

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هفت، مهرماه ۹۹

تحلیل فضایی آلودگی در اروندرود با استفاده از GIS

نسرین عبدالخانیان^۱

هیوا علمیزاده^{*۲}

elmizadeh@kmsu.ac.ir

علی داداله‌ی سهراب^۳

احمد سواری^۴

محمد فیاض محمدی^۵

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۳

چکیده

زمینه و هدف: اروندرود رودخانه پهناوری در جنوب غربی و در مرز ایران و عراق است که مورد تهدید انواع آلودگی‌ها از قبیل پساب‌های صنعتی، کودها، سموم شیمیایی و فاضلاب‌های شهری قرار گرفته که تأثیرات ناخوشایند بر روی محیط‌زیست و اکوسیستم دارد. هدف از این مطالعه تحلیل فضایی تغییرات آلودگی در اروندرود با استفاده از GIS می‌باشد.

روش بررسی: در این تحقیق مدل‌سازی پخش آلودگی با استفاده از GIS در رودخانه اروندرود با استفاده از مدل سه‌بعدی و هیدرودینامیکی کوهیرنس استفاده شده که معادله پیوستگی، معادلات ناویراستوکس در سه بعد و معادله‌های انتقال شوری و دما به روش جداسازی حل می‌شوند. شرایط مرزی اعمال شده شامل تغییرات دما، شوری و دبی برای مرز باز رودخانه و تغییرات دما و شوری و اعمال مؤلفه‌های جزر و مدی O1, S2, M2 و K1 برای مرز باز دریا در مدل بکار گرفته می‌شود.

یافته‌ها: خروجی‌های مدل کوهیرنس که با فرمت NetCDF هستند را در محیط GIS فراخوانی می‌کنیم، سپس نقشه آلودگی مربوط به یک‌زمان خاص (حالت جزر یا مد) را ژئورفرنس می‌کنیم و درنهایت در محیط GIS، طبقه‌بندی می‌کنیم.

بحث و نتیجه‌گیری: در این راستا تغییرات آلودگی رودخانه طبقه‌بندی و رودخانه اروندرود در مقیاس‌های ۱ تا ۵ رتبه‌بندی گردیده که رتبه ۱ نشان‌دهنده کم‌ترین درجه آلودگی و رتبه ۵ بیش‌ترین درجه آلودگی را نشان می‌دهد. با توجه به درصد پهنه تحت پوشش آلودگی در

۱- کارشناس ارشد محیط زیست دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

۲- استادیار ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.* (مسئول مکاتبات)

۳- دانشیار محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

۴- استاد بیولوژی، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

۵- مربی فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

ایستگاه‌های مختلف مشاهده گردید که بیش‌ترین میزان آلودگی در ایستگاه اول در حالت مد و کم‌آبی با مقدار ۳۲/۲۷٪، در ایستگاه دوم در حالت جزر و کم‌آبی با مقدار ۳۲/۸۷٪ و در ایستگاه سوم در حالت مد و پرآبی ۲۸/۴۸٪ است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل فضایی، ارون‌درو، GIS، مدل‌سازی، آلودگی.

Spatial Analysis of Contamination in the Arvand River Using GIS

Nasrin Abdolkhanian¹

Heeva Elmizadeh^{2*}

elmizadeh@kmsu.ac.ir

Ali Dadolahi Sohrab³

Ahmad Savari⁴

Mohammad Fayaz Mohammadi⁵

Admission Date: October 25, 2017

Date Received: September 20, 2017

Abstract

Background and Objectives: Arvand River is a vast river in the southwest and on the border of Iran and Iraq, which is threatened by a variety of pollutants such as industrial effluents, fertilizers, chemical toxins and municipal wastewater that have adverse effects on the environment and ecosystem. The purpose of this study is spatial analysis of pollution changes in Arvand River using GIS.

Method: In this research, pollution distribution modeling using GIS in Arvandrud river has been used using three-dimensional and hydrodynamic model of Coherence. The continuity equation, Navira-Stokes equations in three dimensions and salinity and temperature transfer equations are solved by separation method. The applied boundary conditions include temperature, salinity and discharge changes for the open river boundary and temperature and salinity changes and the application of tidal components O1, S2, M2 and K1 for the open sea boundary are used in the model.

Findings: We call the outputs of the Coherence model, which are in NetCDF format, in the GIS environment, then georeferences the contamination of a specific time (tidal mode), and finally classifies it in the GIS environment.

Discussion and Conclusion: In this regard, the changes in the pollution of the taxonomic river and the Arvand River are classified on a scale of 1 to 5, with rank 1 indicating the lowest degree of pollution and rank 5 indicating the highest degree of pollution. According to the percentage of area covered by pollution in different stations, it was observed that the highest level of pollution in the first station in the mode of mode and low water with a value of 32.27%, in the second station in the state of low tide with a value of 32.87% And in the third station, it is 28.48% in fashionable and watery mode.

Keywords: Spatial Analysis, Arvand River, GIS, Modeling, Pollution.

1- M.A. Student, Marine Environment, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

2- Assistant Professor Department of Environment, Faculty of marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran. *(Corresponding Author)

3- Associate Professor Department of Environment, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

4- Professor, Department of Marine Biology, Faculty of Marine and Oceanic Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

5- Oceanography Physic Teacher, Department of Physical Oceanography, Faculty of Marine and Oceanic Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

مقدمه

یکی از اصلی‌ترین معضلات زیست‌محیطی آب‌های اروند، ورود پساب‌های صنایع پتروشیمی فعال در آبادان و خرمشهر است و بر همین اساس است که سالانه ۲ بار پایش آلودگی آب‌های اروندرود توسط کارشناسان اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان خوزستان انجام می‌شود. علاوه بر این، فاضلاب‌های شهری آبادان و خرمشهر هم سهم قابل توجهی در آلودگی این رودخانه دارند.

