علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره دهم، شماره یک، بهار ۸۷

بررسی هزینه اجتماعی SO_2 منتشره از نیرو گاه برق شهید رجایی

مهدی صادقی
استادیار، دانشگاه امام صادق(ع)، دانشکده اقتصاد
Sadeghi@isu.ec.ir
زهرا عابدی
فریده عتابی
استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات
معصومه ترکی (مسئول مکاتبات)
کارشناس ارشد اقتصاد محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده محیط زیست و انرژی ، واحد علوم و تحقیقات
Email: massoumrhtorki@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۸۶/۴/۱۸

چکیده

تولید برق فواید زیادی برای جامعه دارد و در عین حال باعث صدمات جبران ناپذیر و ناخواسته ای همچون آسیب رسانی و تخریب محیط زیست می شود. در بررسی فن آوری های مختلف تولید برق و اثرات زیست محیطی باید همواره هزینه های اجتماعی را در نظر قرار گرفت. در این تحقیق هزینه های اجتماعی SO_2 منتشره از نیرو گاه برق شهید رجایی محاسبه شده است.

سوخت مصرفی این نیرو گاه گاز طبیعی ، مازوت و گازوئیل است. ظرفیت نیروگاه ۲۰۰۰ مگا وات و دارای یک واحد سیکل ترکیبی متشکل از ۶ واحد گازی ۱۱۲ مگا وات و ۳ واحد بخاری ۱۲۵ مگا وات و یک واحد بخاری متشکل از ۴ واحد بخاری ۲۵۰ مگا واتی می باشد.

به منظورمحاسبه هزینه اجتماعی، هزینه های خصوصی و خارجی برای هر واحد نیروگاه به طور جداگانه محاسبه گردیده است. هزینه های خصوصی آن شامل هزینه تعمیر و نگه داری، هزینه سرمایه گذاری و هزینه سوخت می باشد. هزینه سوخت برای هر واحد بخاری و سیکل ترکیبی با توجه به قیمت های یارانه ای و فوب خلیج فارس محاسبه شده است و در نهایت هزینه های خصوصی نیروگاه معادل۶۵۲،۲۵۷ و ۵۳۴،۳۷۱ ریال بر کیلو وات ساعت برآورد شده است. دی اکسید گوگرد منتشره ازنیروگاه با استاندارد بین المللی هوای آزاد در دو وضعیت عادی و حداکثر بار و در چهار فصل سال مقایسه گردیده و هزینه های خارجی آن برابر ۲۶۲،۰۹۶ و ۴۲۱،۲۲۶ریال بر کیلو وات ساعت محاسبه شده است. از مجموع آن ها هزینه اجتماعی طی ۸ سناریو به دست آمده است. نتایج بررسی هزینه های اجتماعی واحد بخاری و سیکل ترکیبی نشان می دهد که هزینه اجتماعی واحد بخاری در دو فصل پاییز و زمستان به دلیل بالا بودن مصرف سوخت مازوت دراین دو فصل بیشتر است.

واژه های کلیدی: نیرو گاه برق، هزینه اجتماعی، هزینه خارجی، هزینه خصوصی، SO_2، سلامتی

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

عملکرد نظام های اقتصادی باعث از بین رفتن کیفیت و در نتیجه مختل شدن روند طبیعی محیط زیست می شود.اثرات ناشی از آلودگی و حفاظت از محیط زیست یک مسأله جهانی است که امروزه حتی در امور سیاسی کشورها هم وارد شده است. کلیه کشورها از کشورهای صنعتی و پیشرفته گرفته تا کشورهای در حال توسعه همه باید در امر کنترل آلودگی سهیم باشند.

برق یک خدمت نهایی است که در نیرو گاه ها تولید می شود و در بخش های مختلف اقتصادی به کار می رود ویکی از مهم ترین محورهایی است که اقتصاد کشور با تکیه بر آن توسعه می یابد. نیرو گاه ها به عنوان قلب تپنده صنعت برق کشور با فعالیت شبانه روزی و بدون وقفه خود نیروی برق را که نقش حیاتی و تعیین کننده در ادامه حیات صنعتی و اقتصادی کشور دارد، در شریانی بسیار گسترده از شبکه پیچیده برق سراسر کشور به حرکت در می آورد. با وجود فواید بسیارزیاد برق برای جامعه، این حامل انرژی باعث اثرات ناخواسته ای همچون آسیب رسانی به سلامت انسان و تخریب محیط زیست می شود.

سوخت های اولیه و مورد نیاز نیرو گاه ها در جریان تبدیل به انرژی موجب انتشار مواد آلاینده در محیط زیست می شود و خسارات قابل توجهی به کشاورزی ، محیط زیست و به ویژه سلامت انسان وارد می کند و هزینه های فراوانی را تحمیل می کند که این هزینه ها در قیمت هزینه های تولید برق و در قیمت پرداختی توسط مصرف کنندگان محاسبه نمی شود. این اثرات منفی و این هزینه ها تحت عنوان هزینه خارجی معرفی می شود. هزینه های خارجی در اصل هزینه های بیرونی است که طی یک رشته فعالیت های اقتصادی و اجتماعی یک گروه از افراد که روی گروه دیگر اثر می گذارد، اتفاق می افتد. این اثرات به طور کامل محاسبه نمی شوند و یا توسط گروه اول غرامتی پرداخت نمی شود. جهت تحقق شناخت این هزینه ها، وارد کردن آن ها در داخل هزینه های خصوصی و محاسبه هزینه اجتماعی الزامی است(هزینه اجتماعی مجموع هزینه خصوصی و هزینه خارجی است). با بررسی این هزینه ها، این امکان برای برنامه ریزان ایجاد می شود تا با آگاهی از اثرات منفی هر طرح توسعه ای بر سلامت انسان و محیط زیست، نسبت به تعیین هزینه های زیست محیطی ناشی از اجرای طرح بر منطقه اقدام نمایند.

