

امکان سنجی خرید تضمینی برق و بهره برداری از منابع تجدیدپذیر (مطالعه موردی: بندر ماهشهر)

پیروز جعفری^۱، سعید منصور^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد مدیریت سیستم و بهره وری، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، واحد ماهشهر، ماهشهر، ایران

۲- دانشیار گروه تولید صنعتی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ایران

چکیده

یکی از مشوقها و سیاستهای لازم برای توسعه منابع تجدیدپذیر، سیاست خرید تضمینی برق از این منابع می باشد. با در نظر گرفتن این رویکرد، در این تحقیق، روشی جامع برای امکان سنجی توسعه تولید انرژی بر مبنای منابع تجدیدپذیر به منظور تأمین انرژی در سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی واقع در بندر ماهشهر مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. این مطالعه با در نظر گرفتن منابع تجدیدپذیر عمده شامل منابع بادی و خورشیدی، انجام گرفته است. با انجام این مطالعه ی موردی، و تحقیقات مشابه در سایر نقاط کشور و جهان صورت گرفته و نتایج حاصله ی آن از بعد فنی، اقتصادی و زیست محیطی ارائه شده با استفاده از داده های جغرافیایی و هواشناسی، داده های تولید، مصرف و رفتار قیمت انرژی آنها، ظرفیت و استراتژی بهینه ی برنامه ریزی تأمین انرژی واحدها با حضور منابع تجدیدپذیر به دست آمده و نتایج حاصله ی آن از بعد فنی، اقتصادی و زیست محیطی ارائه شده است. آنالیز حساسیت انجام شده نشان می دهد که با قیمتهای فعلی خرید تضمینی برق (تغذیه در تعرفه) از منابع تجدیدپذیر، سرمایه گذاری در این زمینه بازگشت سرمایه مناسبی نخواهد داشت و این نتیجه مهم لزوم تغییرات بنیادی در سیاستهای خرید تضمینی و توسعه منابع تجدیدپذیر در کشورمان را بیش از پیش روشن می کند.

واژه های کلیدی: امکان سنجی، منابع تجدیدپذیر، خرید تضمینی، بهره برداری

۱- مقدمه

امروزه گسترش سرمایه گذاری و بهره برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر به منظور تأمین انرژی پایدار و توسعه ی همه جانبه در دستور کار اغلب کشورهای جهان قرار گرفته است (Boyle, G., 2004). در سال های اخیر، کشورهای در حال توسعه با چالش های بزرگ در مدیریت ضایعات حاصل از برق و تجهیزات برق روبرو هستند. که این ضایعات حاوی مواد خطرناک هستند که اگر به درستی مدیریت نشوند بر محیط زیست و سلامت انسان تاثیر خواهند گذاشت (Mansour, s 2012). انرژی که امروزه بعنوان مهمترین موتور محرکه ی توسعه ی اقتصادی-اجتماعی کشورها شناخته می شود، نیازمند دقت نظر بسیار زیادی از حیث مدیریت و برنامه ریزی می باشد. هرگونه تغییر یا اصلاح مدیریت نشده در فرایند تولید، انتقال، توزیع و عرضه ی انرژی میتواند اثرات زیانباری برای آحاد جامعه داشته باشد؛ چرا که قیمت حاملهای انرژی که تمام بخشهای صنعتی و تولیدی کشور به آن وابسته است، میتواند قیمت تمام شدهی کالای مورد نیاز مردم را تحت تاثیر قرار دهد. اگرچه قیمت پایین حامله ای انرژی و عدم فرهنگ سازی مناسب در کشور ما باعث شده است که صنایع و مصرف کنندگان توجه و تمرکز لازم به مدیریت منابع انرژی خود معطوف نکنند و این خود باعث شده است که کشور ما در زمره ی کشورهای با سرانه ی مصرف انرژی بسیار بالا قرار گیرد. مطالعات نشان میدهد که مصرف سرانه ی انرژی در ایران 15 برابر ژاپن، 10 برابر اتحادیه اروپا، و 8 برابر آمریکا میباشد (Kalogirou, 2004). مزایای متعددی برای منابع تجدیدپذیر برشمرده شده است که برخی از معایب منابع انرژی سنتی را نیز مرتفع میکند. از مهمترین این مزایا میتوان به تجدیدپذیر بودن و نامحدود بودن آنها اشاره نمود. به عنوان نمونه، برآورد میشود که منابع انرژی بادی دنیا به تنهایی قادرند انرژی الکتریکی بیشتر از کل مصرف جهانی را به تنهایی تولید کنند. در حالیکه منابع فسیلی ذخائر محدودی دارند که این مسئله به لحاظ تأمین بلندمدت انرژی و رشد پایدار و پیوسته ی اقتصادی حائز اهمیت خواهد بود. یکی از مهمترین مسائل در مورد منابع انرژی، آلودگی زیست محیطی ناشی از آنها میباشد (Dincer, 2000) و (Bull, 2001).

