مدل انرژی جهانی اوپک(OWEM) و اجزا تشکیل‌دهنده آن

داریوش وافی نجار[1]

چکیده

مدل OWEM[2] یکی از مدل‌های مطرح و مهم در زمینه انرژی در جهان می‌باشد. این مدل به سفارش اوپک در دانشگاه کالیفرنیای جنوبی (USC) ساخته شد و می‌توان آنرا یک مدل پیش‌بینی بلندمدت تا بیست سال نامید که روند عرضه و تقاضای انرژی و نفت را در جهان و همچنین تولید نفت و درآمدهای اوپک را برآورد می‌نماید. با استفاده از این مدل می‌توان تأثیر تغییرات در سناریوهای قیمت نفت‌خام و یا سیاست‌های کشورهای مصرف‌کننده را برمنافع اقتصادی اوپک برآورد نمود.

مدل OWEM از شش مدل اصلی تشکیل یافته است و مجموع معادلات به کاررفته در آن ۶۴۱ معادله (شامل ۴۸۵ رابطه و ۱۵۶ معادله تصادفی) است. هدف از این مقاله نیز معرفی این مدل و کارکردهای آن و همچنین مقایسه آن با سایر

۱. کارشناس ارشد اقتصاد انرژی و عضو هیئت علمی مؤسسه مطالعات بین المللی انرژی d-vaafi@iies.net

2. Opec World Energy Model.

مدل‌های مشابه و آشنایی با هر یک از مدل‌ها، معادلات و متغیرهای اصلی درون‌زا و برون‌زای تشکیل‌دهنده آن می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: OWEM ، مدل‌های پیش‌بینی جهانی انرژی، مدل قیمت انرژی، مدل عرضه انرژی، تقاضای انرژی.

مقدمه

با توجه به نقش محوری انرژی در توسعه اقتصادی کشورها و با توجه به محدودیت برخی از منابع انرژی و توزیع نامتوازن آن در سطح دنیا علی‌الخصوص برای انرژی نفت، تدوین مدل‌های پیش‌بینی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. مسئله آگاهی از ساختار بازار نفت به نحوی که در قالب روابط کمی قابل بیان و اندازه‌گیری باشند و بتوان اثرات متقابل متغیرهای مختلف را بر یکدیگر ارزیابی کرد یکی از آمال اساسی تحقیقات در ادبیات اقتصاد انرژی در سطح جهان محسوب می‌شود. تجزیه و تحلیل مدل‌های به‌کار گرفته شده در این زمینه و آشنایی با مکانیسم و میزان کارایی آنها، نخستین قدم مؤثر برای دستیابی به چنین شناختی است.

مهم‌ترین هدف الگوهای جهانی، ایجاد سازگاری میان نتایج برآوردی، پیش‌بینی و سیاست‌گذاری در تعداد زیادی از کشورهاست. به همین منظور مدل‌های مختلفی از سوی دولت‌ها و یا شرکت‌ها و مؤسسات ملی و منطقه‌ای و یا بین‌المللی ساخته شده است تا با توجه به واقعیات حاکم بر اقتصاد جهانی و بازار انرژی (به ویژه نفت) امکان پیش‌بینی قابل‌قبولی از روند تولید، مصرف و قیمت‌های آن و تحولات در سطح جهانی، منطقه‌ای و یا کشورها و سازمان‌های اصلی تولید و مصرف‌کننده آن به‌دست آید. مدل انرژی جهانی اوپک یا به اختصار OWEM یکی از مهم‌ترین و در عین حال شناخته شده‌ترین مدل‌های پیش بینی انرژی در جهان می‌باشد. حتی بررسی‌های مقایسه‌ای به عمل آمده از این مدل با سایر مدل‌های مشابه و شناخته شده انرژی در

جهان حکایت از وجود ویژگی‌های منحصر به‌فرد و برتری‌های نسبی آن دارد. با توجه به این اهمیت، در این مقاله به بررسی اجمالی این مدل و اهداف مورد نظر از ساخت وطراحی آن و همچنین معرفی مدل‌های اصلی تشکیل‌دهنده آن پرداخته می‌شود.

۱. هدف از ساخت و به‌کارگیری مدل‌های جهانی

مهم‌ترین هدفی که از ساخت مدل‌های جهانی مطرح می‌باشد ایجاد سازگاری میان نتایج برآوردی، پیش‌بینی وسیاست‌گذاری در تعداد زیادی از کشورهاست. این مدل‌ها را می‌توان یک چارچوب محاسباتی دانست که یک مجموعه از مدل‌ها را با فروض مربوط به آنها در نظر می‌گیرد. «لیف یوهانسن» مهم‌ترین اهداف این مدل‌ها را ایجاد پیش‌بینی‌های سازگار، ایجاد یک مرکز حاکمیت و تصمیم‌گیری بین‌المللی، به کارگیری در اقتصاد ملی برای برنامه‌ریزی هماهنگ با سایر کشورها و ایجاد سازگاری و دستیابی به توافق برای همه کشورها عنوان می‌کند. این اهداف، اهدافی هستند که صرفا جهت برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری مطرح می‌شوند.

عملیات بسیاری لازمست تا اهداف مورد نظر در یک سیستم محقق گردد. در برخی مواقع در یک سیستم جهانی برای جلوگیری از پیچیدگی، بسیاری از مراحل عملیات، در خارج از آن انجام می‌گیرد و از ورود تمامی متغیرها به داخل سیستم خودداری می‌شود. چنین ساده‌سازی‌هایی در یک سیستم برای حصول بهتر و سریع‌تر به نتایج، ضروری و گاه حتی اجتناب‌ناپذیر است. اما مسئله ساده‌سازی سیستم‌ها نباید سلیقه‌ای و بدون توجه به دقت نظر مورد انتظار از نتایج سیستم باشد. این دقت نظرها در علوم مختلف دامنه متفاوتی دارند. در علوم تجربی دقت نظر بالایی مورد نظر است اما در برخی دیگر از شاخه‌های علوم، دقت نظر در دامنه خاصی دنبال می‌گردد. علاوه بر عامل دقت نظر در نتایج برآوردی، میزان قابلیت کنترل و اداره سیستم نیز مطرح است. به عنوان مثال اگر بخواهیم واکنش متغیر هدف را در مقابل تغییرات متغیر خاصی ارزیابی نماییم لازمست عملیات تأثیرگذاری آن متغیر، بر متغیر هدف نیز در سیستم

دیده شود و حتی اگر رفتار آن متغیر نیز برای تحلیلگر مهم باشد لازمست عملیات مربوط به آن متغیر نیز در مدل وارد شود. اما این فرض که سیستم‌های پیچیده، نتایج بهتری نیز به‌دست می‌دهند همواره فرض صحیحی نیست. این مسئله علی‌الخصوص در رشته‌های علوم انسانی بیشتر به چشم می‌خورد زیرا با وسیع‌تر شدن دامنه سیستم، دامنه اطلاعات مورد نیاز نیز وسیع‌تر و در عین حال دسترسی به اطلاعات دشوارتر خواهد شد. در مواردی که اطلاعات نیز در دسترس نبوده و یا واجد مشکلات آماری مربوطه باشد، بالطبع نتایج سیستم نیز از اعتماد بالایی برخوردار نخواهد بود.

در حوزه اقتصادی نیز وضع به همین منوال است و برای بررسی کنش‌ها و واکنش‌های متغیرهای اقتصادی در سطح ملی، منطقه‌ای و جهانی در قالب سیستم‌های جهانی؛ لازمست چنین ملاحظاتی در نظر گرفته شود. مدل‌های جهانی انرژی که مبنای بحث حاضر می‌باشد اصولا باتوجه به‌اهداف مورد نظر در طراحی این مدل‌ها و با تکیه برمفاهیم تئوری‌های اقتصادی و امکان‌پذیری دستیابی به منابع آماری ساخته می‌شوند.

از نظر تئوری اقتصادسنجی، خاصیت مهم مدل‌های جهانی همان درون‌زا کردن متغیرهای برون‌زای ملی است. در مباحث اقتصادسنجی، نشان داده شده است که یکی از خواص خوب برآوردکننده مورد نظر استفاده از حداکثر اطلاعات در مورد پارامتر جامعه است .به عنوان مثال برآوردکننده‌های حداکثر درست‌نمایی[1] دارای شرایط جامعیت[2] هستند چرا که در فرآیند برآورد پارامترها از توابع چگالی (که اطلاعات وسیعی را در مورد پارامترها با توزیع مشخصی به دست می‌دهند) استفاده می‌کنند. تعبیر استفاده از حداکثر اطلاعات در مدل‌های جهانی در دو مورد خلاصه می‌شود. نخست اطلاعاتی که کشورهای مختلف به عنوان سناریو و یا ارقام واقعی در مدل قرار می‌دهند و دو دیگر استفاده از فرآیندهای تکراری که همگرایی نتایج ملی و جهانی را تسریع خواهد کرد.

1. Maximum Likelihood.
2. Sufficiancy.

مدل‌های جهانی را می‌توان از دو دیدگاه تقسیم بندی کرد؛[1] یکی از نظر روش‌شناسی[2] تشکیل مدل و دیگری از نظر تجانس[3]. از دیدگاه روش‌شناسی سه روش برای تشکیل یک مدل جهانی به‌کار می‌رود: روش اقتصادسنجی ، روش سیستم دینامیک و روش داده ـ ستانده؛ از نظر تجانس نیز مدل‌های جهانی به متجانس و نامتجانس تقسیم می‌شوند.

