



مرکز بررسی‌ها و مطالعات دریایی

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



سازمان بنادر و دریانوردی





نهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی  
**ICOPMAS 2010**  
 ۱۰ - ۸ آذر ماه (تهران)



**ارزیابی حساسیت زیست محیطی مناطق ساحلی به آلودگی نفتی با استفاده از GIS**

فریدون وفايي، استادیار، دانشکده عمران دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی، [fvafai@kntu.ac.ir](mailto:fvafai@kntu.ac.ir)،  
 وحید هادی پور، دانشجوی کارشناسی ارشد عمران، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی، [yahid\\_hadipour@yahoo.com](mailto:yahid_hadipour@yahoo.com)،  
 ابوذر هادی پور، کارشناس ارشد عمران، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی، [abha571@yahoo.com](mailto:abha571@yahoo.com)،  
 سید ابوالفضل موسوی، کارشناس ارشد GIS، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی، [amusavi54@yahoo.com](mailto:amusavi54@yahoo.com)

کلید واژه: مناطق ساحلی، آلودگی نفتی، دریای خزر، GIS، AHP

۱- مقدمه

مناطق ساحلی اراضی حساسی هستند که از دو سو تحت تاثیر آلودگی دریایی و خشکی قرار دارند. این مناطق دارای زیستگاهها و آبریزان حساس، منابع معدنی و تفرجگاهی قابل ملاحظه‌ای بوده و پشتوانه بسیار مهمی برای فعالیت‌های معیشتی، شیلات و صنایع حمل و نقل به شمار می‌آیند. آلاینده‌های دریایی به طور کلی شامل پسابهای صنعتی، زباله‌های شهری، تخلیه آب توازن و سستشوی کشتیها، نشت مواد نفتی ناشی از حوادث دریایی، زباله‌های اتمی و عوامل طبیعی می‌باشند، که نشت نفت و مشتقات آن از حیث ساختار متفاوت و نحوه انتشار در زمینه‌های بین‌المللی، سیاسی و اقتصادی حائز اهمیت می‌باشد. وجود نفت در دریا نه تنها محیط زیست آبی، بلکه سلامت انسان را نیز دچار لطمات جدی می‌نماید. مهمترین اثر آلودگی نفت در سواحل شامل پوشاندن سنگها، گیاهان و جانداران با لایه‌ای از نفت می‌باشد. همچنین بخشهایی از نفت که به وسیله هوا خوردن از لکه‌های نفتی جدا می‌شوند، در همه جا پخش شده و باعث از بین رفتن جاذبه‌های توریستی و درآمدهای اقتصادی می‌گردند [۱و۲].

امروزه انواع آلودگی‌های محیط‌های آبی (اقیانوسها، دریاها، دریاچه‌ها و رودها) به دلیل اهمیت آنها بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته‌اند. دریای خزر به عنوان بزرگترین دریاچه جهان نیز دچار انواع آلودگی‌ها می‌باشد. از آنجایی که این دریا حاوی ذخایر غنی انرژی (نفت و گاز) می‌باشد و اقتصاد کشورهای جدا شده از شوروی سابق بر روی همین ذخایر بنا نهاده شده، لذا خطر روزافزون آلودگی نفتی دریای خزر اجتناب‌ناپذیر است. مطالعات و تحقیقات نشان می‌دهد که با توجه به کمتر بودن عمق دریای خزر در بخش شمالی و بیشتر بودن عملیات اکتشاف و استخراج نفت در این بخش و با توجه به جهت جریان آب دریا (که به سمت بخش جنوبی است)، عملیات حمل و نقل مواد نفتی بیشتر به ضرر بخش جنوبی این دریا و در سواحل ایران باشد؛ هرچند که به دلیل بیشتر بودن عمق دریا در بخش جنوبی، این موضوع چندان مورد توجه قرار نگرفته است. با توجه به اهمیت دریای خزر از نظر شیلاتی، اقلیمی و اقتصادی و در نظر گرفتن این که سواحل شمال کشورمان در معرض آلودگی‌های نفتی ذکر شده قرار دارد و تاکنون هیچ اقدامی جهت تعیین مناطق حساس سواحل ایران در دریای خزر در مقابل آلودگی‌های نفتی انجام نشده است، ارائه روش‌هایی جهت توسعه مدل‌ها و بومی‌سازی معیارها و روش‌ها برای مناطق ساحلی دریای خزر ضروری است.

