

برآورد هزینه‌ی خسارت آلودگی محیط زیست ناشی از انتشار مواد نفتی

زهرآ مشایخی^{*}، نیلوفر فتوره‌چی، پژوهشگاه صنعت نفت

چکیده

دنیا وابستگی زیادی به نفت دارد. حمل و نقل نفت از محل تولید به محل‌های مصرف مستلزم خطراتی است؛ به‌ویژه خطر نشت تصادفی نفت. حوادث نشت نفت منجر به اثرات عمده‌ای بر محیط زیست و اقتصاد مناطق آسیب‌دیده می‌شوند. اگرچه ادبیات گسترده‌ای در زمینه‌ی اثرات آلودگی‌های ناشی از نشت نفت بر زندگی انسان‌ها و سایر موجودات زنده وجود دارد اما مطالعات اندکی از بعد اقتصادی به این پدیده پرداخته‌اند. در مطالعات اقتصادی نیز بیشتر روی دو بخش شیلات و گردشگری تمرکز کرده‌اند که در آنها نیز عمدتاً از روش‌های جبران خسارت یا هزینه‌ی پاک‌سازی استفاده شده است. در حالی که اثرات نشت نفت بر محیط‌زیست فراتر از فعالیت‌های گردشگری و ماهیگیری است و در فرآیند تحلیل باید هزینه و منفعت پروژه‌های ترمیم و اصلاح لحاظ شوند. به‌طور کلی سه دسته روش برای برآورد ارزش منابع محیط زیستی از دست رفته وجود دارد: استفاده از فنون ارزش‌گذاری اقتصادی، انتقال و تعمیم ارزش برآورد شده از مطالعات گذشته و استفاده از مدل‌ها، فرمول‌ها و ابزارهای تحلیل موجود. در این مطالعه ابعاد اثرات نشت نفت بر محیط زیست، روش‌ها و مدل‌های موجود برای برآورد هزینه‌ی خسارت آلودگی محیط زیست ناشی از انتشار مواد نفتی و نمونه‌ای از مطالعات انجام شده در دنیا و ایران بررسی شده است.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۸/۰۱/۲۵
تاریخ ارسال به داور: ۹۸/۰۲/۰۳
تاریخ پذیرش داور: ۹۸/۰۴/۰۸

واژگان کلیدی:

نشت نفت، هزینه‌های محیط زیستی، خسارت، ارزش‌گذاری اقتصادی، پاسخ

مقدمه

نفت از تانکرهای آسیب‌دیده، خطوط لوله یا تجهیزات نفتی منجر به اثرات و خسارت‌های محیط‌زیستی کوتاه‌مدت و بلندمدت نشت می‌کند که ممکن است دهه‌ها به‌طول بیانجامند. از مهم‌ترین جنبه‌های محیط زیستی که در نتیجه‌ی نشت نفت دچار آسیب‌های جدی می‌شوند می‌توان به سواحل، تالاب‌ها و اکوسیستم‌های آبی حساس، پرندگان، پستانداران آبی، ماهیان و زیستگاه‌ها و بسترهای زادآوری حیات‌وحش اشاره کرد. نشت نفت سبب تخریب زیستگاه‌های حیات وحش و تفرج‌گاه‌ها و آلودگی خاک و آبهای زیرزمینی می‌شود. نشت نفت در سواحل بر ماهیان و پرندگان دریایی تأثیر می‌گذارد و برای گونه‌های در معرض خطر انقراض تهدیدی جدی به‌شمار می‌آید. علاوه بر خسارت‌ها و آسیب‌های مستقیم بر منابع طبیعی، رهاسازی مواد خطرناک و نفت ممکن است سلامتی و زندگی انسان را نیز با خطر مواجه کند [۱]. از اثرات نشت نفت بر محیط‌زیست می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۲]:

- ◀ اثر آلودگی نفتی بر پلانکتون‌های دریایی
- ◀ اثر آلودگی نفتی بر ارگانیسم‌های ناحیه‌ی بنتیک (کف دریا)
- ◀ اثر آلودگی نفتی بر ماهی‌ها، لاک‌پشت‌ها و پستانداران دریایی
- ◀ اثر آلودگی نفتی بر پرندگان دریایی
- اثرات نشت نفت در خشکی شامل:
 - ◀ آلوده کردن خاک و زمین‌های کشاورزی
 - ◀ آلوده کردن سفره‌های آب زیرزمینی
 - ◀ تأثیر بر پوشش گیاهی منطقه
 - ◀ تأثیر بر حیات وحش منطقه (از بین رفتن گونه‌ها و زیستگاه‌هایشان)
- تأثیر بر هوا: نشت نفت منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود
- اثر بر سلامتی و زندگی انسان‌ها
- تأثیرات اجتماعی (تفرج و گردشگری)

■ اثرات نفت بر اکوسیستم‌های آبی شامل:

- ◀ اثر آلودگی نفتی بر باکتری‌های دریایی

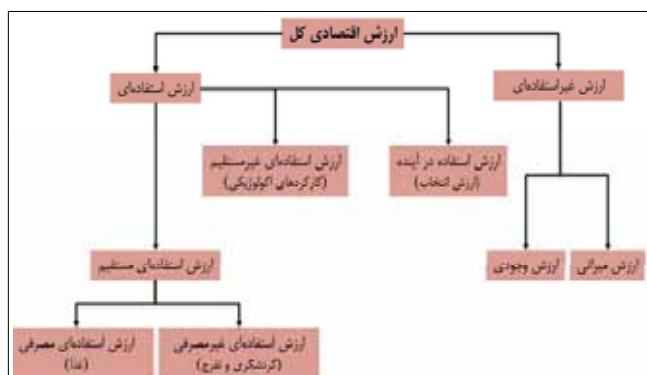
* نویسنده‌ی عهد‌دار مکاتبات (mashayekhiz@ripi.ir)

نمی‌شوند برای ارزش‌گذاری آنها یک‌سری روش‌های ارزیابی که توسط اقتصاددانان توسعه داده شده به کار می‌رود [۳].

