تحقیقات اقتصادی / دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۳ / ص ۸۳۳-۷۹۹

اصلاح یارانه‌های انرژی و مسیر زمانی مصارف انرژی (رهیافت مدل DCGE)

غلامعلی شرزه‌ای[۱]، منصور خلیلی عراقی[۲]، سجاد برخورداری[۳*]

۱. دانشیار، دانشگاه تهران، دانشکدهٔ اقتصاد gasharzei@yahoo.com

۲. استاد، دانشگاه تهران، دانشکدهٔ اقتصاد khalili@ut.ac.ir

۳. استادیار، دانشگاه تهران، دانشکدهٔ اقتصاد barkhordari@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۲/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۷/۰۸

چکیده

اصلاح یارانه‌های انرژی در سال‌های اخیر موجب شده است که در نتیجهٔ واکنش خانوارها و بنگاه‌ها رشد اقتصادی کشور تحت تأثیر قرار بگیرد. هرچند در کوتاه‌مدت مصرف انرژی و رشد اقتصادی کاهش می‌یابد، انتظار می‌رود در میان‌مدت و بلندمدت، بر اثر تعدیل رفتار کارگزاران اقتصادی، رشد اقتصادی افزایش یابد. متناسب با این تغییرات، مصرف انرژی نیز تجربهٔ متفاوتی نسبت به گذشته خواهد داشت. در این مطالعه تلاش شده است تعدیل رفتار کارگزاران اقتصادی در نتیجهٔ اصلاح یارانه‌های انرژی در یک افق بلندمدت در چارچوب مدل تعادل عمومیِ قابلِ محاسبهٔ پویا مدل‌سازی شود و در چارچوب یک الگوی پویا مسیر زمانی مصرف انرژی در هر دو بخش- مصرف نهایی و مصرف واسطه- با ارائهٔ سناریوهای مختلف شناسایی گردد. برای حل مدل و اجرایِ سناریوهای مختلف از داده‌های جدول داده- ستادهٔ ۱۳۸۳ و نرم‌افزار GAMS استفاده شد. نتایج حاصل از سناریوهای مختلف نشان می‌دهد که در همهٔ سناریوها مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی واکنش شدیدی در مقایسه با سایر انواع انرژی، در نتیجهٔ اصلاح قیمت‌های انرژی در هر دو بخش، خواهند داشت. همچنین، نتایج مطالعه نشان می‌دهد رشد مصرف انرژی در همهٔ سناریوها، در مقایسه با رشد تولید، کُندتر خواهد شد و اقتصاد در دورهٔ میان‌مدت و بلندمدت به مسیر رشد خود بازخواهد گشت. از این رو، حمایت از تسریع تعدیل در رفتار کارگزاران اقتصادی می‌تواند از آثار منفی اصلاح قیمت‌های انرژی در رشد اقتصادی کشور بکاهد.

طبقه‌بندی JEL: Q43، C61، C68، E64

واژه‌های کلیدی: پویایی، تعادل عمومی، تعدیل اقتصادی، رشد اقتصادی، مصرف انرژی.

---

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۸۸۰۱۵۲۵۳

Archive of SID

www.SID.ir

۱. مقدمه

مصرف نهایی انرژی در ایران همواره روند صعودی داشته است. پس از پیروزی انقلاب اسلامی و آغاز فعالیت‌های بازسازی اقتصاد کشور بعد از جنگ تحمیلی، میزان مصرف نهایی انرژی نیز در کشور افزایش یافته است. کل مصرف نهایی انرژی از ۱۹۳٫۶ میلیون بشکه معادل نفت خام در ۱۳۵۷ به ۱۱۱۵٫۱ میلیون بشکه معادل نفت خام در ۱۳۸۷ رسیده است. افزایش مصرف نهایی انرژی در ۱۳۸۸ نیز تداوم داشته و با رشد ۴٫۷ درصدی به ۱۱۶۶٫۳ میلیون بشکه معادل نفت خام رسیده است. میزان کل مصرف نهایی انرژی در ۱۳۸۷، در مقایسه با آغاز دههٔ ۱۳۸۰، بیش از ۶۳ درصد افزایش یافته است. بیشترین میزان این افزایش اختصاص دارد به مصرف نهایی برای تأمین انرژی (وزارت نیرو، ۱۳۸۹: ۲۰).

رشد اقتصادی کشور در طی دورهٔ ۱۳۵۷ــ ۱۳۶۸ روند نوسانی داشته و در برخی سال‌ها رشد منفی نیز داشته است. اما رشد اقتصادی کشور پس از ۱۳۶۸ همواره مثبت بوده است. روند صعودی رشد اقتصادی کشور در طی دورهٔ ۱۳۶۸ـ ۱۳۸۸ همانند رشد مصرف نهایی انرژی نوسان داشته است. ساختار منابع‌محوربودن اقتصاد کشور موجب شده است که مسیر رشد اقتصادی کشور همسو با مسیر رشد مصرف نهایی انرژی باشد. بدین معنی، در سال‌هایی که رشد اقتصادی کشور افزایش یافته، رشد مصرف نهایی انرژی کشور نیز افزایش یافته است. و در سال‌هایی که رشد اقتصادی کشور کاهش یافته، مصرف نهایی انرژی نیز کاهش یافته است.

واکنش خانوارها و بنگاه‌ها به آزادسازی قیمت انرژی موجب تغییرِ رشد اقتصادی کشور می‌شود. هرچند در کوتاه‌مدت مصرف انرژی و رشد اقتصادی کاهش می‌یابد، انتظار می‌رود در میان‌مدت و بلندمدت، در نتیجهٔ تعدیل رفتار کارگزاران اقتصادی، رشد اقتصادی افزایش یابد. متناسب با این تغییرات، مصرف انرژی نیز تجربهٔ متفاوتی نسبت به گذشته خواهد داشت. حال سؤال این است که با تعدیلِ رفتار کارگزاران اقتصادی در میان‌مدت و بلندمدت تولید و مصرف انواع انرژی در کشور چگونه تغییر خواهد کرد؟ به بیان دیگر، مسیر زمانی تولید و مصرف انواع انرژی، با توجه به اصلاحات قیمتی، در افق زمانی میان‌مدت و بلندمدت چگونه خواهد بود؟

Archive of SID

www.SID.ir

شناسایی مسیر زمانی تولید و مصرف انواع انرژی در افق زمانی میان‌مدت و بلندمدت به تصمیم‌گیری‌های اقتصادی در این حوزه کمک شایانی می‌کند. از این رو، هدف از این مطالعه شناسایی مسیرهای زمانی تولید و مصرف انواع انرژی در نتیجهٔ آزادسازی قیمت آن‌هاست. به منظور پاسخ به سؤالات مذکور و دستیابی به این هدف، در این مقاله در چارچوب مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبهٔ پویا تعدیل رفتار کارگزاران اقتصادی در یک الگوی پویا بررسی می‌شود و مسیر زمانی متغیرهای هدف تعیین می‌گردد. بدین منظور، نخست شواهد نظری و تجربی روابط بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی مرور می‌شود. سپس، مشخصه‌های مدل تعادل عمومی قابل محاسبهٔ پویا معرفی و نتایج حاصل از سناریوسازی‌های مختلف ارائه می‌شود.

۲. شواهد نظری و تجربی

انرژی همواره، به عنوان یکی از عوامل تولید، در رشد اقتصادی کشورها نقش داشته است. همسو با رشد اقتصادی کشورها، مصرف انرژی آن‌ها نیز تغییر کرده است. رشد اقتصادی جهان از رشد ۴٫۹ درصد متوسط سالانه از ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ به سطح ۳ درصد در ۲۰۰۸ و ۱ درصد در ۲۰۰۹ کاهش یافت. همسو با کاهش رشد اقتصادی، رشد مصرف انرژی در جهان نیز به ۱٫۲ درصد در ۲۰۰۸ رسید و در ۲۰۰۹ نیز با کاهش ۲٫۲ درصد مواجه گردید. از این رو، مشاهده می‌شود همسویی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در نگاه کلان وجود دارد. اما مشخصه‌های اقتصادی هر یک از کشورها نقش تعیین‌کننده‌ای در شدت این همسویی دارد (IEA, 2010).

کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی (OECD)[1] همواره سهم بالایی از مصرف انرژی جهان را به خود اختصاص داده‌اند. برای نخستین بار، در ۲۰۰۷، مصرف انرژی در بین کشورهای غیرعضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی از مصرف کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی پیشی گرفت. مصرف انرژی در کشورهای غیرعضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی، در ۲۰۰۷، ۱/۵ درصد بیش از مصرف انرژی

1. Organization for Economic Co-operation and Development

www.SID.ir

در کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی بوده است. بر اساس پیش‌بینی آژانس بین‌المللی انرژی (۲۰۱۰)، مصرف انرژی در کشورهای غیرعضو ۳۲ درصد بیش از مصرف انرژی در کشورهای عضو در ۲۰۲۰ و ۶۳ درصد بیشتر در ۲۰۳۵ خواهد بود. دلیل اصلی رشد مصرف انرژی در کشورهای غیرعضو به رشد مورد انتظار تقاضای انرژی برای اقتصادهای غیرعضو نوظهور، نظیر هند، چین، و برزیل، برمی‌گردد.

رشد اقتصادی ایران در طی دورهٔ ۱۳۵۷ ـ ۱۳۶۸ روند نوسانی داشته و در برخی سال‌ها رشد منفی نیز داشته است. اما رشد اقتصادی کشور پس از ۱۳۶۸ همواره مثبت بوده است. روند صعودی رشد اقتصادی کشور در طی دورهٔ ۱۳۶۸ـ ۱۳۸۸ همانند رشد مصرف نهایی انرژی نوسان داشته است. ساختار منابع‌محوربودن اقتصاد کشور موجب شده است که مسیر رشد اقتصادی کشور همسو با مسیر رشد مصرف نهایی انرژی باشد. بدین معنی، در سال‌هایی که رشد اقتصادی کشور افزایش یافته است، مصرف نهایی انرژی کشور دارای رشد فزاینده بوده، و در سال‌هایی که رشد اقتصادی کشور کاهش یافته، مصرف نهایی انرژی نیز کاهش یافته است.[۱]

چنین مشخصه‌ای بین رشد اقتصادی و رشد مصرف نهایی انرژی در ایران نشان می‌دهد که رشد اقتصادی کشور عامل اثرگذاری در رشد مصرف نهایی انرژی[۲] است. از این رو، با افزایش (یا کاهش) رشد اقتصادی کشور انتظار می‌رود مصرف نهایی انرژی افزایش (یا کاهش) یابد. هرچند که بین رشد مصرف نهایی انرژی و رشد اقتصادی در طی دورهٔ ۱۳۵۷ـ ۱۳۸۸ همسویی بوده است، در طی این دوره، در بیشتر سال‌ها، رشد مصرف نهایی انرژی از رشد اقتصادی کشور پیشی گرفته است. این امر موجب شده است که در بیشتر سال‌های دورهٔ ۱۳۵۷ـ ۱۳۸۸ نسبتِ رشد مصرف نهایی انرژی به تولید ناخالص داخلی کشور مثبت باشد. این امر نشان می‌دهد که عوامل دیگری، نظیر قیمت، جمعیت، تکنولوژی، و غیره، در مصرف نهایی انرژی در کشور اثرگذار بوده‌اند.

---

۱. چنین استنباطی بر اساس بررسی مسیر زمانی رشد اقتصادی و رشد مصرف انرژی بر اساس آمار و اطلاعات بانک مرکزی و وزارت نیرو انجام شده است.

۲. منظور از مصرف نهایی انرژی مصرف انرژی به عنوان یک کالای نهایی است.

