

برآورد هزینه محیط زیستی و اجتماعی تولید برق در کشور

* مهندس بهمن جباریان امیری

** مهندس محمد ابراهیم رئیسی

چکیده

در بخش انرژی کشور، هزینه‌های خارجی در واقع هزینه‌هایی هستند که به جامعه و محیط زیست در اثر تولید، انتقال، تبدیل و مصرف انرژی تحمیل می‌گردند ولی در قیمت کالا یا خدمات ملحوظ نمی‌گردند. عدم توجه به هزینه‌های محیط زیستی تولید برق باعث ایجاد آثار مخرب بر منابع مورد استفاده می‌گردد و به عنوان نیروی محرک، سیستم تولید برق را به سوی ناپایداری سوق می‌دهد. به نظر می‌رسد برآورد هزینه‌های محیط زیستی و لحاظ کردن آن در هزینه نهایی تولید برق گامی است به سوی شفاف‌سازی فرایند قیمت گذاری کالا و خدمات در بخش انرژی که زمینه علمی لازم برای حرکت به سوی قیمت‌گذاری مبتنی بر بازار در مورد مصرف برق کشور فراهم می‌شود.

مطالعه حاضر از دو روش برای برآورد هزینه‌های محیط زیستی تولید برق در کشور استفاده کرده است که عبارتند از روش برآورد مستقیم و روش برآورد تعدیل شده، به طوری که روش نخست در واقع روش مرسوم در بسیاری از کشورهاست که در آن از نتایج مطالعات سایر کشورهای توسعه یافته از طریق به کارگیری مستقیم نرخ برابری ارز استفاده می‌نمایند. روش دوم، رویکردی است که از سوی بانک توسعه آسیا معرفی شده و در آن ضمن انتقاد از به کارگیری روش نخست، لازم می‌داند از قدرت خرید پول کشورها جهت بسط نتایج پژوهش‌های اقتصاد محیط زیست کشورهای توسعه یافته در کشورهای در حال توسعه بهره جوید. زیرا روش تبدیل مستقیم برآوردی مبتنی بر واقعیت را به دست نمی‌دهد و تنها از یک ضریب تبدیل (نرخ برابری ارز) استفاده نمی‌نماید، چرا که هزینه‌های محیط زیستی، ارزش منابع آب، زمین، پوشش گیاهی، ... در کشورهای تولیدکننده اطلاعات قابل مقایسه با کشورهای در حال توسعه نیست و به کارگیری روش تبدیل مستقیم در واقع نوعی برآورد خام محسوب می‌گردد. براساس برآوردهای به عمل آمده تفاوت‌های بسیار زیادی میان نتایج به کارگیری دو رویکرد مطرح شده وجود دارد. به طوری که هزینه خارجی (محیط زیستی) تولید کیلووات ساعت برق از نیروگاه‌های بخاری، گازی، چرخه ترکیبی و دیزلی ۳۲/۲، ۲۶، ۱۵/۴ و ۴۲/۴ ریال در هر کیلووات ساعت است و هزینه اجتماعی تولید برق که تابعی از هزینه تولید و هزینه‌های محیط زیستی است به ترتیب برابر ۱۸۴/۳، ۲۱۶، ۱۶۰ و ۲۸۷ (به طور متوسط) ریال در ازای تولید هر کیلووات ساعت می‌باشد.

کلید واژه

هزینه محیط زیستی، هزینه اجتماعی، محیط زیست، برآورد، برق.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۱/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۲/۶/۲۶

* کارشناس ارشد برنامه ریزی محیط زیست وزارت نیرو.

** کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی مهندسان مشاور قدس نیرو.

سرآغاز

آلودگی و نیز ارزشگذاری بر اساس هزینه‌های بهسازی محیط زیست (پیرس، ۱۳۷۵).

نظر به هزینه بر و زمان بر بودن هر یک از روش‌های گفته شده، می‌توان از روش دیگری به نام "روش تبدیل تعدیل شده" استفاده کرد. بدین معنی که از نتایج مطالعات انجام گرفته در سایر کشورها بهره‌جویی نمود. در مقاله حاضر از این روش برای برآورد هزینه خارجی تولید برق استفاده می‌گردد.

سابقه پژوهش

سابقه محاسبه و برآورد هزینه‌های اجتماعی برای اولین بار به سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (EPA) طی سالهای ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۰ بر می‌گردد. به طوری که شرکت برق کالیفرنیا، دانشگاه پیس، اداره خدمات عمومی ماساچوست، شرکت خدمات عمومی نیویورک و نیز شرکت خدمات عمومی نوادا از پیشگامان این مسئله بوده (World Energy Council, 1996). حتی در برخی از ایالت‌های امریکا، ملحوظ کردن هزینه‌های اجتماعی در هزینه‌های تولید و انتقال به صورت اجباری درآمد تا از طریق آن در تعیین نیاز و راه‌اندازی ظرفیت‌های آتی (تولید) برق استفاده نمود. جدول شماره (۱) نتایج یکی از مطالعات صورت گرفته در امریکا را نشان می‌دهد که براساس آن هزینه‌های خارجی طیف گسترده‌ای از آلاینده‌ها را محاسبه کرده است. ابتکار عمل ایالات متحده امریکا در محاسبه و به کارگیری هزینه‌های محیط زیستی در فرایند قیمت‌گذاری و خدمات باعث گردید تا این مسئله جایگاه خود را در سایر کشورهای دنیا پیدا کند. به طوری که چندین کشور و نهاد بین‌المللی اقدامات زیادی در این زمینه اتخاذ نمودند و دست به ابتکار عمل‌های زیادی زدند (World Energy Council, 1996).