۲- مرور ادبیات

در این قسمت مروری بر تحقیقات که مرتبط با موضوع پژوهش می باشد و مقایسه این تحقیقات با موضوع مذکور انجام گرفته است. منابع تجدیدپذیر تا پیش از انقلاب صنعتی به عنوان یک منبع انرژی، به طور گستردهای مورد بهره برداری قرار می گرفت، ولی در انقلاب صنعتی، استفاده از سوختهای فسیلی بدلیل ارزانی و قابلیت اطمینان بالا، جایگزین انرژی باد شد. در این دوره، توربین های بادی قدیمی دیگر از نظر اقتصادی قابل رقابت با انرژیهای نفت و گاز نبودند. تا اینکه در سالهای 1973 و 1978 دو شوک بزرگ نفتی، ضربه بزرگی به اقتصاد انرژی های حاصل از نفت و گاز وارد آورد. به این ترتیب هزینه انرژی تولید شده بوسیله توربین های بادی، در مقایسه با نرخ جهانی قیمت انرژی بهبود یافت (Falnes, 2007). در حال حاضر انرژی باد سریعترین انرژی از لحاظ گسترش روزافزون در جهان میباشد. امروزه انرژی باد با یک رشد 30 درصدی در جهان در حال گسترش میباشد. از لحاظ هزینه تولید توان بادی، این هزینه روز به روز در حال کاهش است؛ به طوریکه هزینه هر کیلووات ساعت توان تولیدی توسط توربین بادی در طی 5 سال، 20% کاهش یافته است. از لحاظ ظرفیت نیز توربینهای بادی با توانهای بالاتر به بازار آمده است؛ در حالی که خروجی این توربینها حتی به 5 مگاوات نیز رسیده است. اهمیت این تکنولوژیها را میتوان در تجربیات کشورهای مثل آلمان، اسپانیا، دانمارک، سایر کشورهای اروپایی، آمریکا، هند و چین مشاهده کرد (Hammons, 1993).

میزان انرژیهای تجدیدپذیر موجود در طبیعت به مراتب بیشتر از نیاز مصرف کل جهان است. چین، آمریکا، آلمان، اسپانیا و ایتالیا، پنج کشور اول در بهره گیری از منابع تجدیدپذیرند. در میان انواع انرژیهای تجدیدپذیر، تجهیزات انرژی باد و انرژی خورشیدی بیشترین میزان ظرفیت منصوبه را دارا هستند. ظرفیت نصب شده تولید برق با استفاده از منابع تجدیدپذیر تا پایان سال ۲۰۱۲ به ۴۸۰ هزار مگاوات رسیده است (بدون احتساب نیروگاههای برق آبی). از این میزان ۲۸۳ هزار مگاوات آن (بیش از ۵۹ درصد) به انرژی باد و ۱۰۰ هزار مگاوات (حدود ۲۰ درصد) به مولدهای خورشیدی اختصاص یافته است. ظرفیت نصب

توربین‌های بادی در سال‌های اخیر به دلیل بلوغ فناوری و کاهش هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری با رشد خوبی همراه بوده، به طوری که در فاصله سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۱ با متوسط رشد سالانه ۲۸ درصدی از ۶۱۰۰ مگاوات به ۲۳۸ هزار مگاوات رسیده است. چین و آمریکا با سهم ۲۷ و ۲۱ درصدی در نصب توربین‌های بادی بیشترین ظرفیت استفاده از انرژی باد را در اختیار دارند. در حال حاضر حدود ۶۵٪ کل ظرفیت انرژی نصب شده نیروگاه‌های بادی جهان را ۴ کشور آلمان (22247 MW)، آمریکا (16818 MW)، اسپانیا (15145 MW) و هندوستان (۸۰۰۰ MW) به خود اختصاص داده‌اند. در ایران نیز انرژی بادی دومین منبع تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر محسوب می‌شود. با این وجود ظرفیت نصب شده موجود نیروگاه‌های بادی کشور به ۱۰۰ مگاوات هم نمی‌رسد (German Federal, 2009).

عظیمه السادات ابطحی ابرقوئی از دانشگاه آزاد اسلامی ابرکوه کاربردهای انرژی‌های نو و منابع تجدیدپذیر در راستای توسعه پایدار را مورد مطالعه قرار داده که بیشتر در زمینه آلودگی زیست محیطی در اثر احتراق سوخت‌های فسیلی مد نظر داشت بود. لذا در این تحقیق به بررسی جنبه‌های مختلف کاربردهای انرژی‌های نو و منابع تجدیدپذیر در راستای توسعه پایدار در مناطق کمتر توسعه یافته کشور عزیزمان پرداخته بود (ابطحی ابرقوئی، ۱۳۹۲).

