مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۲۰، آبان ۱۴۰۰، ۹۲۰-۹۰۵

بررسی آلودگی‌های محیط زیستی سکوهای گازی دریایی میدان پارس جنوبی با روش-های تحلیل مؤلفه‌های اصلی و مدل شبکه‌های بیزین در سال ۱۳۹۹: یک مطالعه توصیفی

رضا محمدزاده[۱]، مهناز میرزا ابراهیم طهرانی[۲]، سید علی جوزی[۳]، رکسانا موگویی[۴]

دریافت مقاله: ۹۹/۱۲/۱۷ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۱۴۰۰/۰۲/۲۸ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۱۴۰۰/۰۵/۳۰ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۳۱

چکیده

زمینه و هدف: در سطح جهانی افزایش تقاضای انرژی، انسان را به دنبال استخراج نفت و گاز حتی در اعماق دریاها سوق داده است. این مهم در خلیج فارس نیز جاری است و آلودگی‌های زیست محیطی زیادی را به وجود آورده‌اند. هدف از انجام این پژوهش تعیین آلودگی‌های محیط زیستی سکوهای گازی دریایی با روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و مدل شبکه‌های بیزین است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش توصیفی در سال ۱۳۹۹ بر روی سکوهای گازی دریایی میدان پارس جنوبی انجام شد. داده‌های مورد نیاز از طریق مصاحبه با خبرگان و کارشناسان جمع‌آوری گردید. سپس با استفاده از آنالیز اجزای اصلی عواملی که اثرات کم‌تری دارند، حذف و سایر عوامل در شبکه‌های بیزین مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: براساس نتایج شبکه بیزین برای آلودگی کلی سکو احتمال سطح متوسط ۰/۹۵ درصد، احتمال سطح بالا ۸/۱۱ درصد، احتمال سطح بسیار بالا ۱۸/۵ درصد و احتمال سطح بحرانی ۷۲/۵ درصد محاسبه شد. نتایج بخش تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد بیش‌ترین واریانس مربوط به مؤلفه اصلی اول و مقدار آن تقریباً ۴۰ درصد و هم‌چنین بیش‌ترین مقدار ویژه نیز مربوط به این مؤلفه با مقدار ۱/۹۰۹ می‌باشد.

نتیجه‌گیری: تأثیر فعالیت سکوهای گازی در دو بخش آلودگی آب و آسیب به تنوع زیستی دارای بیش‌ترین تأثیر می‌باشد که از بین دو عامل با سطح آلودگی بسیار بالا، تأثیر سکوی گازی بر تنوع زیستی و گونه‌های زنده از بقیه موارد بارزتر می‌باشد. هم‌چنین ترکیب دو روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و شبکه‌های بیزین جهت مدیریت داده‌ها در زمینه مدیریت محیط زیست سکو مثمر ثمر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، سکوی گازی، مؤلفه اصلی، شبکه بیزین

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، ایران
۲- (نویسنده مسئول) استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، ایران
تلفن: ۸۸۰۸۰۷۷۸-۰۲۱، دورنگار: ۸۸۰۸۰۷۷۸-۰۲۱، پست الکترونیکی: HSE1400@gmail.com
۳- استاد، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، ایران
۴- دانشیار، گروه برنامه ریزی، آموزش و مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

مقدمه

کاهش روز افزون منابع انرژی در جهان لزوم توجه به مدیریت زیست محیطی مصرف انرژی را افزایش می‌دهد [۱]. افزایش تقاضای انرژی انسان را به دنبال حفاری و استخراج نفت و گاز حتی در اعماق دریاها و اقیانوس‌ها سوق داده است. در طول پنجاه سال گذشته، بهره‌برداری از منابع تجدیدناپذیر برای پاسخ‌گویی به تقاضای جهانی برای انرژی، به شدت افزایش یافته و به موازات این افزایش استخراج، آلودگی‌های محیط زیستی ناشی از فعالیت‌های سکوهای دریایی نیز بالا رفته است [۲]. مواد نفتی از منابع مختلفی وارد آب می‌گردد و بیش‌ترین منابع آلودگی مربوط به چاه‌ها، دکل‌ها و سکوهای فراساحلی می‌باشد [۳]. امروزه این عوامل آلوده کننده به یک نگرانی اساسی تبدیل شده‌اند و قوانین محکمی از طریق کنترل محیط زیستی اعمال می‌گردد. این عوامل باید اولویت‌بندی شوند، به طوری که اولویت‌بندی بر اساس داده‌ها منجر به تشکیل یک مدل برای مدیریت آلودگی‌های محیط زیستی سکوهای گازی شود که در نهایت منجر به استخراج پایدار از سکو می‌گردد [۴].

برای تعیین عواملی که بیش‌ترین تأثیر در ایجاد آلودگی توسط سکوهای نفتی را دارند از روش تحلیل مؤلفه اصلی (Principal Component Analysis) استفاده می‌شود. در این روش متغیرهای موجود در یک فضای چند حالته همبسته به یک مجموعه از مؤلفه‌های غیرهمبسته خلاصه می‌شوند که هر یک از آن‌ها ترکیب خطی از متغیرهای اصلی می‌باشند. مؤلفه‌های غیر همبسته به دست آمده، مؤلفه‌های اساسی نامیده می‌شوند که از بردارهای ویژه ماتریس کوواریانس با ماتریس همبستگی متغیرهای اصلی به دست می‌آیند. به طور کلی کاربرد عمده روش تحلیل اجزای اساسی عبارت از کاهش تعداد متغیرها و یافتن ساختار ارتباطی بین متغیرها که در حقیقت همان دسته بندی متغیرها است، می‌باشد [۵].

شبکه‌های بیزین سیستمی بر اساس نظریه احتمالات است که توسط توماس بیز (Thomas Bayes) ابداع شده است [۶] که در واقع یک نوع خاص از مدل‌های گرافیکی هستند که نماینده ساختار وابستگی بین چندین متغیر اثرگذار بر هم می باشند. به طور کلی شبکه‌های بیزین برای حالاتی مفیدند که وضعیت فعلی سیستم به وضعیت قبلی آن بستگی دارد. بنابراین می‌توان از شبکه‌های احتمالاتی برای تصمیم‌گیری و استدلال در شرایط عدم قطعیت استفاده کرد. با استفاده از این شبکه‌ها می‌توان احتمالات پسین متغیرهای خروجی را با استفاده از مقادیر مشاهداتی متغیرهای ورودی محاسبه نمود [۷]. از این روش مشهور می‌توان جهت مدل‌سازی در حوزه هایی مانند مدیریت محیط زیست که دارای عدم قطعیت-های فراوانی است، بهره‌گیری نمود [۹-۸].