Archive of SID

www.SID.ir

بر اساس ادبیات موجود، اثر تغییرات قیمت انرژی بر مصرف آن در طی گذر اقتصادی مبهم است. اثر تغییرات قیمت انرژی بر مصرف انرژی در دورهٔ گذر را می‌توان در سه مسیر زیر خلاصه نمود:

الف) افزایش قیمت‌های انرژی موجب کاهش مصرف انرژی به خاطر کاهش در رشد اقتصادی می‌شود؛ تحلیلگران حوزهٔ اقتصاد انرژی انتظار دارند که اثر افزایش قیمت‌های انرژی در رشد اقتصادی اندک باشد، زیرا با افزایش قیمت‌های انرژی، از یک سو، شدت مصرف انرژی در اقتصاد کاهش می‌یابد و، از سوی دیگر، جانشین‌های زیادی برای انرژی فراهم می‌شود. از این رو، آثار بلندمدت افزایش قیمت‌های انرژی بر مصرف انرژی و رشد اقتصادی در مقایسه با آثار کوتاه‌مدت آن کمتر خواهد بود (IEA, 2010).

ب) افزایش قیمت‌های انرژی موجب افزایش کارایی انرژی در اقتصاد می‌شود؛ افزایش قیمت‌های انرژی موجب افزایش کارایی انرژی در بخش‌های پُرمصرف، به‌ویژه حمل و نقل، می‌شود و انتظار می‌رود که از این مسیر اثر منفی بر مصرف انرژی مشاهده شود. اسچیپر[1] (۲۰۰۸) نشان می‌دهد که به لحاظ تاریخی هم بین کارایی انرژی و قیمت‌های آن در مناطق مختلف ارتباط قوی مشاهده شده است. روت و همکاران[2] (۲۰۰۸) نیز نشان دادند که افزایش قیمت‌های انرژی به تنهایی موجب افزایش کارایی انرژی نشده است و سیاست‌های انرژی نقش مؤثری در این امر داشته است.

ج) افزایش قیمت‌های انرژی موجب به‌کارگیری جانشین برای آن می‌شود؛ سومین اثر افزایش قیمت‌های انرژی بر مصرف انرژی به جایگزینی انرژی‌های ارزان‌قیمت به جای انرژی‌های گران‌قیمت برمی‌گردد. کری و همکاران[3] (۲۰۰۷) تأکید می‌کنند که نااطمینانی دربارهٔ قیمت‌های انرژی موجب پیش‌بینی‌های متفاوت در مورد انرژی خواهد شد، زیرا قیمت حامل‌های مختلف انرژی از یکدیگر تأثیر می‌پذیرند، مثلاً ممکن است به دلیل افزایش قیمت گاز طبیعی برای تولید برق به جای گاز طبیعی از زغال سنگ استفاده شود، بدین ترتیب، افزایش تقاضا برای زغال سنگ موجب افزایش قیمت آن خواهد شد.

1. Schipper
2. Rout et al.
3. Krey et al.

Archive of SID

www.SID.ir

مطالعات تجربی در زمینهٔ مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در طی گذر اقتصادی[۱] نیز نتایج متفاوتی در پی داشته است. هوانگ و همکاران[۲] (۲۰۰۸) رابطهٔ علّی بین مصرف انرژی و رشد تولید ناخالص داخلی را با استفاده از روش داده‌های پانل پویا[۳] برای ۸۲ کشور در دورهٔ ۱۹۷۲ـ۲۰۰۲ مطالعه کردند. نتایج مطالعهٔ آن‌ها نشان می‌دهد که در کشورهایی با درآمد پایین بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی هیچ رابطهٔ علّی وجود ندارد. در کشورهایی با درآمد متوسط رو به بالا و متوسط رو به پایین رابطهٔ علّی یک‌سویهٔ مثبت از رشد اقتصادی به مصرف انرژی وجود دارد و در کشورهایی با درآمد بالا رابطهٔ علّی منفی یک‌سویه از رشد اقتصادی به مصرف انرژی وجود دارد.

هتزیگیورگیو و همکاران[۴] (۲۰۱۱) روابط علّی بین تولید ناخالص داخلی و شدت انرژی در یونان را برای دورهٔ ۱۹۷۷ـ۲۰۰۷ با استفاده از آزمون‌های علّیت گرنجری بر پایهٔ مدل‌های تصحیح خطای برداری مطالعه کردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان می‌دهد که یک رابطهٔ یک‌سویه از تولید ناخالص داخلی به شدت انرژی وجود دارد.

مارتینسن و همکاران[۵] (۲۰۰۷) اثر تغییر قیمت‌های انرژی بر سیستم انرژی در آلمان را با استفاده از مدل مرحلهٔ زمانی پایین- بالا[۶] مطالعه کردند. در این مطالعه سناریوی افزایش پیوستهٔ قیمت‌های انرژی و سناریوی تکانهٔ قیمت‌های انرژی مطالعه شد. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که قیمت‌های بالای انرژی به کاهش معنادار در عرضهٔ انرژی و تغییرات ساختاری در عرضهٔ انرژی منجر می‌شود. در سناریوی قیمت‌های بالای انرژی کاهش پیوستهٔ تقاضای انرژی پیش‌بینی شده است، اما در سناریوی تکانهٔ قیمت‌های انرژی یک حداقل موقتی در تقاضای انرژی در ۲۰۱۵ اتفاق خواهد افتاد و پس از آن تقاضای انرژی به سمت سناریوی پایه حرکت خواهد کرد.

---

۱. منظور از گذر اقتصادی دورهٔ زمانی است که بعد از آزادسازی قیمت‌ها برای تعدیل رفتار کارگزاران اقتصادی مورد نیاز است.

2. Huang et al
3. Dynamic panel data
4. Hatzigeorgiou et al.
5. Martinsen et al.

۶. این مدل یک بهینه‌سازی خطی پویامرحلهٔ زمانی است که سیستم عرضه و تقاضای انرژی آلمان را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج مطالعهٔ کلوت[1] (۱۹۹۴) دربارهٔ مصرف انرژی و تعدیل ساختاری در آلمان نشان می‌دهد که صرفه‌جویی در انرژی از طریق بهبود بهره‌وری در صنایع حاصل می‌شود و انتقال ساختاری از صنایع با مصرف انرژی بالا (انرژی‌بر) به صنایع با مصرف انرژی پایین سهمی تعیین‌کننده در صرفه‌جویی انرژی ندارد. بررسی رابطهٔ مصرف انرژی و عملکرد اقتصادی برای مالزی توسط ناتاکوما و سوبرامانیام[2] (۲۰۱۰) نشان می‌دهد که بین کل مصرف انرژی و عملکرد اقتصادی در این کشور رابطه‌ای دوسویه وجود دارد و سرعت تعدیل به تعادل بلندمدت ناشی از شوک‌های کوتاه‌مدت در عملکرد اقتصادی مالزی بر مصرف انرژی در سطح متوسط است.

مطالعات نور و صدیقی[3] (۲۰۱۰) دربارهٔ کشورهای جنوب آسیا و مطالعهٔ آسافو-آدجی[4] (۲۰۰۰) در کشورهای در حال توسعهٔ آسیایی نیز نشان می‌دهد که رابطهٔ بین مصرف انرژی، قیمت‌های انرژی، و رشد اقتصادی در کوتاه‌مدت و بلندمدت مختلف است. در این مطالعات، در کوتاه‌مدت علّیت یک‌سویه از سرانهٔ تولید ناخالص داخلی به سرانهٔ مصرف انرژی مشاهده شده است، در حالی که در بلندمدت رابطهٔ علّی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی چنان قوی نیست. یکی از دلایل این امر به اثر شوک‌های قیمت انرژی در دههٔ ۱۹۷۰ بر اقتصاد این کشورها برمی‌گردد.

مهرآرا (۲۰۰۷) رابطهٔ بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی را در یازده کشور صادرکنندهٔ نفت با استفاده از آزمون ریشهٔ واحد و تحلیل هم‌انباشتگی مطالعه کرد. نتایج این مطالعه نیز رابطهٔ علّی از سرانهٔ تولید ناخالص داخلی به مصرف انرژی در کشورهای مورد مطالعه را تأیید می‌کند.

تعدادی از مطالعات در ایران نیز به بررسی رابطهٔ بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی پرداخته‌اند. بررسی روابط علّی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران برای دوره‌های مختلف زمانی نتایج متفاوتی در پی داشته است. آرمن و زارع (۱۳۸۴) در بررسی رابطهٔ علّی

1. Klodt
2. Nanthakumar and Subramaniam
3. Noor and Siddiqi
4. Asafu- Adjaye

Archive of SID

www.SID.ir

بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی برای دورهٔ ۱۳۴۶ـ۱۳۸۱ به این نتیجه رسیدند که رابطهٔ علّی یک‌سویه از کل مصرف انرژی، مصرف فرآورده‌های نفتی، و مصرف برق به رشد اقتصادی و رابطهٔ علّی یک‌سویه از رشد اقتصادی به مصرف گاز طبیعی و مصرف سوخت‌های جامد وجود دارد. این نتایج در مطالعات بهبودی، اصغرپور و قزوینیان (۱۳۸۷)، آماده، قاضی و عباسی‌فر (۱۳۸۸)، و بهبودی، فلاحی و برقی گلعذانی (۱۳۸۹) نیز به‌دست آمد.

در مطالعات دیگر، نظیر شرزه‌ای و حقانی (۱۳۸۸)، رابطهٔ علّی بین مصرف انرژی و درآمد ملی برای دورهٔ ۱۳۵۳ـ۱۳۸۴ بررسی شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که رابطهٔ علّی یک‌سویه از درآمد ملی به مصرف انرژی وجود دارد.

مرور ادبیات نظری و تجربی در زمینهٔ مصرف انرژی و رشد اقتصادی نشان می‌دهد که رابطهٔ بین این دو متغیر از عوامل کلیدی، نظیر قیمت‌ها، متأثرند. فعالان اقتصادی به این تغییر قیمت‌ها واکنش نشان می‌دهند. میزان واکنش به این تغییرات به زمان بستگی دارد و در بلندمدت این واکنش متفاوت خواهد بود. از این رو، تعدیل اقتصاد به وضعیت جدید به دنبال تغییر در قیمت‌های انرژی موجب می‌شود که رابطهٔ بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی متأثر شود. در مطالعات تجربی مرورشده، از یک سو، وضعیت گذر اقتصادی ناشی از تعدیل در رفتار کارگزاران اقتصادی به صورت مجزا و در چارچوب تعدیل جزئی بررسی نشده است. از سوی دیگر، به تعدیل رفتار کارگزاران اقتصادی در این مطالعات به صورت غیرمستقیم و در شکل رفتار پنهان در متغیرها توجه نشده است. در این مطالعه هر دو مشکل مطالعات گذشته در چارچوب ادبیات اقتصاد انرژی و بر اساس مدل‌سازی‌های تعادل عمومی پویا مرتفع می‌شود.

۳. چارچوب مدل تعادل عمومی قابل محاسبه

در این مطالعه، با توجه به هدف تعریف‌شده، مدل تعادل عمومی قابل محاسبه از نوع پویاست؛ از این مدل به منظور تحلیل ارتباط بین مصرف انرژی و سایر متغیرهای کلان اقتصادی در نتیجهٔ به‌کارگیری سیاست‌های اصلاح قیمت حامل‌های انرژی در ایران استفاده می‌شود. بحث پویایی در این مطالعه، در راستای چارچوب نظری مدل‌سازی‌های تعادل عمومی پویا، به روش پویایی کامل در مدل لحاظ شده است. در چارچوب این

Archive of SID

www.SID.ir

روش، رفتار مصرف‌کنندگان، تولیدکنندگان، و سرمایه‌گذاری در مدل به صورت بهینه‌سازی درون‌دوره‌ای و بینِ دوره‌ای لحاظ می‌شود و رفتار دولت و بخش خارجی به صورت ساده مدل‌سازی می‌شود.[۱]

مدل تعادل عمومی قابل محاسبه در این مطالعه دربرگیرندهٔ کارگزاران اصلی است، شامل بنگاه‌ها، خانوارها و دولت، جریان کالاها و خدمات، پرداختی به عوامل تولید، روابط خارجی، و ارتباط با محیط زیست. رفتار هر یک از کارگزاران اقتصادی بر پایهٔ اصول اقتصاد خرد تعریف می‌شود و هر یک از بازارها با توجه به واقعیت‌های اقتصادی کشور تعریف می‌شود. مدل در چارچوب والراسی از طریق برابری عرضه و تقاضا در همهٔ بازارها به تعادل می‌رسد و قیمت‌ها و مقادیر تعادلی بر این اساس تعیین می‌شوند.[۲] همچنین، در این مدل، برخلاف مدل‌های داده- ستاده، امکان جانشینی در بین نهاده‌های تولید لحاظ می‌شود و به آثار انتقال از بازارهای مختلف توجه می‌شود. رفتار دولت نیز بر اساس مالیات‌ها، یارانه‌ها، و انتقالات در مدل اعمال می‌شود. برخی از اجزای اصلی مدل در دو بخش اجزای ایستا و اجزای پویای مدل به شرح زیر است:[۳]

۱.۳. اجزای ایستای مدل

اجزای ایستای مدل شامل بخش تولید، مصرف، دولت، و بخش خارجی است. هر یک از اجزای ایستای مدل دارای مشخصاتی است که در ادامهٔ مقاله بررسی خواهند شد.

