخمین ضرایب تابع ترانسلوگ از روش اقتصادسنجی استفاده نشده است؛ زیرا در آن صورت مقادیر کشش و سهم عوامل اولیه تولید لزوماً با مقدار به کار گرفته شده در سناریوی پایه برابر نمی‌بود و در نتیجه تغییرات نتایج مدل به طور ضمنی تأثیر تغییر پارامترهای کشش جانشینی عوامل اولیه تولید و پارامتر سهم را نیز در بر داشت.

با توجه به معلوم بودن کشش عوامل اولیه تولید، از کالیبراسیون در به دست آوردن پارامترهای تابع ترانسلوگ استفاده شده است (Rutherford, 2003). معادلات ۹ تا ۱۲ نحوه کالیبراسیون را برای سال پایه نمایش می‌دهند. شایان ذکر است که کشش‌های جانشینی آلن-اوزاوا بین عوامل اولیه تولید برابر با کشش تابع CES قرار داده شده است.

$$\gamma_{i,j} = s_i \cdot s_j \cdot (\sigma_{i,j} - 1) \quad (9)$$

$$\gamma_{i,i} = - \sum_{i \neq j} \gamma_{i,j} \quad (10)$$

$$c_i = s_i - \sum_{j=1}^N \gamma_{i,j} \ln(QF_j) \quad (11)$$

$$\ln(c.) = \ln(QVA) - \sum_{i=1}^N c_i \ln(QF_i) - \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{i,j} \ln(QF_i) \ln(QF_j) \quad (12)$$

جدول ۱ متوسط تغییرات برخی متغیرهای کلان را نشان می‌دهد. مفروضات به کار گرفته شده در هر دو سناریو، یکسان است. در هر دو سناریو قیمت نفت ثابت و رشد

بهره‌وری صفر فرض شده است. تعیین حجم بهینه صادرات نفت به صورت درون‌زا در مدل محاسبه می‌شود. علاوه بر آن، فرض شده است که نیروی کار و سرمایه به راحتی قابل جابه‌جایی بین فعالیت‌ها هستند. گرچه این فرض درباره سرمایه چندان صادق نیست<sup>۱</sup> اما اعمال آن از جهت یکسان‌سازی شرایط برای مقایسه بین تقاضا و قیمت عوامل اولیه تولید و رسیدن به پاسخ عددی لازم است<sup>۲</sup>. این فرض باعث می‌شود رشد اقتصادی نسبت به حالات دیگر در سناریوی پایه بیشتر باشد، زیرا امکان جابه‌جایی کل سرمایه به سمت فعالیت‌ها را با بازدهی بیشتر را در هر سال فراهم می‌آورد.

جدول ۱. مقایسه متوسط رشد متغیرهای اقتصادی در سناریوی CES نسبت به سناریوی TL در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۲۰

تغییرات قیمتی	تغییرات حجمی	
-۰.۱/۳	۰.۵/۲	مصرف خانوار شهری
-۰.۱/۵	۰.۵/۸	مصرف خانوار روستایی
-۰.۹/۶	۰.۷/۴	مصرف دولت
-۰.۱۵/۵	۰.۳۳/۹	سرمایه‌گذاری
۰.۷/۱	۰.۱۱/۸	کشاورزی
۰.۲/۴	-۰.۲/۶	نفت خام و گاز طبیعی
-۰.۰/۸	۰.۱۲/۸	صنعت و معدن
-۰.۹/۹	۰.۱۹/۷	ساختمان
-۰.۲/۹	۰.۱۰/۴	خدمات
-۰.۱۱/۱	۰.۱۳/۴	خدمات عمومی
-۰.۰/۹	۰.۹/۰	تولید ناخالص داخلی
-	۰.۶/۶	نرخ ارز
-	۰.۴/۴	حجم صادرات

۱. در تمامی سناریوهای قبلی، فرض شده بود سرمایه‌ای که بهره‌برداری شده است قابل جابه‌جایی به سایر فعالیت‌ها در سال‌های آتی نیست.

