

## پهنه‌بندی سطح آلودگی مناطق تحت تاثیر پساب پتروشیمی منطقه ساحلی عسلویه با تکیه بر مدل GNOME

شعب رحمانی<sup>۱</sup>، مهرناز فرزین‌گهر<sup>۲\*</sup>، کیوان کبیری<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری فیزیک دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، پست الکترونیکی: shoayb.r@chmail.ir

۲- استادیار، گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، پست الکترونیکی: farzingohar@hormozgan.ac.ir

۳- دانشیار، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی، تهران، پست الکترونیکی: kabiri@inio.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۹/۳/۱۲

\* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۱۱

### چکیده

عسلویه یکی از مهمترین مراکز نفت و گاز دنیاست که در جنوب غربی ایران، استان بوشهر و در سواحل شمالی خلیج فارس واقع شده است. به دلیل وجود صنایع پتروشیمی و نفتی در کنار ساحل، مشتقات نفتی به داخل دریا نشت پیدا می‌کند که باعث آلوده شدن حوضه آبی در منطقه عسلویه و مناطق همجوار شده است که یک تهدید زیست محیطی محسوب می‌گردد. GNOME مدلی لاگرانژی-اولری است که برای ردیابی پساب‌های رها شده و یافتن مناطق آلوده استفاده می‌شود. در این مقاله که به منظور ارزیابی ریسک مناطق تحت تاثیر آلودگی پساب پتروشیمی منطقه ساحلی عسلویه صورت گرفت، مواد نفتی متنوع پساب خروجی پالایشگاه تحت ۳ سناریو با مواد Non-Weathering و Fuel oil 4 و Fuel oil 6 و هر کدام در دو حجم ۱۰ و ۱۰۰ متر مکعب، برای سال ۲۰۱۸ در نظر گرفته شد. سپس آنالیز داده‌های باد و جریان در منطقه انجام و بصورت فایل ورودی در مدل اعمال شدند. پس از آن برای پهنه‌بندی و تخمین مناطق تحت تاثیر آلودگی از آنالیزهایی بر پایه ArcGIS استفاده شده است. ارزیابیهای خروجی ArcGIS و برآوردهای پهنه‌بندی نشان دادند که بیشترین سطح آلودگی، مربوط به ماده Non-Weathering با مساحت ۱۰/۹۲ کیلومتر مربع بوده که در فصل بهار به دلیل افزایش تندی باد و به تبع آن افزایش جریان آب رخ داده است. همچنین ماده Fuel oil 6 دارای بیشترین پراکندگی بود که این بیشینه در فصل بهار اتفاق افتاده است. نتایج نهایی نشان داد که سطح این آلودگی به مساحت ۱/۳۱ کیلومتر مربع تا قسمتهای شرق و جنوب شرقی عسلویه یعنی منطقه هاله و جنگل حرا در خلیج نایبند که یک منطقه حفاظت شده ملی و پارک ملی است، کشیده شده‌اند.

کلمات کلیدی: آلودگی نفتی، خلیج نایبند، GNOME، پساب پتروشیمی، ArcGIS

### ۱. مقدمه

طول شرقی و ۲۴/۳۰ درجه الی ۳۰ درجه عرض شمالی واقع شده است (Chao et al, 1992). از نظر آب‌وهوایی خلیج فارس در منطقه نیمه‌استوایی قرار گرفته است که مهمترین پدیده آب و هوایی در آن باد شمال غربی است که در طول سال وجود دارد

خلیج فارس دریای کم عمق و نیم بسته‌ای است در جنوب غربی آسیا که در محدوده جغرافیایی ۴۸ درجه الی ۵۶/۳۰ درجه

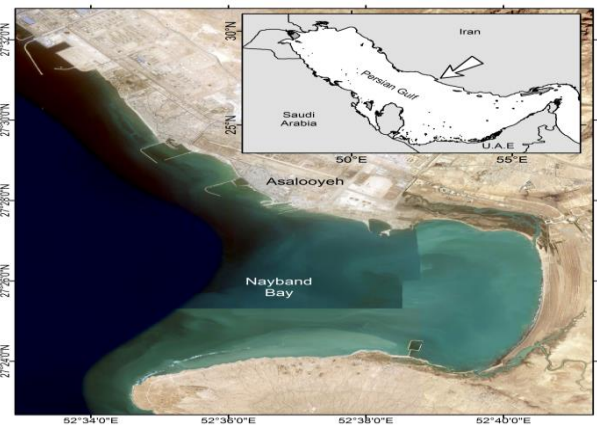
داد که میزان آلودگی تا سواحل شرقی بندرعباس و شمال جزیره قشم کشیده می‌شود. Basar و همکاران نیز در سال ۲۰۰۶، مدل GNOME را برای تنگه استانبول به کار بردند و به این نتیجه رسیدند که تاثیر جریان بر حرکت لکه‌های نفتی بیشتر از باد می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام شده، اقامت در مناطق مسکونی مجاور با صنایع پتروشیمی، منجر به افزایش ریسک ابتلا به سرطان‌های کبد، مغز و خون خواهد شد، همچنین این آلودگی‌ها باعث ایجاد مشکلات ناباروری، سقط و تولد نوزادان دارای نقص ژنتیکی می‌شود. GNOME<sup>۱</sup> مدلی است که مسیریابی لکه‌های نفتی (انتشار یا نشت) را انجام می‌دهد. این مدل توسط گروه‌های مقابله با مواد شیمیایی خطرناک (HAZMAT)<sup>۲</sup>، اداره واکنش و پیشگیری و حفظ محیط زیست و اداره اقیانوسی و هواشناسی آمریکا ایجاد و توسعه یافته است (چشم سیاهی و همکاران، ۱۳۹۷). در این مقاله با استفاده از مدل GNOME، میزان و سطح آلودگی در منطقه مورد مطالعه بررسی، سپس به کمک خروجی این مدل و جانشانی در ArcGIS پهنه‌بندی مناسبی صورت می‌گیرد.

## ۲. مواد و روش‌ها

صرفنظر از خصوصیات و شاخصه‌های نفتی، بادها و جریان‌های دریایی، فاکتورهای عمده‌ای هستند که مسیر نشت و انتشار نفت را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Lighthill, 1978). در این مقاله برای شبیه‌سازی، پساب خروجی کارخانجات و صنایع پتروشیمی مستقر در منطقه عسلویه مورد استفاده قرار گرفت. GNOME یک مدل لاگرانژی-اولیری است که بر اساس برنامه نویسی ++C بنا شده است.