در حال حاضر علوم ژئوماتیک شامل سنجش از دور<sup>۱</sup> (RS)، سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۲</sup> (GIS) و سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) به عنوان یکی از مناسبترین و سریعترین روش‌های جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و کسب داده‌های به هنگام و دقیق مربوط به منابع زمینی، دریایی و محیطی جایگاه ممتازی یافته‌اند و به ابزاری کارآمد در مطالعات مربوط به مناطق ساحلی تبدیل شده‌اند، که در این تحقیق از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است.

<sup>۱</sup> . Remote Sensing

<sup>۲</sup> . Geographic Information System

در ایران تاکنون در زمینه ارزیابی حساسیت نفتی با به کارگیری GIS، تحقیقات جامعی صورت نگرفته، اما در نقاط مختلف دنیا در این خصوص تحقیقاتی انجام شده است. Erich و همکاران در سال ۱۹۸۱ تحقیقاتی بر روی حساسیت زیست محیطی سواحل نیجریه به آلودگی نفتی انجام دادند [۳]. در فاصله سالهای ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۳ پژوهشی بر روی سواحل جنوبی ویتنام جهت واکنش به آلودگی نفتی انجام شده است [۴]. در سال ۱۹۹۷، مؤسسه COWI اثرات زیست محیطی ناشی از آلودگی نفتی در دریای بالتیک را مورد بررسی قرار داد [۵]. در سال ۲۰۰۰، Mosbech و همکاران تحت حمایت وزارت انرژی و محیط زیست با همکاری مؤسسه جغرافیایی دانشگاه کپنهاگ، مؤسسه منابع طبیعی گرینلند و مؤسسه هواشناسی دانمارک تحقیقی بر روی سواحل غربی گرینلند جهت تعیین مناطق حساس ساحلی نسبت به آلودگی های نفتی انجام دادند. در این تحقیق ابتدا ساحل منطقه مورد نظر بر اساس معیارهای انسانی، بیولوژیکی و فیزیکی تقسیم بندی شد. سپس هر کدام از معیارها با توجه به اهمیتشان وزن دهی شدند و نقشه های آن توسط نرم افزار GIS تولید و پس از تلفیق تمامی نقشه ها، نقشه کلی حساسیت منطقه مورد نظر به ریزش های نفتی بر اساس اولویت حساسیت به ریزش نفتی تولید شد [۶].

در این مقاله، حساسیت زیست محیطی مناطق ساحلی استان مازندران به آلودگی نفتی با استفاده از GIS بررسی شده است. جهت رسیدن به این هدف، ابتدا نوار ساحلی بر اساس معیارهای انسانی، بیولوژیکی، هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی تفکیک می شود و سپس با استفاده از روش AHP به هر کدام از معیارها وزنی تعلق می گیرد و نقشه مربوط به هر کدام از معیارها در محیط نرم افزار GIS تولید می شود. در مرحله بعد نقشه های تولید شده با روش همپوشانی شاخص تلفیق شده و نقشه کلی حساسیت منطقه مورد نظر به آلودگی نفتی، تهیه و نتایج نهایی نیز بر اساس اولویت حساسیت به آلودگی نفتی رتبه بندی می شوند.

