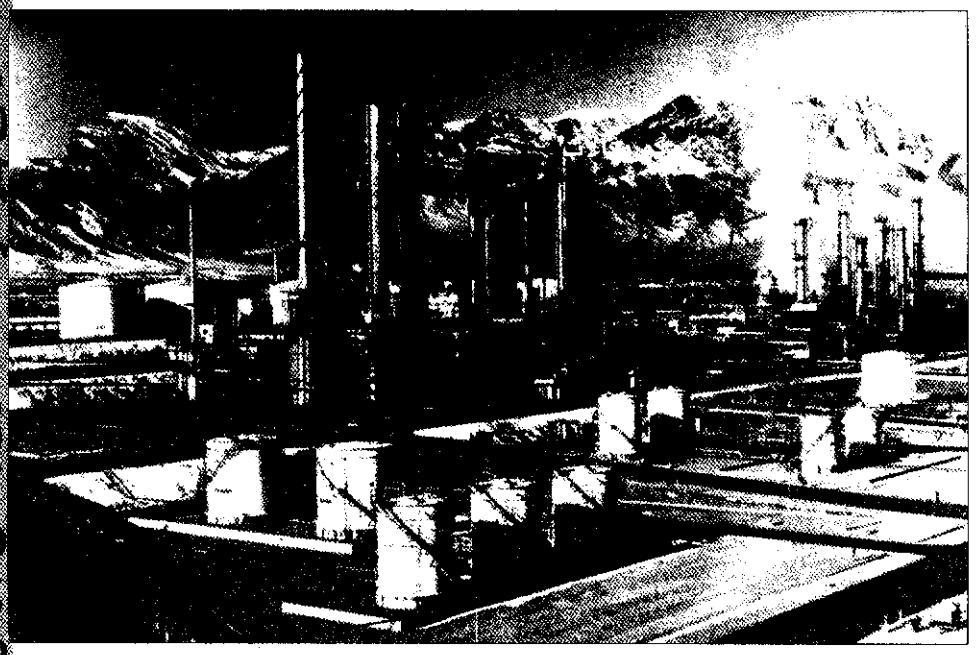


یک تجزیه و تحلیل ایستای مقایسه‌ایی سیستم مدلسازی ملی انرژی EIA و مدل جهانی انرژی اوپک (OWEM)

بخش دوم

رضامحسنی پژوهشگر موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی

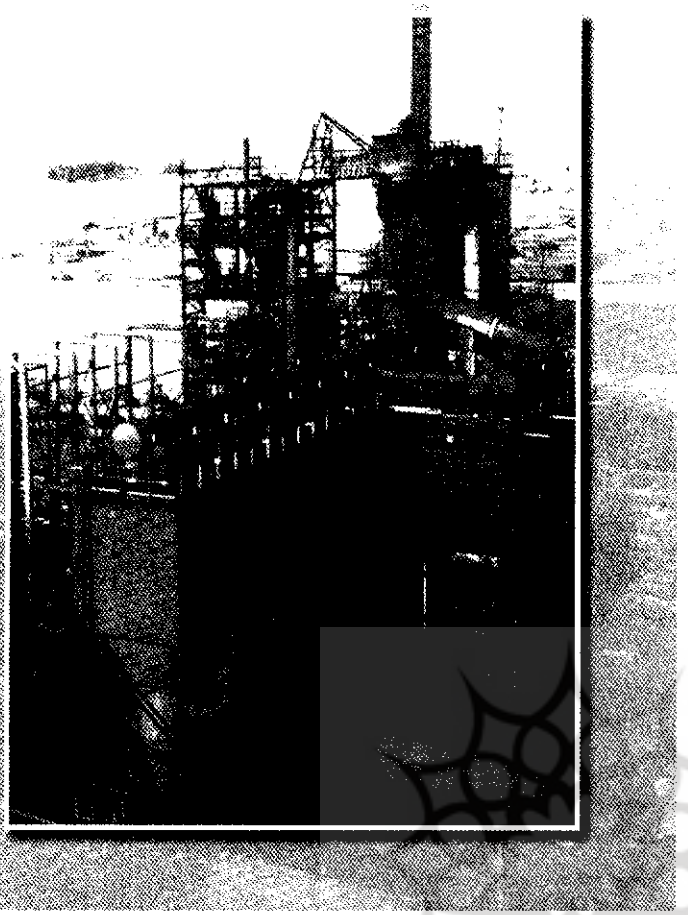
بخش تقاضا بخش تبدیل بخش عرضه

۴- متدلوژی مدل سازی بخش تلفیق

در این بخش یک پیش زمینه‌ای از تحقیقاتی که بر روی طراحی سیستم کلی در رابطه با متدلوژی مدل سازی بخش تلفیق سیستم مدل سازی ملی انرژی انجام شده است، تشریح می‌گردد. در اینجا به روش‌هایی که سازمان مدیریت اطلاعات انرژی (EIA) بیشتر بر روی آن تأکید نموده ارائه شده و بیشتر تمرکز بر روی اصول پایه‌ای متدلوژی به جای متدلوژی‌های بخشی تأکید دارد. این موضوع همچنین مورد توجه کمیته انجمن تحقیق ملی سیستم مدل سازی ملی انرژی است.در ابتدا به دو عنصر و ابزار پایه‌ای که برای بحث چارچوب تلفیقی سیستم مدل سازی ملی انرژی مورد نیاز است اشاره می گردد اول اینکه سیستم مدل سازی ملی انرژی یک ابزاری برای اجرای اصول پایه‌ای بازار[۳۰] (که تجزیه و تحلیل کامل بازار انرژی را دربرمی گیرد) است اما این تجزیه و تحلیل بر روی یک بخش و سوخت معین صورت می‌پذیرد. دوم اینکه سیستم مدل سازی ملی انرژی یک درجه بالایی از مقیاس ها را طراحی و برنامه ریزی می نماید. ابزار اول بیانگر آن است که سیستم مدل سازی ملی انرژی قادر به حصول تعادل عرضه و تقاضای انرژی تحت شرایط رقابت اقتصادی در میان منابع انرژی است. مبانی تئوریکی برای عرضه انرژی، مصرف و رقابت، اکثر پایه های تجزیه و تحلیل سازمان مدیریت اطلاعات انرژی را تشکیل می دهد. اگرچه بینش با ارزشی را می توان از تجزیه و تحلیل انتخاب یک بخش معین محدود استنتاج نمود، اما اغلب اوقات مباحث سیاسی روی حیطهٔ تأثیرات بازار انرژی، نظیر ایمنی انرژی یا تأثیرات اقتصادی آن تمرکز دارد. این موضوع به این معنی که تمامی‌تجزیه تحلیل‌ها الزاماً می‌بایست در یک چارچوب کامل انجام گردد نیست، اما قابل تحقق در آن می‌باشد. دوم، روش سهم‌های ثابت[۳۱] است که در این روش به رقابت پذیری سوخت یا یک سیستمی که بخش‌های انرژی را به تعادل نمی‌رساند و اطلاعات ناچیزی را برای خط مشی سیاستی اضافه خواهد نمود، استفاده میگردد. روش پایه‌ای بازار، که در آن عرضه و تقاضای انرژی به هزینه ها و قیمت‌های انرژی واکنش نشان می دهد، به عنوان یک اصل ضمنی لازمه تجزیه و تحلیل خط و مشی انرژی حاکم می باشد. بنابراین سیستم مدل سازی ملی انرژی می بایست یک چارچوبی که در آن تصفیه بازاری قیمت‌ها و مقادیر عرضه و تقاضای انرژی با توجه به عوامل دیگر نظیر شرایط تنظیمی و قانونگذاری صورت گیرد فراهم سازد. دومین هدف برای توسعه سیستم مدل سازی ملی انرژی که به طور مستقیم طرح متدلوژی تلفیق را متأثر می سازد لازمه یک سیستم چند بخشی است. مدل چند بخشی بیانگر آن است که بخش های سیستم مدل سازی ملی انرژی که دارای بخش های متنوع عرضه، تبدیل و بخش های مصرفی است را نشان می دهد. که این بخش ها هم در متدلوژی و هم در اجرا از یکدیگر مجزا و مستقل هستند. برای مثال، مطالعه بر روی یک سوخت منحصربفرد یا مطالعات بخشی می تواند با فرض ثابت بودن سایر بخش ها صورت پذیرد، نهایتاً سیستم چند بخشی به آسانی این امکان را برای شمول بخش های متناوب فراهم می سازد که نیازهای آنها حداقل کمتر با یکدیگر تداخل داشته باشند. متدلوژی تلفیق بخشی از سیستم مدل سازی ملی انرژی است که منجر به یک هماهنگی (که توسط آن بخش های مختلف با یکدیگر تقابل دارند)می گردد. در اینجا مباحث متدلوژی مختلفی که درباره مدل‌های اولیه سیستم مدل سازی ملی انرژی برای بخش تلفیق مورد استفاده قرار می گرفت، ارائه می گردد.

