



مقاله پژوهشی

Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>



بررسی حساسیت زیست محیطی اکوسیستم های منطقه پارس جنوبی و نقش دکل حفاری خود بالا بر (JACK-UP) در تخریب زیستگاه ها

مریم صفی^{۱*}، ناصر محرم نژاد^۱، افشین دانه کار^۲، سید علی جوزی^۳

۱. گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳. گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: maryamsafy@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۴

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/JMST.2016.32079

چکیده

مناطق ساحلی به سبب موقعیت جغرافیایی، تنوع زیستی و اکوسیستم های وابسته از مناطق حساس و شکننده محسوب می شوند. در این پژوهش به مطالعه و تعیین حساسیت اکوسیستم های ساحلی منطقه پارس جنوبی پرداخته شد و نتایج حاصل با استفاده از نرم افزار Expert Choice مورد بررسی قرار گرفت. از آنجایی که منطقه پارس جنوبی همواره در معرض حفاری و استخراج چاه های نفت و گاز است، سکوی حفاری جک آپ به عنوان یکی از عوامل آلاینده در این منطقه شناسایی و تاثیرات آن بر روی اکوسیستم های مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور ارزیابی ریسک با استفاده از تعاریف اصلی ارزیابی ریسک و به کار گیری تکنیک های ریاضی، احتمال، شدت پیامد و اهمیت زیستگاه ها محاسبه شده است. برای کمی سازی پارامترهای کیفی، از مفاهیم فازی استفاده شده است. به منظور صحت سنجی نتایج، محاسبات حاصل از مدل ریاضی با مقادیر واقعی مقایسه گردید. نتایج حاصل از حوادث زیست محیطی در یک دوره چهارساله، حاکی از اهمیت توجه به ریسک های زیست محیطی در عملیات حفاری سکوی جک آپ بوده که این امر لزوم مدیریت و حفاظت از اکوسیستم های حساس منطقه را نمایان می سازد.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک زیست محیطی، دکل حفاری خود بالا بر، شناسایی خطر، مدل ریاضی، مفاهیم فازی.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



۱. مقدمه

تجمع یافته و دست آخر به بدن طعمه خوران از جمله انسان راه می‌یابند (Karman and Reerink, 1998). خلیج فارس در سالیان اخیر از گزند این آلاینده‌ها در امان نبوده و آلاینده‌های مذکور به طرق مختلف وارد آب‌ها و رسوبات این منطقه و خصوصاً مناطق ساحلی آن شده است. هیدروکربن‌های نفتی که منشاء عمده آن تردد کشتی‌ها، تخلیه آب توازن شناورها، حفر چاه‌های اکتشافی و سوانح نفتی است، مشکلات عدیده‌ای را برای آبریان، پرندگان و انسان ایجاد کرده است. با توجه به اهمیت بالای مناطق ساحلی، امروزه شاهد روند فزاینده تخریب سواحل و سیل قهقراپی منابع طبیعی آن و کاهش چشم‌گیر تنوع زیستی در آن بوده‌ایم (Kebriayi, 2005). مناطق ساحلی اراضی هستند که از دو سو تحت تاثیر اکولوژی دریا و خشکی قرار می‌گیرند. در این مناطق، زیستگاه‌ها، آبریان حساس و منابع معدنی موجود در آنها، پشتوانه بسیار مهمی برای فعالیت‌های معیشتی، شیلات و صنایع حمل و نقل به شمار می‌آیند (Majnounian, 2000). تلاش برای برقراری توازن میان ساختار و عملکرد بوم شناختی سواحل و توسعه فعالیت‌های انسانی موضوعی است که در چارچوب مدیریت محیط زیست مناطق ساحلی مورد توجه قرار می‌گیرد. مهم‌ترین اهداف برنامه مدیریت محیط زیستی مناطق ساحلی کشور در رویکرد حفاظتی، شامل حفاظت از محیط زیست منطقه ساحلی در بخش خشکی و دریا، حمایت از تنوع زیستی در منطقه ساحلی، کاهش یا جلوگیری از آلودگی در ساحل در حد توان اکولوژیکی آن است (PMO, 2009). کلیه مناطق حساس مانند: جنگل‌های حرا، بسترهای جلبکی و علفی، آبریان‌های مرجانی، محل زادآوری آبریان، مصب‌ها، دلتای رودخانه‌ها و محل لانه‌گزینی لاک‌پشت‌های دریایی و پرندگان آبرزی، در زمره مناطق حساس ساحلی و دریایی محسوب می‌گردد (Danekar et al., 2014).

دکل حفاری یا جک آب یکی از منابع ایجاد آلودگی در منطقه پارس جنوبی است که در این مقاله به اثرات این سازه بر محیط-زیست دریایی پرداخته شده است. دکل حفاری خود بالابر (جک آب)، به طور کلی از چهار بخش اصلی شامل بدنه، پایه‌ها، نشیمن‌گاه پایه و تجهیزات جانبی، تشکیل شده است (Vandokum, 2007). بدنه (Hull)، سازه‌ای مقاوم در برابر نفوذ آب است که دربرگیرنده اماکن زیست، تجهیزات و نفرات