سیستم بازار بر میزان و نحوه بهره‌برداری از منابع قیمت‌گذاری شده تأثیر قابل توجهی می‌گذارد ولی در جهت‌دهی صحیح مؤسسات و بنگاه‌های تولیدی جهت استفاده مؤثر و کارآمد از منابع قیمت‌گذاری نشده (محیط زیست) ناموفق بوده است، دلیل عدم موفقیت بازار آن است که بنگاه‌ها تنها زمانی قیمت بازاری یک منبع را مدنظر قرار می‌دهند که راجع به میزان استفاده از آن تصمیم بگیرند. زمانی که یک مؤسسه یا بنگاه تولیدی از یک منبع قیمت‌گذاری نشده محیط زیستی بهره‌برداری کرده و آنرا تخریب نماید، این امر متضمن هزینه داخلی برای مؤسسه نیست اما موجب تحمیل هزینه خارجی بر دوش جامعه می‌گردد (پیرس، ۱۳۷۵).

طبق تعریف، هزینه‌های خارجی آن بخش از هزینه‌های تولید یک کالا یا خدمت است که در قیمت‌گذاری آن ملحوظ نمی‌گردد. دیدگاه بنیادین آثار خارجی بدین صورت است که اقدامات انجام گرفته از سوی یک نفر ممکن است به طرق گوناگون بر روی میزان رفاه افراد دیگر تأثیر بگذارد، به طوری که نتوان هیچ گونه نظم و رویه‌ای میان طرف‌های درگیر برقرار کرد (پیرس، ۱۳۷۵).

در بخش انرژی، هزینه‌های خارجی در واقع هزینه‌هایی اند که به جامعه و محیط زیست در اثر تولید، انتقال، تبدیل و مصرف انرژی تحمیل می‌گردند و در قیمت‌های کالا یا خدمات ملحوظ نمی‌گردند. ارزشگذاری روشی است که در مطالعات مربوط به هزینه‌های محیط زیستی برای بیان ریالی یا دلاری ارزش آثار محیط زیستی تولید برق و یا هر چیز دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور کلی روش ارزشگذاری در مطالعات مرتبط با هزینه‌های محیط زیستی وجود دارد که عبارتند از ارزشگذاری مبنی بر بازار، ارزشگذاری به روش هدونیک، ارزشگذاری مشروط، ارزشگذاری بر اساس هزینه‌های کنترل

جدول شماره (۱) : مقایسه هزینه‌های محیط زیستی آلاینده‌ها در امریکا

هزینه خارجی (سنت امریکا در هر پوند)								منطقه مطالعاتی
N ₂ O	CH ₄	CO ₂	Part.	CO	VOC	NO _x	SO ₂	
اندک	اندک	۰	۰/۴۳	اندک	۰/۱۶	۱/۴۶	۰/۵۴	شرکت برق کالیفرنیا
اندک	اندک	۰/۰۱	۱/۱۹	اندک	اندک	۰/۸۲	۲/۰۳	دانشگاه پیس
۱/۹۸	۰/۱۱	۰/۰۱	۲	۰/۴۳	۲/۶۵	۳/۲۵	۰/۷۵	شرکت خدمات عمومی ماساچوست
اندک	اندک	۰	۰/۲۶	اندک	اندک	۰/۸۹	۰/۴۱	شرکت خدمات عمومی نیویورک
۲/۰۷	۰/۱۱	۰/۰۱	۲/۰۹	۰/۴۶	۰/۵۹	۳/۴	۰/۷۸	شرکت خدمات عمومی نوادا

منبع: شورای جهانی انرژی (سال ۱۹۹۶)

مطالعه این مرکز در جدول شماره (۲) آورده شده است. مندرجات جدول مذکور نشان می‌دهد که طیف گسترده‌ای از آثار محیط زیستی تولید انرژی الکتریکی را با هشت گزینه تکنولوژیک تولید برق در نظر گرفته‌اند (Pearce et al., 1992).

