فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)، دوره ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، صفحات ۲۸-۱

تخصیص بهینه درآمدهای نفتی در قالب یک مدل تعادل عمومی پویا

دکتر حمید ناظمان، مرتضی بکی حسکوئی*

تاریخ وصول: ۱۳۸۸/۱۰/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۱۷

چکیده:

یکی از مسایل مهم در کشورهای صادر کننده نفت، تخصیص بهینه درآمدهای نفتی در راستای دست یابی به رشد و توسعه پایدار است. در این مقاله یک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه پویای[1] بهره برداری منابع پایان پذیر ارایه می‌شود. مدل تعادل عمومی قابل محاسبه‌ی پویا دارای دو بخش پویا و ایستا است که بخش پویای مدل نسبت به مدل ایستا حل می‌شود. بخش ایستای مدل حاضر، یک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه استاندارد است. در قالب مدل تعادل عمومی قابل محاسبه‌ی استاندارد، دولت در هر دوره با استفاده از سیاست‌های اقتصادی نرخ پس انداز اجتماعی، میزان بهره برداری از ذخایر نفت و گاز را به نحوی تعیین می‌کند که تابع رفاه اجتماعی بین زمانی حداکثر شود. سپس در قالب یک مدل فنی مهندسی نفت میزان سرمایه گذاری در بخش نفت و گاز را تعیین می‌کند. وجوه قابل سرمایه گذاری باقیمانده بر اساس سودآوری بخش های مختلف اقتصادی تخصیص داده می‌شود. مدل با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی ایران ۱۳۸۰ کالیبره شده و از حل مسالهٔ بهینه سازی بین زمانی، مسیر بهینه برداشت ذخایر هیدروکربوری، سرمایه گذاری بخش نفت و گاز و تشکیل سرمایه در سایر بخش‌ها استخراج شده است.

طبقه بندی JEL: Q4 ،O13

واژه‌های کلیدی: *تخصیص بهینه درآمدهای نفتی، مدل تعادل عمومی قابل محاسبه پویا، مدل فنی- مهندسی نفت، ماتریس حسابداری اجتماعی*

پرتال جامع علوم انسانی

* به ترتیب، دانشیار دانشگاه علامه طباطبایی و عضو هیئت علمی دانشگاه رجاء
(dr_nazeman@yahoo.com)

[1] Dynamic Computable General Equilibrium

۱- مقدمه

دست یابی به توسعه‌ی پایدار در کشورهای صادرکننده‌ی منابع هیدروکربوری مستلزم برداشت بهینه ذخایر هیدروکربوری، تخصیص درآمد ارزی حاصل از صادرات منابع هیدروکربوری و ترکیب بهینه وجوه قابل سرمایه گذاری بین بخش‌های مختلف اقتصادی است. در نظریه‌ی محض بهره برداری از منابع طبیعی، بخش منابع طبیعی، مستقل از سایر بخش‌های اقتصادی مطالعه می‌شود: همچنین، مسیر بهینه‌ی برداشت از منابع طبیعی صرف نظر از اثرات متقابل آن با سایر بخش‌های اقتصادی بررسی می‌شود. از سوی دیگر، در برنامه ریزی اقتصادی در قالب مدل‌های رشد، به منظور تحقق توسعه و رشد پایدار مسیر بهینه سرمایه گذاری و انباشت سرمایه تعیین می‌شود.

شکاف بین این دو حوزه به ویژه در اقتصادهای صادرکننده‌ی نفت، ضرورت وجود یک چارچوب نظری و ارایه‌ی مدل ریاضی جامع برنامه ریزی را ثابت می‌کند که در آن مساله رشد پایدار اقتصادی با نحوه‌ی بهره برداری از منابع پایان پذیر ترکیب می‌شود. پیشرفت‌های اخیر در مدل‌سازی انرژی به ویژه مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه، امکان ارایه‌ی یک چارچوب گسترده‌ی مدل‌سازی را فراهم آورده است به نحوی که مساله‌ی بهره برداری از منابع طبیعی به طور همزمان با مساله‌ی برنامه ریزی در قالب یک مدل حل می‌شود. یکی از مسایلی که برنامه ریزان در کشورهای صادرکننده‌ی نفت با آن روبه‌رو هستند، مسأله‌ی تخصیص بهینه‌ی سرمایه گذاری و مصرف در طول زمان است. به طور سنتی، این مسأله‌ی برنامه ریزی بین زمانی با کمک مدل‌های کلان بررسی می‌شود که در این مدل‌ها، عرضه‌ی انرژی به صورت قید مساله‌ی کنترل بهینه در نظر گرفته می‌شوند.[۲] هرچند این رویکرد برای دنبال کردن اثرات کلان درآمدهای نفتی مفید است، اما این مدل‌ها با یک محدودیت عمده روبه‌رو هستند. در مدل‌های کلان اثرات درآمدهای نفتی بر سایر بخش‌های اقتصاد بررسی نمی‌شوند. علاوه بر این، در قالب

[۲] موتمن (۱۹۷۹) در قالب مساله کنترل بهینه به بررسی تخصیص بهینه‌ی درآمدهای نفتی در اقتصاد ایران در قالب مساله‌ی کنترل بهینه پرداخته است. همچنین موتمن (۱۹۸۳) اقتصاد انگلستان را در قالب این رویکرد بررسی کرده است.

این تحلیل‌ها نمی‌توان تخصیص بهینه درآمدهای نفتی بین بخش‌های مختلف را مطالعه نمود.

برای پاسخ به این مسایل و ارایه‌ی یک مکانیسم برای درک بهتر و مدیریت منابع انرژی در راستای افزایش رفاه عمومی، در این مقاله یک چارچوب تحلیل جامع و یکپارچه سیستم انرژی - اقتصاد ارائه می‌شود. برای دست یابی به این هدف، در چارچوب تعادل عمومی پویا، بخش انرژی در ارتباط با سایر بخش‌های اقتصاد ترکیب می‌شود. بر این اساس، یک مدل *CGE*[۳] پویای بهره برداری از منابع طبیعی معرفی می‌گردد. مدل پویای بهره‌برداری از منابع طبیعی در حقیقت یک مدل بهینه سازی است که در آن مساله‌ی بهینه سازی بین زمانی[۴] بهره برداری از منابع هیدروکربوری نسبت به یک اقتصاد چند بخشی حل می‌شود. در این مدل سازی، ارتباطات و پیوندهای تعادل عمومی بین بهره برداری بهینه از منابع هیروکربوری و سایر بخش‌های اقتصاد فراهم می‌شود. بر این اساس، در اقتصادهای متکی به منابع هیدروکربوری یک چارچوب سیستمی برای تحلیل ارتباط متقابل بین بخش‌های اقتصاد فراهم می‌شود. مقاله‌ی حاضر مشتمل بر هفت قسمت است. در بخش دوم مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه‌ی پویا و کاربردهای آنها در بخش انرژی معرفی می‌شود. بخش سوم به معرفی ساختار کلی یک مدل *CGE* پویا می‌پردازد. در بخش چهارم مدل مورد استفاده در مقاله ارائه می‌شود. بخش پنجم به روش‌های کالیبراسیون مدل‌های *CGE* پویا بخش ششم به نتایج کالیبراسیون مدل و مسیر بهینه متغیرهای مدل اختصاص دارد. در بخش هفتم نتیجه گیری و جمع بندی پرداخته می‌شود.

۲- مبانی نظری بهره برداری از منابع طبیعی و توسعه‌ی پایدار

عموماً مساله‌ی بهره برداری بین زمانی از منابع طبیعی و توسعه‌ی پایدار تحت عنوان مساله تقسیم کیک[۵] و بر اساس مدل هتلینگ[۶] (۱۹۳۱) بررسی می‌شود. ابتدا فرض می‌شود که در یک اقتصاد یک کالایی، هدف تخصیص بهینه منبع پایان

[3] Computable general equilibrium
[4] Inter-temporal Optimization
[5] Cake-eating
[6] Hotelling

پذیر در یک افق زمانی نامحدود به نحوی است که ارزش فعلی مطلوبیت حاصل از مصرف این منبع حداکثر شود؛ یعنی:

$$\max_{c(.)} \quad \int_{.}^{\infty} U(c(t))_{e}^{-\delta t} dt \qquad (۱)$$
$$s.t \quad S(t) = -c(t), S(t) \geq ۰$$

که در آن $S(t)$ موجودی منبع، $c(t)$ مصرف و δ نرخ تنزیل است.

تحت این فرض که کشش جانشینی مطلوبیت نهایی، یعنی $\eta(c) = \frac{-cU''(c)}{U'(c)} > ۰$ ثابت است. مصرف و موجودی منبع در طول زمان به سمت صفر میل می‌کنند. هیل[۷] (۱۹۹۸) مدل فوق را توسعه داد و موجودی منبع را به عنوان یک آرگومان وارد تابع مطلوبیت نمود. بنابراین، مدل هیل به شکل زیر است.

$$\max_{c(.)} \quad \int_{.}^{\infty} U(c(t), S(t))_{e}^{-\delta t} dt \qquad (۲)$$
$$s.t \quad S(t) = -c(t), S(t) \geq ۰$$

تحت این شرایط اگر مطلوبیت نهایی مصرف صفر باشد، منبع به طور کامل بهره برداری می‌شود، در غیر این صورت شرط بهینگی این است که بخشی از منبع زیر زمین باقی می‌ماند که به نرخ تنزیل و نوع تابع مطلوبیت بستگی دارد. در این دو مدل، مصرف بهینه در طول زمان کاهش می‌یابد. برای اجتناب از کاهش مصرف بهینه در طول زمان باید فرض کنیم که تشکیل سرمایه یا پیشرفت فنی، کاهش در منبع پایان پذیر را جبران کند. داسگوپتا[۸] و هیل (۱۹۷۴؛ ۱۹۷۹)، هارتویک[۹] (۱۹۷۷)، سولو[۱۰] (۱۹۷۴) و استیگلیتز[۱۱] (۱۹۷۴) مدل فوق را بسط داده‌اند. داسگوپتا و هیل (۱۹۷۴) اقتصادی را با تابع تولید $f(K,R)$ در نظر گرفته‌اند که در آن R منبع پایان پذیر و K سرمایه‌ی فیزیکی است. بنابراین، مساله‌ی کنترل بهینه به شکل زیر است.

