

# دور نمای توسعه بخش انرژی در جمهوری اسلامی ایران

یدالله سبوحی

سرپرست بخش هسته‌ای

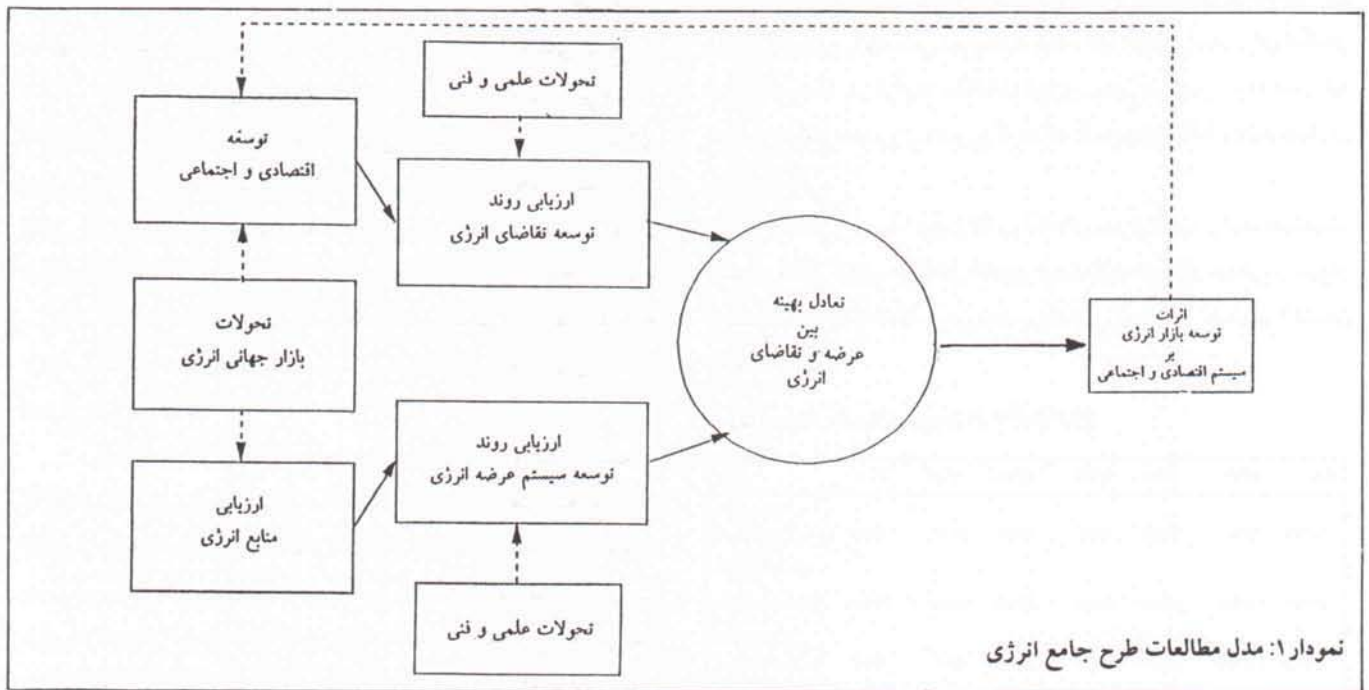
دانشگاه صنعتی شریف

در فرآیند انتشار سه شماره از ویژه‌نامه انرژی نشریه علمی شریف، جناب آقای دکتر سبوحی، با تلاش وافر - که نشان از روحیه همکاری و علمی ایشان دارد - در به انجام رساندن، به بارنشتن و بالا بردن کیفیت و پویایی مطالب و مقالات مجله، همت بسیار به خرج دادند. ایشان با وجود مشغله‌های فراوان علمی - تحقیقاتی، بزرگوارانه مجله را در تمامی مراحل انتشار یاری دادند. همکاری ایشان با مؤسسه عالی پژوهش در برنامه ریزی و توسعه - که با هدف پیشبرد تحقیقات کاربردی توسعه‌ای در راستای حل مسائل کشور و نهادینه کردن تحقیقات انرژی، مطالعات طرح جامع انرژی کشور را با همکاری دانشگاه صنعتی شریف به انجام می‌رساند - نمونه درستی از فعالیت علمی - کاربردی ایشان است. مقاله زیر - که مبین این همکاری است - چکیده طرح تفصیلی پروژه علمی طرح جامع انرژی کشور در مؤسسه عالی پژوهش در برنامه ریزی و توسعه و دانشگاه صنعتی شریف است که جناب آقای دکتر سبوحی مسئولیت اجرایی آن را عهده‌دار بوده‌اند.

شایسته است بدین وسیله، از زحمات ایشان و نیز از همکاری مؤسسه عالی پژوهشی در برنامه‌ریزی و توسعه، تشکر و قدردانی شود.

سیستم انرژی با محیط زیست و میزان بهره برداری از منابع انرژی اولیه، عناوین پرسشهایی هستند که در بخش انرژی کشور مطرح می‌باشند و پاسخ به آنها، از الزامات تدوین خط مشی انرژی محسوب می‌شود. در چهارچوب مطالعات طرح جامع انرژی کشور، ارزیابی تعادل بهینه بین عرضه و تقاضای انرژی، موضوع اصلی بررسیها بوده و برای این منظور، از مجموعه مدلهای «رشد اقتصادی و بهره برداری بهینه از منابع انرژی، «تقاضای انرژی» و «سیستم عرضه انرژی» استفاده شده است (نمودار ۱). به کمک مجموعه مدلهای به هم پیوسته مزبور، سعی بر آن بوده است دور نمای تحول تعادل عرضه و تقاضای انرژی و توسعه بهینه سیستم انرژی کشور بررسی شود تا بر پایه آن، بتوان پاسخهای منطقی برای پرسشهای مزبور یافت. لذا در نوشتار حاضر، سعی بر این است چکیده نتایج کلی مطالعات انرژی به طور مختصر مرور شده و چشم انداز تحولات بخش انرژی به تصویر در آید. برای این منظور، ابتدا موضوع بهره برداری بهینه

در فرآیند توسعه انرژی کشور، سه مسئله عمده مطرح است که پاسخ به آنها موضوع مهم مباحث انرژی است. مسئله اول، ارتباط متقابل بخش انرژی و رشد اقتصادی است. ارزیابی تحولات بلندمدت، کنش و واکنش سیستم انرژی و نظام اقتصادی، از موارد پیچیده توسعه اقتصادی و تدوین خط مشی انرژی به شمار می‌آید. مسئله دوم، روند تقاضای انرژی در بخشهای اقتصادی و اجتماعی است. تغییرات کمی و کیفی احتیاجات انرژی کشور، تحت تأثیر تحول سطح زندگی و توسعه نظام اقتصادی است و ارزیابی دامنه آن، موضوع مهم تعادل بلندمدت عرضه و تقاضای انرژی است که تنها می‌تواند بر پایه درک عمیق تر الگوی مصرف جامعه و دگرگونیها در فرآیندهای تولیدی و خدماتی صورت گیرد. مسئله سوم، چگونگی تأمین انرژی مفید مورد نیاز در بخشهای اقتصادی و اجتماعی است. ترکیب مناسب حاملهای انرژی، انتخاب تکنولوژیهای تبدیل، انتقال و توزیع انرژی و گسترش ظرفیت سیستمهای انرژی و سازگاری



نمودار ۱: مدل مطالعات طرح جامع انرژی

بتدریج بر سهم مصرف داخلی نفت در استخراج آن افزوده شده است. در دهه‌های چهل و پنجاه شمسی، علاوه بر تولید و صدور نفت که یک مسئله اساسی به شمار می‌آمد، تخصیص آن به مصارف داخلی و توسعه پالایشگاهها، از موارد بحث در بخش انرژی کشور بوده است.

چگونگی تخصیص منابع انرژی فسیلی به امر صادرات و مصارف داخلی، در سالهای اخیر به دلیل محدودیت تولید بر اثر تحولات بازار جهانی انرژی و نیز پایان پذیری ذخایر نفت کشور، به یک مسئله جدی و حاد در فرآیند توسعه اقتصادی تبدیل شده است. همچنین، وابستگی شدید نظام اقتصادی به صادرات و در آمد ارزی نفت وضعیتی را پدید آورده که نفت خام به عنوان یک منبع درآمد ارزی دارای اهمیت باشد ضمن آنکه، توسعه فعالیت‌های تولیدی و خدماتی و بهبود سطح زندگی مردم با افزایش مصرف حامل‌های انرژی همراه است. در نتیجه امر، رقابت بین مصرف داخلی نفت و صادرات آن به منظور تأمین تقاضای ارز در فرآیند توسعه، حدت یافته است. از این رو، ارزیابی روند تخصیص منابع انرژی کشور به مصارف داخلی و صادرات آنها، از مباحث اصلی مطالعات انرژی به شمار می‌آید.

برای ارزیابی تخصیص بهینه منابع انرژی کشور، مدل رشد اقتصادی مبتنی بر کنترل بهینه در فرآیند مطالعات طرح جامع انرژی توسعه پیدا کرده است. در چهارچوب این مدل، تولید محصولات در هشت بخش اقتصادی (کشاورزی، معدن، صنعت، آب و برق و گاز، نفت، ساختمان، حمل و نقل و ارتباطات، خدمات و تجاری) و مصرف محصولات، به صورت توابع رفتاری در نظر گرفته می‌شود و شکل توابع بر

از منابع انرژی کشور مورد بحث قرار می‌گیرد و پس از اشاره‌ای مختصر به چشم انداز رشد اقتصادی، تبیین ارتباط توسعه و تقاضای انرژی پی گرفته می‌شود. به دنبال توضیح تحول کمی و کیفی نیاز به انرژی، چگونگی تأمین آن از طریق سازماندهی بهینه بخش انرژی، موضوع بررسی خواهد بود و در این فرآیند، ساختار سیستم انرژی و تغییرات آن در بلند مدت تشریح می‌گردد.

### ۱- بهره برداری بهینه از منابع انرژی فسیلی

وجود ذخایر سرشار منابع انرژی فسیلی در خلیج فارس و مناطق خشکی کشور، موهبتی است که گسترش مزیت نسبی نظام اقتصادی در عرصه بین‌المللی را به همراه داشته است. ذخایر انرژی فسیلی، پتانسیل وسیعی برای رشد اقتصادی فراهم آورده و در چند دهه گذشته، عرضه آن در بازار جهانی سبب شده است تا امکانات اقتصادی کشور گسترش یابد و فرصت مناسبی برای تسریع امر توسعه اقتصادی فراهم آید. از اوایل قرن بیستم، تولید و صادرات نفت خام در ایران شروع شده و بتدریج به مهم‌ترین منبع درآمد ارزی کشور تبدیل گشته است. تا نیم قرن گذشته، تولید نفت خام به طور عمده به منظور صدور آن به ممالک صنعتی صورت می‌گرفت و مصرف انرژیهای فسیلی در داخل کشور، رقم بسیار ناچیزی بود. از این رو، چگونگی تولید و صادرات نفت خام مهم‌ترین موضوع سیاسی و اقتصادی در بخش انرژی به شمار می‌آمد. در چند دهه گذشته، به دلیل رشد اقتصادی و تغییر ساختار نظام اقتصادی و اجتماعی، مصرف حامل‌های انرژی تجاری - بویژه فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی و برق - در بخش‌های اقتصادی و سطح جامعه گسترش یافته و



مرجع در نظر گرفته شد. سناریو مرجع به هیچ وجه وضعیت محتمل یا قابل پیش‌بینی را منعکس نمی‌سازد بلکه، تنها ابزاری است برای امکان‌سنجی گزینه‌ها. در فرآیند مطالعات انرژی، سعی بر این بوده است تا سناریو مرجع به صورتی تدوین گردد که تا حدودی ادامه روند جاری منظور شود.

سناریو مرجع، مجموعه روندهای مربوط به رشد جمعیت، مصرف منابع انرژی در داخل کشور، قیمت نفت در بازار جهانی و میزان برگشت سرمایه را انعکاس می‌دهد. روندهای مزبور در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- روند متغیرهای بیرونی در سناریو مرجع

متغیر	۱۳۶۸	۱۳۷۳	۱۳۷۸	۱۳۸۳	۱۳۸۸	۱۳۹۳	۱۴۰۰
۱- جمعیت (میلیون نفر)	۵۲/۵	۶۱/۶	۶۸/۸	۷۶/۷	۸۲/۹	۹۳/۶	۱۰۶/۲
۲- مصرف نفت (میلیون بشکه نفت)	۳۶۳/۱	۴۵۹/۸	۵۷۲/۵	۷۰۵/۶	۸۵۸/۶	۱۰۳۲/۱	۱۳۱۷/۰
۳- تولید گاز طبیعی (میلیارد متر مکعب)	۲۷/۲	۹۷/۲	۱۸۹/۴	۳۶۱/۳	۶۵۶/۴	۱۱۶۸/۵	۲۲۵۳/۸
۴- تولید برق (میلیارد کیلووات ساعت)	۲۸/۷	۷۷/۳	۱۱۸/۷	۱۷۹/۲	۲۶۲/۹	۳۷۹/۳	۶۰۹/۵
۵- قیمت نفت (دلار برای یک بشکه)	۱۶/۷	۱۹/۳	۲۱/۱	۲۲/۲	۲۳/۲	۲۳/۸	۲۲/۳
۶- میزان برگشت سرمایه (//B)	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰

پس از تدوین سناریو مرجع، روندهای دیگری متفاوت از سناریو مرجع برای متغیرهای بیرونی منظور گردید. در مورد مصرف منابع انرژی در داخل کشور و قیمت نفت در بازار جهانی، چهار حالت در نظر گرفته شده و برای سود سرمایه دو وضعیت با بهره‌وری نهایی سرمایه متناسب با میزان برگشت در بازار بین‌المللی (۷ درصد در سال) و بهره‌وری نهایی سرمایه پایین (۳ درصد در سال) فرض می‌شود. بر پایه روندهای مزبور، سناریوهای گوناگونی بر اثر تغییر هر یک از متغیرها، گزینه‌های متفاوتی به دست می‌آید. ساختار سناریو توسعه اقتصادی در نمودار ۲ نشان می‌دهد که با انتخاب یک حالت، آثار تحول متغیرهای بیرونی نسبت به مقدار آن در سناریو مرجع صراحت پیدا می‌کند. در مرحله بعدی، با تغییر یک متغیر در هر زمان گزینه‌ای حاصل شده که تفاوت نتایج مربوط با سناریو مرجع - که انعکاس دامنه آثار یک عامل خارجی بر روند توسعه است - را مشخص می‌سازد. در ردیف بعدی نمودار ساختار سناریو، گزینه‌های مربوط به تغییرات ترکیبی از متغیرها ارائه شده است که آثار تحول همزمان عوامل بر بهره‌برداری از منابع را نشان می‌دهد. در ردیف نهایی، سه گزینه پایه، رشد بالا و پایین مشخص شده که به ترتیب، وضعیت‌های پایدار و افراطی را انعکاس می‌دهند.

اساس اطلاعات تاریخی مشخص می‌گردد. سرمایه‌گذاری در هر یک از بخشهای اقتصادی به کمک روابط رفتاری معین شده و بر مبنای نتایج آن، انباشت سرمایه برآورد می‌شود. صادرات محصولات داخلی و نیز صدور منابع انرژی، به عنوان دو اقدام مهم صادراتی ملحوظ شده و واردات کالای مصرفی، واسطه‌ای و سرمایه‌ای نیز به صورت تابعی از تحول تقاضای نهایی، ارزش افزوده بخشهای اقتصادی و انباشت سرمایه، در مدل انعکاس پیدا می‌کند. بدین ترتیب، مجموعه توابع رفتاری عرضه و تقاضا و صادرات و واردات، پیکره مدل رشد اقتصادی را تشکیل می‌دهند که سطح تولید و مصرف متغیرهای وضعیت و سرمایه‌گذاری، به عنوان متغیر کنترل عمل می‌کند.

صادرات، دارای دو زیر بخش صادرات نفت و گاز و صدور کالاهای غیر نفتی است. میزان صادرات کالاهای غیر نفتی به صورت تابعی از سطح تولید در بخشهای اقتصادی و نیز شاخص قیمت‌های صادراتی ملحوظ می‌شود و درآمد حاصل از صادرات نفت و گاز، به صورت تابعی از قیمت نفت خام و مقدار صدور آن انعکاس پیدا می‌کند. میزان ذخایر انرژیهای فسیلی، بر اساس سطح ذخایر در دوره قبل، میزان مصرف داخلی و صادرات نفت خام و نیز اکتشاف منابع جدید تعیین گشته و به این طریق، محدودیت مربوط به پایان‌پذیری منابع انرژی در نظر گرفته می‌شود.

