بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت- مدیریت انرژی

برنامه ریزی دراز مدت انرژی کشور با در نظر گرفتن استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر(باد/ خورشیدی/پیل سوختی)

دانشجو: رضا رشیدی

استاد راهنما: دکتر علی نژاد برمی

شهریور ۱۳۹۲

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

تأیید دفاع پایان نامه کارشناسی ارشد

پایان نامه رضا رشیدی

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت- مدیریت انرژی

با عنوان :

برنامه ریزی دراز مدت انرژی کشور با در نظر گرفتن استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر(باد/ خورشیدی/پیل سوختی)

در تاریخ .....دفاع شد و مورد تایید قرار گرفت.

اعضاء هیات داوران:

استاد محترم داور: دکتر رضا کی پور.....

استاد محترم داور: دکتر زهرا مروج.....

استاد محترم راهنما: دکتر یوسف علی نژاد برمی .....

مدیر گروه محترم برق- قدرت: دکتر یوسف علی نژاد برمی .....

صفحه حقوقی

تعهد نامه اصالت رساله پایان نامه تحصیلی

اینجانب .....دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته/ دکتری تخصصی در رشته.....که در تاریخ.....از پایان نامه/ رساله خود تحت عنوان

.....

.....

با کسب نمره.....و درجه.....دفاع نموده ام، بدینوسیله متعهد می شوم:

۱) این پایان نامه/رساله حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران(اعم از پایان نامه،کتاب،مقاله و....) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست مربوطه ذکر و درج نموده ام.

۲) این پایان نامه/ رساله قبلا برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

۳)چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده و هرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و.... از این پایان نامه یا رساله داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.

۴) چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را می پذیرم و دانشگاه سمنان مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضاء:

تقدیم به:

پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آنان که از خود گذشتند
سختی ها را به جان خریدند
و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند
تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده ام برسم
وتقدیم به تمامی شهدا و ایثارگران سرافراز کشور عزیزم ایران

تشکر وقدردانی:

به مصداق «من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق » بسی شایسته است از استاد

فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر یوسف علی نژاد برمی

که با کرامتی چون خورشید ، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و

دانش را با راهنمایی های کار ساز و سازنده بارور ساختند ، تقدیر و تشکر نمایم.

(و یزکیهم و یعلمهم الکتاب و الحکمه)

چکیده :

همانطور که مستحضرید در طول چند دهه اخیر پیشرفتهای صنعتی در جهان روند رو به رشدی داشته و این امر افزایش مصرف انرژی در بخش های مختلف را سبب شده است. کشور عزیزمان ایران نیز از این قاعده مستثنی نبوده و داده های آماری نیز این امر را تایید میکنند. با توجه به محدود بودن منابع انرژی و افزایش چشمگیر در سطح مصرف، نیاز به برنامه ریزی انرژی در جهت بهره گیری بهینه از منابع و استفاده از انرژی های تجدیدپذیر بیش از پیش احساس می شود. متاسفانه در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران برنامه ریزی به روش Top_Down صورت می گیرد، یعنی ابتدا توسعه در سطح تولید منابع اولیه و برق صورت می گیرد و سپس تاثیر آن در سطح مصرف مشاهده می شود. این روش به هیچ وجه بهینه نیست و اتلاف منابع انرژی را در پی خواهد داشت. روش دیگری که در کشورهای توسعه یافته به کار گرفته می شود، به روش Bottom_Up مشهور است که توسعه در سطح تولید منابع اولیه و برق در این روش، با توجه به ارزیابی دقیق مصرف انرژی و بررسی عوامل موثر در رشد مصرف صورت می گیرد. در پروژه حاضر از روش دوم استفاده شده است.

یکی از اهداف این پروژه بررسی تاثیر به کارگیری و توسعه نیروگاههای تجدید پذیر در برنامه ریزی میزان تولید حاملهای اولیه انرژی و تاثیرات زیست محیطی آنهاست. در فصل اول ابتدا به معرفی ترازنامه انرژی متناظر با سال ۱۳۸۹، که در این پروژه به عنوان سال مبنا انتخاب شده، و هم چنین مفاهیم اولیه آن پرداخته شده است.

در فصل دوم بر روی پیش بینی رشد بار در زیر بخش های مختلف بحث شده و با استفاده از اطلاعات آماری مربوط به یک دوره ۴۵ ساله، مقادیر مصرف برای ۲۰ سال آینده پیش بینی شده است. در فصل سوم به انرژی های تجدیدپذیر و منابع تولید پراکنده بهمراه نکات فنی و آمارهای مربوطه پرداخته شده است.در فصل چهارم مدل سازی ترازنامه انرژی با توجه به RES استخراج شده است.در فصل پنجم این پایان نامه سناریو های مختلف با در نظر گرفتن انرژی های تجدیدپذیر و تاثیر آنها در ترازنامه انرژی بهمراه پیش بینی آینده در محیط برنامه نویسی MATLAB و LEAP آمده است در فصل آخر نتیجه گیری و پیشنهادات آتی بحث شده است.