---

[7] Heal
[8] Dasgupta
[9] Hartwick
[10] Solow
[11] Stiglitz

$$\max_{c(.),R(.)} \int_{.}^{\infty} U(c(t))_{e}^{-\delta t} d \qquad (۳)$$
$$s.t \quad S(t) = f(K(t), R(t)) - c(t), \dot{S}(t) = -R(t)$$

اگر منبع طبیعی در تابع تولید حیاتی[۱۲] باشد، تنها زمانی مسیر مصرف بهینه مثبت است که نرخ تنزیل به اندازه کافی بالا باشد. در این حالت تشکیل سرمایه، کاهش در منبع طبیعی را جبران می‌کند. استیگلیتز (۱۹۷۴) مدلی مشابه با فرض پیشرفت فنی برونزا ارایه می‌کند. سولو (۱۹۷۴) مدل فوق را با معیار راولز[۱۳] (۱۹۷۱) و *maximin* بررسی کرده است. هارتویک (۱۹۷۷) سرمایه گذاری رانت منبع پایان پذیر را شرط مثبت بودن مسیر بهینه‌ی مصرف می‌داند. همچین هارتویک بهره برداری از منابع پایان پذیر و توسعه‌ی پایدار را در چارچوب مدل‌های نسل‌های همپوش[۱۴] بررسی می‌کند. هووارث[۱۵] (۱۹۹۱*a*) بهره برداری از یک منبع پایان پذیر را به همراه تولید و سرمایه گذاری بررسی می‌کند. بنابراین، در یک اقتصاد دارای منابع طبیعی، توسعه‌ی پایدار مستلزم سرمایه گذاری منابع طبیعی و تبدیل سرمایه‌ی طبیعی به سرمایه‌ی فیزیکی مولد است. از این رو، تخصیص بهینه‌ی درآمدهای نفتی در اقتصادهای صادرکننده‌ی نفت، یکی از مسایل مهم به شمار می‌رود. صدیقی (۱۹۸۵)[۱۶] در قالب یک مدل تعادل عمومی پویا، چارچوب برنامه ریزی بهینه در اقتصادهای نفتی را ارایه کرده است. وی نشان داد که یک مدل *CGE* می‌تواند چارچوب سازگار و تفصیلی را برای بررسی مساله‌ی برنامه ریزی بین زمانی کشورهای نفتی فراهم آورد. در این تحلیل یک مساله‌ی بهینه سازی بین زمانی نسبت به یک مدل *CGE* بررسی شده است.

۳- مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه‌ی پویا

مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه عموماً مبتنی بر نظریه‌ی تعادل عمومی والراسی هستند. با توجه به محدودیت‌های پیچیده‌ی غیر خطی موجود در

---

[۱۲] زمانی یک نهاده در تابع تولید حیاتی (*Essential*) است که با صفر شدن آن تولید صفر شود. برای مثال، در تابع تولید کاب-داگلاس، اگر هر یک از نهاده‌های نیروی کار و سرمایه صفر شود، مقدار تولید صفر خواهد شد.

[13] Rawls
[14] Overlapping Generation Models
[15] Howarth
[16] Seddighi

سیستم‌های اقتصادی، تحلیل ریاضی و محاسباتی در مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه به محقق کمک می‌کند تا ویژگی‌های کلیدی سیستم را درک کند. علاوه بر این، تحلیل‌های عددی و محاسباتی امکان بررسی اثرات شوک‌های برونزا و سیاستگذاری را ایجاد می‌کند. در حقیقت هدف این بخش از ادبیات مدل‌سازی، تبدیل ساختار تعادل عمومی والراسی از یک بیان و تصویر مجرد از اقتصاد به یک مدل واقعی در اقتصاد است (شاون[17] و والی،[18] ۱۹۸۴، ص ۱۰۰۷).

مدل‌های *CGE* به دو دسته مدل‌های پویا و ایستا تقسیم می‌شوند. نسل اول مدل‌های *CGE* ماهیتا ایستا بودند. از این مدل‌های یک دوره‌ای در طیف وسیعی از مسایل سیاستی استفاده می‌شود. مدل‌های *CGE* به بررسی نحوه‌ی اثرگذاری سیاستگذاری مختلف بر قیمت‌ها، مقدار تولید در بخش‌های مختلف و رفاه اقتصادی می‌پردازد (مارتنز،[19] ۱۹۹۸). از کاربردهای مدل‌های *CGE* در زمینه‌ی بررسی تعامل بین بخش انرژی و اقتصاد در سطح ملی، مطالعه‌ی هادسون[20] و یورگنسون[21] (۱۹۷۸) برای اقتصاد ایالات متحده‌ی آمریکا و مطالعه‌ی برگمن (۱۹۸۶) برای سوئیس و همچنین مطالعه‌ی لانگفا[22] و همکاران (۱۹۸۸) برای اقتصاد نروژ است. شاه مرادی و همکاران (۱۳۸۷) و خیابانی (۱۳۸۷) با استفاده از مدل *CGE* تاثیر حذف یارانه‌های انرژی را به ترتیب بر رفاه مصرف کننده و قیمت‌های نسبی بررسی کرده‌اند. صادقی و برقی اسگوئی (۱۳۸۷) تاثیر آزاد سازی تجاری بر نابرابری دستمزدها را تحلیل کرده‌اند. طیبی و مصری (۱۳۸۶) اثر آزاد سازی تجاری بر خانوارهای ایرانی و مهرآرا و برخورداری (۱۳۸۶) اثر کاهش تعرفه و الحاق به *WTO* را مطالعه کرده‌اند. سلامی (۱۳۷۶) آثار اقتصادی الحاق ایران به *WTO* را با استفاده از مدل *CGE* مطالعه کرده است. طیبیث و مصری نژاد (۱۳۸۵) روش شناسی مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (*CGE*) از نظر تئوری و کاربرد را شرح داده‌اند. نادران و فولادی (۱۳۸۴) تأثیر مخارج دولت بر تولید، اشتغال و درآمد خانوارها را ارزیابی کرده‌اند. ذوالنور (۱۳۸۰) در قالب مدل *CGE* اثر وضع مالیات‌ها و سلامی و پرمه (۱۳۸۰) با استفاده

---

[17] Shoven
[18] Walley
[19] Martens
[20] Hudson
[21] Jorgenson
[22] Longva

از ماتریس حسابداری اجتماعی تأثیر افزایش صادرات کشاورزی و صنعت بر اقتصاد ایران را تحلیل کرده‌اند. با این وجود، بسیاری از مسایل اقتصادی مانند بررسی اثرات بلند مدت سیاست‌های کاهش آلاینده‌ها (دلینک[۲۳] و همکاران، ۲۰۰۴ و دلینک و فون ایرلند،[۲۴] ۲۰۰۶)، تحلیل اثرات سیاست‌های اقتصادی بر پس انداز و سرمایه گذاری (فارمر و وندنر، ۲۰۰۴)، انباشت سرمایه در طول زمان و بهره برداری منابع پایان پذیر، ماهیتا مسایلی پویا هستند که تنها در قالب مدل‌های *CGE* پویا قابل بررسی‌اند.

به طور کلی، مدل‌های *CGE* پویا به صورت مجموعه‌ای از سیستم معادلات بین زمانی یا پویا و مجموعه‌ای از معادلات یک دوره‌ای یا ایستا تشکیل می‌شوند. معادلات یک دوره‌ای، یک مدل *CGE* ایستا را تشکیل می‌دهند که وضعیت اقتصاد را در هر دوره نشان می‌دهند. بخش پویای مدل مجموعه‌ای از معادلات بین زمانی است که تصمیم گیری عاملین اقتصادی را در طول زمان نشان می‌دهد. در مدل‌های *CGE* پویا بخش پویا نسبت به مدل ایستا بهینه می‌شود و مسیر زمانی متغیرهای کنترل به دست می‌آید.

در مدل‌های *CGE* ایستا پس انداز، سرمایه گذاری و بهره برداری از منابع پایان پذیر به صورت برونزا وارد مدل می‌شود و اثرات تغییر در این متغیرهای برونزا برای یک یا چند دوره شبیه سازی می‌شود؛ در حالی‌که در مدل‌های *CGE* پویا روابط بلند مدت مربوط به تصمیم گیری نهادهای اقتصادی مانند خانوارها و سرمایه گذاران مدل‌سازی می‌شود. وارد کردن ترجیحات بین زمانی خانوارها و تصمیم گیری بین زمانی بنگاه‌ها در ارتباط با سرمایه گذاری، امکان به دست آوردن مسیر زمانی بهینه‌ی متغیرهای تصمیم گیری را فراهم می‌آورد. بنابراین، می‌توان از مدل‌های *CGE* برای به دست آوردن مسیر رشد بلند مدت اقتصاد به ویژه مسیر زمانی مصرف و پس انداز بهینه‌ی کل اقتصاد در افق بلند مدت استفاده نمود.