مدل بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی، ابزار تحلیلی است که به کمک آن اولاً، رقابت بین مصرف داخلی و صادرات انرژی بررسی می‌شود و ثانیاً، روند رشد اقتصادی و تغییرات ساختار آن مورد شناسایی قرار می‌گیرد. در این مقاله، نتایج کلی حاصل از کاربرد مدل مزبور به طور مختصر ارائه شده و بحث موضوع به طور کلی، به توضیح اجمالی رشد اقتصادی، تولید و صادرات نفت و چشم‌انداز رشد اقتصادی محدود می‌گردد.

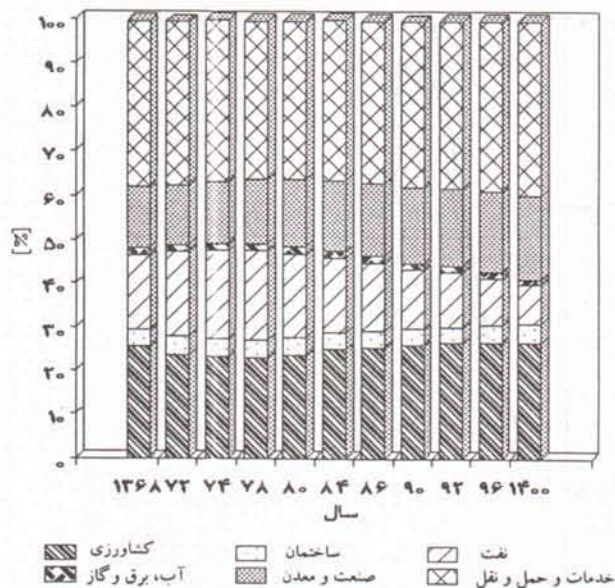
### ۱-۱- چشم‌انداز رشد اقتصادی و بهره‌برداری از منابع انرژی ساختار سناریوهای توسعه اقتصادی

در مدل توسعه اقتصادی و بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی، مهم‌ترین متغیرهای بیرونی جمعیت، مصرف نفت، گاز طبیعی و برق در داخل کشور، قیمت نفت در بازار جهانی و میزان برگشت سرمایه هستند. متغیرهای مزبور، شاخصهای سیاستگذاری (کاهش مصرف انرژی در داخل کشور، افزایش بهره‌وری سرمایه، سطح ذخایر ارزی کشور) یا عوامل خارجی اقتصاد (قیمت نفت در بازار جهانی) هستند که فرآیند توسعه را متاثر می‌سازند.

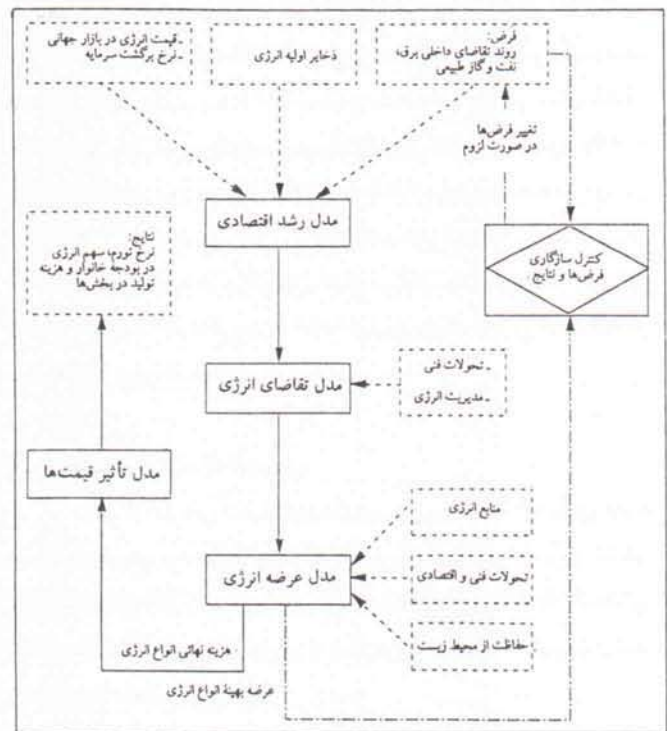
برای اینکه بتوان دامنه آثار تغییرات عوامل بر روند امور را ارزیابی کرد، لازم است معیار مقایسه تعریف شود. از این رو، یک سناریو

مطالعه (۱۴۰۰ - ۱۳۹۰)، رشد تولید ناخالص داخلی تداوم یافته و به ۱۸ هزار و ۷۰۳ میلیارد ریال می‌رسد. تولید ناخالص داخلی سرانه، از روند رشد اقتصادی و جمعیت تأثیر می‌پذیرد. در کل دوره زمانی مورد مطالعه (۱۴۰۰ - ۱۳۶۸)، تولید به موازات رشد جمعیت افزایش می‌یابد و تولید ناخالص داخلی سرانه در سطح ۱۷۵ هزار ریال باقی می‌ماند. در این سناریو، به دلیل روند فزاینده مصرف انرژی در داخل کشور، محدودیت صادرات نفت و تنگناهای اقتصادی ناشی از آن، ترسیم چشم‌انداز روشنی از بهبود سطح زندگی مردم به سختی امکان پذیر است.

روند تحولات ساختار تولید ناخالص داخلی در نمودار ۴ مشاهده می‌شود. توسعه اقتصادی در دو دهه گذشته و بویژه در دهه پس از پیروزی انقلاب اسلامی، با افزایش سهم کشاورزی و صنعت در تولید ناخالص داخلی همراه بود و علی‌رغم آنکه سهم نفت در برخی سالهای دهه ۶۰ (ه.ش) رشد یافته ولی در مقایسه با مقادیر آن در سالهای ۵۷ - ۱۳۳۸ - که بین ۳۵ و ۵۰ درصد قرار داشت - رقم اندکی (بین ۱۰ الی ۱۸ درصد) داشته است. رشد تولید در بخش کشاورزی و فعالیتهای خدماتی در نیمه اول دهه پس از پیروزی انقلاب اسلامی، افت تولید ناخالص داخلی ناشی از کاهش درآمد نفت را تا حدودی جبران ساخته ولی در نیمه دوم دهه مزبور، تحولات اقتصادی در راستای جایگزین ساختن فعالیتهای خدماتی با تولیدات صنعتی و معدنی سمت‌گیری داشته است. تداوم این فرآیند در سه دهه پایانی سده کنونی، نتیجه عمده مدل توسعه اقتصادی است. سهم صنعت و معدن در تولید ناخالص داخلی از ۱۳/۶



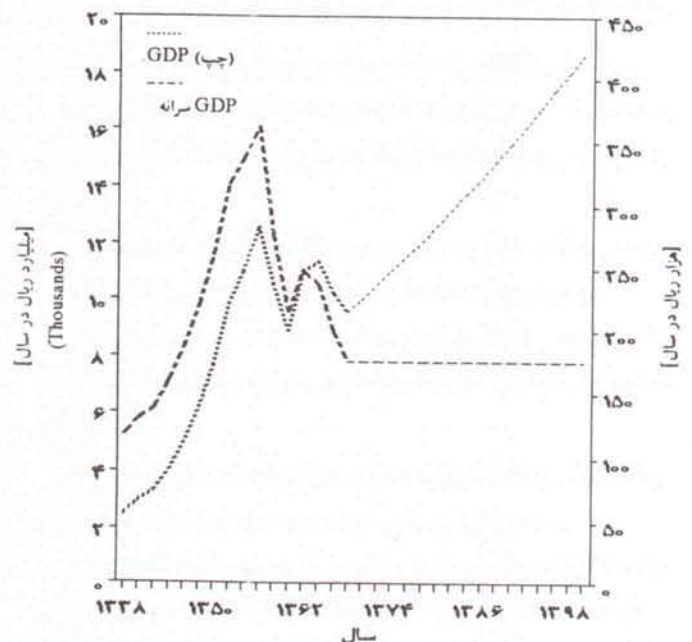
نمودار ۴: توسعه سهم بخشهای اقتصادی در تولید ناخالص داخلی (سناریو مرجع)



نمودار ۲: ارتباط مجموعه مدل‌های انرژی با یکدیگر

## ۱-۲- رشد اقتصادی در سناریو مرجع

تولید ناخالص داخلی طی یک سیر صعودی، از ۲/۹۵۶۰ میلیارد ریال در سال ۱۳۶۸ به ۱۵ هزار و ۵۲۵ میلیارد ریال - به قیمت ثابت سال ۱۳۶۱ - در سال ۱۳۹۰ افزایش پیدا می‌کند (نمودار ۳). در دهه آخر دوره



نمودار ۳: تولید ناخالص داخلی و سرانه در سناریو مرجع به قیمت‌های ثابت ۱۳۶۱



می‌دهد. تولید نفت از ۲/۹۵ میلیون بشکه در روز در سال ۱۳۶۸، به ۴/۴۲ میلیون بشکه در سال ۱۳۸۰ می‌رسد و بعد از آن، طی یک روند صعودی بسیار ملایم، به ۴/۶۰ میلیون بشکه در روز در سال ۱۳۸۸ افزایش می‌یابد. در این دوره، مصرف داخلی نفت از حدود ۰/۹۹۵ میلیون بشکه در روز در سال ۱۳۶۸، به ۲/۳۵ میلیون بشکه در روز در سال ۱۳۸۸ می‌رسد و به دلیل روند فزاینده مصرف داخلی، بعد از سال ۱۳۷۸، کاهش مداوم صادرات نفت اتفاق می‌افتد. حداکثر مقدار صادرات نفت در سه دهه آینده، قریب به ۲/۸۱ میلیون بشکه در روز است که در سال ۱۳۷۸ روی می‌دهد.

#### ۴-۱- چشم‌انداز توسعه اقتصادی

پس از ارزیابی آثار متغیرهای بیرونی بر توسعه اقتصادی همراه با سناریو مرجع، سه حالت عمده که ترکیبی از تغییرات عوامل را نشان می‌دهند، تحت عنوان سناریوهای پایه، رشد پایین و رشد بالا انتخاب شدند. مقایسه سناریوهای مزبور با سناریو مرجع، دامنه تغییرات رشد اقتصادی را منعکس می‌سازد.

نمودار ۶، روند توسعه تولید ناخالص داخلی در سناریوهای مرجع، پایه، رشد پایین و رشد بالا را نشان می‌دهد. در سناریو با رشد بالا، همراه با افزایش قیمت نفت به ۳۰ دلار برای یک بشکه در سال ۱۴۰۰، خط‌مشی صرفه‌جویی انرژی نیز پی گرفته می‌شود. در این حالت، امکان افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه کاملاً فراهم است. روند تولید ناخالص داخلی سرانه در سناریوهای مختلف، مبین این واقعیت است که تنها در صورت پیگیری مداوم خط‌مشی صرفه‌جویی انرژی (سناریوهای با رشد بالا و پایه)، می‌توان بهبود سطح درآمد ملی را انتظار داشت.

ارزیابی تحولات اقتصادی به کمک «مدل توسعه اقتصادی و بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی»، به طور خلاصه چنین جمع‌بندی می‌شود:

الف) رشد اقتصادی با کاهش سهم نفت در تولید ناخالص داخلی همراه است که از محدودیت ذخایر و صادرات نفت ناشی می‌شود.

ب) در بلندمدت، رشد اقتصادی از طریق افزایش حجم سرمایه و سرمایه‌گذاری امکان‌پذیر است و امکان استفاده از منابع دیگر محدود می‌شود.

ج) مدیریت تقاضای انرژی در بخشهای اقتصادی و اجتماعی، پتانسیل رشد اقتصادی را به صورت وسیع‌گسترش می‌دهد.

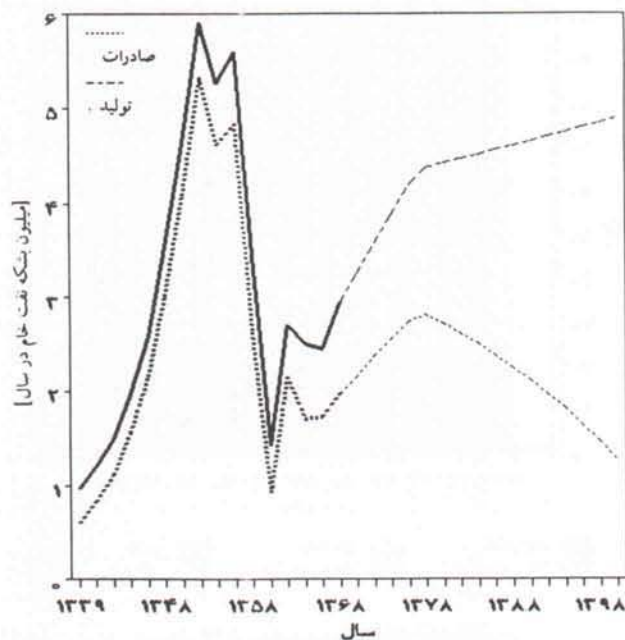
د) ارتقاء سطح بهره‌وری سرمایه و انرژی و سایر منابع اقتصادی، از ملزومات توسعه پایدار است و تأکید بر تحول فرآیندها و محصولات در جهت افزایش بازده و کیفیت، رونق اقتصادی و تحقق آرمانهای اجتماعی را در پی دارد.

درصد در سال ۱۳۶۸ به ۱۵/۱ درصد در سال ۱۳۸۰ و ۱۹/۲ درصد در سال ۱۴۰۰ افزایش می‌یابد و سهم کشاورزی در حدود ۲۵ الی ۲۶ درصد باقی می‌ماند. سهم آب، برق و گاز از ۱/۹ درصد در سال ۱۳۶۸ به ۱/۷ درصد در سال ۱۳۸۰ و ۱/۳ درصد در سال ۱۴۰۰ تقلیل می‌یابد. سهم ساختمان‌ها در افزایش اندکی در دهه اول دوره مطالعه (از ۳/۹ درصد در سال ۱۳۷۰ به ۴ درصد در سال ۱۳۸۰)، در سال ۱۴۰۰ بالغ بر ۴/۴ درصد است. شایان توجه است که سهم بخشهای تولیدی و زیربنایی یعنی صنعت، کشاورزی، آب و برق و گاز و ساختمان، در تولید ناخالص داخلی - که در سال ۱۳۵۵ کمتر از ۲۷ درصد بود - به ۴۴/۴ درصد در سال ۱۳۸۰ و ۵۱/۳ درصد در سال ۱۴۰۰ افزایش می‌یابد.

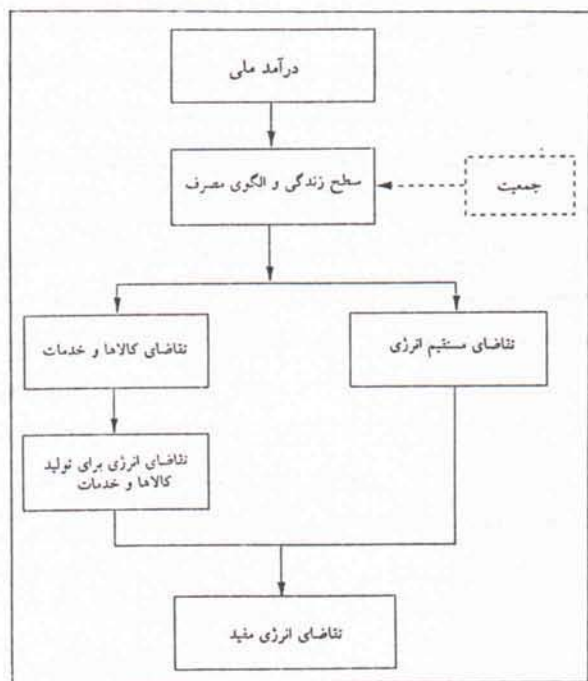
دورنمای تغییرات ساختار تولید ناخالص داخلی کشور، تأکید بر این واقعیت دارد که افزایش سهم بخشهای تولیدی در رشد اقتصادی و محدود ساختن فعالیتهای خدماتی، از الزامات توسعه است. نقش صنعت به عنوان محور توسعه اقتصادی و تأمین‌کننده عوامل تولید مورد نیاز در سایر بخشهای اقتصادی، مانند کشاورزی و ساختمان و انرژی، بارزتر می‌شود. در صورتی که افزایش بهره‌وری تولید در مجموعه نظام اقتصادی، هدف و مورد تأکید باشد، تأمین ابزار لازم برای تحقق آن مستلزم گسترش فعالیتهای صنعتی و سازماندهی صنعت در جهت ایجاد توازن پایدار در نظام اقتصادی است.