---

۱. مدل این مطالعه مدل توسعه‌یافتهٔ دوارجان و دلفین (۱۹۹۸) است.

۲. با توجه به اینکه اساس مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه تعادل والراسی است و در این چارچوب حل می‌شوند، فرض برابری عرضه و تقاضا در بازارها جزء جدایی‌ناپذیر این مدل‌هاست. اما نکتهٔ درخور توجه آن است که چون به تعادل کلان اقتصاد در این مدل‌ها توجه می‌شود، ممکن است نابرابری عرضه و تقاضا در برخی بازارها وجود داشته باشد. چنین شرایطی مشکلی برای کل مدل و حل آن ایجاد نمی‌کند. در مدل این مطالعه نیز به این نکته توجه شده است.

۳. با توجه به حجم زیاد تعداد معادلات مدل، فقط به برخی از مهم‌ترین این معادلات در متن اشاره می‌شود. فهرست کامل معادلات و همچنین فهرست کامل پارامترها، طبقه‌بندی متغیرها به برون‌زا و درون‌زا به دلیل محدودیت در حجم مقاله ارائه نشده است. در صورت نیاز قابل ارائه است.

Archive of SID

www.SID.ir

الف) تولید

در بخش تولید، بنگاه‌ها در کل اقتصاد کشور در قالب نُه بخش تولیدی تجمیع شده‌اند. این بخش‌ها شامل سه بخش انرژی (برق، نفت و مشتقات آن، و گاز[۱])، پنج بخش غیر انرژی (صنایع سبک، صنایع سنگین، حمل و نقل، کشاورزی و جنگل، و خدمات)، و یک بخش تولید کالاهای سرمایه[۲] است. فرض می‌شود هر بخش فقط یک کالا تولید می‌کند و کالای تولیدشده برای مصرف توسط بنگاه‌ها به عنوان کالای واسطه در تولید یا برای مصرف نهایی قابل دسترس است. کالاهایی که به عنوان نهادهٔ واسطه مصرف می‌شوند با دو علامت- شامل j برای بخش مبدأ و k برای بخش استفاده‌کننده، به صورت زیر در مدل نشان داده می‌شوند:

$$\begin{aligned} j &= \{۱, ۲, ۳, \ldots, ۹\} \\ k &= \{۱, ۲, ۳, \ldots, ۹\} \end{aligned} \qquad (۱)$$

مهم‌ترین مشخصهٔ مدل آن است که تولید هر بخش دربرگیرندهٔ دو نوع کالای سرمایه‌ای به لحاظ بُعد زمانی است: یک، کالای سرمایهٔ دورهٔ جاری، که از طریق سرمایه‌گذاری در دورهٔ قبلی به‌دست می‌آید؛ دو، کالای سرمایه‌ای دورهٔ قبلی، که از ترکیب همهٔ کالاهای سرمایه‌ای خریداری‌شده در دوره‌های قبلی حاصل می‌شود. در زمان t، مجموعه امکانات تولید برای هر بنگاه نوعی توسط بردار کالاهای سرمایه‌ای موجود به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$K_t = \{K_{۱t}, K_{۲t}\} \qquad (۲)$$

در این رابطه $K_{۱t}$ و $K_{۲t}$ به‌ترتیب کالای سرمایه در دورهٔ قبلی و دورهٔ جاری را نشان می‌دهند. فرض می‌شود هر کالای سرمایه‌ای، که دربرگیرندهٔ سطحی از تکنولوژی در

۱. سوخت‌های فسیلی در این مطالعه در سه دسته سوخت‌های جامد، مایع، و گاز مورد توجه قرار گرفته‌اند. با توجه به اینکه زغال سنگ، به عنوان سوخت فسیلی جامد، سهم کمتر از یک درصد در مصارف انرژی کشور دارد، فقط سوخت‌های فسیلی مایع و گاز در مدل لحاظ شده‌اند. سوخت‌های فسیلی مایع در این مطالعه شامل نفت و مشتقات آن (بنزین، گازوئیل، و نفت کوره) و سوخت‌های فسیلی گازی شکل‌اند.

۲. کالاهای سرمایه‌ای به منظور تحلیل رفتار پویایی در مدل لحاظ شده‌اند. همچنین، به منظور تحلیل بهتر، تولید کالاهای سرمایه‌ای از سایر بخش‌ها منفک شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

حال تکمیل است، از یک کالای سرمایه‌ای به کالای سرمایه‌ای دیگر متفاوت است و در طول زمان تکمیل می‌شود.

تکنولوژی تولید، که در هر کالای سرمایه‌ای وجود دارد، در قالب تابع تولید با کشش جانشینی ثابت آشیانه‌ای (NCES)[1] نشان داده می‌شود.[2] در ساختار آشیانه‌ای، امکان جانشینی عوامل سرمایه (K)، نیروی کار (L)، نهاده‌های انرژی، و نهاده‌های غیرانرژی فرض می‌شود. ساختار آشیانه‌ای در این مدل دربرگیرندهٔ سه سطح است: در سطح ابتدایی ساختار آشیانه‌ای، سوخت‌های فسیلی شامل زغال سنگ، نفت، و گاز $\left(\mathrm{ICj},\ \mathrm{j}=\{۲,۳,۴\}\right)$ با هم تجمیع می شوند و سوخت فسیلی (FF) را تشکیل می‌دهند. سوخت فسیلی با برق (EL = IC1) ترکیب می‌شود و محصول انرژی (EN) را به‌دست می‌دهد. در همان سطح، نهاده‌های اولیه شامل نیروی کار (L) و سرمایه (K) با هم ترکیب می‌شوند و ارزش افزودهٔ اولیه (EV) را تشکیل می‌دهند. در سطح دوم، محصول انرژی (EN) و ارزش افزوده (EV) در چارچوب تابع با کشش جانشینی ثابت (CES) در یک تجمیع ارزش افزوده- انرژی (EVA) ترکیب می‌شوند. در مرحلهٔ سوم، تجمیع ارزش افزوده- انرژی (EVA) با تجمیع محصولات غیرانرژی (MAT) ترکیب می‌شود و محصول ناخالص (Q) تولید می‌شود.

محصول ناخالص بخشی (Q) بین عرضهٔ داخلی (D) و صادرات (E) در چارچوب تابع تبدیل با کشش ثابت (CET) تقسیم می‌شود. عرضهٔ کل (X) نیز ترکیبی است در چارچوب تابع تبدیل با کشش ثابت (CET) از عرضهٔ داخلی (D) و واردات (M). عرضهٔ کل کالای نهایی را برای پاسخ‌گویی به کل تقاضا فراهم می‌کند. تقاضای کل کالاهای نهایی شامل مصرف دولت و بخش خصوصی، انباشت، و مصرف به عنوان نهاده‌های واسطه در فرایند تولید بخش‌هاست.

تولیدکنندهٔ نمونه[3] به دنبال حداکثرکردن تابع سود خالص است. درآمدهای فروش ناشی از فروش داخلی (X) به علاوهٔ صادرات (E) منهای واردات (M) حاصل می‌شود. بنگاه‌ها فرض می‌شوند که گیرندهٔ قیمت هستند و قیمت‌ها به صورت پارامتر در مدل وارد می‌شوند

1. Nested Constant Elasticity Substitution

۲. دلیل استفاده از شکل تبعی کشش جانشینی ثابت به مشخصهٔ انعطاف‌پذیری فرم تبعی آن برمی‌گردد.

3. Representative producer

Archive of SID

www.SID.ir

(P_X، P_M، و P_E به‌ترتیب قیمت محصول، فروش داخلی، قیمت واردات و قیمت صادرات انـد). قیمت نهادهٔ نیروی کار و نهاده‌هـای واسـطه بـه‌ترتیـب بـا P_L و $P_{c,j}$ $\left(j=\{۱,۲,۳,...,۸\}\right)$ نشان داده می‌شود. هزینهٔ نهاده‌ها مجموعهٔ دو کالای سرمایه‌ای از بُعد زمـانی هسـتند. نکتـهٔ درخور توجه آن است که هرچند کالاهای سرمایه‌ای مقـادیر متفـاوتی از نهـاده‌هـا را بـه‌کـار می‌گیرند، مجموع هزینه‌های نهاده‌ها برای هر دو یکسان فرض می‌شود. هزینهٔ سرمایه‌گـذاری (J) دارای بُعد پویایی است، که در بخش پویایی دربارهٔ آن بحث می‌شود. TAX_π مالیـات بـر سود بنگاه است. از این رو، تابع سود خالص بنگاه به صورت زیر خواهد بود:

$$\pi=\left(۱-TAX_\pi\right)\left[P_x\left(۱+SUB_x\right)X+P_{ex}E-P_mM-\sum_{s=۱}^{Z}\left[P_۱.L_s+P_{C,۱}IC_{۱,s}\right]-\sum_{j=S}^{۹}P_{c,j}IC_{j,s}\right]-J \qquad (۳)$$

فرض می‌شود هر یک از بازارهای نیروی کار و محصول به علائـم قیمـت‌هـا در بـازار واکنش نشان می‌دهند. این امر موجب خواهد شد که هـر دو بـازار در وضـعیت پایـداری بلندمدت قرار گیرند. در کوتاه‌مدت وجود یارانه‌های قیمتی (SUB_X)[۱] موجب می‌شود که قیمت‌ها از وضعیت تعادل بازار منحرف شوند.

ب) مصرف

به منظور ارائهٔ چارچوب بخش مصرف، فرض می‌شود که مصرف توسط خانوار نمونه[۲] انجـام می‌شود که مالک همهٔ عوامل تولید است. خانوار نمونـه از عرضـهٔ خـدمات نیـروی کـار بـه بنگاه‌ها، مالکیت سرمایه، انتقالات دولت، و خالص دریافتی از خارج درآمد کسب می‌کند.

رفتار خانوار نمونه به صورت یک تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی فرض می‌شـود؛ نخسـت خانوار دربارهٔ مصرف خصوصی و پس‌انداز بـرای هـر دوره تصـمیم‌گیـری مـی‌کنـد. ایـن

۱. یارانه‌های قیمتی در این مطالعه همان یارانه‌های پرداختی برای مصارف واسطه و مصارف نهایی تعریف مـی‌شـود که دولت به‌ترتیب به بنگاه‌ها و خانوارها به طور غیرمستقیم (یارانهٔ غیرمستقیم) پرداخت می‌کند.

2. Representative household

Archive of SID

www.SID.ir

تصمیم‌گیری از نوع پویاست و در بخش پویای مدل توضیح داده شده است. خانوار نمونه، پس از تعیین سطح مصرف خود، دربارهٔ تخصیص هزینه‌ها به کالاها و خدمات مطابق با ترجیحات و قیمت‌های رایج تصمیم‌گیری می‌کند. مصرف بر اساس تابع مطلوبیت با کشش جانشینی ثابت تودرتو (NCES) نشان داده می‌شود.

مصرف سوخت فسیلی (FC) خانوار تجمیعی از مصرف نفت، گاز، و بنزین است. مصرف انرژی (EC) تجمیعی از مصرف برق و مصرف سوخت فسیلی است. و مصرف غیرانرژی (NEC) تجمیعی از مصرف کالاهای غیرانرژی است. مصرف انرژی و مصرف غیرانرژی در چارچوب تابع با کشش جانشینی ثابت (CES) ترکیب می‌شود و مصرف بخش خصوصی (PC) را تشکیل می‌دهد.