با توجه به اهمیت روز افزون تولید برق از نیروگاه های فسیلی و انتشار آلودگی توسط آن ها یک رشته مطالعات در زمینه انتشار آلاینده ها و اثرات آن ها و هزینه خارجی آن ها صورت گرفته است.در مقاله ای تحت عنوان مقایسه هزینه های اجتماعی در انرژی های تجدید پذیر و فسیلی جهت توسعه برق در در جزیره ایسلند، هزینه های اجتماعی انواع نیروگاه های تولید کننده برق محاسبه و با هم مقایسه شده و از میان آن ها نیروگاه های فسیلی و تجدید پذیر متمرکز انتخاب شده است. جهت محاسبه هزینه اجتماعی از مجموع هزینه خصوصی و هزینه خارجی استفاده گردیده است. نتایج آن در جدول ۱ ارایه شده است(۱).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- برآورد هزینه های تولید برق در ایسلند در سال ۲۰۰۵ (۱)

طرح ها	هزینه های خصوصی	هزینه های خارجی	هزینه های اجتماعی
هزینه ها در طول یک سال (10^6 EUROs)			
فسیلی	۱۵۶/۸۴	۱۰۶/۸۲	۲۶۳/۶۶
انرژی تجدید پذیر محدود	۱۶۴/۰۴	۸۷/۰۲	۲۵۱/۰۶
انرژی تجدید پذیر متمرکز	۱۷۱/۷۱	۷۴/۶۰	۲۴۶/۳۱
هزینه تولید برق (10^{-3} EURO/kWh)			
فسیلی	۶۰/۷۲	۴۱/۳۵	۱۰۲/۰۷
انرژی تجدید پذیر محدود	۶۳/۴۵	۳۳/۶۶	۹۷/۱۱
انرژی تجدید پذیر متمرکز	۶۶/۴۱	۲۸/۸۵	۹۵/۲۶

واحد پول یورو می باشد.

در مقاله ای تحت عنوان بررسی هزینه های اجتماعی تولید برق از نیروگاه های برق فسیلی در کشور یونان، هزینه اجتماعی تولید برق از نیروگاه های فسیلی را ۵/۴ تا ۷/۳ بر حسب دراخمای یونان بر کیلو وات ساعت تخمین زدند و به این نتیجه رسیدند که باید این مقدار را به قیمت برق تولیدی اضافه کنند. از طرفی به این نتیجه رسیدند که باید این مقدار را با هزینه های اجتماعی تولید برق از انرژی های تجدید پذیر که ظاهراً گران است، مقایسه نمود و در صورت لزوم انرژی های تجدید پذیر را توسعه داد. تخمین هزینه اجتماعی، مربوط به هزینه بیماری ها، مرگ و میر و کیفیت زندگی است که توسط آقای هومیرمحاسبه شده و از این داده ها برای محاسبه هزینه اجتماعی کشور یونان استفاده شده است(۲).

در مقاله ای تحت عنوان بررسی هزینه خارجی تولید برق از نیروگاه های برق فسیلی در کشور روسیه، صدمات ناشی از نیروگاه های برق فسیلی را بر سلامت انسان تعیین ارزش نمودند. با استفاده از GIS[1]، نیروگاه های منطقه مکان یابی گردیده و غلظت آلاینده ها (SO_2, NO_2, CO_2) در نقاط مختلف اندازه گیری شد. سپس نحوه پراکنش این آلاینده ها در نقاط مختلف مشخص گردید و با تعیین تراکم جمعیت در نقاط مختلف و از روی هم گذاری این لایه های اطلاعاتی، نقشه نهایی با اطلاعات مکانی نیرو گاه، تراکم جمعیت و میزان غلظت آلاینده ها تهیه شد. ارزش گذاری مالی صدمات وارده به سلامت انسان که تحت عنوان هزینه های خارجی معرفی شده بود کاملاً وابسته به مطالعات انجام شده درامریکا و اروپا بود. در این کشورها یک رشته مطالعات در زمینه ارزش گذاری اثرات مرگ و میر و علایم و نشانه های بیماری صورت گرفته است. بر اساس این مطالعات، هزینه های مربوط به سلامتی در این کشور تخمین زده شدکه در جدول ۲ ارایه شده است(۳).

جدول ۲-برآورد هزینه های بهداشتی ناشی از آلودگی در روسیه، در سال ۲۰۰۵(۳)

بیماری ها	هزینه (دلار امریکا (۱۹۹۵
مرگ و میر حاد	۵۰۰،۱۴۸
مرگ و میر مزمن	۱،۳۷۵،۰۰۰
مشکل تنفسی	۱۰،۳۰۰
بیماری عروقی	۱۰،۳۰۰
نارسایی قلبی	۱۰،۳۰۰
برونشیت مزمن در بچه ها	۳۰۰
برونشیت مزمن در جوانان	۱۳۸،۰۰۰
سرفه مزمن در بچه ها	۳۰۰
کاهش فعالیت روزانه	۱۰۰

در مقاله ای تحت عنوان هزینه های کامل انرژی، در کشور آلمان هزینه های اجتماعی تولید برق توسط سوخت های فسیلی و انرژی های تجدید پذیر محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده است. این هزینه ها شامل اثرات زیست محیطی و اثرات بهداشتی بوده است. به دلیل مشکلاتی از قبیل عدم دسترسی به داده ها، اطلاعات و مشکلات اساسی در پایش مداوم

۱- سیستم اطلاع رسانی جغرافیایی

Archive of SID

www.SID.ir

آلودگی ها برخی از این اثرات کمی نشده است. هزینه های زیست محیطی و اثرات بهداشتی به عنوان هزینه های تخریب ناهنجار اندازه گیری شده اند. روش محاسبه این هزینه ها روش برآورد هزینه کاهش اثرات است که این روش در مقایسه با روش ارزش گذاری ترجیحی که مبتنی بر تمایل افراد به پرداخت جهت کاهش ریسک خطرمی باشد، آسان تر است و به راحتی می توان به نتیجه رسید . هزینه اجتماعی برآورد شده در کشور آلمان در سال ۱۹۸۴ برای نیروگاه های فسیلی تولید کننده برق حدود ۰/۰۱تا ۰/۱ EURO/kWh و برای راکتورهای هسته ای حدود ۰/۰۳ تا ۰/۲ EURO/kWh است(۴).