کلید واژه:

برنامه ریزی انرژی، انرژی های تجدید پذیر،ترازنامه انرژی،نرم افزار LEAP نرم افزار Matlab

فهرست مطالب:

فصل ۱- مقدمه ای بر ساختار ترازنامه انرژی ۱

۱-۱- آشنایی با مفاهیم اولیه ۱

فصل ۲- پیش بینی مصرف در بخش های مختلف ۴

۲-۱- مقدمه ۴

۲-۲- مصرف انرژی در بخش های خانگی، عمومی و تجاری: ۴

۲-۲-۱- نفت در بخش خانگی، عمومی و تجاری: ۴

۲-۲-۲- گاز در بخش خانگی، عمومی و تجاری: ۶

۲-۲-۳- ذغال سنگ در بخش خانگی، عمومی و تجاری : ۷

۲-۲-۴- بیوماس در بخش خانگی، عمومی و تجاری : ۷

۲-۲-۵- انرژی الکتریکی در بخش خانگی، عمومی و تجاری : ۸

۲-۳- مصرف انرژی در بخش صنعت: ۹

۲-۳-۱- مصرف نفت در بخش صنعت: ۱۰

۲-۳-۲- مصرف گاز در بخش صنعت: ۱۱

۲-۳-۳- مصرف ذغال سنگ وانرژی الکتریکی در بخش صنعت: ۱۲

۲-۴- مصرف انرژی در بخش حمل و نقل: ۱۳

۲-۴-۱- مصرف نفت در بخش حمل و نقل: ۱۴

۲-۴-۲- مصرف گاز در بخش حمل و نقل: ۱۴

۲-۴-۳- مصرف انرژی الکتریکی در بخش حمل و نقل: ۱۵

۲-۵- مصرف نفت در بخش های کشاورزی و غیر انرژی: ۱۶

فصل ۳- انرژیهای تجدیدپذیر وتولید پراکنده ۲۳

۳-۱- مقدمه..... ۲۳

۳-۲- پیل سوختی (Fuel Cell)..... ۲۶

۳-۲-۱- مکانیزم..... ۲۷

۳-۲-۲- مزایا و معایب پیل سوختی ۲۹
۳-۳ کاربردهای پیل سوختی ۳۴
۳-۳-۱- کاربردهای پیل سوختی در تولید پراکنده ۳۴
۳-۳-۲- تولید همزمان برق و گرما ۳۴
۳-۳-۳- پیک سایی ۳۴
۳-۳-۴- تولید برق ایمن ۳۵
۳-۳-۵- تولید برق در مناطق دور افتاده ۳۶
۳-۳-۶- پشتیبانی از شبکه ۳۶
۳-۳-۷- توان ذخیره آماده بکار ۳۶
۳-۴- توربین بادی: ۳۷
۳-۴-۱- مکانیزم: ۳۷
۳-۴-۲- بازار و هزینه تولید توان بادی ۳۹
۳-۴-۳- موانع موجود بر سر راه استفاده از توربین بادی: ۴۰
۳-۴-۴- کاربرد توربینهای بادی در تولید پراکنده: ۴۰
۳-۴-۵- برنامه ایران در زمینه انرژی باد: ۴۰
۳-۴-۶- مشخصات طرحهای مربوط به انرژی باد در برنامه سوم توسعه : ۴۱
۳-۴-۷- طرحهای انرژی باد در سازمان انرژیهای نو ایران (سانا): ۴۳
۳-۵- سیستم فتوولتائیک (PV System) ۴۳
۳-۵-۱- مکانیزم: ۴۵
۳-۵-۲- پتانسیل موجود استحصال انرژی خورشیدی در جهان و ایران: ۴۶
۳-۵-۳- کاربرد سیستمهای فتوولتائیک در تولید پراکنده: ۴۸
۳-۶- توربین آبی کوچک ۴۸
۳-۶-۱- انواع نیروگاههای آبی : ۴۹
فصل ۴- مدلسازی و برنامه نویسی : ۵۳
۴-۱- مدلسازی ترازنامه انرژی و تعیین ضرایب تبدیل انرژی: ۵۳
فصل ۵- ارائه سناریوها و پیاده سازی آنها در محیط نرم افزار های MATLAB و LEAP ... ۶۶
۵-۱ تهیه ترازنامه انرژی کشور ۶۸

۵-۲- نوشتن برنامه در محیط MATLAB..... ۶۸
۵-۳- نوشتن برنامه در محیط LEAP..... ۷۲
۵-۴- بررسی فرصت های جایگزینی..... ۷۵
۵-۴-۱- سناریو ۱ یا سناریو مرجع (Refrence) ۷۷
۵-۴-۲- سناریو ۲ یا سناریو استفاده از مزرعه بادی (Wind Farm)..... ۷۷
۵-۴-۳- سناریو ۳ یا سناریو استفاده از مزرعه خورشیدی (Solar Farm)..... ۸۱
۵-۴-۴ سناریو ۴ یا سناریو استفاده از مزرعه بادی و خورشیدی (Wind+Solar Farm)..... ۸۵
فصل ۶- نتیجه گیری: ۸۷

فهرست اشکال :