مطالعات مشابهی نیز برای تعیین هزینه‌های خارجی گزینه‌های مختلف تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی در کشورهایی همچون دانمارک (Meyer et al., 1994)، فنلاند (EKONO, 1994)، سوئیس (Bundesamt, 1994)، آلمان (Hohmeyer, 1988) و (Friedrick, 1990) و تایلند (Bui, 1996; Bui & Lefvre, 1996) و کانادا (Ontario Hydro, 2000) صورت پذیرفته است. باید تأکید کرد که هدف از مقایسه این مطالعات نشان دادن میزان گستردگی نتایج است و این مقاله قصد تحلیل دقیق و عمیق تفاوت‌های بزرگ و زیاد نتایج را ندارد. اگر چه تغییر در فرضیات به کار رفته در این مطالعات باعث ناکامل ماندن تمام برآوردها شده است، نتایج مربوط به کمیسیون اروپا یکی از کامل‌ترین نتایج به شمار می‌رود (World Energy Council, 1996).

در سال ۱۹۹۴ با ابتکار عمل کمیسیون اروپا و با مساعدت وزارت انرژی اروپا پروژه‌ای به نام «برآورد هزینه‌های خارجی انرژی» به اجرا درآمد. این برنامه کاری مشترک، یک چارچوب حسابداری را برای هزینه‌های محیط زیستی انرژی الکتریکی، بر اساس رهیافت تابع (ریاضی) آسیب‌های محیط زیستی تعریف کرده است. در آن انتشار آلاینده‌ها قبل از ارزیابی اقتصادی پروژه‌های تولید انرژی الکتریکی به آثار محیط زیستی تبدیل می‌گردد و آنگاه مقادیر ارزشگذاری شده در ارزیابی اقتصادی این پروژه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مطالعه مذکور هشت سناریوی مرجع تعریف شد تا هزینه‌های خارجی تولید انرژی الکتریکی از حامل‌های انرژی زغال سنگ، گاز، نفت، هسته‌ای، لیگنیت، باد، خورشید و منابع انرژی برقی کوچک برآورد گردد.

در اروپا بسیاری از مطالعات ملی که در هر یک از کشورها صورت پذیرفت بر هزینه‌های خارجی گزینه‌های تکنولوژیک تولید برق متمرکز بوده است. در سال ۱۹۹۳ وزارت تجارت و صنایع انگلستان یک بررسی علمی مستقل را توسط مرکز پژوهش‌های اجتماعی و اقتصادی در محیط زیست جهانی در زمینه هزینه‌های محیط زیستی گزینه‌های گوناگون تولید انرژی الکتریکی در انگلستان انجام داده‌اند. نتایج

جدول شماره (۲): هزینه‌های خارجی نیروگاه‌های تولید برق در سال ۱۹۹۰-۱۹۹۱ در انگلستان (بر حسب پنی در هر کیلووات ساعت)

CHP	آب	باد	خورشید	گاز	نفت	زغال سنگ	تکنولوژی تولید برق
							پذیرنده‌ها
۰/۰۲	n.e	n.e	n.e	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۵۰ - ۰/۱	محصولات کشاورزی
۰/۰۳	n.e	n.e	n.e	۰/۰۳	۰/۹۸	۰/۱ - ۰/۸	جنگل‌ها
n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	تنوع زیستی
۰/۱۴	.	.	.	۰/۱۱	۳/۷۷	۰/۳ - ۳/۲	ساختمان‌ها
n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	سروصدا
۰/۱۷	۰/۰۱	.	.	۰/۱۶	۰/۳۵	۰/۳ - ۰/۴	گازهای گلخانه‌ای
n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	عمق دید
n.e	n.e	.	.	n.e	n.e	n.e	آب
n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	زمین
۰/۳۶	۰/۰۱	n.e	n.e	۰/۳۲	۵/۱۵	۰/۶۵ - ۴/۵	کل

منبع: شورای جهانی انرژی (۱۹۹۶)

n.e: برآورد نشده

CHF: تولید هم‌زمان گرما و برق

جدول شماره (۴) : مقایسه ساختار تولید انرژی الکتریکی در ایران و آمریکا (درصد)

ایران	آمریکا	ساختار تولید
-	۵۶	زغال سنگ
-	۲۰	هسته‌ای
۳۸	۱۰	گاز طبیعی
۸	۸	برقابی
۲	۴	نفت
-	۲	سایر (انرژی‌های نو)
۵۲	-	بخاری

منبع : معاونت امور انرژی (۱۳۷۶)

الکتریکی در کشور تفاوت دارد. دوم اینکه درک درستی از مفهوم هزینه اجتماعی وجود نداشته است، به طوری که بنابر تعریف، هزینه اجتماعی هزینه‌ای است که جامعه برای دریافت یک کالا یا خدمت پرداخت می‌کند (Bui, 1996) و (Scott & Janet, 2000)، این هزینه شامل هزینه تولید انرژی الکتریکی، هزینه کنترل آلودگی و هزینه‌های خارجی است و می‌توان آن را به صورت ذیل بیان کرد:

$$SC = (PC, EC) \quad (1)$$

که در رابطه (۱):

