فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال دهم / شماره‌ی ۴۵/ تابستان ۱۳۹۴/ صفحات ۸۱-۵۱

سبد استاندارد انرژی تجدیدپذیر(RPS) و دستیابی به ترکیب بهینه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

اقلیم تمری[۱]
کارشناس ارشد اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس، e_tamri@yahoo.com

بهرام سحابی،
استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس، sahabi_b@modares.ac.ir

حسین صادقی
استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس، sadeghih@modares.ac.ir
تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲

چکیده

تحولات جهانی در زمینه توجه به حفظ محیط زیست و فناپذیر بودن منابع فسیلی، گرایش به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر پذیر را سرعت بخشیده است. سبد استاندارد انرژی تجدیدپذیر (RPS) یکی از سیاست‌های دولت در جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد مصرفی انرژی است. این سیاست بیان‌کننده یک حداقل مقداری از انرژی تجدیدپذیر است که هر عرضه‌کننده‌ی برق مجبور به تولید می‌باشد. از آنجا که این سیاست در کشورهایی مختلف به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته ولی تاکنون مطالعه‌ای در این زمینه در کشور ایران انجام نشده است. بدین منظور در این مطالعه ابتدا به معرفی تجارب کشورهای موفق در زمینه سیاست RPS پرداخته شده، سپس با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی خطی و محدودیت مهم ۱۰ درصد سبد استاندارد انرژی تجدیدپذیر (RPS) که در آن دولت برق‌های منطقه‌ای مجبور به ارائه ۱۰ درصد از مصرف برق سالانه از انرژی تجدیدپذیر می‌کند، ترکیب سبد بهینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که حداکثر تولید از انرژی‌های تجدیدپذیر حدود ۶۵۵۵۹/۱۳ تراوات ساعت می‌باشد. از کل مقادیر بهینه به دست آمده (در سبد RPS) سهم هر یک از انرژی های خورشیدی، زیست توده، زمین گرمایی، انرژی بادی، برق آبی و انرژی جزر و مد به ترتیب برابر با ۴/۲۹، ۹/۱۹، ۵/۸، ۳۰/۹، ۳۰/۱۹،۳۴/۳۳۷ می باشد.

طبقه‌بندی JEL: Q40, Q42, Q53

کلید واژه: انرژی تجدیدپذیر، بهینه‌یابی، برنامه‌ریزی خطی، برق‌های منطقه‌ای، سبد استاندارد انرژی تجدیدپذیر(RPS)

---

۱. نویسنده مسئول، برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد اینجانب با عنوان امکانسجی تشکیل بازار اعتبار انرژی تجدیدپذیر در صنعت برق ایران (دانشگاه تربیت مدرس)

۱. مقدمه

انرژی به منزله موتور توسعه اقتصادی، اجتماعی و بهبود کیفیت زندگی انسان تلقی می شود، در حالی که ضعف در کارایی جریان تولید، انتقال، توزیع مصرف و عدم وابستگی لازم به انرژی‌های مطمئن و سالم که لازمه یک سیاست توسعه پایدار می‌باشد، به عنوان یک مسئله اساسی مطرح است. از طرف دیگر توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست در گرو استفاده درست و بهینه از منابع انرژی به خصوص انرژی های تجدیدپذیر می باشد. بدین ترتیب، استفاده از انرژی های تجدیدپذیر، اهتمام در کارایی مصرف انرژی، اعمال ملاحظات اقتصادی و مالی مناسب، حفاظت از منابع انرژی و جلوگیری از ایجاد آلودگی های زیست محیطی باید از اولویت های سیاست انرژی در مقیاس کلان در هر کشور باشد.

بدین ترتیب بشر با نگاهی دوباره به خورشید، باد، امواج و سایر منابع طبیعی پایان ناپذیر، در پی کاهش وابستگی خود به منابع فسیلی است. طی چند سال گذشته روند استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر به ویژه در کشورهای صنعتی با سرعت زیادی در حال افزایش بوده و این کشورها به دنبال افزایش بیشتر سهم منابع تجدیدپذیر در سبد انرژی خود می‌باشند.

سبد استاندارد انرژی تجدیدپذیر[1] (RPS) یکی از سیاست های دولت در جهت توسعه انرژی های تجدیدپذیر برای تولید برق می باشد. این سبد استاندارد بیان کننده یک حداقل مقداری از انرژی تجدیدپذیر است که هر عرضه‌کننده‌ی برق مجبور به تولید می باشد، در واقع یک سبدی از منابع برق می‌باشد.

در این تحقیق تلاش شده ابتدا سیاست سبد استاندارد تجدیدپذیر معرفی شده است، سپس به تجربه این سیاست در کشورهای مختلف پرداخته و بعد با در نظر گرفتن سبد استاندارد انرژی تجدیدپذیر به ارائه الگوی بهینه استفاده انرژی تجدیدپذیر در برق-های منطقه‌ای کشور پرداخته شده است.

در فصل ۲ به معرفی سیاست سبد استانداراد انرژی تجدیدپذیر، فصل ۳ به پیشینه تحقیق ، فصل ۴ به بررسی انرژی های تجدیدپذیر و اهمیت آنها پرداخته شده است،

---

1. **Renewable Portfolio Standard (RPS)**

فصل ۵ روش تحقیق ، در فصل ۶ به تجزیه و تحلیل نتایج پرداخته و در فصل ۷ خلاصه و نتیجه گیری از بحث بیان شده است.

۲. معرفی سبد استاندارد انرژی تجدیدپذیر

سبد استاندارد انرژی تجدیدپذیر (RPS) یکی از سیاست های دولت در جهت توسعه انرژی های تجدیدپذیر برای تولید برق می باشد. بر اساس قوانین وضع شده درصد معینی از برق تحویلی به مشتریان که توسط خرده فروشان تأمین می شود می بایست از منابع انرژی تجدیدپذیر باشند. این درصد ها در بسیاری از کشورها بر اساس سبد استاندارد انرژی تنظیم می شوند. سبد استاندارد انرژی در واقع مدلی مشابه مالیات کربن است که تحت معاهده کیوتو ایجاد شد. بر طبق این معاهده بازاری بین کشورهای امضاء کننده ایجاد شد که در آن کشورهایی که بیش از حد مجاز دی اکسید کربن تولید می کنند از کشورهایی که زیر حد مجاز آلایندگی دارند مجوز آلایندگی گازهای خانه ای را بخرند. (هر مجوز معادل یک تن CO_2 است) سبد استاندارد انرژی نیز شرکت‌های برق را مجبور می سازد تا درصدی از برق تحویلی به مشتریان خود را از منابع تجدیدپذیر تهیه نمایند.

در واقع RPS که در سطح بین المللی به عنوان یک سیستم تعهد انرژی تجدیدپذیر شناخته شده است نیازمند این است که شرکت های تأمین کننده برق(یوتیلیتی) یا خرده فروشان برق مقدار معینی از انواع انرژی تجدیدپذیر(معمولا خورشید، باد و بیوماس)، خواه به صورت درصد، مگاوات ساعت(MWH[1]) یا مگاوات (MW) عنوان شود، را بدست آورند. از نام های رایج برای همین عنوان می توان استاندارد برق تجدیدپذیر (RES[2]) در سطح فدرال ایالات متحده و تعهد تجدیدپذیر(OR[3]) در انگلستان را نام برد.

تکنولوزی های واجد شرایط برای این سیاست می تواند در کشورهای مختلف، متفاوت باشد. اگر چه یک عنوان کلی تجدیدپذیر برای توصیف RPS بکار می رود، اما توافق گسترده‌ای در مورد منابع انرژی تجدیدپذیر واجد شرایط وجود ندارد. باد،

1.MegaWatt Hour
2.Renewable Energy Standard(RES)
3.Renewables Obligation

خورشید، زمین گرمایی، زیست توده و اقیانوس منابع انرژی پایه ای واجد شرایطی می باشند که معمولا برای دست یابی به RPS مورد نیاز، مورد استفاده قرار می گیرد.

سازماندهی و اداره RPS از یک الگوی عادی و معمولی پیروی می کند. الزامات RPS معمولا به خرده فروشان اعمال می شود، و دارای سطوح مختلف انعطاف پذیری در چگونگی بدست آوردن انرژِی تجدیدپذیر مورد نیاز شرکت های انرژی می باشد. شرکت های توزیعی تنظیم کننده انتظار دارند که هر گونه هزینه های اضافی الزامات RPS را از طریق افزایش قیمت یا نرخ استاندارد بپوشانند. در جایی که در آن رقابت خرده فروشان مجاز می باشد، پوشش هزینه ها با اطمینان کمتری می باشد، اما هزینه های اضافی به احتمال زیاد به مصرف کنندگان انتقال داده می شود. در برخی کشورها، برخی نهادهای دولتی، بخشی یا همه این هزینه های اضافی را بر عهده می گیرند. گاهی اوقات بخشی از بودجه اختصاصی به این سیاست از طریق اضافه روی خدمات برق بدست می آید. تعدادی مکانسیم وجود دارد که جهت اجرای الزامات RPS استفاده می شود، برای مثال لغو مجوزهای برق یا جریمه های داخلی را می توان نام برد. سیاست های RPS همچنین این اجازه را می دهد که بتوان بدون تولید واقعی انرژی تجدیدپذیر از طریق قوانینی از جمله قبول پرداختهای جایگزین ، معافیت های قانونی و معافیت های اختیاری بتوان با تعهد RPS انطباق پیدا کرد. (ویزار و همکاران[4]، ۲۰۰۸).

برخی از مزایایی سیاست تعیین سهم انرژی های تجدیدپذیر در سبد انرژی (ویلایر[5]، ۲۰۱۱)

۱. توسعه و ترویج پروژه‌های کم هزینه
۲. محقق کردن سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در بازار
۳. مشاهده سازگاری بیشتر با بازارهای باز
۴. یکپارچه شدن انرژی های تجدیدپذیر با زیر ساخت شبکه برق رسانی
۵. تسهیل در امر دایر شدن سیستم تجاری اعتباری انرژی های تجدیدپذیر

4. Wiser et al
5. Villair

۲- پیشینه تحقیق

منشأ سیستم تعهد انرژی تجدیدپذیر، که اغلب با اعتبارات انرژی تجدیدپذیر قابل مبادله یا اعتبارات (TRECS OR RECS) همراه است، از کشورهای اتحادیه اروپا و ایالات متحده در اواخر ۱۹۹۰ شکل گرفته شده است. (جاپ و همکاران[1]، ۲۰۰۴).