۲. حل عددی مدل در سناریوی استفاده از فرم تابعی ترانس‌لوگ در شرایطی که امکان جابه‌جایی سرمایه و نیروی کار بین زیربخش‌ها وجود نداشته باشد پس از سال ۱۴۰۴ با مشکل مواجه می‌شود. دلیل آن این است که در برخی زیربخش‌ها کشش جایگزینی بسیار کاهش می‌یابد و مقدار تقاضای عوامل اولیه تولید به کمتر از صفر می‌رسد. تعیین حد پایین برای تقاضای عوامل موجب می‌شود رشد ارزش افزوده در برخی زیربخش‌ها متوقف شود و پاسخ‌های غیر منطقی به دست آید. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که رسیدن به حل عددی در صورت استفاده از فرم تابعی ترانس‌لوگ در برخی موارد بسیار مشکل است و نمی‌تواند پاسخ‌های منطقی تولید کند.



جایگزینی تابع تولید CES با تابع تولید ترانس‌لوگ باعث کاهش متوسط رشد اقتصادی در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۲۰ به مقدار ۰/۹ درصد می‌شود. این کاهش رشد در تمامی فعالیت‌های اقتصادی نیز کم و بیش وجود دارد.

بررسی تغییرات کشش جانشینی عوامل اولیه تولید در سناریوی استفاده از تابع تولید ترانس‌لوگ نشان می‌دهد که به طور متوسط در تمامی زیربخش‌ها، به جز بخش نفت و گاز، مقادیر کشش جانشینی بین عوامل اولیه تولید کاهش یافته است. با توجه به اینکه درصد رشد سرمایه (همان سرمایه‌گذاری) مثبت و درصد رشد عرضه نیروی کار منفی<sup>۱</sup> است، با گذشت زمان نسبت به کارگیری نیروی کار به کل عوامل اولیه تولید کاهش و قیمت حقیقی آن افزایش می‌یابد. هرچه کشش جانشینی بین نیروی کار و سرمایه بیشتر باشد، افزایش قیمت حقیقی نیروی کار باعث جانشینی بیشتر سرمایه خواهد شد که این مسئله قیمت حقیقی سرمایه را نیز کاهش می‌دهد؛ به عبارت دیگر، کاهش کشش جانشینی باعث کاهش توانایی جذب سرمایه بیشتر برای افزایش تولید می‌شود؛ به این ترتیب در مدل ترانس‌لوگ (TL) فعالیت‌هایی که کشش جانشینی کاهشی دارند، تقاضای سرمایه کمتر و قیمت آن بیشتر از مدل CES خواهد بود. چون این کاهش تقاضا همراه با جایگزینی عامل تولید دیگر نیست، حجم تولید در مدل TL کمتر از مدل CES خواهد بود.

بستایی مدل در زمینه عوامل اولیه تولید به صورتی است که برابری عرضه و تقاضای عوامل اولیه تولید از جمله نیروی کار در آن حاصل می‌شود. از آنجا که درصد رشد نیروی کار محدود و در هر دو سناریو یکسان است، بیشتر شدن تقاضای نیروی کار در چند زیربخش در سناریوی شکل تابعی CES نسبت به شکل TL باعث کمتر شدن تقاضای نیروی کار در بخش‌های دیگر در سناریوی شکل تابعی TL نسبت به CES خواهد شد. بخشی که کشش جانشینی بیشتری نسبت به سایر زیربخش‌ها داشته باشد، مقاومت کمتری در جذب نیروی کار خواهد داشت و در نتیجه نیروی کار بیشتری جذب خواهد کرد. بیشترین کشش جانشینی مربوط به بخش خدمات و پس از آن کشاورزی است که باعث می‌شود اشتغال نیروی کار در این دو بخش در سناریوی TL بیشتر از CES باشد.

۱. لازم به یادآوری است که سناریوی رشد جمعیت مطابق با پیش‌بینی بانک جهانی برای ایران تنظیم شده است. طبق آمار بانک جهانی رشد جمعیت بالقوه فعال بین ۲۰ تا ۶۵ سال کشور از متوسط ۱,۹۸ درصد بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ به ۰,۰۸- درصد در سال ۱۴۲۰ می‌رسد که این رشد روندی کاهشی دارد.

