

# تعیین اولویت‌ها و تولید نقشه خطرپذیری مناطق ساحلی به ریزش‌های نفتی با مقایسه روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل شبکه‌ای - مطالعه موردی سواحل استان بوشهر

حامد خدادوست<sup>۱\*</sup>، فریدون وفایی<sup>۲</sup>، وحید هادی‌پور<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های دریایی دانشکده عمران و محیط زیست - دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی تهران

<sup>۲</sup> دانشیارگروه محیط زیست دانشکده عمران و محیط زیست - دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی تهران

<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست دانشکده عمران و محیط زیست - دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی تهران

## چکیده

با توجه به گسترش ایجاد آلودگی‌های نفتی به واسطه توسعه صنایع نفت و زیرساخت‌های مرتبط با آن در قرن اخیر، تعیین اولویت‌های تصمیم‌گیری در مناطق حساس ساحلی به ریزش‌های نفتی بسیار اهمیت دارد. در این مطالعه با بهره‌گیری از گزارشات انجام شده در زمینه شاخص‌های حساسیت محیط زیستی در مناطق ساحلی و به کاربردن روش دلفی در تعیین معیارها و زیرمعیارهای موثر، در راستای تنظیم مولفه‌های خطرپذیری خطوط ساحلی به آلودگی نفتی گام برداشته شد. در نهایت با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و تحلیل شبکه‌ای به تعیین اولویت‌های شاخص‌ها در ارزیابی خطرپذیری خطوط ساحلی به ریزش‌های نفتی در استان بوشهر پرداخته شد. این مطالعه مقایسه اولویت‌ها را با بهره‌گیری از نرم‌افزار Expert choice برای فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و نرم‌افزار Super Decisions برای فرآیند تحلیل شبکه‌ای در چارچوب روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام می‌دهد. بر این اساس منابع بیولوژیک، منابع اجتماعی-اقتصادی، وضعیت آلودگی و مشخصات فیزیکی ساحل و زیرمعیارهای مرتبط اولویت‌بندی شدند. در نهایت با جمع‌آوری اطلاعات مولفه‌ها و با توجه به ضرایب وزن محاسبه شده از دو مدل با تلفیق همپوشانی شاخص، نقشه خطرپذیری نهایی سواحل استان بوشهر تولید گردید.

## اطلاعات مقاله

ناریخچه مقاله:

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۰۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۲۲

کلمات کلیدی:

ریزش نفتی

خطرپذیری خطوط ساحلی،

تحلیل سلسله‌مراتبی،

تحلیل شبکه‌ای،

دلفی

سواحل استان بوشهر

GIS

## Determining Priorities and Mapping Oil Spill Hazards Index in Shorelines by Comparison AHP Method and ANP Method (Case Study: Shoreline of Bushehr Province)

Hamed Khodadoust<sup>1\*</sup>, Freidoun Vafai<sup>2</sup>, Vahid Hadipour<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Msc student of coastal Eng. of Khaje nasir university-civil faculty, Tehran; hkhodadoust@mail.kntu.ac.ir

<sup>2</sup> Assist prof. of Environment, Dept. Khaje nasir university-civil faculty, Tehran; fvafai@gmail.com

<sup>3</sup> PhD student of Environmental Eng. of Khaje nasir university-civil faculty, Tehran; vahidhadipour85@gmail.com

## ARTICLE INFO

Article History:

Received: 23 Jan. 2016

Accepted: 11 Jun. 2016

Keywords:

Oil spill

shoreline's hazard

ANP

AHP

Delphi

Shoreline of Bushehr Province

GIS

## ABSTRACT

With the increase in the pollution caused by oil industry developments and related infrastructures in the last century, setting priorities for decisions in sensitive coastal areas to oil spills is important. This study uses the reports in the field of environmental sensitivity index in shorelines and applies the Delphi method to determine the criteria and sub-criteria allowed for adjusting the effective hazard components of the shoreline to pollution. Finally, using hierarchical analysis and network analysis methods helped in determining the priorities of the indexes in the evaluation of the shoreline hazards to oil spills. This study compares priorities by utilizing Expert Choice software for hierarchical analysis and Super Decisions software for network analysis process within the framework of multi-criteria decision-making methods. Based on this, biological resources, socio-economic resources of pollution, the physical characteristics of the shorelines, and the related sub-criteria were prioritized. Accordingly the final ANP/AHP maps are produced by using Index Overlay method.

## ۱ - مقدمه

مناطق ساحلی اراضی حساسی هستند که از دو سوی تحت تأثیر اکولوژی دریا و خشکی قرار دارند. این مناطق دارای زیستگاه‌ها و آبزیان حساس، منابع معدنی و تفرجگاهی قابل ملاحظه‌ای بوده و پشتوانه بسیار مهمی برای فعالیت‌های معیشتی، شیلات و صنایع حمل و نقل به شمار می‌آیند. امروزه از هر سه نفر یک نفر در یک-صد کیلومتری از دریا زندگی می‌کند، ۴۴ درصد از جمعیت جهان در ۱۵۰ کیلومتری آن سکنی دارند و دو سوم از شهرها با بیش از ۲/۵ میلیون سکنه در مناطق ساحلی قرار گرفته‌اند. مهاجرت از اراضی داخلی به سمت مناطق ساحلی به طور روز افزونی همچنان ادامه دارد. چنین رشدی تعارضات موجود بین استفاده‌های بی‌رویه از منابع آب و خشکی را به طور چشمگیری تشدید خواهد کرد و از آن جا که ناحیه ساحلی آخرین پذیرنده آلاینده‌های خشکی و دریایی است تجمع آلاینده‌ها، این مناطق را در معرض تهدید دائمی قرار می‌دهد. [۱] بدون شک در راستای توسعه پایدار، شناخت جنبه‌های گوناگون حاکم بر این گونه مناطق کمک شایانی در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی خواهد داشت. در راستای دستیابی به توسعه پایدار دو مفهوم کلیدی وجود دارد. یک مفهوم توجه به نیازهای عدالت محور و تاکید بر حفاظت قابلیت زیست محیطی را خاطر نشان می‌کند و مفهومی دیگر همواره به این مطلب اشاره دارد که نگرانی‌های ناشی از تخریب محیط زیست نمی‌توانند منجر به عدم اجرای طرح‌های توسعه در محیط زیست گردند. [۲]

شاخص‌های خطرپذیری انسانی، اجتماعی و طبیعی برای آلودگی‌های نفتی در مناطق مختلف جهان انجام می‌گیرد. در منطقه دریایی آمازون، بنا به تنوع وسیع فعالیت‌های انسانی و خدمات و میزان قابل توجه آلودگی نفتی ناشی از فرآیندهای حمل و نقل و انباشت و پاکسازی مخازن به تولید شاخص خطرپذیری به عنوان اولین قدم در بحث مدیریت یکپارچه سواحل (ICZM) پرداخته شد. تحلیل گسترده منطقه شامل معیارهایی چون، واحدهای ژئومورفولوژیکی، فعالیت‌های اقتصادی، درآمد و تحصیلات جمعیت انسانی منطقه بود. برای تولید نقشه شاخص خطرپذیری، پس از اولویت‌بندی عوامل، بر مبنای معیارها تعیین شده از سیستم GIS استفاده شد. [۳]

در این مطالعه با جمع‌آوری شاخص‌های موثر بر خطرپذیری مناطق ساحلی با بهره‌گیری از راهنمای شاخص حساسیت محیط زیستی<sup>۱</sup> و تثبیت نهایی این شاخص‌ها با استفاده از روش دلفی، به تعیین اولویت‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره پرداخته می‌شود. در نهایت با به کارگیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و فرآیند تحلیل شبکه‌ای به تشکیل ضرایب اهمیت و اولویت معیارها

و زیرمعیارهای مساله و در نتیجه به مقایسه‌ی پاسخ‌های این دو روش پرداخته می‌شود.