نظام‌های طبیعی یا اکوسیستم‌ها، نظام‌های یکپارچه‌ای هستند که اجزای مختلف آنها در ارتباط تنگاتنگ با یکدیگر قرار دارند. باید تمامی مؤلفه‌های محیط زیستی که تحت تأثیر فعالیت‌های هر پروژه قرار می‌گیرند بررسی شوند. هزینه‌هایی که در نتیجه تخریب و آلودگی محیط زیست تحمیل می‌گردند معادل ارزش خدمات از دست‌رفته‌ای هستند که محیط زیست یا اکوسیستم در حالت عادی به‌صورت رایگان در اختیار بشر قرار می‌دهد. بنابراین در تحلیل هزینه‌ها باید هزینه‌ی خسارت وارد شده به تک‌تک اجزاء اکوسیستم لحاظ گردد و خدمات اکوسیستمی مختلفی که در نتیجه توسعه، آسیب دیده یا از بین رفته‌اند به‌صورت اقتصادی کمی‌سازی و ارزش‌گذاری شوند. نتایج حاصل از ارزش‌گذاری اجزاء آسیب‌دیده‌ی اکوسیستم می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای پشتیبانی تصمیم‌گیری در خصوص ارزیابی استراتژی‌های مختلف مقابله با آلودگی نفتی توسط سیاست‌گذاران به کار رود و در تعیین مقدار و مقیاس پروژه‌های بازسازی مؤثر باشد [۴].

۱- ارزش‌های کل یک منبع محیط‌زیستی آسیب‌دیده یا از دست‌رفته

وقتی می‌خواهیم طیفی از خدمات محیط زیستی را وارد انتخاب‌های اقتصادی کنیم مهم‌ترین مسأله عدم‌ارزش‌گذاری بسیاری از این خدمات در بازارهاست. در واقع فاصله‌ی بین ارزش‌گذاری بازاری و ارزش اقتصادی منابع محیط زیستی وجود دارد. فقدان بازار برای کالاها و خدمات محیط زیستی به



۱ | اجزاء ارزش اقتصادی کل [۶]

اثرات ناشی از نشت نفت به عوامل مختلفی از جمله مقدار و نوع نفت نشت کرده و نحوه‌ی ارتباط آن با محیط دریایی، شرایط آب و هوایی غالب، ویژگی‌های بیولوژیکی و بوم‌شناختی منطقه‌ی نشت، اهمیت بوم‌شناختی گونه‌های کلیدی، حساسیت آنها به آلودگی نفتی و فصل سال بستگی دارد. اینکه نشت در چه زمانی از سال اتفاق بیافتد از این نظر مهم است که بسیاری از موجودات زنده در مرحله‌ی تولید مثل و تکثیر و مراحل اولیه‌ی زندگی، به آلودگی نفتی حساس‌تر هستند. همچنین روش‌های انتخابی برای پاک‌سازی نیز بر اثرات محیط زیستی ناشی از نشت نفت اثر دارند. اگرچه ادبیات گسترده‌ای در زمینه‌ی اثرات آلودگی‌های ناشی از نشت نفت بر زندگی انسان‌ها و سایر موجودات زنده وجود دارد اما مطالعات اندکی از بعد اقتصادی به این پدیده پرداخته‌اند.

ارزیابی و تحلیل دقیق هزینه‌ها و منافع جهت تخصیص عاقلانه‌ی منابع مالی محدود، بسیار حیاتی است. توسعه‌ی اقتصادی موفق به استفاده‌ی عقلایی از منابع طبیعی و محیط زیستی و حداقل کردن پیامدهای محیط زیستی پروژه‌ها بستگی دارد. ارزش‌گذاری اقتصادی اجازه می‌دهد تحلیل اقتصادی کاملی از پروژه‌های توسعه‌ای صورت گیرد تا بر اساس آن بتوان منافع و هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم پروژه‌های پیشنهادی را با دقت کامل ارزیابی کرد. ارزش‌گذاری اقتصادی پیامدهای محیط‌زیستی بر شناسایی و اندازه‌گیری دقیق تغییرات بیوفیزیکی که در نتیجه‌ی اجرای طرح‌ها یا پروژه‌ها در مراحل مختلف ساخت و طراحی در محیط به‌وجود می‌آید و هزینه‌های اقتصادی آنها بر محیط زیست تکیه دارد. در واقع تا مبنای مناسبی برای مقایسه‌ی پیامدهای پروژه‌ها ارائه نشود نمی‌توان آنها را با هم مقایسه و مقیاس لازم برای بازسازی جبرانی منابع از دست رفته را ارائه کرد [۳].

برآورد هزینه‌های ناشی از فعالیت‌های پروژه‌ها بر محیط زیست به سادگی امکان‌پذیر نیست. باید دو مؤلفه‌ی اصلی در ارزیابی پیامدهای محیط زیستی لحاظ گردد: اول شناسایی و اندازه‌گیری آنها و دوم یافتن روش‌هایی جهت برآورد ارزش‌های پولی این اثرات تا این ارزش‌ها در تجزیه و تحلیل توجیه‌های پروژه استفاده شوند. از آنجا که بسیاری از منابع طبیعی و مؤلفه‌های محیط زیستی، بازاری ندارند و در بازارهای متداول داد و ستد

- اندازه‌گیری ارزش از طریق ابزارهای مستقیم یا غیرمستقیم اقتصادی (فنون ارزش‌گذاری)
- انتقال و تعمیم یک ارزش برآورد شده از مطالعات گذشته
- استفاده از مدل‌ها، فرمول‌ها و ابزارهای تحلیل موجود