سیستم تعهد انرژی تجدیدپذیر به دلیل سازگاری با آزادسازی بازار توسط کمیسیون انرژی اتحادیه اروپا مورد حمایت قرار گرفت. کشور انگلستان (UK[2]) اولین کشور عضو اتحادیه اروپا بود که تعهد انرژی تجدیدپذیر (OR) را همراه با اعتبارات قابل مبادله را در سال ۲۰۰۲ پذیرفت. البته این امر تصادفی نبوده، زیرا کشور انگلستان اولین کشور اتحادیه اروپا بوده که اقدام به آزادسازی در بخش تولید برق در سال ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ تحت حاکمیت تاچر کرده بود. بلژیک، ایتالیا، سوئد، لهستان و نروژ به زودی به دنبال انگلستان در سال ۲۰۰۷ به اتخاذ سیاست تعهد انرژی تجدیدپذیر(OR) پرداخته اند. علاوه بر انگلستان، استرالیا در سال ۲۰۰۱، با هدف های اجباری انرژی تجدیدپذیر[3](MRET)، و ژاپن در سال ۲۰۰۳ با RPS مربوط به خود، همچنین چین وتایلند ، نیز به تصویب سیاست تعهد تجدیدپذیر(OR) پرداختند (گریسن و همکاران[4]، ۲۰۰۴). اما به طور عمده اولین عملکرد خوب RPS در تگزاس در سال ۲۰۰۰ معرفی شد، در حالی که در اروپا به طور عمده عملکرد RPS از سال ۲۰۰۲ آغاز گردیده است. (وندرلاین[5]، ۲۰۰۵)

ایده‌ی این سیاست در سال ۱۹۹۰ از کالیفرنیا نشأت گرفت و برای اولین بار در روزنامه ی برق در سال ۱۹۹۶ به عنوان مهمترین سیاست توسعه انرژی تجدیدپذیر در ایالات متحده معرفی شد. کالیفرنیا تا ۲۰۰۲، RPS را تصویب نکرد. در زیر به برخی از تجربیات کشورهای موفق پرداخته شده است.

سمانثا سکار و همکاران[6] (۲۰۱۴) در مطالعه ای به اثر سبد استاندارد انرژی یجدیدپذیر بر شدت انتشار کربن در ایالات متحده پرداخته اند. در این مطالعه بیان می

---

1. Jaap et al
2. United Kingdom
3. Mandatory Renewable Energy Target
4. Greacen et al
5. van der Linden
6. Samantha Sekar et al

کند با توجه به ناهمگنی بسیار در شدت انتشار کربن در ایالات متحده، به تعیین عواملی که برخی کشورها را قادر به توسعه اقتصادشان در میسر کاهش شدت کربن میکند، پرداخته است. در این مطالعه سیاست RPS را سیاستی کارا معرفی می کند که در حال حاضر از طریق نفوذ خود در قیمت برق دولتی تأثیری منفی و معنی داری بر شدت انتشار کربن دارد. علاوه بر این بیان می شود که اتخاذ RPS سبب کاهش ۴ درصدی انتشار کربن در سراسر ایالات متحده در سال ۲۰۱۰ شده است.

هلویگ[1] (۲۰۱۴) در پایان نامه خود به بررس سطوح RPS هدف پرداخته است. در این پایان نامه مدلهای قبلی که در زمینه اقتصادی، دولتی، ایدئولوژیکی RPS و تشکیل بازار اعتبار انرژی تجدیدپذیر کار کردند، با افزودن مباحث نظارتی و ویژگی های زیر بنایی و مسافتی به منظور پیش بینی سطح RPS هدف، را گسترش و تکرار کردند . فرضیات این تحقیق سه گزینه اندازگیری سطح RPS هدف است، به منظور تعیین اینکه تا چه حد گسترش ترکیبی از متغیرهای توضیحی، تنوع در سطوح سیاست هدف را توضیح می دهد. نتایج رگرسیون خطی چند متغیره و نتایج همبستگی مسافتی نشان می دهد که چند عامل داخلی سطح RPS هدف در هر کشور را تحت تاثیر قرار می دهد. این عوامل شامل قیمت برق، ایدئولوژی دولت و ظرفیت کمتر بازار اعتبار انرژی تجدیدپذیر به طور بالقوه می باشد. علاوه بر این برخی اثرات انتشار در ایالت نوادا وجود دارد که نشان می دهد هدف RPS خود را کمتر از کشورهای همسایه خود و موقعیت جغرافیایی این کشور در بین ایالات شمال شرقی می باشد که سطح هدف RPS را تحت تاثیر قرار می دهد.

شریمالی و همکاران[2] (۲۰۱۲) به ارزیابی اثر RPS در سهم تولید انرژی از انرژی های تجدیدپذیردر ایالت مین(Maine) پرداخته است. در این مطالعه با استفاده از داده های بکارگیری انرژی تجدیدپذیر، عناصر طراحی سیاست و پویایی بازار به منظور بیان ناهمگنی در طراحی RPS ایالات و ویژگی های بازار ، ۵۰ ایالت در طی سالهای ۱۹۹۰-۲۰۱۰ نتایج رگرسیون نشان می دهد که ضریب متغیر RPS مورد نیاز فروش مثبت و قابل توجه است.

1 . Helwig
2. Shrimali et al

ایالات متحده

در زیر تجربیات برخی از ایالت های مختلف آمریکا بیان شده است.

– **اوهایو**: در آپریل ۲۰۰۸ مجلس اوهایو لایحه ای را با اتفاق آرا تصویب کرد که در آن نیازمند به تولید ۲۵ درصد از انرژی اوهایو از منابع جایگزین و تجدیدپذیر می باشد، که نصف یا ۱۲/۵ درصد باید از منابع تجدیدپذیر باشد(استاف رایدر[1]، ۲۰۰۸)

– **پنسیلوانیا**: برنامه RPS در پنسیلوانیا نیازمند آن است که ۱۸ درصد از کل تولید انرژی در ایالت تا سال ۲۰۲۱ از منابع جایگزین و تجدیدپذیر ، شامل ۰/۵ درصد از خورشید باشد.

– **تگزاس**:RPS تگزاس، یوتیلتی های را اجبار می کند که به طور مشترک ۲۰۰۰ مگاوات جدید از انرژی تجدیدپذیر تا سال ۲۰۰۹ بر اساس سهمشان از بازار ایجاد کنند. در سال ۲۰۰۵، مجلس سنا، نیازهای RPS منطقه را به ۵۸۸۰ مگاوات تا سال ۲۰۱۵ افزایش داد، که ۵۰۰ مگاوات باید از منابع غیر بادی تشکیل شود. این لایحه یک هدف ۱۰۰۰۰ مگاواتی از ظرفیت انرژی تجدیدپذیر را تنظیم کرد. (دپارتمان انرژی امریکا[2]، ۲۰۱۴)

اتحادیه اروپا: اتحادیه اروپا بخشنامه تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر را در سال ۲۰۰۱ تصویب کرد(گریسن، ۲۰۰۴): برق تجدیدپذیر ۳۳ درصد تا سال ۲۰۲۰و انرژی تجدیدپذیر ۲۰ درصد تا ۲۰۲۰

آلمان

قانون انرژی تجدیدپذیر آلمان، از زمان تصویب آن در سال ۲۰۰۰، با تشویق سرمایه‌گذاران خصوصی از طریق تضمین خرید برق، رشد بسیار زیادی در ظرفیت برق تجدیدپذیر ایجاد کرده است. هدف های اتخاذی آلمان بسیار بیشتر از هدف های اجباری اتحادیه اروپا در سپتامبر ۲۰۱۰ می باشند که شامل:

- برق تجدیدپذیر ۳۵ درصد تا سال ۲۰۲۰ و ۸۰ درصد تا سال ۲۰۵۰
- انرژی تجدیدپذیر ۱۸ درصد تا ۲۰۲۰ و ۶۰ درصد تا سال ۲۰۵۰

1.Staff Writers
2.US.Department Of Energy

نمونه هایی از سبد استانداردهای انرژی تجدیدپذیر موجود در کشورهای مختلف

استرالیا در قانون انرژی تجدیدپذیر سال ۲۰۰۰ سیاست سبد استاندارد انرژی تجدیدپذیر را اتخاذ کرد.(انجمن انرژی و منابع[1]، ۲۰۰۶)

چین یک هدف انرژی تجدیدپذیر را در سال ۲۰۰۶ اتخاذ و آن را در سال ۲۰۰۹ اصلاح کرد که هدفهای زیر را از اجرای آن دنبال می کند:(مارتیون و همکاران[2]،۲۰۱۰)

- ۵۰۰ مگاوات برق تجدیدپذیر تا سال ۲۰۲۰ (۳۰۰ از برق آبی، ۱۵۰ از باد، ۳۰ از بیوماس و ۲۰ از برق خورشیدی)
- دستیابی به ۱۵ درصد انرژی تجدیدپذیر تا سال ۲۰۲۰

ژاپن در قانون شماره ۳۷ توسعه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در سال ۱۹۹۷، هدف دستیابی به ۱۱۸ میلیون کیلووات در سال ۲۰۱۲ را اتخاذ کرده است[3].

تنها مطالعه داخلی که ترکیب بهینه انرژی در سطح کشور را مورد بررسی قرار داده است، خاکسار آستانه(۱۳۹۱) به بهینه‌یابی تامین منابع انرژی با هدف تولید برق با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی استوار پرداخته است. نتایج حاصل از الگوی بهینه حاکی از تولید ۳۶,۷۱درصدی انرژی برق آبی کوچک، ۱۸,۲۲ درصدی انرژی باد، ۱۷,۱۹درصدی انرژی زیست توده، ۱۳,۴۳درصدی انرژی زمین گرمایی، ۱۲,۵۳ درصدی انرژی جزرومد و ۱درصدی انرژی خورشیدی است.

تاکنون مطالعه ی داخلی در مورد معرفی سبد استاندارد انرژی در کشور انجام نشده است. در این تحقیق که برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد اینجانب با عنوان امکان سنجی تشکیل بازار اعتبار انرژی در صنعت برق ایران است، برای اولین بار به معرفی سیاست سبد استاندارد انرژی تجدیدپذیر (RPS) و ترکیب انرژی های تجدیدپذیر در این سبد پرداخته است. این روش یکی از مهمترین رویکرد سیاستی کشورهای با حجم بالای انرژی های تجدیدپذیر در سبد انرژی است. برای این منظور ابتدا یک درصدی از انرژی های تجدیدپذیر (همان RPS که با توجه به شرایط کشور ۱۰ درصد تولید برق فرض شده) را معین و شرکتهای برق منطقه مجبور به دستیابی به این سبد مذکور می باشند.

