دانشگاه علامه طباطبائی

دانشکده اقتصاد

رساله دکتری رشته اقتصاد گرایش اقتصاد منابع طبیعی

الگوی برداشت بهینه از ذخایر هیدروکربوری ایران در قالب یک مدل CGE پویا

نگارش

مرتضی بکی حسکوئی

استاد راهنما

دکتر حمید ناظمان

استادان مشاور

دکتر اصغر شاهمرادی دکتر عباس شاکری

استادان داور

دکتر مسعود درخشان دکتر علی سوری

زمستان ۱۳۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

دانشگاه علامه طباطبائی

دانشکده اقتصاد

ارزشیابی رساله دکتری

با تأییدات خداوند متعال رساله آقای **مرتضی بکی حسکوئی** دانشجوی دکتری رشته علوم اقتصادی تحت عنوان:

« الگوی برداشت بهینه از ذخایر هیدروکربوری ایران در قالب یک مدل CGE پویا»

در تاریخ **۸۹/۱۱/۹** با حضور امضاءکنندگان زیر انجام و با نمره (به عدد **۱۸/۷۵**) (به حروف **هیجده و هفتاد و پنج صدم**) و با درجه **بسیار خوب** مورد تصویب قرار گرفت.

اعضاء هیأت داوران:

سمت	نام و نام خانوادگی	امضاء
استاد راهنما	آقای دکتر ناظمان	
استاد مشاور	آقای دکتر شاهمرادی	
استاد مشاور	آقای دکتر شاکری	
استاد داور	آقای دکتر درخشان	
استاد داور	آقای دکتر سوری	
نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده و داور سوم	آقای دکتر آماده	

چکیده

وقوع شوک اول نفتی در سال ۱۹۷۳ و افزایش قیمت نفت باعث روشن شدن اهمیت انرژی بویژه نفت در اقتصاد جهانی شد. در پی افزایش ناگهانی قیمت نفت مطالعات گسترده ای بر پایه نظریه هتلینگ به منظور تبیین علل و ریشه های آن شکل گرفت. دیدگاه هتلینگ در طول دهه ۱۹۷۰ میلادی در بین اقتصاد دانان انرژی به یک دیدگاه حاکم تبدیل شد. در نظریه محض بهره برداری از منابع طبیعی ، بخش منابع طبیعی مستقل از سایر بخش های اقتصادی مطالعه می شود و مسیر بهینه برداشت از منابع طبیعی صرف نظر از اثرات متقابل آن با سایر بخش های اقتصادی استخراج می شود. در مقابل، در نظریه برنامه ریزی اقتصادی بر اساس مدلهای رشد، هدف به دست آوردن مسیر بهینه پس انداز و سرمایه گذاری جهت دست یابی به رشد و توسعه پایدار است. شکاف بین این دو حوزه به ویژه در اقتصادهای صادرکننده نفت ضرورت تدوین یک چارچوب نظری جامع و ارایه مدل ریاضی برنامه ریزی را که در آن به طور همزمان مساله بهره برداری از ذخایر هیدروکربوری و رشد اقتصادی بررسی شود، روشن می سازد. در این تحقیق برای تحلیل جامع و یکپارچه سیستم انرژی- اقتصاد و درک بهتر مدیریت انرژی در راستای افزایش رفاه عمومی یک چارچوب جامع ارائه می‌شود. برای این منظور بخش انرژی در ارتباط با سایر بخش‌های اقتصاد، در یک چارچوب تعادل عمومی پویا ترکیب می‌شود و یک مدل CGE پویای بهره برداری از منابع طبیعی با محوریت نرخ بهینه برداشت از منابع تجدید ناپذیر، نرخ بهینه پس انداز و تخصیص بهینه وجوه قابل سرمایه گذاری در اقتصاد طراحی و مساله بین زمانی برداشت منابع پایان پذیر مقید به سازو کارهای یک اقتصاد چند بخشی حل می شود. در این چارچوب دولت از طریق سیاستهای اقتصادی بر تصمیم گیری خانوارها درباره پس انداز و در نتیجه نرخ پس انداز خانوارها اثر می گذارد .در هر دوره زمانی دولت شبیه یک بنگاه حداکثر کننده سود بخش نفت را مدیریت می کندو در سطح بین زمانی میزان نرخ برداشت بهینه از ذخایر هیدروکربوری و سرمایه گذاری در بخش نفت را در قالب مدل حداکثر برداشت کارا(MER) تعیین می کند و سرمایه گذاری پسماند بر اساس سودآوری بخش های مختلف اقتصادی تخصیص می یابد. مدل دارای دو بخش پویا و ایستاست. بخش پویای مدل را مساله حداکثر سازی بین زمانی و بخش ایستای مدل را یک مدل CGE ایستا تشکیل می دهد. بخش پویای مدل نسبت به بخش ایستای مدل بهینه می شود و مسیر بهینه برداشت ، انباشت سرمایه و تخصیص بهینه سرمایه گذاری استخراج می گردد.

واژگان کلیدی: ذخایر هیدروکربوری، برنامه ریزی یکپارچه انرژی، مدل تعادل عمومی قابل محاسبه پویا، مدلسازی عرضه انرژی، مدل حداکثر برداشت کارا، برداشت بهینه ذخایر هیدروکربوری، سرمایه گذاری بهینه

فهرست مطالب

کلیات تحقیق ۸

الف) مساله تحقیق ۸

ب) اهمیت و ضرورت تحقیق ۱۰

پ) سوالات تحقیق ۱۱

ت) مفاهیم مدلسازی بخش انرژی ۱۲

ث) ساختار مخازن نفتی ۱۸

ج) ذخایر نفت ۱۹

ح) بازیافت نفت ۲۰

خ) برداشت طبیعی (بازیافت اولیه) ۲۱

د) برداشت ثانویه وثالثیه ۲۱

ر) سابقه تحقیق ۲۲

ز) هدف تحقیق ۲۴

ش) بخش های تحقیق ۲۶

فصل اول :مروری بر مدلسازی عرضه انرژی ۲۸

۱-۱ مقدمه ۲۸

۱-۲ برنامه ریزی جامع و یکپارچه انرژی ۳۰

۱-۲-۱- دامنه برنامه‌ریزی ملی یکپارچه انرژی ۳۲

۱-۲-۲- طبقه بندی مدلهای انرژی در برنامه ریزی یکپارچه انرژی ۳۳

۱-۳- مدلسازی عرضه بخش نفت و گاز ۳۹

۱-۴- جمع بندی و نتیجه گیری ۵۰

فصل دوم: نظریه بهره برداری منابع طبیعی ۵۲

۲-۱- مقدمه ۵۲

۲-۲- مقدمه ای بر نظریه محض بهره برداری از منابع پایان پذیر ۵۴

۲-۳- نظریه بهره برداری از منابع پایان پذیر در یک اقتصاد تولیدی ۷۲

۲-۴- بهره برداری از منابع طبیعی در یک اقتصاد چند بخشی ۷۸

۲-۵- نتیجه گیری و جمع بندی ۸۳

فصل سوم: مدلهای تعادل عمومی قابل محاسبه ۸۴

۳-۱- مقدمه ۸۴

۳-۲- کاربردهای مختلف مدلهای AGE در مسائل مرتبط با انرژی ۸۵

۳-۳- رویکرد های مختلف مدلسازی ۸۶

۳-۴- مروری بر مدل ها ی تعادل عمومی قابل محاسبه ۹۵

۳-۵- مقایسه نحوه تعیین پارامترهای مدلهای مبتنی بر ماتریس حسابداری اجتماعی و اقتصاد سنجی ۱۰۶