۴- ابعاد و ساختار یک مدل *CGE* بین زمانی

می‌توان ساختار و چارچوب یک مدل *CGE* بین زمانی را به صورت زیر نشان داد:

[23] Dellink
[24] Ierland

$$
\begin{aligned}
&F_{1t}(Z_t) = 0 \\
&\vdots \\
&F_{ht}(Z_t) = 0 \\
&F_{h+1}(Z_0, Z_1, \ldots Z_{T+1}) = 0 \\
&\vdots \\
&F_{h+m}(Z_0, Z_1, \ldots Z_{T+1}) = 0
\end{aligned}
\qquad (۴)
$$

که در آن $F_{it}(i=1,\ldots h)$ و $F_{h+j}(j=1,\ldots m)$ تعداد $h+m$ تابع مشتق پذیر است. h معادله‌ی اول معادلات بین زمانی در دوره‌های زمانی مختلف را نشان می‌دهند که متغیرها را در طول زمان به هم مرتبط می‌سازند. m معادله‌ی دیگر نشان دهنده‌ی معادلات مربوط به یک زمان خاص، یعنی معادلات ایستاست که یک مدل *CGE* ایستا را تشکیل می‌دهند و متغیرهای Z را به یکدیگر مرتبط می‌سازند. یکی از مسایل مهم در مدل‌سازی *CGE* پویا، فرض انتظارت فعالان اقتصادی و مکانیسم تصمیم گیری بین زمانی است. ممکن است پویایی مبتنی بر فرض انتظارات ایستا[۲۵] یا فرض فعالان اقتصادی با پیش بینی[۲۶] کامل باشد. بر این اساس، می‌توان مدل‌های *CGE* پویا را به دو دسته‌ی کلی تقسیم بندی کرد (مدیو[۲۷] و رینس،[۲۸] ۲۰۰۷):

۱- مدل‌های *CGE* پویا با پویایی حرکت به جلو؛[۲۹]

۲- مدل‌های *CGE* پویا با پویایی نگاه به جلو.[۳۰]

مدل‌های *CGE* پویا با پویایی حرکت به جلو، مبتنی بر فرض انتظارات ایستا هستند. در مدل‌های *CGE* پویا، پویایی حرکت به جلو یک سری[۳۱] از تعادل‌های ایستا به صورت بازگشتی[۳۲] حل می‌شوند. در مدل‌های *CGE* پویا با پویایی نگاه به جلو، انتظارات نسبت به پیامدهای آتی ناشی از رفتار عوامل اقتصادی

[25] Static Expectations
[26] Perfect Foresight
[27] Medio
[28] Raines
[29] Forward – Moving Dynamics
[30] Forward-Looking Dynamics
[31] Sequence
[32] Recursive

وارد مدل می‌شود و مدل برای یک تعادل بین زمانی حل می‌شود. رویکرد حرکت به جلو برای اولین بار توسط آدلمن[۳۳] و رابینسون[۳۴] (۱۹۷۸) مورد استفاده قرار گرفت و بعدها توسط درویس[۳۵] و دیگران (۱۹۸۲) تبیین گردید. در این نوع فرمول بندی پویایی، به طور ضمنی فرض می‌شود که انتظارات نسبت به حوادث و وقایع آینده هیچ اثری بر تصمیم گیری عاملان اقتصادی در دوره‌ی جاری ندارد و رفتار عاملان اقتصادی تنها به گذشته و حال بستگی دارد. برای مثال، فرض می‌شد که مصرف کنندگان و تولید کنندگان بر اساس قیمت‌های نسبی حال و گذشته تصمیم می‌گیرند و روند آتی قیمت‌ها بر تصمیم فعلی آنها اثری ندارد. مدل‌های *CGE* پویای نگاه به جلو، مدل‌های کاملی هستند؛ یعنی در این مدل‌ها اثر وقایع آتی در نظر گرفته می‌شود و مدل برای به دست آوردن یک تعادل بین زمانی حل می‌شود. به عبارتی دیگر، حوادثی که در هر دوره رخ می‌دهد، تعادل در هر دوره را به نحوی تحت تاثیر قرار می‌دهد که تصمیم هر لحظه از زمان بر پایه‌ی نتایج گذشته و انتظارات نسبت به آینده صورت می‌گیرد.

۵- ساختار مدل

فرض می‌شود که در اقتصاد چهار نهاد[۳۶] اقتصادی شامل خانوارها، تولید کنندگان، دولت و دنیای خارج وجود دارند. تولید کنندگان صنایع یا بخش‌های مختلف اقتصادند. فرض می‌شود که هر بخش به صورت یک بنگاه نمونه رفتار می‌کند و یک کالای همگن را تولید می‌کند. چهار بخش اقتصادی در اقتصاد در نظر گرفته می‌شود. بخش کشاورزی، خدمات، صنعت و بخش نفت که بهره برداری از ذخایر هیدروکربوری در این بخش صورت می‌گیرد. فرض می‌کنیم که تمامی بخش‌ها غیر از نفت، حداکثر کننده‌ی سود کوتاه مدت باشند. در هر سطحی از دستمزدها و بازدهی سرمایه، تقاضای نیروی کار و سرمایه که سود این بخش‌ها را حداکثر می‌کند، به دست می‌آید. همچنین، فرض می‌کنیم که در بخش نفت، تقاضای نیروی کار بر اساس فرض حداکثر سازی سود کوتاه مدت به دست می‌آید؛ اما سرمایه‌ی بخش نفت توسط دولت تعیین می‌شود.

---

[33] Adelman
[34] Robinson
[35] Dervis
[36] Institutions

همچنین، فرض می‌شود که یک خانوار نمونه در اقتصاد وجود دارد و مالک سرمایه‌ی بخش غیر نفت و نیروی کار است. عرضه‌ی نیروی کار ثابت و ترکیبی از انواع نیروی کار ساده و ماهر است. طبق فرض، حداکثر سازی سود کوتاه مدت، باید بهره‌وری نیروی کار با دستمزد اسمی برابر باشد. با توجه به اختلالاتی که در بخش‌های مختلف وجود دارد، نرخ دستمزدها و بازدهی سرمایه در بین بخش‌ها متفاوت است. خانوارها درآمد خود را مصرف یا پس انداز می‌کنند. الگوی مصرف خانوارها ثابت است، به نحوی که خانوارها بخش ثابتی از درآمد خود را به کالای هر بخش تخصیص می‌دهند. این شکل از تصریح تابع مصرف، شکل ساده شده‌ای از سیستم هزینه‌ی خطی است. بر این اساس، کشش قیمتی و درآمدی تقاضا واحد فرض می‌شود.

دنیای خارج از طریق واردات و صادرات به مدل ارتباط داده می‌شود. تجارت خارجی در این مدل، به شکل استاندارد تصریح می‌شود. در تمامی مدل‌های *CGE*، کشورهای در حال توسعه توسط آرمینگتون در نظر گرفته شده است. در این شکل از تصریح مدل، کالاهای تولید داخل جانشین ناقص کالاهای وارداتی به شمار می‌روند. به عبارتی دیگر، مصرف کنندگان بین کالاهای تولید داخل و واردات انتخاب می‌کنند. در بخش صادرات نیز تبدیل پذیری ناقص در نظر گرفته می‌شود. این شکل از تصریح، تفاوت بین قیمت‌های صادراتی و قیمت‌های داخلی را امکان پذیر می‌سازد.

در این چارچوب، دولت نقشی کلیدی در اقتصاد دارد. با این وجود، دولت در یک محیط اقتصاد دستوری فعالیت نمی‌کند. دولت بر اساس قیمت‌های فعلی و آتی و از طریق حداکثر کردن تابع رفاه اجتماعی بین زمانی نسبت به منابع موجود نفتی، هزینه‌های تعدیل انباشت سرمایه و محدودیت‌هایی که به وسیله‌ی مجموعه‌ای از تعادل‌های درون دوره‌ای رقیب ایجاد می‌شود، رفتار پویای اقتصاد را در بلند مدت شکل می‌دهد. فرض می‌شود که دولت دارای افق روشن است. بر این اساس و با استفاده از مجموعه‌ای از سیاست‌های اقتصادی، نرخ پس انداز خصوصی و نرخ سرمایه گذاری در بخش نفت به نحوی تعیین می‌شود که تابع رفاه اجتماعی بین زمانی حداکثر شود. تابع رفاه اجتماعی در بخش پویایی مدل توضیح داده می‌شود. دولت سرمایه‌ی فیزیکی و طبیعی در بخش نفت را دراختیار دارد و عواید این بخش وارد خزانه دولت می‌شود. دولت به عنوان مالک منابع

هیدروکربوری، در سطح یک دوره ای[۳۷] شبیه یک بنگاه حداکثر کننده‌ی سود در کوتاه مدت، بخش نفت را مدیریت می‌کند. در سطح بین زمانی،[۳۸] دولت میزان سرمایه‌ی فیزیکی در بخش نفت و سپس نرخ برداشت بهینه را تعیین می‌کند. دولت از طریق سیاست‌های مالیاتی و سایر ابزارها بر تصمیم گیری خانوارها درباره‌ی پس انداز و در نتیجه، نرخ پس انداز خانوارها اثر می‌گذارد. به بیانی دیگر، دولت نرخ پس انداز خصوصی را به گونه‌ای تعیین می‌کند که رفاه اجتماعی حداکثر شود. نرخ پس انداز کل اقتصاد بر اساس نرخ پس انداز خصوصی تعیین می‌شود.[۳۹] هنگامی که نرخ پس انداز تعیین شد، پرسش بعدی این است که وجوه قابل سرمایه گذاری چگونه تخصیص داده می‌شوند. دولت با توجه به مساله حداکثر سازی رفاه اجتماعی در بلند مدت، میزان سرمایه گذاری در بخش نفت (سهم بخش نفت از سرمایه گذاری) را تعیین می‌کند. پسماند وجوه قابل سرمایه گذاری، بین بخش‌های غیر نفتی توزیع می‌شود. سرمایه گذاری پسماند به نحوی تخصیص داده می‌شود که بخش‌های سودآورتر و مولدتر اقتصاد سهم بالاتری داشته باشند.