## ۲- روند انجام مطالعات

به منظور ارزیابی حساسیت زیست محیطی مناطق ساحلی به آلودگی، در ابتدا معیارهای مؤثر شناسایی شده و با جمع آوری داده ها و پردازش نقشه های اولیه برای هر کدام، لایه اطلاعاتی مورد نظر تهیه می شود. سپس لایه های پردازش شده با به کارگیری روش AHP بر اساس اهمیت وزن دهی می شود و در مرحله بعد با به کارگیری مدل های تلفیق لایه ها در GIS، درجه حساسیت هر منطقه نسبت به آلودگی نفتی مشخص و در نقشه های خروجی بر اساس اولویت نمایش داده می شود. جهت به دست آوردن وزن پارامترها به روش AHP در محیط Matlab برنامه نویسی شده است. همچنین برای آماده سازی لایه ها و رویهم گذاری و تلفیق آنها نرم افزارهای ArcGIS9 و Arcview3 به کار گرفته شده است.

### ۲-۱- تعیین پارامترها، جمع آوری و آماده سازی آنها

به طور کلی فرآیند تعیین حساسیت زیست محیطی شامل مراحل شناخت، تعیین معیارهای مؤثر و داده های مورد نیاز، بررسی ویژگی های محدوده مطالعاتی، جمع آوری و آماده سازی داده ها، تهیه نقشه های فاکتور، تلفیق لایه های اطلاعاتی و تهیه و نمایش خروجی می باشد. در این تحقیق ابتدا معیارهای مؤثر جهت تعیین حساسیت مناطق ساحلی به آلودگی نفتی به همراه داده های مورد نیاز از طریق مصاحبه با کارشناسان و افراد متخصص و بررسی تجارب کشورهای دیگر در این زمینه، تعیین می شود. در این مرحله یک تحلیل جامع روی مجموعه پارامترها صورت گرفته و همچنین تاثیر هر یک از پارامترها بر روی سایر عوامل به طور همه جانبه مورد بررسی قرار می گیرد [۷]. برخی از این معیارها به طور کلی عبارتند از:

- معیارهای انسانی: مکان های تاریخی و باستانی، مناطق اقتصادی، مکان های توریستی، بندر، شهرهای ساحلی و...
- معیارهای اکولوژیکی: مناطق حساس، مناطق حفاظت شده، اهمیت اکولوژیکی و تنوع زیستی آبیان و پرندگان دریایی، حساسیت نسبت به ریزش نفتی و...
- معیارهای هیدرودینامیک: جریان های دریایی، موج، باد و...
- معیارهای مورفولوژیک و شرایط ساحلی: صخره ای، شنی، ماسه ای، پوشش گیاهی و... [۶].

سپس با توجه به لیست عوامل تعیین شده در مرحله قبل، نقشه ها و داده های مربوط به هر فاکتور از منابع موجود جمع آوری می شود. ممکن است هر بخشی از این منابع توسط ارگان های مختلف و یا در فرمت ها و مقیاس های متفاوت تهیه شده باشند. نکته ای که باید در جمع آوری داده ها بدان توجه شود، این است که ماهیت و مقیاس اطلاعات متناسب با نیازها باشد. داده هایی که گردآوری می شوند، توسط سازمان ها و شرکت های مختلف و برای اهداف آن ارگان ها تهیه می شوند، به همین علت این داده ها غالباً دارای ویژگی های متفاوتی (مانند فرمت، مقیاس، سیستم تصویر و...) هستند. با توجه به هدف پروژه، محیط نرم افزاری مورد استفاده و نحوه اجرای آنالیزها، لازم است که داده های جمع آوری شده به فرمت قابل استفاده در نرم افزار و در مقیاس و سیستم تصویر یکسان درآیند تا بتوان پس از اجرای آنالیزها به جواب های قابل اطمینانی دست یافت [۸].