براین اساس بحث و بررسی در مورد اختلاف نتایج حاصل از دو روش انجام می‌گیرد. نتایج این مطالعه در راستای پیشگیری، سنجش ظرفیت پاکسازی طبیعی، ایجاد زیرساخت‌ها جهت پاکسازی و اقدامات مقتضی در مواجهه با شرایط آلودگی نفتی از منظر برنامه ریزی و اجرا برای مدیران و تصمیم‌گیران مناطق ساحلی ضروری است.

## ۲- ساختار مطالعه

این مطالعه با بررسی شاخص‌های موثر بر خطرپذیری به مفهوم ظرفیت تحت اثر بودن منطقه نسبت به خطر به اولویت بندی معیارها می‌پردازد. در بخش اول تعیین معیارها و زیرمعیارهایی که خطرپذیری خطوط ساحلی را تحت تاثیر قرار می‌دهند، انجام می‌گیرد. این بخش با جمع‌آوری شاخص‌های راهنمای حساسیت محیط زیستی و بهره‌گیری از روش دلفی در تثبیت نهایی عوامل صورت می‌پذیرد. در بخش دوم روش مطالعه به معنی بررسی فرآیندهای روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل شبکه‌ای در چارچوب تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره انجام می‌گیرد. در بخش سوم اجرای مدل به مفهوم تعیین اولویت‌ها در ارزیابی خطرپذیری مناطق ساحلی به ریزش‌های نفتی با استفاده از دو روش تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل شبکه‌ای شکل می‌گیرد. در نهایت در بخش پایانی به تحلیل نتایج حاصل از تکنیک‌های ارزیابی چند معیاره پرداخته که طی آن مقایسه نتایج حاصل شده و تفاوت‌های موجود در راه‌حل‌ها پرداخته می‌شود.

## ۲-۱ تعیین معیارها و زیر معیارهای موثر

۲-۱-۱ گزارشات راهنمای شاخص حساسیت محیط زیستی  
شاخص حساسیت محیط زیستی<sup>۲</sup> به صورت نقشه‌هایی که جز یکپارچه‌ای از برنامه ریزی و واکنش در ارتباط با ریزش‌های نفتی از سال ۱۹۷۹ میلادی، در روزهایی که اولین نقشه‌های حساسیت محیط زیستی همزمان با مواجهه با لکه نفتی حاصل از حادثه فوران چاه نفتی در خلیج مکزیک تهیه گردید. از آن زمان اطلس نقشه‌های حساسیت برای بیشتر مناطق ساحلی ایالات متحده تنظیم گردید. در نهایت الزامات برنامه ریزی‌های احتمالی نشت آلودگی نفتی از سال ۱۹۹۰ تدوین شد و قوانین مشابهی توسط بسیاری از کشورها با محوریت دستیابی به اطلاعات موثر در محل منابع حساس محیط زیستی ساحلی تصویب گردید که به عنوان زیربنایی برای تعیین اولویت‌های حفاظت استفاده می‌شود. [۴]

شاخص‌های اصلی این راهنما به منظور تدوین اطلاعات پر اهمیت شامل سه بخش مشخصات ساحلی، منابع بیولوژیک و منابع انسانی

جدول ۱ - معیارها و زیرمعیارهای خطرپذیری مناطق ساحلی

هدف	معیارها	زیرمعیارها
خطرپذیری مناطق ساحلی به ریزش‌های نفتی	فیزیک ساحل (مشخصات ساحلی)	هیدرودینامیک
		جنس ساحل
		شیب ساحل
منابع بیولوژیک	منابع بیولوژیک	باد
		ارزندگی
		بی‌همتایی
منابع اجتماعی-اقتصادی	منابع اجتماعی-اقتصادی	یکپارچگی
		جمعیت انسانی
		منابع ساحلی
وضعیت آلودگی	وضعیت آلودگی	سطح دسترسی
		گردشگری
		حجم آلودگی
		فاصله آلودگی

### ۱-۲-۲ مشخصات خط ساحلی (فیزیک ساحل)

مشخصات خط ساحلی که ویژگی‌های فیزیکی ساحل را با ملاحظه ماندگاری طبیعی نفت و سهولت پاکسازی تبیین می‌کند، شامل عوامل هیدرودینامیک، شیب ساحل، جنس و مورفولوژی ساحل و باد است. [۷]

هیدرودینامیک ساحل به عملکرد توامان انرژی امواج و انرژی جزرومدی در دورکردن آلودگی نفتی از ساحل بواسطه جریان‌های مستقیم دریایی منعکس شده از سطوح سخت و همچنین تشکیل جریان‌های انتقال رسوب آلوده از ساحل که عموماً درشت دانه اند، اطلاق می‌گردد. براین اساس ساحل به سه دسته، سواحل با انرژی بالا، سواحل با انرژی متوسط و سواحل با انرژی پایین طبقه بندی می‌گردد. سواحل با انرژی بالا دارای امواج بلند و قوی است که معمولاً در بخش‌های مرزی خطوط ساحلی به شکلی که بواسطه بادهای مسلط منطقه به صورت مستقیم یا به صورت امواج انکساری به سمت ساحل حرکت می‌کنند.

سواحل با انرژی متوسط به صورت الگوهای فصلی برحسب بسامد موج و اندازه آن تعریف می‌شوند. سواحل با انرژی کم نیز به حالت معمول و آرام وضعیت دریا در طی یک دوره اطلاق می‌گردد.

شیب ساحل از نقطه نظر اثر انعکاسی و شکست در امواج اهمیت دارد. بدین سبب افزایش شیب در ساحل موجب افزایش ظرفیت پاکسازی طبیعی می‌گردد.

جنس ساحل بر اساس عملکرد نفوذ و دفن شدگی آلودگی در محدوده ساحلی ضرورت دارد. هرچه جنس ساحل و ژئومورفولوژیک ساحل نفوذپذیری کمتری داشته باشد، ماندگاری نفت کاهش می‌یابد. پاکسازی نفت در مناطق نفوذپذیر ساحلی بسیار مشکل است.