ازدیدگاه روش تشکیل مدل، مهم‌ترین مدل‌های تشکیل‌شده از روش اقتصادسنجی، مدل وارتن[4]، پروژه لینک ، مدل انرژی جهانی اوپک (OWEM) می‌باشد.

در روش مدل‌های متجانس یک مدل واحد ساخته و برای تمامی اقتصادهای ملی به‌کار گرفته می‌شود و به تخمین پارامترها پرداخته می‌شود اما در مدل‌های نامتجانس با محور قراردادن متفاوت بودن ساختار درونی اقتصادهای ملی به جای یک چارچوب ثابت مدل‌های شبیه‌سازی شده در اقتصادهای ملی با یکدیگر تلفیق می‌گردد. درواقع در یک مدل جهانی نامتجانس هر کشور عضو مجاز است که هر فرمت دلخواهی را با هر نوع آمار و ارقام و هر تعداد معادله ارایه دهد . آر. جی. بال(۱۹۷۳) در مقایسه بین مدل‌های نامتجانس و ویژگی این الگوها در مقابل الگوهای متجانس اظهار می‌دارد که در مدل‌های نامتجانس هر کشور به طور مجزا مسئول مدل‌های خود بوده و برای قضاوت این‌که چه مشخصه و بحث خاصی برای بخش‌های اقتصادیشان مناسب است بهترین جایگاه را دارند. هر گونه تقلید کورکورانه از هر نوع نمونه عمومی برای کشورهای منفرد موجب ضربه زدن به انعطاف‌پذیری الگو خواهد شد.

در تشکیل مدل‌های نامتجانس محدودیت‌هایی نیز لحاظ می‌گردد اما این محدودیت‌ها عمدتا در تلفیق الگوها موثرند و در تشکیل مدل‌های ملی کمتر مؤثر

---

۱. یوهانسن، لیف «گفتارهایی درباره برنامه‌ریزی اقتصادی در سطح کلان»ترجمه عبدالامیر توکل، سازمان برنامه و بودجه ۱۳۶۶.

2. Methodology.
3. Homogeneity.
4. Warthon Model.

هستند. تاکید در این حالت نیز بیشتر روی بخش تلفیق به عنوان حلقه ارتباطی الگوها خواهد بود چرا که ورود متغیرهای جهانی از طریق این بخش صورت می‌گیرد.

۲. ساختار مدل‌های مهم پیش‌بینی انرژی جهانی

نتایج پیش‌بینی‌های انجام شده در زمینه انرژی رابطه نزدیکی با ساختار مدل مورد استفاده برای پیش‌بینی‌ها دارد و بررسی ساختار آنها تا حد زیادی اعتبار پیش‌بینی آنها را نشان می‌دهد. ساختار این مدل‌ها از یک طرف و فروض متعدد حاکم بر آنها از طرف دیگر تاثیر به‌سزایی در جهت‌گیری کلی پیش‌بینی‌ها دارد. وجود یک جهت‌گیری عمومی در پیش‌بینی‌ها می‌تواند ناشی از ساختار مدل و فروض متغیرهای برون‌زا باشد و یا این‌که عامدا توسط سازمان گزارش‌دهنده ساماندهی شده باشد تا بتواند برخی جهت‌گیری‌ها را القا نماید. در اینجا مختصرا ساختار مدل‌های مورد استفادهIEA، EIA و OWEM مورد بررسی قرار می‌گیرند.

مدل انرژی جهانی EIA با عنوان WEM یک مدل ریاضی است که از پنج ماجول اصلی به شرح ذیل تشکیل شده است:

تقاضای نهایی انرژی[1]، تولید برق[2]، پالایشگاه و تبدیل‌های دیگر[3]، عرضه سوخت فسیلی[4] و مبادله سهم آلاینده‌ها[5].

متغیرهای اصلی برون‌زا GDP، آمارگیری‌های نفوس[6]، تعداد خانوار[7]، قیمت‌های بین‌المللی سوخت‌های فسیلی و پیشرفت‌های تکنولوژیکی هستند. میزان مصرف الکتریسیته و قیمت‌های الکتریسیته به صورت پویا به مدل‌های تقاضای نهایی انرژی و واحدهای تولید برق متصل می‌شوند.

1. Final Energy Demand.
2. Power Generation.
3. Refinery And Other Transformation.
4. Fossil Fuel Supply.
5. Emissions Trading.
6. Demographics.
7. Household Size.

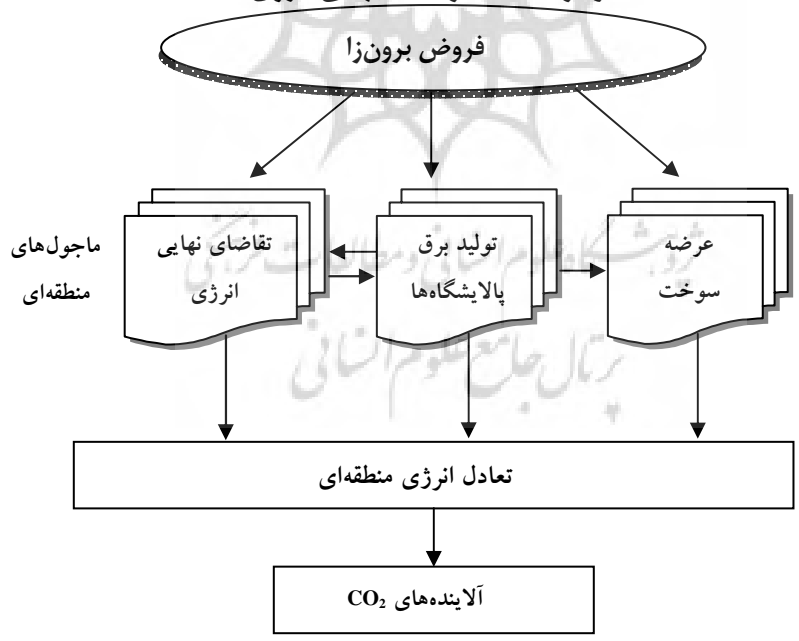
تعادل‌های کامل انرژی به صورت منطقه‌ای به‌دست می‌آید و سپس میزان آلاینده‌های CO_2 هر منطقه نیز با استفاده از ضرایب کربن هر منطقه محاسبه می‌شود[1].

توسعه و اجرای WEM نیازمند دستیابی به تعداد زیادی از داده‌های تاریخی و متغیرهای اقتصادی و انرژی است و بیشترین داده‌ها از پایگاه اطلاعات اقتصادی و انرژی IEA استفاده شده است.

اگرچه برای تخمین پارامترهای هر یک از معادلات موجود در مدل‌ها از داده‌های حداقل یک دوره سی ساله استفاده می‌شود اما گاهی اوقات در جایی که داده‌ها غیرقابل دسترس هستند یا وقفه‌های ساختاری معنی‌داری تشخیص داده می‌شوند دوره‌های کوتاه‌تری استفاده می‌گردد.

نمودار ۱ تصویر ساده‌ای از ساختار مدلWEM را نشان می‌دهد.

نمودار ۱. ساختار مدل جهانی انرژی



۱. واحد مبادله سهم آلاینده‌ها، اگر چه در هر سناریوی WEO 2002 اجرا نمی‌شود، ولی در کاهش مرز هزینه منحنی‌ها به‌کار می‌رود و توسط یک مرحله تکرار اجرای WEM با مقادیر متفاوت کربن به دست می‌آید.

در نظر گرفتن ساختار انتظارات، تغییرات سیاسی و تکنولوژیک و همچنین تعدیلاتی که در طول دوره در میزان پارامترها انجام می‌پذیرد، همه با استفاده از روش‌های مدلسازی و اقتصادسنجی انجام می‌پذیرد. در مناطق اقتصادهای در حال گذار بیشتر داده‌ها تنها از ۱۹۹۲ در دسترس هستند و امکان استفاده از برآوردهای اقتصادسنجی وجود ندارد. نتایج با استفاده از فروض کاربردی برپایه تحلیل‌های مقطعی برای هر کشور[1] و یا تعدیلات کارشناسی تهیه می‌شوند. همچنین شبیه‌سازی‌ها بر مبنای داده‌های سالانه انجام می‌شوند و مدل‌های تقاضا می‌توانند مشخصا، تفکیک و شبیه‌سازی شوند. این روش به‌خصوص در مرحله تعدیل فرآیندها و تحلیل حساسیت ضرایب خاص، مفید است (وافی،۱۳۸۳).

WEM از نرم‌افزارهای زیادی، شامل نرم‌افزارهای مدیریتی ویژه دیتابانک، نرم‌افزارهای اقتصادسنجی و برنامه‌های شبیه‌سازی استفاده می‌کند.

اداره اطلاعات انرژی[2] وزارت انرژی آمریکا[3] (DOE/EIA) سیستم پیش‌بینی جهانی انرژی (WEPS)[4] را برای چشم‌اندازهای بلندمدت مورد استفاده قرار می‌دهد (مزرعتی، ۱۳۸۲). این سیستم یک مدل محاسباتی برای انجام پیش‌بینی‌های انرژی است که به منظور ایجاد یک چارچوب سازگار و یکپارچه برای تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی روندها در بازار جهانی انرژی طراحی شده است. هدف WEPS ارایه پیش‌بینی‌هایی از مصرف انرژی در کشورها و نقاط مختلف جهان به تفکیک انواع انرژی مصرفی است. این مدل از یک سری زیرسیستم‌های مستقل پیش‌بینی انرژی تشکیل می‌شود و همزمان از پیش‌بینی برخی مدل‌های مستقل دیگر EIA مانند NEMS و INM-PC نیز بهره می‌برد.