Elbisy به بررسی مدیریت محیط زیستی یک سکوی گازی به همراه خطوطه لوله انتقال آن در دریای مدیترانه پرداخت و جنبه‌های محیط زیستی و آلودگی‌های ناشی از آن را ارزیابی کرد و همچنین اشاره نمود که استخراج نفت و گاز و عملیات تولید بسته به سطح فرآیند، ذات و حساسیت محیط اطراف و تکنولوژی تولید، پتانسیل‌های زیادی برای اثر گذاری بر محیط دارند [۱۰]. Ellis و همکاران به بررسی چهارچوب‌های مدیریت محیط زیستی استخراج فراساحلی برای نیوزلند پرداختند. در این پژوهش، اطلاعات کلیدی از

پژوهش‌های بین المللی بررسی شدند که می‌توانند سیستم مدیریت محیط زیست را پی‌ریزی کنند [۱۱]. Beyer و همکاران در بررسی اثرات محیط زیستی تخلیه آب‌های ساحلی تولید شده ناشی از فعالیت استخراج نفت و گاز ساحلی توسط سکوهای گازی بیان کردند که این فعالیت‌ها سبب آلودگی آب می‌شوند. این آب‌های تخلیه شده عمدتاً شامل ترکیبات نفت خام پراکنده، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای، آلکیل‌ها و غیره می‌باشد [۱۲].

از این‌رو، هدف از انجام این پژوهش شناسایی عوامل ایجاد کننده آلودگی در سکوهای گازی دریایی میدان پارس جنوبی با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی و شبکه بیزین می‌باشد. به این منظور با استفاده از شبکه بیزین که ابزاری قوی و کارآمد در مدیریت مسائل محیط زیستی و مسائل دارای عدم قطعیت است، عواملی که بیش‌ترین یا کم‌ترین اثر بر محیط را دارند، شناسایی گردیدند.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع توصیفی می‌باشد که در سال ۱۳۹۹ بر روی سکوهای گازی دریایی میدان پارس جنوبی انجام شد. میدان گازی پارس جنوبی (گنبد شمالی در بخش قطری) بزرگ‌ترین منبع گازی جهان است که بر روی خط مرزی مشترک ایران و قطر در آب‌های خلیج فارس قرار گرفته است و بخش ایرانی آن از اصلی‌ترین منابع انرژی کشور به شمار می‌رود. ذخایر گاز این میدان عظیم حدود ۸ درصد کل ذخایر گاز جهان و بخش ایرانی آن نزدیک به نیمی از ذخایر گاز کشور را شامل می گردد. مساحت این میدان ۹۷۰۰ کیلومتر مربع است که سهم متعلق به ایران ۳۷۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. ذخیره گاز این بخش از میدان در حدود ۱۴ تریلیون متر مکعب گاز به همراه ۱۸ میلیارد بشکه میعانات گازی تخمین زده می‌شود [۱۳].

به منظور گردآوری داده‌ها از طریق پرسش‌نامه و اخذ نظر از کارشناسان و خبرگان با تخصص HSE (Health and Safety Executive) و بهره‌برداری و متخصصان در زمینه محیط زیست، عواملی که درای اهمیت بیش‌تر بودند، مشخص و شناسایی شدند. برای تهیه داده‌ها از نظر ۱۲ کارشناس نظر سنجی شد که ۲ نفر از کارشناسان به علت درج داده‌های پرت، حذف گردیدند و از نتایج ۱۰ نفر خبره استفاده گردید.

پس از انتخاب عوامل مهم (۳۲ عامل مهم شناسایی گردید)، مقدار (ابعاد و دامنه)، شدت، احتمال وقوع (جداول ۱ تا ۳) برای این عوامل به صورت پرسش‌نامه نظرسنجی گردید.

جدول ۱- طیف شدت اثر خطرات عوامل آلوده کننده محیط زیست [۱۴]

اثر	درجه أاثیر	تعریف/مصادیق شدت اثر
بدون اثر	۱	هیچ‌گونه خطر و تأثیر زیست محیطی منفی رخ نمی‌دهد.
ناچیز	۲	خطر برای کارکنان و محیط زیست محسوس نیست.
جزئی	۳	خطر برای کارکنان و محیط زیست دردسر ایجاد می‌کند.
کم	۴	خطرات اتفاق افتاده باعث ناراحتی کارکنان و عناصر محیط زیست می‌شود/تأثیر محسوس.
متوسط	۵	تأثیر خطر در محیط زیست سبب مراجعه ضابطین بهداشتی و توقف کوتاه مدت کار می‌شود.
زیاد	۶	خطر باعث بروز خسارت و آلودگی قابل توجه اما جبران‌ناپذیر به محیط زیست می‌شود.
خیلی زیاد	۷	خطر اتفاق افتاده در محیط زیست به صورتی است که نیاز به پاکسازی و تصفیه و غیره دارد.
جدی	۸	خطر اتفاق افتاده در محیط زیست، باعث از بین رفتن بخشی از عناصر محیط زیست یا آلودگی آن می‌شود.
بحرانی	۹	خطر در محیط زیست به صورتی است که باعث از بین رفتن منابع وسیعی از محیط زیست می‌شود یا آلودگی وسیع به جا می‌گذارد.
فاجعه بار	۱۰	خطر در محیط زیست به صورتی است که منابع طبیعی، محیط زیست جانوری، گیاهی و انسانی خارجی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد.

جدول ۲- طیف احتمال وقوع خطرات محیط زیستی مقیاس لگاریتمی [۱۵]

احتمال وقوع	۱/۰	۲/۰	۳/۰	۴/۰	۵/۰	۶/۰	۷/۰	۸/۰	۹/۰	۱
تفسیر	کم‌تر از یک مورد در سال	حداکثر سالیانه یک اتفاق	حداکثر سالیانه ۳ اتفاق	حداکثر سالیانه ۶ اتفاق	حداکثر سالیانه ۱۲ اتفاق	حداکثر ماهیانه ۳ اتفاق	حداکثر هفتگی یک اتفاق	حداکثر هر ۳ روز یک اتفاق	حداکثر روزانه یک اتفاق	دائمی

جدول ۳- ابعاد و دامنه (مقدار) خطر عوامل آلوده کننده محیط زیست

تفسیر	ابعاد
خیلی کم	۲-۱
کم	۴-۳
متوسط	۶-۵
زیاد	۸-۷
خیلی زیاد	۱۰-۹

تحلیل مؤلفه‌های اساسی از طریق کد نویسی در نرم‌افزار MATLAB نسخه ۹/۱ بر اساس اطلاعات ارائه شده صورت گرفت. در این تحلیل مقدار، شدت و احتمال وقوع آلودگی متغیرهای مسئله بودند. با توجه به این‌که از داده‌های سه متغیر(مقدار، شدت و احتمال وقوع آلودگی) استفاده شد، لذا بعد از تحلیل مؤلفه‌های اساسی، سه مؤلفه اصلی به دست آمد و بردارهای ویژه برای تشکیل هر مؤلفه ارائه گردید. در ادامه روند کار، مؤلفه‌ای که دارای بیش‌ترین واریانس و بردار ویژه بود، به عنوان مؤلفه اصلی اول انتخاب گردید.