می‌شود. در بخش مشخصات ساحلی، شاخص‌های اساسی ساحلی که مولفه‌های فیزیکی ساحل، شامل هیدرودینامیک امواج، شیب ساحل، جنس و مورفولوژی ساحل منظور گردیده اند. در بخش منابع بیولوژیک بر مبنای اهمیت تمرکز جمعیتی گونه‌ها در منطقه، شرایط حیاتی برخی گونه‌های در فصول خاص در نقاط ساحلی، تولید مثل، مناطق حیاتی با اهمیت مهاجرت برخی گونه‌ها، گونه‌های نادر و در معرض خطر و پیوستگی زیستگاهی در مواجهه با آلودگی نفتی به صورت جدول گونه‌های پر اهمیت تدوین شده است. در بخش منابع انسانی اطلاعات بر مبنای مکان‌های با اهمیت سطح دسترسی و تفریحی، منابع ارزشمند اقتصادی ساحلی، مناطق با اهمیت تاریخی و باستانی تنظیم می‌گردند. [۵]

### ۲-۱-۲ روش دلفی

روش دلفی یک فرآیند مبتنی بر ساختار ارتباط گروهی است که طی آن با بررسی نگرش‌ها، عوامل و قضاوت‌های افراد و گروه‌های متخصص و نیز ایجاد هماهنگی بین دیدگاه‌ها، به نظرسنجی از افراد کارشناس در حوزه مورد مطالعه می‌پردازد. طبق نظر وچ اسلر یک روش دلفی استاندارد، روشی است که توسط یک گروه ناظر اداره می‌شود و هدف آن رسیدن به اجماع نظر در رابطه با یک موضوع است. [۶] در بحث ارزیابی خطرپذیری خطوط ساحلی به ریزش‌های نفتی با توجه اثرگذاری آلودگی بر هر یک از عوامل موجود در ساحل، معیارهای اساسی طبق نظر کارشناسان تنظیم گردید. بر این اساس کارشناسان با توجه به راهنمای شاخص حساسیت محیط زیستی به عنوان مرجع استاندارد تنظیم اطلاعات اساسی ساحلی در مواجهه با آلودگی نفتی و با ملاحظه نظرات گروهی، شاخص‌های نهایی در مساله خطرپذیری خطوط ساحلی تنظیم گردید.

### ۲-۲ تعیین نهایی معیارها و زیرمعیارهای موثر

طبق این بررسی‌ها علاوه بر سه شاخص اصلی راهنمای حساسیت محیط زیستی که مبنای اصلی تنظیم و دسته بندی معیارها و زیرمعیارها در بحث خطرپذیری مناطق ساحلی به ریزش‌های نفتی است، توجه به وضعیت عامل خطر تحت عنوان شاخص چهارم به مفهوم ملاحظه شرایط منبع آلودگی نفتی به واسطه نحوه گسترش آلودگی نیز مورد ملاحظه قرار گرفت.

در نهایت بر مبنای تصمیم‌گیری گروهی ساختار روش دلفی با توجه به نظرات کارشناسان و تایید نهایی ایشان بر مبنای راهنمای حساسیت محیط زیستی مورد مطالعه و نظرات فنی، معیارها و زیرمعیارهای موثر بر ارزیابی خطرپذیری خطوط ساحلی به ریزش‌های نفتی طبق جدول ۱ تنظیم شدند.

باد به جز عملکرد مشخص در فرآیند انتشار آلودگی، به شکل عامل دفع آلودگی از خطوط ساحلی و بازگردان به سمت دریا نیز رفتار می‌کند. در نتیجه بررسی گل باد های منطقه در جهت سنجش ظرفیت پاکسازی طبیعی اهمیت دارد.

### ۲-۲-۲ منابع بیولوژیک

با توجه به اهمیت اکولوژیکی زیستگاه های حیاتی مناطق ساحلی، بررسی شرایط بیولوژیکی منطقه ساحلی با رویکرد حساسیت سنجی به آلودگی نفتی ضروری است. براین اساس با توجه به نگاه متمرکز حفاظتی، بر اساس دو اصل ارزش زیست محیطی و یکپارچگی اکوسیستم معیارها تنظیم گردید. [۸] با این ملاحظه سه معیار عمومی کلیدی برای تبیین نمای بیولوژیک منطقه مشخص شد که شامل ارزندگی، بی همتایی و یکپارچگی است. ارزندگی به مفهوم فراوانی و تنوع زیستی در منطقه است که طی آن مناطقی با تنوع و گستره زیستی زیاد نشانگر عدم اثر مخاطره در تاریخ این محدوده بوده است. بی همتایی به حضور گونه های نادر و تحت خطر انقراض اشاره دارد. حساسیت این گونه مناطق عمدتاً حفاظت شده، بالاست و از اهمیت ویژه ای برخوردار است. یکپارچگی برای تشخیص میزان تغییرات عامل مخاطره در گستره محیط زیستی بیان می‌گردد. [۹]

### ۳-۲-۲ منابع اجتماعی-اقتصادی

منابع اجتماعی اقتصادی مجموعه معیارهای است که تحت اثر آلودگی نفتی امکان خطرپذیری سلامت انسان ها، فعالیت‌های ایشان و تاسیسات مرتبط با آن ها می‌رود. از این روی شناخت و اولویت بندی مراکز جمعیتی انسانی، فعالیت‌های اقتصادی مهم، سطح دسترسی و ارزش های گردشگری در گستره خطوط ساحلی بسیار اهمیت دارد. براین اساس ۴ معیار این بخش شامل جمعیت انسانی، منابع ساحلی، سطح دسترسی و گردشگری بررسی گردید. جمعیت انسانی از نظر اهمیت خطیر سلامت جامعه انسانی ساکن در مناطق ساحلی موضوعیت دارد.

منابع ساحلی به مجموعه فعالیت های اقتصادی، بنادر تجاری، معادن و صنایع ساحلی اطلاق می‌گردد که توجه به حفظ شرایط اقتصادی منطقه ضروری است. گردشگری به فعالیت‌های مرتبط با اهمیت توریسم، ظرفیت های تفریحی و ارزش‌های تاریخی منطقه اشاره دارد. سطح دسترسی به ظرفیت تاسیسات حاضر در محدوده خط ساحلی از جمله بنادر، خطوط مواصلاتی، فرودگاه‌ها، ترمینال ها، پارکینگ ها در راستای امکان اجرای اقدامات پاکسازی اطلاق می‌گردد که براین اساس محدوده های دارای سطح دسترسی امکان کاهش آسیب پذیری بیشتری نسبت به سایر محدوده‌ها را دارا هستند. [۱۰]

### ۲-۲-۴ وضعیت آلودگی

این معیار به بررسی منبع خطر می‌پردازد. ارزیابی نحوه گسترش آلودگی و تعیین توزیع آن در گستره خط خطر ضرورت دارد. بر این اساس مناطقی که سهم کمتری از توزیع منبع آلودگی در خط ساحلی را دارا هستند، به طور طبیعی خطرپذیری کمتری دارند و در عین حال مناطق ساحلی با بیشترین برخورد با آلودگی، دچار آسیب پذیری بیشتری می‌گردند. میزان حجم نفت خام و پالایشی که بواسطه حمل و نقل دریایی در بنادر حضور دارند، میتواند جهت محاسبه شاخص خطر آلودگی نفتی به صورت نقشه اطلاعاتی برای مقاطع مختلف پهنه ساحلی محاسبه شود. [۱۱] زیرمعیارهای تبیین وضعیت آلودگی شامل فاصله و حجم آلودگی هستند که با ملاحظه شرایط دریایی، شدت رسیدن آلودگی به نقاط ساحلی را مشخص می‌کنند. [۱۲]

### ۳- روش های تصمیم‌گیری چندمعیاره

در مسایل تصمیم‌گیری چندمعیاره اهمیت شاخص‌ها ارزیابی می‌شوند و گزینه‌های احتمالی از طریق تعیین سطح مورد نظر برای معیارها و یا از طریق مقایسه‌های زوجی معیارها و گزینه‌ها صورت می‌گیرد. در این روش‌ها شاخص‌های کیفی به اعداد کمی تبدیل می‌شود و با مقایسه شاخص‌ها با یکدیگر، اهمیت و ارجحیت هر یک تعیین می‌گردد. در این مطالعه محاسبه ضریب اهمیت شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی<sup>۳</sup> و تحلیل شبکه‌ای<sup>۴</sup> انجام می‌گیرد. [۱۳]