۵-۱- پویایی مدل

به طور کلی، در مدل‌های *CGE* پویا، مسأله‌ی بهینه سازی نسبت به مجموعه‌ای از معادلات پویا و ایستا بهینه می‌شود. در یک مدل *CGE* پویا، مهمترین بخش، تصریح پویایی‌های مدل است. در بخش پویای مدل، تابع هدف مدل، پیوندهای بین زمانی در مدل شامل برداشت از منابع تجدید ناپذیر هیدروکربوری و پس انداز بهینه، تخصیص سرمایه گذاری و تشکیل سرمایه تصریح می‌شود. تابع هدف مدل مهمترین قسمت پویایی مدل است. پس از تصریح تابع هدف، مجموعه‌ای از مساله برنامه ریزی تصریح می‌شوند که مهمترین آنها رفتار تشکیل سرمایه در طول زمان است. به این مجموعه از معادلات اصطلاحاً کلوزرهای مدل گفته می‌شود. در ادامه، پویایی‌های مدل تشریح می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[37] Intra-Temporal
[38] Inter-Temporal
[۳۹] پس انداز کل شامل پس انداز دولتی نیز می‌شود.

۵-۱-۱- تابع هدف مدل

فرض می کنیم که رفاه یک خانوار نمونه حداکثر می‌شود؛ یعنی ارزش فعلی مطلوبیت مصرف در طول زمان است. تابع هدف مدل به صورت زیر است.[۴۰]

$$Max \qquad J = \int U(C_t) e^{-\delta t} dt \qquad (۵)$$

که در آن C_t تابع مصرف کاب- داگلاس به صورت جمعی[۴۱] است که تابعی جمعی از کالاهای بخش‌های مختلف یعنی $CD_{i,t}$ در دوره‌ی زمانی t با سهم ثابت ch_i در مصرف است، به طوری که

$$C_t = CD_{it}^{ch_1} \times CD_{2t}^{ch_2} \times .... \times CD_{nt}^{ch_n} \qquad (۶)$$

در رابطه‌ی فوق، $\sum_{i=1}^{n} ch_i = 1$ و δ نرخ تنزیل اجتماعی است.

فرض می‌کنیم که تابع مطلوبیت مقعر است که نشان دهنده‌ی نزولی بودن مطلوبیت نهایی مصرف است. به بیانی دیگر، هرچه جامعه ثروتمند تر می‌شود، مطلوبیت نهایی هر واحد مصرف کاهش می‌یابد. شکل کلی تابع مطلوبیت به صورت $U(c) = \frac{1}{1-\Phi} C^{1-\Phi}$ است که در آن $\Phi \neq 1$ است. در این تابع هرچه کشش ثابت مطلوبیت نهایی بالاتر باشد، درجه‌ی هموارسازی مصرف در طول زمان بالاتر خواهد بود. مقدار مثبت نرخ تنزیل اجتماعی به معنای این است که جامعه در انتخاب مصرف یک واحد کالا بین زمان حال و آینده، مصرف در زمان حال را ترجیح می‌دهد (بارو[۴۲] و سالایی مارتین،[۴۳] ۱۹۹۵، ص ۵۹). شکل گسسته‌ی مساله‌ی بالا به صورت زیر است:

$$MAX \quad J = \sum_{t=0}^{T} \frac{1}{(1+\delta)^t} \times \frac{1}{(1-\Phi)} \times \left[\prod_i (CD_i)^{ch_i} \right]^{1-\Phi} \qquad (۷)$$

این تابع نسبت به قیودی که در ادامه به آنها اشاره خواهیم کرد، حداکثر می‌شوند.

---

[۴۰] برای مطالعه‌ی بیشتر درباره تصریح مدل‌های *CGE* پویا نگاه کنید به:
Heer, Burkhard, and Alfred Maußner,(2004), Dynamic General Equilibrium Modeling, Springer-Verlag Berlin Heidelberg

[41] Aggregate Cobb-Douglas Consumption Function

[42] Barro

[43] Sala-i-Martin

۵-۱-۲- س انداز،پتخصیص وجوه قابل سرمایه گذاری و تشکیل سرمایه

هدف اصلی مقاله‌ی حاضر تعیین مسیر بهینه‌ی برداشت از منابع هیدروکربوری پایان پذیر و تخصیص درآمدهای نفتی در یک چارچوب چند بخشی است. این مدل برای اقتصاد دارای ذخایر هیدرو کربوری تعریف می‌شود. مسیر بین زمانی برداشت تحت تأثیر ساز و کار اقتصاد کلان، روند بهینه بین زمانی انباشت سرمایه‌ی فیزیکی و تخصیص وجوه قابل سرمایه گذاری است.[۴۴] بخش نفت با سایر بخش‌های اقتصاد تفاوت معناداری دارد؛ زیرا در این بخش محصول تولید نمی‌شود، بلکه منابع پایان پذیر برداشت می‌شود و مالکیت منابع طبیعی در اختیار دولت است. برای تصریح بخش نفت در این مدل فرض می‌کنیم که هزینه‌ی برداشت تابعی از موجودی ذخایر است و با استمرار برداشت، هزینه‌ی بهره برداری افزایش می‌یابد. همچنین، فرض می‌کنیم که موجودی ذخایر (ذخایر اثبات شده) معلوم است و اکتشاف جدیدی صورت نمی‌گیرد و هیچ گونه نا اطمینانی نسبت به موجودی ذخایر وجود ندارد. سطح فعالیت‌ها در بخش‌های غیر نفتی، قیمت‌های داخلی و بین المللی و رفتار نهادهای اقتصادی بر مسیر بهینه‌ی برداشت تأثیر می‌گذارند. در این مدل ابتدا دولت با استفاده از مجموعه‌ای از سیاست‌های اقتصادی نرخ پس انداز اجتماعی را به نحوی تعیین می‌کند که تابع رفاه اجتماعی حداکثر شود. همچنین، دولت نرخ برداشت از ذخایر هیدرو کربوری و سرمایه گذاری در بخش نفت را تعیین می‌کند. سهم بخش نفت از وجوه قابل سرمایه گذاری بر اساس مدل فنی - مهندسی نفت که در مساله‌ی اقتصادی بهره برداری از منابع طبیعی ترکیب شده است،[۴۵] تعیین می‌شود. سرمایه‌گذاری پسماند بر اساس سودآوری بخش‌های مختلف اقتصادی تخصیص می‌یابد. در بخش بعد، نحوه‌ی تعیین سرمایه‌ی مورد نیاز بخش نفت و در ادامه ساز و کار تشکیل سرمایه در سایر بخش‌های اقتصاد توضیح داده می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[۴۴] در اقتصادهای صادرکننده‌ی نفت پرسش‌های زیادی پیش روی برنامه ریزان قرار دارد. پاسخ این پرسش‌ها نیازمند طراحی یک مدل تعادل عمومی است که در قالب این مدل ذخایر پایان پذیر نفتی به سرمایه مولد تبدیل می‌شوند. در چنین مدلی، باید مساله‌ی بهره برداری در یک فضای کسترده‌تر بررسی شود و مسأله مربوط به دوره‌ی انتقال از یک اقتصاد نفتی به یک اقتصاد غیر نفتی را در برگیرد.

[45] Hybrid Model

۵-۱-۳- تعیین سرمایه‌ی بخش نفت و تخصیص سرمایه‌ی بخش‌های غیر نفت

در چارچوب مهندسی نفت[۴۶] که به قانون حداکثر نرخ برداشت کارا[۴۷] (*MER*) معروف است، نرخ برداشت از ذخایر در طول زمان به طور برونزا تغییر می‌کند و تحت تاثیر ویژگی‌های فنی میدان است. در مدل مهندسی *MER* در هر سطحی از سرمایه گذاری اولیه در عمق، اندازه، فضای بهره برداری و تعداد چاه‌های میدان، هزینه‌ی برداشت در طول زمان ثابت می‌ماند، اگر و فقط اگر میزان برداشت در هر دوره با نرخ صعودی کاهش یابد. کاهش در نرخ برداشت ناشی از کاهش فشار مخزن است. می‌توان در چارچوب برنامه برداشت جاری- انباشتی،[۴۸] با استفاده از مسیر زمانی برداشت فعلی و برداشت انباشتی، یک منحنی هم مقدار هزینه‌ی منحصر به فرد را به دست آورد.[۴۹] شکل منحنی هم مقدار هزینه بر اساس پارامترهای مدل *MER* تعیین می‌شود که همان پارامترهای فنی میدان هستند. برداشت فعلی، مشتق زمانی برداشت انباشتی است. بنابراین، با استفاده از روش رو به عقب[۵۰] در قانون *MER* می‌توان یک رابطه‌ی تابعی بین برداشت فعلی و انباشتی به دست آورد که از نظر منطقی همان مدل *MER* است. رابطه‌ی تابعی بین برداشت فعلی و انباشتی، ساختار هزینه برداشت را بر اساس یک تبدیل یکنواخت اختیاری[۵۱] تعیین می‌کند. ساختار هزینه برداشت را می‌توان در مدل اقتصادی بهره برداری از منابع طبیعی در نظر گرفت. به بیانی دیگر، این ساختار هزینه را می‌توان در مدل هتلینگ وارد نمود و مساله‌ی بهره برداری را با فرض مدل *MER* حل کرد. از حل این مساله نرخ برداشت از ذخایر هیدروکربوری و سرمایه گذاری مورد نیاز بخش نفت به دست می‌آید.