برای تعیین عواملی که بیش‌ترین تأثیر را داشتنند از مؤلفه اصلی اول ($Principal\ Component_1$) استفاده گردید و عواملی که دارای مقدار عددی مؤلفه اصلی اول کم‌تر از ۵ بودند، حذف و از سایر عوامل در تحلیل بیزین استفاده گردید [۱۶].

مدل‌سازی شبکه بیزین با استفاده از نرم‌افزار Netica نسخه ۵/۱۸ انجام شد و آلودگی سکوهای گازی فراساحلی به

سه دسته آلودگی هوا، آلودگی آب و آسیب به تنوع زیستی محیط آبی تقسیم‌بندی شدند. در شبکه بیزین ورودی‌های گره‌های مربوط به آلودگی هوا، آلودگی آب و آسیب به تنوع زیستی تعیین گردیدند. برای هر یک از این گره‌ها سه حالت متوسط، بالا و بسیار بالا در نظر گرفته شده است. سپس احتمالات شرطی این گره‌ها بر اساس نظرات کارشناسان و خبرگان تهیه و مدل‌سازی شبکه بیزین انجام شد. برای هر یک از آلودگی‌های آب، هوا و هم‌چنین آسیب به تنوع زیستی شبکه بیزین و جداول احتمالات شرطی به صورت جداگانه تشکیل و چهار سطح متوسط، بالا، بسیار بالا و بحرانی بررسی گردیدند و در ادامه روند کار پیشنهادات مدیریتی ارائه گردید [۱۷].

نتایج

کارشناسان مختلف، عوامل متعدد ایجاد کننده آلودگی توسط سکوهای گازی را پیشنهاد دادند که از بین این عوامل، ۳۲ عامل که بین کارشناسان مشترک بوده، برای بررسی انتخاب شدند که به شرح جدول ذیل می‌باشد:

جدول ٤- مهم‌ترین عوامل ایجاد کننده آلودگی سکوهای گازی میدان پارس جنوبی در سال ۱۳۹۹

ردیف	عامل	جنبه محیط زیستی	پیامد	ردیف	عامل	جنبه محیط زیستی	پیامد
۱	**فعالیت و احتراق پمپ‌های آب و فایر پمپ‌ها (پمپ آتش نشانی)**	تولید SO_x، NO_x، CO_2، CO به واسطه احتراق	آلودگی هوا	۱۷	آلودگی فعالیت جرثقیل‌ها بر روی سکو	ایجاد نویز	آلودگی صوتی
۲	**احتراق ژنراتورهای مولد برق**	آلودگی ذرات معلق به علت بدسوزی احتمالی در ژنراتور	آلودگی هوا	۱۸	فعالیت هلیکوپترها بر روی سکو	ایجاد نویز	آلودگی صوتی
۳	**فلرینگ یا مشعل سوزی با فشار زیاد**	آلودگی ذرات معلق به علت بدسوزی احتمالی در ژنراتور	آلودگی هوا	۱۹	کنترل فشار سرچاهی توسط سری ولوها	نشت مایعات و آلودگی بستر دریا	آلودگی آب
۴	**فلرینگ یا مشعل سوزی با فشار کم**	انتشار SO_x، NO_x، CO و ذرات معلق به واسطه احتراق	آلودگی هوا	۲۰	عملیات انتقال میعانات به واحد تست چاه	نشت میعانات و آلودگی دریایی	آلودگی آب
۵	**روشن کردن چراغ در منطقه بی نور**	آلودگی نوری در هنگام برداشت از منبع	آلودگی نوری (آب)	۲۱	فرآیند ایجاد نیروی گرانشی جهت جدا کردن کاندنسیت از آب	نشت کاندنسیت	آلودگی آب
۶	**فرسودگی، خوردگی و خرابی در خط سی لاین (خط لوله دریایی)**	نشت گاز و میعانات به دلیل خوردگی	تغییر در تنوع زیستی	۲۲	خرابی تجهیز و دفع یک‌باره ترکیبات	دفع آب همراه و پسآب‌های صنعتی	آلودگی آب
۷	**فعالیت توربین‌های گازی**	ایجاد نویز در محیط‌های آبی	آلودگی صوتی	۲۳	برداشت آب و میعانات گازی از عمق و رهاسازی آب همراه در سطح دریا	برداشت آب و میعانات گازی از عمق و رهاسازی آب همراه در سطح دریا	آلودگی آب

ردیف	عامل	جنبه محیط زیستی	پیامد	ردیف	عامل	جنبه محیط زیستی	پیامد
۸	**خرابی تجهیزات و اتصالات حاوی سیالات نفتی**	نشت کندانسیت در آب دریا	آلودگی آب	۲۴	اسیدواش لوله‌های برداشت میعانات جهت دفع رسوبات کربنات کلسیم	دفع آب همراه در هنگام فعالیت اسید واش	تغییر در تنوع زیستی
۹	**بهره‌برداری و فعالیت چاه‌ها**	جابجایی آب دریا از عمق به سطح، افزایش کدورت آب دریا به واسطه دفع گل و شن آب همراه، نشت آب فرایندی و کاندنسیت در آب دریا و افزایش تبخیر آب به واسطه افزایش دمای انبساط گاز	آلودگی آب	۲۵	اسیدواش لوله‌های برداشت میعانات جهت دفع رسوبات کربنات کلسیم	تخلیه اسید سولفوریک و اسید کلریدریک در دریا	تغییر در تنوع زیستی
۱۰	**پیگ‌رانی**	دفع ترکیبات آنتی کروژن به هنگام فعالیت پیگ رانی	آلودگی آب	۲۶	تعمیر تجهیزات حاوی سیالات	تخلیه آب فرایندی و کاندنسیت در هنگام خارج کردن تجهیز از فعالیت	تغییر در تنوع زیستی
۱۱	**الکترولیز آب**	دفع ترکیبات اکساینده در آب دریا	آلودگی آب	۲۷	خرابی تجهیزات و اتصالات در پمپ‌های برداشت	نشت روغن سوخته پمپ‌های برداشت به آب دریا	تغییر در تنوع زیستی
۱۲	**فعالیت و بهره-برداری از سکو**	افزایش نویز و ارتعاش در محیط‌های آبی	آلودگی صوتی	۲۸	خرابی تجهیزات و اتصالات حاوی آنتی کروژن	نشت آنتی کروژن Pl550 در آب دریا	تغییر در تنوع زیستی
۱۳	**تأمین برق**	دفع ترکیبات دفعی احتراق GTGها با دمای ۴۰۰ درجه در محیط	آلودگی آب	۲۹	تعمیر و تنظیم MOV جهت باز و بسته کردن ولوها	نشت روغن هیدرولیک در هنگام تنظیم فشار ولوها SSV	تغییر در تنوع زیستی
۱۴	**تعمیر و نگه‌داری (رنگ و عایق)**	نشت تینر و حلال‌های رنگ در آب دریا	آلودگی آب	۳۰	شستشو و تمیز کاری ابزارآلات و قطعات	دفع پساب چرب حاصل از تنظیفات صنعتی در دریا	آلودگی آب
۱۵	**فرآیندهای مکانیکال و پایپینگ**	نشت پساب حاصل از تنظیفات صنعتی در دریا	آلودگی آب	۳۱	ایجاد کننده آلودگی، شستشوی عرشه کشتی و قطعات آن	پساب شستشوی کشتی‌ها در دریا	آلودگی آب
۱۶	**تأمین و انتقال (جابه‌جایی اجسام و افراد با کشتی و قایق)**	ایجاد نویز به هنگام نزدیک شدن کشتی‌ها	آلودگی صوتی	۳۲	اقامت و تهیه و طبخ غذا	تولید پساب حاصل از شستشو	آلودگی آب