هزینه اجتماعی = SC

هزینه واقعی تولید انرژی الکتریکی = PC

هزینه خارجی = EC

و هزینه خارجی خود نیز تابعی از هزینه کنترل آلودگی (PCC) و مقدار آلودگی باقیمانده (UP) است، رابطه (۲) را نیز می‌توان به صورت ذیل مطرح کرد:

$$EC = (UP, PCC) \quad (2)$$

که در رابطه (۲):

هزینه خارجی = EC

مقدار آلودگی باقیمانده (ناشی از ناکارایی تجهیزات

کنترل آلودگی) = UP

هزینه کنترل آلودگی = PCC

علت وجود رابطه (۲) به سبب آن است که تجهیزات کنترل آلودگی، کارایی ۱۰۰ درصد ندارند و میزان بازده آنها کمتر از این مقدار است. طبیعی است برای استفاده و بهره‌جویی از حد کارایی آنها، نیاز به

محاسبه هزینه‌های خارجی در ایران

در ایران، برای اولین بار در سال ۱۳۷۶ اقدام به محاسبه هزینه‌های خارجی تولید انرژی الکتریکی شد. این محاسبات در ترازنامه انرژی ۱۳۷۶، درج شده است. از آنجا که هیچ گونه تحقیق مستقلی تا آن زمان برای برآورد هزینه‌های خارجی در ایران انجام نشده بود، سعی بر آن شد تا با استفاده از تجربیات سایر کشورها، ضرایب هزینه‌های خارجی متناسب با هریک از آلاینده‌های ناشی از تولید انرژی الکتریکی، انتخاب و جهت محاسبه هزینه‌های خارجی در ایران مورد استفاده قرار گیرد. بدین منظور با توجه به تجربیات ایالات متحده آمریکا، ضرایب هزینه‌های خارجی این کشور مستقیماً، برای آلاینده‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت (جدول شماره ۳). با این روش هزینه‌های خارجی طی سالهای ۱۳۷۶ الی ۱۳۷۹ محاسبه شد و با نام هزینه‌های اجتماعی در جداول مربوط در ترازنامه انرژی در سالهای مختلف درج شد. بدیهی است که در طی این سالها برای تبدیل مقادیر دلار به ریال از نرخ تبدیل متناسب با هر سال (۱۳۷۶ تا ۱۳۷۸، ۱ دلار برابر با ۳۰۰۰ ریال و در سال ۱۳۷۹، ۱ دلار برابر با ۸۰۰۰ ریال) استفاده شده است. استفاده از این روش تبدیل مستقیم می‌تواند به عنوان یک حداقل (هنگامی که هیچ تحقیق مستقلی در کشور جهت برآورد هزینه‌های خارجی انجام نشده است) مورد توجه باشد، اما ذکر نکاتی چند در مورد این روش که در ترازنامه انرژی مورد استفاده قرار گرفته است، می‌تواند به محاسبات نسبتاً دقیق‌تر ارقام هزینه‌های خارجی در ایران یاری رساند.

جدول شماره (۳) : هزینه‌های محیط زیستی آلاینده‌ها در آمریکا (۱۹۸۹)

دلار	میزان انتشار (پوند/ کیلووات ساعت)	آلاینده
۰/۱۱	۱/۹۱	CO ₂
۰/۴	۰/۹۱۰۰	SO ₂
۲/۹۲	۰/۵۱۰۰	NO _x

منبع: سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (۱۹۸۹)

تحلیل بر کاربرد روش تبدیل مستقیم

در هنگام تبدیل و به کارگیری روش تبدیل مستقیم در کشور چند نکته مهم در نظر گرفته نشده است. نخست اینکه برآوردهای به عمل آمده و مندرج در جدول شماره (۳) براساس ساختار تولید مندرج در جدول شماره (۴) است و ساختار مذکور کاملاً با ساختار تولید انرژی

مثال چنانچه معیار محاسبه ضرایب هزینه‌های خارجی در ایران، ضرایب هزینه‌های خارجی ایالات متحده امریکا باشد، ابتدا باید سال محاسبه ضرایب در ایالات متحده مورد توجه قرارگیرد و سپس نسبت به $GDP_{(ppp)}$ سرانه ایران در سال محاسبه به $GDP_{(ppp)}$ سرانه امریکا محاسبه گردد. این نسبت، شاخص تعدیل ضرایب هزینه‌های خارجی ایالات متحده امریکا برای استفاده از این ضرایب در ایران خواهد بود.

بنابراین برای استفاده از روش مستقیم تبدیل مقادیر هزینه‌های خارجی می‌بایست از قدرت خرید ارزشها بهره جست تا مقادیر به دست آمده مطابق با ساختار اقتصادی و اجتماعی کشور باشد، زیرا طبیعی است که میان میزان ارزش منابع طبیعی موجود در امریکا و ایران و همچنین هزینه‌های بهداشتی، آموزشی و غیره انسان تفاوت زیادی وجود دارد.