■ متدلوژی PIES

سیستم ارزیابی مستقل پروژه (PIES) [۳۲]، که بعداً سیستم پیش‌بینی انرژی میان مدت (MEFS)[۳۳] نامیده شد، مثالی از یک مقیاس وسیع سیستم مدل سازی تلفیقی است. این سیستم در سال ۱۹۷۴ توسط سازمان انرژی فدرال (FEA)[۳۴] (که تشکیلات سابق سازمان مدیریت اطلاعات انرژی (EIA) است) توسعه داده شده است. ماهیت (درون) مدل MEFS/PIES یک مدل برنامه ریزی خطی مجزا از عرضه سوخت، تبدیل و فعالیت‌های تقاضای ترکیبی است که بوسیله روش ترکیبی حداقل هزینه عرضه و حمل و نقل سوخت (جهت حصول به مصرف کنندگان نهایی(End-Use)) بهینه‌یابی می‌گردد.مدل MEFS/PIES برای تعادل عرضه و تقاضا برای یک دوره آینده از روش حل تکراری بین دو مدل برنامه ریزی خطی و یک نمایش فرم خلاصه شده از معادلات هم زمان تقاضا استفاده می‌گردد. بعد از بهینه‌یابی مسأله عرضه و تبدیل، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی قیمت‌های حاشیه‌ای یا سایه‌ای برای تمامی‌سوخت‌های مصرف کنندگان نهایی(End-Use) استخراج می‌گردد. فرم خلاصه شده مدل‌های تقاضا، قیمت‌های سایه‌ای را ارزیابی نموده و تقاضای تجدیدنظر شده برای سوخت‌هایی که در مدل برنامه‌ریزی خطی به کار گرفته شده‌اند را تعیین می‌نمایند و سپس این مقادیر در مدل برنامه‌ریزی خطی قرار گرفته و مدل مجدداً حل می‌گردد. این فرایند تکرار بین مدل برنامه‌ریزی خطی و مدل‌های تقاضا تا زمانی که (در تکرارهای بعدی) بین قیمت‌های سایه‌ای و تقاضاهای نهایی به یک حیطه همگرایی (همگرایی پایدار) نزدیک گردد، ادامه می‌یابد.سال‌های بعد بسیاری از ابزارهای خاص به مدل MEFS/PIES جهت انعکاس سیاست‌های تنظیمی یا ضمانت اینکه برخی قیمت‌های مصرف کنندگان نهایی(End-Use) از مدل برنامه‌ریزی خطی متوسط یا قیمت‌های تضمین شده به جای قیمت‌های حاشیه‌ای محض هستند، اضافه گردید. این خصوصیات یا در مدل برنامه‌ریزی خطی و یا در برنامه‌ای که تعادل را کنترل و همگرایی را تعیین می‌نمود،لحاظ گردید. MEFS/PIES به‌عنوان یک سیستم مدل‌سازی گروهی از مدل‌های پیرو نظیر گاز، زغال سنگ، گاز طبیعی، سوخت‌های ترکیبی، پالایشگاه، صنایع همگانی برق، تقاضای مصرف کنندگان نهایی(End-Use) و اقتصاد کلان را دربرمی‌گیرد. هریک از این مدل‌های پیرو ضرایب لازم و هزینه‌های تابع هدف را برای مدل برنامه‌ریزی خطی و ترکیب نمودن خصوصیات بخشی معین (همان طور که مورد نیاز است) را برآورد می‌نمایند. این موضوع ساختار سیستم چندبخشی مدل به کار گرفته شده برای سازمان دادن داده‌ها و تخصیص مسؤولیت‌ها برای فعالیت‌های مدل سازی را محدود می‌سازد، به هر حال مدل MEFS/PIES به عنوان یک متدلوژی تلفیق دارای برخی مشکلات خاصی است. اول اینکه، ساختار سیستم مستلزم برنامه‌ریزی خطی کاملی برای اجرای هم زمان و بدون استفاده از ابزارهای تجزیه و تحلیل مدل است. این موضوع یک مشکل جدی در فرآیند آزمون ایجاد می‌نماید زیرا در این صورت مدل MEFS/PIES نیازمند زمان زیادی برای اجرا است و ساده‌ترین تغییرات تنها با اجرای کامل مدل، آزمون می‌گردید. مدل‌های پیرو و برنامه‌های پیش پرداز، داده‌ها را برای مدل برنامه‌ریزی خطی فراهم می‌سازند اما نتایجی را که می‌تواند به آسانی برای تجزیه و تحلیل یا آزمون بخش انفرادی استفاده گردد، ارائه نمی‌نماید. در عین حال یکی دیگر از مشکلات روش MEFS/PIES این است که این روش یک متدولوژی بهینه‌سازی فراگیر است که برای تمامی‌زیربخش‌های بخش عرضه مناسب نیست. برخی از



خصوصیات ویژه که درون سیستم لحاظ شده است به طور مقتضی برخی قواعد یا ویژگی‌های نهادی بخش‌های متنوع را نشان می‌دهد اما این موضوع مستلزم هزینه بالایی است.

■ متدلوژی IFFS

ضرورت ارائه مطالب فوق برای سیستم مدل سازی ملی انرژی جهت ارائه سیستم پیش‌بینی میان مدت (IFFS)[۳۵] است. این متدلوژی مدل را هر سال برای یک افق زمانی معین (حداکثر تا سال ۲۰۱۰) پیش‌بینی می‌نماید. متدلوژی IFFS سیستم انرژی را به عرضه سوخت، تبدیل و بخش‌های تقاضای مصرف کنندگان نهایی(End-Use)تقسیم می‌کند. سپس سیستم را برای حصول تعادل بین عرضه و تقاضا توسط روش حل تکرار پی در پی این بخش‌ها، اجرا می‌نماید. این تعادل یک پیش‌بینی سالیانه را برای آن سال (همان زمان) ارائه می‌کند و زمانی که تعادل برای یک سال کامل شد به سمت پیش‌بینی سال بعد حرکت می‌کند.بخش‌های عرضه سوخت در متدلوژی IFFS تمامی‌فعالیت‌های ضروری برای تولید، واردات و حمل سوخت مصرف کنندگان نهایی(End-Use)منطقه‌ای جهت برآورد تقاضای مصرف کنندگان نهایی الزامی‌است. هریک از بخش‌های تقاضای مصرف کنندگان نهایی، تقاضاهای سوختی آنها را برحسب منطقه به قیمت‌های مصرف کنندگان نهایی منطقه‌ای از سوخت‌های رقیب و عوامل دیگر وابسته است. بخش برق همانند بخش تبدیل، سوخت مصرفی آن به نسبت قیمت‌ها و تولید و قیمت برق وابسته است. همچنین بخش تصفیه که به عنوان یک بخشی از تبدیل مورد بررسی قرار می‌گیرد، انتظار می‌رود