ج) دولت

در این مدل، رفتار دولت به صورت ساده لحاظ می‌شود. فرض می‌شود دولت هیچ گونه رفتار بهینه‌سازی ندارد. درآمد دولت از تعرفه‌ها و مالیات‌های غیرمستقیم، مالیات بر درآمد، و درآمدهای نفتی حاصل می‌شود. دولت درآمدهای خود را به مصرف عمومی، انتقالات به خانوارها، و یارانه‌ها هزینه می‌کند که به صورت برون‌زا تعیین می‌شود. همچنین، فرض می‌شود تفاوت بین درآمدها و هزینه‌های دولت پس‌انداز دولت را تشکیل می‌دهد.

د) بخش خارجی

در بخش خارجی مدل فرض شده است که تجارت خارجی بر اساس نرخ واقعی ارز اتفاق می‌افتد. واردات و صادرات جانشین‌های ناقص برای کالاهای داخلی فرض می‌شوند. به بیان دیگر، فرض آرمینگتن (۱۹۵۶) در بخش خارجی مدل لحاظ می‌شود. تفاوت ترکیب کالاهای صادراتی و وارداتی نتیجهٔ تخصص تجارت ناشی از مزیت نسبی، سیاست‌های تجاری گذشته، حال، و آینده، و شرایط جهانی است. از این رو، یک نرخ واقعی ارز برای تقاضا و یک نرخ واقعی ارز برای طرف عرضهٔ تجارت با دنیای خارج وجود دارد. نرخ ارز تقاضا (مصرف) به نسبت قیمت سبد واردات به کالاهای داخلی وابسته است، در حالی که نرخ ارز طرف عرضه (تولید) به نسبت سبد صادرات به کالاهای داخلی بستگی پیدا می‌کند. قیمت‌های صادرات و واردات به قیمت‌های داخلی بر اساس نرخ رسمی ارز تبدیل

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شوند و در مدل برون‌زا فرض می‌شوند. جریان سرمایه‌ها از خارج برابر با تراز تجاری واقعی به علاوه خالص انتقالات از خارج منهای پرداخت‌های بدهی خارجی در مدل فرض شده است. همچنین، برای بخش خارجی مدل، اقتصاد ایران یک اقتصاد کوچک و قیمت‌پذیر هم در بخش واردات و هم در بخش صادرات فرض می‌شود.

۲.۳. اجزای پویای مدل

پویایی در این مطالعه از طریق رفتار سرمایه‌گذاری بنگاه‌ها، رفتار مصرف- پس‌انداز خانوارها، و تغییرات تکنولوژیکی در مدل لحاظ می‌شود. اجزای پویای مدل به منظور تسهیل در اجرای محاسبات عددی مسئلهٔ بین دوره‌ای به صورت گسسته بیان می‌شوند. در ادامه اجزای پویای مدل مطالعه بحث می‌شود.

الف) سرمایه‌گذاری- سرمایه

موجودی کالای سرمایه در طول زمان همگن فرض می‌شود.[۱] همچنین، فرض می‌شود که تغییرات سرمایه از نوع انعطاف‌پذیر- انعطاف‌ناپذیر[۲] باشد. تغییر سرمایه در درون سرمایه دورهٔ گذشته آورده می‌شود که عوامل تولید برای تشکیل آن بر اساس نسبت‌های تعیین‌شده از طریق شرط مرتبهٔ اول حداکثرنمودن تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) به‌کار گرفته می‌شوند. نسبت‌های به‌کارگیری عوامل تولید در تشکیل سرمایه فقط برای یک بار تعیین می‌شوند و برای همهٔ دوره‌های بعدی، که سرمایه به‌کارگرفته می‌شود، ثابت می‌ماند. در هر دوره کالاهای سرمایهٔ جدید، که دربرگیرندهٔ تکنولوژی دوره گذشته است، خریداری می‌شود. از آنجایی که سرمایهٔ دورهٔ

---

۱. قابل ذکر است که موجودی کالای سرمایه در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور همگن نیست و سرمایه اشکال مختلف را داراست. اما با توجه به اینکه در این مطالعه سرمایه در شکل تجمیع‌شده در مدل لحاظ شده و بخش‌های مختلف اقتصادی کشور در هشت بخش تجمیع شده است، بر اساس ادبیات مدل‌سازی تعادل عمومی، همگن فرض‌نمودن سرمایه در مدل در سطح کلان اقتصاد ایراد جدّی بر مدل وارد نمی‌کند.

۲. Putty- Cla بدین معنی است که قبل از انجام و تکمیل سرمایه‌گذاری، امکان تغییر و جانشینی در نیروی کار و سرمایه وجود دارد. اما وقتی که ماشین‌آلات نصب گردید و سرمایه‌گذاری انجام گرفت، نسبت سرمایه- کار نمی‌تواند تغییر نماید. از این رو، به سرمایهٔ تحقق‌نیافته انعطاف‌پذیر (Putty) و به سرمایهٔ تحقق‌یافته انعطاف‌ناپذیر (Clay) گفته می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

فعلی دربرگیرندهٔ تکنولوژی قبلی است، مدل فرض می‌کند که نهاده‌های تولید به سرمایهٔ دورهٔ فعلی در مقایسه با دورهٔ زمانی گذشته تخصیص داده می‌شود.

فرض دیگر آن است که سرمایهٔ دورهٔ فعلی به طور کامل استفاده می‌شود. در مقابل، سرمایهٔ دورهٔ گذشته با وجود تکنولوژی پیشرفته تولید نهایی پایین‌تری را داراست و ممکن است که به طور کامل استفاده نشود. زمانی که تولید نهایی سرمایه برای همهٔ دوره‌های زمانی آتی به صفر می‌رسد، فرض می‌شود که واحد سرمایه به دلیل اسقاطی‌شدن کنار گذاشته می‌شود.[۱]

از این رو، بردار به‌کارگیری سرمایه در زمان t به صورت زیر خواهد بود:

$$Z_t = \left(Z_{1,t}, Z_{2,t}\right) \;,\quad Z_{1,t} \le K_{1,t} \;,\quad Z_{2,t} = K_{2,t} \qquad (۴)$$

در این رابطه Z_t میزان به‌کارگیری سرمایه و K_t میزان موجودی سرمایه است.

علاوه بر کنار گذاشته‌شدن سرمایه، به دلیل اسقاطی‌شدن آن، هر سرمایه یک عمر عملکردی محدود نیز دارد که به ویژگی‌های فیزیکی آن برمی‌گردد. از این رو، ارزش سرمایه در طول زمان مستهلک می‌شود. در مدل فرض می‌شود که یک نرخ استهلاک (δ) ثابت برای تمام سرمایهٔ زمانی برای هر بخش وجود دارد. بر این اساس، کل حجم سرمایه بعد از $1/\delta$ دوره جایگزین می‌شود. ارزش حجم سرمایهٔ بنگاه در طول زمان به صورت زیر خواهد بود:

$$K_{t+1} = I_t + Z_t\left(1-\delta\right) \qquad (۵)$$

سرمایه‌گذاری واقعی (هزینهٔ سرمایه‌گذاری) توسط بنگاه نمونه در هر بخش (j_t) مجموع هزینه‌های مستقیم و هزینه‌های تعدیل ($\theta(x_t)$) منهای یارانهٔ سرمایه‌گذاری[۲] (SUB_I) خواهد بود:

---

۱. قابل ذکر است که چارچوب سرمایه در این مطالعه بر اساس مدل پیش‌بینی و تحلیل سیاستی انتشار آلودگی مؤسسهٔ تکنولوژی ماساچوست (MIT- EPPA, Paltsev et al, 2005) تعریف شده است.

۲. بر اساس جدول داده و ستادهٔ ۱۳۸۳ کشور، دولت به بنگاه‌های تولیدی در بخش‌های مختلف وجوهی می‌پردازد. چنین پرداختی هزینهٔ سرمایه‌گذاری بنگاه‌ها را کاهش می‌دهد. با توجه به این مشخصه، این نوع پرداختی دولت به بنگاه‌ها در این مطالعه به عنوان یارانهٔ سرمایه‌گذاری در مدل لحاظ می‌شود. درخور ذکر است که این نوع پرداختی به صورت غیرمستقیم به نهاده‌های تولید بنگاه‌ها پرداخت می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

$$J_t\left(I_t,\theta(t),\ldots\right)=I_tP_{K,t}\left[1+\theta\left(X_t\right)-SUB_I\right] \qquad (۶)$$

هزینه‌های تعدیل هزینه‌های هر واحد همراه با جابه‌جایی تجهیزات جدید شامل هزینه‌های نصب و تأخیر در آوردن تجهیزات در سرمایهٔ جدید است. منظورنمودن هزینه‌های تعدیل در مدل بدین معنی است که بخش‌های تولیدی با تغییرات قیمت به طور هم‌زمان تعدیل نمی‌شوند و انباشت سرمایه فقط به صورت تدریجی در طول زمان حاصل می‌شود. فرض می‌شود که هزینه‌های تعدیل یک تابع فزاینده از نرخ سرمایه‌گذاری ($x_t = I_t/K_t$) در شکل تبعی درجه دو[1] باشد:

$$\theta\left(X_t\right)=\begin{cases}\left(\frac{B_x}{2}\right)\left(\frac{\left(x_t-a_x\right)^2}{x_t}\right), & \text{if } \left(x_t-a_t\right)\geq 0\\ 0, & \text{others}\end{cases} \qquad (۷)$$

پارامترهای شکل تبعی درجهٔ دوم (α_t و β_t) به صورت برون‌زا برای بنگاه تعیین می‌شود، اما مختص هر بخش است. از این رو، امکان تفاوت بخشی در ترکیب سرمایه وجود دارد.

مسئلهٔ تصمیم‌گیری در طول زمانی بنگاه به این شکل است که بنگاه مسیر زمانی سرمایه‌گذاری‌ای را انتخاب می‌کند که ارزش فعلی درآمد خالص برای واحد تولیدی را حداکثر نماید:

$$\max\ V_t=\sum_{t=0}^{\infty}u(t).\pi(t),\quad u(t)=\frac{1}{\prod_{t=0}^{t}\left(1+r_{p,t}\right)} \qquad (۸)$$
$$\text{S.T}\quad K_{t+1}=I_t+Z_t(1-\delta)$$

در این رابطه $u(t)$ عامل تنزیل زمانی و $r_{p,t}$ نرخ تنزیل در تولید است. این نرخ به صورت برون‌زا برای هر بخش تعیین می‌شود.

مسئلهٔ بهینه‌سازی ارزش فعلی درآمد خالص بنگاه بر اساس رابطهٔ همیلتن[2] به صورت زیر خواهد بود:

$$H=V(t)+q_t(I_{t-1}-\delta Z_t) \qquad (۹)$$

1. Quadratic form
2. Hamilton

Archive of SID

www.SID.ir

حل مشتق رابطهٔ همیلتن نسبت به سرمایه‌گذاری شرط بین دوره‌ای برای سرمایه‌گذاری را نتیجه می‌دهد:

$$\frac{\partial H}{\partial I_t} = 0 \rightarrow \quad q_t = j'(I_t)$$
$$q_t = P_{k,t}\left(1+[\theta(x_t) + x_t.\theta'(x_t)]-SUB_I\right) \qquad (10)$$

این شرط ملزم می‌کند که بنگاه‌ها باید سرمایه‌گذاری خود را تا جایی ادامه دهند که قیمت نهایی سرمایه‌گذاری، $j'(I_t)$ ، برابر با قیمت سایه‌ای آن (q_t) شود.