داده‌های ورودی مدل GNOME شامل داده‌های فرآوری شده در سامانه ArcGIS<sup>۳</sup>، زمان انتشار لکه‌های نفتی و پساب خروجی، طول مدت لکه‌های نفتی، ترکیبات شیمیایی لکه‌نفتی، ویژگی‌های باد و جریان‌های آب می‌باشند. جریان‌ات سطحی آب منطقه و دیگر داده‌های جوی برای یک دوره مشخص زمانی با استفاده از اطلاعات سازمان هواشناسی تکمیل شده است. جریان سطحی نیز در انتقال آلودگی اهمیت دارد (چشم سیاهی و

(Perrone, T.J., 1981). دمای هوا در قسمت شمالی خلیج فارس نسبت به قسمت‌های جنوبی آن پایین‌تر است. محدوده دمای هوا در خلیج فارس از صفر درجه در زمستان تا ۵۰ درجه سلسیوس در تابستان متغیر است (Swift, S.A. and Bower, A.S., 2003). بندر عسلویه در قسمت شمالی خلیج فارس، با مختصات جغرافیایی ۲۷ درجه و ۲۸ دقیقه و ۵۴/۰۴ ثانیه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۳۶ دقیقه و ۱۹/۰۷ ثانیه طول شرقی می‌باشد که در ارتفاع متوسط ۲ متری از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). این شهر جمعیتی بالغ بر ۱۸۵۵۷ نفر سکنه دارد (سرشماری ۲۰۱۶).



شکل ۱: موقعیت بندر عسلویه در کنار خلیج نایبند و منطقه ویژه سایت‌های پتروشیمی پارس جنوبی در خلیج فارس

نایبند نیز که در ۳۰ کیلومتری از مرکز عسلویه واقع شده است در واقع اولین پارک ملی دریایی ایران با عمق متوسط ۱۰ متر (Kabiri, 2017) است که شامل خلیج، منطقه حفاظت شده، جنگل‌های حرا و دماغه است. جنگل‌های مانگرو در ابعادی به مساحت ۳/۵ کیلومتر مربع در این منطقه گسترده شده‌اند که محل مناسبی برای آبزیان مختلف است. لاک‌پشت دریایی عقابی و لاک‌پشت دریایی سبز دو گونه رایج از تخم‌گذاران در این منطقه هستند (خالقی و همکاران، ۱۳۹۶). مطالعات انجام شده نشان می‌دهند صنایع پتروشیمی عسلویه بر روی آبزیان دریایی نیز اثرات مخربی دارند (Nabipour et al, 2017). آلودگی گیاهان نیز که با میکروسکوپ الکترونی در این منطقه مطالعه شده است بر اهمیت موضوع افزوده است (Safari et al, 2018). در سال ۲۰۱۰ فرزین‌گهر و همکاران، نحوه انتشار و پخش مواد نفتی دیزل و بنزین با تکیه بر مدل GNOME در اطراف بندر شهید رجایی در بندرعباس را بررسی کردند. مطالعه آنها نشان

<sup>1</sup> General Noaa Oil Modeling Environment

<sup>2</sup> Hazardous Materials Response Division

<sup>3</sup> Geography Information System

جدول ۱: میانگین داده های جوی اعمال شده در GNOME برای سال ۲۰۱۸

فصل	میانگین جهت باد	میانگین سرعت باد ( $\frac{m}{s}$ )	میانگین دما (°C)
زمستان	W (غربی)	۵/۲۹	۱۸/۷۰
بهار	NW (شمال غربی)	۷/۴۷	۳۳/۵۸
تابستان	W (غربی)	۵/۵۸	۳۴
پاییز	W (غربی)	۴/۳۷	۲۶/۸۷

لکه‌های سیاه‌رنگ که با قطعیت بیشتر مناطق آلوده به مواد نفتی را نشان می‌دهند، سواحل عسلویه را پوشش می‌دهند. به منظور ارزیابی از تعیین میزان آلودگی ناشی از پساب پتروشیمی، خروجی مدل GNOME به عنوان یک ورودی مناسب در نرم افزار ArcGIS اعمال شد و سرنوشت مواد نفتی ذکر شده در سطح آب‌های ساحلی عسلویه و مناطق همجوار بررسی گردید.

### ۳. بحث و نتایج

خلیج ناپیند نوعی از فرم‌های هیدرولوژیک ساحلی می‌باشد که بواسطه نیروی هیدرودینامیک آب ایجاد می‌گردند. منطقه مورد مطالعه فاقد هرگونه پستی یا بلندی قابل ملاحظه‌ای در طول خط ساحلی می‌باشد (قهرودی تالی و همکاران، ۱۳۸۸). برای هر سه سناریوی ذکر شده نیز دو حجم در مقیاس کم و تقریباً متوسط یعنی ۱۰ و ۱۰۰ متر مکعب تحت عنوان دو سناریوی مختلف انتخاب شد. میزان پخش و گستردگی هر سه ماده با توجه به خروجی مدل GNOME در جدول ۲ داده شده است.

بر اساس درجه‌بندی آلودگی بدست آمده یک پهنه‌بندی با رنگ‌های مختلف با توجه به غلظت آلودگی مناطق نتیجه شده است. شکل ۲ نمونه‌ای از خروجی مدل GNOME برای ماده نفتی Fuel oil 6 به ازای حجم ۱۰ متر مکعب و در ۴ فصل مختلف ارائه شده است. شکل الف تجمع بیشتر نقاط سیاه رنگ و همچنین پراکندگی نقاط قرمز رنگ را نسبت به تصاویر دیگر نشان می‌دهد و این بدین معنی است که برای ماده ذکر شده در فصل بهار ماکزیمم حالت پراکندگی و تجمع آلودگی وجود دارد. شکل ۳ به ترتیب خروجی ArcGIS به ازای حجم ۱۰ و ۱۰۰ متر مکعب برای ماده Non-Weathering در فصول مختلف سال آورده شده است. وضعیت پخش و نحوه پراکندگی این ماده نسبت به دو ماده دیگر بویژه در کنار ساحل، با یک غلظت بالا بصورت متمرکز ظاهر شده است که البته برای تمام فصول و برای هر دو حجم سناریو از یک ثبات نسبی برخوردار است. بنابراین در خروجی ArcGIS تصاویر نسبتاً مشابهی ایجاد کرده است.

همکاران، ۱۳۹۷). کلیه این داده‌ها به فایل اصلی Location File وارد شده است. این فایل بصورت یک فایل تصویری در GNOME تعریف شده که ویژه منطقه ROPME SEA Area می‌باشد. منطقه دریایی ROPME از غرب تا شمال خلیج فارس تا گوشه شرقی اقیانوس هند را در بر می‌گیرد. در مدل بکار رفته ماده خروجی انتشار یافته در سطح دریا، توسط نقاطی بر روی نقشه خروجی مدل نشان داده شده است که این نقاط در واقع همان عناصر لاگرانژی هستند.