پیش‌بینی‌های مصرف جهانی انرژی که به‌صورت سالانه توسط EIA در

1. Cross-Country.
2. Energy Information Administration (EIA).
3. U.S. Deparment of Energy (DOE).
4. World Energy Projection System (WEPS).

چشم‌انداز جهانی انرژی[1] منتشر می‌شود، نتایج مدل سیستم پیش‌بینی جهانی انرژی هستند. این مدل شامل یک سری صفحات گسترده حاوی اطلاعات، فروض اعمال‌شده، پروسه‌های آنالیز و مدل‌های پیش‌بینی است. چارچوب محاسباتی این مدل در برگیرنده پیش‌بینی‌های مدل‌های مستقل به همراه فروضی درباره شدت انرژی (نسبت مصرف کل انرژی به تولید ناخالص داخلی) فعالیت‌های اقتصادی در آینده و فروضی درباره چگونگی تأمین میزان اضافه‌شده به مصرف انرژی به تفکیک منابع گاز طبیعی، زغال‌سنگ، و انرژی‌های تجدیدپذیر (برق آبی، زمین گرمایی، باد، خورشیدی، بیوماس و...) هستند.

مدل WEPS علاوه بر پیش‌بینی‌های مصرف جهانی انرژی، پیش‌بینی‌های مصرف جهانی به تفکیک نوع انرژی (نفت، گاز طبیعی، هسته‌ای، برق آبی و سایر انرژی‌های تجدیدپذیر) را در کنار پیش‌بینی خالص مصرف الکتریسیته ارایه می‌نماید. علاوه بر این میزان انتشار کربن ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی نیز توسط این مدل پیش‌بینی می‌شود. تمام پیش‌بینی‌ها برای فواصل زمانی ۵ ساله برای دوره ۲۰ ساله صورت می‌گیرد. WEPS مقادیر شدت انرژی و کشش انرژی (درصد تغییر در مصرف انرژی به درصد تغییر در GDP) را به‌صورت تحلیلی و به‌صورت برون‌زا دریافت می‌دارد.

به‌منظور محاسبه کل مصرف انرژی ابتدا کل مصرف انرژی در سناریوی مرجع برای مناطق و کشورهای مختلف برای دوره‌های ۵ تا ۲۰ سال آینده پیش‌بینی می‌شود. مصرف انرژی به‌صورت تابعی از نرخ رشد مفروض GDP، کشش مفروض مصرف انرژی به رشد GDP و کل مصرف انرژی در سال قبل در نظر گرفته می‌شود.

در اولین پیش‌بینی، مصرف انرژی دوره قبل براساس داده‌های مشاهده شده تعیین می‌شود. محاسبات بعدی براساس مقدار پیش‌بینی شده مصرف انرژی در پنج سال قبل انجام می‌پذیرند. نرخ‌های رشد GDP براساس نرخ‌های حاصل از گزارش‌های

1. International Energy Outlook (IEO).

چشم‌انداز جهانی اقتصاد با افق ۲۰ ساله[1] که توسط گروه WEFA [2] تهیه می‌شود، تعیین می‌شوند[3]. کشش مصرف انرژی به رشد GDP نیز توسط محققان EIA براساس بهترین حدس آنها برآورد می‌گردند.

مقادیر مصرف کل انرژی در فواصل زمانی پنج‌ساله برای دوره ۲۰ ساله توسط معادله زیر پیش‌بینی می‌شوند.[4]

$$ToTQuad_t = TOTQuad_{t-5} \times \left(\frac{GDPGR_t \times ELAST_t}{100} + 1 \right)^5$$

که در آن GDPGRt نرخ رشد سالانه GDP، از منابع مختلف آماری مانند WEFA گرفته می‌شود. ELASTt کشش مصرف انرژی نسبت به GDP را کارشناسان EIA با درنظرگرفتن ملاحظاتی مثل روند گذشته کشش‌ها و انتظارات درباره شدت انرژی در آینده و ... محاسبه می‌کنند. ضمنا $TOTQuad_{t-5}$ مصرف انرژی محقق شده در پنج سال قبل می‌باشد. اندیس t نیز در بازه ۵ سال تغییر می‌نماید. مثلا اگر سال پایه سال ۲۰۰۰ میلادی باشد، اطلاعات واقعی این سال در نظرگرفته می‌شود و مصرف سال ۲۰۰۵ پیش‌بینی می‌شود سپس برای سال ۲۰۱۰ پیش‌بینی‌های سال ۲۰۰۵ به‌عنوان مبنا قرار می‌گیرند.

نکته قابل توجه در مدل مورداستفاده EIA سادگی بیش از حد مدل و امکان دخالت بیش از حد محققان این سازمان در تعیین کشش‌ها و نرخ‌های رشد اقتصادی است. از طرف دیگر یک ناسازگاری متدولوژیک در مدل، مربوط به متغیر شدت انرژی است[5]. همان‌گونه که نمودار ۲ نشان می‌دهد اطلاعات رشد اقتصادی به‌صورت برون‌زا

1. World Economic Outlook: 20 years Extention.
2 . Wharton Econometric Forecasing Association.
۳. گروه WEFA اکنون با شرکت DRI (Data Resource Inc.) درهم ادغام شده‌اند و شرکتی با عنوان Global Insight ایجاد نموده‌اند (www.globalinsight.com).
۴. مزرعتی، محمد ـ فریور، لیلا، ۱۳۸۲ «سیستم پیش‌بینی جهانی انرژی»، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.
5 . Energy Intensity.

از سازمان دیگری دریافت می‌شود. سپس برای شدت انرژی فروضی را قائل و شدت انرژی را برآورد می‌نمایند. از طرف دیگر با مقدار GDP داده شده و کشش‌های تقاضای انرژی برآورد شده (داده شده) مقدار تقاضای انرژی برآورد می‌شود. چنانچه با استفاده از ارقام پیش‌بینی تقاضا و تولید ناخالص مفروض، شدت انرژی محاسبه شود، روند متفاوتی را از شدت انرژی که به صورت برون‌زا تعیین شده به دست خواهد داد.

مدل OWEM یکی از فنی‌ترین مدل‌های مطرح و مهم در زمینه انرژی در جهان است که به ویژگی‌ها و ساختار کلی این مدل در قسمتهای بعدی مقاله اشاره شد.

یکی از مسائل دیگری که در مقایسه کارایی مدل‌ها با یکدیگر مورد توجه قرار می‌گیرد، توانایی پیش‌بینی مدل می‌باشد.

میزان تجدیدنظر در پیش‌بینی‌ها در سال‌های متعدد می‌تواند میزان ریسک و نااطمینانی در پیش‌بینی‌ها و نیز میزان خوش‌رفتاری مدل را نشان دهد. همان‌گونه که اطلاعات جدول ۱ نشان می‌دهد؛ متوسط رشد تقاضای نفت در گزارش‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ OPEC حدود ۱/۷ درصد برای یک دوره ۲۰ ساله درنظرگرفته شده و تجدیدنظر مقدار تقاضای نفت حداکثر ۸۰۰ هزار بشکه و آن هم برای سال ۲۰۲۰ بوده است. درحالی‌که در گزارش‌های (IEA) متوسط رشد تقاضای ارایه شده در سال ۲۰۰۱ برای دوره ۲۰ ساله ۱/۹ درصد بوده و در سال ۲۰۰۲ برای دوره ۲۰ ساله به ۱/۷ درصد تعدیل شده است. ضمنا تعدیل تقاضای نفت برای سال ۲۰۲۰ حدود ۱۰/۷ میلیون بشکه در روز بوده است.

اداره اطلاعات انرژی آمریکا (EIA) نرخ رشد تقاضای نفت را ۲/۳ درصد در سال ۲۰۰۲ برآورد کرده درحالی‌که در سال ۲۰۰۳ آن را به ۲ درصد تعدیل نموده است. مقدار تجدیدنظر تقاضای روزانه نفت در سال ۲۰۲۰ حدود ۷ میلیون بشکه بوده است.[1]

۱. برای مطالعه بیشتر به مقاله: مزرعتی، محمد «اعتبار پیش‌بینی‌های بلندمدت عرضه و تقاضای انرژی» همایش نفت، اوپک و استراتژی ایران (سهم در بازار / قیمت)، ۲۶ و ۲۷ مهرماه ۱۳۸۲ و همچنین گزارش بررسی عملکرد OWEM در ویرایش‌های مختلف (وافی نجار، داریوش، ۱۳۸۲«مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی»)، مراجعه شود.

جدول ۱. ثبات پیش‌بینی‌های تقاضای نفت توسط مدل EIA، IEA و OWEM

شرح	سال	۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۲۰	نرخ رشد متوسط سالانه
OWEM	گزارش ۲۰۰۲	۷۵/۷	۸۹/۳	۱۰۶/۵	۱/۷
	گزارش ۲۰۰۳	۷۶	۸۹/۴	۱۰۷/۳	۱/۷
IEA	گزارش ۲۰۰۱	۷۴/۵*	۹۵/۸	۱۱۴/۷	۱/۹
	گزارش ۲۰۰۲	۷۵	۸۸/۸	۱۰۴	۱/۷
EIA	گزارش ۲۰۰۲	۷۶	۹۴/۶	۱۱۸/۹	۲/۳
	گزارش ۲۰۰۳	۷۶/۱	۹۱/۵	۱۱۲/۰	۲

مأخذ: OPEC 2002؛ EIA 2001-2002 ؛ IEA 2002-2003

* مصرف در سال ۱۹۹۷ می‌باشد.