ب) تغییرات تکنولوژیکی

با توجه به اینکه آزادسازی قیمت حامل‌های انرژی در راستای اصلاحات اقتصادی، موجب کارایی به‌کارگیری انرژی توسط کارگزاران اقتصادی در افق زمانی میان‌مدت و بلندمدت خواهد شد، همچنین، با توجه به اینکه فقط تغییرات تکنولوژیکی در مدل بر اساس واکنش کارگزاران اقتصادی به تغییرات قیمت‌های انرژی در مدل مورد توجه قرار می‌گیرد، اعمال تغییرات تکنولوژیکی در مدل به صورت برون‌زا در چارچوب بهبود کارایی انرژی مستقل می‌تواند آثار آزادسازی قیمت‌های انرژی بر مصرف انرژی را به‌خوبی نشان دهد.

پارامتر بهبود کارایی انرژی مستقل (AEEI)[1] تغییرات ساختاری در اقتصاد نظیر تغییرات در سهم انرژی در کل تولید اقتصادی در طول زمان یا تغییرات در مصرف انرژی در هر واحد تولید یک صنعت در طول زمان را نشان می‌دهد. این پارامتر به صورت یک ضریب جداگانه در توابع تولید یا توابع هزینهٔ مدل‌های تعادل عمومی وارد می‌شود. در این مطالعه، پارامتر بهبود در کارایی انرژی مستقل (AEEI) در تابع تولید مدل وارد می‌شود. فرض می‌شود که بنگاه‌ها، با توجه به افزایش قیمت کالاهای انرژی، تکنولوژی‌های جدید را در راستای بهبود کارایی مصرف انرژی در تولید به‌کار می‌گیرند. همچنین، فرض می‌شود که به‌کارگیری تکنولوژی جدید فقط بهره‌وری عوامل را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

1. Autonomous Energy Efficiency Improvement

Archive of SID

www.SID.ir

ج) مصرف و پس‌انداز

بخش مصرف در قالب رفتار خانوار نمونه در الگو لحاظ می‌شود. فرض می‌شود افق زمانی خانوار بی‌نهایت است و دارای توان پیش‌بینی آینده به صورت کامل است. خانوار نمونه بر اساس پایهٔ اقتصاد خرد به دنبال حداکثرکردن ارزش فعلی تعدیل‌شدهٔ مطلوبیت دوران زندگی خود است. ارزش فعلی مطلوبیت دوران زندگی خانوار به صورت زیر فرض می‌شود:[۱]

$$U_{.} = \sum_{t=0}^{\infty}\left(\frac{1}{1+\rho}\right)^{t}\left(\frac{1}{1-\vartheta}\right)(PC_t)^{1-\vartheta} \qquad (11)$$

این تابع مطلوبیت همگن و جمع‌پذیر به لحاظ زمانی است و در آن PC مصرف تجمیع‌شده، ϑ کشش ثابت مطلوبیت نهایی[۲]، و ρ نرخ ثابت ترجیح زمانی[۳] مصرف‌کننده است $(\rho > 0)$[۴].

فرض می‌شود که مصرف‌کنندهٔ نمونه مطلوبیت دوران زندگی خود را نسبت به قید ثروت حداکثر می‌کند. ثروت مصرف‌کننده برابر با مجموع ثروت اولیه، درآمد آتی سرمایه، ثروت انسانی، و سایر ثروت‌ها تعریف می‌شود. ثروت اولیه $(W_{.t})$ بر اساس قیمت سرمایه (P_{kt}) ارزش‌گذاری می‌شود. درآمد آتی سرمایه برابر با سرمایهٔ ایجادشدهٔ درزمانی t، K_t، بر حسب قیمت سایه‌ای آن (q_t) تعریف می‌شود. ثروت انسانی و سایر ثروت‌ها نیز به عنوان جریان تعدیل‌شدهٔ درآمد نیروی کار پس از کسر مالیات به علاوه خالص انتقالات دولت به صورت مجموع درآمدهای آتی (Y_t) محاسبه می‌شود:

$$W_{t+1} = (1+r_{c,t})(W_t - P_{pc,t}.PC_t)$$
$$W_t = P_{k,t}.W_{.t} + q_t.K_t + Y_t + \sum_{j=t+1}^{\infty}\left(\prod_{k=t}^{j-1}(1+r_{c,t})^{1-\vartheta}\right)Y_j \qquad (12)$$

در این رابطه، $r_{c,t}$ نرخ بهره‌ای است که مصرف‌کنندهٔ نمونه با آن مواجه می‌شود.

---

۱. به منظور اینکه قابلیت حل مدل به صورت عددی (numerical) فراهم شود، روابط پویا در مدل به صورت گسسته بیان می‌شوند.

2. constant elasticity of marginal utility

3. rate of time preference

۴. کشش مطلوبیت نهایی به صورت برون‌زا و نرخ ترجیح زمانی به صورت درون‌زا در مدل تعیین می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

ثروت مصرف‌کنندهٔ نمونه به مصرف جاری (PC_t) بر اساس قیمت‌های مصرف‌کننده (P_{pc}) تخصیص داده می‌شود و پس‌اندازها به عنوان تغییر در ثروت از یک دوره به دورهٔ بعدی تعریف می‌شوند. شایان ذکر است که محدودیت ثروت مصرف‌کننده باعث می‌شود که ارزش فعلی هزینه‌های مصرفی از ثروت مصرف‌کننده بیشتر نگردد:

$$\sum_{t=0}^{\infty}\mu(t)P_{pc,t}PC_t \le W_t \qquad (۱۳)$$

در این رابطه $\mu(t)$ عامل تعدیل زمانی است که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu(t)=\prod_{t=0}^{\infty}(1+r_{c,t})^{1-\vartheta} \qquad (۱۴)$$

مسئلهٔ بهینه‌یابی بین دوره‌ای برای مصرف‌کننده، با توجه به قید مذکور، به صورت زیر خواهد بود:

$$L=\sum_{t=0}^{\infty}\left(\frac{1}{1+\rho}\right)^t\left(\frac{1}{1-\vartheta}\right)(PC_t)^{1-\vartheta}+\delta\left[\sum_{t=0}^{\infty}\mu(t)P_{pc,t}PC_t-W_t\right] \qquad (۱۵)$$

بر اساس شرایط مرتبهٔ اول رابطهٔ فوق، نسبت مطلوبیت نهایی مصرف برای دو دورهٔ s و t به صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{u'(PC_s)}{u'(PC_t)}=\frac{P_{pc,s}}{P_{pc,t}}\frac{(1+\rho)^{s-t}}{\prod_{u=t+1}^{s}(1+r_{c,u})} \qquad (۱۶)$$

در این رابطه $u'(PC_t)=PC_t^{-\vartheta}$ است.

این رابطه نشان می‌دهد که الگوی بهینهٔ مصرف خانوار نمونهٔ تابعی از قیمت‌های نسبی مصرف در دوره‌های پیش رو، نرخ ترجیح زمانی، و نرخ بهره‌ای است که خانوار با آن مواجه می‌شود. این رابطه در ادبیات اقتصادی همان نرخ جانشینی مصرف بین دو دوره است.

۳.۳. شرایط تعادل

برای رسیدن به جواب در مدل نیاز است که هر دو شرط تعادل عمومی و تعادل بین دوره‌ای به طور هم‌زمان برقرار باشند. در هر نقطه از زمان، بر اساس شرایط تعادل عمومی، نیاز است که بازارهای نیروی کار و محصول تسویه شوند، تفاوت بین درآمد-مخارج دولت بر اساس پس‌اندازهای دولت تراز گردد، و تراز حساب جاری خارجی از طریق جریان حساب سرمایه تسویه شود. سرمایه‌گذاری و پس‌اندازهای داخلی به صورت

Archive of SID

www.SID.ir

مستقل تعیین می‌شوند. در غیاب محدودیت‌های سرمایه، پس‌اندازهای خارجی به منظور برابری پس‌انداز- سرمایه‌گذاری تعدیل می‌شود.

بر اساس شرایط پویایی مدل، نیاز است که سازگاری در مسیرهای زمانی مصرف و سرمایه‌گذاری برقرار باشد. این امر تضمین می‌کند که انتقال به وضعیت تعادل پایدار منحصربه‌فرد باشد. نرخ‌های بین دوره‌ای مبادلهٔ مصرف و تولید ممکن است به دلیل مواجههٔ کارگزاران اقتصادی با قیمت‌های مختلف با هم متفاوت باشند، زیرا مصرف‌کننده بر اساس قیمت کالاهای داخلی و وارداتی تصمیم می‌گیرد، در حالی که تولیدکنندگان بر اساس قیمت کالاهای داخلی و کالاهای صادراتی تصمیم‌گیری می‌کنند. این تفاوت رفتاری در تصمیم‌گیری، ساختار سرمایه از نوع انعطاف‌پذیر- انعطاف‌ناپذیر، و وجود هزینه‌های تعدیل از واکنش سریعِ کارگزاران اقتصادی جلوگیری می‌کند. در تعادل بلندمدت، وضعیت تعادل پایداری، تثبیت همهٔ قیمت‌ها و نرخ‌های مبادله، و همگرایی بین نرخ‌های بازدهی سرمایه‌گذاری و نرخ‌های بهره مشاهده می‌شود.

۴. داده‌ها و حل مدل

حل مدل‌های تعادل عمومی از مهم‌ترین مراحل به‌کارگیری این مدل‌ها در تحلیل پدیده‌های اقتصادی به‌شمار می‌آید. نخستین گام در حل این مدل‌ها تعریف داده‌های اولیه برای متغیرهای مختلف است. به طور رایج، داده‌های اولیه برای حل مدل‌های تعادل عمومی از جدول داده- ستاده (I-O)[1] یا ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM)[2] استخراج می‌شود. در گام دوم، مدل بر اساس داده‌های اولیه و همچنین تعریف برخی از پارامترها بر اساس واقعیت‌های اقتصادی برای افق زمانی بلندمدت ۴۵ ساله (۹ دورهٔ پنج‌ساله)[3] حل می‌شود، سپس، سناریوسازی بر اساس حل اولیهٔ مدل انجام می‌شود. حل مدل با استفاده از نرم‌افزار GAMS انجام شده است.

با توجه به اهداف مطالعه، نیاز است که از داده‌های جدیدتری استفاده شود. در این

1. Input- Output table
2. Social Accounting Matrix
۳. انتخاب فواصل پنج‌ساله بر اساس دورهٔ زمانی پنج‌سالهٔ برنامه‌های توسعه و همچنین دورهٔ استهلاک سرمایه است.

Archive of SID

www.SID.ir

مطالعه از داده‌های جدول داده- ستادۀ ۱۳۸۳ (بانک مرکزی ج. ا. ایران)، که آخرین جدول داده- ستاده است، استفاده می‌شود. علاوه بر داده‌های جدول داده- ستاده، برای حل مدل تعادل عمومی، تعیین برخی پارامترها نظیر کشش‌های جانشینی نیاز است. در ادامۀ مقاله دربارۀ این موضوع بحث می‌شود.

۱.۴. پارامترهای جانشینی

در این مطالعه پارامترهای جانشینی در هر دو بخش تولید و مصرف بر اساس ادبیات اقتصادی موجود به روش مقدار دهی[1] تعیین شده‌اند.[2] بدین منظور، مدل‌های کاربردی متعددی برای کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته مرور شد و، با توجه به مدل پویای انرژی- اقتصاد این مطالعه، کشش‌های جانشینی در هر دو سطح تولید و مصرف انتخاب شد. به منظور بررسی میزان تأثیرپذیری نتایج مطالعه از پارامترهای انتخاب‌شده، به تحلیل حساسیت نیز در حل مدل توجه می‌شود.

با توجه به اینکه در این مطالعه به تجمیع بخش‌های مختلف اقتصادی در نُه بخش توجه شده است، ساختار تولید و مصرف به صورت چندمرحله‌ای و پیشرفت‌های فنی به صورت جداگانه در مدل لحاظ شده‌اند. از این رو، تعیین کشش‌های جانشینی در هر یک از مراحل تولید و همچنین مراحل مصرف متفاوت از مطالعات مرورشده خواهد بود. نکتۀ درخور توجه آن است که، بر اساس ادبیات اقتصادی موجود، جانشینی در سطوح بالاتر مدل‌های سلسله‌مراتبی نسبت به سطوح پایین‌تر کوچک‌تر است، که در این مطالعه بدان توجه شده است.