نقاط سیاه رنگ، بهترین حدس مدل و با قطعیت بیشتر برای موقعیت لکه‌هاست، در حالیکه نقاط قرمز رنگ، میزان لغزش حداقل از مسیر پساب را نشان می‌دهد. Non-Weathering و Fuel oil 4 و Fuel oil 6 به عنوان سه ماده خروجی پتروشیمی، بصورت ۳ سناریوی مختلف در نظر گرفته شد. ماده Non-Weathering بطور کلی به ترکیبات غیر خورنده‌ای اطلاق می‌شود که برای ترکیبات هیدروکربنی نامشخص با هر درجه آزادی ویسکوزیته و یا هر گونه حلالی بکار می‌رود. واکاوی در پساب پتروشیمی و نیز استفاده در سوخت کشتی‌ها و ریزش احتمالی در پایانه صادرات مواد نفتی، علت انتخاب این مواد در این مطالعه بوده است.

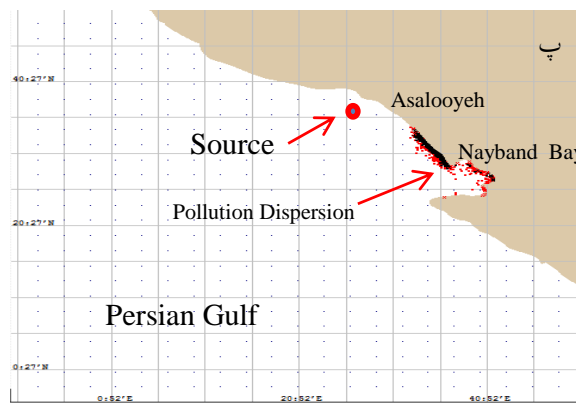
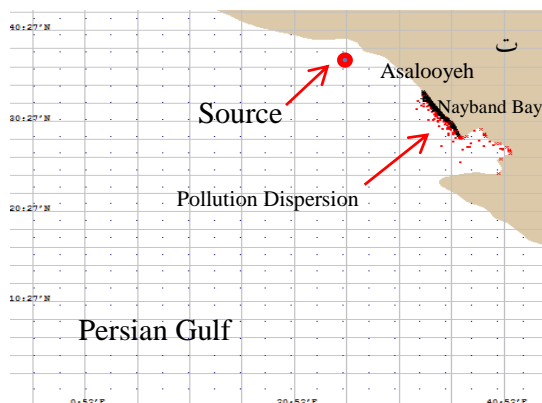
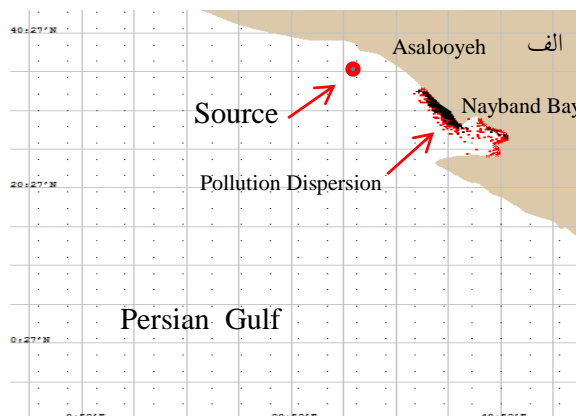
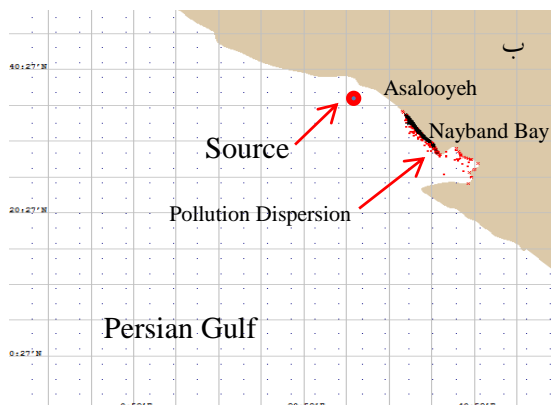
Fuel oil (نفت کوره) بطور کلی از هیدروکربن‌های سنگین نفت خام که دارای ترکیبات گوگردی، اکسیژنه و فلزات هستند تشکیل می‌شود و به دلیل سنگینی به آسانی نمی‌سوزد. اعداد ۴ و ۶ که بصورت پسوند در بالا ذکر شده است دو درجه متفاوت از این ماده هستند.

مختصات موقعیت انتشار آلودگی که در مدل اعمال شد، یک نقطه آبی در نزدیکی ساحل، مابین پتروشیمی جم الفین دهم و الفین نهم شرکت پلیمر آریاساسول با مختصات جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه و ۱۴/۳۷ ثانیه طول شرقی و ۲۷ درجه و ۳۲ دقیقه و ۲۲/۰۶۱ ثانیه عرض شمالی است.