هم‌چنین تحلیل مقادیر، شدت و احتمال وقوع آلودگی آن ها برای ۳۲ عامل مشخص شده، بر اساس میانگین نظرات خبره و کارشناس انجام گردید (جدول ۵).

جدول ۵- خلاصه نظرات ۱۰ کارشناس و خبره برای ۳۲ عامل ایجاد کننده آلودگی سکوهای گازی میدان پارس جنوبی در سال ۱۳۹۹

عامل آلودگی	احتمال	شدت	مقدار	عامل آلودگی	احتمال	شدت	مقدار
۱	۰/۸۹	۸/۳	۰/۸۹	۱۷	۰/۹	۷/۵	۲
۲	۰/۸۹	۵/۷	۰/۸۹	۱۸	۰/۸۹	۷/۴	۳/۲
۳	۰/۵۹	۶/۱	۰/۸۹	۱۹	۰/۲۱	۵/۵	۴/۷
۴	۰/۸۷	۷/۳	۸/۷	۲۰	۰/۲۲	۵/۲	۲/۴
۵	۰/۸۹	۵/۷	۵	۲۱	۰/۳	۷/۱	۲/۴
۶	۰/۵۹	۵/۲	۸/۸	۲۲	۰/۴۲	۵/۹	۵/۸
۷	۰/۹	۵/۱	۶	۲۳	۰/۹	۵/۳	۴/۵
۸	۰/۸۹	۵/۱	۵	۲۴	۰/۵۲	۵/۵	۳/۴
۹	۰/۹	۷/۹	۸/۶	۲۵	۰/۹	۶/۴	۳/۴
۱۰	۰/۶۹	۳/۹	۵/۵	۲۶	۰/۹	۴/۷	۶/۱
۱۱	۰/۸۹	۶/۴	۳/۴	۲۷	۰/۴	۴/۷	۵/۲
۱۲	۰/۸۹	۷/۵	۳	۲۸	۰/۵۴	۴/۴	۷/۲
۱۳	۰/۳۸	۵/۹	۶	۲۹	۰/۶	۴/۴	۶/۳
۱۴	۰/۳۸	۴/۳	۵/۶	۳۰	۰/۳	۴/۴	۴/۵
۱۵	۰/۳	۵/۲	۲/۱	۳۱	۰/۶۴	۵/۹	۷/۳
۱۶	۰/۸۹	۷/۴	۲/۶	۳۲	۰/۷۴	۶/۶	۲/۲

با توجه به این‌که از داده‌های سه متغیر استفاده شده است، لذا بعد از تحلیل مؤلفه‌های اساسی سه مؤلفه اصلی به‌دست می‌آیند. مقادیر ویژه (Eigenvalues) سه مؤلفه اساسی در جدول ۶ ارائه شده‌اند. جدول ۷ بردارهای ویژه برای تشکیل هر مؤلفه را نشان می‌دهد. مقادیر واریانس مربوط به مؤلفه‌های اول تا سوم به ترتیب ۴۰، ۳۴ و ۲۷ درصد به‌دست آمد. در واقع در تشکیل مؤلفه اول، به ترتیب احتمال رخ داد، شدت و مقدار بیش‌تر تأثیرگذار هستند.

جدول ٦- مقادیر ویژه سه مؤلفه اصلی

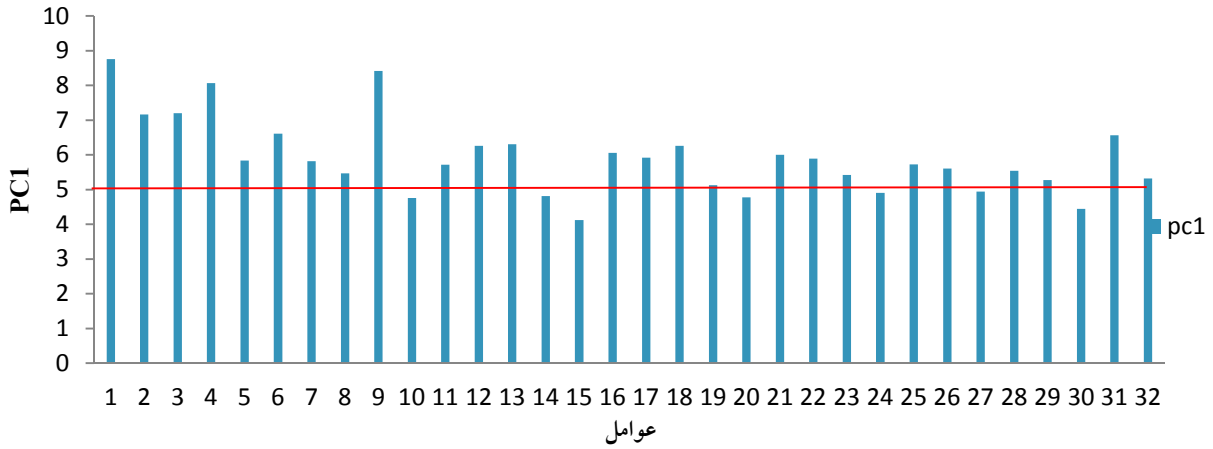
	λ_1	λ_2	λ_3
مقادیر ویژه	۱/۰۱۹۰۹	۱/۰۵۳	۰/۸۰۳۸

جدول ۷- بردارهای ویژه مؤلفه‌های اصلی

	مؤلفه اول (PC1)	مؤلفه دوم (PC2)	مؤلفه سوم (PC3)
احتمال (**Probability**)	۰/۷۱۱۹	۰/۰۱۵۸	۰/۷۰۲۱
شدت (**Intensity**)	۰/۶۱۳۳	-۰/۵۰۱۲	-۰/۶۱۰۵
مقدار (**Amount**)	۰/۳۴۲۲	۰/۸۶۵۲	-۰/۳۶۶۵