مبانی نظری

نظام بازار خصوصی اثرات مطلوبی در اجتماع دارد و باعث شکوفایی اقتصاد کشور می شود، لیکن در کنار محصولات تولیدی، آلاینده هایی نیز در محیط زیست منتشر می گردد که اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان و محیط زیست به جای می گذارد. از جمله این آلاینده ها،گازهای آلاینده، پساب صنایع، مواد زائد خطر ناک، سمی و غیره می باشد که از صنایع و نیروگاه ها متصاعد می شود. دربازار دو نوع کالا موجود وجود دارد. کالاهای خصوصی که تولید کننده آن را تولید کرده و به بازار عرضه می کند و قیمتی هم برای آن در نظر می گیرد و در نهایت به مصرف خانوار می رسد و کالاهای عمومی، مانند بسیاری از کالاها و خدمات زیست محیطی مثل هوای پاک و یا طبیعت زیبا که کالاهای کاملاً عمومی یا با دسترسی آزاد و مالکیت مشترک هستند. نظام بازار در ارزشگذاری مواهب زیست محیطی ناتوان است، بنابراین در قیمت ها منعکس نمی شود و باعث شکست بازار می شود(۵).

روش بررسی ناتوانی بازارهای آزاد در حفظ کیفیت محیط زیست، بررسی هزینه های خارجی ناشی از فعالیت های بازار است که اثرات سوء آلاینده ها ناشی از تولید و مصرف کالا است که برشخص سوم خارج از بازار اثر می گذارد. قیمت مهم ترین ساز و کار فرایند بازار است که به وسیله عرضه و تقاضا مشخص می شود.ولی اگر نتواند کلیه هزینه ها و مزایای مربوط به یک کالا را در بازار نشان دهد شکست بازار نامیده می شود. این اثرات، که تولید هزینه می کنند به عنوان هزینه خارجی منفی یاد شده و قیمتی برای آن ها نمی توان تعیین کرد.

درونی کردن هزینه های خارجی در داخل هزینه های تولید برق یک ابزار سیاسی با کارایی بالا می باشد تا بر اساس آن اثرات خارجی کاهش یافته و عرضه انرژی پایدار افزایش یابد. وارد کردن هزینه های خارجی به هزینه های تولید برق رویکردی است که می توان آن را به عنوان عاملی جهت ارزش گذاری اقتصادی در نظر گرفت و هزینه های اجتماعی انرژی را منعکس کرد. هزینه های خارجی زمانی ایجاد می شود که محاسبه هزینه و فایده خصوصی کاملاً متفاوت و جدای از هزینه و فایده ارزش گذاری جامعه است. آلودگی به خاطر صدماتی که به جامعه وارد می کند ،هزینه خارجی ایجاد می کند. در حالی که در دادو ستدهای بازاری منعکس نمی شود (۶).

هزینه های خصوصی تولید برق شامل هزینه های سر مایه گذاری، تعمیر و نگه داری، هزینه های مربوط به کارکنان و هزینه های مربوط به سوخت می باشد که با توجه به نوع انرژی مصرفی و نوع فن آوری بر حسب کیلو وات ساعت برق تولیدی پایه در طول یک سال محاسبه می شود. هزینه های مربوط به سرمایه گذاری به صورت کل سرمایه گذاری ،طول عمر نیروگاه و نرخ تنزیل محاسبه می شود. هزینه های مربوط به کارکنان و تعمیرو نگه داری به چگونگی اجرای تکنیک های نیروگاه، تنظیم امنیت و تعداد پرسنل مورد نیاز بستگی دارد. این هزینه ها به دو بخش هزینه های ثابت و هزینه های متغیر تقسیم می شود. مجموع آن ها در کنار هم، بخش کوچکی از هزینه تولید برق را ارایه می دهد. مصرف سوخت به عنوان یک هزینه مجزا در نظر گرفته می شود که بستگی به نوع سوخت مصرفی دارد. در مورد نیروگاه های فسیلی مهم ترین عامل در هزینه های تولید برق در ارتباط با سوخت مصرفی است. ولی در مورد نیروگاه های با انرژی های تجدید پذیر هزینه های تولید برق ارتباط مستقیمی با هزینه های سرمایه گذاری دارد(۶).

هزینه های اجتماعی تولید برق در نیروگاه ها به صورت هزینه های زیست محیطی و صدمات سلامتی ناشی از آلاینده هایی مثل اکسیدهای گوگرد است که این آلاینده ها به

Archive of SID

www.SID.ir

صورت تغییرات اقلیمی، آلودگی پساب، کاهش سلامت شغلی، سر و صدا، خطر حوادث و موارد دیگر منعکس می شود. درونی کردن هزینه های خارجی ناشی از تولید برق به عنوان یک ابزار سیاسی ضروری بررسی می شود تا اثرات منفی آن را کاهش داده و در آینده منجر به عرضه و تقاضای پایدار انرژی گردد. جهت محاسبه هزینه های اجتماعی، هزینه های خصوصی تولید برق با هزینه های خارجی جمع می شود(۷).