### ۳-۱ روش تحلیل سلسله مراتبی

از جمله روش های پرکاربرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که در سال ۱۹۸۰ توسط محققى به نام توماس ساعتى استاد دانشگاه پیتسبورگ ارائه شد. این روش که منعکس کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است، تصمیم گیرنده را قادر می‌سازد که تعامل بین معیارهای مختلف را در موقعیت‌های پیچیده و غیرساختاری، ارائه دهد. این تکنیک، تصمیم‌گیری را از طریق سازماندهی احساسات، ادراک، برآوردها و قضاوت‌ها تسهیل می‌کند و نیروهای اثرگذار بر تصمیم را شناسایی می‌کند. [۱۳] و [۶] در این روش، مساله تصمیم‌گیری به سطوح مختلف هدف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها تقسیم می‌شود تا تصمیم‌گیرنده بتواند به راحتی در کوچکترین تصمیم‌گیری دقت کند. برای ساختن مدل تصمیم‌گیری، در بالاترین سطح، هدف و در سطح یا سطوح میانی، معیارها و در سطح پایین، گزینه‌های ممکن در صورت وجود گذاشته می‌شود. ساختار سلسله مراتبی در شکل ۱ نشان داده شده است.

### ۲-۳ روش تحلیل شبکه‌ای

است. از مهم ترین روش های وزندهی می توان به روش حداقل مربعات، روش لگاریتمی و روش بردار ویژه اشاره کرد. در این روش ها برای محاسبه ی وزن معیارها از روش مقایسه ی زوجی استفاده می شود. ماتریس مقایسه ی زوجی است که سلسله مراتبی ورودی روش دریاچه های آن بیان کننده ی میزان اهمیت نسبی معیارها می باشد. پس از تشکیل ماتریس مقایسه ی زوجی، نرخ ناسازگاری ماتریس مقایسه تعیین و در صورت قابل قبول بودن قضاوت ها، وزن هر کدام از معیارها به دست می آید. برای محاسبه ی وزن، ابتدا ماتریس مقایسه تشکیل و پارامترها به صورت دوتایی با هم مقایسه و اهمیت نسبی آن ها سنجیده می شود. رابطه (۱) محاسبه وزن به ازای روش بردار ویژه را نشان می دهد.

$$W.W = \begin{bmatrix} 1 & \frac{W_1}{W_2} & \dots & \frac{W_1}{W_n} \\ \frac{W_2}{W_1} & 1 & \dots & \frac{W_2}{W_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{W_n}{W_1} & \frac{W_n}{W_2} & \dots & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = \lambda.W \quad (1)$$

در رابطه (۲)،  $\lambda$  یک مقدار ویژه،  $W$  ماتریس مقایسه زوجی و  $w$  یک بردار ویژه متناظر با مقدار ویژه  $\lambda$  که یک ماتریس  $n \times 1$  است. شاخص ناسازگاری ( $\Pi$ )، براساس رابطه (۲) زیر تعریف نمود.

$$\Pi = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

حال به ازای  $w$  یک بردار ویژه ماتریس مقایسه زوجی  $W$  است. در حالتی که ابعاد ماتریس بزرگتر باشد، محاسبه این مقادیر بسیار وقت گیر است. لذا برای محاسبه  $\lambda$  مقدار دترمینان ماتریس  $W - \lambda I$  مساوی با صفر قرار داده شده است. رابطه (۳) با قرار دادن بزرگترین مقدار  $\lambda I$  بدست آمده زیر مقادیر  $w$  محاسبه می شود.

$$(W - \lambda_{\max} I) \times w = 0 \quad (3)$$

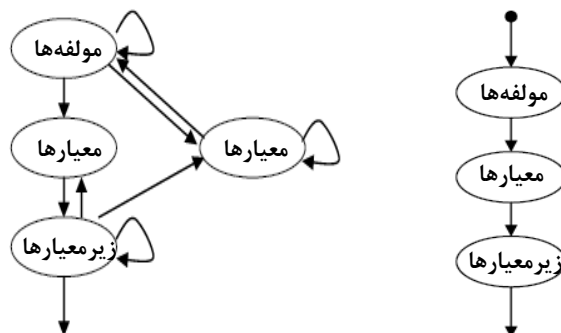
همچنین به ازای ماتریس مقایسه زوجی بردار ویژه را می توان از رابطه (۴) زیر محاسبه کرد:

$$w = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{W^n \cdot e}{e^T \cdot W^n \cdot e} \quad (4)$$

در نتیجه ماتریس وزن دار بر اساس مقایسات زوجی تشکیل می شود. این مقایسات بر مبنای قضاوت های زوجی در هر دو روش سلسله مراتبی و روش شبکه ای با توجه به ساختار برای مقایسات زوجی تشکیل می شود. در نتیجه سوپر ماتریس کلی وزن دار بر اساس مقایسه مولفه ها در هر سطح با توجه به رابطه مولفه ها با به دست آمدن بردارهای ویژه در هر جز محاسبه می گردد. شکل ۲ تشکیل سوپر ماتریس وزن دار مولفه ها را نشان می دهد. [۶]

فرایند تجزیه و تحلیل شبکه ای از تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره است که به عنوان جایگزینی مناسب برای فرایند تحلیل سلسله مراتبی در سال ۱۹۹۶ به وسیله ساعتی پیشنهاد شده است. این مدل از سلسله مراتب کنترل، خوشه ها، عناصر، روابط بین بخش ها، عناصر و خوشه ها تشکیل شده است. تعیین وزن نسبی در تجزیه و تحلیل شبکه مشابه روش تحلیل سلسله مراتبی استاندارد، بر مقایسه زوجی مبتنی است. در این روش مقایسه های زوجی مؤلفه ها در هر سطح با در نظر گرفتن اهمیت نسبی معیارهای کنترل و بر مبنای اصول تجزیه و تحلیل شبکه انجام می گیرد و سپس مدل تحلیل شبکه به وسیله ساختار شبکه ای در شکل ۱، ارتباط بین خوشه ها را که تعیین کننده جهات تاثیرات آن هاست، تعیین می کند در صورتی که در بسیاری از تصمیم گیری ها نمی توان عناصر تصمیم را به صورت سلسله مراتبی مدل سازی کرد. روش تحلیل شبکه ای موضوع تصمیم گیری را با بکارگیری دیدگاه سیستمی همزمان با بازخورد، مدل سازی می کند. [۱۳] و [۶]

همچون روش سلسله مراتبی و با توجه به ساختار شبکه کارشناسان به بررسی تاثیرگذاری معیارها به صورت زوجی با ملاحظه هدف و عامل کنترلی می پردازند. براین اساس نمراتی بین ۱ تا ۹ شامل اهمیت برابر (متناسب با ۱) تا اهمیت بسیار زیاد (متناسب با ۹) به معیارها داده می شود. در نتیجه اهمیت های نسبی بر اساس روابط بین مولفه ها، معیارها و زیرمعیارها مشخص می گردد.



شکل ۱- ساختار سلسله مراتبی (۱-الف) و ساختار شبکه ای (۱-ب)

### ۳-۳ روش وزن دهی معیارها

یکی از مهمترین و مشکل ترین مراحل تصمیم گیری، مرحله ی وزندهی به معیارهاست که میتواند عدم قطعیت قابل توجهی در فرایند تصمیم گیری ایجاد نماید. وزن داده شده به صورت یک عدد در ارزیابی دخالت داده می شود، که این عدد بیانگر اهمیت نسبی آن معیار نسبت به سایر معیارها در شرایط خاص است.