با توجه به این‌که قبل از جنگ یکی از فعال‌ترین بنادر در خرمشهر و آبادان قرار داشت، در مسیرهایی که کشتی‌های غرق شده قرار دارند خطوط کشتی‌رانی دچار مشکل شده و این یکی از نگرانی‌های محیط‌زیست است که در اجلاس راهپیمایی^۱ قرار شد ایران، عراق، کویت مطالعات خود را در رابطه با آزادسازی مسیرها انجام دهند. در طول جنگ شناورهای زیادی در کانال‌هایی مثل اروندرود غرق شده است و خطوط کشتی‌رانی به همین دلیل دچار مشکل شده است. با توجه به این‌که اسقاط کشتی‌ها باعث آلودگی می‌شود باید در مکان‌هایی استقرار یابند که اثرات آلودگی کم‌تری برای دریا به همراه داشته باشد. در این تحقیق تغییرات میزان پخش آلودگی در زمان‌های مختلف (جزر و مد) برای دو حالت کم‌آبی و پرآبی در ایستگاه‌های مختلف (۳ ایستگاه) در رودخانه اروند نشان داده شده است.

گام اول برای بهره‌برداری و درواقع بهره‌وری درست از منابع زیست‌محیطی، نیازمند شناخت هرچه بیشتر این منابع، تفکیک و طبقه‌بندی آن‌ها بوده است. به‌طور اساسی نمی‌توان بدون اطلاعات مربوط به شناسایی منابع (خواه اکولوژیکی و خواه اقتصادی-اجتماعی) فرایند برنامه‌ریزی استفاده متناسب از سرزمین یا به‌اصطلاح آمایش سرزمین را مهیا ساخت. در این راستا و برای ایجاد یک نگرش سیستمی جامع که مستلزم توسعه پایدار است، نیازمند ابزار متعددی جهت شناسایی سرزمین و پدیده‌های مکانی و گردآوری اطلاعات هستیم (۲۰۱). روش‌های شناسایی منابع به دو بخش مستقیم و غیرمستقیم قابل تفکیک هستند. در روش مستقیم می‌توان به سرشماری،

آماربرداری، فهرست برداری و نمونه‌گیری اشاره کرد و درروش غیرمستقیم، اسناد تصویری نظیر عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌ها به شناسایی منابع و گردآوری اطلاعات کمک خواهند کرد. در این رابطه برای دستیابی به مدیریت کارآمد و بهینه سرزمین، تجزیه و تحلیل منابع و نمایان ساختن استعداد طبیعی سرزمین، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان ابزاری مطلوب و بستری برای ذخیره، نگهداری، مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان یک معیار در ارزیابی چندمعیاری، کاربرد زیادی دارد. قابلیت‌های این سیستم همچنین شامل ارایه اطلاعات مربوط به یک مکان مشخص، یافتن مکانی، با شرایط مشخص (مکان‌یابی)، ارایه تجزیه و تحلیل مکانی بررسی روند تغییرات یک پدیده در مکان و مقطع زمانی خاص استخراج یک الگو یا مدل و مدل‌سازی نیز می‌باشد. در این راستا ارزیابی وضعیت بازه‌های بحرانی با کمک دیگر اطلاعات تهیه شده در محیط GIS می‌تواند نسبت به شناخت سریع منابع آلاینده و راه‌های کاهش آن کمک نماید (۳، ۴ و ۵). درواقع کار مدل‌سازی تلفیقی از حل معادلات حاکم بر طبیعت به همراه مشاهده و نمونه‌برداری از کمیت‌های مورد ارزیابی از طبیعت برای تطبیق نتیجه مدل با واقعیت است. مدل‌سازی بدون مقایسه و ارزیابی با واقعیت بی‌معنی است.

در مطالعه‌ای بر روی رودخانه هامبر، با استفاده از GIS نقشه کیفیت آب رودخانه و عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آن مشخص گردید. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تغییرات زیادی در بازه‌های مختلف برای پارامترها وجود دارد و این تغییرات متأثر از عواملی هم‌چون ورود انواع فاضلاب، نزدیکی به معادن زغال‌سنگ، اراضی کشاورزی و کاربرد انواع کودها و سموم و یا مناطق جزرومدی و انتقال رسوبات و مواد معلق می‌باشد (۶). از انواع تحقیقاتی که به پهنه‌بندی آلودگی‌های آب پرداخته است، پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود است که با استفاده از تکنیک تحلیل طبقه‌بندی فازی، رودخانه زاینده‌رود به سه طبقه و آلودگی (کیفیت بحرانی و غیرقابل قبول، متوسط و قابل قبول) پهنه‌بندی شده است (۷). در تحقیق دیگری کیفیت آب رودخانه آستارا از طریق اندازه‌گیری برخی پارامترهای