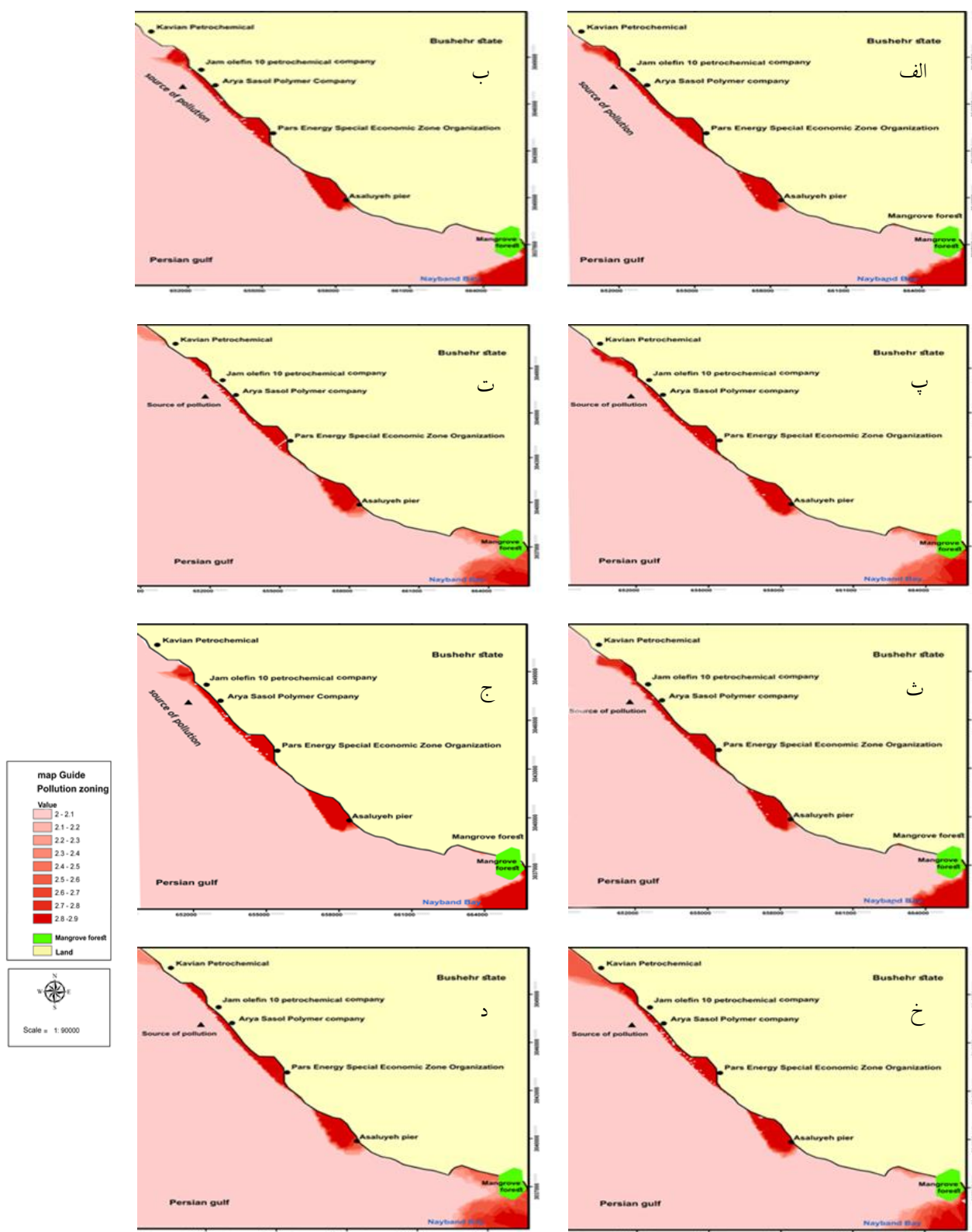
مدل در فرم ۲۴ ساعته و با گام زمانی ۳ ساعته جهت یافتن پخش یا انتشار ماده‌نفتی در دریا راه‌اندازی شد. در این مقاله ابتدا اطلاعات باد از قبیل جهت و سرعت ۳ ساعته برای تمام روزهای هر فصل از سازمان هواشناسی استخراج شد. سپس ۳ روز از کل هر فصل که در آن بیشینه تنش باد اتفاق افتاده است انتخاب گردید. جدول ۱ میانگین داده‌های جوی بر اساس بیشینه تنش باد داده شده است.

جدول ۲: چگونگی پخش و انتشار آلودگی خروجی GNOME بر اساس فاصله متریک برای سال ۲۰۱۸

فصل	اندازه متریک مناطق آلوده در GNOME	حجم (m <sup>3</sup> )	Non-Weathering	Fuel oil # 4	Fuel oil # 6
زمستان ۲۰۱۸	پهنای نقاط قرمز رنگ در امتداد ساحل (km)	۱۰	۲۱/۵	۱۷/۱۵	۲۰/۵
		۱۰۰	۲۰/۳۷	۲۰/۵	۲۰/۷
	پهنای نقاط سیاه رنگ در امتداد ساحل (km)	۱۰	۱۰/۷	۱۱/۰۹	۱۰/۶۹
		۱۰۰	۱۱/۷۵	۱۰/۴۹	۱۱/۲۳
	دوری و فاصله عمودی از ساحل نسبت به نقطه شروع آلودگی (km)	۱۰	۲/۶	۲/۳	۳/۵
		۱۰۰	۲/۸	۳/۴	۳/۰۱
بهار ۲۰۱۸	پهنای نقاط قرمز رنگ در امتداد ساحل (km)	۱۰	۲۱/۰۱	۲۱/۰۴	۲۰/۵۹
		۱۰۰	۲۰/۲۳	۲۱/۰۱	۲۰/۶۴
	پهنای نقاط سیاه رنگ در امتداد ساحل (km)	۱۰	۱۷/۳۵	۱۶/۶۰	۱۶/۶۱
		۱۰۰	۱۷	۱۶/۴۷	۱۷/۷۱
	دوری و فاصله عمودی از ساحل نسبت به نقطه شروع آلودگی (km)	۱۰	۴/۷۹	۴/۲۷	۴/۸۵
		۱۰۰	۴/۶۲	۴/۱۲	۴/۵
تابستان ۲۰۱۸	پهنای نقاط قرمز رنگ در امتداد ساحل (km)	۱۰	۲۰/۹۲	۲۱/۴۱	۲۱/۵۸
		۱۰۰	۲۰/۴۵	۲۱/۴۲	۲۱/۴۶
	پهنای نقاط سیاه رنگ در امتداد ساحل (km)	۱۰	۱۹/۰۲	۱۹/۱۵	۱۹
		۱۰۰	۱۹/۱۷	۱۸/۹۶	۱۸/۷۱
	دوری و فاصله عمودی از ساحل نسبت به نقطه شروع آلودگی (km)	۱۰	۲/۴۲	۲/۲۵	۳/۲۹
		۱۰۰	۲/۹۶	۲/۴۸	۳/۱۴
پاییز ۲۰۱۸	پهنای نقاط قرمز رنگ در امتداد ساحل (km)	۱۰	۲۳/۰۹	۲۰/۰۹	۲۲/۵
		۱۰۰	۲۳/۲۰	۲۰/۵۶	۲۲/۹۹
	پهنای نقاط سیاه رنگ در امتداد ساحل (km)	۱۰	۱۰/۹۳	۱۱/۳۳	۱۱/۷۶
		۱۰۰	۱۱/۱۸	۱۱/۵۴	۱۲/۳۱
	دوری و فاصله عمودی از ساحل نسبت به نقطه شروع آلودگی (km)	۱۰	۲/۷	۱/۷۹	۲/۰۹
		۱۰۰	۲/۶۲	۱/۹۶	۱/۹۶



شکل ۲: (الف) مربوط به فصل بهار، (ب) پاییز، (پ) برای تابستان و (د) خروجی زمستان برای ماده Fuel oil 6 استخراج شده است.



شکل ۳: پهنه‌بندی با استفاده از آنالیزهای مبتنی بر ArcGIS برای ماده Non-Weathering. (الف) برای تابستان- (ب) بهار- (پ) زمستان و (ت) مربوط به فصل پاییز به ازای حجم ۱۰ متر مکعب و همچنین (ث) مربوط به فصل تابستان- (ج) برای بهار- (خ) زمستان و (د) مربوط به فصل پاییز و به ازای حجم ۱۰۰ متر مکعب می‌باشند.