شکل ۱-۱:نرخ رشد تولید ناخالص داخلی و مصرف نهایی انرژی ۲
شکل ۱-۲: شاخص بهره وری انرژی ایران طی سالهای ۱۳۷۷-۱۳۹۰ ..... ۳
شکل ۲-۱ : پیش بینی میزان مصرف نفت و فراورده های نفتی در بخش خانگی، عمومی و تجاری ۵
شکل ۲-۲: نمودار مصرف فرآورده های نفتی در بخش خانگی،عمومی وتجاری ۵
شکل ۲-۳ : نمودار مصرف گاز در بخش خانگی،عمومی وتجاری(تقریب خطی)..... ۶
شکل ۲-۴ : پیش بینی میزان مصرف گاز در بخش خانگی، عمومی و تجاری(تقریب غیرخطی) ۶
شکل ۲-۵ : پیش بینی میزان مصرف ذغال سنگ در بخش خانگی، عمومی و تجاری ۷
شکل ۲-۶ : پیش بینی میزان مصرف بیوماس در بخش خانگی، عمومی و تجاری(تقریب خطی) ۸
شکل ۲-۷ : پیش بینی میزان مصرف بیوماس در بخش خانگی، عمومی و تجاری ۸
شکل ۲-۸ : پیش بینی میزان مصرف انرژی الکتریکی در بخش خانگی، عمومی و تجاری(تقریب خطی)..... ۹
شکل ۲-۹ : پیش بینی میزان مصرف انرژی الکتریکی در بخش خانگی، عمومی و تجاری ۹
شکل ۲-۱۰:پیش بینی میزان مصرف نفت و فراورده های نفتی در بخش صنعت(تقریب خطی)..... ۱۰
شکل ۲-۱۱:پیش بینی میزان مصرف نفت و فراورده های نفتی در بخش صنعت ۱۰
شکل ۲-۱۲:پیش بینی میزان مصرف گاز در بخش صنعت(تقریب خطی)..... ۱۱
شکل ۲-۱۳:پیش بینی میزان مصرف گاز در بخش صنعت..... ۱۱
شکل ۲-۱۴:پیش بینی میزان مصرف ذغال سنگ در بخش صنعت (تقریب خطی) ۱۲

شکل ۲-۱۵: پیش بینی میزان مصرف ذغال سنگ در بخش صنعت ۱۲
شکل ۲-۱۶:پیش بینی میزان مصرف انرژی الکتریکی در بخش صنعت (تقریب خطی) ۱۳
شکل ۲-۱۷:پیش بینی میزان مصرف انرژی الکتریکی در بخش صنعت ۱۳
شکل ۲-۱۸ : پیش بینی میزان مصرف نفت و فرآورده های نفتی در بخش حمل نقل ۱۴
شکل ۲-۱۹:پیش بینی میزان مصرف گاز در بخش حمل و نقل(تقریب خطی) ۱۵
شکل ۲-۲۰ : پیش بینی میزان مصرف گاز در بخش حمل و نقل ۱۵
شکل ۲-۲۱ : پیش بینی میزان مصرف انرژی الکتریکی در بخش حمل و نقل(تقریب خطی)..... ۱۶
شکل ۲-۲۲ : پیش بینی میزان مصرف انرژی الکتریکی در بخش حمل و نقل..... ۱۶
شکل ۲-۲۳:پیش بینی میزان مصرف نفت و فرآورده های نفتی در بخش کشاورزی (تقریب خطی) ۱۷
شکل ۲-۲۴ : پیش بینی میزان مصرف نفت و فرآورده های نفتی در بخش کشاورزی..... ۱۷
شکل ۲-۲۵ : پیش بینی میزان مصرف گاز در زیر بخش کشاورزی (تقریب خطی) ۱۸
شکل ۲-۲۶:پیش بینی میزان مصرف گاز در زیر بخش کشاورزی..... ۱۸
شکل ۲-۲۷: میزان مصرف انرژی الکتریکی در بخش کشاورزی (تقریب خطی)..... ۱۹
شکل ۲-۲۸ : میزان مصرف انرژی الکتریکی در بخش کشاورزی..... ۱۹
شکل ۲-۲۹ : پیش بینی میزان مصرف نفت در بخش مصارف غیر انرژی(تقریب خطی) ۲۰
شکل ۲-۳۰ : پیش بینی میزان مصرف نفت در بخش مصارف غیر انرژی ۲۰
شکل ۲-۳۱ : پیش بینی میزان مصرف گاز در بخش مصارف غیر انرژی(تقریب خطی)..... ۲۱
شکل ۲-۳۲ : پیش بینی میزان مصرف گاز در بخش مصارف غیر انرژی ۲۱
شکل ۲-۳۳ : پیش بینی میزان مصرف ذغال سنگ در بخش مصارف غیر انرژی (تقریب خطی) ۲۲
شکل ۲-۳۴ : پیش بینی میزان مصرف ذغال سنگ در بخش مصارف غیر انرژی ۲۲
شکل ۳-۱:شماتیک پنج نوع مختلف پیل سوختی (به ترتیب از بالا از چپ به راست: کربنات مذاب (MCFC)، آلکاین (AFC)؛ پایین از چپ به راست: اکسید جامد (SOFC) و غشاء تبادل پروتون (PEMFC) و اسید فسفریک (PAFC) و مکانیزم عملکرد آن[۳]. ۲۸
شکل ۳-۲:قسمتهای بازاری پیل سوختی PEFC: پیل سوختی غشاء تبادل پروتون، PAFC: پیل سوختی اسید فسفریک، MCFC. ۳۱
شکل ۳-۳:مقایسه راندمان سیستمهای تولید برق مختلف[۲]..... ۳۱