که تنها از یک نهاده منحصر به فرد اولیه مانند نفت خام که قیمت آن معمولاً از یک ثبات نسبی برخوردار است، استفاده نماید و با استفاده از این سوخت با یک خط ارتباطی غیرمستقیم[۳۶] که جهت فعالیت تصفیه استفاده می گردد به حوزه تقاضای صنعتی هدایت می نماید.در چارچوب متدلوژی IFFS اگرچه اطلاعات زیادی در میان بخش ها رد و بدل می گردد اما مرزهای میان بخش ها، قیمت‌ها و تقاضاهای مصرف کنندگان نهایی(End-Use) برای هر سوخت معین است. عرضه سوخت یا بخش تقاضای مصرف کنندگان نهایی برحسب فعالیت آنها نامگذاری شده است و هربخش با فرض ثابت بودن دیگر متغیرها در بازار انرژی به تعادل می رسد.برای مثال بخش زغال سنگ با فرض اینکه تقاضای مواد اولیه (تخته سنگ) برای زغال و همچنین عوامل سایر بخش های دیگر ثابت هستند، جهت حصول تولید و قیمت مصرف کنندگان نهایی تعادلی زغال حل می گردد. لذا هر بخشی که از قیمت‌های زغال سنگ استفاده می نمایند برای اجرای مراحل کار در سال بعد از این قیمت‌های جدید جهت محاسبه مقدار تقاضای خود استفاده می نمایند. این فرآیند همانند الگوریتم گوس - سایدل برای حل یک مجموعه از معادلات هم زمان ضروری است. بخش تعادلی متدلوژی IFFS که بخش های متنوعی را برحسب نوع فعالیت دربرمی گیرد، کنترل همگرایی سیستم را به وسیله محاسبه تفاضل های پی در پی تکرارها برای تمامی قیمت‌ها و تقاضاهای مصرف کنندگان نهایی (End-Use) در هر منطقه به عهده دارد. زمانی که تفاوت‌ها در یک حیطهٔ معین جهت همگرایی قرار گرفت، حوزه تعادل شروع به حل مدل برای پیش بینی سال بعد می نماید. برخی کوشش هایی در متدلوژی IFFS برای میزان شتاب در همگرایی با استفاده از ویژگی‌های بخش‌های خاص صورت پذیرفته است. برای مثال، از حساسیت (کشش) قیمت گازطبیعی به سطح تقاضا و حساسیت پیوسته تقاضای گاز در برخی بخش‌ها نسبت به قیمت در این رابطه به خوبی استفاده گردید. برای به کار گرفتن این موضوع، بخش برق منحنی تقاضای استنتاج شده برای گازطبیعی، برای هر دو بخش برق و گاز به کارایی بیشتری جهت شتاب در همگرایی می پردازد. این منحنی تقاضا بخشی از اطلاعات را از بخش برق به بخش گاز انتقال می دهد.به دلیل بخشی بودن بازارهای انرژی و اجرای معین و مشخص بخش ها در متدلوژی تلفیقی IFFS هر زیرمجموعه از بخش ها را می توان به تنهایی اجرا نمود و یا هر بخش که دارای حداقل مرز مشترک با دیگر بخش ها و زیربخش ها است را می توان با بخش مشابه آن جایگزین نمود. یک خصوصیت کلیدی که در بخش تلفیق ضروری است، ابزارهایی است که اطلاعات بخش‌ها را به یکدیگر منتقل می‌سازند. در متدلوژی IFFS، هیچ یک از بخش‌ها به طور مستقیم اطلاعات را به بخش دیگر منتقل نمی‌سازد، بلکه این اطلاعات از یک فایل مرکز ذخیره[۳۷] داده‌ها عبور می نماید. اگر یک بخش خاص در یک عمل ویژه از سیستم شرکت ننماید، اطلاعات آن به طور متعارف در فایل مرکز داده‌ها جستجو می گردد. بدین ترتیب بخش های دیگر می توانند از این اطلاعات آگاهی یافته و مدل‌هایی که در اجرای سیستم قرار گرفته اند نسبت به این موضوع بی تأثیر خواهند ماند.ماهیت متدلوژی IFFS برای مطالعات سوخت‌هایی که تقاضا برای آنها وجود دارد امکان پذیر است. چنین مطالعاتی بیشتر بر روی بخش‌های برق و گاز صورت پذیرفته است. به هر حال این مطالعات به آسانی امکان پذیر نخواهد بود برای مثال مدل برق با یک تقاضای مشخص یا با قیمت‌های سوخت که از یک مدل رقیب در حال اجرا با مشکلاتی مواجه خواهد گردید. این وظایف نیازمند برنامه‌ریزی دقیق توسط افراد خبره و آشنا با متدلوژی IFFS دارد از جمله اینکه می توان فروض مورد استفاده در بخش های دیگر به عنوان نهاده اولیه این بخش تحویل نمود.علاوه بر این، طبیعت و ماهیت متدلوژی IFFS به آسانی این امکان را برای هر بخش از بازار انرژی فراهم می سازد تا بتوان مناسب ترین متدلوژی را برای آن بخش به کار گرفت. متدولوژی IFFS یک ترکیبی از شبیه سازی فرآیند اقتصاد سنجی و روش‌های بهینه سازی را در درون بخش‌های متنوع دربرمی گیرد. همچنین، این روش، تنوع شدت و دامنه همگرایی های هر بخش را فراهم می سازد. برای مثال، به طور متقابل، بخش تولید نفت قیمت‌های فرآورده های تصفیه شده را در سطح ملی برآورد می نماید. که این قیمت‌ها در منطقه برای استنتاج قیمت‌های مصرف کنندگان نهایی(End-Use)و (بجز احتساب هزینه حمل و نقل) استفاده می گردد. به هر حال انعطاف پذیری متدلوژی IFFS در برخی موارد کاملاً مشهود و محرز می‌باشد. برای مثال یک برنامه ریزی خطی یک روش ساختاری سطح بالایی برای مدل سازی است. در این رابطه یک مجموعه فراوانی از نرم‌افزارهای قابل دسترس برای اجرا، تعدیل، تحلیل و گزارش برنامه‌های خطی وجود دارد. در کمتر سیستم‌های ساختاری با متدولوژی‌های واگرا، بسیاری از این خصوصیات یا در دسترس نیستند و یا می بایست برای هر بخش به تنهایی برنامه‌ریزی گردد. همچنین پایه‌های متدولوژی IFFS در PC-AEO (که یک نمایش خلاصه شده‌ای از سیستم مدل سازی استفاده شده توسط سازمان مدیریت اطلاعات انرژی (EIA) که برای سه سال استفاده می گردید است) به کار گرفته شد. PC-AEO هر بخش در سیستم انرژی را به بخش های عرضه، تبدیل و تقاضا تجزیه کرده و هر بخش را در یک صفحه مجزا نشان می داد.در میان برخی متغیرهایی که بخش ها با آن مواجه هستند و مقادیر آنها به حل سیستم وابسته می باشد برای دسترسی آسان به آن، هر بخش از PC-AEO در تمام سال های افق پیش بینی (که مورد نیاز است) حل می گردد. بدین ترتیب، مرتبه حلقه تکرار در بخش ها و سال های پیش‌بینی برعکس متدلوژی IFFS بود.

■ متدلوژی LEAP

در حدود سه سال، سازمان مدیریت اطلاعات انرژی (EIA) از روش تحلیلی بلندمدت انرژی (LEAP)[۳۸] برای پیش‌بینی بلندمدت استفاده می نمود. متدلوژی LEAP پیکره EIA را از سیستم مدل سازی تعادل تعمیم یافته (GEMS) که اصالتاً توسط مؤسسه تحقیقات استنفورد (SRI)[۳۹] توسعه داده شده و هم اکنون مرکز تصمیم گیری آن است را تشکیل می‌داد. بسیاری سازمان‌ها از سیستم مدل سازی متعادل تعمیم یافته برای پیکره‌بندی اهداف خاص‌شان استفاده می نمایند.متدلوژی LEAP سیستم انرژی را برحسب عرضه، حمل و نقل، تبدیل و فرآیندهای End-use تقسیم می نماید. هریک از این فعالیت‌ها به عنوان یک منحنی و یک شبکه، که جریان تمامی اطلاعاتی را که به طور صریح می توان میان منحنی ها استنتاج نمود را تشریح می نماید. همچنین هر فعالیت منطقه‌ای نظیر عرضه زغال سنگ یک منحنی مجزا خواهد داشت. تمام نکات تصمیم گیری‌ها در این سیستم مبتنی بر تخصیص شبکه‌ها صورت می پذیرد. برخی موارد از چنین تخصیص هایی عبارتند از:

۱-شبکه حمل و نقل زغال سنگ ممکن است در بالای یک میدان بزرگی که بتوان آنرا برای برخی مناطق تولید به کار گرفت شامل گردد.

۲-تصمیم اینکه چه مقدار گاز به هریک از فناوری‌های گازی در بخش تولید برق یا در تمامی‌بخش‌های مصرف کنندگان نهایی (End Use)انتقال یابد نیازمند تخصیص یک شبکه است.

۳-اینکه چه مقدار از فن‌آوری رقیب برای تأمین گرمای خانگی استفاده گردد، نیازمند تخصیص یک شبکه است.

۴-اینکه چه مقدار گاز از منابع آلاسکا می‌بایست به داخل سیستم عرضه نمود، نیازمند تخصیص یک شبکه است.