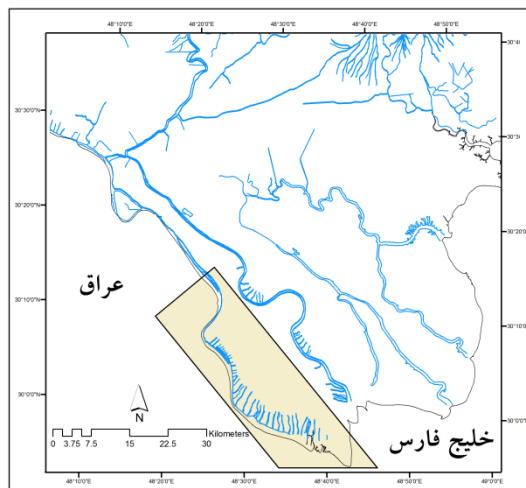
سازی پخش آلودگی در خلیج فارس پرداخته و روشن ساخته که پخش آلودگی در خلیج فارس در سطح و بستر، تابع حرکت جریان و زمان ماندگاری خلیج است (۱۵). Hadipour (2011) با استفاده از GIS و ارزیابی چند معیاره، روش جدید برای تعیین حساسیت مناطق ساحلی مازندران نسبت به ریزش‌های نفتی ارایه نموده و نتیجه گرفتند که مدل‌های هم-پوشانی شاخص و مدل فازی در تعیین حساسیت مناطق ساحلی نسبت به ریزش‌های نفتی مناسب بوده و اکثر مناطق ساحلی استان مازندران دارای حساسیت زیاد در هنگام ریزش‌های نفتی می‌باشند. هدف از این مطالعه تحلیل فضایی تغییرات آلودگی در اروندرود با استفاده از GIS می‌باشد (۱۶).

منطقه مورد مطالعه

اروندرود رودخانه پهناوری در مرز ایران و عراق در جنوب غربی ایران است و از هم ریزش رودهای دجله، فرات و کارون پدید آمده است. بعد از متصل شدن کارون به اروندرود، رودخانه مسیری در حدود ۸۵ کیلومتر را در مرز ایران و عراق طی می‌کند و به شمال خلیج فارس می‌ریزد دهانه ورودی اروندرود به خلیج فارس در هشت کیلومتری جنوب شهرهای اروندکنار و فاو می‌باشد. عرض این رودخانه به‌طور متوسط حدود ۵۰۰ متر است. محدوده‌ای که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است از دهانه اروندرود در قسمت شمالی خلیج فارس تا میانه‌های جزیره آبادان است و حدود ۴۸ کیلومتر از طول رودخانه را در برمی‌گیرد (شکل ۱).

فیزیکوشیمیایی و میکروبی در هشت ایستگاه نمونه‌برداری و مقایسه آن‌ها با شاخص کیفیت آب WQI در پنج طبقه، پهنه‌بندی شده است (۸). همچنین پارامترهای هیدرو شیمیایی آب رودخانه زهره در استان خوزستان در ۹ ایستگاه نمونه‌برداری با استفاده از همین شاخص در سه طبقه، پهنه‌بندی شده است (۹). پهنه‌بندی درجه خطر آفرینی منابع آلاینده رودخانه‌ها و مناطق ساحلی استان گیلان با ایجاد یک سامانه جامع درجه‌بندی کیفیت منابع آلاینده انجام شده است (۱۰). همچنین در یک گشت تحقیقاتی در منطقه دریایی رامپی اندازه‌گیری‌های میدانی در ۱۹۹۲ از فوریه تا ژوئن به انجام رسید و متغیرهای فیزیکی گوناگون در چند منطقه اندازه‌گیری شد. تأثیر این عوامل فیزیکی بر انتشار آلوده‌کننده نفتی تا حدودی بررسی شده است (۱۱). اداره هواشناسی فرانسه^۱ یک پاسخ ریزش نفتی را برای پخش نفت به شکل سه‌بعدی شبیه-سازی کرده است. این سامانه در هر جای دنیا و در هر زمانی قابل اجرا است. صحت این مدل در ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵ با یک آلودگی ثبت شده و مشخص، بررسی شد و دو بار در یک‌زمان واقعی مورد آزمایش قرار گرفت (۱۲). Bingchen و همکاران (۲۰۰۸) آلودگی و انتقال رسوب را در خلیج یانگپو^۲ با به کار بردن نتایج مدل سوان و مدل کوهیرنس، مدل‌سازی کردند و نتایج تحقیق خود را با مشاهدات میدانی مورد مقایسه قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که نتایج مدل با مشاهدات میدانی تفاوت‌هایی دارد (۱۳). Hakimzadeh (2012) با مدل‌سازی عددی رهاسازی نفت به‌منظور تهیه نقشه‌ی خطرپذیری حاصل در روی سطح خلیج فارس با استفاده از نرم‌افزار مایک ۳، شبیه‌سازی عددی آلودگی نفتی در خلیج فارس را با توجه به عوامل نظیر جذر و مد و تنش باد مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نحوه انتشار لکه نفتی را شبیه‌سازی نموده و همچنین از نتایج حاصل از آن می‌توان در طرح‌های پیگیری و مبارزه با آلودگی نفتی در خلیج فارس بهره‌برداری کرد و در نهایت نقشه خطرپذیری این منطقه را تدوین کرد (۱۴). Mahmoodi (2007) با استفاده از مدل کوهیرنس به مدل-

1- Meta France
2- Yangpu Bay



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Geographical location of study area

مواد و روش‌ها

در این پژوهش با استفاده از مدل کوهیرنس، معادله پیوستگی، معادلات ناپیراستوکس در سه بعد و معادله‌های انتقال شوری و دما به روش جداسازی حل می‌شوند. شرایط مرزی اعمال شده شامل تغییرات دما، شوری و دبی برای مرز باز رودخانه و تغییرات دما و شوری و اعمال مؤلفه‌های جزر و مدی، $O1, S2$ ، $M2$ و $K1$ برای مرز باز دریا در مدل بکار گرفته شده و پارامترهای میانگین شده ماهیانه جوی (شامل سرعت و سمت باد، دمای هوا، میزان بارش، رطوبت نسبی و پوشش ابر) به مدل اعمال شده است. در این مطالعه از قسمت هیدرودینامیکی کوهیرنس استفاده شده است که بر اساس یک مختصات سیگمای عمودی عمقی^۱ متشکل از سه لایه سیگما و فضای شبکه‌ای کارتیزین با $\Delta x=83m$ (سمت شرقی - غربی) و $\Delta y=80m$ (سمت شمالی - جنوبی) می‌باشد.