شکل ۳-۴:بازده part-load پیل سوختی ONSI PAFC ، ۲۰۰kw[۲]. ۳۲
شکل ۳-۵:شماتیکی از یک سیستم توربین بادی. ۳۸
شکل ۳-۶: نمودارهای کاهش هزینه سرمایه‌گذاری فن‌آوریهای بیوماس، فتوولتائیک و باد تا سال ۲۰۵۰ ..... ۴۰
شکل ۳-۷:شماتیک یک سیستم فتوولتائیک. ۴۵
شکل ۳-۸:بازده انواع توربینهای آبی. ۴۹
50... شکل ۳-۹:دیاگرام شماتیکی از یک نیروگاه ذخیره‌ای سدی به همراه اجزای اصلی و وظایف هر کدام از آنها.
شکل ۳-۱۰:نمایی از نیروگاه لادینگتون در کنار دریاچه میشیگان در امریکا. ۵۱
شکل ۴-۱: RES بدست آمده با استفاده از ماتریس ها ۶۵
شکل ۵-۱: خروجی برنامه MATLAB برای سال پایه ۶۷
شکل ۵-۲:خروجی کلی برنامه ۷۲
شکل ۵-۳:وارد کردن دیماند در نرم افزار ۷۱
شکل ۵-۴: تبدیلات انرژی ۷۲
شکل ۵-۵: منابع انرژی اولیه و ثانویه ۷۴
شکل ۵-۶: خروجی SO_2 برنامه LEAP ۷۳
شکل ۵-۷: خروجی MATLAB ۷۴
شکل ۵-۸:Res بدست آمده توسط LEAP ۷۴
شکل ۵-۹:خروجی نرم افزار Matlab با سناریو مرجع ۷۶
شکل ۵-۱۰:ترازنامه سال ۲۰۲۹ برای سناریو مرجع خروجی LEAP ۷۷
شکل ۵-۱۱: ترازنامه سال ۱۴۰۸ برای سناریو مزرعه بادی خروجی MATLAB ۷۹
شکل ۵-۱۲:میزان کاهش آلاینده ها در سناریو دوم ۸۰
شکل ۵-۱۳:خروجیLEAP با سناریو باد ۸۱
شکل ۵-۱۴:خروجیMATLAB با سناریو خورشیدی ۸۳
شکل ۵-۱۵:خـر و جـیLEAP با سناریو خورشیدی ۸۳
شکل ۵-۱۶:کاهش گازهای آلاینده ۸۴
شکل ۵-۱۷:ترازنامه سال ۲۰۲۹ برای سناریو مزارع خورشیدی بادی خروجی Matlab ۸۵
شکل ۵-۱۸: ترازنامه سال ۲۰۲۹ برای سناریو مزارع خورشیدی بادی خروجی LEAP ۸۶

شکل ۵-۱۹:رشد مصرف نهایی انرژی تا پایان سال ۲۰۳۱ ..... ۸۶
شکل ۶-۱:اثر مزارع بادی در کاهش آلاینده ها تا سال ۱۴۱۰ ..... ۸۷
شکل ۶-۲:اثر مزارع خورشیدی در کاهش آلاینده ها تا سال ۱۴۱۰ ..... ۸۷
شکل ۶-۳:اثر سناریو های مختلف در کاهش NOx تا سال ۱۴۱۰ ..... ۸۸
شکل ۶-۴:اثر سناریو های مختلف در کاهش CO2 تا سال ۱۴۱۰ ..... ۸۹

فهرست جداول:

جدول ۳-۱:مشخصات انواع پیل سوختی[۴]..... ۲۹
جدول ۳-۲:ادامه مشخصات پیل سوختی ۲۹
جدول ۳-۳:پیش بینی میزان مصرف ذغال سنگ در بخش صنعت ۳۳
جدول ۳-۴:پتانسیل جهانی استفاده از توان باد در مناطق مختلف جهان بر اساس دو برآورد مختلف. ۳۹
جدول ۳-۵:پروژه‌های مربوط به انرژی باد ۴۱
جدول ۳-۶:پروژه‌های مربوط به انرژی باد در برنامه سوم توسعه ۴۲
جدول ۳-۷:سرمایه گذاری مورد نیاز برای اجرای پروژه‌های بادی..... ۴۲
جدول ۳-۸:برآورد پتانسیل انرژی خورشیدی ۴۶
جدول ۳-۹: مشخصات مطالعات انجام شده در زمینه انرژی خورشیدی ۴۷
جدول ۳-۱۰: مشخصات پروژه‌های اجرایی مربوط به انرژی خورشیدی..... ۴۸
جدول ۴-۱: : ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹ ایران[۱]..... ۵۳
جدول ۴-۲:سهم انواع نیروگاههای وزارت نیرو در تولید برق..... ۶۰
جدول ۴-۳:تولید برق از نیروگاههای بادی ۶۲
جدول ۴-۴: تولید برق خورشیدی کشور[8] ۶۳
جدول ۵-۱:میزان انتشار آلاینده ها در بخشهای نهایی مصرف ۶۸
جدول ۵-۲:میزان انتشار آلاینده ها در بخشهای نیروگاهی..... ۶۸
جدول ۵-۳:میزان انتشار آلاینده ها در بخش پالایشگاه ها ۶۸
جدول ۵-۴:اعداد ترازنامه سال ۸۹..... ۷۵
جدول ۵-۵:ظرفیت نیروگاه های بادی و تولید انرژی در سال ۸۹..... ۷۸