روش های وزندهی مختلفی برای ارزیابی اهمیت معیارها برای تصمیم گیران وجود دارد که تفاوت این روش ها در اصول تئوری، دقت، سهولت کاربرد و قابل فهم بودن آن ها برای تصمیم گیران



صنعتی در معیار اجتماعی اقتصادی تاثیر متقابلی بر شرایط بیولوژیک منطقه می‌گذارد.

در نتیجه بررسی روابطی بیش از ساختار سلسله‌ای در این مساله ضروری است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌تواند به صورت روشی مقدماتی در ارزیابی اولویت‌های خطرپذیری مناطق ساحلی به ریزش‌های نفتی لحاظ شود ولی برای ملاحظه ارتباط پیچیده‌تر بین معیارها و زیرمعیارها، نیاز به طراحی شبکه‌ای ارتباطات و در نتیجه استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای است. در نهایت تفاوت نتایج حاصل شده در ضرایب اهمیت و اولویت مولفه‌ها به سبب وجود ارتباطات پیچیده تر و مقایسات دقیق‌تر در قالب شبکه مولفه‌ها و معیارها کنترلی در ساختار شبکه ایجاد می‌گردد.

Here are the priorities.

Name	Normalized by Cluster	Limiting
فیزیک ساحل	0.10541	0.048994
منابع اجتماعی-اقتصادی	0.36571	0.169974
منابع بیولوژیک	0.39354	0.182913
وضعیت آلودگی	0.13534	0.062902
باد	0.10693	0.005239
جنس ساحل	0.34162	0.016737
شیب ساحل	0.16825	0.008243
هیدرودینامیک	0.38320	0.018774
جمعیت انسانی	0.34202	0.075870
سطح دسترسی	0.14114	0.031308
منابع ساحلی	0.39213	0.086985
گردشگری	0.12471	0.027665

ضریب ناسازگاری (٪): 0.03 Inconsistency

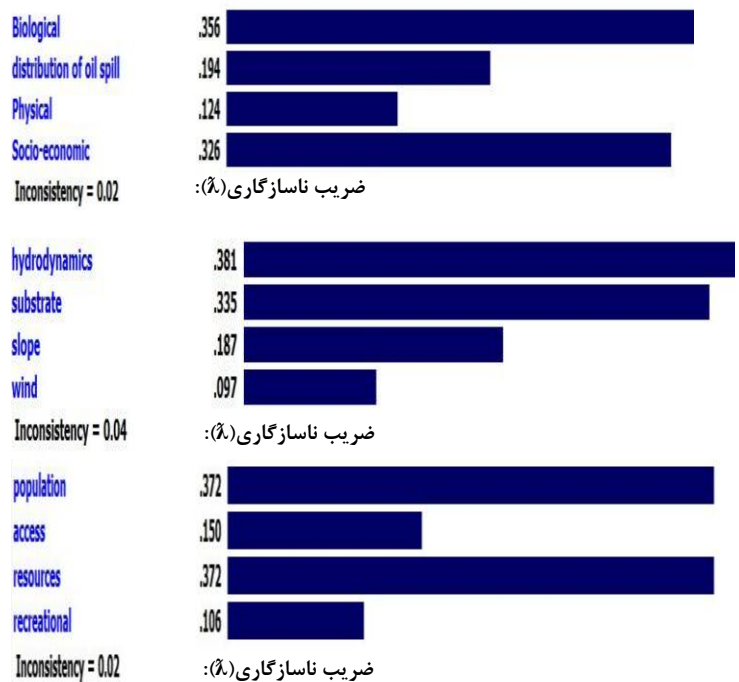
شکل ۷- اولویت بندی و ضرایب اهمیت معیارها و زیرمعیارها در فرآیند تحلیل شبکه‌ای در محیط Super Decisions2.2

پس از توضیح دلایل تفاوت‌ها در نتایج این دو روش، مقایسه ضرایب اهمیت و نتایج اولویت‌بندی حاصل شده از دو روش براساس جدول ۲ مشخص می‌گردد.

این جدول پس از نرمالایز کردن ضرایب اهمیت هر دو روش در دسته‌های معیارها و زیرمعیارها، اولویت بندی مولفه‌ها در ارتباط با خطرپذیری خطوط ساحلی به آلودگی نفتی شکل می‌دهد.

محاسبه ضرایب اهمیت و در نتیجه اولویت‌های مناطق ساحلی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی بر اساس طراحی ساختار سلسله‌ای شاخص‌ها به کمک نرم افزار Expert Choice11 انجام گرفت. (شکل ۶) همچنین این ضرایب و اولویت‌های مربوط به آن بر مبنای شبکه ترسیم شد و شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار Super Decisions2.2 محاسبه گردید. (شکل ۷)

براین اساس با توجه به ساختار متفاوت دو روش که در حالت فرآیند تحلیل شبکه‌ای روابط بین معیارها علاوه بر شکل سلسله مراتبی، دارای روابط عرضی و درونی نیز است. این مهم با توجه به معیار کنترلی که تشکیل ساختار درونی را در تحلیل شبکه‌ای ممکن می‌سازد، موجب ایجاد تمرکز در تفکر و مقایسه در تعیین اولویت‌ها با توجه به هدف مساله می‌شود.

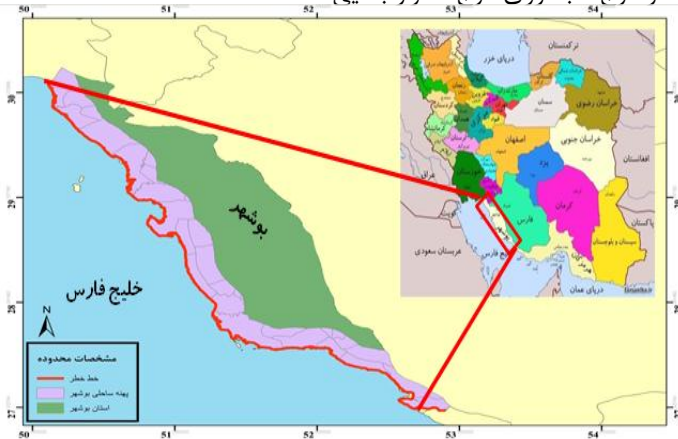


شکل ۶: اولویت بندی و ضرایب اهمیت معیارها و زیرمعیارها در فرآیند سلسله مراتبی در محیط Expert Choice11

نکته بعدی بررسی استقلال شاخص‌هاست. در مساله ارزیابی خطرپذیری خطوط ساحلی با توجه به تاثیر متقابل برخی شاخص‌ها و عدم استقلال قطعی آن‌ها در ارتباط با هدف اصلی مساله، به نظر می‌رسد استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای که ملاحظه عدم استقلال مولفه‌ها را در نظر می‌گیرد، دقت بیشتری دارد. به طور مثال، با توجه به ساختار شبکه‌ای، معیار اجتماعی-اقتصادی ارتباط دوطرفه‌ای با منابع بیولوژیک دارد. به این مفهوم که تغییر شرایط بیولوژیکی در مواجهه با ریزش‌های نفتی در منطقه ساحلی بر روی شرایط اقتصادی منطقه از جمله صنایع شیلات و همچنین سلامت جمعیت انسانی تاثیر خواهد داشت. همچنین گسترش فعالیت‌های

تراز خط خطر در جنوب کشور(خلیج فارس و دریای عمان):  
خیزاب ناشی از تغییرات فشار+خیزاب ناشی از باد + خیزاب ناشی