زهره خراسانیان و نغمه میرقعی از دانشگاه شهید بهشتی تهران نیز به بررسی تاثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر کاهش آلودگی هوا پرداخته و در واقع در این مقاله پس از مقایسه بین انرژی‌های تجدیدپذیر با انرژی‌های تجدیدناپذیر، مزایا و مشکلات و همچنین لزوم استفاده از آنها مورد بررسی قرار داده‌اند (خراسانیان، ۱۳۹۲). پوپک پورسیستانی و پونه پورسیستانی از دانشگاه آزاد اسلامی واحد بردسیر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر خورشیدی در طراحی فضاهای مسکونی پایدار در مناطق گرم و خشک ایران را مورد مطالعه قرار داده‌اند. در این مقاله به کشور ایران بدلیل موقعیت مناسب جغرافیایی خود که در مدار ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار دارد اشاره نموده که می‌تواند در نقاط مختلف بخصوص نقاط مرکزی از این نعمت خدادادی بهره‌گیرد. در این مقاله از روش کتابخانه‌ای و توصیفی استفاده شده است و به ارزیابی راهکارهایی جهت استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی در طراحی فضاهای مسکونی با تکیه بر ارزشهای معماری پایدار در مناطق گرم و خشک ایران پرداخته بودند (پورسیستانی، ۱۳۹۲). علی سرجوئی و محمد بیرزندی از شرکت توزیع برق شهرستان اصفهان امکان سنجی انرژی باد و کاربرد آن در پتانسیل سنجی نصب توربین بادی (مطالعه موردی استان اصفهان) را مورد مطالعه قرار داده‌اند. مطالعه امکان سنجی اولین گام در احداث مزارع بادی است که هدف نهایی از آن ارزیابی امکان پذیر بودن تاسیس یک نیروگاه بادی به لحاظ فنی، اقتصادی، زیرساخت‌های مورد نیاز و غیره در یک سایت مشخص با استفاده از توربین‌های بادی معین می‌باشد. در این مورد بحث قرار داده‌اند. اقتصادنیروگاه بادی بشدت بستگی به سرعت باد دارد. در این مقاله به بررسی، مقایسه و تحلیل آماری شدت سرعت باد، درصد فراوانی باد و درصد پایداری باد در چهار نقطه از ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی در استان اصفهان پرداخته و با بررسی و تحقیقات بعمل آمده جهت انتخاب مکان بهینه در استان اصفهان، شهر اردستان دارای بالاترین میانگین سرعت باد به میزان ۵/۵ متر بر ثانیه، که مناسبترین مکان برای احداث توربین بادی در استان اصفهان می‌باشد. در این مورد انتخاب نموده (سرجوئی، ۱۳۹۲). علی مطهر و مجید جمیل از دانشگاه علوم و تحقیقات تهران در مورد امکان سنجی احداث یک نیروگاه بادی در دشت اشتهارد با استفاده از تابع توزیع چگالی احتمال ویبول مورد مطالعه قرار داده‌اند. و در این مقاله با استفاده از داده‌های دکل بادسنجی سانا که در منطقه اشتهارد قرار دارد مطالعات امکان سنجی و آماری با نرم افزار SPSS انجام شده است و با استفاده از تابع ویبول احتمال وقوع سرعت‌های باد در این منطقه محاسبه شده و در نهایت توان تولیدی هر توربین در سال، ضریب ظرفیت، ساعات کارکرد و همچنین گلباد منطقه که از پارمترهای اصلی و اولیه امکان سنجی برای احداث یک نیروگاه می‌باشد را تعیین کرده‌اند. و نتیجه گرفتن که این توربین پس از مقایسه با توربین‌های مشابه دیگر و همچنین با توجه به تابع ویبول منطقه، دارای ظرفیت تولید و توان تولیدی سالیانه بیشتری نسبت به آنها می‌باشد و یکی از مناسبترین توربین‌های باد برای این رژیم باد شناخته شده است (مطهر، ۱۳۹۲). در سال ۲۰۱۳ محمد اگلو از ترکیه تجزیه و تحلیل امکان سنجی طرح انرژی تجدیدپذیر در ترکیه را انجام داده و طبق برآورد ایشان در سال ۲۰۲۳ در ترکیه ۱۶۰۰۰۰ گیگاوات از برق مصرفی که حدود ۵۳۰۰۰۰ گیگاوات می‌باشد را از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر به خود اختصاص خواهد داد (Melikoglu,)

(2013). آقای هارالد وینکلر از آفریقای جنوبی سیاست انرژی تجدید پذیر در آفریقای جنوبی را مورد بررسی قرار داده با افزایش آلودگی های زیست محیطی نیاز به سیاستها جهت استفاده از انرژیهای تجدید پذیر می باشد هرچند از لحاظ اقتصادی قابل قبول نباشد ولی از لحاظ زیست محیطی بسیار مناسب و لازم می باشد بحث کرده بود (Harald, 2005). آقای پارک و کیم در سال ۲۰۱۳ در جمهوری کره در مورد برق تجدید پذیر به عنوان یک کالای متفاوت تحقیق کرده و با توجه به سایندهای کشوری کره استفاده از این انرژی را بیمه کرده و فرهنگ مردم را نسبت خرید و تولید این انرژی تغییر داده و با افزایش قیمت های برق غیر تجدید پذیر تقاضا را به سمت انرژی تجدید پذیر برده و امکانسنجی خرید تضمینی برق را نیز هموار کرده اند (Jihyo, 2013). آقای احمد بلال اعوان و علی خان در پاکستان در مورد استفاده از انرژی تجدید پذیر در پاکستان گفته و راه حل بیرون رفتن از بحران حال حاضر انرژی پاکستان می داند. در این مقاله، تولید انرژی های تجدید پذیر از طریق فن آوری های مختلف مورد بحث و ظرفیت بالقوه تولید انرژی از طریق این فن آوری در پاکستان مورد مطالعه قرار گرفته است. برخی از پیشنهادات وی نیز جهت افزایش استفاده از این انرژی در این کشور است (Bilal Awan, 2014). آقای پاتاک و همکارانش در مورد امکان سنجی خرید تضمینی برق از منابع خورشیدی استفاده کرده اند و از محاسبات غلط و روشهای نامناسب جهت محاسبه هزینه ها و امکان سنجی صحبت کرده اند (Branker et al, 2014).

جدول ۱. مقایسه پژوهش های انجام شده

ردیف	نام محقق	سال تحقیق	موضوع تحقیق	اهداف		معايب تحقيق
				اقتصادی	محیط زیست	
۱	عظیمه السادات ابطحی ابرقویی	۱۳۹۲	کاربردهای انرژی های نو و منابع تجدید پذیر در راستای توسعه پایدار	✓	✓	نوع انرژی تجدید پذیر را بصورت کلی استفاده نموده و مطالعه موردی نداشته
۲	زهره خراسانیان و نغمه میرقعی	۱۳۹۲	تأثیر انرژی های تجدید پذیر بر کاهش آلودگی هوا	---	✓	فقط زمینه محیط زیستی را در نظر گرفته
۳	پوپک پورسیستانیو پونه پورسیستانی	۱۳۹۲	استفاده از انرژی های تجدید پذیر خورشیدی در طراحی فضاهای مسکونی پایدار در مناطق گرم و خشک ایران	✓	---	انرژی های تجدید پذیر خورشیدی را فقط مورد بررسی قرار داده
۴	علی سرجوئی و محمد بیرژندی	۱۳۹۲	امکان سنجی انرژی باد و کاربرد آن در پتانسیل سنجی نصب توربین بادی	✓	---	فقط انرژی باد را در نظر گرفته بود
۵	علی مطهر و مجید جمیل	۱۳۹۲	امکان سنجی احداث یک نیروگاه بادی در دشت اشتهارد با استفاده از تابع توزیع چگالی احتمال ویبول	✓	---	فقط انرژی باد را در نظر گرفته بود
۶	محمد اگلو	۲۰۱۳	تجزیه و تحلیل امکان سنجی طرح انرژی تجدید پذیر در ترکیه	✓	---	بیشتر به نکات پیشبینی بسنده کرده