۲-۱- فنون ارزش‌گذاری اقتصادی

فنون ارزش‌گذاری به دو دسته‌ی کلی فنون بازاری و غیربازاری تقسیم می‌شوند (شکل-۲). رویکرد بازاری ارزش‌گذاری، مبتنی بر تولید بوده و برای کالاها و خدمات دارای قیمت بازاری استفاده می‌شود. این روش‌ها معمولاً برای برآورد ارزش استفاده‌های مستقیم کاربرد دارند. روش‌های هزینه‌ای مثل هزینه‌ی بیماری، هزینه‌ی جانشینی/جایگزینی، هزینه‌ی اجتناب از خسارت و ... بر این فرض استوارند که اگر افراد متحمل هزینه‌ای برای اجتناب از خسارت ناشی از فقدان یا از بین رفتن خدمات یک اکوسیستم شوند یا جهت جایگزین کردن خدمات دیگر با خدمات اکوسیستم متحمل هزینه شوند، در این صورت خدمات اکوسیستمی حداقل به اندازه‌ی مقدار پرداختی افراد برای خدمات جایگزین ارزش دارند. مثلاً ارزش یک اکوسیستم تالابی در شکستن قدرت امواج و حفاظت ساحل در برابر فرسایش را می‌توان از هزینه‌هایی که برای ساخت موج‌شکن صرف می‌شود به دست آورد [۶]. هزینه‌های برآوردی این دسته از روش‌ها، اغلب حد پایین ارزش اقتصادی سرمایه‌ی محیط‌زیستی را می‌دهند. در حال حاضر این روش‌ها بیشتر در تحلیل‌های معادل‌سازی

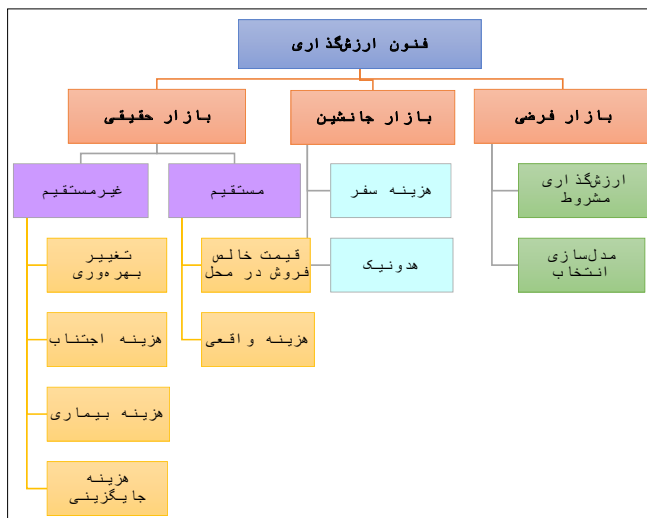
معنای بی‌ارزشی آنها نیست. برای پر کردن این فاصله باید ابتدا ارزش‌های غیربازاری را شناسایی و تا حد امکان آنها را پولی کرد. رویکرد اصلی اقتصاد برای ارزش‌گذاری، رویکردی کم و بیش ابزاری (استفاده‌محور) است و به دنبال ترکیب اجزاء مختلف ارزش در معیاری کلی است که ارزش اقتصادی کل (TEV) گفته می‌شود [۵]. اقتصاددانان محیط زیست از مفهوم TEV جهت بیان مجموعه‌ای از ترجیحات انسان نسبت به سیستم‌های طبیعی به صورت پولی استفاده می‌کنند.

از نظر مفهومی، ارزش اقتصادی کل (TEV) یک منبع شامل ارزش استفاده‌ای (UV) و ارزش غیراستفاده‌ای (NUV) (یا ارزش استفاده‌ای منفعل) آن منبع است (شکل-۱). ارزش‌های استفاده‌ای خود به دو دسته‌ی ارزش‌های استفاده‌ای مستقیم (DUV) و ارزش‌های استفاده‌ای غیرمستقیم (IUV) تقسیم می‌شوند. ارزش‌های استفاده‌ای مستقیم شامل استفاده‌های مصرفی^۶ از اکوسیستم مثل برداشت ماهی، میگو، صدف، حلزون و هیزم و نیز استفاده‌های غیرمصرفی از اکوسیستم مثل تفرج، گردشگری، تماشای پرندگان، پژوهش، آموزش و کشتی‌رانی است. ارزش کارکردهای مختلف اکوسیستم‌ها مثالی از ارزش‌های استفاده‌ای غیرمستقیم هستند؛ مثل ارزش مانگروها در هضم ضایعات یا کنترل فرسایش. ارزش انتخاب^۷ در واقع ارزش استفاده از منبع در آینده است. به دلیل اینکه مردم از تقاضایشان برای خدمتی در آینده مطمئن نیستند حاضرند برای داشتن گزینه‌ی استفاده از آن خدمت در آینده مبلغی پرداخت کنند و تا حدی ریسک‌گریز هستند [۵].

ارزش‌های غیراستفاده‌ای اساساً شامل ارزش‌های میراثی (BV) و ارزش‌های وجودی (EV) هستند. ارزش‌های میراثی ارزش‌هایی هستند که مردم آنها را از دانستن اینکه دیگران قادر خواهند بود در آینده از منبع منتفع شوند به دست می‌آورند. ارزش‌های وجودی، ارزش‌های دریافت شده از دارایی محیط زیستی هستند؛ سوای هر نوع استفاده‌ای در زمان حال یا آینده؛ تنها به این دلیل که وجود دارد.

۲- روش‌های برآورد ارزش منابع محیط زیستی از دست‌رفته

به‌طور کلی سه روش برای برآورد ارزش منابع غیربازاری وجود دارد:



شکل ۱ | فنون بازاری و غیربازاری ارزش‌گذاری اقتصادی [۸]

می‌شود HEA است [۱۰]. در روش ارزیابی معادل سازی زیستگاه (HEA) یا منبع (REA)^{۱۸}، خدمات اکوسیستمی از دست‌رفته کمی‌سازی شده و مقیاسی جهت بازسازی جبرانی لازم برای آنها محاسبه می‌شود. هدف از بازسازی جبرانی به‌دست آوردن سودهای حاصل از خدمات منابع طبیعی در طول زمان به همان اندازه‌ی خدمات از دست‌رفته از زمان وقوع حادثه تا برگشتن خدمات به سطح و کیفیت اولیه است (یعنی سطح خدمات که

زیستگاه (HEA)^{۱۰} و برای تکمیل آنها استفاده می‌شوند و در برنامه‌های NOAA^{۱۱} پذیرش بیشتری دارند؛ چراکه برآوردهای NOAA بیشتر بر پروژه‌های فیزیکی تکیه دارند تا ارزش ایجاد شده از طریق فنون ارزش‌گذاری اقتصادی [۷].