از موج + بالاروی موج + تراز بالایی مد



شکل ۹- نقشه‌ی محدوده خط خطر در سواحل استان بوشهر

#### جدول ۲- مقایسه نتایج حاصل از روش سلسله مراتبی

(AHP) و روش شبکه‌ای (ANP)

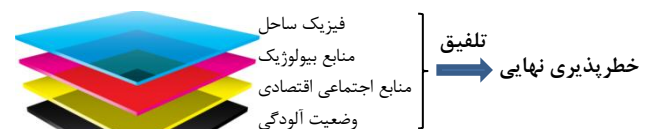
بخش‌ها	مولفه‌ها	AHP	ANP
معیاری	فیزیک ساحل	۰/۱۲۴	۰/۱۰۶
	بیولوژیک	۰/۳۵۶	۰/۳۹۳
	اجتماعی-اقتصادی	۰/۳۲۶	۰/۳۶۶
	وضعیت آلودگی	۰/۱۹۴	۰/۱۳۵
	هیدرودینامیک	۰/۳۸۱	۰/۳۸۳
زیرمعیاری	جنس و لندفورم ساحل	۰/۳۳۵	۰/۳۴۲
	شیب ساحل	۰/۱۸۷	۰/۱۶۸
	باد	۰/۰۹۷	۰/۱۰۷
	جمعیت انسانی	۰/۳۷۲	۰/۳۴۲
	منابع ساحلی	۰/۳۷۲	۰/۳۹۲
	گردشگری	۰/۱۰۶	۰/۱۲۵
	سطح دسترسی	۰/۱۵۰	۰/۱۴۱

#### ۴-۲- فیزیک ساحل

زیرمعیارهای مربوط به فیزیک ساحل در بررسی خطرپذیری سواحل استان بوشهر شامل انرژی هیدرودینامیکی امواج، لندفورم و جنس ساحل، شیب ساحل و باد هستند. با توجه ESI در مورد انرژی امواج بر اساس میانگین ارتفاع مشخصه امواج در طول دوره بیش از یک سال مد نظر قرار می‌گیرد. بر این مبنا اطلاعات ارتفاع امواج در ۲۰ منطقه نزدیک ساحل (فاصله حداکثر ۱۵ کیلومتری) به ازای میانگین ارتفاع مشخصه امواج ۵ ساله، ۲۰ ساله و ۵۰ ساله مورد ارزیابی قرار گرفت. در نتیجه اثر انرژی امواج که به ازای میزان ارتفاع مشخصه محاسبه می‌شود، در ناحیه‌های ساحلی به صورت انرژی ساحل در مطالعه خطرپذیری تعیین گردید. لندفورم محیط‌های ساحلی و جنس ساحل از نظر مفهوم نفوذپذیری آلودگی نفتی در محیط مورد مطالعه اهمیت دارد. بر این اساس هرچه میزان نفوذپذیری در پهنه‌ی مشخص بیشتر باشد، در نتیجه ماندگاری نفت در آن پهنه بیشتر می‌شود که در نهایت امکان سهولت پاکسازی را کاهش می‌دهد. هرچه منطقه‌ای به لحاظ ساختار لندفورم و جنس تشکیل‌دهنده آن دارای نفوذپذیری بیشتری باشد، منطقه خطرپذیری بیشتری دارد. در سواحل بوشهر، سواحل شنی و ماسه‌ای، کرانه‌های صخره‌ای، سواحل گلی و جزر و مدی دیده می‌شود. میزان شیب ساحل در محدوده جزر و مدی ساحلی در میان بیشینه و کمینه تراز جزر و مدی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. هر چه شیب ساحل بیشتر باشد به این معنی است که در مواجهه با امواج امکان پاکسازی طبیعی بیشتری را به واسطه رفتار انعکاسی و شکست امواج ایجاد خواهد کرد. در نتیجه خطرپذیری مناطقی که شیب کمتر است. مولفه باد به عنوان معیاری در ایجاد فرآیند پاکسازی به صورت انرژی امواج نقش ایفا می‌کند با این حال در ارتباط با پاکسازی سطحی آلودگی در مناطق ساحلی نیز موثر است

#### ۴-۳- تولید نقشه خطرپذیری

مدل تعیین خطرپذیری مناطق ساحلی به ریزش‌های نفتی در استان بوشهر تشریح گردید. در این راستا مولفه‌های موثر، کلاسه-بندی خطرپذیری و وزن هر کدام از مولفه‌ها بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره صورت پذیرفت. در این بخش تولید نقشه خطرپذیری در محدوده خط ساحلی استان بوشهر در سیستم جغرافیایی استاندارد<sup>۵</sup> که شامل آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، وزن دهی و تلفیق لایه‌های کلاسه‌بندی شده به ازای روش هم پوشانی شاخص در خط‌خطر ریزش نفتی شکل ۸، در محیط Arc GIS 10.2.2 و با ملاحظه‌ی وزن‌های روش‌ها ارائه می‌گردد [۷].



شکل ۸- روندنمای تلفیق معیارهای اصلی و تولید شاخص خطرپذیری

#### ۴-۱- تعیین خط خطر

یکی از مرزها در منطقه خشکی خط خطر<sup>۶</sup> است. این مرز خطی بر روی خشکی است که آب دریا در اثر شرایط طوفانی یعنی خیزاب ناشی از باد، خیزاب ناشی از موج، خیزاب ناشی از تغییرات فشار و بالاروی موج نسبت به تراز بالایی مد در سواحل جنوب کشور در نظر گرفته می‌شود (شکل ۹). لذا برای تعیین کد ارتفاعی خط خطر، بالآمدگی آب در اثر هر یک از عوامل فوق محاسبه شده و کد ارتفاعی آن برای بیش از ۲۵۰ نقطه (بازه ۱۳ کیلومتری) نسبت به تراز متوسط آب دریا تعیین شده است.

هرچند این اثر در مجموع عوامل مورد ارزیابی ناچیز است. بر این اساس در مناطق ساحلی استان بوشهر با بهره گیری از اطلاعات باد به شکل گلباد در ۴ نقطه مشرف به ساحل استان اثر باد بررسی گردید [۱۴].

#### ۳-۳- منابع بیولوژیک

محدوده مورد مطالعه در ارزیابی خطرپذیری سواحل استان بوشهر شامل کرانه ساحلی استان از آب‌های هم عمق ۲۰ متر تا بیشترین میزان پیشروی آب در خشکی با تاثیر بالادست که مرز دهستان-های ساحلی است تعریف شده است. ناحیه‌های ساحلی مختلفی (۱۵ پاره ساحل) بر اساس مرز دهستان‌های ساحلی انتخاب گردیده است و طی ارزیابی بیولوژیک با توصیف شرایط زیستگاهی به تحلیل مشخصات هر ناحیه از منظر معیارهای بیولوژیکی بر مبنای طرح مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور پرداخته می‌شود [۱۵]. در سواحل استان بوشهر بر اساس مطالعات انجام شده در طرح مدیریت محیط زیستی، اطلاعات منابع بیولوژیک در خط خطر تولید شده است.

#### ۴-۴- منابع اجتماعی-اقتصادی

در مناطق ساحلی استان بوشهر، زیرمعیارهای جمعیت انسانی به مفهوم اهمیت ارزش‌های بهداشتی و سلامت انسان‌ها، منابع و صنایع ساحلی به مفهوم مناطقی که اهمیت اقتصادی و صنعتی دارند، سطح دسترسی به معنی وجود زیرساخت‌های ترابری و امکانات موجود جهت اقدامات پاکسازی و گردشگری به معنی ارزش‌های تاریخی و فرهنگی که با گسترش صنعت گردشگری وجه قابل توجهی در توسعه کشور دارند در چارچوب معیار اجتماعی-اقتصادی بررسی می‌شوند [۱۴].