(سامی و همکاران، ۱۳۹۰) و همچنین وجود جنگل‌های مانگرو، اهمیت بررسی سطح آلودگی در این منطقه را بیش از پیش دو-چندان می‌کند.

در این منطقه بردارهای باد با افزایش سرعت و جهت از سمت غرب باعث فشردگی امواج دریا و جریان آب به سمت سواحل شرقی منطقه می‌شود. بنابراین بیشترین تراکم و تمرکز آلودگی در سواحل شرقی عسلویه بوجود آورده است که مناطقی از خلیج نایبند را شامل شده است. مقایسه خروجی ArcGIS برای دو نوع مختلف Fuel oil نشان می‌دهد که Fuel oil 6 با رنگ‌بندی شدیدتری نسبت به Fuel oil 4 ظاهر شده است که غلظت آلودگی را در این مناطق نشان می‌دهد. در جدول ۳ با توجه به تصاویر پهنه‌بندی مساحت لکه‌های آلودگی بر روی سطح آب برای چهار فصل ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهند که Non-Weathering در هر چهار فصل سال و به‌ازای هر دو حجم سناریو، آلودگی با سطح بیشینه در کنار ساحل و بصورت خطی از شرق مناطق ویژه پارس جنوبی تا خلیج نایبند امتداد یافته است. غلظت رنگ قرمز در این تصاویر، نقاط با ریسک بالا را نشان می‌دهند. نقاط با ریسک پایین‌تر نیز بصورت کم‌رنگ‌تر در کنار رنگ قرمز کاملاً مشهود هستند.

شکل ۶ وضعیت مواد و همچنین میزان آلودگی در فصول مختلف را بصورت خلاصه نشان می‌دهد. نمودار دایره-ای(الف) نشان می‌دهد که بیشترین درصد ماده آلوده کننده در این مطالعه مربوط به ماده Non-Weathering و نمودار (ب) نیز بیان می‌کند که بیشترین آلودگی در فصل بهار اتفاق افتاده است. بنابراین یک خطر جدی در مناطق بندرگاهی و همه خط ساحلی وجود دارد. با توجه به گستردگی مقدار آلودگی (جدول ۳) چنین استنباط می‌شود که در نزدیکی ساحل، آبهای به شدت آلوده‌ای هستند که شنا کردن و استفاده از ماهی‌ها و آبزیان، قطعاً برای سلامتی انسان مضر هستند (موحد و همکاران، ۱۳۹۵).

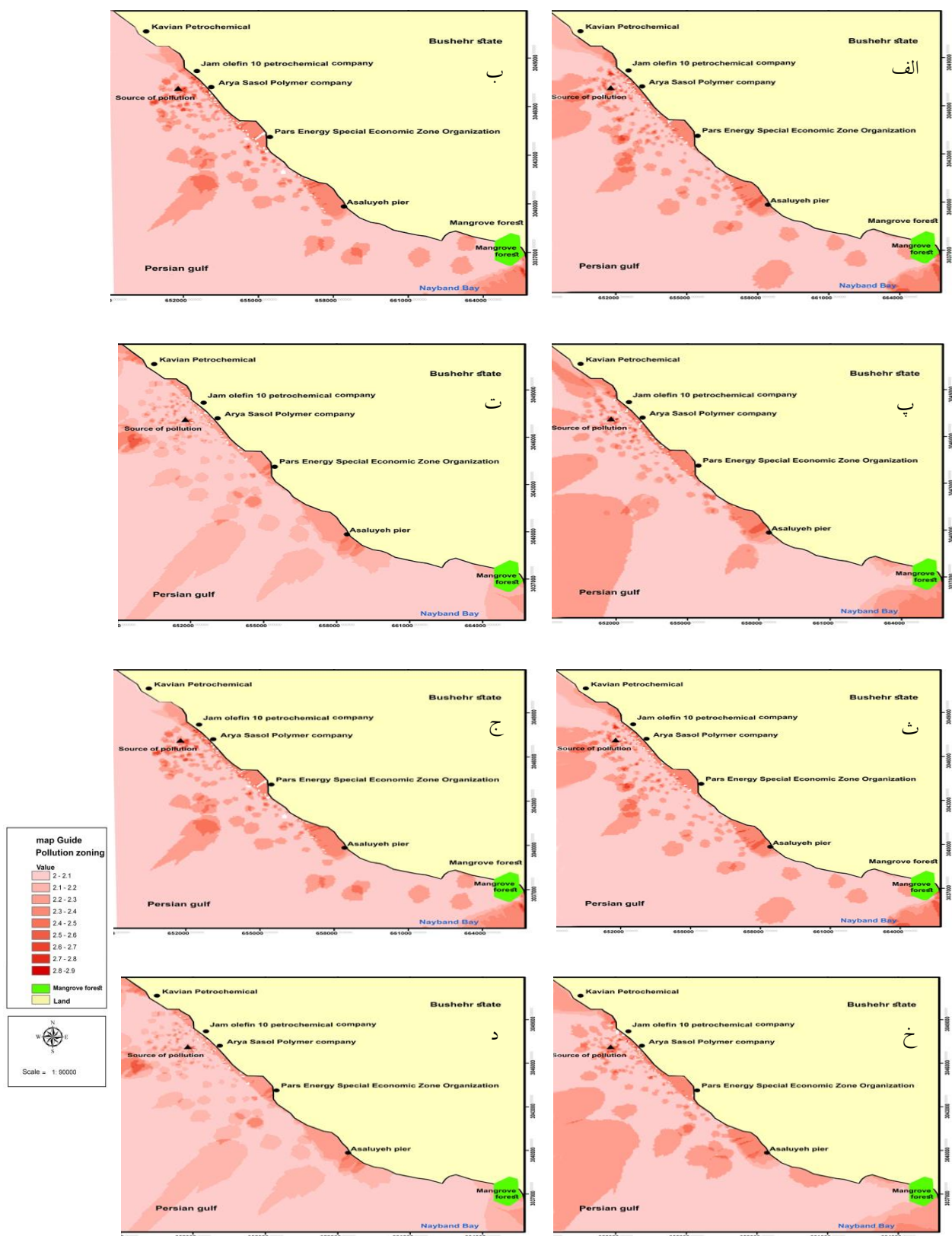
از مقایسه تصاویر مشابه بالا که در آنها تغییرات محسوسی مشاهده نمی‌شود نتیجه می‌شود که Non-Weathering بصورت خطی در امتداد ساحل از غرب عسلویه تا خلیج نایبند در تمام فصول و برای هر دو حجم سناریو گسترش یافته است. بنابراین برای این ماده، آلودگی با درجه بالا را نشان می‌دهد که معرف نقاط با ریسک بالاست. شکل ۴ نیز نتیجه پهنه‌بندی با استفاده از ArcGIS برای ماده نفتی Fuel oil 4 در دو حجم مختلف نتیجه شده است.