۴-۶ جمع بندی و نتیجه گیری ۱۰۷

فصل چهارم: مدل CGE پویای برداشت بهینه ذخایر هیدروکربوری..... ۱۰۹

۴-۱- مقدمه ۱۰۹

۴-۲- مدلهای تعادل عمومی قابل محاسبه پویا ۱۱۰

۴-۳- مدل تحقیق: مدل CGE پویای برداشت بهینه ۱۱۵

۴-۴- جمع بندی و نتیجه گیری..... ۱۴۶

فصل پنجم: کالیبره کردن مدل ۱۴۷

۵-۱- مقدمه ۱۴۷

۵-۲- رویکردهای موجود برای کالیبره کردن مدلهای CGE پویا ۱۵۰

۵-۳- کالیبره کردن مدل برای داده های سال پایه ۱۵۶

۵-۴- جمع بندی و نتیجه گیری..... ۱۸۲

نتیجه گیری تحقیق و پیشنهادها ۱۸۳

پیشنهادها ۱۸۷

فهرست منابع ۱۸۸

الف) منابع فارسی ۱۸۸

ب) منابع انگلیسی..... ۱۸۸

پیوست: نتیجه گیری کلی بررسی فنی - اقتصادی تزریق گاز ۲۰۲

کلیات تحقیق

الف) مساله تحقیق

یکی از پرسشهای کلیدی در اقتصاد منابع طبیعی نحوه بهره برداری از منابع پایان پذیر است. در پاسخ به این پرسش و بر اساس دیدگاه هتلینگ مدلهای اقتصادی بهره برداری از منابع طبیعی شکل گرفت و به یک نگرش غالب در دهه ۷۰ میلادی تبدیل شد، به نحوی که بسیاری از تحلیل گران بازار نفت از این چارچوب برای پیش بینی تحولات بازار نفت استفاده کرده اند. مهمترین محدودیت نظریه محض پایان پذیری این است که مساله بهره برداری از منابع طبیعی مستقل از سایر بخش های اقتصادی بررسی می شود. در یک اقتصاد نفتی که منابع طبیعی در اختیار دولت است و هدف دولت حداکثر کردن رفاه بین نسلی و دست یابی به توسعه پایدار است، تدوین یک چارچوب نظری به منظور تعیین نحوه بهره برداری از منابع طبیعی و تخصیص درآمدهای نفتی بین بخش های مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است.

پس از وقوع شوک اول نفتی و روشن شدن اهمیت انرژی در اقتصاد بین الملل مدل سازی انرژی به سرعت در دو بخش عرضه و تقاضا گسترش یافت.در این راستا مدلهایی شکل گرفت که هر کدام به یک جنبه از مسایل انرژی می پرداخت. در این مدلها بخش انرژی مستقل از بخش های دیگر اقتصاد مطالعه و بررسی می شود که از آنها به مدلهای تعادل جزئی[۱] یاد می شود. در نقد این نگرش در مدلسازی انرژی و برای دستیابی به تحلیل جامع تر و مطالعه تعامل بخش انرژی با سایر بخشهای اقتصادی مدلهایی شکل گرفت که به مدلهای انرژی[۲] اقتصاد مشهورند. این نگرش در مدلسازی برخاسته از تفکر برنامه ریزی یکپارچه انرژی است. در چارچوب برنامه ریزی یکپارچه انرژی ، بخش انرژی در ارتباط با سایر بخشهای اقتصادی مطالعه و ساز و کار تعامل بخش انرژی با سایر بخشها مدلسازی می شود.بر این اساس طی سالهای اخیر مدلهای انرژی اقتصاد به سرعت گسترش یافتند. رشد نرم افزارهای برنامه ریزی و دسترسی به اطلاعات، میزان استفاده از این رویکرد به مدلسازی را تشدید نمود.

یکی از تحولات اساسی در مدلسازی طی سالهای اخیر گسترش مدلهای تعادل عمومی قابل محاسبه[۳] به منظور تحلیل سیاستهای اقتصادی است. در قالب مدلهای تعادل عمومی با قیمت های درونزا، بخش های مختلف اقتصادی در تعامل با یکدیگر در نظر گرفته می شوند به نحویکه در نهایت کل اقتصاد در تعادل باشد. روشن است

[۱] Partial Equilibrium Models

[۲] Enery-Economy

[۳] Computable General Equilibruim

که این مدلها تنها برای شبیه سازی سیاستها و تحلیل اثرات سیاستی مفیدند. این در حالیست که بسیاری از مسایل اقتصادی ماهیتاً پویا هستند و نمی توان آنها را در قالب مدلهای CGE ایستا بررسی نمود. برای پاسخ به این سوال، سالهای اخیر مدلهای CGE پویا بسط و گسترش یافته‌اند. در قالب این مدلها یک مساله بین زمانی نسبت به سازوکار کل اقتصاد بهینه می شود. به عبارت دیگر یک مساله بهینه سازی بین زمانی نسبت به یک مدل CGE ایستا حل می شود و مسیر بهینه متغیرهای تصمیم گیری در طول زمان بدست می آید.

مساله بهره برداری از منابع طبیعی یک مساله بین زمانی است. در ادبیات اقتصادی این مساله در قالب نظریه کنترل بهینه بررسی می شود. با وجود این مطالعه بخش انرژی مستقل از سایر بخشهای اقتصاد، تحلیل ناقصی است. در قالب نظریه رشد اقتصادی تخصیص بهینه منابع حاصل از صادرات ذخایر هیدروکربوری از اهیمت بسیار بالایی برخوردار است. برای دستیابی به یک نگرش جامع نسبت به موضوع و دستیابی به رشد پایدار اقتصادی می توان مساله بهره برداری از منابع را در قالب برنامه ریزی یکپارچه انرژی و با استفاده از یک مدل CGE پویا و در چارچوب نظریه رشد اقتصادی بررسی نمود.

در این تحقیق در راستای پاسخ به پرسش از نحوه بهره برداری ذخایر هیدروکربوری در یک اقتصاد نفتی یک مدل CGE پویا طراحی و با استفاده از داده های اقتصاد ایران کالیبره و مسیر بهینه برداشت از ذخایر هیدروکربوری ، انباشت سرمایه و مصرف بهینه استخراج شده است. در این مدل فرض می‌شود که فعالان اقتصادی بهینه ساز هستند و هدف دولت حداکثر کردن تابع رفاه بین نسلی است. دولت در هر مقطع در قالب یک مدل CGE و با استفاده از سیاستهای اقتصادی بر رفتار پس انداز کنندگان اثر می گذارد و نرخ پس انداز بر اساس رفتار حداکثر سازی مصرف کنندگان(خانوارها) تعیین می شود. همچنین دولت نرخ برداشت ذخایر هیدروکربوری و سرمایه گذاری مورد نیاز بخش نفت را را به نحوی تعیین می کند که رفاه اجتماعی بین نسلی حداکثر شود. سپس سهم سایر بخش های اقتصادی از سرمایه گذاری بر اساس سودآوری آنها تعیین می شود.

سرمایه گذاری مورد نیاز بخش نفت بر اساس چارچوب مدلهای مهندسی نفت تعیین می شود. در نگرش فنی- مهندسی نفت، تحت عنوان مدل حداکثر بازیافت کارا[۱] (MER)، استدلال می شود هزینه برداشت به تولید انباشتی و ذخایر باقیمانده بستگی دارد و در صورتیکه سرمایه گذاری در بخش نفت و گاز ثابت باشد، برداشت از ذخایر به صورت نمایی[۲](و یا هذلولی)[۳] و با نرخ ثابت در طول زمان کاهش می یابد. براین اساس می توان سرمایه گذاری مورد نیاز بخش نفت و گاز و مسیر زمانی برداشت ذخایر را به عنوان قید برنامه ریزی در مساله بهینه سازی بین زمانی برداشت ذخایر هیدروکربوری وارد نمود.[۴]

[۱] Maximum Efficient Recovery

[۲] Exponential

[۳] Hyperbolic

[۴] بنابراین در قالب مدل فنی- مهندسی نفت MER سرمایه گذاری بخش نفت به گونه ای تعیین می شود که قید مساله بهینه سازی بین زمانی قرار گیرد. روشن است که برای دستیابی به یک تحلیل دقیق توجه به جنبه های فنی بخش نفت از اهمیت بالایی برخوردار است.