جدول ۵-۶: ظرفیت های نصب شده نیروگاه بادی تا پایان برنامه ریزی سال ۱۴۱۰ ..... ۷۹
جدول ۵-۷:ظرفیت های نصب شده نیروگاه خورشیدی تا پایان برنامه ریزی سال ۱۴۱۰ ..... ۸۲

فصل ۱– مقدمه ای بر ساختار ترازنامه انرژی

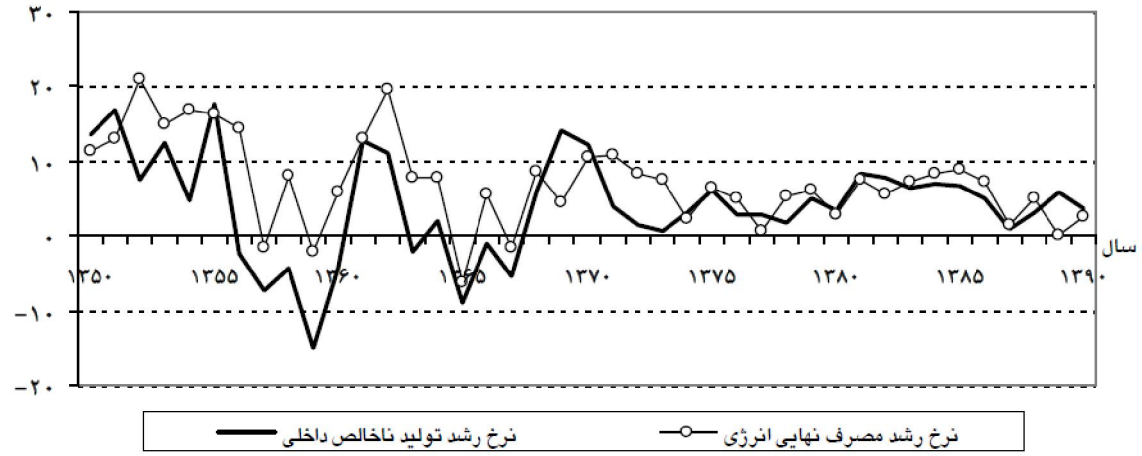
۱–۱– آشنایی با مفاهیم اولیه

برای بررسی رابطهٔ اقتصاد یک کشور با بخش انرژی از شاخص های مختلفی استفاده میشود .در ادامه برخی ازمهمترین این شاخص ها آمده است. همچنین برای مقایسه وضعیت شاخص های مزبور در ایران، اطلاعات مربوط به تعدادی از کشورهای دیگر و مناطق مختلف جهان نیز ارائه شده است.

مصرف سرانه : معمولاً سرانه مصرف انرژی در جوامع پیشرفته و توسعه یافته، به دلیل درآمد سرانه بالا و امکان برخورداری از دستگاه ها و تجهیزات متنو ع تر انرژی‌بر، بیشتر میباشد. در عین حال در این کشورها افزایش بهره وری طی چند دههٔ اخیر منجر به تعدیل مصرف انرژی شده است. در این کشورها سرانه مصرف نهایی انرژی در مقایسه با بسیاری مناطق و کشورها و نیز متوسط جهان، به وضوح بیشتر است. این امر از بهره وری پایین در بهره برداری، مصرف بالای انرژی و همچنین استفاده از کالاها و خدمات انرژی بر ناشی میشود .مصرف سرانه انرژی در ایران بیش از ۵ برابر کشورهایی مانند هند وپاکستان و کمی کمتر از ۲ برابر چین است .همچنین کشورهایی همچون کره و ژاپن که تولید ناخالص داخلی آنها چندین برابر ایران میباشد مصرف سرانه ای تنها بین ۱۶ تا ۲۶ درصد بیشتر از ایران دارند . به طور کلی هر فرد ایران ۶۸ درصد بیش از متوسط جهان انرژی مصرف می کند.

شدت انرژی: شدت انرژی شاخصی برای تعیین کارایی انرژی در سطح اقتصاد ملی هر کشور میباشد که از تقسیم مصرف نهایی انرژی و یا عرضه انرژی اولیه بر تولید ناخالص داخلی محاسبه میگردد و نشان میدهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات برحسب واحد پول چه مقدار انرژی به کار رفته است .عوامل بسیاری در تعیین شدت انرژی یک کشور مؤثر میباشد. شدت انرژی میتواند متأثر از سطح استانداردهای زندگی، عوامل آب و هوایی یا ساختار اقتصادی و صنعتی یک کشور باشد .کشورهایی که دارای سطح بالاتری از استاندارد زندگی هستند مصرف بیشتری داشته و در نتیجه این امر بر شدت انرژی آنها تأثیر میگذارد .بهینه سازی ساختمانها و تجهیزات، ترکیب سوختهای مورد استفاده در بخش حمل و نقل و حتی مسافت بین مکانهای جغرافیایی، شیوه های حمل و نقل و تکنولوژی بکار رفته در خودروها و وسایل نقلیه، ظرفیت حمل و نقل عمومی، اقدامات صورت گرفته در امر بهینه سازی مصرف انرژی،حوادث طبیعی و قیمت ها یا یارانه های انرژی برخی دیگر از عوامل تأثیرگذار در شدت انرژی میباشند .با مقایسه این شاخص در سال های مختلف و میان کشورهای مختلف میتوان روند استفاده از منابع انرژی در فرآیند تولید ملی کشورها را ارزیابی نمود.