مشخصات نیروگاه برق شهید رجایی

نیرو گاه برق شهید رجایی در ۲۵ کیلو متری اتوبان تهران - قزوین واقع شده است . نظام تولید برق آن یک نظام اتوماتیک است که در مجموع وابسته به سوخت فسیلی (گاز طبیعی ، مازوت و گازوئیل)می باشد. ظرفیت اسمی این نیروگاه ۲۰۰۰ مگا وات است و شامل یک واحد سیکل ترکیبی متشکل از ۶ واحد گازی ۱۱۲ مگا وات و ۳ واحد بخاری ۱۲۵ مگا وات و یک واحدبخاری با ظرفیت ۱۰۰۰ مگا وات متشکل از ۴ واحد بخاری ۲۵۰ مگا واتی می باشد. سوخت های مصرفی این نیرو گاه به ترتیب اولویت برای واحد سیکل ترکیبی گاز طبیعی و تولید برق و سوخت مصرفی گازوئیل و برای واحد بخاری گاز طبیعی، مازوت و گازوئیل است (مشخصات نیروگاه در جدول شماره ۳ ارایه شده است). بررسی غلظت آلاینده SO_2 در چهار فصل سال نشان می دهد که آلایندگی واحد سیکل ترکیبی به دلیل استفاده عمده از گاز طبیعی، قابل اغماض است. ولی واحد بخاری این طور نیست، چون در واحد بخاری به طور عمده از گاز طبیعی و در فصول سرد سال به دلیل افت فشارگاز (گازشهری) از سوخت مازوت استفاده می شود. لذا غلظت آلاینده SO_2 در این دو فصل بالا می باشد و از میزان استاندارد روزانه ۳۶۵ میکرو گرم بر مترمکعب بیشتر است. بنابراین در این تحقیق هزینه های خارجی این گاز در این دو فصل محاسبه گردیده است(۸).

بررسی محاسبه هزینه اجتماعی گاز SO_2 در نیروگاه برق شهید رجایی

بر اساس تحلیل هزینه و منفعت ، تحلیل هزینه یابی و روش حسابداری هزینه، ابتدا هزینه های خصوصی تولید برق نیرو گاه برق شهید رجایی محاسبه می شود، سپس هزینه های خارجی مرتبط با مرگ و میر و علایم و نشانه های بیماری براساس میزان غلظت و فاصله از منبع آلودگی تعیین شده و در نهایت از مجموع آن ها هزینه اجتماعی گاز دی اکسید گوگرد برآورد می شود. هزینه اجتماعی از مجموع هزینه های خصوصی نیرو گاه و هزینه خارجی به دست می آید. به منظور محاسبه هزینه اجتماعی نیروگاه برق شهید رجایی از مدل زیر استفاده شده است(۱):

(۱)

$$SC=\frac{I}{Q}+\frac{FIXO\&M}{Q}+\frac{VARO\&M}{Q}+\frac{F}{Q}+\frac{Ex}{Q}$$

که در آن:

I: هزینه سرمایه گذاری

Q: تولید سالیانه برق بر حسب کیلو وات ساعت

FIX O&M: هزینه های ثابت اپراتوری و تعمیرات

VAR O&M: هزینه های متغیر اپراتوری و تعمیرات

F: هزینه سوخت

Ex: هزینه خارجی

SC: هزینه اجتماعی

جهت محاسبه هزینه های سرمایه گذاری ازروابط زیر استفاده شده است:

$$P = C' \frac{(1+r)^{nb}-1}{r(1+r)^{nb-1}} \quad (۲)$$

$$I = P \frac{r(1+r)^{N+nb-1}}{(1+r)^{N}-1} \quad (۳)$$

که در آن :

C: هزینه نهایی سرمایه گذاری

nb : زمان احداث نیرو گاه

Archive of SID

www.SID.ir

$$C' = \frac{C}{nb}$$

N : طول عمر نیرو گاه (سال)

و r نرخ تنزیل می باشد که ۱۰ ٪ در نظر گرفته شده است. نرخ بهره در ایران با توجه به نرخ تورم ۱۲٪، ۲۲٪ می باشد. ولی بانک مرکزی در مورد صنایع تولیدی که ساخت نیرو گاه هم از ان جمله است ، نرخ ۸ ٪ در نظر می گیرد و با توجه به هزینه های دریافت وام که ۲٪ است نرخ تنزیل سالیانه ۱۰٪ محاسبه می شود (۹).

نتایج

هزینه اجتماعی از مجموع هزینه خصوصی و هزینه خارجی به دست می آید. لذا در این قسمت ابتدا هزینه خصوصی و سپس هزینه خارجی محاسبه گردیده است:

۱- هزینه های سرمایه گذاری

هزینه سرمایه گذاری نیرو گاه با توجه به نرخ تنزیل(r) ، طول عمر نیرو گاه (N) و مدت زمان احداث (n) که در این مدت زمان امکان بهره برداری از نیرو گاه وجود ندارد، تعیین می شود (۱).

الف- هزینه های سرمایه گذاری واحد بخاری

نیرو گاه برق شهید رجایی از ۴ واحد بخاری با توان تولیدی ۲۵۰ مگا وات تشکیل شده است. مبالغ ارزی هزینه های منظور شده برای هزینه های احداث در قرار دادها ۵۲۱/۴۵۴ یورو بر کیلو وات می باشد. نرخ تنزیل ۱۰٪ ، طول عمر نیرو گاه ۳۰ سال و زمان احداث ۵ سال در نظر گرفته شده است. با استفاده از روابط ۱ و ۲ هزینه هر کیلو وات ساعت برق تولیدی ۱۱۰/۵۷۸ ریال می باشد(۱۰).