در این تحقیق بر اساس تجربیات گذشته و نظرات کارشناسان، خط ساحلی استان مازندران به فواصل مناسب تقسیم و برای هر کدام از این فواصل معیارهای مورد نظر تعیین و اطلاعات مربوط جمع‌آوری می‌شود. معیارهایی که در این تحقیق جهت تعیین حساسیت مناطق ساحلی دریای خزر به آلودگی نفتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند عبارتند از:

- معیارهای انسانی: مکان‌های توریستی، بنادر و شهرهای ساحلی
- معیارهای اکولوژیکی: مناطق حساس (حساسیت کم، حساسیت متوسط، حساسیت زیاد)، پرندگان
- معیارهای هیدرودینامیک: موج (ساحل پرانرژی، ساحل کم‌انرژی)
- معیارهای مورفولوژیک و شرایط ساحلی: ساحل شنی، دشت‌های سیلابی

در این مرحله اطلاعات موجود یکسان‌سازی شده، تا قابل استفاده در محیط نرم‌افزار GIS گردد. در تعیین حساسیت مناطق ساحلی به آلودگی نفتی دو فرآیند وزن‌دهی به پارامترهای مؤثر و تلفیق پارامترها با توجه به وزن‌های محاسبه شده برای آنها، بسیار مهم می‌باشد که در ادامه به تشریح آن می‌پردازیم.

## ۲-۲- وزن‌دهی به معیارها

پس از شناسایی معیارهای حساسیت و طبقه‌بندی آنها و بررسی نحوه تأثیر آنها، باید میزان اهمیت کلاسها نیز به صورت کمی محاسبه گردد. یکی از مهم‌ترین و مشکل‌ترین مراحل تصمیم‌گیری، مرحله وزن‌دهی به معیارها می‌باشد، که می‌تواند عدم قطعیت قابل توجهی در فرآیند تصمیم‌گیری ایجاد نماید. استخراج و تعیین وزن گامی مهم در استخراج معیارهای تصمیم‌گیری است. وزن داده شده به صورت یک عدد در ارزیابی دخالت داده می‌شود، که این عدد بیانگر اهمیت نسبی آن معیار نسبت به سایر معیارها در شرایط خاص است. روش‌های وزن‌دهی مختلفی جهت ارزیابی اهمیت معیارها برای تصمیم‌گیران وجود دارد که تفاوت این روش‌ها در اصول تئوری، دقت، سهولت کاربرد و قابل فهم بودن آنها برای تصمیم‌گیران است. کاربردهای عملی نشان داده‌اند که روش تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱</sup> (AHP) از مؤثرترین تکنیک‌ها در تصمیم‌گیری‌های مکانی که با استفاده از GIS انجام می‌گیرد، می‌باشد. بطور کلی از مهمترین مزایای این روش می‌توان به مواردی مانند دقت بالا در وزن‌دهی و قابلیت انعطاف‌پذیری و اعتمادپذیری بالا اشاره کرد [۸].

روش AHP توسط محقق به نام Saaty در سال ۱۹۸۰ ارایه گردید و از آن در زمینه‌های مختلفی استفاده شده‌است. در این روش جهت وزن‌دهی به معیارها از روش مقایسه زوجی استفاده می‌شود. بدین‌صورت که تصمیم‌گیرندگان معیارها و زیرمعیارهای هر پارامتر را فقط به صورت دو به دو مقایسه می‌کنند و نیازی به وزن‌دهی همزمان تمامی معیارها وجود ندارد. از آنجایی‌که در این روش‌ها همه پارامترها بصورت یکجا با هم مقایسه نشده و معیارها دو به دو با هم مقایسه می‌شوند در نتیجه وزن‌دهی با دقت بیشتری انجام می‌گیرد. در صورتیکه در مقایسه زوجی معیارها سازگاری وجود نداشته باشد، این عدم سازگاری قابل محاسبه بوده و می‌توان آنرا تصحیح نمود [۹ و ۱۰].

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مساله را بصورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد، به علاوه بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. علاوه از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا نهاده شده است. [۹ و ۱۱].