#### ۳-۱- تولید و صادرات نفت در سناریو مرجع

نمودار ۵، روند تولید و صادرات نفت در سناریو مرجع را نشان



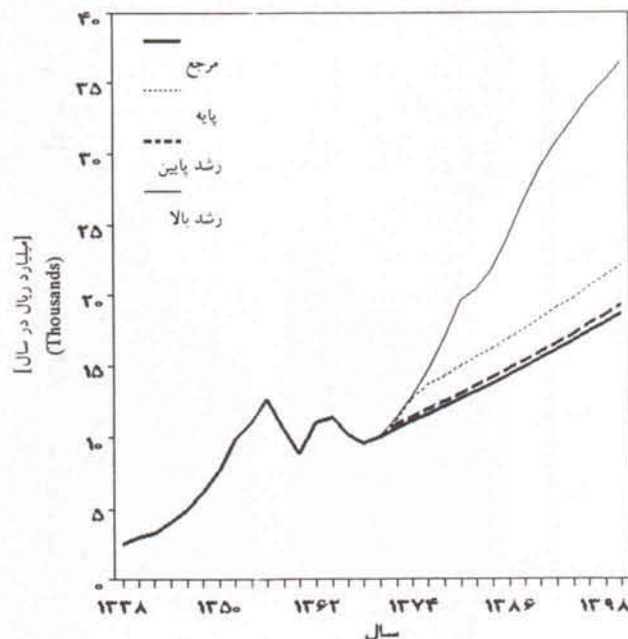
نمودار ۵: تولید و صادرات نفت در سناریو مرجع



نمودار ۷: شکل‌گیری تقاضای انرژی مفید در جامعه

لازمه فراهم آوردن آسایش، تأمین دمای مناسب است که از طریق گرمایش یا ایجاد سرمایش امکان پذیر خواهد بود. حمل و نقل، مستلزم صرف انرژی مکانیکی است. برای بخت و وز، از حرارت و آب گرم و برای نگهداری مواد غذایی و آشامیدنی، از برودت در یخچالها استفاده می‌شود. آموزش و بهداشت، فعالیتهای فرهنگی و گذران اوقات فراغت، در صورت فراهم شدن نور کافی و انرژی الکتریکی برای به جریان انداختن ابزار و ادوات سمعی و بصری و سایر تجهیزات انجام می‌پذیرد. بنابراین، تأمین احتیاجات زندگی، توسعه نیاز به انرژی مفید را در پی دارد.

تقاضای انرژی مفید، به دو صورت مستقیم و غیر مستقیم ظاهر می‌شود. نیاز مستقیم به انرژی مفید، ناشی از آن است که مصرف کالاها و فرآورده‌های لازم در زندگی با به کارگیری انرژی امکان پذیر می‌باشد. اما تولید، انتقال و توزیع کالاهای مورد مصرف، در فرآیندهای تولیدی و خدماتی صورت می‌گیرد و فرآورش منابع طبیعی، تغییر شکل مواد به روشهای فیزیکی و شیمیایی، تولید ترکیبات جدید، انتقال محصولات به مراکز مصرف و توزیع آنها، اموری هستند که در بخشهای اقتصادی یک جامعه، برای تأمین نیازهای زندگی، سازماندهی شده‌اند و پیشبرد فعالیتهای مزبور با به کارگیری حرارت در دماهای گوناگون، انرژی مکانیکی، نور و انتقال اطلاعات امکان پذیر است.

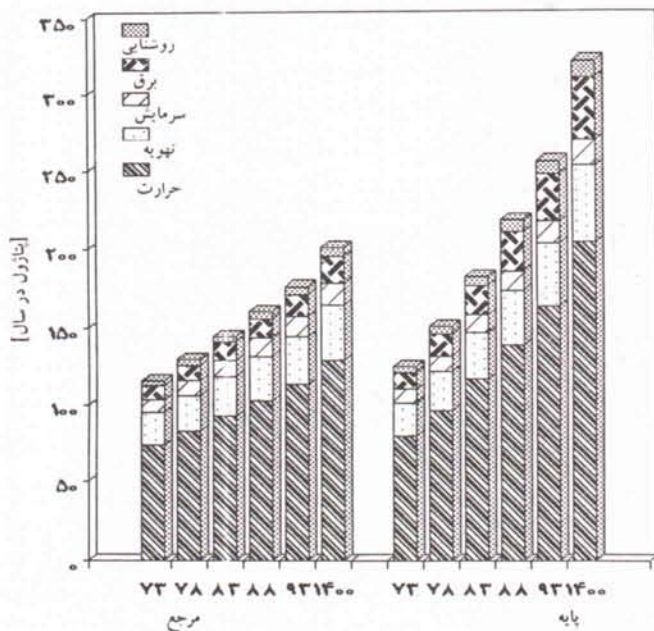


نمودار ۶: روند توسعه تولید ناخالص داخلی در چهار سناریو اصلی

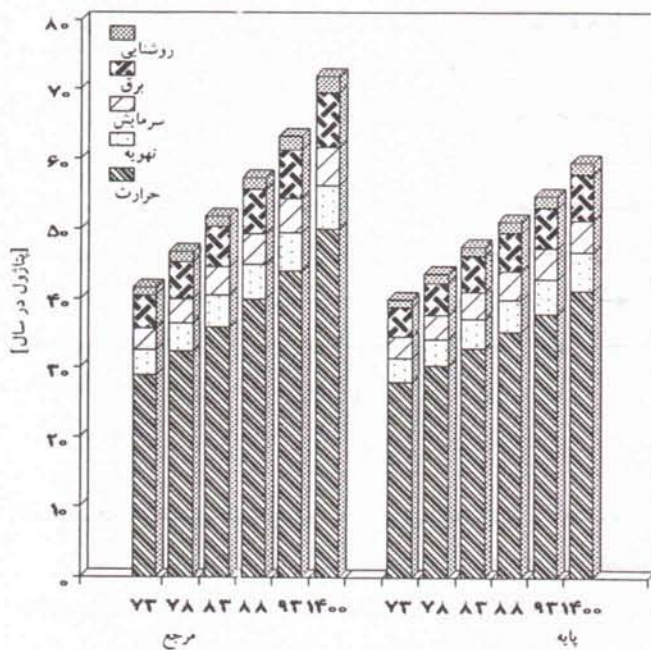
ها) نفت و ارز، از منابع محدود اقتصاد محسوب می‌شوند و به دلیل کمیابی، ارزش حاشیه‌ای آنها در سه دهه آینده افزایش پیدا می‌کند. استفاده بهینه از منابع انرژی و تخصیص کارای ارز در جهت جایگزینی واردات و گسترش صادرات، اهمیت بسزایی در فرآیند توسعه کسب می‌کند. مسیر مطمئن در فرآیند توسعه اقتصادی و اجتماعی، خط مشی اقتصادی است که افزایش بهره‌وری منابع اقتصادی و بویژه بهره‌برداری بهینه از سرمایه و منابع انرژی، مدیریت تقاضای انرژی در بخشهای اقتصادی و اجتماعی و تأکید بر ارتقاء سطح بازده تولید و بهبود کیفیت محصولات را در اولویت قرار می‌دهد.

۲- توسعه تقاضای انرژی در بخشهای اقتصادی و اجتماعی نیاز به انرژی، از احتیاجات انسان در زندگی فردی و اجتماعی مشتق می‌شود و در حقیقت، وسیله‌ای برای تأمین شرایط مناسب کار و زندگی است. در نمودار ۷، ملاحظه می‌شود که تأمین دمای مناسب در فضای مسکونی و محل کار، جابه‌جایی افراد و کالاها از نقطه‌ای به نقطه دیگر (حمل و نقل)، تغذیه، ارتباطات، مخابرات، پوشاک، آموزش و بهداشت، گذران اوقات فراغت و تفریح و فعالیتهای اجتماعی و فرهنگی، مجموعه‌ای است که عامل اساسی در شکل دهی به زندگی فردی و اجتماعی به شمار می‌آید. برآورد احتیاجات زندگی و انجام دادن فعالیتهای فردی و اجتماعی، با صرف انرژی مفید صورت می‌گیرد.





نمودار ۸: روند تقاضای انرژی مفید خانگی شهری در سناریوهای مرجع و پایه



نمودار ۹: روند تقاضای انرژی مفید خانگی روستایی در سناریوهای مرجع و پایه

برای خنک کردن فضاهای مسکونی، صورتهای عمده انرژی لازم محسوب می شود. بیش از ۸۰ درصد انرژی مفید برای تأمین شرایط مناسب زندگی و آسایش خانوارها مورد نیاز است و انرژی مفید حاصل از کاربرد انرژی الکتریکی در تجهیزات خانگی، تلویزیون و روشنایی، ۱۰

مطالعه جامع تقاضای انرژی مفید، ایجاب می کند که ارزیابی روند تقاضای انرژی مفید بر مبنای توسعه سطح زندگی، تحول نیازها در انطباق با آن، با عنایت به محدودیتهای اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست محیطی صورت گیرد. انجام این امر، برخورد نظام گرانه به تحولات تقاضای انرژی را لازم می سازد و کاربرد مدل تقاضای انرژی به عنوان ابزاری برای انعکاس روابط تابعی و علت و معلولی بین تقاضای انرژی و متغیرهای موثر بر آن، ضرورت می یابد. بنابراین، در فرآیند مطالعات طرح جامع انرژی کشور، مدل تقاضای انرژی، توسعه یافته و مورد استفاده قرار گرفت.

### ۲-۱- تقاضای انرژی مفید در بخش خانگی

انرژی مفید در بخش خانگی، به هفت شکل عمده در نظر گرفته شده است که به ترتیب عبارتند از:

- الف) تهویه فضای مسکونی
- ب) برودت در یخچالها
- ج) انرژی الکتریکی برای تجهیزات برقی خانگی
- د) گرمایش
- ه) آشپزی
- و) تلویزیون
- ز) روشنایی

پس از آنکه انواع اشکال انرژی مفید مورد استفاده در بخش خانگی یک خانوار متوسط شهری و روستایی در گروههای هزینه در سالهای دهه ۶۰ (ه. ش) برآورد شد، به ارزیابی روند تقاضای انرژی بر پایه سناریوهای «بهبود سطح زندگی اقشار کم درآمد» مبادرت شد. نمودارهای ۸ و ۹ انرژی مفید لازم در دو حالت مختلف مربوط به سیاستهای بهبود سطح زندگی اقشار کم درآمد در مناطق شهری و روستایی را نشان می دهند. در این نمودارها، حالت پایه وضعیتی را منعکس می سازد که بهبود سطح زندگی مردم پی گرفته شود و در حالت مرجع، توزیع درآمد بدون تغییر، فرض می شود. به طوری که مشاهده می گردد، در پی تحقق اهداف خط مشی اجتماعی مبنی بر بهبود سطح زندگی خانوارها در گروههای هزینه پایین، تقاضای انرژی مفید با سرعت بیشتری افزایش می یابد. در مناطق شهری، میانگین میزان رشد تقاضای انرژی مفید در حالتی «مرجع» و بهبود تدریجی سطح زندگی (پایه) به ترتیب، ۲/۱ و ۳/۶ درصد در سال در سه دهه آینده است. در مناطق روستایی، میانگین میزان افزایش سالانه تقاضای انرژی، برابر ۲/۱۱ و ۱/۵ درصد در سال در دو حالت مورد اشاره خواهد بود.

روند تغییرات ساختار تقاضای انرژی مفید در سه دهه آینده، در جهت تأیید این امر است که گرمایش، حرارت برای پخت و پز و تهویه

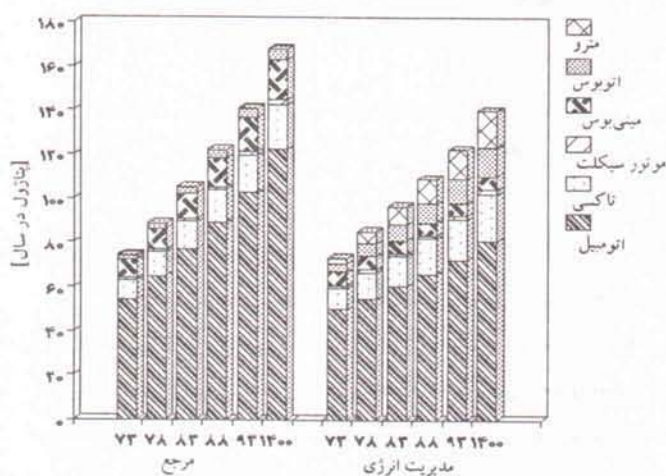


تقاضای انرژی در بخش صنعت، امکان صرفه‌جویی انرژی مفید به مقدار ۱۰ درصد در آینده فراهم است.

### ۳-۲- تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل

برآورد تقاضای انرژی مفید در بخش حمل و نقل در دو حالت مرجع و مدیریت انرژی در نمودارهای ۱۱ تا ۱۳ مشاهده می‌شود. در سناریو مرجع تقاضای انرژی، برای حمل و نقل شهری از ۷۵٪ پتاژول در سال ۱۳۷۳ به ۱۶۸/۷ پتاژول در سال ۱۴۰۰ افزایش می‌یابد ولی با اعمال مدیریت انرژی از طریق بهبود بازده وسایل ترابری و تغییر ساختار بخش حمل و نقل در راستای توسعه سهم حمل و نقل انبوه در خدمات ارائه شده، میزان تقاضای انرژی در سال ۱۴۰۰ بالغ بر ۱۴۰/۷ پتاژول است که در مقایسه با تداوم وضعیت و ساختار موجود، معادل ۱۶/۶ درصد صرفه‌جویی حاصل می‌شود.

تقاضای انرژی مفید در بخش حمل و نقل مسافری بین شهری در حالت مرجع، از ۲۲/۲ پتاژول در سال ۱۳۷۳، به ۴۸/۸ پتاژول در سال ۱۴۰۰ ازدیاد پیدا می‌کند ولی در نتیجه اعمال مدیریت انرژی، می‌توان از میزان آن در سال ۱۴۰۰، به اندازه ۹/۸ درصد کاست. در بخش حمل و نقل باری، کامیون عمده‌ترین سیستم برای جا به جایی کالاهاست و در تقاضای انرژی مفید، دارای بیشترین سهم است. مقدار تقاضای انرژی مفید در بخش حمل و نقل باری در حالت مرجع، از ۱۰۴/۹ پتاژول در سال ۱۳۷۳، به ۲۷۲/۷ پتاژول در سال ۱۴۰۰ افزایش می‌یابد. مدیریت انرژی می‌تواند زمینه لازم برای کاهش تقاضای انرژی مفید به میزان ۳۰/۳ درصد در سال ۱۴۰۰- در مقایسه با سناریو مرجع- را فراهم سازد.



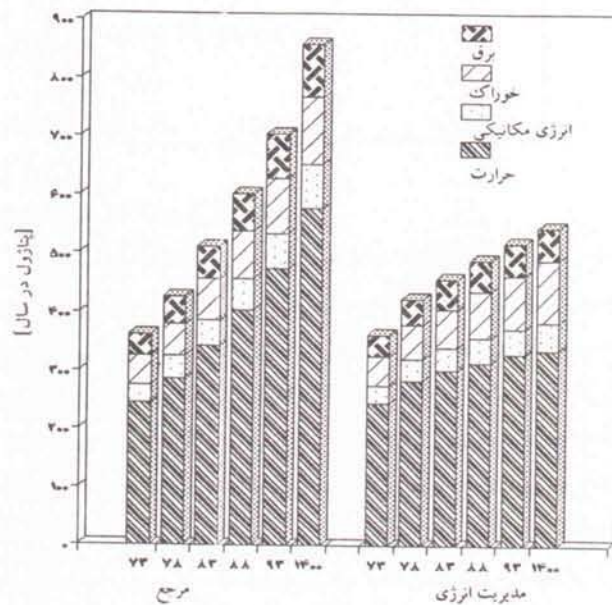
نمودار ۱۱: تقاضای انرژی مفید در بخش حمل و نقل شهری در سناریوی مختلف

درصد آن را تشکیل می‌دهد. مقایسه روند تقاضای انرژی مفید در شهرها و روستاها، به این امر می‌انجامد که انرژی مورد نیاز خانوارهای شهری در سناریو «بهبود تدریجی سطح زندگی» (پایه) از ۱۰۳/۵ پتاژول\* در سال ۱۳۶۸، به ۳۲۲/۷۸ پتاژول در سال ۱۴۰۰ ازدیاد پیدا می‌کند که رشدی معادل ۳/۶ درصد در سال در دوره ۱۴۰۰-۱۳۶۸ را نشان می‌دهد. در مقابل آن، تقاضای انرژی مفید مردم در روستاها از ۳۶/۹۸ پتاژول به ۵۹/۶۸ پتاژول در سه دهه آینده افزایش پیدا می‌کند که میانگین میزان رشد آن، برابر ۱/۵ درصد در سال است.