بخش‌های غیر نفت، باقیمانده‌ی وجوه قابل سرمایه گذاری را از طریق سودآوری در گذشته و دوره‌ی جاری دریافت می‌کنند. در این شکل از تصریح تخصیص سرمایه گذاری، فرض کرده‌ایم که سرمایه گذاران افق روشنی را پیش رو

---

[46] Geo-Engineering Framework
[47] Maximum Efficient Recovery
[48] Current-Cumulative Production Plan
[۴۹] به بیان دیگر، در یک فضای دو بعدی که در یک محور برداشت فعلی و محور دیگر برداشت انباشتی باشد, مسیر زمانی این دو متغیر یک منحنی هم مقدار هزینه را تعیین می‌کند که در هر سطحی از هزینه‌ی برداشت ثابت با افزایش تولید انباشتی نرخ برداشت فعلی با نرخی فزایند کاهش می‌یابد.
[50] Backward
[51] Arbitrary Monotonic Transformation

ندارند.[۵۲] برای این منظور، فرض می‌کنیم که سهم هر یک از بخش‌های غیر نفت از وجوه قابل سرمایه گذاری ($ISHR_{in}$) برابر سهم آن در درآمد سرمایه کل اقتصاد (SP_{in}) است. اگر نرخ سود بخش غیر نفت بالاتر از متوسط نرخ سود باشد، سهم این بخش تعدیل می‌شود و افزایش می‌یابد. در غیر این صورت، کاهش می‌یابد. بنابراین، مکانیسم تخصیص وجوه قبل از سرمایه گذاری به شکل زیر است:

$$ISHR_{in,t+1} = SP_{in,t} + \Omega \times SP_{in,t} \times \left[\frac{RP_{in,t} - AVGRP}{AVGRP} \right] \qquad (۸)$$

که در آن RP_{in} سود هر بخش $AVGRP$ متوسط سود اقتصاد و Ω ضریب جا به جایی سرمایه است. ضریب جا به جایی (Ω) نشان دهنده‌ی واکنش بازار سرمایه نسبت به نرخ‌های بخشی سود[۵۳] است. معادلات زیر نحوه‌ی محاسبه‌ی سهم بخش‌های مختلف در سود (SP_{in})، نرخ سود (RP_{in}) و سود متوسط ($AVGRP$) را نشان می دهند. نکته قابل توجه این است که نرخ سود (RP_{in}) شامل نرخ بازدهی سرمایه[۵۴] (R_{in}) و درآمد سرمایه[۵۵] است. d_i نرخ استهلاک هر بخش است.

$$SP_{in} = \frac{R_{in} \times K_{in}}{\sum_{jn} R_{jn}} \times K_{jn} \qquad (۹)$$

$$PRP_{in,t+1} = R_{in,t+1} + \frac{\left[PK_{in,t+1} - (1 + d_{in}) \times PK_{in,t} \right]}{PK_{in,t}} \qquad (۱۰)$$

$$AVGRP = \frac{\sum_{in} PR_{in} \times K_{in}}{\sum_{in} K_{in}} \qquad (۱۱)$$

فرض می‌کنیم که سرمایه در هر بخش با نرخ نزولی افزایش یابد. بنابراین، معادله‌ی پویای سرمایه به شکل زیر است:

$$K_{i,t+1} = K_{i,t} \times (1 - d_i) + \theta_i \times K_{i,t} \left[1 - \left[1 + \frac{DK_{i,t}}{2 \times \theta_i \times K_{i,t}} \right]^{-2} \right] - I_{oil,t} \qquad (۱۲)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[۵۲] بر اساس فرض درویس و دیگران (۱۹۸۲) فرض می‌شود که سرمایه گذاران نزدیک بین هستند.
[53] Sectoral Profit Rates
[54] Capital Return
[55] Capital Gains

که در آن θ_i ضریب تعدیل هزینه‌ی سرمایه گذاری است. در این شکل از تصریح معادله‌ی حرکت سرمایه، محدودیت ظرفیت جذب در نظر گرفته شده است.[۵۶] با افزایش نرخ سرمایه گذاری ($\frac{DK}{K}$)، بازدهی واحدهای اضافی سرمایه گذاری کاهش می‌یابد. از نظر فنی با این قید ظرفیت جذب سرمایه گذاری، نرخ افزایش در موجودی سرمایه K، کمتر از نرخ افزایش در سرمایه گذاری در شرایطی است که سرمایه گذاری به صورت درصدی از موجودی سرمایه ($\frac{DK}{K}$) بیان می‌شود.

۵-۲- بخش ایستای مدل

بخش ایستای مدل، در واقع یک مدل تعادل عمومی چند بخشی بازار رقابتی والراسی است. صرف نظر از اثرات خاص پویایی های بخش نفت، مدل ایستا همان ویژگی‌هایی را دارد که خانواده‌ی مدل‌های *CGE* برای کشورهای درحال توسعه توسط درویس و دیگران (۱۹۸۲) دارند. این ویژگی‌ها عبارت از جانشینی ناقص در بخش تجارت خارجی و شرایط رقابت ناقص در بازار عوامل تولید است. در این مدل بخش‌های غیر نفت شامل کشاورزی، صنعت و خدمات است.

۶- کالیبره کردن مدل

یکی از گام‌های مهم در مدل‌سازی مدل‌های تعادل عمومی، کالیبره کردن مدل است. کالیبره کردن عبارت است از فرایند تعیین مقادیر پارامترهای معادلات ایستا و پویای یک مدل به گونه‌ای که بتوان با استفاده از مدل کالیبره شده (اصطلاحاً مدل تصریح شده به شکل عددی) مقادیر متغیرهای درونزا را برای سال پایه بازتولید کرد. در واقع، زمانی که پارامترهای معادلات مدل تعیین شد، از حل سیستم معادلات مدل، مقدار متغیرهای درونزای مدل به دست می‌آید که باید با مجموعه داده‌های سال پایه سازگار باشد. علاوه بر این، پارامترهای معادلات پویای مدل باید به گونه‌ای تعیین شود که از حل معادلات بین زمانی نسبت به بخش ایستای مدل مسیر بهینه متغیرهای مدل به گونه ای استخراج شود که مقادیر این متغیرها برای سال پایه با داده‌های موجود سازگار باشد. ادبیات موجود در زمینه‌ی

[۵۶] محدودیت در ظرفیت جذب (*Absorptive Capacity*) به معنای این است که اگر سرمایه گذاری در هر بخش با سرعت انجام شود، کارایی نهایی سرمایه گذاری کاهش می‌یابد.

کالیبره کردن مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه عمدتاً بر دو مساله تمرکز یافته است: ۱) فرایند کالیبره کردن مدل‌های *CGE* ایستا؛ و ۲) مسایل مرتبط با کالیبره کردن مدل‌های پویا در شرایط تعادل بلند مدت پایدار.

در مدل‌های *CGE* پویا، بسته به اینکه آیا داده‌های سال پایه در شرایط تعادلی بلند مدت[۵۷] قرار دارند یا نه، سه حالت برای کالیبره کردن مدل می‌توان در نظر گرفت. در حالت اول فرض می‌شود که داده‌های سال پایه موجود هستند و سال پایه در وضعیت تعادلی بلند مدت قراردارد.[۵۸] در این صورت، کالیبره کردن مدل تنها شامل تعیین پارامترهای معادلات ایستا و پویای مدل است، به نحوی که داده‌های سال پایه در مجموعه معادلات ایستا و پویا صدق کنند. در این حالت، از حل معادلات بین زمانی مدل، داده‌های سال پایه به دست می‌آید. این فرض فرایند کالیبره کردن مدل را آسان می‌کند؛ زیرا با این فرض نه تنها داده‌های سال پایه بازتولید می‌شوند، بلکه تمامی متغیرهای دوره‌های بعد معلوم است.

در حالت دوم و سوم فرض می‌شود که اقتصاد در وضعیت تعادلی بلند مدت قرار ندارد. نسبت به اینکه داده‌های سال پایه برای کالیبره کردن مدل وجود داشته باشد یا نه، دو حالت به وجود می‌آید. حالت اول این است که داده‌های سال پایه موجود است. در این شرایط کالیبره کردن مدل شامل تعیین پارامترهای معادلات ایستا و پویا به نحوی است که داده‌های سال پایه در مجموعه معادلات مدل صدق کنند. در این شرایط، مقادیر داده‌های دوره‌های بعد نامعلوم است. بنابراین، پارامترهای معادلات پویا باید به نحوی تعیین شوند که از حل همزمان آنها داده‌های سال پایه بازتولید شوند و اقتصاد به سمت مسیر تعادلی بلند مدت حرکت کند.