برای محاسبه وزن در ابتدا ماتریس مقایسه تشکیل و پارامترها بصورت زوجی با هم مقایسه و اهمیت نسبی آنها سنجیده می‌شود. به منظور محاسبه وزن نسبی دو معیار نسبت به همدیگر، اهمیت نسبی آنها به صورت عباراتی نظیر کاملاً مهمتر، اهمیت خیلی قوی و... بیان می‌شود. هر یک از این عبارات مطابق با جدول (۱) به امتیازی بین ۱ تا ۹ تبدیل می‌شود که به آنها وزن نسبی گفته می‌شود. جدول (۱) در حقیقت مقیاسی برای مقایسه دوتایی می‌باشد و با استفاده از این جدول، نظرات کارشناسان به اعداد تبدیل می‌شود. بعد از انجام مقایسه دوتایی، اعداد مقایسه دوتایی حاصل در قالب ماتریسی با عنوان ماتریس مقایسه آورده می‌شود. در این ماتریس درایه  $a_{ij}$  نتیجه مقایسه معیار  $j$ ام با معیار  $i$ ام با توجه به جدول (۱) می‌باشد. معیار اصلی برای پذیرفتن مقایسه‌های زوجی این است که مقایسه‌ها با هم سازگار باشند، چنانچه نرخ ناسازگاری<sup>۲</sup> کمتر از ۰/۱ باشد، سازگاری سیستم قابل قبول است، وگرنه باید در قضاوت‌ها تجدید نظر نمود. بعد از آماده شدن ماتریس مقایسه و قابل قبول بودن سطح سازگاری آن، وزن پارامترها از روش بردار ویژه محاسبه می‌شود [۹]. در این تحقیق جهت وزن‌دهی از روش AHP استفاده شده است که نتایج حاصل از آن در جدول (۲) ارائه شده است:

<sup>۱</sup>. Analytic Hierarchy Process

<sup>۲</sup>. Inconsistency Ratio

جدول ۱: مقیاس امتیازدهی در مقایسه دو به دو عوامل معیارها

مقدار عددی	اهمیت یک معیار نسبت به دیگری
۹	کاملاً مهمتر و یا کاملاً مطلوبتر
۷	اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مهمتر یا کمی مطلوبتر
۱	اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۸ و ۶ و ۴ و ۲	اهمیت یا مطلوبیت بین فواصل فوق

جدول ۲: وزن‌دهی به معیارها با روش AHP

زیرمعیارها	معیارها	پارامترهای اصلی
-	بنادر (۰/۱۸)	انسانی (۰/۴۵)
-	شهرهای ساحلی (۰/۵۲)	
-	مناطق توریستی (۰/۳)	
حساسیت کم (۰/۱۱)	مناطق حساس (۰/۶۷)	بیولوژیک (۰/۲۶)
حساسیت متوسط (۰/۳۱)		
حساسیت زیاد (۰/۵۸)		
-	پرندگان (۰/۳۳)	مورفولوژیک (۰/۲)
-	ساحل شنی (۰/۶۷)	
-	دشتهای سیلابی (۰/۳۳)	
ساحل پرانرژی (۰/۶۷)	موج (۱)	هیدرودینامیک (۰/۰۹)
ساحل کم‌انرژی (۰/۳۳)		

### ۳-۲ تلفیق لایه‌ها در GIS

در این مرحله با توجه به پارامترهای موجود و ویژگیهای آنها و پس از بررسی و ارزیابی همه جانبه مدل‌های موجود و نحوه اجرای آنها روی پارامترهای متفاوت و نیز دقت هر یک، مدل مناسب برای تلفیق لایه‌ها انتخاب می‌گردد. مدل‌های شاخص در این زمینه عبارتند از: مدل منطق بولین، مدل همپوشانی شاخص و مدل منطق فازی<sup>۱</sup>. مدل‌های تلفیق با استفاده از توابع و عملگرهای مختلف ریاضی و اعمال آنها بر روی ارزش هر پیکسل در لایه‌های مختلف، این ارزشها را با یکدیگر تلفیق کرده و به این ترتیب ارزش نهایی هر پیکسل با در نظر گرفتن تمام لایه‌های تصمیم‌گیری، محاسبه می‌شود [۸].