خلیج فارس به دلیل داشتن شرایط خاص جغرافیایی، حساسیت-های زیست‌محیطی و نقش کلیدی آن در حمل و نقل دریایی و وجود چاه‌های نفت و گاز، همواره به منزله یکی از مناطق استراتژیک و حساس در مجامع بین‌المللی مطرح بوده است (Parhizi, 2007). موقعیت جغرافیایی، سیاسی و اقتصادی، این ناحیه را به یکی از مهم‌ترین پهنه‌های آبی جهان تبدیل کرده است. به‌علاوه خلیج فارس از لحاظ اکولوژیکی، فلات قاره‌ای غنی از منابع غیرزیستی (سوختهای فسیلی؛ نظیر نفت و گاز) و منابع زیستی (مرجان‌ها، انواع ماهیان و سخت‌پوستان، نرم‌تنان و ...) به شمار می‌آید. در سال‌های اخیر این پیکره آبی بنا به دلایل گوناگون از جمله جنگ عراق علیه ایران (سال ۱۹۸۰) و جنگ کویت و عراق (سال ۱۹۹۱) مورد هجوم آلاینده-های شیمیایی و نفتی قرار گرفته است و در سال‌های اخیر نیز با اولویت توسعه میادین مشترک (میدان نفت و گاز پارس جنوبی)، با توجه به وجود ذخایر انرژی عظیم، بیش از پیش مورد توجه قرار گرفت و دو کشور ایران و قطر، همواره برای برداشت بیشتر از این میدان مشترک و بهره‌برداری از منابع هیدروکربنی آن در رقابت بوده‌اند. به طوری که در پاییز سال ۱۳۹۱، ایران در حال برداشت روزانه ۳۰۰ میلیون مترمکعب میعانات گازی بوده و حدوداً ۷۰ میلیون مترمکعب کمتر از شریک خود برداشت داشته است. لذا مباحث مربوط به اکتشاف و حفاری چاه‌های نفت و گاز به عنوان گام اول استخراج در این منطقه محسوب می‌شود؛ که متأسفانه اثرات آن بر محیط‌زیست از مسائل بسیار مهمی است که همواره مورد توجه مسئولین قرار داشته است. آلودگی اکوسیستم آبی خلیج فارس باعث به‌مخاطره افتادن اکوسیستم-های حساس این منطقه نظیر جزایر مرجانی، ذخایر ژنتیکی و آسیب به ذخایر اقتصادی نظیر ماهی و میگوی شده است (Smith et al., 1982).

عدم توجه به حفظ اکوسیستم آبی این منطقه، منجر به حذف گونه‌های حساس و کاهش تنوع زیستی شده و از سوی دیگر، مصرف آبریان باعث تجمع آلاینده‌های شیمیایی در بدن آبریان و انتقال مواد سمی به سطوح غذایی بالاتر مثل انسان شده است. این آلاینده‌های شیمیایی در محیط‌های آبی در بافت انواع آبریان

شناسایی خطرات زیست‌محیطی مربوطه، تلاش شده است یک مدل دقیق و ریاضی ارائه شود.

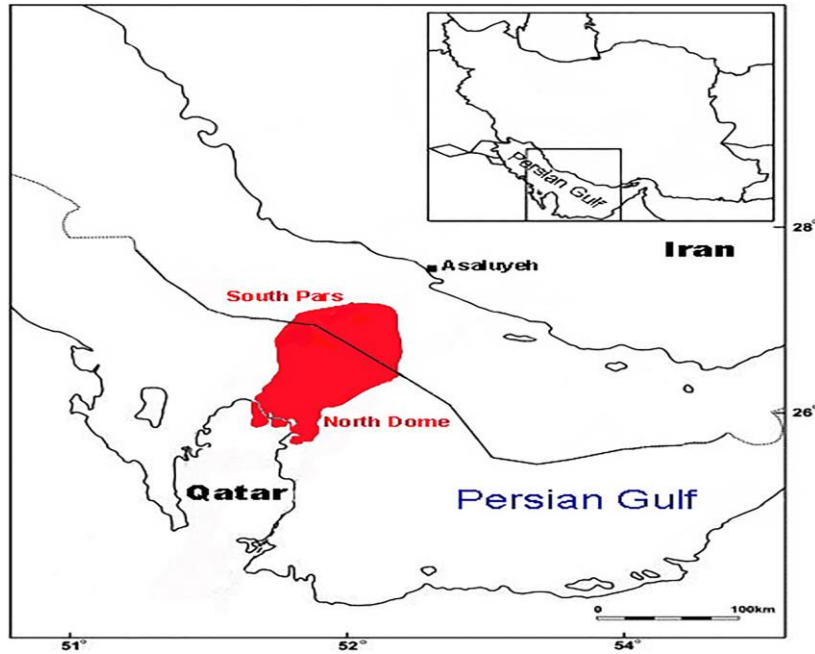
۲. مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، میدان گازی پارس جنوبی است. پارس جنوبی بزرگترین میدان گازی جهان است که در خلیج فارس و در آب‌های سرزمینی ایران و قطر واقع شده‌است. این میدان گازی بین ایران و قطر مشترک است و در کشور قطر، میدان گازی گنبد شمالی نام دارد. شکل ۱ نشان‌دهنده موقعیت منطقه پارس جنوبی است. روش استفاده شده در این پژوهش شامل تعیین ضریب اهمیت معیارهای تخمین مناطق حساس ساحلی و بررسی اکوسیستم‌های موجود در این مناطق و تعیین اهمیت آنهاست. سپس، با استفاده از تعاریف پایه ریسک، از حاصل ضرب احتمال وقوع رخدادها در شدت پیامدها، جهت ارزیابی ریسک زیست‌محیطی جک آپ استفاده شده است (Zhang et al., 2011).