از مقایسه شکل‌های بالا نیز چنین تفسیر می‌شود که این ماده بصورت لکه‌لکه و مدل انفجاری در تمام نقاط ساحلی و نزدیک ساحل گسترده شده است. تصاویر زمستان برای این ماده و برای هر دو حجم سناریو نشان می‌دهد که لکه‌های با مساحت بیشتری نسبت به بقیه فصول در نقاط دور از ساحل شکل گرفته است، اما این پهن‌شدگی در مقایسه با فصل بهار از غلظت کمتری برخوردار است. شکل ۵ نیز سرنوشت ماده Fuel oil 6 را در این منطقه بررسی می‌کند.

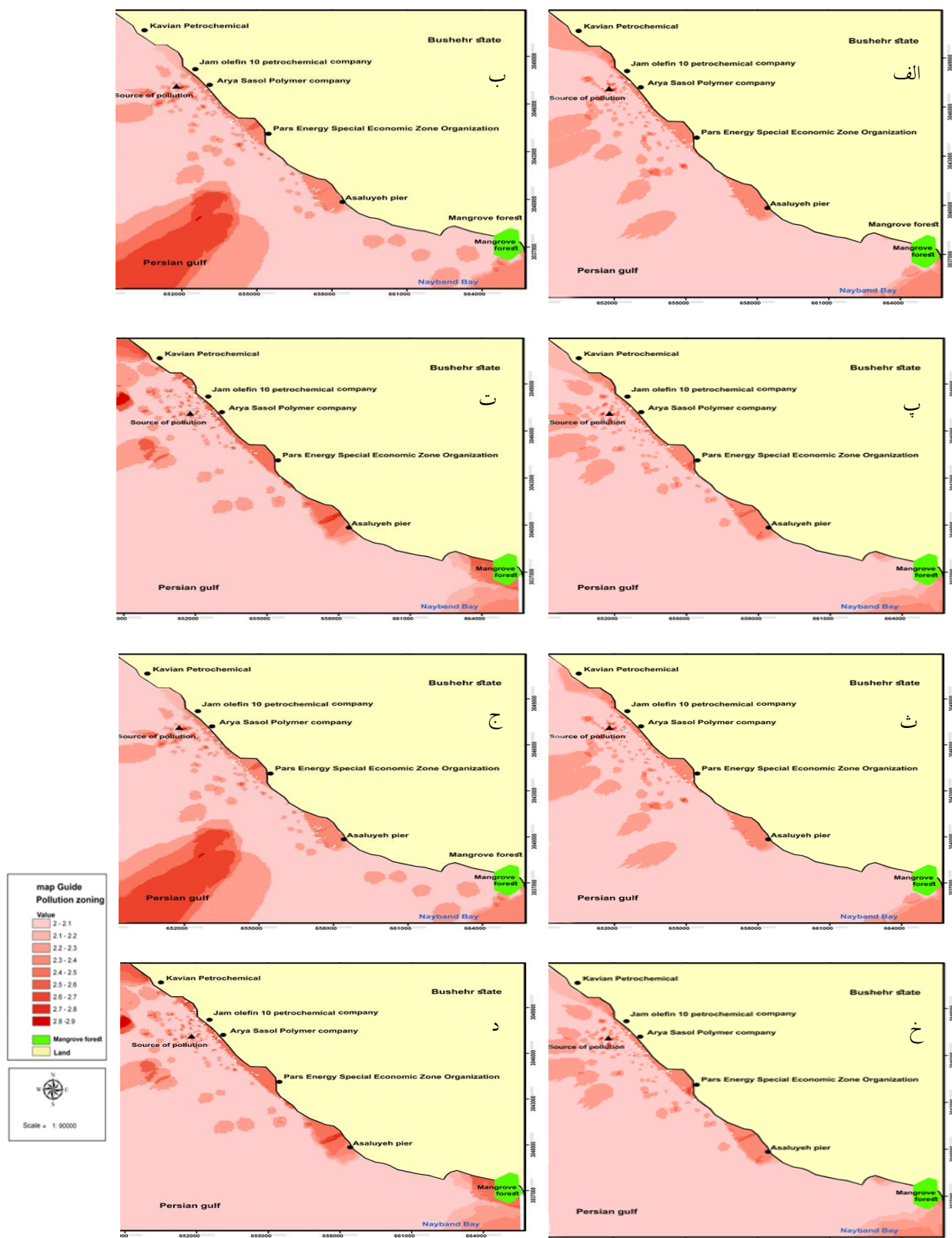
این ماده نیز در فصل بهار با غلظت بیشتری نسبت به بقیه فصول برای هر دو حجم سناریو در تصاویر کاملاً مشهود است. این ماده در فصل زمستان هم از نظر غلظت و هم از نظر پراکندگی میزان آلودگی کمترین وضعیت نسبت به بقیه فصول دارد. جهت و سرعت باد، جریان‌های آبی، دمای آب و پساب خروجی از مهمترین پارامترهایی بودند که در مدل استفاده شد. جهات و اندازه‌های مختلف باد برای چهار فصل در مدل اعمال شد. مقایسه خروجی مدل GNOME برای هر سه سناریو نشان می‌دهد ضمن اینکه انتشار آلودگی ناشی از پساب در قسمت شرقی عسلویه و تا نزدیکی منطقه هاله گسترش پیدا می‌کند بر غلظت و ماندگاری آلودگی نیز افزوده می‌شود. بنابراین در این مناطق یک آلودگی مستمر با سطح نسبتاً زیادی مشاهده می‌شود که با توجه به وجود مرجان‌ها و آبزیان خاص در این خلیج

جدول ۳: مساحت نقاط پر ریسک برای هر ماده و به تفکیک هر فصل

نوع ماده	حجم خروجی (m <sup>3</sup> )	مساحت لکه‌های آلودگی پر خطر در زمستان (مترمربع)	مساحت لکه‌های آلودگی پر خطر در بهار (مترمربع)	مساحت لکه‌های آلودگی پر خطر در تابستان (مترمربع)	مساحت لکه‌های آلودگی پر خطر در پاییز (مترمربع)
Non -Weathering	۱۰	۷۱۷۹۶۰	۱۰۴۸۹۵۱۰	۱۹۹۶۷۷۰	۵۵۴۹۳۸۰
Non -Weathering	۱۰۰	۱۰۶۳۰۹۶۰	۱۱۳۵۰۵۱۰	۱۸۶۲۹۶۸۰	۵۵۵۰۱۷۷۰
Fuel oil 4	۱۰	۲۷۳۳۴۰	۵۷۱۸۱۰	۶۳۱۲۰	۳۴۱۵۰
Fuel oil 4	۱۰۰	۲۵۳۰۷	۵۴۶۱۰	۹۲۹۱۰	۶۴۳۰
Fuel oil 6	۱۰	۱۵۳۵۰	۱۵۲۸۰۵۳۵	۱۱۸۷۰	۲۵۳۱۶۳
Fuel oil 6	۱۰۰	۱۳۰۶۰	۱۵۵۳۳۴۴۰	۲۲۱۴۷۰	۴۳۲۵۲۹