۳. تاریخچه OWEM و هدف از ساخت آن

نخستین نسخه از مدل انرژی جهانی اوپک یا به‌اختصار OWEM که درحال‌حاضر بیش از یک دهه است که مورد استفاده و بهره‌برداری قرار می‌گیرد حدود ۲۱ سال پیش در سال ۱۹۸۱ تحویل دبیرخانه اوپک گردید[۱]. این مدل در دانشگاه کالیفرنیای جنوبی (USC) ساخته شد. پیچیدگی‌های اولیه موجود در این مدل مشکلاتی را در بررسی‌های علمی و تهیه و تدارک آمار و ارقام مورد نیاز آن ایجاد نموده بود و این موضوع سبب شد تا این مدل در سال ۱۹۸۴ از سوی دبیرخانه اوپک مورد بازسازی مجدد قرار بگیرد. به همین منظور تیمی از متخصصان داخلی با یاری مشاوران خارجی تشکیل گردید تا تمام بخش‌ها و معادلات آن‌را دوباره بسازند. این کار تا سال ۱۹۸۷ به انجام رسید و مدل جدیدی بنا گردید که هم‌اکنون نیز مورد استفاده است.

هدف از ساخت و استفاده از مدل OWEM را می‌توان در سه محور به صورت

۱. بررسی‌های بین‌المللی نفت «جلسات بررسی مدل جهانی انرژی اوپک» دکتر سیفی، احمد، بهار و تابستان ۶۸.

ذیل بیان کرد:

۱. با توجه به منابع موجود و قیود عرضه، هزینه و تکنولوژی‌های موجود در زمینه انرژی مدل OWEM مسیری از قیمت‌های جهانی نفت و تولید نفت اوپک را تا ۲۰۲۰ تعیین می‌کند؛

۲. اندازه‌گیری میزان تأثیر سیاست‌های کشورهای مصرف‌کننده برسطح قیمت‌های جهانی نفت و تولید نفت اوپک؛

۳. برآورد تأثیر سناریوهای مختلف انرژی برمنافع اقتصادی کشورهای اوپک.

با عنایت به سه هدف ذکر شده مدل OWEM را می‌توان یک مدل پیش‌بینی بلندمدت تا ۲۰ سال ذکر کرد که به‌وسیله آن می‌توان تأثیر تغییر در سناریوهای قیمت‌نفت‌خام و یا سیاست‌های کشورهای مصرف‌کننده را بر منافع اقتصادی اوپک برآورد نمود.

به‌هرحال انگیزه اصلی ساخت و به کارگیری مدل OWEM پاسخ به نیاز هریک از اعضای اوپک برای آگاهی از شناسایی عوامل مؤثر در بازار نفت و چگونگی ارتباط آنها با یکدیگر و پیش‌بینی مناسب روند تولید عرضه و تقاضای نفت در جهان است تا بدین ترتیب اوپک بتواند در جهت سیاست‌های تولید و عرضه نفت خود به بازارهای جهانی به طوری که حداکثر منافع را برای او در پی داشته باشد، به نحو مطلوب عمل نماید.

۴. مدل‌ها و معادلات اصلی تشکیل‌دهنده OWEM و وظایف آنها در سیستم

مدل OWEM زمانی که برای اولین بار در دسامبر ۱۹۸۹ برای پیش‌بینی و ارایه چشم‌انداز بازار نفت طی دوره ۲۰۰۰-۱۹۹۰ موردبهره‌برداری قرار گرفت از پنج مدل به هم‌پیوسته تشکیل یافته بود که عبارت بودند از: مدل اقتصادسنجی کلان، تجارت، تقاضا، عرضه و قیمت. در مدل‌های اقتصاد و تجارت؛ روند سرمایه‌گذاری درآمد خانوارها، رشد اقتصادی، تورم، صادرات و واردات کشورها مشخص می‌گردید. در

مدل قیمت، بهای نهایی فرآورده‌های نفتی در کشورهای مصرف‌کننده به ازای سناریوهای مختلف قیمت‌نفت‌خام تعیین می‌گردید و مدل‌های تقاضا و عرضه نیز روند رشد مصرف انرژی و نفت جهان، تولیدات نفتی کشورهای غیراوپک و تولیدات اوپک را برآورد می‌نمود. این مدل جمعا دارای ۵۴۴ معادله بود که ۱۵۱ معادله آن تصادفی[1] بوده‌اند.

درحال حاضر مدل OWEM از نظر تعداد مدل‌های اصلی و معادلات به‌کاررفته در آن اندکی تغییر یافته است. براساس گزارش فنی مدل OWEM که در آوریل ۲۰۰۲ از سوی دبیرخانه انتشار یافت، تعداد مدل‌های OWEM به ۶ مدل و مجموع معادلات به‌کاررفته در آن به ۶۴۱ معادله (شامل ۴۸۵ رابطه و ۱۵۶ معادله تصادفی) افزایش یافته است(OPEC [2] 2002).

شش مدل اصلی تشکیل‌دهنده OWEM (که پنج مدل آن همان مدل‌های قبلی است) به شرح ذیل است:

۱. مدل اقتصادسنجی عمومی کلان[3] که برای هریک از سه منطقه اصلی OECD[4] شامل: آمریکای شمالی، اروپای غربی و کشورهای OECD حوزه اقیانوس آرام، تخمین زده می‌شود. این مدل دارای هشت معادله اصلی است که عبارت هستند از: معادلات مصرف، سرمایه‌گذاری، واردات، شاخص تعدیل‌کننده GDP[5]، تورم قیمت مصرف‌کننده، معادله تورم نرخ متوسط دستمزد، معادله درآمد باقی‌مانده خانوار و در نهایت معادله بیکاری. مجموع متغیرهای برون‌زای مدل کلان شامل: مخارج دولت،

1. Stochastic.

۲. البته از مجموع ۶۴۱ معادله به‌کاررفته در مدل OWEM تنها ۶۰۷ معادله از آن (شامل ۴۵۱ رابطه و ۱۵۶ معادله تصادفی) برای پیش‌بینی مورداستفاده قرار می‌گیرد: برای توضیح بیشتر به منابع ذیل رجوع شود:

- وافی نجار، داریوش،۱۳۸۲ «بررسی ساختار مدل انرژی جهانی اوپک»، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.
- OPEC Secretariat, 2002, OWEM Technical Report. April 2002

3. Macro General Econometric Models(MACROGEM).
4. Organization For Economic Co-Operation and Development.
5 . GDP DEFLATOR.

مالیات‌های مستقیم و غیرمستقیم، مالیات برکربن و مالیات بر تولید، کمک‌های تأمین اجتماعی، نرخ‌های واقعی بهره، عرضه نیروی کار و سهم ذخایر(در هر منطقه) است.

مدل کلان از نوع مدل‌های درآمد ـ هزینه است که در آن پیش‌بینی تولید ناخالص داخلی با برآورد هزینه‌های مصرفی، میزان سرمایه‌گذاری‌ها و صادرات و واردات غیرانرژی صورت می‌گیرد (یعنی همان الگوی کینزی $Y=C+I+(X-M)$ که در اقتصاد کلان برای محاسبه تولید یک کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد). تورم در OECD در این مدل با محاسبه شاخص تعدیل‌کننده GDP و شاخص قیمت مصرف‌کننده[1] برآورد می‌شود و هرمعادله یک حالت افزایشی[2] دارد. در کشورهای درحال توسعه،GDP و تورم هرکدام فقط با یک معادله برآورد می‌گردد. کشورهایی که سازمان OECD را تشکیل می‌دهند به طور یکسان بر نفت وارداتی متکی نیستند و تغییرات قیمت نفت در بازارهای نفتی جهان اثر متفاوتی بر تراز بازرگانی آن کشورها می‌گذارد. به‌همین دلیل در این مدل و مدل تجارت چنین فرض شده است که اگر ۵۰ درصد از قیمت نفت‌خام کاسته شود ارزش سبدی از ارزهای اروپای‌غربی به اندازه ۵ درصد و ارزش سبدی از ارزهای کشورهای OECD، واقع در حوزه اقیانوس آرام به اندازه ۱۰ درصد در مقابل دلار تقویت می‌شوند.

۲. مدل تجارت[3] (TRAM) که قیمت‌های صادرات و واردات غیر انرژی و قیمت صادرات هر یک از مناطق OECD را بیان می‌دارد و از این جهت حلقه واسط میان مدل‌های اقتصادسنجی کلان با یکدیگر و با مدل ODEC[4] (مدل اوپک، کشورهای درحال توسعه و دارای برنامه‌ریزی متمرکز پیشین) است.

۳. مدل تقاضای انرژی[5] (ENDEM) که تقاضا برای هریک از مناطق OECD را برای نفت، گاز، سوخت‌های مایع و الکتریسیته و برحسب مصارف انرژی در هر یک از

1. Consumer Price Index.
2. Mark-up.
3. Trade Model.
4. OPEC Development Countries and Former CPES.
5. Energy Demand Model.