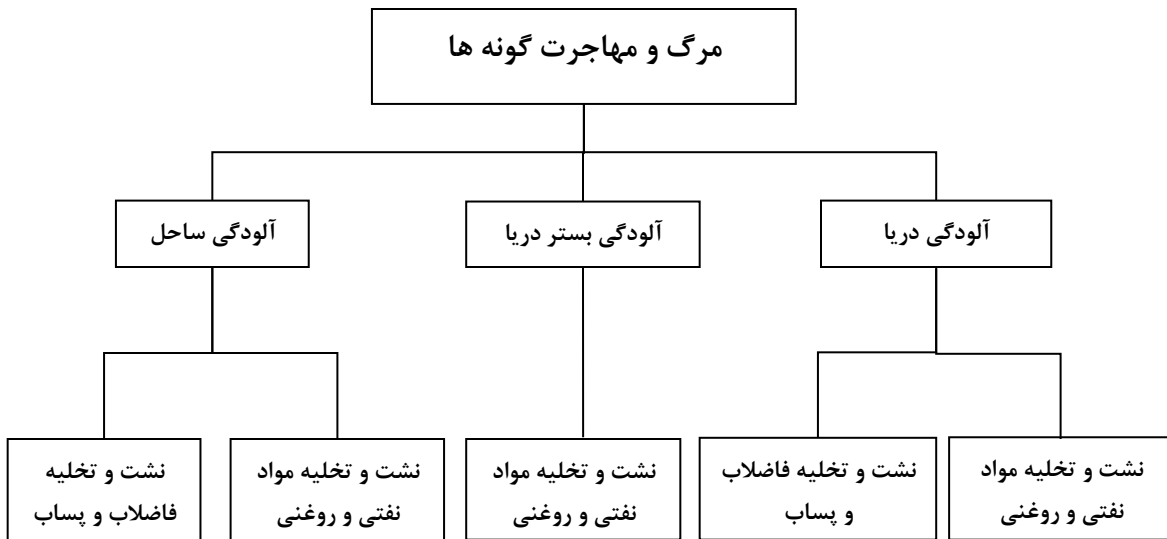
در ابتدا، بر اساس نظر خبرگان و ایجاد طوفان ذهنی و بازدید میدانی از دکل حفاری، ریسک‌های زیست‌محیطی شناسایی شد سپس، منابع مختلف آلاینده بر اساس متد FTA (تجزیه و تحلیل درخت خطا) شناسایی شد (Gharahasanlou et al., 2014; Kang et al., 2014). متد FTA که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است، شامل ساخت درخت خطا و تجزیه و تحلیل آن است. اولین گام در تجزیه و تحلیل درخت خطا شناخت کامل و دقیق سیستم‌ها است. اطلاعات دقیق و جزئی درباره کلیه فرایندها، اثرات متقابل فیزیکی بین اجزاء و شرایط طبیعی و غیر طبیعی آن‌ها، از منابع مختلفی نظیر نقشه‌ها، نمودارها، لیست اسامی اجزاء، دستورالعمل‌های عملیاتی، روش‌های نگهداری، مصاحبه با کارکنان، متخصصین و ... به دست آمد. در این پژوهش، به منظور ترسیم درخت خطا از مصاحبه با خبرگان و مطالعه دقیق فرایندهای مختلف سکوی جک آپ استفاده شده است و سپس، روشی مبتنی بر FTA برای حل مشکلات ناشی از شناسایی دقیق خطرات ارائه شده است (Liu et al., 2014). در مرحله بعدی، خطرات زیست‌محیطی ناشی از عملیات حمل

است. بدنه جک آپ اغلب مثلثی یا مستطیل شکل است. اغلب، جک آپ‌های مستطیل شکل به جک آپ بارج معروفند، که خود دارای سیستم رانش (برای جابجایی از نقطه ای به نقطه دیگر) هستند. معمولاً جک آپ‌ها از نظر تعداد پایه‌ها، از سه تا چهار پایه ساخته می‌شوند. جک آپ‌های سه پایه، اغلب مثلثی شکل بوده اما بدنه جک آپ‌های چهار پایه، معمولاً مستطیل شکل است (Ellinas et al., 1989). تکیه گاه پایه (Spud Can)، باعث افزایش سطح اتکا بر روی بستر دریا و کاهش تنش وارد بر خاک کف دریا می‌شود. سکوی خود بالا بر (Jack-up)، به دلیل داشتن ویژگی‌های خاص خود، مثل شناوری در آب، امکان سکونت پرسنل و نیز داشتن امکانات حفاری، از جمله تجهیزات اثرگذار بر محیط‌زیست در صنایع بالادستی نفت و گاز محسوب می‌شود. به منظور جلوگیری از گسترش این اثرات در محیط دریایی، نیاز است اقدامات کنترلی لازم برای عملکرد صحیح آن در نظر گرفته شود (Hunt and Marsh, 2004).

ارزیابی ریسک فرایندی است که طی آن احتمال وقوع رخدادها و شرایط ناخواسته و شدت عواقب رخدادهای مورد نظر تخمین زده می‌شود (HSE Case Guidelines, 2014). امروزه، روش‌های مختلف ارزیابی ریسک معرفی و توسعه یافته است و اغلب آن‌ها زمانی که به تنهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، نقص و خطا دارند و اغلب نیازمند ترکیب با روش‌های مکمل هستند (Jozi et al., 2012). مدل ارزیابی ریسک نشت نفت (OSRA: Oil Spill Risk Analysis)، روشی است که در سال ۱۹۷۵ توسط ایالات متحده آمریکا به منظور تجزیه و تحلیل تاثیر نشت نفت در عملیات حفاری و استخراج نفت و گاز در دریا توسعه پیدا کرده است. لازم به ذکر است که مدل OSRA، مانند بسیاری از مدل‌ها و روش‌های ارزیابی ریسک زیست نشت، بر اساس استفاده از پایگاه داده‌ها ایجاد شده است. اگرچه در دکل حفاری جک آپ، علاوه بر نشت نفت، منابع آلاینده دیگری مانند: آلودگی حاصل از حفاری گل و ریزش مواد شیمیایی و ... وجود دارد، که نیازمند طراحی مدل ارزیابی ریسک پیچیده‌تری است. همانند هر روش ارزیابی ریسک، ارزیابی ریسک زیست‌محیطی بدون تکیه بر روش‌های تحلیلی و آماری از اعتبار مناسب برخوردار نخواهد بود؛ به همین منظور در این پژوهش، پس از بررسی اجزای سکوه‌های حفاری جک آپ و



شکل ۱. نقشه منطقه پارس جنوبی ایران



شکل ۲. سطح نخست درخت خطا در عملیات حمل سکو

خطرات در نهایت، منجر به تخریب محیط زیست، مرگ و مهاجرت گونه‌های دریایی شده است. چنانچه در شکل مشاهده می‌شود؛ مهم‌ترین خطرات ایجاد شده در محیط دریا، در اثر نشت مواد نفتی و سوخت است که علت آن مربوط به نشت آب توازن شناورها، نشت آلودگی ناشی از تجهیزات آتش‌نشانی، آتش‌سوزی تجهیزات، واژگونی جک آپ،

جک آپ در محیط‌های دور از ساحل (یعنی پهنه دریا)، بستر دریا و ساحلی شناسایی شد. سطح نخست درخت خطا در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس در سطوح پایین‌تر، این خطرات به صورت جزئی‌تر درخت‌واره ترسیم می‌گردد. این

خطرات زیست‌محیطی شناسایی شده در مرحله حفاری را نشان می‌دهد.