اما به‌دلیل اینکه برای بسیاری از کالاها و خدمات محیط‌زیستی بازار مشخصی وجود ندارد برای ارزش‌گذاری آنها از یک‌سری فنون غیربازاری استفاده می‌شود که به دو دسته تقسیم می‌گردند. رویکردهایی که از بازارهای جانشین^{۱۲} استفاده می‌کنند یا مبتنی بر ترجیحات آشکارشده^{۱۳} هستند یا رویکردهایی متکی بر بازارهای شبیه‌سازی‌شده^{۱۴} (فرضی) هستند و از فنون استخراج ترجیحات بیان‌شده^{۱۵} استفاده می‌کنند. این رویکردها جهت استخراج ترجیحات، متکی بر برآورد منحنی تقاضا هستند. در حالی که رویکردهای ارزش‌گذاری بازاری بر منحنی تقاضا اتکا ندارند و ارزش‌های رفاهی غیرواقعی را برآورد می‌کنند.

۲-۲- انتقال یک ارزش برآورد شده از مطالعات گذشته

علاوه بر این سه دسته، رویکرد دیگری به‌نام انتقال منافع^{۱۶} هم وجود دارد. عموماً انتقال منافع محیط زیستی عبارت است از انتقال ارزش‌های پولی محیط زیستی برآورد شده در یک سایت (منطقه‌ی مطالعاتی) از طریق فنون ارزش‌گذاری اقتصادی بازاری یا غیربازاری به سایت دیگر (سایت هدف). مهم‌ترین دلیل استفاده از نتایج مطالعات گذشته در زمینه‌ی یک سیاست جدید، مقرون به صرفه‌بودن آنست. به‌کارگیری نتایج پژوهش‌های گذشته در موقعیت‌های تصمیم‌گیری مشابه، گزینه‌ی پرترفداری برای پژوهش‌های گران و زمان‌بر است تا به‌سرعت به تصمیم‌گیری برسند [۹].

۲-۳- استفاده از مدل‌ها، فرمول‌ها و ابزارهای تحلیلی موجود

۲-۳-۱- ارزیابی معادل سازی منابع محیط زیستی از دست‌رفته

کمی‌سازی و ارزش‌گذاری پولی خدمات از دست‌رفته‌ی اکوسیستم در عمل با دشواری‌های زیادی همراه است. بنابراین در ارزیابی آسیب وارده به منابع طبیعی در چارچوب NRDA^{۱۷} به‌جای اندازه‌گیری مستقیم آنها از شاخص خدمات اکولوژیکی استفاده می‌شود. یکی از این شاخص‌ها که برای محاسبه‌ی مقدار بازسازی جبرانی لازم پس از حادثه استفاده

جدول ۱ هزینه‌ی محیط زیستی مبنا جهت محاسبات مربوط به مدل اتکین		نوع نشت نفت یافته
هزینه‌ی محیط زیستی (سال ۲۰۱۹) (میلین دلار به‌ازای EC _{pg})	هزینه‌ی محیط زیستی (سال ۲۰۰۴) (میلین دلار به‌ازای EC _{pg})	حجم نفت (گالون)
۶۴/۲۳	۴۸	کمتر از ۵۰۰
۶۰/۲۲	۴۵	۵۰۰-۱۰۰۰
۴۶/۸۴	۳۵	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰
۴۰/۱۴	۳۰	۱۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰
۲۰/۰۷	۱۵	۱۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰۰
۱۳/۳۸	۱۰	بیشتر از ۱۰۰۰۰۰۰
۱۱۳/۷۴	۸۵	کمتر از ۵۰۰
۱۰۷/۰۵	۸۰	۵۰۰-۱۰۰۰
۹۳/۶۷	۷۰	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰
۸۶/۹۸	۶۵	۱۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰
۴۰/۱۴	۳۰	۱۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰۰
۳۳/۴۵	۲۵	بیشتر از ۱۰۰۰۰۰۰
۱۲۷/۱۲	۹۵	کمتر از ۵۰۰
۱۲۰/۴۳	۹۰	۵۰۰-۱۰۰۰
۱۱۳/۷۴	۸۵	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰
۱۰۰/۳۶	۷۵	۱۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰
۵۳/۵۳	۴۰	۱۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰۰
۴۶/۸۴	۳۵	بیشتر از ۱۰۰۰۰۰۰
۱۲۰/۴۳	۹۰	کمتر از ۵۰۰
۱۱۶/۴۲	۸۷	۵۰۰-۱۰۰۰
۱۰۷/۰۵	۸۰	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰
۹۷/۶۸	۷۳	۱۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰
۴۶/۸۴	۳۵	۱۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰۰
۴۰/۱۴	۳۰	بیشتر از ۱۰۰۰۰۰۰

محیط زیست به حالت قبل از نشت نفت انجام می‌شود. اقدامات برای بازسازی محیط زیست شامل مواردی مثل برآورد وسعت تخریب، توسعه‌ی روش مناسب برای بازسازی محیط، هزینه‌های پیاده‌سازی روش مورد نظر و در نهایت بازسازی محیط زیست ناحیه‌ی آسیب‌دیده است [۱۱]. محاسبه‌ی هزینه‌ها توسط این مدل دو بخش دارد:

■ با داشتن نوع و حجم نفت، هزینه‌ی مبنا (دلار به ازای گالن) طبق جدول ۱- محاسبه می‌شود.