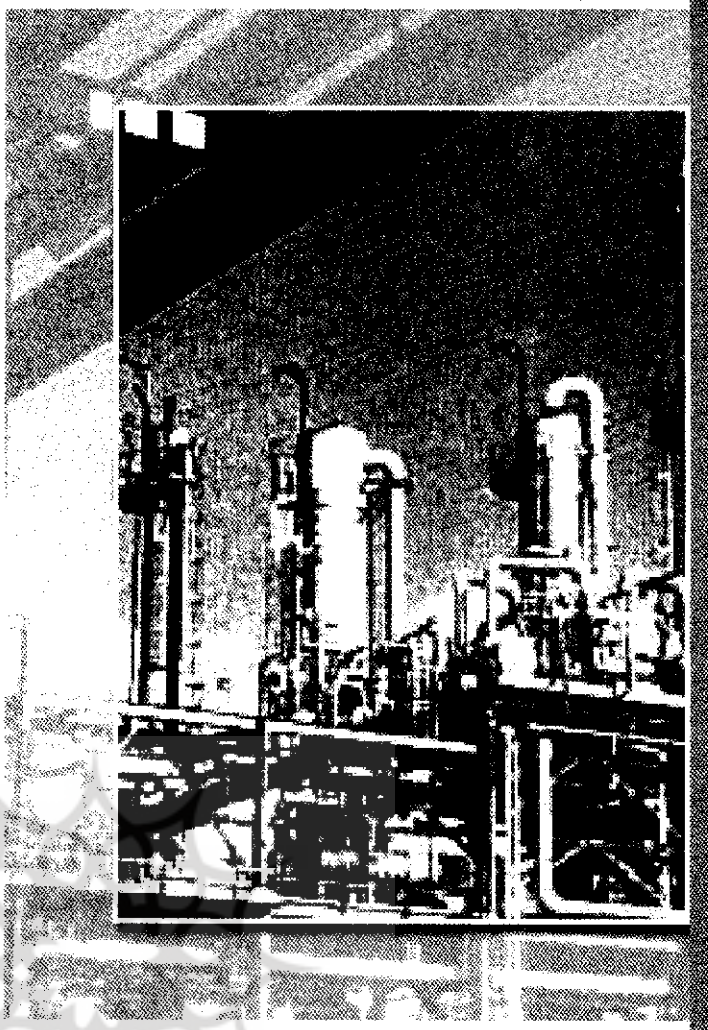
هر تخصیص شبکه یک الگوریتم سهمی از بازار است که از ضرایب سهم بازار، اضافه بهای قیمت، رفتار ضرایب با وقفه و سهم بازارها در ابتدای سال استفاده می‌نماید. این اطلاعات که برای راه حل نهایی اطلاعات پایه‌ای و اساسی هستند، به طور تجربی برای هر شبکه در سیستم بسیار مشکل استخراج می‌گردد.متدولوژی LEAP برای حصول به تعادل بین عرضه و تقاضا براساس روش پایه‌ای مشابه متدلوژی IFFS، قیمت‌ها و مقادیر انواع متنوع انرژی که توسط بخش‌هایی که تولید، حمل و نقل مواد خام، تبدیل، حمل ونقل تولیدات نهایی و مصرف انرژی End-Use را برآورد می‌نمایند محاسبه نموده و حل می‌گردد. به عنوان یک نمایش از دورنمای سیستم، فرآیند اجرای این سیستم جهت دار می‌باشد، بدین معنی که از یک طرف قیمت‌ها توسط بخش عرضه تعیین و به سمت تقاضا هدایت و مقادیر از طرف بخش تقاضا تعیین و به سمت عرضه هدایت می‌گردد (مقادیر در جهت عکس حرکت قیمت می‌باشد). بدین ترتیب این سیستم برای حصول به تعادل براساس محاسبات جریان‌های شبکه‌ای حل می‌گردد.هر بخش از سیستم LEAP/GEMS مانند سیستم PC-AEO[۴۰] (برعکس سیستم IFFS)برای سال‌های پیش‌بینی در طول زمان ابتدائاً به طور هم زمان برای تمامی‌سال‌ها شرایط تعادلی را حاصل می‌نماید.یک ویژگی برجسته سیستم GEMS این است که این سیستم آزمایشگاهی از مدل‌های عمومی‌است که می‌توان با مطالعه آنها برای ساختن یک الگوی سیستم انرژی استفاده نمود. این مدل‌های عمومی‌یک فرآیند تبدیل ساده و پیچیده، یک فرایند تخصیص، فرآیند منابع اولیه، فرآیند تقاضای مصرف کنندگان نهایی(End-Use)و فرآیند حمل و نقل را دربرمی‌گیرد. در ساختن یک مدل با استفاده از سیستم GEMS، یک کاربرد سیستم شبکه‌ای را از طریق مدل عمومی‌برای هر بخش انتخاب می‌گردد و تمامی‌زنجیره‌های ورودی و خروجی به دیگر شبکه‌ها را مشخص نموده و همچنین تمامی‌داده‌های مورد نیاز را استخراج می‌نماید. این مدل در تصریح داده‌ها و جریان‌ها، برای مثال در شبکه ارائه شده برای تقاضای برق بخش صنعتی جهت راه‌اندازی تجهیزات از شبکه تقاضای گازطبیعی خانگی برای سیستم حرارتی تمایز قائل می‌گردد. اهمیت مدل‌های عمومی‌به عقیده و دیدگاه مدل ساز بستگی دارد. برای مثال اگر مدل ساز فکر کند که سیستم حمل و نقل زغال سنگ و سیستم حمل و نقل گازطبیعی از نظر شرایط فیزیکی و اقتصادی با یکدیگر متفاوت هستند، بنابراین مدل عمومی‌نمی‌تواند برای هر دو سیستم به کار رود و مدل‌ها می‌بایست به طور مجزا توسعه داده شود. در این حالت شخص مدل ساز ممکن است تنها یک نمایش ساده‌ای از بازار انرژی را مدنظر داشته باشند در این شرایط استفاده از مدل عمومی‌راحتتر و مناسبتر است. برخی از مدل سازان که علاقمند به ارائه سیستم پیشرفته‌تر از بخش‌های متفاوت انرژی هستند ممکن است با مفاهیم مدل عمومی‌سازگار نباشند. هنگامی‌که مدل ساز در روش تحلیلی خود مفاهیم مدل عمومی‌را کنار می‌گذارد، اهمیت سیستم GEMS و ساختار داده‌هایش کمرنگ می‌گردد.یک اشکال بالقوه در کاربرد روش نوعی سیستم GEMSاین است که از متدلوژی‌هایی که چندین شبکه را دربرمی‌گیرد استفاده می‌نماید. فرد مدل ساز با استفاده از سیستم GEMS تولید نفت و گاز را به طور شبکه‌ای مجزا برای هر منطقه و هر نوع فناوری نشان داده و بین نفت و گاز تفاوت قائل می‌گردد. این فرآیند که یک مدل بزرگ و پیچیده را طراحی می‌نماید در متدلوژی LEAP صورت می‌پذیرد. سازمان مدیریت اطلاعات انرژی (EIA) علاقمند به کارگیری چشم‌انداز وسیعتر بازارهای بخش‌های متنوع برای مثال ارائه متدلوژی یکسان برای نمایش عرضه و حمل و نقل زغال سنگ یا تولید و حمل نقل گازطبیعی است. بنابراین اگر مدل ساز بخواهد در مقیاس‌های وسیعتر و تخصیصی‌تر و احاطه‌گر برنامه‌ریزی کند، سیستم GEMS دارای این قابلیت و توانایی می‌باشد، اما این مدل عمومی‌دارای اهمیت و ارزش چندانی نیست.

■ متدلوژی بهینه‌سازی

مدل‌های بهینه سازی اغلب برای شبیه سازی رفتار یک صنعت یا یک بخش همگن از اقتصاد که به طور مشخص دارای یک تابع هدف واحد می‌باشد مناسب هستند. برای مثال تصمیم‌گیری توزیع در صنعت برق یا نقل و انتقال در حمل و نقل زغال سنگ می‌تواند به طور مقتضی در غالب یک مدل بهینه سازی رفتار گردد. در چنین مدل‌های هدف نوعاً حداقل نمودن هزینه است. همچنین روش‌های بهینه سازی می‌تواند برای حل مسأله، تعادل بازار در یک بازار رقابتی استفاده گردد. اتحاد ریاضی بین روش رقیب و روش حداقل سازی هزینه، امکان استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی برای حصول به شرایط تعادلی بازار را فراهم می‌سازد. برای یک مدل رقیب، مسأله بهینه‌سازی تعادل و طرف عرضه، توسط مقادیر تقاضای فردی از پیش تعیین شده از سوخت‌های مصرف کنندگان نهایی (End-Use) در حداقل هزینه میسر می‌گردد. در یک چنین مدل‌هایی از این واقعیت که بازارهای جهانی همواره تحت شرایط کمتر از بهینه (عدم تعادل) عمل می‌کنند صرفنظر می‌نماید. به عبارت دیگر جهت بهینه‌سازی در یک بازار سایر تغییرات و شرایط دیگر بازارها ثابت فرض می‌گردد. چارچوب هماهنگ متدلوژی PIES که قبلاً اشاره شد، همانند یک مسأله بهینه‌سازی سازماندهی شده است.در حالی که روش‌های بهینه‌سازی می‌تواند برای تعیین یک روش تصفیه بازار عمومی‌نظیر روشی که ممکن است مشکلات و انعطاف ناپذیری زیادی را برای به کارگیری اقتصاد انرژی پیچیده ایالات متحده اثبات نماید به کار رود. همان گونه که در متدلوژیPIES مورد بحث قرار گرفت به احتیاط‌هایی در برابر استفاده از یک مدیریت فراگیر که به طور نسبی مشکل هستند(همانند شبیه سازی یک گروه مختلف از صنایع با یک روش مدل سازی)اشاره گردید. روشی که بیشتر ترجیح داده می‌شود یک چارچوب هماهنگ انعطاف‌پذیر با یک روش حل الگوریتمی که پیش‌بینی‌های تعادلی بازار انرژی را حاصل می‌کند ترکیب می‌نماید، است.

■ سایر متدلوژی‌ها

تمامی‌متدلوژی‌هایی که در بالا به آن اشاره گردید به طور ذاتی نمایش پیچیده‌ای از بازخورها و روابط درونی سیستم انرژی و همچنین توانایی تجزیه و تحلیل سیستمی در آنها فرض می‌گردد. سایر متدلوژی‌ها فاقد چنین ویژگی‌هایی هستند. دورنمای کوتاه مدت انرژی (STEO)[۴۱] در سازمان مدیریت اطلاعات انرژی برای هر دو سال یکبار پیش‌بینی فصلی عرضه و تقاضای انرژی ملی را با استفاده از سیستم پیش‌بینی کوتاه مدت (STIFS)[۴۲] برآورد می‌نماید.



این سیستم با فرض معلوم بودن قیمت‌های اولیه سر چاه نفت و گاز، قیمت و مصرف انرژی را براساس قیمت‌های نسبی و روندهای اخیر آن محاسبه می نماید. تولید نفت خام و زغال سنگ داخلی هر دو براساس قیمت‌های سوخت برنامه‌ریزی می گردند. این سیستم با استفاده از روش معادلات هم زمان غیر خطی که روندهای تولید و واردات و سطح ذخایر را با توجه به بازخور میان قیمت‌ها و مصرف بر روی تولید تعدیل می گردند به یک تعادل انرژی دست می یابد. با این وجود از این سیستم نمی‌توان برای تغییرات ذخیره سرمایه و تصمیمات سرمایه‌گذاری استفاده نمود.STIFS اگرچه دارای برخی نمایش‌های ساختاری محدود و کمبود برخی اثرات بازخور در انواع سناریوها است اما این سیستم به طور معتبر برای اهداف موردنظر در کوتاه مدت و پیش‌بینی های غیرتعادلی به کار می رود. متدلوژی STIFS که فاقد توانایی تعادلی یا تغییرات بازار است، برای ایجاد سیستم مدل سازی بلندمدت تر[۴۳] مناسب نخواهد بود.