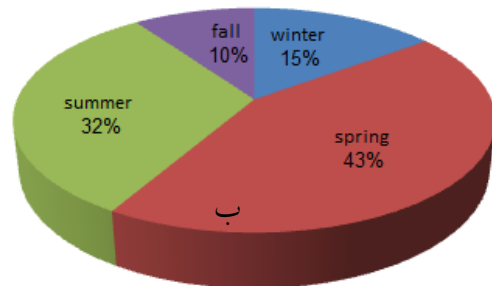
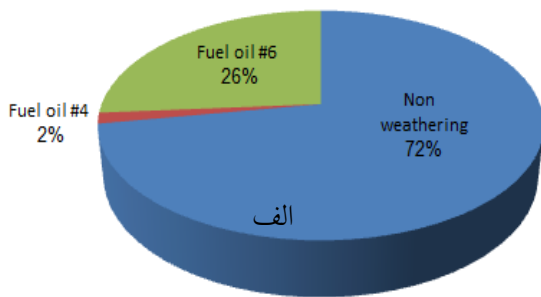


شکل ۴: پهنه‌بندی با ArcGIS برای ماده 4 Fuel oil نشان داده شده است. (الف) تابستان- (ب) بهار- (پ) زمستان و (ت) مربوط به فصل پاییز به ازای حجم ۱۰ مترمکعب می‌باشد. (ث) نیز برای فصل تابستان- (ج) مربوط به بهار- (خ) برای زمستان و (د) فصل پاییز به ازای حجم ۱۰۰ متر مکعب استخراج شده است.



شکل ۵: پهنه‌بندی با استفاده از آنالیزهای مبتنی بر ArcGIS برای ماده 6 Fuel oil را نشان می‌دهد. (الف) مربوط به فصل تابستان (ب) بهار- (پ) زمستان و (ت) مربوط به فصل پاییز به ازای حجم ۱۰ متر مکعب می‌باشد. (ث) نیز برای تابستان- (ج) مربوط به بهار- (خ) برای زمستان و (د) فصل پاییز به ازای حجم ۱۰۰ متر مکعب استخراج شده است.

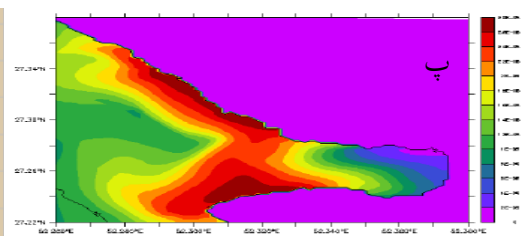
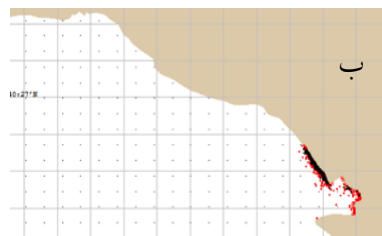
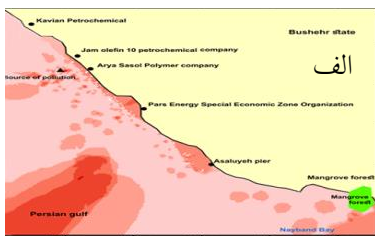




شکل ۶: نمودار دایره‌ای (الف) در صد هر ماده آلاینده و نمودار (ب) وضعیت آلودگی در فصول مختلف منطقه عسلویه

مقایسه می‌کند اما تصویر (الف) که یکی از خروجی‌های ArcGIS است سطح آلودگی را بصورت دقیق‌تر نشان داده است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که بدون توجه به حجم خروجی پالایشگاه‌ها و شرکت‌های پتروشیمی برای هر سه ماده سناریو، آلودگی با گستردگی مختلف و با درجات متفاوت در هر چهار فصل سال، مناطق ساحلی را در بر خواهد گرفت. با توجه به اینکه شغل خیلی از ساکنین محلی استفاده از دریاست، هشدار جدی وجود دارد که بیماری‌های مختلفی از قبیل ابتلا به انواع سرطان در این مناطق شایع شود (Rehman K et al, 2018).

از مقایسه بررسی سطح آلودگی در این منطقه که با نرم‌افزار MIKE 3 مورد مطالعه قرار گرفته است (بدری و همکاران، ۱۳۹۲) می‌توان تاییدی بر نتایج مطالعه حاضر دانست. نتایج آنها سطح آلودگی را در حدود ۶۲ کیلومتر مربع تا نزدیکی بنادر کنگان و سیراف نشان می‌دهد درحالی‌که نتایج مطالعه حاضر میزان دقیق‌تر (جدول ۳) برای مواد مختلف سناریو را نشان می‌دهند. خروجی مدل کوه‌رنس از آلودگی در منطقه (صدری‌نسب و همکاران، ۱۳۹۰) (شکل ۷) نیز تایید دیگری بر مطالعه حاضر است. شکل ۷ میزان آلودگی را در منطقه را با خروجی ۳ نرم‌افزار



شکل ۷: تصاویر الف و ب به ترتیب خروجی ArcGIS و GNOME (مطالعه حاضر) - تصویر (پ) خروجی مدل کوه‌رنس (صدری‌نسب و همکاران)

ایجاد می‌کند که معرف شرایط بحرانی است. از نظر پراکندگی و میزان پخش نیز ماده نفتی Fuel oil 6 در مناطق عسلویه و خلیج نایبند بدلیل جهت و شدت باد و جریان آبی منطقه در فصل بهار بیشتر از مواد دیگر بوده است. تصاویر غلظت آلودگی این ماده را نسبت به ماده Fuel oil 4 نشان دادند. اثر لبه‌ها و مرزهای خاص و هلالی‌شکل نایبند نیز باعث شده است تا آلودگی در این منطقه با غلظت بالا ماندگار شود. واضح است که با استفاده از مدل GNOME و همچنین استفاده از ArcGIS که دارای دقت بالایی در ارائه نقشه آلودگی می‌باشند می‌توان سناریوهای محتمل ریزش نفتی و پساب کارخانجات در این منطقه پیش‌بینی و در صورت بروز حوادث نفتی از آن استفاده کرد. بنابراین نتیجه می‌شود که