در حالت سوم، داده‌های سال پایه وجود ندارد و اقتصاد نیز در مسیر تعادلی بلند مدت قرار ندارد. در این حالت، کالیبره کردن مدل نه تنها شامل تعیین پارامترهای معادلات ایستا و پویای مدل است، بلکه باید پایگاه داده‌های سال پایه نیز تولید شود. در این شرایط باید داده‌های سال پایه به نحوی تولید شود که در مجموعه معادلات ایستا و پویای مدل صدق کند. بنابراین، کالیبره کردن

---

[57] Steady State

[۵۸] به عبارت دیگر، فرض شود که اقتصاد در وضعیت تعادلی بلند مدت (*Steady State*) قرار دارد.

مدل‌های *CGE* پویا در شرایطی که اقتصاد در تعادل بلند مدت قرار ندارد، شامل پیچیدگی‌هایی است که در فرایند کالیبره کردن مدل‌های ایستا و همچنین مدل‌های پویای در وضعیت تعادلی بلند مدت وجود ندارد. همان‌طور که اشاره شد، اولین مساله مربوط به وجود همزمان معادلات یک دوره‌ای[۵۹] و معادلات بین زمانی[۶۰] است. یک مدل *CGE* پویا در سال پایه نه تنها شامل مجموعه‌ای از داده‌های معلوم مربوط به یک دوره از زمان است (که در حقیقت شالوده و پیکره مدل *CGE* ایستا را تشکیل می‌دهند)، بلکه مجموعه‌ای از داده‌های مجهول و نا معلومی را دربرمی‌گیرد که مربوط به تمامی دوره‌های آتی است. بنابراین، تعیین مقادیر آتی متغیرها برای محاسبه‌ی پارامترهای مدل بخشی از فرایند کالیبره کردن مدل به شمار می‌رود. از آنجا که متغیرهای موجودی،[۶۱] معمولا در شرایط تعادلی بلند مدت قرار ندارند، در خارج از مسیر تعادلی بلند مدت مقدار آنها از یک دوره به دوره بعد تغییر می‌کند.[۶۲] به همین ترتیب، تمامی متغیرهای درونزای مدل نیز از یک دوره به دوره دیگر تغییر می‌کنند. بنابراین، کالیبره کردن عبارت است از یافتن مجموعه‌ای از داده‌ها (که در طول زمان تغییر می‌کنند) و نه تنها با مدل یک دوره‌ای سازگار است، بلکه در معادلات بین زمانی نیز صدق می‌کند.

پیچیدگی دوم مربوط به ضرورت بازتولید داده‌های سال پایه به صورت درونزاست. حتی اگر مقادیر پارامترها و مقادیر تمامی متغیرهای درونزا برای تمامی سال‌ها به نحوی محاسبه شوند که در تمامی معادلات (یک دوره‌ای و بین زمانی) مدل صدق کنند، هیچ اطمینانی وجود ندارد؛ در شرایطی که اقتصاد در مسیر تعادلی بلند مدت قرار ندارد، مقادیر محاسبه شده‌ی داده‌های درونزای سال پایه دقیقاً برابر با داده‌های سال پایه باشد. بنابراین، علاوه بر مقدماتی که به آنها اشاره شد، در فرایند کالیبره کردن باید پارامترهایی تعیین شوند که این پارامترها رفتار مدل در طول زمان را به نحوی نشان می‌دهند که بتوان با استفاده از مدل *CGE* داده‌های سال پایه را بازتولید کرد.

---

[59] Intra period Equations
[60] Intertemporal Equations
[61] Stock variables

[۶۲] برای مثال، اگر موجودی سرمایه در شرایط تعادلی بلند مدت نباشد، مثبت یا منفی بودن تغییر در موجودی سرمایه بستگی به این دارد که موجودی سرمایه در سطحی پایین‌تر یا بالاتر از مقدار تعادلی بلند مدت باشد. (رجوع شود به: Romer, (2006))

۶-۱- رویکردهای موجود برای کالیبره کردن مدل‌های *CGE* پویا

کودسی[۶۳] و دیگران (۱۹۹۲)، مالاکلیس[۶۴] (۱۹۹۲) و وندنر[۶۵] (۱۹۹۹) به حل این معما پرداخته‌اند. کودسی و همکاران (۱۹۹۲) از رویکرد کالیبره کردن مدل‌های بین زمانی با انتظارات ایستا (مدل‌های پویای بازگشتی) استفاده کرده‌اند. وندنر (۱۹۹۹) این روش را دوباره تعریف بسط و گسترش داد. وی روش کالیبره کردن یک مدل اقتصاد بسته را با انتظارات رو به جلو با استفاده از یک فرایند شبیه سازی دو دوره‌ای طراحی کرده است. در هر یک از این روش‌ها، مدل بین زمانی با استفاده از داده‌های سال پایه کالیبره شده است. بنابراین، لازم است تا حل مدل برای سال پایه، افق زمانی مدل را پوشش دهد. روشن است که دلیل استفاده از شبیه سازی دو دوره‌ای مدل با داده‌های بازتولید شده‌ی سال پایه این است که مطمئن شویم تا داده‌های ایجاد شده برای سال پایه با معادلات پویای مدل سازگار است. طبیعی است که نتایج به دست آمده باید به گونه‌ای باشد که پایگاه داده‌های هر دو دوره‌ی پیاپی با آنچه در دوره‌ی اول رخ می‌دهد، مرتبط و سازگار باشد. پانت[۶۶] (۲۰۰۲) با استفاده از این ویژگی، روش دیگری را برای حل مدل بین زمانی با استفاده از نرم افزار *GEMPACK* معرفی کرده است. در این روش نیازی به ایجاد پایگاه داده‌های بین زمانی نیست. این رویکرد به رویکرد ژنریک[۶۷] معروف است. در این روش داده‌های تمامی دوره‌های آتی به صورت داده‌های سال پایه به اضافه تغییرات انباشتی از سال پایه تا دوره‌ی t در نظر گرفته می‌شود.

۶-۲- کالیبره کردن مدل برای داده‌های سال پایه و استخراج مسیر بهینه

مدل *CGE* ایستا با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۸۰ کالیبره شده است؛ اما نمی‌توان تمامی پارامترهای مدل را با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی برآورد نمود. سایر پارامترهای مدل از جمله پارامترهای تابع تقاضای سرمایه گذاری در بخش نفت و گاز و پارامترهای مدل فنی- مهندسی نفت با استفاده از روش‌های اقتصاد سنجی برآورد شده است. این مدل داده‌های سال پایه

---

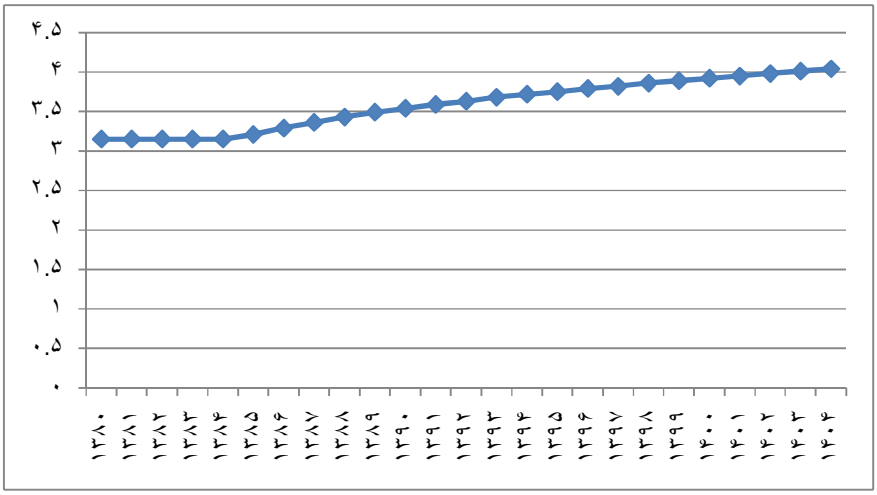
[63] Codsi
[64] Malakellis
[65] Wendner
[66] Pant
[67] Generic Approach