بر این اساس شدت مصرف نهایی انرژی در کشور نه تنها در مقایسه با کشورهای نفت خیز بسیار بالاتر میباشد، بلکه از برخی مناطق نظیر آفریقا و خاورمیانه نیز بیشتر است .در سال ۲۰۱۰ ، در سطح جهان به طور متوسط برای تولید یک میلیون دلار ارزش افزوده حدود ۱۱۵/۱۴ تن معادل نفت خام انرژی مصرف شده است، در حالیکه این رقم در ایران بیش از۱/۶ برابرمقدار متوسط جهانی بوده است.

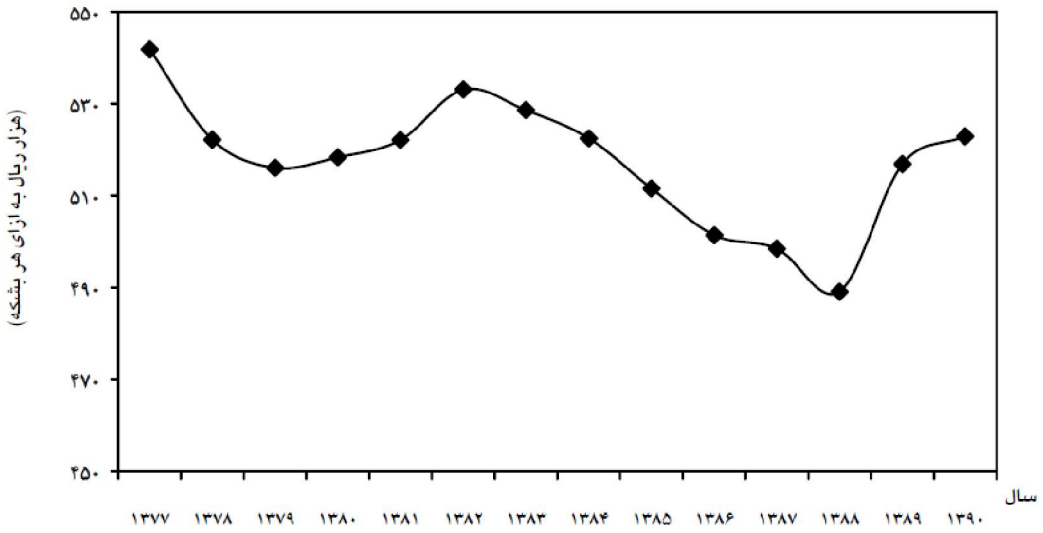


۱شکل ۱-۱:نرخ رشد تولید ناخالص داخلی و مصرف نهایی انرژی

ضریب انرژی : برای بررسی رابطه بین مصرف انرژی و تولید، میتوان از شاخص ضریب انرژی نیز استفاده نمود.ضریب انرژی از تقسیم نرخ رشد مصرف نهایی انرژی به نرخ رشد تولید ناخالص داخلی به دست می آید .به دلیل استفاده از نرخ رشد در ضریب انرژی، مشکلات تبدیل به واحد یکسان جهت مقایسه مانند نرخ ارز (در مقایسه شدت انرژی) در این شاخص وجود ندارد . خصوصیت دیگر ضریب انرژی این است که برای یک دورهٔ زمانی محاسبه میشود، در حالی که شاخص شدت انرژی معمولاً جهت ارزیابی در یک سال معین به کار میرود.معمولاً در ارزیابی ضریب انرژی آن را با عدد یک مقایسه مینمایند . رشد مصرف انرژی در روند توسعه اقتصادی اغلب از نرخ کاهنده ای برخوردار است .همچنین انتظار میرود که کشورهای توسعه یافته، مصرف انرژی را با توجه به میزان تولیدات خود به حداقل ممکن رسانده باشند.

بهره وری انرژی : شاخص بهره وری انرژی نیز مانند بهره وری نیروی کار و سرمایه، میزان خروجی کالاها و خدمات تولیدی را در مقایسه با ورودی ها اندازه گیری می نماید .با استفاده از این شاخص میتوان اهداف و سیاستهای عمومی تقاضا و بهره وری انرژی و همچنین رابطه بین تقاضای انرژی و رشد اقتصادی را تحلیل نمود .بهبود شاخص بهره وری انرژی می تواند از طریق کاهش ورودیهای انرژی مورد نیاز جهت تولید مقدار مشخصی از خدمات انرژی و