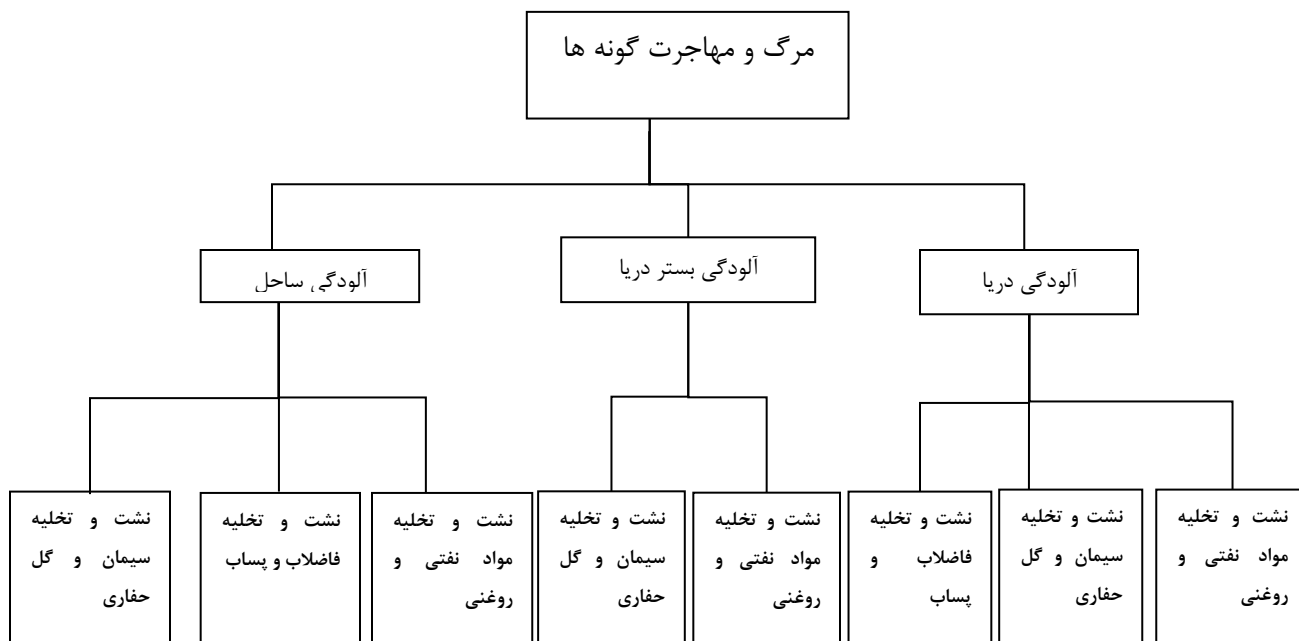
برای محاسبه احتمال آلودگی در هر مرحله، احتمال وقوع رخدادها از پایین‌ترین (آخرین) سطح از سلسله مراتب وقوع حوادث، با استفاده از یک پرسشنامه شناسایی شده است. بخشی از پرسشنامه طراحی شده در شکل ۴ نمایش داده شده است. در پرسشنامه مذکور از افراد خبره خواسته شده که احتمال وقوع رویدادهای موجود را با توجه به شرایط فنی و محیطی و تجربیات خود امتیازدهی نمایند (Chen and Hwang, 1992; Jiang et al., 2012). پرسشنامه در اختیار ۳۰ نفر از اساتید و خبرگان صنعت فراساحل و مخصوصاً متخصصین و کارشناسان جک آپ قرار داده شد. پس از تکمیل چک لیست کیفی به منظور کمی‌سازی نتایج از روش فازی استفاده شد. یعنی متغیر زبانی به‌دست آمده از پرسشنامه‌ها، بر اساس روش فازی مثلثی، به اعداد فازی معادل خود بیان شدند (جدول ۱).

عبارت زبانی (Linguistic terms)، صفاتی برای متغیرهای زبانی هستند. متغیرهای زبانی براساس ارزش‌های زبانی (گفتاری) که در مجموعه عبارت (کلمات) قرار دارند، بیان می‌شوند.

نشت حاصل از معیوب شدن پایه‌ها و تخلیه فاضلاب و پسماندها است. مهم‌ترین منابع فاضلاب و پسماندها (ریزش زباله و تخلیه فاضلاب پرسنل ساکن در دکل حفاری) است.

مهم‌ترین عوامل ایجاد آلودگی بستر دریا، ناشی از نشت و تخلیه مواد نفتی بوده که به دلیل معیوب بودن تجهیزات آتش‌نشانی، واژگونی سکو، نشت آلودگی در اثر خوردگی سیستم‌ها بوده و در نهایت، خطرات ایجاد شده در ساحل که عمده دلایل ایجاد آن شبیه آلودگی دریا است. با این تفاوت که شدت و احتمال آلودگی ایجاد شده بسیار متفاوت از آلودگی دریا است و در نتیجه ارزش عدد ریسک محاسبه شده متفاوت است.

اغلب خطرات زیست‌محیطی ناشی از عملیات حفاری جک آپ که شناسایی شده‌اند، دارای اهمیت بیشتری نسبت به مرحله حمل هستند. مهم‌ترین خطرات شناسایی شده طی عملیات حفاری عبارت است از: نشت و ریزش مواد نفتی و سوخت، تخلیه سیمان و گل حفاری، نشت مواد شیمیایی از تجهیزات آتش‌نشانی به دریا، مناطق ساحلی و بستر دریا. نشت گاز سولفید هیدروژن به محیط آبی و نیز تخلیه فاضلاب انسانی نیز از عوامل تاثیرگذار دیگر در این مرحله است. شکل ۳ سطح نخست درخت خطا،



شکل ۳. سطح نخست درخت خطا در عملیات حفاری (operation)