### ۲-۲- روند تقاضای انرژی مفید در بخش صنعت

برآورد انرژی مفید مورد استفاده در بخش صنعت، بیانگر آن است که حرارت، دارای بالاترین سهم در انرژی مفید است و بعد از آن، نیروی محرکه، بیشترین کاربرد را در فرآیندهای صنعتی دارد. برق غیر قابل جایگزین، در موارد خاصی مانند تأمین روشنایی، برودت و امواج به کار می‌رود.

تداوم وضعیت موجود سبب می‌شود تا تقاضای انرژی مفید در بخش صنعت از ۳۲۹ پتاژول در سال ۱۳۶۸، به ۴۲۹ پتاژول در سال ۱۳۷۸ و ۸۵۹ پتاژول در سال ۱۴۰۰ افزایش پیدا کند. با اعمال مدیریت انرژی، امکان کند کردن روند صعودی تقاضای انرژی مفید فراهم می‌شود و میانگین میزان رشد سالانه آن از ۳/۰ درصد در سال در دهه آینده، به ۱/۶ درصد در سال کاهش می‌یابد. روند توسعه تقاضای انواع انرژی مفید در بخش صنعت در دو سناریو مرجع و مدیریت انرژی در نمودار ۱۰ نشان داده می‌شود و ملاحظه می‌گردد که با اندک فعالیتی در زمینه مدیریت



نمودار ۱۰: تقاضای انرژی مفید در بخش صنعت در سناریو مرجع و مدیریت انرژی

\* پتاژول برابر ۱۰<sup>۱۵</sup> ژول است.



۱۳۵۰، به ۹/۳ بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۰ رسید. انرژی ببری کشاورزی در مقایسه با صنعت و خدمات، در سطح پایینی قرار دارد و در این بخش، تولید یک میلیون ریال ارزش افزوده با مصرف انرژی کمتری، در مقایسه با سایر اجزای نظام اقتصادی، امکان پذیر است. افزایش شدت انرژی کشاورزی، از مکانیزه شدن تولید در فرآیندها و استفاده وسیع از ماشین آلات در مناطق روستایی ناشی می شود.

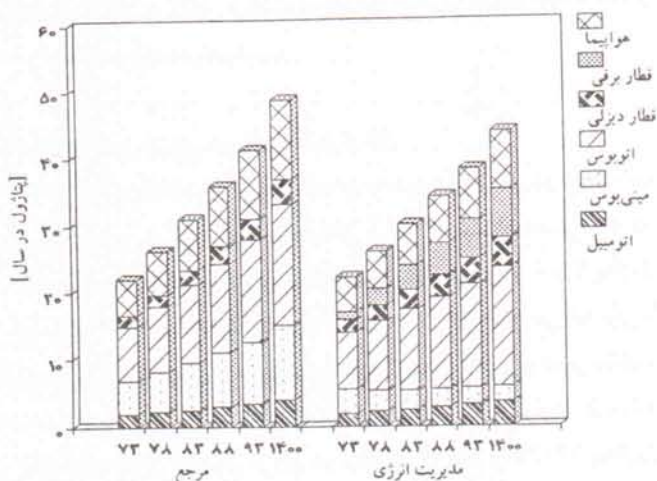
آمار و اطلاعات مصرف انرژی در بخش خدمات و تجاری بسیار محدود است و در اغلب موارد، میزان مصرف فرآورده های نفتی و گاز طبیعی در بخش تجاری، به همراه مصارف خانگی ارائه می شود. این مسئله، از معضلات عمده مطالعات تقاضای انرژی در بخش تجاری و خدمات است. بر اساس اطلاعات موجود، سهم بخش خدمات و تجاری در مصرف انرژی نهایی در سال ۱۳۶۸، برابر ۱۳ درصد بود. در این بخش، همانند بخش خانگی، انرژی برای تأمین گرمایش، حرارت برای آب گرم، تهویه، برودت، روشنایی و انرژی الکتریکی برای موارد غیر قابل جایگزین، مورد استفاده قرار می گیرد. شدت انرژی نهایی بخش تجاری و خدمات در سال ۱۳۶۸، قریب به ۲۵/۷ بشکه معادل نفت برای یک میلیون ریال برآورد می شود و شدت انرژی مفید آن مطابق جدول ۲ است.

جدول ۲- شدت انرژی مفید در بخش خدمات واحد: گیگاژول برای یک میلیون ریال

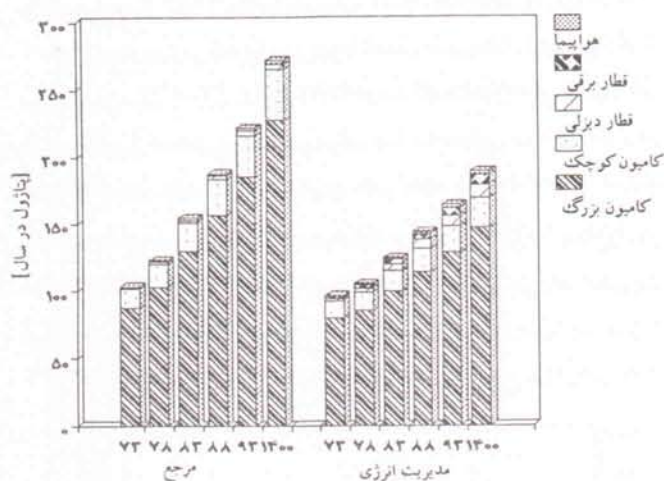
مورد مصرف انرژی	شدت انرژی
تهویه	۷/۷۰
برودت و سرمایش	۱/۰۹
برق غیر قابل جایگزین	۲/۳۰
حرارت	۸/۴۷
روشنایی	۳/۴۱

#### ۲-۵- روند تقاضای انرژی مفید

نسبت تقاضای انرژی مفید به تولید ناخالص داخلی در چهار سناریوی اصلی، نمایانگر این واقعیت است که مقدار تقاضای انرژی مفید در سناریوهای پایه و بالا - که دارای میزان رشد اقتصادی بالا هستند - روند نزولی طی می کند (نمودار ۱۴). این امر، گواه بر آن است که علی رغم رشد اقتصادی در سناریوهای پایه و رشد بالا و بهبود سطح زندگی، تقاضای انرژی مفید در سطح پایین تری قرار دارد و دستیابی به اهداف توسعه، با استفاده از انرژی کمتر صورت می گیرد. در سناریو مرجع، مقدار انرژی مفید لازم برای یک میلیون ریال تولید ناخالص داخلی، از ۸۱/۲ گیگاژول در سال ۱۳۷۳، به ۱۰۲ گیگاژول در سال ۱۴۰۰ افزایش پیدا می کند در صورتی که در سناریوهای پایه و رشد بالا، مقدار انرژی مفید



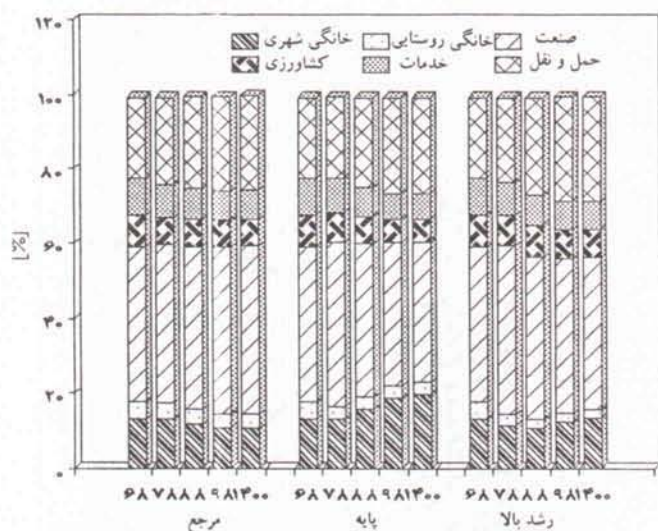
نمودار ۱۲: تقاضای انرژی مفید در بخش حمل و نقل بین شهری در سناریوی مختلف



نمودار ۱۳: تقاضای انرژی مفید در بخش حمل و نقل باری در سناریوی مختلف

#### ۲-۴- روند تقاضای انرژی در سایر بخشها

بخشهای تجاری، خدمات و کشاورزی، از دیگر بخشهایی هستند که سهم قابل توجهی در مصرف انرژی کشور دارند. در بخش کشاورزی، انرژی برای تأمین نیروی محرکه در ماشین آلات و پمپ آب مورد استفاده قرار می گیرد و گازوئیل و برق، عمده ترین حاملهای انرژی مورد مصرف به شمار می آیند. مصرف انرژی نهایی در بخش کشاورزی از ۳/۵ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۴۷، به ۲۹/۶ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۰ افزایش پیدا کرد و شدت انرژی (مقدار مصرف انرژی برای یک واحد ارزش افزوده) در یک سیر صعودی، از ۵ بشکه معادل نفت برای یک میلیون ریال (به قیمت ثابت سال ۱۳۶۱) در سال

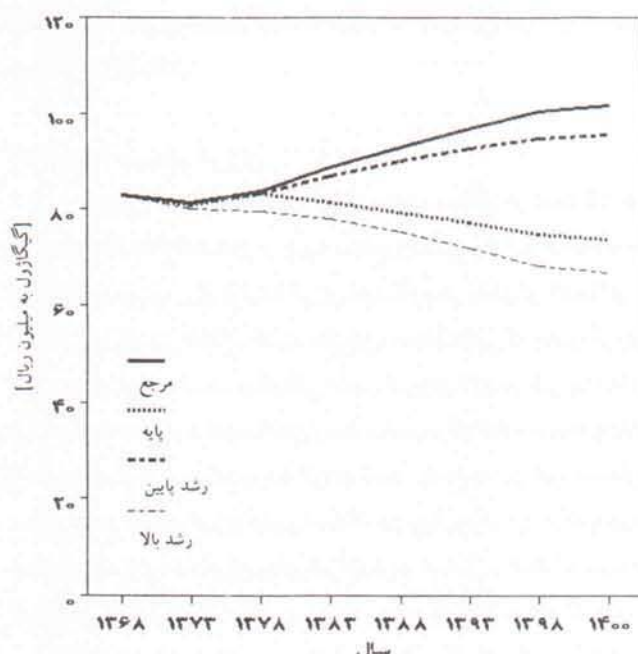


نمودار ۱۵: روند سهم بخشها در تقاضای انرژی مفید

خدماتی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سناریو پایه، بهبود سطح زندگی اقشار کم درآمد مورد نظر است و به تبع آن، تقاضای انرژی مفید در بخش خانگی با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد و سهم بالایی کسب می‌کند. در سناریو با رشد اقتصادی بالا، در عین حال که بهبود سطح زندگی اقشار کم درآمد تحقق می‌یابد اما به سبب توسعه سریع فعالیتهای اقتصادی - بویژه در یک دهه و نیم اول دوره مورد مطالعه - سهم بخش خانگی در تقاضای انرژی مفید تقلیل می‌یابد.

نگاهی به روند تغییرات سهم بخشهای اقتصادی و اجتماعی در تقاضای انرژی مفید، نمایانگر آن است که صنعت و حمل و نقل دارای بیشترین سهم در تقاضای انرژی مفید هستند و در سناریو مرجع، جمع سهم دو بخش مزبور از ۶۸/۳ درصد در سال ۱۳۶۸، به ۷۰/۷ درصد در سال ۱۴۰۰ افزایش می‌یابد. در سناریو با رشد اقتصادی بالا، سهم صنعت و حمل و نقل در تقاضای انرژی مفید به ۶۹ درصد در سال ۱۴۰۰ می‌رسد. سهم بالای بخش صنعت، حمل و نقل و خانگی در تقاضای انرژی مفید - که جمعاً برابر ۸۶ درصد در سال ۱۳۶۸ و ۸۵/۱ درصد در سال ۱۴۰۰ در سناریو مرجع است - نشان می‌دهد که سه بخش مزبور به همراه بخش خدمات و تجاری - با سهمی برابر ۱۰ درصد در سال ۱۳۶۸ و ۷/۹ درصد در سال ۱۴۰۰ - عمده‌ترین مصرف کنندگان انرژی بوده و خواهند بود.

در نمودار ۱۶، موارد استفاده از انرژی مفید نشان داده شده است. سهم حرارت و تهویه در تقاضای انرژی مفید در سال ۱۳۶۸، برابر ۴۹/۱ درصد و سهم انرژی مکانیکی، معادل ۳۳/۴ درصد بود و جمعاً، ۸۲/۵



نمودار ۱۴: روند نسبت تقاضای انرژی مفید به تولید ناخالص داخلی

لازم برای یک میلیون ریال تولید ناخالص داخلی در سال ۱۴۰۰، به ترتیب به ۷۳/۷ و ۶۶/۶ گیگاژول تقلیل می‌یابد. کاهش شدت انرژی مفید در فرآیندهای تولیدی و خدماتی از طریق مدیریت انرژی، از عوامل موثر بر تقاضای انرژی مفید است و در نتیجه، میزان رشد تقاضای انرژی مفید در سطح پایینی قرار می‌گیرد.

در نمودار ۱۵، سهم بخشهای اقتصادی و اجتماعی در تقاضای انرژی مفید در حالت‌های مختلف مشاهده می‌شود. در سناریو مرجع، سهم صنعت و حمل و نقل، به ترتیب از ۴۱/۵ درصد و ۲۲/۳ درصد در سال ۱۳۶۸، به ۴۵ درصد و ۲۵/۷ درصد در سال ۱۴۰۰ افزایش می‌یابد اما تقاضای بخش خانگی - که ۱۷/۷ درصد انرژی مفید عرضه شده در جامعه را در سال ۱۳۶۸ مورد استفاده قرار می‌داد - به ۱۴/۴ درصد جمع تقاضای انرژی مفید در سال ۱۴۰۰ می‌رسد. در سناریو پایه، سهم بخش خانگی در تقاضای انرژی مفید از ۱۷/۷ درصد در سال ۱۳۶۸، به ۲۳/۵ درصد در سال ۱۴۰۰ افزایش پیدا می‌کند در حالی که در سناریو با رشد بالای اقتصاد، کاهش اندکی تا سال ۱۳۸۸ صورت می‌گیرد ولی مجدداً سیر صعودی یافته و در سال ۱۴۰۰، به ۱۵/۸ درصد بالغ می‌شود. دلیل اصلی این روندها آن است که در سناریو مرجع، بهبود سطح زندگی مردم به طور گسترده پی‌گیری نمی‌شود و به علت رشد تولیدات و فعالیتهای در بخشهای اقتصادی، انرژی مفید عرضه شده به طور عمده در فرآیندهای تولیدی و



از اهمیت شایانی برخوردار است که می‌تواند موضوع بررسی عمیق مدیریت انرژی باشد.

### ۳- توسعه سیستم انرژی

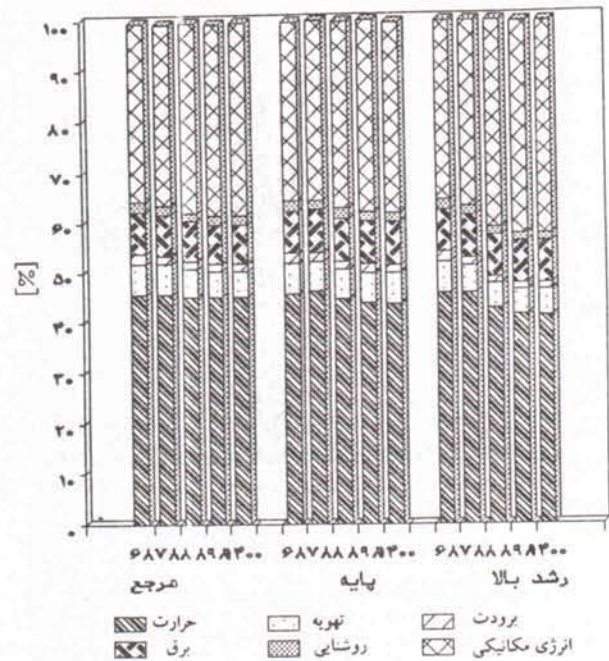
ارزیابی تغییرات تقاضای انرژی مفید، بیانگر آن است که در فرآیند توسعه نظام اقتصادی و بهبود سطح زندگی و ارائه امکانات و تسهیلات به مردم، روند فزاینده انرژی مفید لازم در بخشهای اقتصادی و اجتماعی را بایستی انتظار داشت. بنابراین، مسئله مهمی که بخش انرژی کشور با آن مواجه است، چگونگی تأمین انرژی لازم در فرآیندهای تولیدی و خدماتی و فراهم ساختن زمینه مناسب برای تداوم توسعه پایدار از طریق گسترش سیستم عرضه انرژی است. پاسخ به این امر، مستلزم تحلیل جامع سیستم انرژی کشور است که در چهارچوب آن، ترکیب بهینه حاملهای انرژی، تکنولوژیهای فرآورش و تبدیل و انتقال، توسعه ظرفیتهای تکنولوژیهای مناسب، روند بهره‌برداری از منابع انرژی و سرمایه‌گذاری در این بخش و سرانجام، هزینه حاشیه‌ای (نهایی) انرژی، مشخص و تعیین می‌گردند.