را بازتولید می‌کند. ابتدا مدل *CGE* با استفاده از نرم افزار *GAMS* حل شد. سپس نتایج بهینه و ممکن به دست آمد. به منظور اطمینان از نتایج برآورد و تحلیل حساسیت مدل، نتایج این مدل با نتایج یک مدل دیگر که با *Minos* و *Conopt* حل شده‌اند، مقایسه شد. در هر دو حالت نتایج به دست آمده از مدل مورد بررسی بهینه[۶۸] و ممکن[۶۹] بود. همچنین، با طراحی سناریوی کاهش قیمت محصولات کشاورزی مدل شبیه سازی شد تا نسبت به پایداری پارامترهای مدل اطمینان حاصل شود. سپس نتایج به دست آمده در مدل پویا قرار داده و مدل *CGE* پویا کالیبره شد و بخش پویای مدل نسبت به بخش ایستا حل شد. مسیر بهینه متغیرهای مدل از حل بین زمانی مدل استخراج گردید. مدل پویا در حقیقت شکل گسترش یافته مدل تعیین نرخ پس انداز بهینه رمزی[۷۰] (۱۹۷۴) است که مساله‌ی بهره برداری از ذخایر هیدروکربوری در آن وارد شده است. برای این منظور، پارامترهای توابع تقاضای سرمایه گذاری در بخش نفت و مدل فنی مهندسی نفت با استفاده از روش‌های اقتصاد سنجی برآورد گردید و منحنی هم مقدار هزینه به دست آمد و در مسأله‌ی بهره برداری از ذخایر هیدروکربوری وارد شد. سپس مجموعه‌ی معادلات فوق در مدل رمزی وارد و مدل پویا با استفاده از نرم افزار *GAMS* حل شد و مسیر زمانی متغیرهای مدل استخراج گردید. مجموعه‌ی معادلات پویای مدل نیز داده‌های سال پایه را بازتولید می‌کنند. بر اساس نتایج مدل، موجودی سرمایه در سال پایه حدود ۱۲۱ میلیارد دلار برآورد گردید که با برآورد موجودی سرمایه توسط بانک مرکزی برای سال ۱۳۸۰ سازگار است. همچنین، برآورد سرمایه گذاری و برداشت از ذخایر هیدروکربوری توسط مدل برای سال پایه با داده‌های واقعی اقتصاد ایران سازگار است و روند رشد موجودی سرمایه طی سال‌های برنامه ریزی در مدل پویا روند متعادلی است. نمودار (۱) مسیر زمانی برداشت بهینه ذخایر هیدروکربوری را نشان می‌دهد. در سال‌های اولیه دوره‌ی برنامه‌ریزی، برداشت از ذخایر هیدروکربوری با روند کندتری صورت می‌گیرد، سپس روند برداشت افزایش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که برداشت بهینه در دوره‌ی سال‌های ۸۸-۱۳۸۰ در سطحی پایین‌تر از سطح برداشت فعلی است و در

[68] Optimal
[69] Feasible
[70] Ramsey

حال حاضر بیش از اندازه از ذخایر هیدروکربوری کشور برداشت می‌شود که می‌تواند آسیب جدی به ذخایر هیدروکربوری کشور وارد سازد.

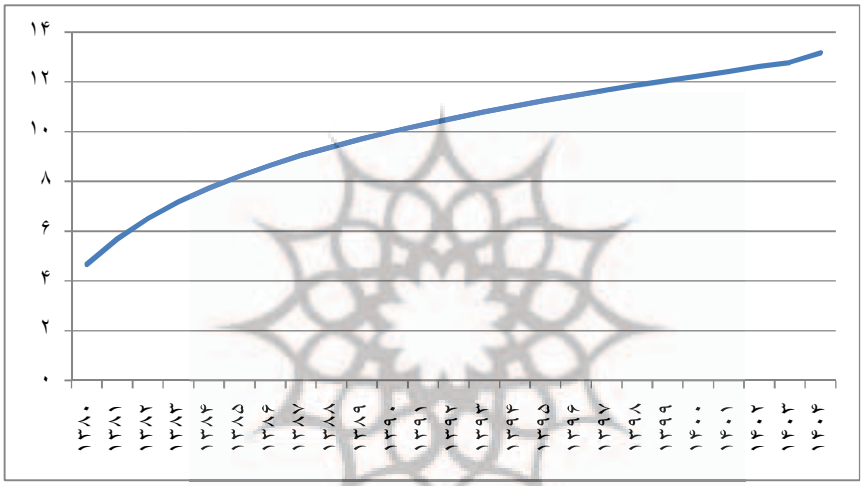
نمودار ۱: مسیر زمانی برداشت بهینه از ذخایر هیدروکربوری (میلیون بشکه در روز)



نمودار (۲) مسیر زمانی انباشت سرمایه در بخش‌های غیر نفت را نشان می‌دهد. نمودار (۳) روند زمانی سرمایه گذاری در بخش نفت و گاز را نشان می‌دهد. بر طبق مبانی نظری، استمرار روند برداشت از ذخایر هیدروکربوری نیازمند حجم بالایی از سرمایه گذاری است. در حال حاضر، میدان‌های نفتی کشور وارد نیمه‌ی دوم عمر خود شده اند و بهره برداری از میدان‌های نفت و گاز نیازمند توسعه میدان‌ها با استفاده از روش‌های افزایش برداشت است. استفاده از روش‌های افزایش برداشت در قالب برنامه‌ی توسعه‌ی میدان‌های نفتی می‌تواند به شکل تزریق گاز، تزریق آب و روش‌های ترکیبی صورت پذیرد که مستلزم هزینه‌های سرمایه گذاری بسیاری است. پس از تعیین سرمایه گذاری مورد نیاز بخش نفت، سرمایه پسماند بر اساس سودآوری بخش‌ها تخصیص داده می‌شود. این نحوه‌ی تخصیص سرمایه، کاراترین شکل تخصیص سرمایه در اقتصادهای نفتی است. با این وجود، اگر در اقتصادهای نفتی، بهره برداری از ذخایر هیدروکربوری در اختیار بخش خصوصی باشد، مکانیسم بازار نحوه‌ی تخصیص سرمایه بین بخش‌های مختلف را تعیین می‌کند.

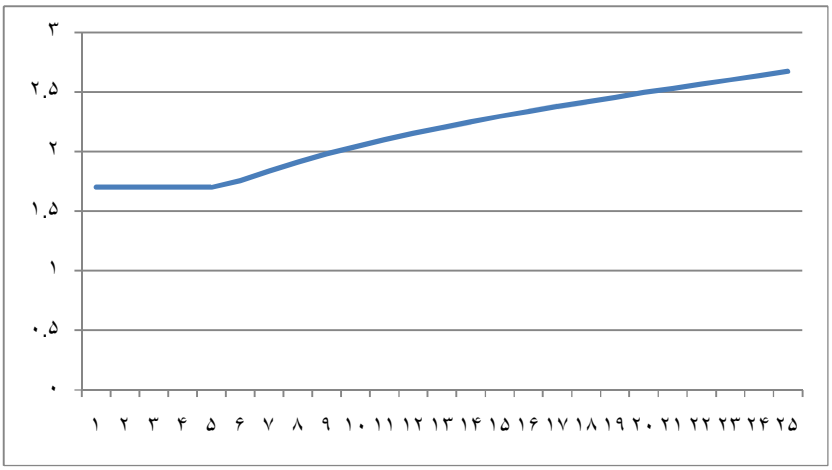
به منظور تعیین سهم بخش‌های مختلف، از نتایج مدل *CGE* ایستا استفاده شد. سهم بخش‌های مختلف غیر نفت بر اساس سودآوری بخش‌ها از سودآوری کل اقتصاد تعیین شد. مطابق نتایج به دست آمده از حل مدل *CGE* ایستا، بخش کشاورزی بیشترین سهم را از سرمایه گذاری پسماند دارد. بخش صنعت و خدمات در ردیف دوم و سوم قرار می‌گیرند. به منظور بررسی اثرات رشد سرمایه گذاری بر کل اقتصاد، مدل ایستا با سناریوی افزایش در تشکیل سرمایه ثابت شبیه سازی شد. برای این منظور، نتایج به دست آمده از حل مدل پویا وارد مدل *CGE* ایستا و اثرات آن شبیه سازی شد. نتایج نشان می‌دهد که افزایش ۲۰ درصدی در موجودی سرمایه باعث افزایش در محصولات کشاورزی و خدماتی و کاهش در محصولات صنعتی می‌شود.

نمودار ۲: انباشت سرمایه در بخش‌های غیر نفت (میلیارد دلار)



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نمودار ۳: روند سرمایه گذاری بهینه در بخش نفت و گاز (میلیارد دلار)



۷- نتیجه گیری

بخش نفت در اقتصادهای صادرکننده‌ی نفت از اهمیت بالایی برخوردار است. بهره‌برداری از ذخایر هیدروکربوری بر روند متغیرهای کلان اثر می‌گذارد. علاوه براین، روند این متغیرها در طول زمان میزان برداشت از ذخایر هیدروکربوری را تعیین می‌کند. بنابراین، لازم است که بهره برداری از ذخایر هیدروکربوری در قالب یک مدل تعادل عمومی تحلیل شود. در اقتصادهای دارای منابع پایان پذیر، دست یابی به توسعه‌ی پایدار و اجتناب از روند کاهش مصرف بهینه بلند مدت، مستلزم سرمایه گذاری منابع پایان پذیر است. در یک اقتصاد چند بخشی، الگوی تخصیص درآمدهای نفتی از اهمیت بالایی برخوردار است. برای پاسخ به این مسایل، در این مقاله یک مدل *CGE* پویای تخصیص بهینه درآمدهای نفتی ارائه شد. در قالب این مدل مساله‌ی بهره برداری از منابع طبیعی پایان پذیر نسبت به ساز و کار یک اقتصاد چند بخشی حل شد و مسیر بهینه برداشت و تخصیص منابع پایان پذیر به دست آمد. در این مدل دولت نقش مهمی برعهده دارد. دولت با استفاده از سیاست‌های بهینه اقتصادی، نرخ پس انداز اجتماعی را به نحوی تعیین می‌کند که رفاه اجتماعی بین زمانی حداکثر شود. همچنین، دولت نرخ برداشت از منابع پایان پذیر و سرمایه گذاری مورد نیاز بخش نفت را تعیین می‌کند. سرمایه گذاری پسماند بر اساس سهم بخش‌های مختلف از سودآوری کل اقتصاد تخصیص داده می‌شود. مدل با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی ایران کالیبره و مسیر

بهینه برداشت از ذخایر هیدروکربوری، سرمایه گذاری بخش نفت و گاز و سرمایه گذاری در سایر بخش‌های اقتصادی تعیین شد. نتایج نشان داد که بخش کشاورزی بیشترین سهم را در سرمایه گذاری بخش‌های غیر نفت دارد. بخش صنعت در رتبه‌ی دوم و بخش خدمات در رتبه سوم قرار می‌گیرد. نتایج انباشت سرمایه وارد مدل ایستا شد و افزایش ۲۰ درصدی در موجودی سرمایه شبیه سازی شد. نتایج نشان داد که محصولات کشاورزی و خدماتی افزایش و محصولات صنعتی کاهش می‌یابد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فهرست منابع:

خیابانی، ناصر. (۱۳۸۷). یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه برای ارزیابی افزایش قیمت تمامی حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۵(۱۶): ۱-۳۴.