1. quantifying approach

۲. مدل‌های مورد توجه برای تعیین پارامترهای جانشینی شامل Bergman and Hill (2008) (مدل پویا برای سوئد)، Rabinson (2004) (مدل پویا برای بنگلادش)، Levent (2010) (مدل پویا برای ترکیه)، Burniaux and Troung (2002) (مدل GTAP-E و GREEN)، Feraboli (2006) (مدل پویا برای اردن)، و Bucher (2009) (مدل پویا برای سوئیس) بوده است. به دلیل محدودیت در حجم مقاله، متغیرهای برون‌زای مدل ارائه نشده است. در صورت نیاز مطالعه‌کنندگان، برای نویسندگان مقاله امکان ارائۀ آن است.

Archive of SID

www.SID.ir

۵. سناریوهای حل مدل

مدل این مطالعه نخست برای سال پایه بدون اعمال هر گونه سناریویی حل می‌شود. بر اساس حل اولیهٔ مدل، کالیبره‌کردن مدل انجام می‌شود و همهٔ پارامترهای مدل تعیین می‌گردند. علاوه بر حل مدل در سال پایه، به عنوان حالت پایه، در چارچوب اهداف این مطالعه، به سناریوهای مختلف توجه می‌شود.[۱] در حالت پایه بر اساس شرایط فعلی اقتصاد کشور فرض عدم تحرک نیروی کار، عدم پیشرفت فنی، و عدم حذف یارانه‌ها اعمال می‌شود. پس از حل مدل در حالت پایه، مدل برای حالت هسته (I) شبیه‌سازی می‌شود. در شبیه‌سازی هسته (پایه) همهٔ محدودیت‌های مذکور کنار گذاشته می‌شود. بدین معنی که حذف یارانه‌ها، پیشرفت فنی، و تحرک نیروی کار در مدل اعمال می‌شود. شبیه‌سازی‌های بعدی بر اساس شبیه‌سازی هسته انجام می‌شود. در شبیه‌سازی دوم (II)، اثر پیشرفت فنی در کنار تحرک نیروی کار و وجود یارانه‌ها بررسی می‌شود. در شبیه‌سازی سوم (III)، اثر حذف یارانه‌ها در شرایط عدم پیشرفت فنی سناریوسازی می‌شود (جدول ۱).

جدول ۱. سناریوهای حل مدل

	شبیه‌سازی	تحرک نیروی کار	پیشرفت فنی	حذف یارانه‌ها
شبیه‌سازی	حالت پایه	no	No	No
I	شبیه‌سازی هسته	yes	Yes	Yes
II	پیشرفت فنی	yes	Yes	No
III	حذف یارانه‌ها	yes	No	Yes

۱. قابل ذکر است که، با توجه به اینکه در حل مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه از روش کالیبره‌کردن به جای روش‌های اقتصادسنجی برای برآورد پارامترها استفاده می‌شود، نتایج حاصل از حل مدل به پارامترهای کلیدی مدل وابسته است. بدین منظور، حساسیت مدل نسبت به برخی پارامترها به‌ویژه کشش‌ها تحلیل می‌شود و بر این اساس اعتبار مدل ارزیابی می‌شود. در این مطالعه نیز، به منظور اعتبارسنجی مدل، تحلیل حساسیت مدل به ازای کشش‌های جانشینی مرتبط با بخش‌های انرژی در هر دو سطح کشش‌های پایین و کشش‌های بالا انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که حساسیت نتایج مدل در فرض کشش‌های پایین در مقایسه با فرض کشش‌های بالا بیشتر است و متغیرهای تولید ناخالص داخلی و سرمایه‌گذاری در مقایسه با سایر متغیرهای هدف بیشتر حساس‌اند. اما این امر در نتیجهٔ نهایی مطالعه و مسیریابی متغیرهای هدف تأثیری ندارد. با توجه به محدودیتِ حجم مقاله، از ارائهٔ تحلیل حساسیت مدل در متن خودداری شده است. در صورت نیاز قابل ارائه است.

Archive of SID

www.SID.ir

۶. نتایج شبیه‌سازی‌ها

۱.۶. شبیه‌سازی هسته- پیشرفت فنی و حذف یارانه‌ها

به منظور شبیه‌سازی وضعیت گذر اقتصادی کشور در طی افق زمانی مورد مطالعه، فرض می‌شود که پیشرفت فنی و حذف یارانه‌ها در اقتصاد رخ می‌دهد. برای اعمال این سناریو فرض می‌شود پیشرفت فنی در یک افق بیست‌ساله و از دورهٔ سوم تا هفتم در اقتصاد تجربه می‌شود. بر اساس چارچوب مدل، پیشرفت فنی از طریق تغییر در بهره‌وری عوامل تولید در ارزش افزوده (VA)، انرژی (E)، و کالاهای غیرانرژی (MAT) در مدل اعمال می‌شود.[۱] همچنین، فرض می‌شود حذف یارانه‌ها در دومین دوره از افق زمانی مورد مطالعه در گذر اقتصادی تجربه می‌شود.[۲] نتایج این سناریو در مسیر زمانی متغیرهای مصرف انرژی در کشور به شرح زیر خواهد بود.[۳]

۱.۱.۶. مصرف انرژی توسط بخش تولید

حامل‌های انرژی، علاوه بر مصرف نهایی توسط خانوارها، به عنوان مصرف واسطه نیز مورد

---

۱. با توجه به کُندبودن پیشرفت فنی در اقتصاد ایران و همچنین ساختار انرژی- اقتصاد مدل مطالعه، رشد بهره‌وری در تولید کالای انرژی برابر با ۱٫۲۵ درصد، رشد بهره‌وری در تولید کالای غیرانرژی ۰٫۵ درصد، و رشد بهره‌وری در تولید ارزش افزوده برابر با ۰٫۲۵ درصد برای هر سال لحاظ شده است. همچنین، در مدل مطالعه بر اساس چارچوب تعریف‌شده برای پیشرفت فنی، به‌ترتیب سهم پیشرفت فنی ۲۰ درصد برای تولید کالای غیرانرژی، ۳۰ درصد برای کالای انرژی افزوده، و ۵۰ درصد برای کالای انرژی فرض شده است. از این رو، متوسط رشد پیشرفت فنی سالانه ۰٫۸ درصد فرض شده است. این فروض بر اساس مطالعات مرورشده نظیر Bergman and Hill (2008) (مدل پویا برای سوئد)، Rabinson (2004) (مدل پویا برای بنگلادش)، Levent (2010) (مدل پویا برای ترکیه)، Burniaux and Troung (2002) (مدل GTAP-E و GREEN)، Feraboli (2006) (مدل پویا برای اردن)، Bucher (2009) (مدل پویا برای سوئیس)، و لحاظ ویژگی‌های اقتصاد ایران تعریف شده‌اند.

۲. در این سناریو فرض می‌شود یارانه‌های پرداختی به بخش‌های مختلف در طی دورهٔ زمانی پنج‌ساله حذف شود.

۳. مسیر زمانی همهٔ متغیرهای کلان به صورت نسبت به مقادیر حالت پایه خواهد بود. نکتهٔ درخور توجه آن است که سناریوها در این مقاله همگی معطوف به آینده‌اند، زیرا حذف کامل یارانه‌ها، تغییر در تکنولوژی، و تعدیل کامل در رفتار کارگزاران اقتصادی همگی در آینده اتفاق خواهد افتاد. همچنین، با توجه به سناریوهای مذکور، شروع دورهٔ زمانی سناریوسازی سال ۱۳۹۰ است و اعتبار مدل نیز بر اساس حل اولیهٔ آن و تولید داده‌های اولیه و همچنین تحلیل حساسیت انجام شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

توجه بنگاه‌ها قرار می‌گیرند. مسیر زمانی مصرف حامل‌های انرژی توسط بنگاه‌ها یکسان نیست. مصرف برق، نفت و فرآورده‌های آن، و گاز توسط بنگاه‌ها تا دورهٔ دوم افزایش می‌یابد، اما با حذف یارانه‌ها در دورهٔ دوم مصرف هر سه نوع انرژی کاهش می‌یابد. مسیر زمانی مصرف برق و گاز توسط بنگاه‌ها از مرحلهٔ سوم به بعد همسو با یکدیگر است، با این تفاوت که روند زمانی مصرف برق توسط بنگاه‌ها نسبت به مصرف گاز توسط آن‌ها از شیب تندتری برخوردار است. اما مسیر زمانی مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی، برخلاف دو نوع انرژی دیگر، در دورهٔ سوم نیز کاهش می‌یابد و حتی به سطح پایین‌تر از وضعیت پایه می‌رسد. از دورهٔ چهارم روند صعودی مصرف نفت و فرآورده‌های مرتبط توسط بنگاه‌ها روند صعودی به خود می‌گیرد و در ادامه این روند تندتر نیز می‌شود (نمودارهای ۱).

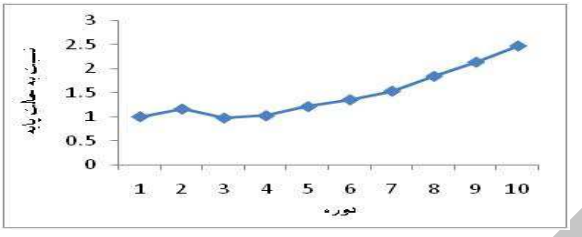
مشاهده می‌شود که، با حذف یارانه‌ها در دورهٔ دوم و پیشرفت فنی از دورهٔ سوم، مصرف برق، نفت و فرآورده‌های مرتبط، و گاز روند صعودی بعد از دورهٔ زمانی چهارم را تجربه کرده‌اند.[۱] اما شدت مصرف هر یک از حامل‌های مذکور نسبت به تولید کل در طی دورهٔ زمانی مورد مطالعه در این سناریو کاهش یافته است. این امر نشان می‌دهد که، با حذف یارانه‌ها و پیشرفت فنی، نسبت مصرف انرژی به تولید در اقتصاد در افق زمانی مورد مطالعه کاهش یافته است.

مسیر زمانی شدت مصرف هر یک از حامل‌های انرژی (نسبت مصرف حامل‌های انرژی به تولید کل) در طی افق زمانی مورد مطالعه کاهش یافته است. مسیر زمانی شدت مصرف نفت و فرآورده‌های مرتبط (مصرف نفت و فرآورده‌های مرتبط به تولید کل) در طی دورهٔ قبل از پیشرفت فنی نسبت به سال پایه افزایش یافته، اما، با پیشرفت فنی، شدت مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی روند نزولی داشته است. روند نزولی شدت مصرف نفت و فرآورده‌های مرتبط تا دورهٔ هفتم تداوم یافته، اما روند نزولی آن کُندتر شده است. از دورهٔ هشتم به بعد، روند شدت مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی معکوس شده است. روند نزولی شدت مصرف نفت و فرآورده‌های مرتبط در پایان افق زمانی مورد مطالعه در مقایسه با سال پایه بیش از ۵۰ درصد کاهش را نشان می‌دهد (نمودار ۲).

۱. فاصلهٔ بین هر یک از نقاط بر روی نمودار یک دوره را نشان می‌دهد. در نمودار طول دوره نشان داده شده است.