ب- هزینه های سر مایه گذاری واحد سیکل ترکیبی

نیرو گاه سیکل ترکیبی شهید رجایی از ۶ واحد گازی هر کدام به قدرت ۱۲۳/۴ مگا وات تشکیل شده است که می بایست به سیکل ترکیبی تبدیل شوند. با نصب یک بویلر بر روی هر یک از توربین های گازی جهت بازیافت حرارت خروجی از دود کش آن ها بخار تولیدی از هر بویلر به سمت توربین های بخار به قدرت ۱۲۵ مگا وات هدایت می شود. مبالغ ارزی منظور شده برای بخش سیکل ترکیبی نیرو گاه شهید رجایی ۴۱۱/۱۸۱ یورو بر کیلو وات می باشد. نرخ تنزیل ۱۰٪، طول عمر نیرو گاه ۳۰ سال و زمان احداث ۵ سال در نظر گرفته شده است. با استفاده از روابط ۱ و ۲ هزینه هر کیلو وات ساعت برق تولیدی ۱۱۵/۸۸۱ ریال می باشد(۱۰).

۲- هزینه های سوخت مصرفی

نرخ سوخت مصوب توسط مجلس شورای اسلامی با یارانه که در اختیار نیرو گاه قرار می گیرد شامل :گاز طبیعی ۳۰ ریال، گازوئیل ۶۰ ریال و مازوت ۳۰ ریال می باشد. همچنین با توجه به قیمت فوب خلیج فارس قیمت گاز طبیعی ۴ سنت،گازوئیل ۱۵ سنت و مازوت ۱۲ سنت می باشد(۱۱).

هزینه سوخت مصرفی در واحد بخاری و سیکل ترکیبی در جداول ۴ و۵ ارایه شده است.

۳- هزینه تعمیرات و نگه داری

هزینه تعمیرات و نگه داری به روش های اجرا شده در نیروگاه، بکار بردن تنظیم امنیت و میزان تخصص نیروهای انسانی بستگی تام خواهد داشت و به دو بخش هزینه های ثابت و هزینه های متغیر تقسیم می شود. مجموع این دو هزینه تنها بخش کوچکی آن ها از هزینه تولید برق را ارایه می دهد(۱).

نتایج محاسبات هزینه های ثابت و متغیر تعمیرات و نگه داری در جداول ۴ و ۵ ارایه شده است.

۴- نتایج محاسبه هزینه خصوصی نیرو گاه برق شهید رجایی

هزینه های خصوصی نیروگاه برق شهید رجایی برای واحد بخاری و سیکل ترکیبی با استفاده از روابط ۱، ۲ و ۳ و با توجه به اطلاعات جدول ۳ در جداول ۴ و۵ ارایه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مشخصات تولیدبرق و مصرف سوخت فسیلی در نیروگاه برق شهید رجایی تا پایان ۱۳۸۴(۱۲)

نیروگاه (واحد)	تولید ناویژه (مگا وات ساعت)	سوخت مصرفی		
		گازوئیل (لیتر)	گاز طبیعی (متر مکعب)	مازوت (لیتر)
بخاری	۶۷۳۰۰۴۵	۱۱۲	۱۰۷۷۷۸۸	۵۰۶۲۴۳
سیکل ترکیبی	۵۰۵۴۱۳۸	۸۷۴۸۷	۱۰۶۵۹۸۳	-

جدول ۴- هزینه های خصوصی نیرو گاه با قیمت یارانه ای(ریال بر کیلو وات ساعت)(مولفین)

نیرو گاه	هزینه سر مایه گذاری	هزینه سوخت	هزینه تعمیر و نگه داری		جمع کل
			هزینه ثابت	هزینه متغیر	
بخاری	۱۱۰/۵۷۸	۷/۰۶۱	۴/۸۶۸	۳/۴۳۴	۱۲۵/۹۴۲
سیکل ترکیبی	۱۱۶/۱۰۹	۷/۳۶۵	۲/۹۷۵	۵/۲۶۱	۱۳۱/۷۱

جدول ۵ – هزینه های خصوصی نیرو گاه با قیمت فوب خلیج فارس(ریال بر کیلو وات ساعت) (مولفین)

نیرو گاه	هزینه سر مایه گذاری	هزینه سوخت	هزینه تعمیر و نگه داری		جمع کل
			هزینه ثابت	هزینه متغیر	
بخاری	۱۱۰/۵۷۸	۱۶۹/۷۸۲	۴/۸۶۸	۳/۴۳۴	۲۸۸/۶۶۳
سیکل ترکیبی	۱۱۶/۱۰۹	۱۲۱/۳۶۳	۲/۹۷۵	۵/۲۶۱	۲۴۵/۷۰۸