در مدل همپوشانی شاخص ابتدا به فاکتورهای مؤثر بر اساس اهمیت و نقش آنها و با توجه به نظرات کارشناسی، وزنی تعلق می‌گیرد. این وزن به صورت عددی و در بازه مشخصی تعیین می‌شود. در این روش علاوه بر اعمال وزن هر فاکتور نسبت به دیگر فاکتورها، به هر یک از

<sup>۱</sup>.Fuzzy Logic Model

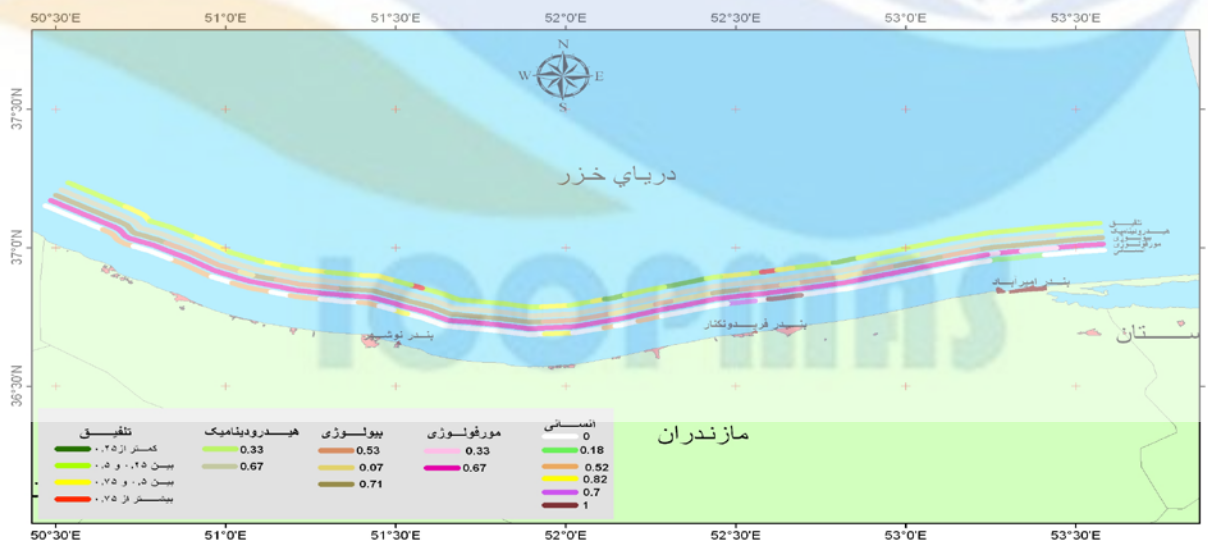
کلاس‌ها و واحدهای مکانی موجود در فاکتور، بر اساس اهمیت نسبی و نظرات کارشناسان وزنی تعلق می‌گیرد. بعد از اتمام عملیات وزن‌دهی، فاکتورها بر اساس رابطه (۱) با یکدیگر تلفیق می‌شوند و مقادیر مربوط به ارزش پیکسل‌ها در نقشه خروجی بدست می‌آید.

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{ij} W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1)$$

در این رابطه،  $\bar{S}$  ارزش هر واحد پیکسلی در نقشه خروجی می‌باشد،  $W_i$  وزن آامین نقشه ورودی و  $S_{ij}$  امتیاز آامین کلاس از آامین نقشه است. با توجه به ویژگی‌ها و روش اجرای مدل همپوشانی شاخص، پیکسل‌های خروجی قابل اولویت‌بندی بر اساس مقادیر حاصله می‌باشند، در نتیجه موقعیت‌های مناسب ارزش بیشتری دارند. در مقایسه با مدل منطق بولین این مدل انعطاف پذیری بیشتری در ترکیب ورودی‌ها و رتبه‌بندی خروجی‌ها دارد، ولی ماهیت خطی و عدم توانایی آن در تعیین تغییرات وزنی مربوط به مرز کلاس‌های موجود در هر فاکتور، از جمله معایب آن محسوب می‌شوند. برخی راه‌حلهایی که برای کاهش این خطا پیشنهاد می‌شود، کاهش بازه تعریف کلاس‌ها با توجه به دقت مورد نیاز و به تبع آن افزایش تعداد کلاس‌ها و یا به‌کارگیری مدل‌های فازی برای وزن‌دهی و تلفیق پارامترها می‌باشد. در این تحقیق، بعد از منتقل کردن اوزان به لایه‌ها، لایه‌های وزن‌دار شده توسط مدل همپوشانی شاخص با یکدیگر تلفیق می‌شوند و از تلفیق آنها میزان مناسب برای تمام نواحی منطقه مطالعاتی تعیین می‌شود.