1.Energy and Resources Institute
2. Martinot
3.http://www.japaneselawtranslation.go.jp/law/detail/?id=1892&vm=04&re=01

۳- انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه آنها

اجرای برنامه‌های رشد و توسعه کشور، افزایش تقاضای سالانه انرژی برابر با دو تا سه هزار مگاوات برق جدید بوجود می آورد، که برای پاسخگویی به آن لازم است ظرفیت تولید برق کشور تا سال ۲۰۲۰ به ۹۰۰۰۰ هزار مگاوات برسد. در حال حاضر حدود ۹۸٪ ظرفیت تولید نیروگاه‌های برق کشور متکی به سوخت‌های فسیلی است که با توجه به رشد مصرف داخلی و وابستگی اقتصاد به صادرات نفت؛ اعمال محدودیت‌هایی در جهت کاهش وابستگی به آنها اجتناب‌ناپذیر می-کند(هسته پژوهشی معماری روستایی، ۱۳۸۸)

در پی توجه سیاستگذاران کشور به مقوله انرژی‌های جایگزین و یا مکمل نفت و گاز در کشور و بخصوص انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور، سازمان انرژی‌های نو ایران با کمک بانک جهانی اقدام به تدوین استراتژی انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور نموده است. این پروژه یک پروژه ملی محسوب شده و در حال حاضر ستاد فناوری انرژی-های نو ایران به عنوان کمیته راهبری بر آن نظارت دارد. تا کنون پیش نویس سند انرژی‌های تجدیدپذیر توسط این گروه تهیه و به منظور اعلام نظر متخصصان امر در اختیار آنها قرار گرفته است که هنوز نتیجه نهایی آن برای عموم انتشار نیافته است.

علاوه بر این سند، وزارت نیرو در جهت تحقق سند چشم‌انداز بیست‌ساله کشور، سیاست‌ها و اهدافی را در برنامه پنج ساله چهارم توسعه کشور (۱۳۸۴-۱۳۸۸) در زمینه انرژی‌های نو به شرح زیر تدوین نموده است[1]:

- حمایت از بخش خصوصی برای توسعه کاربرد انرژی‌های نو با بازده اقتصادی بالا(باد، زمین گرمایی، بیومس)
- حمایت از تولیدکنندگان جهت انتقال و بومی سازی فناوری‌های انرژیهای نو که در کوتاه‌مدت رقابت‌پذیری بالایی دارند (فتوولتائیک، نیروگاه حرارتی خورشیدی)

1.Renewable energy in Islamic Republic of Iran, Iran Ministry of energy, Presented in renewable energy conference 2006, Japan

- حمایت از مراکز تحقیقاتی جهت توسعه برنامه‌های تحقیقاتی برای فناوری‌هایی که در دوره زمانی بالاتر از ۱۰ سال رقابت‌پذیر هستند.
- فراهم کردن زمینه سازی دسترسی به انرژی‌های نو در مناطق دور افتاده و روستاها

در این راستا، دولت برق تولیدی از نیروگاه‌های انرژی نو(باد) ایجاد شده توسط بخش خصوصی را با قیمتی معادل سه برابر میزان پرداختی توسط مصرف‌کنندگان خریداری می‌کند.

برای دستیابی به سبد بهینه انرژی تجدیدپذیر در ایران ابتدا باید پتانسیل انرژی‌های تجدیدپذیر در هر منطقه را بدست آورد.

۴- پتانسیل انرژی تجدیدپذیر در شرکت‌های برق منطقه‌ای

برای تعیین جایگاه ایران از نظر پتانسیل انرژی خورشیدی، از نقشه میزان تابش کل خورشید در شکل ۱ پیوست در نقاط مختلف ایران استفاده شده است. به طوری که برای یک سطح دنبال کننده خورشیدی به صورت میانگین روزانه در کل سال که توسط سازمان انرژی های نو کشور تهیه شده است و همچنین متوسط تعداد روزهای آفتابی در سال برای تک تک استانهای کشور در جدول ۱ پیوست نشان داده شده است. استفاده شده است. با استفاده از نقشه تابش خورشیدی کشور و متوسط تعداد روزهای آفتابی استانهای کشور، با بکارگیری نرم افزار GIS، پتانسیل ناخالص انرژی خورشیدی در تمام برق های منطقه ای برآورد گشته است.

- پتانسیل انرژی بادی در ایران

در سالهای ۷۵-۷۴ پروژه‌ای تحت عنوان "تخمین پتانسیل انرژی باد ایران" در معاونت امور انرژی وزارت نیرو توسط دانشگاه صنعتی شریف اجرا شد. در این پروژه پتانسیل تعدادی سایت مناسب در مناطق مختلف کشور مطالعه گردید. این مطالعه ، ادامهٔ پروژهٔ مشابهی بود که قبلاً برای تعدادی سایت دیگر توسط همین گروه و به سفارش سازمان انرژی اتمی ایران انجام گرفته بود. در حال حاضر مجموعهٔ اطلاعات و نتایج این دو مطالعه، تنها آمار و ارقام رسمی و مستندی است که در کشور برای

پتانسیل انرژی باد وجود دارد.

بر اساس نتایج این پروژه ظرفیت نصب نیروگاههای بادی در ایران حداقل ۶۵۰۰ مگاوات معادل ۵۶,۹ تراوات ساعت در سال برآورد شده است.

بر اساس آخرین اطلاعات آماری که از سازمان انرژی نو ایران بدست آمده میزان پتانسل‌های برق‌ها منطقه‌ای بدست آمده است.

- پتانسیل انرژی زمین گرمایی(ژئو ترمال)

وزارت نیرو در سال ۱۳۵۳ برای شناسایی مناطق مستعد انرژی زمین گرمایی کشور قرارداد مطالعه ای را با شرکت ایتالیایی ENEL[1] منعقد نمود. در نتیجهٔ این مطالعه، چهار ناحیهٔ زمین گرمایی سبلان، خوی ـ ماکو، دماوند، و سهند مشخص گردید که از این میان با توجه به شواهد سطحی و زمین شناسی و جوان بودن سن سنگهای اکتشافی ، منطقه سبلان مستعدتر از بقیه تشخیص داده شد.

در شکل ۲ پیوست نیز پراکندگی مناطق مستعد انرژی زمین گرمایی کشور که براساس نتایج مطالعات ENEL و برخی مطالعات منطقه‌ای در وزارت نیرو تهیه شده است به صورت گرافیکی مشاهده می‌شود. اما برای تعیین پتانسیل دقیق هر منطقه مطالعات تکمیلی شامل روشهای ژئوفیزیک (مگنتوتلوریک، ترنزینت الکترومگنتیک و جریان مستقیم)، ژئوشیمی، زمین‌شناسی و نیز حفر چاه‌های اکتشافی و برداشت مشخصات مخزن‌زیرزمینی مورد نیاز است. بدیهی است برای تعیین پتانسیل این منبع انرژی درکل‌کشور باید عملیات مشابهی در همهٔ نقاط مستعد انجام گیرد که وزارت نیرو انجام‌این امرمهم را در برنامه‌های آتی خود دارد.

-پتانسیل انرژی زیست توده

در این راستا از سال ۲۰۰۰ در معاونت امور انرژی وزارت نیرو با مشاورهٔ مرکز تحقیقات نیرو مطالعاتی صورت گرفته است که در آن مواد زیست توده به پنج دسته مختلف تقسیم شده‌اند و میزان انرژی قابل استحصال از آنها بطور جداگانه برآورد شده است.

دسته بندی این مواد بشرح زیر است:

الف. زائدات جنگلی و کشاورزی محصولات انرژی زا

1.Ente Nazionale per l'energia ELettrica

ب. فضولات دامی
ج. زباله‌های شهری
د. فاضلابهای شهری
هـ فاضلابهای صنایع غذایی و امثال آن

در مجموع از کلیه مواد زیست توده (شامل هر پنج نوع فوق‌الذکر)، سالانه بیش از ۸۰۰ پتاژول انرژی قابل استحصال است. این مقدار انرژی معادل انرژی نهفته در حدود ۱۳۰ میلیون بشکه نفت خام است که تقریباً معادل کل انرژی مصرفی کشور در مدت دو ماه می‌باشد. بر طبق این مطالعه میزان انرژی از مواد زیستی بر حسب برق منطقه ای استیصال گردیده است.

- نیروگاه های برق آبی کوچک

با توجه به اینکه فلات ایران از شمال به سلسله جبال البرز و از غرب به سلسله جبال زاگرس متصل است، عمده‌ترین پتانسیل برق آبی کشور در استان‌های شمالی کشور و استان‌های غرب، جنوب‌غرب و شمال‌غرب متمرکز شده است. استان‌های گیلان، مازندران، فارس، آذربایجان شرقی و غربی، خوزستان، کردستان، لرستان و چهار محال بختیاری مستعدترین استان‌های کشور جهت تولید برق‌آبی هستند. بیشترین پتانسیل‌های آبی با شیب طبیعی در استان‌های شمالی و غربی و مرکزی ایران قرار دارند. کوهستانی بودن، شیب طبیعی، صعب العبور بودن روستاها و مشکلات موجود در دسترسی به شبکه برق سراسری، همگی دلایلی بر توجیه احداث نیروگاه های برق آبی کوچک در این عرصه ها است. نواحی جغرافیایی با دشت های وسیع و پست و کم شیب کم استعدادترین ناحیه کشور برای احداث نیروگاه های برق آبی کوچک هستند. در مقیاس اجرایی تمامی روستاهایی که در کنار مسیرهای دائم جریان آب قرار دارند برای احداث نیروگاه های برق آبی کوچک مستعد هستند.

- انرژی جزر و مد

مرکز ملی اقیانوس شناسی سازمان انرژی های نو ایران در مطالعه‌ای که در آذر ماه ۱۳۸۸ با عنوان برآورد پتانسیل تولید انرژی تجدیدپذیر در خلیج فارس، دریای عمان و

دریای خزر با استفاده از منابع موج، جریان و جزر و مد انجام داد، پتانسیل انرژی دریایی را در کشور محاسبه کرد که در این تحقیق چون هدف دستیابی به پتانسیل های منطقه‌ای می باشد این پتانسیل را با توجه به برق های هر منطقه بدست آمده است.