ب) اهمیت و ضرورت تحقیق

نیاز به برنامه ریزی انرژی با تاکید بر توسعه پایدار و حفظ محیط زیست یکی از ضرورتهایی است که امروزه مورد توجه بسیاری از دولت ها قرارگرفته است. بر این اساس دولت ها سیاستهای خود را با محوریت دست یابی به توسعه پایدار تدوین می کنند و بررسی اثرات سیاستهای انرژی بر توسعه اقتصادی یکی از موضوعات مهم در برنامه ریزی انرژی به شمار می رود. نگرانی درباره اثرات زیست محیطی مصرف انرژی بویژه تولید آلاینده ها ی زیست محیطی محور مطالعات توسعه پایدار می باشد. پرسش بنیادین در باره عواقب و پیامهای زیست محیطی تولید و مصرف انرژی و سیاستهایی که توسعه پایدار را تضمین کند منجر به گسترش مدلسازی بلند مدت انرژی شده است[۱]. در این مدلها بر ترکیب مصرف منابع انرژی تاکید می شود و در برخی از موارد برنامه ریزی انرژی برای یک قرن صورت می گیرد. به طور کلی دوره ای زمانی این مدلها طولانی است و در برخی از این مدلها پیمانهای بین المللی همچون پیمان کیوتو و اثرات رفاهی آن مورد بررسی قرار می گیرد.[۲،۳]

در کشورهای صادرکننده منابع هیدروکربوری، دست یابی به توسعه پایدار شامل برداشت بهینه ذخایر هیدروکربوری و تخصیص درآمد ارزی حاصل از صادرات منابع هیدروکربوری بین بخش های مختلف اقتصاد می باشد.در نظریه محض بهره برداری از منابع طبیعی ، بخش منابع طبیعی مستقل از سایر بخش های اقتصادی مطالعه می شود و مسیر بهینه برداشت از منابع طبیعی صرف نظر از اثرات متقابل آن با سایر بخش های اقتصادی استخراج می شود. حال آنکه در نظریه برنامه ریزی اقتصادی بر اساس مدلهای رشد، هدف به دست آوردن مسیر بهینه سرمایه گذاری جهت دست یابی به توسعه پایدار است. شکاف بین این دو حوزه به ویژه در اقتصادهای صادرکننده نفت ضرورت تدوین یک چارچوب نظری جامع و ارایه مدل ریاضی برنامه ریزی که در آن به طور همزمان مساله بهره برداری از منابع طبیعی و رشد اقتصادی بررسی شود را روشن می سازد. پیشرفتهای اخیر در مدلسازی به ویژه مدل های تعادل عمومی قابل محاسبه ، امکان ارایه یک چارچوب گسترده مدلسازی را فراهم آورده است به نحویکه مساله بهره برداری از منابع طبیعی به طور همزمان با مساله برنامه ریزی در قالب یک مدل حل می شود. در سطح ملی تمرکز برنامه ریزی بلند مدت انرژی روی اثرات تغییر در عرضه انرژی و برداشت از منابع پایان پذیر انرژی است. همچنین در برنامه ریزی بلند مدت انرژی، تغییرات و پیامدهای تکنولوژی های نوین و انرژی های جایگزین مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. یکی از مسائلی که برنامه ریزان در کشورهای صادرکننده نفت با آن مواجهند تخصیص بهینه سرمایه گذاری و مصرف در طول زمان است. به طور سنتی این مساله برنامه ریزی بین زمانی با کمک مدلهای کلان بررسی می شود که در این مدلها ،عرضه انرژی به صورت قید مساله کنترل بهینه در نظر گرفته می شوند[۴]. هرچند این رویکرد برای دنبال کردن اثرات کلان درآمدهای نفتی

---

[۱] Kaya , Yoichi , and Keiichi Yokobori(۱۹۹۷), *Environment, Energy, and Economy: Strategies for Sustainability*, United Nations University Press.

[۲] Tiezzi ,Silvia ,"The Welfare Effects and the Distributive Impact of Carbon Taxation on Italian Households " , *Energy Policy* , Vol. ۳۳, Issue ۱۲, August ۲۰۰۵, PP. ۱۵۹۷-۱۶۱۲.

[۳] Babiker, Mustafa, John M. Reilly and Henry D. Jacoby," The Kyoto Protocol and Developing Countries", *Energy Policy*, Vol. ۲۸, Issue ۸, ۱ July ۲۰۰۰, PP. ۵۲۵-۵۳۶ .

[۴] برای نمونه از کاربرد این مساله می توان به مطالعه موتمن برای اقصاد انگلستان اشاره نمود:

Motamen, H.(۱۹۸۳), *Macroeconomics of North Sea Oil in The United Kingdom*, Heinemann, London, ۱۹۸۳.

مفید است اما این مدلها با یک محدودیت عمده مواجهند. در این مدلها اثرات بخشی درآمدهای نفتی بررسی نمی شوند. علاوه براین در قالب این تحلیل ها نمی توان تخصیص بهینه درآمد های نفتی بین بخش های مختلف را مطالعه نمود. در این تحقیق برای تحلیل جامع و یکپارچه سیستم انرژی- اقتصاد و درک بهتر مدیریت انرژی در راستای افزایش رفاه عمومی یک چارچوب جامع ارائه می‌شود. برای دست‌یابی به این هدف بخش انرژی در ارتباط با سایر بخش های اقتصاد، در یک چارچوب تعادل عمومی پویا ترکیب می شود. بر این اساس یک مدل CGE پویای بهره برداری از منابع طبیعی معرفی می گردد. ساختار نظری و شالوده ریاضی این مدل تعادل عمومی قابل محاسبه پویا جهت بهره برداری از منابع طبیعی به عنوان هسته سخت چارچوب مدلسازی ارایه می شود.

پ) سوالات تحقیق

نحوه بهره برداری از منابع پایان پذیر و تخصیص بهینه آنها به منظور دست یابی به رشد پایدار اقتصادی یکی از اساسی ترین چالشهای مشترک تمام کشورهای صادرکننده نفت است. در حقیقت بهره برداری بهینه از منابع پایان پذیر به معنای تبدیل ثروت نفتی به یک جریان درآمدی دایمی و دست یابی به توسعه پایدار است.[۱] مهمترین و بنیادی ترین سوالاتی که پیش روی برنامه ریزان این کشور ها قرار دارد عبارتند از :

(ادامه پاورقی صفحه قبل) همچنین موتمن در قالب مساله کنترل بهینه به بررسی تخصیص بهینه درآمدهای نفتی در اقتصاد ایران پرداخته است:

Motamen, H.(۱۹۷۹), *Expenditure of Oil Revenue : An Optimal Control Approach with Application to the Iranian Economy*, Frances Pinter.

[۱] مفهوم توسعه پایدار و معیارهای سنجش پایداری توسعه از بحث برانگیزترین موضوعات در ادبیات اقتصاد توسعه است. به طور کلی پایداری به معنای حفظ رفاه نسلهای آتی است. با وجود این یک تعریف جامع از توسعه پایدار که مورد اتفاق تمام اقتصاد دانان باشد ، وجود ندارد. اقتصاد دانان از جنبه های مختلف به این موضوع پرداخته اند بنابراین تعاریف مختلفی از توسعه پایدار وجود دارد که هر یک از این تعاریف از جنبه های خاصی توسعه پایدار را مورد توجه قرار داده است. برای اینکه بتوان ابعاد دقیق تر مساله پایداری را روشن نمود لازم است تا مفهوم پایداری در ادبیات اقتصاد بویژه حوزه منابع طبیعی بررسی گردد. در اقتصادهای دارای منابع طبیعی مسیر برداشت از منابع طبیعی روند توسعه را تحت تاثیر قرار می دهد و مسیر توسعه نیز، نحوه بهره برداری از منابع طبیعی را تعیین می کند. از سوی دیگر منابع طبیعی متعلق به نسل های فعلی و آتی است. بر این اساس بهره برداری از منابع طبیعی باید به گونه ای باشد که منافع نسلهای آتی نیز تامین گردد و فرصتهای تولیدی برای نسلهای آتی بوجود آید. لذا این پرسش پیش روی محققان قرار می گیرد که مسیر بهینه برداشت که متضمن توسعه پایدار باشد کدام است؟ جنبه دیگر بهره برداری از منابع طبیعی آثار زیست محیطی آنها بویژه سوختهای فسیلی بر رفاه اقتصادی است. مصرف سوختهای فسیلی آلاینده های زیادی را به همراه دارد که باعث گرم شدن محیط زیست و جو زمین شده اند و از سوی دیگر امراض زیادی از جمله سرطانها را به همراه دارند. لذا یکی از نگرانیها و دغدغه های طرفداران محیط زیست و اقتصاددانان محیط زیست اثرات نامطلوب بهره برداری از منابع طبیعی بر محیط زیست می باشد. بر این اساس شاهد گسترش جنبش های زیست محیطی توسعه پایدار در حوزه بهره برداری از منابع طبیعی هستیم. پروتکلها و پیمان نامه های زیست محیطی حکایت از دل نگرانی های جهانی نسبت به بهره برداری از منابع طبیعی بویژه ذخایر هیدروکربوری دارد. بر این اساس مطالعات زیادی انجام شده است که به بررسی اثرات هر یک از این پروتکلها بر عرضه انرژی های اولیه پرداخته است به طوری که یکی از کاربردهای گسترده مدلهای تعادل عمومی قابل محاسبه CGE بررسی اثرات سیاستهای زیست محیطی بر عرضه انرژی های اولیه می باشد که از آنها به مدلهایCGE زیست محیطی یاد می شود. طبق تعریف *وضعیت پایدار به وضعیتی اطلاق می شود که مطلوبیت (مصرف) در طول زمان غیر کاهنده باشد.* هارتویک (۱۹۷۷) بر اساس مدل سولو (۱۹۷۴) شرط پایداری مصرف در یک اقتصاد مبتنی بر منابع پایان پذیر را تعریف می کند. بر اساس این شرط سرمایه گذاری در سرمایه فیزیکی و سایر اشکال سرمایه (بویژه سرمایه انسانی) قابل باز تولید باید برابر استهلاک اقتصادی منابع طبیعی باشد. ارزش اقتصادی منابع طبیعی توسط هتلینگ(۱۹۳۱) تعریف شده است که از آن به رانت منابع طبیعی یاد می شود. این مقدار برابر با اختلاف بین هزینه های استخراج و قیمت منابع طبیعی است. بنابر این مقدار کل رانت هتلینگ برابر با حاصل ضرب رانت نهایی در میزان برداشت از مخزن است. بر اساس قانون هارتویک برای دستیابی به مصرف پایدار باید کاهش در سرمایه طبیعی از طریق انباشت سرمایه فیزیکی و سایر اشکال سرمایه جبران گردد. نگاه کنید به:

