



# حوزه معاونت محیط زیست دریایی

دفتر بررسی های آلودگی دریا

تدوین دستورالعمل:

## بر آورد خسارات آلودگی محیط زیست دریایی ناشی از انتشار مواد نفتی و دیگر مواد زیان آور

(جلد دوم: پیش نویس دستورالعمل)

این طرح با تصویب و حمایت مالی حوزه معاونت محیط زیست دریایی  
سازمان حفاظت محیط زیست اجرا گردیده است

سال ۱۳۹۶



# حوزه معاونت محیط زیست دریایی

دفتر بررسی های آلودگی دریا

تدوین دستورالعمل

## بر آورد خسارات آلودگی محیط زیست دریایی ناشی

### از انتشار مواد نفتی

(جلد دوم: پیش نویس دستورالعمل)

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد علوم و تحقیقات تهران

مجری: دکتر مصطفی پناهی

همکار طرح: دکتر شهزاد ثابتی

سال ۱۳۹۶

صلى الله عليه وسلم

## شناسنامه پروژه

### عنوان پروژه:

تدوین دستورالعمل برآورد خسارات آلودگی محیط زیست دریایی ناشی از  
انتشار مواد نفتی

### کارفرما:

سازمان حفاظت محیط زیست  
حوزه معاونت محیط زیست دریایی

### مجری:

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران،  
معاونت پژوهش و فناوری

### نگارنده: دکتر مصطفی پناهی

### همکاران: دکتر شهزاد ثابتی

## فهرست مطالب

مقدمه ..... ۱

فصل سوم: پیش‌نویس دستورالعمل برآورد خسارات اقتصادی ناشی از آلودگی محیط‌زیست

دریایی ..... ۴

۳-۱- اهداف ..... ۴

۳-۲- قلمروی دستورالعمل برآورد خسارات ..... ۵

۳-۲-۱- اختلاف در ویژگی‌های محیطی ..... ۶

۳-۲-۲- عوامل هزینه‌ای پاکسازی لکه‌های نفتی در مناطق دریایی ..... ۷

۳-۲-۳- دسته‌بندی اقلام هزینه‌ای عملیات پاکسازی آلودگی‌های نفتی ..... ۱۸

۳-۳- پیش‌نویس دستورالعمل‌های پیشنهادی ..... ۲۶

۳-۳-۱- برآورد هزینه‌های پاکسازی با استفاده از ضرایب تصحیح ..... ۲۷

۳-۳-۲- برآورد هزینه‌ها با استفاده از «مدل تخمین هزینه لکه‌های نفتی» ..... ۳۰

۳-۳-۳- برآورد هزینه‌ها با استفاده از مدل ابزار تحلیلی اثربخشی واکنش با لکه‌های نفتی ..... ۴۱

۳-۳-۳-۱- محدودیت‌های استفاده از مدل ..... ۴۳

۳-۳-۳-۲- داده‌های ورودی موردنیاز ..... ۴۴

۳-۳-۳-۳- گام‌های محاسباتی هزینه‌ها ..... ۶۶

۳-۳-۳-۴- خروجی نهائی مدل ..... ۸۰

۳-۳-۳-۵- الگوریتم‌های محاسباتی ..... ۸۱

۳-۳-۴- تلفیق ارزش‌های مربوط به خدمات اکوسیستمی با ارزیابی پیامدهای نشت نفت ..... ۱۴۲

۳-۴- شناسایی دستگاه‌های ذی‌مدخل و بررسی حقوق و تکالیف قانونی آنها ..... ۱۵۴

۳-۵- فازبندی اقدامات منجر به برآورد خسارات محیط‌زیستی ..... ۱۵۵

۳-۵-۱- فاز (۱) پیش ارزیابی آلودگی‌های ناشی از لکه نفتی ..... ۱۵۵

۳-۵-۲- فاز (۲): ارزیابی مالی و اقتصادی برنامه‌های واکنش و/یا پاکسازی ..... ۱۵۶

۳-۵-۳- فاز (۳) تدوین برنامه‌های احیا و اصلاح اکوسیستم‌های آسیب‌دیده ..... ۱۵۶

۳-۵-۴- فاز (۴) پیش بینی هزینه‌های اجرای برنامه‌های پایش و احیایی ..... ۱۶۰

فصل چهارم: سازوکارهای پیشنهادی جبران خسارت ..... ۱۶۱

فهرست منابع پایانی ..... ۱۶۸

## مقدمه

پربی‌راه نیست اگر ادعا شود، درآمدهای حاصل از صادرات نفت ایران در تاریخچه یک قرن اخیر اقتصاد ملی، دارای جایگاه بی‌بدیلی بوده و پیشران موتور توسعه در کشور بوده است. این درحالی است که برخورداری از مرزهای طولانی دریایی در شمال و جنوب کشور این امکان را به وجود آورده است که اتکا به شیوه حمل و نقل دریایی در جابجائی محموله‌های تجاری و از جمله نفت و ترکیبات نفتی با هزینه‌ای کم و ایمن‌تر بیشتر شود. این درحالی است که با افزایش مبادلات بین‌المللی در منطقه خلیج فارس، افزایش شمار شناورهای دریایی و گسترش رفت و آمدهای دریایی، مسائل و مشکلات در زمینه‌های مختلف (سوانح دریایی، آلودگی‌های محیط‌زیستی، ورود ترکیبات شیمیایی خطرناک به آب دریا و ...) را بیشتر کرده است. ازاین‌رو توجه به حفظ محیط‌زیست دریایی و تقویت سازوکارهای حقوقی موردنیاز برای پیشگیری از بروز خسارات و تأدیه حقوق خسارت دیدگان در اثر آلودگی‌های محیط‌زیستی در دهه‌های اخیر با رشد و توسعه زیادی مواجه بوده است. براین اساس، نیاز به تدوین چارچوب و دستورالعملی مناسب و عملی برای برآورد خسارات وارده به محیط‌زیست دریایی مرتبط با مواد نفتی در سال‌های اخیر آشکارتر شده و معاونت محیط‌زیست دریایی سازمان حفاظت محیط‌زیست را برآن داشت تا دراین زمینه اقدام نماید.

پس از ارائه کلیاتی درمورد مبانی نظری موضوع، در جلد نخست، سعی گردیده تا دراین جلد از گزارش، پیش نویسی از دستورالعمل پیشنهادی دراختیار قرار گیرد. ولی به نظر می‌رسد که توجه به چند نکته کلیدی دراین زمینه تصویر بهتری را از خاستگاه و جهت‌گیری دستورالعمل تدوین شده دراختیار خواهد گذارد. این موارد عبارتند از:

- ترتیبات نهادین موجود در کشور از نظر تصویب قوانین و مقررات سخت‌گیرانه‌تر برای جلوگیری از پیامدهای ناگوار حوادث دریایی و ساحلی به پیروی از دگرگونی‌های

بین‌المللی در این زمینه، رو به تقویت بوده‌اند. لیکن توسعه ظرفیت‌های سازمانی و اجرایی متناسب با چنین واقعیتی نبوده است. از این‌رو، علی‌رغم تجربیات غنی بسیاری از کشورها در این خصوص، هنوز تلاش و یا حرکتی مهم در ایران به ثبت نرسیده است.

- فقدان اطلاعات پایه موردنیاز برای برآورد خسارات محیط‌زیستی ناشی از سوانح دریایی منجر به نشت و ریزش نفت در مناطق دریایی و ساحلی، مانع مهمی برای ورود به این عرصه در کشور به حساب می‌آید. از این‌رو، تدوین دستورالعملی مختص برای کشور و ایجاد ساختار فنی و مدیریتی موردنیاز برای آن، با توجه به فقر اطلاعاتی موجود فعلاً ناشدنی به نظر می‌رسد. تدوین این پیش‌نویس را باید آغازی برای شکل‌گیری فرآیندی رو به تعالی در این زمینه، تلقی نمود. باید اذعان نمود که ورود به این عرصه نیازمند داده‌های زمینی فراوان از نظر موجودی (Stock) منابع دریایی و ساحلی و جریان (Flow) خدمات آنها از نظر زیستی، اطلاعات هزینه‌ای مربوط به حوادث دریایی پیشین در کشور، ساختار مدیریتی و اجرایی، ابزار و تجهیزات موردنیاز و غیره، است و هنوز تا دستیابی به چنین امکانات و اطلاعاتی با توجه به واقعیات موجود، راه درازی درپیش روی است.

- محدودیت‌های فوق‌الاشاره گویای این واقعیت هستند که دستورالعمل حاضر برآمده از چند تجربه مهم بین‌المللی بوده و اطلاق آن برای برخی ویژگی‌های اکولوژیک و تنوع موقعیت‌های جغرافیایی در کشورمان ممکن است با کاستی‌هایی همراه باشد. بنابراین، این دستورالعمل شاید قادر به تأمین نیازمندی‌های اطلاعاتی مربوط به یک اکوسیستم دریایی و ساحلی موردنظر در رابطه با مقادیر کمی، ضرایب اصلاحی و یا مرزبندی قلمروی دریایی شمال و جنوب کشور نباشد. زیرا پاسخ‌گویی به چنین پرسش‌هایی



مستلزم انجام مطالعات ویژه بوده و استناد به نتایج گردآوری و پردازش اطلاعات جهانی موجود در این خصوص، کارگشا نخواهد بود.

- در فرآیند تدوین این دستورالعمل و برگزاری نشست‌های کارشناسی، توصیه و تأکید کارفرمای محترم تمرکز به موضوع آلودگی‌های نفتی بوده است. چرا که کمبودهای اطلاعاتی درباره سایر مواد زیان آور جدی‌تر بوده و بسته به مورد ممکن است، از اقتضائات و اصول خاصی پیروی کند که خارج از دستورکار و چارچوب این بررسی هستند.

- در این دستورالعمل بسته به سطح اطلاعات موجود، چهار شیوه مختلف برای برآورد خسارات (از ساده تا پیچیده) پیشنهاد شده است. بدیهی است که استفاده از روش‌های پیچیده‌تر مستلزم ایجاد زیرساخت‌های لازم از نظر بانک اطلاعات محیطی و پایگاه داده‌ای حوادث دریایی و نیز نرم افزارهای مناسب و تخصصی، است.

- شیوه‌های برآورد خسارات معرفی شده در این گزارش، مبتنی بر داده‌های میدانی گردآوری شده از حوادث مختلف در گوشه و کنار دنیا بوده و از منطق محاسباتی خاصی پیروی می‌کنند. طبیعی است که پیشنهاددهندگان چنین شیوه‌هایی جزئیات محاسباتی خود را منتشر نکرده و در انحصار خود داشته باشند. با این همه، تاکنون از این روش‌ها در کشورهای مختلفی استفاده شده و براساس آنها هم مقالاتی در ژورنال‌های بین‌المللی به چاپ رسیده و هم نرم‌افزارهایی طراحی شده‌اند.

## فصل سوم: پیش‌نویس دستورالعمل برآورد خسارات اقتصادی

### ناشی از آلودگی محیط‌زیست دریایی

#### ۱-۱-۳ اهداف

مهم‌ترین اهداف مربوط به تدوین دستورالعمل حاضر را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

- شناسایی و پیشنهاد شیوه‌ای دقیق و جامع از نظر علمی، قابل اعتماد از نظر مدیریتی و ساده و سریع از نظر اجرائی، درخصوص ارزیابی اقتصادی خسارات آلودگی‌های ناشی از حوادث نشت نفت در مناطق دریایی و ساحلی کشور؛
- تشریح جزئیات مربوط به اجرای شیوه‌های منتخب در ارزیابی خسارات در شرایط کاستی‌های اطلاعاتی موجود درباره ارزش اقتصادی سرمایه‌های طبیعی وابسته به اکوسیستم‌های دریایی و ساحلی کشور
- کمک به طراحی سازوکارهای فنی و مدیریتی موردنیاز برای جبران خسارات وارده از سوی نهادهای حقیقی و یا حقوقی مسئول درزمینه بروز حوادث نشت نفت در مناطق دریایی و ساحلی واقع در قلمروی دولت جمهوری اسلامی ایران
- فراهم سازی بسترهای اطلاعاتی موردنیاز برای تدقیق روش‌های جاری در برآورد ابعاد خسارات محیط‌زیستی ناشی از حوادث منجر به آلودگی‌های نفتی در محیط‌زیست دریایی و ساحلی کشور
- شفاف‌سازی منابع مالی قابل تأدیه از واردکنندگان خسارت به محیط‌زیست دریایی برای اجرای برنامه‌های بلندمدت احیای منابع و عرصه‌های تخریب‌یافته

## ۳-۲- قلمروی دستورالعمل بر آورد خسارات

آلودگی‌های نفتی و راه یافتن ترکیبات نفتی به دریاها ممکن است از دلایل مختلفی ناشی شوند و برخلاف باور همگانی، حوادث مرتبط با تانکرهای نفتی، تنها منبع آلودگی نفتی دریاها به شمار نمی‌آیند. تلاش‌های انجام شده برای برآورد کل هیدروکربن‌های نفتی وارده به محیط‌های دریایی، تاکنون ثمری نداشته‌اند. براساس برخی تخمین‌های به عمل آمده در رابطه با مقادیر آلودگی‌های نفتی در جهان، از ارقامی بین ۱/۷ تا ۸/۸ میلیون تن در سال سخن به میان آمده است (طاعتی زاده، ۱۳۸۸). این درحالی است که تنها در منطقه خلیج فارس و دریای عمان، مقدار نشت نفت به بیش از ۸۰۰۰ تن در سال بالغ می‌شود. با این همه، برای پیش بینی هزینه‌های کنونی و آتی واکنش در برابر نشت نفت یافته به بیرون که در قالب هزینه‌های پاکسازی شناخته می‌شوند، هنوز بررسی رویدادهای پیشین و تحلیل داده‌های تاریخی مربوط به هزینه‌های آنها، مهم‌ترین رویکرد در دستورالعمل‌های مربوط به ارزیابی خسارات لکه‌های نفتی به شمار می‌آیند. بدیهی است که در این رابطه، عوامل مهمی مثل نوع نفت، نزدیکی به خطوط ساحلی، موقعیت مکانی، روش‌شناسی پاکسازی و واکنش، اندازه لکه نفتی و غیره، در شکل‌گیری هزینه‌های حاصله از جهات واکنش و خسارات وارده، تعیین کننده هستند.

بخش نخست این دستورالعمل، اطلاعاتی را درباره جنبه‌های مختلف مرتبط با آلودگی‌های نفتی در اختیار می‌گذارد. به‌طوری که در فصل آغازین، کلیاتی درمورد جنبه‌های مختلف مربوط به حوادث نفتی و ضرورت‌های مقابله با آنها، ارائه شده و موضوعاتی نظیر رویدادهای پیشین حوادث نفتی در گوشه و کنار دنیا و در ایران، الزامات قانونی و مقرراتی در سطوح بین‌المللی و ایران، اهداف و چشم‌اندازهای مربوط به ارزیابی خسارات ناشی از رخدادهای نفتی در مناطق دریایی و ساحلی و چارچوب مفهومی مربوط به شماری از مفاهیم محیط‌زیستی و اقتصادی مرتبط با موضوع (روش‌های پاکسازی، رویکردها و فنون ارزش‌گذاری اقتصادی منابع

محیط‌زیستی، هزینه‌های مرتبط با خسارات محیط‌زیستی، سطح مطلوب آلودگی و به پیروی از آن، تعیین سطح مناسب پاکسازی نفت و ...) مورد بحث قرار گرفته‌اند.

در فصل دوم با عنوان «مبانی نظری خسارات محیط‌زیستی ناشی از آلودگی‌های نفتی» سه چارچوب مهم در رابطه با ارزیابی پیامدهای محیط‌زیستی ناشی از آلودگی‌های نفتی، ارزیابی اقتصادی پیامدهای محیط‌زیستی ناشی از آلودگی‌های نفتی دریا و نیز، مقررات ناظر بر مسئولیت‌پذیری و جبران پیامدهای محیط‌زیستی آلودگی‌های نفتی در مناطق دریایی مورد بحث قرار گرفته‌اند. همچنین، به مهم‌ترین راهبردهای واکنش در برابر خسارات محیط‌زیستی مرتبط با آلودگی‌های نفتی در مناطق دریایی و ساحلی و نیز مدل‌های تحلیلی ارزیابی اقتصادی خسارات محیط‌زیستی آلودگی‌های نفتی با کمک روش‌های مبتنی بر هزینه، اشاراتی به عمل آمده‌است.

بخش دوم، شرح کاملی درباره چهار رویکرد متفاوت درباره متفاوت را در قالب دستورالعمل موردنظر این نوشتار در اختیار می‌گذارد.

### ۳-۲-۱- اختلاف در ویژگی‌های محیطی

تنوع در ویژگی‌های محیطی از نظر پیامدهای نشت نفت از جهات اقتصادی و محیط‌زیستی، موجب می‌شود که تدوین دستورالعملی یکسان برای همه ویژگی‌ها در محیط‌های مختلف، امری ناممکن و یا دست کم، پیچیده به نظر برسد. خصوصیات مناطق مختلف از نظر منابع اقتصادی، اجتماعی، منابع طبیعی و محیط‌زیستی از یک سو و تفاوت‌ها در ویژگی‌های اقتصادی و فرهنگی ملل و مناطق مختلف جغرافیایی، عامل اصلی این پیچیدگی به‌شمار می‌آید. با این‌همه، در کشورهای مختلف دنیا، تاکنون دستورالعمل‌های متعددی تدوین شده و از آنها در مواقع بروز حوادث منجر به ایجاد آلودگی‌های نفتی، استفاده می‌شوند. در این زمینه می‌توان به

مواردی مانند «دستورالعمل برآورد خسارت برنامه نشت نفت EPA<sup>۱</sup>»، «دستورالعمل ادعای خسارت صندوق بین المللی جبران خسارت آلودگی‌های نفتی»، «راهنمای منطقه‌ای، ارزیابی خسارت آلودگی نفتی» و «دستورالعمل ادعای خسارت مرکز میمک» اشاره کرد.

این درحالی است که در ایران تاکنون دستورالعملی برای برآورد خسارات ناشی از سوانح نفتی به‌عنوان یک دستورالعمل استاندارد و فراگیر تدوین نشده‌است. ولی تدوین دستورالعملی جامع برای ایران به دو دلیل مهم زیر، لاقلاً در کوتاه مدت، نامقدور به‌نظر می‌رسد: اولاً وجود شرایط ناهمسان از نظر محیط‌زیست دریایی در شمال (دریای خزر) و جنوب (خلیج فارس و دریای عمان) و ثانیاً، فقدان اطلاعات پایه درخصوص بسیاری از ویژگی‌های محیط‌زیستی و ارزش اقتصادی آنها. چنین کاستی بزرگی، علی‌رغم رخدادهای آلودگی نفت در گذشته که با توسعه فعالیت‌های حفاری و استخراج نفت و نیز حمل و نقل تولیدات نفتی، روند احتمالی افزایش آنها دوران انتظار نخواهد بود، مورد غفلت واقع بوده‌است. در پاسخ به چنین نیازی دراین نوشتار، سعی گردیده است که پس از جستجوی منابع موجود و مرور شیوه‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های گوناگون دراین زمینه، به معرفی سه دستورالعمل با سه رویکرد متفاوت، پرداخته شود تا بتوان در کوتاه‌مدت، نیازمندی‌های دستگاه‌های مدیریتی مربوطه را پاسخ داده و از فرصت ایجادشده، برای تمرکز فعالیت‌ها بر تولید اطلاعات ورودی موردنیاز و متناسب برای کشور، استفاده کرد.

### ۳-۲-۲- عوامل هزینه‌ای پاکسازی لکه‌های نفتی در مناطق دریایی

مقدار خسارت اقتصادی ناشی از حوادث منجر به نشت نفت در محیط‌های دریایی و ساحلی، علاوه بر عوامل انسانی (تهدید سلامت)، اقتصادی (تغییر فعالیت‌ها و عملکرد تولیدی) و محیطی (تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی غیربازاری)، تابع هزینه‌های پاکسازی است. هزینه‌های پاکسازی نیز تابعی از عوامل زیر است:

- مقدار و نوع نفت راه یافته به دریا،
- موقعیت مکانی و زمانی نشت نفت
- حساسیت مناطق تحت تأثیر
- محدودیت های جاری در رابطه با مسئولیت پذیری
- قوانین محلی و ملی
- فنون به کار گرفته شده برای پاکسازی
- شرایط آب و هوایی در طی عملیات پاکسازی، و
- تصمیم سازی انسانی

علاوه بر موارد فوق می توان به حجم نفت نشت یافته و طول سواحل آلوده به نفت نیز اشاره کرد. ارقامی که در پی برای هریک از عوامل ارائه شده اند، صرفاً داده های گردآوری شده در بررسی های پیشین بوده و به هنگام سازی آنها براساس شاخص های مناسب (مانند شاخص هزینه مصرف کننده) برای مطالعات جدید، ضروری خواهد بود. البته باید توجه داشت که موضوعات مربوط به هزینه های پاکسازی نشت نفت، اعم از مقادیر کم یا زیاد، طی دهه های اخیر هم پیچیده تر و هم گران قیمت تر شده است. تقاضای همگانی برای مسئولیت پذیری در قبل مشکلات و مسائل محیط زیستی از یک سو و افزایش دعاوی حقوقی در بسیاری از کشورها، باعث شده است که از دهه ۹۰ میلادی به این سو، هزینه های پاکسازی، تقریباً چهار برابر شوند. هزینه های پاکسازی لکه های نفتی کوچک حتی ممکن است برای مسببین آنها، گران تر تمام شوند. چرا که حساسیت افکار عمومی و توجه قوانین ملی به پذیرش مسئولیت عملیات پاکسازی در این سال ها افزایش زیادی پیدا کرده است.

**پیامد هزینه‌ای نوع نفت:** نوع نفت نشت‌یافته، عامل مهمی در تعیین هزینه‌های پاکسازی است. غیر از مقدار نفت نشت‌یافته، یاد و شرایط محیطی، نوع نفت نیز با پیامدهای محیط‌زیستی مستقیم حادثه نشت نفت در ارتباط است. به‌طوری‌که اختلاف معنی‌داری بین نشت نفت از نوع سوخت دیزل شماره (۲) و نشت نفت از نوع نفت خام سنگین، از نظر پیامد و سناریوی پاکسازی وجود دارد. به‌بیان دیگر، هزینه‌های پاکسازی تا حدود زیادی بستگی به نوع نفت یا فرآورده‌های نفتی راه‌یافته به محیط‌های دریایی دارند. هراندازه نفت از پایداری و ویسکوزیته بیشتری برخوردار باشد، آلودگی نفت ممکن است انتشار گسترده‌تری داشته باشد و پاکسازی آن هم دشوارتر خواهد بود. ترکیب و خصوصیات فیزیکی نفت بر درجه تبخیر و انتشار طبیعی آن اثرگذار بوده و ازاین نظر بر سهولت و یا دشواری پاکسازی تأثیر خواهد داشت. نفت‌های سبک‌تر و پالایش‌یافته، در گستره بزرگتری پراکنش می‌یابند تا نفت‌های سنگین‌تر، مگر آنکه امولسیون‌های آب در نفت تشکیل شوند.

هزینه‌های پاکسازی نفت‌خام سبک و فرآورده‌های نفتی مانند سوخت شماره (۲) گازوئیل، معمولاً کمتر از میانگین هزینه‌های پاکسازی لکه‌های نفتی از نوع نفت‌خام سنگین یا سوخت‌های سنگین‌تری است که پایداری بیشتری در محیط دارند. زیرا، نفت خام سنگین و امولسیون‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای پایداری و ویسکوزیته بیشتری دارند و ازاین‌رو، پاکسازی آنها دشوارتر بوده و به دلیل نیاز به استفاده از پخش‌کننده‌ها، اسکیمرها و پمپ‌ها، هزینه‌های بسیار بالاتری را تحمیل می‌کنند. گاهی از روش مکانیکی برای مواجهه با برخی از لکه‌های نفتی استفاده می‌شود. ولی چنین روشی ممکن است به‌دلیل تبخیر و یا حل شدن بسیار سریع نفت پس از ورود به سطح آب، چندان کارساز نباشد.

جدول شماره (۱)، دربردارنده ارقامی است که هزینه عملیات پاکسازی را بر حسب نوع نفت نشت‌یافته با قیمت‌های سال ۱۹۹۹ میلادی در اختیار می‌گذارد. سپس با استفاده از «شاخص

جهانی بهای مصرف کننده» (صندوق بین‌المللی پول، ۲۰۱۷)، به قیمت‌های سال ۲۰۱۷ تبدیل شده‌اند.

جدول (۱): هزینه هر واحد پاکسازی نفت نشت‌یافته بر حسب نوع نفت (دلار سال ۲۰۱۷)

| نوع نفت           | هزینه پاکسازی<br>(آمریکا - دلار بر<br>لیتر) | هزینه پاکسازی<br>(غیر از آمریکا - دلار بر<br>لیتر) | هزینه پاکسازی<br>(میانگین جهانی - دلار بر<br>لیتر) |
|-------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| نفت خام سبک       | ۳/۸۸                                        | ۵/۵۵                                               | ۵/۲۰                                               |
| نفت خام متوسط     | ۱۷/۷۲                                       | ۴/۸۳                                               | ۸/۸۵                                               |
| نفت خام سنگین     | ۲۵/۷۳                                       | ۷/۸۶                                               | ۱۰/۴۳                                              |
| سوخت دیزل شماره ۲ | ۴/۴۰                                        | ۲/۰۸                                               | ۲/۸۱                                               |
| سوخت شماره ۴      | -                                           | ۲۹/۱۵                                              | ۲۹/۱۵                                              |
| سوخت شماره ۵      | ۱۰/۶۱                                       | ۲۹/۶۲                                              | ۲۸/۳۰                                              |
| سوخت شماره ۶      | ۲۲/۰۵                                       | ۱۹/۸۷                                              | ۲۰/۸۲                                              |

غیر از نوع و حجم نفت نشت یافته، عواملی مانند وضعیت آب و هوایی و به‌ویژه، جهت وزش باد نیز بر آلودگی‌های محیط‌زیستی اثرات مستقیمی برجای می‌گذارند. هر اندازه حجم ترکیبات سنگین و ماندگار در نفت بیشتر باشد، هزینه پاکسازی نیز بیشتر خواهد بود.

**موقعیت مکانی و زمانی:** به نظر اغلب کارشناسان، مهم‌ترین عامل تعیین کننده هزینه‌های پاکسازی، **موقعیت مکانی** است. برای برآورد هزینه‌ها و خسارات وارده به محیط‌زیست دریای و ساحلی، باید اطلاعات مربوط به موقعیت مکانی محدوده آلوده‌شده به مواد نفتی و «منابع در معرض خطر»<sup>۱</sup> را در اختیار داشت. حضور حتی یک لکه نفتی کوچک در مکان و یا زمانی نامناسب، مثلاً در نزدیکی یک محدوده ماندابی حساس برای مهاجرت پرندگان، یا نزدیکی

<sup>۱</sup> Resources at Risk



ساحل در اوج فصل گردشگری، در نزدیکی یک مزرعه ماهی یا ایستگاه درحال فعالیت آب شیرین کن و غیره، ممکن است هزینه‌های پاکسازی را به شدت تحت تأثیر قرار داده و افزایش دهد. وقتی حادثه‌ای منجر به نشت نفت در بندری رخ دهد، باید پاکسازی به گونه‌ای انجام شود که رضایت خاطر مسئولین محلی و ملی و نیز دارندگان دارائی‌های خسارت دیده یا در معرض خسارت، جلب شود تا از پیامدهای حقوقی بعدی جلوگیری شود. این درحالی است که اگر حادثه‌ای نفتی مثلاً باعث راهیابی ۳۴۰۰ تن نفت در آب و هوای طوفانی و دور از سواحل شود، ممکن است به صورت طبیعی در دریا انتشار یافته و خسارت قابل توجهی نیز وارد نکند. هنگامی که نشت نفت در محلی خاص روی می‌دهد، مهم‌ترین عوامل قابل طرح در این رابطه، عبارت خواهند بود از:

- آیا نشت نفت در جایی رخ داده است که احتمال رسیدن آن به مناطق ساحلی وجود دارد؟ آیا نشت نفت در نزدیکی ساحل و یا تحت نفوذ جریان‌های آبی و شرایط بادی رخ داده و از این طریق، باعث افزایش احتمال تحت تأثیر قرار دادن خط ساحلی شده است؟
- چه نوع خطوط ساحلی در این زمینه در معرض آلودگی نفتی قرار گرفته‌اند؟
- خطوط ساحلی، چقدر تا عرصه‌های مسکونی فاصله دارند؟
- جمعیت ساکن برای خطوط ساحلی یا منابعی که ممکن است تحت تأثیر آلودگی نفتی قرار گیرند، تا چه اندازه ارزش قائل هستند؟

**درجه حساسیت مناطق متأثر از نشت نفت:** هنگام وقوع نشت نفت در نزدیکی خط ساحلی و یا منبعی بالقوه حساس، اثربخش‌ترین رویکرد هزینه‌ای برای عملیات پاکسازی، سرمایه‌گذاری در تأمین تجهیزات، پرسنل و انرژی برای دورنگاه داشتن نفت از خط ساحلی و یا منبع حساس است. تجربیات پیشین نشان می‌دهند که در حوادث نشت نفت که باعث پیامدهایی بر

خط ساحلی می‌شوند، حدود ۹۰ تا ۹۹ درصد از هزینه‌های پاکسازی و احیا به رویه‌های پاکسازی خط ساحلی مربوط می‌شود. دور نگاهداشتن نفت از منبع حساس به‌وسیلهٔ ایجاد سدی شناور با استفاده از روش‌های احیای مکانیکی یا انتشار مواد شیمیایی، محتاطانه‌ترین راهبرد از جهات چشم‌اندازهای مالی و حفظ محیط‌زیست است. البته، واکنش نهادهای هماهنگ کننده و مسئولین محلی، براساس ارزیابی دقیق روش‌های مختلف پاکسازی برای انتخاب بهترین روش با توجه به شرایط آب و هوایی، جمعیت‌های حیات وحش حساس و عوامل ایمنی انسانی در هر مرحله از عملیات است.

علی‌الاصول، هزینه‌ای که باید از سوی آلوده‌کننده پرداخت شود، در دیدگاه‌های مسئولین دولتی که عهده‌دار وظیفهٔ مدیریت عملیات نشت نفت هستند، چندان با اهمیت تلقی نمی‌شود. باوجود این، از آنجا که هزینهٔ مالی و درجهٔ پیامد محیط‌زیستی معمولاً به‌طور مستقیمی دارای همبستگی هستند، بیشتر تصمیم‌های محیط‌زیستی دربارهٔ رویه‌های پاکسازی با افزایش هزینه‌های مالی، کنارگذاشته می‌شوند.

**عوامل آغشتگی خط ساحلی به نفت:** همان‌طور که پیشتر اشاره شد، پر هزینه‌ترین بخش از عملیات پاکسازی آلودگی نفتی دریا، مربوط به پاکسازی خط ساحلی است که ممکن است، ۹۰ تا ۹۹ درصد از کل هزینه‌های پاکسازی را به‌خود اختصاص دهد. زیرا نیازمند به‌کارگیری بیشترین نیروی انسانی بوده و بسیار وقت‌گیر است. هنگام وقوع حوادث نفتی، گروه پاکسازی ممکن است اقدامات مختلفی را برای جلوگیری از رسیدن نفت به ساحل و آلودگی خط ساحلی، انجام دهند. اقدامات مختلفی نظیر پخش‌کننده‌ها (در صورت عدم مغایرت با قوانین و مقررات محلی موجود) و/یا روش‌های مکانیکی فراساحلی و غیره برای جلوگیری از ورود لکه‌های نفتی به خط ساحلی در این زمینه، کاربرد دارند. به‌سبب افزایش آگاهی از پیامدهای

اکولوژیکی تاکتیک‌های پاکسازی خطوط ساحلی، تمایل به استفاده از روش‌های دستی‌تر به جای استفاده از ماشین‌آلات سنگین‌تر و یا شستشو با آب گرم، بیشتر شده است. حتی گاهی گزینه‌های پاکسازی طبیعی در محل‌های ساحلی با جدیت بیشتری بررسی می‌شوند.

براساس فاصله محل نشت نفت تا خط ساحلی، حوادث نفتی را می‌توان به سه دسته فراساحلی، نزدیک به ساحل (در فاصله ۵ کیلومتری از خط ساحلی) و بندرگاه تقسیم کرد. در جداول زیر، هزینه‌های پاکسازی خطوط ساحلی برحسب طول ساحل آلوده شده و نیز باتوجه به موقعیت مکانی آنها نسبت به ساحل، ارائه شده‌اند.

جدول (۲): هزینه پاکسازی خط ساحلی بر حسب طول ساحل آلوده شده (دلار سال ۲۰۱۷)

| هزینه پاکسازی<br>(میانگین جهانی - دلار بر لیتر) | هزینه پاکسازی<br>(آمریکا - دلار بر لیتر) | طول ساحل آلوده شده<br>(km) |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|
| ۶/۲۱                                            | ۳/۲۲                                     | ۰-۱                        |
| ۷/۰۷                                            | ۷/۳۱                                     | ۲-۵                        |
| ۷/۱۷                                            | ۱۲/۸۶                                    | ۱-۱۵                       |
| ۸/۰۷                                            | ۱۸/۵۱                                    | ۲۰-۹۰                      |
| ۱۳/۹۰                                           | ۳۳/۳۲                                    | ۱۰۰                        |
| ۲۰/۰۷                                           | ۶۳/۴۱                                    | ۵۰۰                        |

جدول (۳): هزینه پاکسازی برحسب موقعیت حوادث نفتی نسبت به خط ساحل (دلار سال ۲۰۱۷)

| هزینه پاکسازی<br>(میانگین جهانی - دلار بر لیتر) | هزینه پاکسازی<br>(آمریکا - دلار بر لیتر) | موقعیت حادثه |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------|
| ۹/۹۹                                            | ۸/۳۹                                     | فراساحل      |
| ۲۷/۳۹                                           | ۳۰/۵۹                                    | نزدیک ساحل   |
| ۲۴/۰۱                                           | ۴۱/۵۹                                    | بندرگاه      |

نتایج جدول فوق نشان می‌دهد که هزینه پاکسازی آلودگی نفتی در نزدیکی ساحل، حدود سه برابر هزینه‌های پاکسازی در فراساحل است. زیرا با افزایش احتمال رسیدن نفت نشت یافته به خط ساحلی و آلوده ساختن آن، پاکسازی محل آلودگی مستلزم صرف وقت و هزینه‌های بیشتری است.

**اختلاف‌های منطقه‌ای در هزینه‌ها:** شاید مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده هزینه‌های پیامد و واکنش در برابر لکه‌های نفتی، موقعیت جغرافیائی وقوع آنها است. نزدیکی یک لکه نفتی به مکان‌های حساس از نظر محیط‌زیستی، اقتصادی و سیاسی به مقدار زیادی بر هزینه‌های واکنش اثرگذار است. رژیم سیاسی مربوط به مکان جغرافیایی که در آن نشت نفت روی داده است، تعیین‌کننده استانداردهای مربوط به «مقدار پاکسازی مورد نیاز» است. گزینه‌های مربوط به روش‌های غیرمکانیکی یا همان شیوه‌های دستی پاکسازی، هزینه‌های نیروی انسانی، تجهیزات، تدارکات مربوط به واکنش، عوامل مربوط به بیمه، مسئولیت و جبران غرامت، همگی در این زمینه، متأثر از رژیم‌های سیاسی مناطق مختلف هستند. از این‌رو، هزینه عملیات پاکسازی آلودگی‌های نفتی در مناطق مختلف دنیا، دارای تفاوت‌های معنی‌داری است. در جدول شماره (۴)، میانگین تقریبی هزینه‌ها در قاره‌ها و برخی کشورهای شاخص، ارائه شده است.

میانگین نشت نفت در ایالات متحده آمریکا، از هزینه‌ای معادل ۱۶ دلار برای هر گالن و یا ۵۰۴ دلار آمریکا برای هر بشکه نفت برخوردار است. این هزینه شامل پاکسازی و خسارات مربوطه است.

جدول (۴): میانگین تقریبی هزینه عملیات پاکسازی در قاره‌ها و کشورهای مختلف (دلار سال ۲۰۱۷)

| منطقه   | کشور   | هزینه‌های پاکسازی<br>(دلار بر لیتر) | منطقه | کشور   | هزینه‌های پاکسازی<br>(دلار بر لیتر) |
|---------|--------|-------------------------------------|-------|--------|-------------------------------------|
| آمریکای | آمریکا | ۳۱/۲۶                               |       | فرانسه | ۲/۸۱                                |

|       |                   |           |       |               |               |
|-------|-------------------|-----------|-------|---------------|---------------|
| ۲/۵۸  | فنلاند            |           | ۷/۹۴  | کانادا        | شمالی         |
| ۱۳/۱۹ | میانگین هزینه     |           | ۲۴/۱۸ | میانگین هزینه |               |
| ۲/۸۲  | اسرائیل           | خاورمیانه | ۱۴/۴۱ | ونزوئلا       | آمریکای لاتین |
| ۰/۷۷  | امارات متحده عربی |           | ۶/۸۳  | برزیل         |               |
| ۱/۲۹  | میانگین هزینه     |           | ۲/۸۲  | آرژانتین      |               |
| ۷/۳۱  | استرالیا          | اقیانوسیه | ۱/۱۱  | شیلی          |               |
| ۳/۴۱  | نیوزیلند          |           | ۳/۷۳  | میانگین هزینه |               |
| ۶/۹۵  | میانگین هزینه     |           | ۵/۴۰  | مصر           | آفریقا        |
| ۹۳/۶۰ | مالزی             | آسیا      | ۳/۵۶  | آفریقای جنوبی |               |
| ۴۲/۲۴ | ژاپن              |           | ۲/۱۶  | نیجریه        |               |
| ۱۵/۶۴ | کره جنوبی         |           | ۳/۸۶  | میانگین هزینه |               |
| ۵/۴۳  | هنگ کنگ           |           | ۲۸/۲۰ | نروژ          | اروپا         |
| ۰/۸۳  | فیلیپین           |           | ۱۳/۶۵ | دانمارک       |               |
| ۳۳/۵۵ | میانگین هزینه     |           | ۳/۷۶  | بریتانیا      |               |

**حجم آلودگی:** از آنجا که در حوادث نفتی هزینه‌های تدارکات، حمل و نقل، پشتیبانی و نظارت بر پاکسازی، تقریباً یکسان و اغلب، مستقل از حجم آلودگی است، با افزایش حجم آلودگی نفتی دریایی، هزینه‌های تمام شده عملیات پاکسازی به‌ازای واحد حجم نفت نشت یافته، کاهش خواهد یافت. چنین هزینه‌هایی در قالب جدول شماره (۵) ارائه شده‌اند:

جدول (۵): هزینه پاکسازی بر حسب واحد حجم نفت نشت یافته (دلار سال ۲۰۱۷)

| هزینه پاکسازی<br>(دلار بر لیتر) | حجم نفت نشت یافته (لیتر) |
|---------------------------------|--------------------------|
| ۹۵/۰۵                           | ۳۷۹ - ۳,۷۸۵              |
| ۳۷/۸۷                           | ۳,۷۸۵ - ۱۸,۹۲۵           |
| ۱۳/۰۴                           | ۱۸,۹۲۵ - ۳۷,۸۵۰          |
| ۱۱/۹۱                           | ۳۷,۸۵۰ - ۳۷۸,۵۰۰         |
| ۷/۷۹                            | ۳۷۸,۵۰۰ - ۱,۸۹۲,۵۰۰      |
| ۴/۴۹                            | ۱,۸۹۲,۵۰۰ - ۳,۷۸۵,۰۰۰    |
| ۲/۸۹                            | ۳,۷۸۵,۰۰۰ - ۳۷,۸۵۰,۰۰۰   |
| ۰/۴۳                            | بیشتر از ۳۷,۸۵۰,۰۰۰      |

به‌طور خلاصه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که پاکسازی آلودگی‌های نفتی ناشی از نشت و راهیابی آن به مناطق دریایی، بسیار پرهزینه است. انجام واکنش‌های اثربخش، بدون برنامه‌ریزی و پایش دقیق و نیز در اختیار داشتن شمار بزرگی از کارکنان به‌خوبی آموزش دیده و مصالح و تجهیزات مؤثر در این زمینه، ناممکن است. در مواردی که واکنش‌های در قبال حوادث نفتی ناقص انجام شوند و یا لکه‌های نفتی بر منابع حساس، اثر منفی داشته باشند، خسارات حاصله ممکن است با افزایش بیشتری مواجه شوند.

**پیامدهای هزینه‌ای راهبرد پاکسازی:** راهبرد پاکسازی هم نقش مهمی در تعیین هزینه‌های پاکسازی دارد. به‌ویژه، استفاده از پخش‌کننده‌ها تا حدود زیادی باعث کاهش هزینه‌های کلی پاکسازی می‌شود (اتکین، ۱۹۹۸a). چنین کاهش هزینه‌ای را می‌توان به هزینه‌های کمتر نیروی انسانی نسبت داد. چرا که کارکنان کمتری در زمانی کوتاه‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند و در عین حال، پیامدهای حاصله بر خطوط ساحلی نیز کمتر خواهند بود. حتی به‌طور کلی، به تجهیزات کمتری نیاز وجود دارد. برعکس در هنگام استفاده از روش‌های پاکسازی دستی در مقایسه با روش پخش‌کننده‌ها، هزینه‌های نیروی انسانی به‌صورت چشمگیری افزایش پیدا می‌کنند. داده‌های هزینه‌ای مربوط به بیش از ۲۰۰ حادثهٔ بروز لکهٔ نفتی در مطالعهٔ اتکین (۲۰۰۰) مورد تحلیل واقع شده و به برآوردهایی در رابطه با هزینه‌های اجرای هریک از شیوه‌های پاکسازی منجر شده است. در جدول شمارهٔ (۶)، هزینهٔ روش‌های متداول پاکسازی با یکدیگر مقایسه و ارائه شده‌اند.

جدول (۶): مقایسهٔ هزینهٔ پاکسازی لکه‌های نفتی در روش‌های مختلف (دلار سال ۲۰۱۷)

| تکنیک پاکسازی      | میانگین هزینهٔ پاکسازی<br>دلار/تن | میانگین هزینهٔ پاکسازی<br>دلار/لیتر |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| - فقط پخش‌کننده‌ها | ۲,۹۶۶/۲۰                          | ۲/۶۶                                |

|       |           |                                       |
|-------|-----------|---------------------------------------|
| ۳/۱۲  | ۳،۴۷۲/۱۲  | - پخش‌کننده‌ها در مراحل اولیه         |
| ۱۷/۳۷ | ۱۹،۳۲۷/۲۲ | - پخش‌کننده‌ها در مراحل ثانویه و سوم  |
| ۱۵/۶۳ | ۱۷،۳۸۵/۱۱ | - فقط سایر روش‌ها (بدون پخش‌کننده‌ها) |

یکی از نکات اساسی در رابطه با جنبه‌های اقتصادی عملیات مربوط به واکنش (مانند احیای مکانیکی، کاربرد پخش‌کننده‌ها، سوزاندن در جای نفت، احیای طبیعی و غیره)، موضوع اثربخشی هزینه‌ای است. این موضوع هم برای دست‌اندرکاران عملیات واکنش (سازمان بنادر و دریانوردی) و هم عملیات احیا (سازمان‌های حفاظت محیط‌زیست و شیلات)، از اهمیت زیادی برخوردار است. دستیابی به اطلاعات موثق در مورد هزینه‌های واکنش و اثربخشی گزینه‌های مختلف واکنش، در گذشته امر دشواری تلقی می‌شد و هنوز هم در مواردی، کار ساده‌ای نیست. از زمانی که کسب مجوزهای قانونی اولیه برای استفاده از مواد پخش‌کننده و حتی سوزاندن در جای نفت در بسیاری از کشورها و به‌ویژه آمریکا، اجباری شده است، توجه به انتخاب عملیات واکنش از میان گزینه‌های مختلف نیز از اهمیت زیادی برخوردار شده است. این درحالی است که انتظارات مردم و مسئولین مربوطه درباره حذف لکه‌های نفتی و احیای مناطق خسارت دیده به طرز مؤثر، نیاز به داشتن اطلاعات بهتر برای تصمیم‌سازی درمورد واکنش و احیا را بیشتر کرده است.

جدول (۷): مقایسه اثربخشی روش‌های پاکسازی

| روش پاکسازی            | اثربخشی (درصد)           |
|------------------------|--------------------------|
| مواد پخش‌کننده         | ۸۰ - ۹۰                  |
| سوزاندن درجا           | ۹۰ - ۹۸                  |
| مهار و بازیافت مکانیکی | ۱۰ - ۲۰                  |
| طبیعی                  | حداکثر ۹۰ در شرایط مناسب |
| حذف دستی               | متغیر                    |

کلید کاهش کلی هزینه‌های مالی نشت نفت، کاهش خسارات محیط‌زیستی، اقتصادی و آسیب‌های وارده به دارائی‌ها است. بهترین راهبرد برای کاهش خسارات، حذف نفت تا جائی که ممکن است و پیشگیری از اثرگذاری نفت نشت یافته بر خطوط ساحلی و سایر اماکن حساس است. پس باید واکنش در برابر نشت نفت، سریع و اثربخش باشد. تجربیات طولانی پیشین در زمینه اقدام در برابر لکه‌های نفتی نشان داده‌اند که زمان، آمادگی قبلی، کارکنان ماهر و دوره دیده، برنامه‌ریزی مناسب و واقع‌بینانه برای شرایط اضطراری که در آن نفات و منابع (امکانات) برای انجام عملیات هماهنگ شوند، کلید کاهش خسارات و در نتیجه هزینه‌های مربوطه است. البته، به‌روز رسانی برنامه‌های آموزشی کارکنان، تجهیزات و برنامه‌ریزی شرایط اضطراری نیز از اهمیت زیادی برخوردار است.