ذوالنور، سید حسین. (۱۳۸۰). تحلیل اثر وضع برخی از مالیات‌ها بر اقتصاد ایران: یک الگوی تعادل عمومی، پژوهشها و سیاستهای اقتصادی، ۹(۱): ۵۰- ۵.

سلامی، حبیب اله و زورار پرمه. (۱۳۸۰). اثرات افزایش صادرات بخش‌های کشاورزی و صنعت بر اقتصاد ایران: تحلیلی در چارچوب ماتریس حسابداری اجتماعی. مجله تحقیقات اقتصادی، ۵۹: ۱۸۱-۱۴۹

سلامی، حبیب اله. (۱۳۷۶). تجزیه و تحلیل اثر توسعه تکنولوژی در بخش صنعت بر رشد و توسعه بخش کشاورزی ایران در یک الگوی تعادل عمومی. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۷: ۳۲-۴۵.

شاهمرادی، اصغر، ایمان حقیق و راضیه زاهدی. (۱۳۸۷). تحلیل تاثیر حذف یارانه بنزین بر رفاه مصرف‌کننده ایرانی با کمک یک مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر. تهران: معاونت اقتصادی وزارت اقتصاد و دارایی.

صادقی، حسین و محمد مهدی برقی اسگوئی. (۱۳۷۸). آزاد سازی تجاری (با تاکید بر کاهش نرخ تعرفه) و تاثیر آن بر نابرابری دستمزدها: استفاده از رهیافت الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه. پژوهشهای اقتصادی، ۸(۴) :۷۴-۱۴۷

طیبی، سید کمیل و شیرین مصری نژاد. (۱۳۸۵). روش شناسی مدل تعادل عمومی قابل محاسبه: تئوری و کاربرد. فصلنامه بررسی‌های اقتصادی (اقتصاد مقداری)، ۳(۱): ۱۳۲-۱۰۳.

طیبی، سید کمیل و شیرین مصری نژاد. (۱۳۸۶). آزاد سازی تجاری بخش کشاورزی و کاربرد مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه (*CGE*): مطالعه خانوارهای ایرانی. فصلنامه اقتصاد مقداری، ۴(۱):۲۴-۵

مهرآرا، محسن و سجاد برخورداری. (۱۳۸۶). بررسی آثار کاهش تعرفه از طریق الحاق ایران به *WTO* و بر بخش‌های اقتصادی در قالب مدل تعادل عمومی قابل محاسبه (*CGE/AGE*). مجله تحقیقات اقتصادی، ۸۰ :۱۹۳-۱۷۱.

نادران، الیاس و معصومه فولادی. (۱۳۸۴). ارایه یک مدل تعادل عمومی برای بررسی آثار مخارج دولت بر تولید، اشتغال و درآمد خانوارها. پژوهشنامه اقتصادی، پژوهشکده اقتصادی، ۷(۴): ۷۹-۴۵.

Adelman, I. & S. Robinson. (1978). Income Distribution Policy in Developing Countries: A Case Study of Korea. Stanford: Stanford University Press.

Barro, R.J. & X. Sala-i-Martin. (1995). Economic Growth. McGraw-Hill.

Bergman, L. (1982). A System of Computable General Equilibrium Models for a Small Open Economy. Mathematical Modeling, 3(5):421-435.

Codsi, G., K.R. Pearson & P.J. Wilcoxen. (1992). General Purpose Software for Intertemporal Economic Models. Computer Science in Economics and Management, 5: 57-79.

Dasgupta, P. & G. Heal. (1979). Economic Theory and Exhaustible Resources. Cambridge University Press.

Dasgupta, P. & G. Heal. (1974). The Optimal Depletion of Exhaustible Resources. Review of Economic Studies, 41, In: Proceedings of the Symposium on the Economics of Exhaustible Resources:1-28.

Dellink, R. & E.V. Ierland. (2006). Pollution Abatement in the Netherlands: A Dynamic Applied General Equilibrium Assessment. Journal of Policy Modeling, 28(2): 207-221.

Dellink, R.M. Hofkes, E. V. Ierland & H. Verbruggen. (2004). Dynamic Modeling of Pollution Abatement in a CGE Framework. Economic Modeling, 21(6): 965-989.

Dervis, K.,J. de Melo & S. Robinson. (1982). General Equilibrium Models for Development Policy. New York: Cambridge University Press.

Farmer, K. & R. Wendner. (2004). Dynamic Multi-Sector CGE Modeling and the Specification of Capital. Structural Change and Economic Dynamics, 15(4): 469-492.

Hartwick, J. (1977). Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources. American Economic Review, 67: 972-974.

Heal, G. (1998). Valuing the Future, Economic Theory and Sustainability. New York: Columbia University Press.

Heer, B. & A. Mauβner. (2004). Dynamic General Equilibrium Modeling. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. Journal of Political Economy, 39: 137-75.

Howarth, R.B. (1991a). Intertemporal Equilibria and Exhaustible Resources: an Overlapping Generations Approach. Ecological Economics, 4: 237-254.

Hudson, E.A. & D.W. Jorgenson. (1978). The Economic Impact of Policies to Reduce U.S. Energy Growth. Resources and Energy, 1(3): 205-229.

Longva, S.Ø. Olsen & S. Strøm. (1988). Total Elasticities of Energy Demand Analyzed within a General Equilibrium Model. Energy Economics, 10(4): 298-308.
Malakellis, M. (1992). Solving a Large-Scale Intertemporal Applied General Equilibrium. Paper Presented to the Australian Meeting of Econometric Society. Monash University, July 1992.
Martens, A. (1998). CGE Modeling and Developing Economies: A Concise Empirical Survey of 73 Applications to 26 Countries. Journal of Policy Modeling, 10(4): 529-568 .
Medio, A. & B. Raines. (2007). Backward Dynamics in Economics: The Inverse Limit Approach. Journal of Economic Dynamics and Control, 31(5): 1633-1671.
Motamen, H. (1979). Expenditure of Oil Revenue: An Optimal Control Approach with Application to the Iranian Economy. Frances Pinter.
Motamen, H. (1983). Macroeconomics of North Sea Oil in The United Kingdom. London: Heinemann.
Pant, H.M. (2002). Solving an Intertemporal CGE Model without an Intertemporal Data Base Using GEMPACK -The GTEM Way. Paper Presented to 5th Annual Conference on Global Economic Analysis June 2002: 5-7.
Ramsey, F.P. (1974). A Mathematical Theory of Saving. The Economic Journal, 38(152): 543-559
Rawls, J. (1971). A Theory of Justice. Oxford, UK: Clarendon.
Romer, D. (2006). Advanced Macroeconomics. New York: McGraw Hill.
Seddighi, H.R. (1985). A General Equilibrium Framework for Optimal Planning in an Oil Producing Economy. Energy Economics, 7(3): 179-190.
Shoven, J.B. & J. Walley. (1984). Applied General Equilibrium Models of Taxation and International Trade: An Introduction and Survey. Journal of Economic Literature, 22:1007-1051.
Solow, R.M. (1974). Intergenerational Equity and Exhaustible Resources. Review of Economic Studies, 41: 29-45.
Stiglitz, J. (1974). Growth with Exhaustible Natural Resources: Efficient and Optimal Growth Paths. Review of Economic Studies, 41. 123-137.
Wendner, R. (1999). A Calibration Procedure of Dynamic CGE Models for Non-Steady State Situations Using GEMPACK. Computational Economics, 13: 265-287.

پرتال جامع علوم انسانی

پیوست ۱: کالیبراسیون مدل *CGE* ایستا

ردیف	نام پارامتر					مقدار پارامتر
۱	پارامترهای مصرف	میل نهایی(و متوسط) به پس انداز خانوارها		روستایی		۰.۱۷
				شهری		۰.۲۴
		سهم کالاها در تابع مصرف خانوارها	روستایی	کالای کشاورزی		۰.۲۶۷
				کالای صنعتی		۰.۵۴۴
				کالای خدماتی		۰.۱۸۹
			شهری	کالای کشاورزی		۰.۱۶۱
				کالای صنعتی		۰.۴۵۳
				کالای خدماتی		۰.۳۸۶
		سهم کالاها در شاخص بهای مصرف کننده		کالای کشاورزی		۰.۱۹۰
				کالای صنعتی		۰.۴۷۸
				کالای خدماتی		۰.۳۳۲
۲	پارامترهای تابع تولید	پارامتر کارایی تابع تولید		بخش کشاورزی		۰.۴۶۳
				بخشش صنعت		۰.۱۰۷
				بخش خدمات		۰.۸۷۸
		سهم عوامل تولید	بخش کشاورزی	نیروی کار		۰.۱۲۸
				سرمایه		۰.۸۷۲
			بخشش صنعت	نیروی کار		۰.۱۸۱
				سرمایه		۰.۸۱۹
			بخش خدمات	نیروی کار		۰.۲۶۲
				سرمایه		۰.۷۳۸

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی