



## ارزیابی تاثیر سیاست‌های مدیریت تقاضا

### (قیمتی و غیرقیمتی) بر صرفه جویی مصرف انرژی در

### کشور با استفاده از مدل یکپارچه انرژی

دکتر محمد رضا شریف آزاده\*

دکتر علی اصغر اسماعیل نیا\*\*

#### چکیده

انرژی به عنوان یکی از عوامل اساسی تولید دارای جایگاه مهمی در نظام اقتصادی بوده بطوریکه مهمترین مسئله هر کشور در دستیابی به رشد و توسعه پایدار تامین انرژی مطمئن است. عدم تناسب رشد تولید ناخالص داخلی با رشد مصرف انرژی در کشور حکایت از آن دارد که بهره‌وری انرژی کاهش یافته است. افزایش کارایی انرژی و صرفه‌جویی در مصرف آن مستلزم اتخاذ سیاست‌های مناسب در کشور می باشد. در این راستا سیاست‌های صرفه جویی انرژی می‌تواند به سیاست‌های مدیریت تقاضا و مدیریت عرضه تقسیم گردد. اعمال سیاست مدیریت تقاضا در راستای منطقی کردن مصرف، می‌تواند در قالب سیاست قیمتی و یا غیر قیمتی و یا ترکیب آنها باشد. انتخاب سیاست مناسب به شناخت تاثیر هر کدام از آنها و نقشی که در صرفه‌جویی انرژی می‌توانند داشته باشند، برمی‌گردد که این شناخت با استفاده از مدل سیستمی انرژی در قالب سناریوهای مختلف قابل انجام است. نتایج مدل طراحی شده در این مقاله نشان دهنده آن است که پتانسیل صرفه‌جویی با استفاده از سناریوی قیمت در مقایسه با سناریوی غیر قیمتی به مراتب بیشتر است. اما استفاده از ترکیب سیاست قیمتی (حرکت بسمت قیمت‌های متناسب با هزینه نهایی) و غیر قیمتی (استفاده از ابزارهای قانونی، استانداردها، مقررات و...) می‌تواند بسته سیاستی مناسب‌تری برای کشور باشد.

#### واژگان کلیدی

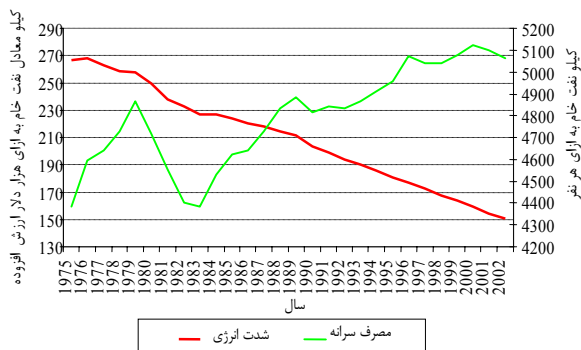
بهره‌وری انرژی، صرفه‌جویی انرژی، سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی، سیاست‌های مدیریت تقاضا، سیاست قیمتی و غیر قیمتی، مدل سیستمی انرژی، پتانسیل صرفه‌جویی، هزینه نهایی

\* دانشیار، عضو هیأت علمی دانشگاه علامه طباطبائی

\*\* عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

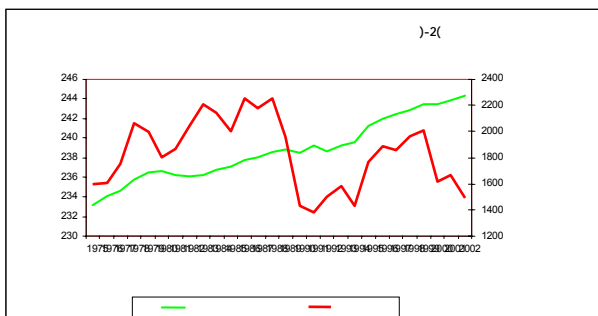
## مقدمه

اقتصادی، رشد جمعیت، مهاجرت، سرمایه‌گذاری‌های جدید، استفاده از تکنولوژی پیشرفته و نهایتاً سیاست‌های صرفه‌جویی است. به طوری که تغییرات مطلوب در هر یک از این موارد موجب کاهش شدت انرژی خواهد شد.



نمودار ۱: روند شدت انرژی و مصرف سرانه در کشورهای توسعه یافته

براساس نمودار (۱) طی سه دهه ۷۰، ۸۰ و ۹۰ میلادی شدت انرژی در کشورهای صنعتی کاهش مداوم داشته و نرخ کاهش آن نیز قابل ملاحظه بوده است. دلایل این کاهش می‌تواند در بالا رفتن کارایی، تغییر ساختار تولید، جانشینی بین حامل‌های انرژی (بهینه کردن عرضه انرژی)، اجرای سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی و بالا رفتن کارایی انرژی خلاصه گردد.



روند شدت انرژی و مصرف سرانه انرژی در کشورهای در حال توسعه

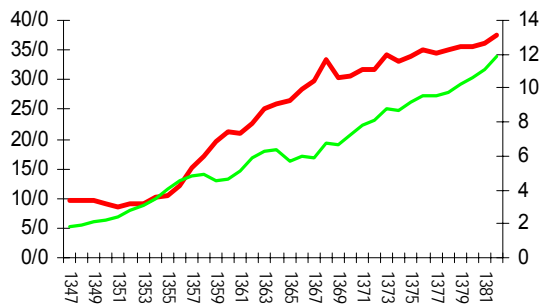
مطابق نمودار (۲)، روند شدت انرژی در کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهد که برای این کشورها وضعیت تا اندازه‌ای متفاوت است. در بین کشورهای در حال توسعه برای برخی کشورها مانند اندونزی و آرژانتین، شدت انرژی از اوایل دهه ۷۰ شروع به افزایش نموده و این افزایش بسیار ملایم بوده است اما برای کشورهای در حال توسعه‌ای که بخش صنعت در آن گسترش بیشتری یافته مانند مالزی، کره جنوبی و چین روند شدت انرژی افزایش بیشتری نشان می‌دهد البته شدت انرژی در سال‌های اخیر (دهه ۹۰) به علت بالا رفتن کارایی انرژی و

در فرایند توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور در رابطه با بخش انرژی دو مسئله عمده مطرح بوده است. مسئله اول به تامین و دسترسی به انرژی لازم برای رشد اقتصادی مربوط بوده که رشد اقتصادی و بهبود سطح زندگی ایجاب می‌کند تا انرژی لازم برای تداوم فعالیت‌های تولیدی و گسترش آنها تامین شود که این امر مستلزم سرمایه‌گذاری وسیع در بخش انرژی است. مسئله دوم به چگونگی بهره‌برداری از منابع انرژی برای تسریع در رشد اقتصادی مربوط می‌شود. لذا مسئله دوم به بهره‌وری استفاده از انرژی ارتباط می‌یابد. بعبارت بهتر به واسطه تکنولوژی‌های ناشی از گسترش سیستم عرضه انرژی (اعم از محدودیت در سرمایه‌گذاری برای افزایش تولید یا محدودیت در تولید حامل‌های انرژی) مدیریت انرژی بعنوان مسئله دوم مطرح شده است.

حداکثر شدن رفاه اجتماعی که هدف اساسی هر نظام اقتصادی است حکم می‌کند که قیمت‌ها در آن مطابق شرایط بهینه پارتو (بهینه اول) تعیین شوند تا براساس آن تخصیص عوامل تولید و منابع اقتصادی و همچنین ترکیب تولید و مصرف کالاها بدرستی شکل گیرد. اگر شرایط لازم برای حصول بهینه اول وجود داشته باشد باید قیمت‌های انرژی انعکاس دهنده هزینه نهایی باشند و اگر بدایلی مانند انحصارات و وجود یارانه‌های آشکار و پنهان، امکان حصول بهینه اول مقدور نباشد، شرایط بهینه دوم هدایتگر اقتصاد بسمت حداکثر رفاه ممکن جامعه خواهد بود. لذا با کمک از این مفهوم، به بررسی این موضوع که آیا قیمت انرژی باید با هزینه نهایی آن برابر باشد یا خیر پرداخته می‌شود.

این موضوع که اجرای سیاست قیمتی می‌تواند به مدیریت سمت تقاضا بیانجامد و صرفه‌جویی انرژی را بدنبال داشته باشد، یا اینکه شرایط بهینه دوم هدایت‌کننده مناسب‌تری برای اجرای سیاست مدیریت تقاضا خواهد بود و حرکت قیمت به سمت هزینه نهایی لازم است اما در کنار آن هم باید ابزارهای دیگری، که در قالب سیاست غیر قیمتی مطرح می‌شوند، بکار گرفته شود، مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین با کمک گرفتن از مدل سیستمی انرژی این مسئله اساسی که چه سیاستی و به چه میزان می‌تواند به صرفه‌جویی انرژی منجر شود، بررسی خواهد شد.

۱) لزوم توجه به مدیریت تقاضا و صرفه‌جویی انرژی در کشور  
تغییرات شدت انرژی طی دوره‌های مختلف زمانی در اقتصاد یک کشور بیانگر اثرهای ناشی از تغییرات ساختار تولید، کارایی تولید، کارایی انرژی، هرز روی انرژی، الگوی مصرف انرژی، توسعه و رشد



نمودار ۴: روند شدت انرژی و مصرف سرانه انرژی در ایران

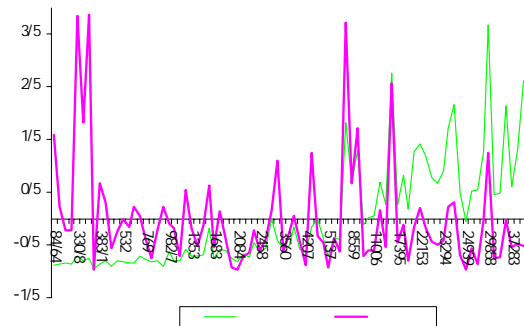
مطابق نمودار (۴) روند شدت انرژی در ایران سیر فزاینده داشته و روند آن با شیب قابل توجه افزایش یافته است و این در حالی است که روند مصرف سرانه از شیب ملایم برخوردار است. این شرایط گویای آن است که اگرچه در وضعیت روند شاخص مصرف سرانه تفاوت معنی‌داری با تجربه جهانی وجود ندارد و موافق الگوی توسعه کشورهای پیشرفته، مصرف سرانه کشور در حال افزایش است. اما در رابطه با روند شاخص شدت انرژی وضعیت برعکس می‌باشد و مخالف آنچه که کشورهای پیشرفته تجربه کرده‌اند، در حال گذراندن است که این موقعیت جایگاه سیاست‌های مدیریت تقاضا و مسئله صرفه‌جویی انرژی را بهتر روشن می‌کند.

## ۲) سیاست‌های مدیریت تقاضا و صرفه جویی انرژی

یکی از ابزارهای موثر در بیشتر کشورها چه در حال توسعه و چه صنعتی برای بهبود بازده انرژی سیاست قیمت‌گذاری است. بطوریکه قیمت انرژی در مصرف‌های گوناگون نمایانگر قیمت واقعی اقتصادی آن باشد. برای اکثر شکل‌های انرژی این به آن معنی است که بالاترین قیمتی که چه در داخل و چه در خارج از کشور می‌توان آن شکل از انرژی را معامله نمود قیمت‌گذاری شود. در بسیاری از موارد، جهت دستیابی به قیمت‌گذاری اقتصادی فرآورده‌های انرژی باید قوانین تعیین شده نامناسب توسط دولت‌ها حذف شوند و تغییراتی در سیاست‌گذاری‌های دولت در قبال قیمت‌ها به وجود آید. یک دولت می‌تواند با وضع مالیات بر بعضی و یا همه تولیدات انرژی زمینه‌های تشویقی جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی را فراهم آورد و یا این که در کوتاه مدت و تا زمانی که سیاست‌های اصولی مربوط به قیمت انرژی را مشخص می‌نماید از کنترل‌های دیگر و مکانیزم غیرقیمتی استفاده نماید (World Bank, 2001) که در ذیل با تفصیل بیشتر به هر یک پرداخته می‌شود:

تغییر ساختار تولید به سوی صنایع سبک‌تر و کمتر انرژی بر، روند تقریباً نزولی داشته است (Pachauri, 1998). در این نمودار به خاطر سهم کشورهای در حال توسعه با درآمد سرانه بالاتر و تا اندازه‌ای توسعه یافته، روند کلی نمودارها برای مصرف سرانه به نسبت بیشتر و برای شدت انرژی به نسبت کمتر همانند کشورهای توسعه یافته است.

حال اگر بررسی تمامی کشورهای دنیا (کشورهای لیست شده در دو نمودار فوق‌الذکر) در یک مقطع زمانی و از بعد دیگر انجام گیرد می‌تواند نتیجه ارائه شده را تکمیل نماید. به عبارت دیگر این تحلیل روند تحولات بلند مدت در فرایند توسعه را منعکس می‌سازد و تفاوت اصلی این نمودار با نمودار حاصل از سری زمانی کشورها در این نکته نهفته است که مقایسه بین کشورها در این حالت همراه با تحولات بلندمدت خواهد بود.



نمودار ۳: شدت انرژی و مصرف سرانه انرژی نرمالیز شده کشورهای دنیا در سال

چنانچه تولید ناخالص داخلی سرانه ( $\frac{GDP}{POP}$ ) به عنوان شاخص رفاه یا توسعه تلقی شود و کشورهایی که از تولید سرانه بیشتری برخوردارند، به عنوان کشورهای توسعه یافته و صنعتی یاد کنیم و از کشورهای با تولید سرانه کمتر به عنوان کشورهای کمتر توسعه یافته یاد شود، در این صورت ترسیم دو شاخص شدت انرژی و مصرف سرانه به همراه تولید سرانه در یک مقطع زمانی (سال ۲۰۰۲) در نمودار (۳) می‌تواند نشان دهنده موقعیت هر کشور در فضای انرژی‌بری تولید و مصرف سرانه باشد که به نوعی چشم‌انداز آینده توسعه کشور در قبال مسیر شدت انرژی و مصرف سرانه را روشن می‌نماید. با توجه به این نمودار هر کشوری که فرایندی هم جهت تجربه جهانی نداشته باشد باید در سیاست‌های خود تجدید نظر نموده و موقعیت خود را با این مسیر مطابق نماید.

## ۲-۱) مکانیزم قیمتی

نظام قیمت‌گذاری یکی از موضوعاتی است که هم در قلمرو نظری و هم در حوزه کاربرد، از پیچیدگی‌ها و ظرافت خاصی برخوردار است و اساساً یکی از مسائل مهم در کشورهای در حال توسعه و درگیر در فرآیند اصلاحات اقتصادی محسوب می‌شود. لذا هرگونه برخورد ناصحیح و سطحی با آن چه در قلمرو نظری و چه در قلمرو کاربردی به نتایج زیانبار و جبران ناپذیری منجر خواهد شد. چرا که شناخت شرایط زمانی و مکانی نظریات و همچنین شناخت زیرساخت‌ها و ساختار اقتصادی اجتماعی یک جامعه نخستین اقدام لازم و اساسی جهت به کارگیری هر نظام قیمت‌گذاری صحیح است. سیاست قیمت‌گذاری از دیرباز به عنوان یکی از ابزارهای سیاست‌گذاری دولت‌ها مطرح بوده است که از آن طریق بسیاری از تعادل‌های اقتصادی و اجتماعی را برقرار می‌ساخته‌اند. به بیان دیگر سیاست‌های قیمت‌گذاری با توجه به اثرات مستقیم و قوی آن بر سطح زندگی مردم عادی از جمله ابزارهای مهم سیاست‌های درآمدی تلقی می‌شود که در نتیجه آن دولت‌ها می‌توانند قیمت‌ها، دستمزدها و در نتیجه درآمدها را در اقتصاد تحت تاثیر قرار دهند. این سیاست‌ها به ویژه در کشوری که توزیع درآمد ناعادلانه، افشار فقیر قابل توجه می‌باشد، از اهمیت خاصی برخوردار است. تجربه کشورهای صنعتی در مقابل افزایش قیمت انرژی در سال‌های ۷۴-۱۹۷۳ و سال‌های ۸۰-۱۹۷۹ نشان می‌دهد که این کشورها برای کاهش و صرفه‌جویی انرژی از یک سو و کاهش ضربه‌پذیری اقتصاد در مقابل افزایش شدید و ناگهانی قیمت انرژی از سوی دیگر، فقط متکی به انتقال افزایش قیمت به مصرف‌کنندگان نبوده بلکه با طرح و اجرای سیاست‌های هماهنگ و سازگار با شرایط و ساختار اقتصادی خود توانستند رشد مصرف انرژی را کاهش دهند. تجربه کشورهای در حال توسعه در مقابل افزایش قیمت انرژی در مقایسه با کشورهای صنعتی کاملاً متفاوت بوده و این کشورها بیشتر توجه خود را به رشد و توسعه اقتصادی معطوف کرده‌اند و در زمینه کاهش صرفه‌جویی انرژی اقدام‌های جدی و همه‌جانبه‌ای به عمل نیاورده‌اند چون هر اقدام جدی در راستای کاهش و صرفه‌جویی انرژی در کشورهای در حال توسعه و از جمله ایران بدون تردید رشد و توسعه اقتصادی را با مشکلات و هماهنگی‌های بیشتری روبرو کرده و در نهایت به سطح رفاه کشور و رشد و توسعه اقتصادی آسیب جدی وارد می‌آورد.

## ۲-۲) مکانیزم غیرقیمتی

سیاست‌های مربوط به صرفه‌جویی انرژی اگرچه بعد از بالا رفتن قیمت نفت مطرح شد و قواعد بازار حکم می‌کرد که با بالا رفتن

قیمت انرژی سرمایه‌گذاری در ماشین‌آلات و تجهیزاتی که از انرژی کمتر استفاده می‌کنند مقرون به صرفه بوده و این سرمایه‌گذاری گسترش یابد. اما نکته مهم این بود که با افزایش قیمت انرژی و افزایش هزینه بنگاه منابع لازم برای سرمایه‌گذاری در صنایع جدید کاهش یافته و لذا بنگاه‌ها علی‌رغم تمایل به سرمایه‌گذاری در جهت ایجاد تجهیزات با کارایی انرژی بیشتر، توانایی مالی کافی در این خصوص را نداشته و لذا برای عملی شدن سیاست‌های صرفه‌جویی دخالت دولت برای اعطای کمک‌ها و همچنین ایجاد انگیزه‌های لازم، ضروری بود.

بنابراین دولت‌ها با هدف کمک به اجرای سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی سیاست‌ها و ابزارهای غیرقیمتی مانند برنامه‌های آگاه‌سازی، پشتیبانی مالی، وضع قوانین و استانداردها، تحقیق و توسعه انرژی و جایگزینی حامل‌های انرژی را مورد استفاده قرار دادند.

بنابراین ابزارهای متعدد دیگری در قالب سیاست غیرقیمتی در کنار قیمت وظیفه هدایت منابع به سمت تخصیص بهینه را بر عهده دارند که مبنای استفاده از این ابزارها عمدتاً ریشه در تئوری‌هایی دارند که معتقدند لزوماً مکانیزم بازار با ساز و کار قیمت نمی‌تواند جامعه را به ماکزیمم رفاه ممکن برساند. لذا با توصیه بر استفاده از ساز و کارهای دیگر در کنار قیمت به افزایش رفاه جامعه کمک می‌نمایند.

## ۳) مبنای سیاست مدیریت تقاضا و رفاه اقتصادی

تأمین انرژی مطمئن برای رشد اقتصادی و توسعه از جمله اهداف اساسی متولیان بخش انرژی کشور است. اینکه تولید بیشتر نیازمند مصرف و دسترسی به انرژی بیشتر است امری واضح است. لذا از جمله مسائل مهم بخش انرژی و اقتصاد تأمین انرژی لازم برای دستیابی به توسعه اقتصادی است.

اگرچه تولید بیشتر معمولاً با مصرف انرژی بالاتر همراه است اما تجربه کشورهای توسعه یافته نشان داده که افزایش رشد اقتصادی می‌تواند با کاهش انرژی بری تولید همراه باشد ضمن آنکه افزایش مصرف سرانه انرژی بواسطه رشد و توسعه اقتصادی و بالا رفتن سطح رفاه جامعه را نیز بدنبال خواهد داشت. بنابراین تولید بیشتر لزوماً مستلزم مصرف انرژی بیشتر نبوده بلکه کاهش انرژی بری تولید می‌تواند نقش مؤثری را در رشد مصرف انرژی ایفا نماید. بعبارت بهتر افزایش تولید و نیاز به انرژی بیشتر را از دو ناحیه می‌توان پاسخگو بود. یک ناحیه آن بعدی است که اکثر کشورهای در حال توسعه بدان می‌پردازند و آن گسترش عرضه انرژی برای پاسخگویی به رشد

سمت عرضه است و دومی انتخاب سمت تقاضا یا DSM. اگر فرض شود که بنگاه بتواند با کاهش تقاضای موجود این افزایش تقاضا را پاسخ دهد عبارت دیگر بواسطه اجرای برنامه‌های DSM کاهش صورت گرفته در تقاضای موجود برابر افزایش تقاضا باشد، لذا منحنی تقاضا در  $D_1$  باقی می‌ماند. نکته مهم و اساسی این مسئله آن است که به لحاظ اقتصادی چگونه این مسئله قابل توجیه است که یک بنگاه درصد محدود کردن تقاضای خود است و آیا اصولاً انگیزه‌ای برای محدود نمودن تقاضا برای بنگاه عرضه کننده انرژی وجود دارد یا خیر؟ اینجاست که دقیقاً مسئله دخالت دولت و سیاستی که باید اتخاذ کند تا سمت تقاضای اقتصاد را مدیریت نماید، مطرح می‌شود. عبارت بهتر این مسئله به وضوح موقعیت و دلیل دخالت دولت را درگسترش سمت عرضه یا مدیریت سمت تقاضا برای پاسخگویی به تقاضا را نشان می‌دهد. اگر گزینه اول انتخاب شود باید منابع تامین و سایر ابزارهای آن فراهم شود و اگر گزینه دوم در اولویت قرار گیرد، باید ابزارها و سیاست‌های دستیابی به این هدف مشخص شود.

در اینجا با کمک از تحلیل هزینه - فایده سعی خواهد شد تا معیار ارزیابی و انتخاب گزینه‌ها براساس معیارهای اقتصادی زیر انجام گیرد و در صورت برقراری این معیارها گزینه DSM بر گزینه سمت عرضه برتری دارد (Levine and Sonnenblick, 1994).

۱- هزینه کل مدیریت سمت تقاضا (DSM) کمتر از هزینه طرف عرضه باشد که به آن آزمون هزینه کل منابع (TRC Test)<sup>۲</sup> گویند.

۲- قیمت انرژی بر اساس برنامه‌های DSM کمتر از قیمت انرژی در حالت گسترش سمت عرضه باشد که به آن آزمون نرخ یا اصل عدم وجود بازنده (RIM Test)<sup>۳</sup> گویند که بیان می‌کند قیمت انرژی بعد از اعمال سیاست‌های DSM کمتر از قیمت انرژی در حالت گسترش عرضه است.

۳- برنامه‌های DSM در مقایسه با برنامه‌های سمت عرضه برای مصرف کنندگان جذاب‌تر است که به آن آزمون شرکت‌کننده (P Test)<sup>۴</sup> گویند.

حال مطابق شکل (۱) می‌توان به ارزیابی معیارهای فوق‌الذکر پرداخت. معیار هزینه کل (TRC) نشان می‌دهد که هزینه نهایی گزینه DSM باید کمتر از نقطه F باشد یعنی نقطه‌ای که در آن مقدار مصرف  $q_2$  و سطح قیمت در  $P_3$  است.

تقاضا است که به لحاظ ارزش اقتصادی دارای کمترین مطلوبیت برای جامعه است و بعد دیگر تأمین انرژی لازم برای تولیدات جدید از محل صرفه‌جویی در انرژی مصرفی است که به لحاظ اقتصادی دارای مطلوبیت بالاتری است و از آن بعنوان سیاست‌های مدیریت تقاضا (DSM)<sup>۱</sup> یاد می‌شود که توسط عمده کشورهای توسعه یافته و حتی در حال توسعه که دارای درآمد سرانه بالاتری هستند مورد استفاده قرار گرفته و عملکرد مطلوبی نیز داشته است. بدین ترتیب گزینه‌های انتخابی در تامین انرژی برای پاسخگویی به افزایش تولید می‌تواند هر کدام از این موارد یا ترکیبی از این دو را شامل شود:

- گزینه عرضه (گسترش عرضه انرژی)

- گزینه مدیریت تقاضا (DSM)

در ادامه با توجه به مبانی اقتصاد خرد و تحقیقات مختلف انجام شده (Kibune, 1991) گزینه‌های فوق از دید رفاه اقتصادی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

اصلی‌ترین دلایل توجه به گزینه DSM در مقابل گزینه گسترش عرضه عبارتند از: اولاً پایین بودن هزینه اجرای DSM در مقابل گسترش عرضه ثانیاً DSM می‌تواند ریسک و ناطمینانی از آینده را کاهش دهد و ثالثاً DSM بار محیط زیست را کاهش داده و اثرات مثبت زیست محیطی بدنبال دارد. توجیه اقتصادی برنامه‌های DSM می‌تواند مطابق شکل (۱) که بیانگر منحنی تقاضا و هزینه‌ها در بازار انرژی است ارائه شود. اگر تعادل در نقطه M جایی که هزینه نهایی بلند مدت (LRMC) و هزینه متوسط بلند مدت (LRMC) همدیگر را قطع کرده‌اند حاصل شود. ضمن آنکه قیمت در این بازار با توجه به هزینه متوسط در  $P_1$  و مقدار مصرف انرژی در سطح  $q_1$  است که براساس منحنی تقاضا  $D_1$  حاصل شده است.

معیار حداکثر رفاه جامعه تعیین قیمت مطابق هزینه نهایی است. لذا مطابق شکل روشن است که تعیین قیمت براساس هزینه متوسط رفاه را کاهش می‌دهد. چرا که هزینه نهایی بیش از هزینه متوسط است (Joskow, 1988). این مسئله با توجه به مثلث ACE کاملاً مشخص می‌شود. بنابراین سطح تعادل در نقطه قیمتی  $P_1$  و مصرف  $q_1$  نشان دهنده موقعیت بهینه نیست و لذا رفاه جامعه کاهش یافته است.

اگر بواسطه افزایش تقاضا منحنی تقاضا به  $D_2$  منتقل شود یعنی تقاضا به میزان  $q_2 - q_1$  اضافه شود. دو راه حل وجود دارد تا این افزایش تقاضا پاسخ داده شود. ابتدا افزایش در میزان عرضه و یا کاهش در میزان تقاضای فعلی که اولی انتخاب

2. Total Resources Cost Test

3. Rate Impact Test

4. Participant Test

1. Demand - Side Management

انجام داد برابر مساحت  $Aq_1Cq_2$  است که این مساحت با فرض ثابت بودن قیمت انرژی (یعنی هزینه متوسط عرضه ثابت باشد) حاصل می‌شود.

همچنین مطابق شرایط ترسیمی فوق می‌توان به شکل ریاضی نیز این گزینه‌ها را جهت انتخاب با هم مقایسه کرد. اگر گزینه DSM بر گزینه سمت عرضه ترجیح داده شود داریم:

$$(A + C_s)/(x + y) \geq (A + C_{dsm})/x \quad (7)$$

در رابطه فوق  $A$  میزان هزینه موجود و  $C_s$  هزینه نهایی انتخاب سمت عرضه و  $C_{dsm}$  هزینه نهایی انتخاب DSM و  $X$  نیز میزان تقاضای موجود و  $y$  تقاضای اضافی است. در رابطه فوق بدلیل کوچکتر بودن سمت راست از سمت چپ، هزینه متوسط بلند مدت با انتخاب DSM نسبت به انتخاب سمت عرضه کمتر است. رابطه (۷) می‌تواند بصورت زیر نیز بیان شود.

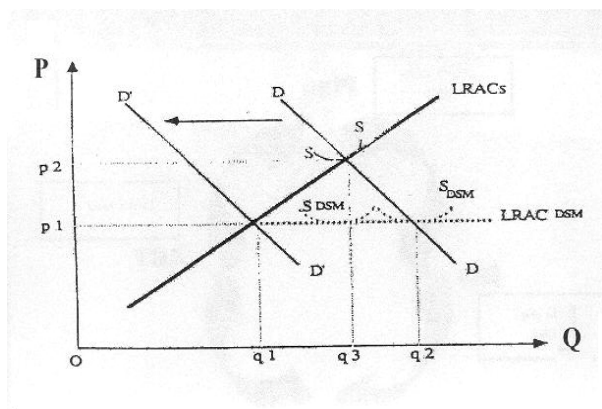
$$y/x \leq (C_s - C_{dsm})/(A + C_{dsm}) \quad (8)$$

$$C_{dsm} \leq (C_s x - Ay)/(x + y) \quad (9)$$

رابطه (۸) نشان می‌دهد که مزیت سمت تقاضا وقتی است که نرخ رشد تقاضا کمتر از تفاوت هزینه نهایی سمت عرضه و DSM باشد. بعبارت بهتر مزیت DSM بستگی به رشد تقاضا و هزینه سمت عرضه دارد.

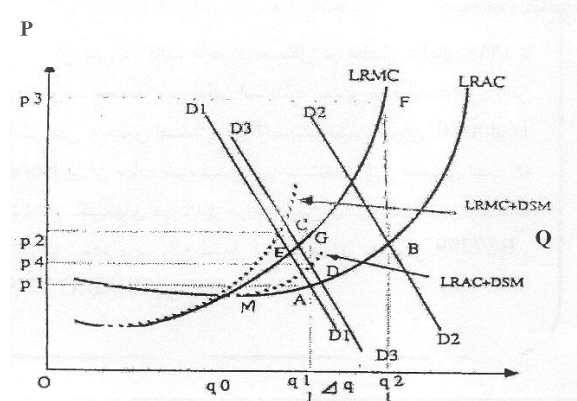
ضروری‌ترین شرط برای اجرای برنامه‌های DSM این است که  $C_{dsm} > 0$  باشد بعبارت بهتر:

$$1 \leq (C_s / A)/(y/x) \quad (10)$$



شکل ۲: هزینه متوسط بلند مدت و برنامه‌های DSM

که سمت راست رابطه فوق بیانگر شیب هزینه نهایی سمت عرضه است که باید مقدار آن بزرگتر از یک باشد و این بیانگر صعودی بودن هزینه نهایی است.



شکل ۱: هزینه نهایی و هزینه متوسط و برنامه‌های DSM

مطابق معیار دوم قیمت انرژی با گزینه DSM در  $P_2$  تعیین می‌شود که بیانگر نقطه  $B$  یعنی محل برخورد  $LRAC$  و  $q_2$  است. بنابراین برنامه‌های DSM در مقایسه با گسترش سمت عرضه براساس معیار RIM ترجیح دارد. مطابق این معیار مصرف واقعی در  $q_2$  نبوده بلکه در  $q_2$  قرار دارد و قیمت انرژی نیز در  $P_4$  قرار خواهد داشت که در نقطه  $D$  یعنی محل تقاطع هزینه متوسط بلندمدت با برنامه‌های  $DSM(LRAC+DSM)$  و  $q_1$  است. براساس معیار سوم نیز می‌توان منطقه  $Oq_2BP_2$  را با منطقه  $Oq_1DP_4$  مقایسه کرد که بیان کننده کاهش پرداخت مصرف‌کننده و مشوق‌هایی که بنگاه‌های عرضه کننده انرژی می‌دهند.

مطابق شکل (۲) منحنی تقاضا در حالت معمولی بدون لحاظ برنامه‌های DSM بصورت  $D$  می‌باشد و اگر برنامه‌های DSM در نظر گرفته شود به  $D'$  منتقل می‌شود. منحنی  $S$  نیز بیانگر هزینه متوسط در کوتاه مدت است. اگر برنامه‌های مربوط به تغییرات جدید در سمت عرضه اعمال شود و در واقع تکنولوژی سمت عرضه بهبود یابد و کاهش هزینه را بدنبال داشته باشد منحنی عرضه بصورت  $S_{DSM}$  در خواهد آمد که منحنی هزینه متوسط بلند مدت بنگاه که در حالت معمولی بصورت  $LRAC_s$  است به صورت  $LRAC_{DSM}$  تغییر می‌یابد. حال با توجه به تغییرات سمت تقاضا (انتقال از منحنی  $D$  به منحنی  $D'$ ) و تغییرات سمت عرضه (انتقال از منحنی  $S$  به  $S_{DSM}$ ) و از  $LRAC_s$  به  $LRAC_{DSM}$ ) می‌توان نسبت به گزینه انتخابی، مطابق با شاخص‌های اقتصادی و شکل (۳) بهتر تصمیم گرفت. در حالتی که برنامه‌های DSM مربوط به سمت تقاضا مورد استفاده قرار گیرد رفاه اجتماعی به میزان  $ADC$  بیشتر افزایش می‌یابد. ضمن آنکه مصرف جامعه بجای  $q_2$  در  $q_1$  خواهد بود که این نشان از صرفه‌جویی انرژی به میزان  $q_2 - q_1$  است. همچنین میزان هزینه‌ای که می‌توان برای برنامه‌های DSM

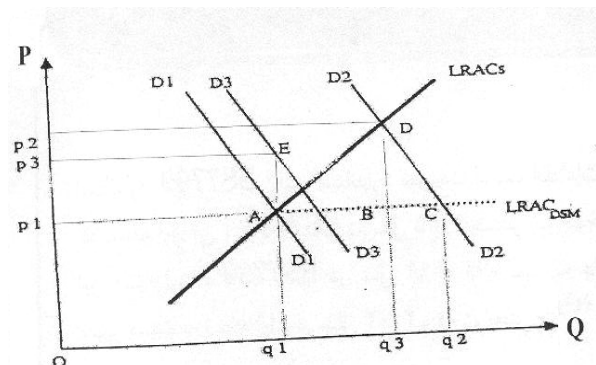
صرفه‌جویی در مصرف انرژی (از دید تقاضا) متأثر از شرایط بازار (قیمت نسبی عوامل، قیمت نسبی حامل‌های انرژی و جایگزینی حامل‌ها) و همچنین تکنولوژی وسایل و تجهیزات استفاده کننده (به لحاظ قیود استاندارد، وضع قوانین، آگاهی و آموزش، تبلیغات و...) می‌باشد (World Bank, 2001).

مدلهای انرژی ابزاری هستند که توسعه ارتباط متقابل سیستم انرژی با سایر بخش‌ها و اجزاء سیستم با یکدیگر را بر مبنای منطق ریاضی و اصول و قوانین حاکم بر پدیده‌های فیزیکی و اجتماعی منعکس می‌سازد و امکان مطالعه جامع فرایند تحولات در بخش انرژی را فراهم می‌سازد. این مدلها در دهه‌های ۵۰ و ۶۰ میلادی بعنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری در مورد سازماندهی امور و خط‌مشی‌های بخش انرژی در کشورهای صنعتی مورد استفاده قرار گرفتند. اما این مدلها که به مدل‌های تک سوختی معروف هستند، بسیاری از مباحث امروزی بازار انرژی را شامل نمی‌شدند. مجموعه حوادثی که بعد از بحران نفتی در دهه ۷۰ میلادی پیش آمد، سیاست‌گذاران را با مشکلی پیچیده مواجه ساخت که با مدل‌های موجود قابل پاسخگویی نبود. بعنوان نمونه کشور آمریکا برای تعدیل اثرات افزایش قیمت نفت، به یک سیستم از کنترل‌های قیمتی و اقدامات قانونی روی آورد. نتیجه تبعی چنین اقدامی، افزایش روز افزون سوالات سیاستی در حیطه برنامه‌ریزی انرژی بود. با افزایش این سوالات، مشخص شد که مدل‌های انرژی موجود قادر به پاسخگویی به این سوالات نبوده چرا که اساساً برای پاسخگویی به اینگونه سوالات طراحی نشده بودند و لذا محرکی اساسی برای توسعه و گسترش در مدل‌های انرژی ایجاد شد. موضوع‌های جایگزینی حامل‌ها، بهبود بازده تکنولوژی در همه مراحل و صرفه‌جویی در مصرف انرژی بعنوان مسایل مهم انرژی مطرح گردیدند و این مسائل در مدل‌های سیستم انرژی مورد ملاحظه قرار گرفت. از این دهه به بعد تکنیک‌های مبتنی بر اقتصاد سنجی و برنامه‌ریزی خطی به تدریج توسعه یافت و پیشرفت‌های مهمی در روش شناسی و ارزیابی تکنولوژی‌های تولید بوجود آمد (Scheraga, 1994).

مدل‌های یکپارچه انرژی مختلفی در حال حاضر در کشورهای دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند. که این مدلها لزوماً قابل انطباق با ساختار اقتصادی هر کشوری نبوده و عمدتاً برای کشور خاصی طراحی شده اند. مدل سیستم مورد استفاده در این مطالعه، مدلی است که در طی بیش از یک دهه تکمیل و با ساختار اقتصادی کشور مطابقت داده شد (Saboochi, 2004). سمت عرضه انرژی این مدل سیستمی برگرفته از شرایط عرضه انرژی در کشور می‌باشد. سمت تقاضای انرژی این مدل برگرفته

بنابراین نکته اساسی در انتخاب سیاست‌های مدیریت تقاضا در مقابل گزینه سمت عرضه صعودی بودن (حتی ثابت بودن) منحنی هزینه نهایی برای بنگاه عرضه کننده است.

در صورت نزولی بودن منحنی هزینه نهایی سیاست‌های مدیریت تقاضا قابل توجیه نبوده و گسترش عرضه بر DSM ترجیح خواهد داشت (Wiril, 1994).



شکل ۳: تعادل برنامه های DSM

#### ۴) مبانی مدل یکپارچه انرژی

محور اصلی مدل یکپارچه (سیستم) انرژی، ارزیابی تعادل بهینه بین عرضه و تقاضای انرژی در نتیجه تغییرات بر اثر سیاست‌گذاری‌ها است. بررسی تعادل بهینه بین عرضه و تقاضای انرژی ایجاب می‌کند که فرایندهای مختلف بخش انرژی از ابتدا که به شکل انرژی اولیه است تا زمانی که به صورت انرژی نهایی تقاضا می‌شود و همچنین تکنولوژی‌هایی که این انرژی نهایی را به انرژی مفید تبدیل می‌کنند، مورد ملاحظه قرار گیرد.

بخش انرژی جزئی از نظام اقتصادی است که به صورت‌های مختلف با سایر بخش‌های اقتصادی ارتباط می‌یابد. این ارتباط بخصوص زمانی که در سیستم انرژی کشور، تقاضای انرژی مفید مورد ملاحظه واقع می‌شود در برگیرنده آن است که انرژی یک عامل تولید (در بحث تقاضای انرژی مفید، استفاده از انرژی نهایی جهت گرمایش، سرمایش، انرژی مکانیکی و نور در فرایندهای تولیدی و خدماتی بکار می‌رود) بوده و برای تولید و عرضه کالاها و خدمات با سایر عوامل تولید در رقابت قرار دارد. این رقابت بین عوامل متأثر از قیمت نسبی عوامل است و این نتیجه نیز می‌تواند گرفته شود که کمیت معینی از کالاها و خدمات با صرف کمتری از انرژی (در صورت جایگزینی عامل یا عوامل دیگر) قابل تولید است و این صرفه‌جویی در مصرف انرژی با افزایش مصرف دیگر عوامل قابل حصول است. لذا

$$\text{Min } Z = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n P_{i,t} \times F_{i,t} \times \frac{1}{(1+r)^t} \quad (1)$$

$$\text{S.t. } f(F_{1,t}, F_{2,t}, \dots, F_{n,t}) \geq Q_t \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^T F_{j,t} \leq R_{j,0} + \sum_{i=1}^T D_{j,t} \quad (3)$$

$$F_{k,t} \leq A_{k,t} \quad k = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$F_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, n \quad (5)$$

که در روابط فوق:

$Z$ : ارزش حال هزینه کل

$P_{i,t}$ : قیمت عامل تولید  $i$  در زمان  $t$

$F_{i,t}$ : مصرف عامل تولید  $i$  در زمان  $t$

$r$ : نرخ تنزیل

$f$ : تابع تولید

$Q_t$ : تقاضا برای تولید در زمان  $t$

$R_{j,0}$ : موجودی اولیه از عوامل تولید (منابع نفت)

$D_{j,t}$ : افزایش در موجودی عامل تولید  $j$  در زمان  $t$

$A_{k,t}$ : محدودیت روی مصرف عامل تولید  $k$  در زمان  $t$  است.

در معادلات فوق رابطه (۱) بیانگر تابع هدف مدل بوده که حداقل نمودن هزینه سیستم (حداکثر کردن رفاه جامعه) را با توجه به قیدهای ۲ تا ۵ دنبال می‌نماید. در ادامه تابع هدف و توابع قید مدل با تفصیل بیشتر مورد شناسایی قرار می‌گیرد.

#### تابع هدف

از آنجا که هدف حداقل کردن هزینه کل سیستم است، تابع هدف به صورت زیر تعریف شده است:

$$\text{MIN } Z = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n P_{i,t} \times F_{i,t} \times \frac{1}{(1+r)^t}$$

تابع فوق بیان می‌کند که هزینه کل سیستم از حاصل جمع ارزش حال هزینه سرمایه‌گذاری، هزینه تعمیر و نگهداری و هزینه عملیاتی بکارگیری انواع نهاده‌های انرژی است، که باید حداقل شود. در این رابطه مقدار نهاده جریان یافته به سیستم انرژی کشور از مکانیزم بهینه یابی استخراج می‌شود.

در تابع فوق  $P_{i,t}$  قیمت عامل تولید و  $F_{i,t}$  میزان نهاده انرژی  $i$  در زمان  $t$  می‌باشد. نهاده انرژی شامل نفت خام، گاز طبیعی، برق آبی و زغال سنگ و انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. برای محاسبه ارزش حال سیستم لازم است تا مقادیر هزینه مربوط به نهاده‌های انرژی با نرخ ترجیح زمانی، که در رابطه فوق با  $r$  نمایش داده شده و برابر ۸ درصد در نظر گرفته شده است، تنزیل گردد.

از مدل MADE-II می‌باشد. این مدل بر مبنای الگوی کلی سیستم مرجع انرژی قرار دارد.

در این مدل، جریان انواع انرژی و کلیه تکنولوژیها در مراحل مختلف مشخص می‌باشد. در مدل سیستم انرژی (ESM) <sup>۲</sup> انرژی‌های اولیه، مانند نفت خام، گاز طبیعی، پتانسیل آبی، استخراج و جمع‌آوری می‌شوند و پس از آن به سیستم‌های فراورش منتقل می‌گردند و در آنجا پالایش می‌شوند. پس از فرایند فراورش، برخی حامل‌های انرژی به بازار انتقال یافته و بصورت انرژی نهایی (ثانویه) به مصرف کننده عرضه می‌شوند. قسمت دیگر حامل‌های انرژی پالایش شده در نیروگاهها به برق تبدیل و پس از توزیع در مراکز مصرف در بخش‌های اقتصادی و اجتماعی استفاده می‌شوند. در این مدل سیستمی، تقاضای انرژی بصورت جداگانه مورد توجه قرار می‌گیرد.

#### ۵) معرفی مدل مورد استفاده و نحوه برآورد آن

هدف اساسی این مطالعه، تدوین سیاست‌های مناسب برای دستیابی به مصرف بهینه انرژی جامعه است. برای این بهینه یابی، معیار مورد استفاده حداقل سازی هزینه کل سیستم انرژی است. با در نظر گرفتن زنجیره جریان انرژی به صورت یک بنگاه مجازی تأمین کننده انرژی جامعه، بنگاه باید با حداقل کردن هزینه سیستم به تقاضای انرژی مفید جامعه پاسخ گوید. لذا پایه تئوریک مدل مورد استفاده به تئوری بنگاه ارتباط می‌یابد. در واقع بنگاه بدنال حداقل سازی هزینه (حداکثر سازی سود) است که هدف اساسی در اینجا نیز، تأمین انرژی مفید مورد نیاز جامعه با حداقل هزینه است.

هر بنگاه اقتصادی بدنال الگوی تولید مناسب و ترکیب بهینه نهاده‌ها به منظور حداقل سازی هزینه (حداکثر سازی سود) خود است. در این مقوله، یکی از روشهای قابل استفاده روش برنامه‌ریزی ریاضی می‌باشد که می‌توان با تعریف تابع هدف (که می‌تواند بیان کننده رابطه هزینه باشد) و قیود، مقدار بهینه تابع هدف را بدست آورد. مطابق تئوری بنگاه نیز یک بنگاه اقتصادی بدنال حداقل سازی هزینه با توجه به میزان معینی از تولید است. بنابراین بهینه یابی بنگاه که در اقتصاد خرد مطرح می‌شود پایه تئوریک این مدل بوده و مدل مبتنی است بر یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی که در آن هدف اساسی حداقل نمودن هزینه کل با توجه به قیود مورد نظر می‌باشد. شکل کلی مدل به صورت زیر است:

1. Model For Analysis of Demand For Energy (MADEII)
2. Energy System Model (ESM)



## محدودیت های سیستم

معرفی و شناخت دقیق قیود و محدودیت‌های مدل، که مطابق با واقعیت‌های بخش انرژی کشور باشد، عامل اساسی تعیین کننده در الگوی مسئله تلقی می‌شود.

یکی از مهمترین قیود مورد توجه در این مدل، تابع تولید می‌باشد. در واقع این تابع که به شکل زیر معرفی می‌شود، نشان می‌دهد که نحوه ترکیب عوامل چگونه باید باشد تا به تقاضای انرژی مفید جامعه پاسخ داده شود.

$$f(F_{1,t}, F_{2,t}, \dots, F_{n,t}) \geq Q_t$$

در قید فوق  $Q_t$  بیان کننده تقاضا برای انرژی مفید بوده که بصورت برون‌زا باید به مدل داده شود.

تابع تولید فوق‌الذکر در بر دارنده  $F_{i,t}$  می‌باشد که بیان کننده میزان نهاده تولید نام جریان یافته به سیستم در زمان  $t$  می‌باشد، لکن فرمت تابع تولید نامشخص است. با توجه به نامشخص بودن تابع تولید (تکنولوژی) مشکل اساسی بدست آوردن یک تابع صریح و روشن برای میزان نهاده تولید جریان یافته می‌باشد. لذا باید بصورت غیر مستقیم تقاضا برای هر کدام از نهاده‌های تولید به صورت تابعی از قیمت نهاده و میزان تقاضای انرژی مفید استخراج شود. برآورد این توابع با استفاده از روشهای اقتصاد سنجی امکان‌پذیر است. اما مدل‌های اقتصاد سنجی مدل‌های توصیفی بوده و توصیف گذشته، شالوده ارزیابی را تشکیل می‌دهد که برای تعمیق شناخت رفتار تولید و مصرف کننده بسیار مفید است، ولی برای برنامه‌ریزی نرمانتو چندان مناسب نیست. به عبارت بهتر در این بررسی به دنبال تغییر و تحول در سیستم انرژی کشور بوده و نمی‌خواهیم روند گذشته ادامه یابد. لذا لازم است نرماهایی تعیین شود تا فرایند رسیدن به تخصیص بهینه منابع عملی شود.

بنابراین با توجه به نکات فوق در مورد مدل‌های مبتنی بر اقتصاد سنجی، روش شناسی مناسب برای توسعه مدل، حل مستقیم مدل بنگاه تولیدی است. برای این منظور می‌توان از روش‌ها و فنون ریاضیات عددی استفاده نمود و تابع غیرخطی و نامعین تکنولوژی تولید را با معادله‌های مشخص و معین جایگزین نمود و حل عددی آنرا پی گرفت. به عبارت دیگر، حل مدل بنگاه تولیدی در روش غیرمستقیم بر پایه برآزش تابع براساس اطلاعات تاریخی و طبق فرض‌های معین استوار است ولی، در روش مستقیم حل مدل مبتنی بر نظریه تولید و بدون پیش فرض‌های محدود کننده پی‌گرفته می‌شود. بدین ترتیب، از طریق حل مستقیم مدل بنگاه تولیدی می‌توان اطلاعات گسترده‌ای در مورد رفتار بنگاه در نقطه

بهینه و تحلیل حساسیت سیستم در نقطه بهینه انجام داد و پیش فرض‌های محدود کننده مدل به حداقل کاهش داده می‌شود.

از آنجایی که تولید تابعی از نهاده‌ها است و نهاده‌ها با قانونمندی با هم ترکیب می‌شوند، لذا با شناخت قانونمندی که همان اصول بقای جرم و انرژی است می‌توان روابط بین اجزای مختلف الگوی سیستم انرژی را بیان کرد. از آنجایی که الگوی سیستم انرژی مجموعه‌ای از فرایندهای مختلف است، ابتدا فرایندهای مختلف شناسایی می‌شود و آنقدر تجزیه فرایندها با تفصیل ادامه می‌یابد تا بتوان روابط دقیق شناسایی گردد. بنابراین با شناسایی هر کدام از این مراحل، برای هر جزء می‌توان دستگاه معادله‌های حاکم بر جریان انرژی را نوشت. از آنجایی که مراحل با هم ارتباط دارند، روابط نوشته شده نیز با هم در ارتباط خواهند بود. بدین ترتیب مجموعه‌ای از معادله‌ها بصورت دستگاه شکل می‌گیرد که جریان مواد و انرژی را در کل الگوی سیستم انرژی بر اساس قوانین حاکم بر جریان‌ها منعکس می‌سازد. این مجموعه معادله‌ها جایگزین تابع تکنولوژی در مدل خواهند شد که نامشخص بود.

یکی دیگر از قیده‌های سیستم انرژی کشور، موجودی نهاده‌های انرژی می‌باشد. در واقع این قید بیان می‌کند که

اکتشاف جدید + موجودی ذخایر  $\leq$  برداشت از نهاده‌های انرژی

$$\sum_{t=1}^T F_{j,t} \leq R_{j,0} + \sum_{t=1}^T D_{j,t}$$

در این رابطه:  $F_{j,t}$ : میزان برداشت نهاده  $j$  از ذخایر، در زمان  $t$   
 $R_{j,0}$ : موجودی اولیه نهاده انرژی  $j$  (به عنوان نمونه منابع شناخته شده نفت) در زمان  $t$

$D_{j,t}$ : بیانگر افزایش در موجودی نهاده انرژی  $j$  در اثر اکتشاف منابع جدید در زمان  $t$  می‌باشد.

قید سوم به محدودیت استفاده از یک نهاده انرژی در کشور ارتباط می‌یابد. در این قید نشان داده می‌شود که به عنوان نمونه در انرژی تجدیدپذیر حداکثر به میزان  $A$  پتانسیل برای استفاده وجود دارد.

$$F_{k,t} \leq A_{k,t}$$

در این قید  $F_{k,t}$ : میزان استفاده از نهاده  $k$  در زمان  $t$   
 $A_{k,t}$ : محدودیت استفاده از نهاده انرژی  $k$  در زمان  $t$  است.

قید چهارم بیانگر غیرمنفی بودن مقدار نهاده انرژی در سیستم کشور می‌باشد که به صورت زیر قابل بیان است.

$$F_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, n$$

- منحنی بار میدان و منبع انرژی که نشان دهنده این است که میدان مورد نظر دارای چه مقدار منابع انرژی است و میزان استفاده از آن چقدر است و نرخ رشد جریان استفاده چه میزان می‌تواند باشد به همراه ماکزیمم برداشت از میدان باید مشخص شود.

- قیمت‌های منابع انرژی که تعیین کننده این است که هزینه فرصت هر کدام از حامل‌های انرژی چه میزان باید در نظر گرفته شود، ارائه می‌شود.

- سال پایه‌ای که اطلاعات مدل به آن داده شده، سال ۱۳۸۲ در نظر گرفته شد و مقاطع زمانی که که نتایج مدل استخراج شده سال‌های ۱۳۷۳، ۱۳۷۸، ۱۳۸۸ و ۱۴۰۰ می‌باشد. نکته قابل یادآوری در مقاطع زمانی انتخاب شده این است که سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۷۸ به این دلیل انتخاب شده‌اند تا کارکرد صحیح مدل و قدرت آن در پیش‌بینی مورد آزمون قرار گیرد. لذا برای بررسی کارکرد درست این روش‌شناسی لازم بود تا نتایج مدل با اطلاعات واقعی جامعه مورد مقایسه قرار گیرد و قدرت مدل در پیش بینی سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۴۰۰ به نوعی بررسی گردد. در واقع تطبیق نتایج مدل با شرایط واقعی جامعه نشان می‌دهد که کارکرد مدل تا چه اندازه صحیح است و پس از اطمینان از کارکرد صحیح مدل می‌توان پتانسیل دوره گذشته را برای اجرای سیاست‌ها محاسبه کرد و در دوره آینده نیز نقش و تاثیر سیاست‌ها را بررسی کرد. در اینجا پس از اعتبار بخشی و آزمون نتایج مدل با اطلاعات واقعی، به ارزیابی سیاست‌های مدیریت تقاضا پرداخته می‌شود. نتایج مدل در جدول (۱) ارائه گردیده است.

جدول (۱) - مقایسه نتایج حاصل از مدل با ارقام واقعی با استفاده از

ادامه وضع موجود در سناریوی پایه

ارقام به میلیون بشکه معادل نفت خام

سال	سال	سال	سال	عنوان	
۱۴۰۰	۱۳۸۸	۱۳۷۷	۱۳۷۳		
1768	1232	820.8	650.4	عرضه انرژی اولیه	نتایج مدل
1394.6	960.9	599.5	458	تقاضای انرژی نهایی	
-	-	812.7	687.7	عرضه انرژی اولیه	واقعی
-	-	589.1	511.2	تقاضای انرژی نهایی	
-	-	1.0	-5.4	عرضه انرژی اولیه	درصد انحراف مدل از واقعیت
-	-	1.8	-10.4	تقاضای انرژی نهایی	

با توجه به جدول فوق مشخص می‌شود که نتایج مدل به نحو قابل قبولی می‌تواند گویای واقعیت‌های بخش انرژی باشد. در

## ۶) برآورد مدل و ارزیابی سیاست‌های مدیریت تقاضا با

### استفاده از مدل یکپارچه انرژی

توسعه مدل انرژی براساس نظریه اقتصادی بنگاه و حل آن به روش مستقیم مستلزم آن است که حجم وسیعی از اطلاعات در مورد ابعاد درونی سیستم و ارتباطات اجزاء درونی آن با یکدیگر و ارتباط سیستم انرژی با محیط بیرونی جمع‌آوری و ساختار سیستم براساس آن تعریف شود. ساختار مجموعه اطلاعات لازم برای توسعه و عملیاتی نمودن مدل شامل:

- کلیه حامل‌های انرژی که در شبکه انرژی کشور در جریان هستند، باید ارائه شود.

- با توجه به ویژگی مختلف مناطق کشور به لحاظ تولید و مصرف انرژی و گستردگی شبکه انتقال انرژی و تاثیر وسیع هزینه انتقال بر رقابت بین حامل‌های انرژی، کشور به نه منطقه جغرافیایی تفکیک شده است که دلایل آن عبارتند از: اول اینکه هزینه انتقال انرژی به عنوان یک شاخص مهم در نوع حامل انرژی تخصیص یافته بر مبنای حداقل هزینه سیستم دخالت داده شود. و دوم اینکه رقابت بین اقتصاد مقیاس و هزینه انتقال مشخص گردد.

- اطلاعات مربوط به انواع تکنولوژی موجود مورد استفاده در بخش انرژی کشور باید ارائه شود.

- موقعیت تکنولوژی مورد استفاده در منطقه بندی انجام شده (مناطق نه گانه) باید مشخص شود.

- هزینه‌های هر تکنولوژی مورد استفاده در الگوی سیستم انرژی کشور بر حسب دلار به کیلو وات به تفکیک هزینه‌های سرمایه‌ای، عملیاتی و هزینه‌های تعمیر و نگهداری ارائه شود.

- اطلاعات در مورد ظرفیت نیروگاهها و پالایشگاهها و سایر تاسیسات بخش انرژی ارائه شود.

- قیود و محدودیت‌هایی که در استفاده از تکنولوژی‌ها وجود دارد، باید ارائه شود.

- پارامترهای اقتصادی به عنوان آنچه که فضا و محیط تصمیم‌گیری بخش انرژی را شکل می‌دهند، مانند نرخ تنزیل که برابر ۸ درصد در نظر گرفته شده است، وارد می‌شود.

- انرژی مفید مورد نیاز در بخش‌های مختلف به عنوان متغیری برون‌زا باید به سیستم داده شود.

- منحنی بار نوسانات تقاضای بخش‌ها بر حسب چهار فصل سال باید ارائه شده شود

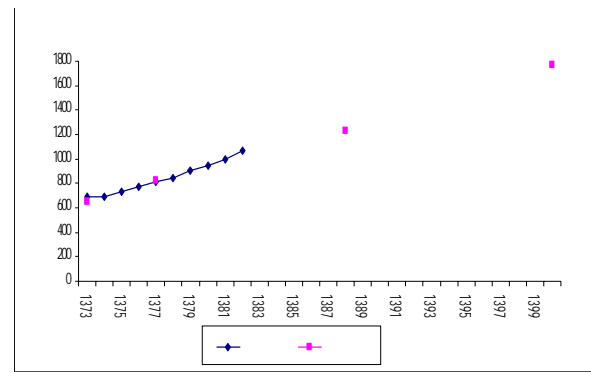
- توزیع میادین نفتی در هر یک از مناطق نه گانه باید ارائه شود.

برمی‌گردد در این محور به موضوع پرداخت یارانه توجه می‌شود. پرداخت یارانه در واقع با ملاحظه این مسئله صورت می‌گیرد که انرژی اولیه به صورت تقریباً رایگان در اختیار واحدهای پالایشگاهی قرار می‌گیرد و در این حالت فروش حامل‌ها مطابق قیمت‌های دستوری خواهد بود.

محور دوم به سیاست غیر قیمت‌گذاری می‌گردد. در این سیاست بهبود کارایی فنی وسایل مصرف کننده انرژی مورد توجه است. در واقع در این سیاست هر آنچه که تحت عنوان تدوین استانداردها، وضع قوانین، اعمال مقررات در راستای افزایش راندمان وسایل مصرف کننده انرژی و محدودیت برای تولید و عرضه وسایل و تجهیزات انرژی بر نام برده می‌شود جای می‌گیرد. همچنین در این محور سیاست پشتیبانی مالی تصمیمات سرمایه‌گذاری‌های مربوط به صرفه‌جویی انرژی و موضوع جایگزینی حامل‌های انرژی اقتصادی‌تر و کمک‌های مالی بلاعوض، تشویق‌های مالیاتی و اعطای وام‌های با بهره پایین، با تغییر قیمت‌های نسبی عوامل و کاهش قیمت نسبی سرمایه، تمایل برای سرمایه‌گذاری را افزایش و استفاده از تجهیزات و ماشین آلات کارتر و همچنین استفاده از انرژی‌های غیر فسیلی را افزایش می‌دهد.

نتایج ارزیابی سیاست‌های فوق‌الذکر در قالب پنج سناریو دنبال می‌گردد تا از مقایسه این نتایج با سناریوی پایه که در واقع ادامه روند موجود است، بتوان به انتخاب سیاست مناسب برای مدیریت تقاضا پرداخت. این نتایج دربرگیرنده تراز انرژی شامل انرژی اولیه، انرژی نهایی و همچنین میزان صرفه جویی در مقایسه با سناریوی پایه در هر یک از سناریوهای سیاستی است

واقع این حالت به عنوان سناریوی پایه، موقعیتی است که می‌تواند نتایج تمام سناریوهای سیاستی جهت مقایسه با آن مورد استفاده قرار گیرد. برای آنکه مطابقت واقعیت با سناریوی پایه بهتر مشخص شود در نمودار (۵) این ارقام در کنار هم ترسیم شده و اطلاعات برآورد شده به نوعی روند آینده را نیز با توجه به ثبات شرایط فعلی نشان می‌دهد.



نمودار ۵: مقایسه ارقام واقعی و برآوردی مدل از عرضه انرژی اولیه

نتایج ارزیابی سیاست‌های فوق‌الذکر در قالب پنج سناریوی سیاستی مورد اشاره ارائه می‌شود. تا از مقایسه این نتایج با سناریوی پایه که در واقع ادامه روند موجود است، بتوان به انتخاب سیاست مناسب برای مدیریت تقاضا پرداخت.

ارزیابی سیاست‌های مدیریت تقاضا مستلزم ملاحظه نکات و مواردی است که بر مبنای آنها سناریوهای سیاستی تدوین می‌شوند. این نکات و ملاحظات تشکیل دهنده هسته اصلی سیاست بوده و نوع نگرش و برخورد به مسئله مدیریت تقاضا را تشکیل می‌دهند. مواردی که در مواجهه با مسئله مدیریت تقاضا می‌توان بر مبنای مدل سیستم انرژی مورد ارزیابی قرار داد در دو محور زیر قرار می‌گیرند. محور اول به سیاست قیمتی

سناریوها	توضیحات
سناریوی پایه:	در این سناریو فرض شده که روند موجود ادامه یافته و وضعیت پرداخت یارانه‌ها همچنان تداوم یابد و هیچگونه سیاستی در قبال تغییر وضع موجود اتخاذ نگردد.
سناریوی دوم:	در این سناریو فرض اساسی این است که دولت با حذف یارانه انرژی و افزایش قیمت‌ها سعی در کنترل تقاضای انرژی داشته و در کنار این سیاست از روشهای دیگر استفاده ننماید.
سناریوی سوم:	در این سناریو فرض شده که دولت سیاست افزایش قیمت را دنبال نماید اما حذف یارانه انرژی را بطور کامل انجام ندهد بلکه با افزایش قیمت‌ها (نه لزوماً برابر با هزینه نهایی) سعی در کنترل تقاضای انرژی داشته و در کنار این سیاست از روشهای دیگر کمک نگیرد.
سناریوی چهارم:	در این سناریو فرض شده که دولت بدون هیچ تغییری در شرایط قیمت فعلی (قیمت‌ها در این سناریو همانند سناریوی پایه خواهند بود) تنها با کمک از سیاست غیر قیمت‌گذاری (سیاست جایگزینی در دستور کار دولت نیست) که در بر گیرنده تدوین استانداردها، وضع قوانین، اعمال مقررات در راستای افزایش راندمان وسایل مصرف کننده انرژی و محدودیت در تولید و عرضه وسایل و تجهیزات انرژی‌بر و آگاهی و اطلاع رسانی می‌باشد به اعمال

سیاست مدیریت تقاضا بپردازد.
سناریوی پنجم: در این سناریو فرض شده که دولت بدون هیچ تغییری در شرایط قیمت فعلی (قیمت ها در این سناریو همانند سناریوی پایه خواهند بود) تنها با کمک از سیاست غیر قیمتی جایگزینی حامل های انرژی به اعمال سیاست مدیریت تقاضا بپردازد.
سناریوی ششم: در این سناریو فرض شده که دولت به همراه سیاست قیمتی سیاست غیر قیمتی که در بر گیرنده موارد ذکر شده در سناریوی چهارم و پنجم سیاست غیر قیمتی می باشند را در دستور کار خود قرار دهد.

جدول (۲) وضعیت بخش انرژی کشور را در قالب شش سناریوی سیاستی بیان شده ارائه می نماید.

جدول (۲) - وضعیت عرضه و تقاضای انرژی در سناریوی پایه و

پنج سناریوی سیاستی

ارقام به میلیون بشکه معادل نفت خام

سال	سال	عنوان	
۱۴۰۰	۱۳۸۸		
1768	1232	عرضه انرژی اولیه	سناریوی پایه
1394.6	960.9	تقاضای انرژی نهایی	
1407.5	978.0	عرضه انرژی اولیه	سناریوی دوم
782.3	568.1	تقاضای انرژی نهایی	
1412.2	1026.8	عرضه انرژی اولیه	سناریوی سوم
785.4	637.5	تقاضای انرژی نهایی	
1746.5	1218.3	عرضه انرژی اولیه	سناریوی چهارم
1339.1	925.4	تقاضای انرژی نهایی	
1768.0	1232.0	عرضه انرژی اولیه	سناریوی پنجم
1394.6	960.9	تقاضای انرژی نهایی	
1353.6	934.3	عرضه انرژی اولیه	سناریوی ششم
728.9	527.1	تقاضای انرژی نهایی	

نتایج ارزیابی سیاست های فوق الذکر در قالب سناریوهای بیان شده با استفاده از تراز انرژی کشور و میزان صرفه جویی در عرضه انرژی اولیه و یا تقاضای انرژی نهایی در جدول (۳) ارائه شده است. مقایسه نتایج این سناریو ها، مبنایی برای انتخاب سیاست مناسب برای مدیریت تقاضا می باشد.