برای تهیه فایل عمق سنجی از نقشه‌های هیدروگرافی سازمان نقشه‌برداری نیروهای مسلح در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استفاده و به کمک نرم‌افزار GIS ژئورفرنس و سپس رقومی و درون‌یابی شده‌اند. شرایط اولیه اعمال شده به مدل شامل شوری $3/5psu$ و دمای $20^{\circ}C$ به‌طور یکنواخت برای تمام حوضه آبی، شامل رودخانه‌ها و دریا می‌باشد. سرعت اولیه جریان‌ها نیز صفر است. برای این که شرایط اولیه داده‌شده به مدل کاملاً توسط نیروها

در این تحقیق از نرم‌افزارهای Arc GIS و سورفر و مدل COHERENS استفاده شده است. برای تهیه فایل عمق سنجی از نقشه‌های هیدروگرافی سازمان نقشه‌برداری نیروهای مسلح در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استفاده و به کمک نرم‌افزار GIS رقومی شده‌اند. برای تبدیل فرمت داده به صورت ماتریس، برای مدل COHERENS از نرم‌افزار سورفر استفاده شده است. مدل هیدرودینامیکی COHERENS یک برنامه مدل‌سازی عددی و سه‌بعدی کامپیوتری چندمنظوره با زبان برنامه‌نویسی فرترن^۱ است که از مدل‌های هیدرودینامیکی توأم با مدل‌سازی بیولوژیکی، مدل بررسی مسیر ذرات معلق، آلودگی‌ها و مواد محلول در آب سود می‌برد و فرآیندهای مقیاس‌سازی فصلی را مدل‌سازی می‌کند (۱۷). مؤلفه‌های کوهیرنس عبارتند از:

۱ بخش فیزیکی که مدلی عمومی برای حل معادلات فرارفتی و پخش می‌باشد.

۲ بخش چگونگی رسوب‌گذاری در مختصات اوپلری^۲.

۳ بخش بررسی توزیع و انتقال آلودگی، در مختصات اوپلری و یا لاگرانژی^۳.

۴ بخش بیولوژیکی که بررسی تحرک میکروپلانکتون‌ها، ذرات و محلول‌های غیر آلی مانند نیتروژن و اکسیژن را به عهده دارد.

- 1- FORTRAN
- 2- Eulerian
- 3- Lagrangian

4- Bottom-following

شوری مدل کوهیرنس در خلیج فارس انتخاب کردیم که با مشاهدات ماهیانه هیدروگرافی السی، هانت و بوور در ۱۹۹۹ مطابقت دارد (۲۰). در این تحقیق از یک شبکه محاسباتی با دقت ۸۰*۸۳ متر استفاده شده که محدوده‌ای به مساحت ۴۸/۹۷*۵۲/۹۶ کیلومتر را پوشش می‌دهد. از آنجایی که در شرایط اولیه، سرعت‌ها صفر و همچنین دما و شوری برای کل محیط، یکنواخت وارد می‌شود، لذا مدل برای ۵۰ روز بدون دریافت خروجی و صرفاً جهت پایداری اجرا می‌شود. خروجی-های مدل کوهیرنس با فرمت NetCDF هستند و برای نمایش داده‌ها و نحوه پخش آلودگی از نرم‌افزار GIS استفاده شده است و سپس مدل‌سازی در GIS انجام شده است. در این راستا خروجی‌های مدل کوهیرنس که با فرمت NetCDF هستند را با استفاده از ابزار Multidimension، در محیط ArcToolbox فراخوانی می‌کنیم، سپس نقشه آلودگی مربوط به یک‌زمان خاص (حالت جزر یا مد) را ژئورفرنس می‌کنیم. بعد از تقسیم‌بندی ارزش پیکسل‌ها، در طبقات مورد نظر، لایه رستری تولید خواهد شد که از تلفیق [رستر](#)های موجود در یک طبقه، طبقاتی از یک جنس و یک نوع ساخته می‌شوند و در نهایت در محیط GIS، نقشه آلودگی را طبقه‌بندی می‌کنیم.