جدول ۱: پتانسل های انرژی تجدیدپذیر در برق منطقه‌ای مختلف (گیگاوات ساعت)

نام منطقه	پتانسیل خورشیدی	پتانسیل زیست توده	پتانسیل زمین گرمایی	پتانسیل باد	پتانسیل برق آبی	پتانسیل جزر و مد	جمع کل هر منطقه
برق آذربایجان	۹۶۴۵۴۶۷	۲۹۸۶۱,۹	۷۲۲۷	۹۱۱۹,۱	۸۶۷,۵	۰	۹۶۹۲۵۴۳
برق اصفهان	۱۵۷۰۵۳۱۰	۱۱۹۱۵,۲	۳۵۰۴	۰	۱۲۰۴,۴	۰	۱۵۷۲۱۹۳۴
برق باختر	۸۵۰۶۰۰۹	۱۷۵۰۱	۰	۵۴۳,۱	۳۰۵,۹	۰	۸۵۲۴۳۵۹
برق تهران	۳۷۱۸۷۰۰	۱۳۷۸۹,۴	۱۷۵۲	۰	۶۱۱,۱	۰	۳۷۳۴۸۵۳
برق خراسان	۲۶۲۷۱۷۱۰	۲۰۹۶۴,۷	۱۷۵۲	۷۱۳۵۸,۹	۲۳۸,۷	۰	۲۶۳۶۵۸۰۹
برق خوزستان	۸۷۳۷۰۰۸	۱۶۷۲۴,۵	۰	۰	۱۴۷۲,۴	۵۱۱۵,۷	۸۷۶۰۳۲۱
برق زنجان	۳۵۶۱۵۳۱	۵۳۷۷,۷	۰	۱۵۴۵۲,۶	۳۸۱	۰	۳۵۸۲۷۴۲
برق سمنان	۱۲۰۰۵۲۹۷	۱۹۶۵,۱	۰	۶۲۷۱۲,۸	۵۳,۱	۰	۱۲۰۷۰۰۲۸
برق سیستان	۲۳۳۶۵۲۲۲	۳۹۸۳,۴	۱۷۵۲	۳۶۵۲۹,۲	۰	۶۴۳۷,۱	۲۳۴۱۳۹۲۴
برق غرب	۸۲۴۴۱۲۵	۱۴۹۲۹,۸	۰	۶۷۲۷,۶	۱۷۵۲,۷	۰	۸۲۶۷۵۳۵
برق فارس	۱۹۳۸۸۷۳۰	۱۸۶۰۲,۱	۳۵۰۴	۱۶۱۹۷,۲	۲۱۱,۹	۱۵۵۳,۰۴	۱۹۴۲۸۷۹۸
برق کرمان	۲۴۴۲۳۰۲۶	۶۳۷۴,۹	۰	۰	۰	۰	۲۴۴۲۹۴۰۱
برق گیلان	۷۲۵۸۹۴	۱۰۵۲۰,۵	۰	۲۹۶۲۶,۳	۳۴۱۶,۳	۱۷۷۲,۲	۷۷۱۲۲۹,۳
برق مازندران	۲۹۵۵۴۰۴	۲۰۰۶۵,۲	۱۷۵۲	۲۹۱۷	۲۰۶۱,۱	۲۶۷۰,۸	۲۹۸۲۱۹۹
برق هرمزگان	۹۲۷۴۴۷۷	۲۱۵۹,۵	۱۷۵۲	۱۴۷۷۸,۱	۰	۸۵۵۳,۱	۹۳۰۱۷۲۰
برق یزد	۱۶۶۳۳۰۹۰	۱۴۶۶,۸	۱۷۵۲	۰	۰	۰	۱۶۶۳۶۳۰۹
جمع کل	۱۹۳۱۶۱۰۰۰	۱۹۶۲۰۱,۷	۲۴۷۴۷	۲۶۵۹۶۱,۹	۱۲۳۶۱,۲	۲۶۱۰۱,۰۴	۱۹۳۶۸۳۷۰۴

مأخذ: نتایج تحقیق، گزارشات و اسناد

در این تحقیق بر اساس آخرین اطلاعات منتشر شده از وزارت نیرو و با توجه به محاسبات محقق پتانسیل‌های انرژی تجدیدپذیر برق‌های منطقه‌ای به‌صورت زیر برآورد شده است.

بنابراین کل پتانسیل‌های انرژی خورشیدی، انرژی زیست توده، زمین گرمایی، باد، برق آبی، جزر و مد در سراسر کشور به ترتیب ۱۹۳۱۶۱۰۰۰، ۱۹۶۲۰۱,۷، ۲۴۷۴۷،

۲۶۵۹۶۱,۹، ۱۲۳۶۱,۲ و ۲۶۱۰۱,۰۴ گیگاوات ساعت می‌باشد.

بررسی اهداف مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر در برنامه چهارم توسعه کشور

طبق اهداف تعیین شده در برنامه چهارم توسعه کشور، تولید ۵۰۰ مگاوات از منابع تجدیدپذیر تا انتهای سال ۱۳۸۸ در نظر بوده است(جدول ۲)، که این میزان یک درصد از سبد انرژی کشور است. این در حالیست که در سند چشم انداز بیست ساله، ایران در نظر داشت تا سال ۱۴۰۴، ده درصد از برق مورد نیاز خود را از منابع تجدیدپذیر تأمین نماید.

جدول ۲: اهداف تعیین شده برای انرژیهای تجدیدپذیر در برنامه چهارم توسعه

نیروگاه‌های برق‌ابی کوچک	۸۰MW
نیروگاه بادی	۲۵۰MW
نیروگاه زمین گرمایی	۱۰۰MW
نیروگاه حرارتی خورشیدی	۱۷/۲۵MW
پیل سوختی	۱MW
فتولتائیک	۳MW
بیومس	۲۶/۵MW
جمع کل	۴۷۷/۷۵MW
آبگرمکن خورشیدی($\mathbf{1000000}m^2$	۵۰MWH

منبع: International action programs and reports, Iran, Available online at http://www.ren21.net/iap/commitment.

با توجه به آمار موجود، تنها ۳۸ درصد از برنامه‌های چهارم توسعه در بخش ساخت، تولید و احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر محقق شده است(برنامه چهارم توسعه، ۱۳۸۸). یکی از مهمترین برنامه‌های سازمان محیط زیست این است که تا پایان برنامه پنجم توسعه حدود ۲۰ درصد انرژی مورد نیاز تولید کشور را از انرژی‌های تجدیدپذیر مثل انرژی خورشیدی، باد و امواج دریا، تولید کند. علاوه بر این در افق ۱۴۰۴، ۱۰ درصد از مصرف انرژی کشور باید از انرژی‌های نو باشد که این رقم در حال حاضر بسیار پایین است و دستیابی به این اهداف همتی جدی می طلبد.(برنامه پنجم توسعه).

بنابراین با توجه به نتایج برنامه چهارم توسعه و عدم دستیابی به هدف تعیین شده برای توسعه انرژی های تجدیدپذیر، دستیابی به ۲۰ درصد از سبد انرژی مصرفی کشور از انرژی های تجدیدپذیر در برنامه پنجم توسعه، تقریبا محال و دور از انتظار می باشد، در این تحقیق فرض می شود که تنها ۱۰ درصد از سبد انرژی کشور از انرژی های تجدیدپذیر می باشد و در واقع درصد RPS را ۱۰ درصد در نظر گرفته شده و به عنوان محدودیت در مدل وارد شده است.

۵- معرفی مدل

برنامه‌ریزی خطی یکی از گسترده‌ترین روش‌های مورد استفاده بهینه‌سازی و شاید مؤثرترین آنها است. نخستین بار برنامه‌ریزی خطی توسط دانتزیگ در سال ۱۹۴۷ استفاده شد. وی از این روش برای حل مسائلی که دارای تابع هدف و محدودیت‌ها بودند استفاده کرد. عبارت برنامه‌نویسی در برنامه‌ریزی خطی به معنای برنامه ریزی است و نباید آن را با برنامه نویسی کامپیوتری اشتباه گرفت مدل‌های LP در حوزه مدیریت، اقتصاد، بهبود کیفیت محصولات و غیره کاربردهای زیادی دارند. اگر از بعد ریاضی به هر یک از این مسائل نگریسته شود با تعداد زیادی معادله، متغیرها و نامساوی‌ها مواجه می‌شویم. یک روش مناسب نه تنها باید همه محدودیت‌ها را پوشش دهد، بلکه بایستی مشتق تابع هدف، مانند محاسبه حداکثر سود و یا حداقل هزینه را نیز تعیین کند.

امروزه به کمک نرم‌افزارهای پیشرفته، مسائلی با هزاران متغیر و محدودیت قابل حل می‌باشد. استفاده از روش LP به منظور حداکثر(حداقل) کردن تابع هدف می‌باشد، که به شکل یک معادله خطی بیان شده است:

$$Z = \sum_{j=1}^{n} C_i X_i$$
$$\sum_{j=1}^{n} a_j X_j \leq b_i \qquad (i = 1, 2, \ldots . m)$$
$$X_{\mathrm{j}} \geq 0 \qquad (\mathrm{j} = 1, 2, \ldots \ldots \ldots ., \mathrm{n})$$

Z معادله هدف، X متغیر مورد نظر و C عدد ثابت می باشد.

در این قسمت سعی شده است با استفاده از تکنیک برنامه ریزی خطی و با انتخاب تابع هزینه به عنوان تابع هدف و با توجه به محدودیت‌های پتانسیل انرژی‌های تجدید پذیر (محدودیت منابع)، میزان مصرف انرژی برق در هر یک از

مناطق ۱۶ گانه برق (محدودیت تقاضا) و محدودیت ضریب اطمینان تولید انرژی از انرژی‌های تجدیدپذیر (محدودیت فنی)، الگوی بهینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را ارائه دهیم.