■مدل جهانی انرژی اوپک

در این بخش به معرفی مدل جهانی انرژی اوپک و مقایسه آن از حیث متدولوژی مدل سازی با مدل EIA می‌پردازیم.سازمان کشورهای صادرکننده نفت (OPEC) از سال ۱۹۶۰ تاکنون با هدف اتخاذ سیاست‌های استخراج و صدور نفت برای کشورهای عضو و تثبیت قیمت نفت (در پی کاهش شدید قیمت‌های نفت در چند سال گذشتهٔ آن) به وجود آمده است. در مورد رفتار اوپک و نقش آن در بازار جهانی نفت، نقطه نظرات و تحلیل های مختلفی صورت گرفته است. عمده‌ترین بحث روی رفتار اوپک، به انحصاری بودن یا نبودن اوپک باز می گردد. برخی معتقدند که رفتار اوپک در کنترل قیمت نفت، رفتار یک انحصارگر بوده است. در مقابل برخی دیگر معتقدند که این رفتار ناشی از تصمیمات مجزای اعضای اوپک (خصوصاً اعضایی که دارای بیشترین ذخایر و تولید نفتی هستند)می باشد. تاکنون هیچ نظریهٔ قاطعی در رد یا تأیید انحصاری بودن رفتار اوپک ارائه نشده است.مساله استخراج، صدور و قیمت‌گذاری نفت در چند دههٔ گذشته در بین بسیاری از کالاهای دیگر از اهمیت به سزایی برخوردار است. این امر از یک طرف مربوط به طرف تقاضا (وابستگی صنایع به فرآورده‌های نفتی، وسعت و تنوع فرآورده‌های نفتی، عدم جایگزینی سریع توسط انرژی های جایگزین و ...) و از طرف دیگر مربوط به طرف عرضه (سود ناشی از استخراج و صدور نفت، هزینه فرصت نگهداشتن نفت در چاه ها، قیمت گذاری طرف عرضه و ...) می شود. حجم مبادلات بین المللی در زمینه نفت، طوری است که برای بسیاری از کشورها (خصوصاً عمده‌ترین صادرکنندگان و واردکنندگان این کالا) قیمت نفت می تواند بسیار مورد توجه باشد. از نظر تجزیه و تحلیل اقتصادی، مساله مهم در بازار نفت، کشش‌های عرضه و تقاضای نفت است. کشش‌های تقاضا توسط عوامل قیمتی و درآمدی تعیین شده و پایه های بازار نفت را تشکیل می دهند.وجود کالایی بنام نفت با این ضریب اهمیت باعث شده که الگوسازی کلان، چه در سطح ملی و چه در سطح فراملی، برای کشورهایی که با مساله نفت (به صورت تقاضا یا عرضه) و سایر انرژی‌های مرتبط با آن مواجه هستند، نیاز به تعدیلات و بلکه نیاز به تحولات جدی و اساسی داشته باشد. توجه به این تغییرات اساسی به تفکیک الگوهای ملی و بین‌المللی شایان توجه است.از طرف الگوهای ملی، مساله دوگانگی نفتی پیش خواهد آمد. ماهیت، علل و آثار این دو گانگی روی ساختار اقتصادی و بویژه روی تشکیل الگوهای کلان سنجی در سطح ملی، موضوعی است که در اکثر مدل‌های کلان سنجی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. مختصراً این دوگانگی موجب جدایی توابع سرمایه‌گذاری بخش خصوصی ودولتی شده و نوع متغیرهای هر کدام را تحت تأثیر قرار می دهد.در سطح بین المللی، وجود کالای نفت در تجارت جهانی به آن اندازه اهمیت دارد که می توان نشان داد پیش بینی هایی که با توجه به نفت برای سهم های تجاری و نحوهٔ ارتباط کشورها وجود دارد کاملاً با پیش‌بینی های صورت گرفته بدون لحاظ نفت متفاوت است. به عبارت دیگر، نادیده گرفتن آثار وجود نفت در اقتصاد بین المللی، تمامی‌پیش‌بینی‌ها را با خطا همراه خواهد ساخت. این مساله خصوصاً در مورد متغیرهایی که مستقیماً به بازار نفت مربوط می شوند (مانند تولید ناخالص داخلی، تقاضای کل، سرمایه گذاری کل، قیمت کالاهای جانشین و ...) قابل مشاهده است. بنابراین، یک الگوی جهانی مناسب، لزوماً باید اثر شوک‌های نفتی را روی شبیه‌سازی و پیش‌بینی حاصل از سیستم موردنظر ارزیابی کند. سازمان اوپک در همین راستا، اقدام به تهیه مدلی برای بررسی دقیقتر شرایط فوق کرده است. این سازمان مطالعه خود را تنها به نفت محدود نکرده و کل بازار انرژی را مدل سازی نموده است. مدل مربوطه که به مدل جهانی انرژی اوپک (OWEM)[۴۴] و یا مدل جهانی انرژی (WEML)[۴۵] موسوم است، با مدل سازی بازار جهانی انرژی، علاوه بر شبیه‌سازی و پیش‌بینی ارقام بازار انرژی، متغیرهای کلان مرتبط به این بازار را نیز بررسی کرده است. این مدل شکل بسیار کاملتر و پیچیده‌تر مدل اولیه‌ای است که توسط دانشگاه کالیفرنیای جنوبی تهیه شده است.مدل OWEM یک

الگوی بلندمدت بوده و پیش‌بینی‌های بلندمدت برای متغیرهای کلان اقتصادی ارائه می‌دهد. تنوع گروه‌بندی کشورها، استفاده کنندگان انرژی و نوع انرژی بنحوی است که تمامی‌موارد موجود در بازار انرژی به نوعی در مدل فوق لحاظ شده است. این مدل نیز همانند هر سیستم دیگر، پیچیدگی خود را مدیون روش‌های اتصال و شبیه‌سازی مدل‌های ملی و بخش‌های موجود در مدل است. در حقیقت این مدل تنها یک قالب کلی برای حل هم زمان اجزاء مختلف آن است. این اجزاء که بعداً به تفصیل مورد بحث قرار خواهند گرفت. به صورت هم زمان و سازگار حل شده‌اند. به دلیل پیچیدگی و وسعت الگو، هر چند سال یکبار ویرایش‌های مناسبتری از آن توسط اوپک ارائه می‌شود. ویرایش مدل اوپک که در اینجا مورد بحث قرار می‌گیرد ویرایشی است که در سال ۱۹۹۴ بسط یافته و مورد تجدیدنظر قرار گرفته است. این مدل از تعدادی مدل کلان ملی و چند بخش که هر کدام جهت تعیین متغیرهای خاصی به کار می‌روند تشکیل شده است. مدل جهانی انرژی اوپک (OWEM) که در اینجا موردنظر است تحت عنوان کامل "مدلی برای تقاضاوعرضهٔ جهانی‌نفت ، سوخت جامد، گاز و الکتریسیته، تخمین زده شده براساس داده‌های ۱۹۶۰-۹۱ با سناریوهای انرژی تا سال ۲۰۲۰"[۴۶] ارائه شده است. در این بخش مروری کلی برروی این مدل ارائه می‌گردد.

■ اهداف مدل جهانی انرژی اوپک

مدل جهانی انرژی اوپک(OWEM) علاوه بر تعیین و تجزیه و تحلیل بازارهای جهانی انرژی، به پیش‌بینی متغیرهای بازار انرژی تا سال ۲۰۲۰ می‌پردازد. در این راه طرح ریزی‌های مختلف و آثار شقوق مختلف سیاستی بررسی خواهد شد. در تبیین مدل OWEM سه هدف مدنظر قرار گرفته است:

۱-با مفروض بودن هزینه‌ها، دسترسی به منابع، محدودیت‌های عرضه و فن‌آوری‌های انرژی به تعیین:

الف - روند زمانی سالانه برای قیمت‌های جهانی نفت.

ب - پیش‌بینی روند تولید اوپک برای ۲۰ سال آتی.[۴۷] با توجه به نیروهای اقتصادی که رفتار بازارهای جهانی انرژی را کنترل می‌کند، صورت می‌پذیرد.

۲-اندازه‌گیری اثر سیاست‌های کشورهای مصرف کننده روی سطح قیمت‌های جهانی نفت و یا تولید نفت اوپک.

۳-تخمین و تجزیه و تحلیل اثر سناریوهای انرژی برروی منافع اقتصادی اوپک.

در کنار این اهداف اساسی، روی سایر انرژی‌ها نیز هدفگذاری شده است. این اهداف با استفاده از حل پویای مدل برای تمامی‌بازار انرژی به صورت هم زمان حل شده است. تجزیه و تحلیل رفتار گذشته، روند جاری و ارائه فروضی در مورد سناریوهای مختلف در مورد آیندهٔ بازار انرژی مدنظر بوده است. از آنجا که مدل اوپک یک مدل بلندمدت است، نتایج آن مربوط به رفتار بلندمدت متغیرها بوده و بدلیل جمعی بودن این مدل، نتایج حاصله به عنوان مثال برای کل اوپک (به عنوان یک کل) و یا برای کل کشورهای OECD ارائه شده است. همچنین تخمین تقاضای نفت در شرایطی که قیمت نفت برون زا تلقی شود نیز از کارکردهای این الگو است.

■ فرآیند تحول و توسعه مدل جهانی انرژی اوپک

دبیرخانه اوپک در اواخر دهه ۱۹۷۰ اهداف اولیه و نیازهای مطلوب خود را جهت مدل سازی جهانی انرژی اوپک ترسیم نمود و آن را جهت مدل سازی به گروه مطالعاتی واقع در دانشگاه کالیفرنیای جنوبی (USC)[۴۸] سفارش داد. بنابراین مدل (۱۹۸۱) OWEM توسط این گروه طراحی و اجرا گردید. گروه مطالعاتی USC مدل OWEM را در سال ۱۹۸۱ براساس سفارش دبیرخانه اوپک به ایشان تحویل نمود. مدل (۱۹۸۱) OWEM شامل ۷ بخش زیر است.