شرایط مرزی اعمال شده، به پایداری برسد، مدل یک ماه بدون دریافت خروجی اجرا شده است و خروجی‌های مدل از ماه دوم به بعد استخراج شده است. لازم به ذکر است از آنجایی که حجم آبی مدل در زمان پایین‌ترین جزر حدود ۶ کیلومتر مکعب می‌باشد، مدل در مدت‌زمان کوتاهی به پایداری می‌رسد. اطلاعات مربوط به وضعیت هواشناسی ایستگاه آبادان (مؤلفه‌های سرعت باد، دمای هوا، رطوبت نسبی، پوشش ابر، بارش و...) از اداره کل هواشناسی استان دریافت گردید؛ و در مدل از آن‌ها استفاده شده است. دبی اعمال شده به مدل برای فصل کم‌آبی رودخانه اروندرود ۶۰۰ مترمکعب (۱۸) و برای فصل پرآبی ۱۴۰۰ مترمکعب، در نظر گرفته شده است. دامنه و فاز چهار مؤلفه اصلی جزر و مد (M2,S2,O1,K1) در مرز جنوبی به صورت مقادیر ثابت در نظر گرفته شده است (۱۹). مرز باز رودخانه‌ها در بالادست می‌باشد و برای آن‌ها هیچ مؤلفه جزر و مدی در نظر گرفته نشده است و نوسانات سطح آب در این مرزها ناشی از نفوذ موج جزر و مدی از دهانه رودخانه‌ها می‌باشد. برای اعمال شرایط مرزی دما و شوری در مرز رودخانه از داده‌های سازمان آب و برق خوزستان استفاده شده است. شوری مرز رودخانه ثابت و برابر ppt ۳/۵ و دما نیز ثابت و مقدار ۲۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است. دما و شوری مرز باز مدل را، با توجه به داده‌های شبیه‌سازی دما و

جدول ۱- فاصله موقعیت ایستگاه‌ها از دهانه و بالایشگاه

Table 1. Distance of station locations from craters and refineries

موقعیت ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	فاصله از دهانه (km)	فاصله از بالایشگاه (km)
۱	۴۸°۲۴'۱۷.۰۵"E	۳۰°۶۱'۶۳"N	۳۹/۳۵	۳۳/۵۵
۲	۴۸°۲۶'۵۰.۸۲"E	۳۰°۲'۳۸.۹۲"N	۳۱/۶۲	۴۱/۴۴
۳	۴۸°۳۹'۵۷.۶۴"E	۲۹°۵۳'۳۳.۶۲"N	۰	۷۳/۰۶

نتایج

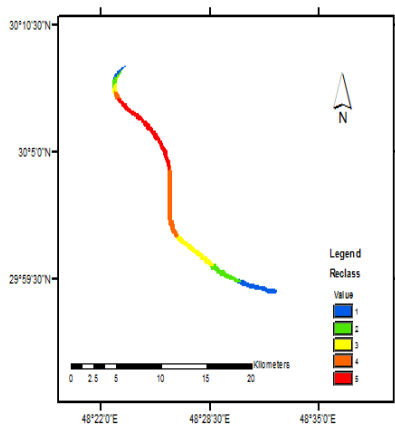
در مقیاس‌های ۱ تا ۵ رتبه‌بندی گردیده که رتبه ۱ نشان‌دهنده کم‌ترین درجه آلودگی و رتبه ۵ بیش‌ترین درجه آلودگی را نشان می‌دهد و همچنین طبقه تحت پوشش به صورت درصد نشان داده شده است (جدول ۲).

شکل‌های (۲) تا (۱۳) تغییرات مکانی آلودگی در زمان‌های جزر و مد برای دو حالت کم‌آبی و پرآبی در ایستگاه‌های مختلف را نشان می‌دهد، در این روش رودخانه بارنگ‌های مختلفی طبقه-بندی گردیده که نشان‌دهنده درجه آلودگی است. رودخانه اروند

جدول ۲- طبقه‌بندی درجه آلودگی رودخانه بر اساس ارزش پیکسل‌ها

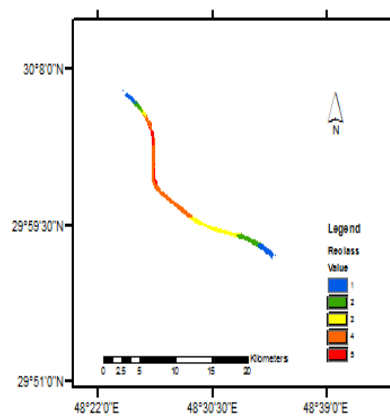
Table 2. Classification of the degree of pollution of the river based on the value of the pixels

ردیف	رنگ محدوده	درجه آلودگی
۱	خیلی کم	آبی
۲	کم	سبز
۳	متوسط	زرد
۴	زیاد	نارنجی
۵	خیلی زیاد	قرمز



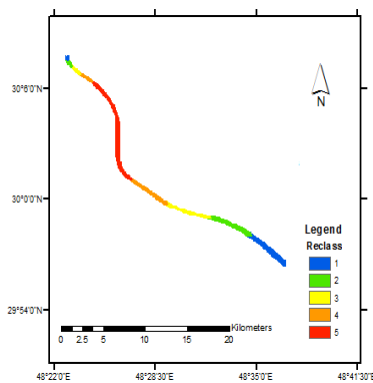
شکل ۳- تغییرات مکانی آلودگی در حالت مد و کم‌آبی ایستگاه اول

Figure 3. Spatial variation of pollution in ebb and low water level state of the first station



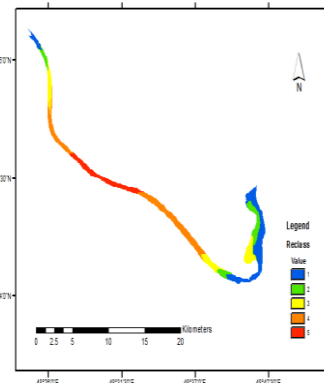
شکل ۲- تغییرات مکانی آلودگی در حالت جزر و کم‌آبی ایستگاه اول

Figure 2. Spatial variation of pollution in tidal and low water level state of the first station



شکل ۵- تغییرات مکانی آلودگی در حالت مد و پرآبی ایستگاه اول

Figure 5. Spatial variation of pollution in ebb and high water level of the first station