الف) عملیات جابجایی جک آب						
ردیف	فاکتور های احتمال	محیط اثر	درجه اهمیت از دیدگاه شناسایی خطرات زیست محیطی			
			بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم
۱	احتمال تشت و تخلیه مواد نفتی و روغنی به آب دریا در اثر ریزش آب توالن حاوی مواد نفتی (از مخازن)	الودگی آب				
		الودگی بستر				
		الودگی ساحل				
۲	احتمال تشت و تخلیه مواد نفتی و روغنی به آب دریا در اثر آتش سوزی سیستم ها و تجهیزات سوخت رسانی موتور های دیزل ژنراتور ها	الودگی آب				
		الودگی بستر				
		الودگی ساحل				
۳	احتمال تشت و تخلیه مواد نفتی و روغنی به آب دریا در اثر آتش سوزی سیستم ها و تجهیزات سوخت رسانی و الکتریکی شناوران	الودگی آب				
		الودگی بستر				
		الودگی ساحل				
۴	احتمال تشت و تخلیه مواد نفتی و روغنی به آب دریا در اثر آتش سوزی سیستم ها و تجهیزات سوخت رسانی بویار ها	الودگی آب				
		الودگی بستر				
		الودگی ساحل				
۵	احتمال تشت و تخلیه مواد نفتی و روغنی به آب دریا در اثر واژگونی جک آب (در اثر طوفان و زلزله)	الودگی آب				
		الودگی بستر				
		الودگی ساحل				

شکل ۴. بخشی از پرسشنامه احتمال وقوع

جدول ۱. عبارات زبانی حالات احتمال وقوع و معادل فازی آن‌ها

عبارات زبانی احتمال	اعداد فازی مثلثی
خیلی کم	(۰، ۰/۱، ۰/۳)
کم	(۰/۱، ۰/۳، ۰/۵)
متوسط	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)
زیاد	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)
خیلی زیاد	(۰/۷، ۰/۹، ۱)

مراحل محاسبه احتمال وقوع (اعداد فازی مثلثی در مرحله حمل Jack-up) در جدول ۲ آورده شده است. برای ارزیابی شدت پیامد، ابتدا منابع زیست محیطی دسته بندی شد. فهرست این منابع زیست محیطی در شکل ۵ ارائه شده است.

به منظور دیفازی کردن اعداد فازی، از روش‌های مبتنی بر میانگین و انحراف معیار استفاده می شود. طرز محاسبه‌ی عدد میانگین و انحراف معیار عدد فازی مثلثی $M = (a, b, c)$ (Momeni, 1999) در رابطه (۱) آورده شده است. بخشی از

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{میانگین عدد فازی مثلثی (دیفازی)} = \frac{1}{3}(a + b + c)$$

شکل ۲. بخشی از مراحل محاسبه احتمال وقوع، اعداد فازی مثلثی (مرحله حمل Jack-up)

گزینه‌ها	عدد فازی مثلثی		
	درايه اول	درايه دوم	درايه سوم
نشست و تخلیه مواد نفتی و روغنی به آب دریا در اثر ریزش آب موتور شناورها	۰/۲۳۸	۰/۴۳۸	۰/۶۲۳
نشست و تخلیه مواد نفتی و روغنی به آب دریا، در اثر: آتش‌سوزی سیستم‌ها و تجهیزات سوخت‌رسانی موتورهای دیزل ژنراتورها	۰/۳۶۲	۰/۵۶۲	۰/۷۴۶
نشست و تخلیه مواد نفتی و روغنی به آب دریا، آتش‌سوزی سیستم‌ها و تجهیزات سوخت‌رسانی و الکتریکی شناورها	۰/۲۱۵	۰/۴۰۸	۰/۵۹۲
نشست و تخلیه مواد نفتی و روغنی به آب دریا، آتش‌سوزی سیستم‌ها و تجهیزات سوخت‌رسانی بویلرها	۰/۲۱۵	۰/۴۰۸	۰/۵۹۲
نشست و تخلیه مواد نفتی و روغنی به آب دریا، به‌علت واژگونی جک آپ (در اثر طوفان و زلزله)	۰,۲۳۸	۰,۴۳۸	۰,۶۲۳



شکل ۵. اهمیت زیستگاه‌های موجود در منطقه پارس جنوبی

پس از محاسبه ریسک‌های حاصله، ارزش ریسک‌های محاسبه شده، تفسیر شد و در سه طبقه ریسک‌های ناچیز، ریسک‌های قابل تحمل و ریسک‌های غیرقابل پذیرش قرار داده شد. تعاریف و محدوده هر یک از ریسک‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است. بازه عددی محاسبه شده در این جدول، بر اساس محاسبات عددی، تک تک ریسک‌های موجود است. یعنی در هر مرحله میانگین عدد ریسک نهایی (RPN) به‌عنوان حد اطمینان یا شاخص ریسک تعیین شده است. سپس، با استفاده از انحراف معیار، پخش‌شدگی مقدار (RPN) حول مقدار میانگین (η) محاسبه شد و عدد $X+\delta$ حد بالای ریسک و عدد $X-\delta$ به‌عنوان حد پایین ریسک محاسبه شد. در نهایت کلیه ریسک‌ها در سه طبقه، طبقه بندی شد.

میزان عددی ریسک‌های ناچیز یا ریسک سطح ۱، بین 10^{-4} تا 10^{-3} است. برای ریسک‌های محاسبه شده در این سطح، اقدامات مدیریتی خاصی در نظر گرفته نشده است.

در این مطالعه، منابع زیست‌محیطی موجود در محیط شناسایی و اولویت‌بندی شد. سپس آسیب‌های هر منبع در محل وقوع شناسایی شد و بر حسب میزان حساسیت آسیب‌پذیری، اولویت بندی گردید. نهایتاً آسیب وارده به هر یک از منابع موجود، با توجه به اولویت (وزن) هر منبع تعیین گردید (Moharramnejad et al., 2010).

در مرحله بعد، متغیرهای مورد استفاده در ارزیابی شدت پیامد، شناسایی شده و از آنجا که مدل ارائه شده بر اساس منطق فازی طراحی شده است، لازم است که قوانین فازی با توجه به متغیرهای ذکر شده مورد استفاده قرار گیرد. برخی از پارامترهای ارزیابی شدت پیامد در جدول ۳ نشان داده شده است. سپس شدت پیامدهای محاسبه شده از هر یک از منابع زیست-محیطی، در رابطه (۲) جایگزین شده و فاکتور اهمیت زیست-محیطی مربوط به هر یک از منابع، از حاصل ضرب پارامترهای موجود بدست آمد.

ریسک غیر قابل تحمل، اقدامات مدیریتی گسترده و در مواردی حذف برخی فعالیت‌ها لازم است. میزان عددی این دسته، در محدوده $2/1 \times 10^{-1}$ تا $6/4 \times 10^{-4}$ است.