جمعیت کل استان بوشهر طبق آمار سال ۹۰، به میزان ۱۰۳۲۹۴۹ نفر است. در مناطق ساحلی استان بوشهر تمرکز جمعیتی به ترتیب در شهرهای بوشهر، بندرکنگان، بندرگناوه، بندردیلم و نخل تقی است و شهرهای دیگر ساحلی زیر ۱۰۰۰۰ نفر جمعیت ساکن دارند.

با ارزیابی اطلاعات مکان‌های صنعتی شامل کارخانجات، شرکت‌ها و شهرک‌های صنعتی که موقعیت مکانی آن‌ها حداکثر تا ۲۰ کیلومتری خط ساحلی واقع شده اند، زیرمعیار منابع ساحلی تعیین گردید. در هر ناحیه وجود بیش از ۳ منطقه صنعتی برابر خطرپذیری زیاد، ۲ تا ۳ منطقه صنعتی برابر خطرپذیری متوسط و کمتر از ۲ خطرپذیری کم را نشان می‌دهد. بنادر استان که کاربری‌های متنوعی همچون تجاری، تفریحی، نظامی و... داشتند، در طول خط ساحلی برداشت شد. درپهنه‌ها باتوجه به وجود بندر به شکل زیاد، متوسط و کم طبقه بندی می‌شوند. در بخش معادن، به جمع

آوری اطلاعات مهم معادن پهنای ساحلی پرداخته شد. معادن کل استان بوشهر به تعداد ۱۴۷ معدن موجود شامل سنگ لاشه، سنگ گچ، سنگ نمک، معدن مارن، سنگ آهک، وریزه کوهی و مرمر است. با توجه به گستره معادن منطقه، پهنه ای که زیر ۲ معدن در محدوده داشته باشد، خطرپذیری کم، بین ۲ تا ۴ متناسب با خطرپذیری متوسط و بالای ۵ معدن در پهنه موجود باشد، خطرپذیری زیاد در نظر گرفته می‌شود. همچنین صیدگاه‌ها شامل حوزه‌های صید ماهی، مناطق آبی‌پروری، سایت پرورش ماهی و مراکز تخلیه صید مورد مطالعه قرارگرفت. کلاسه‌بندی شیلات براساس گزارشات آماری در صورت بهره‌برداری از حداقل ۳ مورد از زیرساخت‌ها برابر با خطرپذیری خیلی زیاد، ۲ مورد متناسب با خطرپذیری زیاد، گزارش ۱ مورد خطرپذیری متوسط و عدم وجود ظرفیت ماهیگیری قابل توجه خطرپذیری کم لحاظ می‌گردد. در این میان با بهره‌گیری از تحلیل سلسله مراتبی وزن هریک از بخش‌های زیرمعیار منابع ساحلی محاسبه گردید [۱۴ و ۱۶].

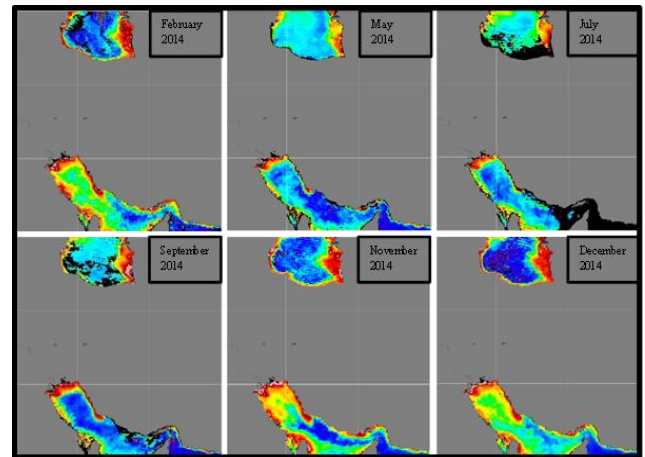
زیرساخت‌های دسترسی که به موجب آن امکان اقدامات پاکسازی در صورت وقوع ریزش‌های نفتی فراهم می‌گردد در مناطق ساحلی استان بوشهر شامل فرودگاه‌ها، بنادر و مسیرهای دریایی، راه‌های زمینی و امکانات راهبری هستند. امکان بهره‌گیری از این موارد که به عنوان موارد دسترسی مطرح می‌گردند، به واسطه اقدامات عملیاتی و کاهش آسیب‌ها، خطرپذیری به ریزش‌های نفتی را در پهنای مورد نظر کم‌تر می‌نماید. گردشگری از نقطه نظر ارزشمندی منطقه ساحلی از لحاظ وجود مکان‌های تاریخی و فرهنگی که اهمیت زیادی در توسعه صنعت گردشگری دارند و همچنین امکانات تفریحی ساحلی در منطقه بررسی می‌شوند. بر این اساس وجود این دست ظرفیت‌های گردشگری در پهنه‌هایی از سواحل استان بوشهر موجب افزایش خطرپذیری می‌شوند [۱۵ و ۱۶].

#### ۴-۵- وضعیت آلودگی

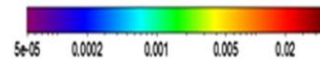
این لایه بر مبنای اطلاعات نقشه احتمالاتی توزیع شکل که در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۵ انجام گرفته [۱۷]. و با ملاحظه اطلاعات حاصله از سنجش ماهواره‌ای تهیه می‌شود. بر این اساس احتمال ریزش در نقاط مختلف مشرف به ساحل استان بوشهر که در ۴ رده تقسیم بندی شده است و همچنین ملاحظه غلظت سطحی کربن بر مبنای اطلاعات ماهواره‌ای، خط ساحلی به پاره‌های تخصیص یافته از این اطلاعات در محیط GIS منجر می‌شود (شکل ۱۰).

#### ۴-۶ تلفیق و تولید نهایی نقشه خطرپذیری

نقشه‌ی خطرپذیری ابتدا به ازای مولفه‌های بیان شده بر مبنای طرح مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور [۱۴]، در کلاس‌های-خطرپذیری خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم تولید شده و پس از انجام فرآیند وزن‌دهی لایه‌ها در دو مدل AHP و ANP در محدوده سواحل استان بوشهر به ازای تلفیق روش هم‌پوشانی شاخص در فضای Arc GIS انجام می‌گیرد. نقشه نهایی خطرپذیری به ریزش‌های نفتی مدل AHP در شکل ۱۱ و نقشه نهایی خطرپذیری به ریزش‌های نفتی مدل ANP در شکل ۱۲ در سواحل استان بوشهر نشان داده شده است [۷].



شکل ۱۰- نقشه غلظت کربن سطحی با استفاده از تصاویر ماهواره MODIS گیرنده TERRA



شکل ۱۱- نقشه‌ی خطرپذیری نهایی مدل AHP در سواحل استان بوشهر



شکل ۱۲- نقشه‌ی خطرپذیری نهایی مدل ANP در سواحل استان بوشهر

## ۵- بحث و بررسی

بر این اساس در میان معیارهای اصلی با توجه به تفاوت ساختار دو روش که توضیح داده شد، ضرایب اهمیت نرمال متفاوت است، هرچند در تبیین اولویت‌ها، پاسخ‌ها یکسان می‌باشد، که بنابراین به ترتیب بر اساس اولویت معیارهای بیولوژیک، اجتماعی اقتصادی، وضعیت آلودگی و فیزیک ساحل در مناطق ساحلی اهمیت دارد.