طبق معادله ۱۳ جهت تقعر تغییرات حجم تولید به ازای تغییرات تقاضای عوامل اولیه تولید به علامت پارامتر  $\gamma$  بستگی دارد. ضرایب به دست آمده  $\gamma$  برای تمامی زیربخش‌ها، به جز بخش نفت و گاز، مثبت است؛ در نتیجه در بخش نفت و گاز رشد تولید، که همراه با افزایش تقاضای سرمایه (که فراوان تر است) باشد، کاهش تقاضای نیروی کار را در پی خواهد داشت. باید توجه داشت که این مسئله با جانشین یا مکمل بودن عوامل اولیه تولید در تابع تولید متفاوت است زیرا همراه با افزایش تولید است.<sup>۱</sup>

$$\frac{\partial^2 \text{Ln}(QVA)}{\partial \text{Ln}(QF_i)^2} = \gamma_{i,i} \quad (13)$$

در طول دوره مورد بررسی، کشش بخش نفت و گاز تقریباً ثابت می‌ماند. از آنجا که تولید داخل در سناریوی TL نسبت به CES کمتر است، مصرف داخلی نفت و گاز که تنها برای مصارف واسطه است نیز کمتر خواهد شد؛ در نتیجه با توجه به اینکه تولید بخش نفت و گاز در سناریوی TL نسبت به CES کاهش چندانی نداشته است، صادرات نفت و گاز در سناریوی TL نسبت به سناریوی CES افزایش می‌یابد. مقایسه متوسط رشد صادرات در دو سناریو نشان می‌دهد که در سناریو TL افزایش صادرات بخش نفت و گاز بر کاهش صادرات سایر بخش‌ها غلبه کرده است، از این رو حجم صادرات کل در سناریوی TL بیشتر و نرخ ارز کمتر است. کاهش نرخ ارز باعث می‌شود در بخش کشاورزی، که تأثیرپذیری بالایی از بازارهای جهانی دارد (کشش بالای صادرات و آرمینگتون)، کم‌تر بودن نرخ ارز در سناریوی TL نسبت به CES کم‌تر شدن قیمت‌های داخلی تولید بخش کشاورزی را در سناریوی TL نسبت به سناریوی CES در پی داشته باشد.

در مجموع، شکل تابعی TL یک شکل تابعی انعطاف‌پذیر برای تابع تولید است که باعث هموارتر شدن تغییرات نتایج مدل می‌شود. از آنجا که در هر سال، مدل مقدار پس‌انداز دوره قبل را به عنوان سرمایه‌گذاری در دوره جدید به کار می‌گیرد، مدل TL اثر تغییر حجم سرمایه در تابع تولید را بر حجم تولید هموارتر و افزایش تولید را نسبت به مدل CES کندتر می‌کند؛ البته اثر استفاده از این شکل تابعی بر قیمت تولید

۱. بررسی کشش‌ها نشان می‌دهد که در تمام زیربخش‌ها در تابع TL عوامل اولیه تولید تا پایان دوره جانشین یکدیگر باقی می‌مانند.

زیربخش‌ها به پارامترهای مختلفی مانند درجه رقابت تولید داخلی و خارجی و رقابت بین زیربخش‌های داخلی در افزایش تولید و جذب عوامل اولیه تولید بستگی دارد. برای تحلیل حساسیت نتایج مدل به تغییر شکل تابع، مقدار اختلاف بین ارزش افزوده فعالیت‌ها در تمامی نقاط زمانی محاسبه شده و میانگین و انحراف از معیار آن به دست آمده است. به کمک این مقادیر اثر قطعیت نداشتن شکل تابعی مشخص می‌شود. به طور مشابه، از نسبت انحراف معیار به میانگین به عنوان شاخص بی‌بعد برای تعیین میزان حساسیت زیربخش‌ها به تغییر شکل تابعی استفاده شده است. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، نتایج به دست آمده برای ارزش افزوده بیشتر زیربخش‌ها مقداری بیشتر از ۱ دارد. این مقدار بیانگر حساسیت بالای نتایج نسبت به شکل تابعی است.