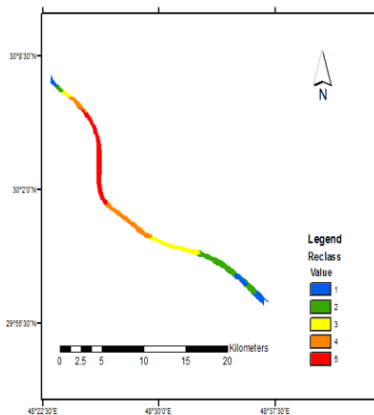


شکل ۴- تغییرات مکانی آلودگی در حالت جزر و پرآبی ایستگاه اول

Figure 4. Spatial variation of pollution in tidal and high water level state of the first station

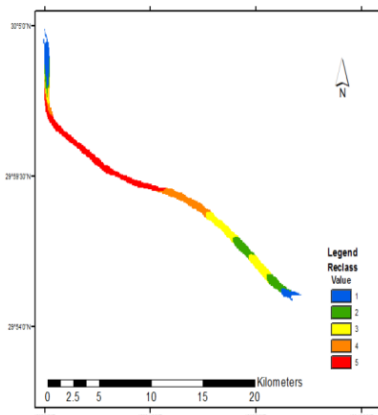
۳)، در حالت جزر و پربابی مربوط به درجه آلودگی خیلی کم (شکل ۴) و در حالت مد و پربابی مربوط به درجه آلودگی خیلی زیاد (شکل ۵) می‌باشد.

بیشترین درصد میزان آلودگی در ایستگاه اول در حالت جزر و کم‌آبی مربوط به درجه آلودگی زیاد می‌باشد (شکل ۲)، در حالت مد و کم‌آبی مربوط به درجه آلودگی خیلی زیاد (شکل



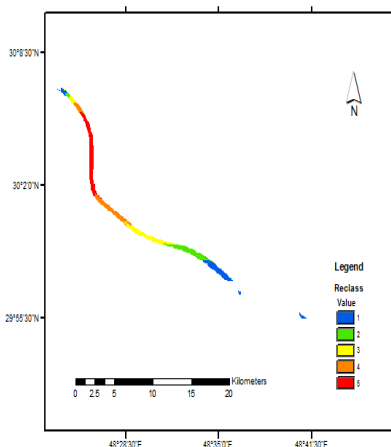
شکل ۷- تغییرات مکانی آلودگی در حالت مد و کم‌آبی ایستگاه دوم

Figure 7. Spatial variation of pollution in ebb and low water level state of the second station



شکل ۶- تغییرات مکانی آلودگی در حالت جزر و کم‌آبی ایستگاه دوم

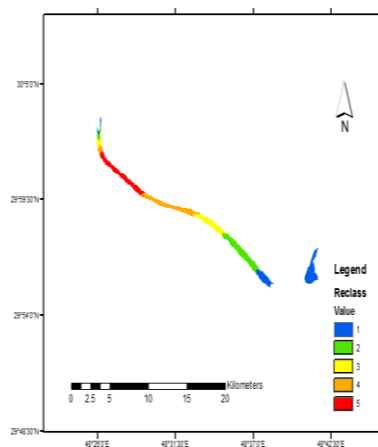
Figure 6. Spatial variation of pollution in tidal and low water level state of the second station



شکل ۹- تغییرات مکانی آلودگی در حالت مد و پربابی ایستگاه دوم

Figure 9. Spatial variation of pollution in ebb and high water level of the second station

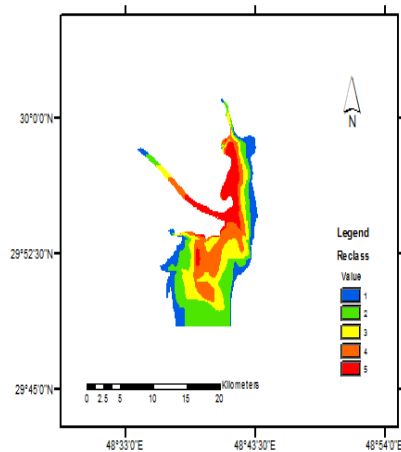
زیاد (شکل ۷)، در حالت جزر و پربابی مربوط به درجه آلودگی خیلی کم (شکل ۸) و در حالت مد و پربابی مربوط به درجه آلودگی خیلی زیاد (شکل ۹) می‌باشد.



شکل ۸- تغییرات مکانی آلودگی در حالت جزر و پربابی ایستگاه دوم

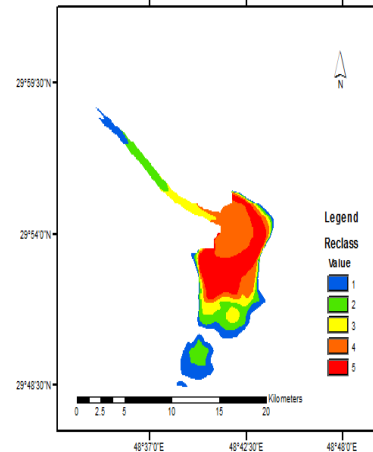
Figure 8. Spatial variation of pollution in tidal and high water level state of the second station

همچنین بیشترین درصد طبقه آلودگی در ایستگاه دوم در حالت جزر و کم‌آبی مربوط به درجه آلودگی خیلی زیاد می‌باشد (شکل ۲)، در حالت مد و کم‌آبی مربوط به درجه آلودگی خیلی