Hartwick, John, M.(۱۹۷۷)," Intergenerational Equity and Investing of Rents from Exhaustible Resources", *American Economic Review*, Vol.٦٧(٥), PP.٩٧٢-٩٧٤.

Solow, R.M.(۱۹۷٤)," Intergenerational Equity and Exhaustible Resources" , *Review of Economic Studies*,(Symposium), PP.٢٩-٤٥.

۱) میزان برداشت بهینه از منابع پایان پذیر چقدر است؟

۲) مقدار بهینه سرمایه گذاری در بخش نفت چقدر است و عوامل تعیین کننده آن چیست؟

۳) درآمد حاصل از صادرات این منابع به چه بخشهایی از اقتصاد تخصیص یابد(و یا به عبارت دیگر سهم بخشهای مختلف از درآمد ارزی حاصل از صادرات ذخایر هیدروکربوری چگونه تعیین می شود)؟

ت) مفاهیم مدلسازی بخش انرژی

از میانه دهه ۷۰ میلادی، هنگامی که دولتمردان پس از تحریم نخست نفتی تلاشهای گسترده‌ای را در جهت برنامه‌ریزی انرژی صورت دادند، مدلسازی به یکی از اجزاء سازنده برنامه‌ریزی ملی انرژی بدل گشت. با گذشت زمان، مدل‌های بزرگ کامپیوتری، هسته مرکزی تحلیل‌های سیاستی و کارکردهای برنامه‌ریزی وزارت انرژی آمریکا و کشورهای بزرگ عضو اتحادیه اروپا را از آنِ خود ساخت. اما دیری نپایید که برنامه‌ریزان دریافتند، با توجه به پیچیدگی مسائل انرژی، برای دستیابی به تحلیل‌هایی جامع و بی عیب و نقص، نیازمند رهیافت‌های تحلیلی پیچیده و بسیار پیشرفته می‌باشند.

در یک تقسیم بندی کلی مدل‌های انرژی به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول مدلهایی است که مسائل داخل بخش انرژی را تحلیل می کنند و دسته دوم مدل هایی است که ارتباط بخش انرژی را با بقیه بخش های اقتصاد نشان می دهد. دسته اول عموما مدل های تعادل جزئی[۱] می باشند که یک بیان جزئی و تفضیلی از بخش انرژی می باشد. برگمن[۲] و دواراجان[۳] این مدلها را بر اساس نوع کاربرد و نحوه مدل سازی دسته بندی کرده اند. هرچند این دسته از مدلها برای برنامه ریزی بخش انرژی مفید می باشند، اما عدم توجه به وابستگی متقابل بخش انرژی و سایر بخش های اقتصاد مهمترین نقاط ضعف این مدل ها به شمار می رود.

دسته دوم مدل ها که از آنها به مدلهای انرژی- اقتصاد[۴] یاد می شود ، در واقع مدلهای چند بخشی و تعادل عمومی اند که تمرکز آنها بر ارتباط بین بخش انرژی و سایر بخش های اقتصاد است. این مدلها یک تصویر جامع از تمام اقتصاد ارایه می دهند اما در تصریح بخش انرژی مانند مدلهای دسته اول، جزئیات بخش انرژی به تفضیل بیان نمی شود. این مدل ها شامل مدلهای داده- ستانده[۵] ،مدلهای کلان سنجی[۶]،مدلهای تعادل عمومی قابل محاسبه[۷](CGE) و ترکیبی از این مدل ها می باشند. منابع مرجع اولیه درباره این مدلها کارهای هادسن و

---

[۱] Partial Equilibrium

[۲] Bergman, L. (۱۹۸۸)," Energy Policy Modeling: a Survey of General Equilibrium Approaches, *Journal of Policy Modeling*, No.۱۰, PP.۳۷۷-۳۹۹.

[۳] Devarajan, S.(۱۹۸۸),"Natural Resources and Taxation in Cmputable General Equilibrium Models of Developing Countries." *Journal of Policy Modeling*, vol.۱۰,No.٤, PP. ٥٠٥-٥٢٨.

[٤] Energy- Economy Interaction Models

[٥] Input-Output

[٦] Macro-Econometrics

[٧] Computable General Equilibrium

جورگنسن[۱] ، مان و ریشلز[۲] می باشد. همچنین مطالعات جورگنسن و ویلکاکسن[۳]، بلیتزر و همکاران[۴] ، بوید و همکاران[۵] و بورینگر[۶] از منابع مهم و مرجع به شمار می روند. به خاطر پیشرفت های اخیر در قابلیت محاسبه در مدلهای CGE،استفاده از این مدلها به عنوان یک ابزار تحلیلی به سرعت گسترش یافته است و بر جریان عمومی دانش اقتصاد سایه افکنده است.

مدلهایی که به مدل های تعادل عمومی کاربردی[۷](AGEM)یا مدلهای تعادل عمومی قابل محاسبه(CGE)مشهورند، مدلهای بزرگ چند بخشی تعادل غیر خطی در سطح کل اقتصاد می باشند که مرتبط با مدلهای والراسی اقتصادهای رقابتی‌اند. ایده اولیه یک مدل رشد تعادل عمومی چند بخشی توسط یوهانسن[۸] مطرح گردید. مدلی که وی برای اقتصاد نروژ طراحی نمود یکی از اولین کارهای تجربی در زمینه مدلهای تعادل عمومی به شمار می رود. به طور معمول تعادل عمومی ، به تعادل رقابتی والراسی گفته می شود که تمام نهادها اقتصادی گیرنده قیمت اند و به دنبال حداکثر کردن سود یا مطلوبیت خود می باشند و قیمتها به گونه ای تعدیل می شود که کلیه بازارها در تعادل قرار می گیرد. در این چارچوب فرض بر این است که عرضه و تقاضا برابرند. در مدلهای CGE ارتباطات و پیوندهای بنیادین بین ساختار تولید الگوی تقاضا و درآمد نهادهای مختلف و عوامل تولید مدل سازی می شود.

به این مدلها اصطلاحا ، مدل با قیمتهای درونزا[۹] نیز گفته می شود زیرا این مدل ها بر اساس این پیش فرض بنا نهاده شده اند که قیمتها آزادانه تعدیل می شوند تا بین تصمیمات اتخاذ شده در بخش تولید اقتصاد (طرف عرضه اقتصاد) و تصمیمات اتخاذ شده توسط خانوارها و دیگر نهادهای اقتصادی مستقل طرف تقاضای اقتصاد(از جمله دولت) سازگاری بوجود آید . تعادل عمومی و تصمیم گیری مستقل دو مفهوم اساسی در چارچوب CGE می باشد. با وجود این بنا به نظر درویس و همکاران[۱۰]، در چارچوب CGEتاکید بر رقابت کامل ،تعدیل

---

[۱] Hudson, E.A. and D.W. Jorgenson, (۱۹۷٤)," US Energy Policy and Economic Growth, ۱۹۷٥-۲۰۰۰", *The Bell Journal of Economics and Management Science*,No. ٥,PP. ٤٦١-٥١٤.