### ۳- نتایج و یافته‌ها

پس از اجرای مدل‌های تلفیق، نتایج در قالب نقشه‌های خروجی حساسیت زیست‌محیطی هر ناحیه با مقدار آن نمایش داده می‌شود و در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌گیرد. شکل (۱) نتایج حاصل از تلفیق لایه‌ها توسط نرم‌افزار GIS را به همراه حساسیت نسبی آنها در محدوده استان مازندران نشان می‌دهد. در نتایج به دست آمده، شاخص حساسیت کمتر از ۰/۲۵ معرف حساسیت نسبی کم، شاخص بین ۰/۲۵ تا ۰/۵۰ نشان‌دهنده حساسیت متوسط، شاخص حساسیت بین ۰/۵۰ تا ۰/۷۵ معرف حساسیت زیاد و شاخص حساسیت بالاتر از ۰/۷۵ نشان‌دهنده حساسیت خیلی زیاد نسبت به آلودگی نفتی می‌باشد. همانگونه که در نقشه مشخص است بیشتر مناطق ساحلی مازندران دارای حساسیت متوسط و مناطق نزدیک به بندر نوشهر و بندر فریدونکنار دارای حساسیت خیلی زیاد نسبت به آلودگی نفتی هستند.



شکل ۱: نقشه حساسیت زیست‌محیطی مناطق ساحلی استان مازندران به آلودگی نفتی

### ۴- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله، حساسیت مناطق ساحلی استان مازندران به آلودگی نفتی با وزن‌دهی به معیارهای تاثیرگذار با روش AHP و تلفیق لایه‌ها با روش همپوشانی شاخص توسط نرم‌افزار GIS ارزیابی شد، که نتایج به دست آمده نشان می‌دهد نرم‌افزار GIS یک نرم افزار جامع و کامل و ابزاری جهت تعیین مناطق حساس ساحلی به ریزش نفتی و نحوه مقابله با آن می‌باشد.

بیشترین اثرات مهم آلودگی نفتی، اثر بر روی اکوسیستم‌های طبیعی، محیط‌های اجتماعی و اقتصادی می‌باشد، که با توجه به اهمیت بسیار زیاد مناطق ساحلی دریای خزر، مدیریت مناسب این مناطق در راستای توسعه پایدار آن اهمیت خاصی دارد و باید به طور جدی در نظر گرفته شود.

از آنجا که دریای خزر دارای منابع عظیم نفتی می‌باشد، همواره احتمال ریزش نفتی در حین استخراج، حمل و نقل و... وجود دارد. با توجه به این که نوار ساحلی شمالی ایران با طول نسبتاً زیاد همواره در معرض اثرات منفی ناشی از ریزش نفتی قرار دارد، بنابراین تعیین مناطق حساس ساحلی به آلودگی‌های نفتی بسیار ضروری است. نتایج نشان می‌دهد بیشتر مناطق ساحلی مازندران دارای حساسیت متوسط و مناطق نزدیک به بندر نوشهر و بندر فریدون‌کنار دارای حساسیت خیلی زیاد نسبت به آلودگی نفتی هستند، که بایستی راهکارهای لازم جهت حفاظت این مناطق در هنگام آلودگی نفتی در نظر گرفته شود.

مدل حساسیت زیست‌محیطی به آلودگی نفتی و نقشه‌های تعیین حساسیت، می‌تواند به عنوان ابزارهایی در اختیار کارشناسان جهت شناسایی منابع در معرض خطر قرار گیرد، تا با اولویت‌بندی این مناطق، واکنش مناسب جهت پاکسازی آلودگی و حفاظت از مناطق حساس‌تر را در کوتاهترین زمان ممکن انجام دهند.