#### ۳-۱- توسعه سیستم عرضه انرژی در سناریو مرجع

مطالعه توسعه سیستم عرضه انرژی، هسته مرکزی مطالعات طرح جامع انرژی است و به نوعی، ارزیابی تعادل بهینه بین عرضه و تقاضای انرژی صورت می‌گیرد. در فرآیند این مطالعه، چگونگی تأمین انرژی مفید مورد تقاضا در بخشهای اقتصادی و اجتماعی - که برای توسعه پایدار جامعه و تداوم فعالیتها ضروری است - بررسی می‌شود و سعی بر آن است که راههای مختلف برآورد نیازهای انرژی جامعه، شناسایی گردد. ارزیابی تعادل بهینه عرضه و تقاضای انرژی و تحول آن بر اثر سیاستگذارها که هدف اصلی مطالعات انرژی است، در چهارچوب مطالعه توسعه سیستم عرضه انرژی صورت می‌گیرد و این تحلیل بر پایه بررسیهای مربوط به توسعه آتی تقاضای انرژی مفید و عوامل اقتصادی، فنی و زیست محیطی موثر بر سیستم انرژی، استوار است.

ساختار سناریو مطالعه توسعه سیستم عرضه انرژی، بر شالوده

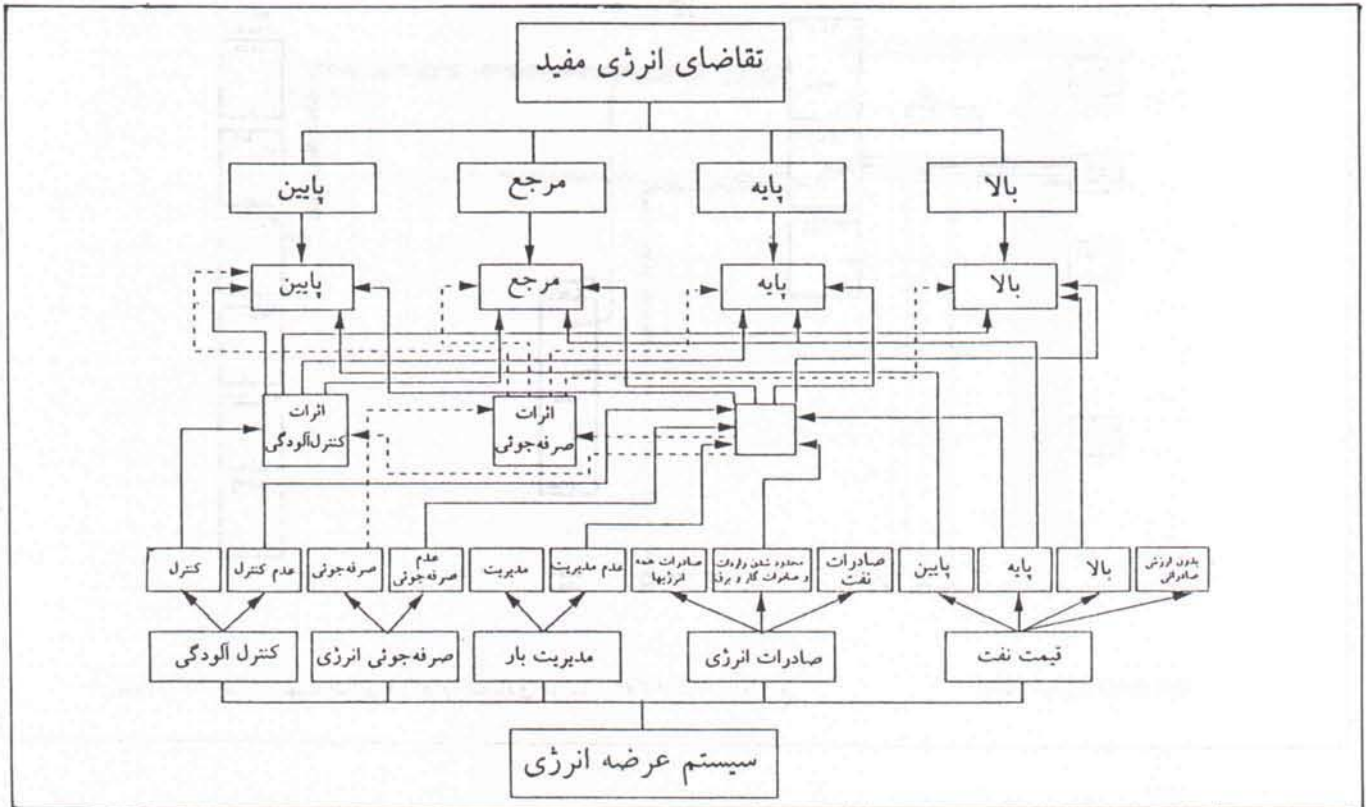
تحولات تقاضای انرژی مفید و تحولات اقتصادی و فنی در بخش انرژی تدوین گشته است (نمودار ۱۷). سناریوهای اصلی تقاضای انرژی مفید (سناریوهای مرجع، پایه، رشد پایین و بالا) چهارچوب تغییرات نیاز به انرژی مفید را منعکس می‌سازند. در رابطه با تحولات بخش انرژی نیز، پنج مورد در نمودار به عنوان موضوع تدوین سناریو انتخاب گردید تا به کمک آنها، اطلاعات لازم درباره برخی مسائل مهم مورد بحث در بخش انرژی کشور تهیه شود.



نمودار ۱۶: روند سهم تقاضای انرژی مفید

درصد انرژی مفید برای تأمین حرارت، سرمایه‌ش و نیروی محرکه لازم در بخشهای اقتصادی و اجتماعی مورد استفاده بوده است. روند تقاضای انرژی مفید در سه دهه آینده، نمایانگر آن است که در تمامی سناریوها، تأمین حرارت و نیروی محرکه، عمده‌ترین موارد استفاده انرژی خواهد بود.

بررسی روند تقاضای انرژی مفید در بخشهای اقتصادی و اجتماعی، نشان می‌دهد که افزایش تقاضای انرژی در فرآیند توسعه، یک رویداد گریزناپذیر است و توسعه پایدار جامعه، به چگونگی تأمین انرژی مفید مورد نیاز بستگی دارد. اما، میزان تقاضای انرژی مفید و تغییرات آن، به مدیریت انرژی و منابع اقتصادی کشور وابسته است. به طور قطع، می‌توان اذعان داشت که رشد اقتصادی بالا، افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه و بهبود سطح زندگی مردم، با مقدار شدت انرژی مفید کمتر از حدی که در حال حاضر مورد استفاده است، می‌تواند تحقق یابد. از سوی دیگر، رشد اقتصادی بالا و بهبود سطح زندگی مردم هنگامی عملی است که تلاش در جهت کاهش مقدار انرژی مفید به طور جدی پی گرفته شود. در صورتی که شدت انرژی مفید در کل نظام اقتصادی با حدی بین ۰/۴ درصدی تا ۰/۷ درصد در سال در دو یا سه دهه آینده تقلیل یابد، امکانات گسترده‌ای برای توسعه اقتصادی و اجتماعی فراهم می‌شود. دستیابی به چنین وضعیتی، مستلزم تدوین خط مشی جامع مدیریت انرژی و اجرای مداوم آن است. موارد استفاده انرژی نشان می‌دهد که کاهش شدت انرژی در بازار حرارت و تأمین نیروی محرکه به منظور افزایش بهره‌وری انرژی،



### ۲-۳- نمودار جریان انرژی در سناریو مرجع

تراز انرژی کشور در چند سال از سالهای دوره‌های زمانی مفروض در مطالعات انرژی (۱۳۷۳، ۱۳۷۸ و ۱۴۰۰) در نمودارهای ۱۸ تا ۲۰ در سناریو مرجع نشان داده شده است. در این حالت، تقاضای انرژی مفید، روند سناریو مرجع را داشته و امکان صرفه‌جویی انرژی، مدیریت بار و امر کنترل آلودگی محیط زیست ملحوظ نگشته و ارزش صادراتی نفت خام، صفر در نظر گرفته شده است. در حقیقت، سناریو مرجع، تا حدودی تداوم وضعیت کنونی بخش انرژی - اما بهترین حالت آن - است. به بیان دیگر، روند بهینه شرایط موجود و با امکانات در دسترس فعلی، در ترازهای انرژی انعکاس پیدا می‌کند. در این حالت، فرض بر آن است که حاملهای انرژی نهایی با هزینه حاشیه‌ای در اختیار مصرف‌کننده نهایی قرار می‌گیرد و سوبسید قیمت انرژی تداوم نمی‌یابد.

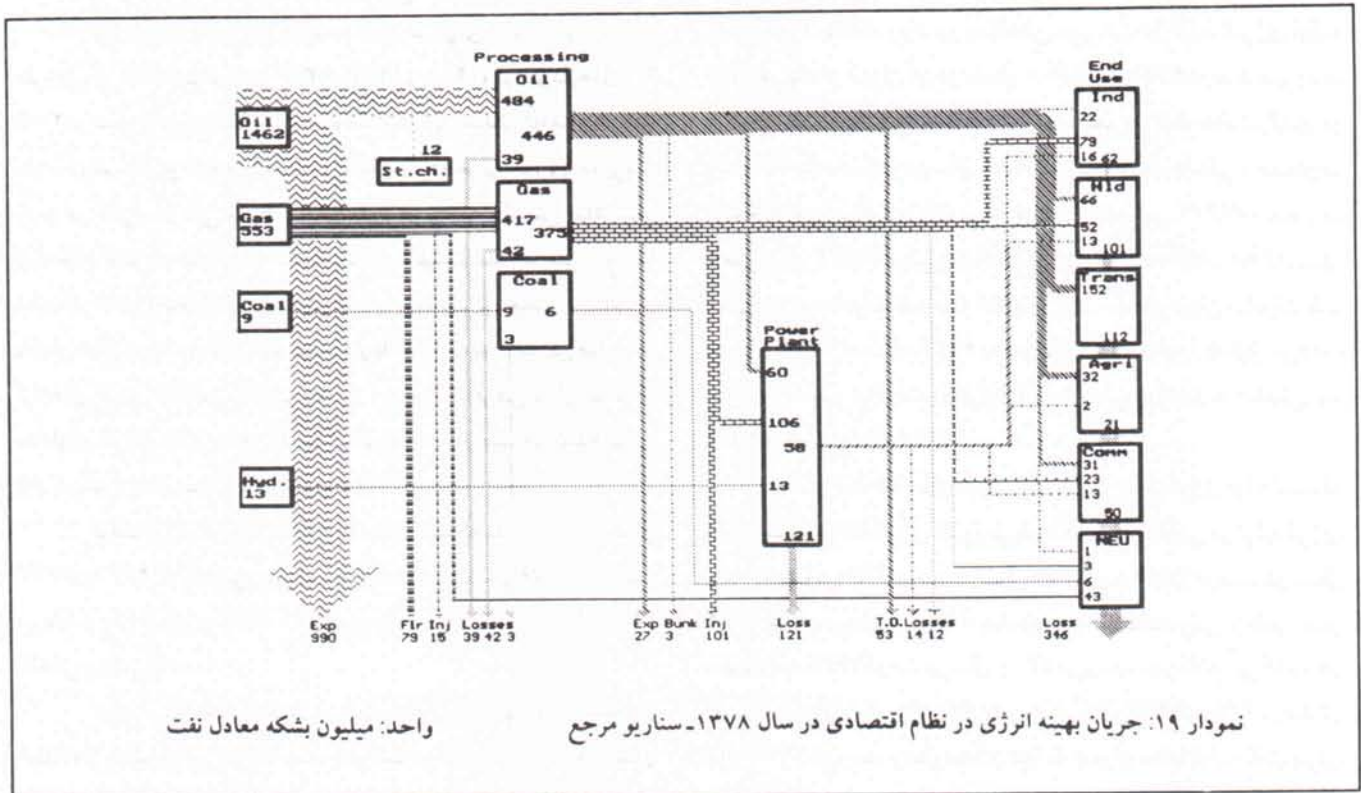
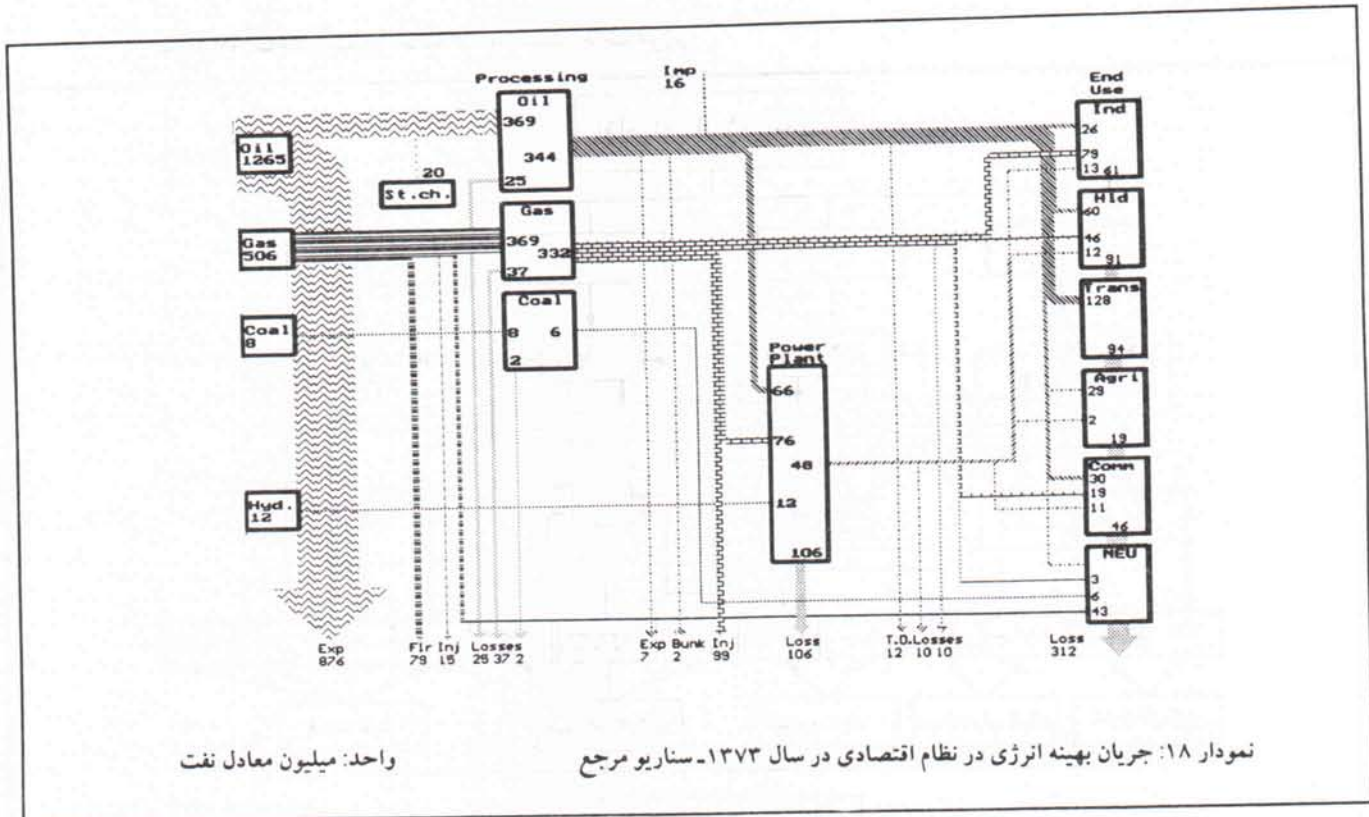
تولید انرژی اولیه از ۱۸۰۶/۵ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۳، به ۲۰۶۴/۴ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۸ افزایش می‌یابد و پس از آن، به ۲۰۰۳/۳ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۴۰۰ کاهش پیدا می‌کند.