[۲] Manne, A.S. and R.G. Richels, (۱۹۷۷)," ETA-MACRO: A Model of Energy-economy Interaction, in J.Hitch, (ed.), *Modeling Energy-Economy Interactions: Five Approaches*, Research Paper No. ٥, Resources for the Future, Washington, DC.

[۳] Jorgenson, D.W. and P.J. Wilcoxen,(۱۹۹۳b)," Reducing US Carbon Dioxide Emissions: an Assessment of Different Instruments, in Y. Kaya, N. Nakicenovic, W.D. Nordhaus and F.L. Toth (eds.), *Costs,Impacts, and Benefits of* CO_2 *Mitigation,* IIASA, Austria.

[٤] Blitzer, C.R., R.S. Eckaus, S. Lahiri and A. Meeraus,(۱۹۹۲b), "Growth and Welfare Losses from Carbon Emissions Restrictions: a General Equilibrium Analysis for Egypt", *Policy Research Working Paper series*, WP. ۹٦۳, The World Bank.

[٥] Boyd, Roy G and Khosrow Doroodian. (۲۰۰۱). "A Computable General Equilibrium Treatment of Oil Shocks and U.S. Economic Growth." *Journal of Energy and Development*, ۲۷:۱, PP. ٤۳-٦۸.

[٦] Bohringer, Christoph and Heinz Welsch.(۲۰۰٤). "Contraction and Convergence of Carbon Emissions: An Intertemporal Multi-region CGE Analysis." *Journal of Policy Modeling*,۲٦:۱, PP. ۲۱-۳۹.

[۷] Applied General Equilibrium Models

[۸] Johansen, L.(۱۹۷٤), *A Multi-sectoral Study of Economic Growth,* Second Enlarged Edition, North-Holland Publishing Company, The Netherlands.

[۹] Price-Endogenous

[۱۰] Dervis, IC, J. De Melo and S. Robinson,(۱۹۸۲), *General Equilibrium Models for Development Policy*, A World Bank Research Publication, Cambridge University Press.

سریع بازارها و عدم دخالت دولت در اقتصاد الزامی نیست. بر عکس،" رقابت ناقص ،وجود وقفه های طولانی در تعدیل قیمتها و مقادیر عرضه و تقاضا و دخالت گسترده دولت با چارچوب CGE کاملا سازگار است" و می توان در این چهارچوب برا اساس این فروض مدلسازی کرد.کارکرد اصلی مدل CGE شبیه سازی اثر سیاست های اقتصادی است . بر این اساس در این مدلها بخش عمومی اقتصاد به خوبی وارد مدل می شود.

درمقایسه مدلهایCGE با مدلهای داده- ستانده و برنامه ریزی خطی– که مدلهای غالب در دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ بودند- می توان گفت که برای تحلیل برنامه ریزی در اقتصادهای مختلط که از یک طرف تصمیم گیری توسط نهادهای اقتصادی مختلف به صورت مستقل می گیرد(دولت به عنوان مهمترین عامل اقتصادی به طور مستقیم در تخصیص منابع دخالت می کند) و مکانیسم بازار نیز بر تخصیص منابع اثر گذار است ،مدلهای CGE مناسبترند. مدلهای داده ستانده و برنامه ریزی خطی یک اقتصاد دستوری محض را نشان می دهند که درآنها قدرت مرکزی به طور کامل منابع را کنترل می کند و تصمیمات بهینه تنها نسبت به قید های فیزیکی و فنی گرفته می شود. رابینسون[۱] مدلهای CGE را برون رفت طبیعی از مدلهای داده-ستانده و برنامه ریزی خطی بر می شمارد که " جانشینی عوامل در طرف عرضه و تقاضا و همچنین سیستم قیمتها و تصریح کامل جریان درآمد در اقتصاد را به مدلهای پیشین اضافه می کند". به اعتقاد بل و سرینیواسان[۲] مدلهای CGE پاسخی به سه محدودیت اصلی مدلهای استاندارد داده- ستانده بود. این محدودیتها عبارتند از : ضرایب ثابت فنی(و این فرض که تغییر قیمتها اثری به جز اثر درآمدی ندارد) ،بازدهی ثابت به مقیاس و عرضه بسیار کشش پذیر عوامل (و فرض عدم تغییر قیمت های نسبی در مدلهای اولیه)و همچنین فقدان الگوریتم حل سیستم های با مقیاس بزرگ برای حل همزمان قیمت و مقدار.

دسته دیگر مدلهای گسترده در سطح اقتصاد[۳]، مدلهای اقتصاد سنجی است که به طور معمول برای تحلیل سیاست های اقتصادی بر اساس برآورد پارامترهای معادلات اقتصاد سنجی استفاده می شوند. در فضای برنامه ریزی توسعه مدلهای CGE طیف گسترده تری از کاربردها را نسبت به مدلهای اقتصاد سنجی دارند و برای کشورهای در حال توسعه مناسبترند. دو ملو[۴] سه دلیل عمده برای ناکافی بودن . ناکارآمد بودن مدلهای اقتصاد سنجی در کشورهای در حال توسعه بر می شمارد. داده های سری زمانی طولانی مدت وجود ندارد[۵] .داده های موجود نامناسبند و دوره موجود برای آزمون فرض بسیار محدود است. در این کشورها تغییرات به سرعت صورت می گیرد در حالیکه آزمون فرض و استنتاج آماری در مدلهای اقتصاد سنجی آزمون فرض به داده های طولانی مدت نیاز دارد و بر فرض ثبات شرایط در بلند مدت صورت می گیرد. با پیشرفتهایی که طی سالهای اخیر در

---

[۱] Robinson, Sherman. (۱۹۸۹), "Multisecotral Models" in H.B. Chenery and T.N. Srinivasan, eds., *Handbook of Development Economics*, Amsterdam, North Holland.

[۲] Bell, C.L.G., and T.N. Srinivasan.(۱۹۸٤)," On the Uses and Abuses of Economy-wide Models in Development Policy Analysis. in M. Syrquin, L. Taylor, and L.E. Westphal,(eds.), *Economic Structure and Performance*, New York: Academic.

[۳] Economy-Wide Models

[٤] De Melo, J.(۱۹۸۸), "Computable General Equilibrium Models for Trade Policy Analysis in Developing Countries: A Survey", *Journal of Policy Modeling* ,۱۰: ٤.PP. ٤٦۹-۵۰۳.

[۵] در بخش انرژی وقفه های زمانی در تصمیم گیری ها از اهمیت بالایی برخورداند. هر چه تعداد وقفه ها ریادتر باشد نیاز به سری های زمانی طولانی تر برای مدل سازی است تا نتایج تحقیق قابل اتکاء باشد. به طور معمول د رکشور های توسعه نیافته و در حال توسعه مشکل آمار و نبود داده های فصلی و ماهانه یکی از اساسی ترین مشکلات پیش روی محققین بوده است.

الگوریتم حل و توان محاسباتی این مدلها صورت گرفته ، استفاده از این مدلها رشد چشمگیری داشته است. دسترسی به اطلاعات آماری لازم برای مدلسازی و استفاده از نرم افزارهای طراحی شده برای حل این مدلها این امکان را فراهم آورد هاست تا از این مدلها برای تحلیل مسائل پیچیده و پاسخ به سوالات مختلف استفاده شود.