### ۳-۲-۳- دسته‌بندی اقلام هزینه‌ای عملیات پاکسازی آلودگی‌های نفتی

ارزیابی انواع خسارات ناشی از نشت نفت، مستلزم دراختیار داشتن چارچوبی برای ارزیابی ماهیت خسارات و نیز گردآوری اطلاعات لازم درباره ابعاد هزینه‌ای خسارات بالقوه است. از نقطه نظر جامعه، هزینه‌های مرتبط با خسارات نشت نفت هم دارای ابعاد خصوصی و هم ابعاد اجتماعی است. هزینه‌های خصوصی متوجه فرد یا بنگاهی است که با عملیات تولید یا انتقال نفت و ترکیبات نفتی سر و کار دارد و هزینه‌های خارجی نیز به طرف‌های ثالث مانند دولت، قربانیان و منابع طبیعی مربوط می‌شود که در نهایت، هزینه‌های اجتماعی تلقی می‌شود. البته باید تأکید کرد که از نقطه نظر جامعه، همه هزینه‌های خارجی نشت نفت همان هزینه‌های اجتماعی هستند. چنین هزینه‌هایی گویای منابع واقعی هستند که در صورت استفاده از آنها در جایی دیگر و یا به‌صورتی دیگر، باعث ایجاد فایده اجتماعی می‌شوند. ضمناً، همه هزینه‌های خصوصی نشت یک حادثه نفتی، به‌غیر از خسارات حاصل از مجازات نقدی و کیفری، هم



هزینه‌های اجتماعی هستند. خسارات ناشی از مجازات به صورت‌های نقدی و یا کیفری، غیر از مواردی که برای جبران خسارات وارده به طرف سوم تعیین می‌شوند، باعث انتقال دارایی‌ها از یک طرف (بنگاه‌ها) به طرف دیگر (دولت) می‌شود. این قبیل خسارات دارای کاربرد بازدارنده یا تعذیری بوده و آنها را نمی‌توان در گروه هزینه‌های اجتماعی قرارداد.

اگرچه، هر حادثه نشت نفتی قابلیت ایجاد چنین هزینه‌هایی را به صورت بالقوه دارد، ولی گاهی ممکن است برخی از حوادث نشت نفت، هزینه‌ای را به دنبال نداشته باشد و یا هزینه‌های احتمالی، بسته به شرایط تغییرات زیادی داشته باشند. از این نظر، دسته‌بندی ارائه شده در این بخش نیز ممکن است بسته به نوع حادثه، کاربردهای متفاوتی داشته باشد. هزینه انتشار نفت در نهایت، بستگی به عوامل زیادی دارد. عواملی نظیر نوع نفت، الگوهای آب و هوایی در زمان نشت نفت، نزدیکی به صنعت، گردشگری، تفرج و عرصه‌های حساس از نظر محیط‌زیستی در این زمینه اهمیت دارند. از آنجا که نفت میل زیادی به پراکنده شدن در آب دارد، هزینه‌های مرتبط با نشت‌های کوچک مقیاس، قابل صرفه‌نظر کردن هستند. از آنجا که اغلب نشت‌های کوچک نفت را می‌توان به سادگی محدود کرد و یا خود به خود، پراکنش می‌یابند، آسیب کمی وارد می‌سازند. حتی لکه‌های بزرگ نفتی هم، اگر به سواحل و مناطق حساس نزدیک نشوند، دارای پیامدهای اندک و قابل چشم‌پوشی خواهند بود.

در این بخش، سعی شده است تا دسته‌بندی کامل و نظام‌مندی از عناوین و رؤوس هزینه‌ای در اختیار قرار گیرد. هریک از عناوین هزینه‌ای به تفکیک خصوصی و خارجی (اجتماعی) را می‌توان در چارچوب زیر دسته‌بندی کرد:

### هزینه‌های خصوصی:

- خسارت وارده به تأسیسات و تجهیزات نفتی

- هزینه‌های کنترلی برای توقف یا کاهش انتشار نفت (نصب کلاهک برای انسداد فوران نفت، پخش کننده‌ها، سوزاندن کنترل شده نفت)
- هزینه‌های پاکسازی از سوی طرف‌های مسئول
- نفت از دست رفته
- هزینه دادرسی

#### هزینه‌های خارجی (اجتماعی):

- از دست رفتن عمر و آسیب به نیروی کار
  - هزینه‌های کنترلی برای توقف یا کاهش انتشار نفت (نصب کلاهک برای انسداد فوران نفت، پخش کننده‌ها، سوزاندن کنترل شده نفت)
  - هزینه‌های پاکسازی تحمیل شده به نهادهای دولتی
  - هزینه ترمیم زیرساخت‌های عمومی
  - درآمد ازدست رفته کسب و کار تحت تأثیر قرار گرفته (صید ماهی، گردشگری و ...)
  - ارزش ازدست رفته مصرف‌کننده به دلیل تغییر در خرید و یا رفتارها
  - خسارات وارده به منابع طبیعی
  - هزینه دادرسی (هم از سوی دولت و هم از سوی قربانیان)
- مطابق با اتکین، فهرست کاملی از عناوین و اقلام هزینه‌ای مرتبط با هزینه‌های عملیات پاکسازی تهیه شده و در جدول زیر ارائه گردیده است.

جدول (۸): اقلام هزینه‌ای عملیات پاکسازی

| رئوس اصلی هزینه‌های پاکسازی | اقلام هزینه‌ای هر یک از بخش‌های عملیات پاکسازی |
|-----------------------------|------------------------------------------------|
|-----------------------------|------------------------------------------------|

|                                     |                                                     |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| هزینه‌های مربوط به حوادث نفتکش‌ها   | ارزش نفت از دست‌رفته                                |
|                                     | ارزش نفتکش از بین‌رفته                              |
|                                     | تعمیرات نفتکش                                       |
|                                     | امداد و نجات نفتکش                                  |
| هزینه تهیه گزارش حادثه              | هزینه‌های استانی/منطقه‌ای                           |
|                                     | هزینه ملی                                           |
|                                     | هزینه بیمه‌گر                                       |
|                                     | هزینه صندوق بین‌المللی                              |
| هزینه‌های اولیه پاکسازی             | مشاوره (برنامه‌ریزی راهبردی پاکسازی)                |
|                                     | هزینه‌های مرتبط با هماهنگ‌کننده در صحنه حادثه       |
|                                     | هزینه مرکز فرماندهی                                 |
|                                     | ارتباطات و مخابراتی                                 |
| هزینه‌های مهار و بازیابی مکانیکی    | عوارض اجاره‌ای سدهای شناور/اسکیم                    |
|                                     | نیروی کار (حقوق و مزایا)                            |
|                                     | لباس حفاظتی و تجهیزات ایمنی کارکنان                 |
|                                     | تدارکات (مانند خوراک، اقامت، آب آشامیدنی و بهداشت)  |
|                                     | تعمیر و جایگزینی تجهیزات                            |
|                                     | استهلاک تجهیزات                                     |
|                                     | اجاره پمپ‌های مکنده                                 |
|                                     | ذخیره سازی/جداسازی نفت                              |
|                                     | دفع نفت و پساب آلوده به نفت                         |
|                                     | دریافت مجوز دفع پساب                                |
| هزینه‌های استفاده از مواد پخش‌کننده | دریافت مجوز استفاده از مواد پخش‌کننده               |
|                                     | خرید پخش‌کننده‌های شیمیایی                          |
|                                     | عوارض اجاره‌ای برای استفاده از دستگاه‌های پخش‌کننده |
|                                     | تعمیر و جایگزینی تجهیزات                            |
|                                     | استهلاک تجهیزات                                     |
|                                     | نیروی کار (حقوق و مزایا)                            |
|                                     | تدارکات (مانند خوراک، اقامت، آب آشامیدنی و بهداشت)  |

|                                                       |                                      |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| لباس حفاظتی و تجهیزات ایمنی کارکنان                   |                                      |
| دریافت مجوز استفاده از درمانگرهای زیستی               | هزینه‌های درمان‌های زیستی            |
| مشاوره‌های تخصصی                                      |                                      |
| تهیه کدهای شیمیایی                                    |                                      |
| تهیه مخلوط میکروبی                                    |                                      |
| عوارض اجاره‌ای برای استفاده از تجهیزات مواد           |                                      |
| درمانگر زیستی                                         |                                      |
| نیروی کار (حقوق و مزایا)                              |                                      |
| تدارکات (مانند خوراک، اقامت، آب آشامیدنی و بهداشت)    |                                      |
| لباس حفاظتی و تجهیزات ایمنی کارکنان                   |                                      |
| دریافت مجوز برای سوزاندن درجای آلودگی‌های نفت         | هزینه‌های مربوط به سوزاندن درجای نفت |
| مشاوره تخصصی                                          |                                      |
| تهیه سد ضدآتش شناور                                   |                                      |
| عوارض اجاره‌ای تجهیزات جرقه‌زن                        |                                      |
| تعمیر و جایگزینی تجهیزات                              |                                      |
| نیروی کار (حقوق و مزایا)                              |                                      |
| تدارکات (مانند خوراک، اقامت، آب آشامیدنی و بهداشت)    |                                      |
| آزمایش‌های سنجش کیفیت هوا                             |                                      |
| لباس حفاظتی و تجهیزات ایمنی کارکنان                   |                                      |
| نیروی کار (حقوق و مزایا)                              | هزینه‌های پاکسازی دستی خطوط          |
| تدارکات (مانند خوراک، اقامت، آب آشامیدنی و بهداشت)    | ساحلی                                |
| لباس حفاظتی و تجهیزات ایمنی کارکنان                   |                                      |
| عوارض اجاره‌ای تجهیزات سنگین                          |                                      |
| تعمیر و جایگزینی تجهیزات                              |                                      |
| استهلاک تجهیزات                                       |                                      |
| تجهیزات و مواد مصرفی                                  |                                      |
| پایش بلندمدت                                          |                                      |
| آسیب‌دیدگی و اختلال در سلامت نیروی کار عملیات پاکسازی | هزینه‌های اضافی مربوط به هریک از     |

|                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| روش‌های پاکسازی                                               | بیمه و جبران خسارت کارکنان<br>آسیب‌های وارده مربوط به عملیات پاکسازی (مانند<br>وارد آمدن خسارت به دارایی‌ها)<br>روابط عمومی و ارتباط با رسانه‌ها                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| هزینه‌های احیای جمعیت حیات وحش                                | ساخت مرکز امداد و نجات حیات وحش<br>خرید تعمیر و جایگزینی تجهیزات تجهیزات<br>استهلاک تجهیزات<br>وسایل اداری مصرفی (مانند شوینده‌ها، سرنگ‌های<br>تغذیه)<br>مواد غذایی لازم برای جانوران<br>مشاوره‌های دامپزشکی<br>امکانات دامپزشکی (مانند دارو، سرنگ)<br>نیروی کار غیرداوطلب (حقوق و مزایا)<br>پژوهش‌های ردیابی پس از انجام اقدامات امداد و<br>نجات حیات وحش                                                                                             |
| ارزیابی خسارات وارده به منابع طبیعی                           | احیا (مانند بازکاشت گیاهان تالابی آسیب دیده،<br>احیای جمعیت ماهیان)<br>کاهش ارزش منابع طبیعی (کاهش خدمات ناشی از<br>خسارات نشت نفت)<br>ارزیابی خسارت (ارزشیابی کارشناسی خسارت نشت<br>نفت)<br>انجام پیمایش ارزش‌گذاری مشروط (تعیین ارزش‌های<br>غیراستفاده‌ای منابع تحت تأثیر قرار گرفته)<br>مشاوره‌های پژوهشی<br>نیروی کار پژوهشی (حقوق و مزایا)<br>تأمین تجهیزات پژوهشی و هزینه‌های پیش‌بینی نشده<br>پایش بلند مدت<br>انتشار نتایج پژوهش‌های انجام شده |
| دعاوی مرتبط با خسارات اقتصادی و محیط‌زیستی وارده به دارایی‌ها | حق الوکاله موردنیاز برای فرآیند دادرسی<br>سایر هزینه‌های قانونی/دادرسی<br>حل و فصل اختلافات حقوقی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| جزای نقدی و کیفری                                             | عوارض قانونی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

بررسی پیامدهای غیرمحیط‌زیستی مربوط به نشت نفت نیز در برنامه‌های ارزیابی خسارات، از اهمیت زیادی برخوردار هستند. ممکن است در برخی موارد، هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی و در موارد دیگر پیامدهای مستقیم یا غیرمستقیم در محیط‌زیست و گاهی نیز هردو (هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی و پیامدهای محیط‌زیستی)، در معادلات ریسک برجسته شده و در طرف «عواقب و نتایج» قرار گیرند. در این رابطه موارد زیر از اهمیت بیشتری برخوردار هستند:

- خسارت به فعالیت‌های صیادی تجاری و ماهیگیری معیشتی و تفرجی که باعث مرگ و میر یا صدمه به موجودی ماهیان شده و به اختلال فعالیت‌های صیادی و ماهیگیری منجر می‌شوند؛
- آسیب دیدن بنادر که اختلال در آمد و شد شناورها و آلودگی تأسیسات بندری با نفت را به دنبال دارد؛
- خسارت به گردشگری و فعالیت‌های تفرجی در اثر آسیب دیدن سواحل، دارایی‌ها و پارک‌های ساحلی و سایر عرصه‌های تفرجی، در اثر راهیابی و انتشار نفت که منجر به نشت نفت در سواحل دریا و دیگر بخش‌های ساحلی و پارک‌ها و مناطق تفرجی می‌شود؛
- آسیب وارد شدن به فعالیت‌های فرهنگی بومی‌ها و آلوده شدن اراضی و منابع ساحلی تحت مالکیت جوامع محلی و بومی (اقوام مختلف) به نفت؛
- اختلال در فعالیت‌های آموزشی-طبیعت‌گردی مرتبط با تماشای حیات وحش، غواصی و شنا و فعالیت‌های دیگر در اثر راهیابی نفت به زیستگاه‌های طبیعی.

بخش مهمی از این پیامدها را می‌توان با توجه به ازدست رفتن درآمدهای مبتنی بر تأخیرها و یا صدمات وارده به فعالیت‌های تجاری و غیرتجاری قابل ارزش‌گذاری پولی از نظر پیامدهای کمی حاصله، کمی‌سازی کرد. سایر هزینه‌ها، به ویژه آنجا که به کمی‌سازی ارزش‌های فرهنگی بومیان مربوط می‌شود، بسیار دشوار است. گاهی باید پیامدها را به صورت کیفی ارزیابی کرد (نظیر آنچه در مورد مقیاس ۵ نمره‌ای شرح داده شد). بیشتر پیامدها، نسبتاً کوتاه مدت بوده و منابع اقتصادی ممکن است، ارزش اصلی خود را در مدت زمانی معین بار دیگر به دست آورند. البته، برای برخی منابع دیگر، بازیابی ارزش پیامدهای نامطلوب، ممکن است در زمانی طولانی‌تر تحقق یابد.

برای تخمین هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی نشت نفت، بر مبنای نوع محل، منابع در معرض خطر، نوع نفت و حجم نفت، مدل‌های مختلفی توسعه یافته‌اند. مثلاً، «مدل ابتدایی تخمین هزینه‌های نشت نفت»<sup>۱</sup> (BOSCEM) و بخش‌هایی از «بازار تحلیلی اثربخشی هزینه‌ای واکنش در برابر نشت نفت»<sup>۲</sup> (OSRCEAT) برای این منظور، کاربرد دارند که در بخش‌های بعدی، جزئیات مربوطه در اختیار قرار خواهند گرفت.

در قالب واکنش در برابر هر حادثه یا سانحه نشت نفت، مجموعه‌ای از «اقدامات پاکسازی» مطرح هستند که بسته به بزرگی لکه نفتی، موقعیت مکانی، نوع نفت و روش واکنش، هزینه‌های زیادی را در بر خواهد داشت. عملیات واکنش در برابر نشت نفت، هزینه‌های گوناگونی نظیر تجهیزات، نیروی انسانی، پشتیبانی تدارکاتی، دفع پسماندها، پایش و نظارت دولتی در جریان فازهای مختلف عملیات واکنش و غیره را در بر می‌گیرد. مدل‌های

---

<sup>۱</sup> Basic Oil Spill Cost Estimation Model

<sup>۲</sup> Oil Spill Response Cost Effectiveness Analytical Tool

BOSCEM و OSRCEAT، هزینه‌های واکنش به نشت نفت را برحسب عوامل مربوط به محل، نوع نفت، حجم نفت نشت یافته و اقدامات واکنشی موردنیاز، برآورد می‌سازند.

تخمین‌های دقیق‌تری را می‌توان با استفاده از «تحلیل سرنوشت نفت» و خروجی‌های مسیر حرکت نفت و با کمک مدلسازی و تعیین مقدار منابع و زمان موردنیاز برای انواع مختلفی از راهبردهای واکنش، به‌عمل آورد. هزینه‌های واکنش در خطوط ساحلی را می‌توان از روی الگوریتم‌های توسعه‌یافته براساس تحلیل واکنش‌های پیشین در برابر نفت و مقدار کار و منابع موردنیاز برای برداشت لکه نفتی از انواع مختلف خطوط ساحلی، محاسبه کرد.

### ۳-۳- پیش نویس دستورالعمل‌های پیشنهادی

پیش از ارائه توضیحات تفصیلی‌تر درمورد چهار دستورالعمل پیشنهادی، لازم است تذکرات زیر دراختیار قرارگیرند:

- مآخذ ارقام پولی ارایه شده در دستورالعمل‌های پیشنهادی، عمدتاً برحسب دلار آمریکا بوده و به سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۶ مربوط می‌شوند. برای به‌هنگام سازی آنها، از «شاخص بهای مصرف کننده» آمریکا در طول سال‌های مختلف و تا سال ۲۰۱۷ و با استناد به گزارش‌های صندوق بین‌المللی استفاده شده است.
- بخشی از حوادث و سوانح منجر به آلودگی نفتی به آلوده‌کنندگان غیرایرانی در آب‌های سرزمینی دولت جمهوری اسلامی ایران مربوط بوده و ازاین‌رو توصیه می‌شود در محاسبات مربوط به خسارات اقتصادی وارده، صرفاً از ارقام دلاری استفاده شوند.
- خسارت وارده از سوی آن دسته از حوادث منجر به آلودگی نفتی در مناطق دریایی و ساحلی با منشأ ملی، باید برحسب ریال برآورد شده و در دعاوی حقوقی مورد استناد



قرار گیرند. برای تبدیل دلار به ریال در این زمینه، می‌توان از گزارش شاخص‌های اقتصادی بانک مرکزی در رابطه با نرخ برابری ریال با دلار آمریکا استفاده کرد. آخرین آمار مربوط به نرخ مرجع (بازار بین بانکی) دلار در ۹ ماهه اول سال ۱۳۹۶ (زمان تدوین این دستورالعمل)، این مقدار را ۳۳۳۶۵ ریال نشان می‌دهد. از این‌رو از حاصلضرب این عدد در ارقام دلاری خسارات می‌توان معادل ریالی آنها را محاسبه کرد.

### ۳-۳-۱ - برآورد هزینه‌های پاکسازی با استفاده از ضرایب تصحیح

در روش ساده «برآورد هزینه‌های پاکسازی با استفاده از ضرایب اصلاحی»، همه ارقام مندرج در فهرست هزینه‌های پاکسازی و براساس سناریوهای مختلف احتمالی، به‌عنوان مبنای محاسبات در نظر گرفته می‌شوند. برای این منظور، از رابطه زیر برای برآورد هزینه پاکسازی آلودگی نفتی برای سناریوی A استفاده می‌شود.

$$C_{ui} = C_{li} \cdot t_i \cdot o_i \cdot m_i \cdot s_i$$

$$C_{li} = r_i \cdot l_i \cdot C_n$$

$$C_{ei} = C_{ui} \cdot A_i$$

عناوین هریک از متغیرها در این روابط عبارتند از:

$C_{ui}$ : هزینه واکنش درمقابل نفت نشت‌یافته به‌ازای هر واحد برای سناریوی i

$C_{li}$ : هزینه هر واحد نفت نشت‌یافته برای سناریوی i

$C_n$ : هزینه کلی هر واحد از نفت نشت‌یافته در کشور n

$C_{ei}$ : هزینه کل برآوردی برای واکنش با سناریوی i

$t_i$ : عامل اصلاحی مربوط به نوع نفت برای سناریوی  $i$

$O_i$ : عامل اصلاحی آغشتگی به نفت خط ساحلی برای سناریوی  $i$

$m_i$ : عامل اصلاحی روش پاکسازی آلودگی نفتی برای سناریوی  $i$

$S_i$ : عامل اصلاحی اندازه لکه نفتی برای سناریوی  $i$

$f_i$ : عامل اصلاحی موقعیت منطقه‌ای آلودگی نفتی برای سناریوی  $i$

$l_i$ : ضریب اصلاحی موقعیت محلی آلودگی نفتی برای سناریوی  $i$

$A_i$ : مقدار نشت نفت مشخص شده برای سناریوی  $i$

برای استفاده از روابط بالا، ابتدا باید هزینه‌های پاکسازی،  $C_n$  (هزینه عمومی هر واحد از حجم نفت نشت‌یافته) را محاسبه کرد. میانگین تقریبی هزینه عملیات پاکسازی در قاره‌ها و کشورهای مختلف، قبلاً در جدول شماره (۴) ارائه شدند.

عوامل و ضرایب تصحیح  $t_i$ ،  $O_i$ ،  $m_i$ ،  $S_i$ ،  $f_i$  نیز در جدول شماره (۹) در اختیار قرار گرفته‌اند. ضریب تصحیح محلی  $l_i$  به هزینه‌های محلی بستگی دارد. مثلاً، اگر هزینه‌های نیروی انسانی در محلی ۱۵٪ بیش از منطقه مرجع باشد، ضریب محلی، ۱/۱۵ در نظر گرفته می‌شود.

جدول (۹) ضرایب اصلاحی هزینه‌های پاکسازی برحسب عوامل اثرگذار

| عامل هزینه          | ضریب اصلاحی |
|---------------------|-------------|
| نوع نفت نشت‌یافته   |             |
| نفت خام سبک         | ۰/۳۲        |
| نفت خام             | ۰/۵۵        |
| نفت خام سنگین       | ۰/۶۵        |
| سوخت شماره ۲ (دیزل) | ۰/۱۸        |
| سوخت شماره ۴        | ۱/۸۲        |
| سوخت شماره ۵        | ۱/۸۲        |
| سوخت شماره ۶        | ۰/۷۱        |

| طول ساحل آلوده شده (KM) |                  |
|-------------------------|------------------|
| ۰/۴۷                    | ۱ تا ۰           |
| ۰/۵۴                    | ۵ تا ۲           |
| ۰/۵۴                    | ۱۵ تا ۸          |
| ۰/۶۱                    | ۹۰ تا ۲۰         |
| ۱/۰۶                    | ۱۰۰              |
| ۱/۵۳                    | ۵۰۰              |
| روش اولیه پاکسازی       |                  |
| ۰/۴۶                    | مواد پخش کننده   |
| ۰/۲۵                    | سوزاندن درجا     |
| ۰/۹۲                    | مکانیکی          |
| ۱/۸۹                    | دستی             |
| ۰/۱۰                    | پاکسازی طبیعی    |
| اندازه لکه نفتی         |                  |
| ۲/۰۰                    | کمتر از ۳۴ تن    |
| ۰/۶۵                    | ۳۴ تا ۳۴۰ تن     |
| ۰/۲۷                    | ۳۴۰ تا ۱۷۰۰ تن   |
| ۰/۱۵                    | ۱۷۰۰ تا ۳۴۰۰ تن  |
| ۰/۰۵                    | ۳۴۰۰ تا ۳۴۰۰۰ تن |
| ۰/۰۱                    | بیش از ۳۴ هزارتن |
| موقعیت مکانی آلودگی     |                  |
| ۱/۴۶                    | نزدیک به ساحل    |
| ۱/۲۸                    | بندرگاه          |
| ۰/۴۶                    | فراساحل          |

مدلی که در این قسمت ارائه شده، بسیار شبیه مدل تجربی NOAA (۱۹۸۳) است که بعدها از سوی اداره خدمات مدیریت معادن آمریکا (MMS) اصلاح شد. NOAA این مدل را براساس داده‌های گردآوری شده از حادثه نشت نفت آموکو کادیز نموده بود. در مدل اولیه فرض بر این بود که کنترل لکه نفتی (برداشت و احیا) حدود ۱۵ درصد از کل هزینه‌های پاکسازی را دربر می‌گیرد و هزینه‌های پاکسازی خطوط ساحلی و برداشت نفت نیز ۸۵٪ هزینه‌ها را به خود

اختصاص می‌دهند. بعدها، MMS این مدل را با توجه به فاکتورهای اثرگذار بر هزینه کل و بر مبنای درصدهای هریک از هزینه‌ها، اصلاح نمود. مثلاً استفاده از پخش‌کننده‌ها باعث کاهش احتمالی هزینه‌ها تا ۱۰٪ خواهد شد. دمای آب ممکن است هزینه‌های برداشت را تا ۱۵٪ افزایش یا کاهش دهد. همچنین، نزدیکی به سازمان‌های واکنش مؤثر و تجهیزات واکنش نیز ممکن است هزینه‌ها را تا ۱۵٪ افزایش یا کاهش دهند. در عین حال، هزینه پاکسازی خطوط ساحلی نیز ممکن است تا ۴۵٪، بسته به نوع خط ساحل، تا ۲۰٪ بسته به هزینه‌های منطقه‌ای عملیات و تا ۱۰٪ بسته به انرژی امواج در دریا، افزایش یا کاهش را به دنبال داشته باشد.

### ۳-۲- برآورد هزینه‌ها با استفاده از «مدل تخمین هزینه لکه‌های نفتی»

در «مدل ابتدایی تخمین هزینه لکه‌های نفتی»<sup>۱</sup> (BOSCEM)، هزینه‌های پاکسازی، زیست‌محیطی و خسارات اقتصادی-اجتماعی برآورد و رابطه بین خسارات و نوع لکه نفتی مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای کاهش اثرات لکه‌های نفتی و برنامه‌ریزی واکنش در برابر لکه‌های نفتی احتمالی، عوامل مختلف در قالب این روش، در نظر گرفته شده و با یکدیگر ادغام می‌شوند. این عوامل عبارتند از اثر حجم و اندازه لکه نفتی بر ارزش‌های اقتصادی-اجتماعی محدوده تأثیر پذیرفته، آسیب‌پذیری ذخایر آب شیرین، میزان حساسیت زیستگاه‌های حیات وحش و نیز نوع و موقعیت محدوده متأثر از آلودگی نفتی.

---

<sup>۱</sup> Basic Oil Spill Cost Estimation Model

برای برآورد خسارات ناشی از نشت نفت در مدل BOSCEM، باید اطلاعات مختلفی در رابطه با نوع و حجم نفت، زمان وقوع نشت و غیره گردآوری شوند. براین اساس، اطلاعات ورودی مدل را می‌توان به شرح زیر، معرفی کرد:

- حجم نفت نشت‌یافته (برحسب گالن).
  - هزینه‌های پایه پاکسازی با توجه به نوع نفت نشت‌یافته، روش پاکسازی و ارزش‌های اقتصادی- اجتماعی و محیط‌زیستی محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی
  - ضریب تعدیل مربوط به ارزش‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی
  - ضریب مربوط به نوع محیط محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی
  - ضریب تعدیل مربوط به روش اولیه واکنش و میزان اثرگذاری آن
  - ضریب تعدیل مربوط به آسیب‌پذیری ذخایر آب شیرین محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی
  - ضریب تعدیل مربوط به حساسیت زیستگاه حیات وحش در محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی
- برای محاسبه «مجموع هزینه‌های عملیات پاکسازی» باید سه مؤلفه: «هزینه‌های کل پاکسازی»، «کل هزینه‌های مربوط به خسارات اقتصادی و اجتماعی» و «هزینه‌های کل خسارات محیط‌زیستی» تعیین کرد.

یعنی:

$$SCC = TCC + TECL + TEND$$

دراین رابطه:

▪ مجموع هزینه‌های عملیات پاکسازی با SCC،

▪ هزینه‌های کل پاکسازی با TCC

▪ کل هزینه‌های مربوط به خسارات اقتصادی و اجتماعی با TECL

▪ کل هزینه‌های خسارات محیط‌زیستی با TEND

نشان داده شده است.

سایر متغیرهای موردنیاز نیز از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

رابطه (۱):

هزینه‌های کل پاکسازی = مقدار نفت نشت‌یافته  $\times$  ضریب تعدیل  $\times$  میانگین هزینه پاکسازی هر بشکه نفت نشت‌یافته

رابطه (۲):

کل هزینه‌های مربوط به خسارات اقتصادی و اجتماعی = مقدار نفت نشت‌یافته  $\times$  ضریب تعدیل  $\times$  میانگین هزینه‌های

اقتصادی و اجتماعی هر بشکه نفت نشت‌یافته

رابطه (۳):

کل هزینه‌های خسارات زیست محیطی = مقدار نفت نشت‌یافته  $\times 0/5$  (ضریب تعدیل آسیب‌پذیری ذخایر آب شیرین

+ ضریب تعدیل حساسیت زیستگاه‌های حیات وحش)  $\times$  میانگین هزینه‌های زیست محیطی هر بشکه نفت نشت‌یافته

برای تخمین هزینه‌ها در شرایط فقدان و یا عدم دسترسی به اطلاعات کافی، می‌توان از

برآوردهای ارائه شده در جدول شماره (۱۰) استفاده کرد. شایان ذکر است که هزینه‌های

مربوط به خسارات زیست محیطی هر بشکه نفت را باید با توجه به نوع و حجم نفت نشت‌یافته

برآورد کرد. برای به‌روزرسانی برآوردهای هزینه‌های دلاری متعلق به ایالات متحده آمریکا

در سال انجام مطالعات پایه، از داده‌های مربوط به «شاخص بهای مصرف کننده» (CPI) متعلق به صندوق بین‌المللی پول در سال ۲۰۱۷ استفاده شده است.

جدول (۱۰): هزینه‌های پاکسازی هر بشکه نفت برحسب دلار سال ۲۰۱۷

| نوع نفت           | حجم نفت ریخته شده (بشکه) | پاکسازی به روش مکانیکی (دلار) |     |     |     | پاکسازی با استفاده از مواد پخش کننده (دلار) |      | پاکسازی به روش سوزاندن درجا (دلار) |     |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|---------------------------------------------|------|------------------------------------|-----|
|                   |                          | ۰٪                            | ۱۰٪ | ۲۰٪ | ۵۰٪ | کم                                          | زیاد | ۵۰٪                                | ۸۰٪ |
| نفت سبک           | کمتر از ۱۶               | ۱۳۶                           | ۱۱۵ | ۹۵  | ۷۷  | ۴۹                                          | ۳۴   | ۳۵                                 | ۱۸  |
|                   | ۱۶ تا ۳۲                 | ۱۳۳                           | ۱۱۳ | ۹۲  | ۷۵  | ۴۸                                          | ۳۳   | ۳۴                                 | ۱۶  |
|                   | ۳۲ تا ۳۲۰                | ۱۳۲                           | ۱۱۱ | ۹۱  | ۷۳  | ۴۶                                          | ۳۱   | ۳۳                                 | ۱۵  |
|                   | ۳۲۰ تا ۳۲۰۰              | ۱۱۸                           | ۹۸  | ۸۰  | ۵۶  | ۳۵                                          | ۲۴   | ۲۴                                 | ۱۲  |
|                   | ۳۲۰۰ تا ۳۲ هزار          | ۱۰۰                           | ۸۴  | ۶۷  | ۳۵  | ۲۳                                          | ۱۴   | ۱۴                                 | ۷   |
|                   | بیش از ۳۲ هزار           | ۴۲                            | ۳۵  | ۲۳  | ۱۶  | ۱۵                                          | ۸    | ۱۰                                 | ۴   |
| نفت سنگین         | کمتر از ۱۶               | ۵۹۷                           | ۵۲۴ | ۴۵۵ | ۴۲۱ | ۱۹۰                                         | ۱۲۱  | ۱۷۰                                | ۸۷  |
|                   | ۱۶ تا ۳۲                 | ۵۹۵                           | ۵۲۳ | ۴۵۴ | ۴۲۰ | ۱۸۹                                         | ۱۱۹  | ۱۶۸                                | ۸۶  |
|                   | ۳۲ تا ۳۲۰                | ۵۹۲                           | ۵۲۱ | ۴۵۲ | ۴۱۸ | ۱۸۷                                         | ۱۱۸  | ۱۶۷                                | ۸۴  |
|                   | ۳۲۰ تا ۳۲۰۰              | ۵۵۷                           | ۴۸۷ | ۴۱۸ | ۳۶۳ | ۱۴۰                                         | ۸۴   | ۱۴۰                                | ۶۹  |
|                   | ۳۲۰۰ تا ۳۲ هزار          | ۲۴۳                           | ۲۰۹ | ۱۷۴ | ۱۴۰ | ۸۰                                          | ۷۳   | ۹۸                                 | ۵۶  |
|                   | بیش از ۳۲ هزار           | ۱۱۸                           | ۱۰۵ | ۹۱  | ۴۹  | ۷۲                                          | ۶۷   | ۷۶                                 | ۳۵  |
| نفت خام متوسط     | کمتر از ۱۶               | ۲۹۹                           | ۲۷۰ | ۲۵۷ | ۲۰۸ | ۱۱۵                                         | ۷۲   | ۱۰۲                                | ۶۵  |
|                   | ۱۶ تا ۳۲                 | ۲۹۶                           | ۲۶۸ | ۲۵۴ | ۲۰۵ | ۱۱۴                                         | ۷۱   | ۱۰۰                                | ۶۴  |
|                   | ۳۲ تا ۳۲۰                | ۲۹۲                           | ۲۶۵ | ۲۵۱ | ۲۰۲ | ۱۱۱                                         | ۶۹   | ۹۸                                 | ۶۲  |
|                   | ۳۲۰ تا ۳۲۰۰              | ۲۶۵                           | ۲۵۱ | ۲۳۶ | ۱۸۷ | ۱۰۰                                         | ۴۲   | ۸۴                                 | ۴۲  |
|                   | ۳۲۰۰ تا ۳۲ هزار          | ۱۶۷                           | ۱۶۰ | ۱۵۳ | ۱۲۵ | ۶۷                                          | ۳۹   | ۴۹                                 | ۲۲  |
|                   | بیش از ۳۲ هزار           | ۱۲۵                           | ۱۱۱ | ۱۰۳ | ۸۷  | ۷۹                                          | ۱۸   | ۳۰                                 | ۱۵  |
| ترکیبات نفتی فرار | کمتر از ۱۶               | --                            | ۱۴۰ | --  | --  | --                                          | --   | --                                 | --  |
|                   | ۱۶ تا ۳۲                 | --                            | ۱۳۹ | --  | --  | --                                          | --   | --                                 | --  |
|                   | ۳۲ تا ۳۲۰                | --                            | ۱۳۶ | --  | --  | --                                          | --   | --                                 | --  |
|                   | ۳۲۰ تا ۳۲۰۰              | --                            | ۷۵  | --  | --  | --                                          | --   | --                                 | --  |
|                   | ۳۲۰۰ تا ۳۲ هزار          | --                            | ۳۱  | --  | --  | --                                          | --   | --                                 | --  |
|                   | بیش از ۳۲ هزار           | --                            | ۱۰  | --  | --  | --                                          | --   | --                                 | --  |

تذکر: نکات مهم برای استفاده از جدول:

- برآوردها براساس قیمت هر گالن در مدل فرضی اتکین و دیگران (۲۰۰۳)، با کمک ضریب تعدیل هزینه‌های پاکسازی و درصد کاهش آلودگی برآورد شده‌اند. مدل‌سازی به نوع نفت و مسیر پراکنش آن بستگی دارد (فرانسوا، مک کی و دیگران، ۲۰۰۲).

- هزینه‌های پاکسازی به روش مکانیکی، شامل بازیافت مکانیکی سطح آب، رفع آلودگی نفتی در خطوط ساحلی، تجهیزات، کنترل منبع و سد شناور محافظ هستند.

- هزینه‌های پاکسازی به روش مواد پخش کننده، شامل واکنش در سطح آب با استفاده از مواد پخش کننده، رفع آلودگی نفتی در خطوط ساحلی، تجهیزات، کنترل منبع و سدهای شناور محافظ هستند.

- کاهش آلودگی نفتی در خطوط ساحلی متناسب با درصد رفع آلودگی نفتی در سطح آب است. زیاد/کم بدان معنی است که رفع آلودگی با روش مواد پخش کننده برای سوخت سبک و نفت خام، ۴۰ تا ۸۰ درصد و برای نفت سنگین ۳۵ تا ۷۰ درصد می باشد.

- هزینه‌های سوزاندن نفت درجا، شامل هزینه عملیات سوزاندن نفت در دریا، طبق مطالعه آلن و فرک (۱۹۹۳) و نیز هزینه‌های پاکسازی خطوط ساحلی است.

- منظور از نفت سبک، نفت خام سبک و روغن‌های سبک است.

- منظور از نفت سنگین، نفت خام سنگین، روغن‌های روانکار، قیر و روغن سوخته است.

- منظور از نفت خام متوسط (غیر از موارد موسوم به نفت خام سبک یا سنگین)، سوخت‌های متوسط، موم‌ها، چربی حیوانات، سایر نفت‌ها، روغن‌های خوراکی، روغن‌های گیاهی غیرخوراکی و روغن‌های معدنی است.



- منظور از ترکیبات فراری، سوخت هواپیما، نفت سفید، سوخت شماره یک و میعانات نفت خام است.

جدول (۱۱): هزینه‌های پایه اقتصادی - اجتماعی و محیط‌زیستی هر بشکه نفت به دلار سال ۲۰۱۷

| نوع نفت              | حجم آلودگی<br>(بشکه) | هزینه پایه (دلار برای هر بشکه) |            |
|----------------------|----------------------|--------------------------------|------------|
|                      |                      | اقتصادی - اجتماعی              | محیط‌زیستی |
| ترکیبات نفتی<br>فرار | کمتر از ۱۶           | ۸۸,۳                           | ۶۵,۲       |
|                      | ۱۶ تا ۳۲             | ۳۵۹,۸                          | ۶۱,۱       |
|                      | ۳۲ تا ۳۲۰            | ۵۴۳,۲                          | ۴۷,۵       |
|                      | ۳۲۰ تا ۳۲۰۰          | ۲۴۴,۴                          | ۴۰,۷       |
|                      | ۳۲۰۰ تا ۳۲ هزار      | ۱۲۲,۲                          | ۲۰,۴       |
|                      | بیش از ۳۲ هزار       | ۹۵,۱                           | ۱۳,۶       |
| نفت خام<br>سبک       | کمتر از ۱۶           | ۱۰۸,۶                          | ۱۱۵,۴      |
|                      | ۱۶ تا ۳۲             | ۴۴۸,۱                          | ۱۰۸,۶      |
|                      | ۳۲ تا ۳۲۰            | ۶۷۹,۰                          | ۹۵,۱       |
|                      | ۳۲۰ تا ۳۲۰۰          | ۲۷۱,۶                          | ۸۸,۳       |
|                      | ۳۲۰۰ تا ۳۲ هزار      | ۱۳۵,۸                          | ۴۰,۷       |
|                      | بیش از ۳۲ هزار       | ۱۲۲,۲                          | ۳۳,۹       |
| نفت خام<br>سنگین     | کمتر از ۱۶           | ۲۰۳,۷                          | ۱۲۹,۰      |
|                      | ۱۶ تا ۳۲             | ۸۱۴,۷                          | ۱۲۲,۲      |
|                      | ۳۲ تا ۳۲۰            | ۱۲۲۲,۱                         | ۱۱۵,۴      |
|                      | ۳۲۰ تا ۳۲۰۰          | ۶۷۹,۰                          | ۱۰۱,۸      |
|                      | ۳۲۰۰ تا ۳۲ هزار      | ۲۷۱,۶                          | ۵۴,۳       |
|                      | بیش از ۳۲ هزار       | ۲۳۷,۶                          | ۴۷,۵       |
| نفت خام<br>متوسط     | کمتر از ۱۶           | ۶۷,۹                           | ۱۲۲,۲      |
|                      | ۱۶ تا ۳۲             | ۲۷۱,۶                          | ۱۱۸,۱      |
|                      | ۳۲ تا ۳۲۰            | ۴۰۷,۴                          | ۱۰۸,۶      |
|                      | ۳۲۰ تا ۳۲۰۰          | ۱۹۰,۱                          | ۹۹,۱       |
|                      | ۳۲۰۰ تا ۳۲ هزار      | ۹۵,۱                           | ۴۷,۵       |
|                      | بیش از ۳۲ هزار       | ۸۱,۵                           | ۴۰,۷       |

تذکر: برآوردها، براساس قیمت هر گالن در مدل فرضی اتکین و دیگران (۲۰۰۳) و با کمک

ضریب تعدیل هزینه‌های پاکسازی و درصد کاهش آلودگی برآورد شده‌اند. مدل‌سازی به نوع

نفت و مسیر پراکنش آن بستگی دارد (فرانسوا، مک کی و دیگران، ۲۰۰۲) و گزینه‌های قبلی با توجه به تاثیر نوع نفت بر اساس مشخصات موجود، (مانند مدل NOAA ADIOS برآورد شده‌اند.

جدول (۱۲): ضریب تعدیل هزینه پاکسازی براساس نوع محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی

| نوع محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی ضریب تعدیل |     |
|---------------------------------------------|-----|
| آب آزاد/ساحل                                | ۱   |
| خاک/ماسه                                    | ۰/۶ |
| سنگی / صخره‌ای                              | ۰/۵ |
| تالاب                                       | ۱/۶ |
| زمین جزر و مدی                              | ۱/۴ |
| علفزار                                      | ۰/۷ |
| جنگل                                        | ۰/۸ |
| تایگا                                       | ۰/۹ |
| توندرا                                      | ۱/۳ |

تذکر: مقادیر ضریب، برحسب مقدار انتشار نفت، نفوذپذیری در عمق، درجه حساسیت محدوده تحت تأثیر قرار گرفته، کارکنان و تجهیزات مورد استفاده در عملیات پاکسازی، تغییر می‌نماید.

جدول شماره (۱۳): رتبه‌بندی و ضریب تعدیل ارزش‌های اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی

| درجه ارزش  | ویژگی‌های محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی                                                                          | مصادیق                                                                          | ضریب تعدیل |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| شدید       | محدوده‌های دارای ارزش اقتصادی- اجتماعی بالا که با آلودگی نفتی، بالقوه مستعد آسیب‌های قابل توجه و درازمدت هستند. | محدوده‌های مرتبط با معیشت مردم (مانند مناطق حساس صید تجاری، مزارع پرورش آبزیان) | ۲          |
| بسیار بالا | محدوده‌های دارای ارزش اقتصادی- اجتماعی بالا                                                                     | پارک‌های ملی، زون‌های                                                           | ۱/۷        |

|             |                                                                                                                      |                                                        |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|             | که در صورت آلودگی نفتی، بالقوه مستعد آسیب‌های درازمدت هستند.                                                         | گردشگری، مناظر طبیعی و مناطق تاریخی                    |
| بالا        | محدوده‌های دارای ارزش اقتصادی- اجتماعی متوسط که در صورت آلودگی نفتی، بالقوه مستعد آسیب‌های درازمدت هستند.            | زون‌های تفرجی، مناطق صید تفریحی، مزارع، چراگاه‌ها      |
| متوسط       | محدوده‌های دارای ارزش اقتصادی- اجتماعی متوسط که در صورت آلودگی نفتی، بالقوه مستعد آسیب‌های کوتاه‌مدت هستند.          | زون‌های مسکونی، بوستان‌های بیرون از شهر، حاشیه جاده‌ها |
| کم          | محدوده‌های دارای ارزش اقتصادی- اجتماعی کم که در صورت آلودگی نفتی، ممکن است در کوتاه‌مدت تحت تأثیر آلودگی قرار گیرند. | زون‌های صنعتی کوچک، مناطق تجاری، مناطق شهری            |
| کمترین ارزش | محدوده‌های دارای ارزش اقتصادی- اجتماعی کم که در صورت آلودگی نفتی، دچار آسیب کوتاه‌مدت و ناچیزی می‌شوند.              | زون‌های صنعتی بزرگ، اماکن تخلیه پساب                   |

تذکر:

- منظور از آسیب‌های درازمدت، اثرات ماندگار از چند ماه تا چند سال را می‌گویند که ماه‌ها تا سال‌ها پس از آلودگی نفتی، نسبتاً غیرقابل بازگشت هستند.

- منظور از آسیب‌های کوتاه‌مدت، اثراتی را می‌گویند که چند روز تا چند هفته پس از وقوع حادثه، عموماً قابلیت برگشت دارند.

جدول (۱۴): ضریب تعدیل روش‌های پاکسازی و مقدار اثربخشی

| روش پاکسازی     | مقدار اثربخشی حذف نفت                            | ضریب تعدیل |
|-----------------|--------------------------------------------------|------------|
| بازیابی مکانیکی | ۰٪                                               | ۱/۱۵       |
|                 | ۱۰٪                                              | ۱          |
|                 | ۲۰٪                                              | ۰/۸۵       |
|                 | ۵۰٪                                              | ۰/۵۵       |
| مواد پخش‌کننده  | نفت سبک، نفت خام، سوخت سبک، (کم) (۴۰٪)           | ۰/۴۵       |
|                 | نفت‌های سبک، نفت خام، سوخت‌های سبک، (زیاد) (۸۰٪) | ۰/۲۵       |
|                 | نفت‌های سنگین، (کم) (۳۵٪)                        | ۰/۴        |
|                 | نفت‌های سنگین، (زیاد) (۷۰٪)                      | ۰/۳۵       |
| سوزاندن درجا    | ۵۰٪                                              | ۰/۵۵       |
|                 | ۸۰٪                                              | ۰/۲۵       |

تذکر:

- ضریب تعدیل براساس درصد کاهش گسترش نفت، آلودگی خطوط ساحلی و با توجه به روش پاکسازی، تعیین می‌شود.

- منظور از کم/زیاد، حذف نفت با استفاده از مواد پخش کننده برای سوخت‌های سبک و نفت خام ۴۰ تا ۸۰ درصد و برای نفت‌های سنگین ۳۵ تا ۷۰ درصد است (پوند و دیگران ۲۰۰۰).