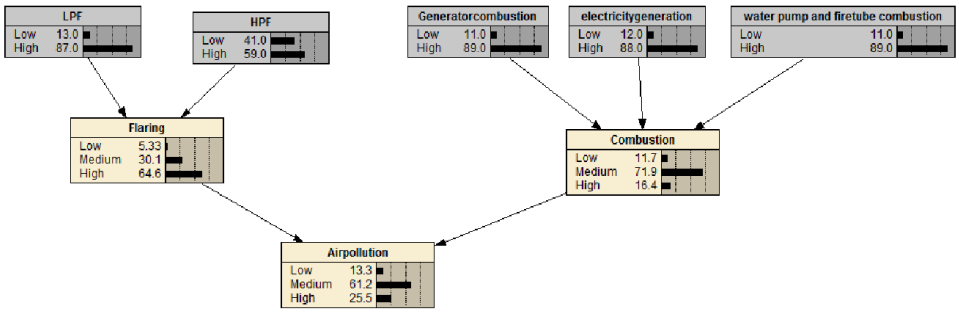
برای تعیین عواملی که بیش‌ترین تأثیر را دارند از مؤلفه اصلی اول (PC_1) استفاده می‌شود. برای تشکیل مؤلفه اول مقادیر مشخص شده احتمال در ۰/۷۱۱۹ مقدار مشخص شده شدت در ۰/۶۱۳۳ و مقدار مشخص شده مقدار آلودگی در ۰/۳۴ ضرب و نتایج آن‌ها با یک‌دیگر جمع گردید (شکل ۱).

در ادامه روند کار، عواملی که مقدار عددی آن‌ها کم‌تر از ۵ بودند، حذف و از سایر عوامل در تحلیل بیزین استفاده شد.



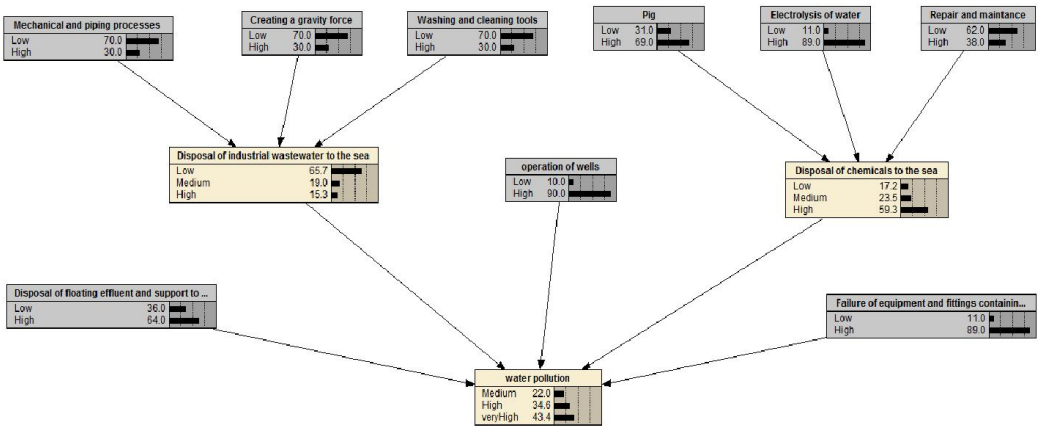
شکل ۱- مقدار PC1 برای عامل ایجاد کننده آلودگی سکوهای گازی میدان پارس جنوبی در سال ۱۳۹۹

در دیاگرام فعالیت‌های منجر شده به آلودگی هوا، گره‌های فلرینگ و احتراق به عنوان ورودی به گره نهایی یا همان آلودگی هوا تعریف شده‌اند که بر اساس سه حالت کم، زیاد و متوسط برای گره‌های ورودی شرایط گره آلودگی هوا در وضعیت‌های کم، متوسط و زیاد مشخص می‌شود. گره‌های فلرینگ فشار بالا و پایین نیز با حالت‌های آلودگی کم و زیاد به عنوان ورودی برای گره فلرینگ و مشعل سوزی (Flaring) با حالت‌های کم، متوسط و زیاد تعریف شده‌اند و بسته به شرایط موجود عملیاتی یکی از حالت‌ها رخ می‌دهد. هم-چنین گره‌های احتراق ژنراتورها، تولید برق و احتراق واتر پمپ‌ها و فایر تیوب‌ها با حالت‌های آلودگی کم و زیاد به عنوان ورودی گره احتراق (Combustion) با حالت‌های آلودگی کم، متوسط و زیاد تعریف شده‌اند. شکل ۲ احتمال آلودگی هوا توسط سکوهای گازی در سه سطح کم، متوسط و زیاد به ترتیب ۱۳/۳، ۶۱/۲ و ۲۵/۵ درصد به‌دست آمد.



شکل ۲- دیاگرام فعالیت‌های آلوده‌کننده هوا توسط سکوهای گازی میدان پارس جنوبی در سال ۱۳۹۹

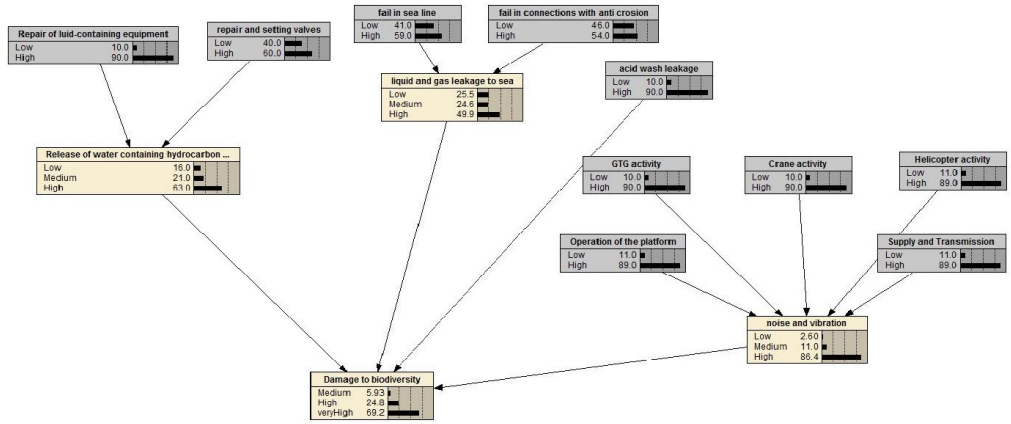
شکل ۳، دیاگرام فعالیت‌های مختلف که منجر به آلودگی آب دریا می‌شوند را نشان می‌دهد.