محیط زیست جنبی مثبت دارد ولی از لحاظ اقتصادی جنبه منفی	سیاست انرژی تجدید پذیر در آفریقای جنوبی را مورد بررسی قرارداد	✓	✓	سیاست انرژی تجدید پذیر در آفریقای جنوبی	۲۰۰۵	هارالد وینکلر	۷
انرژی تجدید پذیر به صورت کلی مورد بحث قرار گرفته بود	با افزایش قیمت‌های برق غیر تجدید پذیر تقاضا را به سمت انرژی تجدید پذیر برده	✓	✓	برق تجدید پذیر به عنوان یک کالای متفاوت در جمهوری کره	۲۰۱۳	پارک و کیم	۸
انرژی تجدید پذیر به صورت کلی مورد بحث قرار گرفته بود	استفاده از انرژی تجدید پذیر راه حل بیرون رفتن از بحران حال حاضر انرژی پاکستان بوده	---	✓	استفاده از انرژی تجدید پذیر در پاکستان	۲۰۱۴	احمد بلال اعوان و علی خان	۹
روش مناسبی را برای محاسبه ارائه داده اند ولی فقط در زمینه انرژی خورشیدی بحث کرده بودند	از محاسبات غلط و روشهای مناسب جهت محاسبه هزینه ها و امکان سنجی صحبت کرده اند	✓	✓	امکان سنجی خرید تضمینی برق از منابع خورشیدی	۲۰۱۱	پاتاک و همکارانش	۱۰
از تمامی این تحقیقات انجام گرفته شده در صورت نکات قوت را گرفته و نقاط ضعف آنها را بر طرف نموده و در تحقیق خود استفاده خواهد کرد. همچنین دو نوع انرژی بادی و خورشیدی را مورد بحث قرار خواهد گذاشت	بررسی و امکان سنجی خرید تضمینی برق از منابع تجدید پذیر در جهت موارد ذیل استفاده خواهد کرد. با روشها و سناریوهای مختلف - کاهش هزینه‌های تأمین انرژی و خرید برق، - کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی، - افزایش قابلیت اطمینان و کیفیت تأمین انرژی، امکان ایجاد درآمد از طریق فروش انرژی به شبکه	✓	✓	امکان سنجی خرید تضمینی برق و بهره برداری از منابع تجدیدپذیر در بندر ماهشهر	۱۳۹۳	پیروز جعفری	۱۱

۳- روش تحقیق

در این تحقیق مطالعه امکانسنجی استحصال انرژی از منابع تجدیدپذیر در محدوده جغرافیایی سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، با در نظر گیری تمامی پارامترهای فنی تولید و مصرف انرژی الکتریکی و پارامترهای اقتصادی مورد اجرا قرار گرفت. با در نظر گرفتن حالتها و ترکیبهای ممکن از سیستم انرژی با بهره گیری از منابع پرکاربرد، شامل سیستم خورشیدی، توربینهای بادی و سیستم ذخیره ساز باتری و قیمت‌های فعلی خرید برق از شبکه و نرخ قراردادهای خرید تضمینی برق، و همچنین در نظر گرفتن پتانسیل و شرایط آب و هوایی منطقه برای انرژی خورشیدی و بادی، نتایج مطالعات نشان می‌دهد انرژیهای تجدیدپذیر در تامین برق منطقه سهمی نخواهند داشت؛ و تحت شرایط فعلی تامین برق از شبکه مقرون به صرفه تر خواهد بود.

مطالعه موردی

برای شبکه برق ایران، اطلاعات آلودگی زیست محیطی ناشی از تامین برق از شبکه با در نظر گرفتن سوخت گاز طبیعی برای سوخت غالب نیروگاههای ایران، در جدول (۲) زیر خلاصه شده است:

جدول ۲. میزان آلودگی زیست محیطی ناشی از برق شبکه

Carbon Dioxide (g/kWh)	698
Methane (g/kWh)	0.0165
Nitrogen Oxides (g/kWh)	0.00242