جدول (۱۵): ضریب تعدیل آسیب‌پذیری آب شیرین در محدوده تحت‌تأثیر آلودگی

| دسته‌بندی ذخایر آب  | ضریب تعدیل هزینه |
|---------------------|------------------|
| ذخیره آب حیات وحش   | ۱/۷              |
| آب آشامیدنی         | ۱/۶              |
| کاربرد تفرجی        | ۱                |
| کاربرد صنعتی        | ۰/۴              |
| شاخه رودخانه‌های آب | ۱/۲              |
| آشامیدنی و تفرجی    | ۰/۹              |
| سایر موارد ذکر نشده |                  |

جدول (۱۶): ضریب تعدیل حساسیت زیستگاه‌های حیات وحش در محدوده تحت‌تأثیر آلودگی

| نوع زیستگاه     | ضریب تعدیل |
|-----------------|------------|
| شهری/صنعتی      | ۰/۴        |
| حاشیه جاده/حومه | ۰/۷        |
| رودخانه/نهر     | ۱/۵        |
| تالاب           | ۴          |
| کشاورزی         | ۲/۲        |
| علفزار خشک      | ۰/۵        |

|     |                 |
|-----|-----------------|
| ۳/۸ | دریاچه/استخر    |
| ۱/۲ | مصب رودخانه     |
| ۲/۹ | جنگل            |
| ۳   | تایگا           |
| ۲/۵ | توندرا          |
| ۳/۲ | سایر مناطق حساس |

تذکر:

- اگر در محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی، زیستگاه‌های مختلفی وجود داشته باشد، زیستگاهی که دارای بیشترین فراوانی باشد در نظر گرفته می‌شود. اگر در میان پراکنش زیستگاه‌ها رابطه‌ای وجود داشته باشد، گروهی که دارای بیشترین حساسیت و آسیب‌پذیری است (بیشترین ضریب تعدیل)، مورد انتخاب قرار می‌گیرد. همچنین می‌توان میانگین ضرایب زیستگاه‌ها را به عنوان روشی جایگزین انتخاب کرد.

- برای برآورد هزینه‌های موردنظر در این مدل، از اطلاعات مربوط به بیش از ۴۲۸۶۰ نشت نفتی کمتر از ۵۰ گالن روی داده در گذرگاه‌های آبی مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۲، استفاده شده است.

- برای تعیین ضرایب تعدیل، حوادث نفتی بر اساس نوع و حجم نفت نشت یافته و نیز ویژگی‌های عمومی محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی، طبقه‌بندی و تحلیل شده‌اند.

- هزینه‌های پاکسازی، خسارات اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی بر مبنای شاخص قیمت مصرف‌کننده شهری و منطقه‌ای و تفاوت تورم سالیانه و بر اساس دلار سال ۲۰۰۲ تعیین شده است.

شکل زیر، ارتباط بین هزینه‌های لکه نفتی را با ضرایب تعدیل مختلف استفاده شده در مدل BOSCEM نشان می‌دهد.

شکل شماره (۱):

روابط متقابل هزینه‌های

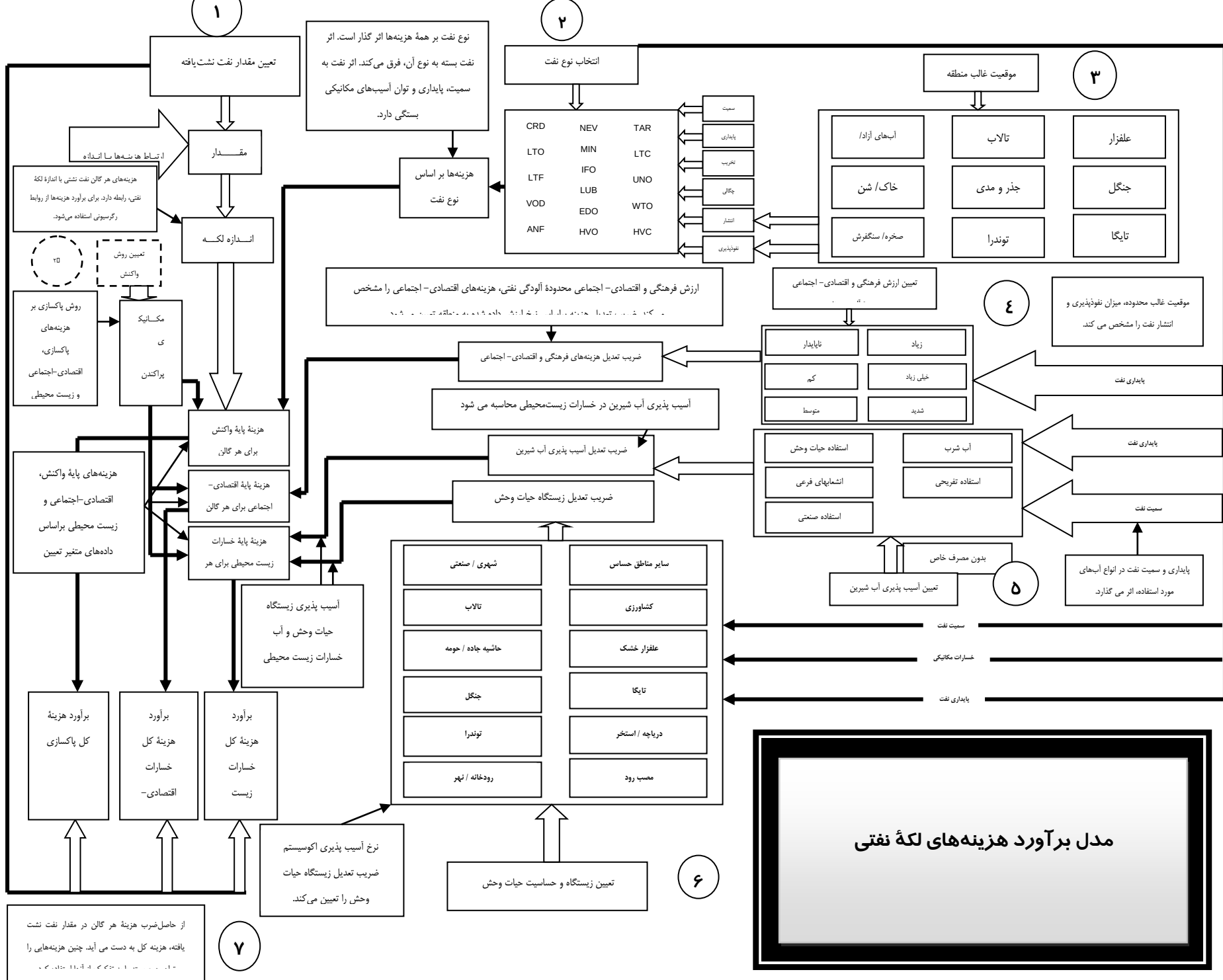
لکه نفتی و ضرایب

تعدیل مربوطه.

تذکر: شماره‌های داخل دایره

ها ترتیب گام‌های کاربر را

نشان می دهد.



### ۳-۳-۳- برآورد هزینه‌ها با استفاده از مدل ابزار تحلیلی اثربخشی واکنش با

#### لکه‌های نفتی

برای مقایسه هزینه‌ها و فواید واکنش (عملیات پاکسازی) در برابر حوادث منجر به نشت نفت، از روشی موسوم به «ابزار تحلیلی اثربخشی واکنش در برابر نشت نفت»<sup>۱</sup> OSRCEAT استفاده می‌شود. این روش، نوعی تحلیل هزینه-فایده گزینه‌های مختلف واکنش در هنگام رخدادهای منجر به تشکیل لکه‌های نفتی (به صورت فرضی یا واقعی)، است. با کمک چنین ابزاری، دست‌اندرکاران برای انجام برنامه‌ریزی اقدامات مناسب برای رویارویی با حوادث احتمالی، قادر خواهند بود که فرآیند تصمیم‌گیری و نیز روش‌های مختلف واکنش با لکه‌های نفتی را با دقت بیشتری مورد ارزیابی قرار دهند. برای استفاده از این مدل باید رشته‌ای از محاسبات عددی مبتنی بر به کارگیری قلم، کاغذ و ماشین حساب و یا از طریق نرم‌افزاری مناسب برای این منظور را دنبال کرد.

پارامترهای ورودی مرتبط با عوامل مکانی و گزینه‌های مورد نظر برای واکنش، امکان لازم برای محاسبه هزینه‌های واکنش، هزینه محیط‌زیست (منابع طبیعی) و پیامدهای اقتصادی و اجتماعی نفت نشت‌یافته را در قالب مدل OSRCEAT فراهم می‌سازد. برای این منظور، خسارات لکه‌های نفتی در دو وضعیت «با» و «بدون» پاسخ (اصلاحی که در اثر واکنش مورد نظر است) واکنش داده می‌شوند. خسارات مربوط به پاسخ (واکنش) از اختلاف خسارات در دو حالت «با» و «بدون» انجام واکنش، کسر می‌شوند تا فواید پاسخ محاسبه شوند. پس از آن، هزینه محاسبه‌شده برای پاسخ با فایده واکنش مورد مقایسه قرار می‌گیرد. همچنین از این روش، می‌توان برای مقایسه گزینه‌های مختلف پاسخ و نیز فواید بالقوه پاسخ‌ها (واکنش‌ها) احتمالی برای پیشینه کردن فایده واکنش، استفاده کرد. به بیان دیگر، این ابزار تحلیلی تصمیم‌سازی امکان مقایسه فواید و هزینه‌های نسبی

---

<sup>۱</sup> Oil Spill Response Cost-Effectiveness Analytical Tool

مربوط به هریک از گزینه‌های مختلف واکنش ایجاد کرده و باعث می‌شود تا بتوان عوامل مختلف اثربخشی هزینه‌ای گزینه‌های مختلف عملیات واکنش را در تحلیل خالص فواید محیط‌زیستی لحاظ ساخت. با در اختیار داشتن اطلاعات خاص هر حادثه (یا سناریوی فرضی خاص) در رابطه با هزینه‌های واکنش (با روش‌شناسی مشخص)، کارآئی واکنش، پیامدهای محیط‌زیستی، پیامدهای اقتصادی و اجتماعی و اثربخشی هزینه‌ای، مسئولین مربوطه قادر خواهند بود تا گزینه‌های آگاهانه‌تری را طی عملیات واقعی واکنش انتخاب کنند. همچنین از این طریق، هزینه‌های بالقوه مربوط به گزینه‌های مختلف واکنش و نیز اثربخشی بالقوه راهبردهای واکنش در برابر حوادث مرتبط با لکه‌های نفتی، بهتر درک و ارزشیابی شده و به بهبود دقت و کیفیت برنامه‌ریزی اضطراری یا راهبردی در این زمینه، یاری می‌رسانند.

شایان ذکر است که پس از وقوع یک حادثه<sup>۱</sup> نفتی باید در زمانی کوتاه و به‌صورت فوری، برنامه‌ریزی دقیقی برای گردآوری نفت نشت‌یافته انجام شود تا پیامدهای مخرب آن کاهش یافته و خسارات محیط‌زیستی به حداقل برسد.

مدل OSRCEAT غیر از برآورد هزینه‌های ناشی از خسارات نشت نفت، امکان ارزشیابی فهرستی از پرسش‌های زیر را نیز فراهم می‌سازد.

- پس از حذف نفت از سطح آب و با در نظر گرفتن رفتار آن (مانند تبخیر و پراکنش، شرایط غالب دمایی آب و باد، کارآئی واکنش مبتنی بر پخش نفت و زمان‌بندی واکنش)، چه مقدار نفت باقی خواهد ماند؟

---

<sup>۱</sup> براساس راهنمای استقرار و توسعه نظام مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست، و سیستم یکپارچه مدیریت وزارت نفت ۱۳۸۷، منظور از حادثه (Incident)، رخدادی است که باعث وارد شدن آسیب به سلامت، بروز بیماری، خسارت به سرمایه یا شخص ثالث و محیط‌زیست به‌صورت بالفعل و یا بالقوه می‌شود.



- برداشت نفت از سطح آب دارای چه پیامدهایی از نظر منابع اقتصادی و اجتماعی بوده و این پیامدها تا چقدر هستند؟
- نفت موجود در خطوط ساحلی، چگونه پخش شده‌اند؟
- چه انواعی، چه مقدار و تا چه اندازه از خطوط ساحلی، تحت تأثیر قرار گرفته‌اند؟
- کدام منابع طبیعی واقع در خطوط ساحلی و تا چه اندازه، تحت تأثیر قرار گرفته‌اند؟
- عملیات واکنش در خطوط ساحلی دارای چه پیامدهایی بر منابع طبیعی این مناطق هستند؟
- عملیات واکنش در خطوط ساحلی تا چه اندازه خسارات نفتی را کاهش می‌دهد؟
- هزینه کل واکنش در برابر نفت نشت یافته به آب و خطوط ساحلی چقدر است؟
- هزینه کل خسارات وارده به منابع طبیعی موجود در دریا و خطوط ساحلی چقدر است؟
- هزینه کل خسارات وارده به منابع اقتصادی و اجتماعی مرتبط با دریا و خطوط ساحلی، چقدر است؟
- نسبت هزینه-فایده واکنش چقدر است؟

### ۳-۳-۱- محدودیت‌های استفاده از مدل

ارزش‌ها و فرمول‌های استفاده شده برای برآورد هزینه‌ها، پیامدها، اثربخشی و فواید ابزار تحلیلی اثربخشی واکنش در برابر نشت نفت، مبتنی بر داده‌های دردسترس مربوط به موارد واقعی نشت نفت، مطالعات میدانی، آزمون‌های آزمایشگاهی، مشاهدات پاسخ‌دهندگان و پژوهشگران درباره نشت نفت و نیز مدلسازی لکه‌های نفتی فرضی است. بدین ترتیب، تقریب‌ها، برآوردها و میانگین‌گیری‌های بسیاری از هزینه‌ها و پیامدهای ذاتی در الگوریتم‌های ابزار به چشم می‌خورند.

درحقیقت، هر لکه نفتی را باید رخدادی ویژه و منحصر به فرد دانست که دارای مجموعه خاصی از شرایط مربوط به آن، است. این شرایط گاهی آنچنان خاص می‌شوند که ممکن است استفاده از OSRCEAT و یا هر مدل دیگری را منتفی سازند. از سوی دیگر، نتایج تحلیل هزینه‌فایده به‌دست آمده از استفاده از این مدل، هم به داده‌های ورودی بستگی دارد و هم به کاربرد الگوریتم‌های مدل. از یک سو خطای بالقوه‌ای که ممکن است در مورد هر یک از عوامل مدل وجود داشته باشد و از سوی دیگر، ویژه بودن هر حادثه نفتی مشخص، گویای کاهش درستی در استفاده از چنین مدلی است. بدین ترتیب، OSRCET را باید ابزار کمکی در اقدامات واکنش در برابر نشت نفت و فرآیند تصمیم‌سازی مرتبط با برنامه‌ریزی شرایط اضطراری به‌شمار آورد و مبنای مناسبی را برای بحث درباره ارزشیابی و تحلیل گزینه‌های واکنش ایجاد می‌کند. براین اساس، استفاده از بهترین اطلاعات قابل دسترس برای یک نشت نفتی مشخص و توجه به راهنمایی‌های تجربی مسئولین واکنش در این زمینه، یک ضرورت به‌شمار می‌آید. بدون تردید، در بسیاری از حوادث منجر به نشت نفت و شکل‌گیری لکه‌های نفتی، حساسیت‌ها و ملاحظات خاصی در مورد منابع موردنظر وجود دارند که باید در گزینه‌های واکنش به آنها توجه نمود.

### ۳-۳-۲- داده‌های ورودی موردنیاز

- در گام نخست باید برای محاسبه «هزینه واکنش در دریا» و «هزینه واکنش در خط ساحلی» تصمیم‌گیری کرد. از جمع بستن این دو نوع هزینه، «هزینه کل واکنش» به‌دست خواهد آمد.
- در گام دوم باید در رابطه با «خسارات منابع طبیعی» و «خسارات اقتصادی-اجتماعی» تصمیم‌گیری کرد. از جمع بستن این دو نوع خسارت، «خسارات کل» به‌دست خواهد آمد.
- در گام سوم، باید محاسبات زیر را انجام داد: «هزینه کل واکنش»؛ «هزینه خسارات» و «خسارات واکنش (خساراتی که در اثر عملیات واکنش ایجاد می‌شوند». پس از آن، «فواید

واکنش» برمبنای واکنش‌های مشخص شده (در مقایسه با عدم انجام واکنش) محاسبه می‌شود. با استفاده از فواید واکنش است که می‌توان راهبردهای واکنش را مورد مقایسه قرارداد.

داده‌هایی که برای متغیرهای مختلف باید در نظر گرفت، دو نوع هستند. یعنی، برای وارد کردن داده‌ها یا باید ارزشی را برای برخی از متغیرها مشخص کرد و یا ارزشی را برای سایر متغیرها، انتخاب نمود. یعنی برای برخی از متغیرها (مانند مقدار نفت نشت یافته) باید ارزشی را مشخص و در مدل وارد کرد. برای سایر متغیرها، باید ارزشی را از میان رشته‌ای از انتخاب‌های موجود انتخاب کرد. مثلاً، نوع نفت را به صورت «نفت متوسط» یا «نفت سبک» مشخص می‌کنند. برای بیشتر متغیرها، گزینه‌هایی به صورت پیش فرض وجود دارند و اگر برای آنها ارزشی انتخاب شود، به صورت پیش فرض ارزشی در مدل در نظر گرفته خواهد شد. چنین ارزش‌های پیش فرضی در اختیار قرار خواهند گرفت.

فهرست داده‌های مورد نیاز برای ورود به مدل، در بخش زیر ارائه شده و شرح کوتاهی در مورد هریک از آنها در اختیار قرار گرفته است.

### ▪ مقدار نفت راه یافته به دریا

برای این منظور، باید مقدار نفت نشت یافته را با واحدی مناسب مانند گالن<sup>۱</sup>/بشکه/تن/مترمکعب و غیره، مشخص کرد.

توجه: حداقل اندازه نشت نفت به صورت پیش فرض، در مدل، ۵۰۰ گالن (۱۱/۹ بشکه) است.

### ▪ نوع نفت

---

<sup>۱</sup> همه محاسبات در داخل مدل برحسب گالن انجام می‌شوند. ولی می‌توان واحد بشکه (۱ بشکه=۴۲ گالن)، تن (۱ تن=۲۹۴ گالن)،

مترمکعب (۱ مترمکعب=۲۶۴،۲ گالن) را نیز انتخاب کرد. نتایج نهایی، نسبت‌های بدون بعد و واحد نشت هم غیرمادی است.

اطلاع داشتن درمورد نوع نفت نشت یافته دارای اهمیت است. دراین مدل، انواع زیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

- بنزین
- سوخت هواپیما
- گازوییل
- نفت خام سبک
- نفت خام سنگین
- نفت خام متوسط
- سوخت شماره ۶
- نفتسوختی متوسط (IFO)
- روغن روانکار

توجه: پیش فرض مدل، نفت خام متوسط است.

#### ▪ روش پاکسازی بر روی آب

تعیین روش پاکسازی و واکنش با آلودگی نفتی بر سطح آب، عامل تعیین کننده‌ای است. حالت‌های ممکن دراین زمینه، عبارتند از:

- عدم اقدام برای مقابله
- پاکسازی به روش مکانیکی
- پاکسازی به روش سوزاندن

- روش استفاده از مواد پخش کننده.

توجه: حالت پیش فرض مدل؛ «عدم واکنش» است.

#### ▪ فاصله تا ساحل

منظور فاصله لکه نفتی تا ساحل است و دراین رابطه، حالت‌های زیر را می‌توان درنظر گرفت:

- نزدیک به ساحل

- کمتر از ۴/۸۲ کیلومتر (۳ مایل)

- ۴/۸۲ تا ۱۶/۱ کیلومتر (۳ تا ۱۰ مایل)

- ۱۶/۱ تا ۸۰/۴۷ کیلومتر (۱۰ تا ۵۰ مایل)

#### ▪ کارآئی واکنش دربرابر نشت نفت بر روی آب

در مدل OSRECAT، امکانی برای مشخص کردن کارآئی واکنش در آب و یا تخمین کارآئی واکنش براساس نوع نفت، انتخاب پوشش و ضخامت نفت شناور، زمان‌بندی واکنش، فاصله تا ساحل و شرایط محیطی غالب، وجود دارد. به بیان دیگر، دو حالت ممکن است:

- مشخص کردن کارآئی واکنش براساس درصد حذف نفت (دراین رابطه، پیش فرضی وجود ندارد) و یا

- انتخاب حالتی که خود برنامه، درصد حذف نفت را براساس زمان‌بندی واکنش، متغیرهای مربوط به شرایط نفتی شدن سطح آب و متغیرهای مربوط به شرایط محیطی غالب (که باید انتخاب و یا مشخص شوند)، برآورد کند.

**زمان‌بندی واکنش:** مشخص کردن زمان‌بندی واکنش برحسب ساعت (از ۱ تا ۹۶ ساعت) (پیش فرضی وجود ندارد).

منظور، زمانی است که برای آماده‌سازی تجهیزات و کارکنان برای اجرای عملیات واکنش در منطقه نزدیک به محدوده ساحلی آلوده‌شده، موردنیاز است. برای لکه‌های نفتی دور از ساحل، زمان را باید بر مبنای فاصله از ساحل، تعدیل کرد (افزایش داد).

- مدت زمان لازم برای فاصله کمتر از ۳ مایل ( $4/82$  کیلومتر) = ۲ ساعت
- مدت زمان لازم برای فاصله بین ۳ تا ۱۰ مایل ( $4/82$  تا  $16/1$  کیلومتر) = ۶ ساعت
- مدت زمان لازم برای فاصله ۱۰ تا ۵۰ مایل ( $16/1$  تا  $80/47$  کیلومتر) = ۱۲ ساعت
- مدت زمان لازم برای فاصله بیش از ۵۰ مایل (حدود ۸۰ کیلومتر) = ۲۴ ساعت

**شرایط آغشتگی سطح آب به نفت:** در این رابطه، دو حالت متفاوت را باید متمایز کرد.

انتخاب پوشش سطحی نفت: که ممکن است به یکی از اشکال زیر باشد:

- پیوسته؛
- شکسته؛
- تکه تکه؛ و
- پراکنده و نامنظم.

در این قسمت، پیش فرضی در مدل وجود ندارد.

انتخاب ضخامت لایه نفتی: لایه نفتی را از نظر ضخامت می‌توان به اشکال زیر دسته‌بندی کرد:

- نفت تازه (Fresh) (با ضخامت حداقل  $0/1$  میلی‌متر)

- درخشش رنگین کمانی (Rainbow Sheen) (با ضخامت ۰/۰۰۰۳ میلی متر)
- ورقه نقره‌ای (Silver Sheet) (ضخامت ۰/۰۰۰۱ میلی متر)
- کف آلود (Mousse) (آب پر از کف: نفت به حالت امولسیون)
- غشاء نازک (Film) (نازک تر از ۰/۰۰۰۱ میلی متر). (پیش فرض: نفت تازه)

### نوع سطح آب

نوع سطح آب آلوده به نفت را باید انتخاب کرد:

- دریایی باز<sup>۱</sup>
- آب شیرین باز<sup>۲</sup>
- خور (مصّب) باز<sup>۳</sup>
- رودخانه بزرگ
- جریان آبی کوچک<sup>۴</sup>
- دریاچه کوچک.
- (پیش فرض: دریایی باز)

شرایط محیطی غالب: در این قسمت باید دمای آب و سرعت و جهت باد غالب را انتخاب کرد:

انتخاب دمای آب:

---

<sup>۱</sup> Open Marine  
<sup>۲</sup> Open Fresh  
<sup>۳</sup> Open Estuary  
<sup>۴</sup> Small Stream

- ۵ درجه سانتیگراد (۴۱ درجه فارنهایت)
  - ۱۰ درجه سانتیگراد (۵۰ درجه فارنهایت)
  - ۲۰ درجه سانتیگراد (۶۸ درجه فارنهایت)؛ و
  - ۳۰ درجه سانتیگراد (۸۶ درجه فارنهایت).
- توجه: پیش فرض مدل، ۲۰ درجه سانتیگراد است.

#### انتخاب بادهای غالب:

- آرام (Calm-Light) (۲ kts)
  - متوسط (Moderate) (۱۵ kts)
  - شدید (Strong) (۲۵ kts)
  - تندباد (Gale) (۳۵ kts)
- توجه: پیش فرض مدل، باد متوسط است.

تعیین جهت باد غالب: که ممکن است دارای حالات زیر باشد:

- از دریا به ساحل و
  - از ساحل به دریا
- توجه: پیش فرض مدل، از دریا به ساحل است.
- محدوده خطوط ساحلی تحت تأثیر

---

<sup>۱</sup> Knots. گره دریایی واحد سرعت وزش باد: ۱ گره دریایی معادل ۱ مایل دریایی بر ساعت یا ۱۸۵۲ متر بر ساعت است. ۱ گره دریایی حدود ۵ متر بر

ثانیه می باشد



با استفاده از جدول زیر، امکان مشخص کردن مساحت (متر مربع) انواع مختلف خطوط ساحلی تحت تأثیر قرار گرفته، وجود دارد. برای این منظور، چند انتخاب برحسب نوع خط ساحلی و ضخامت نفت وجود دارد.

مشخص کردن محدوده ساحلی تحت تأثیر قرار گرفته: مساحت محدوده آلودگی نفتی (برحسب مترمربع) به تفکیک نوع خط ساحلی، ضخامت و پوشش نفت.

مساحت محدوده ساحلی تحت تأثیر را می توان به صورت کیلومتر هم وارد نمود. در صورت استفاده از کیلومتر، باید پهنای خط ساحلی را مشخص کرد. در این حالت، طول و عرض خط ساحلی به متر تبدیل شده (با ضرب کردن آنها در ۱۰۰۰) و مساحت، برحسب مترمربع محاسبه خواهد شد.

جدول (۱۷): داده های ورودی برای محدوده تحت تأثیر خطوط ساحلی

| نوع ساحل<br>(ESI)                                 | نوع پوشش نفت* | لایه نفت با ضخامت بیش از ۱ cm (m <sup>۲</sup> ) | روکش نفت با ضخامت ۰/۱ تا ۱ cm (m <sup>۲</sup> ) | قشر نازک نفت با ضخامت کمتر از ۰/۱ cm (m <sup>۲</sup> ) | لکه های نفتی (m <sup>۲</sup> ) | غشاء نفتی (m <sup>۲</sup> ) |
|---------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| A ۱: صخره ای باز                                  |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| ۲: صخره ای مرتفع                                  |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| ۳: ماسه ای ریز                                    |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| ۴: ماسه ای درشت                                   |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| ۵: مخلوط سنگ و ماسه                               |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| A ۶: ساحل سنگی                                    |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| B ۶: ساختارهای واریزه ای                          |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| ۷: اراضی جزر و مدی باز                            |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| A ۸: صخره ای بسته                                 |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| B ۸: توده سنگی انسان ساز و بسته                   |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| ۹: اراضی جذر و مدی بسته                           |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| A ۱۰: مرداب های نمکی/شور                          |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| B ۱۰: مرداب آب شیرین                              |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| C ۱۰: باتلاق                                      |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| D ۱۰: مانگرو                                      |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |
| * C=پیوسته؛ B=شکسته؛ P: بریده بریده؛ یا S=پراکنده |               |                                                 |                                                 |                                                        |                                |                             |

## ▪ نوع خط ساحلی (ESI)

در این قسمت باید نوع خط ساحلی را از میان گزینه‌های زیر انتخاب کرد:

- A ۱: صخره‌ای باز (Exposed Rocky)
- ۲: صخره‌ای مرتفع (Rocky Platform)
- ۳: ماسه‌ای ریز (Fine Sand)
- ۴: ماسه‌ای درشت (Coarse Sand)
- ۵: مخلوط سنگ و ماسه (Mixed Sand/Gravel)
- ۶A: ساحل سنگی (Gravel Beach)
- ۶B: ساختارهای واریزه‌ای (Riprap Structures)
- ۷: اراضی جذر و مدی باز (Exposed Tidal Flat)
- ۸A: صخره‌ای بسته (Sheltered Rocky Shore)
- ۸B: توده سنگی انسان‌ساز و بسته (Sheletred Solide Manmade)
- ۹: اراضی جذر و مدی بسته (Sheltered Tidla Flat)
- ۱۰A: مرداب‌های نمکی/شور (Salt/Brackish Marsh)
- ۱۰B: مرداب آب شیرین (Freshwater Marsh)
- ۱۰C: باتلاق (Swamp)
- ۱۰D: مانگرو (Mangrove)

در بخش زیر، تصاویر هریک از انواع سواحل، در اختیار گذارده شده‌اند.



**ESI 1A: EXPOSED ROCKY**



**ESI 2: ROCKY PLATFORM**



**ESI 3: FINE SAND**



**ESI 4: COARSE SAND**



**ESI 5: MIXED SAND/GRAVEL**



**ESI 6A: GRAVEL BEACH**





**ESI ʘB: RIPRAP**



**ESI ʘ: EXPOSED TIDAL FLAT**



**ESI ʘA: SHELTERED ROCKY SHORE**



**ESI ʘB: SHELTERED MAN-MADE**



**ESI ʘ: SHELTERED TIDAL FLAT**



**ESI ʘA: SALT TO BRACKISH MARSH**



ESI ۱۰B: FRESHWATER MARSH



ESI ۱۰C: SWAMP



ESI ۱۰D: MANGROVE

#### ▪ پوشش نفتی خط ساحلی

انتخاب پوشش نفتی خط ساحلی:

- پیوسته (Continuous)

- شکسته (Broken)

- بریده بریده (Patchy)

- پراکنده (Sporadic)

(پیش فرض: بریده بریده)



برای آشنایی با هریک از پوشش‌های نفتی در مناطق ساحلی، تصاویر زیر ارائه شده‌اند.



پیوسته (Continuous)



شکسته (Broken)



بریده بریده (Patchy)



پراکنده (Sporadic)

### ▪ ضخامت نفت خط ساحلی

انتخاب ضخامت لایه نفتی در خطوط ساحلی:

- آغشتگی نفتی (Pooled) (ضخامت بیش از ۱ سانتی‌متر)
- روکش نفتی (Cover) با ضخامت (۰/۱ تا ۱ سانتی‌متر)
- قشر نازک نفت (Coat) (ضخامت کمتر از ۰/۱ سانتی‌متر)
- لکه نفتی (Stain)

- غشاء نازک نفتی (Film)

توجه: پیش فرض مدل، قشر نازک است.

برای شناخت بهتر هر یک از اشکال مربوط به ضخامت لکه نفت می‌توان از تصاویر زیر استفاده کرد:



آغستگی نفتی (Pooled)



روکش نفتی (Cover)



قشر نازک نفتی (Coat)



لکه نفتی (Stain)



غشاء نازک نفت (Film)

در صورت نیاز، مدل OSRCEAT می‌تواند محدوده ساحلی متأثر از آلودگی نفتی را براساس داده‌های پیشین درمورد نوع نفت، مقدار نفت نشت‌یافته و کارآئی واکنش، محاسبه کند؛ یا

#### ▪ وضعیت ظاهری نفت ریخته‌شده

انتخاب وضعیت ظاهری نفت ریخته شده در خطوط ساحلی:

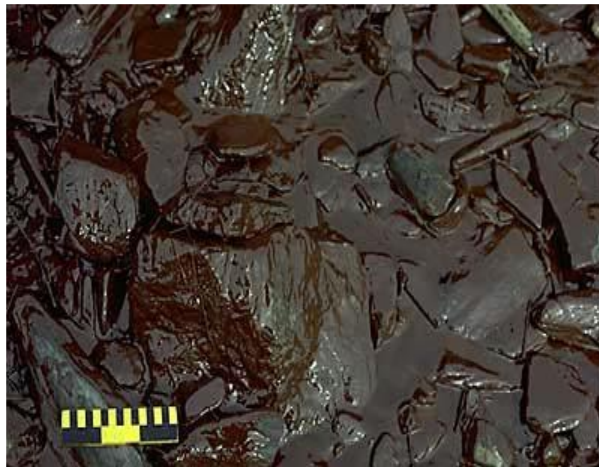
- نفت تازه (Fresh Oil)
  - کف‌آلود (Mousse)
  - گلوله‌های توپی قیراندود (Tarballs)
  - خمیری شکل (Patties)
  - لکه نفتی ریسمانی شکل (Tar Strands)
  - پسماندهای سطحی (Surface Residue)
  - پوشش آسفالتی (Asphalt Pavement)
- (پیش فرض: نفت تازه)



برای فهم بهتر هریک از اشکال نفت نشت یافته می توان از تصاویر زیر استفاده کرد:



نفت تازه (Fresh Oil)



کف آلود (Mousse)



لکه نفتی ریشمانی شکل (Tar Strands)



پسماندهای سطحی (Surface Residue)



گلوله های توپی قیراندود (Tarballs)



خمیری شکل (Patties)



پوشش آسفالتی (Asphalt Pavement)

▪ شیوه واکنش با لکه نفتی در خطوط ساحلی

در این بخش باید شیوه واکنش در برابر لکه نفتی را انتخاب کرد:

- احیای طبیعی (Natural Recovery)
- احیای دستی (Manual)
- روش مکانیکی (Mechanical)
- مواد جاذب (Sorbents)
- مواد ته‌نشین‌ساز (Sediment Rework)
- حذف پوشش گیاهی (Vegetation Removal)
- سوزاندن (Burn)
- غرقابی کردن (Flooding)
- شستشوی سرد با فشار کم (Low-Pressure Cold Wash)
- شستشوی گرم با فشار زیاد (High-Pressure Cold Wash)

- شستشوی داغ با فشار کم (Low-Pressure Hot Wash)
- شستشوی داغ با فشار زیاد (High-Pressure Hot Wash)
- بخارشویی (Steam Clean)
- شن‌شویی (Sand Blast)
- پاک‌کننده‌ها (Cleaning Agents)
- زیست‌درمانی (Bioremediation)

(پیش فرض: احیای طبیعی)

در قالب جدول زیر، برای هریک از سواحل می‌توان شیوه واکنش را انتخاب کرد. در این جدول، باید برای هر خط ساحلی یک شیوه واکنش را انتخاب کرد. آن دسته از واکنش‌هایی که برای خط ساحلی مشخصی، مناسب نیستند با عبارت «NA» به معنی «غیرقابل اطلاق» یا «غیرقابل توصیه» مشخص می‌شوند.

#### ▪ معیار مقدار پاکسازی مورد نیاز<sup>۱</sup> (HCIC)

انتخاب معیاری برای تعیین مقدار پاکسازی مورد نیاز که به اشکال زیر مشخص می‌شود:

- بیشترین مقدار
- بسیار
- متوسط
- اندک

- کمترین مقدار.

(پیش فرض: متوسط)

البته معیار چگونگی پاکسازی، تقریباً جنبه ذهنی دارد. در این باره باید دید که آیا ارزش معیار بالاتر یا پایین تر از معیار متوسط پاکیزگی برای نوع خاصی از خط ساحلی است.



جدول (۱۸): انتخاب شیوه مناسب واکنش برای هر یک از سواحل

| نوع ساحل<br>(ESI)                  | احیای<br>طبیعی | احیای<br>دستی | مکانیکی | مواد<br>جاذب | مواد<br>ته‌نشین<br>ساز | حذف<br>پوشش<br>گیاهی | سوزاندن | غرقابی<br>کردن | LPCW | HPCW | LPWH | HPWH | بخار شویی | شن شویی | پاک‌کننده‌ها | زیست<br>درمانی |
|------------------------------------|----------------|---------------|---------|--------------|------------------------|----------------------|---------|----------------|------|------|------|------|-----------|---------|--------------|----------------|
| A ۱: صخره‌ای باز                   |                |               | NA      |              | NA                     | NA                   |         |                |      |      |      |      |           |         |              |                |
| A ۲: صخره‌ای مرتفع                 |                |               | NA      |              | NA                     | NA                   |         |                |      |      |      |      |           |         |              |                |
| A ۳: ماسه‌ای ریز                   |                |               |         |              | NA                     |                      |         |                |      |      |      |      |           |         |              |                |
| A ۴: ماسه‌ای درشت                  |                |               |         |              | NA                     |                      |         |                |      |      |      |      |           |         |              |                |
| A ۵: مخلوط سنگ و ماسه              |                |               |         |              | NA                     |                      |         |                |      |      |      |      |           |         |              |                |
| A ۶: ساحل سنگی                     |                |               |         |              | NA                     |                      |         |                |      |      |      |      |           | NA      |              |                |
| B ۶: ساختارهای واریزه‌ای           |                |               |         |              |                        |                      |         |                |      |      |      |      |           | NA      |              |                |
| A ۷: اراضی جزر و مدی باز           |                |               |         |              |                        |                      |         |                |      |      |      |      |           | NA      |              |                |
| A ۸: صخره‌ای بسته                  |                |               |         |              | NA                     | NA                   |         |                |      |      |      |      |           | NA      |              |                |
| B ۸: توده سنگی انسان‌ساز<br>و بسته |                |               |         |              | NA                     | NA                   |         |                |      |      |      |      |           | NA      |              |                |
| A ۹: اراضی جذر و مدی بسته          |                |               |         |              |                        |                      |         |                |      |      |      |      |           | NA      |              |                |
| A ۱۰: مرداب‌های<br>مکی/شور         |                |               |         |              |                        |                      |         |                |      |      |      |      |           | NA      |              |                |
| B ۱۰: مرداب آب شیرین               |                |               |         |              |                        |                      |         |                |      |      |      |      |           | NA      |              |                |
| C ۱۰: باتلاق                       |                |               |         |              |                        |                      |         |                |      |      |      |      |           | NA      |              |                |
| D ۱۰: مانگرو                       |                |               |         |              |                        |                      |         |                |      |      |      |      |           | NA      |              |                |





## ▪ منابع اقتصادی اجتماعی مبتنی بر خط ساحلی

در این مرحله باید منابع اقتصادی- اجتماعی ساحلی که در معرض خطر نفتی شدن قرار گرفته‌اند را انتخاب کرد. در اینجا می‌توان بیش از یک مورد را انتخاب کرد. ولی باید به‌خاطر داشت که الگوریتم‌های محاسباتی هزینه‌چنین منابعی، مبتنی بر مقدار کل نفتی است که خط ساحلی را آلوده می‌سازد. فاکتورهای اصلاحی روی هم گذاری می‌شوند، به‌طوری که اگر دو یا چند منبع انتخاب شوند، خسارات آنها با یکدیگر جمع بسته خواهند شد. اگر نفتی مشابه باعث خسارات متفاوتی در جاهای مختلف شود، بهتر است بیش از یک منبع انتخاب شود. چنانچه نفت به‌صورت کلی، عمدتاً پیامد بر روی نوع خاصی از منبع داشته باشد، باید حساس‌ترین و پرهزینه‌ترین پیامد را مورد توجه قرار داد.

انتخاب منابع اقتصادی- اجتماعی مبتنی بر ساحل از بین موارد زیر صورت می‌گیرد:

- ساحل گردشگری
- تماشا و بازدید حیات وحش
- ساحل صنعتی
- بندر
- ساحل مسکونی
- ساحل دارای ارزش بالا
- ساحل دارای ارزش متوسط
- ساحل دارای ارزش کم

توجه: پیش فرض مدل، ارزش متوسط است.



## منابع طبیعی موجود در ساحل

انتخاب منابع طبیعی موجود در ساحل از میان وارد زیر انجام می شود:

- پرندگان
  - پستانداران
  - گونه های در معرض خطر انقراض
  - حساسیت زیاد
  - حساسیت متوسط
  - حساسیت کم
- توجه: پیش فرض مدل، حساسیت متوسط است.

## منابع اقتصادی-اجتماعی مبتنی بر آب

انتخاب منابع اقتصادی-اجتماعی مبتنی بر آب:

- فعالیت های شیلاتی
- بنادر
- قایقرانی تفریحی
- تاسیسات آبیگری
- آب شرب
- ماهیگیری تفریحی
- سایر موارد با اهمیت

- کاربری کم

توجه: پیش فرض مدل، «سایر موارد با اهمیت» است.

### منابع طبیعی مبتنی بر آب

انتخاب منابع طبیعی مبتنی بر آب موارد زیر را دربر می گیرد:

- ماهیان
- پستانداران
- پرندگان
- صخره های مرجانی
- سایر موارد مهم
- منابع کم اهمیت.

### ۳-۳-۳- گام های محاسباتی هزینه ها

دراین مدل برای محاسبات هزینه های مختلف مدل ۱۵ گام به شرح زیر برداشته می شوند.

#### گام اول: محاسبه درصد نفت باقیمانده

درصد نفت باقیمانده به نوع نفت و زمان واکنش در برابر آن بستگی دارد. پیشتر اشاره شد که زمان

آمادگی را باید بر مبنای فاصله تا ساحل، تعدیل کرد. یعنی:

- اگر فاصله تا ساحل صفر باشد (وقوع حادثه نفتی در نزدیکی ساحل)، زمان برحسب ساعت،

صفر در نظر گرفته می شود.

- اگر فاصله کمتر از ۳ مایل (۴/۸۲ کیلومتر) باشد، زمان ۲ ساعت اضافه می‌شود.
  - اگر فاصله بین ۳ تا ۱۰ مایل (۴/۸۲ تا ۱۶/۱ کیلومتر) باشد، زمان به مقدار ۶ ساعت اضافه می‌شود.
  - اگر فاصله بین ۱۰ تا ۵۰ مایل (۱۶/۱ تا ۸۰/۴۷ کیلومتر) باشد، زمان به مقدار ۱۲ ساعت اضافه می‌شود.
  - اگر فاصله بیش از ۵۰ مایل (۸۰ کیلومتر) باشد، زمان به مقدار ۲۴ ساعت اضافه می‌شود.
- در محاسبات، زمان تعدیل شده واکنش مورد استفاده قرار می‌گیرد. درصد باقیمانده در صورتی که از پیش فرض دمای ۲۰ درجه با باد ۱۵ نات استفاده نشود، بعداً باید برحسب ضرایب اصلاحی باد و/یا دما تعدیل شوند.

درصد نفت باقیمانده  $\times$  مقدار نفت ریخته شده = مقدار نفت باقیمانده (برحسب گالن و پیش از واکنش)

توجه: مقدار نفت باقیمانده در برآورد خسارت نفت بدون انجام واکنش، استفاده خواهد شد.

**گام دوم: محاسبه خسارات وارده به منابع اقتصادی-اجتماعی بر روی آب (هزینه‌های D و B)**

خسارت‌ها براساس نوع نفت و مقدار نشت نفت (G)، برآورد می‌شوند. نتیجه به دست آمده، گویای هزینه‌های هرگالن نفتی است که به بیرون نشت پیدا کرده است. باید نتیجه کلی حاصله را در مقدار نفت و ضرایب اصلاحی (بسته به منابع اقتصادی اجتماعی انتخاب شده) مربوطه، ضرب کرد.

منظور از هزینه B، همان «کل خسارات اقتصادی، اجتماعی روی آب» پس از واکنش است که بر مبنای «نوع نفت»، «مقدار نشت نفت» و «منابع اقتصادی، اجتماعی وابسته به آب که در مدل انتخاب شده»، اثرگذار است.

منظور از هزینه D، همان «کل خسارات اقتصادی، اجتماعی روی آب» در صورت عدم انجام هرگونه واکنشی است. این متغیر بر مبنای «نوع نفت» و «مقدار واقعی نفت بر روی آب» درحالتی است که واکنشی انجام نشود.

#### گام سوم: محاسبه پیامد واکنش بر روی آب (هزینه F)

این گام برای هنگامی است که:

- واکنش بر روی آب با روش پخش کننده‌ها (DISPERSANT) انجام شود، و
  - منابع اقتصادی- اجتماعی وابسته به آب، شامل ماهیگیری، آب شرب، ماهیگیری تفرجی و/یا تأسیسات آبگیری باشد.
- در این صورت، پیامد واکنش در آب، برابر با ۰/۱۲ خسارات اقتصادی- اجتماعی مربوط با آب خواهد بود. یعنی:

|                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| $(\text{خسارات اقتصادی} - \text{اجتماعی روی آب}) \times 0/12 = \text{اثر واکنش روی آب}$ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|

منظور از هزینه F، خسارات وارده به منابع طبیعی و نیز خسارات اقتصادی- اجتماعی در اثر انجام واکنش است.

#### گام چهارم: محاسبه میزان خسارات وارده به منابع طبیعی روی آب (هزینه‌های E و C)

در این رابطه، نوع نفت و مقدار نشت نفت (G) مهم است. با در نظر گرفتن مقدار نفت ریخته‌شده، هزینه‌های هر گالن نفت محاسبه می‌شود. از حاصل ضرب هزینه‌های هر گالن نفت در مقدار نفت ریخته‌شده و ضرایب اصلاح کننده (بسته به منابع طبیعی انتخاب شده)، خسارت‌های وارده به

منابع طبیعی روی آب، برآورد می شوند. اگر در مدل، بیش از یک منبع انتخاب شود، خسارت‌ها با هم جمع بسته خواهند شد. انتخاب بیش از دو منبع هم، نتایج را دچار اریب خواهد نمود.

منظور از هزینه E، خسارات وارده به منابع اقتصادی-اجتماعی روی آب در صورت عدم انجام واکنش است.

منظور از هزینه C، خسارات وارده به منابع طبیعی است.

**گام پنجم: محاسبه کارآئی واکنش در برابر لکه‌های نفتی روی آب (درصد برداشت نفت از آب)**

کارآئی واکنش در آب، بر مبنای دو رابطه تعیین می‌شود:

- زمان تعدیل شده واکنش برای روش مکانیکی،
- نوع نفت برای واکنش به روش DISPERSANT.
- در روش «سوزاندن»، اگر زمان تعدیل شده واکنش کمتر از ۳۶ ساعت باشد، کارآئی واکنش ۵۰٪ خواهد بود. البته باید توجه داشت که روش «سوزاندن»، هنگامی کاربرد خواهد داشت که:
- اولاً، نفت از نوع سوخت هواپیما و بنزین نباشد؛ یا
- ثانیاً، فاصله تا ساحل، «نزدیک» یا کمتر از ۳ مایل باشد؛ یا
- ثالثاً، باد از نوع شدید یا تندباد باشد.
- اگر واکنشی صورت نگیرد، کارآئی واکنش نیز برابر با صفر خواهد بود.

تذکر: البته می‌توان کارآئی واکنش را به‌طور مستقیم و بدون توجه به ملاحظات بالا هم در مدل وارد کرد.

### گام ششم: محاسبه هزینه واکنش روی آب (هزینه A)

هزینه واکنش روی آب از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{هزینه دفع} + (\text{هزینه اضافی هر گالن} \times \text{مقدار نفت ریخته شده}) + \text{هزینه پایه تجهیزات} + \text{هزینه پایش پایه} = \text{هزینه واکنش روی آب}$$

- هزینه پایه پایش از فرمول مبتنی بر مقدار نفت ریخته شده به دست می‌آید.
- هزینه پایه تجهیزات از فرمول مبتنی بر مقدار نفت ریخته شده به دست می‌آید. (اگر واکنشی انجام نشود، هزینه این قسمت، صفر خواهد بود).
- هزینه هر گالن از جدول مربوط به نوع نفت و روش واکنش به دست می‌آید.
- هزینه هر گالن باید در مقدار نفت ریخته شده، ضرب گردد.
- هزینه دفع فقط برای واکنش به روش مکانیکی محاسبه می‌شود و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$(\text{مقدار نفت نشت یافته} \times \text{کارآیی واکنش} \times \text{درصد نفت باقیمانده}) \times 5 = \text{هزینه دفع}$$

### گام هفتم: محاسبه میزان واقعی نفت باقیمانده

$$[\text{درصد کارآیی واکنش} - 100\%] \times [\text{مقدار نفت نشت یافته} \times \text{درصد نفت باقیمانده}] = \text{میزان واقعی نفت باقیمانده}$$

اگر جهت وزش باد از طرف ساحل به دریا «و» فاصله تا ساحل، ۱۶-۵ کیلومتر (۳ تا ۱۰ مایل)، ۸۰-۱۶ کیلومتر (۱۰ تا ۵۰ مایل) و یا ۸۰ کیلومتر (۵۰ مایل) باشد «و» همچنین آب سطحی، منطقه دریایی باز یا آب شیرین باز باشد، مقدار واقعی نفت باقیمانده باید با ضرب آن در عدد ۰/۱ تعدیل شود.