همچنین در سطح زیرمعیارها بی‌همتایی، جمعیت انسانی، منابع ساحلی، ارزندگی زیستگاه و سایر مولفه‌ها بر اساس ضرایب اهمیت نسبی در دسته‌ها به ترتیب در اولویت هستند. هرچند اولویت‌ها تا حد زیادی در هر دو روش یکسان است، ولی تفاوت‌هایی در میزان وزن و اهمیت هر مولفه موجود است. این تفاوت‌ها، حاصل کنش‌های درونی مولفه‌ها است، همچنان که اشاره شد. در نهایت با ملاحظه ضرایب و ترتیب اولویت‌ها در جدول مقایسه ای (جدول ۲) که به صورت نرمال شده نمایش داده شده است، تفاوت‌های ساختاری دو روش در مواجهه با مدل خطرپذیری مناطق ساحلی به آلودگی نفتی مشاهده می‌شود که با ملاحظه این بازخورها و ارتباطات افزون‌تر، به ازای روش تحلیل شبکه ای، با توجه به ساختار مساله، و همچنین ارزیابی‌های مشابه در منطقه در بحث حساسیت نوار ساحلی استان بوشهر [۱۸] نتایج مطابق با واقعیت مطالعات است. در نهایت بهره‌گیری مدیران و تصمیم‌گیران دریایی با ملاحظه اولویت‌بندی عوامل موثر در خطرپذیری مناطق ساحلی در جهت برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات پیشگیرانه و همچنین عکس‌العمل‌های لازم در مواجهه با ریزش نفتی بنا بر بررسی مطالعه فوق‌امری قابل ملاحظه است.

با بررسی نتایج حاصل از دو مدل میزان خطرپذیری خط ساحلی مدل در استان بوشهر با توجه به طول خط ساحلی، کلاس خطرپذیری و نسبت‌ها مطابق جدول ۳ بیان می‌گردد.

بخشی از جنوبی‌ترین دهستان ساحلی، دهستان نایبند و بخش کوچکی از عسلویه (مرز پارک ملی - دریایی نایبند) و از سویی دیگر دهستان بردخون و منطقه حفاظت شده‌ی مند از جمله مناطقی با خطرپذیری خیلی زیاد محسوب می‌شوند. قابل ذکر است، بخش‌های شمالی دهستان عسلویه، دهستان طاهری و حومه کنگان، حومه‌ی جنوبی بردخون و بخش شمالی بوشهر و همچنین دهستان انگالی از شهرستان بوشهر دارای خطرپذیری زیاد است.

## جدول ۳- خطرپذیری نهایی به ریزش‌های نفتی

در سواحل استان بوشهر با ملاحظه میزان و نسبت پاره‌های ساحلی				
کلاس خطرپذیری نهایی	میزان طول خط ساحلی (Km)		نسبت طول خط ساحلی (به درصد)	
	ANP	AHP	ANP	AHP
خیلی زیاد	۵۲/۲	۵۵/۶	۹/۸	۹/۲
زیاد	۹۴/۶	۱۵۸/۹	۲۷/۶	۱۶/۵
متوسط	۲۹۸/۹	۲۴۷/۸	۴۳	۵۲/۱
کم	۱۲۷/۷	۱۱۰/۷	۱۹/۶	۲۲/۲

با توجه به تحلیل بکارگیری این دو مدل در تعیین خطرپذیری مناطق ساحلی به ریزش‌های نفتی، با عنایت به پوشش گسترده‌تر روابط در تحلیل فرآیند شبکه‌ای و در عین حال افزایش نه چندان قابل توجه زمان حل مساله، لزوم بهره‌گیری از فرآیند تحلیل شبکه-ای در ارزیابی خطرپذیری سواحل دیده می‌شود.

مطالعه‌ی فوق، می‌تواند به عنوان طرح ارزیابی جامع خطرپذیری مناطق ساحلی به ریزش‌های نفتی در چارچوب مطالعات مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی<sup>۷</sup>، به صورت دستورالعمل برای مدیران و تصمیم‌گیران کشور مورد استفاده قرار گیرد.

## کلید واژگان

- ۱-NOAA
- ۲-ESI
- ۳-AHP method
- ۴-ANP method
- ۵-GIS
- ۶-Hazard Line
- ۷-ICZM

## ۵- منابع:

- 1-Danehkar, A., (1999), Coastal Area Management and Environmental Assessment Coastal regions sensitivity, Journal of Environment, Vol.24
- 2-Sharifipour, R.,Danehkar, A.,(2004), Determination of Ecological Susceptibility of the Boushehr Province Shoreline in the Northern Persian Gulf, Journal of Environmental Sciences, Iran, Vol.2, No.7, Spring, pp. 45-52
- 3-De Andrade, M., Szlafsztein, S.(2010), socioeconomic and natural vulnerability index for oil spills in an Amazonianharbour: A case study using GIS and remote sensing, Journal of Env. Management, Vol.91, p78-86
- 4- NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration (2002)

- Italian hydrocarbons maritime traffic, Italy, Ocean & Coastal Management, Vol.80, p.1-11
- 12-Burgherr P, (2007), In-depth analysis of accidental oil spills from tankers in the context of global spill trends from all sources, Journal of Hazardous Materials, Vol.140, p.245-256
- 13-Azizi, M., Modarres Yazdi, M., (2013), Decision Making by Analytical Network Process, p.52-78. (In Persian)
- 14-PMO, JWERC, (2006), Integrated Coastal Zone Management, (In Persian)
- 15-PMO, JWERC, (2008), Integrated Coastal Zone Management-Environmental Management Plan, p.130-141. (In Persian)
- 16-Bushehr Administration, (2014), Socio-Economic Report of Bushehr Province, p.30-45. (In Persian)
- 17-Mokhtari S, Hosseini M, Danehkar A, Torabi M., (2015), Inferring spatial distribution of oil spill risks from proxies: Case study in the north of the Persian Gulf, Iran, Ocean & Coastal Management, Vol.116 , p.504-511
- 18-Sharifipour, R., (2014), physical sensitivity assessment of Bushehr Shoreline based on ESI, Journal of oceanology, Vol.23, (In Persian)
- 5-Hadipour, V., Vafai, F., (2015) ,Presentation a Fuzzy Model to Determine Shoreline Sensitivity due to Oil Spill, Journal of Eng. Ferdowsi, Vol.26
- 6-Atai M, (1389), Multi-Criteria Decision Making, Ch. 2,8,9
- 7-Vafai F, Hadipour V, (October 2012), Determination of shoreline sensitivity to oil spills by use of GIS and Fuzzy model, ocean and coastal Management, Vol.94, p.123-130
- 8-IMO/MEPC. (2007). Identification and Protection of Special Areas and Particularly Sensitive Sea Areas. International Maritime Organization.
- 9-Mendoza-Cantú A, Cervantes, Orozco O, (February 2011), Identification of environmentally vulnerable areas with priority for prevention and management of pipeline crude oil spills, Journal of Environmental Management, Vol.92, p.1706-1713
- 10-Olita A , Cucco A, ( 2012), Oil spill hazard and risk assessment for the shorelines of a Mediterranean coastal archipelago, Ocean & Coastal Management, Vol.57, p.44-52
- 11-Garcia D, Bruschi D, Cumo F, Gugliermetti F, (April 2013), The Oil Spill Hazard Index (OSHI) elaboration. An oil spill hazard assessment concerning