جهت محاسبه هزینه های خارجی نیرو گاه برق شهید رجایی از طرح تحقیقاتی جامع پیرامون ارزیابی اقتصادی اثرات بهداشتی ناشی از آلودگی هوای شهر تهران با همکاری سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات پزشکی درمانی تهران و وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی استفاده شد. در این طرح برای علایم ناخوشی و شکایات شامل سرفه، خلط، تنگی نفس، درد سینه هنگام تنفس، طپش قلب، تهوع، سردرد، سوزش گلو ،سوزش چشم، بی حوصلگی و اختلال عملکرد و هم چنین مرگ و میرهای زودرس ناشی از آلودگی هوا از روش های ارزش گذاری مشروط و ارزش گذاری آمار حیاتی استفاده شده است.در این روش ها نیاز مراجعه به افراد جهت تعیین ارزش ضروری است. با در نظر گرفتن این طرزتفکر می توان با استفاده از پرسشنامه و مشاهده رفتار افراد از میزان تمایل به پرداخت آن ها آگاهی یافت. بنابراین با آگاهی دادن به مردم، ایجاد بازار فرضی، تعیین نوع پرداخت، به دست آوردن پیشنهاد قیمت، تخمین WTP، برآورد منحنی های پیشنهاد قیمت و جمع بندی داده ها، مقدار ریالی تخمینی برای گاز SO_2 ۶۱، ۹۱۱، ۳۹۵ ریال به ازای افزایش هر واحد آلاینده از حد استاندارد تعیین می شود که این تخمین بر اساس هزینه های مرگ و میر و هزینه های مربوط به علایم و نشانه های بیماری استوار می باشد(۱۳). جهت تعیین ارزش ریالی گاز SO_2 در نیروگاه برق شهید رجایی این مقدار، به عنوان داده خام استفاده شد. با توجه به میزان غلظت SO_2 منتشره از نیروگاه، مساحت شهر تهران و مساحت محوطه اطراف نیرو گاه، فاصله با غلظت حداکثر، قیمت واقعی گاز دی اکسید گوگرد در محوطه اطراف نیرو گاه ۹۱۰،۶۴۴ ریال محاسبه گردیده است. میزان غلظت SO_2 منتشره در چهار فصل در فواصل ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متر با دستگاه سنجش TESTO و با استفاده از نرم افزار SCREEN اندازه گیری شده و با مقادیر استاندارد هوای آزاد مقایسه گردید. سپس با توجه به میزان برق تولیدی روزانه،

Archive of SID

www.SID.ir

هزینه خارجی بر حسب ریال بر کیلو وات ساعت محاسبه گردید.

۱- بررسی غلظت گاز دی اکسید گوگرد منتشر از نیرو گاه برق شهید رجایی

مقدارغلظت دی اکسید گوگرد خروجی از دودکش با استفاده از دستگاه تستو مجهز به سنسور الکتروشیمیایی و با روش قرائت مستقیم نمونه برداری و اندازه گیری آلاینده های محیطی در فواصل ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متری از دود کش در شرایط عادی و حداکثر بار انجام گرفت.سپس با استفاده از نرم افزار SCREEN غلظت آلاینده مورد نظر با توجه به شرایط مشخص منبع انتشار، وضعیت هواشناسی و کلاس های پایداری هوا در چهار فصل و در نقاط پایین دست جریان باد برآورد گردید. از آن جایی که سوخت غالب مصرفی نیرو گاه سیکل ترکیبی گاز طبیعی می باشد و از گازوئیل به مقدار خیلی کم و در فصول سرد سال استفاده می کند، مقایسه غلظت آلاینده مورد نظر با استاندارد هوا مقادیر پایینی را نشان می داد لذا این نیرو گاه در مورد با SO_2 منتشره فاقد هزینه خارجی بوده و هزینه اجتماعی آن فقط شامل هزینه خصوصی نیرو گاه می باشد. بدین ترتیب واحد بخاری به دلیل استفاده عمده از سوخت مازوت به ویژه در فصول سرد سال در نظر گرفته شد. جدول ۶ خروجی SO_2 منتشره از واحد بخاری در چهار فصل را نشان می دهد(۸). جدول ۷ میزان انحراف غلظت دی اکسید گوگرد از نیروگاه برق شهید رجایی در شرایط عادی و حداکثر بار را نشان می دهد.

جدول ۶- نتایج آنالیز گاز SO_2 از واحد بخاری

فصل	حداکثر غلظت آلاینده (میکرو گرم بر متر مکعب)		فاصله محل برخورد آلاینده به زمین تا دود کش نیرو گاه (متر)	
	شرایط عادی	حداکثر بار	شرایط عادی	**حداکثر بار**
بهار	۳۴۹/۴	۳۶۰/۷	۵۹۷۲	۶۸۵۳
تابستان	۳۳۹	۳۵۵/۲	۵۹۷۲	۶۵۸۲
پاییز	۵۱۲/۹	۶۰۷/۱	۵۷۷۷	۲۹۷۶
زمستان	۵۲۹/۳	۶۲۴/۷	۲۶۶۴	۳۰۲۴

جدول ۷ – میزان انحراف غلظت دی اکسید گو گرد از نیرو گاه برق شهید رجایی در شرایط عادی وحداکثربار(مولفین)

فصول سال	شرایط عادی			شرایط حداکثر بار		
	حداکثر غلظت (mg/m^3)	غلظت (mg/m^3)	میزان انحراف (mg/m^3)	حداکثر غلظت (mg/m^3)	غلظت (mg/m^3)	میزان انحراف (mg/m^3)
بهار	۳۴۹/۴	۳۶۵	-	۳۶۰/۷	۳۶۵	-
تابستان	۳۳۹	۳۶۵	-	۳۵۵/۲	۳۶۵	-
پاییز	۵۱۲/۹	۳۶۵	۱۴۷/۹	۶۰۷/۱	۳۶۵	۲۴۲/۱
زمستان	۵۲۹/۳	۳۶۵	۱۶۴/۳	۶۲۴/۷	**۳۶۵**	۲۵۹/۷

Archive of SID

www.SID.ir

مقایسه خروجی ها در جدول ۷ با استاندارد بین المللی هوای آزاد نشان می دهد که که در هر دوحالت بالاترین غلظت منتشره مربوط به دو فصل پاییز و زمستان می باشد

۲- نتایج محاسبه هزینه خارجی نیرو گاه برق شهید رجایی

جهت محاسبه هزینه خارجی، میزان SO_2 منتشره در کلیه فصول سال با مقادیر استاندارد مقایسه می شود. نتایج نشان می دهد که غلظت در فصول پاییز و زمستان بالاتر از حد استاندارد است . بنابر این با توجه به میزان انحراف با استاندارد کیفیت هوا ، ارزش ریالی یک واحد گاز SO_2 و میزان برق تولیدی، هزینه های خارجی بر حسب ریال بر کیلو وات ساعت محاسبه می شود. جدول۸ هزینه های خارجیSO_2 منتشره در دو حالت عادی و حداکثر بار را نشان می دهد.