### گام هشتم: محاسبه مساحت واکنش در برابر نفتی شدن خط ساحلی

آغستگی خط ساحلی به نفت بر مبنای حاصل ضرب مقدار واقعی نفت باقیمانده در  $3/785$  مترمربع محاسبه می‌شود که مساوی با «کل محدوده ساحلی آغشته به نفت» ( $m^2$ ) است. در اینجا فرض می‌شود که ضخامت به شکل قشر نازک نفتی (Coat) و پوشش آن هم به شکل پیوسته (Continuous) است.

$$\text{کل محدوده ساحلی آغشته به نفت } (m^2) = 3/785 \times \text{مقدار نفت واقعی باقیمانده}$$

برای این منظور باید نوع (انواع) کنونی خط ساحلی را انتخاب کرد. در مدل فرض بر این است که «کل محدوده ساحلی آغشته به نفت»، به شکل یکسانی در بین انواع خطوط ساحلی منتخب، پراکنده شده است (اگر بیش از یک نوع ساحل وجود داشته باشد). همچنین باید کل محدوده را بر تعداد انواع سواحل منتخب، تقسیم کرد (مثلاً، اگر ۱۰ هزار گالن نفت در چهار نوع ساحل باعث آغستگی به نفت شود، هر یک از سواحل چهارگانه، در مساحتی به اندازه ۲۵۰۰ گالن ضربدر  $3/785$  مترمربع، نفت دریافت خواهند کرد. یعنی محدوده توزیع نفت برای هر یک از انواع سواحل، مساوی با  $3/785 \times 2500$  مترمربع خواهد بود).

البته می‌توان از این بخش عبور کرده و در مدل، صرفاً نوع آغستگی به نفت در خط ساحلی را از روی جدول، مشخص کرد. برای این منظور، کافی است که نوع یا انواع سواحل، پوشش و ضخامت نفت را انتخاب کرد.

### گام نهم: محاسبه هزینه واکنش در خطوط ساحلی (هزینه G)

هزینه واکنش در برابر نفت نشت یافته در خط ساحلی به مساحت تحت پوشش آلودگی، نوع ساحل، نوع نفت، ضخامت، پوشش نفت و مقدار پاکسازی مورد نیاز (HCIC) بستگی دارد. همچنین، هزینه واکنش به ازاء واحد سطح، بستگی به نوع ساحل، نوع نفت و ضخامت لایه نفت دارد.

هزینه واحد سطح واکنش در ساحل  $\times$  وسعت محدوده پوشیده از نفت  $\times$  ضریب تعدیل پوشش نفت  $\times$  ضریب تعدیل نیاز به پاکسازی (HCIC)

در صورت انتخاب چند نوع ساحل، هزینه واکنش در ساحل را باید از طریق جمع بستن «هزینه واحد سطح» هریک از انواع خط ساحلی/ضخامت نفت در ضریب تعدیل پوشش نفتی و سپس، حاصل ضرب نتیجه در تعدیل کننده HCIC به دست آورد. یعنی:

$$G_T = G_1 + G_2 + G_3 + \dots$$

### گام دهم: محاسبه اثربخشی واکنش در خطوط ساحلی

اثربخشی واکنش در ساحل با نوع ساحل، روش واکنش و مقدار پاکسازی مورد نیاز (HCIC) در خط ساحلی ارتباط دارد. براساس جدول «اثربخشی انواع روش های واکنش» که در زیر ارائه شده، برای اثربخشی بیشتر از ۸۰٪ از حرف H، ۵۰٪ از حرف M و کمتر از ۱۰٪ از حرف L استفاده می شود. سپس، این عامل برای کاهش پیامدها بر روی منابع طبیعی و شرایط اقتصادی و اجتماعی ساحل، مورد استفاده قرار می گیرد. در صورتی که بیشتر از یک نوع ساحل/روش واکنش انتخاب شود، باید میانگین کارایی واکنش را با استفاده از روش میانگین وزنی مبتنی بر محدوده های نسبی انواع مختلف سواحل، محاسبه کرد.

جدول (۱۹): اثربخشی روش های واکنش بر حسب نوع ساحل

| نوع خط ساحلی |         |         |         |   |        |        |   |     |     |   |   |   |   | روش واکنش |
|--------------|---------|---------|---------|---|--------|--------|---|-----|-----|---|---|---|---|-----------|
| ۱۰<br>D      | ۱۰<br>C | ۱۰<br>B | ۱۰<br>A | ۹ | ۸<br>B | ۸<br>A | ۷ | ۶ B | ۶ A | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ |           |



|                                                                  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                           |
|------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------------|
| L                                                                | L  | L  | L  | L  | M  | M  | M  | H  | M  | L  | L  | L  | H  | H  | طبیعی                     |
| M                                                                | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | دستی                      |
| M                                                                | M  | M  | M  | M  | L  | M  | L  | L  | M  | M  | M  | M  | NA | NA | مکانیکی                   |
| L                                                                | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | مواد جاذب                 |
| L                                                                | L  | L  | L  | L  | NA | NA | M  | L  | M  | M  | M  | M  | NA | NA | ته نشینی دوباره           |
| M                                                                | M  | M  | M  | M  | NA | NA | L  | L  | NA | NA | NA | NA | NA | NA | حذف پوشش گیاهی            |
| M                                                                | M  | M  | M  | M  | L  | L  | M  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | احتراق                    |
| L                                                                | L  | L  | L  | L  | M  | M  | L  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | شستشوی شدید               |
| L                                                                | L  | L  | L  | L  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | شستشوی فشار کم و آب سرد   |
| L                                                                | L  | L  | L  | L  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | M  | شستشوی فشار زیاد و آب سرد |
| L                                                                | L  | L  | L  | L  | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  | شستشوی فشار کم و آب گرم   |
| L                                                                | L  | L  | L  | L  | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  | شستشوی فشار زیاد و آب گرم |
| L                                                                | L  | L  | L  | L  | H  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | H  | H  | بخارشویی                  |
| NA                                                               | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | L  | L  | L  | M  | M  | M  | شن شویی                   |
| L                                                                | L  | L  | L  | L  | M  | M  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | M  | M  | AGENT                     |
| L                                                                | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | L  | درمان زیستی               |
| *غیر قابل توصیه یا غیر قابل اجرا = NA، H = ۰/۸، M = ۰/۵، L = ۰/۱ |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                           |

### گام یازدهم: محاسبه هزینه پیامد واکنش در خطوط ساحلی (هزینه J)

برای محاسبه پیامد واکنش در ساحل، سه حالت مختلف قابل تفکیک است: «پیامد زیاد» (H)، «پیامد متوسط» (M) و «پیامد اندک» (L). البته حالت چهارمی را می‌توان برای موارد خاص با علامت (NA) در نظر گرفت.

همچنین، برای محاسبه هزینه‌های مربوط به پیامد واکنش در خطوط ساحلی باید هزینه واکنش در ساحل را در ضریب تعدیل پیامد واکنش، ضرب کرد. ضریب تعدیل پیامد واکنش براساس ارقام ارائه شده در جدول مربوطه تعیین می‌شود و مبتنی بر نوع ساحل و روش واکنش به کار رفته است. برای این ضریب سه حالت در نظر گرفته شده است:  $H = 0/3$ ؛  $M = 0/1$  و  $L = 0$ . برای حالت (NA)، از عنوان خطا استفاده می‌شود.

آنگاه، نتیجه کلی در فاکتور میزان نیاز به پاکسازی (HCIC) ضرب می‌شود.

ضرایب HCIC عبارتند از:

- HCIC بیشینه (ضربدر ۳/۰)

- HCIC زیاد یا بالا (ضربدر ۱/۵)

- HCIC متوسط (ضربدر ۱/۰)

- HCIC کم یا پائین (ضربدر ۰/۵)

- HCIC کمینه (ضربدر ۰/۱)

پیامد واکنش در ساحل = عامل HCIC x ضریب تعدیل پیامد واکنش x هزینه واکنش در ساحل

جدول (۲۰): پیامد واکنش در خطوط ساحلی به تفکیک نوع ساحل

| نوع خط ساحلی                         |      |      |      |    |     |     |    |     |     |    |    |    |    |     | روش واکنش                   |
|--------------------------------------|------|------|------|----|-----|-----|----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----------------------------|
| D ۱۰                                 | C ۱۰ | B ۱۰ | A ۱۰ | ۹  | B ۸ | A ۸ | ۷  | B ۶ | A ۶ | ۵  | ۴  | ۳  | ۲  | A ۱ |                             |
| L                                    | L    | L    | L    | L  | M   | M   | M  | H   | M   | L  | L  | L  | H  | H   | طبیعی                       |
| M                                    | M    | M    | M    | M  | M   | M   | M  | M   | M   | M  | M  | M  | M  | M   | دستی                        |
| M                                    | M    | M    | M    | M  | L   | M   | L  | L   | M   | M  | M  | M  | NA | NA  | مکانیکی                     |
| L                                    | L    | L    | L    | L  | L   | L   | L  | L   | L   | L  | L  | L  | L  | L   | مواد جاذب                   |
| L                                    | L    | L    | L    | L  | NA  | NA  | M  | L   | M   | M  | M  | M  | NA | NA  | ته نشینی دوباره             |
| M                                    | M    | M    | M    | M  | NA  | NA  | L  | L   | NA  | NA | NA | NA | NA | NA  | حذف پوشش گیاهی              |
| M                                    | M    | M    | M    | M  | L   | L   | M  | L   | L   | L  | L  | L  | L  | L   | احتراق                      |
| L                                    | L    | L    | L    | L  | M   | M   | L  | M   | M   | M  | M  | M  | M  | M   | شستشوی شدید                 |
| L                                    | L    | L    | L    | L  | M   | M   | M  | M   | M   | M  | M  | M  | M  | M   | شستشو با فشار کم و آب سرد   |
| L                                    | L    | L    | L    | L  | M   | M   | M  | M   | M   | M  | M  | M  | M  | M   | شستشو با فشار زیاد و آب سرد |
| L                                    | L    | L    | L    | L  | H   | H   | H  | H   | H   | H  | H  | H  | H  | H   | شستشو با فشار کم و آب گرم   |
| L                                    | L    | L    | L    | L  | H   | H   | H  | H   | H   | H  | H  | H  | H  | H   | شستشو با فشار زیاد و آب گرم |
| L                                    | L    | L    | L    | L  | H   | L   | L  | L   | L   | L  | L  | L  | H  | H   | بخارشویی                    |
| NA                                   | NA   | NA   | NA   | NA | NA  | NA  | NA | NA  | L   | L  | L  | M  | M  | M   | شن شویی                     |
| L                                    | L    | L    | L    | L  | M   | M   | L  | L   | L   | L  | L  | L  | M  | M   | AGENT                       |
| L                                    | L    | L    | L    | L  | L   | L   | L  | L   | L   | L  | L  | L  | L  | L   | درمان زیستی                 |
| *غیرقابل توصیه یا غیر قابل اجرا = NA |      |      |      |    |     |     |    |     |     |    |    |    |    |     |                             |

گام دوازدهم: محاسبه خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی در خطوط ساحلی (هزینه H)

هزینه اقتصادی- اجتماعی هر گالن نفت مرتبط با خطوط ساحلی از رابطه‌ای به دست می‌آید که در آن، نوع نفت و مقدار نفتی که به ساحل رسیده (همان مقدار واقعی نفت باقیمانده) در ضریب تعدیل منبع اقتصادی- اجتماعی ساحلی، ضرب گردیده‌است. همچنین، باید حاصل ضرب هزینه هر گالن در مقدار واقعی نفت باقیمانده محاسبه شود.

برای به دست آوردن «خسارات واقعی مربوط به منبع اقتصادی اجتماعی ساحلی» باید خسارت‌های منبع اقتصادی- اجتماعی خطوط ساحلی باید در تفاضل درصد اثربخشی واکنش در ساحل و ۱۰۰٪ ضرب شود. یعنی:

$$\text{خسارات منبع اقتصادی، اجتماعی ساحلی} \times (\text{درصد اثربخشی واکنش} - 100\%) = \text{خسارات واقعی منبع اقتصادی، اجتماعی ساحلی}$$

#### گام سیزدهم: محاسبه خسارت‌های وارده به منابع طبیعی ساحلی (هزینه ا)

همانند گام پیشین، هزینه منبع طبیعی ساحلی به ازای هر گالن، از رابطه‌ای براساس حاصل ضرب نوع نفت و مقدار نفتی که به ساحل رسیده (همان مقدار واقعی نفت باقیمانده) در ضریب تعدیل منبع طبیعی ساحلی، محاسبه می‌شود.

سپس، خسارت‌های منبع طبیعی ساحلی باید در تفاضل درصد اثربخشی واکنش در ساحل از ۱۰۰٪ ضرب شود تا خسارت‌های واقعی منبع طبیعی ساحلی به دست آید. یعنی:

$$\text{خسارت‌های منبع طبیعی ساحلی} \times (\text{درصد اثربخشی واکنش} - 100\%) = \text{خسارت‌های واقعی منبع طبیعی ساحلی}$$

#### گام چهاردهم: محاسبه خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی و منابع طبیعی روی آب و

ساحلی بدون انجام واکنش (هزینه‌های E، D، K و L)

برای برآورد خسارت‌های منابع طبیعی و اقتصادی- اجتماعی روی آب، از همان نتایج گام‌های دوم و چهارم استفاده می‌شود.

برای برآورد خسارت‌های منابع طبیعی و اقتصادی- اجتماعی ساحلی، گام‌های ۱۲ و ۱۳ تکرار می‌شوند؛ با این تفاوت که باید حداقل درصد نفت باقیمانده را در مقدار نفت ریخته‌شده ضرب کرد.

### گام پانزدهم: محاسبه هزینه‌های کل

الف- هزینه کل واکنش (TRC) که از حاصل جمع دو هزینه زیر به‌دست می‌آید:

- هزینه کل واکنش بر روی آب که با Cost A، نمایش داده می‌شود؛
- هزینه کل واکنش در خط ساحلی که با Cost G، نمایش داده می‌شود.

یعنی:

$$\text{TRC} = \text{Cost A} + \text{Cost G}$$

ب- هزینه کل پیامد واکنش (TRI) که از حاصل جمع دو هزینه زیر به‌دست می‌آید:

- هزینه پیامد واکنش بر روی آب که با Cost F نمایش داده می‌شود؛
- هزینه پیامد واکنش در خط ساحلی که با Cost J نمایش داده می‌شود.

یعنی:

$$\text{TRI} = \text{Cost F} + \text{Cost J}$$

ج- خسارات کل بدون انجام واکنش (TDWOR) که از حاصل جمع چهار هزینه زیر به‌دست می‌آید:

- هزینه کل خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی روی آب بدون انجام واکنش که با Cost D نمایش داده می‌شود؛

- هزینه کل خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی خط‌ساحلی بدون انجام واکنش که با Cost K نمایش داده می‌شود؛

- هزینه کل خسارت‌های منبع طبیعی روی آب بدون انجام واکنش که با Cost E نمایش داده می‌شود؛

- هزینه کل خسارت‌های منبع طبیعی خط‌ساحلی بدون انجام واکنش که با Cost L نمایش داده می‌شود؛

یعنی:

$$\text{TDWOR} = \text{Cost D} + \text{Cost E} + \text{Cost K} + \text{Cost L}$$

د- خسارات کل پس از انجام واکنش (TDWR) که از مجموع چهارهزینه زیر به دست می‌آید:

- هزینه کل خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی روی آب پس از انجام واکنش که با Cost B نمایش داده می‌شود؛

- هزینه کل خسارت‌های وارده به منبع طبیعی روی آب پس از انجام واکنش که با Cost C نمایش داده می‌شود؛

- هزینه کل خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی خط‌ساحلی پس از انجام واکنش که با Cost H نمایش داده می‌شود؛

- هزینه کل خسارت‌های منبع طبیعی خط‌ساحلی پس از انجام واکنش که با Cost I نمایش داده می‌شود؛

یعنی:

$$TDWR = \text{Cost B} + \text{Cost C} + \text{Cost H} + \text{Cost I}$$

برای محاسبه فایده انجام واکنش (RB) از رابطه زیر استفاده می‌شود:

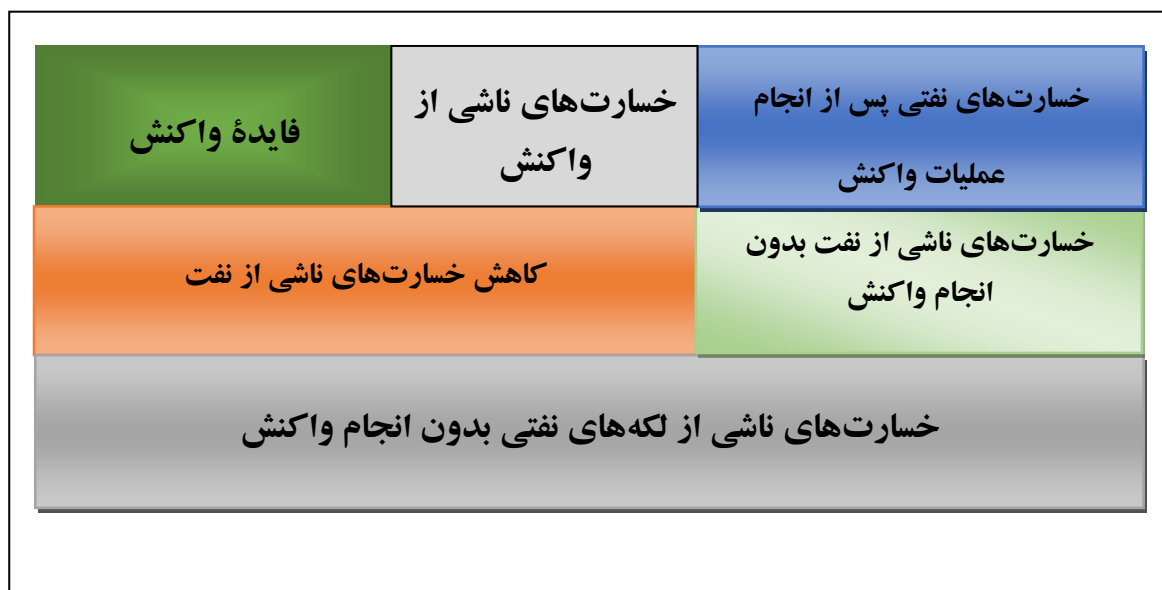
$$RB = TDWOR - (TDWR + TRI)$$

برای محاسبه نسبت هزینه به فایده (CBR)، به‌عنوان یک معیار مالی تصمیم‌گیری مدیریتی، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\text{فایده واکنش} \div \text{هزینه کل واکنش} = \text{نسبت هزینه به فایده}$$

$$CBR = TRC \div RB$$

رابطه بین خسارات ناشی از لکه‌های نفتی بدون انجام واکنش، پس از انجام واکنش، خسارت‌های ناشی از واکنش و فایده واکنش در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل (۲): رابطه بین خسارات و فایده واکنش درمقابل لکه‌های نفتی

تذکر: نسبت هزینه به فایده را می‌توان بر مبنای خسارات وارده به منابع طبیعی و اقتصادی - اجتماعی محاسبه کرد و یا «فقط» براساس خسارت‌های وارده به منابع طبیعی، برآورد کرد.

جدول (۲۱): انواع هزینه‌ها در محاسبات مدل OSRCEAT

| متغیر    | عنوان متغیر هزینه                                                           | توضیحات                                                                                                                                                 |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A        | واکنش بر روی آب                                                             | هزینه واکنش بر روی آب که بر مبنای اندازه لکه نفتی، نوع نفت و نوع واکنش تعیین می‌شود.                                                                    |
| B        | خسارات وارده به منابع اقتصادی، اجتماعی روی آب پس از واکنش                   | خسارات وارده به منابع اقتصادی، اجتماعی روی آب، بر مبنای نوع نفت، مقدار نفت و منابع اقتصادی- اجتماعی انتخاب شده در روی آب، تعیین می‌شود.                 |
| C        | خسارات وارده به منابع طبیعی روی آب پس از واکنش                              | خسارات منابع طبیعی روی آب که براساس نوع نفت، مقدار واقعی نفت باقیمانده پس از واکنش (نتیجه گام چهارم) و منابع طبیعی انتخاب شده بر روی آب، محاسبه می‌شود. |
| D        | خسارات وارده به منابع اقتصادی، اجتماعی در صورت عدم انجام واکنش بر روی آب    | خسارات‌های اقتصادی، اجتماعی روی آب، مبتنی بر نوع نفت و مقدار واقعی نفت بر روی آب، بدون انجام واکنش تعیین می‌شود.                                        |
| E        | خسارات وارده به منابع طبیعی روی آب بدون انجام واکنش                         | خسارات‌های وارده به منابع طبیعی روی آب که بر مبنای نوع نفت و مقدار واقعی نفت روی آب، بدون انجام واکنش تعیین می‌شود.                                     |
| F        | خسارت وارده به منابع اقتصادی، اجتماعی ناشی از انجام واکنش                   | خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی (صیادی و آبریز پروری) براساس استفاده از پخش کننده‌ها                                                                         |
| G        | هزینه واکنش در ساحل                                                         | هزینه واکنش در ساحل بر مبنای محدوده آغشته به نفت، پوشش نفت، نوع نفت، روش واکنش و مقدار پاکسازی مورد نیاز محاسبه می‌شود.                                 |
| H        | خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی در ساحل                                          | خسارات اقتصادی، اجتماعی در ساحل، مبتنی بر مقدار آغشتگی به نفت و منابع اقتصادی، اجتماعی منتخب تعیین می‌شود.                                              |
| I        | خسارت‌های وارده به منابع طبیعی ساحلی                                        | خسارت‌های منبع طبیعی ساحلی براساس مقدار آغشتگی به نفت و منابع طبیعی انتخاب شده، مشخص می‌شود.                                                            |
| J        | خسارت‌های وارده به منابع طبیعی ناشی از واکنش در ساحل                        | خسارت‌های وارده به منابع طبیعی ناشی از واکنش در ساحل که بر مبنای نوع واکنش و معیار مقدار نیاز به پاکسازی، تعیین می‌شود.                                 |
| K        | هزینه خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی در ساحل، در صورت عدم انجام واکنش بر روی آب | هزینه خسارات اقتصادی، اجتماعی ساحل، در صورت عدم واکنش بر روی آب.                                                                                        |
| L        | هزینه خسارت‌های وارده به منبع طبیعی در ساحل، بدون انجام واکنش بر روی آب     | هزینه خسارت منبع طبیعی ساحل، در صورتی که واکنشی بر روی آب انجام نشود.                                                                                   |
| M یا TRC | هزینه کل واکنش                                                              | کل هزینه‌های واکنش بر روی آب و ساحل                                                                                                                     |
| N        | کل خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی ناشی از نفت پس از واکنش                       | کل خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی روی آب و ساحل با در نظر گرفتن واکنش بر روی آب                                                                             |

|                                                                                               |                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------|
| کل خسارت‌های منبع طبیعی ساحلی و روی آب با توجه به واکنش بر روی آب                             | کل خسارت‌های منبع طبیعی ناشی از نفت پس از واکنش | O          |
| کل خسارت‌های منبع طبیعی و اقتصادی، اجتماعی روی آب و ساحل با توجه به واکنش انجام شده بر روی آب | کل خسارت‌های ناشی از نفت پس از انجام واکنش      | P یا TDWR  |
| کل خسارت‌های منبع طبیعی ناشی از واکنش بر روی آب و ساحل                                        | کل خسارت‌های منبع طبیعی ناشی از واکنش           | Q یا TRI   |
| کل خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی و منبع طبیعی، در صورتی که واکنش انجام نشود                      | کل خسارت‌های ناشی از نفت بدون انجام واکنش       | R یا TDWOR |

### ۳-۳-۴- خروجی نهائی مدل

با اجرای مدل OSRCEAT، می‌توان به فهرستی از متغیرها و معیارهای انتخاب شده و یا مشخص شده و نیز نتایج زیر دست پیدا کرد. همچنین، برای توضیحات بیشتر می‌توان به جدول پیشین نیز مراجعه کرد.

- هزینه کل واکنش بر روی آب (Cost A)
- هزینه کل واکنش در ساحل (Cost G)
- هزینه کل واکنش ( $TRC = Cost A + Cost G$ )
- هزینه پیامد واکنش بر روی آب (Cost F)
- هزینه پیامد واکنش در ساحل (Cost J)
- هزینه کل پیامدهای واکنش ( $TRI = Cost F + Cost J$ )
- هزینه کل خسارات اقتصادی، اجتماعی روی آب، بدون انجام واکنش (Cost D)
- هزینه کل خسارات منبع طبیعی روی آب بدون انجام واکنش (Cost E)
- هزینه کل خسارات اقتصادی، اجتماعی ساحل بدون انجام واکنش (هزینه K)
- هزینه کل خسارات منبع طبیعی ساحل بدون انجام واکنش (هزینه L)



- هزینه کل خسارات بدون انجام واکنش

$$(TDWOR = \text{Cost D} + \text{Cost E} + \text{Cost K} + \text{Cost L})$$

- هزینه کل خسارات اقتصادی، اجتماعی روی آب پس از انجام واکنش (Cost B)

- هزینه کل خسارات منبع طبیعی روی آب پس از انجام واکنش (Cost C)

- هزینه کل خسارات اقتصادی، اجتماعی ساحلی پس از انجام واکنش (Cost H)

- هزینه کل خسارات منبع طبیعی ساحلی پس از انجام واکنش (Cost I)

هزینه کل خسارات پس از انجام واکنش

$$(TDWR = \text{Cost B} + \text{Cost C} + \text{Cost H} + \text{Cost I})$$

فایده انجام واکنش در برابر نفت

$$RB = [TDWOR] - [TDWR - TRI]$$

نسبت هزینه به فایده (B/R)

$$CBR = TRC \div ([TDWOR] - [TDWR + TRI])$$

### ۳-۳-۵- الگوریتم‌های محاسباتی

در مدل OSRCEAT مجموعه‌ای از الگوریتم‌ها یا محاسبات عددی براساس داده‌های تجربی وجود دارند که به شرح زیر هستند:

#### ▪ درصد نفت باقیمانده

محاسبات «درصد نفت باقیمانده» باعث برآورد درصد نفت نشت یافته‌ای می‌شود که بسته به نوع نفت، مقدار نفت ریخته‌شده، شرایط محیطی غالب (باد، دمای آب) و زمان واکنش، برروی آب باقی

می‌ماند. پس، کاربرد «درصد نفت باقیمانده، برآورد مقدار نفت موجود بر روی سطح آب است که براساس مقدار اولیه نفت ریخته‌شده به تعیین عملیات مناسب واکنش کمک می‌کند.

برای اندازه‌گیری «درصد نفت باقیمانده» در مدل OSRCEAT، روابط محاسباتی خاصی در نسخه دوم نرم‌افزار «ADIOS» که از سوی NOAA طراحی گردیده، در نظر گرفته شده‌است. این نرم افزار برای تعیین درصد نفت باقیمانده، اندازه‌های مختلف لکه نفتی، دمای آب و سرعت باد را برای انواع نفت مورد توجه قرار می‌دهد. ضرایب تعدیل درجه حرارت و سرعت وزش باد با مقایسه نقشه‌ها در موقعیت‌های مختلف، برآورد شده‌است.

«درصد نفت باقیمانده» ( $y$ ) آن بخش از نفت ریخته‌شده روی آب است که برای تعیین ابعاد کمی و کیفی عملیات واکنش، مورد نیاز است. «زمان واکنش» همان تعداد ساعاتی است که از زمان ریختن نفت به آب، طول می‌کشد و با  $t$  نشان داده می‌شود. زمان واکنش، براساس فاصله لکه نفتی از ساحل، تعدیل می‌شود. زمان ورود به ساحل، زمان پایه است که پیشتر، فواصل مربوطه ضرایب آن معرفی شده‌اند<sup>۱</sup>.

«درصد نفت باقیمانده» برای انواع نفت را می‌توان به صورت زیر ارائه نمود.

---

<sup>۱</sup> برای فاصله کمتر از ۵ کیلومتر، ۲ ساعت؛ برای ۵-۱۶ کیلومتر، ۶ ساعت؛ برای ۱۶-۸۰ کیلومتر، ۱۲ ساعت و برای بیشتر از ۸۰ کیلومتر، ۲۴ ساعت اعمال می‌شود. برای آلودگی‌های نزدیک به ساحل هم، عامل زمان کنار گذارده می‌شود.



جدول (۲۲): درصد نفت باقیمانده (Y) برای مقادیر مختلف هریک از انواع نفت

| مقدار نشت نفت (گالن) <sup>۱</sup> | نفت خام متوسط   | بنزین                   | سوخت هواپیما           | گازوئیل         | نفت خام سبک     | نفت خام سنگین   | IFO <sup>۲</sup> |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| ۵۰۰ تا ۹۹۹                        | ۰/۶۲۰۸t -۰/۱۱۱۴ | -۱/۷۷۱۴t<br>+<br>۱۱/۵۳۳ | ۱۳ درصد<br>(همه ساعات) | ۰/۳۹۲۱t -۰/۸۷۲  | ۰/۳۷۹۲t -۰/۰۶۷۹ | ۰/۵۹۸۹t -۰/۰۳۱۵ | ۰/۹۱۵۸t -۰/۰۵۲۴  |
| ۱۰۰۰ تا ۴۹۹۹                      | ۰/۶۴۷۸t -۰/۱۰۹۸ |                         | ۱/۰۲۴۵t -۱/۰۷۹۲        | ۰/۴۳۱۶t -۰/۹۷۳۹ | ۰/۴۲۵۳t -۰/۰۶۸۷ | ۰/۶۲۸۳t -۰/۰۳۱۷ | ۰/۹۲۶۵t -۰/۰۵۵۲  |
| ۵۰۰۰ تا ۹۹۹۹                      | ۰/۷۳۶۷t -۰/۱۲۸۱ |                         | ۰/۳۴۱۸t -۰/۲۲۲۲        | ۰/۶۵۸۸t -۱/۰۱۱  | ۰/۵۶۷t -۰/۰۷۸   | ۰/۷۱۹۸t -۰/۰۳۸۶ | ۰/۹۵۹۱t -۰/۰۶۲۴  |
| ۱۰۰۰۰ تا ۴۹۹۹۹                    | ۰/۷۸۵۵t -۰/۱۳۳۳ |                         | ۰/۴۲۸۶t -۰/۲۹۰۳        | ۰/۹۸۷۹t -۱/۲۶۹۶ | ۰/۶۳۶۵t -۰/۰۸۴۱ | ۰/۷۵۵t -۰/۰۴۱۷  | ۰/۹۷۲۵t -۰/۰۶۴۳  |
| ۵۰۰۰۰ تا ۹۹۹۹۹                    | ۰/۸۸۳۱t -۰/۱۳۹۲ |                         | ۰/۸۱۷۷t -۰/۴۹۸۶        | ۲/۹۷۶۹t -۱/۴۶۷۹ | ۰/۷۶۰۹t -۰/۰۹۱۱ | ۰/۸۲t -۰/۰۵۰۱   | ۱/۰۱۵۸t -۰/۰۶۹۹  |
| ۱۰۰ هزار تا ۴۹۹۹۹۹                | ۰/۹۱۷۸t -۰/۱۴۱۳ |                         | ۱/۰۹۳۴t -۰/۵۶۳۹        | ۳/۸۶۵۸t -۱/۵۳۷۵ | ۰/۷۹۹۲t -۰/۰۹۳۸ | ۰/۸۴۵۸t -۰/۰۵۴۷ | ۱/۰۳۳۴t -۰/۰۷۱۴  |
| ۵۰۰ هزار تا ۹۹۹۹۹۹                | ۰/۹۸۰۷t -۰/۱۳۱۲ |                         | ۱/۲۹۳۹t -۰/۵۰۷۳        | ۱/۳۲۸۹t -۰/۵۴۸  | ۰/۸۷۶۹t -۰/۰۹۷۵ | ۰/۹۰۸۹t -۰/۰۶۶۱ | ۱/۰۶۰۷t -۰/۰۷۰۸  |
| ۱ میلیون تا ۴۹۹۹۹۹۹               | ۱/۰۰۹۰t -۰/۱۳۴۲ |                         | ۱/۸۹۷۴t -۰/۶۲۰۴        | ۱/۵۹۴۳t -۰/۶۵۸  | ۰/۸۹۷۳t -۰/۰۹۸۵ | ۰/۹۲۳۸t -۰/۰۶۷۵ | ۱/۰۷۲۹t -۰/۰۶۹۴  |
| ۵ میلیون تا ۹۹۹۹۹۹۹               | ۱/۰۴۶۴t -۰/۱۲۳۴ |                         | ۱/۵۶۶۷t -۰/۴۸۲۷        | ۱/۶۷۹۸t -۰/۵۵۷۹ | ۰/۹۴۸۶t -۰/۱۰۱۱ | ۰/۹۶۶۸t -۰/۰۶۹۶ | ۱/۰۷۹۳t -۰/۰۶۳۵  |
| بیشتر از ۱۰ میلیون                | ۱/۰۵۶۲t -۰/۱۱۵۸ |                         | ۱/۷۸۸۵t -۰/۵۳۵۳        | ۱/۶۸۵۴t -۰/۵۱۲  | ۰/۹۶۸۴t -۰/۱۰۱۷ | ۰/۹۸۵۱t -۰/۰۷۱۹ | ۱/۰۸۰۳t -۰/۰۶۰۱  |

<sup>۱</sup> درصد حداقل نفت باقیمانده، بدون توجه به زمان واکنش و بسته به نوع نفت

<sup>۲</sup> Intermediate Fuel Oil



### تذکرات مربوط به نفت خام متوسط:

- این نوع نفت، به صورت پیش فرض در مدل وجود دارد.
- اگر به صورت پیش فرض، دمای آب، ۲۰ درجه سانتی گراد و باد، متوسط یا ۱۵ نات باشد، حداقل «درصد نفت باقیمانده»، ۳۲٪ خواهد بود.
- اگر دمای آب، ۵ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۱,۲ ضرب شود.
- اگر دمای آب، ۱۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۰,۹ ضرب شود.
- اگر دمای آب، ۳۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۰,۸ ضرب شود.
- اگر باد آرام و ملایم (۲ نات) باشد، نتیجه باید در ۱ ضرب شود.
- اگر باد شدید (۲۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۰,۸۵ ضرب شود.
- اگر باد به شکل تندباد (۳۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۰,۷۵ ضرب شود.

### تذکرات مربوط به بنزین:

- برای همه انتخاب‌های ممکن درباره آب، سرعت باد و مقدار نفت، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$y = -1/7714 t + 11/533$$

- حداقل درصد نفت باقیمانده برابر با صفردرصد در نظر گرفته می‌شود.
- برای دما یا آب، نیازی به تعدیل نیست.

### تذکرات مربوط به سوخت هواپیما:

- اگر به صورت پیش فرض، دمای آب، ۲۰ درجه سانتی گراد و باد، متوسط یا ۱۵ نات باشد، حداقل «درصد نفت باقیمانده»، ۱۳٪ خواهد بود.

- اگر دمای آب، ۵ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۲ ضرب شود.

- اگر دمای آب، ۱۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۱,۵ ضرب شود.

- اگر دمای آب، ۳۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۰,۵ ضرب شود.

- اگر باد آرام و ملایم (۲ نات) باشد، نتیجه باید در ۷,۸ ضرب شود.

- اگر باد شدید (۲۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۰,۸ ضرب شود.

- اگر باد به شکل تندباد (۳۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۰,۵ ضرب شود.

#### تذکرات مربوط به گازوئیل:

- اگر به صورت پیش فرض، دمای آب، ۲۰ درجه سانتی گراد و باد، متوسط یا ۱۵ نات باشد، حداقل «درصد نفت باقیمانده»، ۱۲٪ خواهد بود.

- اگر دمای آب، ۵ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۱,۳ ضرب شود.

- اگر دمای آب، ۱۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۱,۱ ضرب شود.

- اگر دمای آب، ۳۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۰,۸۵ ضرب شود.

- اگر باد آرام و ملایم (۲ نات) باشد، نتیجه باید در ۲,۵ ضرب شود.

- اگر باد شدید (۲۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۰,۷۷ ضرب شود.

- اگر باد به شکل تندباد (۳۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۰,۴۵ ضرب شود.

#### تذکرات مربوط به نفت خام سبک:

- اگر به صورت پیش فرض، دمای آب، ۲۰ درجه سانتی گراد و باد، متوسط یا ۱۵ نات باشد، حداقل «درصد نفت باقیمانده»، ۳۹٪ خواهد بود.
- اگر دمای آب، ۵ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۱,۱۲ ضرب شود.
- اگر دمای آب، ۱۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۱,۰۵ ضرب شود.
- اگر دمای آب، ۳۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۰,۹۱ ضرب شود.
- اگر باد آرام و ملایم (۲ نات) باشد، نتیجه باید در ۱,۰۵ ضرب شود.
- اگر باد شدید (۲۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۰,۹۱ ضرب شود.
- اگر باد به شکل تندباد (۳۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۰,۷۴ ضرب شود.

#### تذکرات مربوط به نفت خام سنگین:

- اگر به صورت پیش فرض، دمای آب، ۲۰ درجه سانتی گراد و باد، متوسط یا ۱۵ نات باشد، حداقل «درصد نفت باقیمانده»، ۶۳٪ خواهد بود.
- اگر دمای آب، ۵ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۱,۰۳ ضرب شود.
- اگر دمای آب، ۱۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۱ ضرب شود.
- اگر دمای آب، ۳۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۰,۹۶ ضرب شود.
- اگر باد آرام و ملایم (۲ نات) باشد، نتیجه باید در ۱ ضرب شود.
- اگر باد شدید (۲۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۱ ضرب شود.
- اگر باد به شکل تندباد (۳۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۰,۹۶ ضرب شود.



### تذکرات مربوط به سوخت نفتی متوسط (IFO):

- اگر به صورت پیش فرض، دمای آب، ۲۰ درجه سانتی گراد و باد، متوسط یا ۱۵ نات باشد، حداقل «درصد نفت باقیمانده»، ۷۹٪ خواهد بود.
- اگر دمای آب، ۵ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۱,۰۶ ضرب شود.
- اگر دمای آب، ۱۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۱,۰۲ ضرب شود.
- اگر دمای آب، ۳۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۰,۹۶ ضرب شود.
- اگر باد آرام و ملایم (۲ نات) باشد، نتیجه باید در ۱,۰۶ ضرب شود.
- اگر باد شدید (۲۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۰,۹۸ ضرب شود.
- اگر باد به شکل تندباد (۳۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۰,۹۶ ضرب شود.

علاوه بر موارد فوق، برای دو نوع نفت با عناوین «سوخت شماره ۶» و «روغن های روانکار<sup>۱</sup>»

جدول (۲۳): درصد نفت باقیمانده (y) برای سوخت شماره ۶ و روغن‌های روانکار

| مقدار نشت نفت (گالن) <sup>۱</sup> | سوخت شماره ۶                                                         | روغن روانکار         |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------|
| ۵۰۰ تا ۹۹۹                        | $0.0000001 t^f - 0.0000004 t^r + 0.0000004 t^2 - 0.024 t + 0.9361$   | $-0.098 t + 0.7493$  |
| ۱۰۰۰ تا ۴۹۹۹                      | $0.0000001 t^f - 0.0000004 t^r + 0.0000004 t^2 - 0.0245 t + 0.9472$  | $-0.1051 t + 0.8065$ |
| ۵۰۰۰ تا ۹۹۹۹                      | $0.0000001 t^f - 0.0000004 t^r + 0.0000004 t^2 - 0.0258 t + 0.9778$  | $-0.1136 t + 0.9621$ |
| ۱۰,۰۰۰ تا ۴۹,۹۹۹                  | $0.0000001 t^f - 0.0000004 t^r + 0.0000004 t^2 - 0.0253 t + 0.9912$  | $-0.1117 t + 1.0367$ |
| ۵۰,۰۰۰ تا ۹۹,۹۹۹                  | $0.0000006 t^f - 0.0000002 t^r + 0.0000003 t^2 - 0.0196 t + 1.015$   | $-0.081 t + 1.1176$  |
| ۱۰۰ هزار تا ۴۹۹,۹۹۹               | $0.0000005 t^f - 0.0000002 t^r + 0.0000002 t^2 - 0.0178 t + 1.0222$  | $-0.0577 t + 1.0834$ |
| ۵۰۰ هزار تا ۹۹۹,۹۹۹               | $0.0000001 t^f - 0.0000008 t^r + 0.0000008 t^2 - 0.0121 t + 1.0267$  | $-0.0283 t + 1.0172$ |
| ۱ میلیون تا ۴,۹۹۹,۹۹۹             | $-0.0000005 t^f + 0.0000009 t^r - 0.0000007 t^2 - 0.0089 t + 1.0229$ | $-0.0191 t + 1.0037$ |
| ۵ میلیون تا ۹,۹۹۹,۹۹۹             | $-0.0000008 t^f + 0.0000002 t^r - 0.0000001 t^2 - 0.0035 t + 1.0108$ | $1/9893 t - 0.4933$  |
| بیشتر از ۱۰ میلیون                | $-0.0000008 t^f + 0.0000002 t^r - 0.0000002 t^2 - 0.0014 t + 1.0027$ | $1/6995 t - 0.3852$  |

<sup>۱</sup> درصد حداقل نفت باقیمانده، بدون توجه به زمان واکنش و بسته به نوع نفت

#### تذکرات مربوط به سوخت شماره ۶:

- اگر به صورت پیش فرض، دمای آب، ۲۰ درجه سانتی گراد و باد، متوسط یا ۱۵ نات باشد، حداقل «درصد نفت باقیمانده»، ۱۰٪ خواهد بود.
- اگر دمای آب، ۵ درجه سانتی گراد باشد، درصد نفت باقیمانده ۱۰۰٪ خواهد بود.
- اگر دمای آب، ۱۰ درجه سانتی گراد باشد، درصد نفت باقیمانده ۱۰۰٪ خواهد بود.
- اگر دمای آب، ۳۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۰,۸ ضرب شود.
- اگر باد آرام و ملایم (۲ نات) باشد، نتیجه باید در ۱,۳ ضرب شود.
- اگر باد شدید (۲۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۰,۳۸ ضرب شود.
- اگر باد به شکل تندباد (۳۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۰,۱۵ ضرب شود.

#### تذکرات مربوط به روغن های روانکار:

- اگر به صورت پیش فرض، دمای آب، ۲۰ درجه سانتی گراد و باد، متوسط یا ۱۵ نات باشد، حداقل «درصد نفت باقیمانده»، ۱۲٪ خواهد بود.
- اگر دمای آب، ۵ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۳ ضرب شود.
- اگر دمای آب، ۱۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۲ ضرب شود.
- اگر دمای آب، ۳۰ درجه سانتی گراد باشد، نتیجه باید در ۰,۷۵ ضرب شود.
- اگر باد آرام و ملایم (۲ نات) باشد، درصد نفت باقیمانده ۱۰۰٪ خواهد بود.
- اگر باد شدید (۲۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۷ ضرب شود.
- اگر باد به شکل تندباد (۳۵ نات) باشد، نتیجه باید در ۸ ضرب شود.

## ▪ خسارت ناشی از واکنش بر روی آب

«خسارت ناشی از واکنش» بر روی آب، با حرف F نشان داده می‌شود. برای هریک از حالات زیر، «خسارت ناشی از واکنش» صفر خواهد بود:

- عدم انجام واکنش بر روی آب

- استفاده از روش مکانیکی

- استفاده از روش سوزاندن

ولی اگر واکنش با استفاده از پخش‌کننده‌ها انجام شود و منابع اقتصادی-اجتماعی محدودهٔ دچار آلودگی نفتی، شامل صیادی، آب آشامیدنی، ماهیگیری تفرجی و/یا تأسیسات آبیگری باشد، آنگاه هزینهٔ مربوط به «خسارت ناشی از واکنش» از رابطه زیر محاسبه خواهد شد:

$$F = 0.11 \times \text{خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی}$$

(دراین رابطه منظور، خسارات اقتصادی، اجتماعی مرتبط با صیادی، آب شرب، ماهیگیری تفرجی و/یا تأسیسات آبیگری است)

توجه: خسارت واکنش بر روی آب با استفاده از پخش‌کننده‌ها بر مبنای مدلسازی و مطالعات موردی، مانند فرنچ-مکی و پاین<sup>۱</sup> (۲۰۰۱)، اتکین (۱۹۹۸ و ۱۹۹۹) (براساس بازبینی صدها مطالعات انجام شده دربارهٔ پخش‌کننده‌ها) فرنچ-مکی و همکاران (۲۰۰۴)، شورای ملی پژوهش (NRC) (۱۹۸۹)، سخنرانی‌های متعدد انجام شده در کمیتهٔ مطالعات اقیانوسی شورای ملی پژوهش درمورد پخش‌کننده‌ها طی سال ۲۰۰۴ و واکر و همکاران (۲۰۰۰) برآورد شده است.

## ▪ خسارت‌های منابع اقتصادی-اجتماعی روی آب

---

<sup>۱</sup> French-McCay and Payne

خسارت‌های اقتصادی- اجتماعی روی آب را براساس نوع نفت و مقدار نفت ریخته‌شده، به صورت زیر، محاسبه می‌کنند:

جدول (۲۴): خسارات منابع اقتصادی، اجتماعی روی آب

| خسارات اقتصادی، اجتماعی                   |                       | نوع نفت                              |
|-------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| کل                                        | به‌ازای هر گالن       |                                      |
| $S \times G \times (1,626 G^{-0.2166})$   | $1,625/6 G^{-0.2166}$ | بنزین یا سوخت هواپیما                |
| $S \times G \times (2/0.76 G^{-0.2226})$  | $2/0.76 G^{-0.2226}$  | گازوئیل یا نفت خام سفید              |
| $S \times G \times (4/4.07 G^{-0.2283})$  | $4/4.07 G^{-0.2283}$  | نفت خام متوسط یا روغن روانکار یا IFO |
| $S \times G \times (1,370/8 G^{-0.2236})$ | $1,370/8 G^{-0.2236}$ | نفت خام سنگین یا سوخت شماره ۶        |

تذکر: در جدول بالا،  $G$  مقدار نشت نفت (برحسب گالن) است؛ و  $S$  هم ضریب اصلاحی منابع اقتصادی، اجتماعی است که از روی جدول شماره (۲۵) تعیین می‌شود.