ریسک‌های قابل تحمل یا ریسک‌های سطح ۲، میزان عددی آن $6/4 \times 10^{-4}$ تا $3/1 \times 10^{-4}$ است. در این محدوده اقدامات مدیریتی محدودی مورد نیاز است. درباره ریسک‌های سطح بالا یا محدوده

جدول ۳. برخی از پارامترهای محاسبه شده برای ارزیابی پیامدهای (پایگاه داده شدت)

اثر حجم آلودگی A (یکی از چهار حالت انتخاب گردد)				اثر نوع آلودگی B (یکی از چهار حالت انتخاب گردد)				اثر باد C	اثر دما D (یکی از سه حالت انتخاب گردد)			اثر موج E (یکی از دو حالت انتخاب گردد)		شدت	علامت اختصاری ستارو
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	D1	D2	D3	E1	E2		
در سطح کارگاه	در سطح پروژه	در محدوده پارس جنوبی	در سطح خارج فارس	پساب و زایلیات انسانی	مواد نفتی و روغن سوخته	سیمان و گل حفاری	ترکیبی از آلودگی‌ها	جهت وزش باد شمال و شمال غرب	بین صفر تا 18 درجه سانتیگراد	بین 18 تا 40 درجه سانتیگراد	پیشتر از 40 درجه سانتیگراد	ارتفاع موج بین 0.5-1 m	ارتفاع موج بین 5 تا 10 متر و جهت شمال غرب		
*				*				*	*			*		A1B1C1D1E1	*
*					*			*	*			*		A1B2C1D1E1	*
*						*		*	*			*		A1B3C1D1E1	*
*							*	*	*			*		A1B4C1D1E1	*

$$\text{رابطه (۲)} \quad \sum P C_i S_i \quad i=1 \text{ to } n = \text{خطر زیست محیطی نشئت نفت}$$

P: احتمال وقوع رخدادها

C: شدت پیامدهای حاصل

S: اهمیت منابع زیست‌محیطی

n: تعداد منابع زیست‌محیطی آلاینده

جدول ۴. تفسیر مجموع ریسک‌ها

سطح ریسک	توضیحات	بازه عددی
۱	ریسک ناچیز: اقدامات مدیریتی خاصی مورد نیاز نیست	$3/1 \times 10^{-4}$ تا 1×10^{-4}
۲	ریسک قابل قبول - اقدامات مدیریتی محدودی مورد نیاز است	$6/4 \times 10^{-4}$ تا $3/1 \times 10^{-4}$
۳	ریسک غیر قابل قبول - اقدامات مدیریتی گسترده‌ای نیازمند است	$2/1 \times 10^{-1}$ تا $6/4 \times 10^{-4}$

۳. نتایج

مدل ارائه شده در این پژوهش، مربوط به منطقه پارس جنوبی است که شامل تعداد زیادی سکوه‌های نفتی و دکل حفاری مستقر در منطقه است. به منظور محاسبه احتمال وقوع، ابتدا پرسشنامه‌هایی تهیه شد که توسط خبرگان صنعت حفاری در دو مرحله (حمل و حفاری) تکمیل شد و در نهایت نتایج کیفی با استفاده از فرمول‌های ریاضیات آماری، به اعداد کمی تبدیل شد. سپس، به منظور محاسبه شدت پیامد و تعیین منابع زیست-محیطی مهم، سطوح اهمیت منابع تعیین شد (جدول ۵). سپس، اثرات، حجم آلودگی، نوع آلودگی، باد و دما بر هر یک از منابع زیست‌محیطی محاسبه شد (جدول ۶). بخشی از نتایج نهایی در جدول ۷ آورده شده است. لازم به ذکر است که به دلیل حجم بسیار بالای اعداد، امکان ارائه کل محاسبات مقدور نبوده اما روش کلی محاسبات در جدول ۷ ارائه شده است. در نهایت، عدد ریسک زیست‌محیطی نهایی به صورت تئوری، از مجموعه ریسک‌های محاسبه شده، به دست آمد. چنانچه در جدول ۷ نشان داده شده است، عدد ریسک نهایی در مرحله حمل و حفاری به ترتیب برابر با $4/5 \times 10^{-4}$ و $6/6 \times 10^{-4}$ محاسبه شد؛ که در محدوده «خطر قابل تحمل» برای فاز حمل است و نیازمند اقدامات مدیریتی محدود است. اما عدد به دست آمده

برای مرحله عملیات حفاری در محدوده، «خطر غیر قابل قبول» است و نیازمند به‌کارگیری اقدامات مدیریتی گسترده در این زمینه است. به منظور صحت‌سنجی محاسبات تئوری، اقدام به بررسی نتایج حوادث واقعی در چهارسال گذشته شده است. نتایج آمار و حوادث واقعی در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۹۰ (مربوط به یک شرکت مالک جک آپ) در جدول ۸ آورده شده است. پس از بررسی دقیق و آنالیز حوادث ذکر شده در جدول ۸ که به دلیل محرمانه بودن پروژه ملی از ذکر جزئیات اطلاعات آن خودداری شده است) و مدل کردن نتایج کیفی به صورت کمی، مجموعه جبری عدد ریسک محاسبه شده است. مقایسه نتایج حاصل از مقادیر واقعی و مقادیر تئوری ریسک، حاکی از اختلاف بسیار ناچیزی بین ریسک‌های واقعی و تئوری است. عمده ترین دلیل این موضوع، مربوط به طراحی مدل بر اساس نظر خبرگان صنایع فراساحل است. همچنین، از این تحقیق نتایج بسیار مهم دیگری نیز به دست می‌آید که مورد نخست مربوط به بیشتر بودن عدد ریسک عملیات حفاری نسبت به مرحله حمل است. مورد دیگر مربوط به حساسیت زیستگاه‌های منطقه مطالعاتی است که در بحث به آن خواهیم پرداخت.