۱-مدل عرضه انرژی (ESAM)[۴۹]

۲-مدل کلان سنجی عمومی (GEM)[۵۰]

۳-مدل تقاضای انرژی (ENDEM)[۵۱]

۴-مدل اوپک (OPECM)[۵۲]

۵-مدل تجارت (TRAM)[۵۳]

۶-مدل جهانی (INTEM)[۵۴]

۷-مدل بهینه سازی (OPTIM)[۵۵]

اما مدل (۱۹۸۱)OWEM هرگز به طور کامل نتوانست جهت رسیدن به اهداف تعیین شده اوپک به کار رود و در برخی موارد عملکرد آن رضایت بخش نبود حتی در ارائه برخی آزمون‌ها مجبور به حذف یکی از مدل‌های اساسی نظیر مدل (MACROGEM) از سیستم می‌گردید. بنابراین دبیرخانه اوپک بعد از برگزاری جلساتی پیرامون بازنگری مدل USC در سال ۱۹۸۴ تصمیم به ایجاد یک تیم از کارشناسان اوپک برای همکاری با مشاوران خارجی جهت تجدیدنظر و تجدیدساختار مدل(۱۹۸۱)OWEM نمود و مدل را از ۷ بخش به ۵ بخش کاهش داد. مدل‌های تقاضای انرژی (ENDEM) و کلان سنجی (MACROGEM) که در مدل (۱۹۸۱)OWEM طراحی شده بود مورد تجدیدنظر قرار گرفت. این گروه مطالعاتی، بازنگری دو مدل فوق را بترتیب در ماه دسامبر ۱۹۸۴ و ماه می۱۹۸۵ به اتمام رسانده و آنها را تکمیل نمودند. در مرحله بعد تعدیلاتی برروی مدل تجارت((TRAM ازمدل تجارت جهانی که سه منطقه OECD از مدل MACROGEM و یک مدل تجدیدنظر شده ENDEM از مصرف انرژی را به یکدیگر متصل می‌نمود صورت گرفت همچنین این گروه مدل INTEM را در مدل TRAM ادغام نمود. این تعدیلات در ماه می۱۹۸۶ به پایان رسید. سرانجام در پاییز ۱۹۸۶، مدل عرضه انرژی (ESAM) در دو بخش مجزا یک بخش برای قیمت‌های انرژی(مدل ESAM-PRICE) و یک بخش دیگر برای مقادیر انرژی (مدل SUPPLY - ESAM) طراحی گردید. همچنین در بازسازی مدل (۱۹۸۱)OWEM نیز وظایف مدل‌های OPECM و OPTIM در مدل USC هر کدام میان سایر مدل‌ها تقسیم گردید. این سیستم در کل با یکدیگر تلفیق شده و در سال ۱۹۸۷ با استفاده از آخرین داده‌های موجود مجدداً برآورد گردید.مدل (۱۹۸۷) OWEM براساس رگرسیون‌های سری‌های زمانی در اقتصادسنجی متعارف بنا شده و با استفاده از بسته نرم‌افزاری TSP برآورد و اجرا گردید. روش‌های مورد استفاده جهت تغییر ساختار مدل (۱۹۸۱)OWEM (که توسط USC طراحی شده بود)به شرح ذیل می‌باشد:

۱-مدل به صورت سیستم چند بخش طراحی گردید به طوری که هر یک از مدل‌های سیستم را می‌توان به طور مجزا اجرا نمود .

۲-هر جزء اصلی مدل OWEM با اهداف کلی سیستم سازگار گردید.

۳-مدل‌ها توسط روش‌های اقتصادسنجی سری‌های زمانی با استفاده از آخرین داده‌های موجود (که از منابع معتبر و به روز نظیر آمارهای منتشره OECD و IMF گردآوری شده است)برآورد گردید

۴-هماهنگی و ادغام کلی مدل . روش حل پویا، سیستم را قادر ساخت تا روند داده‌های تاریخی تقاضای جهانی نفت، تولید ناخالص داخلی جهانی و تورم را در طول دوره زمانی ۱۹۸۴-۱۹۷۱ پیش‌بینی نماید.

۵-سیستم طوری طراحی گردید که به طور مستدل و معقول در

حیطه‌ای از مقادیر مفروض مؤثر و قابل اجرا باشد.

۶-ویژگی‌های سیستم به طور مستدل و منطقی مورد تأیید و توافق کارشناسان مربوطه در این زمینه قرار گرفت. در غیراین صورت می‌بایست برای هر گونه تفاوت و اختلاف یک دلیل متقاعد کننده ارائه می‌شد

۷-مدل‌های سیستم به طور درونی با یکدیگر سازگار گردید و همچنین مدل مبتنی بر فروض معین و توضیحات منطقی نتایج را فراهم می‌ساخت.

لذا تیم واقع در اوپک همراه با مشاوران خارجی مدل OWEM(۱۹۸۱) اولیه را با استفاده از ابزارها و روش‌های فوق تعدیل و بازسازی نمودند.بدین ترتیب اولین ویرایش مشترک OWEM که نتیجه حاصل کار گروه کارشناسی واقع در اوپک و مشاوران خارجی بود در سال ۱۹۸۷ ارائه گردید. لذا دبیرخانه اوپک با استفاده از مدل OWEM (۱۹۸۷) به پیش‌بینی و تجزیه و تحلیل سناریوهای امکان‌پذیر برای تولید نفت اوپک، تخمین اثرات واکنش‌های ضدتورمی کشورهای OECD در مقابل افزایش قیمت نفت و کاربرد مدل برای سناریوهای جهانی انرژی در طول سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۵ پرداخت.در آغاز سال ۱۹۸۸ مجدداً مدل OWEM(۱۹۸۷) مورد تجدیدنظر قرار گرفت. در این سال گروه کارشناسی واقع در اوپک مدل ESAM را که خود به دو بخش PRICE-ESAM و SUPPLY-ESAM تفکیک می‌شد همراه با تعدیلاتی به ترتیب به مدل قیمت انرژی (PEM) و مدل عرضه انرژی SEM)) تبدیل نمود. همچنین این گروه بسته نرم‌افزاری TSP را که در مدل سازی OWEM (۱۹۸۷) به کار گرفته شده و بر روی کامپیوترهای بزرگ اجرا می‌گردید به کامپیوترهای شخصی IBM و یا سازگار با آن منتقل نمودند. مزیت اصلی ویرایش جدید مدل OWEM(۱۹۸۸)[OWEMکه برروی کامپیوترهای شخصی اجرا می‌گردید عبارتست از: ۱- تسهیل انتقال مدل OWEM به کشورهای عضو.۲- کاهش مؤثر زمان محاسبه مورد نیاز برای پیش‌بینی‌ها.۳- منوهای برنامه به صورت Friendly - User طراحی گردید در این صورت کاربر قادر خواهد بود سناریوهای را بدون هیچ گونه تجربه برنامه‌نویسی توسعه و اجرا نماید.لذا در سال (۱۹۸۸) مدل OWEM بازسازی شده به شرح فوق، مبتنی بر داده‌های جدید مجدداً اجرا گردید.در سال ۱۹۹۴ دبیرخانه اوپک مجدداً با همکاری گروه کارشناسی واقع در اوپک و مشاوران خارجی به دلیل تغییر و تحولات عمده در صنعت نفت و ارائه برنامه‌ریزی و سناریوهای بلندمدت‌تر و همچنین رویکردهای نوین در مدل سازی اقتصادسنجی (رویکرد سری‌های زمانی نظیر آزمون‌های ریشه واحد ، هم انباشتگی و مدل تصحیح خطا) مورد بازبینی قرار داده و آنرا مجدداً مبتنی بر داده‌های جدید تحت بسته‌نرم‌افزاری MODLER اجرا نمود. مدلی که در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد مدل OWEM (۱۹۹۴) است.

■ اجزاء مدل جهانی انرژی اوپک

در اینجا به معرفی خلاصه‌ای از مدل‌های سیستم کلی OWEM می‌پردازیم. (هر یک از مدل‌هایی که در زیر تشریح شده به طور مفصل در مطالعات آتی ارائه خواهد گردید).مدل‌های اصلی مدل OWEM به شرح زیر می‌باشند.

■ مدل‌های عمومی‌کلان‌سنجی (MACROGEM)

MACROGEM مجموعه‌ای از مدل‌های متعارف اقتصادسنجی برای سه منطقه اصلی OECD است. این مناطق عبارتند از:امریکای شمالی، اروپای شرقی و مناطق خاورمیانه .OECD.

■ مدل تجاری (TRAM)

مدل TRAM صادرات و واردات غیر انرژی و قیمت‌های صادراتی هر یک از مناطق OECD را تشریح می‌نماید و همچنین این مدل با مدل‌های MACROGEM به یکدیگر مرتبط می‌گردند.

■ مدل تقاضای انرژی (ENDEM)

مدل ENDEM یک مدل تقاضای انرژی است که تقاضا و نیازهای مناطق OECD را برای نفت، سوخت‌های جامد، گاز و الکتریسیته بر حسب کاربرد انرژی دربخش صنعت، خانگی - تجاری، حمل و نقل، تولید الکتریسیته، پتروشیمی و مخازن نفتی واقع در دریا برآورد می‌نماید.

■ مدل قیمت انرژی (PEM)

مدل PEM یک مدل قیمت انرژی است که قیمت‌های پرداختی مصرف کنندگان از انرژی مناطق OECD مبتنی بر مدل تقاضای انرژی (ENDEM) را بر حسب قیمت‌های جهانی، هزینه‌های واحد داخلی در مناطق OECD و نرخ‌های مالیات انرژی مورد بررسی قرار می‌دهد.

■ مدل عرضه انرژی (SEM)

مدل SEM یک مدل عرضه انرژی است که به طور خاص عرضه نفت، گاز و زغال‌سنگ را در مناطق OECD و کشورهای در حال توسعه مورد بررسی قرار می‌دهد.

مدل اوپک کشورهای در حال توسعه و کشورهای با برنامه‌ریزی متمرکز سابق (ODEC) مدل ODEC یک مدل برای اوپک، کشورهای در حال توسعه و کشورهای با برنامه‌ریزی متمرکز سابق (CPES) است که روند تولید ناخالص داخلی حقیقی، واردات (غیر انرژی)، تورم و تقاضای نفت را مورد بررسی قرار می‌دهد. تقاضای کل نفت برای اوپک، سایر زیر گروه‌های کشورهای در حال توسعه (شامل صادرکنندگان نفت و واردکنندگان نفت که دسته دوم کشورهای آسیای جنوبی، اقیانوسیه، آفریقا - خاورمیانه و امریکای لاتین را در بر می‌گیرد) و کشورهای با برنامه‌ریزی متمرکز سابق (شامل اتحاد جماهیر شوروی سابق، چین و اروپای شرقی) برآورد می‌نماید.(مدل OPEC در بازنگری مدل OWEM در سال ۱۹۹۴ به آن اضافه شده است).