محاسبه هزینه خارجی

برای محاسبه هزینه‌های خارجی در ایران، از ضرایب هزینه‌های خارجی مندرج در (جدول شماره ۳ و ۱) استفاده شده است. علت استفاده از نتایج جدول شماره (۲) فراهم آوردن امکان مقایسه هزینه‌های خارجی مندرج در ترازنامه انرژی با استفاده از روش تبدیل مستقیم و محاسبات هزینه‌های خارجی با استفاده از روش تبدیل تعدیل شده است. براساس مقادیر $GDP_{(ppp)}$ (جدول شماره ۵)، نسبت $GDP_{(ppp)}$ ایران به امریکا در سال ۱۹۸۹ (به عنوان ضریب تعدیل) محاسبه شده است. با استفاده از میزان انتشار آلاینده از نیروگاه‌های مختلف (معاونت امور انرژی، ۱۳۷۶)، هزینه خارجی هر کیلووات ساعت انرژی تولیدی محاسبه شده است. در این محاسبات ارزش برابری هر دلار برابر ۸۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. (جدول شماره ۶) نتایج به دست آمده از روش «تبدیل تعدیل شده» و مقایسه آن با روش تبدیل مستقیم را نشان می‌دهد.

سرمایه‌گذاری است که این سرمایه‌گذاری را می‌توان همان هزینه کنترل آلودگی یا PCC تلقی کرد. اما میزان عدم کارایی این تجهیزات موجب انتشار آلودگی می‌گردد که آثار آن بر محیط زیست می‌تواند به صورت هزینه‌های خارجی تلقی گردد.

در کشور ما هیچ گونه هزینه‌ای برای خرید و تجهیز نیروگاه‌ها و تکنولوژی‌های کنترل آلودگی نشده است و در نتیجه هزینه کنترل آلودگی برای انرژی الکتریکی تولیدی صفر است. با تبدیل مستقیم مقادیر جدول شماره (۴)، در واقع هزینه‌های خارجی تولید انرژی الکتریکی مشخص می‌گردد که برای به دست آوردن هزینه اجتماعی تولید انرژی الکتریکی دست کم می‌بایست با هزینه واقعی تولید انرژی الکتریکی جمع گردد. در حالی که اعداد و ارقام حاصل از تبدیل مستقیم جدول شماره (۴) به عنوان هزینه اجتماعی تولید انرژی الکتریکی در نظر گرفته شده است.

با توجه به مطالب یاد شده، استفاده از ضرایب هزینه‌های خارجی آلاینده‌ها در سایر کشورها و یافتن روشهایی جهت تعدیل آنها که متناسب با توانایی مالی ایران باشد می‌تواند مفید واقع شود. زیرا بی‌توجهی کامل نسبت به محاسبه هزینه‌های خارجی روش درستی نخواهد بود، بدین منظور استفاده از روش «تبدیل تعدیل شده» حداقل، تا هنگام برآورد دقیق هزینه‌های خارجی در ایران، برآورد نسبتاً واقعی‌تری به دست خواهد داد. بدیهی است که با استفاده از محاسبات هزینه‌های خارجی هر کیلووات ساعت (EC) و قیمت واقعی هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی تولیدی (PC)، هزینه‌های اجتماعی (SC) هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی در کشور قابل محاسبه خواهد بود. ذکر این مطلب ضروری است که با این روش کاستی‌های مربوط به عدم تناسب ساختار تولید انرژی در کشورهایی که ضرایب هزینه‌های خارجی از آنها اخذ می‌گردد، با کشورهای استفاده‌کننده از این ضرایب برطرف نمی‌گردد و نیاز به انجام تحقیقات مستقلی خواهد بود که به دقت این ضرایب را تعیین کند.

بانک توسعه آسیایی در سال ۱۹۹۶، روشی را برای تعدیل ضرایب هزینه‌های خارجی، معرفی کرده است. در این روش، پیشنهاد شده است، با استفاده از شاخص $GDP_{(ppp)}$ (۱) سرانه واقعی (تولید ناخالص داخلی سرانه) شاخص تعدیل مناسب محاسبه گردد و پس از ضرب شاخص تعدیل در ضرایب محیط زیستی کشور مورد نظر، ضرایب هزینه‌های خارجی کشور مورد بررسی محاسبه شود. به طور

جدول شماره (۵): تولید ناخالص داخلی بر حسب قدرت خرید (GDP PPP) سرانه در کشورهای منتخب بر حسب دلار آمریکا