روش جمع آوری داده ها

مهمترین مسئله در گسترش کاربرد منابع انرژی تجدیدپذیر، جمع آوری اطلاعات و ارزیابی فنی و اقتصادی مرتبط است تا اینکه مصرف کننده بتواند در نهایت بر اساس صرفه اقتصادی در مورد آنها تصمیم بگیرد و به کارگیری این منابع مبادرت کند. جهت انجام محاسبات، بایستی پروفیل بار الکتریکی مصرفی به صورت ساعتی در تمام ۸۷۶۰ ساعت سال در اختیار باشد. همچنین، در صورتی که سیستم انرژی مورد طراحی جهت کاربرد مجزا از شبکه مورد استفاده قرار گیرد، کل بار الکتریکی سیستم مبنای محاسبات قرار می‌گیرد. به همین خاطر، روشهای مختلفی برای پردازش اطلاعات موجود برای بار و یا سنتز (پیش‌بینی) اطلاعات لازم بار با استفاده از اطلاعات محدودی که در اختیار است، پیشنهاد شده است. یکی از شیوه‌های مرسوم، مدلسازی مونت کارلوی تابع چگالی احتمال^۱ رفتار بار در شبانه روز برای ماهها یا فصول یک سال با استفاده از نمونه‌های موجود، و تولید نمونه با استفاده از این تابع برای زمانها و دوره‌های دیگر می‌باشد. در صورتی که میانگین بار در ماهها و فصول مختلف در دسترس باشد، می‌توان نمونه‌های جدید را بر اساس تابع احتمال بدست آمده برای یک دوره با لحاظ نمودن مقدار میانگین هر دوره برای تابع احتمال بدست آورد. بر این اساس، می‌توان الگوی مصرف را بر اساس تمامی پریودها مهم روزانه، هفتگی، ماهانه و فصلی به دست آورد. صورتی که اطلاعات بار به طور کامل در دسترس باشد، بایستی بسته به واریانس محاسبه شده برای اطلاعات بار موجود، درصدی از اغتشاش (نویز) را برای مقدار بار در هر روز نسبت به روز قبل یا هر ساعت نسبت به ساعت قبل لحاظ نمود تا اطلاعات مورد استفاده با شرایط واقعی تطابق بیشتری داشته باشد.

محاسبات اقتصادی

محاسبات اقتصادی آلترناتیوهای مختلف سیستم ترکیبی انرژی با استفاده از تئوری انتقال هزینه‌ها به سال صفرم انجام می‌گیرد. در این روش، علاوه بر سرمایه‌گذاری‌های اولیه که در سال صفرم صورت می‌گیرد، کلیه هزینه‌های دیگر مانند هزینه‌های جاری سالیانه، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و هزینه‌های تعویض دوره‌ای که در سال‌های بعد انجام می‌گیرد با استفاده از روش‌های اقتصاد مهندسی وبا توجه به میزان تورم و سود بانکی پول به سال صفرم منتقل می‌گردد تا بر اساس آن NPV در هر یک از حالتها محاسبه شود.

تنزیل هزینه‌های سالیانه

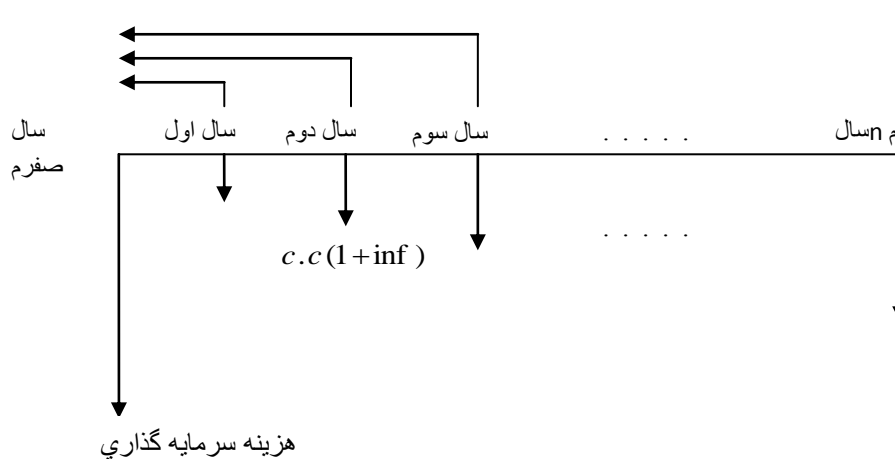
در محاسبات اقتصادی، فرض می‌گردد که کلیه هزینه‌های سالیانه در انتهای هر سال مالی محاسبه می‌شود. بنابراین در صورتی که مصرف‌کننده در انتهای سال اول، مقدار C.C را بابت هزینه‌های جاری و تعمیر و نگه‌داری سال اول بپردازد، در انتهای سالهای دوم، سوم، .. و n ام باید به ترتیب، مقادیر $c.c(1+inf)$ ، $c.c(1+inf)^2$ ، .. و $c.c(1+inf)^{n-1}$ را بابت هزینه‌های جاری بپردازد. (inf میزان تورم می‌باشد). این هزینه‌ها با توجه به رابطه ۱ به سال صفرم منتقل می‌شوند.

$$P = F \left(\frac{1}{(1+IRR)^n} \right) \quad (1)$$

در این رابطه، P ارزش فعلی پول، F ارزش پول در انتهای سال n ام و IRR میزان نرخ بهره پول می‌باشد. با توجه به رابطه فوق و شکل (۲) که نشانگر فرایند مالی تنزیل ارزش هزینه‌های جاری سالیانه به سال صفرم است، ارزش هزینه‌های جاری تنزیل شده بر اساس رابطه زیر مشخص می‌گردد:

$$c.c(total) = \frac{c.c(1)}{1+IRR} + \frac{c.c(1).(1+inf)}{(1+IRR)^2} + \frac{c.c(1).(1+inf)^2}{(1+IRR)^3} + \dots \quad (2)$$

$$+ \frac{c.c(1).(1+inf)^{n-1}}{(1+IRR)^n}$$



شکل ۱. فرایند مالی تبدیل ارزش هزینه های جاری سالیانه به سال صفرم

و داریم:

$$c.c(\text{total}) = c.c(1) \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(1+\text{inf})^{n-1}}{(1+IRR)^n} \quad (3)$$

در روابط فوق $c.c(1)$ مبلغ پرداختی در انتهای سال اول، بابت هزینه های جاری سال اول و $c.c(\text{total})$ کل هزینه های جاری سیستم در طول سالهای بهره برداری است که به سال صفرم منتقل شده است. مطابق شکل (۲).