لازم است فهرستی از منابع اقتصادی، اجتماعی موجود بر روی آب را کنترل کرد. عوامل خاص مرتبط با نوع منبع، قابل جمع بسته‌شدن با هم هستند. یعنی، همه ضرایب اصلاحی منابع اقتصادی، اجتماعی فهرست شده، به‌عنوان «ضرایب اصلاحی منابع اقتصادی، اجتماعی کل» تلقی می‌شوند.

جدول (۲۵): ضریب اصلاحی منابع اقتصادی- اجتماعی

| منابع اقتصادی- اجتماعی روی آب   | ضریب اصلاحی |
|---------------------------------|-------------|
| شیلات                           | ۲/۹         |
| بنادر                           | ۲/۴         |
| قایقرانی                        | ۱/۰         |
| تأسیسات آب                      | ۱/۴         |
| آب شرب                          | ۲/۹         |
| ماهگیری تفرجی                   | ۱/۴         |
| سایر استفاده‌ها با حساسیت بالا  | ۱/۴         |
| سایر استفاده‌ها با حساسیت پایین | ۰/۴         |

هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی بر مبنای مطالعات موردی انجام شده در پایگاه‌های داده‌ای نشت نفت ERC و مدلسازی اتکین (۲۰۰۳a)، اتکین (۲۰۰۳d)، اتکین (۲۰۰۳e)، اتکین (۲۰۰۴a)، اتکین (۲۰۰۴d)، اتکین (۲۰۰۴e)، اتکین و تبو (۲۰۰۳)، اتکین و همکاران (۲۰۰۳)، اتکین و همکاران (۲۰۰۵)، و گری و همکاران (۲۰۰۴)، به دست آمده‌اند.

### ▪ خسارت‌های منابع طبیعی روی آب

خسارت‌های منابع طبیعی روی آب بر اساس نوع نفت و مقدار نفت ریخته‌شده به شرح زیر محاسبه می‌شود:

جدول (۲۶): خسارات منابع طبیعی روی آب

| خسارات منابع طبیعی                       |                      | نوع نفت                              |
|------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| کل                                       | به ازای هر گالن      |                                      |
| $S \times G \times (186/69 G^{-0.1961})$ | $186/69 G^{-0.1961}$ | بنزین یا سوخت هواپیما                |
| $S \times G \times (274/15 G^{-0.1634})$ | $274/15 G^{-0.1634}$ | گازوئیل یا نفت خام سفید              |
| $S \times G \times (279/3 G^{-0.1525})$  | $279/3 G^{-0.1525}$  | نفت خام متوسط یا روغن روانکار یا IFO |
| $S \times G \times (256/28 G^{-0.1366})$ | $256/28 G^{-0.1366}$ | نفت خام سنگین یا سوخت شماره ۶        |

تذکر: در جدول بالا،  $G$  مقدار نشت نفت (برحسب گالن) است؛ و  $S$  هم ضریب اصلاحی منابع اقتصادی، اجتماعی است که از روی جدول شماره (۲۷) تعیین می‌شود.

لازم است فهرستی از منابع طبیعی موجود بر روی آب را کنترل کرد. عوامل خاص مرتبط با نوع منبع، قابل جمع بسته‌شدن با هم هستند. یعنی، همه ضرایب اصلاحی منابع اقتصادی، اجتماعی فهرست شده، به عنوان «ضریب اصلاحی اقتصادی، اجتماعی کل» تلقی می‌شوند.

جدول (۲۷): ضریب اصلاحی منابع طبیعی روی آب

| منابع طبیعی روی آب         | ضریب اصلاحی |
|----------------------------|-------------|
| ماهی                       | ۲/۵         |
| پستانداران                 | ۳/۰         |
| سایر موارد با حساسیت بالا  | ۴/۰         |
| پرندگان                    | ۴/۵         |
| صخره‌های مرجانی            | ۳/۵         |
| سایر موارد با حساسیت پایین | ۱/۰         |

خسارت‌های منابع طبیعی براساس مطالعات انجام شده در پایگاه‌داده‌های نشت نفت ERC و مدلسازی برنامه‌ریزی‌های پژوهشی؛ Inc و همکاران (۲۰۰۲a,b)، اتکین (۲۰۰۳a)، اتکین (۲۰۰۴d)، اتکین و تیبو (۲۰۰۳)، فرنچ مک کی و همکاران (۲۰۰۳)، فرنچ مک کی و همکاران (۲۰۰۴a)، فرنچ مک کی و همکاران (۲۰۰۴b)، فرنچ مک کی و همکاران (۲۰۰۴c) و فرنچ مک کی و همکاران ۲۰۰۵، برآورد شده‌اند.

#### ▪ محاسبه هزینه واکنش بر روی آب

برای محاسبه هزینه‌های واکنش بر روی آب، باید مراحل زیر را پشت سر گذارد:

هزینه کل واکنش بر روی آب = هزینه پایش + هزینه تجهیزات + هزینه اضافی کل + هزینه رفع آلودگی

دراین رابطه هزینه رفع آلودگی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

[مقدار نفت × درصد برداشت نفت از روی آب × درصد نفت باقیمانده] × ۵ = هزینه رفع آلودگی

تذکر: باید توجه داشت که هزینه رفع آلودگی، فقط برای احیای مکانیکی برآورد می‌شود.

به طور دقیق تر:

هزینه واکنش بر روی آب = هزینه پایه پایش (براساس اندازه لکه نفتی) + هزینه پایه تجهیزات  
(بر اساس اندازه لکه نفتی) + [هزینه اضافی هر گالن (براساس نوع نفت و روش واکنش) × مقدار  
نفت نشت یافته] + [۵ × (درصد نفت باقیمانده × درصد نفت برداشته شده از آب × مقدار نفت  
نشت یافته)]

برای انجام محاسبات بالا، باید به موارد زیر توجه کرد:

- برای همه روش های واکنش، هزینه پایه پایش، برابر است با: ( $G^{0.4387}/3236.7$ ). در این رابطه، G مقدار نفت نشت یافته است.
- برای همه روش های واکنش (غیر از عدم انجام واکنش)، هزینه پایه تجهیزات برابر است با: ( $G^{0.2762}/35,388$ ). در این رابطه، G مقدار نفت نشت یافته است.
- در صورت عدم انجام واکنش، هزینه پایه تجهیزات، صفر خواهد بود.
- به حاصل ضرب مقدار نفت نشت یافته و هزینه اضافی هر گالن، «هزینه اضافی کل» می گویند. یعنی:

هزینه اضافی کل = هزینه اضافی هر گالن × مقدار نفت نشت یافته)

- هزینه اضافی هر گالن با استفاده از جدول شماره (۲۸) تعیین می شود.
- هزینه رفع آلودگی = ۵ × (درصد نفت باقیمانده × درصد نفت برداشته شده از آب × مقدار نفت نشت یافته)

جدول (۲۸): هزینه اضافی هر گالن براساس نوع نفت و روش واکنش

| روش واکنش (هزینه ها به دلار آمریکا) |         |         |                  | نوع نفت       |
|-------------------------------------|---------|---------|------------------|---------------|
| پراکندن                             | سوزاندن | مکانیکی | بدون انجام واکنش |               |
| ۳۳                                  | ۳۱      | ۳۸      | ۰                | نفت خام متوسط |



|                                                                                                                                      |   |    |    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----|----|
| بنزین                                                                                                                                | ۰ | ۱۶ | غت | غت |
| سوخت هواپیما                                                                                                                         | ۰ | ۱۶ | غت | غت |
| گازوییل                                                                                                                              | ۰ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۹ |
| نفت خام سبک                                                                                                                          | ۰ | ۳۱ | ۲۴ | ۲۶ |
| نفت خام سنگین                                                                                                                        | ۰ | ۴۹ | ۳۹ | ۴۱ |
| سوخت شماره ۶                                                                                                                         | ۰ | ۵۰ | ۴۱ | ۴۲ |
| سوخت‌های نفتی متوسط                                                                                                                  | ۰ | ۳۸ | ۳۸ | ۳۳ |
| روغن‌های روانکار                                                                                                                     | ۰ | ۳۵ | ۲۹ | ۳۰ |
| <p>غت = غیر قابل توصیه</p> <p>معمولاً، روش‌های ISB و پخش‌کننده‌ها، برای لکه‌های نفتی از نوع بنزین و سوخت هواپیما توصیه نمی‌شوند.</p> |   |    |    |    |

هزینه‌های بالا، براساس مطالعات انجام شده از سوی اتکین (۱۹۹۶)، اتکین (۱۹۹۸b)، اتکین (۱۹۹۸c)، اتکین (۲۰۰۰a)، اتکین (۲۰۰۱a)، اتکین (۲۰۰۳a)، اتکین (۲۰۰۴a)، و مدل‌های فرضی نشت‌های نفتی در مطالعات اتکین (۲۰۰۰a)، اتکین (۲۰۰۳c)، اتکین (۲۰۰۳d)، اتکین (۲۰۰۴b)، اتکین (۲۰۰۴c)، اتکین و همکاران (۲۰۰۳)، اتکین و همکاران (۲۰۰۵)، اتکین و همکاران (۲۰۰۲)، برنامه تحقیقاتی Inc و همکاران (۲۰۰۲)، برنامه تحقیقاتی Inc و همکاران (۲۰۰۳) و اتکین و تیبو (۲۰۰۳)، به‌دست آمده‌اند.

#### ▪ محاسبه کارآئی واکنش

کارآئی واکنش درباره نفتی اطلاق می‌شود که هنوز بر سطح آب، براساس زمان واکنش (فرصت لازم برای تبخیر و پراکنده‌شدن در آب، به شکلی طبیعی) باقیمانده‌است. از این مفهوم، برای برآورد مقدار نفتی استفاده می‌شود که به سوی ساحل در جریان است.

به‌صورت بدیل، امکان مشخص کردن کارآئی واکنش در مدل هم وجود دارد. هرچند مدل OSRCEAT تا اندازه‌ای، ناکارآئی‌های روش مکانیکی واکنش را نیز مورد توجه قرار می‌دهد، ولی

گاهی کارآئی واکنش را بیش از اندازه برآورد می‌سازد. مقادیر کارآئی برای نفت تازه و لایه‌های ضخیم‌تر نفتی، دقیق‌تر هستند. البته می‌توان کارآئی کمتر (۱۰ تا ۲۰ درصد) را هم در مدل مشخص کرد. مقادیر برآوردی کارآئی واکنش برحسب روش‌های واکنش و ویژگی‌های آنها در قالب جدول زیر ارائه شده‌اند.

جدول (۲۹): کارآئی روش‌های مختلف واکنش در برابر لکه‌های نفتی

| روش واکنش                      | ویژگی‌ها                                                                                                                 | کارآئی واکنش (%)                                 |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| عدم انجام واکنش بر روی آب      |                                                                                                                          | ۰                                                |
| مکانیکی بر روی آب <sup>۱</sup> | برای همهٔ انواع نفت                                                                                                      | ۰/۹۴۱ + ۰/۱۷ t <sup>۲</sup>                      |
|                                | پوشش لایهٔ نفتی از نوع بریده بریده و یا پراکنده؛                                                                         | ۰                                                |
|                                | ضخامت لایهٔ نفتی از نوع: درخشش رنگین کمانی، ورقهٔ نقره‌ای، کف آلود یا غشاء نازک                                          |                                                  |
|                                | باد غالب از نوع شدید یا تندباد                                                                                           |                                                  |
| سوزاندن بر روی آب              | زمان واکنش کمتر از ۳۶ ساعت                                                                                               | ۵۰٪                                              |
|                                | نفت از نوع سوخت هواپیما یا بنزین، باد غالب از نوع شدید یا تندباد و فاصله تا ساحل، نزدیک به ساحل یا فاصلهٔ کمتر از ۳ مایل | به دلیل ملاحظات ایمنی، روش سوزاندن توصیه نمی‌شود |
| پخش کننده‌ها                   | نفت از نوع نفت خام متوسط، نفت خام سنگین یا نفت خام سبک باشد                                                              | ۷۰                                               |
|                                | نفت از نوع بنزین                                                                                                         | ۰                                                |

<sup>۱</sup> هزینه‌های واکنش مکانیکی بر اساس مطالعات انجام شده در پایگاه داده‌های لکه‌های نفتی ERC، گریگوری، آلن و دیل (۱۹۹۹)، اتکین و همکاران (۲۰۰۵) و اتکین (۲۰۰۴C) برآورد شده‌اند.

<sup>۲</sup> منظور از t، تعداد ساعات واکنش پس از بروز حادثهٔ منجر به لکهٔ نفتی است. این زمان‌بندی باید برحسب فاصلهٔ لکهٔ نفتی از ساحل تعدیل شود. زمان ورود به خط ساحلی، زمان پایه است و جزئیات، در صفحهٔ ۳۵ ارائه شده است.

|                                              |                                                                                                     |  |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                                              | سوخت هواپیما                                                                                        |  |
|                                              | سوخت شماره ۶                                                                                        |  |
|                                              | IFO                                                                                                 |  |
|                                              | روغن روانکار                                                                                        |  |
| ۳۳                                           | نفت از نوع گازوئیل                                                                                  |  |
| .                                            | پیکره‌های آبی از نوع آب شیرین<br>باز، مصب باز، رودخانه بزرگ،<br>جریان‌های آب کوچک یا دریاچه<br>کوچک |  |
| حاصلضرب کارآئی واکنش در<br>۰/۱               | باد غالب از نوع آرام                                                                                |  |
| .                                            | زمان واکنش، ۳۶ ساعت؛                                                                                |  |
|                                              | دمای آب، ۵ درجه سانتی‌گراد؛                                                                         |  |
| به دلیل نزدیکی به خط ساحلی،<br>توصیه نمی‌شود | فاصله از ساحل، نزدیک به ساحل<br>یا کمتر از ۳ مایل                                                   |  |

#### ▪ مقدار واقعی نفت باقیمانده

مقدار واقعی نفت باقیمانده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{مقدار واقعی نفت باقیمانده} = [\text{درصد اثر بخشی واکنش} - 100\%] \times [\text{درصد نفت باقیمانده} \times \text{مقدار نفت نشست یافته}]$$

در رابطه بالا:

- مقدار واقعی نفت باقیمانده همان مقدار واقعی نفتی است که به خط ساحلی می‌رسد.
- اگر جهت باد غالب از ساحل به دریا باشد، فاصله محدوده لکه نفتی تا ساحل، ۳ تا ۱۰ مایل؛ ۱۰ تا ۵۰ مایل یا بیش از ۵۰ مایل باشد و سطح پیکره آبی، دریای آزاد یا آب

شیرین باز باشد، در این صورت مقدار واقعی نفتی که با ساحل برخورد می کند را باید در عدد ۰/۱ ضرب کرد.

(توجه: جهت باد غالب به صورت پیش فرض، از دریا به ساحل است)

▪ پیش بینی آغستگی خط ساحلی به نفت: محاسبه محدوده ساحلی آلوده به نفت

اگر به جای مشخص کردن محدوده ساحلی آلوده به نفت، بخواهیم مدل چنین محدوده ای را برآورد کند، چارچوب محاسباتی زیر مبنای برآورد خواهد بود:

- انتخاب ضخامت پیش فرض برای لایه نفتی (قشرنازک)، به معنی آن است که نفت به شکل یکنواختی در انواع خطوط ساحلی پراکنده خواهد شد.

- مساحت آلودگی نفتی در خط ساحلی از حاصل ضرب مقدار واقعی نفت رسیده به ساحل (برحسب گالن) در ۳/۷۸۵ مترمربع به دست می آید.

$$\text{مساحت ساحل آلوده به نفت} = ۳/۷۸۵ \text{ m}^2 \times \text{مقدار واقعی نفتی که به ساحل برخورد کرده (گالن)}$$

مثلاً، اگر ۱۰ هزار گالن نفت به خط ساحلی رسیده و آن را آلوده کند، مساحت ساحل آلوده  $۳۷/۸۵۰ \text{ مترمربع} (۳۷/۸۵۰ = ۳/۷۸۵ \times ۱۰,۰۰۰)$

اگر مثلاً ۴ نوع خط ساحلی انتخاب شود، می توان فرض کرد که آلودگی نفتی به طور یکنواخت بین ۴ نوع ساحل توزیع شده است. یعنی  $(۳۷/۸۵۰ \div ۴ = ۹۴۶۲/۵ \text{ m}^2)$ .

مطابق با فهرست انواع سواحل که در جدول زیر ارائه شده اند، می توان آلودگی به نفت را در هر یک از آنها مشخص کرده و سهم آنها را از مساحت آلوده به نفت، برآورد کرد.

جدول (۳۰): فهرست کنترلی آلودگی نفتی و مساحت آن در هریک از سواحل

| نوع ساحل (ESI)                  | وجود آلودگی نفتی | مساحت محدوده ساحلی آلوده شده به نفت (m <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------|
| A ۱: صخره‌ای باز                | بله              | ۹۴۶۲/۵                                                |
| ۲: صخره‌ای مرتفع                | خیر              | ۰                                                     |
| ۳: ماسه‌ای ریز                  | خیر              | ۰                                                     |
| ۴: ماسه‌ای درشت                 | خیر              | ۰                                                     |
| ۵: مخلوط سنگ و ماسه             | خیر              | ۰                                                     |
| A ۶: ساحل سنگی                  | بله              | ۹۴۶۲/۵                                                |
| B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        | خیر              | ۰                                                     |
| ۷: اراضی جزر و مدی باز          | خیر              | ۰                                                     |
| A ۸: صخره‌ای بسته               | بله              | ۹۴۶۲/۵                                                |
| B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته | خیر              | ۰                                                     |
| ۹: اراضی جذر و مدی بسته         | خیر              | ۰                                                     |
| A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        | بله              | ۹۴۶۲/۵                                                |
| B ۱۰: مرداب آب شیرین            | خیر              | ۰                                                     |
| C ۱۰: باتلاق                    | خیر              | ۰                                                     |
| D ۱۰: مانگرو                    | خیر              | ۰                                                     |

#### ▪ هزینه واکنش در ساحل

هزینه کل واکنش در ساحل، حاصل جمع هزینه‌های واکنش برای هر یک از خطوط ساحلی آلوده به نفت است. یعنی:

$$SRC = \sum [SOA \times SRC/m^2 \times COV_{AF}] \times HCIC_{AF}$$

در رابطه فوق، متغیرها عبارتند از:

- SRC، هزینه واکنش در خط ساحلی؛
- SOA مساحت محدوده خط ساحلی آلوده به نفت؛
- SRC هزینه هر متر مربع واکنش در خط ساحل بر حسب ضخامت نفت؛
- $COV_{AF}$  عامل تعدیل نوع پوشش؛ و
- $HCIC_{AF}$  عامل تعدیل مقدار پاکسازی مورد نیاز؛

براساس جدول زیر، هزینه واکنش برای هر نوع نفت، به ازای هر مترمربع از ساحل آلوده به نفت و بر مبنای نوع خط ساحلی و ضخامت نفت، نشان داده شده است. این جدول با جدول بالا که در آن، مساحت هریک از انواع خطوط ساحلی آلوده به نفت مشخص شده، ارتباط دارد. یعنی مساحت‌های برآورد شده در آن باید در فاکتورهای اشاره شده در جدول زیر، ضرب شوند. سپس، نتیجه حاصله باید در عامل تعدیل پوشش ضرب شود تا هزینه کل خط ساحلی به دست آید.

جدول (۳۰): هزینه واکنش در ساحل برای نوع نفت مورد نظر

| دلار/m <sup>۲</sup>                               |                 |                                            |                                     |                                     | نوع پوشش<br>نفت*<br>S یا P, B, C | نوع ساحل<br>(ESI)               |
|---------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| غشاء<br>نفتی                                      | لکه‌های<br>نفتی | قشر نازک نفت با<br>ضخامت کمتر از<br>۰/۱ cm | روکش نفت با<br>ضخامت ۰/۱ تا ۱<br>cm | لایه نفت با<br>ضخامت بیش از<br>۱ cm |                                  |                                 |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | A ۱: صخره‌ای باز                |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | ۲: صخره‌ای مرتفع                |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | ۳: ماسه‌ای ریز                  |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | ۴: ماسه‌ای درشت                 |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | ۵: مخلوط سنگ و ماسه             |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | A ۶: ساحل سنگی                  |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | ۷: اراضی جزر و مدی باز          |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | A ۸: صخره‌ای بسته               |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | ۹: اراضی جذر و مدی بسته         |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | B ۱۰: مرداب آب شیرین            |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | C ۱۰: باتلاق                    |
| X                                                 | X               | X                                          | X                                   | X                                   |                                  | D ۱۰: مانگرو                    |
| * C=پیوسته؛ B=شکسته؛ P: بریده بریده؛ یا S=پراکنده |                 |                                            |                                     |                                     |                                  |                                 |

- هزینه‌های کل واکنش در خط ساحلی، برابر با حاصل ضرب مجموع همه خانه‌های جدول در عامل تعدیل نوع پوشش، به دست می‌آید که همان حاصل جمع مترمربع‌های زمان‌های آلودگی نفتی است که بر حسب دلار بر مترمربع بیان می‌شود.

- وجود خانه خالی گویای استفاده از وضعیت پیش فرض درمدل بوده و برای آن، صفر درنظر گرفته می شود.

- عامل تعدیل نوع پوشش نفت برابر است با حاصل ضرب مجموع هر ردیف جدول در ضرایب زیر:

✓ پیوسته (Continuous) =  $3/0$

✓ شکسته (Broken) =  $2/3$

✓ بریده بریده (Patchy) =  $1/0$

✓ پراکنده (Sporadic) =  $0/2$

(توجه: حالت بریده بریده به عنوان وضعیت پیش فرض در مدل درنظر گرفته شده است)

- هزینه کل حاصل از جدول بالا باید در عامل HCIC ضرب شده و نتیجه، همان «هزینه کل واکنش در خط ساحلی» خواهد بود.

- ضرایب مقدار پاکسازی موردنیاز (HCIC) به شرح زیر هستند:

✓ خیلی زیاد =  $2/7$

✓ زیاد =  $1/2$

✓ متوسط =  $1/0$

✓ کم =  $0/8$ ، و

✓ خیلی کم =  $0/4$

لازم به توضیح است که هزینه‌های واکنش در ساحل بر اساس مطالعات انجام شده در پایگاه

داده‌های لکه‌های نفتی ERC، اتکین (۲۰۰۰b)، اتکین (۲۰۰۱b)، اتکین (۲۰۰۳f) و تحقیقات

Inc و همکاران (۲۰۰۳ و ۲۰۰۲) به‌دست آمده‌اند.

جدول (۳۱): فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی خط‌ساحلی برای نفت‌خام متوسط (دلار سال ۲۰۱۷)

| m <sup>2</sup> /دلار                              |                 |                                            |                                     |                                     | نوع پوشش<br>نفت*<br>S یا P, B, C | نوع ساحل<br>(ESI)               |
|---------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| غشاء<br>نفتی                                      | لکه‌های<br>نفتی | قشر نازک نفت با<br>ضخامت کمتر از<br>cm ۰/۱ | روکش نفت با<br>ضخامت ۰/۱ تا ۱<br>cm | لایه نفت با<br>ضخامت بیش از<br>۱ cm |                                  |                                 |
| ۴                                                 | ۸               | ۲۰                                         | ۸۰                                  | ۲۱۶                                 |                                  | A ۱: صخره‌ای باز                |
| ۴                                                 | ۸               | ۲۰                                         | ۸۰                                  | ۲۱۶                                 |                                  | ۲: صخره‌ای مرتفع                |
| ۴                                                 | ۸               | ۲۰                                         | ۸۰                                  | ۲۱۶                                 |                                  | ۳: ماسه‌ای ریز                  |
| ۴                                                 | ۸               | ۲۰                                         | ۸۰                                  | ۲۱۶                                 |                                  | ۴: ماسه‌ای درشت                 |
| ۵                                                 | ۱۱              | ۲۴                                         | ۹۶                                  | ۲۶۲                                 |                                  | ۵: مخلوط سنگ و ماسه             |
| ۵                                                 | ۱۱              | ۲۴                                         | ۹۶                                  | ۲۶۲                                 |                                  | A ۶: ساحل سنگی                  |
| ۵                                                 | ۱۱              | ۲۴                                         | ۹۶                                  | ۲۶۲                                 |                                  | B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        |
| ۷                                                 | ۱۴              | ۳۳                                         | ۱۳۰                                 | ۳۵۲                                 |                                  | ۷: اراضی جزر و مدی باز          |
| ۴                                                 | ۸               | ۲۰                                         | ۸۰                                  | ۲۱۶                                 |                                  | A ۸: صخره‌ای بسته               |
| ۴                                                 | ۷               | ۱۶                                         | ۶۲                                  | ۱۷۰                                 |                                  | B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته |
| ۷                                                 | ۱۴              | ۳۳                                         | ۱۳۰                                 | ۳۵۲                                 |                                  | ۹: اراضی جزر و مدی بسته         |
| ۷                                                 | ۱۴              | ۳۳                                         | ۱۳۰                                 | ۳۵۲                                 |                                  | A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        |
| ۷                                                 | ۱۴              | ۳۳                                         | ۱۳۰                                 | ۳۵۲                                 |                                  | B ۱۰: مرداب آب شیرین            |
| ۷                                                 | ۱۴              | ۳۳                                         | ۱۳۰                                 | ۳۵۲                                 |                                  | C ۱۰: باتلاق                    |
| ۷                                                 | ۱۴              | ۳۳                                         | ۱۳۰                                 | ۳۵۲                                 |                                  | D ۱۰: مانگرو                    |
| * C=پیوسته؛ B=شکسته؛ P: بریده بریده؛ یا S=پراکنده |                 |                                            |                                     |                                     |                                  |                                 |

جدول (۳۲): فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی خط‌ساحلی برای بنزین (دلار سال ۲۰۱۷)

| m <sup>2</sup> /دلار              |                                      |                                                                 |                                                          |                                                          | نوع<br>پوشش<br>نفت* | نوع ساحل<br>(ESI) |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|
| غشاء<br>نفتی<br>(m <sup>2</sup> ) | لکه‌های<br>نفتی<br>(m <sup>2</sup> ) | قشر نازک نفت با<br>ضخامت کمتر از<br>cm ۰/۱<br>(m <sup>2</sup> ) | روکش نفت با<br>ضخامت ۰/۱ تا ۱<br>cm<br>(m <sup>2</sup> ) | لایه نفت با<br>ضخامت بیش از<br>۱ cm<br>(m <sup>2</sup> ) |                     |                   |
| ۳                                 | ۴                                    | ۱۰                                                              | ۳۹                                                       | ۱۰۹                                                      |                     | A ۱: صخره‌ای باز  |
| ۳                                 | ۴                                    | ۱۰                                                              | ۳۹                                                       | ۱۰۹                                                      |                     | ۲: صخره‌ای مرتفع  |



|                                                   |   |    |    |     |  |                                 |
|---------------------------------------------------|---|----|----|-----|--|---------------------------------|
| ۳                                                 | ۴ | ۱۰ | ۳۹ | ۱۰۹ |  | ۳: ماسه‌ای ریز                  |
| ۳                                                 | ۴ | ۱۰ | ۳۹ | ۱۰۹ |  | ۴: ماسه‌ای درشت                 |
| ۳                                                 | ۵ | ۱۲ | ۴۹ | ۱۳۲ |  | ۵: مخلوط سنگ و ماسه             |
| ۳                                                 | ۵ | ۱۲ | ۴۹ | ۱۳۲ |  | A ۶: ساحل سنگی                  |
| ۳                                                 | ۵ | ۱۲ | ۴۹ | ۱۳۲ |  | B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        |
| ۴                                                 | ۷ | ۱۶ | ۶۵ | ۱۷۷ |  | ۷: اراضی جزر و مدی باز          |
| ۳                                                 | ۴ | ۱۰ | ۳۹ | ۱۰۹ |  | A ۸: صخره‌ای بسته               |
| ۱                                                 | ۴ | ۸  | ۳۱ | ۸۶  |  | B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته |
| ۴                                                 | ۷ | ۱۶ | ۶۵ | ۱۷۷ |  | ۹: اراضی جذر و مدی بسته         |
| ۴                                                 | ۷ | ۱۶ | ۶۵ | ۱۷۷ |  | A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        |
| ۴                                                 | ۷ | ۱۶ | ۶۵ | ۱۷۷ |  | B ۱۰: مرداب آب شیرین            |
| ۴                                                 | ۷ | ۱۶ | ۶۵ | ۱۷۷ |  | C ۱۰: باتلاق                    |
| ۴                                                 | ۷ | ۱۶ | ۶۵ | ۱۷۷ |  | D ۱۰: مانگرو                    |
| * C=پیوسته؛ B=شکسته؛ P: بریده بریده؛ یا S=پراکنده |   |    |    |     |  |                                 |

جدول (۳۳): فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی خط ساحلی برای سوخت هواپیما (دلار سال ۲۰۱۷)

| دلار/m <sup>۲</sup>         |                                |                                                        |                                                 |                                                 | نوع پوشش نفت* | نوع ساحل (ESI)                  |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|
| غشاء نفتی (m <sup>۲</sup> ) | لکه‌های نفتی (m <sup>۲</sup> ) | قشر نازک نفت با ضخامت کمتر از ۰/۱ cm (m <sup>۲</sup> ) | روکش نفت با ضخامت ۰/۱ تا ۱ cm (m <sup>۲</sup> ) | لایه نفت با ضخامت بیش از ۱ cm (m <sup>۲</sup> ) |               |                                 |
| ۳                           | ۴                              | ۱۰                                                     | ۳۹                                              | ۱۰۹                                             |               | A ۱: صخره‌ای باز                |
| ۳                           | ۴                              | ۱۰                                                     | ۳۹                                              | ۱۰۹                                             |               | ۲: صخره‌ای مرتفع                |
| ۳                           | ۴                              | ۱۰                                                     | ۳۹                                              | ۱۰۹                                             |               | ۳: ماسه‌ای ریز                  |
| ۳                           | ۴                              | ۱۰                                                     | ۳۹                                              | ۱۰۹                                             |               | ۴: ماسه‌ای درشت                 |
| ۳                           | ۵                              | ۱۲                                                     | ۴۹                                              | ۱۳۲                                             |               | ۵: مخلوط سنگ و ماسه             |
| ۳                           | ۵                              | ۱۲                                                     | ۴۹                                              | ۱۳۲                                             |               | A ۶: ساحل سنگی                  |
| ۳                           | ۵                              | ۱۲                                                     | ۴۹                                              | ۱۳۲                                             |               | B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        |
| ۴                           | ۷                              | ۱۶                                                     | ۶۵                                              | ۱۷۷                                             |               | ۷: اراضی جزر و مدی باز          |
| ۳                           | ۴                              | ۱۰                                                     | ۳۹                                              | ۱۰۹                                             |               | A ۸: صخره‌ای بسته               |
| ۱                           | ۴                              | ۸                                                      | ۳۱                                              | ۸۶                                              |               | B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته |
| ۴                           | ۷                              | ۱۶                                                     | ۶۵                                              | ۱۷۷                                             |               | ۹: اراضی جذر و مدی بسته         |
| ۴                           | ۷                              | ۱۶                                                     | ۶۵                                              | ۱۷۷                                             |               | A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        |
| ۴                           | ۷                              | ۱۶                                                     | ۶۵                                              | ۱۷۷                                             |               | B ۱۰: مرداب آب شیرین            |
| ۴                           | ۷                              | ۱۶                                                     | ۶۵                                              | ۱۷۷                                             |               | C ۱۰: باتلاق                    |
| ۴                           | ۷                              | ۱۶                                                     | ۶۵                                              | ۱۷۷                                             |               | D ۱۰: مانگرو                    |

\* C=پیوسته؛ B= شکسته؛ P: بریده بریده؛ یا S= پراکنده

جدول (۳۴): فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی خط ساحلی برای گازوئیل (دلار سال ۲۰۱۷)

| دلار/m <sup>۲</sup>                                 |                                |                                                        |                                                 |                                                 | نوع پوشش نفت* | نوع ساحل (ESI)                  |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|
| غشاء نفتی (m <sup>۲</sup> )                         | لکه‌های نفتی (m <sup>۲</sup> ) | قشر نازک نفت با ضخامت کمتر از ۰/۱ cm (m <sup>۲</sup> ) | روکش نفت با ضخامت ۰/۱ تا ۱ cm (m <sup>۲</sup> ) | لایه نفت با ضخامت بیش از ۱ cm (m <sup>۲</sup> ) |               |                                 |
| ۳                                                   | ۵                              | ۱۲                                                     | ۴۸                                              | ۱۲۹                                             |               | A ۱: صخره‌ای باز                |
| ۳                                                   | ۵                              | ۱۲                                                     | ۴۸                                              | ۱۲۹                                             |               | ۲: صخره‌ای مرتفع                |
| ۳                                                   | ۵                              | ۱۲                                                     | ۴۸                                              | ۱۲۹                                             |               | ۳: ماسه‌ای ریز                  |
| ۳                                                   | ۵                              | ۱۲                                                     | ۴۸                                              | ۱۲۹                                             |               | ۴: ماسه‌ای درشت                 |
| ۳                                                   | ۷                              | ۱۵                                                     | ۵۸                                              | ۱۵۸                                             |               | ۵: مخلوط سنگ و ماسه             |
| ۳                                                   | ۷                              | ۱۵                                                     | ۵۸                                              | ۱۵۸                                             |               | A ۶: ساحل سنگی                  |
| ۳                                                   | ۷                              | ۱۵                                                     | ۵۸                                              | ۱۵۸                                             |               | B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        |
| ۴                                                   | ۸                              | ۱۹                                                     | ۷۷                                              | ۲۱۰                                             |               | ۷: اراضی جزر و مدی باز          |
| ۳                                                   | ۵                              | ۱۲                                                     | ۴۸                                              | ۱۲۹                                             |               | A ۸: صخره‌ای بسته               |
| ۳                                                   | ۴                              | ۱۰                                                     | ۳۸                                              | ۱۰۲                                             |               | B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته |
| ۴                                                   | ۸                              | ۱۹                                                     | ۷۷                                              | ۲۱۰                                             |               | ۹: اراضی جذر و مدی بسته         |
| ۴                                                   | ۸                              | ۱۹                                                     | ۷۷                                              | ۲۱۰                                             |               | A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        |
| ۴                                                   | ۸                              | ۱۹                                                     | ۷۷                                              | ۲۱۰                                             |               | B ۱۰: مرداب آب شیرین            |
| ۴                                                   | ۸                              | ۱۹                                                     | ۷۷                                              | ۲۱۰                                             |               | C ۱۰: باتلاق                    |
| ۴                                                   | ۸                              | ۱۹                                                     | ۷۷                                              | ۲۱۰                                             |               | D ۱۰: مانگرو                    |
| * C=پیوسته؛ B= شکسته؛ P: بریده بریده؛ یا S= پراکنده |                                |                                                        |                                                 |                                                 |               |                                 |

جدول (۳۵): فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی خط ساحلی برای نفت خام سبک (دلار سال ۲۰۱۷)

| دلار/m <sup>۲</sup>         |                                |                                                        |                                                 |                                                 | نوع پوشش نفت* | نوع ساحل (ESI)   |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|------------------|
| غشاء نفتی (m <sup>۲</sup> ) | لکه‌های نفتی (m <sup>۲</sup> ) | قشر نازک نفت با ضخامت کمتر از ۰/۱ cm (m <sup>۲</sup> ) | روکش نفت با ضخامت ۰/۱ تا ۱ cm (m <sup>۲</sup> ) | لایه نفت با ضخامت بیش از ۱ cm (m <sup>۲</sup> ) |               |                  |
| ۴                           | ۷                              | ۱۶                                                     | ۶۴                                              | ۱۷۲                                             |               | A ۱: صخره‌ای باز |
| ۴                           | ۷                              | ۱۶                                                     | ۶۴                                              | ۱۷۲                                             |               | ۲: صخره‌ای مرتفع |
| ۴                           | ۷                              | ۱۶                                                     | ۶۴                                              | ۱۷۲                                             |               | ۳: ماسه‌ای ریز   |
| ۴                           | ۷                              | ۱۶                                                     | ۶۴                                              | ۱۷۲                                             |               | ۴: ماسه‌ای درشت  |

|                                                   |    |    |     |     |  |                                 |
|---------------------------------------------------|----|----|-----|-----|--|---------------------------------|
| ۴                                                 | ۸  | ۱۹ | ۷۷  | ۲۰۹ |  | ۵: مخلوط سنگ و ماسه             |
| ۴                                                 | ۸  | ۱۹ | ۷۷  | ۲۰۹ |  | A ۶: ساحل سنگی                  |
| ۴                                                 | ۸  | ۱۹ | ۷۷  | ۲۰۹ |  | B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        |
| ۵                                                 | ۱۱ | ۲۶ | ۱۰۵ | ۲۸۱ |  | ۷: اراضی جزر و مدی باز          |
| ۴                                                 | ۷  | ۱۶ | ۶۴  | ۱۷۲ |  | A ۸: صخره‌ای بسته               |
| ۳                                                 | ۵  | ۱۲ | ۵۰  | ۱۳۶ |  | B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته |
| ۵                                                 | ۱۱ | ۲۶ | ۱۰۵ | ۲۸۱ |  | ۹: اراضی جذر و مدی بسته         |
| ۵                                                 | ۱۱ | ۲۶ | ۱۰۵ | ۲۸۱ |  | A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        |
| ۵                                                 | ۱۱ | ۲۶ | ۱۰۵ | ۲۸۱ |  | B ۱۰: مرداب آب شیرین            |
| ۵                                                 | ۱۱ | ۲۶ | ۱۰۵ | ۲۸۱ |  | C ۱۰: باتلاق                    |
| ۵                                                 | ۱۱ | ۲۶ | ۱۰۵ | ۲۸۱ |  | D ۱۰: مانگرو                    |
| * C=پیوسته؛ B=شکسته؛ P: بریده بریده؛ یا S=پراکنده |    |    |     |     |  |                                 |

جدول (۳۶): فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی خط ساحلی برای نفت خام سنگین (دلار سال ۲۰۱۷)

| دلار/m <sup>۲</sup>                               |                                |                                                        |                                                 |                                                 | نوع پوشش نفت* | نوع ساحل (ESI)                  |
|---------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|
| غشاء نفتی (m <sup>۲</sup> )                       | لکه‌های نفتی (m <sup>۲</sup> ) | قشر نازک نفت با ضخامت کمتر از ۰/۱ cm (m <sup>۲</sup> ) | روکش نفت با ضخامت ۰/۱ تا ۱ cm (m <sup>۲</sup> ) | لایه نفت با ضخامت بیش از ۱ cm (m <sup>۲</sup> ) |               |                                 |
| ۸                                                 | ۱۸                             | ۴۱                                                     | ۱۶۰                                             | ۴۳۲                                             |               | A ۱: صخره‌ای باز                |
| ۸                                                 | ۱۸                             | ۴۱                                                     | ۱۶۰                                             | ۴۳۲                                             |               | ۲: صخره‌ای مرتفع                |
| ۸                                                 | ۱۸                             | ۴۱                                                     | ۱۶۰                                             | ۴۳۲                                             |               | ۳: ماسه‌ای ریز                  |
| ۸                                                 | ۱۸                             | ۴۱                                                     | ۱۶۰                                             | ۴۳۲                                             |               | ۴: ماسه‌ای درشت                 |
| ۱۱                                                | ۲۰                             | ۴۹                                                     | ۱۹۴                                             | ۵۲۴                                             |               | ۵: مخلوط سنگ و ماسه             |
| ۱۱                                                | ۲۰                             | ۴۹                                                     | ۱۹۴                                             | ۵۲۴                                             |               | A ۶: ساحل سنگی                  |
| ۱۱                                                | ۲۰                             | ۴۹                                                     | ۱۹۴                                             | ۵۲۴                                             |               | B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        |
| ۱۴                                                | ۲۹                             | ۶۵                                                     | ۲۶۱                                             | ۷۰۳                                             |               | ۷: اراضی جزر و مدی باز          |
| ۸                                                 | ۱۸                             | ۴۱                                                     | ۱۶۰                                             | ۴۳۲                                             |               | A ۸: صخره‌ای بسته               |
| ۷                                                 | ۱۴                             | ۳۱                                                     | ۱۲۶                                             | ۳۳۹                                             |               | B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته |
| ۱۴                                                | ۲۹                             | ۶۵                                                     | ۲۶۱                                             | ۷۰۳                                             |               | ۹: اراضی جذر و مدی بسته         |
| ۱۴                                                | ۲۹                             | ۶۵                                                     | ۲۶۱                                             | ۷۰۳                                             |               | A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        |
| ۱۴                                                | ۲۹                             | ۶۵                                                     | ۲۶۱                                             | ۷۰۳                                             |               | B ۱۰: مرداب آب شیرین            |
| ۱۴                                                | ۲۹                             | ۶۵                                                     | ۲۶۱                                             | ۷۰۳                                             |               | C ۱۰: باتلاق                    |
| ۱۴                                                | ۲۹                             | ۶۵                                                     | ۲۶۱                                             | ۷۰۳                                             |               | D ۱۰: مانگرو                    |
| * C=پیوسته؛ B=شکسته؛ P: بریده بریده؛ یا S=پراکنده |                                |                                                        |                                                 |                                                 |               |                                 |

جدول (۳۷): فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی خط ساحلی برای سوخت شماره (۶) (دلار سال ۲۰۱۷)

| m <sup>2</sup> /دلار                              |                                |                                                        |                                                 |                                                 | نوع پوشش نفت* | نوع ساحل (ESI)                  |
|---------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|
| غشاء نفتی (m <sup>2</sup> )                       | لکه‌های نفتی (m <sup>2</sup> ) | قشر نازک نفت با ضخامت کمتر از cm ۰/۱ (m <sup>2</sup> ) | روکش نفت با ضخامت ۰/۱ تا ۱ cm (m <sup>2</sup> ) | لایه نفت با ضخامت بیش از ۱ cm (m <sup>2</sup> ) |               |                                 |
| ۱۴                                                | ۲۷                             | ۶۴                                                     | ۲۵۵                                             | ۶۹۱                                             |               | A ۱: صخره‌ای باز                |
| ۱۴                                                | ۲۷                             | ۶۴                                                     | ۲۵۵                                             | ۶۹۱                                             |               | ۲: صخره‌ای مرتفع                |
| ۱۴                                                | ۲۷                             | ۶۴                                                     | ۲۵۵                                             | ۶۹۱                                             |               | ۳: ماسه‌ای ریز                  |
| ۱۴                                                | ۲۷                             | ۶۴                                                     | ۲۵۵                                             | ۶۹۱                                             |               | ۴: ماسه‌ای درشت                 |
| ۱۶                                                | ۳۴                             | ۷۷                                                     | ۳۱۱                                             | ۸۳۹                                             |               | ۵: مخلوط سنگ و ماسه             |
| ۱۶                                                | ۳۴                             | ۷۷                                                     | ۳۱۱                                             | ۸۳۹                                             |               | A ۶: ساحل سنگی                  |
| ۱۶                                                | ۳۴                             | ۷۷                                                     | ۳۱۱                                             | ۸۳۹                                             |               | B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        |
| ۲۳                                                | ۴۵                             | ۱۰۵                                                    | ۴۱۷                                             | ۱۱۲۶                                            |               | ۷: اراضی جزر و مدی باز          |
| ۱۴                                                | ۲۷                             | ۶۴                                                     | ۲۵۵                                             | ۶۹۱                                             |               | A ۸: صخره‌ای بسته               |
| ۱۱                                                | ۲۲                             | ۵۰                                                     | ۲۰۱                                             | ۵۴۳                                             |               | B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته |
| ۲۳                                                | ۴۵                             | ۱۰۵                                                    | ۴۱۷                                             | ۱۱۲۶                                            |               | ۹: اراضی جزر و مدی بسته         |
| ۲۳                                                | ۴۵                             | ۱۰۵                                                    | ۴۱۷                                             | ۱۱۲۶                                            |               | A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        |
| ۲۳                                                | ۴۵                             | ۱۰۵                                                    | ۴۱۷                                             | ۱۱۲۶                                            |               | B ۱۰: مرداب آب شیرین            |
| ۲۳                                                | ۴۵                             | ۱۰۵                                                    | ۴۱۷                                             | ۱۱۲۶                                            |               | C ۱۰: باتلاق                    |
| ۲۳                                                | ۴۵                             | ۱۰۵                                                    | ۴۱۷                                             | ۱۱۲۶                                            |               | D ۱۰: مانگرو                    |
| * C=پیوسته؛ B=شکسته؛ P: بریده بریده؛ یا S=پراکنده |                                |                                                        |                                                 |                                                 |               |                                 |

جدول (۳۸): فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی خط ساحلی برای سوخت نفتی متوسط (IFO)

(دلار سال ۲۰۱۷)

| m <sup>2</sup> /دلار        |                                |                                                        |                                                 |                                                 | نوع پوشش نفت* | نوع ساحل (ESI)      |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|---------------------|
| غشاء نفتی (m <sup>2</sup> ) | لکه‌های نفتی (m <sup>2</sup> ) | قشر نازک نفت با ضخامت کمتر از cm ۰/۱ (m <sup>2</sup> ) | روکش نفت با ضخامت ۰/۱ تا ۱ cm (m <sup>2</sup> ) | لایه نفت با ضخامت بیش از ۱ cm (m <sup>2</sup> ) |               |                     |
| ۱۰                          | ۱۹                             | ۴۵                                                     | ۱۷۵                                             | ۴۷۵                                             |               | A ۱: صخره‌ای باز    |
| ۱۰                          | ۱۹                             | ۴۵                                                     | ۱۷۵                                             | ۴۷۵                                             |               | ۲: صخره‌ای مرتفع    |
| ۱۰                          | ۱۹                             | ۴۵                                                     | ۱۷۵                                             | ۴۷۵                                             |               | ۳: ماسه‌ای ریز      |
| ۱۰                          | ۱۹                             | ۴۵                                                     | ۱۷۵                                             | ۴۷۵                                             |               | ۴: ماسه‌ای درشت     |
| ۱۱                          | ۲۳                             | ۵۳                                                     | ۲۱۳                                             | ۵۷۷                                             |               | ۵: مخلوط سنگ و ماسه |
| ۱۱                          | ۲۳                             | ۵۳                                                     | ۲۱۳                                             | ۵۷۷                                             |               | A ۶: ساحل سنگی      |

|                                                   |    |    |     |     |  |                                 |
|---------------------------------------------------|----|----|-----|-----|--|---------------------------------|
| ۱۱                                                | ۲۳ | ۵۳ | ۲۱۳ | ۵۷۷ |  | B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        |
| ۱۵                                                | ۳۱ | ۷۲ | ۲۸۷ | ۷۷۴ |  | ۷: اراضی جزر و مدی باز          |
| ۱۰                                                | ۱۹ | ۴۵ | ۱۷۵ | ۴۷۵ |  | A ۸: صخره‌ای بسته               |
| ۸                                                 | ۱۵ | ۳۵ | ۱۳۹ | ۳۷۳ |  | B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته |
| ۱۵                                                | ۳۱ | ۷۲ | ۲۸۷ | ۷۷۴ |  | ۹: اراضی جذر و مدی بسته         |
| ۱۵                                                | ۳۱ | ۷۲ | ۲۸۷ | ۷۷۴ |  | A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        |
| ۱۵                                                | ۳۱ | ۷۲ | ۲۸۷ | ۷۷۴ |  | B ۱۰: مرداب آب شیرین            |
| ۱۵                                                | ۳۱ | ۷۲ | ۲۸۷ | ۷۷۴ |  | C ۱۰: باتلاق                    |
| ۱۵                                                | ۳۱ | ۷۲ | ۲۸۷ | ۷۷۴ |  | D ۱۰: مانگرو                    |
| * C=پیوسته؛ B=شکسته؛ P: بریده بریده؛ یا S=پراکنده |    |    |     |     |  |                                 |

جدول (۳۹): فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی خط ساحلی برای روغن‌های روانکار (دلار سال ۲۰۱۷)

| دلار/m <sup>۲</sup>                               |                                |                                                        |                                                 |                                                 | نوع پوشش نفت* | نوع ساحل (ESI)                  |
|---------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|
| غشاء نفتی (m <sup>۲</sup> )                       | لکه‌های نفتی (m <sup>۲</sup> ) | قشر نازک نفت با ضخامت کمتر از ۰/۱ cm (m <sup>۲</sup> ) | روکش نفت با ضخامت ۰/۱ تا ۱ cm (m <sup>۲</sup> ) | لایه نفت با ضخامت بیش از ۱ cm (m <sup>۲</sup> ) |               |                                 |
| ۴                                                 | ۸                              | ۱۸                                                     | ۷۲                                              | ۱۹۴                                             |               | A ۱: صخره‌ای باز                |
| ۴                                                 | ۸                              | ۱۸                                                     | ۷۲                                              | ۱۹۴                                             |               | ۲: صخره‌ای مرتفع                |
| ۴                                                 | ۸                              | ۱۸                                                     | ۷۲                                              | ۱۹۴                                             |               | ۳: ماسه‌ای ریز                  |
| ۴                                                 | ۸                              | ۱۸                                                     | ۷۲                                              | ۱۹۴                                             |               | ۴: ماسه‌ای درشت                 |
| ۴                                                 | ۱۰                             | ۲۲                                                     | ۸۷                                              | ۲۳۶                                             |               | ۵: مخلوط سنگ و ماسه             |
| ۴                                                 | ۱۰                             | ۲۲                                                     | ۸۷                                              | ۲۳۶                                             |               | A ۶: ساحل سنگی                  |
| ۴                                                 | ۱۰                             | ۲۲                                                     | ۸۷                                              | ۲۳۶                                             |               | B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        |
| ۷                                                 | ۱۲                             | ۳۰                                                     | ۱۱۷                                             | ۳۱۶                                             |               | ۷: اراضی جزر و مدی باز          |
| ۴                                                 | ۸                              | ۱۸                                                     | ۷۲                                              | ۱۹۴                                             |               | A ۸: صخره‌ای بسته               |
| ۳                                                 | ۷                              | ۱۴                                                     | ۵۷                                              | ۱۵۳                                             |               | B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته |
| ۷                                                 | ۱۲                             | ۳۰                                                     | ۱۱۷                                             | ۳۱۶                                             |               | ۹: اراضی جذر و مدی بسته         |
| ۷                                                 | ۱۲                             | ۳۰                                                     | ۱۱۷                                             | ۳۱۶                                             |               | A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        |
| ۷                                                 | ۱۲                             | ۳۰                                                     | ۱۱۷                                             | ۳۱۶                                             |               | B ۱۰: مرداب آب شیرین            |
| ۷                                                 | ۱۲                             | ۳۰                                                     | ۱۱۷                                             | ۳۱۶                                             |               | C ۱۰: باتلاق                    |
| ۷                                                 | ۱۲                             | ۳۰                                                     | ۱۱۷                                             | ۳۱۶                                             |               | D ۱۰: مانگرو                    |
| * C=پیوسته؛ B=شکسته؛ P: بریده بریده؛ یا S=پراکنده |                                |                                                        |                                                 |                                                 |               |                                 |

## ▪ اثربخشی واکنش در خط ساحلی

اثربخشی واکنش در خط ساحلی با نوع خط ساحلی، روش واکنش و مقدار پاکسازی مورد نیاز، در ارتباط است و از حاصل ضرب «اثربخشی واکنش در خط ساحلی» (از روی جدول شماره ۴۰) در «عامل مقدار پاکسازی مورد نیاز (HCIC)» برآورد می‌شود. اثربخشی واکنش در خط ساحلی، مبتنی بر مطالعات پایگاه داده‌های آلودگی‌های نفتی ERC، اتکین (۲۰۰۳f)، و توصیه‌های NOAA (۱۹۹۸ و ۱۹۹۳ و ۱۹۹۲) است. محاسبات مربوطه در این رابطه، به شرح زیر هستند:

- اگر واکنش در خط ساحلی براساس بهبود طبیعی شرایط در نظر گرفته شود، مقدار پاکسازی مورد نیاز (HCIC) باید ۱/۰ تعیین شود.