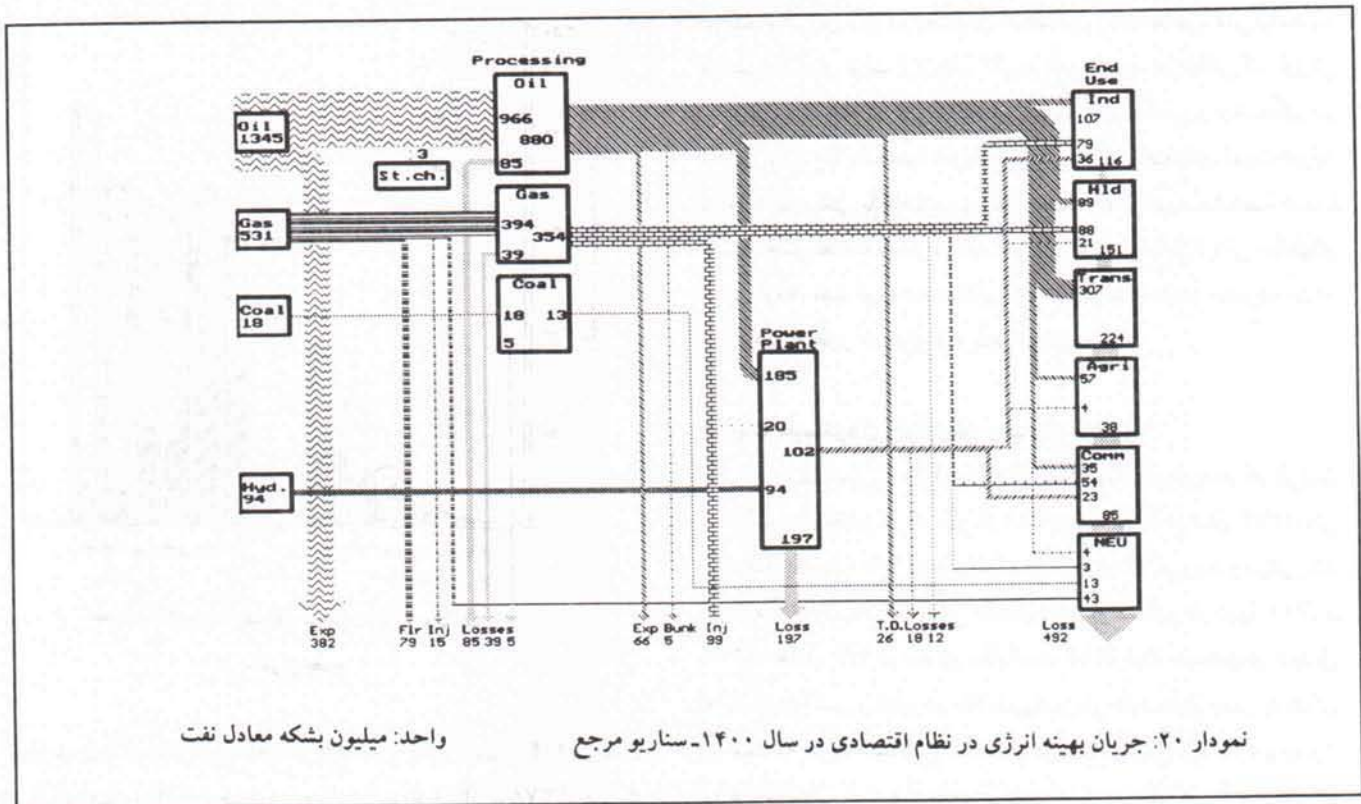
تولید انرژی اولیه، مشتمل بر نفت خام، گاز طبیعی، زغال سنگ و استفاده از پتانسیل آبی معادل است. سهم نفت در تولید انرژی اولیه در سال ۱۳۷۳، برابر ۷۰/۰ درصد است که به ۷۰/۸ درصد در سال ۱۳۷۸ افزایش

یافته و تا سال ۱۳۸۸، طی سیر نزولی، به ۶۹/۶ درصد می‌رسد. در دهه پایانی دوره مطالعه، روند رو به کاهش سهم نفت در تولید انرژی اولیه تداوم می‌یابد و میزان آن در سال ۱۴۰۰، به ۶۷/۱ درصد می‌رسد. صادرات نفت، مهم‌ترین و عمده‌ترین مورد مصرف نفت خام تولیدی در یک دهه آینده است و در سال ۱۳۸۸، میزان مصرف داخلی و صادرات نفت خام به یکدیگر نزدیک می‌شود (صادرات برابر ۷۸۴/۲ و مصرف داخلی برابر ۶۱۵/۴ میلیون بشکه است). در دوره ۱۴۰۰ - ۱۳۸۸، سیر نزولی سریع صادرات نفت خام اتفاق می‌افتد. حداکثر میزان صادرات نفت در سال ۱۳۷۸ است که ۶۷/۷ درصد تولید نفت خام را تشکیل می‌دهد. پس از آن، سهم صادرات در تولید نفت خام طی روند رو به کاهش، به ۲۸/۴ درصد در سال ۱۴۰۰ می‌رسد.

بعد از نفت خام، گاز طبیعی عمده‌ترین حامل انرژی اولیه است که وارد سیستم عرضه انرژی کشور می‌شود. سهم گاز طبیعی در تولید انرژی اولیه از حدود ۲۸/۰ درصد در سال ۱۳۷۳، به ۲۵/۷ درصد در سال ۱۳۸۸ تقلیل می‌یابد و در دهه پایانی دوره مطالعه، پس از طی سیر صعودی، به ۲۶/۵ درصد در سال ۱۴۰۰ می‌رسد. سهم منابع آبی کشور در تأمین انرژی اولیه، از حدود ۰/۷ درصد در سال ۱۳۷۳، به ۴/۷ درصد در سال ۱۴۰۰ می‌رسد. زغال سنگ، تنها به عنوان ماده اولیه کک برای مصارف صنعت ذوب آهن تولید می‌شود.

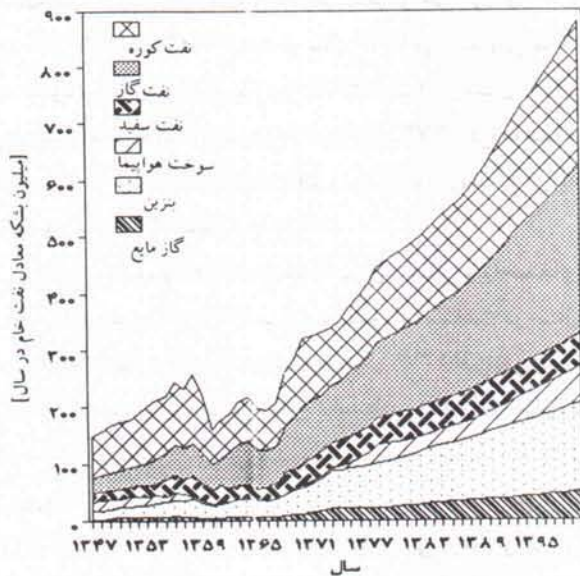






### تولید انرژیهای ثانویه

حاصل عملکرد نیروگاهها، پالایشگاههای نفت و گاز طبیعی، تولید حاملهای انرژی ثانویه است. تولید فرآوردههای نفتی از ۳۴۴/۰ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۳، به ۴۴۵/۷ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۴۰۰ افزایش می‌یابد. میانگین میزان رشد تولید فرآوردههای نفتی در دوره ۷۸-۱۳۷۳، برابر ۵/۳ درصد در سال و معادل ۳/۱ درصد در سال، در دو دهه پایانی دوره مورد مطالعه است. الگوی تولید پالایشگاهها (نمودار ۲۱)، در جهت افزایش سهم گازوییل در تولید فرآوردههای نفتی، تحول می‌یابد. افزایش سهم گازوییل در تولید فرآوردههای نفتی، از رشد فعالیتها در بخش حمل و نقل و ترجیح سیستمهای حمل و نقل دیزلی، به دلیل بازده بالای آنها، روی می‌دهد. کاهش سهم نفت سفید در تولید فرآوردههای نفتی نیز، معلول جایگزینی نفت سفید با گاز طبیعی در بخشهای خانگی، تجاری و خدمات است.



نمودار ۲۱: تولید فرآوردههای نفتی در سناریو مرجع

به طوری که در نمودار ۲۲ مشاهده می‌شود، سوخت نیروگاههای حرارتی از ۱۴۲/۳ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۳، به ۱۶۶/۲ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۸ (با میزان رشد معادل ۳/۲ درصد در سال) و ۲۰۴/۸ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۴۰۰ (با میزان رشد معادل ۰/۹۵ درصد در سال در دوره ۱۴۰۰-۱۳۷۸) افزایش پیدا می‌کند.

تولید گاز سبک در پالایشگاههای گاز طبیعی، ابتدا از ۳۳۲/۳ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۳، به ۳۷۴/۹ میلیون بشکه معادل نفت افزایش و سپس، به ۳۲۹/۴ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۸۳ تقلیل می‌یابد. تولید گاز سبک در سال ۱۴۰۰، برابر ۳۵۴/۶ میلیون بشکه معادل نفت است.



نمی‌کند و انرژی لازم در بخشهای اقتصادی و اجتماعی، می‌تواند با افزایش ملایم‌تر تولید انرژیهای ثانویه تأمین شود. در حالتی که ارزش صادراتی نفت خام در نظر گرفته نمی‌شود، تغییر اساسی و چشمگیر در الگوی تولید پالایشگاهها صورت نمی‌گیرد و سیر صعودی کمیت تولید فرآورده‌های نفتی با کاهش سهم نفت سفید و نفت کوره، مشخصه عمده توسعه بخش نفت به شمار می‌آید. در این حالت، به دلیل ارزانی حاملهای انرژی اولیه، نفت کوره به مقدار زیادی تولید شده و مصرف آن در نیروگاهها به طور عمده توجیه پذیر می‌شود.

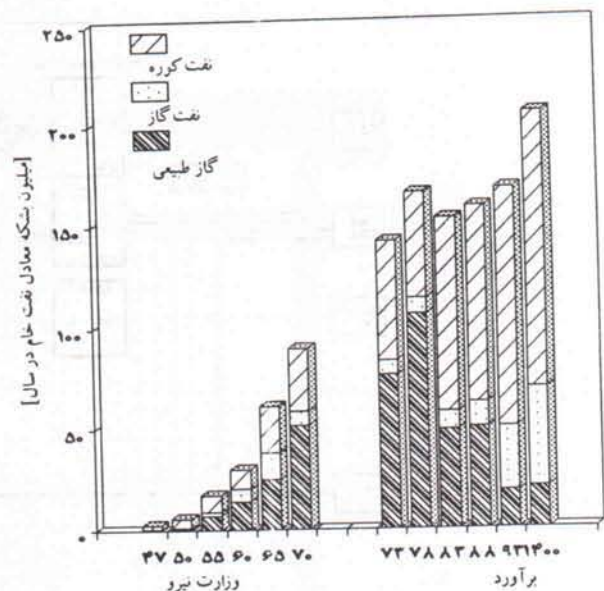
### ظرفیت سیستم‌های فرآورش و تبدیل انرژی

روند گسترش ظرفیتهای پالایشگاهها نشان می‌دهد که ظرفیت سالانه سیستم تقطیر در اتمسفر، از ۳۸۹ میلیون بشکه در سال ۱۳۷۳، طی روند صعودی به ۱۰۰۰ میلیون بشکه در سال ۱۴۰۰ می‌رسد و میزان رشد آن در دوره ۷۸-۱۳۷۳، برابر ۸/۰ درصد در سال و در دوره ۱۴۰۰-۱۳۷۸، معادل ۲/۶ درصد در سال است. اما ظرفیت سیستمهای تبدیل (مانند ایزوماکس و تقطیر در خلاء) روند نزولی دارد. دلیل چنین پدیده‌ای آن است که هزینه استخراج نفت خام در سطح پایینی قرار دارد و چون ارزش صادراتی نفت خام ملحوظ نشده است، به علت هزینه سرمایه‌ای بالای سیستم‌های تبدیل پالایشگاهی، صیانت از منابع و دخایر نفت در چهارچوب مجموعه سیستم عرضه انرژی کشور، در این حالت یک امر اقتصادی محسوب نمی‌شود.

برای تولید مقدار انرژی الکتریکی مورد تقاضا در بخشهای اقتصادی و اجتماعی، توسعه ظرفیت نیروگاهها مد نظر قرار می‌گیرد. ظرفیت نیروگاهها که در سالهای ۷۰-۱۳۴۷ با میزان رشد سالانه ۱۲/۴ درصد از ۱۰۰۸ مگاوات به ۱۴ هزار و ۸۴۸ مگاوات در سال ۱۳۷۰ افزایش یافته، در پنج سال آینده، با میزان ۳/۸ درصد در سال افزایش می‌یابد و در دوره ۱۴۰۰-۱۳۷۸، میزان رشد سالانه آن برابر ۱/۳ درصد در سال است که در سال ۱۴۰۰، به ۳۹ هزار و ۹۳۴ مگاوات می‌رسد.

ترکیب تکنولوژیهای مورد استفاده برای تولید برق نشان می‌دهد که ظرفیت نیروگاههای بخاری و توربین گازی روند رو به کاهش دارد و در سالهای آتی، نیروگاههای سیکل ترکیبی به عنوان عمده‌ترین سیستم‌های تولید برق، جایگزین تکنولوژیهای موجود می‌شوند. ظرفیت نیروگاههای سیکل ترکیبی از ۱۰۳۹ مگاوات در سال ۱۳۷۸، به ۱۱ هزار و ۵۴۲ مگاوات در سال ۱۴۰۰ (با میانگین میزان رشد سالانه معادل ۱۱/۶ درصد در دوره ۱۴۰۰-۱۳۷۸) افزایش پیدا می‌کند. بدیهی است که بازده بالای نیروگاههای سیکل ترکیبی و صرفه جویی در مصرف سوخت، دلیل اساسی انتخاب آنهاست.

ظرفیتهای نیروگاههای مستقل در واحدهای صنعتی در سال



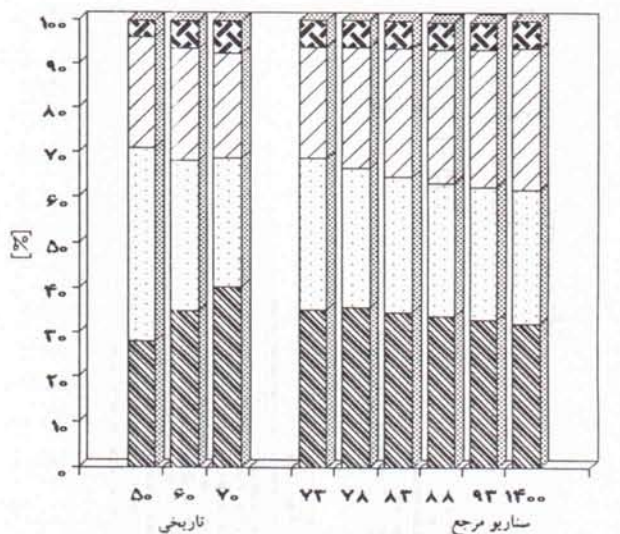
نمودار ۲۲: روند مصرف سوخت در نیروگاهها در سناریو جمع

مصرف نفت کوره در نیروگاهها در پنج سال آینده، با میزان ۲/۴ درصد در سال کاهش و ۴/۴ درصد در سال در دوره ۱۴۰۰-۱۳۷۸، افزایش می‌یابد. سهم نفت کوره در مصرف سوخت نیروگاههای حرارتی، از ۴۱/۴ درصد در سال ۱۳۷۳، به ۳۱/۴ درصد در سال ۱۳۷۸ می‌رسد ولی بعد از آن، روند صعودی در پیش می‌گیرد و به ۶۶/۲ درصد در سال ۱۴۰۰ افزایش می‌یابد. اما، بر سهم گاز طبیعی در دوره ۷۸-۱۳۷۳ افزوده شده و به ۶۳/۷ درصد در سال ۱۳۷۸ از دیاد یافته و سپس، طی روند نزولی، به ۹/۷ درصد در سال ۱۴۰۰ تقلیل پیدا می‌کند.