مقایسه نتایج سناریو های مختلف نشان می دهد که سناریوی شش یعنی سیاست ترکیبی قیمت و غیر قیمت می تواند برای کشور صرفه جویی انرژی بیشتری را بدنبال داشته باشد. به عبارت بهتر، سیاست ترکیبی کاهش یارانه انرژی (در راستای سیاست قیمتی) و پیگیری سیاست های صرفه جویی انرژی از طریق سیاست های غیر قیمتی با توجه به مدل بیشترین صرفه جویی را بدنبال خواهد داشت. لذا در این سناریوی سیاستی حرکت به سمت حذف یارانه از سیستم و به همراه آن بهبود کارایی فنی وسایل مصرف کننده انرژی تحت عنوان تدوین استانداردها، وضع قوانین، اعمال مقررات در راستای افزایش راندمان و محدودیت برای تولید و عرضه وسایل و تجهیزات انرژی بر در دستور کار قرار می گیرد.

جدول (۳) - میزان صرفه جویی در عرضه انرژی اولیه و یا تقاضای انرژی نهایی

سناریو های سیاستی در مقایسه با سناریوی پایه

ارقام به میلیون بشکه معادل نفت خام

سناریو	سال ۱۳۸۸		سال ۱۴۰۰	
	عرضه انرژی اولیه	تقاضای انرژی نهایی	عرضه انرژی اولیه	تقاضای انرژی نهایی
سناریوی دو	254.0	392.8	360.5	612.3
سناریوی سه	205.2	323.4	355.8	609.2
سناریوی چهار	13.7	35.5	21.5	55.5
سناریوی پنجم	0.0	0.0	0.0	0.0
سناریوی ششم	297.7	433.8	414.4	665.7

توسعه روند شدت انرژی نزولی بوده است. روند همین شاخص در ایران صعودی بوده است. بررسی نشان داد که این شاخص در کشور روندی متضاد روند آن در کشورهای توسعه یافته و بسیاری از کشورهای در حال توسعه داشته است. این تضاد

(۷) نتیجه گیری

بررسی روند شدت انرژی در کشورهای مختلف دنیا نشان داد که انرژی بری تولید در کشورها ی مختلف بطور متفاوتی تغییر یافته است. در کشورهای توسعه یافته و بسیاری از کشورهای در حال

کاهش قیمت نسبی سرمایه، تمایل برای سرمایه‌گذاری را افزایش و استفاده از تجهیزات و ماشین آلات کارتر و همچنین استفاده از انرژی‌های غیر فسیلی را افزایش می‌دهد. این شکل از دخالت دولت و جلوگیری از تخصیص منابع به سمت محصولات نا کارآمد، نمی‌تواند توسط مکانیزم بازار و ابزار قیمت صورت گیرد، بلکه لازم است ابزار دیگری تحت عنوان قوانین و استانداردها توسط دولت در کنار ابزار قیمت بکار گرفته شود تا تخصیص مطلوب‌تر منابع را موجب شود.

نتایج ارزیابی سیاست‌های فوق‌الذکر در قالب شش سناریو (یک سناریوی پایه و پنج سناریوی سیاستی) مورد بررسی قرار گرفت تا از مقایسه این نتایج با سناریوی پایه که در واقع ادامه روند موجود است، بتوان به انتخاب سیاست مناسب برای مدیریت تقاضا پرداخت.

مقایسه نتایج سناریوهای مختلف نشان می‌دهد که سناریوی شش یعنی سیاست ترکیبی قیمت و غیر قیمت می‌تواند برای کشور صرفه جویی انرژی بیشتری را بدنبال داشته باشد. به عبارت بهتر، سیاست ترکیبی کاهش یارانه انرژی (در راستای سیاست قیمتی) و پیگیری سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی از طریق سیاست‌های غیر قیمتی با توجه به مدل بیشترین صرفه‌جویی را بدنبال خواهد داشت. لذا در این سناریوی سیاستی حرکت به سمت حذف یارانه از سیستم و به همراه آن بهبود کارایی فنی وسایل مصرف کننده انرژی تحت عنوان تدوین استانداردها، وضع قوانین، اعمال مقررات در راستای افزایش راندمان و محدودیت برای تولید و عرضه وسایل و تجهیزات انرژی بر در دستور کار قرار می‌گیرد.

روندی نشان از اجرا و پیگیری سیاست‌هایی دارد که هنوز در کشور ایران جایگاهی نداشته و یا آن که جایگاه مناسب و قابل تأثیری نداشته است.

همچنین روند شاخص مصرف سرانه در کشورهای مختلف دنیا نیز مورد بررسی قرار گرفت که بررسی نشان دهنده یک روند کاملاً همسو بوده و در تمام کشورهای دنیا این شاخص روند فزاینده داشته است. بررسی وضعیت شاخص شدت انرژی و مصرف سرانه همه کشورهای دنیا در یک مقطع زمانی نیز نشان داد که اگر کشورهای مختلف در راستای مسیر رشد و توسعه با شاخص تولید ناخالص داخلی سرانه رتبه‌بندی شوند همراه با افزایش شاخص تولید سرانه شدت انرژی کاهش و شاخص مصرف سرانه افزایش می‌یابد. این مقایسه ایستا می‌تواند تجربه گرانبهایی از اجرای سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی باشد.

سیاست‌های مدیریت تقاضا در این مطالعه در دو محور بر مبنای مدل یکپارچه (سیستمی) انرژی مورد ارزیابی قرار گرفت. محور اول به سیاست قیمتی ارتباط یافته و اصولاً در این سیاست حذف یارانه های انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. محور دوم به سیاست غیر قیمتی ارتباط داشته که در واقع در این سیاست هر آنچه که تحت عنوان تدوین استانداردها، وضع قوانین، اعمال مقررات در راستای افزایش راندمان وسایل مصرف کننده انرژی و محدودیت برای تولید و عرضه وسایل و تجهیزات انرژی برجای می‌گیرد، مورد توجه قرار می‌دهد. همچنین در این سیاست پشتیبانی مالی تصمیمات سرمایه‌گذاری‌های مربوط به صرفه‌جویی انرژی و موضوع جایگزینی حامل های انرژی اقتصادی تر بجای حامل های انرژی با هزینه فرصت بالاتر در دستور کار قرار می‌گیرد. کمک‌های مالی بلاعوض، تشویق های مالیاتی و اعطای وام‌های با بهره پایین، با تغییر قیمت‌های نسبی عوامل و

## منابع و مأخذ

۱. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، گزارش اقتصادی و ترازنامه بانک مرکزی، سال‌های مختلف
۲. سبوحی، یدا. "دورنمای توسعه بخش انرژی در جمهوری اسلامی ایران" دانشگاه صنعتی شریف با همکاری موسسه عالی پژوهش در برنامه‌ریزی و توسعه، سازمان برنامه و بودجه، سال ۱۳۷۳
۳. شرکت پخش فرآورده‌های نفتی ایران، آمار تولید و مصرف فرآورده های نفتی، سال‌های مختلف
۴. موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی "طرح بهره‌گیری و کاربرد بهینه انرژی، جلد توسعه و انرژی، تجربه‌های جهانی و جلد تجربه‌های قیمت‌گذاری در صرفه‌جویی و جایگزینی انرژی"، وزارت نفت، سال ۱۳۷۴
۵. موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی "راهکارهای منطقی کردن و صرفه‌جویی در مصرف انرژی داخل کشور با تأکید بر حساس‌سازی جامعه"، وزارت نفت، زمستان ۱۳۸۰
6. Griffin, J. M. and Steele, H. B. "Energy Economic and Policy," Academic press College division, 1986, PP. 34-67

7. Joskow, P. L. ",Testimony Before The subcommittee in Energy and power House Committee oa Energy and Commerce Congress of the united states," center for the Energy policy Research , M . I. T, 1988.
8. Kibune, Hisao, "Micro Economics for Demand – Side Management, " Center for Energy policy Research , M . I. T, 1991, PP.1-24
9. Levine, M. D. and Sonnenblick,R.,",On the Assessment of Utility Demand-Side Management Programs ," Energy Policy, Special Issue, Markets for Energy Efficiency, Vol22 , No 10, 1994
10. Nichols, A. L. ,",Demand-Side Management, Overcoming Market Barriers or Obscuring Real Costs?," Energy Policy, Special Issue, Markets for Energy Efficiency, Vol 22, No 10, 1994, PP. 840-847
11. Pachauri, R. K.,",Energy and Development," New Delhi: Tata energy Research Institute, 1998
12. Scheraga, J. D. ,",Energy and the Eviroment," Energy Policy, Special Issue, Markets for Energy Efficiency, Vol 22, No 10, 1994, PP. 798-803
13. Saboohi, y. ,",Energy System Model," The Chncal Report Con Cepts and Formulation, Sharif Energy Research Institute (SERI) Sharif University of Technology, February 2004, PP.1-49
14. Wirl, F. ,",On the Unprofitability of Utility Demand-Side Conservation Programmes," Energy Economics, Vol 16, N. 1 ,1994, PP.46-53
15. World Bank, "Energy Efficiency Policies and Indicators," WEC Report 2001