- اگر HCIC حداکثر باشد، «اثربخشی واکنش در خط ساحلی» در ۱/۲۳ ضرب می‌شود؛

- اگر HCIC بالا باشد، «اثربخشی واکنش در خط ساحلی» در ۱/۱ ضرب می‌شود؛

- اگر HCIC متوسط باشد، «اثربخشی واکنش در خط ساحلی» در ۱/۰ ضرب می‌شود؛

- اگر HCIC کم باشد، «اثربخشی واکنش در خط ساحلی» در ۰/۵ ضرب می‌شود؛

- اگر HCIC حداقل باشد، «اثربخشی واکنش در خط ساحلی» در ۰/۱ ضرب می‌شود؛

اثربخشی واقعی واکنش در خط ساحلی = فاکتور HCIC x اثربخشی واکنش در خط ساحلی

فسارات واقعی منابع طبیعی و فساتر واقعی اقتصادی - اجتماعی ساحل =

فسارات منابع طبیعی و فساتر اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی x [درصد اثربخشی واکنش - ٪۱۰۰]



جدول (۴۰): اثربخشی شیوه واکنش برای هر یک از انواع خطوط ساحلی

| نوع ساحل<br>(ESI)               | احیای<br>طبیعی | احیای<br>دستی | مکانیکی | مواد<br>جاذب | مواد<br>ته نشین<br>ساز | حذف<br>پوشش<br>گیاهی | سوزاندن | غرقابی<br>کردن | LPCW | HPCW | LPHW | HPHW | بخارشویی | شن شویی | پاک کننده ها | زیست<br>درمانی |
|---------------------------------|----------------|---------------|---------|--------------|------------------------|----------------------|---------|----------------|------|------|------|------|----------|---------|--------------|----------------|
| A ۱: صخره‌ای باز                | H              | M             | NA      | L            | NA                     | NA                   | L       | M              | M    | M    | H    | H    | H        | M       | M            | L              |
| ۲: صخره‌ای مرتفع                | H              | M             | NA      | L            | NA                     | NA                   | L       | M              | M    | M    | H    | H    | H        | M       | M            | L              |
| ۳: ماسه‌ای ریز                  | L              | M             | M       | L            | M                      | NA                   | L       | M              | M    | M    | H    | H    | L        | M       | L            | L              |
| ۴: ماسه‌ای درشت                 | L              | M             | M       | L            | M                      | NA                   | L       | M              | M    | M    | H    | H    | L        | L       | L            | L              |
| ۵: مخلوط سنگ و ماسه             | L              | M             | M       | L            | M                      | NA                   | L       | M              | M    | M    | H    | H    | L        | L       | L            | L              |
| A ۶: ساحل سنگی                  | M              | M             | M       | L            | M                      | NA                   | L       | M              | M    | M    | H    | H    | L        | NA      | L            | L              |
| B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        | H              | M             | L       | L            | L                      | L                    | L       | M              | M    | M    | H    | H    | L        | NA      | L            | L              |
| ۷: اراضی جزر و مدی باز          | M              | M             | L       | L            | M                      | L                    | M       | L              | M    | M    | H    | H    | L        | NA      | L            | L              |
| A ۸: صخره‌ای بسته               | M              | M             | M       | L            | NA                     | NA                   | L       | M              | M    | M    | H    | H    | L        | NA      | M            | L              |
| B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته | M              | M             | L       | L            | NA                     | NA                   | L       | M              | M    | M    | H    | H    | H        | NA      | M            | L              |
| ۹: اراضی جذر و مدی بسته         | L              | M             | M       | L            | L                      | M                    | M       | L              | L    | L    | L    | L    | L        | NA      | L            | L              |
| A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        | L              | M             | M       | L            | L                      | M                    | M       | L              | L    | L    | L    | L    | L        | NA      | L            | L              |
| B ۱۰: مرداب آب شیرین            | L              | M             | M       | L            | L                      | M                    | M       | L              | L    | L    | L    | L    | L        | NA      | L            | L              |
| C ۱۰: باتلاق                    | L              | M             | M       | L            | L                      | M                    | M       | L              | L    | L    | L    | L    | L        | NA      | L            | L              |
| D ۱۰: مانگرو                    | L              | M             | M       | L            | L                      | M                    | M       | L              | L    | L    | L    | L    | L        | NA      | L            | L              |

H: اثربخشی زیاد (>۸۰٪)؛

M: اثربخشی متوسط (۵۰٪)؛

L: اثربخشی کم (<۱۰٪)؛

NA: عبارت خطای «غیرقابل استفاده برای این نوع از ساحل»



جدول (۴۱): اثربخشی شیوه واکنش برای هر یک از انواع خطوط ساحلی (برحسب درصد)

| نوع ساحل<br>(ESI)               | احیای<br>طبیعی | احیای<br>دستی | مکانیکی | مواد<br>جاذب | مواد<br>ته‌نشین<br>ساز | حذف<br>پوشش<br>گیاهی | سوزاندن | غرقابی<br>کردن | LPCW | HPCW | LPHW | HPHW | بخار شویی | شن شویی | پاک کننده‌ها | زیست<br>درمانی |
|---------------------------------|----------------|---------------|---------|--------------|------------------------|----------------------|---------|----------------|------|------|------|------|-----------|---------|--------------|----------------|
| A ۱: صخره‌ای باز                | ۸۰             | ۵۰            | NA      | ۱۰           | NA                     | NA                   | ۱۰      | ۵۰             | ۵۰   | ۵۰   | ۸۰   | ۸۰   | ۸۰        | ۵۰      | ۵۰           | ۱۰             |
| ۲: صخره‌ای مرتفع                | ۸۰             | ۵۰            | NA      | ۱۰           | NA                     | NA                   | ۱۰      | ۵۰             | ۵۰   | ۵۰   | ۸۰   | ۸۰   | ۸۰        | ۵۰      | ۵۰           | ۱۰             |
| ۳: ماسه‌ای ریز                  | ۱۰             | ۵۰            | ۵۰      | ۱۰           | ۵۰                     | NA                   | ۱۰      | ۵۰             | ۵۰   | ۵۰   | ۸۰   | ۸۰   | ۱۰        | ۵۰      | ۱۰           | ۱۰             |
| ۴: ماسه‌ای درشت                 | ۱۰             | ۵۰            | ۵۰      | ۱۰           | ۵۰                     | NA                   | ۱۰      | ۵۰             | ۵۰   | ۵۰   | ۸۰   | ۸۰   | ۱۰        | ۱۰      | ۱۰           | ۱۰             |
| ۵: مخلوط سنگ و ماسه             | ۱۰             | ۵۰            | ۵۰      | ۱۰           | ۵۰                     | NA                   | ۱۰      | ۵۰             | ۵۰   | ۵۰   | ۸۰   | ۸۰   | ۱۰        | ۱۰      | ۱۰           | ۱۰             |
| A ۶: ساحل سنگی                  | ۵۰             | ۵۰            | ۵۰      | ۱۰           | ۵۰                     | NA                   | ۱۰      | ۵۰             | ۵۰   | ۵۰   | ۵۰   | ۸۰   | NA        | ۱۰      | ۱۰           | ۱۰             |
| B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        | ۸۰             | ۵۰            | ۱۰      | ۱۰           | ۱۰                     | ۱۰                   | ۱۰      | ۵۰             | ۵۰   | ۵۰   | ۵۰   | ۸۰   | NA        | ۱۰      | ۱۰           | ۱۰             |
| ۷: اراضی جزر و مدی باز          | ۵۰             | ۵۰            | ۱۰      | ۱۰           | ۵۰                     | ۱۰                   | ۵۰      | ۱۰             | ۵۰   | ۵۰   | ۵۰   | ۸۰   | NA        | ۱۰      | ۱۰           | ۱۰             |
| A ۸: صخره‌ای بسته               | ۵۰             | ۵۰            | ۵۰      | ۱۰           | NA                     | NA                   | ۱۰      | ۵۰             | ۵۰   | ۵۰   | ۵۰   | ۸۰   | NA        | ۱۰      | ۵۰           | ۱۰             |
| B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته | ۵۰             | ۵۰            | ۱۰      | ۱۰           | NA                     | NA                   | ۱۰      | ۵۰             | ۵۰   | ۵۰   | ۵۰   | ۸۰   | NA        | ۵۰      | ۵۰           | ۱۰             |
| ۹: اراضی جذر و مدی بسته         | ۱۰             | ۵۰            | ۵۰      | ۱۰           | ۱۰                     | ۵۰                   | ۵۰      | ۱۰             | ۱۰   | ۱۰   | ۱۰   | ۱۰   | NA        | ۱۰      | ۱۰           | ۱۰             |
| A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        | ۱۰             | ۵۰            | ۵۰      | ۱۰           | ۱۰                     | ۵۰                   | ۵۰      | ۱۰             | ۱۰   | ۱۰   | ۱۰   | ۱۰   | NA        | ۱۰      | ۱۰           | ۱۰             |
| B ۱۰: مرداب آب شیرین            | ۱۰             | ۵۰            | ۵۰      | ۱۰           | ۱۰                     | ۵۰                   | ۵۰      | ۱۰             | ۱۰   | ۱۰   | ۱۰   | ۱۰   | NA        | ۱۰      | ۱۰           | ۱۰             |
| C ۱۰: باتلاق                    | ۱۰             | ۵۰            | ۵۰      | ۱۰           | ۱۰                     | ۵۰                   | ۵۰      | ۱۰             | ۱۰   | ۱۰   | ۱۰   | ۱۰   | NA        | ۱۰      | ۱۰           | ۱۰             |
| D ۱۰: مانگرو                    | ۱۰             | ۵۰            | ۵۰      | ۱۰           | ۱۰                     | ۵۰                   | ۵۰      | ۱۰             | ۱۰   | ۱۰   | ۱۰   | ۱۰   | NA        | ۱۰      | ۱۰           | ۱۰             |



## ▪ پیامد واکنش در خط ساحلی

انجام اقدامات واکنشی در برابر آلودگی‌های نفتی، بسته به روش پاکسازی، با پیامدهایی بر روی خط ساحلی همراه است. هر اندازه واکنش شدیدتر باشد، خسارت وارده مربوط به پیامدهای آن هم ممکن است بیشتر باشد.

برای محاسبه پیامدهای واکنش بر خط ساحلی، چهار حالت متفاوت زیر در نظر گرفته می‌شود:

- پیامد سنگین یا شدید (H)

- پیامد متوسط (M)

- پیامد کم (L)

- «غیرقابل استفاده برای این نوع خط ساحلی» (NA)

اثرگذاری نوع پیامدها (H، M و L) بر هزینه‌های برآورد شده برای واکنش در خطوط ساحلی که در جداول فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی خط ساحلی برای انواع نفت ارائه شده، به صورت زیر است:

- برای پیامدهای شدید (H)، باید مقدار «هزینه واکنش خط ساحلی» برآورد شده برای هریک از انواع سواحل (با استفاده از جداول فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی) در عدد ۰/۳ ضرب شود.

- برای پیامدهای متوسط (M)، باید مقدار «هزینه واکنش خط ساحلی» برآورد شده برای هریک از انواع سواحل (با استفاده از جداول فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی) در عدد ۰/۱ ضرب شود.

- برای پیامدهای کم (L)، باید مقدار «هزینه واکنش خط ساحلی» برآورد شده برای هریک از انواع سواحل (با استفاده از جداول فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی) در «۰» ضرب شود.

جدول شماره (۴۲) با عنوان «پیامد شیوه واکنش برای خطوط ساحلی»، پیامد متناسب برای انواع خطوط ساحلی را برحسب روش پاکسازی، نشان می‌دهد.



جدول (۴۲): پیامد شیوه واکنش برای هر یک از انواع خطوط ساحلی

| نوع ساحل<br>(ESI)               | احیای<br>طبیعی | احیای<br>دستی | مکانیکی | مواد<br>جاذب | مواد<br>ته نشین<br>ساز | حذف<br>پوشش<br>گیاهی | سوزاندن | غرقایی<br>کردن | LPCW | HPCW | HPHW | بخارشویی | شن شویی | پاک کننده ها | زیست<br>درمانی |
|---------------------------------|----------------|---------------|---------|--------------|------------------------|----------------------|---------|----------------|------|------|------|----------|---------|--------------|----------------|
| A ۱: صخره‌ای باز                | L              | L             | NA      | L            | NA                     | NA                   | L       | L              | L    | L    | M    | M        | H       | L            | L              |
| ۲: صخره‌ای مرتفع                | L              | L             | NA      | L            | NA                     | NA                   | L       | L              | L    | L    | M    | M        | H       | L            | L              |
| ۳: ماسه‌ای ریز                  | L              | L             | M       | L            | M                      | NA                   | M       | L              | M    | H    | H    | H        | M       | M            | L              |
| ۴: ماسه‌ای درشت                 | L              | L             | M       | L            | M                      | NA                   | M       | L              | M    | H    | H    | H        | M       | M            | L              |
| ۵: مخلوط سنگ و ماسه             | L              | M             | M       | L            | M                      | NA                   | M       | L              | L    | H    | M    | M        | H       | M            | L              |
| A ۶: ساحل سنگی                  | L              | M             | M       | L            | M                      | NA                   | M       | L              | L    | L    | M    | M        | H       | M            | L              |
| B ۶: ساختارهای واریزه‌ای        | L              | H             | H       | M            | H                      | H                    | H       | L              | H    | H    | H    | H        | NA      | M            | L              |
| ۷: اراضی جزر و مدی باز          | L              | H             | H       | M            | H                      | H                    | H       | L              | H    | H    | H    | H        | NA      | M            | L              |
| A ۸: صخره‌ای بسته               | L              | L             | M       | L            | NA                     | NA                   | L       | L              | L    | L    | M    | M        | NA      | L            | L              |
| B ۸: توده سنگی انسان‌ساز و بسته | L              | L             | M       | L            | NA                     | NA                   | L       | L              | L    | L    | L    | L        | NA      | M            | L              |
| ۹: اراضی جذر و مدی بسته         | L              | H             | H       | M            | H                      | H                    | H       | L              | H    | H    | H    | H        | NA      | M            | L              |
| A ۱۰: مرداب‌های نمکی/شور        | L              | H             | H       | M            | H                      | H                    | H       | L              | L    | H    | H    | H        | NA      | M            | L              |
| B ۱۰: مرداب آب شیرین            | L              | H             | H       | M            | H                      | H                    | H       | L              | L    | H    | H    | H        | NA      | M            | L              |
| C ۱۰: باتلاق                    | L              | H             | H       | M            | H                      | H                    | H       | L              | L    | H    | H    | H        | NA      | M            | L              |
| D ۱۰: مانگرو                    | L              | H             | H       | M            | H                      | H                    | H       | L              | L    | H    | H    | H        | NA      | M            | L              |

H: پیامد شدید؛ M: پیامد متوسط؛ L: پیامد کم؛ NA: غیرقابل استفاده برای این نوع خط ساحلی

H: (هزینه واکنش در خط ساحلی برای هریک از انواع خطوط ساحلی به دست آمده از جداول فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی)  $\times 0.3$

M: (هزینه واکنش در خط ساحلی برای هریک از انواع خطوط ساحلی به دست آمده از جداول فاکتورهای هزینه‌ای آلودگی)  $\times 0.1$

L = ۰

NA: عبارت خطای «غیرقابل استفاده برای این نوع خط ساحلی»



اکنون، باید خسارت واکنش در خطوط ساحلی در فاکتور «مقدار پاکسازی مورد نیاز» (HCIC) ضرب شود. برای این اساس:

- اگر HCIC «حداکثر» باشد، آنگاه «خسارت واکنش در خطوط ساحلی» باید در عدد «۳» ضرب شود.

- اگر HCIC «زیاد» باشد، آنگاه «خسارت واکنش در خطوط ساحلی» باید در عدد «۱/۵» ضرب شود.

- اگر HCIC «متوسط» باشد، آنگاه «خسارت واکنش در خطوط ساحلی» باید در عدد «۱» ضرب شود.

- اگر HCIC «کم» باشد، آنگاه «خسارت واکنش در خطوط ساحلی» باید در عدد «۰/۵» ضرب شود.

- اگر HCIC «حداقل» باشد، آنگاه «خسارت واکنش در خطوط ساحلی» باید در عدد «۰/۱» ضرب شود.

پیامد واکنش در خط ساحلی = فاکتور HCIC x خسارت واکنش در خط ساحلی

#### ▪ خسارات منابع اقتصادی- اجتماعی خطوط ساحلی

خسارت‌های منابع اقتصادی- اجتماعی ساحل به نوع نفت، مقدار واقعی نفتی که به ساحل رسیده و همچنین منابع اقتصادی- اجتماعی موجود در ساحل برحسب انتخاب‌های صورت گرفته، بستگی دارد. محاسبات آنها به شرح زیر هستند:



- اگر نوع نفت، بنزین یا سوخت هواپیما باشد، آنگاه خسارات اقتصادی - اجتماعی هرگالن نفت  
برخورد کرده با خطوط ساحلی از رابطه زیر برآورد خواهد شد:  $(1,625/6 C^{-0.2166})$

خسارات کل اقتصادی - اجتماعی خط ساحلی، در این صورت برابر خواهد بود با:

$$[S \times C \times (1,625/6 C^{-0.2166})]$$

در این رابطه:

C: مقدار واقعی نفتی است که به خط ساحلی برخورد کرده (برحسب گالن)؛ و

S: ضریب اصلاح مربوط به خسارات اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی است که از جدول زیر به دست می آید.

- اگر نوع نفت، گازوییل یا نفت خام سبک باشد، آنگاه خسارات اقتصادی - اجتماعی هرگالن نفت  
برخورد کرده با خطوط ساحلی از رابطه زیر برآورد خواهد شد:  $(2,076 C^{-0.2226})$

خسارات کل اقتصادی - اجتماعی خط ساحلی، در این صورت برابر خواهد بود با:

$$[S \times C \times (2,076 C^{-0.2226})]$$

در این رابطه:

C: مقدار واقعی نفتی است که به خط ساحلی برخورد کرده (برحسب گالن)؛ و

S: ضریب اصلاح مربوط به خسارات اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی است که از جدول زیر به دست می آید.

- اگر نوع نفت، نفت خام متوسط یا روغن‌های روانکار و یا سوخت‌های نفتی متوسط (IFO) باشد، آنگاه خسارات اقتصادی- اجتماعی هرگالن نفت بر خورد کرده با خطوط ساحلی از رابطه زیر برآورد خواهد شد:  $(4.407 C^{-0.2283})$

خسارات کل اقتصادی- اجتماعی خط ساحلی، در این صورت برابر خواهد بود با:

$$[S \times C \times (4.407 C^{-0.2283})]$$

در این رابطه:

C: مقدار واقعی نفتی است که به خط ساحلی برخورد کرده (بر حسب گالن)؛ و

S: ضریب اصلاح مربوط به خسارات اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی است که از جدول زیر به دست می‌آید.

- اگر نوع نفت، نفت خام سنگین یا سوخت شماره (۶) باشد، آنگاه خسارات اقتصادی- اجتماعی هرگالن نفت بر خورد کرده با خطوط ساحلی از رابطه زیر برآورد خواهد شد:

$$(1.370/8 C^{-0.2236})$$

خسارات کل اقتصادی- اجتماعی خط ساحلی، در این صورت برابر خواهد بود با:

$$[S \times C \times (1.370/8 C^{-0.2236})]$$

در این رابطه:

C: مقدار واقعی نفتی است که به خط ساحلی برخورد کرده (بر حسب گالن)؛ و

S: ضریب اصلاح مربوط به خسارات اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی است که از جدول زیر به دست می آید.

باید فهرستی از منابع اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی موجود بر روی آب را کنترل کرد. فاکتورها با هم جمع بسته می شوند. (کل ضرایب اصلاحی برای همه منابع اقتصادی، اجتماعی شناسایی شده برابر است با ضریب اصلاحی کل برای منابع اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی)

فسارت واقعی منابع اقتصادی، اجتماعی ساحل = [(درصد اثر بخشی - 100٪) × فسارات منابع اقتصادی، اجتماعی ساحل]

جدول (۴۳): ضرایب اصلاحی منابع اقتصادی - اجتماعی خطوط ساحلی

| منبع اقتصادی - اجتماعی ساحل | ضریب اصلاحی |
|-----------------------------|-------------|
| ساحل توریستی                | ۱/۴         |
| تماشای حیات وحش             | ۲/۴         |
| صنعتی                       | ۰/۱         |
| بندر                        | ۰/۴         |
| سکونت گاهی                  | ۱/۰         |
| کاربری دارای ارزش زیاد      | ۲/۹         |
| کاربری دارای ارزش متوسط     | ۱/۰         |
| کاربری دارای ارزش کم        | ۰/۴         |

شایان ذکر است که هزینه های اقتصادی - اجتماعی، براساس مطالعات پایگاه داده های لکه های نفتی ERC و مدل اتکین (۲۰۰۳a,b,d,e)، اتکین (۲۰۰۴a,d,e)، اتکین و تیبو (۲۰۰۳)، اتکین و همکاران (۲۰۰۳)، اتکین و همکاران (۲۰۰۵)، و گری و همکاران (۲۰۰۴) به دست آمده اند.

▪ خسارات منابع طبیعی خطوط ساحلی

خسارت‌های منابع طبیعی ساحل به نوع نفت، مقدار واقعی نفتی که به ساحل برخورد کرده، همچنین به منابع اقتصادی- اجتماعی موجود در ساحل برحسب انتخاب‌های صورت گرفته، بستگی دارد. محاسبات مربوطه به شرح زیر است:

▪ اگر نوع نفت، بنزین یا سوخت هواپیما باشد، آنگاه خسارات منابع طبیعی هرگالن نفت برخورد کرده با خطوط ساحلی از رابطه زیر برآورد خواهد شد:  $(186/69 C^{-0/1961})$

خسارات کل منابع طبیعی خط ساحلی، در این صورت برابر خواهد بود با:

$$[S \times C \times (186/69 C^{-0/1961})]$$

در این رابطه:

C: مقدار واقعی نفتی است که به خط ساحلی برخورد کرده (برحسب گالن)؛ و

S: ضریب اصلاح مربوط به خسارات منابع طبیعی خط ساحلی است که از جدول زیر به دست می‌آید.

▪ اگر نوع نفت، گازوییل یا نفت خام سبک باشد، آنگاه خسارات منابع طبیعی هرگالن نفت برخورد کرده با خطوط ساحلی از رابطه زیر برآورد خواهد شد:  $(274/15 C^{-0/1634})$

خسارات کل منابع طبیعی خط ساحلی، در این صورت برابر خواهد بود با:

$$[S \times C \times (274/15 C^{-0/1634})]$$

در این رابطه:

C: مقدار واقعی نفتی است که به خط ساحلی برخورد کرده (برحسب گالن)؛ و

S: ضریب اصلاح مربوط به خسارات منابع طبیعی خط ساحلی است که از جدول زیر به دست می آید.

▪ اگر نوع نفت، نفت خام متوسط یا روغن های روانکار و یا سوخت های نفتی متوسط (IFO) باشد،

آنگاه خسارات منابع طبیعی هر گالن نفت برخورد کرده با خطوط ساحلی از رابطه زیر برآورد

خواهد شد:  $(279/3 C^{-0/1525})$

خسارات کل منابع طبیعی خط ساحلی، در این صورت برابر خواهد بود با:

$$[S \times C \times (279/3 C^{-0/1525})]$$

در این رابطه:

C: مقدار واقعی نفتی است که به خط ساحلی برخورد کرده (برحسب گالن)؛ و

S: ضریب اصلاح مربوط به خسارات منابع طبیعی خط ساحلی است که از جدول زیر به دست می آید.

▪ اگر نوع نفت، نفت خام سنگین یا سوخت شماره ۶ باشد، آنگاه خسارات منابع طبیعی هر گالن

نفت برخورد کرده با خطوط ساحلی از رابطه زیر برآورد خواهد شد:  $(256/28 C^{-0/1366})$

خسارات کل منابع طبیعی خط ساحلی، در این صورت برابر خواهد بود با:

$$[S \times C \times (256/28 C^{-0/1366})]$$

در این رابطه:

C: مقدار واقعی نفتی است که به خط ساحلی برخورد کرده (برحسب گالن)؛ و

S: ضریب اصلاح مربوط به خسارات منابع طبیعی خط ساحلی است که از جدول زیر به دست می آید.

$$\text{خسارت واقعی منابع طبیعی ساحل} = [\text{درصد اثر بخشی} - 100\%] \times \text{خسارات منابع طبیعی ساحل}$$

جدول (۴۴): ضرایب اصلاحی منابع طبیعی خطوط ساحلی

| منبع طبیعی ساحل         | ضریب اصلاحی |
|-------------------------|-------------|
| پرندگان                 | ۴/۰         |
| پستانداران              | ۲/۷         |
| گونه‌های در معرض انقراض | ۵/۰         |
| منابع با حساسیت بالا    | ۴/۰         |
| منابع با حساسیت متوسط   | ۲/۰         |
| منابع با حساسیت پایین   | ۰/۳         |

هزینه‌های منابع طبیعی براساس مطالعات انجام شده در پایگاه داده‌های لکه‌های نفتی ERC و مدل برنامه تحقیقاتی Inc و همکاران (۲۰۰۲B)، اتکین (۲۰۰۳a,d)، اتکین و تیبو (۲۰۰۳)، مک کی و همکاران (۲۰۰۳)، مک کی و همکاران (۲۰۰۴a,b,c)، و مک کی و همکاران (۲۰۰۵) به دست آمده است.

#### ▪ خسارت‌های آلودگی نفت بدون انجام واکنش

آلودگی‌های ناشی از نشت نفت، بسته به شرایط محیطی ممکن است باعث خسارات گوناگونی شده و در صورت عدم واکنش و یا مداخله برای کنترل و پاکسازی آنها، ابعاد آنها قابل توجه‌تر

خواهند بود. چرا که منابعی نظیر پرندگان دریایی در معرض مشکلات ناشی از آلودگی نفتی هستند. منابع اقتصادی، اجتماعی مانند صیادی نیز ممکن است متحمل آسیب‌های جدی در اثر نشت نفت باشند. حتی چنین مشکلاتی در هنگام انجام واکنش نیز بروز کنند. عموماً، خسارت‌های «عدم انجام واکنش» با خسارت‌های «پس از انجام واکنش» (پیامدهای زیان‌آور ناشی واکنش) باید مورد مقایسه قرار گیرند تا پرداخت هزینه‌های لازم برای انجام به‌موقع و اثربخش واکنش، از توجیه مالی و اقتصادی لازم برخوردار باشد.

- هزینه‌های خسارت نفت در روی آب با مقدار اولیه نشت نفت در ارتباط است. از این‌رو، مقدار اولیه نشت نفت (برحسب گالن) را باید در هزینه‌های خسارات اقتصادی، اجتماعی و منابع طبیعی روی آب ضرب کرد.

- هزینه‌های خسارت نفت در خط ساحلی با مقدار واقعی نفتی که با خط ساحلی برخورد کرده، در ارتباط است. مقدار واقعی نفت برخورد کرده با خط ساحلی نیز از حاصل ضرب درصد نفت باقیمانده در مقدار نفت نشت یافته برآورد می‌شود. البته، درباره منابع خط ساحلی، مقادیری از نفت نشت یافته در اثر تبخیر و انتشار در سطح آب دریا، کاهش می‌یابد.

منظور از درصد نفت باقیمانده، همان حداقل درصد نفت باقیمانده بر مبنای نوع نفت است. زیرا در صورت عدم انجام واکنش، نفت بیشترین فرصت را برای تبخیر خواهد داشت (یعنی تا جایی که دیگر امکان تبخیر وجود نداشته باشد).

- اگر نوع نفت، نفت خام متوسط باشد، آنگاه حداقل درصد نفت باقیمانده، ۳۲٪ خواهد بود (پیش فرض)؛

- اگر نوع نفت، بنزین باشد، آنگاه حداقل درصد نفت باقیمانده، ۱۳٪ خواهد بود؛

- اگر نوع نفت، سوخت هواپیما باشد، آنگاه حداقل درصد نفت باقیمانده، ۳۲٪ خواهد بود؛

- اگر نوع نفت، گازوییل باشد، آنگاه حداقل درصد نفت باقیمانده، ۱۲٪ خواهد بود؛
- اگر نوع نفت، نفت خام سبک باشد، آنگاه حداقل درصد نفت باقیمانده، ۳۹٪ خواهد بود؛
- اگر نوع نفت، نفت خام سنگین باشد، آنگاه حداقل درصد نفت باقیمانده، ۶۳٪ خواهد بود؛
- اگر نوع نفت، سوخت شماره (۶) باشد، آنگاه حداقل درصد نفت باقیمانده، ۱۰٪ خواهد بود؛
- اگر نوع نفت، IFO باشد، آنگاه حداقل درصد نفت باقیمانده، ۷۹٪ خواهد بود؛
- اگر نوع نفت، روغن روانکار باشد، آنگاه حداقل درصد نفت باقیمانده، ۱۲٪ خواهد بود؛

مقدار واقعی نفت باقیمانده (گالن) = درصد نفت باقیمانده × مقدار نفت نشت یافته

حال باید مقدار واقعی نفت باقیمانده را در هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و هزینه‌های خسارات منابع طبیعی در خط ساحلی ضرب کرد تا هزینه‌های مربوط به خسارات آلودگی نفتی در صورت عدم انجام واکنش محاسبه شود.

### ۳-۳-۳-۶- چند مثال عملی

برای مقایسه استفاده از پخش‌کننده‌ها در برابر بازیافت مکانیکی، این دو را در قالب سه گزینه مختلف می‌توان ارزیابی کرده و محاسبات مربوطه را طبق مدل انجام داد. شایان ذکر است که محاسبات گزینه اول با تفصیل بیشتری در رابطه با یکی از حوادث نفتی واقعی رخ داده در حوزه استان هرمزگان در اختیار قرار گرفته است:

گزینه (۱):

- نوع نفت: نفت خام سنگین



- مقدار نفت نشت یافته: ۲,۶۴۲ گالن، (مقدار نفت آزاد شده در دریا: معادل ۱۰ مترمکعب نفت = ۲۶۴۲ گالن = ۸/۹۸۶ تن = ۶۲/۹ بشکه)
- فاصله تا ساحل: کمتر از ۳ مایل (۴/۸۲ کیلومتر)
- نوع پوشش نفتی خط ساحل: پیوسته
- نوع سطح آب: خور (مصب) باز
- دمای آب: ۲۰ درجه سانتی گراد
- بادهای غالب: متوسط (۱۵ نات)
- زمان واکنش: ساعت (تا خط ساحلی)
- نوع خط ساحلی: اراضی جذر و مدی بسته
- واکنش در خط ساحلی: روش مکانیکی
- HCIC: خیلی زیاد
- منابع اقتصادی، اجتماعی روی آب: ساحل گردشگری، تماشا و بازدید حیات وحش، ساحل صنعتی، بندر
- منابع طبیعی روی آب: ماهی و پستانداران
- منابع اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی: فعالیت های شیلاتی، بندر، قایقرانی تفریحی
- منابع طبیعی خط ساحلی: پرندگان، گونه های در معرض انقراض
- پیش بینی محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی در خط ساحلی: انتخاب شده
- نوع واکنش: روش مکانیکی

- زمان آمادگی تا واکنش: ۲ ساعت

**گام اول: محاسبه درصد نفت باقیمانده (پیش از انجام واکنش):**

درصد نفت باقیمانده  $\times$  مقدار نفت ریخته شده = مقدار نفت باقیمانده (برسب گالن و پیش از واکنش)

$$۰.۲۱۷ \times ۰/۶۳۸۱۳۳ = ۱۶۱۴۲ \text{ مقدار نفت باقیمانده}$$

$$۱۶۱۳/۸۹ = \text{مقدار نفت باقیمانده}$$

با توجه به شرایط محیطی فرضی (دمای ۲۰ درجه سانتی گراد و وزش باد متوسط ۱۵ نات)، باید نتیجه را در ضریب ۰/۶۳ تعدیل کرد. یعنی:

$$۱۰۲۳ = ۱۶۲۴ \times ۰/۶۳ = \text{مقدار نفت باقیمانده (گالن)}$$

**گام دوم: محاسبه خسارات وارده به منابع اقتصادی-اجتماعی بر روی آب**

هزینه‌های خسارات ناشی از هر گالن نفت آزاد شده، با توجه به مقدار نفت و ضرایب اصلاحی مربوطه در دو حالت زیر برآورد می‌شود:

- «کل خسارات اقتصادی، اجتماعی روی آب» بدون واکنش و بر مبنای «نوع نفت»، «مقدار واقعی نفت روی آب» (هزینه D)
- «کل خسارات اقتصادی، اجتماعی روی آب» پس از واکنش و بر مبنای «نوع نفت»، «مقدار نشت نفت» و «منابع اقتصادی، اجتماعی وابسته به آب که در مدل انتخاب شده» (هزینه B)

در بخش اول، خسارات اقتصادی و اجتماعی روی آب در حالت بدون واکنش به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$۱۳۷۰/۸ \times ۲۶۴۲^{-۰/۲۲۳۶} = ۲۳۵/۴۱۲۷ \text{ دلار بر حسب دلا } ۲۳۵/۴۱۲۷$$

$$۲۳۵/۴۱۲۷ \times (۲۶۴۲ \times (۱/۴ + ۱/۰ + ۲/۴ + ۲/۹)) = ۴,۷۸۹,۰۹۵$$

کل خسارات اقتصادی-اجتماعی لکه نفتی در صورت عدم انجام واکنش (دلار) (هزینه D)

ضرایب اصلاحی با فرض وجود فعالیت‌های شیلاتی (ضریب ۲/۹)، بندری (ضریب ۲/۴)، قایقرانی (ضریب ۱/۰) و ماهیگیری تفرجی (ضریب ۱/۴) به صورت تجمعی محاسبه شده است.

در بخش دوم، خسارات وارده به منابع اقتصادی-اجتماعی روی آب در اثر ریزش نفت از نوع نفت خام سنگین و پس از انجام واکنش، به دلیل استفاده از روش مکانیکی، صفر خواهد بود. ( $F=0$ )

(Cost B)

### گام سوم: محاسبه پیامد واکنش بر روی آب (هزینه F)

از آنجا که لازمه برداشتن این گام، واکنش بر روی آب به شکل «استفاده از پخش‌کننده‌ها» (DISPERSANT) است و در این مثال، از مواد فوق استفاده نشده است، پس هزینه پیامدهای واکنش بر روی آب هم صفر خواهد بود. ( $F=0$ )

ولی اگر با فرض استفاده از چنین موادی، هزینه پیامد واکنش بر روی آب با استفاده از رابطه زیر:

$$(\text{خسارات اقتصادی} - \text{اجتماعی روی آب}) = 0/12 \times (\text{اثر واکنش روی آب})$$

برابر خواهد بود با:

$$574,692 = 0/12 \times 4,789,095 = \text{پیامد واکنش بر روی آب (دلار)}$$

### گام چهارم: محاسبه میزان خسارات وارده به منابع طبیعی روی آب (هزینه‌های E و C)

این گام شامل دو بخش است:

- «برآورد خسارت وارده به منابع طبیعی روی آب پس از واکنش» (هزینه C) و
- «برآورد خسارت وارده به منابع طبیعی روی آب بدون انجام واکنش» (هزینه E)

در بخش اول، خسارات وارده به منابع طبیعی در اثر ریزش نفت از نوع نفت خام سنگین و بدون انجام واکنش از رابطه زیر به دست می آید:

$$\text{خسارت منابع طبع هر گالن نفت ریخته شده بر حسب دلار} = ۸۷/۳۵۳۱۷ \times ۰/۱۳۶۶ \times ۲۶۴۲ = ۲۵۶/۲۸$$

با فرض اینکه منابع طبیعی روی آب، ماهیان و پستانداران با ضرایب اصلاحی ۲/۵ و ۳/۰ هستند، خسارت وارده به منابع طبیعی روی آب به صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$\text{Cost E} = ۸۷/۳۵۳۱۷ \times (۲۶۴۲ \times (۲/۵ + ۳/۰)) = ۱,۲۶۹,۳۲۹$$

(کل خسارات اقتصادی-اجتماعی ریزش نفت در صورت عدم انجام واکنش بر حسب دلار) (هزینه E)

در بخش دوم، خسارات وارده به منابع طبیعی روی آب در اثر ریزش نفت از نوع نفت خام سنگین و پس از انجام واکنش، به دلیل استفاده از روش مکانیکی، صفر خواهد بود. ( $\text{Cost C} = ۰$ )

**گام پنجم: محاسبه کارآئی واکنش در برابر لکه های نفتی روی آب (درصد برداشت نفت از آب)**

اکنون برای محاسبه کارآئی واکنش که ناظر بر نفت باقیمانده در سطح (پس از واکنش) بر مبنای زمان واکنش است. زیرا در فاصله زمانی تا واکنش، بخشی از نفت به صورت طبیعی تبخیر شده و یا در آب پراکنده می شود.

مطابق با جدول شماره (۲۹) کارآئی واکنش مکانیکی در روی آب برای تمام انواع نفت و از جمله، نفت سنگین از رابطه زیر محاسبه می شود: ( $۰/۹۴۱ + ۰/۰۱۷t^۲$ )

با احتساب ۲ ساعت زمان تا شروع واکنش، کارآئی واکنش از روی رابطه فوق ۸۷/۳ درصد محاسبه خواهد شد.

### گام ششم: محاسبه هزینه واکنش روی آب (هزینه A)

هزینه کل واکنش بر روی آب = هزینه پایش + هزینه تجهیزات + هزینه اضافی کل + هزینه دفع آلودگی

برای این منظور باید هریک از اجزای رابطه فوق را به شرح زیر محاسبه کرد:

- برای همه روش‌های واکنش، هزینه پایه پایش، برابر است با:  $(G^{0.4387} \times 3236/7)$ . در این رابطه،

G مقدار نفت نشت یافته است؛ در نتیجه، برای ۲۶۴۲ گالن نفت خام سنگین فرضی در این مثال،

هزینه پایه پایش برابر خواهد بود با: ۱۰۲،۶۳۷ دلار

- برای روش‌های مختلف واکنش (غیر از عدم انجام واکنش)، هزینه پایه تجهیزات از رابطه زیر

برآورد می‌شود:

$$(G^{0.2762} \times 35,388) = \text{هزینه پایه تجهیزات}$$

که در آن، G مقدار نفت نشت یافته است. برای این اساس، هزینه پایه تجهیزات برابر خواهد بود با:

۳۱۱،۸۸۵ دلار

- هزینه اضافی کل از رابطه زیر برآورد می‌شود:

$$\text{هزینه اضافی کل} = \text{هزینه اضافی هر گالن} \times \text{مقدار نفت نشت یافته}$$

تذکر: هزینه اضافی هر گالن از جدول شماره (۲۸) تعیین می‌شود. یعنی  $(49 \times 2642)$

در نتیجه، هزینه اضافی کل برابر خواهد بود با ۱۲۹،۴۵۸ دلار

- هزینه دفع آلودگی نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{هزینه دفع آلودگی} = 5 \times (\text{درصد نفت باقیمانده} \times \text{کارآئی واکنش} \times \text{مقدار نفت نشت یافته})$$

در ابتدای این مثال، مقدار نفت باقیمانده محاسبه شد و پس از تبدیل آن به درصد و محاسبه

مقدار نفت برداشت شده، هزینه دفع آلودگی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{هزینه دفع آلودگی به دلار} = ۵ \times (۰/۶۱ \times ۸۷/۳ \times ۲۶۴۲)$$

در نتیجه، هزینه دفع آلودگی برابر خواهد بود با: ۷,۰۸۰ دلار

با توجه به محاسبات بالا، هزینه کل واکنش بر روی آب به صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$\text{هزینه واکنش روی آب (Cost A)} = ۱۰۲,۶۳۷ + ۳۱۱,۸۸۵ + ۱۲۹,۴۵۸ + ۷,۰۸۰$$

در نتیجه، هزینه واکنش روی آب، ۵۵۱,۰۶۱ دلار محاسبه می‌شود.

### گام هفتم: محاسبه میزان واقعی نفت باقیمانده

برای محاسبه مقدار واقعی نفت باقیمانده از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\text{مقدار واقعی نفت باقیمانده} = [\text{درصد (ثرفشی واکنش)} - ۱۰۰\%] \times [\text{درصد نفت باقیمانده} \times \text{مقدار نفت نشت یافته}]$$

مقدار واقعی نفت باقیمانده =  $[۰/۸۷۳ - ۱۰۰\%] \times [۲۶۴۲ \times ۰/۶۱۴]$  در نتیجه، مقدار واقعی نفت که با توجه به شرایط محیطی، امکان حرکت به سوی خط ساحلی دارد، برابر با ۲۰۶ گالن خواهد بود.