به طور کلی دو دلیل عمده برای استفاده گسترده از این مدلها وجود دارد. اولا با توجه به محدودیتهای سیسستم های اقتصادی پیچیده غیر خطی ، تحلیل ریاضی و محاسباتی به محقق کمک می کند تا ویژگی های کلیدی سیستم را درک کند. ثانیا از تحلیلی های عددی و محاسباتی عموما برای بررسی اثرات شوکهای برونزا و شوکهای سیاستگذاری استفاده می شود.در حقیقت "هدف این بخش از ادبیات مدلسازی این است که ساختار تعادل عمومی والراسی را از یک بیان مجرد و تصویر مجرد از اقتصاد به یک مدل واقعی اقتصاد تبدیل کند".[۱]

در حال حاضر در کشورهای توسعه یافته برای تحلیل مسائل خرد مانند تحلیل اثرات رفاهی ساختارهای مالیاتی و تعرفه ای(در سیاستهای تجاری) و همچنین سیاستگذاری انرژی از مدلهای CGE استفاده زیادی می شود. شاون و والی[۲] مقدمه ای بر مدلهای CGE نوشته و کابردهای این مدلها در سیاست گذاری مالیاتی و کابردهای آنها در تجارت بین الملل در کشورهای توسعه یافته را گرآوری کرده اند. همچنین در باره کابرد مدل های CGE در زمینه مسائل مربوط به انرژی می توان به مطالعات یورگنسن،یورگنسن و ویسکاکسن و برگمن اشاره نمود. در کشورهای درحال توسعه مدل های CGE در یک طیف وسیعتر از مسائل میان مدت و بلند مدت خرد و کلان اقتصادی بکار گرفته شده اند. درویس و همکاران و رابینسن مروری جامع بر ویژگیها و کاربردهای مدلهای CGE در کشورهای درحال توسعه انجام داده اند. مرور کامل کاربرد مدلهای CGE را می توان در مطالعه دیکالو و مرتونز و باتاچاریا مشاهده نمود. دوراجان کاربرد مدلهای CGE را در زمینه منابع طبیعی و مسائل سیاستگذاری مالیاتی در کشور های در حال توسعه مرور کرده است. همچنین دو ملو کاربردهای مدلهای CGE به منظور تحلیل مسائل تجارت بین الملل در کشور های در حال توسعه را مورد بررسی قرار داده است.[۳] در مطالعه ای که دواراجان[۴]در زمینه کاربرد مدلهای تعادل عمومی برای پاسخ به مسائل منابع طبیعی در کشورهای در حال توسعه انجام داده است ،این مدلها به سه دسته تقسیم می شوند:

۱- " مدلهای مدیریت انرژی" که در آنها تمرکز بر روابط متقابل انرژی و اقتصاد است.دراین مدلها به طور تفضیلی عرضه و تقاضای بخش انرژی بررسی می شوند در حالیکه سایر بخشهای اقتصاد به طور کلی و عموما به شکل برونزا در نظر گرفته می شوند.

---

[۱] Shoven, J.B. and Walley, J.(۱۹۸٤)," Applied General Equilibrium Models of Taxation and International Trade : An Introduction and Survey", *Journal of Economic Literature,*۲۲,P.۱۰۰۷.

[۲] Shoven, J.B. and Walley, J.(۱۹۸٤)," Applied General Equilibrium Models of Taxation and International Trade : An Introduction and Survey", *Journal of Economic Litrature,*۲۲,P.۱۰۰۷.

[۳] De Melo, J.(۱۹۸۸)," Computable General Equilibrium Models for Trade Policy Analysis in Developing Countries: A Survey", *Journal of Policy Modeling,* ۱۰: ٤. PP.٤٦۹-٥۰۳.

[٤] Devarajan, S. ۱۹۸۸. "Natural Resources and Taxation in Computable General equilibrium Models of Developing Countries", *Journal of Policy Modeling*, ۱۰ ٤, PP. ٥۰٥–٥۲۸.

۲ – "مدلهای بیماری هلندی " مدلهایی است که با استفاده از آنها اثر رونق در صادرات بخش انرژی بر سایر بخشها و تخصیص منابع در کل اقتصاد بررسی می شود. از این مدلها بیشتر برای تحلیل و بررسی تخصیص منابع در کشورهای صادرکننده نفت استفاده می شود.

۳ – " مدلهای برداشت بهینه " که در آ نها پایان پذیری منابع درنظر گرفته می شود و برداشت بهینه منابع در یک چارچوب چند بخشی مدلسازی می شود.

دواراجان ساختار متعارف مدلهای دسته دوم و سوم را استخراج کرده است و نتایج کاربرد این مدلها را ارایه نموده است. به ویژه وی نتایج مدل برداشت بهینه‌ای را گزارش کرده است که توسط مارتین[۱] و فون وینبرگن[۲] برای مصر و به منظور محاسبه مسیر بهینه نرخ واقعی ارز بکارگرفته شده است.

در مدلهای CGE فرض می شود که عوامل اقتصادی بهینه عمل می کنند و بار بهینه سازی بر دوش نهادهای اقتصادی؛ خانوارها و بنگاه‌هاست و دولت تنها از طریق تغییر در متغیرهای سیاستی برونزا و از پیش تعیین شده بر رفتار فعالان اقتصادی اثر می گذارد. نکته قابل توجه این است که این متغیرهای سیاستی به صورت بهینه تعیین نشده اند.[۳] چارچوب مدلهای CGE تنها می تواند ابزار خوبی برای بررسی اثرات سیاستهای اقتصادی و شبیه سازی اثرات سیاستی باشد و نمی توان فقط با اتکاء به این مدلها سیاستهای بهینه را تعیین نمود. به عبارت دیگر چارچوب مدلهای CGE تنها برای ارزیابی گزینه های مختلف سیاستی مورد استفاده قرار می گیرد.

مدلهای CGE به دودسته مدلهای پویا و ایستا تقسیم می شوند. نسل اول مدلهای CGE ماهیتاً ایستا بودند. راه حل های مدل CGE ایستا یک بردار قیمت است که از تعادل همزمان عرضه و تقاضا بدست می آید. با وجود این بسیاری از مسائل اقتصادی ذاتا پویا هستند و در چارچوب مدلهای ایستا قابل بررسی نمی باشند. محدودیت مدلهای ایستای مقایسه ای باعث گسترش مدلهای CGE پویا شد. برای مثال تحلیل اثرات سیاستهای اقتصادی بر پس انداز و سرمایه گذاری[۴] و در نتیجه انباشت سرمایه در طول زمان از جمله مسائلی است که در قالب مدلهای CGE پویا قابل بررسی است.همچنین، اثرات بلند مدت سیاستهای کاهش آلاینده ها[۵] از جمله کاربردهای مدلهای CGEپویا به شمار می رود. از مطالعات اخیر می توان به مطالعه دلینک و فون لرلند[۶]برای اقتصاد هلند اشاره نمود.همچنین مساله برداشت بهینه از منابع پایان پذیر که در این تحقیق به آن می پردازیم یک مساله پویاست و تنها می تواند در یک ساختار پویا بررسی شود.

---

[۱] Martin

[۲] Van Wijnbergen

[۳] برای مثال کاهش یا افزایش تعرفه های تجاری و بازرگانی، کاهش یا افزایش در نرخ های مالیاتی و مخارج دولت به صورت برونزا تعیین می شوند که از حل یک مساله بهینه سازی مبتنی بر فروض عقلایی استخراج نشده اند.

[۴] Farmer, Karl, Ronald Wendner(۲۰۰٤),” Dynamic Multi-Sector CGE Modeling and the Specification of Capital و *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol.۱۵, Issue ٤, December ۲۰۰٤, PP. ٤٦۹-٤۹۲.

[۵] Dellink, Rob, Marjan Hofkes, Ekko van Ierland, Harmen Verbruggen (۲۰۰٤),”Dynamic Modeling of Pollution Abatement in a CGE Framework”, *Economic Modeling*, Vol. ۲۱, Issue ٦, December ۲۰۰٤, PP. ۹٦۵-۹۸۹.

[۶] Dellink , Rob , and Ekko van Ierland (۲۰۰٦), “Pollution Abatement in the Netherlands: A Dynamic Applied General Equilibrium Assessment”, *Journal of Policy Modeling*, Vol.۲۸, Issue ۲, February ۲۰۰٦, PP. ۲۰۷-۲۲۱.