تنزیل هزینه های دوره ای

فرایند مالی انتقال هزینه های دوره ای به سال صفرم در شکل نشان داده است. در این نمودار فرض بر این است که هزینه های دوره ای مانند هزینه تعویض باطری هر ۲ سال یکبار انجام پذیرد و این هزینه ها در انتهای سال ۲ ام، پرداخت گردد. (البته زمان تعویض باتری در محاسبات این پروژه بر اساس میزان استفاده از باتری برای هر حالت سیستم و در نظر گرفتن منحنی عمر باتری محاسبه می شود.) با توجه به این شکل، هزینه های دوره ای بر اساس رابطه زیر به سال صفرم منتقل می گردد.

$$rep.c(\text{total}) = \frac{rep.c(0) \cdot (1+\text{inf})^r}{(1+\text{int})^r} + \frac{rep.c(0) \cdot (1+\text{inf})^{2r}}{(1+\text{int})^{2r}} + \dots \quad (4)$$

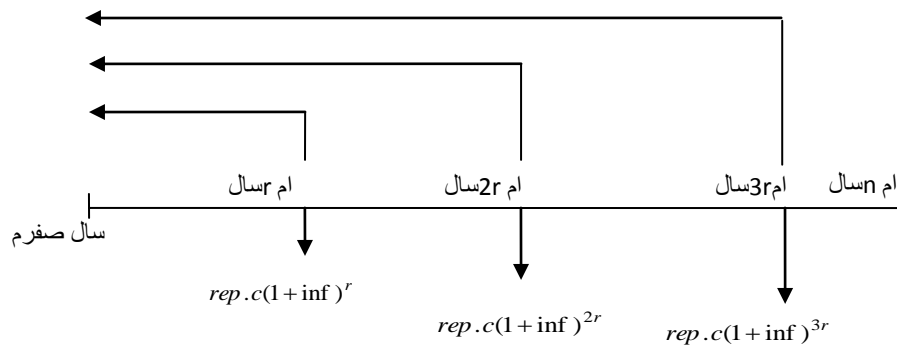
و داریم:

$$rep.c(\text{total}) = rep.c(0) \sum_{i=1}^m \left(\frac{1+\text{inf}}{1+\text{int}} \right)^{r \cdot i} \quad (5)$$

که در رابطه اخیر:

$$m = \left[\frac{n}{r} \right]$$

همچنین $rep.c(0)$ هزینه تعویض قطعات در سال صفرم و $rep.c(\text{total})$ کل هزینه تعویض در طول مدت بهره برداری (n سال) است که به سال صفرم منتقل شده است.



شکل ۲. فرایند مالی انتقال هزینه های دوره ای به سال صفرم

با توجه به توضیحات ارائه شده در قسمت های قبلی، تابع هزینه کل، مجموع هزینه های سرمایه گذاری (مانند خرید پنل های خورشیدی و...)، هزینه های جاری سالیانه (مانند هزینه سالیانه برق مصرفی)، هزینه های سالیانه تعمیر و نگهداری (مانند هزینه های تعمیر توربین بادی) و هزینه های دوره ای (مانند هزینه تعویض باتری) است و داریم:

$$t.c(0) = cap.c + cur(0) + om(0) + rep(0) \quad (6)$$

که در رابطه فوق:

$t.c(0)$: هزینه کل سیستم در طول مدت بهره برداری تنزیل شده به سال سرمایه گذاری (سال صفرم)

$cap.c$: هزینه اولیه (سرمایه گذاری) سیستم،

$om.c(0)$: هزینه تعمیر و نگه داری سالانه در طول مدت بهره برداری تنزیل شده به سال صفرم،

$cur.c(0)$: هزینه های جاری سالیانه در طول مدت بهره برداری تنزیل شده به سال صفرم و

$rep.c(0)$: هزینه های تعویض دوره ای در طول مدت بهره برداری تنزیل شده به سال صفرم

می باشند.

با توجه به روابط فوق، کل هزینه منتقل شده به سال صفرم هر طرح از رابطه زیر بدست می آید.

$$t.c(0) = cap.c + (cur.c(1) + om.c(1)) \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(1+inf)^{n-1}}{(1+int)^n} + rep.c(0) \sum_{j=1}^m \left(\frac{1+inf}{1+int} \right)^{r \cdot j} \quad (7)$$

با استفاده از الگوریتم مورد استفاده در این پروژه، برای هر طرح، هزینه کل را از رابطه فوق محاسبه و با مقایسه همه طرح ها کم هزینه ترین طرح را به کاربر اعلام می نماید.

نتایج

در این بخش، با استفاده از داده های ورودی و الگوریتم معرفی شده در بخش های قبلی، مطالعه امکان سنجی احداث منابع انرژی تجدیدپذیر با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف برای سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی اجرا و گزارش شده است.

سناریوی ۱: سناریوی پایه (سیستم فعلی با شبکه تنها)

در اولین سناریو، تحلیل فنی، اقتصادی و زیست محیطی سیستم فعلی، یعنی تغذیه تنها از شبکه مطالعه شده است. مطابق جدول جدول (۳) نتایج زیست محیطی و جدول (۴) نتایج اقتصادی

نتایج اقتصادی

Title	Unit	Value
Grid	kW	3,400
Total Capital Cost	\$	0
Total NPC	\$	3,609,516
Tot. Ann. Cap. Cost	\$/yr	0
Tot. Ann. Repl. Cost	\$/yr	0
Total O&M Cost	\$/yr	481,548
Total Fuel Cost	\$/yr	0
Total Ann. Cost	\$/yr	481,548
Operating Cost	\$/yr	481,548

جدول ۴. نتایج اقتصادی

نتایج زیست محیطی

Title	Unit	Value
CO2 Emissions	kg/yr	10,984,100
CO Emissions	kg/yr	0
UHC Emissions	kg/yr	260
PM Emissions	kg/yr	0
SO2 Emissions	kg/yr	0
NOx Emissions	kg/yr	38

جدول ۳. نتایج زیست محیطی

سناریوی ۲: سیستم خورشیدی متصل به شبکه

در این سناریو، تحلیل فنی، اقتصادی و زیست محیطی سیستم با پنل‌های خورشیدی متصل به شبکه مطالعه شده است. محدودیتی برای حداکثر میزان توان تولیدی پنل‌های خورشیدی و میزان توان قابل تبادل با شبکه در این سناریو قرار داده نشده است.