شکل ۳- دیاگرام فعالیت‌های منجر به آلودگی آب دریا توسط سکوهای گازی میدان پارس جنوبی در سال ۱۳۹۹

شستشوی تجهیزات، ایجاد نیروی گرانش و پایپینگ و فعالیت‌های مکانیکی در گره دفع پساب صنعتی به آب دریا دسته‌بندی شده‌اند. بر اساس نظر کارشناسان سه حالت کم، متوسط و بالا برای این گره می‌توان متصور شد. هم‌چنین فعالیت‌های پیگ‌رانی، الکترولیز آب و تعمیر و نگه‌داری منجر به دفع مواد شیمیایی به آب دریا می‌شوند و این سه فعالیت در گره دفع مواد شیمیایی به آب دریا دسته‌بندی شده‌اند و بر اساس نظر کارشناسان سه حالت کم، متوسط و بالا برای این گره در نظر گرفته شده‌اند. گره نهایی آلودگی آب که در نهایت گره آلودگی سکو را ایجاد می‌کند از گره‌های دفع مواد شیمیایی به دریا، دفع پساب شناور به دریا، دفع پساب صنعتی به دریا، بهره برداری و فعالیت چاه‌ها و خرابی تجهیزات و اتصالات حاوی سیال تشکیل می‌شود. این گره دارای سه حالت متوسط، بالا و بسیار بالا می‌باشد. احتمال آلودگی آب توسط سکوهای گازی در سه سطح متوسط، زیاد و خیلی زیاد به ترتیب ۲۲، ۳۴/۶ و ۴۳/۴ درصد به‌دست آمد.

شکل ۴، دیاگرام فعالیت‌هایی را نشان می‌دهد که منجر به آسیب به تنوع زیستی در محل حضور سکوهای گازی می شوند.



شکل ٤- دیاگرام فعالیت‌های منجر به آسیب به تنوع زیستی در آب دریا توسط سکوهای گازی میدان پارس جنوبی در سال ۱۳۹۹

تعمیر تجهیزات حاوی سیالات و تعمیر و تنظیم ولوها منجر به تخلیه هیدروکربن‌ها به همراه آب در دریا می‌شوند و به همین دلیل این دو فعالیت در شبکه بیزین به عنوان ورودی به گره تخلیه هیدروکربن‌ها در نظر گرفته شده‌اند. خرابی در خط انتقال و اتصالات حاوی آنتی‌کروژن منجر به تخلیه مایعات و مواد آنتی‌کروژن آلوده کننده به دریا می-شوند و منجر به آسیب به تنوع زیستی منطقه می‌گردند. این دو فعالیت در شبکه بیزین به عنوان ورودی به گره تخلیه مایعات و مواد آنتی‌کروژن به دریا در نظر گرفته شده‌اند. احتمالات شرطی این گره بر اساس نظر کارشناسان برای سه حالت کم، متوسط و بالا تهیه شده است. فعالیت GTG (Gas Turbing Generator)، هلیکوپتر، جرثقیل، تأمین و انتقال، و عملیات روی سکو عمدتاً منجر به آلودگی صوتی، ارتعاش و نویز می‌شوند که در نهایت باعث آسیب به تنوع زیستی منطقه می‌گردند. این فعالیت‌ها در شبکه بیزین به عنوان ورودی برای گره نویز و ارتعاش در نظر گرفته شده‌اند. در شبکه بیزین اسید واش، ارتعاش و نویز، تخلیه آب و هیدروکربن‌ها و مایعات و مواد آنتی کروژن به عنوان ورودی به گره آسیب به تنوع زیستی در نظر گرفته شده‌اند. برای این گره سه حالت متوسط، بالا و بسیار بالا در نظر گرفته شده است. احتمال آسیب به تنوع‌زیستی توسط سکوهای گازی در سه سطح متوسط، بالا و بسیار بالا به ترتیب ۵/۹۳، ۲۴/۸ و ۶۹/۲ درصد به‌دست آمد.

گره نهایی در شبکه بیزین که آلودگی سکو می‌باشد دارای چهار سطح متوسط، زیاد، بسیار زیاد و بحرانی است که ناشی از سه دسته آلودگی هوا، آلودگی آب و آسیب به تنوع زیستی می‌باشد. بر اساس نتایج شبکه بیزین برای آلودگی کلی سکو احتمال سطح متوسط ۰/۹۵ درصد ، احتمال سطح بالا ۸/۱۱ درصد، احتمال سطح بسیار بالا ۱۸/۵ درصد و احتمال سطح بحرانی ۷۲/۵ درصد محاسبه شده است.

بحث

سکوهای دریایی به طور کلی به منظور اکتشاف و یا بهره برداری از منابع نفت و گاز مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سال‌های اخیر صنعت حفاری به سمت حفاری چاه‌های نفت وگاز در آب‌های عمیق روی آورده است. مواد نفتی از منابع مختلفی وارد آب می‌گردد و بیش‌ترین منابع آلودگی مربوط به چاه‌ها و دکل‌ها و سکوهای فراساحلی می‌باشد. در خلیج فارس تعداد بسیار زیادی سکوی نفتی و گازی وجود دارد که به استخراج نفت و گاز برای بخش عظیمی از دنیا می‌پردازند و آلودگی‌های محیط زیستی زیادی را به وجود آورده‌اند [۱۸]، لذا هدف از انجام این پژوهش این بود تا با استفاده از شبکه‌های بیزین و تحلیل مؤلفه‌های اصلی، عواملی که بیش‌ترین یا بدترین اثر بر محیط را دارند را شناسایی و در اختیار مدیران قرار دهد.

به این منظور ابتدا داده‌های گردآوری شده از طریق مصاحبه با خبرگان و کارشناسان ارائه شد. سپس با استفاده از آنالیز اجزای اصلی عواملی که اثرات کم‌تری دارند حذف می‌شوند و سایر عوامل در شبکه‌های بیزین مورد بررسی قرار گرفت. این داده‌ها از مطالعات قبلی همچون HAZOP (Hazard and Operability) و ارزیابی ریسک‌های چند سال اخیر جهت استخراج عوامل و جنبه‌های بارز استخراج شد. سپس از طریق پرسش‌نامه، اخذ نظر از کارشناسان و

خبرگان واحد ایمنی بهداشت و محیط زیست و بهره برداری سکوهای گازی و متخصصان محیط زیست، عواملی که درای اهمیت بیش‌تر بودند مشخص و شناسایی شدند [۱۹]. از بین این عوامل، آن‌هایی که در بین بیش‌تر کارشناسان مشترک بودند و اهمیت بالاتری داشتند، انتخاب شدند. در نهایت ۳۲ عامل انتخاب و برای هر عامل نوع فرآیند، جنبه محیط زیستی و پیامد محیط زیستی مشخص شد. در ادامه روند کار، آلودگی‌های ناشی از سکوی گازی در سه دسته آلودگی هوا، آلودگی آب و آسیب به تنوع زیستی دسته بندی شدند. سپس داده‌های مرحله قبل را به نرم افزار Netica جهت تحلیل شبکه‌های بیزین وارد و سه دسته آلودگی ذکر شده بررسی گردید.