■ تعداد معادلات در مدل جهانی انرژی اوپک

جدول (۳) به طور خلاصه تعداد معادلات مدل‌ها را در مدل OWEM نشان می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد که تعداد معادلات استوکاستیک در مدل ENDEM ده برابر مدل MACROGEM-TRAM است، (۳۳ در مقایسه با ۳۶). با در نظر گرفتن تعداد معادلات دو مدل SEM و PEM در کل مدل شامل ۵۷۲ معادله است که ۱۳۵ معادله آن استوکاستیک هستند. این مدل برای شبیه‌سازی تاریخی به لحاظ اینکه در طول چارچوب افق برآوردی از مجموعه متغیرهای برون‌زا استفاده می‌نماید تنها ۴۲ اتحاد را در می‌گیرد.

■ روابط بین مدل‌های الگوی جهانی انرژی اوپک

شکل (۳) روابط اساسی میان مدل‌های OWEM را نشان می‌دهد. در ابتدا (در سمت چپ شکل) مخارج دولت و نرخ‌های مالیات همراه با نرخ‌های ارز بین مناطق (که بر حسب $ ارائه شده است) به طور برون‌زا برای مدل MACROGEM در نظر گرفته می‌شود. همچنین واردات غیر انرژی اوپک، کشورهای در حال توسعه و کشورهای با برنامه‌ریزی متمرکز سابق از مناطق OECD توسط مدل ODEC ارائه می‌گردد و در کنار تقاضایی که توسط دولت صورت می‌پذیرد، عنصر اصلی تقاضای غیر انرژی OECD به طور برون‌زا برای مدل MACROGEM-TRAM در نظر گرفته می‌شود.مدل MACROGEM-TRAM تولید ناخالص داخلی حقیقی و سطوح

عمومی‌قیمت‌ها در مناطق OECD را که مورد نیاز مدل ENDEM است فراهم می‌سازد. تولید ناخالص داخلی حقیقی و مخارج مصرفی حقیقی متغیرهای مولد اصلی در کل معادلات انرژی محسوب می‌گردد، همچنین صادرات نیز در معادلات لحاظ شده است، اما این روابط در شکل نشان داده نشده است. شاخص قیمت تعدیل کننده ناخالص داخلی برای تبدیل قیمت‌های اسمی نفت، زغال‌سنگ، گاز و الکتریسیته (که توسط مدل PEM ارائه می‌گردد) به قیمت‌های واقعی جهت به کارگیری آنها در معادلات سهم سوخت استفاده می‌گردد. قیمت‌ها با توجه به نسبت قیمت کل انرژی به شاخص قیمت تعدیل کننده تولید ناخالص داخلی موزون شده‌اند، این قیمت‌ها نیز در کل معادلات انرژی وارد می‌گردند.مدل ENDEM با توجه به فروضی درباره درجه آب و هوا و سهم تولید برق از طریق انرژی هسته‌ای و برق آبی از کل تولید برق، تقاضای انرژی اولیه مناطق OECD را برای نفت، سوخت‌های جامد و گاز محاسبه می‌نماید. اولاً تقاضای کل انرژی در بخش مصرفی به صورت تابعی از تولید ناخالص داخلی حقیقی و نسبت قیمت انرژی به شاخص قیمت تولید ناخالص داخلی برآورد می‌گردد. ثانیاً، تقاضای کل انرژی به تقاضای نفت، سوخت‌های جامد، گاز و الکتریسیته برای هر بخش تقسیم می‌گردد. و ثالثاً تقاضای انرژی اولیه برای تولید الکتریسیته برآورد می‌گردد. مدل ODEC تقاضای نفت را برای مناطق غیر OECD نیز محاسبه می‌نماید.سپس مدل ENDEM مصرف نفت، انرژی‌های جامد و گاز مناطق OECD برای مدل SEM برآورد می‌نماید. معادلات سوبسید در مدل ODEC برآوردهای مصرف نفت، زغال‌سنگ و گاز در کشورهای در حال توسعه، کشورهای عضو اوپک و اقتصادهای با برنامه ریزی متمرکز سابق را معین می‌سازند. مدل SEM عرضه نفت، سوخت‌های جامد و گاز مناطق OECD برای کشورهای در حال توسعه و اقتصادهای با برنامه‌ریزی متمرکز سابق برآورد نموده و همچنین با توجه به تراز جهانی انرژی، مدل SEM عرضه مورد نیاز نفت اوپک را تحت شرایط قیمت‌های جهانی نفت محاسبه می‌نماید.مدل PEM قیمت‌های اسمی انرژی که توسط مصرف کنندگان انرژی (از قیمت‌های جهانی نفت خام) پرداخت می‌گردد را برآورد نموده و این قیمت‌ها به عنوان یک قیمت رسمی برای تمامی‌انواع انرژی به کار گرفته می‌شود. همچنین قیمت‌های انرژی تحت تاثیر سطح عمومی‌قیمت‌ها در مناطق OECD که توسط مدل MACROGEM و نرخ‌های مالیاتی به طور برون‌زا ارائه می‌گردد، قرار می‌گیرد.مدل SEM واردات انرژی و همچنین عرضه نفت اوپک را برآورد نموده و سپس مقادیر واردات انرژی برای مدل MACROGEM جهت وارد نمودن تراز تولید ناخالص داخلی برای مناطق OECD ارائه می‌گردد و ارتباط بین مدل‌ها کامل می‌گردد.

■ مقایسه دو الگوی جهانی انرژی EIA و OWEM

در بخش‌های قبلی مشاهده گردید، اهم تفاوت‌های دو مدل EIA و OWEM را به طور مختصر به شرح زیر ارائه نمود:

۱-مدل OWEM تنها بر اساس انرژی‌های فسیلی طراحی و الگوسازی گردیده است در صورتی که مدل EIA انرژی‌های تجدیدپذیر شامل انرژی بیوماس (BIOMASS) ، ضایعات جامد شهری، انرژی باد، انرژی برق خورشیدی،فرآورده‌های نفتی اکسیژنه و انرژی زمین گرمایی را در برمی‌گیرد به همین دلیل مدل OWEM نسبت به مدل EIA از تعداد بخش‌ها و جریان‌های اطلاعاتی کمتری برخوردار است.

۲-مدل OWEM فاقد یک بخش مجزا و مستقل جهت تلفیق و هماهنگی اطلاعات و داده‌ها میان بخش‌ها است. البته در این رابطه مدل MACROGEM در این الگو تا حدی این وظیفه را اجرا می‌نماید. اما در مدل EIA یک بخش مجزا به نام بخش تلفیق که دارای وظایف معین و دقیق جهت هماهنگی و سازگاری اطلاعات و جریان داده‌ها در میان بخش‌ها تعبیه شده است.

۳-از دیدگاه روش تشکیل الگو، عمده ترین الگوهای تشکیل شده در مدل OWEM مبتنی بر روش اقتصاد سنجی است اما مدل EIA

مبتنی بر روش سیستم دینامیک است.

۴-در چارچوب بحث تجانس، برای تشکیل یک الگوی جهانی از یک طرف می‌توان قالب و چارچوب از پیش ساخته ای برای الگوهای کلان ملی به دست داده و پس از آن، این چارچوب را برای هر یک از اقتصادهای ملی به کار برده و به برآورد پارامترها در هر یک از این اقتصادها پرداخت. از طرف دیگر می‌توان به جای یک چارچوب الگوسازی ثابت، یک روش شبیه سازی و تلفیق ثابت برای الگوهای ملی در کنار اختلاف الگوهای ملی در ساختار درونی خود را جایگزین کرد. روش اول، روش الگوهای متجانس و روش دوم، روش الگوی نامتجانس است. در این رابطه مدل OWEM مبتنی بر روش الگوهای متجانس و مدل EIA مبتنی بر روش الگوی نامتجانس می‌باشد.