یکی از مسائل مهم در مدلسازی CGE پویا،فرض انتظارت فعالان اقتصادی و مکانیسم تصمیم گیری بین زمانی است. ممکن است پویایی مبتنی بر فرض انتظارات ایستا [۱] و یا فرض فعالان اقتصادی با پیش بینی [۲] کامل باشد.بر این اساس می توان مدلهای CGE پویا را به دو دسته کلی تقسسیم بندی کرد[۳]:

۱- مدلهای CGE پویا با پویایی حرکت به جلو [۴]

۲- مدلهای CGE پویا با پویایی نگاه به جلو [۵]

مدلهای CGE پویا با پویایی حرکت به جلو ، مبتنی بر فرض انتظارات ایستا هستند. در این مدلها یک سری[۶] از تعادلهای ایستا به صورت بازگشتی[۷] حل می شوند.در مقابل در مدلهای CGEپویا با پویایی نگاه به جلو ، انتظارات نسبت به پیامدهای آتی ناشی از رفتار عوامل اقتصادی وارد مدل می شود و مدل برای یک تعادل بین زمانی حل می شود. رویکرد حرکت به جلو برای اولین بار توسط آدلمن و رابینسون[۸] مورد استفاده قرار گرفت و بعد ها توسط درویس و همکاران[۹]تبیین گردید. در این نوع فرمول بندی پویایی، به طور ضمنی فرض می شودکه انتظارات نسبت به حوادث و وقایع آینده هیچ اثری بر تصمیم گیری عاملین اقتصادی در دوره جاری ندارد و رفتار عاملین اقتصادی تنها به گذشته و حال بستگی دارد. برای مثال فرض می شد که مصرف کنندگان و تولید کنندگان بر اساس قیمت های نسبی حال و گذشته تصمیم می گیرند و روند آتی قیمت ها بر تصمیم فعلی آنها اثری ندارد.مدلهای CGEپویای نگاه به جلو مدلهای کامل اند بدین معنا که در این مدلها اثر وقایع آتی در نظر گرفته می شود و مدل برای بدست آوردن یک تعادل بین زمانی حل می شود. به عبارت دیگر حوادثی که در هر دوره رخ می دهد تعادل در هر دوره را به نحوی تحت تاثیر قرار می دهد که تصمیم هر لحظه از زمان بر پایه نتایج گذشته و انتظارات نسبت به آینده صورت می گیرد.[۱۰]

---

[۱] Static Expectations

[۲] Perfect Foresight

[۳] Medio, Alfredo and Brian Raines(۲۰۰۷),"Backward Dynamics in Economics: The Inverse Limit Approach", *Journal of Economic Dynamics and Control* ,Vol. ۳۱, Issue ۵, May ۲۰۰۷, PP. ۱۶۳۳-۱۶۷۱ .

[۴] Forward –Moving Dynamics

[۵] Forward-Looking Dynamics

[۶] Sequence

[۷] Recursive

[۸] Adelman, Irma, and Sherman Robinson(۱۹۷۸),*Income Distribution Policy in Developing Countries: A Case Study of Korea*. Stanford: Stanford University Press.

[۹] Dervis, Kemal, Jaime de Melo, and Sherman Robinson(۱۹۸۲), *General equilibrium Models for Development Policy* , New York : Cambridge University Press.

[۱۰] استفاده از این دسته از مدلهای CGE پویا در حال حاضر محدود است و کاربردهای موجود شامل طیفی از مدلهای دو دوره ای و مدلهای پویا با افق زمانی نا محدود است. دواراجان و گو (۱۹۹۸) ویژگیهای مدلهای CGE پویای نگاه به جلودر حوزه انرژی را شرح داده اند. در این دسته از مدلها برای وارد کردن پیامدهای انتظاراری از وقایع آتی از اثرات بازخورد استفاده می شود. این شکل از فرمول بندی تنها روش صحیح برای تصریح رفتار عقلایی است.

ث) ساختار مخازن نفتی

یکی از حقایق بسیار مهم و کلیدی در سیاست‌گذاری بخش نفت این است که ساختار طبیعی مخازن نفتی به‌گونه‌ای است که فقط درصدی از آن را می‌توان استخراج کرد. برای روشن شدن مطلب ابتدا مروری بر ساختار مخازن نفتی داریم. مخازن نفتی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد. «مخازن تک تخلخلی»[۱] و «مخازن شکافدار»[۲]. مخزن شکافدار مخزنی است که در ساختار آن شکستگی یا ترک وجود داشته باشد. این شکافها معمولاً شبکه‌ای را ایجاد می‌کنند. این شبکه می‌تواند تمام یا بخشی از مخزن نفت را شامل شود. در ساختار این شبکه هر یک از سیالها می‌توانند درون شبکه شکافها از هر نقطه به نقطه دیگر جریان یابند.۳ مخازن شکافدار مرکب از سنگ‌های شکسته با فضاهای کوچک‌های بین آنهاست و این شکستگی‌ها به‌صورت منظم یا غیر منظم تشکیل شده‌اند. در این‌گونه مخازن «حفره‌ها»ی بزرگ نیز می‌تواند وجود داشته باشد. فواصل شکافهای افقی معمولاً از مواد غیرقابل نفوذ پرشده‌اند در حالیکه فواصل شکافهای عمودی غالباً خالی هستند. بنابراین چنین مخازنی دارای دو نوع بریدگی است که عبارتند از شکافها با شکستگی‌های باز و تو خالی و دیگری لایه‌های افقی نازک غیر قابل نفوذ.سیالات موجود در مخازن شامل گاز، نفت و آب در منافذ کوچک سنگها قرار دارند. این فضاها و منافذ کوچک به‌صورت سوراخها و تخلخلهای ریز یا شکافها و ترکها هستند. اندازه این منافذ ریز برای سنگهایی که نفوذپذیری بالایی دارند تقریباً ۱۰ میکرون است. در عموم مخازن سنگ آهکی کشور این رقم تقریباً به یک میکرون کاهش می‌یابد.

سنگهای مخزن را به دو دسته می‌توان تقسیم کرد : سنگهای متخلخل و سنگهای فشرده. سنگ مخزنی را که دارای نفوذپذیری کمتر از ۰/۱ داری باشد، اصطلاحاً فشرده می‌نامند. «بلوکهای ماتریسی» برحسب فاصله بین دو گسستگی تعریف می‌شوند. این گسستگی‌ها می‌تواند فاصله بین دو لایه قابل نفوذ یا دو لایه غیر قابل نفوذ افقی و یا فاصله بین دو لایه قابل نفوذ و غیر قابل نفوذ باشند. مثالهای بارز مخازن شکافدار در ایران به مفهوم کامل آن مخازن نفتی هفتکل گچساران و آغاجری می‌باشد. مخازن بی‌بی حکیم، بنیک، مارون و اهواز از جمله مخازن شکافدار غیر کامل هستند. به بیان دیگر در مخازن مذکور وجود شکستگیهای نامنظم در مخزن کل مخزن را شامل نمی‌شود. مخازن شکافدار، شامل شکافها و ماتریسها (سنگهایی با نفوذپذیری بسیار پایین) می‌شود. شکافها حدود ۱۰ درصد و ماتریسها حدود ۹۰ درصد نفت قابل بهره‌برداری در این نوع مخازن را در بردارند. نفت موجود در شکاف‌ها را می‌توان تقریباً تا سقف ۱۰۰ درصد بوسیله تزریق آب یا گاز تخلیه نمود اما با حفر چاههای جدید نمی‌توان به برداشت بیشتری از ماتریسها دست یافت هر چند ممکن است درصدی از نفت موجود در شکافها سریعتر استحصال شود. نزدیک به ۹۰ درصد از مخازن نفت کشور از نوع مخازن شکاف‌دار است.

---

[۱] Single Porosity

[۲] Fractured or Dual Porosity

[۳] سعیدی، محمدعلی، برنامه‌ریزی استراتژیک برای مدیریت مخازن نفت و گاز ایران، صفحات ۱۳۷- ۱۳۶.

ج) ذخایر نفت

آمار و اطلاعات مربوط به ذخایر نفت و گاز شامل مفاهیم نفت درجا[۱]، ذخایر اثبات شده[۲] و ذخایر محتمل[۳] و ممکن[۴] است. به منظور رفع هر گونه ابهام و سوء تفسیر اطلاعات مربوطه لازم است تا این مفاهیم به دقت تعریف گردد. «نفت درجا» نشان دهنده حجم نفت موجود در مخازن است. آمار نفت درجا معمولاً به‌صورت «نفت درجای اولیه» اعلام می‌شود. یعنی حجم نفتی که در زمان کشف و قبل از بهره‌برداری از مخازن گزارش شده است. بدیهی است در خلال زمان، شناخت دقیق‌تری از مخازن بدست می‌آید. لذا آمار نفت درجا تغییر می‌کند. اما باید توجه داشت که در تجدید نظرها نیز معمولاً حجم نفت درجای اولیه ذکر می‌شود. یادآوری می‌شود که آنچه در مخزن وجود دارد «سیال درجا»[۵]است که شامل مواد هیدروکربوری و سیالهای همراه آن مانند آب، گازهای بی‌اثر یعنی گازهایی که از نظر شیمیایی بر محیط خود اثری ندارند و گازهای اسیدی می‌شود. سیالهای هیدروکربوری شامل هیدروکربورهای مایع و هیدروکربورهای گازی می‌شود.[۶]