■ سپس ضرایب تصحیح هزینه‌ها، بر اساس جدول آب شیرین (جدول ۲) و جدول حساسیت حیات‌وحش ناحیه نسبت به نشت نفت (جدول ۳) محاسبه می‌شود و هزینه‌ی کل مطابق معادله‌ی ۱- محاسبه می‌گردد.

$$TEC = (EC_{pg})(F_{fvv} + F_{hws})(0.5 V_{spill}) \quad (1)$$

TEC: هزینه‌ی محیط زیستی کل (دلار)

EC_{pg}: هزینه‌ی محیط زیستی به‌ازای گالن نفت نشت یافته (دلار به‌ازای گالن)

F_{fvv}: ضریب تصحیح به استفاده از آب شیرین

F_{hws}: ضریب تصحیح حساسیت حیات وحش منطقه

V_{spill}: حجم نفت نشت یافته (گالن)

البته باید دقت داشت که هزینه‌های محاسبه شده طبق این جداول مربوط به سال ۲۰۰۴ است و برای به‌روز کردن قیمت‌ها و در نظر گرفتن تورم سالیانه می‌توان از اندیس‌های هزینه استفاده کرد [۱۱]. مثلاً در جدول ۱- هزینه‌ها توسط ماشین حساب آنلاین محاسبه‌ی تورم موجود در تارنمای وزارت کار ایالات متحده‌ی برای سال ۲۰۱۹ تصحیح و گزارش شده است.

۲-۳-۳- ابزار تحلیلی اثربخشی پاسخ به نشت نفت^{۱۱} (OSRCEAT)

هدف از ابزار تحلیلی اثربخشی هزینه‌ی پاسخ به نشت نفت مقایسه‌ی هزینه‌ها و منافع پاسخ یا به‌عبارتی انجام نوعی تحلیل هزینه-منفعت برای گزینه‌های مختلف پاسخ (اعم از احیاء مکانیکی، استفاده از پخش‌کننده‌ها، سوزاندن در محل، احیاء طبیعی، حذف پوشش تالاب) به یک نشت نفت خاص فرضی (یا واقعی) است. این ابزار تحلیلی به تلفیق عوامل اثربخشی هزینه‌ی عملیات پاسخ با منافع خالص محیط زیستی کمک می‌کند. این ابزار را می‌توان با استفاده از یک سری الگوریتم‌هایی (که صورت

قبل از وقوع حادثه ارائه می‌شدند). HEA روشی برای تعیین بزرگی مقیاس اقدامات ترمیم جبرانی لازم برای جبران خسارات وارد شده به عموم است. یکی از راه‌های ترمیم جبرانی، تغییر یا ارتقاء خدمات برخی از زیستگاه‌های آسیب‌دیده‌ی نزدیک به زیستگاه آسیب‌دیده است. مثلاً خدمات زیستگاه آسیب‌دیده‌ی مجاور را به اندازه‌ی کافی افزایش دهیم که جبران خدمات از دست‌رفته‌ی زیستگاه آسیب‌دیده را بکند [۱۰].

۲-۳-۲- مدل هزینه‌ی خسارت پیشنهادی توسط اتکین^{۱۰} برای محاسبه‌ی خسارت‌های محیط زیستی ناشی از نشت نفت

مدل اتکین در ۲۰۰۴ توسط تجزیه و تحلیل‌های گسترده‌ی داده‌های مربوط به هزینه‌های پاسخ، هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی و آسیب‌های محیط زیستی نشت‌های قبلی و تحلیل تأثیرات آنها حاصل شده است. علاوه بر این تأثیرات زیستگاه‌های مختلف برای محاسبه‌ی هزینه‌های محیط زیستی از دیگر منابع در مدل لحاظ شده است [۱۱].

منظور از هزینه‌های پاسخ، هزینه‌های مربوط به تجهیزات و نیروی کار جهت پاک‌سازی یا سبک‌سازی (رقیق‌سازی) نفت نشت کرده، هزینه‌های مربوط به کنترل منبع نشتی، هزینه‌های برآورد مقدار نشت و هزینه‌های نظارت بر ناحیه‌ی نشت نفت است. هزینه‌های اقتصادی اجتماعی نیز شامل زیان‌های تحمیل شده بر صنعت گردشگری، خسارات ناشی از مسدود کردن بنادر، هزینه‌های مربوط به صنعت شیلات و ماهی‌گیری است. منظور از هزینه‌های محیط زیستی نیز هزینه‌هایی است که برای برگرداندن

۲ | ضریب تصحیح هزینه‌ی مربوط به استفاده از آب شیرین برای

استفاده در مدل اتکین

دسته	ضریب تصحیح (F _{fvv})
استفاده‌ی حیات وحش	۱/۷
آشامیدن	۱/۶
تفریح و سرگرمی	۱
صنعتی	۰/۴
نامشخص	۰/۹

در صورت نبودن اطلاعات به‌عنوان مقدار پیش‌فرض در نظر گرفته می‌شود
اگر یک مورد مشخص، ترکیبی از چند عامل باشد عاملی که بیشترین تأثیر را دارد در نظر گرفته می‌شود

این خسارت‌ها نیز با هم جمع می‌شوند تا خسارت کل به دست آید. سپس OSRCEAT محاسبه می‌کند:

- کل هزینه‌های پاسخ
- خسارات کل
- خسارات پاسخ (خسارت ناشی از خود پاسخ) [۱۲]

۳- مروری بر مطالعات انجام شده

اهمیت برآورد خسارت‌های محیط زیستی ناشی از نشت نفت پس از حوادث بزرگ نشت نفت مثل اکسون والدز^{۲۲} (۱۹۸۹)، ایالات متحده آمریکا، اریکا^{۲۳} (۱۹۹۹)، فرانسه، پرستیژ^{۲۴} (۲۰۰۲، اسپانیا) و ... بیشتر آشکار شد. مطالعات زیادی در خصوص برآورد ارزش کاهش وقوع نشت نفت یا هزینه‌ی خسارت ناشی از حوادث نشت نفت در دنیا انجام گردیده که در جدول ۴- به‌طور خلاصه ارائه شده است.