جدول۳: متغیرهای تصمیم مدل۱

x_1	انرژی خورشیدی تولیدی در برق سیستان	x_{49}	انرژی باد تولیدی در برق سیستان
x_2	انرژی خورشیدی تولیدی در برق آذربایجان	x_{50}	انرژی باد تولیدی در برق آذربایجان
x_3	انرژی خورشیدی تولیدی در برق باختر	x_{51}	انرژی باد تولیدی در برق باختر
x_4	انرژی خورشیدی تولیدی در برق فارس	x_{52}	انرژی باد تولیدی در برق فارس
x_5	انرژی خورشیدی تولیدی در برق غرب	x_{53}	انرژی باد تولیدی در برق غرب
x_6	انرژی خورشیدی تولیدی در برق گیلان	x_{54}	انرژی باد تولیدی در برق گیلان
x_7	انرژی خورشیدی تولیدی در برق هرمزگان	x_{55}	انرژی باد تولیدی در برق هرمزگان
x_8	انرژی خورشیدی تولیدی در برق خراسان	x_{56}	انرژی باد تولیدی در برق خراسان
x_9	انرژی خورشیدی تولیدی در برق مازندران	x_{57}	انرژی باد تولیدی در برق مازندران
x_{10}	انرژی خورشیدی تولیدی در برق سمنان	x_{58}	انرژی باد تولیدی در برق سمنان
x_{11}	انرژی خورشیدی تولیدی در برق زنجان	x_{59}	انرژی باد تولیدی در برق زنجان
x_{12}	انرژی خورشیدی تولیدی در برق اصفهان	x_{60}	انرژی باد تولیدی در برق اصفهان
x_{13}	انرژی خورشیدی تولیدی در برق تهران	x_{61}	انرژی باد تولیدی در برق تهران
x_{14}	انرژی خورشیدی تولیدی در برق خوزستان	x_{62}	انرژی باد تولیدی در برق خوزستان
x_{15}	انرژی خورشیدی تولیدی در برق کرمان	x_{63}	انرژی باد تولیدی در برق کرمان
x_{16}	انرژی خورشیدی تولیدی در برق یزد	x_{64}	انرژی باد تولیدی در برق یزد
x_{17}	انرژی زیست توده تولیدی در برق سیستان	x_{65}	انرژی برق آبی تولیدی در برق سیستان
x_{18}	انرژی زیست توده تولیدی در برق آذربایجان	x_{66}	انرژی برق آبی تولیدی در برق آذربایجان
x_{19}	انرژی زیست توده تولیدی در برق باختر	x_{67}	انرژی برق آبی تولیدی در برق باختر
x_{20}	انرژی زیست توده تولیدی در برق فارس	x_{68}	انرژی برق آبی تولیدی در برق فارس
x_{21}	انرژی زیست توده تولیدی در برق غرب	x_{69}	انرژی برق آبی تولیدی در برق غرب
x_{22}	انرژی زیست توده تولیدی در برق گیلان	x_{70}	انرژی برق آبی تولیدی در برق گیلان
x_{23}	انرژی زیست توده تولیدی در برق هرمزگان	x_{71}	انرژی برق آبی تولیدی در برق هرمزگان
x_{24}	انرژی زیست توده تولیدی در برق خراسان	x_{72}	انرژی برق آبی تولیدی در برق خراسان
x_{25}	انرژی زیست توده تولیدی در برق مازندران	x_{73}	انرژی برق آبی تولیدی در برق مازندران
x_{26}	انرژی زیست توده تولیدی در برق سمنان	x_{74}	انرژی برق آبی تولیدی در برق سمنان
x_{27}	انرژی زیست توده تولیدی در برق زنجان	x_{75}	انرژی برق آبی تولیدی در برق زنجان
x_{28}	انرژی زیست توده تولیدی در برق اصفهان	x_{76}	انرژی برق آبی تولیدی در برق اصفهان
x_{29}	انرژی زیست توده تولیدی در برق تهران	x_{77}	انرژی برق آبی تولیدی در برق تهران
x_{30}	انرژی زیست توده تولیدی در برق سیستان	x_{78}	انرژی برق آبی تولیدی در برق خوزستان

x_{31}	انرژی زیست توده تولیدی در برق آذربایجان	x_{79}	انرژی برق آبی تولیدی در برق کرمان
x_{32}	انرژی زیست توده تولیدی در برق باختر	x_{80}	انرژی برق آبی تولیدی در برق یزد
x_{33}	انرژی زمین گرمایی تولیدی در برق فارس	x_{81}	انرژی جزر و مد تولیدی در برق فارس
x_{34}	انرژی زمین گرمایی تولیدی در برق غرب	x_{82}	انرژی جزر و مد تولیدی در برق غرب
x_{35}	انرژی زمین گرمایی تولیدی در برق گیلان	x_{83}	انرژی جزر و مد تولیدی در برق گیلان
x_{36}	انرژی زمین گرمایی تولیدی در برق هرمزگان	x_{84}	انرژی جزر و مد تولیدی در برق هرمزگان
x_{37}	انرژی زمین گرمایی تولیدی در برق خراسان	x_{85}	انرژی جزر و مد تولیدی در برق خراسان
x_{38}	انرژی زمین گرمایی تولیدی در برق مازندران	x_{86}	انرژی جزر و مد تولیدی در برق مازندران
x_{39}	انرژی زمین گرمایی تولیدی در برق سمنان	x_{87}	انرژی جزر و مد تولیدی در برق سمنان
x_{40}	انرژی زمین گرمایی تولیدی در برق زنجان	x_{88}	انرژی جزر و مد تولیدی در برق زنجان
x_{41}	انرژی زمین گرمایی تولیدی در برق اصفهان	x_{89}	انرژی جزر و مد تولیدی در برق اصفهان
x_{42}	انرژی زمین گرمایی تولیدی در برق تهران	x_{90}	انرژی جزر و مد تولیدی در برق تهران
x_{43}	انرژی زمین گرمایی تولیدی در برق خوزستان	x_{91}	انرژی جزر و مد تولیدی در برق خوزستان
x_{44}	انرژی زمین گرمایی تولیدی در برق کرمان	x_{92}	انرژی جزر و مد تولیدی در برق کرمان
x_{45}	انرژی زمین گرمایی تولیدی در برق یزد	x_{93}	انرژی جزر و مد تولیدی در برق یزد
x_{46}	انرژی زمین گرمایی برای استفاده در برق خوزستان	x_{94}	انرژی جزر و مد استفاده در برق خوزستان
x_{47}	انرژی زمین گرمایی برای استفاده در برق کرمان	x_{95}	انرژی جزر و مد برای استفاده در برق کرمان
x_{48}	انرژی زمین گرمایی برای استفاده در برق یزد	x_{96}	انرژی جزر و مد برای استفاده در برق یزد

تابع هدف

در این مدل به منظور به دست آوردن الگوی بهینه استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر از تابع هزینه تولید برق در راستای حداقل هزینه تولید برق از انرژی‌های تجدید پذیر، شامل؛ انرژی خورشیدی، انرژی زیست توده، انرژی زمین گرمایی، انرژی بادی، انرژی برق آبی کوچک و انرژی جزر و مد استفاده شده است.(تمری، ۱۳۹۱)

$$Min\left(A\sum_{i=1}^{16}x_i + B\sum_{i=17}^{32}x_i + C\sum_{i=32}^{48}x_i + D\sum_{i=49}^{64}x_i + E\sum_{i=65}^{80}x_i + F\sum_{i=81}^{96}x_i\right)$$

ضرایب تابع هدف، شامل هزینه تولید برق از انرژی خورشیدی، زیست توده، زمین گرمایی، باد، برق آبی کوچک و جزر و مد بوده است. جدول (۴) متوسط هزینه تولید یک کیلووات ساعت برق از هر یک از انرژی‌های تجدید پذیر را نشان می‌دهد.

جدول (۴): هزینه یک واحد تولید برق از انواع انرژی‌های تجدید پذیر (ریال/کیلووات ساعت)

انرژی تجدید پذیر	قیمت
انرژی خورشیدی	۳۳۳۰
انرژی زیست توده	۱۹۶۰
انرژی زمین گرمایی	۱۷۵۰
انرژی باد	۱۴۳۰
انرژی برق آبی	۱۱۸۰
انرژی جزر و مد	۱۴۳۰

منبع: خاکسار آستانه، ۱۳۹۱)

محدودیت‌ها

محدودیت پتانسیل انرژی‌های تجدید پذیر در کل کشور

یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های در نظر گرفته شده در این مدل، محدودیت پتانسیل انرژی‌های تجدید پذیر در کشور بوده است. بر اساس محاسبات صورت گرفته در بخش قبلی ، پتانسیل انرژی خورشیدی، زیست توده، زمین گرمایی، بادی، برق آبی کوچک و جزر و مد را مطابق مقادیر R_1 تا R_6 بر اساس جدول زیر می‌توان در نظر گرفت.

جدول (۵): مقادیر سمت راست محدودیت پتانسیل

متغیر	انرژی تجدید پذیر	تراوات ساعت
R_1	انرژی خورشیدی	۱۹۳۱۶۱
R_2	انرژی زیست توده	۱۹۶,۲
R_3	انرژی زمین گرمایی	۲۴,۷
R_4	انرژی بادی	۲۶۵,۹
R_5	انرژی برق آبی	۱۲,۲
R_6	انرژی جزر و مد	۲۶,۱

منبع: نتایج تحقیق

$$\sum_{i=1}^{16} x_i \leq R_1$$
$$\sum_{i=17}^{32} x_i \leq R_2$$
$$\sum_{i=33}^{48} x_i \leq R_3$$

$\sum_{i=49}^{64} x_i \leq R_4$

$\sum_{i=65}^{80} x_i \leq R_5$

$\sum_{i=81}^{96} x_i \leq R_6$

- محدودیت پتانسیل انرژی‌های تجدیدپذیر در هر برق منطقه‌ای

همچنین مقادیر سمت راست محدودیت پتانسیل انرژی‌های تجدید پذیر در هر برق منطقه‌ای که مقادیر R_8 تا R_{102} را شامل می‌شود، در جدول مربوط به پتانسیل‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در برق منطقه ای (جدول ۱) بیان شده است.

$x_i \leq R_{i+6} \; ; i = 1, \dots, 96$

- محدودیت ماکزیمم مصرف برق در هر یک از مناطق ۱۶ گانه برق با توجه به درصد RPS

مقادیر سمت راست دسته محدودیت مصرف برق منطقه‌ای(R_{103} تا R_{118})به عنوان حداکثر میزان استفاده انرژی الکتریسیته در هر یک از مناطق ۱۶گانه برق بر اساس آخرین آمار و اطلاعات موجود در ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۹و با فرض اینکه RPS ۱۰درصدی تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر باشد، مطابق جدول ۲ پیوست در نظر گرفته شده است.