یا از طریق افزایش مقدار یا کیفیت فعالیتهای خروجی اقتصادی صورت پذیرد. شاخص بهر ه وری انرژی از تقسیم ارزش تولیدات به مقدار انرژی مصرفی به دست می آید (عکس شدت مصرف نهایی انرژی) . برای محاسبه بهره‌وری انرژی در سطح ملی میتوان تولید ناخالص داخلی را بر مقدار مصرف نهایی انرژی تقسیم نمود. این شاخص در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال گذشته ۱/۲ درصد بهبود یافته است به نظر می رسد که یکی از دلایل بهبود شاخص بهره وری انرژی دردو سال اخیر، اجرای طرح هدفمندسازی یارانه های انرژی بوده است.لازم به ذکر است که متوسط بهره وری انرژی جهان در سال ۲۰۱۰ ، حدود ۸۸۴ دلار به ازای یک بشکه بوده که درمقایسه با ایران، بیانگر فاصله معنادار این شاخص در ایران با متوسط جهانی است .البته برای ارزیابی دقیقتر از بهره وری انرژی در کشورها بهتر است از تولید ناخالص داخلی بر مبنای برابری قدرت خرید استفاده نمود.شکل زیر نشان دهنده‌ی شاخص بهره وری انرژی ایران طی ۱۴ سال می باشد.



شکل ۱-۲: شاخص بهره وری انرژی ایران طی سالهای ۱۳۷۷-۱۳۹۰

فصل ۲– پیش بینی مصرف در بخش های مختلف

۲–۱– مقدمه

گام اول در برنامه ریزی انرژی، شناسایی چگونگی مصرف انرژی در زیرشاخه های مختلف می باشد. تعیین این مقادیر برای سال مبنا با استفاده از ترازنامه همان سال امکانپذیر است ولی برای پیش بینی این مقادیر برای سال های آتی نیازمند دانستن میزان مصرف برای سالهای گذشته هستیم. راههای مختلفی برای پیش بینی این مقادیر وجود دارد که یکی از آنها درونیابی خطی و چند جمله ای است.

۲–۲– مصرف انرژی در بخش های خانگی، عمومی و تجاری:

در ادامه به بررسی مصرف حامل های انرژی در بخش خانگی، عمومی و تجاری می پردازیم.

۲–۲–۱– نفت در بخش خانگی، عمومی و تجاری:

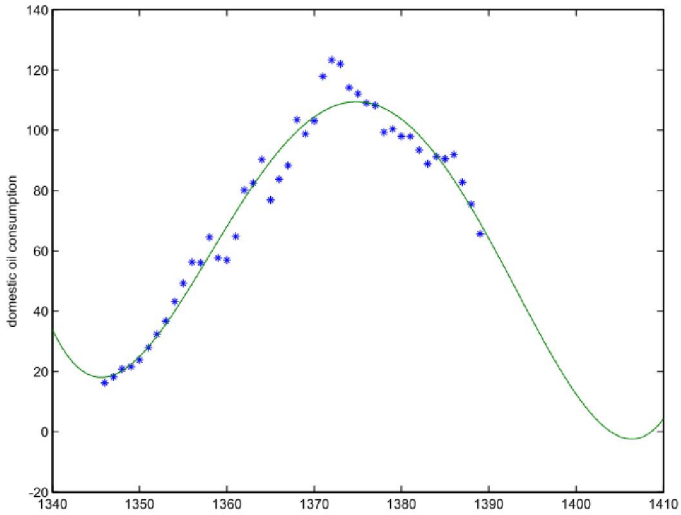
نفت ترکیب پیچیدهای از هیدروکربنهای مایع و ترکیبات شیمیایی حاوی هیدروژن و کربن است که با منشاء طبیعی در ذخایر زیرزمینی در سنگواره های رسوبی به وجود می آید .براساس تعاریف بین المللی در ماتریس تراز انرژی دو ستون به عنوان نفت و فرآورده های نفتی در نظر گرفته می شود .نفت، در تعریف گسترده تر فرآورده های اولیه (پالایش نشده، که نفت خام مهمترین بخش آن است) و ثانویه (پالایش شده) را شامل می شود.
ستون نفت تراز انرژی شامل ۲ گروه داده زیر میباشد:

۱- فرآورده های ثانویه (ورودی به پالایشگاهها)شامل افزودنیها و نفت مصنوعی خوراک پالایشگاهها.

۲- ستون فرآوردههای نفتی کلیه فرآورده های نفتی ثانویه خروجی از پالایشگاه را در بر میگیرد.

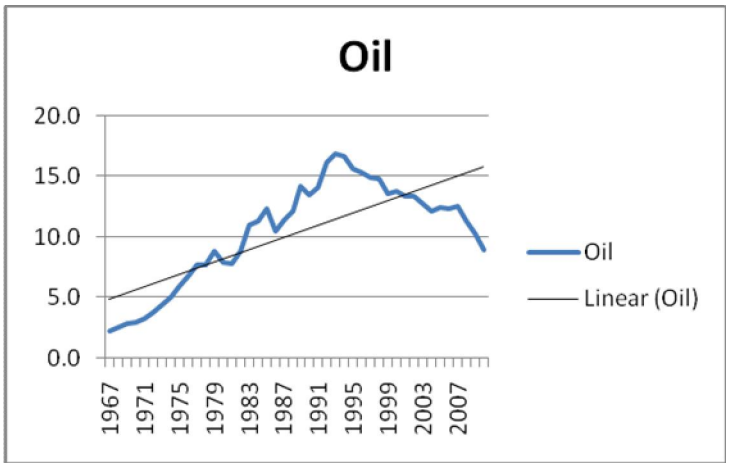
مصرف نفت و فرآورده های نفتی در بخش خانگی، عمومی و تجاری از سال ۱۳۴۶ تا سال ۱۳۷۲ رشد صعودی داشته است، ولی از سال ۱۳۷۲ تا سال ۱۳۸۹ روند نزولی در مصرف این حامل انرژی ملاحظه می شود. دلیل این امر، افزایش استفاده از گاز شهری به جای فرآورده های نفتی برای مصارف گرمایشی است. در حال حاضر نیز در نقاطی از کشور، به علت نبود لوله کشی گاز شهری از فرآورده های نفتی برای مصارف گرمایشی استفاده می شود که انتظار می رود در طول ۲۰ سال آینده این مناطق نیز گازدار شده و روند نزولی استفاده از فرآورده های نفتی ادامه یابد. لذا استفاده از درونیابی خطی نتایجی خلاف واقعیت در پی خواهد داشت و برای پیش بینی