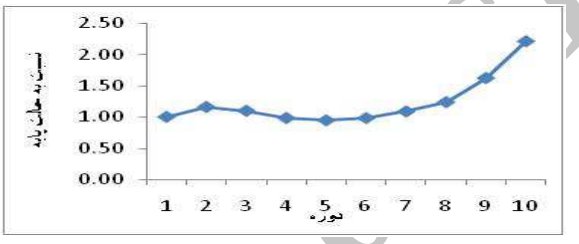
Archive of SID

www.SID.ir



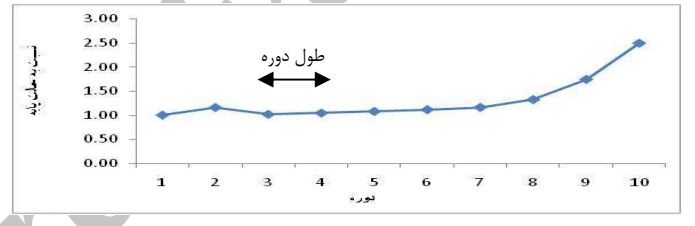
نمودار۱.۱. مسیر زمانی مصرف برق توسط بنگاه‌ها

منبع: نتایج مطالعه



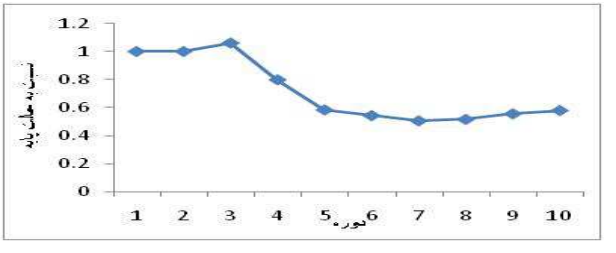
نمودار۱.۲. مسیر زمانی مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی توسط بنگاه‌ها

منبع: نتایج مطالعه



نمودار۱.۳. مسیر زمانی مصرف گاز توسط بنگاهها

منبع: نتایج مطالعه



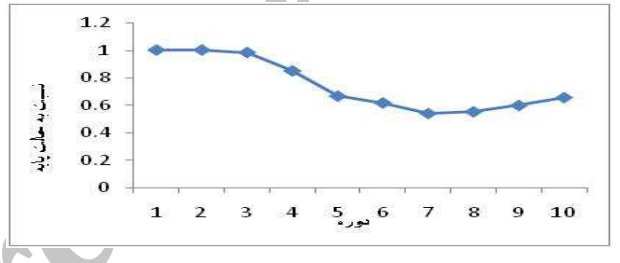
نمودار۲. مسیر زمانی نسبت مصرف نفت و فرآورده‌های مرتبط به تولید کل

منبع: نتایج شبیه‌سازی

Archive of SID
www.SID.ir

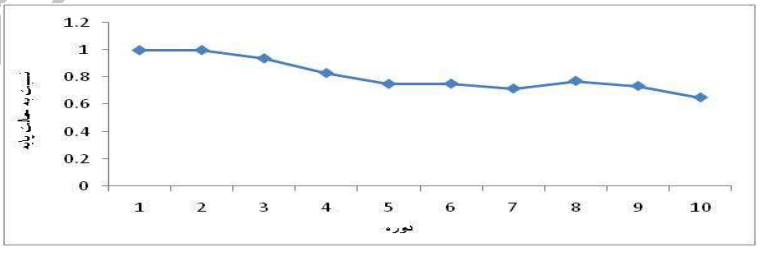
شدت مصرف گاز در بخش تولید نیز روندی همانند شدت مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی داشته است؛ با این تفاوت که میزان کاهش شدت مصرف گاز در دورهٔ پایانی در مقایسه با شدت مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی اندک است. دلیل این امر به جایگزینی گاز طبیعی با سایر سوخت‌های فسیلی برمی‌گردد (نمودار ۳).

شدت مصرف برق (مصرف برق به تولید کل)، همانند شدت سایر حامل‌های انرژی، از دورهٔ زمانی دوم به بعد کاهش یافته است. روند کاهشی شدت مصرف برق نسبت به سایر حامل‌ها کُند بوده و این روند تا دورهٔ ششم ادامه یافته است. اما، پس از این دوره، روند شدت مصرف برق معکوس شده و روند صعودی داشته است. درخور ذکر است که کاهش شدت مصرف برق در افق زمانی مورد مطالعه بیش از ۲۰ درصد تا دورهٔ ششم کاهش یافته، اما بخشی از این کاهش پس از دورهٔ ششم جبران شده است؛ به گونه‌ای که در پایان افق زمانی مورد مطالعه میزان کاهش شدت مصرف برق به کمتر از ۳۵ درصد رسیده است (نمودار ۴).



نمودار ۳. مسیر زمانی نسبت مصرف گاز به تولید کل

منبع: نتایج شبیه‌سازی



نمودار ۴. مسیر زمانی نسبت مصرف برق به تولید کل

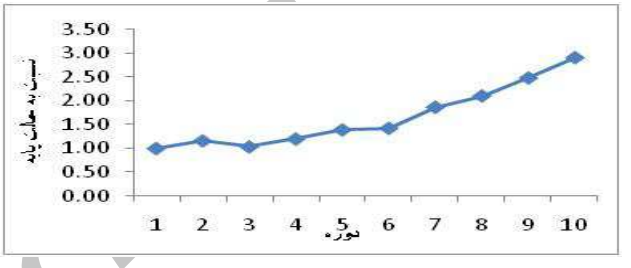
منبع: نتایج شبیه‌سازی

Archive of SID

www.SID.ir

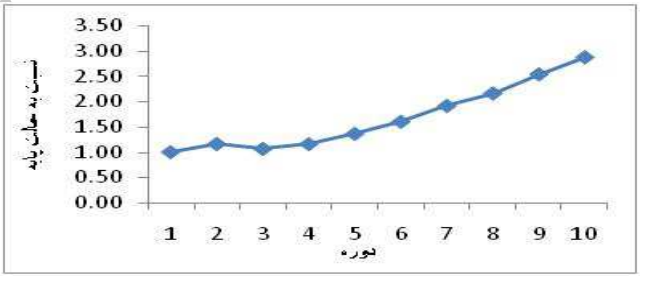
۲.۱.۶. مصرف خانوارها

در این مطالعه، مصرف خانوارها متشکل از مصرف کالاهای انرژی و مصرف کالاهای غیرانرژی فرض شده است. مصرف کالاهای انرژی خانوارها دربرگیرندهٔ سه نوع انرژی است: برق، نفت و فرآورده‌های نفتی، و گاز. هر یک از حامل‌های انرژی مذکور نیز مسیر زمانی همسو با مسیر زمانی مصرف کل خانوارها داشته‌اند. همانند مصرف کل، تا دورهٔ دوم مصرف برق، نفت و فرآورده‌های نفتی، و گاز توسط خانوارها افزایش می‌یابد. در دورهٔ دوم، با حذف یارانه‌ها، مصرف خانوارها از هر یک از حامل‌های انرژی کاهش می‌یابد. با پیشرفت فنی در دورهٔ سوم، مسیر مصرف حامل‌های انرژی توسط خانوارها معکوس می‌شود و روند صعودی به خود می‌گیرد. اما در مقایسهٔ مسیر زمانی مصرف انواع حامل‌های انرژی توسط خانوارها، مسیر زمانی مصرف برق نسبت به مسیر زمانی مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی و مسیر زمانی گاز نوسان بیشتری داشته است (نمودارهای ۵).



نمودار۵.۱. مسیر زمانی مصرف برق توسط خانوارها

منبع: نتایج شبیه‌سازی

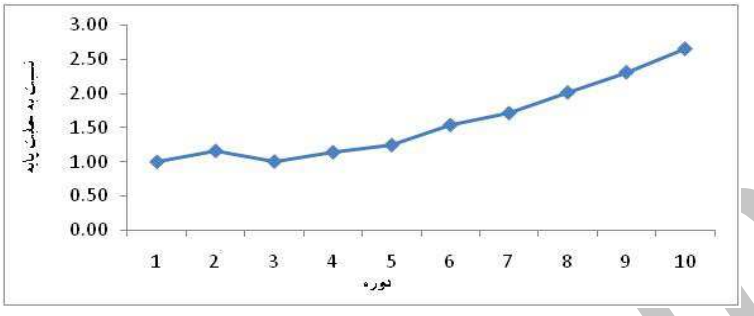


نمودار۵.۲. مسیر زمانی مصرف گاز طبیعی توسط خانوارها

منبع: نتایج شبیه‌سازی

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار۵.۳. مسیر زمانی مصرف نفت و فرآوردهای آن توسط خانوارها

منبع: نتایج شبیه‌سازی

۲.۶. سناریوی حذف یارانه‌ها- عدم پیشرفت فنی

در این سناریو فرض می‌شود در دورهٔ دوم از افق زمانی مورد مطالعه یارانه‌های پرداختی حذف شود، اما پیشرفت فنی در اقتصاد حاصل نمی‌شود. وضعیت متغیرهای کلان اقتصادی مورد مطالعه به شرح زیر است:

متوسط رشد تولید ناخالص داخلی در طی افق زمانی مورد بررسی به ۱۱٫۳۱ درصد در هر دوره (۲٫۱۷ درصد در هر سال) کاهش می‌یابد. در حالی که متوسط رشد روند تولید ناخالص داخلی در هر دوره در سناریوی پایه برابر با ۱۵٫۹۲ درصد (۳ درصد در هر سال) بوده است. میزان رشد روند مصرف کل نیز همسو با کاهش رشد روند تولید ناخالص داخلی کاهش یافته و به طور متوسط در هر دوره ۱۱٫۶۲ درصد (۲٫۲۲ درصد در هر سال) کاهش می‌یابد.

در این سناریو مصرف انرژی توسط خانوارها همسو با کاهش مصرف کل کاهش می‌یابد. رشد روند مصرف برق توسط خانوارها به طور متوسط در هر دوره به ۱۱٫۵۶ درصد (۲٫۲۱ درصد در هر سال) کاهش می‌یابد. مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی و مصرف گاز توسط خانوارها نیز همسو با کاهش مصرف کل کاهش یافته است. همسو با کاهش مصرف انرژی توسط خانوارها در این سناریو، مصرف انرژی در بخش تولید نیز با کاهش مواجه شده است. میزان مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی در بخش تولید در مقایسه با برق و گاز بیشترین کاهش مصرف را در بخش تولید به خود اختصاص داده است. بررسی میزان رشد روند حامل‌های انرژی در بخش تولید نشان می‌دهد که، به

Archive of SID

www.SID.ir

دلیل کاهش اندک در متوسط رشد روند مصرف گاز، این نوع انرژی جایگزین مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی در بخش تولید می‌شود (جدول ۲).

جدول ۲. متوسط رشد سالانهٔ متغیرهای کلان در سناریوی حذف یارانه‌ها- درصد

متغیر	حالت پایه	سناریوی حذف یارانه‌ها
تولید ناخالص داخلی	۳	۱٫۸۹
مصرف کل	۳	۱٫۶۹
مصرف برق خانوار	۳	۲٫۲۱
مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی خانوار	۳	۲٫۳۲
مصرف گاز خانوار	۳	۲٫۳۴
مصرف برق در بخش تولید	۳	۱٫۶۷
مصرف نفت و فرآورده‌های آن در بخش تولید	۳	۱٫۲۵
مصرف گاز در بخش تولید	۳	۱٫۸۹

منبع: نتایج مطالعه

۳.۶. سناریوی پیشرفت فنی- بدون حذف یارانه‌ها

در این سناریو فرض می‌شود که پیشرفت فنی در طی دورهٔ سوم تا هفتم در افق زمانی مورد مطالعه رخ می‌دهد. اما حذف یارانه‌ها در اقتصاد برای بخش تولید اتفاق نمی‌افتد. پیشرفت فنی در این سناریو به صورت رشد بهره‌وری در تولید کالای انرژی (EN)، ارزش افزودهٔ انرژی (EVA)، و کالای غیرانرژی (MAT) در مدل اعمال می‌شود. فرض می‌شود که در مجموع متوسط رشد بهره‌وری برای هر دوره از افق زمانی ۳٫۸ درصد (۰٫۷۵ درصد برای هر سال) باشد. وضعیت متغیرهای کلان مورد مطالعه در این سناریو در افق زمانی مورد مطالعه به شرح زیر خواهد بود:

تولید ناخالص داخلی در افق زمانی مورد مطالعه ۱۹٫۱۲ درصد در هر دورهٔ پنج‌ساله رشد خواهد کرد. به بیان دیگر، تولید ناخالص داخلی در این سناریو سالانه با رشد ۳٫۶ درصد مواجه می‌شود. این میزان رشد بیش از رشد سالانه در حالت پایه خواهد بود. مصرف کل اقتصاد در این سناریو رشد متوسط ۱۶٫۶۶ درصد برای هر دورهٔ پنج‌ساله را تجربه می‌کند که نسبت به متوسط رشد حالت پایه بیشتر است.