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار اختلاف موجود بین نتایج مدل در سناریوی شکل تابعی CES و سناریو شکل تابعی TL

فعالیت	میانگین	انحراف معیار	انحراف از معیار به میانگین
کشاورزی	۴۹۱۳۰	۷۶۲۸۱	۱/۵۵
نفت خام و گاز طبیعی	۷۸۰۱-	۲۱۲۶۰	۲/۷۳-
صنعت و معدن	۹۴۳۲۹	۱۳۵۲۴۸	۱/۴۳
ساختمان	۵۲۵۰۸	۷۳۵۷۰	۱/۴۰
خدمات	۲۰۳۷۸۵	۳۱۱۵۳۸	۱/۵۳
خدمات عمومی	۴۹۲۵	۴۰۰۸	۰/۸۱

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

برای تحلیل حساسیت خروجی مدل تعادل عمومی نسبت به مفروضات اعمال شده در زمینه فرم تابعی انتخاب شده، دو سناریو یکی با تابع تولید کشش جانشینی ثابت به عنوان نمونه‌ای از فرم‌های تابعی فراگیر نظام‌مند و دیگری ترانسلوگ به عنوان نمونه‌ای از فرم‌های تابعی انعطاف پذیر ارائه و نتایج مدل در هر دو سناریو با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان می‌دهد انتخاب فرم‌های تابعی تأثیر بسزایی در نتایج به دست آمده از مدل دارد. بیشترین حساسیت در زیربخش نفت و گاز و کمترین آن مربوط به بخش خدمات عمومی است. علاوه بر حساسیت متغیرهای حقیقی اقتصاد نسبت به فرم تابعی انتخاب شده، متغیرهای قیمتی نیز در دو سناریوی معرفی شده نسبت به شکل تابعی

تغییر نشان می‌دهد؛ بنابراین استفاده از فرم‌های تابعی به کمک کالیبراسیون مدل نسبت به یک مقدار کشش جانشینی مشخص در مدل تعادل عمومی محدود به زمانی می‌شود که داده‌های گذشته صحت فرم تابعی مذکور را برای اقتصاد ایران تأیید کند. افزون بر این، باید توجه داشت که استفاده از فرم‌های تابعی انعطاف‌پذیر ممکن است رسیدن به حل عددی را در مدل با مشکل مواجه کند. در این گونه موارد، اعمال محدودیت‌های مشخص روی مقادیر متغیرها گرچه ممکن است رسیدن به پاسخ را از لحاظ عددی میسر سازد اما باید در تفسیر نتایج دقت کرد تا منطقی بودن آن‌ها از بین نرود.

## منابع

۱. حساب‌های ملی ایران: حساب تولید تا حساب مالی به تفکیک بخش‌های نهادهای اقتصاد بر اساس سیستم حساب‌های ملی ۱۹۹۳ (SNA 1993) (۱۳۸۸). بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، معاونت اقتصادی، اداره حسابهای اقتصادی.
۲. بانوئی، علی اصغر (۱۳۸۳). بررسی کمی اقتصادی و اجتماعی نقش مردم در فرایند توسعه اقتصادی در قالب ماتریس حسابداری اجتماعی. گزارش نهایی طرح پژوهشی معاونت اجتماعی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، مرکز تحقیقات اقتصاد ایران، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی.
۳. حسن پور کاشانی، سمیه و ترکمانی، جواد (۱۳۸۶). بررسی رابطه پس انداز و سرمایه گذاری در ایران: کاربرد الگوی خودتوضیح برداری. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران.
4. Armington, P. (1969). A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *International Monetary Fund Staff Papers*, 16, 159-178.
5. Dervis, K., de Melo, J., & Robinson, S. (1982). *General equilibrium models for development policy*. Cambridge University Press, New York.
6. Landis, F. (2010). *Second-Order Sensitivity in Applied General Equilibrium* (CEPE Working Paper Number 71). Retrieved from Centre for Energy Policy & Economics (CEPE), ETH Zurich.
7. Lofgren, H., Harris, R. L., Robinson, S., Thomas, M., & El-Said, M. (2002). A standard computable general equilibrium (CGE) model in GAMS. *Microcomputers in Policy Research*, 5, 1-68.
8. McKittrick, R. R. (1998). The Econometric Critique of Computable General Equilibrium Modelling: The Role of Functional Forms. *Economic Modelling*, 15, 543-573.
9. Perroni, C., & Rutherford, T. F. (1995). Regular flexibility of nested CES functions. *European Economic Review*, 39 (2), 335-343.
10. Population Projection Tables by Country & Group, World bank. Permanent URL: <http://go.worldbank.org/KZHE1CQFA0>
11. Rutherford, T. F. (2002). *Lecture Notes on Constant Elasticity Functions*. Retrieved from University of Colorado.