بخش‌های صنعت، خانوار و تجارت، حمل و نقل، نیروگاه‌های برق و انبارهـای بـزرگ دریایی بیان می‌دارد. لازم به ذکر است که هیچ بازخوردی از مدل تقاضا به مدل کلان از طریق قیمت‌های انرژی و عرضه آن وجود ندارد و همچنین واردات اوپک و کشورهای کمترتوسعه یافته، از OECD برون‌زا می‌باشند. با وجود این راه‌حل‌های به‌دسـت‌آمـده از مدل‌های کلان و تجارت در سیستم OWEM از طریق همگرایی مدل تقاضا با تغییـرات واردات انرژی و هزینه هر واحد انرژی، تحـت‌تـأثیر قـرار مـی‌گیـرد (در نتیجـه تقاضـا درون‌زا می‌شود). بر اسـاس آخـرین تخمینـی کـه توسـط دبیرخانـه اوپـک بـرای دوره ۱۹۹۹-۱۹۷۰ انجام گرفته است شکل کلـی بـرای تخمـین معـادلات لگـاریتمی بـوده و معادلات برای سه منطقه مورد مطالعه OECD، برای هـر یـک از بخـش‌هـای صـنعت، حمل و نقل، خانگی و تجاری و مخازن دریایی بـین‌المللـی، اسـتفاده گردیـده و بـه دو شکل بلندمدت و پویا تخمین زده شده است. این مدل از دو معادله اصلی تشکیل شـده است: معادلات تقاضای کل انرژی و معادلات سهم سوخت.

۴. مدل قیمت انرژی[1] (PEM) که قیمت‌های پرداخت شده برای انـرژی توسـط هـر یـک از مصـرف‌کننـدگان کـه در مـدل ENDEM مشـخص شـده‌انـد را برحسـب قیمت‌های جهانی نفت‌خام، هر واحد هزینه داخلی مناطق OECD و نـرخ‌هـای مالیـات بر انرژی بیان می‌دارد. در بازار جهانی، قیمت نفـت بـه‌عنـوان «قیمـت شـاخص» بـرای تمامی قیمت‌های انرژی به‌شمار می‌آید و در مدل OWEM نیز از همین خصیصه بـرای تعیین قیمت‌های انرژی استفاده می‌شود. سه دلیل برای این‌که چـرا قیمـت نفـت چنـین نقشی را بر عهده دارد، وجود دارد. اول این‌که یکی از تجاری‌ترین و قابـل حمـل‌تـرین شکل از انواع انرژی است چرا که برای سایر انرژی‌ها هزینه بـه مراتـب بـالاتری بـرای حمل و تجاری‌سازی آنها نیاز اسـت. دوم ایـن‌کـه نفـت در بسـیاری از مـوارد قابلیـت جـایگزینی بـرای گـاز و زغـال‌سـنگ را دارد حـال آن کـه ایـن دو در اکثـر مـوارد

1. Price of Energy Model.

علی‌الخصوص حمل و نقل موتوری قابلیت جایگزینی با نفت را ندارند. سوم این که، قیمت و بازار شناخته شده‌ای در سطح جهان برای نفت وجود دارد که برای عاملان و فعالان بازار انرژی همواره موجود است. تمامی قیمت‌های انرژی در مدل، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به‌قیمت جهانی نفت‌خام مربوط می‌شوند. این زنجیره ارتباطی می‌تواند به‌صورت ذیل نمایش داده شود.

در هر مرحله قیمت نفت‌خام، به‌واسطه هزینه‌های حمل و پالایش، هزینه معاملات، مالیات‌ها و رقابت ناشی از منابع دیگر انرژی، رفته رفته کوچک‌تر و کم اثرتر می‌شود. این مدل از سه معادله اصلی تشکیل شده است. معادله قیمت واردات انرژی، معادله قیمت نهاده انرژی در بخش صنعت، بخش خانگی ـ تجاری و تولید الکتریسیته و معادله قیمت حمل و انبارهای دریایی نهاده انرژی.

۵. مدل عرضه انرژی[1] (SEM) که عرضه انرژی به‌ویژه نفت، گاز زغال‌سنگ را در هر یک از مناطق OECD و کشورهای درحال توسعه بیان می‌دارد. مدل عرضه از دو قسمت جداگانه ساخته شده است و در واقع خود به دو زیر مدل دیگر تقسیم می‌گردد: یکی مدل نفت و گاز که عرضه نفت وگاز کشورهای غیر اوپک را برآورد می‌کند(اعم از OECD و درحال توسعه) و دیگری مدل زغال‌سنگ که در آن تولید و تجارت زغال‌سنگ در مناطق OECD برآورد می‌گردد. برآوردهای معادلات حفاری و اکتشاف، پیش نیازی برای برآوردهای عرضه نفت و گاز در مدل است. میزان حفاری تابعی از قیمت نفت‌خام در سرچاه و شاخصی از سودمندی عملیات حفاری در گذشته در نظر گرفته شده است. رابطه میان حفاری و سودمندی آن غیرخطی بوده و در مدل‌سازی از

1 . Supply of Energy Model.

توابع لاجستیک[1] و گومپرتز[2] استفاده شده است. رشد اکتشافات نفت وگاز کـه آشـکارا تابعی از سرمایه‌گذاری در عملیات حفاری گذشته می‌باشد در نهایت به صورت معادلـه وارد مدل عرضه نگردیده، بلکه به صورت برون‌زا با آن رفتار شده است. تولید نفت‌خام در کشورهای غیراوپک فرض می‌شود که تابعی است از قیمت نفت‌خام در سـر چـاه و یک سری نمایی از توانایی تولیدی که در نتیجه اکتشاف گذشته حاصل شـده اسـت امـا تولید گاز تابعی از تولید نفت و تقاضا برای گاز فـرض گردیـده اسـت. در برآوردهـای عرضه نفت و گاز اوپک به عنـوان عرضـه‌کننـده بـاقی‌مانـده عمـل مـی‌کنـد. در مـورد زغال‌سنگ به دلیل این‌که معادن آن بالنسبه فراوان‌ترند و بـه عـلاوه عملیـات حفـاری و اکتشاف زغال‌سنگ در مقیاس عملیات نفت وگـاز نیسـت؛ مـدل عرضـه آن نیـز سـاده انتخاب گردیده است. اگرچه آمریکـای شـمالی و اسـترالیا هـر دو دارای ذخـایر بسـیار بزرگ هستند و هر کدام می‌توانند به عنوان عرضه‌کننده نهایی در عرضه زغـال انتخـاب شوند اما استرالیا به دلیل این که مدل نتایج بهتری را به دسـت مـی‌دهـد انتخـاب شـده است.

۶. مدل اوپک، کشورهای درحال توسعه و کشـورهای بـا برنامـه‌ریـزی متمرکـز پیشین (CPEs) که اختصـارا ODEC نامیـده مـی‌شـود و در آن GDP حقیقـی، واردات غیرانرژی حقیقی، تورم و تقاضای نفت تشریح می‌گردد. کل تقاضا بـرای نفـت در ایـن گروه به تقاضای نفت اوپک، سایر کشورهای زیر گروه کشورهای درحال توسعه (شامل صادرکنندگان نفت، واردکنندگان نفت که بـه آسـیای جنـوبی، آسـیای جنـوب شـرقی، آفریقا، خاورمیانه و آمریکای لاتین تقسیم مـی‌شـود) و کشـورهای دارای برنامـه‌ریـزی متمرکز پیشین (که به اتحاد جماهیر شوروی سابق، چین و دیگـر کشـورهای اروپـایی) تقسیم می‌گردد.

مدل OWEM با دقت بسیار آزمون گردیده است. ابتدا تک‌تک معـادلات از نظـر

1 . Logistic.

2. Gompertz.

مفاهیم و معناداری اقتصادی و نیز معناداری آماری مورد بررسی و آزمون قرار گرفته‌اند و سپس کل سیستم معادلات با استفاده از راه‌حل‌های پویای متعددی (برای تک‌تک معادلات) و نیز هریک ازمدل‌های سیستم، مورد آزمون قرارگرفته‌اند به نحوی که جواب‌نهایی سیستم به‌دست آید.

در حال حاضر قابلیت‌های مدل OWEM با لحاظ فروض سطح انتشار CO_2 در جهان و OECD و مالیات بر کربنی‌که برای تحقق این هدف مورد نیاز می‌باشد، ارتقا داده شده است.

۵. ارتباط میان مدل‌های تشکیل‌دهنده OWEM

در مدل OWEM مخارج دولت و نرخ‌های مالیات به صورت برون‌زا به همراه نرخ بهره میان مناطق که به صورت عددی برحسب دلار می‌باشد به مدل اقتصادسنجی کلان وارد می‌شود، تقاضای واردات غیرانرژی از مناطق OECD برای OPEC و کشورهای CPEs و DCs از مدل تقاضا (ODEC) تأمین می‌گردد که بخشی از تقاضای دولت‌ها را به عنوان جزء اصلی برون‌زا در تقاضای غیرانرژی از OECD شامل می‌شود.

از دو مدل کلان و تجارت، GDP واقعی و سطح‌کلی قیمت در مناطقی که موردنیاز مدل تقاضا می‌باشد، به دست می‌آید. شاخص تعدیل GDP برای تبدیل قیمت‌های اسمی نفت، گاز، زغال‌سنگ و الکتریسیته ارایه شده به وسیله مدل قیمت (PEM) به قیمت‌های واقعی استفاده می‌شود که در معادلات سهم سوخت وارد می‌گردد.

مدل‌تقاضا (ENDEM)، تقاضای انرژی اولیه OECD برای نفت، گاز و سوخت‌های جامد و سهم تولید الکتریسیته آبی و هسته‌ای ازکل تولید را محاسبه می‌نماید. در ابتدا کل تقاضای انرژی مورد استفاده بخش از سطح GDP واقعی و قیمت انرژی به شاخص تعدیل GDP محاسبه می‌شود. در مرحله دوم این مجموع تقسیم می‌شود به تقاضا برای سوختهای مایع، سوخت‌های جامد، گاز و الکتریسیته

برای هر بخش و در مرحله سوم تقاضای اولیه انرژی برای تولید الکتریسیته محاسبه می‌شود. مدل ODEC نیزتقاضای نفت برای کشورهای غیر OECD را محاسبه می‌نماید.

مدل تقاضا سپس با ارایه مصرف نفت، انرژی‌های جامد و گاز در مناطق OECD مدل عرضه را پشتیبانی می‌کند. معادلات زیرمجموعه مدل ODEC نیز تخمین‌های مصرف از نفت، زغال‌سنگ و گاز را در کشورهای درحال‌توسعه، اوپک و کشورهای CPEs ارایه می‌دهد.

مدل SEM عرضه نفت، سوخت‌های جامد و گاز را در مناطق OECD، کشورهای درحال‌توسعه، CPEs و اوپک محاسبه می‌کند و همچنین از طریق تراز جهانی انرژی، عرضه موردنیاز نفت اوپک را در سطح قیمت‌های داده شده نفت در جهان محاسبه می‌نماید.

مدل PEM نیز قیمت‌های اسمی که به وسیله مصرف‌کنندگان انرژی پرداخت می‌گردد (قیمت‌های جهانی نفت‌خام که به عنوان شاخصی برای سایر انواع انرژی‌ها به‌شمار می‌آید.) را محاسبه می‌نماید. قیمت‌های انرژی همچنین از تورم عمومی در مناطق OECD که از مدل کلان و نرخ مالیات بر انرژی که برون‌زا می‌باشد، تأثیر می‌پذیرد. قیمت‌های انرژی سپس در مدل تقاضا به صورت جزیی و مدل کلان در حالت کلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مدل عرضه واردات انرژی به علاوه عرضه نفت اوپک را محاسبه می‌کند و این ورودی‌ها سپس به مدل کلان وارد می‌شوند تا تراز GDP برای مناطق OECD به‌دست آید و بدین ترتیب حلقه ارتباطی مدل کامل شود. این رابطه و بازخورد میان مدل‌های تشکیل‌دهنده OWEM در نمودار ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲ متغیرهای اصلی برون‌زا و درون‌زای به‌کاررفته در هر یک از مدل‌های اصلی OWEM را شرح می‌دهد.

جدول۲. روابط میان مدل‌های به‌کاررفته در OWEM

دریافت‌های مدل	متغیرهای برون‌زا	MACR OGEM	TRAM	ENDEM	PEM	SEM	OECD
MACROGEM	هزینه‌های دولت، نرخ سود و مالیات، عرضه نیروی کار، نرخ بهره	GDP واقعی، سرمایه‌گذاری، مصرف، بیکاری، دستمزدها، تقاضای نیروی کار، شاخص تعدیل GDP، شاخص قیمت مصرف‌کننده، هزینه واحد نیروی کار	قیمت‌های واقعی صادرات و قیمت واردات غیرانرژی	–	درآمدهای مالیات بر انرژی، هزینه‌های واحد انرژی و قیمت‌انرژی	واردات واقعی انرژی	واردات غیرانرژی واقعی از غیر OECD
TRAM	قیمت‌های صادراتی اوپک و LDCs، سهم تجارت جهانی	واردات غیرانرژی واقعی شاخص تعدیل GDP و بهره‌وری نیروی کار	قیمت‌های صادرات و واردات، صادرات واقعی غیرانرژی، نرخ‌های ارز(*)	–	قیمت واردات انرژی	صادرات واقعی انرژی	واردات واقعی غیرانرژی
ENDEM	انرژی غیرفسیلی، درجه حرارت سهم سوخت‌ها در حمل و نقل و تولید الکتریسیته	GDP و مصرف واقعی واردات غیرانرژی شاخص تعدیل GDP	صادرات واقعی غیرانرژی	متوسط تقاضای انرژی	قیمت‌های واقعی مصرف انرژی	واردات واقعی انرژی	–
PEM	قیمت‌نفت‌خام، سطوح مالیات بر انرژی، مقررات قیمتی نرخ کرایه تانکرهای نفتی، مالیات بر کربن	شاخص GDP و هزینه‌های واحد نیروی کار، GDP واقعی و مصرف واقعی	نرخ‌های ارز (*)	مصرف سوخت	قیمت انرژی، هزینه واحد انرژی و قیمت‌های واردات انرژی	–	–
SEM	نرخ تولید، نرخ مصرف، نرخ ذخایر، نرخ صادرات، واردات کشورهای پیشین CPE نرخ‌های اکتشاف	سرانه هزینه خانوار، قیمت‌ها، هزینه‌های نیروی کار	نرخ‌های ارز(*)	تقاضای سوخت	قیمت‌های واقعی سوخت	واردات واقعی انرژی، تولید، تقاضا برای واردات، موجودی‌ها و صادرات سوخت	GDP غیراوپک، تقاضای نفت
OPEC	سهم صادرات در غیر OECD، ارزش واحد صادرات	واردات واقعی غیر انرژی	قیمت‌های صادرات و نرخ‌های ارز(*)	–	متوسط قیمت‌نفت، گاز و زغال‌سنگ	صادرات نفت DCs و OPEC	شاخص قیمت صادرات و واردات، شاخص تعدیل GDP، GDP واقعی، واردات واقعی غیر انرژی تقاضای واقعی صادرات درآمدهای واقعی نفت

توجه: ۱. بدنه داخلی جدول نشانگر متغیرهای درون‌زایی است که مابین مدل‌ها رد و بدل می‌شود. قطر اصلی ماتریس متغیرهای درون‌زای اصلی را نشان می‌دهد که بین معادلات در همان مدل رد و بدل شده‌اند.

۲. جز مواردی که مشخص شده‌اند، در سایر موارد متغیرها برای سه منطقه OECD شامل آمریکای شمالی (N) اروپای غربی (W) و کشورهای OECD حوزه اقیانوس آرام (J) تعریف شده‌اند.

۳. معادلات و روابطی که با علامت (*) مشخص شده‌اند فقط برای پیش‌بینی استفاده می‌شوند.

تقاضاهای انرژی به‌دست‌آمده از مدل ENDEM که شامل تقاضای نفت برای اوپک و کشورهای درحال توسعه است و عرضه انرژی حاصل از مدل SEM با تقابل یکدیگر تراز انرژی را تشکیل می‌دهند که برای سهولت این ترازی در مدل SEM محاسبه شده است. این تراز به طور مجزا برای هریک از سوخت‌های نفت، گاز و زغال‌سنگ محاسبه گردیده است. برای هر سوخت تولید داخلی و واردات به‌عنوان عرضه تلقی می‌گردد و تقاضای داخلی، ذخایر و صادرات به عنوان تقاضا در نظرگرفته می‌شود. تراز انرژی برای هریک از مناطق تشکیل‌دهنده اقتصاد جهانی(شامل سه منطقه OECD، اوپک، کشورهای درحال توسعه، شوروی سابق، چین و دیگر کشورهای اروپایی) محاسبه می‌شود.

به طورخلاصه محاسبه تراز انرژی به صورت ذیل انجام می‌گردد:

۱. تقاضا برای هر نوع انرژی به‌وسیله مدل ENDEM و ODEC و برحسب میلیون تن معادل نفت‌خام برای هریک از مناطق اقتصادی و بازارها داده می‌شود. تولید نفت نیز (به جز اوپک) به وسیله مدل SEM و برحسب واحد میلیون تن معادل نفت‌خام مشخص می‌گردد.

۲. گاز و سوخت‌های جامد که بستگی به تقاضای داخلی دارند از واردات، صادرات ویا ذخیره‌سازی‌های انجام شده محاسبه می‌گردند.

۳. واردات نفت و گاز در کشورهای درحال توسعه و OECD از عرضه باقی‌مانده در هرمنطقه محاسبه می‌شوند. در مورد سوخت‌های جامد نیز آنچه باقی می‌ماند می‌تواند صادر، وارد و یا ذخیره شود.

۴. سپس کل واردات جهان (با در نظر گرفتن کشورهای دارای برنامه‌ریزی متمرکز پیشین) از هرسوخت را می‌توان محاسبه‌نمود. مابقی صادرات نفت‌وگاز به اوپک و باقی‌مانده صادرات زغال به‌کشورهای OECD حوزه اقیانوس‌آرام اختصاص دارد.