در ایران اولین تجارب در زمینه‌ی ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی به‌دنبال انتشار مقاله‌ی ۱۹۹۷ کاستانزا و همکارانش [۲۱] آغاز شد. اولین نشانه‌ها از برآورد خسارت‌های وارده به خدمات اکوسیستمی در ایران، به‌دنبال به‌آتش کشیدن چاه‌های نفت کویت توسط عراق و ورود آلودگی‌های ناشی از بروز این بحران به ایران روی داد. از آن جمله می‌توان به مطالعه‌ی زارع مایوان و همکاران (۱۳۷۸)

دستی با قلم و کاغذ یا با ماشین حساب یا خیلی آسان‌تر با کمک ابزارهای نرم‌افزاری مبتنی بر وب قابل استفاده‌اند) به‌کار برد [۱۲].

کاربر متغیرهای نشت، متغیرهای موقعیت نشت و گزینه‌های پاسخ به نشت نفت را وارد می‌کند، OSRCEAT هزینه‌ی پاسخ، هزینه‌ی پیامدهای محیط زیستی (منابع طبیعی) و اقتصادی اجتماعی نفت نشت یافته و پیامدها و اثرات پاسخ را محاسبه می‌کند. خسارات نفت بدون پاسخ در مقابل خسارات نفت با پاسخ (بهبود ناشی از پاسخ) قرار می‌گیرد و با هم مقایسه می‌شود. برای به‌دست آوردن منافع پاسخ، خسارت‌های ناشی از خود پاسخ از اختلاف خسارت‌های نفت با و بدون پاسخ کم می‌گردد. در نهایت می‌توان هزینه‌ها و منافع پاسخ را با هم مقایسه کرد. کاربر امکان مقایسه‌ی گزینه‌های مختلف پاسخ را دارد تا منافع بالقوه‌ی پاسخ‌ها را سنجیده، آنها را به حداکثر برساند. بنابراین کاربرد اصلی این ابزار، مقایسه و سنجیدن هزینه‌ها و منافع نسبی گزینه‌های مختلف پاسخ است. در واقع تصمیم‌گیری حین عملیات پاسخ به نشت نفت یا برنامه‌ریزی احتمالی برای آن نیازمند برقراری تعادل بین ضرورت حذف هر چه بیشتر نفت از محیط زیست و تمایل به حداقل‌سازی اثر عملیات پاسخ بر محیط زیستی است که قصد حفاظت آنرا داریم. همچنین اغلب منابع مالی محدود هستند که باید هم برای حذف نفت و هم بازگرداندن و احیاء نهایی محیط زیست متأثر از نفت و متأثر از عملیات پاسخ صرف شوند [۱۲].

اعداد و فرمول‌های استفاده شده برای برآورد هزینه‌ها، اثرات، اثربخشی و منافع در ابزار OSRCEAT بر اساس بهترین داده‌های موجود از مطالعات موردی نشت واقعی نفت، مطالعات میدانی، تست‌های آزمایشگاهی، مشاهدات پاسخ‌دهندگان و پژوهشگران نشت نفت و نیز مدل‌سازی نشت فرضی نفت هستند. بنابراین تقریب‌ها، برآوردها و میانگین‌گیری هزینه‌ها و اثرات در بطن الگوریتم‌های این ابزار تحلیلی اجتناب‌ناپذیر است.

در این ابزار تحلیل کاربر انتخاب می‌کند که می‌خواهد هزینه‌ی پاسخ روی آب را محاسبه کند یا روی نوار ساحلی. هزینه‌ها با هم جمع می‌شوند تا کل هزینه‌ی پاسخ به‌دست آید. همچنین کاربر تعیین می‌کند که می‌خواهد خسارت وارده به منابع طبیعی را محاسبه کند یا خسارت‌های اقتصادی اجتماعی را.

مدل اتکین	
ضریب تصحیح (F _{hws})	محیط
۰/۴	شهری/صنعتی
۱/۷	جاده/حومه‌ی شهر
۱/۵	رودخانه / جویبار
۴	تالاب
۲/۲	زمین کشاورزی
۰/۵	علفزار خشک
۳/۸	دریاچه / برکه
۱/۲	دهانه‌ی رود
۲/۹	جنگل
۳	تایگا
۲/۵	توندر
۳/۲	دیگر محیط‌های حساس

نفت خطوط لوله‌ی پالایشگاه دانگز^{۲۵} فرانسه را با استفاده از مدل پیشنهادی اتکین برآورد کردند [۲۴]. بر اساس نتایج حاصل، هزینه‌ی وارده به محیط زیست حدود ۸ میلیون دلار محاسبه شده که در مقابل ۳۰۰ هزار دلار قیمت نفت نشست یافته رقم قابل توجهی است.

نتیجه‌گیری

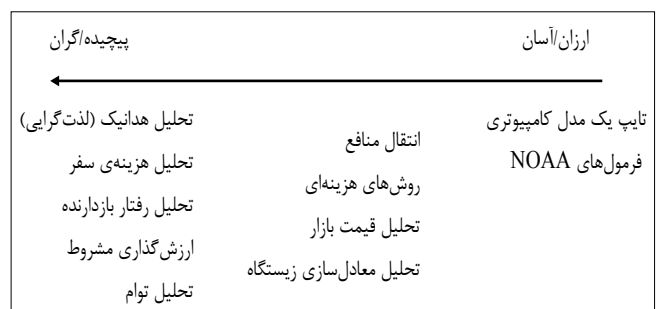
بدیهی است روش‌های ارزش‌گذاری، پیچیدگی‌های مختلفی دارند. برخی روش‌ها ساده و ارزان‌تر هستند و نیازی به داده‌های اختصاصی زیادی ندارند. این روش‌ها از فرمول‌های استاندارد یا برنامه‌های کامپیوتری و داده‌های جمع‌آوری‌شده‌ی اندک استفاده می‌کنند. طبیعتاً این روش‌ها به دلیل سادگی، هزینه‌ی اندک و سرعت استفاده، دقیق نیستند. روش‌های پیشنهادی توسط اقتصاددانان برآوردهای دقیق‌تری به دست می‌دهند. این روش‌ها بدون داده‌های زیاد و تحلیل‌گرهای متخصص قابلیت استفاده و کاربرد ندارند. به‌همین دلیل گران‌تر و زمان‌برتر هستند (شکل-۳).