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، فعالیت‌های احتراقی که ناشی از حضور سکوی گازی در منطقه آبی بودند در دسته آلودگی هوا قرار گرفتند. اصلی‌ترین عوامل ایجاد کننده آلودگی هوا که بر اساس شدت، مقدار و احتمال وقوع‌شان با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اساسی مشخص شدند شامل فعالیت‌های فلرینگ و احتراق واتر پمپ‌ها و فایر تیوب‌ها (Water pump and firetube combustion)، احتراق ژنراتورهای تأمین برق (Power Generator)، فلرینگ فشار پایین (Low Pressure Flaring)، فلرینگ فشار بالا (High Pressure Flaring) بود. نتایج مدل‌سازی بیزین برای این آلودگی نشان دادکه سطح آلودگی کم دارای احتمال ۱۳/۳ درصد، سطح آلودگی متوسط دارای احتمال ۶۱/۲ درصد و سطح آلودگی بالا داری احتمال ۲۵/۵ درصد بود. Elbisy در بررسی مدیریت محیط زیستی یک سکوی گازی به همراه خطوطه لوله انتقال آن در دریای مدیترانه بیان کردند که آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های سکوی گازی می‌تواند بر سلامتی خدمه سکو و کشتی اثر بگذارد [۱۰].

هم‌چنین اصلی‌ترین عوامل ایجاد کننده آلودگی آب که بر اساس شدت، مقدار و احتمال وقوع‌شان با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اساسی مشخص شدند شامل فعالیت‌های پایپینگ و فعالیت‌های مکانیکی (Mechanical and piping processes)، ایجاد نیروی گرانش، شستشو و تمیزکاری ابزارآلات (Washing and cleaning tools)، دفع پسآب شناور پشتیبانی به دریا (Disposal of effluent support ship to the sea)، فعالیت چاه‌ها (Operation of wells)، خرابی تجهیزات و اتصالات حاوی سیال (Failure of equipment and fittings containing fluids)، پیگ‌رانی (Piging processes)، الکترولیز آب (Electrolysis of water) و تعمیر و نگه‌داری (Repair and maintance) بود. مدل بیزین آلودگی آب نشان داد که احتمال سطح آلودگی متوسط برای این دسته از آلودگی‌ها ۲۲ درصد، احتمال سطح آلودگی بالا برای آلودگی آب ۳۴/۶ درصد و احتمال سطح آلودگی بسیار بالا ۴۳/۴ درصد است. Carpenter و همکاران در پژوهشی عنوان کردند نشت آلودگی از سکوها، عملیات نفت‌کش‌ها، شست و شوی مخازن و تخلیه آب مخزن تعادل، تصادف نفت‌کش‌ها، تجهیزات پالایشگاهی در سواحل و بسیاری عوامل دیگر همواره سلامت محیط زیست را تهدید می‌کرده و می‌کند [۳]. Beyer و همکاران بیان کردند که آب خروجی ناشی از فعالیت استخراج نفت و گاز فراساحلی توسط سکوهای گازی بزرگ‌ترین منبع عملیاتی آلودگی از صنعت نفت و گاز فراساحلی به دریا است [۱۲].

اصلی‌ترین عوامل ایجاد کننده آلودگی زیستی که بر اساس شدت، مقدار و احتمال وقوع‌شان با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اساسی مشخص شدند شامل فعالیت‌های تعمیر تجهیزات حاوی سیالات (Repair of liquidcontaining equipment)، تعمیر و تنظیم ولوها (Repair and setting valves)، خرابی در خط لوله، خرابی تجهیزات و اتصلات حاوی آنتی‌کروژن (Fail in connections with anti crosion)، شستشو با اسید، فعالیت GTGها، فعالیت جرثقیل‌ها، فعالیت هلیکوپترها بر روی سکو، فعالیت و بهره-برداری از سکو و تأمین و انتقال (Supply and Transmission) بود. نتایج شبکه بیزین مشخص کرد که احتمال سطح آلودگی متوسط برای این دسته از آلودگی‌ها ۵/۹۳ درصد می‌باشد. احتمال سطح آلودگی بالا ۲۴/۸ درصد و احتمال سطح آلودگی بسیار بالا ۶۹/۲ درصد است. Punzo و همکاران در بررسی اثرات محیط زیستی فعالیت‌های سکوی گازی دریایی بر روی محیط اعماق دریا بیان کردند که کمیت، تفسیر و تعمیم اثرات محیط زیستی سکوهای گازی دریایی دشوار است، زیرا این اثرات محیط زیستی از طرق مختلف و غیرقابل پیش‌بینی و تحت تأثیر متغیرهای متعدد قرار دارند [۲۰].

از محدودیت‌های موجود برای پژوهش حاضر می‌توان به عدم دسترسی آسان به گزارش‌های HAZOP مربوط به سال های گذشته و نبود بانک اطلاعاتی کافی در مورد تمامی پیامدهای عوامل مختلف آلوده کننده در محل سکوهای گازی دریایی اشاره نمود که با بررسی جامع و استفاده از نظرات متخصصان از عدم اثر سوء این محدودیت‌ها بر نتایج پژوهش اطمینان حاصل شد.

نتیجه‌گیری

تأثیر فعالیت سکوهای گازی در دو بخش آلودگی آب و تغییر در زیستگاه و تنوع گونه‌های زنده دارای بیش‌ترین تأثیر می‌باشد که از بین دو عامل با سطح آلودگی بسیار بالا، تأثیر سکوهای گازی بر تنوع زیستی و گونه‌های زنده از بقیه موارد بارزتر است. هم‌چنین ترکیب دو روش تحلیل مؤلفه-های اصلی و شبکه‌های بیزین جهت مدیریت داده‌ها در زمینه مدیریت محیط زیست سکو مثمر ثمر می‌باشد. پیشنهاد می‌گردد برای کاهش یا مهار آلودگی هر یک از عوامل ایجاد کننده آلودگی، راه‌حل‌های علمی و کارآمد بررسی گردد. به عنوان مثال توصیه می‌شود به کمک طراحی یک سیستم خاص فشرده‌سازی گاز، میزان فلرینگ پالایشگاه‌ها به‌طور چشم‌گیری کاهش یابد و از این طریق گازهایی که تاکنون سوزانده می‌شدند، جمع‌آوری گردند و سپس به‌عنوان خوراک برای سیستم‌هایی همچون Fuel Gas Turbines مورد استفاده قرار گیرند.

References

[1] Sirat AP, Mehdipourpicha H, Zendehdel N, Mozafari H. Sizing and allocation of distributed energy resources for loss reduction using heuristic algorithms. In2020 IEEE power and energy conference at Illinois (PECI) 2020 Feb 27 (pp. 1-6). IEEE.