12. Shoven, J. B., & Whalley, J. (1992). *Applying General Equilibrium* (Cambridge Surveys of Economic Literature). Cambridge University Press. United Kingdom: Cambridge.
13. Turner, K. (2009). Negative rebound and disinvestment effects in response to an improvement in energy efficiency in the UK economy. (Working Papers Number 0902). Retrieved from University of Strathclyde Business School, Department of Economics.

## پیوست الف: مقادیر پارامترهای مدل

فعالیت	کشش	کشش	کشش
کشاورزی	۱/۴	۵	۳,۶
نفت خام و گاز طبیعی	۰/۵۳	-a	۰/۵b
صنعت و معدن	۱/۲۳	۱/۸۵	۱/۴۲
ساختمان	۱/۳۵	-	-
خدمات	۱/۴۹	۱/۷۲	۱/۳۸
خدمات عمومی	۱,۵	۰/۵	۰/۵

a: به دلیل نزدیک کردن نتایج مدل به دنیای واقع، واردات این بخش در سطح سال پایه و برای تمامی دوره‌ها ثابت در نظر گرفته شده است.

b: پایین فرض شدن کشش صادرات پایین بودن تبعیت قیمت‌های داخلی از قیمت‌های جهانی را منعکس می‌کند.

## پیوست ب: ماتریس حسابداری اجتماعی ایران در سال ۱۳۸۰

مخارج کل	دنیای خارج	بخش پولی	سرمایه‌گذاری	انباشت	مالیات	دولت	شرکت‌ها	خانوار	عوامل اولیه	کالا	فعالیت
۱۲۸۳۴۸۰	۱۲۴۹۷۶				۹۳۸۶					۱۱۴۹۱۱۸	فعالیت
۱۱۴۹۱۱۸					۸۹۶۵				۷۲۲۷۱۷	۴۱۷۴۳۵	کالا
۷۲۶۹۲۶	۳۲۰۶					۱۵۱۰۵۰	۱۳۳۳۳۸	۴۳۹۳۲۲			عوامل اولیه
۴۸۵۸۱۱	۳۷			۵۱۳۵۸	۳۷۰۴۰					۳۹۷۳۷۶	خانوار
۱۲۸۶۱۹				۱۱۴۸۴۶				۱۳۷۷۳			شرکتها
۲۰۸۱۵۶	۶۹۶			۷۴۷۹۳				۳۲۶۵۴		۱۰۴۷۳۳	دولت
۵۵۳۹۱						۵۵۳۹۱					مالیات
۳۵۶۵۳۹		۱۵۰۳۲۶	۱۷۷۵۹۲							۲۸۶۲۱	انباشت
۱۷۷۵۹۳										۱۷۷۵۹۳	سرمایه گذاری
۱۷۳۷۹۴	۳۸۸۶۰	۱۹۳۹۳		۱۱۵۵۴۳							بخش پولی
۱۶۷۷۷۵	۴۰۷۵				۱۷۱۵		۱	۵۲	۴۲۰۹	۱۵۷۷۲۰	دنیای خارج
	۱۶۷۷۷۵	۱۷۳۷۹۴	۱۷۷۵۹۳	۳۵۶۵۳۹	۵۵۳۹۱	۲۰۸۱۵۶	۱۲۸۶۱۹	۴۸۵۸۱۱	۷۲۶۹۲۶	۱۱۴۹۱۱۸	درآمد کل (میلیارد ریال)