$x_1 + x_{17} + x_{33} + x_{49} + x_{65} + x_{81} \geq R_{103}$

$x_2 + x_{18} + x_{34} + x_{50} + x_{66} + x_{82} \geq R_{104}$

$x_3 + x_{19} + x_{35} + x_{51} + x_{67} + x_{83} \geq R_{105}$

$x_4 + x_{20} + x_{36} + x_{52} + x_{68} + x_{84} \geq R_{106}$

$x_5 + x_{21} + x_{37} + x_{53} + x_{69} + x_{85} \geq R_{107}$

$x_6 + x_{22} + x_{38} + x_{54} + x_{70} + x_{86} \geq R_{108}$

$x_7 + x_{23} + x_{39} + x_{55} + x_{71} + x_{87} \geq R_{109}$

$x_8 + x_{24} + x_{40} + x_{56} + x_{72} + x_{88} \geq R_{110}$

$x_9 + x_{25} + x_{41} + x_{57} + x_{73} + x_{89} \geq R_{111}$

$x_{10} + x_{26} + x_{42} + x_{58} + x_{74} + x_{90} \geq R_{112}$

$x_{11} + x_{27} + x_{43} + x_{59} + x_{75} + x_{91} \geq R_{113}$

$$x_{12} + x_{28} + x_{44} + x_{60} + x_{76} + x_{92} \geq R_{114}$$
$$x_{13} + x_{29} + x_{45} + x_{61} + x_{77} + x_{93} \geq R_{115}$$
$$x_{14} + x_{30} + x_{46} + x_{62} + x_{78} + x_{94} \geq R_{116}$$
$$x_{15} + x_{31} + x_{47} + x_{63} + x_{79} + x_{95} \geq R_{117}$$
$$x_{16} + x_{32} + x_{48} + x_{64} + x_{80} + x_{96} \geq R_{118}$$

- محدودیت ضریب اطمینان[1] در هر یک از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر

محدودیت‌های مربوط به ضریب اطمینان، به منظور برآورد الگوی بهینه عرضه قابل اطمینان برق ناشی از انرژی‌های تجدید پذیر ارائه شده است. این ضرایب ۰,۱ در ۱۰۰۰۰ساعت برای انرژی خورشیدی و زمین گرمایی، ۰,۵ در ۱۰۰۰۰ ساعت برای انرژی بادی و جزر و مد و ۰,۹ در ۱۰۰۰۰ ساعت برای انرژی زیست توده در نظر گرفته شده‌اند[2](Xydis et al, 2012).

$$10 \sum_{i=1}^{16} x_i \leq R_1$$
$$5 \sum_{i=17}^{32} x_i \leq R_2$$
$$10 \sum_{i=33}^{48} x_i \leq R_3$$
$$2 \sum_{i=49}^{64} x_i \leq R_4$$
$$1.5 \sum_{i=65}^{80} x_i \leq R_5$$
$$2 \sum_{i=81}^{96} x_i \leq R_6$$

- محدودیت ضمنی

در نهایت محدودیت نا منفی بودن متغیرهای تصمیم مدل یا به عبارتی محدودیت ضمنی ارائه شده است.

$$x_i \geq 0 \qquad ; i = 1, \dots, 96$$

در نهایت مدل طراحی شده با استفاده از نرم افزار LINGO12 تخمین زده شده است.

1.Reliability factor

۲. ضرایب اطمینان هر یک از انرژی‌های خورشیدی با توجه به منبع ذکر شده (Xydis et al, 2012) استخراج گردیده است.

جدول۴-۱۲- طرح مصرف انرژی تجدید پذیر در برق‌های منطقه ای ۱۶ گانه

متغیر	تولید بهینه (کیلووات ساعت)	سهم از کل پتانسیل انرژی تجدید پذیر مربوطه (درصد)	متغیر	تولید بهینه (کیلووات ساعت)	سهم از کل پتانسیل انرژی تجدید پذیر مربوطه (درصد)
X_1	۰۰۰۰.۰	۰	X_{49}	۰۰۰۰.۰	۰
X_2	۰۰۰۰.۰	۰	X_{50}	۹۱۱۹۱۶۰۰۰	۳,۴۸
X_3	۱۵۸۲۵۹۸۰۰۰	۸,۵۹	X_{51}	۵۴۳۱۲۰۰۰	۰,۱۲
X_4	۰۰۰۰.۰	۰	X_{52}		۰
X_5	۰۰۰۰.۰	۰	X_{53}	۰۰۰۰.۰	۰
X_6	۰۰۰۰.۰	۰	X_{54}	۰۰۰۰.۰	۰
X_7	۰۰۰۰,۰	۰	X_{55}	۰۰۰۰.۰	۰
X_8	۰۰۰۰.۰	۰	X_{56}	۴۵۱۵۳۴۲۰۰۰	۱۷
X_9	۰۰۰۰.۰	۰	X_{57}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{10}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{58}	۶۲۷۱۲۸۴۰۰۰	۲۳
X_{11}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{59}	۱۵۴۵۲۶۴۰۰۰	۵,۸۱
X_{12}	۷۷۶۸۲۵۲۰	۰,۱۴	X_{60}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{13}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{61}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{14}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{62}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{15}	۱۸۱۵۱۱۵۰۰	۰,۹۸	X_{63}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{16}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{64}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{17}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{65}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{18}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{66}	۸۶۷۵۴۶۶۰۰	۷,۰۲
X_{19}	۱۷۵۰۱۰۱۰۰۰	۸,۹۲	X_{67}	۳۰۵۹۸۶۷۰۰	۲,۴۸
X_{20}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{68}	۲۱۱۹۳۹۴۰۰	۱,۷۱
X_{21}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{69}	۶۴۴۰۹۸۶۰۰	۵,۲۱
X_{22}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{70}	۴۰۴۳۰۰۰۰۰	۳,۲۷
X_{23}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{71}	۰۰۰۰.۰	
X_{24}	۰۰۰۰.	۰	X_{72}	۲۳۸۷۱۰۰۰	۰,۱۹
X_{25}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{73}	۲۰۶۱۱۷۵۰۰۰	۱۶,۷

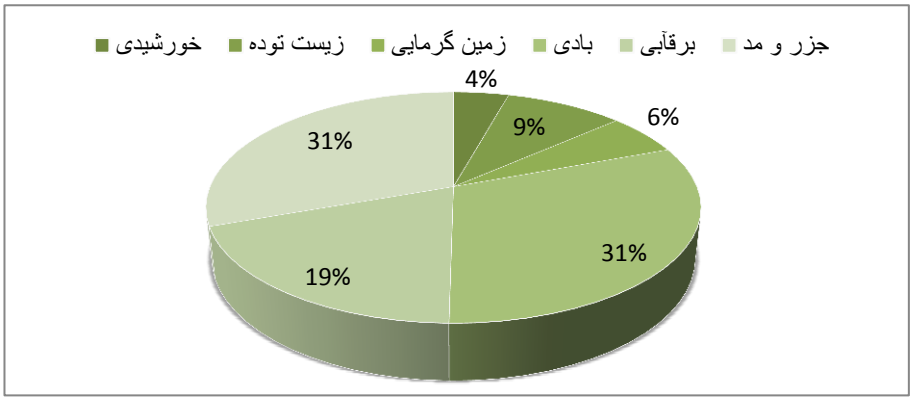
متغیر	تولید بهینه (کیلووات ساعت)	سهم از کل پتانسیل انرژی تجدید پذیر مربوطه (درصد)	متغیر	تولید بهینه (کیلووات ساعت)	سهم از کل پتانسیل انرژی تجدید پذیر مربوطه (درصد)
X_{26}	.۰۰۰۰	۰	X_{74}	۵۳۱۷۳۲۰۰	۰,۴۳
X_{27}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{75}	۳۸۱۰۶۰۰۰۰	۳,۰۸
X_{28}	۴۴۸۰۱۳۸۰۰	۲,۲۸	X_{76}	۱۲۰۴۴۷۴۰۰۰	۹,۷۴
X_{29}	۱۰۸۸۴۳۷۰۰۰	۵,۵۵	X_{77}	۶۱۱۱۳۲۶۰۰	۴,۹۴
X_{30}	۰۰۰۰	۰	X_{78}	۱۴۷۲۴۹۰۰۰۰	۱۱,۹
X_{31}	۶۳۷۴۹۸۵۰۰	۳,۲۵	X_{79}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{32}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{80}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{33}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{81}	۳۳۵۳۰۰۰۰۰	۲,۷۱
X_{34}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{82}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{35}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{83}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{36}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{84}	۱۲۹۲۲۱۱۰۰۰	۴,۹۵
X_{37}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{85}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{38}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{86}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{39}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{87}	۳۶۳۷۰۰۹۰۰۰	۱۳,۹
X_{40}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{88}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{41}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{89}	۲۶۷۰۸۸۹۰۰۰	۱۰,۲
X_{42}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{90}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{43}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{91}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{44}	۲۴۶۶۸۰۰۰۰	۰,۹۹	X_{92}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{45}	۱۷۵۲۰۰۰۰۰۰	۷,۰۸	X_{93}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{46}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{94}	۵۱۱۵۷۲۵۰۰۰	۱۹,۶
X_{47}	۰۰۰۰.۰	۰	X_{95}	۰۰۰۰.۰	۰
X_{48}	۴۷۶۰۲۰۰۰۰	۱,۹۲	X_{96}	۰۰۰۰.۰	۰

مأخذ: نتایج تحقیق

با توجه به مقادیر بهینه به دست آمده در جدول بالا، مقدار تابع هدف که معادل با حداکثر تولید از انرژی های تجدیدپذیر با حداقل هزینه می باشد معادل با ۶۵۵۵۹۱۳۰ گیگاوات ساعت می باشد. که از کل مقادیر بهینه به دست آمده سهم هر یک از انرژی های خورشیدی، زیست توده، زمین گرمایی، انرژی بادی، برق آبی و انرژی جزر و مد به ترتیب برابر با ۴/۲۹، ۹/۱۹، ۵/۸، ۳۰/۹۶، ۱۹/۳۳۷، ۳۰/۳۴برای انرژی جزر و مد می‌باشد. علاوه بر این سهم هر یک برق های منطقه ای برق منطقه ای آذربایجان، اصفهان، باختر، تهران، خراسان، خوزستان، زنجان، سمنان، سیستان و بلوچستان، غرب، فارس، کرمان، گیلان، مازندران، هرمزگان و یزد از کل مقدار بهینه به ترتیب شامل ۰/۸۱، ۴/۳۱، ۸/۲۱، ۳/۱۳، ۰، ۰، ۸/۸۱، ۱۱، ۱۱/۵، ۱۵/۳، ۴/۶۷، ۴/۷۹، ۸/۳۶، ۱۶، ۱/۹۸، ۱/۱۵، می‌باشد.

نتایج حاصل از تحلیل حساسیت مدل طراحی شده، نشان داده که حتی اگر مقادیر پتانسیل انرژی های تجدیدپذیر، شامل انرژی خورشیدی، زیست توده، زمین گرمایی، بادی، برق آبی و جزر و مد و همچنین مقادیر مصرف در هر یک از برق های منطقه ای شامل برق منطقه ای آذربایجان، اصفهان، باختر، تهران، خراسان، خوزستان، زنجان، سمنان، سیستان، کرمان، غرب، مازندران، گیلان، هرمزگان، یزد مطابق با جدول ۹ کاهش پیدا می کند، نتایج حاصل از تخمین مدل طراحی شده تفاوتی نکرده و مقادیر بدست آمده همچنان بهینه می باشند.