[2] Rosa L, D'Odorico P. The water-energy-food nexus of unconventional oil and gas extraction in the Vaca Muerta Play, Argentina. *Journal of Cleaner Production* 2019; 207: 743-50.

[3] Carpenter A. Oil pollution in the North Sea: the impact of governance measures on oil pollution over several decades. *Hydrobiologia* 2019; 845(1): 109-27.

[4] Gulas S, Downton M, D'Souza K, Hayden K, Walker TR. Declining Arctic Ocean oil and gas developments: Opportunities to improve governance and environmental pollution control. *Marine Policy* 2017; 75: 53-61.

[5] Sharifzadeh S, Ghodsi A, Clemmensen LH, Ersbøll BK. Sparse supervised principal component analysis (SSPCA) for dimension reduction and variable selection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 2017; 65: 168-77.

[6] Papineau D. Thomas Bayes and the crisis in science. The Times Literary Supplement. 2018.

[7] Gustafsson FK, Danelljan M, Schon TB. Evaluating scalable bayesian deep learning methods for robust computer vision. InProceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops 2020 (pp. 318-319).

[8] Kaikkonen L, Parviainen T, Rahikainen M, Uusitalo L, Lehikoinen A. Bayesian networks in environmental risk assessment: A review. *Integrated Environmental Assessment and Management* 2021; 17(1): 62-78.

[9] Sperotto A, Molina JL, Torresan S, Critto A, Pulido-Velazquez M, Marcomini A. A Bayesian Networks approach for the assessment of climate change impacts on nutrients loading.

Environmental Science & Policy 2019; 100: 21-36.

[10] Elbisy MS. Environmental management of offshore gas platforms in Abu Qir Bay, Egypt. *KSCE Journal of Civil Engineering* 2016; 20(4): 1228-41.

[11] Ellis JI, Clark MR, Rouse HL, Lamarche G. Environmental management frameworks for offshore mining: the New Zealand approach. *Marine Policy* 2017; 84: 178-92.

[12] Beyer J, Goksøyr A, Hjermann DØ, Klungsøyr J. Environmental effects of offshore produced water discharges: A review focused on the Norwegian continental shelf. *Marine environmental research* 2020: 105155.

[13] Petropars. South Pars gas field. 2021; Available from: www.petropars.com [Farsi].

[14] Bucelli M, Paltrinieri N, Landucci G. Integrated risk assessment for oil and gas installations in sensitive areas. *Ocean Engineering* 2018; 150: 377-90.

[15] Government A. Environmental hazards at logarithmic scale 2020; Available from: https://www.industry.gov.au/.

[16] Parhizkar T, Rafieipour E, Parhizkar A. Evaluation and improvement of energy consumption prediction models using principal component analysis based feature reduction. *Journal of Cleaner Production* 2021; 279: 123866.

[17] Zhang C, Qin TX, Jiang B, Huang C. A comprehensive probabilistic analysis model of oil pipelines network based on Bayesian network. InIOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2018 Feb 1 (Vol. 113, No. 1, p. 012083). IOP Publishing.

[18] Evtushenko N, Ivanov A, Evtushenko V. Oil pollution in the Persian Gulf: satellite-monitoring results in 2017. InConference of the Arabian Journal of Geosciences 2018 Nov 12 (pp. 343-347). Springer, Cham.

[19] Deeva I, Bubnova A, Andriushchenko P, Voskresenskiy A, Bukhanov N, Nikitin NO, Kalyuzhnaya AV. Oil and Gas Reservoirs

Scarcella G, De Biasi AM, Kozinkova L, Fabi G. Environmental impact of offshore gas activities on the benthic environment: a case study. *Environmental Management* 2017; 60(2): 340-56.

Punzo E, Gomiero A, Tassetti AN, Strafella P, Santelli A, Salvalaggio V, Spagnolo A, Parameters Analysis Using Mixed Learning of Bayesian Networks. InInternational Conference on Computational Science 2021 Jun 16 (pp. 394-407). Springer, Cham.

Investigation of Environmental Pollution of Offshore Gas Platforms in South Pars Field with Principal Component Analysis and Bayesian Network Model from 2019 to 2020: A Descriptive Study

R. Mohammad Zadeh[۱], M. Mirza Ebrahim Tehrani[۲], S. A. Jozi[۳], R. Moogouei [۴]

Received: 07/03/21 Sent for Revision: 18/05/21 Received Revised Manuscript: 21/08/21 Accepted: 22/08/21

Background and Objectives: Globally, rising energy demand has driven humans to extract oil and gas, even in the depth of seas. This is also important in the Persian Gulf and has caused a lot of environmental pollution. The purpose of this study was to determine the environmental pollution of offshore gas platforms by Principal Component Analysis methods and Bayesian network model.

Materials and Methods: This descriptive study was conducted from 2019 to 2020 on offshore gas platforms in South Pars field. The required data were collected through interviews with experts. Then, using the analysis of the main components, the factors with less effect were eliminated and other factors in Bayesian networks were investigated.

Results: Based on the results of Bayesian network, for the overall pollution of the platform, the probability of the average level was 0.95%, the probability of the high level was 8.11%, the probability of the very high level was 18.5%, and the probability of the critical level was 72.5%. The results of the Principal Component Analysis section showed that the highest variance is related to the first Principal Component and its value is approximately 40%, and also the highest eigenvalue is related to this component with the value of 1.909.

Conclusion: The effect of gas platform activity in the two parts of water pollution and biodiversity damage has the greatest effect. Among the two factors with very high levels of pollution, the effect of gas platform on biodiversity and living species is more pronounced than the others. Also, the combination of two methods of Principal Component Analysis and Bayesian networks for data management in the field of platform environmental management is fruitful.

Key words: Pollution, Gas platform, Principal Component, Bayesian network

Funding: This study did not have any funds.

Conflict of interest: None declared.

How to cite this article: Mohammad Zadeh R, Mirza Ebrahim Tehrani M, Jozi SA, Moogouei R. Investigation of Environmental Pollution of Offshore Gas Platforms in South Pars Field with Principal Component Analysis and Bayesian Network Model from 2019 to 2020: A Descriptive Study. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2021; 20 (8): 905-20. [Farsi]

1- PhD Candidate, Dept. of Environment, Faculty of Marine Sciences and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, ORCID: 0000-0002-7807-4857

2- Assistant Prof., Dept. of Environment, Faculty of Marine Sciences and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, ORCID: 0000-0002-3752-3361.

(Corresponding Author): Tel: (021) 88080778, Fax: (021) 88080778, E-mail: HSE1400@gmail.com

3- Prof., Dept. of Environment, Faculty of Marine Sciences and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, ORCID: 0000-0002-4486-1297

4- Associate Prof., Dept. of Planning, Environmental Management and Education, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, ORCID: 0000-0001-6613-0818