میزان مصرف این حامل از یک تابع چند جمله ای درجه ۴ استفاده خواهیم کرد(به علت ایجاد مقادیر منفی در سالهای آینده از تابع درجه دو استفاده نشده است).



شکل ۲-۱ : پیش بینی میزان مصرف نفت و فراورده های نفتی در بخش خانگی، عمومی و تجاری

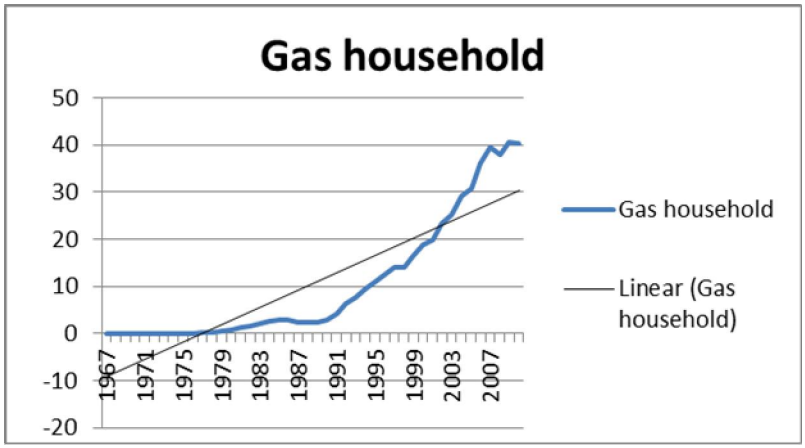
هم چنین تقریب خطی برای آنها در نظر گرفته شده است البته بدیهی است استفاده از تقریب خطی دقت بالایی نداشته و خطاهایی نیز مشاهده خواهیم کرد.



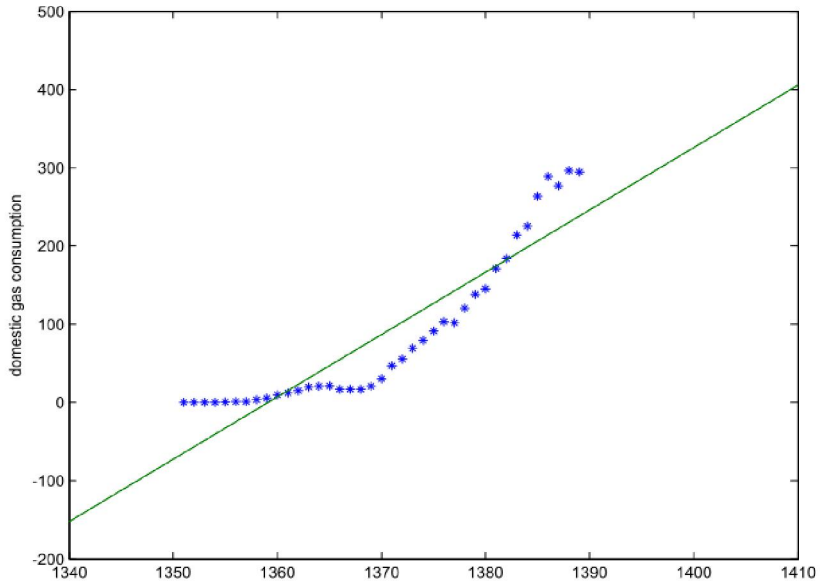
شکل ۲-۲: نمودار مصرف فرآورده های نفتی در بخش خانگی،عمومی وتجاری

۲-۲-۲- گاز در بخش خانگی، عمومی و تجاری:

با توجه به توضیحات ارائه شده در فوق انتظار می رود که مصرف گاز طبیعی در بخش خانگی،عمومی و تجاری روند رو به رشد خود را حفظ نماید. البته عواملی همچون کاهش نرخ رشد جمعیت، کاهش تعداد خانوارهایی که از گاز طبیعی محرومند، به کارگیری اجاق های طبخ الکتریکی، رعایت استانداردهای عایق بندی حرارتی در ساختمانهای جدیدالاحداث و ... نرخ رشد را محدود خواهد کرد. بنابراین انتظار می رود که برای سالهای آتی تقعر منحنی عوض شده و نرخ رشد آن کاهش یابد.



شکل ۲-۳ : نمودار مصرف گاز در بخش خانگی،عمومی وتجاری(تقریب خطی)



شکل ۲-۴ : پیش بینی میزان مصرف گاز در بخش خانگی، عمومی و تجاری(تقریب غیرخطی)