شکل ۱: سهم مصرف بهینه انرژی تجدیدپذیر از کل مقادیر بهینه



مآخذ: یافته های تحقیق

جدول ۹: نتایج حاصل از تحلیل حساسیت مدل طراحی شده

R_1	۱۸۴۱۷۹۲۰۰۰۰	۰٫۶۵۵۵۹۱۳e+۱۴
R_2	۱۹۶۲۰۲۵۱۴۳۲	۰٫۱۶۵۷۶۱۳e+۱۱
R_3	۲۴۷۴۷۰۰۰۰۰۰	۰٫۱۵۶۹۶۲۰e+۱۱
R_4	۲۶۵۹۶۲۳۶۰۰۰	۰٫۲۲۲۷۲۳۰e+۱۱
R_5	۱۲۳۶۱۸۶۹۸۶۰	۰٫۱۳۲۹۸۱۲e+۱۱
R_6	۲۶۱۰۲۲۶۷۱۵۰	۰٫۴۱۲۰۶۲۳e+۱۰
R_7	۳۹۸۳۴۰۶۴۰	۰٫۱۳۰۵۱۱۳e+۱۱
R_8	۲۹۸۶۱۹۸۷۱۶	۰٫۳۹۸۳۴۰۶e+۰۹
R_9	۱۷۵۰۱۰۰۶۲۸	۰٫۲۹۸۶۱۹۹e+۱۰
R_{10}	۱۸۶۰۲۱۸۶۵۲	۰٫۰۰۰۰
R_{11}	۱۴۹۲۹۸۸۹۹۲	۰٫۱۸۶۰۲۱۹e+۱۰
R_{12}	۱۰۵۲۰۵۵۹۶۴	۰٫۱۴۹۲۹۸۹e+۱۰
R_{13}	۲۱۵۹۵۴۰۱۴	۰٫۱۰۵۲۰۵۶e+۱۰
R_{14}	۲۰۹۶۴۷۰۲۸۰	۰٫۲۱۵۹۵۴۰e+۰۹
R_{15}	۲۰۰۶۵۲۳۳۸۰	۰٫۲۰۹۶۴۷۰e+۱۰
R_{16}	۱۹۶۵۱۵۴۲۰	۰٫۲۰۰۶۵۲۳e+۱۰
R_{17}	۵۳۷۷۷۸۲۱۲	۰٫۱۹۶۵۱۵۴e+۰۹
R_{18}	۱۱۹۱۵۲۰۲۳۲	۰٫۵۳۷۷۷۸۲e+۰۹
R_{19}	۱۳۷۸۹۴۳۹۴۰	۰٫۷۴۳۵۰۶۵e+۰۹
R_{20}	۱۶۷۲۴۵۷۴۵۲	۰٫۲۹۰۵۰۶۵e+۰۹
R_{21}	۶۳۷۴۹۸۴۸۰	۰٫۱۶۷۲۴۵۷e+۱۰
R_{22}	۱۴۶۶۸۶۷۰۰	۰٫۰۰۰۰
R_{23}	۱۷۵۲۰۰۰۰۰۰	۰٫۱۴۶۶۸۶۷e+۰۹
R_{24}	۷۲۲۷۰۰۰۰۰۰	۰٫۱۷۵۲۰۰۰e+۱۰
R_{25}	۰	۰٫۷۲۲۷۰۰۰e+۱۰
R_{26}	۳۵۰۴۰۰۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۰
R_{27}	۰	۰٫۳۵۰۴۰۰۰e+۱۰
R_{28}	۰	۰٫۰۰۰۰۰
R_{29}	۱۷۵۲۰۰۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۰
R_{30}	۱۷۵۲۰۰۰۰۰۰	۰٫۱۷۵۲۰۰۰e+۱۰
R_{31}	۱۷۵۲۰۰۰۰۰۰	۰٫۱۷۵۲۰۰۰e+۱۰
R_{32}	۰	۰٫۱۷۵۲۰۰۰e+۱۰
R_{33}	۰	۰٫۰۰۰۰
R_{34}	۳۵۰۴۰۰۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰۰
R_{35}	۱۷۵۲۰۰۰۰۰۰	۰٫۳۲۵۷۳۲۰e+۱۰
R_{36}	۰	۰٫۰۰۰۰
R_{37}	۰	۰٫۰۰۰۰
R_{38}	۱۷۵۲۰۰۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۰

R_{39}	۲۶۵۲۹۲۰۰۰۰	۰,۱۲۷۵۹۸۰e+۱۰
R_{40}	۹۱۱۹۱۶۰۰۰	۰,۲۶۵۲۹۲۰e+۱۰
R_{41}	۵۴۳۱۲۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{42}	۱۶۱۹۷۲۴۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{43}	۶۷۲۷۶۸۰۰۰	۰,۱۶۱۹۷۲۴e+۱۰
R_{44}	۲۹۶۲۶۳۲۰۰۰	۰,۶۷۲۷۶۸۰e+۱۰
R_{45}	۱۴۷۷۸۱۲۰۰۰	۰,۲۹۶۲۶۳۲e+۱۰
R_{46}	۷۱۳۵۸۹۶۰۰۰	۰,۱۴۷۷۸۱۲e+۱۰
R_{47}	۲۹۱۷۰۸۰۰۰	۰,۲۶۲۰۵۵۴e+۱۰
R_{48}	۶۲۷۱۲۸۴۰۰۰	۰,۲۹۱۷۰۸۰e+۰۹
R_{49}	۱۵۴۵۲۶۴۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{50}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{51}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{52}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{53}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{54}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{55}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{56}	۸۶۷۵۴۶۵۶۰	۰,۰۰۰۰
R_{57}	۳۰۵۹۸۶۷۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{58}	۲۱۱۹۳۹۴۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{59}	۱۷۵۲۷۰۰۸۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{60}	۳۴۱۶۳۲۱۱۰۰	۰,۱۱۰۸۶۰۲e+۱۰
R_{61}	۰	۰,۳۰۱۲۰۲۱e+۱۰
R_{62}	۲۳۸۷۱۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{63}	۲۰۶۱۱۷۵۱۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{64}	۵۳۱۷۳۲۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{65}	۳۸۱۰۶۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{66}	۱۲۰۴۴۷۳۷۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{67}	۶۱۱۱۳۲۶۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{68}	۱۴۷۲۴۸۹۷۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{69}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{70}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{71}	۶۴۳۷۱۸۰۸۸۰	۰,۰۰۰۰
R_{72}	۰	۰,۶۱۰۱۸۸۱e+۱۰
R_{73}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{74}	۱۵۵۳۰۴۲۸۸۰	۰,۰۰۰۰
R_{75}	۰	۰,۲۶۰۸۳۲۳e+۰۹
R_{76}	۱۷۷۲۲۵۳۱۲۰	۰,۰۰۰۰
R_{77}	۸۵۵۳۱۷۶۴۰۰	۰,۱۷۷۲۲۵۳e+۱۰
R_{78}	۰	۰,۴۹۱۶۱۶۷e+۱۰

R_{79}	۲۶۷۰۸۸۸۹۵۰	۰,۰۰۰۰
R_{80}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{81}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{82}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{83}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{84}	۵۱۱۵۷۲۴۹۲۰	۰,۰۰۰۰
R_{85}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{86}	۰	۰,۰۰۰۰
R_{87}	۳۳۵۳۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{88}	۱۰۷۷۸۲۰۰۰۰	
R_{89}	۱۲۷۵۵۴۰۰۰۰	۰,۷۰۱۶۴۲۶e+۰۹
R_{90}	۱۵۰۴۱۵۰۰۰۰	۰,۲۴۱۷۴۵۷e+۱۰
R_{91}	۵۳۵۵۱۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{92}	۴۰۴۳۰۰۰۰۰	۰,۱۰۸۵۸۸۶e+۰۹
R_{93}	۹۴۴۰۸۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{94}	۱۵۳۳۴۵۰۰۰۰	۰,۲۶۹۲۹۲۹e+۱۰
R_{95}	۸۵۶۵۵۰۰۰۰	۰,۳۰۰۵۷۶۳e+۱۰
R_{96}	۲۵۲۲۶۰۰۰۰	۰,۳۸۷۵۵۱۴e+۱۰
R_{97}	۶۲۵۲۶۰۰۰۰	۰,۶۰۷۲۱۹۷e+۱۰
R_{98}	۱۹۷۶۸۵۰۰۰۰	۰,۱۳۰۱۰۶۴e+۱۰
R_{99}	۳۴۵۱۵۷۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{100}	۲۳۵۰۲۵۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{101}	۸۱۹۰۱۰۰۰۰	۰,۴۲۳۷۹۶۵e+۱۰
R_{102}	۴۷۶۰۲۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{103}	۱۸۴۱۷۹۲۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{104}	۱۹۶۲۰۲۵۱۴۳۲	۰,۰۰۰۰
R_{105}	۲۴۷۴۷۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{106}	۲۶۵۹۶۲۳۶۰۰۰	۰,۰۰۰۰
R_{107}	۱۲۳۶۱۸۶۹۸۶۰	۰,۰۰۰۰
R_{108}	۲۶۱۰۲۲۶۷۱۵۰	۰,۰۰۰۰
R_{109}		۰,۰۰۰۰

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مطالعه سعی شده است ابتدا به معرفی کامل سیاست سبد استاندارد انرژی تجدیدپذیر(RPS) پرداخته شود. در ادامه تجارب برخی از کشورهای موفق در اجرای این سیاست بیان شده است. در ادامه با استفاده از تکنیک برنامه ریزی خطی و با توجه به محدودیت های، پتانسیل موجود انرژی های نو در برق های منطقه ای کشور، میزان

مصرف نهایی در هر یک از برق های منطقه ای با اعمال RPS، ۱۰ درصد و ضریب اطمینان استفاده از سیستم های پاک، ترکیب بهینه استفاده از این نوع انرژی در برق های منطقه ای ۱۶ گانه کشور ارائه گردد. نتایج حاکی از آن است که حداکثر تولید از انرژی های تجدیدپذیر حدود ۶۵۵۵۹/۱۳ تراوات ساعت می باشد. که از کل مقادیر بهینه به دست آمده سهم هر یک از انرژی های خورشیدی، زیست توده، زمین گرمایی، انرژی بادی، برق آبی و انرژی جزر و مد به ترتیب برابر با ۴/۲۹، ۹/۱۹، ۵/۸، ۳۰/۹۶، ۱۹/۳۳۷، ۳۰/۳۴ می باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده از حل الگوی مورد بررسی، می توان اظهار داشت با وجود تمام این تلاش‌ها کشور ما هنوز تا وضعیت مطلوب و سرمایه‌گذاری متناسب با پتانسیل موجود فاصله‌ای چشمگیر دارد و سهم بسیار بالایی از این انرژی های پاک در کشور، بالا استفاده مانده است. همچنین با استفاده از انرژی های تجدیدپذیر به عنوان منبع تأمین انرژی مورد نیاز می توان صرفه جویی بسیار بالایی در استفاده از سوخت های فسیلی انجام داد. به عبارت دیگر با جایگزین کردن تولید برق از انرژی های مذکور می توان ۳۸۵۶۴/۱۹ میلیون بشکه نفت خام در سال صرفه جویی اقتصادی کرد، که با توجه به قیمت قابل توجه کنونی نفت، می توان این تعداد را صادر و درآمد قابل توجهی را از آن دولت نمود.