نام کشور	۱۹۸۹	۱۹۹۰	۱۹۹۱	۱۹۹۲	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹
ایران	۳۴۲۵	۳۷۷۲	۴۲۲۳	۴۶۰۶	۴۷۳۱	۴۷۹۳	۴۹۸۴	۵۲۱۴	۵۲۲۱	۵۰۹۹	۲۱۷۶۰
سوئد	۱۷۲۲۸	۱۷۵۳۷	۱۷۷۰۸	۱۸۱۲۹	۱۸۰۲۸	۱۸۱۷۸	۲۰۰۳۱	۲۰۴۲۴	۲۰۵۴۶	۲۰۶۰۸	۲۱۶۷۶
فنلاند	۱۷۰۴۹	۱۷۱۷۲	۱۶۳۲۱	۱۶۳۵۳	۱۶۴۴۷	۱۷۴۶۶	۱۸۷۶۴	۱۹۵۲۶	۲۰۴۱۵	۲۰۸۷۳	۲۱۷۶۰
آلمان	-	-	۱۸۶۴۸	۱۹۷۵۸	۱۹۸۳۰	۲۰۶۹۴	۲۱۴۷۹	۲۱۸۵۱	۲۲۰۴۴	۲۱۹۸۵	۲۲۶۰۴
فرانسه	۱۶۷۴۶	۱۷۲۷۸	۱۷۸۰۴	۱۸۷۰۷	۱۸۷۷۷	۱۹۶۱۴	۲۰۴۹۲	۲۰۸۸۹	۲۱۰۵۷	۲۱۱۵۰	۲۱۸۵۸
انگلستان	۱۵۹۴۸	۱۶۱۴۴	۱۶۲۰۲	۱۶۷۷۶	۱۷۴۴۹	۱۸۵۱۲	۱۹۴۶۶	۲۰۰۰۶	۲۰۳۸۰	۲۰۳۰۶	۲۰۹۰۷
امریکا	۲۲۲۴۵	۲۲۵۳۷	۲۲۶۹۸	۲۴۱۰۲	۲۴۹۶۹	۲۶۱۶۶	۲۷۳۹۶	۲۸۵۱۳	۲۹۴۰۷	۲۹۶۵۱	۳۰۹۸۱
کانادا	۱۹۶۸۱	۱۹۶۷۲	۱۹۵۷۷	۲۰۳۸۵	۲۱۱۴۰	۲۲۲۰۲	۲۳۰۸۵	۲۳۲۹۶	۲۳۶۲۵	۲۳۵۵۲	۲۴۴۸۸
ژاپن	۱۷۹۸۷	۱۹۰۶۲	۲۰۲۸۲	۲۱۳۴۹	۲۱۸۴۰	۲۲۳۵۷	۲۳۳۱۱	۲۴۵۱۲	۲۴۵۲۰	۲۳۲۰۰	۲۳۸۰۰
جمهوری کره	۷۸۵۳	۸۵۹۶	۹۵۶۵	۱۰۴۴۰	۱۱۱۵۹	۱۲۲۱۷	۱۳۵۰۲	۱۴۳۵۲	۱۴۷۶۳	۱۳۳۲۲	۱۴۸۰۶
چین	۱۲۹۱	۱۳۳۸	۱۴۸۲	۱۷۴۷	۲۰۰۳	۲۲۷۷	۲۵۶۱	۲۸۰۱	۲۹۸۴	۳۱۱۰	۳۳۴۴
تایلند	۳۴۴۰	۳۸۰۳	۴۱۷۸	۴۶۴۷	۵۰۸۶	۵۵۹۶	۶۱۹۴	۶۵۵۴	۶۳۲۰	۵۵۰۵	۵۷۵۷

منبع: UNDP (گزارش توسعه انسانی سال ۲۰۰۱)

جدول شماره (۶): نتایج محاسبه هزینه‌های خارجی با استفاده از روش «تبدیل مستقیم» و «تبدیل تعدیل شده» (ریال بر کیلووات ساعت)

آلاینده نیروگاه	CO ₂		NO _x		SO ₂	
	تبدیل تعدیل شده	تبدیل مستقیم	تبدیل تعدیل شده	تبدیل مستقیم	تبدیل تعدیل شده	تبدیل مستقیم
بخاری	۱۸/۵	۱۱۹	۷/۶	۴۹/۵	۴/۲	۲۷/۵
گازی	۲۴	۲۲۲/۷	۹/۸	۶۳/۶	۰/۷	۴/۵
چرخه ترکیبی	۱۴/۴	۱۳۲/۶	۵/۸	۳۷/۸	۰/۴	۲/۵
دیزلی	۲۳/۵	۲۶۴/۲	۱۲/۳	۷۹/۸	۵/۱	۳۳
میانگین	۲۰/۱	۱۸۴/۶	۸/۹	۵۷/۷	۲/۶	۱۶/۹

منبع: معاونت امور انرژی، (۱۳۸۰)

برگرفته است. از آنجا که محاسبات مندرج در (جدول شماره ۱) در سالهای ۱۹۸۹ (شرکت برق کالیفرنیا، شرکت خدمات عمومی ماساچوست و شرکت خدمات عمومی نیویورک) و ۱۹۹۰ در شرکت برق نوادا انجام شده، با توجه به آخرین اطلاعات در دسترس از GDP (PPP) (۱۹۹۹) و به سبب همسان سازی سال برآورد محاسبات، این اعداد با توجه به (شاخص قیمت مصرف کننده) (CPI) (۳) در ایالات متحده به ارقام سال ۱۹۹۹ تعدیل گشته‌اند. در واقع این مسئله می‌تواند دارای منطق اقتصادی قوی تری برای برآورد هزینه‌های خارجی باشد. نتایج محاسبات مربوط به تعدیل مقادیر هزینه‌های