Archive of SID

www.SID.ir

همسو با رشد مصرف کل در این سناریو، مصرف حامل‌های انرژی توسط خانوارها نیز افزایش می‌یابد. میزان رشد مصرف برق توسط خانوارها در هر دورهٔ پنج‌ساله در افق زمانی مورد مطالعه برابر با ۱۵٫۶۱ درصد خواهد بود که تقریباً به رشد متوسط هر دوره در حالت پایه نزدیک است. در این سناریو مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی توسط خانوارها اندکی افزایش خواهد داشت. مصرف گاز خانوارها نیز افزایش خواهد یافت و به طور متوسط سالانه برابر با ۲٫۴ درصد خواهد بود.

مصرف حامل‌های انرژی توسط بنگاه‌ها با پیشرفت فنی افزایش اندکی را در مقایسه با حالت پایه تجربه خواهد کرد. میزان افزایش مصرف برق توسط بنگاه‌ها در این سناریو فقط برابر با ۲٫۵ درصد در هر سال خواهد بود. مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی نیز توسط بنگاه‌ها اندکی رشد خواهد کرد. اما میزان مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی در مقایسه با مصرف برق اندکی رشد خواهد بود. مصرف گاز بنگاه‌ها نیز با افزایش مواجه شده و این میزان افزایش به طور متوسط در هر دورهٔ پنج‌ساله در افق زمانی مورد مطالعه برابر با ۱۱٫۵۴ درصد خواهد بود (جدول ۳).

جدول ۳. وضعیت رشد متغیرهای انرژی در سناریوی پیشرفت فنی (درصد- سالانه)

متغیر	حالت پایه	سناریوی پیشرفت فنی
تولید ناخالص داخلی	۳	۳٫۶
مصرف کل	۳	۳٫۱۳
مصرف برق خانوار	۳	۲٫۹۴
مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی خانوار	۳	۲٫۱
مصرف گاز خانوار	۳	۲٫۴
مصرف برق در بخش تولید	۳	۲٫۵
مصرف نفت و فرآورده‌های آن در بخش تولید	۳	۲٫۱
مصرف گاز در بخش تولید	۳	۲٫۲

منبع: نتایج مطالعه

۷. تحلیل نتایج

نتایج حاصل از سناریوهای مختلف در زمینهٔ وضعیت تولید و مصرف انواع انرژی در

Archive of SID

www.SID.ir

کشور نشان می‌دهد که تغییرات فنی نقش مؤثری در تعیین مسیر زمانی مصرف انواع انرژی توسط بنگاه‌ها، برخلاف مصرف انرژی توسط خانوارها، دارد. همچنین، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تعدیل رفتار بنگاه‌ها و خانوارها در افق زمانی بلندمدت موجب می‌شود که مصرف انرژی در نتیجهٔ تعدیل قیمت‌های آن از سوی کارگزاران اقتصادی در مقایسه با گذشته رشد کُندی را تجربه نماید. در حالی که مسیر زمانی تولید همانند گذشته خواهد بود. به بیان دیگر، در افق بلندمدت در همهٔ سناریوها این نتیجه حاصل می‌شود که رشد مصرف انرژی در مقایسه با رشد تولید کُندتر خواهد بود. این امر نشان می‌دهد که اصلاح قیمت‌های انرژی از وابستگی اقتصاد کشور به منابع طبیعی می‌کاهد.

نتایج مطالعه برای مصرف انواع انرژی توسط کارگزاران اقتصادی نیز نشان می‌دهد که در همهٔ سناریوها مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی واکنش شدیدی در مقایسه با سایر انواع انرژی در نتیجهٔ اصلاح قیمت‌های انرژی تجربه خواهد کرد. اما چنین نتیجه‌ای در مورد مصرف برق و مصرف گاز در هر دو سطح مصرف واسطه‌ای و مصرف نهایی در سناریوهای مختلف متفاوت خواهد بود. از این رو، استنباط می‌شود مصرف نفت و فرآورده‌های نفتی از اصلاح قیمت‌های انرژی در افق زمانی بلندمدت تأثیر بیشتری می‌پذیرد. یکی از دلایل این امر به جایگزینی حامل‌های مختلف انرژی به جای یکدیگر برمی‌گردد. چنین نتیجه‌ای می‌تواند نشانهٔ مناسبی در تعریف سیاست‌های کنترل مصرف انرژی و همچنین در تعریف سیاست‌های کنترل و کاهش آثار منفی مصرف انرژی بر محیط زیست باشد.

در نهایت، می‌توان بیان کرد که نتایج مطالعه گویای آن است که تعدیل در رفتار کارگزاران اقتصادی در افق زمانی بلندمدت موجب می‌شود که مسیر زمانی تولید و مصرف انواع انرژی، برخلاف دورهٔ کوتاه‌مدت، به مسیر رشد خود برگردد. با توجه به چنین نتیجه‌ای، ضروری است، در کوتاه‌مدت، دولت در جهت تسریع تعدیل در رفتار کارگزاران اقتصادی به حمایت‌های لازم بپردازد تا از آثار منفی اصلاح قیمت‌های انرژی و گذر اقتصادی بر وضعیت اقتصادی کشور کاسته شود. از جملهٔ این حمایت‌ها می‌توان به کمک‌رسانیِ دولت در جایگزینی سوخت حامل‌های مختلف انرژی در تولید و کمک به بنگاه‌ها برای تغییر در تکنولوژی تولید اشاره کرد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱. آرمن، عزیز و زارع، روح‌الله (۱۳۸۴). «بررسی رابطهٔ علّیت گرنجری بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران در طی سال‌های ۱۳۴۶ ـ ۱۳۸۱»، فصلنامهٔ پژوهش‌های اقتصادی ایران، (۷)۲۴، ۱۱۷-۱۴۳.

۲. آماده، حمید، قاضی، مرتضی و عباسی‌فر، زهره (۱۳۸۸). «بررسی رابطهٔ مصرف انرژی و رشد اقتصادی و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران»، مجلهٔ تحقیقات اقتصادی، ۸۶، ۱-۳۸.

۳. *بانک مرکزی ج.ا. ایران* (۱۳۸۸). جدول داده- ستاده ۱۳۸۳، تهران.

۴. بهبودی، داود، اصغرپور، حسین و قزوینیان، محمدحسین (۱۳۸۷). «بررسی رابطهٔ مصرف کل برق و رشد اقتصادی»، مجلهٔ مطالعات اقتصاد انرژی، (۵)۱۷، ۵۷-۷۲.

۵. بهبودی، داود، فلاحی، فیروز و برقی گلعذانی، اسماعیل (۱۳۸۹). «عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران (۱۳۴۶-۱۳۸۳)»، مجلهٔ تحقیقات اقتصادی، ۹۰، ۱-۱۷.

۶. شرزه‌ای، غلامعلی و حقانی، مجید (۱۳۸۸). «بررسی رابطهٔ علّی میان انتشار کربن و درآمد ملی با تأکید بر نقش مصرف انرژی»، مجلهٔ تحقیقات اقتصادی، ۸۷، ۷۵-۹۰.

۷. وزارت نیرو، معاومت برنامه‌ریزی کلان انرژی (۱۳۸۹). ترازنامهٔ انرژی، تهران.

8. Asafu Adjaye, J. (2000). The relationship between energy consumption, energy prices and economics growth: time series evidence from Asian developing countries, Energy Economics, 22, 615-625.

9. Devarajan, S. & Delfin, SG. (1998). The simplest dynamic general equilibrium model of a open economy, Journal of Policy Modeling, 20 (6), 677-714.

10. Hatzigeorgiou, E. et al. (2011). CO_2 emissions, GDP and energy intensity: a multivariate co- integration and causality analysis for Greece, 1977-2007, Applied Energy, 88(4), 1377-1385.

11. Huang, B.N. et al. (2008). Casual relationship between consumption and

Archive of SID

www.SID.ir

GDP growth revisited: a dynamic panel data approach, Ecological Economics, 67, 41-54.

12. *IEA*. (2010). World energy outlook. Paris, France, www.iea.org

13. Klodt, H. (1994). Energy consumption and structural adjustment: the case of West Germany, Structural Change and Economic Dynamics, 5(1), 177-185.

14. Krey, V., Martinsen, D. & Wagner, H.J. (2007). Effects of stochastic energy prices on long-term energy-economic scenarios. Energy, 32, 2340-2349.

15. Martinsen, D., Kery, V. & Markewitz, H. (2007). Implications of high energy prices for energy system and emissions: the response from an energy model for Germany, Energy Policy, 35, 4504-4515.

16. Mehrara, M. (2007). Eenergy consumption and economic growth: the case of oil exporting countries, Energy Policy, 35, 2939-2945.

17. Nanthakumar, L. & Subramaniam, T. (2010). Dynamic co-integration link between energy consumption and economic performance: empirical evidence from Malaysia. *International* Journal of Trade, Economics and Finance, 11(3). www.ijtef.org/papers/47-F473.pdf.

18. Noor, S. & Siddiqi, M.W. (2010). Energy consumption and economic growth in South Asian countries: a co-integration panel analysis. International Journal of Human and Social Sciences, 5, 14, www. waset.org.

19. Paltsev, S. et al. (2005). The MIT emissions prediction and policy analysis (EPPA) model: version 4. MIT University.,www. globalchange.mit.edu/files/document/MITJPSPGC_Rpt125.pdf

20. Rout, U.K., Akimoto, K., Sano, F., Oda, J., Homma, T. & Tomoda, T. (2008). Impact assessment of the increase in fossil fuel prices on the global energy system, with and without CO_2 concentration stabilization. Energy Policy, 36, 3477–3484.

21. Schipper, L. (2008). Automobile fuel economy and CO_2 emissions in industrialized countries: troubling trends through 2005-2006. *Transportation Research Board of the National Academies*, Washington, *DC.* www. pdf.wri.org.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱

	پارامترهای جانشینی در ساختار تولید						
کشش بخش	نیروی کار – سرمایه (σ_{kl})	سوخت‌های فسیلی* سوخت (σ_{ene})	انرژی – ارزش افزوده (σ_{va})	کالاهای غیر انرژی (σ_{mj})	ارزش افزوده انرژی – ارزش افزودهٔ کالاهای غیرانرژی (σ_{qk})	کالای داخلی – صادرات (σ_{qe})	کالای داخلی – واردات (σ_{xd})
برق	۰/۷	۱	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۸۵	۰/۸
نفت	۰/۶۵	۱	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۸۵	۰/۷
گاز	۰/۶۵	۱	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۸۵	۰/۷
صنایع سبک	۰/۷۵	۱	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۷۵	۰/۶۵
صنایع سنگین	۰/۷۵	۱	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۷۵	۰/۶۵
حمل و نقل	۰/۸۵	۱	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۷۵	۰/۶۵
کشاورزی	۰/۶	۱	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۸	۰/۷۵
خدمات	۰/۸۵	۱	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۷۵	۰/۶۵
سرمایه	۰/۸	۱	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۷۵	۰/۶۵

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲

پارامترهای جانشینی در ساختار مصرف				
	کالاهای غیرانرژی (σ_{nec})	کالای انرژی- غیرانرژی (σ_{pc})	سوخت‌های فسیلی*	سوخت فسیلی- برق (σ_{ec})
پارامتر جانشینی	۰/۶	۰/۵	۱	۰/۷

جدول ۳

پارامترهای هزینهٔ تعدیل	α_i	β_i
برق	۰/۰	۰/۱۵
نفت	۰/۰	۰/۱۵
گاز	۰/۰	۰/۱۵
صنایع سبک	۰/۰	۰/۱۵
صنایع سنگین	۰/۰	۰/۱۵
حمل و نقل	۰/۰	۰/۱۵
کشاورزی	۰/۰	۰/۱۵
خدمات	۰/۰	۰/۱۵
سرمایه	۰/۰	۰/۱۵

جدول ۴

پارامتر	مقدار
کشش مطلوبیت نهایی مصرف‌کننده (υ)	۰/۸
نرخ رشد بلندمدت (سالانه برابر با ۳ درصد) (g)	۱۵/۹

Archive of SID

www.SID.ir