اشاره کرد [۲۲]. در این مطالعه با استفاده از روش انتقال منافع (BT) و به‌کارگیری متوسط ارزش پیشنهادی از سوی کاستانزا و همکاران (۱۹۹۷)، خسارات وارده به اکوسیستم حرا در سواحل هرمزگان و بوشهر از آلودگی ناشی از جنگ خلیج فارس در سال ۱۹۹۱ تعیین شد. در این راستا ارزش سالانه‌ی کارکردهای تصفیه‌ی آب، مواد خام، تعدیل طوفان‌های دریایی، تولید غذا و ارزش وجودی زیستگاهی و پناهگاهی به‌ترتیب ۶۶۹۶، ۶۵۸، ۱۸۳۹۸۰/۷، ۴۶۶، ۱۶۹ دلار در هر هکتار برآورد گردید. مقدار کل خسارت در این تحقیق ۱۰۳/۸ میلیون دلار برآورد شده است.

همچنین رحمتیان در ۲۰۰۲ با هدف برآورد آثار ناشی از آلودگی هوا بر سلامتی انسان‌ها در استان‌های جنوبی کشور (بوشهر، اصفهان، فارس، هرمزگان، کرمان، خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد و یزد) در نتیجه‌ی خسارت‌های وارده به محیط‌زیست خلیج فارس که پس از جنگ این حوزه در ۱۹۹۱ رخ داده، انجام شده است [۲۳]. در این مطالعه برای ارزش‌گذاری کاهش مقدار بیماری از روش ارزش‌گذاری مشروط (CVM) استفاده شده است. ارزش کل ماهانه‌ی کاهش مقدار بیماری ۷۳،۷۵۰،۰۰۰ دلار (۱ دلار = ۸۰۰۰ ریال) برآورد گردید. با توجه به اینکه آلودگی هوا در منطقه تا هنگامی که دولت کویت آتش را خاموش کرد تقریباً ۱۰ ماه به‌طول انجامید در این مطالعه به‌طور میانگین ۵ ماه برای محاسبه‌ی ارزش کل صدمه به سلامتی انسان‌ها آلودگی هوای ناشی از سوزاندن چاه‌های نفت در نظر گرفته شده و بر این اساس ارزش کل ماهانه ۳۶۸،۷۵۰،۰۰۰ دلار (معادل ۲۹۵۰ میلیارد ریال) برآورد شده است.

واحدی و صراف‌زاده در ۱۳۹۲ هزینه‌های محیط‌زیستی ناشی

خلاصه‌ای از مطالعات پیشین در خصوص برآورد هزینه‌های محیط زیستی ناشی از نشت نفت			
کشور	منبع	روش مورد استفاده	ارزش برآوردی
ایالات متحده‌ی آمریکا	[۱۴]	CV	تمایل به پرداخت (WTP) سالانه‌ی هر خانوار برای ممانعت از حادثه‌ای مشابه اکسون والکز: ۴۸ دلار
بلژیک	[۱۵]	CV	تمایل به پرداخت (WTP) سالانه‌ی هر خانوار برای ممانعت از سناریوهای فرضی نشت نفت: ۵۹-۱۲ یورو
فنلاند	[۱۶]	CV	تمایل به پرداخت (WTP) سالانه‌ی هر خانوار برای ایجاد ظرفیت پاسخ به نشت نفت در خلیج فنلاند: ۷۳/۵۷ یورو
برزیل	[۱۷]	CE	تمایل به پذیرش (WTA) سالانه‌ی هر خانوار برای اجتناب از خطر نشت نفت از طریق: ■ کاهش شانس نشت نفت: ۴۷۲ دلار ■ کاهش اندازه‌ی نشت نفت: ۲۱۴ دلار ■ جبران مشکلات سلامتی ناشی از نشت نفت: ۲۶۰ دلار ■ جبران مشکلات آموزشی ایجاد شده در نتیجه‌ی نشت نفت: ۱۲۹ دلار
آلمان	[۱۸]	CE	تمایل به پرداخت (WTP) سالانه‌ی هر خانوار برای ممانعت از آلودگی منابع ساحلی به نفت در دریای Wadden: ۲۹/۱ دلار
اسپانیا	[۱۹]	CV	تمایل به پرداخت (WTP) سالانه‌ی هر خانوار برای اجتناب از نشت نفت در آینده: ۴۰/۵۱ یورو
کره‌ی جنوبی	[۲۰]	CV	تمایل به پرداخت (WTP) سالانه‌ی هر خانوار برای به نصف رساندن حوادث نشت نفت در آینده: ۵/۲۸ دلار



شکل ۳ | طیف روش‌های ارزیابی خسارت وارده به منابع طبیعی در اثر نشت نفت [۱۰۹۲۵]

پانویس‌ها

1. Total Economic Value
2. Use values
3. Non- use values
4. Direct use values
5. Indirect use values
6. Consumptive use values
7. Option value
8. Bequest values
9. Existence values
10. Habitat Equivalency Analysis
11. National Oceanic and Atmospheric Administration
12. Surrogate markets
13. Revealed preferences method
14. Simulated markets
15. Stated Preferences
16. Benefit transfer
17. Natural resources Damage Assessment
18. Resource Equivalency Assessment
19. Etkin damage cost model (known as the EPA Basic Oil Spill5Cost Estimation Model (BOSCEM)
20. CPI Inflation Calculator <https://cpiinflationcalculator.com/>
21. Oil Spill Response Cost-Effectiveness Analytical Tool
22. Exxon Valdez
23. Erika
24. Prestige
25. Donges