جدول ۸- هزینه خارجی گاز SO_2 در شرایط عادی و حداکثر بار (مولفین)

فصول سال	هزینه خارجی در شرایط عادی (ریال بر کیلو وات ساعت)	هزینه خارجی در شرایط حداکثر بار (ریال بر کیلو وات ساعت)
پاییز	۱۲۴،۱۵۱	۲۰۳،۲۲۶
زمستان	۱۳۷،۹۱۸	۲۱۸،۰۰۰
جمع کل	۲۶۲،۰۹۶	۴۲۱،۲۲۶

همان طور که در جداول ۸ ملاحظه می شود، هزینه های خارجی در شرایط عادی و در دو فصل پاییز و زمستان به ترتیب برابر ۱۲۴،۱۵۱ و ۱۳۷،۹۱۸ و در شرایط حداکثر بار و در دو فصل به ترتیب برابر ۲۰۳،۲۲۶ و ۲۱۸،۰۰۰ریال بر کیلو وات ساعت محاسبه شده است که بالاترین مقدار است.

هزینه اجتماعی تولید برق در واحدهای بخاری و سیکل ترکیبی شهید رجایی با وارد کردن قیمت داخلی سوخت و قیمت فوب خلیج فارس ، هزینه های خارجی ناشی از انتشارگاز آلاینده دی اکسید گوگرد در شرایط عادی و حداکثر بار در دوفصل پاییز و زمستان بررسی شد .

واحد سیکل ترکیبی به دلیل استفاده کم از سوخت گازوئیل و پایین بودن غلظت دی اکسید گوگرد از استانداردبین المللی هوای آزاد فاقد هزینه خارجی بود و فقط دارای هزینه خصوصی است و هزینه اجتماعی آن در واقع همان هزینه خصوصی محسوب می شود، در حالی که در واحد بخاری، غلظت آلاینده مورد نظر در فصول پاییز و زمستان به دلیل استفاده زیاد از سوخت مازوت بالاتر از حد استاندارد بوده و متحمل هزینه های خارجی بالایی بوده است. بنابراین هزینه های اجتماعی آن رقم بالایی را در مقایسه با واحد سیکل ترکیبی نشان می دهد. با توجه به دو فصل پاییز و زمستان، دو شرایط عادی و حداکثر بار و دو قیمت یارانه ای و فوب خلیج فارس هزینه اجتماعی در ۸ سناریو به دست می آید. جداول ۹ و۱۰ هزینه های اجتماعی محاسبه شده در سناریوهای مختلف را برای هر دو واحد در دو فصل پاییز و زمستان نشان می دهد. صرف نظر از واحد سیکل ترکیبی که فاقد هزینه خارجی می باشد، هزینه های اجتماعی واحد بخاری دردو فصل پاییزو زمستان بالامی باشد، و این یک امر کاملاً بدیهی است، چرا که دراین فصول به دلیل افت فشار گاز در مناطق مسکونی از سوخت مازوت به عنوان اولویت اول جهت تامین سوخت نیروگاه استفاده می شود.نتایج حاصل از سناریوها بدین شرح است:

- سناریوی ۱ هزینه اجتماعی تولید شده در شرایط عادی و در فصل پاییز می باشد.
- سناریوی۲ هزینه اجتماعی تولید شده در شرایط عادی و در فصل زمستان می باشد.
- سناریوی ۳ هزینه اجتماعی تولید شده در شرایط حداکثر بار و در فصل پاییز می باشد

Archive of SID

www.SID.ir

- سناریوی۴ هزینه اجتماعی تولید شده در شرایط حداکثر بار و در فصل زمستان می باشد.
- سناریوی ۵ هزینه اجتماعی تولید شده در شرایط عادی و در فصل پاییز می باشد
- سناریوی۶ هزینه اجتماعی تولید شده در شرایط عادی و در فصل زمستان می باشد.
- سناریوی ۷ هزینه اجتماعی تولید شده در شرایط حداکثر بار و در فصل پاییز می باشد.
- سناریوی۸ هزینه اجتماعی تولید شده در شرایط حداکثر بار و در فصل زمستان می باشد.

جدول ۹ - هزینه اجتماعی تمام شده در سناریوهای مختلف با قیمت داخلی (ریال بر کیلو وات ساعت) (مولفین)

نیرو گاه	سناریو۱	سناریو۲	سناریو۳	سناریو۴
بخاری	**۲۵۰،۰۹۳**	**۲۶۳،۸۶۰**	**۳۲۹،۳۵۱**	۹۴۲،۳۴۳
سیکل ترکیبی	۱۳۱،۷۱	۱۳۱،۷۱	۱۳۱،۷۱	۱۳۱،۷۱

جدول ۱۰ - هزینه اجتماعی تمام شده در سناریوهای مختلف با قیمت فوب خلیج فارس (ریال بر کیلو وات ساعت)(مولفین)

نیرو گاه	سناریو۵	سناریو۶	سناریو۷	سناریو۸
بخاری	**۴۱۲،۸۱۴**	**۴۲۶،۵۸۱**	**۴۹۱،۸۸۹**	۵۰۶،۶۶۳
سیکل ترکیبی	۲۴۵،۷۰۸	۲۴۵،۷۰۸	۲۴۵،۷۰۸	۲۴۵،۷۰۸

با توجه به نتایج ارایه شده در جداول ۹ و ۱۰ ، سناریوهای ۱ تا ۴ به صورت قیمت یارانه ای محاسبه شده است و سناریوهای ۵ تا ۸ با قیمت های فوب خلیج فارس محاسبه شده است. ارقام و نتایج نشان می دهد که هزینه ها ی اجتماعی با قیمت های فوب خلیج فارس بالا می باشد.