از سوی دیگر با توجه به نتایج به دست آمده و پتانسیل موجود در کشور و نسبت مصرف کنونی سوختهای فسیلی ۹۷,۷ درصد به ۲,۳ درصد انرژی های تجدیدپذیر، این موضوع نشان از این مطلب دارد که الگوی مصرفی ما ایرادات ساختاری و مدیریتی دارد و در نتیجه سیاستها و برنامه ریزی های دولت در امر حمایت از استفاده از این منابع از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

فهرست منابع

تمری، اقلیم(۱۳۹۱)، امکان سنجی تشکیل بازار اعتبار انرژی تجدیدپذیر در صنعت برق ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

خاکسارآستانه، سمانه(۱۳۹۱)، ارائه الگوی بهینه‌توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر درایران با

استفاده از رویکرد بهینه‌سازی استوار، پایان‌نامه‌کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) (۱۳۹۱)، برآورد پتانسیل تولید انرژی تجدیدپذیر در خلیج‌فارس، دریای عمان و دریای‌خزر با استفاده از منابع باد، موج، جریان و جزر و مد.

عملکرد برنامه چهارم در زیر ساخت‌های کشور(۱۳۹۱)، هفته‌نامه برنامه، معونت راهبردی و نظارت ریاست جمهوری، شماره ۳۵۲.

وزارت نیرو(۱۳۹۱)، ترازنامه انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، معاونت امور برق و انرژی.

هسته پژوهشی معماری روستایی (RCRA)، (۱۳۸۸)، کاربرد انرژی های تجدیدشونده در مسکن و توسعه روستایی، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده معماری و شهرسازی

Energy and Resources Institute,(2006), Renewable Energy Credits: Prevailing Practices, www. teriin.org, toolkits.reeep.org/file_ upload/ 10301078_3.pdf

Jaap. C, Uyterlinde. J, Uyterlinde .M. A, (2004), A fragmented market on the way to harmonisation? EU policy-making on renewable energy promotion, Energy Research Centre of the Netherlands, Energy for Sustainable Development.

Helwig. L.D,(2014), Examining the Target Levels of State Renewable, University of Nevada, Las VegasTheses/Dissertations, Professional Papers/Capstones, Paper 2090.

Greacen. C, Thai. P, (2004), The renewable energy law of the People's Republic of China: Drafting Process, Essential Features, Comments, and Lessons for Thailand, Thailand Department of Alternative Energy Development and Efficiency. Bangkok, Thailand.

Martinot.E ,Junfeng.L, (2010), Renewable Energy Policy Update For China, http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/07/renewable-energy-policy-update-for-china

Sekar. S, Sohngen. B,(2014), The Effects of Renewable Portfolio Standards on Carbon Intensity in the United States, Resources for the Future April, Accessed at www.rff.org.

Shrimali. G, S. Jenner, F. Groba, G. Chan, and J. Indvik, J,.(2012), Have State Renewable Portfolio Standards Really Worked? http://www.usaee.org/usaee2012/submissions/OnlineProceedings/Shrimali%

20Online%20Proceedings%20Paper.pdf.

Staff Writers Washington DC (SPX), (2008), New Ohio Renewable Energy Law Has National Importance. Energy Daily

US Department Of Energy,(2014), Renewable Energy Certificates (RECs) Marketers, home http://apps3.eere.energy.gov/greenpower/markets/certificates.shtml?page=2

Van der. N. H, Uyterlinde. M. A, Vrolijk. C, Power. I. T, Nilsson. L. J, Kahn. J, Astrand. K, Ericsson. K, & Wiser, R, (2005), Review of international experience with renewable energy obligation support mechanisms. Lawrence Berkeley National Laboratory and Energy Center of the Netherlands, http://eetd.lbl.gov/ea/ems/reports/57666.pdf

Wiser. R. H, Barbose. G, (2008), Renewables portfolio standards in the United States: A status Report with data. Lawrence Berkeley National Laboratory, Environmental Energy Technologies Division. Energy Analysis Department. http://eetd.lbl.gov/ea/ems/reports/lbnl-154e.pdf

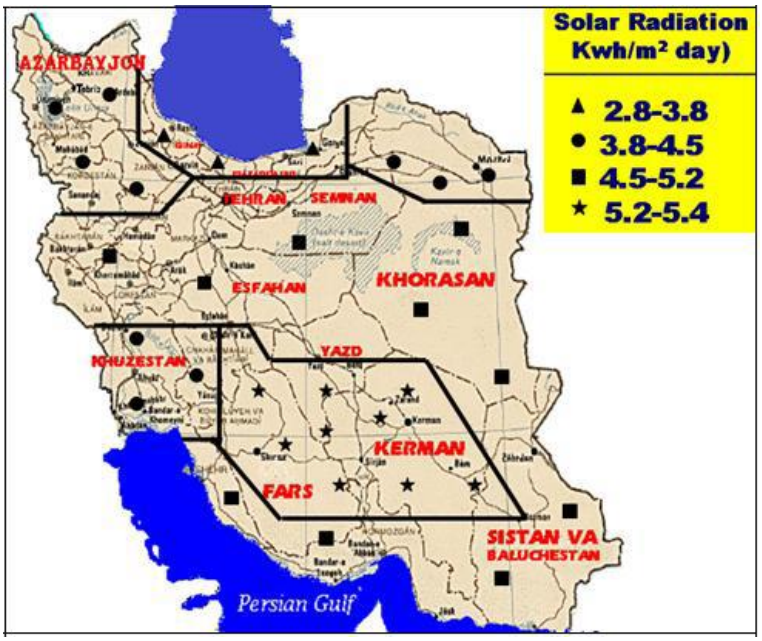
Villaire. L.A,(2011), state renewable portfolio standards: the political process of adoption, A dissertation submitted to the graduate school in partial fulfillment of the requirements for the degree doctor of philosophy, Northern Illinois University, Department of political science.

Xydis. G, Koroneos. C ,(2012), A linear programming approach for the optimal planning of a future energy system. Potential contribution of energy recovery from municipal solid wastes, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 16(1), PP 369-378.

پیوست ها

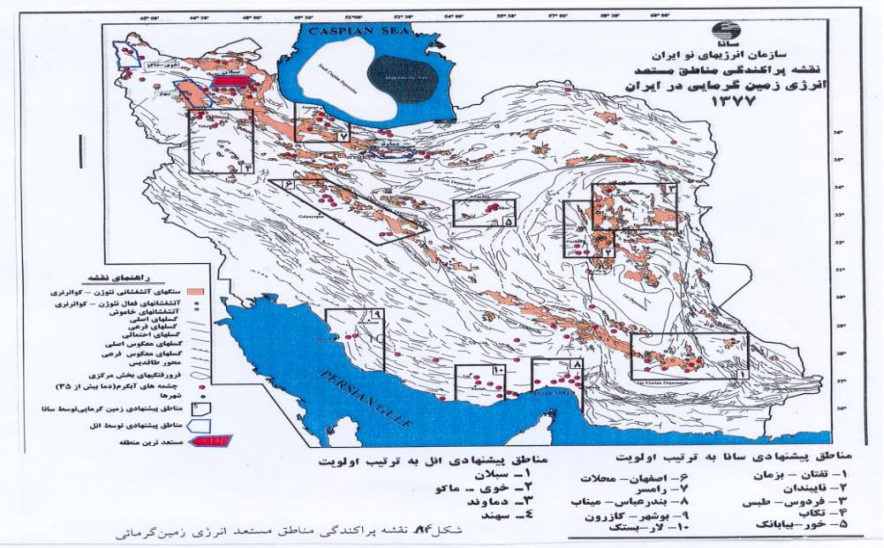
جدول۱- متوسط تعداد روزهای آفتابی به تفکیک استان

استان	تعداد روزهای آفتابی در سال	استان	تعداد روزهای آفتابی در سال
آذربایجان شرقی	۲۸۹,۱	فارس	۳۲۸,۸
آذربایجان غربی	۳۰۳,۴	قزوین	۲۹۸,۷
اردبیل	۲۷۸	قم	۳۳۰
اصفهان	۳۳۱,۱	کردستان	۳۰۷,۵
ایلام	۳۱۰,۶	کرمان	۳۲۹,۲
بوشهر	۳۲۶,۲	کرمانشاه	۳۰۵,۳
تهران	۳۱۳,۹	کهگیلویه و بویراحمد	۳۱۸,۵
چهارمحال و بختیاری	۳۲۸,۳	گلستان	۲۴۹,۸
خراسان جنوبی	۳۳۶,۳	گیلان	۱۹۷,۷
خراسان رضوی	۳۰۴,۳	لرستان	۳۱۳,۲
خراسان شمالی	۲۰۹,۳	مازندران	۲۲۰,۱
خوزستان	۳۲۸,۷	مرکزی	۳۱۲
زنجان	۳۰۲,۷	هرمزگان	۳۴۷,۱
سمنان	۳۳۴,۱	همدان	۳۱۴,۴
سیستان و بلوچستان	۳۳۸,۸	یزد	۳۳۰



شکل ب-۶- نقشه میزان تابش کل خورشید در نقاط مختلف

شکل ۱- نقشه پراکندگی مناطق مختلف مستعد انرژی زمین گرمایی در ایران



شکل۸۴ نقشه پراکندگی مناطق مستعد انرژی زمین‌گرمائی

Renewable energy portfolio standards (RPS) and achieving the optimal mix of renewable energy

Eghlim Tamri[1]
MA, Faculty of Economics, Tarbiat Modarres University

Bahram Sahabi
Faculty Member, Faculty of Economics, Tarbiat Modarres University

Hossein Sadeghi
Faculty Member, Faculty of Economics, Tarbiat Modarres University

Abstract

Global development in terms of increased attention to environmental protection and the finite nature of fossil resources have accelerated the use of renewable energies. Renewable energy portfolio standard (RPS), is a government policy to promote the use of renewable energy in the energy consumption basket. The RPS stipulates the minimum amount of renewable energy that each electricity supplier should produce. This policy has been widely studied in different countries, but so far no such studies have been undertaken in Iran. This study introduces the experience of countries that have been successful in their RPS policies. We then use linear programming techniques to study an RPS policy that requires regional power supply companies to produce at least 10 percent of their electricity from renewable energy sources. We focus on identifying the optimal combination of different renewable energy sources to meet the RPS. The results indicate the maximum production of electricity from renewable sources is about 13/65559 TWh. The optimal ratio of each renewable energy source is respectively 4.29, 9.19, 8.5, 30.9, 19.337 and 30.34 percent for solar energy, biomass, geothermal, wind, hydroelectric and tidal energy.

JEL Classification: Q_{53}, Q_{42}, Q_{40}
Keywords: renewable energy optimization, linear programming, a regional power, renewable energy portfolio standards (RPS)

[1]. Corresponding Author