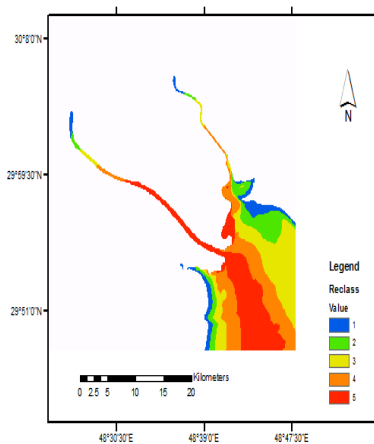
شکل ۱۱- تغییرات مکانی آلودگی در حالت مد و کم آبی ایستگاه سوم

Figure 11. Spatial variation of pollution in ebb and low water level of the third station



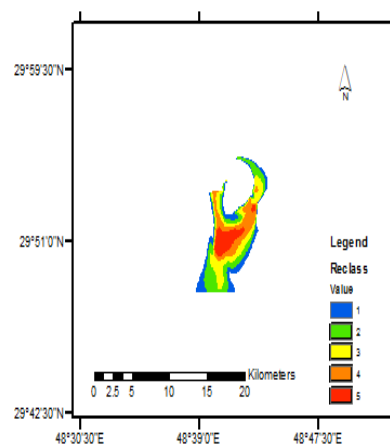
شکل ۱۰- تغییرات مکانی آلودگی در حالت جزر و کم آبی ایستگاه سوم

Figure 10. Spatial variation of pollution in tidal and low water level state of the third station



شکل ۱۳- تغییرات مکانی آلودگی در حالت مد و پر آبی ایستگاه سوم

Figure 13. Spatial variation of pollution in ebb and high water level of the third station



شکل ۱۲- تغییرات مکانی آلودگی در حالت جزر و پر آبی ایستگاه سوم

Figure 12. Spatial variation of pollution in tidal and high water level state of the third station

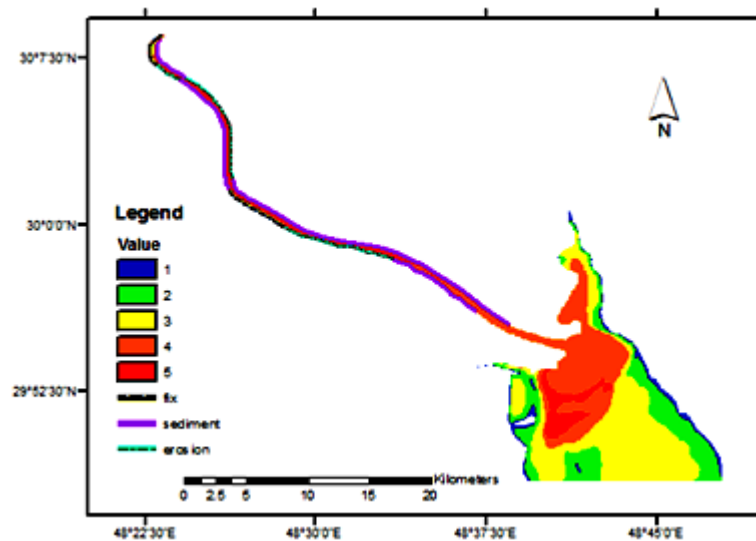
بحث و نتیجه گیری

این تحقیق از جمله اولین مطالعات جامع در مورد آلودگی رودخانه اروند است. به صورتی که ابتدا مدل سازی پخش آلودگی با استفاده از مدل کوهیرنس انجام شد. سپس نتایج کوهیرنس در GIS فراخوانی شد و با استفاده از نرم افزار GIS به تغییرات مکانی و تحلیل فضایی آلودگی پرداخته است. با توجه به درصد میزان تحت پوشش آلودگی در ایستگاه های مختلف مشاهده شد که بیشترین درجه آلودگی در ایستگاه اول در حالت مد و کم آبی با مقدار ۳۲/۲۷٪، در ایستگاه دوم در

بیشترین درصد میزان آلودگی در ایستگاه دوم نیز در حالت جزر و کم آبی مربوط به درجه آلودگی خیلی زیاد است (شکل ۱۰)، در حالت مد و کم آبی مربوط به درجه آلودگی کم (شکل ۱۱)، در حالت جزر و پر آبی مربوط به درجه آلودگی زیاد (شکل ۱۲) و در حالت مد و پر آبی مربوط به درجه آلودگی زیاد (شکل ۱۳) می باشد.

آلودگی در اروندرود تابع جریان می‌باشد، به این صورت که در هنگام جزر، جریان طبیعی رودخانه غالب شده و جریان و آلودگی به سمت خلیج فارس حرکت می‌کند؛ ولی در هنگام مد، جریان و آلودگی به سمت بالادست رودخانه می‌باشد. همچنین در فصل پربابی سرعت جریان بالا و در فصل کم آبی سرعت جریان کم می‌باشد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات (۶)، (۷) و (۸) مطابقت دارد.

حالت جزر و کم آبی با مقدار ۳۲/۸۷٪ و در ایستگاه سوم در حالت مد و پربابی ۲۸/۴۸٪ می‌باشد. کم‌ترین درجه آلودگی در ایستگاه اول نیز در حالت جزر و کم آبی با مقدار ۸/۶۹٪، در ایستگاه دوم و سوم در حالت جزر و پربابی به ترتیب با مقدار ۱۷/۷۷٪ و ۱۲/۰۷٪ می‌باشد. حداکثر جریان سطحی به هنگام جزر بیش‌تر از مد است به همین دلیل بیش‌ترین درجه آلودگی در ایستگاه دوم در حالت جزر و کم آبی می‌باشد، علت این امر هم‌سویی جهت جریان رودخانه با جریان جزر می‌باشد. پخش



شکل ۱۴- نقشه نهایی تغییرات مکانی آلودگی در اروندرود

Figure 14. Final map of spatial variation of pollution in Arvandroud

Use and Land Management Patterns to Maximize Social Benefits. *Ecological Economics*, 139, 75–90.