■ نتیجه گیری و پیشنهادات

سیستم مدل سازی ملی انرژی یک روش اجرایی مبنی بر برنامه های کامپیوتری جهت مدل سازی سیستم اقتصاد انرژی برای بازارهای انرژی در یک دوره کوتاه‌مدت را فراهم می سازد. سیستم مدل سازی ملی انرژی فرآیند تولید، واردات، تبدیل، مصرف و قیمت‌های انرژی را با توجه به فروض اقتصادکلان و فاکتورهای مالی، بازارهای جهانی انرژی و قیمت‌های انرژی منابع قابل دسترس و هزینه ها، شرایط و معیار انتخاب تکنولوژی، هزینه و مشخصه های اجرایی تکنولوژی های انرژی و ویژگی های جمعیتی کشورها (نظیر تعداد متولدین، تعداد ازدواج، .....) برنامه ریزی و طراحی می نماید. سیستم مدل سازی انرژی ملی، بیانگر سیستم جامع انرژی کشور است. در این سیستم همان طور که بیان گردید تمامی نوسانات اقتصادی ، سیاست‌های داخلی و خارجی و.... بر روی تولید، قیمت، مصرف و واردات انرژی مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. از مهمترین قابلیت‌هایی که سیستم مدل سازی ملی انرژی قادر به تجزیه و تحلیل آن می باشد بررسی تاثیر سیاست‌های مالیاتی انرژی بر روی اقتصاد(ایالات متحده) و سیستم انرژی آن کشور،تجزیه و تحلیل واکنش ها در میان سیستم انرژی و سیستم های اقتصادی کشور به تغییرات شرایط بازار جهانی نفت ناشی از سطوح تغییرات تولید خارجی و تقاضا در کشورهای در حال توسعه، بررسی تأثیر تکنولوژی های جدید روی الگوهای مصرف، تولید و انتشار گازهای گلخانه ای (انتشار کربن) ، بررسی تاثیر سیاست‌های مشخص نظیر کاربرد اجباری ابزار کارا و ایجاد زمینه‌های استاندارد روی مصرف انرژی،تجزیه و تحلیل محدودیت های مصرف سوخت (برای مثال لزوم استفاده از ترکیبات اکسیژن دار و اصلاح فرمول بندی گازوئیل یا لزوم استفاده از وسایل نقلیه چند منظوره (از لحاظ مصرف سوخت)بر روی انتشار گازها، عرضه انرژی، قیمت‌ها و رشد اقتصادی،بررسی تاثیر تولید و قیمت نفت خام و گاز طبیعی در نتیجه بهبود و دستیابی به تکنولوژی های جدید. سازمان اوپک در همین راستا، اقدام به تهیه مدلی برای بررسی دقیق تر شرایط فوق کرده است. این سازمان مطالعه خود را تنها به نفت محدود نکرده و کل بازار انرژی را مدل سازی نموده است. مدل مربوطه که به مدل جهانی انرژی اوپک و یا مدل جهانی انرژی موسوم است، با مدل سازی بازار جهانی انرژی، علاوه بر شبیه سازی و پیش بینی ارقام بازار انرژی، متغیرهای کلان مرتبط به این بازار را نیز بررسی کرده است.

ایران از نظر منابع انرژی پایان پذیر، غنی است و در عین حال یکی از بزرگترین صادر کنندگان نفتی به عنوان یکی از اعضای اصلی اوپک می‌باشد. همین امر موجب می گردد تا ایران در راستای حفظ واقعی قیمت نفت، میزان استخراج نفت، میزان صادرات نفت و ... بتواند نقش مهمی را ایفا نماید. در این رابطه جهت انتخاب متدولوژی و مدل سازی بخش انرژی در اقتصاد ایران موارد زیر پیشنهاد می گردد:

۱-ایجاد پایگاه اطلاعات انرژی جهت شفافیت بازارهای داخلی وخارجی .

۲-تدوین مدل جامع انرژی جهت برنامه ریزی انرژی برای اقتصاد ایران.

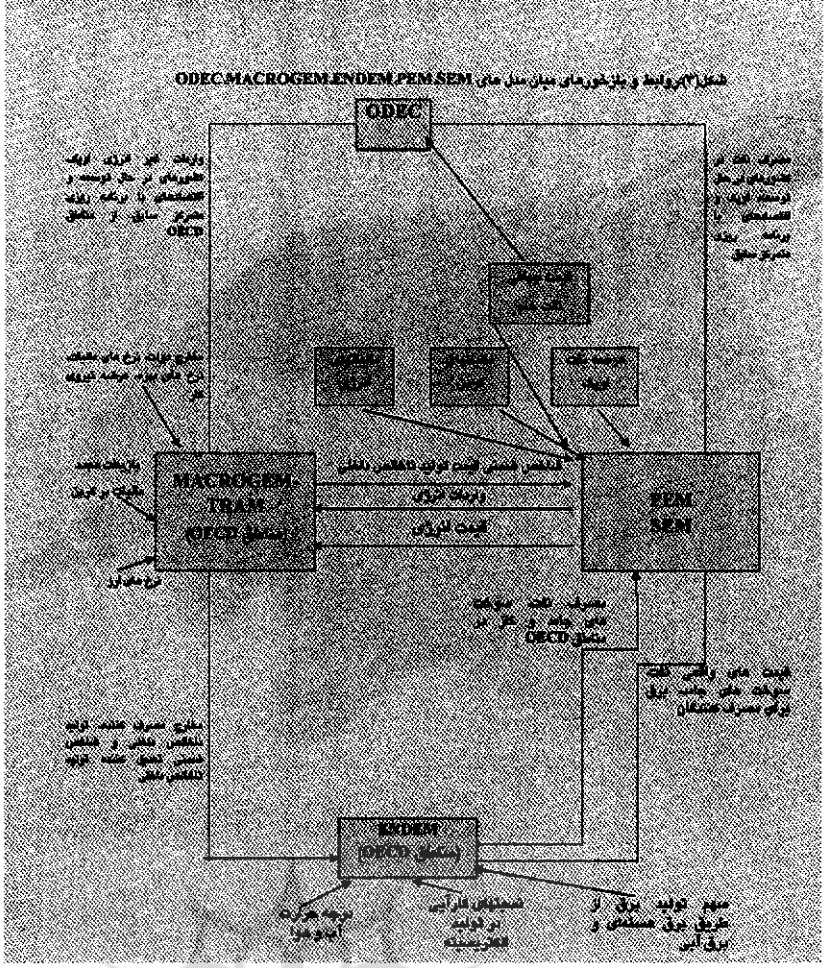
۳-ایجاد ارتباط میان مدل جامع انرژی اقتصاد ایران و سایر مدل‌های جهانی نظیر سازمان مدیریت اطلاعات انرژی (EIA) و مدل جهانی انرژی اوپک (OWEM) جهت تدوین استراتژی جهانی انرژی اقتصاد ایران.

لذا به نظر می‌رسد با توجه به فقدان چنین سیستم جامع انرژی در کشورمان، طراحی چنین سیستمی ضروری است

جدول(۳):تعداد معادلات در کل سیستم پیش‌بینی OWEM

مدل	معادلات استوکاستیک	اتحادها	کل
MACROGEM (OECD)	۲۴	۸۷	۱۱۱
TRAM	۹	۲۷	۳۶
MACROGEM + TRAM (MT)	۳۳	۱۱۴	۱۴۷
ENDEM (OECD)	۳۶	۱۰۲	۱۳۸
MACROGEM + TRAM + ENDEM (MTE)	۶۹	۲۱۶(۲۱۰)	۲۵۸(۲۷۹)
PEM	۳۲	۱۰۳	۱۳۶
MACROGEM + TRAM + ENDEM + PEM (MTEP)	۱۱۱	۳۲۰(۳۱۴)	۴۳۱(۴۲۵)
SEM	۲۴	۱۱۵(۸۹)	۱۳۹(۱۱۳)
MACROGEM + TRAM+ ENDEM+ PEM+ SEM (MTEPS)	۱۳۵	۴۳۷(۴۳۷)	۵۷۲(۵۳۸)
Model for OPEC, DCS FORMER CPES	۱۸	۴۸(۴۰)	۶۶(۵۸)
TOTAL OWEM (MTEPSO)	۱۵۳	۴۸۵(۴۷۹)	۶۳۸(۵۹۶)

توضیحات: اعداد داخل پرانتز اشاره به تعداد متغیرهایی دارد که در افق شبیه‌سازی مدل به کار می‌رود



منبع و ماخذ

1) Energy Information Administration ,The National Energy Modeling System An Overview 2000, DOE/EIA – M057(2000)
2) Energy Information Administration, Integrating Module of the National Energy Modeling system: Model Documentation, DOE/EIA-M057(99) (Washington, DC, December 1998)
3) Energy Information Administration, Annual Energy Outlook 1994, DOE/EIA-0383(94) (Washington, DC, Jan, 1994)
4) Energy Information Administration, Analysis of Carbon Stabilization Cases, SR – OIAE-97-01 (Washington, DC, Oct, 1997)
5) Energy Information Administration, The Impacts on U.S Energy Markets and the Economy of Reducing oil Import, SR-OIAE-94-4 (Washington, DC, Sep, 1996)
6) Energy Information Administration, An Analysis of Carbon Mitigation Cases, SR-OIAE – 96-01 (Washington, DC, June, 1996)
7) Energy Information Administration, Electricity Prices in a Competitive Environment: Marginal Cost Pricing of Generation Services and Financial Status of Electric Utilites, DOE/EIA-0614 (Washington, DC, Aug, 1997)
8) Energy Information Administration, NEMS Internatioanl Energy Module, Model Documentation Report. DOE/EIA-M071(99) (Washington, DC, February 1999)
9) Energy Information Administration, Integrating Module of the National Energy Modeling system: Model Documentation, DOE/EIA-M057(99) (Washington, DC, December 1998)
10) ----------,Statement for Electricity Cost,SR-OIAF_96_03(Washington,DC,SEP 1997).
11) OPEC's World Energy Model, Technical Report March 1994, OPEC Secretarial, Vienna
12) OPEC's World Energy Model, Annex to Technical Report, March 1994.
13) OPEC's World Energy Model, Volume I, May 1987, OPEC Secretarial, Vienna.
14) OPEC's World Energy Model, Volume II, May 1987, OPEC Secretariat, Vienna.
15) OPEC's World Energy Model, Annexes, May 1987, OPEC Secretariat, Vienna.
16) OPEC's World Energy Model, Volume 2, December 1987, OPEC Secretariat, Vienna.
17) OPEC's World Energy Model, Volume 1, December 1989, OPEC Secretariat
18) U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, NEMS International Energy Module Model Documentation Report, DOE/EIA-M071 (Washington, DC, April 1994).
19) U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, WINES Model Documentation, DOE/EIA – M049 (Washington, DC, December 31, 1991).
20) U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, Model Documentation, Coal Market Module of the National Energy Modeling System, DOE/EIA – M060 (Washington, DC, March 1994, March 1995, and April 1996).