#### ۴. نتیجه گیری

نتایج بدست آمده نشان داد که با توجه به شرایط جوی و دریایی، لکه‌های نفتی و پساب تحت تاثیر جهت باد و جریانهای آبی منطقه به سمت جنوب شرقی خلیج فارس حرکت کرده و در خلیج نایبند بر غلظت آنها افزوده می‌شود. پساب منتشر شده با توجه به شرایط جوی و دریایی منطقه به سمت شرق عسلویه حرکت می‌کنند و پس از حداکثر ۷۲ ساعت به نایبند می‌رسند و در آنجا تجمع می‌کنند. خروجی‌های مدل و نتایج پهنه‌بندی نشان دادند که ماده نفتی Non-Weathering از بین سه ماده سناریو بیشترین آلودگی را در مناطق خلیج نایبند و هاله در فصل بهار

- Chao, S.Y., Kao, T.W., Al-hajri, K.R., 1992. A numerical investigation of circulation in the Persian Gulf, *J. Geophys. Res.*, 97, 11, 219-236. <https://doi.org/10.1029/92JC00841>
- Dehghani M, Nabipour I, Dobaradaran S., et al., 2014. Cd and Pb Concentrations in the Surface Sediments of the Asaluyeh Bay, Iran. *JCHR* ;3(1):22-30.
- Farzinger M., Zelina Z. I and Yasmi., 2011. oil spill modeling of diesel and Gasoline with GNOME around Rajae Port of Bandar Abbas, Iran. *iranian journal of Fisheries Sciences*, vol.10, no.1, pp 35-46. <https://doi.org/10.7901/2169-3358-2011-1-242>
- Fakhri A MM., 2016. Health Impact Assessment and its Contextual Influencing Factors in Iran. *Hakim Health Syst Res J* 2016;18(4):316-28.
- GNOME Users Manual., 2002. Hazardous Materials Response Division, National Oceanic and Atmospheric Administration office of Response and restoration (HAZMAT).
- Nabipour, I., 2013. Book Review: Guide to Health Impact Assessment in petroleum industry. *Iran South Med J*, 16(1):77-79.
- Kabiri k., 2017. Discovering optimum method to extract depth information for nearshore coastal waters from sentinel-2A Imagery-case study: Nayband Bay, Iran. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*. Sep 26; 42. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W4-105-2017>
- Leonov, A.V. and O.V., 2009. Chicherina, Biomass development and production created by microorganisms of lower trophic levels in the caspian sea ecosystem: Analysis of mathematical modeling results. *Water Resources*. 36(2): p. 177-197. <https://doi.org/10.1134/S0097807809020079>
- Lighthill, M. J., 1978. *Waves in Fluids*, New York: Syndicate University of Cambridge New York.
- مناطق شرق عسلویه و خلیج نایبند از مناطق پر خطر هستند. ارائه نقشه دقیق پخش درجه بندی میزان آلودگی جهت استفاده سازمان‌ها و شرکت‌های پتروشیمی، سازمان بنادر و دریانوردی، بخش محیط‌زیست و دیگر سازمان‌های مرتبط با محیط دریایی و ساحلی و صنعت توریست از نتایج نهایی این تحقیق است.

## منابع

- چشم سیاهی، و؛ رشیدی ابراهیم حصارى، ا. ۱۳۹۷. بازتولید مسیر انتشار آلودگی‌های نفتی منتشر شده از میادین نفتی ترکمنستان در فصول تابستان و پاییز. نشریه مهندسی دریا خالقی، س. ۱۳۹۶. ارزیابی ظرفیت ژئوتوریسم منطقه نایبند با روش پریرا، اولین کنگره بین المللی آب، خاک و علوم محیطی، تهران، همایش پردازان البرز، دانشگاه شهید بهشتی.
- سامی، س.؛ سلطان پور، م. ۱۳۹۰. رسوب شناسی سواحل غرب خلیج نایبند، نشریه مهندسی دریا.
- صدری نسب، م.؛ چگینی، و. ۱۳۹۰. مدل‌سازی عددی پخش آلودگی در خلیج نایبند، مجله علوم و فنون دریایی.
- فقیهی فرد، م.؛ بدری، م. ۱۳۹۲. حساسیت سنجی مدل‌های اغتشاشی به منظور تعیین الگوی بهینه جریان در آب‌های خلیج فارس. پانزدهمین کنفرانس دینامیک شماره‌ها. دانشگاه هرمزگان.
- قهرودی تالی، م.؛ محمدرضا، ت. ۱۳۸۸. آشکارسازی تغییرات لندفرم-های ساحلی منطقه عسلویه. مجله علمی پژوهشی سرزمین، شماره ۲۲.
- محمودی، س.م.، ۱۳۸۶. مدل‌سازی آلودگی در خلیج فارس با مدل کوهرنس. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.
- موحد، ا.؛ عابدی، ز.، ۱۳۹۵. تعیین خسارت آلودگی ناشی از پساب آب شیرین‌کن در پارس جنوبی. مجله آب و توسعه پایدار.
- Bergland, H., P.A. Pedersen, and J. Wyller., 2019. Accumulated marine pollution and dynamics. *Ecological Complexity*. 38: p. 56-74. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2019.03.001>
- Basar, E., Kose, E. and Guneroglu, A., 2006. Finding risky areas for oil spillage after tanker accidents at Istanbul strait. *International Journal of Environment and Pollution*, 27(4), 388-400. <https://doi.org/10.1504/IJEP.2006.010580>

- 10.1016/j.marpolbul.2016.03.022
- Safari M, Ramavandi B, Sanati AM, et al., 2018. Potential of trees leaf/brak to control atmospheric metals in a gas and petrochemical zone. *J Environ Manage* 2018; 222:12-20.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.026>
- Swift Stephen, A. and Bower Amy., 2003. S.Formation and circulation of dense water in the Persian Gulf, Woods Hole Oceanographic Institution. <https://doi.org/10.1029/2002JC001360>
- Perrone,T.J., 1981. Winter shamal in the Persian Gulf,Naval Environmental Prediction Res. Facility, Monterey,Galif.,Tech.Report I.R.79-06.
- Rehman, K., Fatima, F., Waheed, I., et al., 2018. Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. *J Cell Biochem* ; 119(1): 157-84. <https://doi.org/10.1002/jcb.26234>
- R.S. Kankara, S. Arockiaraj, K., 2002. Prabhu,. Environmental sensitivity mapping and risk assessment for oil spill along the Chennai Coast in India. *Marine Pollution Bulletin*. 2016.03.022. 1-9. <https://doi.org/>