نتایج اقتصادی

همانطور که در نتایج ذیل مشاهده می‌شود، در این شرایط و با در نظر گیری نرخهای فعلی تبادل انرژی با شبکه، از حیث اقتصادی، انرژی خورشیدی جایگاهی در تولید انرژی ندارد و تمامی انرژی از شبکه تامین می‌شود. نتایج فنی و زیست محیطی در این حالت مشابه قبل می‌باشد. یک علت این نتیجه، قیمت‌های بالای پنل‌ها از یک سو، و قیمت پایین خرید تضمینی از سوی دیگر می‌باشد. علت دیگر آن است که چون سیستم خورشیدی در ساعات شب قادر به تولید توان نیست، هر میزان از ظرفیت نصب شده خورشیدی در نیمی از زمان بهره برداری بی استفاده می‌ماند (ضریب بهره برداری پایین) و لذا سرمایه گذاری در آن به نتایج اقتصادی منتج نمی‌شود. به همین دلیل این سیستم در حالت مجزا شبکه اصلا امکانپذیر نیست. مطابق جدول (۵).

جدول ۵. نتایج اقتصادی برای سناریوی ۲

Title	Unit	Value
Grid	kW	3,400
PV	kW	0
Converter	kW	0
Total Capital Cost	\$	0
Total NPC	\$	3,609,516
Tot. Ann. Cap. Cost	\$/yr	0
Tot. Ann. Repl. Cost	\$/yr	0
Total O&M Cost	\$/yr	481,548
Total Fuel Cost	\$/yr	0
Total Ann. Cost	\$/yr	481,548
Operating Cost	\$/yr	481,548

سناریوی ۳: سیستم خورشیدی با باتری متصل به شبکه

در این سناریو، تحلیل فنی، اقتصادی و زیست محیطی سیستم با پنل‌های خورشیدی و باتری متصل به شبکه مطالعه شده است. محدودیتی برای حداکثر میزان توان تولیدی پنل‌های خورشیدی و میزان توان قابل تبادل با شبکه در این سناریو قرار داده نشده است. این حالت نیز مشابه حالت قبل اقتصادی نیست.

سناریوی ۴: سیستم توربین بادی متصل به شبکه

در این سناریو، تحلیل فنی، اقتصادی و زیست محیطی سیستم با توربین‌های بادی متصل به شبکه مطالعه شده است. محدودیتی برای حداکثر میزان توان تولیدی توربین‌های بادی و میزان توان قابل تبادل با شبکه در این سناریو قرار داده نشده است.

این حالت نیز مشابه حالات قبل اقتصادی نیست.

سناریوی ۵: سیستم توربین بادی-باتری متصل به شبکه

این سناریو نیز مشابه حالت‌های قبلی با در نظر گرفتن حالت‌های مختلف مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج این سیستم مشابه سیستم سناریوی ۲ است و بدون اعمال محدودیت توان تبدالی با شبکه، اقتصادی نمی باشد.

سناریوی ۶: سیستم ترکیبی توربین بادی-پنل‌های خورشیدی متصل به شبکه

این سناریو نیز مشابه حالت‌های قبلی با در نظر گرفتن حالت‌های مختلف مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج این سیستم مشابه سیستم سناریوی ۲ است و بدون اعمال محدودیت توان تبدالی با شبکه و در صورتی که تامین انرژی از شبکه به میزان فعلی در دسترس باشد، اقتصادی نمی باشد.

سناریوی ۷: سیستم ترکیبی توربین بادی-پنل‌های خورشیدی-باتری متصل به شبکه

این سناریو نیز مشابه حالت‌های قبلی با در نظر گرفتن حالت‌های مختلف مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج این سیستم مشابه سیستم سناریوی ۲ است و بدون اعمال محدودیت توان تبدالی با شبکه و در صورتی که تامین انرژی از شبکه به میزان فعلی در دسترس باشد، اقتصادی نمی باشد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