جدول ۵. سطوح اهمیت منابع زیست محیطی در منطقه مورد مطالعه

منابع زیست محیطی	درجه اهمیت				
	بسیار کم	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
مناطق رشد مرجانها					۰/۴۲۷
جنگلهای مانگرو				۰/۰۲۶۰	
بستر علفهای دریایی (علفزار های دریایی)		۰/۰۵۹			
منطقه حفاظت شده					۰/۰۹۶
پهنه دریا			۰/۱۵۸		

جدول ۶. فاکتورهای استفاده شده برای تعیین شدت پیامد

منابع زیست محیطی	حجم آلودگی				اثر نوع آلودگی				اثر باد			اثر موج			شدت				
	A				B				C			D			E				
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	D1	D2	D3	E1	E2	بسیار کم	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
مناطق رشد مرجانها	*				*				*	*			*					*	
جنگلهای مانگرو	*					*			*	*			*				*		
بستر علفهای دریایی	*						*		*	*			*						*
منطقه حفاظت شده	*							*	*	*			*						*

جدول ۷. بخشی از نتایج نهایی محاسبات

منابع زیست محیطی	اهمیت منابع	شدت (S)		احتمال وقوع	
		فاز حمل	فاز بهره برداری	فاز حمل	فاز بهره برداری
مناطق رشد مرجانها	۰/۴۲۷	۰/۱۵۴۵	۰/۶۸۴۸	۰/۴۳۳	۰/۷۱۲
جنگل های مانگرو	۰/۰۲۶۰	۰/۲۶۲	۰/۵۲۶	۰/۵۵۶	۰/۲۵۶
بستر علفهای دریایی	۰/۰۵۹	۰/۱۲۵	۰/۵۸۲	۰/۴۰۵	۰/۵۲۶
منطقه حفاظت شده	۰/۰۹۶	۰/۵۶۳	۰/۶۵۳	۰/۴۰۵	۰/۲۵۶
پهنه دریا	۰/۱۵۸	۰/۲۵۳	۰/۶۲۵	۰/۴۳۳	۰/۲۶
مناطق رشد مرجانها	X	X	X	X	X
جنگل های مانگرو	X	X	X	X	X
عدد ریسک زیست محیطی نهایی		$RPN = \sum RPN(\text{حمل}) = ۴/۵ \times ۱۰^{-۴}$ $RPN = \sum RPN(\text{حفاری}) = ۶/۶ \times ۱۰^{-۴}$			

جدول ۸. فهرستی از حوادث به وقوع پیوسته در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۹۰ تا در منطقه مورد مطالعه

ردیف	نام مرحله	علت حادثه/ آلودگی	نوع آلودگی	حجم آلودگی	محل حادثه	علت ریشه ای
۱	حمل	برخورد با جکت در اثر خرابی بدک کش	نشت	متوسط	پارس جنوبی	نداشتن سرویس ماهیانه
۲	حمل	نشت و تخلیه به آب دریا	نشت جزئی	کم	پارس جنوبی	فرسودگی سیستم سوخت رسانی
۳	حفاری	نشت گل حفاری	نشت جزئی	کم	پارس جنوبی	خرابی سیستم casing
۴	حفاری	نشت جزئی گل حفاری در هنگام حفاری	نشت جزئی	کم	پارس جنوبی	بی احتیاطی اپراتور حفاری
۵	حفاری	برخورد یک دستگاه جک اپ با جکت	نشت جزئی	زیاد	پارس جنوبی	خرابی آب هوا
۶	حفاری	نشت و تخلیه روغن به آب دریا	نشت جزئی	متوسط	پارس جنوبی	برخورد شناوران

۴. بحث و نتیجه گیری

آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از عملیات حفاری در دریا، همواره به‌عنوان یکی از عوامل ایجاد تاثیرات نامطلوب بر اکوسیستم‌های دریایی مطرح بوده‌است. به‌دلیل محدودیت در اندازه‌گیری‌های مستقیم ریسک‌های زیست‌محیطی دریایی، در بسیاری از نقاط دنیا به طراحی مدل‌های ریاضی که اغلب بر اساس توسعه پایگاه داده‌ها طراحی می‌شوند، اقدام شده است. اما با توجه به این واقعیت که در بسیاری از مناطق دنیا، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، جمع‌آوری و تهیه اطلاعات مربوطه به‌راحتی امکان‌پذیر نیست، گاهی مدل‌سازی با مشکلات زیادی مواجه شده و اختلاف معنی‌داری با شرایط واقعی پیدا می‌کند. در این پژوهش نیز به‌منظور مدل‌سازی شرایط، ابتدا پایگاه گسترده داده‌ها با به‌کارگیری نظر خبرگان طراحی شد. بنابراین، استفاده از مدل ریاضی ارائه شده در این مقاله می‌تواند به‌طور سریع و دقیق، ریسک‌های زیست‌محیطی عملیات حمل و حفاری جک آپ را برای کاربران شناسایی و ارزیابی نماید. به‌منظور صحت‌سنجی نتایج، ابتدا حوادث ثبت شده در بازه زمانی سال-های ۱۳۹۴-۱۳۹۰ تجزیه و تحلیل شده است. یعنی هریک از حوادث با توجه به احتمال وقوع، شدت و اهمیت ذکر شده در گزارشات تشریحی حوادث، وارد مدل شده و محاسبات مجدداً برای آن‌ها تکرار گردید. در این راستا، دو حادثه ثبت شده در مرحله حمل و چهار حادثه ثبت شده در عملیات حفاری از سال

۱۳۹۴-۱۳۹۰ بررسی شد و نتایج عددی حاصل از محاسبه جمع جبری ریسک نهایی در مرحله حمل، 4×10^{-4} و در مرحله حفاری، $5/6 \times 10^{-4}$ به‌دست آمد. مقایسه این نتایج با میزان عدد ریسک نهایی در حالت تئوری، در مرحله حمل سکوی جک آپ (4×10^{-4}) و در مرحله عملیات حفاری ($6/6 \times 10^{-4}$) انجام شده است. براساس نتایج به‌دست آمده و مقایسه نتایج تئوری با نتایج حوادث واقعی می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود؛ که محاسبات تئوری و نتایج به‌وقوع پیوسته بسیار به‌هم نزدیک است که این مورد حاکی از صحت محاسبات تئوری است. همچنین، جمع جبری عدد ریسک چه در مرحله محاسبات تئوری و چه در مطالعه حوادث واقعی، نشان‌دهنده بیشتر بودن عدد ریسک در عملیات حفاری است که لزوم به‌کارگیری اقدامات مدیریتی و توجه بیشتر مدیران و مسئولین در عملیات حفاری‌های دریایی را به‌خوبی نمایان می‌سازد. از سوی دیگر با توجه به اهمیت زیستگاه‌های شناسایی شده و مخصوصاً مناطق رشد مرجان‌ها، با اهمیت ۰/۴۲۷ که از حساسیت بسیار زیادی به‌ویژه در طی عملیات دریایی برخوردارند، لزوم توجه ویژه به این مناطق می‌بایست در اولویت بیشتر قرار گیرد. علاوه بر این، توجه خاص به مقررات بین‌المللی و استانداردهای دریایی مانند قوانین مارپل و کنوانسیون کویت، می‌تواند نقش مهمی در حل مشکلات زیست‌محیطی منطقه پارس جنوبی داشته باشد.