نتیجه گیری و پیشنهادها

قیمت تمام شده تولید برق در نیرو گاه های بخاری و سیکل ترکیبی شهید رجایی با ملحوظ نمودن هزینه های خصوصی تولید برق با توجه به قیمت داخلی سوخت و قیمت فوب خلیج فارس ،هزینه های خارجی ناشی از گاز آلاینده دی اکسید گوگرد در شرایط عادی و حداکثر بار در دو فصل پاییز و زمستان در ۸ سناریو محاسبه گردید. نتایج نشان می دهد که هزینه اجتماعی واحد بخاری در مقایسه با واحد سیکل ترکیبی بالا است همچنین هزینه اجتماعی در سناریوهایی که قیمت سوخت مصرفی مطابق با فوب خلیج فارس محاسبه گردیده، بسیار بالا است. واحد سیکل ترکیبی به دلیل استفاده کم از سوخت گازوئیل و پایین بودن غلظت دی اکسید گوگرد از استاندارد بین المللی هوای آزاد فاقد هزینه خارجی قابل ملاحظه بوده و صرفاً هزینه خصوصی آن مد نظر قرار گرفته و هزینه اجتماعی آن در واقع همان هزینه خصوصی به حساب آمده است. در حالی که درواحد بخاری، غلظت آلاینده مورد نظر در فصل پاییز و زمستان به دلیل استفاده زیاد از سوخت مازوت بالاتر از حد استاندارد بوده و متحمل هزینه های خارجی بالایی بوده است ، بنابراین هزینه های اجتماعی آن رقم بالایی را در مقایسه با نیرو گاه سیکل ترکیبی نشان می دهد.

با توجه به نتیجه گیری های صورت گرفته موارد زیر پیشنهاد می شود:

Archive of SID

www.SID.ir

۱. با توجه به هزینه های اجتماعی محاسبه شده طی سناریو های مختلف، لازم است به انرژی های تجدید پذیر مثل بادی و خورشیدی توجه شود و تحقیقاتی گسترده ای در این زمینه صورت گیرد.

۲. با توجه به نتایج ارایه شده در زمینه هزینه های خصوصی وخارجی واحدهای بخاری و سیکل ترکیبی، واحدهای سیکل ترکیبی از وضعیت مطلوب تری برخوردار است بنابراین لازم است که این واحدها توسعه پیدا کند.

۳. جهت ارایه عرضه انرژی پایدار، منطقی و صرفه جویی در مصرف آن لازم است که هزینه های خارجی محاسبه و در داخل هزینه های خصوصی تولید برق وارد شود و تحت عنوان مالیات بر آلودگی مطرح گردد.

۴. ایجاد امکانات لازم جهت مطالعه و پژوهش های تجربی به منظور بهینه نمودن مصرف سوخت و اصلاح قیمت نهایی برق تولیدی و بهبود فرآیند هایی که موجب آلودگی هوا می شود، پیشنهاد می گردد.

منابع

1. Mirasgedis. S, D.Diakouiaki, L.Papagianakis, A.Zervos, 2000, Impact of social costing on the competitiveness of renewable energies: the case of Crete, Energy Policy, vol.28, pp.67-73.
2. Dalianis. D, D.Petassis, M.Santamouris, A.Argiriou, C.Cartalis, D.N.A.Simakopoulos, 2002, Social cost Of Electricity Generation in Greece, Renewable Energy, vol.12, No.3, pp.281-289.
3. Bozicevic maja, Zeljko Tomsic,Nenad Debrecin , 2005 , External Cost of Electricity Generation : case study Croatia, Energy policy,vol. 33, pp.1385-1395.
4. Hohmeyer olav, April 1992, Renewable and the full costs of energy, Energy Policy
5. Koomey Jonathan, Florentine Krause, 1997, Introduction to Environmental Externality costs, Energy Analysis Program .
6. Rafaj peter, Socrates Kyreos, 2004, Internalization of external cost in the power Generation Sector: Analysis with global multi – regional MARKAL model, Energy Economics Modeling Group.
7. Gagnon Lus, Camille Belanger, Yohji Vchiyama, 2002, Life – Cycle Assessment of Electricity Generation Option: The Status of Research In year 2002, Energy Policy, vol.30, pp.1267-1278 .

۸. شرکت مدیریت تولید برق شهید رجایی ، ۱۳۸۴، گزارش عملکرد نیروگاه در سال ۱۳۸۴.

۹. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور ، ۱۳۸۴، گزارش اقتصادی سال ۱۳۸۳ .

۱۰. شرکت توانیر، ۱۳۸۳، سازمان مدیریت تولید و انتقال نیروی برق ایران، (اطلاعات فنی و اقتصادی نیرو گاه های کشور) .

۱۱. وزارت نیرو ،۱۳۸۳ ، ترازنامه انرژی.

۱۲. شرکت توانیر، ۱۳۸۴، آمار نامه تفصیلی صنعت برق ایران.

۱۳. وزارت بهداشت، ۱۳۸۲، طرح جامع ارزیابی اقتصادی خسارت وارده بر سلامتی حاصل از آلودگی هوای تهران بزرگ، مدیر اجرایی:دکتر داریوش فرهود، مجریان کمیته اقتصاد : دکتر مرتضی رحمتیان و دکتر حسن کریم زادگان.

Archive of SID

www.SID.ir