### گام هشتم: محاسبه مساحت واکنش در برابر نفتی شدن خط ساحلی

برای محاسبه «کل محدوده ساحلی آغشته به نفت» بر حسب مترمربع، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\text{کل محدوده ساحلی آغشته به نفت (m}^2\text{)} = ۳/۷۸۵ \times \text{مقدار نفت واقعی باقیمانده}$$

در نتیجه، کل محدوده ساحلی آغشته به نفت ۹,۹۹۹,۹۷ یا به عبارت دقیق‌تر ۱۰,۰۰۰ مترمربع خواهد بود.

### گام نهم: محاسبه هزینه واکنش در خطوط ساحلی (هزینه G)

هزینه واکنش در برابر نفت نشت یافته در خط ساحلی به مساحت تحت پوشش آلودگی، نوع ساحل، نوع نفت، ضخامت، پوشش نفت و مقدار پاکسازی مورد نیاز (HCIC) بستگی دارد. همچنین، هزینه واکنش به ازاء واحد سطح، بستگی به نوع ساحل، نوع نفت و ضخامت لایه نفت دارد.

هزینه واحد سطح واکنش در ساحل  $\times$  وسعت محدوده پوشیده از نفت  $\times$  ضریب تعدیل پوشش نفت  $\times$  ضریب تعدیل نیاز به پاکسازی

(HCIC)

با مفروضات زیر می توان هزینه کل واکنش در خطوط ساحلی را برآورد کرد:

- در گام پیشین، مساحت محدوده آغشته به نفت، حدود ۱۰ هزار مترمربع برآورد شده است.
- وقوع آلودگی نفتی در ساحل از نوع «اراضی جذر و مدی بسته» است. پس طبق جدول شماره (۳۶)، هزینه پاکسازی هر مترمربع از ساحل برای نفت خام سنگین، ۶۵ دلار برآورد می شود.
- پوشش نفت از نوع «پیوسته» فرض شده و براین اساس، عامل تعدیل پوشش پیوسته نفتی را باید ۳ در نظر گرفت.
- اگر نیاز به پاکسازی بسیار زیاد باشد، دراین صورت باید ضریب HCIC را ۲/۷ در نظر گرفت.

با جایگزین کردن مقادیر هریک از پارامترهای مربوطه در رابطه بالا، هزینه واکنش در خط ساحلی

برابر با ۵،۲۶۵،۰۰۰ دلار به دست خواهد آمد. (Cost G)

$$(2/7 \times 3 \times 10,000 \times 65 = 5,265,000 \text{ دلار}).$$

### گام دهم: محاسبه اثربخشی واکنش در خطوط ساحلی

در این مثال فرض شده است که از دو روش مکانیکی و استفاده از مواد جاذب به عنوان اقدامات واکنشی در ساحل استفاده شود. براساس جدول شماره (۱۹)، اثربخشی استفاده از روش مکانیکی، «متوسط» (۵۰ درصد) و روش مواد جاذب، «پایین» (کمتر از ۱۰ درصد) تعیین شده است.

همچنین با فرض حداکثر بودن عامل HCIC، اثربخشی واکنش در خط ساحلی باید در ۱/۲۳ ضرب شود.

بر این مبنا، اثربخشی واقعی واکنش در خط ساحلی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{اثربخشی واقعی واکنش در خط ساحلی} = \text{فاکتور HCIC} \times \text{اثربخشی واکنش در خط ساحلی}$$

یعنی:  $(1/23 \times 0/5 = 0/615)$ . یعنی اثربخشی واقعی واکنش در خط ساحلی، ۶۱/۵ درصد خواهد بود.

#### گام یازدهم: محاسبه هزینه پیامد واکنش در خطوط ساحلی (هزینه J)

برای محاسبه پیامد واکنش انجام شده در خط ساحلی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\text{پیامد واکنش در ساحل} = \text{عامل HCIC} \times \text{ضریب تعدیل پیامد واکنش} \times \text{هزینه واکنش در ساحل}$$

در نتیجه: براساس محاسبه  $(3/0 \times 0/1 = 0/3)$ ، پیامد واکنش ۰/۳ برآورد خواهد شد.

در گام نهم، هزینه واکنش در خط ساحلی (هزینه G) برابر با ۵،۲۶۵،۰۰۰ دلار محاسبه شد. در نتیجه، هزینه پیامد واکنش در خط ساحل به صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$0/3 \times 5,265,000 = 1,579,500 \text{ دلار (Cost J)}$$

#### گام دوازدهم: محاسبه خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی در خطوط ساحلی (هزینه H)



قبلاً مقدار واقعی نفت باقیمانده، یا همان مقدار نفتی که به ساحل می‌رسد حدود ۲۰۶ گالن محاسبه شد. خسارات اقتصادی-اجتماعی هرگالن نفت سنگینی که به خط ساحلی می‌رسد، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C^{-0.2236} / 8 \times 1370 = \text{خسارت وارده به منابع اقتصادی اجتماعی در ساحل به ازای هرگالن}$$

که در آن، منظور از C مقدار واقعی نفت وارده به ساحل (برحسب گالن) است. یعنی (۴۱۷ دلار)

حال برای محاسبه خسارات کل اقتصادی-اجتماعی خط ساحلی باید نتیجه فوق را در S (ضریب اصلاحی مربوط به خسارات اقتصادی-اجتماعی خط ساحلی که از روی جدول شماره ۴۳ تعیین می‌شود) ضرب کرد.

$$[S \times C \times (1,370 / 8 C^{-0.2236})] \quad \text{یعنی:}$$

بنابراین:  $[(1/4 + 0/4) \times 206 \times (1,370 / 8 \times 206^{-0.2236})]$  و از آن، مجموع خسارات وارده به منابع اقتصادی-اجتماعی ساحلی در صورت عدم انجام واکنش، ۱۵۴،۴۳۱ دلار (Cost K) محاسبه خواهد شد.

حال با احتساب درصد اثربخشی واکنش انجام شده در ساحل، خسارات واقعی منابع اقتصادی-اجتماعی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{خسارت واقعی منابع اقتصادی، اجتماعی ساحل} = [\text{درصد اثربخشی} - 100\%] \times \text{خسارات منابع اقتصادی، اجتماعی ساحل}$$

$$(Cost H) \text{ دلار } 59,456 = (100 - 61/5) \times 154,431$$

در نتیجه، خسارات واقعی وارده به منابع اقتصادی-اجتماعی ساحلی، پس از واکنش برابر خواهد با: ۵۹،۴۵۶ دلار.

گام سیزدهم: محاسبه خسارت‌های وارده به منابع طبیعی ساحلی (هزینه ا)

براساس مقدار واقعی نفت باقیمانده، یا همان مقدار نفتی که به ساحل می‌رسد، حدود ۲۰۶ گالن محاسبه شد (قبلاً محاسبات مربوطه ارائه شدند).

خسارات وارده به منابع طبیعی در اثر هرگالن نفت سنگینی که به خط ساحلی می‌رسد، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C^{-0.1366} = 256/28 \text{ خسارت وارده به منابع اقتصادی اجتماعی در ساحل به ازای هرگالن}$$

که در آن، منظور از C مقدار واقعی نفت وارده به ساحل (برحسب گالن) است. یعنی (۱۲۴ دلار)

حال برای محاسبه خسارات کل منابع طبیعی خط ساحلی باید نتیجه فوق را در S (ضریب اصلاحی مربوط به خسارات منابع طبیعی خط ساحلی که از روی جدول شماره ۴۴ تعیین می‌شود) ضرب کرد.

$$[S \times C \times (256/28 C^{-0.1366})] \text{ یعنی:}$$

بنابراین:  $[ (4+2/7) \times 206 \times (256/28 \times 206^{-0.1366}) ]$  و از آن، مجموع خسارات وارده به منابع طبیعی ساحلی در صورت عدم انجام واکنش، ۱۷۰،۸۳۷ دلار (Cost L) محاسبه خواهد شد.

حال با احتساب درصد اثربخشی واکنش انجام شده در ساحل، خسارات واقعی منابع طبیعی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{خسارات واقعی منابع طبیعی ساحل} = [\text{درصد اثربخشی} - 100\%] \times \text{خسارات منابع طبیعی ساحل}$$

$$(Cost I) \text{ دلار } 65,772 = 170,837 \times (100 - 61/5)$$

در نتیجه، خسارات واقعی وارده به منابع طبیعی ساحلی، پس از واکنش برابر خواهد با: ۶۵،۷۷۲ دلار.

**گام چهاردهم: محاسبه خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی و منابع طبیعی روی آب ساحلی بدون انجام واکنش (هزینه‌های D، E، K و L)**

در این قسمت، نتایج برآوردهای انجام شده در گام‌های (۲)، (۴)، (۱۲) و (۱۳) ارائه می‌شوند. البته براساس دستورالعمل، باید خسارات وارده به منابع اقتصادی-اجتماعی و منابع طبیعی در خطوط ساحلی را براساس مقدار واقعی نفت باقیمانده تعدیل کرد. یعنی، طبق مطالعات تجربی انجام شده، از ۲۰۶ گالن نفت خام سنگین ورودی به خط ساحلی، ۳۷٪ در اثر عوامل طبیعی مانند تبخیر و غیره، تجزیه شده و تنها ۶۳٪ باقی می‌ماند. در نتیجه، لازم است خسارات (اعم از اقتصادی-اجتماعی و منابع طبیعی) برآورده شده برای وضعیت بدون واکنش را در ضریب ۰/۶۳ ضرب نمود.

خلاصه محاسبات انجام شده را می‌توان در جدول زیر مشاهده کرد.

| نوع خسارت             |          | بدون واکنش (دلار) | با واکنش (دلار) |
|-----------------------|----------|-------------------|-----------------|
| منابع اقتصادی-اجتماعی | خط ساحلی | ۹۷,۲۹۲            | ۵۹,۴۵۶          |
|                       | روی آب   | ۴,۷۸۹,۰۹۵         | ۰               |
| منابع طبیعی           | خط ساحلی | ۱۰۷,۶۲۷           | ۶۵,۷۷۲          |
|                       | روی آب   | ۱,۲۶۹,۳۲۹         | ۰               |
| جمع                   |          | ۶,۲۶۳,۳۴۳         | ۱۲۵,۲۲۸         |

**گام پانزدهم: محاسبه هزینه‌های کل**

الف- هزینه کل واکنش (TRC) که از حاصل جمع دو هزینه زیر به دست می‌آید:

- هزینه کل واکنش بر روی آب (Cost A)،

- هزینه کل واکنش در خط ساحلی (Cost G).

براساس رابطه  $TRC = Cost A + Cost G$  خواهیم داشت:

$$TRC = 551,061 + 5,265,000 = 5,816,061$$

در نتیجه، هزینه کل واکنش برابر با ۵,۸۱۶,۰۶۱ دلار خواهد بود.

ب- هزینه کل پیامد واکنش (TRI) که از حاصل جمع دو هزینه زیر به دست می آید:

- هزینه پیامد واکنش بر روی آب (Cost F)،

- هزینه پیامد واکنش در خط ساحلی (Cost J).

بر اساس رابطه  $TRI = Cost F + Cost J$  خواهیم داشت:

$$TRI = 0 + 1,579,500 = 1,579,500$$

در نتیجه، هزینه کل پیامد واکنش برابر با ۱,۵۷۹,۵۰۰ دلار خواهد بود.

ج- خسارات کل بدون انجام واکنش (TDWOR) که از حاصل جمع چهار هزینه زیر به دست می آید:

- هزینه کل خسارت های اقتصادی، اجتماعی روی آب بدون انجام واکنش (Cost D)،

- هزینه کل خسارت های اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی بدون انجام واکنش (Cost K)،

- هزینه کل خسارت های منابع طبیعی روی آب بدون انجام واکنش (Cost E)،

- هزینه کل خسارت های منابع طبیعی خط ساحلی بدون انجام واکنش (Cost L).

بر اساس رابطه  $TDWOR = Cost D + Cost E + Cost K + Cost L$  خواهیم

داشت:

$$TDWOR = 4,789,095 + 1,269,329 + 97,292 + 107,627 = 6,263,343$$

در نتیجه، خسارات کل (اقتصادی-اجتماعی و منابع طبیعی روی آب و ساحل) برابر با ۶,۲۶۳,۳۴۳

دلار خواهد بود.

ج- خسارات کل پس از انجام واکنش (TDWR) که از حاصل جمع چهار هزینه زیر به دست می‌آید:

- هزینه کل خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی روی آب پس از انجام واکنش (Cost B)،
  - هزینه کل خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی پس از انجام واکنش (Cost H)،
  - هزینه کل خسارت‌های منابع طبیعی روی آب پس از انجام واکنش (Cost C)،
  - هزینه کل خسارت‌های منابع طبیعی خط ساحلی پس از انجام واکنش (Cost I).
- براساس رابطه  $TDWR = Cost B + Cost H + Cost C + Cost I$  خواهیم داشت:

$$TDWR = 0 + 59,546 + 0 + 65,772 = 125,228$$

در نتیجه، خسارات کل (اقتصادی-اجتماعی و منابع طبیعی روی آب و ساحل) پس از انجام واکنش برابر با ۱۲۵،۲۲۸ دلار خواهد بود.

برای محاسبه فایده انجام واکنش (RB) از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$RB = TDWOR - (TDWR + TRI)$$

براین اساس:

$$\text{دلار } 4,588,615 = (125,228 + 1,579,500) - 6,263,343 = \text{فایده واکنش}$$

برای محاسبه نسبت هزینه به فایده (CBR)، به عنوان یک معیار مالی تصمیم‌گیری مدیریتی، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

**فایده واکنش ÷ هزینه کل واکنش = نسبت هزینه به فایده**

$$CBR = TRC \div RB$$

یعنی:  $(CBR = 5,816,061 \div 4,588,615)$ . در نتیجه، این نسبت برابر با ۱/۲۸ به دست می‌آید.

## گزینه (۲)

- نوع نفت: نفت خام متوسط
- مقدار نفت نشت یافته: ۱ میلیون گالن
- فاصله تا ساحل: ۳ تا ۱۰ مایل
- نوع پوشش نفتی خط ساحل: پیوسته
- نوع سطح آب: دریایی
- دمای آب: ۲۰ درجه سانتی گراد
- بادهای غالب: متوسط (۱۵ نات)
- زمان واکنش: ساعت (تا خط ساحلی)
- نوع خط ساحلی: ساحل سنگی
- واکنش در خط ساحلی: دستی
- HCIC: متوسط
- منابع اقتصادی، اجتماعی روی آب: شیلات
- منابع طبیعی روی آب: پرندگان
- منابع اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی: ارزش متوسط
- منابع طبیعی خط ساحلی: حساسیت به مقدار متوسط
- پیش بینی محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی در خط ساحلی: انتخاب شده
- نوع واکنش: استفاده از پخش کننده

نتایج محاسبات مربوطه را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- هزینه کل واکنش بر روی آب = ۳۶,۶۵۶,۳۳۵ دلار (آمریکا)
- هزینه کل واکنش در خط ساحلی = ۸۱,۴۵۵,۳۹۵ دلار
- هزینه کل واکنش = ۱۱۸,۱۱۱,۷۳۱ دلار
- پیامد واکنش بر روی آب = ۸۸,۸۷۷,۱۴۳ دلار
- پیامد واکنش در خط ساحلی = ۴,۰۷۲,۷۷۰ دلار
- مجموع پیامد واکنش = ۹۲,۹۴۹,۹۱۳ دلار
- کل خسارات اقتصادی، اجتماعی روی آب بدون واکنش = ۷۴۰,۶۴۲,۸۵۴ دلار
- کل خسارات منابع طبیعی روی آب بدون واکنش = ۲۰۷,۵۶۳,۶۲۱ دلار
- کل خسارات اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی بدون واکنش = ۱۰۶,۰۰۷,۱۳۰ دلار
- کل خسارات منابع طبیعی خط ساحلی بدون واکنش = ۳۵,۱۲۲,۳۳۱ دلار
- کل خسارات بدون واکنش = ۱,۰۸۹,۳۳۵,۹۳۷ دلار
- کل خسارات اقتصادی، اجتماعی روی آب پس از واکنش = ۷۴۰,۶۴۲,۸۵۴ دلار
- کل خسارات منابع طبیعی روی آب پس از واکنش = ۲۰۷,۵۶۳,۶۲۱ دلار
- کل خسارات اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی پس از واکنش = ۴۹,۵۸۱,۷۰۵ دلار

- کل خسارات منابع طبیعی خط ساحلی پس از واکنش = ۱۶۸،۸۲۴ دلار

- کل خسارات پس از واکنش = ۹۹۷،۹۵۷،۰۰۴ دلار

- فایدهٔ واکنش = ۲۶،۷۳۲،۷۹۸ - دلار

نتیجه‌گیری: در این گزینه فرضی، هزینهٔ خسارت واکنش با پخش‌کننده بیش از هزینهٔ واکنش است. یعنی زیان احتمالی کاربرد پخش‌کننده در محدوده‌ای با فعالیت‌های آبی‌پروری، بیشتر از منفعت آن خواهد بود. فایدهٔ پخش‌کننده، به‌دلیل تأخیر در واکنش، تحقق نیافته است. ممکن است تبخیر نفت متجاوز از برداشت نفت به وسیلهٔ پخش‌کننده بوده باشد.

#### گزینهٔ (۲):

- نوع نفت: نفت خام متوسط

- مقدار نفت نشت‌یافته: ۱ میلیون گالن

- فاصله تا ساحل: ۳ تا ۱۰ مایل

- نوع پوشش نفتی خط ساحل: پیوسته

- نوع سطح آب: دریایی

- دمای آب: ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد

- بادهای غالب: متوسط (۱۵ نات)

- زمان واکنش: ساعت (تا خط ساحلی)



- نوع خط ساحلی: ساحل سنگی
- واکنش در خط ساحلی: دستی
- HCIC: متوسط
- منابع اقتصادی، اجتماعی روی آب: شیلات
- منابع طبیعی روی آب: پرندگان
- منابع اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی: ارزش متوسط
- منابع طبیعی خط ساحلی: حساسیت به مقدار متوسط
- پیش‌بینی محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی در خط ساحلی: انتخاب شده
- نوع واکنش: مکانیکی

نتایج محاسبات مربوطه را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- هزینه کل واکنش بر روی آب = ۴۷,۲۰۹,۰۳۷ دلار (آمریکا)
- هزینه کل واکنش در خط ساحلی = ۶۲,۱۷۷,۶۳۷ دلار
- هزینه کل واکنش = ۱۰۹,۳۸۶,۶۷۳ دلار
- پیامد واکنش بر روی آب = ۰ دلار
- پیامد واکنش در خط ساحلی = ۳,۰۹۵,۳۰۵ دلار
- مجموع پیامد واکنش = ۳,۰۹۵,۳۰۵ دلار

- کل خسارات اقتصادی، اجتماعی روی آب بدون واکنش = ۷۴۰،۶۴۲،۸۵۴ دلار

- کل خسارات منابع طبیعی روی آب بدون واکنش = ۲۰۷،۵۶۳،۶۲۱ دلار

- کل خسارات اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی بدون واکنش = ۱۰۶،۰۰۷،۱۳۰

- کل خسارات منابع طبیعی خط ساحلی بدون واکنش = ۳۵،۱۲۲،۳۳۱ دلار

- کل خسارات بدون واکنش = ۱،۰۸۹،۳۳۵،۹۳۷ دلار

- کل خسارات اقتصادی، اجتماعی روی آب پس از واکنش = ۷۴۰،۶۴۲،۸۵۴ دلار

- کل خسارات منابع طبیعی روی آب پس از واکنش = ۲۰۷،۵۶۳،۶۲۱ دلار

- کل خسارات اقتصادی، اجتماعی خط ساحلی پس از واکنش = ۴۰،۲۵۴،۲۸۶ دلار

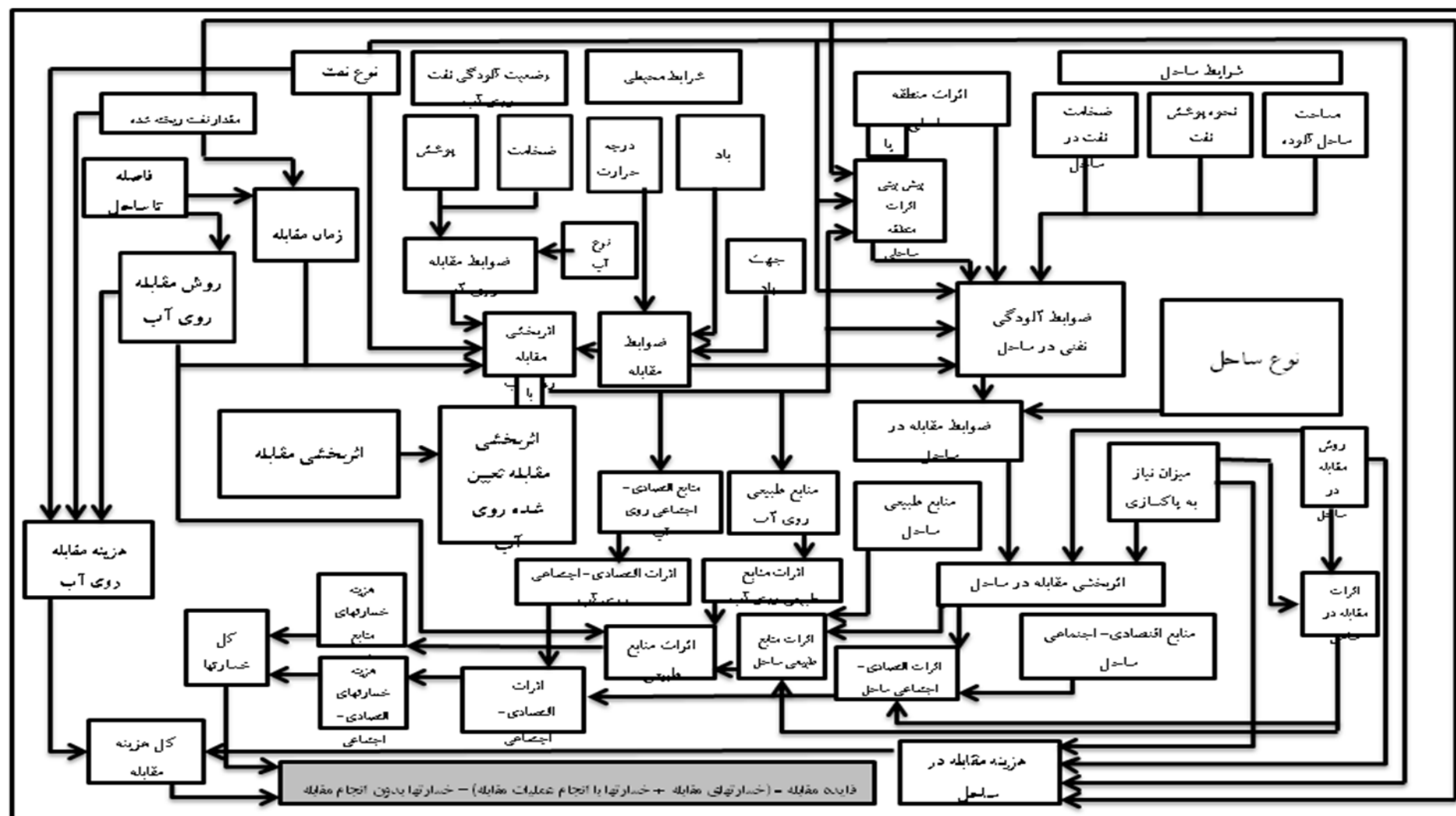
- کل خسارات منابع طبیعی خط ساحلی پس از واکنش = ۱۲،۹۸۱،۴۵۱ دلار

- کل خسارات پس از واکنش = ۱،۰۰۱،۴۴۲،۲۱۲ دلار

- فایده واکنش = ۲۱،۴۹۲،۹۴۸ - دلار

نتیجه گیری: در گزینه فرضی (۲)، برای هر دلار فایده، باید ۱/۳۰ دلار برای واکنش هزینه کرد. برخلاف واکنش با روش پخش کننده، زبانی از نظر حضور فعالیت های آبی پروری در محدوده وجود ندارد.





شکل ۴-۲: نمودار روابط متقابل عوامل موثر در خسارتهای ناشی از لکه های نفتی در مدل OSRCEAT



### ۳-۳-۴- تلفیق ارزش‌های مربوط به خدمات اکوسیستمی با ارزیابی پیامدهای

#### نشت نفت

اثرات فاجعه‌بار حوادث نشت نفت بر منابع ساحلی، وظیفه پیچیده‌ی تصمیم‌سازی در هنگام عملیات واکنش در برابر نشت و نیز نیاز به تحلیل عملیاتی موجب می‌شوند که تصمیم‌سازان به دنبال تصمیمات علمی‌تری باشند. با کمک مدل‌های صریح و مستقیم ارزیابی پیامدهای اقتصادی از نظر فضائی می‌توان به ابزار ارزیابی فوری برای کمی‌سازی اولیه‌ی هزینه‌های خسارات نشت نفت با استفاده از واحدهای پولی به عنوان یک شاخص، دست یافت.

این دستورالعمل مترصد پیشنهاد مدلی مبتنی بر ارزیابی خدمات اکوسیستمی با استفاده از روش‌های ارزش‌گذاری اقتصادی مانند «روش هزینه سفر»، انتقال فواید و قیمت‌گذاری بازاری مستقیم است. جادارد ذکر شود که ارزش پولی ابعاد خسارات وارده به محیط‌زیست تابعی از ابعاد خسارات وارده به محیط‌زیست بوده و این خود بستگی به نوع نفت، محدوده تحت تأثیر قرار گرفته، از نظر اهمیت تنوع زیستی و سایر خصوصیات محیط‌زیستی، شرایط آب و هوایی و به‌ویژه، چگونگی انتشار آلاینده در گستره مناطق ساحلی و دریایی با اثرگذاری بر منابع دریایی و اقتصادی اجتماعی هدف، دارد.

ابزار «ارزیابی مبتنی بر هزینه خسارات وارده به محیط‌زیست» را می‌توان برای همه مناطق ساحلی و غیرساحلی استفاده کرد و درواقع، با داشتن تخمین‌های اولیه از هزینه خسارات، امکان جبران خسارات مربوط به نشت نفت نیز فراهم خواهد شد.

جنبه اساسی هزینه خسارات اقتصادی نشت نفت، کمی‌سازی خدمات اکوسیستمی در وضعیت پایه‌ای است که به‌عنوان مرجع پولی تولیدات اکوسیستمی شناخته می‌شود. ارزش اقتصادی اکوسیستم‌ها به ارزش خدمات مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شود. بالین همه، عملکرد تولیدی منابع طبیعی ممکن است تحت تأثیر تغییرات طبیعی و یا برآمده از انسان (مانند نشت نفت)

قرارگیرد. ادبیات علمی در این زمینه، نمونه‌های بسیاری را از ارزیابی هزینه‌های اقتصادی مرتبط با مدل‌های خسارات نشت نفت مبتنی بر فنون آماری و نیز مدل‌های پیش‌بینی اقتصادی مناسب برای کمی‌سازی تخریب پولی ناشی از آلودگی در اختیار می‌گذارد (Gracia Negro و همکاران، ۲۰۰۹؛ Liu و Wirtz، ۲۰۰۶؛ Shahriari و Frost، ۲۰۰۸). با این وجود، نتایج بیشتر رویکردها، از نظر فضائی و اصالت دارای ایراد بوده و مدل‌های هزینه خسارت آلودگی نفتی، متمرکز بر پشتیبانی از برنامه‌ریزی پاسخ و واکنش هستند.

### ارزش استفاده‌های غیرمستقیم:

این قبیل ارزش‌ها با عدم حضور در بازارهای مبادلاتی مشخص شده و برای تخمین آنها باید ابزارهای غیرمستقیمی را داختر داشت. دو رویکرد مشترک برای تخمین در این زمینه، روش‌های انتقال فواید (BT) و هزینه سفر (TC) هستند. خدمات اکوسیستم‌های دریایی با کمک روش BT تخمین زده می‌شوند. برای ارزش‌گذاری اقتصادی در این روش، اطلاعات قابل دسترس از مطالعات موجود برای موقعیت مکانی و یا زمینه دیگر انتقال داده می‌شوند.

شناسایی خدمات مرتبط با گونه‌ها و یا گروهی از گونه‌ها با کمک ادبیات تحقیقی موجود در این زمینه (Bucas، Daunys و Olenin، ۲۰۰۹؛ Olenin و Daunys، ۲۰۰۴)، امکان پذیر است. همچنین، مطالعات کمی‌سازی خدمات اکوسیستمی انجام شده از سوی Costanza و همکاران (۱۹۹۷) و Wilson، de Groot و Boumans (۲۰۰۲) برای این منظور قابل استفاده هستند. بر مبنای مطالعات و مدلسازی‌های پوشش و کاربری جهانی اراضی، به کمک فنون مختلف اقتصادی به تفکیک سیستم‌های خشکی و دریایی/ساحلی، می‌توان برخی از ارزش‌های مورد نیاز را برآورد نمود.

مهم‌ترین فواید غیرمستقیم ارائه شده به وسیله اکوسیستم‌های دریایی شامل موارد زیر هستند:

- زیستگاه/پناهگاه ( $ES_{hr}$ ).

- چرخه غذایی ( $ES_{nc}$ ).

- چرخه غذایی مرتبط با علفزارهای دریایی ( $ES_{ncsg}$ ).

- کنترل تنوع زیستی ( $ES_{bc}$ ).

- تولید خوراک ( $ES_{fp}$ ), و

- تنظیم اختلال ( $ES_{dr}$ ).

بیشترین ارزش واحد به خدمات چرخه غذایی مربوط می‌شود که به رقمی در حدود ۱۸,۷۲ تا ۳۶۲۰ یورو در هکتار و در سال بالغ می‌شود.

جدول (۴۵): ارزش استفاده‌های غیرمستقیم خدمات اکوسیستمی

| ارزش واحد<br>(یورو/هکتار/سال) | شرح                                                                                                                                                     | خدمت اکوسیستمی<br>( $ES_i$ ) |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| ۷/۹                           | خدمات پرستاری، زیستگاه برای گونه‌های مهاجر، زیستگاه‌های منطقه‌ای برای برداشت گونه‌های محلی؛ زمستان‌گذرانی                                               | $ES_{hr}$                    |
| ۳,۶۲۰                         | تثبیت ازت؛ P، N و سایر عناصر یا چرخه‌های غذایی                                                                                                          | $ES_{nc}$                    |
| ۱۸,۷۲۰                        | تثبیت ازت علف‌های دریایی؛ P، N و سایر عناصر یا چرخه‌های غذایی                                                                                           | $ES_{ncsg}$                  |
| ۳۷/۴                          | کنترل گونه‌های کلیدی صیادی؛ کاهش علفخواران به‌وسیله صیادان بالای هرم غذایی                                                                              | $ES_{bc}$                    |
| ۹۱/۶                          | تولیدات مربوط به گوشت شکار، غلات، دانه‌های خوراکی، میوه و غیره از طریق شکار و صید، گردآوری، کشاورزی معیشتی، یا ماهیگیری تفرجی                           | $ES_{fp}$                    |
| ۸۶/۷                          | حفاظت در برابر طوفان‌ها، کنترل سیل، احیای خشکسالی و سایر جنبه‌های واکنش زیستگاه در برابر دگرگونی‌های محیط‌زیستی که عمدتاً تحت کنترل ساختاری رویشی هستند | $ES_{dr}$                    |



تذکر: برآوردهای این جدول برگرفته از کاستانزا و همکاران (۱۹۹۷)؛ دگروت، ویلسون و بومانس (۲۰۰۲) هستند.

ارزش اقتصادی کل اکوسیستم‌های دریایی ( $E_{marine}$ ) برحسب دلار درهکتار درون سلول  $X$  از شبکه ساحلی شامل خدمت اکوسیستمی ( $ES_i$ ) یا خدمات اکوسیستمی چندگانه ( $ES_i + ES_j$ )، بسته به پیچیدگی سیستم، است.

$$Ex = ES_{h/r}a_{h/r} + ES_{nc}a_{nc} + ES_{ncg}a_{ncg} + ES_{bc}a_{bc} + ES_{fp}a_{fp} + ES_{dr}a_{dr}$$

که در آن:  $ES$  درآمد اقتصادی (برحسب واحد پولی) خدمت اکوسیستمی  $i$  و  $a$  واحد مساحت (برحسب هکتار) تحت پوشش عرضه خدمت  $i$  از میان خدمات اکوسیستمی است.

برای برآورد ارزش اقتصادی پرندگان دریایی، به جای در نظر گرفتن آن به عنوان یک خدمت اکوسیستمی خاص، از هزینه‌های جابجایی، جایگزینی و احیای زیستگاه و جمعیت پرندگان ساحلی و دریایی، استفاده می‌شود. ارزش اقتصادی پرندگان دریایی در سلول  $X$  از شبکه ساحلی، به صورت زیر برآورد می‌شود:

$$E_{birds} = n_{birds}UV_{birds}$$

که در آن:  $n_{birds}$  متوسط فراوانی پرندگان در یک سلول شبکه‌ای  $X$  است که از روی داده‌های GIS به دست می‌آید. و  $UV_{birds}$  ارزش واحد گونه‌های خاصی از پرندگان (دلار/پرنده) است که از پروژه‌های احیای پرندگان مرتبط با حیات وحش و مطالعات ارزیابی خسارت نشت نفت به دست می‌آید (Brown، ۱۹۹۲؛ Liu و Wirtz، ۲۰۰۹؛ French-McCay و همکاران، ۲۰۰۴). به دلیل کاستی‌های موجود در دسترسی به داده‌های فضائی، باید ارزش واحدی مستقل از گونه را به کار گرفت.

با کمک روش‌های هزینه سفر (TC)، ارزش خدمت دیگری از اکوسیستم‌ها را می‌توان برآورد کرد. به طور خاص، مدل‌های هزینه سفر تمایل به پرداخت بازدیدکنندگان برای رسیدن به محدوده مطالعاتی مورد نظر خود را بیان می‌کنند. در این روش از برنامه تخمین هزینه سفر منطقه‌ای

استفاده شده و مبتنی بر برآورد تعداد سالانه سفر به محدوده تفرجی مشخص و میانگین مخارج به‌ازای هر سفر است (Cook و Fleming، ۲۰۰۸). مخارج متوسط به‌ازای هر سفر برای چهارگروه از بازدیدکنندگان زیر تعریف می‌شوند:

- بازدیدکنندگان ساکن در محل که در روزی مشخص، دست به بازدید می‌زنند ( $TC_{res/sd}$ ).

- گردشگران ساکن در محل ( $TC_{res/tourist}$ ).

- بازدیدکنندگان غیرساکن که در روزی مشخص سفر می‌کنند ( $TC_{non res/sd}$ ).

- گردشگران ( $TC_{nonres/tourist}$ ).

فرض براین است که همه انواع بازدیدکنندگان، با هدف تفرج و سرگرمی و یا ملاقات دوستان، وارد عرصه‌های تفرجی شده‌اند. برای متمایز کردن انواع بازدیدکنندگان می‌توان تعاریف مختلفی را در نظر گرفت. به‌طوری که، منظور از بازدیدکنندگان روزها و یا مناسبت‌های خاص، افرادی هستند که سفر یک روزه‌ای را برای رفتن به عرصه‌های تفرجی انجام می‌دهند. ولی گردشگران، افرادی هستند که دست‌کم یک شب در ناحیه‌ای مشخص اقامت می‌کنند. گردشگران مقیم نیز آنهایی هستند که ساکن مناطق مجاور عرصه‌های تفرجی بوده و تفاوت آنها با گردشگران غیرمقیم در این است که خارجی بوده و در فاصله‌ای دور از مناطق تفرجی، زندگی می‌کنند. از این نظر ارزش اقتصادی مناطق تفرجی ( $E_{toursim}$ ) مرتبط با هر یک از سلول‌های شبکه ساحلی، حاصل جمع مخارج بازدیدکنندگان و گردشگران از انواع مختلف خواهد بود. یعنی:

$$E_{toursim} = TC_{res/sd} + TC_{res/tourist} + TC_{nonres/sd} + TC_{nonres/tourist}$$

در اینجا،  $TC$  هزینه‌های سفر هر بازدیدکننده از میان انواع بازدیدکنندگان است. بدیهی است که هزینه‌های سفر انواع مختلف بازدیدکنندگان ( $TC_i$ ) را باید در تعداد سفرها در سال ( $n_i$ ) و میانگین

مخارج به ازای هر سفر که با واحد پولی سنجیده می شود ( $av_{exp}$ ) ضرب کرد. بسیاری از اطلاعات مورد نیاز در این زمینه را می توان از آمارهای ملی و منطقه ای به دست آورد.

$$TC_i = n_i av_{exp}$$

### ارزش استفاده های مستقیم:

ارزش استفاده های مستقیم گویای خدمات اکوسیستمی است که به طور مستقیم از بازارهای اقتصادی به دست می آیند. این خدمات با منابع زیستی یا سامانه های زیستی در ارتباط بوده و اثر مستقیمی بر روی رفاه اقتصادی انسان دارند. برای ارزیابی ارزش اقتصادی کالاها و خدمات اکوسیستمی، از روش اقتصادی استاندارد می توان استفاده کرد که همان روش قیمت گذاری بازاری مستقیم ( $DMP^1$ ) است. در این روش، از قیمت های بازاری برای اندازه گیری فایده اقتصادی به دست آمده از سامانه های اقتصادی، استفاده می شود. مثالی شناخته شده در رابطه با منابع دریایی براساس  $DMP$ ، فعالیت های صید تجاری و یا آبی پروری است (Cognetti و Maltagliati، ۲۰۱۰). منظور از صید تجاری، صید ماهی و سایر جانوران وحشی دریایی با هدف کسب منفعت است. برای تخمین پولی صید تجاری، می توان عمق خاصی را در نظر گرفت.

در چنین مدلی، ارزش اقتصادی صید تجاری ( $E_{fishery}$ ) در هر سلول از شبکه ساحلی یا دریایی براساس رابطه زیر محاسبه می شود:

$$E_{fishery} = m_i v_{pi}$$

در این رابطه،  $m_i$  مقدار سالانه آبیان صید شده بر حسب کیلوگرم (به تفکیک گونه های مختلف) و  $v_{pi}$  قیمت بر روی عرشه<sup>۲</sup> آبیان صید شده از همه گونه های دارای ارزش بازاری است.

### ارزش اقتصادی کل:

<sup>۱</sup> Direct Market Pricing Method

<sup>۲</sup> Ex-vessel Price

درآمد کل سالانه حاصل از ارزش استفاده‌های مستقیم و غیرمستقیم با عبارت «ارزش اقتصادی کل» (TEV) تعریف می‌شود که از حاصل جمع فواید اقتصادی حاصل از اکوسیستم‌های دریایی (Emarine)، مناطق تفرجی (Etourism)، پرندگان وحشی (Ebids) و صید تجاری (Efishery) محاسبه می‌شود:

$$TEV = E_{marine} + E_{tourism} + E_{birds} + E_{fishery}$$

«ارزش کل اقتصادی» (TEV)، با ۱۰۰٪ منابع ساحلی ارزیابی شده در درون مرزهای محدوده مطالعاتی در ارتباط است و ارزش سالانه خدمات اکوسیستمی و تولید منابع دریایی را در قالب وضعیت پایه و برحسب ریال و یا دلار در سال، در اختیار می‌گذارد.

#### مدل هزینه خسارات ناشی از نشت نفت

براساس مدل معرفی شده از سوی دپلگرین و بلاژوسکاس<sup>۱</sup> (۲۰۱۲)، زیان‌های اقتصادی نشت نفت، به‌صورت زیان‌های اقتصادی سالانه مستقیم و غیرمستقیم ناشی از دارایی‌های محیط‌زیستی و اقتصادی اجتماعی تحت تأثیر قرار گرفته تعریف می‌شوند. منظور از دارایی‌های محیط‌زیستی، زیستگاه‌های آسیب دیده، مخارج ازدست رفته سفر به عرصه‌های تفرجی مرتبط با خودداری از سفر، سرمایه‌گذاری‌های موردنیاز برای احیای جمعیت پرندگان و بازگرداندن آنها به شرایط پیش از نشت نفت، درآمد ازدست رفته صیادان در دوران ممنوعیت موقت یا بسته شدن صیدگاه‌های سنتی (Cole, Feyes, Hasselstrom, ۲۰۱۱).

مؤلفه‌های پایه‌ای در مدل هزینه خسارت نشت نفت عبارتند از: فاکتور وزن‌دهی اقتصادی<sup>۲</sup> (Wf)، فاکتور پراکنش توده نفت<sup>۳</sup> (ODF) و ضریب اصلاحی حجم نفت<sup>۴</sup> (SVM).

<sup>۱</sup> Depellegrin and Belazauskas

<sup>۲</sup> Economic Weighting Factor

<sup>۳</sup> Oil Mass Distribution Factor

<sup>۴</sup> Spill Volume Modifier

فاکتور وزن‌دهی اقتصادی ( $W_f$ )، گویای کمک نسبی زیستگاه‌های دریایی، عرصه‌های تفرجی، پرندگان دریایی و صید تجاری به ارزش کل اقتصادی محدوده مطالعاتی است. برای منبع  $i$ ،  $W_f$  کلی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$W_f = (E/TEV) \times 100$$

دراین رابطه،  $E_i$  ارزش اقتصادی منبع  $i$  و  $TEV$  ارزش کل اقتصادی است. حاصل جمع همه  $W_f$ ها، ۱ خواهد بود که همان ۱۰۰٪ منابع قابل دسترس در محدوده مطالعاتی است.

فاکتور پراکنش توده نفتی ( $ODF$ )، ارزش درصدی است که پراکنش توده‌های نفت در بستر دریا ( $ODF_{bed}$ )، خط ساحلی ( $ODF_{sh}$ )، روی دریا ( $ODF_{su}$ ) و ستون آب ( $ODF_{di}$ ) را با موقعیت فضایی منبع ارتباط می‌دهد. برای شبیه‌سازی فرآیندهای انتشار و هوادهی نفت از مدل سه بعدی مسیر نشت نفت و شبکه دریایی دریایی نشت نفت<sup>۱</sup> (SMHI)، استفاده شده‌است. باید سهمی از نفت نشتی تبخیر یافته از شاخص نهایی محاسباتی را باید کنارگذارد، چرا که در ارزشیابی منابع دریایی و ساحلی زیان‌آور شناخته نمی‌شوند. رابطه عوامل  $ODF$  با خدمات اکوسیستمی مورد نظر در شکل زیر نمایش داده شده‌است.

جدول (۴۶): ترکیب عامل توزیع توده نفتی با خدمات اکوسیستمی

| خدمات اکوسیستمی            | عامل توزیع توده نفتی ( $ODF$ )   |
|----------------------------|----------------------------------|
| گردشگری: ( $E_{toursim}$ ) | $ODF_{sh} + ODF_{su} + ODF_{di}$ |
| دریایی: ( $E_{marine}$ )   | $ODF_{sb} + ODF_{su} + ODF_{di}$ |
| پرندگان: ( $E_{birds}$ )   | $ODF_{sh} + ODF_{su}$            |
| صیادی ( $E_{fishery}$ )    | $ODF_{sb} + ODF_{di}$            |

تعدیل‌کننده حجم نفت (SVM)، گویای ضریبی است که بسته به حجم نفت نشت‌یافته مقدار آن بین ۲ تا ۱۰ فرق می‌کند. مقدار SVM برای حجم‌های مختلف نفت نشتی، به‌طور مستقیم براساس نتایج تحلیلی جهانی از عوامل پاکسازی نشت نفت که به وسیلهٔ اتکین (۲۰۰۰) انجام شده، پیشنهاد شده است.

مقادیر مختلف SVM در رابطه با حجم نفت نشت‌یافته از روی جدول زیر تعیین می‌شود:

جدول (۴۷): رابطهٔ بین دامنهٔ حجم‌های نشت‌نفت با ضریب اصلاحی حجم نشت نفت

| تعدیل‌کننده حجم نفت (SVM) | حجم نفت (تن)    |
|---------------------------|-----------------|
| ۲                         | <۳۴             |
| ۳                         | ۳۴ تا ۳۴۰       |
| ۵                         | ۳۴۰ تا ۱،۷۰۰    |
| ۷                         | ۱،۷۰۰ تا ۳،۴۰۰  |
| ۸                         | ۳،۴۰۰ تا ۳۴،۰۰۰ |
| ۱۰                        | >۳۴،۰۰۰         |

شاخص هزینهٔ خسارت (DCI<sup>۱</sup>) برای هر سلول از شبکهٔ مناطق ساحلی و دریایی برای منبع i (مانند دریایی، گردشگری، صید، پرندگان و غیره) مطابق با رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$DCI_i = Wf_i \times SVM \times ODF_i$$

با استفاده از این مدل، با داشتن مقدار نشت نفت و نوع نفت می‌توان شاخص هزینهٔ خسارت را محاسبه کرد. مثلاً برای ۱۷ هزارتن نشت نفت و سه نوع نفت، شاخص هزینهٔ خسارت محاسبه شده و در قالب جدول زیر ارائه شده‌است. ماتریسی از سناریوهای مختلف تهیه شده و در آن، ارزش

<sup>۱</sup> Damage Cost Index

درصدی همه سناریوها و درجات مختلف مقادیر DCI برحسب مقادیر ازدست رفته خدمات اکوسیستمی مرتبط با هر منبع محاسبه شده است. مثلاً با نگاه به جدول زیر دیده می شود که DCI<sub>tourism</sub> دارای ارزشی برابر با ۸۹ باشد، گویای زیان اقتصادی ۵۵ درصدی از نظر خدمت اکوسیستمی مربوط به فعالیت های تفرجی خواهد بود. در جدول شماره (۴۸)، ارزش های خدمات اکوسیستمی با ارزیابی پیامد نشت نفت، تلفیق شده اند.