References:

- Danehkar, A., Verasati, R., Fahimi, F. 2014. Zoning and determination of importance degree of the Hormozgan province coasts. Hormozgan Environmental Protection Group, Hormozgan University. P. 42.
- Parhizhi, A. 2007. The first step to protect the environment in the Persian Gulf and the Sea of Oman. The establishment of special marine areas. *Sea Message*. 16(163): 28-29.
- Momeni, M. 1999. New topics in operations research, Tehran University Publications. pp. 25-32.
- Majnounian, H. 2000. Protected areas of Iran (fundamentals and protection measures of parks and areas). Publications of Environmental Protection Organization. P. 742.
- Chen, S. J. and Hwang, C. L. 1992. Fuzzy multiple attribute decision-making, Methods and Applications Verlag Berlin, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. e-book, 375.
- Ellinas, C. P., Kwok, R. and Williams, K. A. 1989. Collision damage of jack-ups. *Marine structures*, 2(3-5):265-279.
- HSE Case Guidelines for Mobile Offshore Drilling Units. 2014. International Association of Drilling Contractors:USA.3:5-12
- Hunt, R. J. and Marsh, P. D., 2004. Opportunities to improve the operational and technical management of jack-up deployments. *Marine Structures*. 17(3-4): 261-273.
- Jiang, W., Qu, F. and Zhang, L., 2012. Quantitative identification and analysis on hazard sources of roof fall accident in coal mine. *Procedia Engineering*. 45: 83-88.
- Jozi, S. A., Saffarian, S. and Shafiee, M., 2012. Environmental Risk Assessment of a Gas Power Plant Exploitation Unit Using Integrated TOP-EFMEA Method. *Polish Journal of Environmental Studies*. 21(1): 95-105.
- Kebriayi, A. 2005. Studies of Integrated Coastal Zone Management. Available: <http://www.shilat.com/persian/page-view.asp>. P:20.
- Kang, J., Liang, W., Zhang, L., Lu, Z., Liu, D., Yin, W. and Zhang, G., 2014. A new risk evaluation method for oil storage tank zones based on the theory of two types of hazards. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 29: 267-276.
- Liu, Y., Fan, Z. P., Yuan, Y. and Li, H., 2014. A FTA-based method for risk decision-making in emergency response. *Computers & Operations Research*. 42: 49-57.
- Moharramnejad, N., Roayaii, E., Lotfi, F. H., Javid, A. H. and Razavian, F. 2010. Developing an expert system and fuzzy-based model for the oil spill environmental risk assessment. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 8(2): 919-923.
- Gharahasanlou, A. N., Mokhtarei, A., Khodayarei, A. and Ataei, M. 2014. Fault tree analysis of failure cause of crushing plant and mixing bed hall at Khoy cement factory in Iran. *Case studies in engineering failure analysis*. 2(1): 33-38.
- Ports and Maritime Organization (PMO), 2009. Studies of Integrated Coastal Zone Management Plan. Summary of Outcome Studies. Department of Engineering of Port and Coastal, P: 217.
- Smith, R. A., Slack, J. R., Wyant, T. and Lanfear, K. J. 1982. The Oilspill Risk Analysis Model of the US Geological Survey. Geological Survey Professional Paper 1227. US Geological Survey, Reston, VA, USA, 36.
- Vandokum, k. 2007. Ship knowledge a modern Encyclopedia e-book – Dokmar, P: 27.
- Zhang, P., Yu, X. and Ding, H. 2011. Spudcan bearing capacity calculation of the offshore jack-up drilling platform during the preloading process. *Petroleum Exploration and Development*. 38(5): 613-619.
- Karman, C. C. and Reerink, H. G. 1998. Dynamic assessment of the ecological risk of the discharge of produced water from oil and gas producing platforms. *Journal of Hazardous Materials*. 61(1-3): 43-51.



Available Online: <http://jmst.kmsu.ac.ir>

Original Article



The Study of Environmental Sensitivity of Ecosystems in The South Pars Region and The Role of Jack-Up Drilling Rig, in Destruction of Habitat

Maryam Safy ^{1*}, Naser Moharamnejad ¹, Afshin Danehkar ², Seyed Ali Jozi ³

1. Department of environmental Management, Faculty of the Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

* Corresponding Author E-mail: maryamsafy@yahoo.com

Received: 13 February 2015

Accepted: 30 August 2016

DOI: 10.22113/JMST.2016.32079

Abstract

Coastal areas due to geographic location, biodiversity and dependent ecosystems are sensitive and delicate areas. In this study, the sensitivity of the coastal ecosystems of the South Pars region has been determined, and the results have been evaluated by using Expert Choice software. Since, the south Pars region is constantly exposed to the drilling and extraction of the oil and gas wells, the Jack-up drilling platform is identified as one of the pollutant factors in the region and its effects as a pollutant factor on the Different ecosystems have been analyzed. In order to assess risk through the basic definitions of risk assessment, as well as application of mathematical techniques, the probability, the severity of consequences, and the importance of habitat have been identified and calculated. In this study Fuzzy concepts are used for quantifying the qualitative parameters. In order to validate the results, the calculated mathematical model was compared with the actual values. The results of environmental events over a period of four years indicated the importance of considering environmental risks in drilling operation by jack-up, which is needed for management and protection of sensitive ecosystems in the region.

Keywords: Environmental risk assessment, Jack-up drilling rig, hazard identification, mathematical model, Fuzzy concepts.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