براساس جدول فوق مشاهده می‌شود که مقادیر محاسبه شده با استفاده از روش «تبدیل تعدیل شده» به میزان ضریب تعدیل کمتر از مقادیر هزینه‌های خارجی محاسبه شده با روش «تبدیل مستقیم» می‌باشند. پس از محاسبات فوق (جدول شماره ۱) جهت برآورد هزینه خارجی آلاینده‌ها در بخش تولید انرژی الکتریکی در کشور ملاک عمل قرار گرفت، زیرا در پنج منطقه آمریکا به انجام رسیده است و به نظر می‌رسد میانگین اعداد و ارقام مندرج در آن قابل اعتمادتر از اعداد و ارقام ارائه شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا باشد. از طرفی دیگر (جدول شماره ۱) طیف وسیع تری از آلاینده‌ها را در

خارجی در (جدول شماره ۷) درج شده است.

الکتریکی تولیدی انواع نیروگاه ها، و پس از آن با جمع کردن قیمت تمام شده در کیلووات ساعت انرژی الکتریکی (PC) با هزینه های خارجی، می توان هزینه های اجتماعی هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی را محاسبه کرد.

با استفاده از جدول فوق و شاخص آلاینده های نیروگاه های مختلف، هزینه های خارجی هر یک از آلاینده ها در انواع نیروگاه ها در سال ۱۹۹۹ (۱۳۷۸) محاسبه شده اند جدول شماره (۸). چنانچه امکان دسترسی به مقادیر GDP ایران و ایالات متحده در سالهای ۲۰۰۰، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ میسر شود، امکان محاسبه هزینه های خارجی میسر خواهد بود.

برآوردهای به عمل آمده نشان می دهد که هزینه اجتماعی تولید برق از تکنولوژی های نیروگاه بخاری، گازی، چرخه ترکیبی و دیزلی به ترتیب برابر ۱۸۳، ۱۸۵، ۱۶۰/۶، ۲۱۶ و به طور متوسط ۲۸۷ ریال به ازای تولید هر کیلووات ساعت است.

با برآورد هزینه های خارجی (EC) هر کیلووات ساعت انرژی

جدول شماره (۷) : مقایسه هزینه های محیط زیستی آلاینده ها در امریکا

هزینه خارجی (سنت امریکا در هر پوند) (Us cent /Lb)								منطقه مطالعاتی
N ₂ O	CH ₄	CO ₂	Part.	CO	VOC	NO _x	SO ₂	
۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰	۰/۵۸	۰/۰۰۰۰۱	۰/۲۱	۱/۹۶	۰/۷۳	شرکت برق کالیفرنیا
۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۱	۱/۶	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۱/۱	۲/۷۳	دانشگاه پیس
۲/۸۹	۰/۱۵	۰/۰۱	۲/۶۹	۰/۵۸	۳/۵۶	۴/۳۷	۱/۰۱	شرکت خدمات عمومی ماساچوست
۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰	۰/۳۵	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۱/۲	۰/۵۵	شرکت خدمات عمومی نیویورک
۲/۸۶	۰/۱۴	۰/۰۱	۲/۶۶	۰/۵۹	۰/۷۵	۴/۳۳	۰/۹۹	شرکت خدمات عمومی نوادا
۱/۱۵	۰/۰۵۸	۰/۰۰۶	۱/۵۸	۰/۲۳۴	۰/۹۰	۲/۵۹	۱/۲۰	میانگین

• توضیح: برای میانگین گیری، مقدار اندک (negligible) برابر ۰/۰۰۰۰۱ در نظر گرفته شده است.

جدول شماره (۸): هزینه های خارجی محاسبه شده برای ایران بر اساس جدول شماره (۷) و بر حسب ریال بر کیلووات ساعت

آلاینده	ذرات معلق	منواکسید کربن	دی اکسید کربن	اکسید نیتروژن	دی اکسید گوگرد	جمع	نیروگاه
بخاری	۰/۰۰۷۵۳	۰/۰۰۰۷	۱۱	۷/۳	۱۳/۸	۳۲/۲	
گازی	۰/۰۰۵۴۸	۰/۰۰۱۴	۱۴/۳	۹/۴	۲/۳	۲۶	
چرخه ترکیبی	۰/۰۰۳۲۵	۰/۰۰۰۷	۸/۵	۵/۶	۱/۳	۱۵/۴	
دیزلی	۰/۰۱۶۰۹	۰/۰۰۰۰	۱۴	۱۱/۸	۱۶/۶	۴۲/۴	
میانگین	۰/۰۰۸۱	۰/۰۰۰۷	۱۱/۹۲	۸/۵۲	۸/۵	۲۹	