آمار مربوط به «نفت درجا» که از سوی مراکز مختلف ارایه می‌شود دارای اختلافات فاحشی است. بخشی از این اختلاف ناشی از شناخت ناکافی نسبت به مخازن و در نتیجه برآورد (زیاد یا کم) نفت درجای مخازن می‌باشد. برای مثال گزارش ارایه شده توسط Statoil کل نفت درجای ایران را بیش از ۵۰۰ میلیارد بشکه برآورد می‌کند. در حالیکه آمارهای غیر رسمی نشان می‌دهد که نفت درجا در مناطق خشکی و دریایی کشور ۴۵۰ میلیارد بشکه است. مشاهده می‌شود که اختلاف بین این دو رقم چیزی در حدود کل برداشت انباشتی نفت از مناطق خشکی ایران است.[۷]

ذخایر اثبات شده نفت به ذخایری اطلاق می‌شود که براساس اطلاعات جغرافیایی و به کمک دانش فنی موجود و با توجه به وضعیت اقتصادی و قیمت‌ها و هزینه‌های فعلی و با اطمینان قابل پذیرش و معقول در آینده از مخازن شناخته شده قابل بازیافت است.[۸]علی‌رغم برداشت ۸۲ میلیون بشکه در روز نفت‌خام، حجم ذخایر اثبات‌شده در حال افزایش است. این امر ناشی از اکتشاف میادین جدید، پیشرفتهای فنی و بهبود روش‌های ازدیاد برداشت می‌باشد. این دو عامل روی هم رفته باعث شده است تا حجم ذخایر اثبات‌شده افزایش یابد. زیرا طبق تعریف حجم ذخایر اثبات‌شده براساس سطح دانش فنی و قیمت‌های جاری و پیش‌بینی از قیمت‌های آتی

---

[۱] Oil in Place

[۲] Proven (Proved) Reserves

[۳] Probable Reserves

[۴] Possible Reserves

[۵] Fluid in Place

[۶] درخشان، مسعود، منافع ملی و سیاست‌های بهره برداری از منابع نفت و گاز، *مجلس و پژوهش*، شماره سی و چهارم، تابستان ۱۳۸۱، صفحه ۲۱.

[۷] سعیدی، محمدعلی، برنامه‌ریزی استراتژیک برای مدیریت مخازن نفت و گاز ایران، *مجلس و پژوهش*، شماره سی و چهارم، تابستان ۱۳۸۱، صفحه ۱۳۵.

[۸] برخی گزارشهای ارایه شده درباره ذخایر به‌گونه‌ای است که ممکن است پژوهشگر دچار اشتباه شده و به نتایج نادرستی برسد، لازم است دو اصطلاح «ذخایر محتمل» و «ذخایر ممکن» را شرح دهیم.«ذخایر محتمل» به حجمی از نفت درجا گفته می‌شود که با فرض استفاده از روشهای شناخته شده‌ی بهبود بازیافت ، قابل استحصال باشد. «ذخایر ممکن» به ذخایری اطلاق می‌شود که صحت وجود آنها هنوز به کمک آزمایشهای تولید تایید نشده است، اما داده‌ها و اطلاعاتی که تا کنون جمع‌آوری شده مؤید وجود و قابلیت استخراج نفت خام است. به مجموع ذخایر اثبات شده و ذخایر محتمل اصطلاحاً «ذخایر مورد انتظار» می‌گویند. همچنین مجموع ذخایر ممکن و ذخایر مورد انتظار را اصطلاحاً «ذخایر کل» می‌نامند. سرانجام باید از «ذخایر فرضی» نام برد که صرفاً حدسهایی است مبتنی بر اطلاعات بدست آمده در مراحل نخستین اکتشاف که «می‌تواند» بر وجود ذخایر هیدروکربوری دلالت کند.(درخشان، مسعود، منافع ملی و سیاست های بهره‌برداری از منابع نفت و گاز، صفحه ۲۲).

محاسبه می‌گردد. بنابراین چنانچه دانش فنی مربوط به روشهای ازدیاد برداشت دستخوش تحول و پیشرفت شود، حجم ذخایر اثبات‌شده نیز افزایش خواهد یافت.

در مقابل مفهوم ذخایر اثبات‌شده، مفهوم ذخایر محتمل وجود دارد. ذخایر محتمل به معنای ذخایری است که استخراج آنها با اطمینان کمتری همراه است. چنانچه قیمت‌های نفت افزایش یابد و استخراج این ذخایر اقتصادی و مقرون‌به‌صرفه باشد و یا اینکه پیشرفتهای تکنولوژیک به اندازه‌ای باشد که برداشت این ذخایر دارای توجیه اقتصادی باشد، این حجم از ذخایر محتمل بر حجم ذخایر اثبات‌شده اضافه می‌شود و درنتیجه حجم کل ذخایر اثبات‌شده افزایش می‌یابد. در طول دوره ۲۰۰۳-۱۹۸۰ حجم ذخایر اثبات‌شده با روند رشدی معادل $\frac{1}{2}$[۲] درصد در سال روبه‌رو بوده است. افزایش در ذخایر اثبات‌شده تا حد زیادی ناشی از کاهش قابل‌توجه در هزینه‌ای عرضه(برداشت) نفت بوده است. تکنولوژیهای جدید، استفاده از تکنولوژی‌هایIT و تجدید ساختار نفت در سطح جهانی، هزینه‌ای اکتشاف و استخراج نفت را به شدت کاهش داده است.بیشترین افزایش در حجم ذخایر اثبات‌شده در بین کشورهای عضو اوپک رخ داده است. بیش از $\frac{3}{4}$ ذخایر اثبات‌شده دنیا در کشورهای عضو اوپک قرار دارد. با وجود این در شرایط فعلی، در میان‌مدت نمی‌توان انتظار استخراج این ذخایر را داشت. زیرا سرمایه‌گذاری در کشورهای مهم اوپک به اندازه کافی صورت نگرفته است. این امر ناشی از آن است که سرمایه‌گذاری در این کشورها براساس مکانیسم بازار صورت نمی‌گیرد و عواملی خارج از مکانیسم‌های اقتصادی در حجم سرمایه‌گذاری هر نوع سرمایه‌گذاری در این کشورها را تعیین می‌کند. دیدگاه مخالف راجع به توسعه آتی حجم ذخایر اثبات‌شده توسط کینگ هابرت[۱] مطرح شده است. براساس دیدگاه هابرت و طرفداران وی حجم ذخایر اثبات‌شده فعلی معین است و احتمال افزایش آن در آینده بسیار پایین است.[۲] براساس این دیدگاه بهبود وضعیت اقتصادی(افزایش قیمت‌های نفت) و پیشرفت تکنولوژی‌های اکتشاف استخراج نفت(به طور کلی پیشرفت تکنولوژیک در صنعت نفت) بسیار محدود است و بنابراین امکان افزایش حجم ذخایر اثبات‌شده فعلی وجود ندارد درنتیجه هابرت و طرفداران وی معتقدند که چنانچه ذخایر جدیدی به ذخایر اثبات‌شده فعلی اضافه نشود، و درنتیجه حجم ذخایر اثبات‌شده فعلی افزایش نیابد، برداشت نفت‌خام در دهه اول قرن بیست‌ویکم به اوج خود می‌رسد و از آن به بعد روندی نزولی خواهد داشت.

ح) بازیافت نفت

بازیافت نهایی[۳] به بخشی از سیال هیدروکربوری در مخزن اطلاق می‌شود که در طول عمر مخزن قابل برداشت بازیافت باشد. قبل از بهره‌برداری از مخزن، حجم بازیافت نهایی را اصطلاحاً «ذخایر اثبات شده» می‌گویند. بدیهی است بعد از شروع عملیات بهره‌برداری مقدار ذخیره اثبات شده مخزن برابر با بخشی از بازیافت نهایی است که هنوز برداشت نشده است. از این رو بهتر است در این موارد به‌جای واژه «ذخایر اثبات شده» از اصطلاح «ذخایر باقیمانده» یا ذخایر قابل استحصال باقیمانده استفاده شود. در آمارهای رسمی معمولاً واژه «ذخایر» به مفهوم

---

[۲] M. King Hubbert

[۳] www. hubbertpeak.com

[۳] Ultimate Depletion