نیاز به اعمال مدیریت یکپارچه در مناطق ساحلی تنها یک مسأله ملی نیست، بلکه در سطح بین‌المللی نیز بیشتر کشورها سعی نموده‌اند با برقراری مدیریت یکپارچه فعالیتهای خود را در عرصه‌های ساحلی طوری انجام دهند، که حداقل آسیب به محیط‌زیست وارد شود. با توجه به اهمیت این مسئله، موضوع مدیریت یکپارچه سواحل از طرف مجامع و سازمانهای بین‌المللی نظیر سازمان ملل مورد توجه قرار گرفته که نشانگر جایگاه والای موضوع حفظ منابع طبیعی در سطح جهانی است، بنابراین برنامه‌ریزی برای مدیریت جامع مناطق ساحلی بدون مطالعه و بررسی عمیق وضعیت و شرایط طبیعی، ملاحظات مهندسی محیط‌زیست، ارزیابی و پیش‌بینی اثرات امکان‌پذیر نیست که این تحقیق در راستای تحقق بخشیدن به این هدف صورت گرفته است.

## مراجع

- [۱] شریفی‌پور رزیتا، دانه‌کار افشین، نوری جعفر، "ارزیابی حساسیت فیزیکی نوار ساحلی استان بوشهر بر اساس شاخص حساسیت زیست‌محیطی (ESI)"، مجله علوم محیطی، شماره ۷، صفحه ۵۲-۴۵، بهار ۱۳۸۴.
- [۲] ناصر هراتی سید امیر، "بررسی مکانیزم پخش آلودگی نفتی با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۳.
- [3] Dr.Erich R.Gundlach, Miles O.Hayes And Charles D.Getter, "Sensitivity Of Coastal Environments To Oil Spills" Research Planning Institute, Inc., 925 Gervais Street, Columbia, South Carolina, U.S.A
- [4] "oil spill response experiences southern vietnam", International Oil Spill Conference, 2005
- [5] <http://www.cowi.com>
- [6] Mosbech, A. Et al. (2000), "Environmental Oil Spill Sensitivity Atlas for the West Greenland Coastal Zone Internet-version", Ministry of Environment and Energy, the Danish Energy Agency, June 2000.
- [7] Malczewski, J., "GIS and Multi Criteria Decision Analysis". 1st edition. John Wiley & Sons INC, 1999.
- [۸] هادی پور ابوذر، "تعیین مناطق مناسب آبی‌پروری در سواحل با استفاده از GIS و ارزیابی چند معیاره"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۶.
- [9] Saaty, T. L., "The Analytic Hierarchy Process", New York, McGraw-Hill International, 1980.
- [۱۰] قدسی پور ح، "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۴.
- [11] Marinoni O, Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS, Computers & Geosciences 30, 2004.

## Environmental Sensitivity to Oil Pollutants in Coastal Areas Based on GIS

*F. Vafae,*  
*V. Hadipour,*  
*A. Hadipour,*  
*A. Mousavi*

### Abstract

Coastal areas are highly sensitive zones which are exposed to ecological conditions of land and sea. These zones form habitats for sensitive aquatics and provide remarkable mineral resources as well as a tourism destination. A wide range of human activities are ongoing in such areas from transportation to fishery. Oil pollutants can negatively affect both human and animal life. Oil pollution destroys animal habitats and affects human activities as well as their food resources. Such pollution is far more important in oceans. Today Caspian Sea is considered to be one of the most polluted seas in the world. Since it contains huge reserves of gas and oil, its neighboring states have focused on such matters recently. This article intends to have a study on the environmental sensitivity (especially, marine environment) against oil pollutants. Authors seek to unveil dire consequences of such events in coastal areas.

**Keywords:** *coastal area, sensitivity, ecological conditions, oil pollution*

ICOPMAS