جدول شماره (۹): هزینه های خالص تولید برق، هزینه محیط زیستی و هزینه اجتماعی تولید برق (ریال بر کیلووات ساعت)

نیروگاه	هزینه تولید	هزینه محیط زیستی	هزینه اجتماعی
بخاری	۱۵۲/۸	۳۲/۲	۱۸۵
گازی	۱۵۷	۲۶	۱۸۳
	۲۲۲/۴	۲۶	۲۸۴/۴
چرخه ترکیبی	۱۴۵/۲	۱۵/۴	۱۶۰/۶
	۲۱۱/۴	۴۲/۴	۲۵۳/۸
دیزلی	۲۷۶/۸	۴۲/۴	۳۱۹/۲

Production in Finland, Maa ja Vesi Oy, Energia- Ekone Oy, SIHTI 2 Energy ja Ymparistoteknologia .

Environmental Protection Agency. 1989. Social Costs of Pollutions.

Friedrick R. U. K. 1990. Voss 2, External Costs of Electricity Generation, In: External Environmental Costs of Electric Power, Germany, Oct. 23-25, 1990, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, Consumption, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.

Hohmeyer Olav. 1988. Social Costs of Energy Consumption. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg.

Lefvre T. and Bui D. T. 1996. Energy Environment Policies and Externality Valuation in Thailand, Workshop on Externality Policy & Methodology Development for Developing Countries, 26-28 June, Copenhagen, Denmark.

Meyer H. et al., 1994. Omkostning Spgorelse for Miljoekstera Liteter i. Forbindelse med Energy Production Forsknings Center Riso, Roskilde.

Ontario Hydro. 2000. Full-Cost Accounting for Decision- making, ICF Incorporated.

Pearce, D. et al., 1992. The Social Costs of Fuel Cycles, UK Department of Trade and Industry, Center for Social and Economic Research in Global Environment.

Schultz, E. 1991. Fallbeispiel Elektrizitaetsorgung, ("Voss 1"). in: Soziale Kosten der Energienutzung, Tagung Monnheim, 5 th & 6 th Nov. 1991, VDI Verein Deutscher Ingenieure Berichte 927, VDI Verlag.

Scott J. C. and Janet M. T. 2000. Environmental Economics and Management, Harcourt College Publishers, UK.

UNDP. 2001. Human Development Report. Un plaza, Ny, USA.

World Energy Council. 1996 . Energy, Environment and Climate: Economic Instruments, 34 54. James st. London, ,UK G.11

نتیجه گیری

بر اساس اقدامات به عمل آمده می توان گفت که هزینه اجتماعی تابعی است از هزینه تمام شده، بعلاوه هزینه های خارجی (محیط زیستی) تولید که جامعه برای به دست آوردن یک کالا یا خدمت پرداخت می کند. در واقع اولین اقدام صورت پذیرفته در کشور جهت برآورد هزینه اجتماعی از طریق تبدیل هزینه خارجی تولید برق بوده است که با مفهوم واقعی هزینه اجتماعی تفاوت چشمگیری دارد. در مقاله حاضر از روش جدیدی به نام تبدیل تعدیل شده برای برآورد هزینه های تولید برق در کشور استفاده شده است که نتایج به دست آمده در مقایسه با استفاده از روش تبدیل مستقیم منطقی تر به نظر می رسد.

یادداشتها

۱- $GDP(ppp) =$ تولید ناخالص داخلی واقعی براساس قدرت خرید (Power Purchase Parity).

2- $CPI =$ Consumer Price Index

منابع مورد استفاده

پیرس، ترنر. ۱۳۷۵. اقتصاد محیط زیست، انتشارات دانشگاه فردوسی، ترجمه دهقانیان، س.

معاونت امور انرژی. ۱۳۷۶. ترازنامه انرژی ۱۳۷۶. وزارت نیرو.

معاونت امور انرژی. ۱۳۸۰. ترازنامه انرژی ۱۳۷۹. وزارت نیرو.

Asian Development Bank. 1996. Economic Evaluation of Environmental Impacts: A Workbook. Manila, Phlippines.

Bui D. 1996. Using Damage Method to Value Environmental Externalities of Power Generation- Difficulties Facing DCS , Kasetsart University, Bangkok, Thailand .

Bundesamt Fuer Konguktur Fragen, Bundesamt Fuer Energiewirtschaft, Amt Fuer Bundesamt. 1994. Externe Kosten and Kalkulatorsche Energie Preiszuschlage Fuer Den Strom-und Waerme Bereich, Bern, Switzerland. Sociale Kosten der Energienutzung. Tagung Mannheim, 5-6 Nov. 1991, VDI Verein Deutscher Ingenieure Berichte 927, VDI Verlag.

EKONO. 1994. Estimation of External Costs of Energy