جدول (۴۸): ماتریس سناریوها برای سه نوع نفت و سه مقدار نفت (۳۰۰، ۱۷،۰۰۰ و ۴۰،۰۰۰ تن)

| خسارت مربوط به خدمات اکوسیستمی (%) |      |       |       |        |         |         |         |         |         |
|------------------------------------|------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| DCI                                | -۱۵  | -۲۵   | -۳۵   | -۴۵    | -۵۵     | -۶۵     | -۷۵     | -۸۵     | -۹۵     |
| DCI <sub>toursim</sub>             | ۰-۱۵ | ۱۶-۳۹ | ۴۰-۴۹ | ۵۰-۸۴  | ۸۵-۱۱۶  | ۱۱۷-۲۲۳ | ۲۲۴-۲۷۹ | ۲۸۰-۳۰۸ | ۳۰۹-۳۸۵ |
| DCI <sub>marine</sub>              | ۰-۳۵ | ۳۶-۴۱ | ۴۲-۹۴ | ۹۵-۱۰۸ | ۱۰۹-۱۱۷ | ۱۱۸-۱۳۵ | ۱۳۶     | ۱۳۷-۳۶۲ | ۳۶۳-۴۵۲ |
| DCI <sub>birds</sub>               | ۰    | ۱     | ۲-۴   | ۵-۱۳   | ۱۴-۴۳   | ۴۴-۵۹   | ۶۰-۱۴۳  | ۱۴۴-۱۵۸ | ۱۵۹-۱۹۷ |
| SCI <sub>fishery</sub>             | ۰    | ۱-۴   | ۵-۶   | ۷-۱۵   | ۱۶-۱۸   | ۱۹-۲۰   | ۲۱-۲۲   | ۲۳-۵۸   | ۵۹-۷۳   |

اولین گام در استفاده از مدل شامل مراحل زیر است:

- تعریف محدوده مطالعاتی، یعنی وسعتی از مناطق دریایی و ساحلی که در معرض آلودگی های نفتی قرار گرفته اند،
- شناسایی و تعیین خدمات اکوسیستمی واقع در درون مرزهای منطقه آلوده شده،
- انتخاب فنون عملی ارزش گذاری اقتصادی.

در گام دوم، عملیات گردآوری داده ها و ایجاد پایگاه داده ای چند منبعی برای خدمات اکوسیستمی و از جمله، اطلاعات GIS در مورد مهم ترین منابع دریایی و ساحلی (بیوتاپ های دریایی، آمار گردشگری، صید تجاری و پروژه های احیای جمعیت و یا زیستگاه پرندگان)، باید انجام شود.

در گام سوم، هرسلول واقع در شبکه مناطق آلوده شده، طبق پایگاه داده ای ایجاد شده برای خدمات اکوسیستمی، دسته بندی شده و از آنها برای ارزش اقتصادی کل (TEV) استفاده

می‌شود. با این ترتیب، امکان لازم برای نقشه‌سازی خدمات اکوسیستمی منابع دریایی و ساحلی فراهم خواهد شد.

در گام چهارم، سناریوهای نشت نفت، با استفاده از شبکه ردیابی دریایی نشت نفت تدوین شده و امکان ارائه مدل‌های پراکنش و انتشار، شبیه‌سازی هوادهی نفت و ترسیم فضائی محدوده‌های تحت تأثیر، وجود خواهد داشت. ارزیابی ترکیبی خدمات اکوسیستمی و شبیه‌سازی خروجی ردیابی دریایی نشت نفت، مبنای روش‌شناختی مناسبی را برای گسترش فاکتور وزن‌دهی اقتصادی (Wf)، تعدیل‌کننده حجم نفت (SVM) و فاکتور انتشار نفت (ODF) در اختیار می‌گذارد. این فاکتورها، مؤلفه‌های اصلی مدل هزینه خسارت و ماتریس سناریوهای DCI هستند. خروجی نهایی، ارائه الگوی هزینه خسارت مبتنی بر GIS خواهد بود.



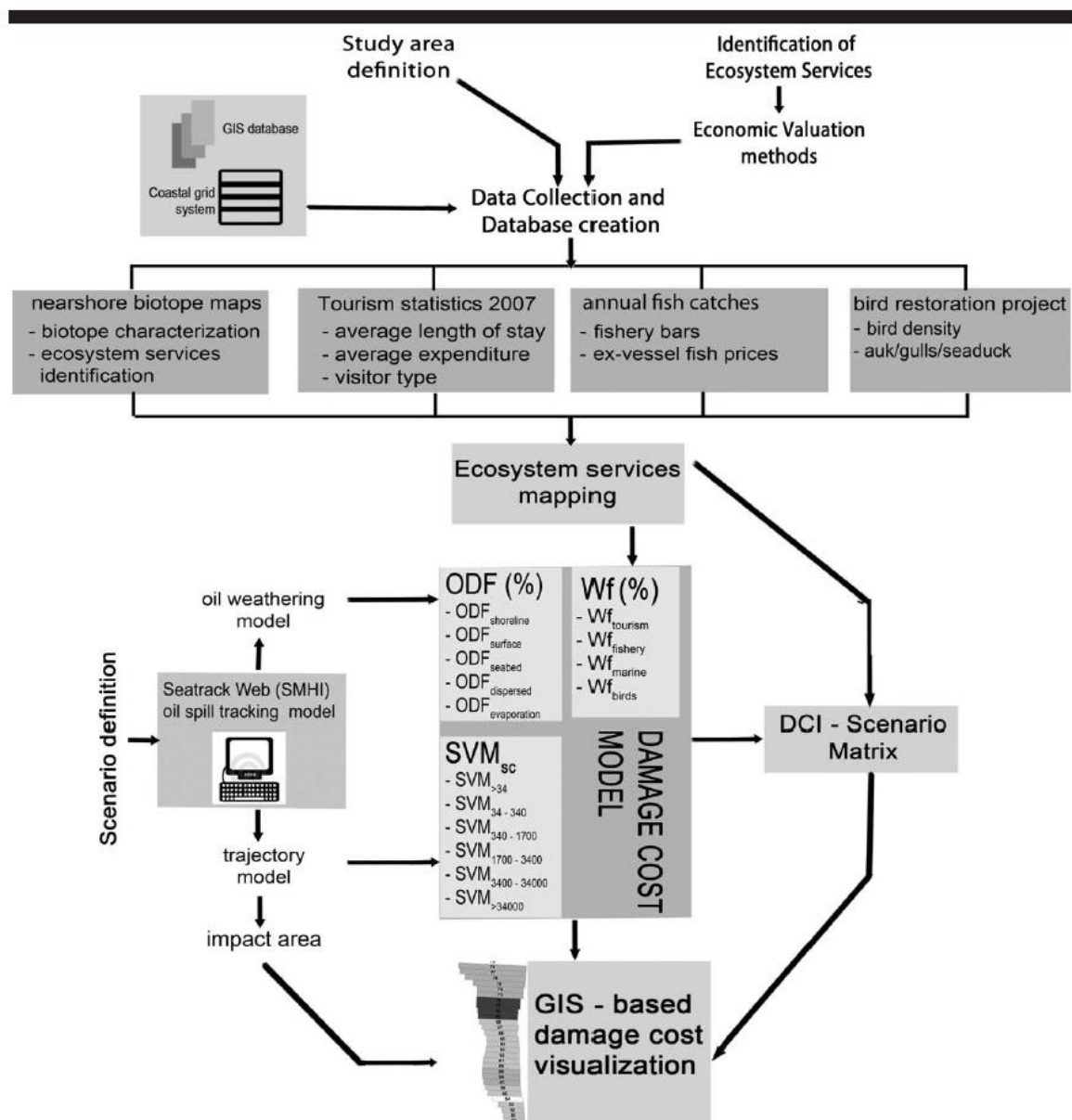


Figure 1. GIS-based ecosystem services and damage cost framework.

### ۳-۴- شناسایی دستگاه‌های ذی‌مدخل و بررسی حقوق و تکالیف قانونی

#### آنها

یکی از جنبه‌های کلیدی در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با واکنش در مواجهه با حوادث منجر به نشت نفت و اجرای اقدامات پیشگیری (اعم از پاکسازی، احیا و بازسازی عرصه‌های تخریب‌یافته، پایش پس از واکنش و غیره)، شناسایی نهادهای مدیریتی و اجرایی ذی‌مدخل است. نظر به تفاوت مأموریت‌ها و وظایف قانونی تعریف شده برای هریک از نهادها در قالب سازمان‌ها و دستگاه‌های مربوطه، لازم است برای شرایط بحرانی ناشی از نشت نفت و واکنش به‌هنگام و کارآمد در برابر آن، سازوکارهایی تعریف شده و براساس آنها، ساختارهای مدیریتی موردنیاز به ایجاد هماهنگی و تقویت انسجام در میان برنامه‌ها و بازیگران مختلف، منجر شوند.

طراحی و استقرار چنین سازوکارهایی از طریق توجه به تجربیات جهانی موجود در این زمینه از یک سو و رعایت چارچوب‌ها و موازین قانونی موجود در کشور از سوی دیگر، قابل تحقق خواهد بود. مرور تجربیات جهانی موجود، بر استفاده از رویکردی یکپارچه در ارزیابی خسارات ناشی از لکه‌های نفتی تأکید دارند. یکپارچگی در توجه به مؤلفه‌های گوناگونی مانند پیشگیری، پاکسازی، خسارات اقتصادی - اجتماعی، خسارات منابع طبیعی و محیط‌زیستی، محور اصلی به‌شمار آمده و ضرورت هماهنگی ذی‌مدخل‌های مختلف را در نظام ارزیابی خسارات اقتصادی لکه‌های نفتی در مناطق دریایی و ساحلی، نمایان‌تر می‌سازد.

مطابق با «قانون حفاظت از دریاها و رودخانه‌های قابل کشتیرانی در مقابل آلودگی به مواد نفتی» (مصوب ۱۳۸۹/۶/۱۷)، سازمان‌های بنادر و دریانوردی، حفاظت محیط‌زیست و شیلات ایران مهم‌ترین ذی‌مدخل‌های موضوع این دستورالعمل به‌شمار می‌آیند. در نتیجه، هماهنگ سازی فعالیت‌های آنها برای واکنش در برابر لکه‌های نفتی و حوادث نشت نفت دارای اهمیت زیادی

خواهد بود. براساس ماده (۱۱)، قانون مزبور، سازمان بنادر و دریانوردی عهده‌دار ۵ وظیفه مهم زیراست:

- اطلاع‌رسانی به نیروهای نظامی و انتظامی جهت انجام اقدامات لازم
- جلوگیری از گسترش آلودگی و رفع آثار آن
- برآورد میزان آلودگی و جمع‌آوری شواهد مربوط به علل وقوع آلودگی
- اطلاع‌رسانی به سازمان‌های حفاظت محیط‌زیست و شیلات ایران درمورد موقعیت، گستره و مسیر جابه‌جایی آلودگی
- همکاری با سازمان‌های حفاظت محیط‌زیست و شیلات ایران برای مطالعه، بررسی و جمع‌آوری مدارک و شواهد لازم برای ارزیابی میزان آلودگی و خسارت‌های وارد شده به محیط‌زیست و ذخایر آبی

### ۳-۵- فازبندی اقدامات منجر به برآورد خسارات محیط‌زیستی

#### ۳-۵-۱- فاز (۱) پیش ارزیابی آلودگی‌های ناشی از لکه نفتی

بلافاصله پس از وقوع یک سانحه یا حادثه منجر به نشت نفت و ترکیبات نفتی در مناطق دریایی و یا ساحلی، ضروری است که گروهی متشکل از کارشناسان ذی‌ربط از سازمان بنادرو دریانوردی، سازمان حفاظت محیط‌زیست و سازمان شیلات، در سریع‌ترین زمان ممکن سازماندهی شده و نسبت به ارزیابی اولیه درمورد ابعاد مختلف حادثه، اقدام نمایند. باتوجه به موازین قانونی موجود، از نظر فنی گروه مزبور دارای ماهیت کاملاً تخصصی بوده ولی از نظر عملیاتی، دارای شأن مشورتی خواهد بود. بیشترین تمرکز این گروه بر فعالیت‌ها و اقدامات زیر خواهد بود:

- شناخت ابعاد حادثه از نظر نوع و مقدار نشت نفت، شرایط محیطی غالب و عوامل فنی مؤثر

برای پیش‌بینی مسیر حرکت لکه نفتی،

- گردآوری اطلاعات مرتبط با منابع طبیعی و محیط‌زیستی واقع در محدوده لکه نفتی (وضعیت کنونی و آتی جابجائی آن) از نظر حساسیت زیستگاهی برای گونه‌های آبریان و پرندگان مهم، اکوسیستم‌های باارزش از جهات ملی و بین‌المللی و غیره،
- تشخیص نیازهای اولیه در رابطه با اجرای اقدامات واکنش و گستره آن از جهات نوع، شدت، فوریت، موقعیت مکانی، تدارکات فنی و ...،
- پیش‌بینی محورهای اصلی برای طراحی برنامه‌های احیایی و یا اصلاحی محدوده‌های تخریب یافته.

### ۳-۵-۲- فاز (۲): ارزیابی مالی و اقتصادی برنامه‌های واکنش و/یا پاکسازی

به موازات فعالیت‌های اشاره شده در ذیل گروه مورد اشاره در فاز نخست، لازم است نسبت به ارزیابی مالی و اقتصادی فعالیت‌های واکنش و نیز طراحی و اجرای برنامه‌های پیشگیری از تشدید تخریب اکوسیستم‌های دریایی اقدام به عمل آید. بدیهی است که در این مرحله، استناد به اطلاعات موجود در مورد ارزش اقتصادی منابع محیط‌زیستی دریایی، نقش مهمی خواهد داشت. زیرا براساس، درجه اهمیت و ارزش اقتصادی منابع، ممکن است ابعاد عملیات واکنش و فعالیت‌های بعدی، تغییرات معنی‌داری داشته باشد.

### ۳-۵-۳- فاز (۳) تدوین برنامه‌های احیا و اصلاح اکوسیستم‌های آسیب‌دیده

در سومین فاز، لازم است تصویر دقیق‌تری از برنامه‌های احیا و بازسازی و اصلاح اکوسیستم‌های آسیب‌دیده، ایجاد شده و ابعاد مالی و اقتصادی آنها شناسایی شود. این ارزیابی ممکن است از سوی گروهی از متخصصین موضوعات مربوطه و مستقل از کارشناسان درگیر در فعالیت‌های ارزیابی خسارات مربوط به واکنش، انجام شود. بدیهی است که در اغلب مواقع، منابع مالی مورد نیاز

برای اجرای برنامه‌های احیایی فراتر از وجوهی است که پس از پیگیری دعاوی مربوط به مطالبه خسارات در محاکم قانونی، عملاً تحقق پیدا کرده و در اختیار قرار می‌گیرند. در این صورت، پیدا کردن روش‌های مناسب برای بسیج منابع مالی موردنیاز (جلب کمک‌های فنی و مالی بین‌المللی، تلاش برای استفاده از بودجه‌های عمومی و غیره)، موردنیاز خواهد بود.

البته، منابع مالی پیش‌بینی شده برای اجرای فعالیت‌های طراحی شده با هدف اصلاح اکوسیستم‌های تخریب یافته، ممکن است به‌عنوان بخشی از خسارات وارده به محیط‌زیست تلقی شده و در دعاوی حقوقی مورد استفاده و استناد قرار گیرند. برای این منظور، بایستی آسیب‌های وارده از نظر نوع و کمیت‌های فیزیکی به‌دقت ارزیابی شده باشند. برای این منظور باید روش احیا در قالب دامنه معقولی از بدیل‌های احیایی انتخاب شده و بدیل‌های احتمالی براساس مقیاس و غیره شناسائی شده و در برنامه‌ریزی مورد توجه قرار گیرند. بسته به منابع مالی موردنیاز و قابل تأمین، حتی ممکن است بدیل‌های احیایی برتری نیز انتخاب شده و در دستور کار قرار گیرند.

مجموعه‌ی چنین فعالیت‌ها و اقداماتی در قالب برنامه‌ای جامع برای احیای اکوسیستم‌های تخریب یافته، در اختیار قرار می‌گیرد. منظور از برنامه احیا، انجام مطالعات برای شناسایی گستره منبع خسارت دیده و نیز شناسایی بهترین شیوه‌های احیای منابع تحت تأثیر است و در این رابطه، تولید اطلاعاتی برای تعیین نوع و مقدار احیای موردنیاز، ضروری خواهد بود. از این‌رو، برنامه‌ها و اقدامات احیا و بازسازی اکوسیستم‌های آسیب دیده، لایه مهمی از اقدامات و عملیات واکنش پس از بروز حوادث نشت نفت به شمار می‌آیند. در نتیجه، این مرحله از ارزیابی، بخشی متصل به فرآیند واکنش در خصوص شرایط اضطراری ایجاد شده برای محیط‌زیست محدوده موردنظر، بوده و نباید آن را مداخله‌ای جدا تلقی کرد. در بسیاری از حوادث نفتی بزرگ در مناطق دریایی، انجام ارزیابی خسارات و برنامه‌های احیایی پس از حادثه، زمینه ساز بهره‌گیری از دانش کارشناسی و تخصصی‌تر برای ارزیابی و احیای منابع طبیعی متأثر از ورود نفت و ترکیبات خطرناک و نیز پیامدهای فیزیکی از قبیل غرق شدن و یا به گل نشستن کشتی‌ها است.

به‌طور کلی، دولت‌ها برای اجرای برنامه‌ احیا و ارزیابی خسارات پس از وقوع آلودگی نفتی مهم، چهارهدف زیر را دنبال می‌کنند:

- تعیین گستره و شدت پیامد اکولوژیک
  - ارائه اطلاعات جزئی موردنیاز برای تدوین و اجرای برنامه احیا و نیز استفاده از آنها به‌عنوان مبنایی برای طرح دعاوی حقوقی
  - اطلاع رسانی به مردم و به‌ویژه آنهایی که تحت تأثیر محدوده آلوده شده قرار می‌گیرند، درباره خسارات محیط‌زیستی به‌صورتی شفاف و دقیق
  - تشویق فرآیندهای طبیعی احیا برای بازسازی کارکردهای بیولوژیک سایت
- در سطح بین‌المللی، روش‌ها و فرآیندهای زیادی برای تدوین و اجرای برنامه‌های احیای خسارات محیط‌زیستی پس از نشت نفت، وجود دارند. شاید مهم‌ترین آنها، چهارچوب مقرراتی است که سازمان بین‌المللی دریانوردی تدوین و با عنوان «دستورالعمل راهنمای ارزیابی و احیای خسارت محیط‌زیستی پس از نشت نفت در مناطق دریایی»<sup>۱</sup> (IMO/UNEP) منتشر نموده است. به‌طور معمول، اغلب برنامه‌ها در این زمینه از مراحل چهارگانه زیر پیروی می‌کنند:

- فازاول: پیش ارزیابی
- فازدوم: برنامه ارزیابی
- فازسوم: اجرای ارزیابی
- فاز چهارم: دوره پس از ارزیابی

برای ارزیابی نیز مؤلفه‌های مختلفی مانند: سرنوشت نفت و توریع آن، گردآوری داده‌های زیست‌شناختی در مراحل اولیه نشت نفت؛ حساسیت و آسیب‌پذیری منابع درمقابل نفت؛

---

<sup>۱</sup> Guidance Manual on Assessment and Restoration of Environmental Damage Following Marine Oil Spills

اولویت‌بندی مطالعات ارزیابی؛ طراحی و انجام مطالعات ارزیابی خسارت شامل راهبردها، پارامترها و روش‌ها.

اقدامات احیایی دارای ابعاد و اشکال مختلفی است که در اینجا به رؤس آنها اشاره می‌شود:

- بازگشت به حالت اولیه<sup>۱</sup>، فرآیندی طبیعی است که از طریق آن، اکوسیستم‌های دریایی به کارکردهای اولیه خود و نیز شرایط ساختاری مشابه بازمی‌گردند. البته ممکن است ترکیب گونه‌ها نسبت به ترکیب اولیه خود متفاوت باشند.
- احیا<sup>۲</sup>، رشته‌ای از گام‌های مدیریتی است که برای تسریع فرآیند بازگشت به حالت اولیه یا ترمیم طراحی می‌شوند.
- عدم دخالت و اقدام: گاهی احیا موجب خسارت بیشتری می‌شود.
- رفع خسارت<sup>۳</sup>: فنون متفاوت پاکسازی به تناسب هر سایت را می‌گویند.
- کاشت: اقدامی برای احیای جمعیت برخی گونه‌های ساحلی که البته گاهی نیز ممکن است ناکارآمد باشد.
- احیای زیستی: جذب مواد غذایی (مانند کودها)
- وارد کردن دوباره گونه‌ها: منظور، وارد ساختن دوباره گونه‌ها در محدوده تحت تأثیر آلودگی نفتی است.
- کنترل فرسایش: خسارت وارده به پوشش گیاهی خطوط ساحلی، باعث افزایش فرسایش می‌شود.

---

<sup>۱</sup> Recovery

<sup>۲</sup> Restoration

<sup>۳</sup> Recuperation

- تغییر اقدامات مدیریتی: ممکن است شامل آن دسته از اقدامات مدیریتی ناظر بر کنترل شکار و صید باشد تا به احیای جمعیت گونه‌هایی خاص کمک کند.
- سایر فنون کنترلی: ناظر بر عوامل اکولوژیک و بیولوژیک است. در رابطه با عوامل اکولوژیک، پارامترهای شیمیایی و فیزیکی (نمونه‌برداری) مورد توجه هستند. برای عوامل بیولوژیک، رفتارهای مبتنی بر رقابت، صیادی و انگلی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

### ۳-۵-۴- فاز (۴) پیش بینی هزینه‌های اجرای برنامه‌های پایش و احیایی

در آخرین مرحله از فرآیند برآورد خسارات اقتصادی وارده به محیط‌زیست ناشی از لکه‌های نفتی، بایستی هزینه‌های اجرای برنامه‌های پایش و احیایی، مورد ارزیابی قرار گیرند. بدیهی است که برای این منظور، نگرشی با افق بلندمدت‌تر حاکم بوده و لذا، شناسایی راه‌های پایدارسازی منابع مالی لازم برای سال‌های آتی در قالب برنامه‌های بسیج و تأمین مالی پروژه‌های مربوطه، ضرورت زیادی خواهد داشت. در این رابطه، رویکردی کاملاً تخصصی به موضوعات مختلف در اجرای برنامه‌های پایش و احیا حاکم بوده و ممکن است به شناسایی و تشویق مشارکت فعالینی در سطوح بین‌المللی و ملی بیانجامد.



## فصل چهارم: سازوکارهای پیشنهادی جبران خسارت

برای طرح دعاوی بین‌المللی در خصوص خسارات ناشی از آلودگی‌های نفتی در مناطق دریایی و ساحلی، تاکنون تحت نظارت سازمان بین‌المللی دریانوردی (IMO)، کنوانسیون‌های زیادی با تمرکز بر «مسئولیت مدنی در قبال خسارت آلودگی‌های نفتی» پایه‌ریزی شده‌اند. به‌طور کلی، ارکان رژیم کنونی حقوق بین‌الملل در رابطه با مسئولیت‌پذیری و جبران خسارات آلودگی نفتی، عبارتند از:

- کنوانسیون بین‌المللی مسئولیت مدنی درمورد مسئولیت مدنی خسارات آلودگی‌های نفتی مربوط به ۲۹ نوامبر ۱۹۶۹ (CIC ۱۹۶۹)،
- پروتکل سازمان بین‌المللی دریانوردی ۱۹۹۲ ضمیمه شده به کنوانسیون بین‌المللی مسئولیت مدنی خسارات آلودگی نفتی ۲۹ نوامبر ۱۹۶۹ (CLC ۱۹۹۲)،
- کنوانسیون بین‌المللی ایجاد صندوق بین‌المللی برای جبران خسارت آلودگی نفتی به تاریخ ۱۸ دسامبر ۱۹۷۱ (اجرای آن از سال ۲۰۰۲ متوقف شد).
- پروتکل اصلاحی ۱۹۹۲ سازمان بین‌المللی دریانوردی دربارهٔ ایجاد صندوق بین‌المللی برای جبران خسارت آلودگی نفتی ۱۸ دسامبر ۱۹۷۱ (کنوانسیون صندوق ۱۹۹۲).
- پروتکل اصلاحی سال ۲۰۰۳ در رابطه با کنوانسیون بین‌المللی ایجاد صندوق بین‌المللی جبران خسارت آلودگی نفتی ۱۹۹۲ (کنوانسیون تکمیلی صندوق، سال ۲۰۰۳).
- کنوانسیون بین‌المللی مسئولیت مدنی در قبال خسارت آلودگی نفت خام (فله‌ای) ۲۱ مارس ۲۰۰۱ (کنوانسیون بانکر، سال ۲۰۰۳).

براساس موازین قانونی در برخی کشورها، نظیر آنچه در قانون «آلودگی نفتی ایالات متحده» (OPA<sup>۱</sup>) (۱۹۹۰) آمده است، خسارت دارای تعریف مشخصی بوده و ناظر بر «هرگونه تغییری نامطلوب، قابل مشاهده یا قابل اندازه‌گیری در یک منبع طبیعی یا اختلال در خدمات مربوط به منبع طبیعی» بوده و از این‌رو، به ضرورت و اهمیت «ارزیابی خسارت منابع طبیعی» (NRDA<sup>۲</sup>) تأکید شده است. برای ارزیابی خسارت، باید دو پارامتر کلیدی زیر را مبنا قرار داد:

- گستره آسیب وارده به محیط‌زیست دریایی

- شدت آسیب وارده به محیط‌زیست دریایی

شایان ذکر است که ارزیابی باید از سوی گروهی از خبرگان مورداعتماد و یا همان کارشناسان فنی معتمد و صلاحیت‌دار منسوب شده از سوی نهادهای ذی‌صلاح جامعه انجام شود. وظیفه چنین گروهی، ارزیابی ماهیت و گستره آلودگی و پیامدهای آن در محل وقوع حادثه است که در طی مراحل زیر انجام می‌شود:

- کمی‌سازی گستره آسیب،

- تدوین، اجرا و پایش طرح‌های احیایی،

- تلاش برای جبران هزینه‌های ارزیابی و احیا از کسانی که مسئول وارد آمدن آسیب شناخته شده‌اند.

در حیطه خسارات نشت نفت، رژیم مسئولیت مدنی برای آلودگی نفتی دریایی، نخستین رژیم بین‌المللی مسئولیت در قبال الزامات غرامت، فراتر از خسارات وارده به افراد و آیین‌نامه‌های مربوط به خسارت وارده به دارایی‌های ناشی از اختلال‌های محیط زیستی بوده است. از همین رژیم، به عنوان الگویی برای تدوین قاعده مسئولیت‌پذیری در مورد حمل کالاهای خطرناک، حمل و نقل

---

<sup>۱</sup> Oil Pollution Act

<sup>۲</sup> Natural Resource Damage Assessment

دریایی مواد خطرناک و زیان آور و نیز بازبینی مقررات مسئولیت مدنی برای خسارات هسته‌ای استفاده شده است. علاوه بر آن، روش پرداخت حق غرامت تحت چنین رژیمی - مسئولیت بدون تقصیر<sup>۱</sup> - به هنجاری در قواعد خسارات برای آلودگی در جاهای دیگر تبدیل شده و همچنین، به عنوان ابزار کارآمد و عادلانه داخل ساختن اصل «آلوده‌کننده باید پردازد» در زمینه مسئولیت محیط‌زیستی شناخته شده است.

بااینکه امروزه کمتر کسی در مورد اهمیت حفظ محیط زیست در حمل و نقل دریایی و نیز کشتیرانی با کیفیت بالا مخالف است، بااین همه، شمار آنهایی که درباره غرامت محیط زیستی در قبال خسارات آلودگی‌های نفتی هم عقیده باشند، خیلی زیاد نیست. اگرچه، هر رژیمی مسئولیت‌پذیری در برابر بخش کشتیرانی را براساس اصولی مشابه اصل «آلوده‌کننده می‌پردازد» وضع می‌نماید، ولی محدودیت‌های مسئولیت‌پذیری طرف مسئول و تعریف قلمروی خسارات آلودگی، به ویژه خسارات محیط زیستی، باعث اختلاف‌های معنی داری در این زمینه شده‌اند. برای این منظور، ارزیابی‌های معنی‌داری که در مورد عوامل تعیین‌کننده غرامت آلودگی‌ها از سوی IMO انجام می‌شوند، باید نقش فراگیر سیاست‌های محیط‌زیستی کشورها را در نظر بگیرد.

در ایران، مطابق با مواد «۲۰» و «۲۱» «قانون حفاظت از دریاها و رودخانه‌های قابل کشتیرانی در مقابل آلودگی به مواد نفتی» (مصوب ۱۳۸۹/۶/۱۷)، سازمان‌های بنادر و دریانوردی، حفاظت محیط‌زیست و شیلات ایران از حیث مطالبه ضرر و زیان ناشی از خسارت به بنادر، تأسیسات، محیط‌زیست دریایی و منابع آبی در مورد جزئیات موضوع قانون و در محدوده وظایف و اختیارات خود، نماینده دولت جمهوری اسلامی ایران در دعاوی بین‌المللی محسوب شده و مبالغ مربوط به خسارات دریافت شده تحت عنوان «جبران خسارات وارده به بنادر، تأسیسات، محیط‌زیست دریایی و حیات آبریزان»، به حسابی متمرکز در خزانه‌داری کل واریز و ۱۰۰٪ آن براساس بودجه سالیانه، منحصراً برای بهبود، ارتقاء کیفیت، بهسازی، احیاء و بازسازی محیط‌زیست دریایی، سواحل و منابع

---

<sup>۱</sup> Strict liability

آبزی و به نسبت خسارات وارده، به سازمان‌های بنادر و دریانوردی، حفاظت محیط‌زیست و شیلات ایران و نیروهای مسلح تخصیص یافته و هزینه می‌گردد.

بااستناد به تعاریف ارائه شده درباره «هزینه‌های خارجی تحقق یافته»، و «هزینه‌های حفظ محیط‌زیست جبران شده» درجلد اول گزارش، موضوع جبران غرامت‌های ناشی از آلودگی نفتی در مناطق دریایی و ساحلی با توجه به تعدد بازیگران، باید از ساختاری مشخص برخوردار باشد. برای این منظور، مشارکت هریک از بازیگران را می‌توان در قالب شکل زیر، نمایش داد:

گاهی بروز سوانحی در فعالیتهای جاری کشتی‌ها، حتی عملیات عادی کشتی‌ها و فعالیت‌هایی مانند عملیات فراساحلی، کشف و بهره‌برداری از منابع معدنی بستر دریاها، زمینه‌ساز بروز آلودگی‌های نفتی و درنتیجه، واردشدن خساراتی به تنوع‌زیستی دریایی (همچون کاهش تنوع ژنتیکی، کاهش جمعیت، انقراض گونه‌ها یا تغییر ترکیب یا ساختار اکوسیستمی) می‌شوند. چنین خسارت‌هایی، ممکن است در درون و یا بیرون از نظام قضایی کشورها، به‌عنوان یک پیامد فعالیت‌های کشتیرانی روی دهد.

باید توجه داشت که درباره مسئولیت و جبران خسارات وارده به تنوع زیستی دریایی در نتیجه آلودگی‌های نفتی دریا، قرارداد بین‌المللی خاصی وجود ندارد. ولی در چند کنوانسیون، قواعد و رویه‌های بین‌المللی یکنواختی درباره خسارت نفتی حاصل از چنین فعالیت‌هایی در دریا به تصویب رسیده‌اند. مسئولیت و جبران خسارت آلودگی‌های نفتی با منشأ شناورهای دریایی و حاصل از نشت نفت از نفت‌کش‌ها، تحت حاکمیت رژیم بین‌المللی است که کنوانسیون بین‌المللی ۱۹۶۹ مسئولیت مدنی در برابر خسارت آلودگی نفتی (کنوانسیون مسئولیت مدنی ۱۹۶۹ یا CLC مربوط به سال ۱۹۶۹) و کنوانسیون بین‌المللی ۱۹۷۱ ایجاد صندوق بین‌المللی برای جبران خسارت آلودگی‌های نفتی (کنوانسیون صندوق ۱۹۷۱) که بعدها در سال ۱۹۹۲ به کنوانسیون مسئولیت مدنی (موسوم به CLC ۱۹۹۲) و کنوانسیون صندوق ۱۹۹۲ تبدیل شد و نیز پروتکل ۲۰۰۳ مرتبط با کنوانسیون صندوق سال ۱۹۹۲ (پروتکل تکمیلی صندوق) که همگی

به‌عنوان «رژیم CLC» خوانده می‌شوند، را شامل می‌شوند. اصلاح و جبران خسارت آلودگی نفتی دریایی ناشی از فرار یا تخلیه نفت خام از شناورها و یا هرنوع وسیله نقلیه دریایی، تحت ضوابط کنوانسیون بین‌المللی مسئولیت مدنی درمورد خسارت آلودگی نفت‌خام سال ۲۰۰۱ (معروف به کنوانسیون بانکر) است. آلودگی مخازن ناشی از نفتکش‌های دریایی، تحت پوشش CLC قرارداد.

عبارت «خسارت آلودگی» از معانی مختلفی برخوردار است. هم در CLC (۱۹۶۹) و هم در کنوانسیون مسئولیت‌پذیری بستر دریا (۱۹۷۷)، «خسارت آلودگی» دربرگیرنده هرنوع نابودی یا خسارت ناشی از آلودگی دریایی برگرفته از راهیابی و یا تخلیه نفت و نیز هزینه‌های مربوط به انجام اقدامات پیشگیرانه به‌منظور پیشگیری یا کمینه‌سازی خسارات کنونی و یا وقوع خسارات نابودی بعدی حاصل از انجام اقدامات پیشگیرانه است. چنین تعریفی، خسارت وارده به تنوع زیست‌محیطی دریا را مستثنی نمی‌سازد. کنوانسیون CLC (۱۹۹۲) و کنوانسیون بانکر، «خسارت آلودگی» را تحت پوشش قرارداد جبران اختلال در محیط‌زیست تعریف می‌نماید و البته آن را محدود به هزینه‌های اقدامات لازم برای بازگرداندن شرایط به وضعیت اولیه (وضعیتی که روی داده است و یا باید روی دهد)، همراه با اقدامات پیشگیرانه و خسارات بعدی حاصل از انجام چنین اقداماتی، می‌سازد. در CLC، نه اقدامات لازم برای برقراری مجدد شرایط اولیه مشخص شده و نه معلوم شده که باید چه اقدامات معقولانه‌ای را درنظر گرفت. بااین همه، شاید مؤلفه‌های زیستی خسارت دیده (مانند خسارت به تنوع زیستی دریایی) هم در محیط‌زیست آسیب دیده وجود داشته باشند، ولی واقعیت این است که هیچکدام از چنین معاهداتی به‌طور صریح، خسارات وارده به تنوع زیستی را مورد توجه قرار نمی‌دهند.

به‌طور خلاصه، کنوانسیون‌های بین‌المللی موجود در ارتباط با موضوع، خسارات را در انواع زیر دسته‌بندی کرده‌اند (کونتواس و همکاران، ۲۰۱۰):

- پاکسازی

- اقدامات پیشگیرانه

- مرتبط با صید و شیلات
- مرتبط با گردشگری
- مرتبط با فعالیتهای پرورشی و زراعی
- سایر زیانهای وارده به درآمد
- سایر خسارات وارده به املاک و
- خسارت محیطزیستی

این در حالی است که کنوانسیون مسئولیت مدنی (موسوم به CLC ۱۹۹۲) جبران غرامت را در ۵ زمینه پوشش می‌دهد:

- هزینه‌های پاکسازی و ازجمله، اقدامات پیشگیرانه
- خسارت وارده به املاک
- خسارت‌های اقتصادی غیرمستقیم
- خسارت اقتصادی محض
- هزینه‌های استقرار دوباره محیطزیست و مطالعات پس از نشت نفت

مطالبه خسارات وارده در هریک از زمینه‌های فوق، مستلزم «کمی‌سازی خسارات محیطزیستی» است. در CLC (۱۹۶۹)، خسارت آلودگی به‌صورت «زیان یا آسیب حادث شده در بیرون از کشتی حمل‌کننده نفت ناشی از آلوده ساختن در اثر فرار یا تخلیه نفت از کشتی» تعریف شده و هزینه اقدامات پیشگیرانه و خسارات بعدی را دربرمی‌گیرد. بااینکه از ابتدا معلوم بود که عبارات فوق به خسارات اقتصادی مربوط به آسیب‌های وارده به نیروی انسانی یا خسارات به املاک مربوط می‌شود، ولی عدم اشاره به خسارات محیطزیستی به بروز اختلافاتی در تفسیر و آرای دادگاه‌های ملی بسته به نحوه اجرای کنوانسیون در کشورهای خود، دامن زده است. ازاین‌رو، در کنوانسیون

CLC (۱۹۹۲) تعریف فراگیرتری از «خسارت آلودگی» ارائه شده و در آن «... جبران اختلال وارده به محیط زیست، غیر از متضرر شدن منافع در اثر چنین اختلال‌هایی، محدود به هزینه‌های اقدامات معقول استقرار دوباره محیط زیست و ...» مورد تصریح قرار گرفته است. در مباحثات بعدی برای قابل پذیرش نمودن دعاوی مرتبط با «اقدامات استقرار دوباره محیط زیست»، معیارهای زیر تدوین شدند:

- هزینه اقدامات باید معقول باشند
- هزینه اقدامات نباید نامتناسب با نتایج حاصله یا نتایج عقلایی موردانتظار باشد
- اقدامات باید متناسب بوده و چشم‌انداز معقولی از موفقیت را در اختیار گذارند.

## فهرست منابع پایانی

Alexander K. ۲۰۱۰. The ۲۰۱۰ Oil Spill: Natural Resource Damage Assessment Under the Oil Pollution Act. Congressional Research Service. CRS Report.

Alford J. Brian, Peterson Mark S., Green Christopher C. Impacts of Oil Spill Disasters on Marine Habitats and Fisheries in North America. CRS Press. Taylor and Francis Group.

Ando Amy W., Khanna M., Wildermuth A., Vig S. ۲۰۰۴. Natural Resource Damage Assessment: Methods and Cases. WMRC Reports.

Assaf George B., Kroetch Brent G., Mathur Subodh C. ۱۹۸۶. Nonmarket Valuations of Accidental Oil Spills: A Survey of Economic and Legal Principles. Marine Resource Economics. Vol. ۲, No. ۳, pp. ۲۱۱-۲۳۷.

Association of Environmental Assessors NGO. Methodology for Calculating Environmental Damage Assessment and Relevant Compensation. (Unknown Details).

Australian Maritime Safety Authority. ۲۰۱۰. Technical Guidelines for Preparing Contingency Plans for Marine and Coastal Facilities. Australian Government.

Biango A. and Sheehan P. ۲۰۰۶. Assessing the Risk of Oil Spills in the Mediterranean: the Case of the Route from the Black Sea to Italy. Fondazione Eni Enrico Mattei.

Boman M., Brannlund R. and Kristrom B. ۱۹۹۹. Topics in Environmental Economics. Springer-Science and Business Media, B.V.

Brennan K. ۲۰۱۳. A Stakeholder Analysis of the BP Oil Spill and the Compensation Mechanisms Used to Minimize Damage. Thesis. University of South Florida.

Carson Richard T., Conaway Michael B., Hanemann W. Michael. Kronsick Jon A. ۲۰۰۴. Valuing Oil Spill Prevention: A Case Study of California's Central Coast. Springer-Science and Business Media, B.V.



Carson R. and Navarro P. 1989. Fundamental Issues in Natural Resource Damage Assessment. Meeting of American Economic Association (Unknown address).

Committee on the Effects of the Deepwater Horizon Mississippi Canyon-202 Oil Spill on Ecosystem Services in the Gulf of Mexico. 2012. Approaches for Ecosystem Services Valuation for the Gulf of Mexico after the Deepwater Horizon Oil Spill. Interim Report. National Research Council of the National Academies.

Committee on Responding to Oil Spills in the U.S. Arctic Marine Environment. 2014. Responding to Oil Spills in the US Arctic Marine Environment. National Research Council of the National Academies.

Czarnecki Jason J. and Zahner Adrienne K. 2000. The Utility of Non-Use Values in Natural Resource Damage Assessments. Boston College Environmental Affairs Law Review. Vol. 32. Issue 3. Article 3.

Davidson W.F., Lee K., Cogswell A. 2008. Oil Spill Response: A Global Perspective. NATO Science for Peace and Security Series. Springer.

Depellegrin D. and Blazuskas N. 2012. Integrating Ecosystem Service Values into Oil Spill Impact Assessment. Journal of Coastal Research. Vol. 28, No. 1.

ECOW Common Implementation Strategy. 2004. Assessment of Environmental and Resource Costs in the Water Framework Directive. Information sheet prepared by Drafting Group ECOW Common Implementation Strategy, Working Group 2B.

Environmental Protection Authority of New South Wales State. 2012. Guidelines for the Assessment and Management of Sites Impacted by Hazardous Ground Gases. State of NSW. Australia.

Etkin Dagmar S. 2000. Oil Spill Response Cost Effectiveness Analytical Tool (OSRCEAT). Environmental Research Consulting.

Etkin Dagmar S. Modelling Oil Spill Response and Damage Costs. (Unknown Details)

European Environment Agency. 2007. Accidental Oil Spills from Marine Shipping. EN10.

Fingas M. ٢٠١٥. Handbook of Oil Spill Science and Technology. Wiley and Sons.

Fingas M. ٢٠١٣. The Basics of Oil Spill Cleanup. ٣<sup>rd</sup> Edition. CRC Press. Francis and Taylor Group.

Fingas M. ٢٠١١. Oil Spill Science and Technology: Prevention, Response and Technology. Elsevier.

Grigalunas Thomas A., Opaluch James J., Tyrell Timothy J. ١٩٨٩. The Economic Damage Component of the Natural Resources Damage Assessment Model System. Oil and Chemical Pollution Vol. ٥. Pp. ١٩٥-٢١٥.

Gurumo T. and Han L. ٢٠١٢. The Role and Challenge of International Oil Pollution Liability Legislations in the Protection of Marine Environment. International Journal of Environmental Science and Development. Vol. ٣. No. ٢. pp ١٨٣-١٨٨.

Herrera I., Kulay L., Jimenez L. and Schuhmacher M. ٢٠٠٢. Environmental Damage Assessment Applied to Process Analysis. A Decision Support Alternative. In: International Congress on Environmental Modelling and Software. Brigham Young University. Lugano-CH.

Kato Naomi. ٢٠١٧. Applications to Marine Disaster Prevention: Spilled Oil and Gas Tracking Buoy System. Springer Japan.

Kerry Smith V. ١٩٨٦. Marine Pollution and Environmental Damage Assessment: Economic Valuation in Policy Context. Final Report. US Environmental Protection Agency.

Li J. ٢٠١٥. Compensation for Damage to Marine Biodiversity under International Liability Regime on Vessel-Source Marine Oil Pollution Damage. Journal of Shipping and Ocean Engineering. Vol. ٥. pp. ٣٤١-٣٥١.

Liu Xin and Wirtz Kai W. ٢٠٠٦. Total Oil Spill Costs and Compensations. Maritime Policy and Management: The flagship Journal of International Shipping and Port Research. Vol. ٣٣. No. ١. pp ٤٩-٦٠.

Mattia S., Oppio A., Poletti A., Pandolfi A. ٢٠١٢. Modelling and Evaluating an Environmental Damage Scenario: Discussing an

Assessment Model Predicted Through a Geographical Information System Procedure. CET Chemical Engineering Transactions. Vol. ٢٨, pp ٢٤١-٢٤٦.

McCoy Margaret A. and Salerno Judith A. ٢٠١٠. Assessing the Effects of the Gulf of Mexico Oil Spill on Human Health. A Summary of the June ٢٠١٠ Workshop. Institute of Medicine of the National Academies.

Missions Paul C. and Plourde C. ١٩٩٧. Transboundry Renewable Resource Mangement and Conservation Motives. Introduction. Marine Resource Economics. Vol. ١٢, pp. ٢٩-٣٦.

Nash S. ٢٠١١. Oil and Water, Economics and Ecology in the Gulf of Mexico. Bioscience. Vol. ٦١. No. ٤ pp. ٢٥٩-٢٦٣.

OECD, ٢٠١٢. Liability for Environmental Damage in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia (EECCA): Implementation of good international practices. EAP Task Force.

Opaluch James J. ١٩٨٧. Marine Pollution and Environmental Damage Assessment: Introduction. Marine Resource Economics. Vol. ٤, pp. ١٥١-١٥٤.

Pashaei R., Gholizadeh M., Jodeiri K. and Hanifi A. ٢٠١٥. The Effects of Oil Spills on Ecosystem at the Persian Gulf. International Journal of Review in Life Sciences. Vol. ٥. No. ٣. pp. ٨٢-٨٩.

Raj Phani K., Turner Clayton K. ١٩٩٥. Oil Spill Assessment Model and the Ranking of Ports for Oil Spill Vulnerability. Report No. CG-D-٣٥-٩٥. United States Coast Guard. Research and Development Center.

Rochette J. ٢٠١٢. Towards an international regulation of offshore oil exploitation. Pp ١-١٨. In: Report of the experts workshop held at the Paris Oceanographic Institute on ٣٠ March ٢٠١٢, Working Papers ١٥/١٢, Paris, IDDRI.

Stahl G. Ralph Jr., Kapustka Lawrence A., Munns W., Bruins R. ٢٠٠٨. Valuation of Ecological Resources: Integration of Ecology and Socioeconomics in Environmental Decision Making. CRC Taylor and Francis.

Stern Charles V., Sheikh Pervaze A. Ramseur Jonathan L. ۲۰۱۴. Gulf Coast Restoration: RESTORE Act and Related Efforts. Congressional Research Service. CRS Report.

Stout Scott A., Wang Z. ۲۰۱۶. Standard Handbook Oil Spill Environmental Forensics: Fingerprinting and Source Identification ۲<sup>nd</sup> Edition. Elsevier

Tan Z. ۲۰۰۶. Economics of maritime environmental regulations on oil pollution liability: linking theory to practice. World Maritime University Dissertations.

Turan M. ۲۰۰۹. Turkey's Oil Spill Response Policy: Influences and Implementation. Oceans and Law of the Sea. Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea.

UNEP-GESAMP Studies. ۲۰۰۷. Estimates of Oil Entering the Marine Environment from Sea-Based Activities. International Maritime Organization.

Wu. Y. ۲۰۱۶. Oil Spill Impacts: Taxonomic and Ontological Approaches. CRC Press. Taylor and Francis Group.

Unsworth Robert E., Petersen T. A Manual for Conducting Natural Resource Damage Assessment: The role of Economics. US Department of the Interior, Division of Economics, Fish and Wildlife Service.

Zhang P., Sun R., Ge L., Wang Zh. and Yao Z. ۲۰۱۴. Compensation for the damages arising from oil spill incidents: Legislation infrastructure and characteristics of the Chinese regime. Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. ۱۴۰. pp. ۷۶-۸۲.

Zong A. ۲۰۱۳. Liability Regime Concerning the Oil Pollution Rising from Offshore Facilities. University of Oslo. Faculty of Law (Dissertation).