تولید برق در نیروگاهها (جمع شبکه برق رسانی و واحدهای مستقل در صنایع کشور) از ۷۸/۹ میلیارد کیلووات ساعت در سال ۱۳۷۳، به ۹۵/۵ میلیارد کیلووات ساعت در سال ۱۳۷۸ افزایش پیدا می‌کند و بعد از آن نیز، به روند فزاینده خود ادامه داده و به ۱۶۶/۸ میلیارد کیلووات ساعت در سال ۱۴۰۰ می‌رسد. میانگین میزان رشد سالانه تولید برق در دوره‌های ۷۸-۱۳۷۳ و ۱۴۰۰-۱۳۷۸، به ترتیب برابر ۲/۸ درصد و ۲/۶ درصد در سال است. سهم نیروگاههای آبی در کل تولید برق کشور، از ۸/۶ درصد در سال ۱۳۷۳ (با میزان رشد سالانه ۲/۰ درصد در سال) به ۷/۹ درصد در سال ۱۳۷۸ تقلیل پیدا می‌کند و سپس، به ۳۳/۷ درصد در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته و مجدداً، ۳۱/۴ درصد در سال ۱۴۰۰ کاهش می‌یابد.

روند توسعه تولید حاملهای انرژی ثانویه، نشان می‌دهد که برآورد تقاضای انرژی ثانویه کشور، حتی در صورت تداوم کلی وضعیت موجود، الزاماً میزان رشد بالای تولید و مصرف حاملهای انرژی را توجیه





نمودار ۲۳: سهم بخشهای مختلف در مصرف انرژی نهایی

### بخش مواد آلاینده محیط زیست

در این مرحله از مطالعات انرژی، بخش گازهای آلوده کننده که آثار مخرب بر محیط زیست محلی - بویژه در شهرهای بزرگ کشور - و جهانی دارند، در مدل سیستم عرضه انرژی در نظر گرفته شده و مقدار بخش آنها در هر یک از حالتها مختلف توسعه برآورد می شود. تخمین بخش گازهای آلاینده، شامل کمیتهای تولید و منتشر شده در سیستمهای فرآورش، تبدیل و مصرف انواع حاملهای انرژی در بخشهای مختلف اقتصادی و اجتماعی است.

در سناریو مرجع، انتشار گاز منواکسید کربن - که به طور عمده در بخش حمل و نقل صورت می گیرد و ناشی از احتراق فرآوردههای نفتی در موتورهایست - از ۷۹۳ کیلو تن در سال ۱۳۷۳، به ۹۳۶ کیلو تن در سال ۱۳۷۸ و ۱۷۷۷ کیلو تن در سال ۱۴۰۰ افزایش پیدا می کند و میانگین میزان رشد آن، ۳/۴ درصد در دوره ۷۸-۱۳۷۳ و ۳/۰ درصد در دوره ۱۴۰۰-۱۳۷۸ است (نمودار ۲۴). بخش دی اکسید کربن نیز روند صعودی دارد و مقدار آن در سال ۱۳۷۳، برابر ۱۴۰/۰ میلیون تن است که در دوره ۱۴۰۰-۱۳۷۸، برابر ۲/۶ درصد در سال رشد می یابد و مقدار آن در سال ۱۴۰۰، در حدود ۱/۷۶ برابر انتشار دی اکسید کربن در سال ۱۳۷۳ است.

انتشار اکسیدهای ازت و اکسید سولفور نیز همانند موارد مربوط به اکسیدهای کربن در حال فزونی است. بخش اکسیدهای ازت از ۱۳۵۴ کیلو تن در سال ۱۳۷۳، به ۲۹۴۶ کیلو تن در سال ۱۴۰۰ افزایش می یابد و مقدار اکسید سولفور منتشر شده در دوره ۱۴۰۰-۱۳۷۳، به ۲/۴۴ برابر

۱۳۷۳، برابر ۲۳۷۷ مگاوات برآورد می شود که طی سیر فزاینده مداوم به ۳۱۳۴ مگاوات در سال ۱۳۸۸ افزایش می یابد اما بعد از آن کاهش یافته و به ۸۶۹ مگاوات در سال ۱۴۰۰ می رسد. ظرفیت نیروگاههای آبی در پنج سال آینده، به ۳۹۴۶ مگاوات در سال ۱۳۷۸ افزایش می یابد و سپس طی سیر صعودی، به ۱۳ هزار و ۷۶ مگاوات در سال ۱۴۰۰ می رسد. توسعه نیروگاههای آبی جدید به طور عمده بر پایه بهره برداری از پتانسیلهای آبی بزرگ استوار است و در چهارچوب مجموعه سیستم عرضه انرژی کشور، علی رغم آنکه ارزش صادراتی نفت ملحوظ نشده و هزینه سوخت در سطح پایینی قرار دارد، استفاده از منابع آبی به صرفه و اقتصادی است. ظرفیت ذخیره سیستم، برابر ۳۰ درصد ظرفیت نیروگاهی در دسترس است. در کل کشور، ضریب بهره برداری از نیروگاهها (ضریب ظرفیت) از ۳۱۴۰ ساعت در سال ۱۳۷۳، به ۳۱۴۷ ساعت در سال ۱۳۷۸ و ۴۱۷۷ ساعت در سال ۱۴۰۰ افزایش می یابد. به بیان دیگر، از طریق بهره برداری بهینه از مجموع ظرفیتهای نیروگاهی در کل کشور - که مشتمل بر نیروگاههای تحت پوشش وزارت نیرو و نیروگاههای مستقل در واحدهای صنعتی است - امکانات بالقوه برای تولید انرژی الکتریکی ارائه می دهد و در جهت افزایش بازده اقتصادی سیستم برق رسانی خواهد بود.

### صادرات انرژی

در سال ۱۳۷۳، صادرات انرژی به منظور کسب ارز لازم برای حمایت از طرحهای توسعه اقتصادی کشور، برابر ۸۹۸/۲ میلیون بشکه نفت خام است که به ۱۰۱۷/۱ میلیون بشکه در سال ۱۳۷۸ (برابر ۲/۷۸ میلیون بشکه در روز) افزایش پیدا می کند. در دوره های بعدی، روند نزولی صادرات نفت خام پدیدار می شود و در سال ۱۳۸۳، به ۹۲۶/۲ میلیون بشکه (۲/۵۳ میلیون بشکه در روز) و در سال ۱۴۰۰، به ۴۴۷/۴ میلیون بشکه (۱/۲۲ میلیون بشکه در روز) تقلیل می یابد. صادرات فرآوردههای نفتی طی سیر صعودی مداوم از سال ۱۳۷۸، با میزان رشد سالانه ۴/۱ درصد به ۶۵/۶ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۴۰۰ می رسد. شایان توجه است که حداکثر صادرات انرژی کشور در سال ۱۳۷۸، ظاهر می شود و بعد از آن، روند نزولی اجتناب ناپذیر خواهد بود.

### مصرف انرژی نهایی

در نمودار ۲۳، تفکیک بخشی مصرف انرژی نهایی ارائه می شود. میزان رشد مصرف انرژی نهایی در بخش حمل و نقل، بالاتر از سایر بخشهاست که در سناریو مرجع به طور عمده تحت تأثیر رشد جمعیت و توسعه فعالیتهای اقتصادی است. مصرف انرژی نهایی در بخش خانگی و تجاری، کندتر از موارد دیگر گسترش می یابد. پیامد این رویداد، افزایش سهم بخشهای صنعت و حمل و نقل در مصرف انرژی نهایی است.



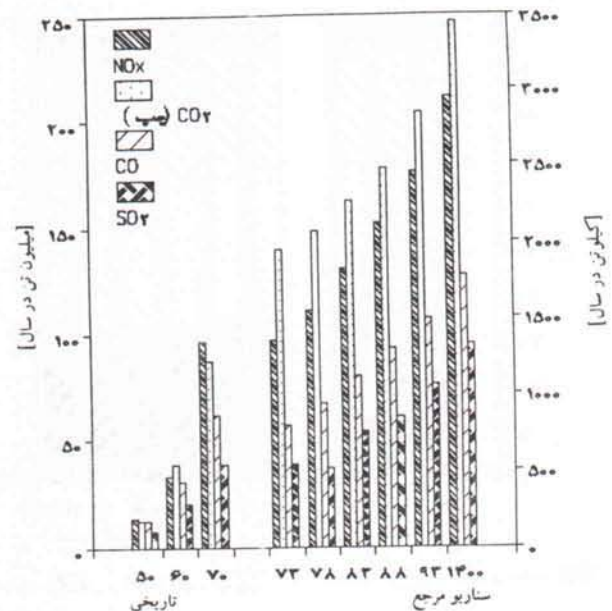
### ۳-۳- تداوم عرضه حاملهای انرژی همراه با پرداخت سوئید

زمانی که روند تقاضای حاملهای انرژی نهایی در بخشهای قبلی بحث بود، هیچ گونه اقدام مشخصی در راستای کاهش هزینههای نهایی حاملهای انرژی از طریق پرداختهای غیر مستقیم بر بخش انرژی در نظر گرفته نشده بود. اما واقعیت این است که حاملهای انرژی در حال حاضر با بهایی کمتر از هزینه نهایی تولید و عرضه آنها، به مصرف کنندگان ارائه می شود. پرسش اساسی این است که تداوم پرداختهای نامرئی نظام اقتصادی به بخش انرژی در راستای تثبیت قیمت‌های حاملهای انرژی در سطح پایین تر از هزینه‌های نهایی آنها، چه وضعیتی را می تواند در پی داشته باشد؟ به عبارت دیگر، پیامد عرضه حاملهای انرژی با قیمتی کمتر از هزینه نهایی آنها چگونه است؟ برای ارائه پاسخ منطقی به این سؤال، سعی شد که توسعه بهینه سیستم عرضه انرژی در صورت ادامه پرداختهای نامرئی به بخش انرژی، مورد بررسی قرار گیرد.

برای درک بهتر تغییرات تعادل عرضه و تقاضای انرژی در صورت تداوم پرداختهای نامرئی نظام اقتصادی به بخش انرژی، نتایج مربوط به آن با تراز انرژی در سناریو مرجع مقایسه شد. زمانی که حاملهای انرژی با قیمتی کمتر از هزینه نهایی آنها به مصرف کننده عرضه می شود، تقاضای انرژی اولیه از ۹۶۸/۷ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۳، به ۱۶۶۹/۵ میلیون بشکه در سال ۱۳۷۸ و ۲۲۳۸/۱ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۴۰۰ افزایش پیدا می کند و میانگین میزان رشد سالانه آن در دوره ۷۸-۱۳۷۳ و ۱۴۰۰-۱۳۷۸، به ترتیب ۱۱/۵ درصد و ۳/۸ درصد در سال است. در این حالت، مصرف انرژی اولیه در سال ۱۳۷۸، به اندازه ۹۷ درصد و در سال ۱۴۰۰، برابر ۵۸/۸ درصد بیشتر از مقدار آن در حالت سناریو مرجع است.

مصرف حاملهای انرژی در بخشهای اقتصادی و اجتماعی در حالت تداوم پرداختهای نامرئی به بخش انرژی، با تغییرات چشمگیری همراه است. استفاده از انرژیهای با کیفیت بالا شدیداً گسترش پیدا می کند. تقاضای برق در سال ۱۳۷۸، به ۱۰۰/۰۴ میلیارد کیلووات ساعت و در سال ۱۴۰۰، به ۱۳۶/۹۴ میلیارد کیلووات ساعت افزایش می یابد و مقادیر مزبور در مقایسه با روند تقاضای انرژی الکتریکی در سناریو مرجع نشان می دهد که عرضه انرژی با قیمتی کمتر از هزینه نهایی، سبب می شود که مصرف برق به اندازه ۲۶ درصد در سال ۱۳۷۸، افزون بر مصرف آن در حالتی باشد که کلیه شرایط یکسان ولی انرژی با هزینه نهایی آن به مصرف کننده عرضه شود.

مصرف گاز طبیعی نیز سیر صعودی را نشان می دهد و از ۱۲۶/۶ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۳، به ۱۴۱/۶ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۸ و ۲۲۸/۰ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۴۰۰ می رسد. در سناریو مرجع که کلیه امور - به استثنای قیمت انرژی نهایی



نمودار ۲۴: انتشار گازهای آلاینده محیط زیست

آن در سال ۱۳۷۳ - که ۵۴۱ کیلو تن بود - می رسد. پخش سریع اکسیدهای ازت و سولفور، ناشی از این واقعیت است که تولید و مصرف فرآورده های نفتی، دارای سهم بالاتری در سیستم انرژی کشور است و در چنین حالتی، انتشار گازهای مزبور، گسترده تر از حالتی دیگر است.

### هزینه نهایی عرضه انرژی

در سناریو مرجع، ارزش صادراتی نفت خام در محاسبات ملحوظ نمی شود و هزینه نهایی هر یک از حاملهای انرژی، تنها براساس هزینه های سرمایه گذاری و عملیاتی استخراج، فرآورش، تبدیل، انتقال و توزیع آنها برآورد می گردد. در جدول ۳، هزینه نهایی بلندمدت هر یک از حاملهای انرژی، براساس ساختار بهینه سیستم عرضه انرژی در حالت مرجع، ارائه گشته است.

جدول ۳- هزینه حاشیه ای (نهایی) بلند مدت هر یک از حاملهای انرژی در سناریو مرجع

حامل انرژی	بر حسب سنت ۱۳۷۲	بر حسب ریال ۱۳۷۲
برق (کیلووات ساعت)	۴/۲۷	۷۲/۷
گاز طبیعی (متر مکعب)	۴/۲۳	۷۲/۰
گاز مایع (کیلوگرم)	۳/۴۲	۵۸/۱
بنزین (لیتر)	۱۲/۱۴	۲۰۶/۴
سوخت جت	۴/۴۱	۷۴/۹
نفت سفید (لیتر)	۴/۲۹	۷۲/۹
گازوئیل (لیتر)	۱۱/۰۸	۱۸۸/۳
نفت کوره (لیتر)	۳/۹۹	۶۷/۹

عرضه شده - همانند شرایط مورد بررسی در نظر گرفته شده بود، مصرف گاز طبیعی در سال ۱۳۷۸، به میزان ۵۰ درصد و در سال ۱۴۰۰، برابر ۳۰ درصد کمتر از وضعیت مزبور بود. مصرف فرآورده‌های نفتی در بخشهای اقتصادی و اجتماعی - در صورت تداوم عرضه انرژی با قیمتی کمتر از هزینه نهایی آنها - از ۲۷۴/۳ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۳، به ۳۷۷/۱ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۸ (۲/۲۵۰ میلیون بشکه معادل نفت در سناریو مرجع) و ۶۴۲/۹ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۴۰۰ (۳/۴۴۰ میلیون بشکه معادل نفت در سناریو مرجع) افزایش پیدا می‌کند.

#### ۳-۴- احتساب ارزش صادراتی نفت خام

حالت مبنا، وضعیتی از سناریو مرجع را منعکس می‌سازد که برای نفت خام، ارزش صادراتی در نظر گرفته می‌شود و فرض بر آن است که نفت خام موجود در ذخایر زیرزمینی، دارای ارزشی معادل ۷۰ درصد قیمت بین‌المللی نفت خام است. تغییر مهمی که در نتایج مدل در این حالت صورت می‌گیرد، بدین ترتیب است که صیانت از ذخایر انرژی کشور توصیه می‌شود. در سناریو مرجع، تولید نفت خام از ۱۲۶۴/۸ میلیون بشکه معادل نفت خام به ۱۴۶۲/۴ میلیون بشکه در سال ۱۳۷۸ افزایش یافته و بعد از آن طی روند نزولی، به ۱۳۴۴/۷ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۴۰۰ تقلیل پیدا می‌کند. اما در حالت مبنا، تولید نفت خام از ۱۱۹۵/۴ میلیون بشکه در سال ۱۳۷۳، به ۱۳۲۹/۳ میلیون بشکه در سال ۱۳۷۸ می‌رسد و سپس، از میزان آن کاسته شده و به ۹۹۹/۱ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۴۰۰ کاهش می‌یابد. از مصرف داخلی نفت خام در سالهای ۱۳۷۸ و ۱۴۰۰، به ترتیب به اندازه ۱۴/۲ درصد و ۱۹/۵ درصد کاسته می‌شود. اما، مصرف گاز طبیعی در داخل کشور، سیر صعودی دارد و در سالهای ۱۳۷۸ و ۱۴۰۰، در مقایسه با مقادیر آن در سناریو مرجع، به میزان ۱۶/۳ درصد و ۵۲/۱ درصد فزونی می‌یابد.

احتساب ارزش صادراتی نفت خام سبب می‌شود که از سویی، صیانت از ذخایر نفت مطرح باشد و به عنوان یک ثروت ملی، جایگاه خاصی در بخش انرژی پیدا می‌کند و از طرف دیگر، جایگزین ساختن نفت و فرآورده‌های آن در داخل کشور با گاز طبیعی، به طور وسیع ترجیح می‌یابد. با عنایت به اینکه در مطالعات رشد اقتصادی این نتیجه حاصل بود که در فرآیند توسعه اقتصادی، نفت خام دارای قیمت سایه بالاتری است، به طور قطع می‌توان تأکید کرد که صیانت از ذخایر نفت و توسعه گازرسانی در راستای جانسین کردن فرآورده‌های نفتی با گاز طبیعی، اقدام لازم در فرآیند توسعه بخش انرژی کشور خواهد بود.