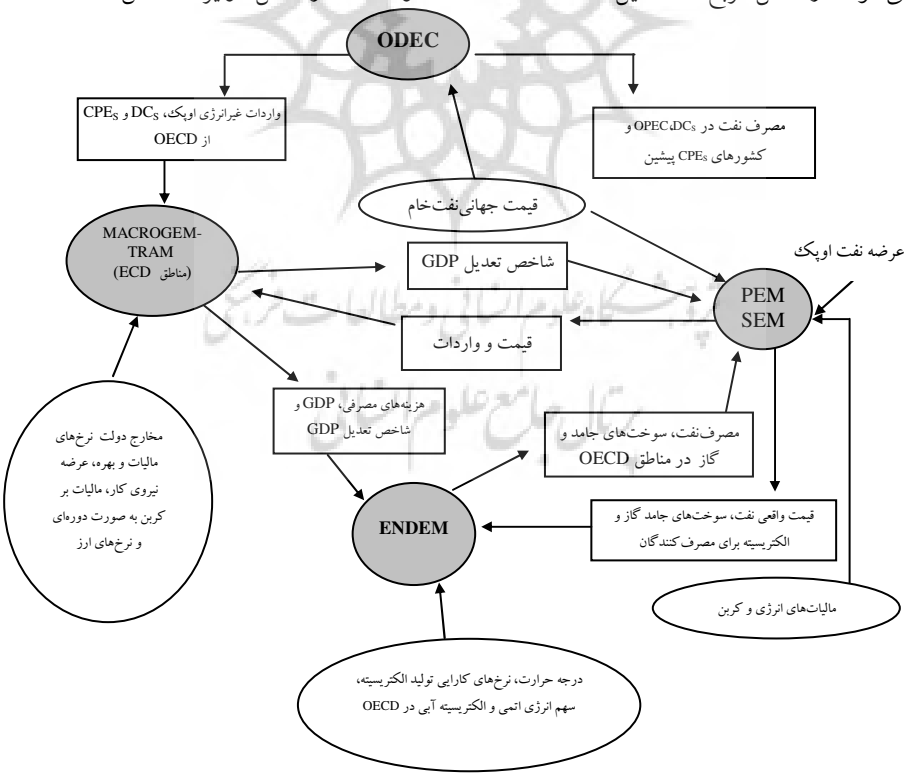
۵. و در نهایت تولید نفت و گاز اوپک با افزودن تقاضاهای داخلی و ذخیره‌سازی‌ها به صادرات و کسرکردن جریان اندک واردات محاسبه می‌گردد. توجه به

این که تولید اوپک آخرین قلمی است که در مدل OWEM محاسبه می‌شود به این علت است که تقریبا تمامی معادلات به نوعی به آن وابسته هستند. برای ارایه اعداد در جداول و نمودارها، عرضه و تقاضای نفت از میلیون تن معادل بشکه نفت‌خام به میلیون بشکه در روز تبدیل می‌گردد.

همچنان که گفته شد مدل OWEM دارای ۶۴۱ معادله است که ۴۸۵ عدد از این معادلات به صورت رابطه و ۱۵۶ دستگاه معادلات احتمالی (Stochstic) می‌باشد و همچنین از ۶۴۱ معادله تنها ۶۰۷ معادله آن در پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌گیردکه

نمودار ۲. رابطه میان مدل‌های OWEM

توجه: ۱. متغیرهای برون‌زا در داخل بیضی مشخص شده‌اند ۲. متغیرهای درون‌زا که میان مدل‌ها مبادله می‌شوند در داخل مربع ـ مستطیل نشان داده شده‌اند ۳. و مدل‌ها در داخل دوایر مشخص شده‌اند



۴۵۱ معادله آن رابطه و مابقی معادلات احتمالی می‌باشند. بیشترین تعداد معادلات مربوط به مدل PEM به ۱۴۹ معادله (۱۰۷ رابطه و ۴۲ معادله تصادفی) و کمترین تعداد معادلات مربوط به مدل TRAM با ۳۶ معادله (شامل ۲۷ رابطه که ۲۱ معادله آن برای پیش‌بینی به‌کار می‌رود و ۹ معادله استوکستیکی است). تعداد معادلات سایر مدل‌ها نیز عبارتست از: مدل MCROGEM با ۱۲۱ معادله (شامل ۹۴ رابطه و ۲۷ معادله تصادفی)، مدل ENDEM با ۱۳۸ معادله (۱۰۲ رابطه و ۳۶ معادله استوکستیکی)، مدل SEM با ۱۴۴ معادله (شامل ۱۲۰ رابطه و ۲۴ معادله تصادفی) و مدل ODEC با ۶۰ معادله (شامل ۴۲ رابطه و ۱۸ معادله تصادفی).

محدودیت‌های مدل OWEM

همچنان که گفته شد مدل OWEM مدلی است با اهداف خاص که مشخصا برای بررسی سناریوهای بلندمدت انرژی در اقتصادجهانی طراحی شده است. این مدل تعامدا کوچک و قابل کنترل طراحی شده است. وجود این مزیت مهم محدودیت‌هایی را نیز به شرح ذیل برای مدل OWEM به دنبال داشته است.

این کلی نگری در مدل OWEM به آن معناست که این مدل ضرورتا در ارایه سیاست‌های راهبردی برای یک کشور یا محصول خاص مفید نمی‌باشد و همچنین هیچ‌گونه اطلاعاتی در رابطه با تفاوت‌های میان قیمت‌های مختلف نفت‌خام بدون درنظرگرفتن هزینه‌های حمل آنها بیان نمی‌کند.

مدل OWEM قادر به ترسیم روند کوتاه‌مدت نیست. به خصوص این‌که وضعیت عملکرد ذخیره‌سازی‌ها حایز اهمیت است. درصورت محدودیت در عرضه، قیمت با افزایش مواجه خواهد بود اما هیچ مکانیسمی برای نشان دادن عکس‌العمل بازار آتی‌ها، یا سفته‌بازی دارندگان سهام و یا تغییر شکاف میان نهاده و ستانده سوخت‌ها در این مدل وجود ندارد.

مدل OWEM، یک مدل اقتصاد سنجی باز است. اکثر تصمیمات کلیدی در

عرضه آینده انرژی و همچنین سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌های اتمی یا تولید زغال‌سنگ، داده شده فرض می‌شوند و یا به نتایج به‌دست‌آمده در این زمینه اشاره دارند.

عرضه نفت، گاز و زغال‌سنگ در سطح قیمت‌های داده شده بی‌نهایت فرض شده است و OWEM با در نظر گرفتن عرضه‌کنندگان جبرانی(استرالیا به عنوان بخشی از OECD در حوزه اقیانوس آرام برای سوخت‌های جامد و اوپک برای نفت و گاز)، فرض می‌کندکه عرضه همواره وجود دارد. به‌طور مشابه قیمت‌های نفت را می‌توان برای عرضه داده شده اوپک یا تقاضای داده شده OECD، محاسبه کرد اما قیمت‌های زغال‌سنگ و گاز هر دو از قیمت‌های نفت به دست می‌آیند. بنابراین هیچ مکانیزمی برای قیمت‌گذاری سایر سوخت‌ها در مدل وجود ندارد و این مسئله به قضاوت استفاده‌کنندگان از مدل واگذار شده است.

همچنین در مدل OWEM عدم ارتباط میان برخی از مدل‌ها دیده می‌شودکه توجیه مناسبی برای آن با اتکا به آزمون‌های اقتصادسنجی ارایه نشده است. شکاف‌های موجود میان زیر مدل‌های مدل OWEM را می‌توان به شرح ذیل برشمرد:

۱. تأثیرگذاری از بخش کلان وتجارت به تقاضای انرژی می‌باشد و بخش کلان و تجارت به طور مستقیم هیچ‌گونه تأثیرپذیری از تغییرات تقاضای انرژی ندارد (رابطه علی یک طرفه از مدل کلان و تجارت به مدل تقاضای انرژی فرض شده است).

۲. تقاضای انرژی در مناطق OECD هیچ‌گونه رابطه ای باتقاضای انرژی در مناطق اوپک، کشورهای در حال توسعه و کشورهای دارای برنامه‌ریزی متمرکز پیشین ندارد.

۳. عرضه انرژی هیچ‌گونه تاثیری بر قیمت انرژی ندارد اما قیمت انرژی از طریق محاسبه قیمت‌های واقعی سوخت، عرضه را متأثر می‌سازد (رابطه علی یک طرفه از مدل قیمت انرژی به مدل عرضه انرژی فرض شده است).

۴. قیمت نفت به طور کلی برون‌زا فرض شده و هیچ رابطه مشخصی برای تعیین آن در مدل تعریف نشده است. لذا هیچ یک از مدل‌ها تأثیری برآن ندارند.

۵. تقاضای انرژی مناطق اوپک، کشورهای در حال توسعه وکشورهای دارای برنامه‌ریزی متمرکز پیشین هیچ‌گونه تأثیری بر قیمت انرژی ندارد اما مدل قیمت انرژی از طریق محاسبه متوسط قیمت‌های نفت، گاز و زغال سنگ تقاضای انرژی در این مناطق را متأثر می‌سازد (رابطه علی یک طرفه از مدل PEM به مدل ODEC).

۶. قیمت نفت‌خام به طور مستقیم هیچ‌گونه تأثیری بر تقاضای انرژی در مناطق OECD ندارد. زیرا در مدل تقاضا اساسا هیچ‌گونه معادله‌ای که تقاضای اولیه برای نفت‌خام در مناطق OECD را برآورد نماید در نظر گرفته نشده است.