یکی از مشوقها و سیاست‌های لازم برای توسعه منابع تجدیدپذیر، سیاست خرید تضمینی برق از این منابع می باشد. همانطوریکه از قوانین مصوب میتوان برداشت کرد کاهش مصرف، ایجاد منابع انرژی تجدیدپذیر، و کاهش تلفات از اصلی ترین وظایف دستگاه‌های بزرگ دولتی و خصوصی با حجم بالای مصرف انرژی میباشد بنحوی که بتوان با پیاده سازی روشهای متنوع، از انرژی فسیلی موجود در کشور با عمر محدود صیانت کرده و از سوی دیگر هزینه های تولید را کاهش داد. با کاهش تلفات با استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر و تولید در محل، بعنوان فعالیت درون سازمانی میتوان به اهداف عالی در زمینه کاهش مصرف دست یافت. با استفاده از روشها و تحقیقات که در سایر کشورهای مشابه انجام شده می توان به روشهای جامع جهت انجام این تحقیق به نحوه احسن دست یافت. آنالیز حساسیت انجام شده نشان می دهد که با قیمتهای فعلی خرید تضمینی برق (تغذیه در تعرفه) از منابع تجدیدپذیر، سرمایه گذاری در این زمینه بازگشت سرمایه مناسبی نخواهد داشت. همچنین نشان داده شد که با مقادیر جدید نرخهای تبادل انرژی نسبت به وضعیت فعلی، استفاده از این منابع امکان پذیر می شود. با توجه به یکسان بودن پارامترهای اقتصادی طرح برای مناطق سراسر کشور و نیز تشابه نسبی در مورد پارامترهای جغرافیایی مناطق مشابه، می توان نتایج مطالعه این مقاله را به مناطق مشابه نیز تعمیم داد. این نتیجه مهم لزوم تغییرات بنیادی در سیاستهای خرید تضمینی و توسعه منابع تجدیدپذیر در کشورمان را بیش از پیش روشن می کند. با توجه به یکسان بودن پارامترهای اقتصادی طرح برای مناطق سراسر کشور و نیز تشابه نسبی در مورد پارامترهای جغرافیایی مناطق مشابه، می توان نتایج مطالعه این مقاله را به مناطق مشابه نیز تعمیم داد.

منابع

- ۱- ابطحی ابرقوئی، ع. (۱۳۹۲). "کاربردهای انرژی های نو و منابع تجدید پذیر در راستای توسعه پایدار" دومین همایش ملی توسعه پایدار.
- ۲- پورسیستانی، پ، پور سیستانی، پ. (۱۳۹۲). "استفاده از انرژی های تجدید پذیر خورشیدی در طراحی فضاها مسکونی پایدار در مناطق گرم و خشک ایران" اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک.
- ۳- خراسانیان، ز، مبرقعی، ن. (۱۳۹۲). "تاثیر انرژی های تجدید پذیر بر کاهش آلودگی هوا". اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک.
- ۴- دفتر مطالعات انرژی، (۱۳۸۷). مطالعات تطبیقی وضعیت انرژی در کشور و راه های برون رفت از مشکلات آن، صنعت و معدن مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی؛ مهر.
- ۵- سرجوئی، ع، بیرژندی، م. (۱۳۹۲). امکان سنجی انرژی باد و کاربرد آن در پتانسیل سنجی نصب توربین بادی "اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک.
- ۶- سعیدی کیا، ع. (۱۳۹۳). "مدیریت انرژی". ماهنامه تخصصی مؤسسه دانش و نوآوری کیا، شماره ۳، بهار.
- ۷- مجلس. (۱۳۹۰). قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران. شماره ۴۱۹ / ۷۳۲۸۵.
- ۸- مطهر، ع، جمیل، م. (۱۳۹۰). "امکان سنجی احداث یک نیروگاه بادی در دشت اشتهارد" اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک.
- 9- Bilal Awan, A; Ali Khan, Zeeshan. (2014). "Recent progress in renewable energy Remedy of energy crisis in Pakistan". Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 33 May: 236-253.
- 10- Boyle, G. (2004). Renewable energy. OXFORD university press.
- 11- Branker, K; Pathak, M.J.M; Pearce, J.M. (2014). "A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity". Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 15, Issue 9, December: 4470-4482.
- 12- Bull, S. R. (2001). "Renewable energy today and tomorrow," Proceedings of the IEEE, vol. 89, pp. 1216-1226,
- 13- Committee, R. S. (2009). "Renewable 2009, Global Status Report," Worldwatch Institute Washington, DC.
- 14- Dincer, I. (2000). "Renewable energy and sustainable development: a crucial review," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 4, pp. 157-175.
- 15- Duckers, L. (2000). "Wave power," Engineering Science and Education Journal, vol. 9, 113-122.
- 16- EU28. (2014). issued by: Eurostat Press Office, Renewable energy in the EU28, Louise CORSELLI-NORDBLAD, and 10 March.
- 17- Falnes, J. (2007). "A review of wave-energy extraction," Marine Structures, vol. 20, pp. 185-201.
- 18- German Federal Ministry for the Environment. (2009). Renewable energy sources in figures, national & international development, 2009, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), Available online at <http://www.bmu.de/english>.
- 19- Hammons, T. J. (1993). "Tidal power," Proceedings of the IEEE, vol. 81, pp. 419-433, 1993.
- 20- Harald, W. (2005). "Renewable energy policy in South Africa: policy options for renewable electricity". Energy Policy. Volume 33, Issue 1, January: 27-38.
- 21- Hau and, E; Platz, H. (2008). "Wind Turbines-Fundamentals, Technologies, Application, Economics.

- 22- Jihyo, K .et al. (2013). "Enewable electricity as a differentiated good? The case of the Republic of Korea". Energy Policy. Volume 54, March 2013: PP 327-334.
- 23- Kalogirou, S. A. (2004). "Environmental benefits of domestic solar energy systems," EnergyConversion and Management, vol. 45, pp. 3075-3092.
- 24- Mansour, s; Shokouhyar, S. (2012). "Simulation based optimization of sustainable recovery network for Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE)", International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol.7, No.2, 11, 22 October.
- 25- Melikoglu, M. (2013). "Feasibility analysis of Turkey's renewable energy projection". Renewable Energy. Volume 50, 2013: 570-575.
- 26- Safari, a. (2013). <http://amirsafari.blogfa.com/post-44.aspx>.
- 27- Website Renewable Energy Organization of Iran. (2014). Available from: <http://www.suna.org>.
- 28- Williams, T. A. et al. (1997). "A longterm strategic plan for development of solar thermal electric technology," in Energy Conversion Engineering Conference, 1997. IECEC-97., Proceedings of the 32nd Intersociety, 1997, pp. 1901-1906.