#### ۳-۵- شدت انرژی اولیه و نهایی در نظام اقتصادی

مصرف انرژی اولیه سرانه در دو دهه و نیم گذشته، سیر صعودی

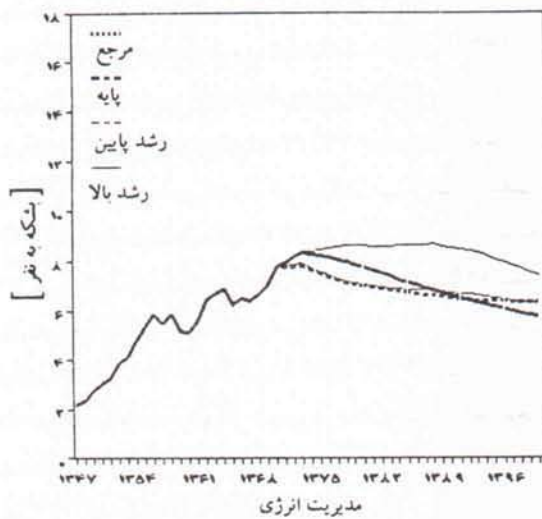
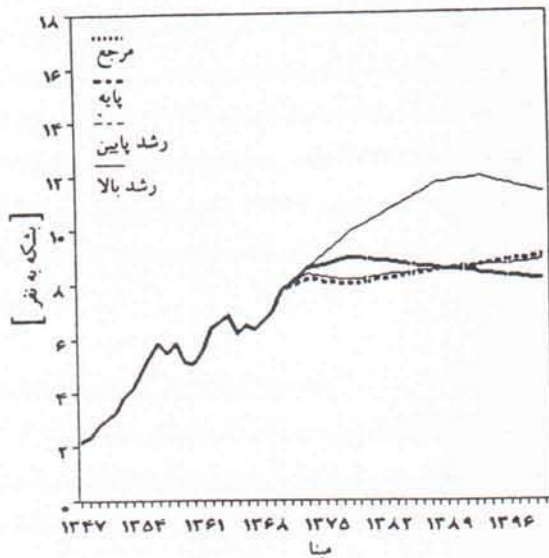
داشته و از ۳ بشکه معادل نفت در سال ۱۳۴۷، به ۹/۸۷ بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۰ افزایش پیدا کرد. در سالهای شروع و پایان جنگ تحمیلی، اندکی از مصرف سرانه انرژی اولیه کاسته شد ولی پس از رکود کوتاه مدت، به روند فزاینده خود ادامه داده است. مطابق با مصرف انرژی اولیه، مصرف انرژی نهایی سرانه نیز رشد پایداری را نشان می‌دهد و از ۲/۱۳ بشکه معادل نفت در سال ۱۳۴۷، به ۷/۸ بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۰ افزایش پیدا کرده است. میزان رشد سالانه مصرف سرانه انرژی اولیه در سالهای اواخر دهه ۶۰ شمسی (۱۳۶۸-۷۰)، برابر ۸/۳ درصد در سال بود که بیشتر از میزان افزایش مصرف سرانه انرژی نهایی (۷/۹ درصد در دوره ۱۳۶۸-۷۰) است. دلیل اختلاف میزان رشد مصرف سرانه انرژی اولیه و نهایی آن است که از سویی، سهم برق در مصرف انرژی نهایی افزایش پیدا کرده و در نتیجه آن، توسعه فرآیند تبدیل انرژی ضرورت یافته است که با ازدیاد تلفات انرژی همراه است. از طرف دیگر، افت بازده تأسیسات فرآورش، تبدیل و انتقال انرژی به دلیل مشکلات تعمیر و نگهداری و نیز گسترش نیروگاههایی از نوع توربین گازی، به افزایش تلفات انرژی منجر شده است.

برآورد مصرف انرژی اولیه و نهایی سرانه نشان می‌دهد (نمودارهای ۲۵ و ۲۶) در سناریو رشد اقتصادی بالا (حالت مبنا)، بایستی افزایش مصرف سرانه انرژی اولیه و نهایی را انتظار داشت که در سال ۱۳۸۸، به حداکثر مقدار آن، یعنی ۱۶/۴۳ بشکه معادل نفت به نفر، انرژی اولیه و ۱۱/۱۴ بشکه معادل نفت به نفر انرژی نهایی می‌رسد و در دهه پایانی دوره زمانی مطالعه، سیر نزولی در پیش می‌گیرد. در دیگر سناریوها، میزان رشد مصرف سرانه انرژی اولیه و نهایی به مراتب کمتر از مقدار آن در سناریو رشد اقتصادی بالاست.

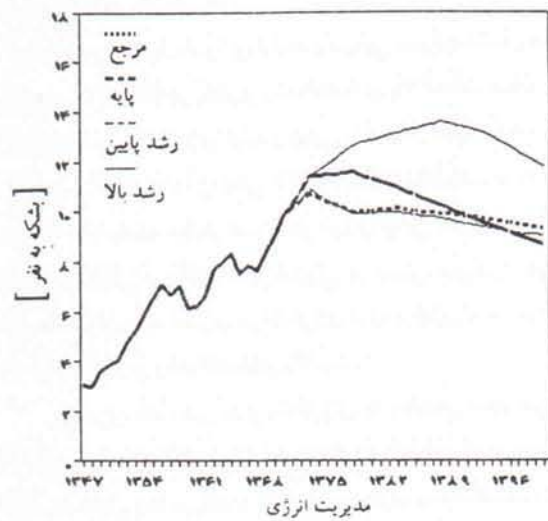
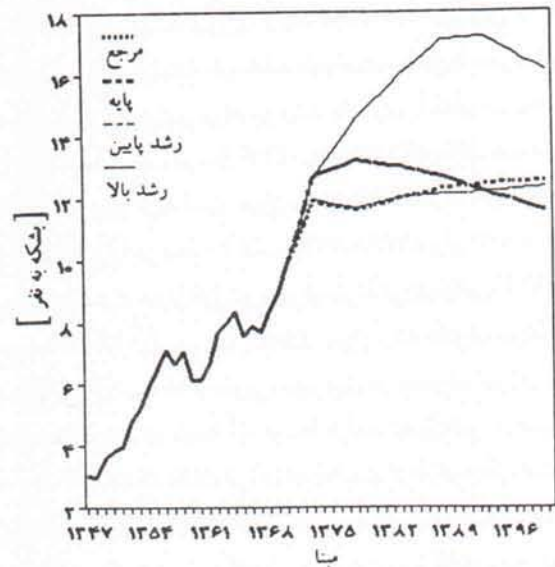
پی‌گیری خط‌مشی مدیریت انرژی، به وضعیتی منجر می‌شود که اولاً میزان رشد و حداکثر میزان مصرف انرژی اولیه سرانه در مقایسه با حالت مبنا تقلیل پیدا می‌کند و ثانیاً، در سناریو رشد اقتصادی بالا، افزایش قابل توجهی در مصرف انرژی نهایی سرانه روی نمی‌دهد و در اغلب سناریوهای دیگر، کاهش مصرف سرانه انرژی نهایی پدید می‌آید. حاصل نتایج مزبور آن است که تأمین انرژی مفید مورد نیاز در بخشهای اقتصادی و اجتماعی، با مصرف انرژی نهایی سرانه به اندازه سطح کنونی آن امکان پذیر است و برای دستیابی به رشد اقتصادی پایدار و ارتقاء سطح زندگی مردم، رشد مصرف سرانه انرژی به صورتی که در سالهای گذشته روی داده، الزامی نیست.

شدت انرژی در نظام اقتصادی، مقدار مصرف انرژی برای یک واحد تولید ناخالص داخلی را منعکس می‌سازد و عکس آن، بهره‌وری انرژی است که ارزش افزوده حاصل به ازاء یک واحد مصرف انرژی را نشان می‌دهد. شدت انرژی اولیه در دوره ۱۳۴۷-۷۰، روند صعودی





نمودار ۲۶: روند عرضه سرانه انرژی  
نهایی در سناریوهای مختلف

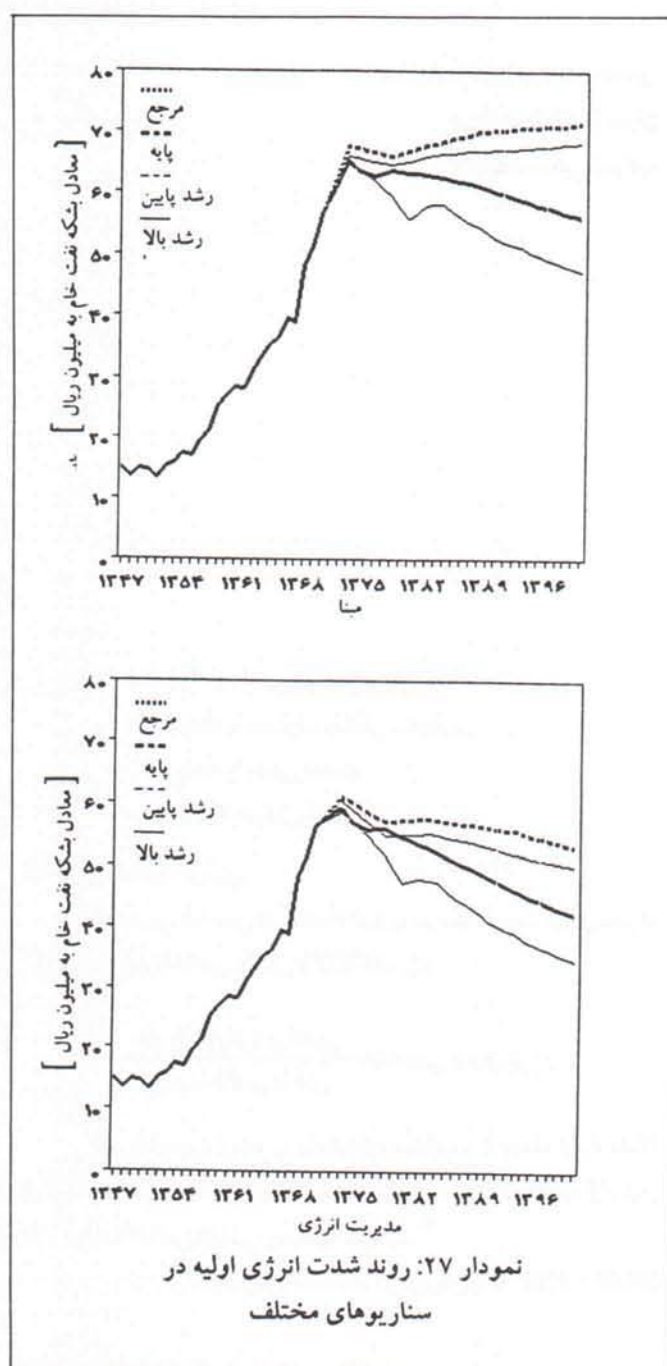
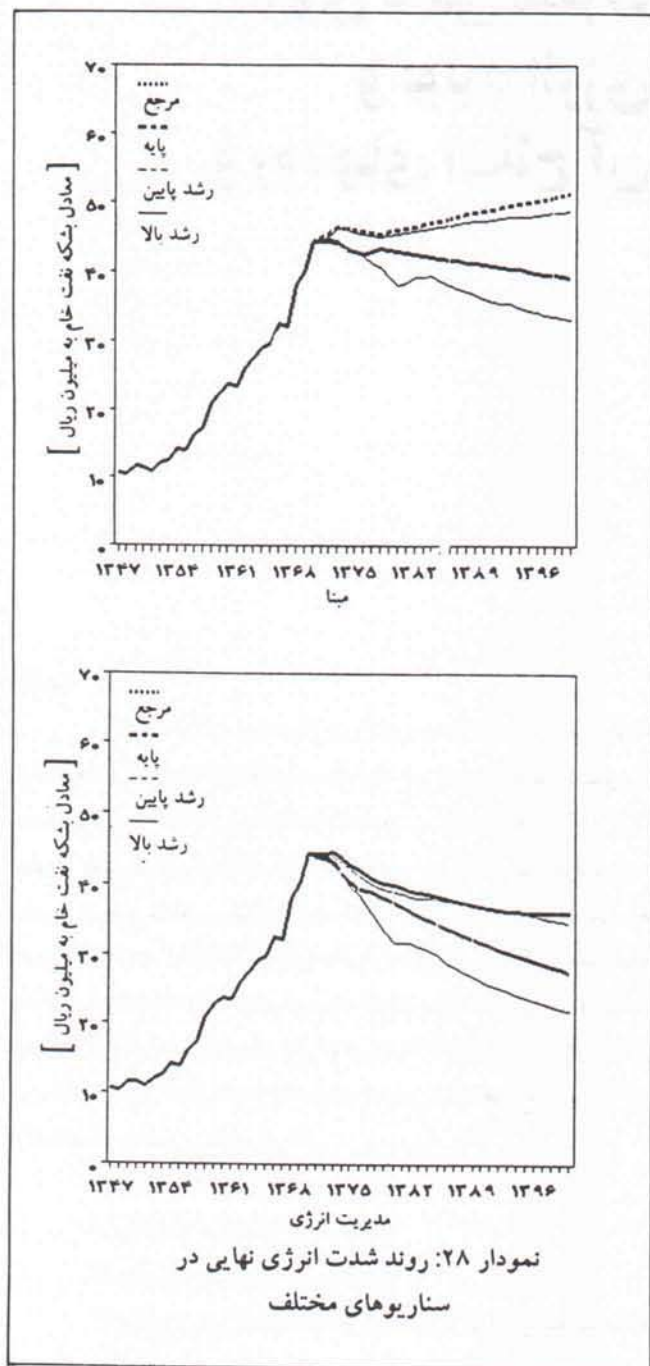


نمودار ۲۵: روند عرضه سرانه انرژی  
اولیه در سناریوهای مختلف

۱۳۷۰ رسیده است. روند شدت انرژی اولیه نشان می‌دهد که ارزش افزوده حاصل از یک واحد مصرف انرژی اولیه و نهایی در سال ۱۳۷۰، به ترتیب به ۲۶/۷ درصد و ۲۶ درصد مقادیر آنها در سال ۱۳۵۰ تقلیل یافته است.

نتایج مطالعه سیستم عرضه انرژی در سناریوهای مختلف (حالت مینا)، گواه بر آن است که کاهش شدت انرژی در سناریوهای پایه و رشد

پرشتایی داشته و از ۱۵/۰۲ بشکه معادل نفت در سال ۱۳۵۰، به ۵۶/۲۸ بشکه معادل نفت در سال ۱۳۷۰، برای یک میلیون ریال تولید ناخالص داخلی (به قیمت ثابت سال ۱۳۶۱) افزایش پیدا کرده است (نمودارهای ۲۷ و ۲۸). هماهنگ با روند شدت انرژی اولیه، مصرف انرژی نهایی برای یک میلیون ریال تولید ناخالص داخلی در حال افزایش بوده و با میزان رشد متوسط ۶/۴ درصد در سال، به ۴۴/۳ بشکه معادل نفت در سال



مختلف، نشانگر آن است که اولاً کاهش سریع شدت انرژی اولیه در پنج سال آینده صورت می‌گیرد و ثانیاً، در دو دهه پایانی دوره زمانی مورد مطالعه، تقلیل شدت انرژی نهایی در سناریوهای رشد اقتصادی بالا و پایه تداوم پیدا می‌کند و در سناریوهای مرجع و رشد اقتصادی بالا، تثبیت آن در سطحی پایین‌تر از مقدار کنونی اتفاق می‌افتد. ضمن آنکه، شدت انرژی اولیه، همواره کمتر از مقدار آن در حال حاضر است.

اقتصادی پایین، امکان‌پذیر است و توسعه بهینه سیستم انرژی، به افزایش بهره‌وری انرژی منجر می‌شود. در سناریوهای مرجع و رشد اقتصادی بالا، افزایش اندک شدت انرژی در سه دهه آینده مشاهده می‌شود ولی سیر رشد آن با روند شدت انرژی در گذشته کاملاً متفاوت است. ادامه روند گذشته شدت انرژی، به هیچ روی در چهارچوب فرآیند توسعه بهینه بخش انرژی کشور قابل توجیه نیست. ادامه خط‌مشی مدیریت انرژی در چهارچوب سناریوهای