منابع

- [1] Troisi, G., Barton, S., & Bexton, S., Impacts of oil spills on seabirds: Unsustainable impacts of non-renewable energy. *International journal of hydrogen energy*, 2016., 41(37), 1654916555-.
- [2] Buskey, E. J., White, H. K., & Esbaugh, A. J., Impact of oil spills on marine life in the Gulf of Mexico: effects on plankton, nekton, and deep-sea benthos. *Oceanography*, 2016. 29(3), 174181-.
- [۳] دیکسون، جان، اسکورا، لوئیس فالون، شرمین، کارینتر، ریچارد. تحلیل اقتصادی پیامدهای محیط زیست، ترجمه‌ی علیرضا صالح و فرزاد پوراصغر سنگاچین، ۱۳۸۴، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، تهران، ایران، ۲۲۴ ص
- [4] Polasub, W., Natural Resource Damage Assessment in Practice: Experience of the United States. *Applied Economics Journal*, 2006. 13(1), 7382-.
- [5] Hein, L., Van Koppen, K., De Groot, R. S., & Van Ierland, E. C., Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecological economics*, 2006. 57(2), 209228-.
- [6] Mashayekhi, Z., Danehkar, A., Sharzehi, G.A. and Majed, V., 2014. Choice modelling, a superior approach for economic valuation of environmental goods and services. In *Proceedings 8th National Conference on World environment day, 24th-26th June, Tehran, Iran*. p.237. (In Persian with English abstract).
- [7] Liu, X., & Wirtz, K. W., Total oil spill costs and compensations. *Maritime Policy & Management*, 2006., 33(1), 4960-.
- [8] Navrud, S., & Ready, R. (2007). Lessons learned for environmental value transfer. In *Environmental value transfer: Issues and methods* (pp. 283290-). Springer, Dordrecht.
- [9] Viehman, S., Thur, S. M., & Piniak, G. A., Coral reef metrics and habitat equivalency analysis. *Ocean & Coastal Management*, 2009. 52(3188-181), (4-).
- [10] Dunford, R. W., Ginn, T. C., & Desvousges, W. H., The use of habitat equivalency analysis in natural resource damage assessments. *Ecological economics*, 2004. 48(1), 4970-.
- [11] Etkin, Dagmar Schmidt. "Modeling oil spill response and damage costs." *Proceedings of the Fifth Biennial Freshwater Spills Symposium*. Vol. 15. 2004.
- [12] Etkin, D. S. Welsh, J., (2005). Development of the oil spill response cost- effectiveness analytical tool. *Artic & Marine Oilspill Program Technical Seminar Environmental Research Consulting Cortland, New York, USA*.
- [13] Ando, A W. and M. Khanna. 2002. "Survey of Natural Resource Damage Assessment Tools Used by State Trustees." in A. W. Ando, M. Khanna, A. Wildermuth, and S. Vig. *Natural Resource Damage Assessment: Methods and Cases*. Report to the Illinois Department of Natural Resources, Waste Management and Research Center.
- [14] Carson, R. T., Mitchell, R. C., Hanemann, M., Kopp, R. J., Presser, S., & Ruud, P. A., Contingent valuation and lost passive use: damages from the Exxon Valdez oil spill. *Environmental and resource economics*, 2003. 25(3), 257286-.
- [15] Van Biervliet, K.; Le Roy, D.; Nunes, P.A. An Accidental Oil Spill along the Belgian Coast: Results from a CV Study; FEEM Working Paper 41; Fondazione Eni Enrico Mattei: Milano, Italy, 2006.
- [16] Ahtiainen, H. The Willingness to Pay for Reducing the Harm from Future Oil Spills in the Gulf of Finland—an Application of the Contingent Valuation Method. *Discussion Papers*. 2007. Available online: <http://hdl.handle.net/19751479/> (accessed on 20 September 2017).
- [17] Casey, J.F.; Kahn, J.R.; Rivas, A.A.F. Willingness to accept compensation for the environmental risks of oil transport on the Amazon: A choice modeling experiment. *Ecol. Econ*. 2008, 67, 552–559.
- [18] Liu, X.; Wirtz, K.W.; Kannen, A.; Kraft, D. Willingness to pay among households to prevent coastal resources from polluting by oil spills: A pilot survey. *Mar. Pollut. Bull.* 2009, 58, 1514–1521.
- [19] Loureiro, M. L., Loomis, J. B., & Vázquez, M. X.. Economic valuation of environmental damages due to the Prestige oil spill in Spain. *Environmental and Resource Economics*, 2009. 44(4), 537-553.
- [20] Lee, H. J., Kim, H. J., & Yoo, S. H... The Public Value of Reducing the Incidence of Oil Spill Accidents in Korean Rivers. *Sustainability*, 2018.10(4), 1172.
- [21] Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'neill, R.V., Paruelo, J. and Raskin, R.G., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *nature*, 387: 253360-.
- [۲۲] زارع مایوان، ح، سواری، الف، و خسرو ثاقب طالبی. ارزش‌گذاری صدمات وارده به اکوسیستم‌های حرا آسیب‌دیده از آلودگی ناشی از جنگ خلیج فارس در سال ۱۹۹۱، پژوهش و سازندگی، ۴۳، ۱۳۷۸، ۸۸-۹۰.
- [23] Rahmatian, M. (2002). *Valuing Reduced Morbidity: A Case Study of the Persian Gulf Environmental Damages*. Department of Economics. California State University, Fullerton. Fullerton. http://www.iwlearn.net/publications/misc/caspianev_gulfdamage.pdf.
- [۲۴] واحدی، ش. و صراف‌زاده، م. ح، برآورد خسارت زیست‌محیطی نشت نفت ناشی از خوردگی خط لوله انتقال نفت کوره در پالایشگاه دانگز فرانسه. چهاردهمین کنگره ملی خوردگی، ۱۳۹۲. پردیس دانشکده‌های فنی- دانشگاه تهران
- [25] Ledoux, L., & Turner, R. K. Valuing ocean and coastal resources: a review of practical examples and issues for further action. *Ocean & Coastal Management*, 200245(9616-583),(10-).