- Gao, P. P., Li, Y. P., Gong, J. W., & Huang, G. H. (2021). Urban land-use planning under multi-uncertainty and multiobjective considering ecosystem service value and economic benefit - A case study of Guangzhou, China. *Ecological Complexity*, 45, 100886.
- Maleki, J., Masoumi, Z., Hakimpour, F., & Coello Coello, C. A. (2020). A spatial land-use planning support system based on game theory. *Land Use Policy*, 99, 105013.
- Le Bivic, C., & Melot, R. (2020).

در نهایت از مقایسه نقشه‌های (۲ تا ۱۳) و بررسی میزان پخش آلودگی در حالت‌های مختلف، شامل مد کامل و جزر کامل برای دو فصل کم آبی و پربابی در محیط GIS، نقشه نهایی تغییرات مکانی منطقه به دست آمد. با توجه به این نقشه تمرکز بیش‌ترین مقدار آلودگی در منطقه مشخص شد. نقشه کل از تلفیق نقشه‌های ۲ تا ۱۳ می‌باشد و با مشخص کردن مکان رسوب-گذاری در ساحل، فرسایش ساحل و حفاظت ساحل در منطقه مورد مطالعه نمایش داده شده است (شکل ۱۴).

Reference

- Pennington, D. N., Dalzell, B., Nelson, E., Mulla, D., Taff, S., Hawthorne, P., & Polasky, S. (2017). Cost-effective Land Use Planning: Optimizing Land

11. Reynolds R.M., 1993. Physical Oceanography of the Persian Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman-Results from the Mt Mitchell Expedition, Mar Pollution Bull., 27, 35-59.
12. Patrick J. Luyten, John Eric Jones, Roger Proctor, Andy Tabor, Paul Tett and Karen Wild-Allen; 1999. "A Coupled Hydrodynamical-Ecological Model for Regional and Shelf Seas Release 8.4"; User Guide (p.d.f).
13. Bingchen, L., Huajun, L. and Aiqun, W., 2008. Application of COHERENS-SED in modeling contaminant transport of Yangpu Bay Chinese-German Joint Symposium on Hydraulic and Ocean Engineering, August 24-30, Darmstadt, 159-163.
14. Hakimzadeh, H., 2012, Numerical modeling of oil release in order to prepare a hazard map on the Persian Gulf using Mike 3 software, Master Thesis in Marine Physics, University of Isfahan. (In Persian)
15. Mahmoudi, S.M., 2007, Pollution modeling in the Persian Gulf with the Coherence model, Master Thesis in Marine Physics, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology. (In Persian)
16. Hadipour, W., 2011, Presenting the method of determining the sensitivity of coastal areas to oil pollution (Case study of coasts of Mazandaran province), Master Thesis in Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Khajeh Nasir al-Din Toosi University of Technology. (In Persian)
17. Luyten, P. J., Jones, J. E., Proctor, R., Tabor, A., Tett, P., and Wild-Allen, K. 1999. COHERENS- A coupled Scheduling urbanization in rural municipalities: Local practices in land-use planning on the fringes of the Paris region. Land Use Policy, 99, 105040.
5. Ioki, K., Din, N. M., Ludwig, R., James, D., Hue, S. W., Johari, S. A., Phua, M.-H. (2019). Supporting forest conservation through community-based land use planning and participatory GIS – lessons from Crocker Range Park, Malaysian Borneo. Journal for Nature Conservation, 52, 125740.
6. Oguchi, T, Jarvie, HP, 2000. River water quality in Humber catchment: an introduction using GIS-based mapping and analysis, Sci Total Environ.
7. Abrishamchi, A., M. Tajrishi and k. Noroozian 2001. Rivers Quality Zoning Based on Analysis of Fuzzy Classification. A Case Study of Zayandehrood River. Esteghlal, 20(1):55-68.
8. Fataei, E. 2007. River Quality Zoning Based on Water Quality index (A Case Study of Astara River). The First Conference Compatibility with Dehydration.
9. Karimian, A., N. Jafarzadeh, R. Nabizadeh and M. Afkhami 2008. Zoning and Evaluation of Parameters of Zohreh River Water Hydrochemical Using WQI. 2nd National Conference on Operation & Maintenance of Water & WasteWater Systems.
10. Khoshravan, H., (2004). Hazardous classification of polluting sources of rivers and coastal areas of Gilan province in GIS environment, 6th International Conference on Coasts, Ports and Marine Structures, Tehran, Ports and Maritime Organization. (In Persian)

- "Arvand Rood" Hydrographic of the Navy, 2008.
20. Alessi, C. A., Hunt, H. D. and Bower, A. S. 1999. Hydrographic data from the U. S. Naval Oceanographic Office: Persian Gulf, southern Red Sea. And Arabian Sea 1923 – 1996, Tech. Rep. WHOI-99-02, Woods Hole Oceanography. Inst., woods Hole, Mass.
- hydrodynamical -ecological model for regional and shelf seas: user documentation, MUMM Rep, Management Unit of the Mathematical Models of the North Sea.
18. Mahmoudian, M., 2013, Distribution of suspended sediments based on tidal phases in Arvand estuary, Master Thesis in Marine Physics, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology. (In Persian)
19. Admiralty tide table u port No.4268