۷. مناطق مورد مطالعه در مدل OWEM

همچنان‌که ذکر شد مدل OWEM یک مدل پیش‌بینی بلندمدت تا بیست‌سال است. برای دستیابی به پیش‌بینی‌ها، کشورهای جهان در این مدل به شرح ذیل دسته‌بندی شده‌اند:

۱. کشورهای سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه (OECD) شامل مناطق آمریکای شمالی(N)[1] (شامل کانادا و ایالات متحده (V) و مکزیک (M))، اروپای غربی(W) که ۲۲ کشور را دربرمی‌گیرد (اتریش، بلژیک، جمهوری صربستان، دانمارک، فنلاند، فرانسه، آلمان، یونان، لهستان، ایسلند، ایتالیا، ایرلند، لوکزامبورگ، هلند، نروژ، مجارستان، پرتغال، اسپانیا، سوئد، سوئیس، ترکیه، انگلستان) و کشورهای OECD حوزه اقیانوس آرام (J) که کشورهای استرالیا، ژاپن، نیوزلند و کره‌جنوبی را در برمی‌گیرد.

۲. کشورهای عضو اوپک (O) که ۱۱ کشور فعلی این سازمان را پوشش می‌دهد.

۳. کشورهای با برنامه‌ریزی متمرکز (CPES) پیشین (با علامت اختصاری C) که کشورهای شوروی پیشین (R) (شامل: روسیه "V" و سایر کشورهای جمهوری

۱. عبارات داخل پرانتز علامت اختصاری آن منطقه یا کشور می‌باشد که در تعریف متغیرهای مدل به کار رفته‌اند.

شوروی سابق "K")،چین (S) و سایر کشورهای اروپایی (E) که ۸کشور را در بر می‌گیرد.

۴. کشورهای درحال توسعه غیراوپک (L) شامل کشورهای آمریکای لاتین (A)، آفریقا و خاورمیانه (Q) و کشورهای درحال توسعه آسیایی (D).

زیر گروه‌های فرعی دیگری که از کشورهای درحال توسعه غیراوپک، در مدل به‌کار رفته است شامل کشورهایی که به‌طور خالص صادرکننده نفت محسوب می‌شوند (X)، کشورهای درحال توسعه‌ای که واردکننده نفت هستند (که به‌صورت $M=L-X$ تعریف می‌شود) و شامل کشورهای آسیای جنوب‌شرقی (H)، آسیای جنوبی (I)، آفریقا و خاورمیانه (Z- فقط شامل کشورهای واردکننده‌نفت)، آمریکای لاتین (B- فقط کشورهای واردکننده نفت).

تقسیم‌بندی مناطق برای هر یک از مدل‌های OWEM به شرح زیر است:

الف. مناطق مورد بررسی در چهار مدل کلان، تجارت، تقاضا و قیمت، همان سه منطقه OECD مشخص شده در فوق است و این مدل‌ها صرفا برای این مناطق تخمین و برآورد می‌شوند و مناطق دیگر را پوشش نمی‌دهند.

ب. مناطق مورد بررسی در مدل SEM شامل هفت منطقه که به شرح ذیل تقسیم‌بندی شده است:

۱. منطقه آمریکای شمالی شامل ایالات متحده آمریکا و کانادا؛ ۲. منطقهOECD اروپای غربی شامل ۲۲ کشور؛ ۳. منطقه OECD پاسفیک شامل کشورهای: استرالیا، ژاپن، نیوزلند و کره جنوبی؛ ۴. منطقه آمریکای لاتین(به‌جز کشورهای اوپک) شامل ۳۳ کشور؛ ۵. کشور مکزیک؛ ۶. منطقه کشورهای آفریقا و خاورمیانه (به‌جز کشورهای اوپک) شامل۴۶ کشور؛ ۷. منطقه کشورهای در حال توسعه آسیایی به جز اوپک شامل۳۴ کشور.

ج. مناطق مورد بررسی در مدل ODEC شامل شش منطقه است که به شرح ذیل تقسیم‌بندی گردیده است:

۱. منطقه آفریقا و خاورمیانه در مدل ODEC (همان کشورهای فوق)؛ ۲. منطقه آمریکای‌لاتین در مدل ODEC شامل کشورهای (به‌جز کشورهای اوپک)؛ ۳. کشورهای عضو اوپک؛ ۴. منطقه آسیای جنوب شرقی شامل ۲۷ کشور؛ ۵. منطقه آسیای جنوبی شامل ۸ کشور؛ ۶. سایر مناطق اروپا شامل کشورهای: آلبانی، بلژیک، قبرس، یوگسلاوی سابق، جبل الطارق، مالتا، رومانی و اسلواکی است.

در مجموع مدل OWEM، ۱۸۳ کشور در سطح جهان را پوشش می‌دهد که در ۱۱ منطقه گروه‌بندی شده‌اند (شامل گروه‌های اصلی و فرعی). بیشترین تأکید و جزییات مدل روی کشورهای عضو OECD می‌باشد که هم بزرگ‌ترین اقتصادها در جهان (غیرCPEs) را در اختیار دارند و هم بالاترین مصارف نفت و انرژی را به‌خود اختصاص داده‌اند.

نتیجه

مدل انرژی جهانی اوپک در سال ۱۹۸۱ به سفارش اوپک و توسط گروهی از متخصصان دانشگاه کالیفرنیای جنوبی ساخته و پس از اعمال تعدیلاتی از سوی اوپک در سال ۱۹۸۷ توسط این سازمان مورد استفاده قرار گرفت. هدف اصلی ساخت این مدل تبیین روند آتی قیمت نفت و تولید نفت اوپک و همچنین ارزیابی تأثیر سیاست‌های کشورهای مصرف‌کننده و سناریوهای مختلف بر منافع کشورهای اوپک است. این مدل مناطق وسیعی از جهان را (بیش از ۱۸۶ کشور) پوشش داده و از حیث روش مبتنی بر روش اقتصادسنجی و همچنین سیستم دینامیک بوده و در نوع خود یکی از پیشرفته‌ترین مدل‌های جهانی انرژی به شمار می‌رود. این مدل در مقایسه با سایر مدل‌های انرژی جهانی نظیر مدل EIA و IEA در پیش‌بینی از عملکرد مناسب‌تری برخوردار بوده و از نظر جامعیت و اتکا بر مبانی تئوریک و استفاده از روش‌های اقتصادسنجی با توجه به اطلاعات موجود از سایر مدل‌های دیگر در وضعیت بالنسبه مناسب‌تری است.

مدل OWEM از شش مدل اصلی ساخته شده است و هر مدل با دریافت متغیرهای برون‌زا و نیز سایر اطلاعات از مدل‌های دیگر نسبت به تخمین معادلات و ضرایب مربوطه اقدام می‌نماید. جامع نگری، استفاده از روش‌های پیشرفته اقتصادسنجی، اتکا بر مبانی تئوریکی، تعریف مناسب و بالنسبه دقیق روابط و گروه‌بندی مناسب اطلاعات در قالب مدل‌ها از جمله مهم‌ترین مزایای این سیستم به شمار می‌رود. کلی‌نگری مدل و عدم امکان تعمیم نتایج به یک کشور و یا انواع نفت و زغال، ناتوانی در تبیین رفتار کوتاه‌مدت متغیرهای مهمی نظیر سطح ذخیره‌سازی‌ها و واکنش عرضه و تقاضا به آن، باز بودن مدل و ورود از پیش تعیین شده برخی تصمیمات کلیدی نظیر سرمایه‌گذاری در انرژی هسته‌ای و یا سرمایه‌گذاری در منابع زغال‌سنگ به مدل و در نهایت نیز فرض کشش‌های بی‌نهایت عرضه برای نفت وگاز، از جمله محدودیت‌های این مدل به‌شمار می‌رود. مضاف بر این‌که شکاف‌های تئوریک میان مدل‌های تشکیل‌دهنده OWEM وجود دارد که منتهی به عدم ارتباط برخی مدل‌ها با یکدیگر و یا ایجاد ارتباط یک سویه می‌گردد، حال آن‌که توجیه مناسبی برای این عدم ارتباط و یا محدود نمودن آن با اتکا به آزمون‌های اقتصادسنجی ارایه نشده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مآخذ

الف. منابع فارسی

۱. مزرعتی، محمد – فریور، لیلا، ۱۳۸۲ «سیستم پیش‌بینی جهانی انرژی»، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.
۲. توکل، عبدالامیر (نویسنده: لیف یوهانسن)، ۱۳۶۶ «گفتارهایی درباره برنامه‌ریزی اقتصادی در سطح کلان»، سازمان برنامه و بودجه.
۳. سیفی، احمد، ۱۳۶۸ «جلسات بررسی مدل جهانی انرژی اوپک» بررسی‌های بین‌المللی نفت، بهار و تابستان ۶۸.

۴. وافی نجار، داریوش،۱۳۸۲ «بررسی ساختار مدل انرژی جهانی اوپک»، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.

۵. مزرعتی، محمد، ۱۳۸۲ «اعتبار پیش‌بینی‌های بلندمدت عرضه و تقاضای انرژی» همایش نفت، اوپک و استراتژی ایران (سهم در بازار / قیمت)، مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، ۲۶ و ۲۷ مهرماه ۱۳۸۲.

ب. منابع لاتین

1. OPEC Secretariat, 2002, OWEM Technical Report. April 2002.
2. Klein, L.R, 1986, "The Link Model and its use in international scenario analysis", North Holand Pub.
3. Opec secretariat, 2002 "OPEC World Enrrgy Model", Annex to Technical Report, April 2002.
4. Opec secretariat, 1994 "OPEC World Enrgy Model", Annex to Technical Report, March, 1994.
5. Opec secretariat, 1994, "OPEC World Enrrgy Model", Technical Report, March, 1994.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی