J. Oceanography (JOC). Volume (14)(53): 28-37, spring, 2023

Journal of Oceanography
Homepage: joc.inio.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

The effect of seasonal monsoon on the spread of pollution in marine desalination plant, study area: Makran coasts (Engineering and Science)

Majid Hoseinihamid[1], Mehrnaz Farzingohar[*2], Masoud Sadrinasab[3], Behzad Layeghi[4]

1- PhD student Hormozgan University , Department of Atmospheric and Oceanic Non-Biological Sciences- Faculty of Marine Sciences and Techniques - University of Hormozgan.
2-Assistant Professor of University of Hormozgan, Department of Non,Living Atmospheric and Marine Science, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
3- Associate Professor University of Tehran, Environment group , University of Tehran ,Tehran,iran.
4- Meteorological Organization expert , Department of Atmospheric and Oceanic Sciences. ,Tehran,iran.

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 2023/02/10
Revised: 2023/07/8
Accepted: 2023/06/5

Keywords:
Numerical modeling
Oman sea
Sewage pollution
Monson
rotate

*Corresponding author:
mfgohar@yahoo.com

ORCID: 0000-0001-5489-284X
doi: 10.52547/joc.14.53.3

dor:20.1001.1.15621057.1402.14.53.3.7

ABSTRACT

Background and Objectives: The Indian Ocean is the source of monsoon winds and waves in the Oman Sea. In summer and winter, the winds blow from opposite direction with various intensity and weakness over the North of Indian Ocean and the Oman Sea. This process is impacts on the circulation of the currents of the Oman Sea and the interaction of ocean gyres, which causes the distribution of the wastewater of desalination plants along the coast. The effect of the Indian Ocean's large-scale winter cyclone of the monsoon winds on the distribution of wastewater from a desalination plant along the Makran coast is investigated.

Methods: The Regional Ocean Modeling System (ROMS 3D) ,a numerical and open code ocean model, is used to study the marine physical phenomena of the Oman Sea. The input data are based on the region hydrodynamic and the output clarifies the monitoring of pressure changes in the sea level. This phenomenon is created by the low-pressure and high-pressure sea gyres, which, throuugh their motion analysis, show the effluent pollution of the desalination plant in Jask port study area.

Findings: he results define that the movement of wastewater effectiveness is due to the rotational force of regional large-scale eddies interacting with the shear of wastewater outflow.. Therefore, a part of the wastewater is accumulated around the outlet channel during long time and the other amount moves towards the Arabian Sea.

Conclusion: There is no wastewater accumulation in normal conditions and without large-scale seasonal fluctuations due to the outlet form and the wastewater is rapidly removed. However, over the long term, the persistence of sewage is considered a threat to the environment. This research clarifies that the long-term sewage and wastewater are more pronounced in winter, although most of the pollution is moved towards the middle of the Oman Sea and the Arabian Sea, leaving the Iran shoreline without any significant effect on the coast and local ecosystem. Therefore, more precision should be taken in choosing the desalination plant site and the wastewater discharge location. To achieve this goal, it is recommended to run the model for several years, then monitor the cyclones movements. The movement pattern of effluent flow should be drawn, followed by an evaluation of the impacts of currents on the location of the factory establishment.

NUMBER OF TABLES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF REFERENCES
۱	6	22

مقاله پژوهشی

تأثیر مانسون فصلی بر پخش آلودگی پساب خروجی تأسیسات آب‌شیرین‌کن دریایی , حوزه مورد مطالعه : سواحل مکران (مهندسی و علوم پایه)

مجید حسینی حمید[۱]، مهرناز فرزینگهر[۲*]، مسعود صدری نسب [۳]، بهزاد لایقی[۴]

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه هرمزگان گروه علوم غیر زیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان.

۲-استادیار دانشگاه هرمزگان گروه علوم غیر زیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان.

۳- دانشیار دانشگاه تهران - -گروه محیط زیست – دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴- کارشناس سازمان هواشناسی کشور- گروه علوم جوی و اقیانوسی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۱.
تاریخ بازبینی: ۱۴۰۲/۴/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۱۵.

واژگان کلیدی:
مدل‌سازی عددی
دریای عمان
آلودگی پساب
مانسون
چرخند

*نویسنده مسئول:

mfgohar@yahoo.com

ORCID:0000-0001-5489-284X
doi: 10.52547/joc.14.53.3

dor:20.1001.1.15621057.1402.14.53.3.7

چکیده

پیشینه و اهداف: اقیانوس هند منشان شکل گیری بادهای مانسونی در دریای عمان می‌باشد. این بادها در فصول تابستان و زمستان در جهتی مخالف یکدیگر و با شدت و ضعفی متفاوت بر پهنه اقیانوس هند شمالی و دریای عمان می‌وزند که می توانند بر الگوی چرخش جریانات دریای عمان تأثیر بگذارند. یکی از این تأثیرات, اثر متقابل چرخند های اقیانوسی شکل گرفته از این بادها بر نحوه پخش پساب حاصل از تأسیسات آب شیرین کن سازی در سواحل دریای عمان می باشد. در این تحقیق به بررسی تأثیر یک چرخند بزرگ مقیاس زمستانی بر آب‌وهوای دریای عمان که تحت تأثیر بادهای مانسون اقیانوس هند ایجاد شده است بر نحوه پخش پساب خروجی یک آب شیرین کن صنعتی در سواحل مکران مورد بررسی قرار گرفت.

روش‌ها: در این تحقیق برای بررسی پدیده¬های فیزیکی دریایی مربوط به دریای عمان از مدل‌سازی عددی سه¬بعدی رامز که یک مدل کد باز اقیانوسی می باشد, استفاده شد. در این مدل‌سازی داده‌ها از دیتاسنترها دریافت و بر ا ساس داده‌های هیدرودینامکی منطقه و پس از آماده سازی به مدل داده شد. پس از پایداری مدل, خروجی ها بر اساس پایش تغییرات فشار در سطح دریا که ناشی از وجود جبهه های کم فشار و پرفشارچرخش های دریایی به وجود آمده اند, به بررسی و آنالیز نحوه تغییر در حرکت آلودگی پساب خروجی آب شیرین کن در بندر جاسک واقع در خطوط ساحلی دریای عمان پرداخته شد.

یافته‌ها: خروجی مدل نشان‌دهنده تأثیرپذیر بودن حرکت پساب تأسیسات آب شیرین کن از چرخند های بزرگ مقیاس منطقه‌ای در اثر برخورد نیروی چرخشی با نیروی برشی حاصل از خروج پساب دارد به گونه ای که بخشی از پساب به مدت طولانی در منطقه خروجی تجمع کرده و بخشی از آن به سمت دریای عرب پیش می‌رود.

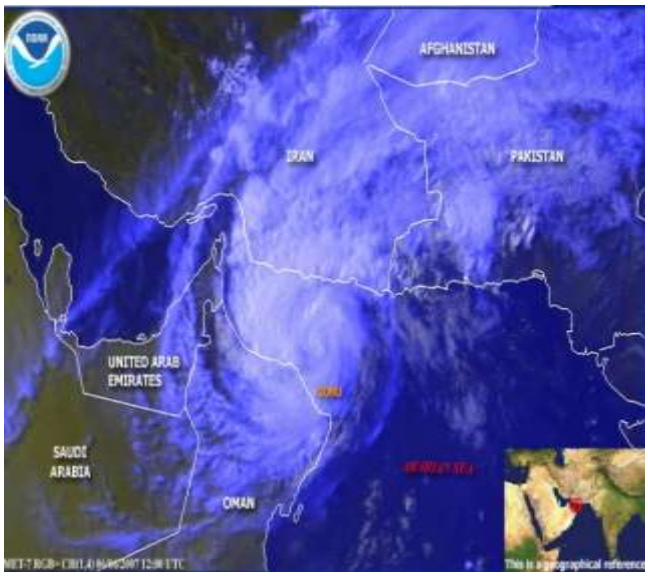
نتیجه‌گیری: در شرایط عادی و بدون حضور چرخند های بزرگ مقیاس فصلی طراحی خروجی پساب به گونه ای است که در محل خروجی انباشتی رخ ندهد و در مدت زمان کوتاهی پساب از منطقه خارج شود. از آنجا که ماندگاری طولانی مدت پساب یک تهدید برای محیط زیست بشمار می آید و چون این تحقیق نشان دهنده ماندگاری بلندمدت پساب در فصل زمستان می باشد (هرچند که حرکت بخشی از پساب که به سمت میانی دریای عمان و به سمت دریای عرب پیش می¬رود می¬تواند بدون درنوردیدن سواحل ایران از منطقه خارج گردد که این اتفاق برای حفظ اکوسیستم منطقه خصوصاً خطوط ساحلی ایران حائز اهمیت می‌باشد) لذا باید در مکان‌سنجی تأسیس آب شیرین کن و مکان رها سازی پساب دقت بیشتری شود. برای رسیدن به این هدف توصیه می شود مدل برای چندین سال متمادی به جهت بررسی حرکت چرخندها اجرا شود و با رسم الگوی حرکتی آن‌ها میزان تأثیرگذاری بر الگوی جریان پساب در انتخاب مکان تأسیس کارخانه در نظر گرفته شود.

مقدمه

وجود بادهای مانسون فصلی از یک سو و جابجایی آب بین دریای عمان به دلیل ارتباط در بخش جنوبی خود با دریای عرب از اقیانوس هند از سوی دیگر باعث ایجاد چرخاب‌های دائمی و فصلی در منطقه شده‌اند. یکی از رخدادهای طبیعی در اقیانوس هند تشکیل بادهای جانسون فصلی می‌باشند که اثرات آن در دریای عرب و خلیج فارس نیز مشاهده می‌شود که باعث ایجاد چرخندهای فصلی در منطقه شده است. در اقیانوس هند دو باد مانسون تابستانی و زمستانی وجود دارند که در جهتی مخالف یکدیگر و با شدت متفاوت بر پهنه اقیانوس هند شمالی می‌وزند. آب‌وهوای دریای عمان نیز تحت تأثیر این بادهای مانسونی قرار می‌گیرند[۴]. چرخندهای فصلی از سمت دریای عرب وارد حوزه دریای عمان شده و با تغییر در اندازه و شدت خود به سمت تنگه هرمز پیش می‌روند که در مسیر حرکت خود در سواحل می‌توانند با نیروهای حاصل از ورود آب رودخانه‌ها و یا آلودگی‌های صنعتی حاصل از کارخانه‌ها به‌ویژه رهاسازی پساب کارخانه‌های آب شیرین کن که ساخت و توسعه آن‌ها در سواحل دریایی رو به افزایش است و می‌توانند حجم قابل ملاحظه‌ای پساب وارد دریا کنند, برخورد کرده و این چشمه‌های ورودی به دریا به‌عنوان یک نیروی برشی عمل کرده و باعث ایجاد چرخندهایی در مقیاس کوچک‌تر در سطح دریا شوند و از احتمال ترکیب شدنشان در اثر برخورد با چرخش‌های مانسونی می‌توانند آلودگی‌های ناشی از پساب را به مکان‌های وسیعی از دریا منتقل نمایند که در نتیجه آن علاوه بر آلودگی ساحلی پساب‌ها به دلیل وجود جریان‌های دائمی در نوار ساحلی دریای عمان با نوع دیگری از پخش غیر منتظره آلودگی به هنگام ورود مانسونهای فصلی نیز در منطقه دریای عمان روبرو هستیم. در فصل تابستان که بادهای موسمی جنوب غربی بر دریای عمان حاکم هستند آب به داخل دریای عمان در جهت شمال غربی جریان دارد و یک جریان سطحی از دریای عمان به خلیج فارس وارد می‌شود. در فصل زمستان که بادهای موسمی شمال شرقی حاکم می‌شوند آب به خارج دریای عمان جریان می‌یابد. بادهای شدید در دریای عمان در بهار و زمستان می‌وزند که شدت وزش این بادها در ماه‌های دی و بهمن بیش از سایر ماه‌ها است. از دیگر پدیده های دریای عمان می‌توان به تشکیل فراچاهی و فروچاهی در اثر ایجاد این چرخندهای فصلی در حرکات رو به بالا اشاره کرد[۸].

یک راه برای شناسایی و ردگیری چرخش‌های فصلی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد که عمدتاً در روزهایی با چگالی ابر بالا وضوح تصاویر پایین می‌باشند. در یک تحقیق در ناحیه دور از سواحل پرو در خلال پدیده النینو در سال ۱۹۹۸-۱۹۹۷ اندازه بردارهای باد ماهواره‌ای را جهت توصیف انتقال و پمپاژ اکمن در سواحل اقیانوس در ۱۵ درجه جنوبی دور از پرو جایی که فراچاهی یک پدیده غالب است، مورد بررسی قرار داده و حرکت آن را ردگیری نمودند[۹]. در تحقیق دیگری سیر تکاملی فراچاهی در امتداد ساحل غربی دریای چین جنوبی با استفاده از سنجنده[1] AVHRR مربوط به فصول تابستان ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ مورد بررسی قرار گرفت[۱۲].

از آنجا که چرخش های اقیانوسی همراه با چرخش جوی همراه می‌باشند لذا برای شناسایی چرخش‌های اقیانوسی در تصاویر ماهواره‌ای از نحوه حرکت و چرخش ابرهای بالای چرخندهای دریایی آن‌ها را شناسایی می‌کنند. در تصویر شکل (۱) چرخش ابر در بالای دریای عمان نشانه وجود چرخند در دریا می‌باشد[۱۱]. از آنجا که این نوع شناسایی به‌صورت غیرمستقیم انجام می پذیرد لذا بهتر است از روش‌های دقیق تری به بررسی حرکت چرخندهای دریایی پرداخت.

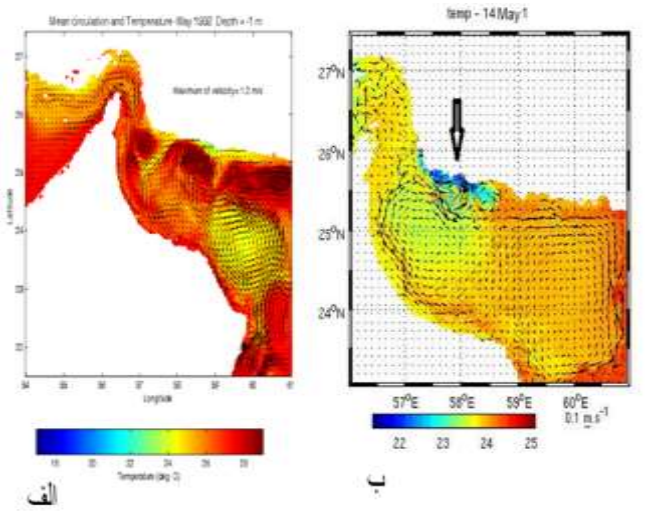


شکل۱. تصویر ماهواره مادیس از چرخند بزرگ مقیاس که در تاریخ ۲۰۰۷/۰۶/۰۶ از دریای عرب وارد دریای عمان شده است.

استفاده از ابزارهای میدانی نیز به دلیل شرایط نامساعد جوی و اقیانوسی با خطر تخریب همراه است. یکی دیگر از روش‌های بررسی رخدادهای آب‌وهوایی، مدل‌سازی منطقه بر اساس پارامترهای جوی و اقیانوسی مانند بررسی الگوهای جریان و یا دما همچنین بر اساس بررسی پارامترهای شوری و فشار می باشد که به کمک آن‌ها می‌توان به بررسی چرخش‌های دریایی پرداخت. در این تحقیق نیز بر اساس پارامتر فیزیکی فشار و بر اساس شکل‌گیری الگوهای کم فشار و پرفشار اقیانوسی بر سطح دریا در نواحی درگیر با چرخش, برای

1 Satellite meter

شناسایی و بررسی چرخندها استفاده کرد. این تحقیق نشان می‌دهد که برای رصد چرخندهای بزرگ مقیاس با دقتی مناسب و به‌طور مستقیم می توان از مدل‌سازی منطقه استفاده کرد. مدل‌سازی بر اساس تغییرات فیزیکی امروزه بسیار پرکاربرد در علوم جوی و اقیانوسی می باشند. از جمله کارهای انجام شده بر اساس تغییر پارامترهای فیزیکی می‌توان به تغییرات زمانی و مکانی فراچاهی مانسونی در امتداد سواحل شرقی و غربی هند اشاره کرد مطالعه بر اساس آنومالی دمای میانگین ماهانه محلی (LTA) و انتقال اکمن در امتداد سواحل شرقی و غربی هند با داده‌های ۶۰ ساله انجام شد و نشان داد که هم آنومالی دمای میانگین ماهانه محلی و هم انتقال اکمن در خلال مانسون تابستانه بالاست و آنومالی دمای محلی در حضور چرخندها همواره با تغییرات فشار در سطح دریا همراه می-باشد[۱۴]. در تحقیقی دیگر فراچاهی در شمال غربی دریای سیاه در طول دوره گرم شدن تابستانه توسط میخایلوسکی انجام شد در اینجا از یک مدل چندلایه‌ای عددی برپایِ معادلات اولیه ترمودینامیکی دریا، به‌منظور بررسی گسترش و پیشرفت محدوده‌های فراچاهی نزدیک ساحل دریای سیاه شمال غربی، استفاده شد و نتایج نشان از تأثیرپذیری نواحی فراچاهی و فروچاهی از جهت باد می‌باشد [۱۳]. حضور چرخش‌های مانسونی اقیانوسی در محدوده دریای عمان در خروجی مدل‌سازی انجام شده در این تحقیق مشابه با داده‌های ماهواره‌ای و سایر مدلسازی‌های ارائه شده در مجلات معتبر گویای توانمندی مدل انجام شده در شناسایی چرخابهای منطقه می‌باشد که تصویر شکل ۲ تأییدی است بر توانمندی مدل انجام شده در بررسی و شناسایی چرخابهای دریای عمان در منطقه مورد بررسی می‌باشد. در خروجی مدل‌سازی انجام شده بر روی دریای عمان در ماه مارس سال ۲۰۰۰ سیکلون مانسونی در منطقه دیده شد که مشابه آن در نتایج کار اعظام و همکارانش چاپ شده در مجله اوشن ساینس[1] مطابقت دارد. سیکلون در عرض های جغرافیایی (۵۷ تا ۵۸) و طول های (۲۴ تا ۲۵) درجه قرار دارد [۷].



شکل ۲.الف) خروجی مطالعه (اعظام [۷]) و ب) خروجی اجرای مدل بر اساس مولفه قائم سرعت جریان, علامت پیکان محل خروجی پساب را نشان می دهد.

پساب‌های صنعتی امروزه یکی از آلاینده‌های مهم در محیط دریا محسوب می‌شوند. تجمع و چگونگی پخش پساب و تأثیر جریانات بر نحوه توزیع آن‌ها از جمله مباحث اصلی برای بقای اکوسیستم منطقه می‌باشند. یکی از روش‌های بررسی روند حرکتی پساب‌ها از روش‌های مدل عددی استفاده می‌شود در یک تحقیق توسط سوهاری و همکارانش نشان داده شد که آلاینده‌ها ممکن است توسط جریانات دریایی و یا زیرزمینی به مناطق دیگر منتقل شده و موجب آلودگی آن مناطق نیز شوند علاوه بر آن در صورت ورود حجم بالایی از آلودگی امکان تأثیر آن‌ها بر روی جریانات منطقه نیز وجود دارد[۲۱]. ربرت هتلند۲ در یک تحقیق ساختار تغییرات جرمی یک دریاچه فرضی در اثر ورود پلوم یک رودخانه آب شیرین را مورد بررسی قرار داد، او چگونگی تخلیه آب شیرین رودخانه در دریاچه را توسط مدل عددی رامز۳ ٤بررسی کرد، لایه‌ها نشان از تقسیم آب دریاچه به قسمت‌های مجزا را نشان دادند. او تغییرات ایجاد شده در اثر اعمال نیروی حاصل از باد بر سطح دریاچه را در مدل‌سازی خود بررسی نمود که می‌تواند پلوم حاصل از یک رودخانه را تحت تأثیر خود قرار دهد [۱۰]. یان۵ (۲۰۱۵) در رساله دکتری خود به مقایسه مدل‌های مختلف عددی که بر روی شوری آب خلیج فارس کار شده‌اند پرداخته و سپس با انتخاب مدل MITgcm برای منطقه تغییرات شوری منطقه و تأثیرات آب‌وهوا و نیز تأثیرات انسانی را در بلندمدت بر روی خلیج فارس مدل‌سازی کرده است. در این پژوهش کل منطقه را به‌صورت یک خور بزرگ فرض کرد و با هشت روش مختلف منطقه شبیه سازی شد و نتیجه

1. Ocean since
2.Robert Hetland
3.ROMS
4.ROMS
5.Yan

گرفت که میزان شوری منطقه در بلندمدت افزایش می‌یابد این اولین مدل‌سازی بلندمدت برای نیم قرن اخیر می باشد [۲۳]. سان[1] و همکارانش (۲۰۱۲) به چگونگی پخش افقی پساب حاصل از یک آب شیرین کن در یکی از شهرهای تازه تأسیس در نزدیکی بوسان واقع در کره جنوبی پرداخته‌اند، آن‌ها به بررسی میزان نفوذ پساب در مزارع نزدیک ساحل پرداخته و نتایج نشان داد که اگر دهانه خروجی لوله پساب را بتوان در مکانی قرار داد که تغییر میزان شوری کمتر psu ۴۰ شود می توان در مزارع ساحلی به کشاورزی ادامه داد. آن‌ها چگونگی پخش افقی پساب منطقه را توسط شبیه ساز سه بعدی FVCOM[2] شبیه سازی کرده و نتیجه آن شد که حداقل فاصله دهانه خروجی پساب باید با ساحل نیم کیلومتر فاصله وجود داشته باشد، همچنین برای ترقیق پساب استفاده از آب‌های برگشتی از زمینه‌ای کشاورزی توصیه شد [۲۲]. پورنالنا[3] و همکاران (۲۰۰۳) به مدل‌سازی دو بعدی آب شیرین کن کشور عمان پرداخته و نتیجه نتایج نشان داد که پساب آب‌نمک رها شده در دریا به موازات خط ساحلی حرکت کرده و هرچه به ساحل نزدیک‌تر شویم میزان شوری آب افزایش می‌یابد، همچنین با مدل‌سازی نشان دادند که با افزایش طول لوله خروجی پساب می توان روند حرکت پسماند را بر عکس نمود [۱۷].

الامدین[4] و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی نفوذ پساب خروجی از یک کارخانه آب شیرین کن در ساحل جنوبی خلیج فارس پرداختند و با در نظر گرفتن دما به عنوان یک پارامتر اصلی به مدل‌سازی عددی منطقه پرداختند. در این کار آن‌ها برای تعیین محل مناسب, چندین مکان مختلف را با در نظر گرفتن عمق‌های متفاوت برای ردگیری خروجی پساب در نظر گرفته و هر سناریو را توسط نرم‌افزار CORMIX مدل‌سازی کردند و نتیجه آن شد که اگر پساب در فاصله ۳۰۰ متری و در سطح انجام شود به علت کمی عمق نتایج نامطلوب خواهد شد برای دستیابی به نتیجه مطلوب پیشنهاد شد که از پورت خروجی ترکیبی به روش پخش در عمق استفاده شود[۳].

در این مطالعه به دلیل در دسترس بودن داده‌های سال ۲۰۰۰ به مدل‌سازی منطقه دریای عمان پرداخته شد و با وارد کردن یک چشمه پساب حاصل از یک کارخانه تولید آب شیرین در محدوده ساحلی منطقه جاسک به بررسی نحوه چرخش پساب و همچنین تأثیرپذیری آن از چرخندهای منطقه در ماه مارس بر اساس داده‌های آب‌وهواشناسی سال ۲۰۰۰ پرداخته شد. در شکل ۲ الف محل رهاسازی پساب و نحوه پخش آن در سطح دریا بر اساس تغییرات دمایی نشان داده شده است.

روش پژوهش

۱. مدل‌سازی عددی

۱-۲ مبنای مدل

در این مطالعه از مدل اقیانوسی ROMS[5] که از دقت و کارآمدی فیزیکی بالایی برخوردار است استفاده شده است. در این مدل از طرح‌واره‌های اختلاط عمودی دکارتی، لایه‌ای سیگما و دستگاه مختصات خمیده استفاده می‌کند. همچنین دارای سطح‌های چندگانه، شبکه‌های مرکب و آشیانه‌ای است. مدل ROMS یک مدل عددی سه بعدی است که قابلیت جفت شدن با مدل‌های هواشناسی و امواج دریا را دارد و همچنین گستره کاربردی این مدل علاوه بر آب‌های عمیق اقیانوسی در آب های کم عمق نیز می باشد که درنتیجه برای مطالعه خطوط ساحلی بسیار مناسب است[۱۶]. از این مدل می‌توان برای مطالعه جو، اقیانوس و آب‌وهوا، یخ ، رسوب ، موج و خطوط ساحلی استفاده نمود. در این تحقیق از مختصات منحنی (ترکیبی از دکارتی و سیگما)برای معادله انتقال پارامترهای کنترل لایه‌های سطحی و زیرین استفاده شد. در این حل عددی، از حل به روش معادلات تفاضل محدود[6] برای گسسته سازی استفاده شده است .

۲-۲ تئوری محاسبات

این مدل هیدرودینامیکی روی شبکه نامنظم، برای مناطق عمیق و کم عمق کاربرد دارد. در این مدل از شبکه‌بندی C با دقت بالا در ۱۳ لایه عمودی از سطح تا کف برای بررسی لایه‌های مختلف استفاده شده است. این مدل از نوع سطح آزاد و زمین مرجع است که معادلات میانگین‌گیری شده‌ی رینولدزی را به کمک تقریب‌های هیدروستاتیکی و بوسینسکی بر اساس روش تفاضل محدود حل می‌کند[۲۰]. چگالی متوسط آب دریا برای تقریب بوسینسکی مقدار ۱۰۲۵ kg/m3 در نظر گرفته شد. ضرایب پخش قائم برای پارامترهای دما و شوری در آب دریا 5×10^{-6} و ضرایب دراگ در حالت خطی 3×10^{-4} قرار داده شد.

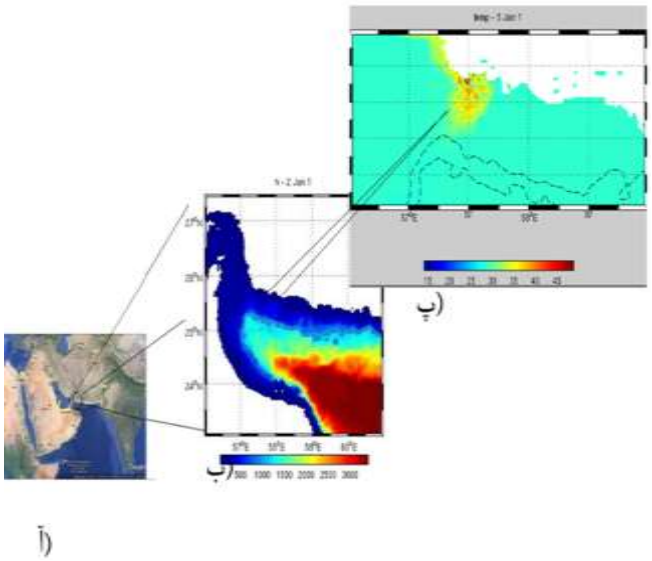
داده های هندسه بستر از مجموعه داده های ETOPO1 با دقت ۲کیلومتر تهیه و برای داده‌های شرایط اولیه از مجموعه داده های WOA استفاده شده است. منطقه موردنظر بر اساس شبکه‌بندی ۰/۰۵ × ۰/۰۵ درجه (۲ km × ۲ km) شبکه‌بندی گردید (جدول ۱) در نتیجه تعداد نقاط شبکه در راستای محور افقی ۲۴۹و در راستای محور قائم ۲۴۸ نقطه به دست آمد(شکل ۴) و موقعیت مکانی کارخانه آب

1.Sun
2.Finite Volume Community Ocean Model
3. Purnalna
4. Alameddine
5 .Regional ocean modeling system
6 .Finite Difference Method

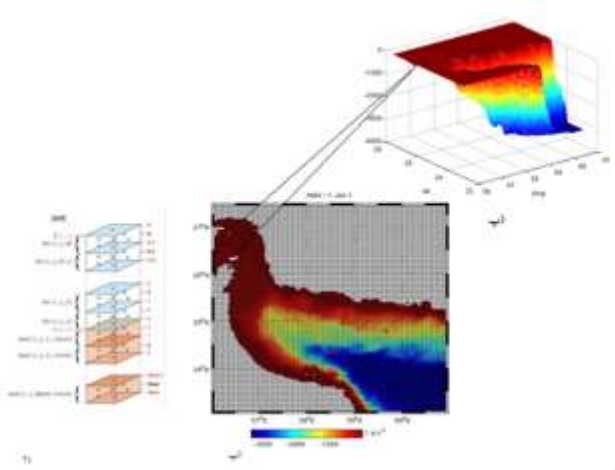
شیرین کن فرضی در (i=107,j=139) انتخاب گردید(شکل ۳). پس از اجرای مدل با در نظر گرفتن گام زمانی ۱۰ ثانیه خروجی آن برای مدت ۷۷ روز مربوط به ماه‌های ژانویه، فوریه و هفته اول مارس برای سال ۲۰۰۰ میلادی تهیه شد که در آن وجود چرخندهای منطقه عمان مربوط به فصل زمستان مشاهده و سپس با رها سازی پساب کارخانه به بررسی چگونگی پخش آن در سطح دریا و برهمکنش آن با سیکلون پرداخته شد. با انتخاب نوع کارخانه آب شیرین کن از نوع اسمز معکوس دما و شوری پساب خروجی از آن به ترتیب ۳۰ و ۷۰ (psu) و دبی خروجی کارخانه ۱۰m3/s در نظر گرفته شدند[۱].

جدول۱. آماده سازی داده‌های مدل

کاربرد	منابع	فایل شرایط اولیه و مرزی
شبکه	-	Roms_grid.nc
اولیه	WOA98& Ingrid.ldgo.colombia.edu	Roms_ini.nc
نیرو	Atlas of Surface Marine Data 1994	Roms_forcing.nc
هواشناسی	WOA98& Ingrid.ldgo.colombia.edu	Roms_clim.nc
مرزی	WOA98	Roms_bry.nc



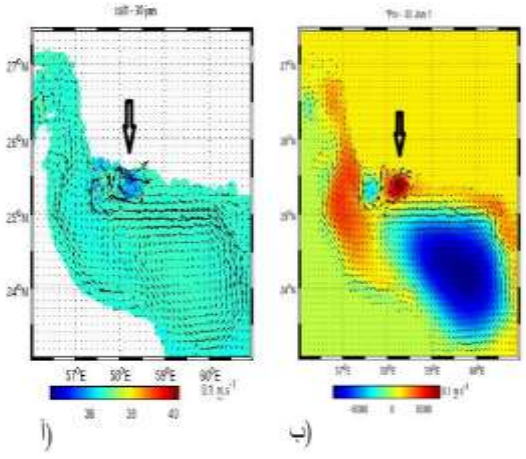
شکل ۳ (آ) منطقه جغرافیایی مدل سازی در گستره دریای عمان واقع در جنوب ایران و در قسمت (ب) بسیمتری بستر دریا در محدوده مورد مطالعه تا عمقی بیش از ۳۰۰۰ متر و در قسمت (پ) مکان رهاسازی پساب کارخانه در بندر جاسک را نشان می‌دهد.



شکل ۴. نوع شبکه‌بندی مدل رامز(آ) شبکه‌بندی عمان و بسیمتری دریای عمان(ب) و توپوگرافی مرز غربی واقع در تنگه هرمز را نشان داده شد.

نتایج و بحث

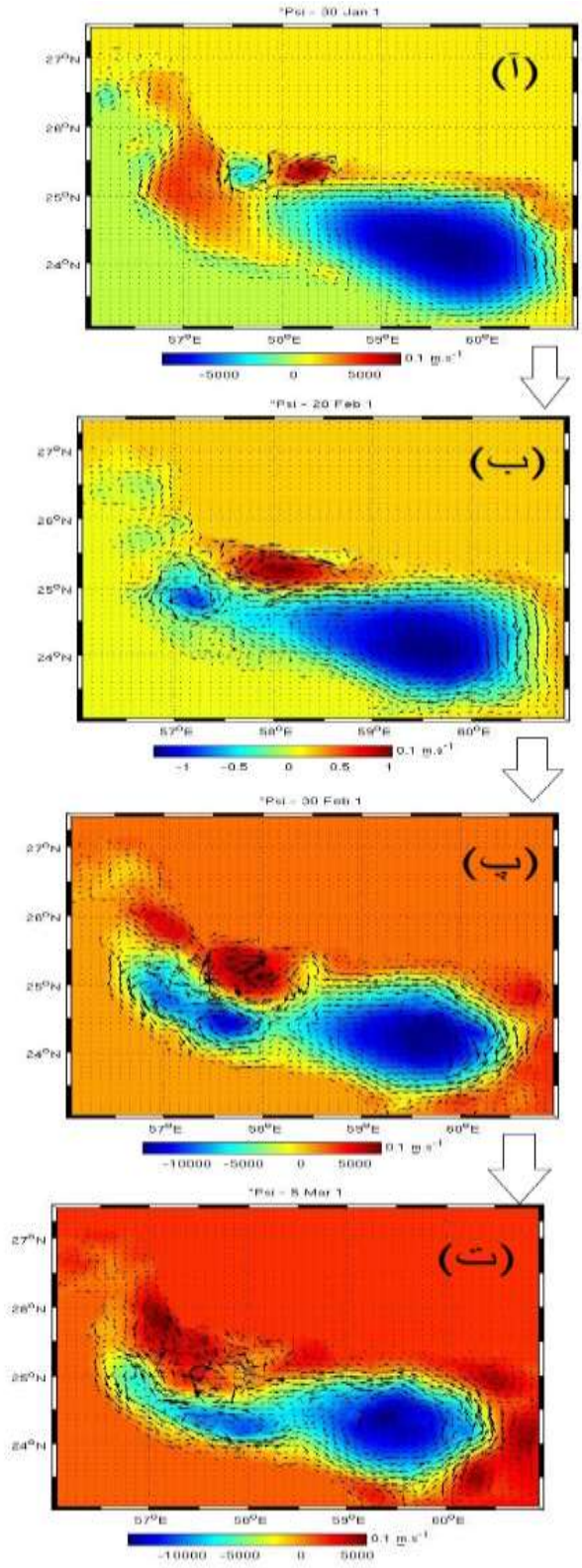
خروجی‌های مدل در دو حالت یکی بر اساس رسم خطوط جریان و دیگری بر اساس ساختار فشار سطحی آب در منطقه دریای عمان برای فصل زمستان و در محدوده ماه‌های ژانویه تا هفتم مارس می‌باشند. شکلهای (آ- ۵) و (ب- ۵) به ترتیب خروجی‌های مدل را پس از یک ماه از گذشت رهاسازی پساب در منطقه ساحلی بندر جاسک را بر اساس الگوی جریانات(همراه با رسم بردار جریان) و شکل دوم خروجی بر اساس تغییرات فشار برای روز سی‌ام ماه ژانویه را نشان می‌دهند. ملاحظه می‌شود که الگوهای تغییرات فشار سطحی با الگوی جریان همخوانی خوبی داشته و پساب خروجی پس از درگیر شدن با جریانات چرخندی شروع به چرخش در محل رهاسازی کرده است.



شکل ۵ آ) بر اساس بردارهای جریان در منطقه و ب) بر اساس تغییرات فشار در حضور پخش آلودگی در ساحل مکران و علامت پیکان محل خروجی آلودگی را نشان می‌دهد.

همواره بین دریای عمان و خلیج فارس جریانات در حال انتقال توده‌های آب می‌باشند که بر آن اساس آب دریای عمان در شرایط عادی عموماً در نوار ساحلی در اثر جریانات دائمی به سمت خلیج فارس در حال حرکت می‌باشد و با دور زدن سواحل خلیج فارس به سمت دریای عرب و اقیانوس هند سرازیر می‌شوند ولی حضور چرخندهای بزرگ مقیاس می‌توانند این آرایش انتقال توده در سطح دریا را برهم بزند[۱۸]. پیش بینی حرکت پساب به‌گونه‌ای است که توده آلودگی سوار بر جریانات از منطقه سواحل جاسک خارج می-گردد. این امر مانع از تراکم پساب در بندر و درنتیجه عدم تغییر در میزان شوری آب در بلندمدت می‌شود. مسیر حرکت و خروج پساب از منطقه و خصوصاً خط ساحلی مهم‌ترین چالش در احداث تأسیسات آب شیرین کن می باشد که همواره مخزن خروجی به‌گونه‌ای طراحی می‌گردد که به جهت حفاظت محیط زیست, کمترین انباشت پساب(آلودگی) در منطقه رخ دهد اگر به هر دلیلی مسیر درنظرگرفته شده تغییر کند بطوریکه پیامد آن انباشت پساب در یک منطقه ساحلی شود, می‌تواند بر روی اکوسیستم آن منطقه تأثیرات منفی همچون تأثیر مستقیم بر جلبک ها و زنجیره متصل به آن‌ها شوند[۱۹].

بر اساس آنچه که گفته شد در سواحل دریای عمان علاوه بر جریانات دائمی در برخی از فصول چرخندهای مانسونی نیز تشکیل می‌شوند. در شکل ۶ مسیر حرکت یک سیکلون بزرگ مقیاس و قوی زمستانه حاصل از بادهای مانسون که از دریای عرب وارد دریای عمان شده و به سمت تنگه هرمز پیش می‌رود را برای تاریخ‌های روزهای بیستم ژانویه, بیستم و سی‌ام فوریه و هفتم ماه مارس به رنگ آبی در خروجی مدل را نشان می‌دهد. این تصاویر نشان می‌دهند که سیکلون با حرکت به سمت سواحل دریای عمان در کشور ایران جریانات دائمی منطقه را تحت تأثیر خود قرار داده است. تغییرات به‌صورت الگوهای چرخشی از نوع کم فشاری که به دلیل وزش بادهای مانسونی تشکیل شده‌اند در حال پیشروی به سمت سواحل ایران و در حال نزدیک شدن به محل خروجی پساب در بندر جاسک می‌باشد. سیکلون کم فشار تشکیل شده در شکل به رنگ آبی کاملاً مشخص است که پس از برخورد با خروجی پساب باعث ایجاد چرخش‌های جدید از نوع پرفشار (به رنگ قرمز) شده است. در بررسی شکل هرچه به سمت مرکز سیکلون حرکت کنیم میزان کاهش فشار بیشتر و درنتیجه به رنگ آبی تیره در می‌آید در مقابل مکان ورود پساب حاصل از تأسیسات آب شیرین کن که به صورت یک نیروی برشی با دبی ۱۰m3/s در شکل(۶-آ) توسط یک بردار مشخص شده است نیز به مجموعه اضافه و در اثر برخورد با نیروی چرخشی سیکلون باعث ایجاد



تغییر درروند حرکتی آن شده است این تغییر حرکت به‌صورت چرخش آنت سیکلونی در تصاویر به رنگ قرمز نشان داده شده است.

شکل ۶. نحوه حرکت سیکلون دریای عمان بر اساس تغییرات فشار در حضور رهاسازی پساب آب‌شور در ساحل بندر جاسک برای روزهای آ. بیستم ژانویه ب . بیستم فوریه پ. سی‌ام فوریه ت. هفتم ماه مارس ا نشان می‌دهد.

پساب با دبی ذکر شده همانند یک نیروی برشی عمل کرده و در اثر برخورد با جریانات دائمی غربی نوار سواحلی دریای عمان, ایجاد چرخندهایی در خلاف جهت مانسون کرده و مسیر حرکت خود را به شکل دایره ای تغییر می‌دهد که در نتیجه آن پساب خروجی در منطقه رهاسازی شده شروع به چرخش می‌کند این امر باعث می‌شود اولاً پساب مدت‌زمان بیشتری در بندر جاسک قرار گیرد ثانیاً این چرخندها به‌نوبه خود در اثر تداخل با سیکلون مانسونی باعث ایجاد چرخندهای دیگری در اطراف خود نیز شده‌اند (شکل پ-۶) و باعث ایجاد آشفتگی در چخش پساب می‌شوند که با الگوهای حرکت پساب در شرایط عادی منافات داشته و باید روند حرکتی مجدد مورد بررسی قرار گیرد. این چرخندهای پرفشار کوچک تا بیست فوریه در جلوی منطقه رهاسازی قرار داشته و به وسعت آن‌ها افزوده می‌گردد ولی از سی فوریه به بعد بخشی از آن جابجا شده بطوریکه می‌توان آن‌ها را در نزدیکی تنگه هرمز نیز مشاهده کرد این پدیده های جابجایی پساب نشان از وجود سناریوهای متعددی برای حرکت آن دارد بطوریکه بخش اعظمی از پساب توسط این چرخندها به سمت خلیج فارس در حال حرکت می‌باشند. شکل های پ و ت گویای این مطلب می باشند که پساب در اثر تداخل با چرخند مانسونی می‌تواند آرایش‌های متفاوتی برای حرکت خود بگیرد . این احتمال که پساب برای مدتی در منطقه رهاسازی گیر می افتد همان قدر محتمل است که به سمت میانه دریای عمان رهسپار شده و با دور شدن از سواحل ایران به سمت اقیانوس هند حرکت کند همچنین این امکان وجود دارد که با تجمع در مکان رهاسازی شده بتواند همگام با حرکت چرخند مانسونی به سمت تنگه هرمز نیز پیش برود. حال اگر این نوع حرکات برشی پساب باعث تجمع و ته‌نشین شدن پساب در هر ناحیه‌ای شود, می-تواند برای محیط زیست آن منطقه خطراتی را به دلیل افزایش ناگهانی شوری به همراه داشته باشد.

نتیجه‌گیری

یکی از روش‌های دقیق در شناسایی چرخندهای بزرگ و حتی کوچک مقیاس بررسی تغییرات فشار در سطح دریا پس از مدل‌سازی عددی در منطقه هدف می‌باشد. هدف این مطالعه نیز بررسی و توانایی تشخیص انواع چرخش‌های اقیانوسی منطقه دریای عمان بر اساس رسم الگوی جریانات منطقه و همچنین رسم تصاویر حاصل از تغییرات فشار می باشد. هر دو روش توانایی تشخیص سیکلون مانسونی را داشته ولی تصاویر الگوهای تغییر فشار از دقت و وضوح بالایی برخوردارند بطوریکه می‌توانند حتی چرخش‌های کوچک مقیاس را با دقت خوبی نشان دهند.

همچنین این تحقیق به ردگیری سه ماهه زمستان برای خروجی آلودگی پساب حاصل از یک تأسیسات فرضی آب‌شیرین‌کن که در سطح دریای عمان در منطقه بندر جاسک رهاسازی شد پرداخته و نشان داد که حرکت آن تحت تأثیر سیکلون مانسونی دارای سناریوهای مختلفی می‌باشد بطوریکه می‌تواند به سمت تنگه هرمز و یا به سمت دریای عرب پیش برود همچنین می‌تواند برای مدتی در منطقه رهاسازی شده گیر بیفتد. همه این حالت‌ها بستگی به مدت زمان درگیر شدن پساب با چرخند و رفتار حرکتی آن دارد به‌طوری‌که خود نیز دچار چرخش می‌گردد و با گذشت زمان و رسیدن به ماه پایانی زمستان به سمت تنگه هرمز پیش می‌رود. البته بخشی نیز با جدا شدن از توده اصلی به سمت میانی دریا پیش می‌رود که باعث دور شدن آلودگی از سواحل می گردد. حضور بلندمدت پساب در منطقه ساحلی می‌تواند آسیب‌های جبران ناپذیری بر اکوسیستم ساحل وارد سازد که این امر لزوم مکان‌یابی مناسب برای احداث تأسیسات آب شیرین کن و در نظر گرفتن پاره‌ترهای تخلیه پساب همانند دبی و سرعت خروج پساب و یا طول لوله خروجی نسبت به چرخنده‌ای منطقه می‌تواند کمک شایانی به تخلیه اصولی پساب کند[۲] که چگونه پخش پساب بدون تأثیرپذیر بودن از چرخندها طراحی شود. شاید با احداث تأسیسات در قسمت شرقی سواحل ایران و با دور شدن از تنگه هرمز و یا با تخلیه پساب در عمق دریا بتوان از برهمکنش بین پساب با چرخند جلوگیری کرد که نیاز به بررسی دقیق‌تر و با در نظر گرفتن این عوامل برای مدل‌سازی منطقه توصیه می‌شود.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله نویسندگان سهم یکسانی داشتند. تمرکز اصلی نویسنده سوم(مسعود صدری نسب) بر نحوه اجرای مدل و نویسنده دوم (مهرناز فرزینگهر) بر بخش بررسی نتایج مدل ، بوده است. تمرکز نویسنده اول (مجید حسینی حمید) که نویسنده مسئول مقاله است بیشتر بر یافتن روش‌ها، انجام مدل‌سازی و دریافت خروجی‌ها بر اساس اقلیم منطقه و نیاز این تحقیق بوده است. نظارت بر انطباق مقاله با فرمت مجله، نگارش و جمع‌آوری مطالب، ترجمه و ویراستاری مقالات و هماهنگی محتوایی مقاله را نیز بر عهده داشته است.

تشکر و قدردانی *(اختیاری)*

شایسته است مراتب قدردانی خود را از سردبیر و مدیر داخلی محترم نشریه اقیانوس‌شناسی جناب آقای دکتر اکبرپور و تیم ایشان اعلام دارم.

تعارض منافع

این مقاله بر اساس «تعارض حرفه‌ای و مالکیت فکری: ارتقای سازمانی و نظریات تخصصی شخصی اینجانب به‌عنوان نویسنده مسئول گردآوری شده است. »

یا«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع

[1] .Adibfar, A.,(2018). Water desalination (basics and methods), first edition, Pendar Pars publishing house, "(Persian)"

[2] .Akbari, P.; Sadri Nasab, M,; Nikpour, & Safahiyeh., (2018). Simulation of the effects of hot wastewater discharge rate on the thermal plume advance pattern and temperature at the wastewater discharge site. Scientific-Research Quarterly of Water Resources Engineering, 11(37): 53-62"(Persian)"

[3] .ALAMEDDINE, I.; EL-FADEL, M. Brine discharge from desalination plants: a modeling approach to an optimized outfall design. *Desalination*, 2007, 214.1-3: 241-260.

[4] .Al-Ghadban, A. N. (1993). Preliminary assessment of the suspended sediment and its associated pollutants in Kuwait Bay

[5] .Ardalan, H.; Vafaei, F.; Azizi, M., Gohary Kamel, D.; & Kalate Arabi, A., (2018). Investigation of the Velocity and Angle Effects on the Behavior of Brine Discharge by Inclined Jet into the Stationary and Homogenize Ambient. *Journal of Oceanography*, *9*(33): 51-58. URL: http://joc.inio.ac.ir/article-1-1263-fa.html

[6] .E. N. Mikhailov, V. A. Ivanov, V. R. Kosnyrev, "Upwelling in the north-western Black Sea during the period of summer-time warming," Physical Oceanography. 8, 2(1997)

[7] .Ezam, M., A. A. Bidokhti, and A. H. Javid. "Numerical simulations of spreading of the Persian Gulf outflow into the Oman Sea." Ocean Science 6.4 (2010): 887.

[8] .Fleitmann D, Burns SJ, Mudelsee M, Neff U, Kramers J, Mangini A, Matter A. Holocene forcing of the Indian monsoon recorded in a stalagmite from southern Oman. Science. 2003 Jun 13;300(5626):1737-9.

[9] .Halpern BS, Warner RR. Marine reserves have rapid and lasting effects. Ecology letters. 2002 May 1;5(3):361-6.

[10] . Hetland, Robert D. "Water mass structure of wind-forced river plumes." Journal of Physical Oceanography 35.9 (2005): 1667-1688.

[11] . https://eastcoast.coastwatch.noaa.gov/cw_modis.php

[12] . Kuo NJ, Zheng Q, Ho CR. Satellite observation of upwelling along the western coast of the South China Sea. Remote sensing of environment. 2000 Dec 1;74(3):463-70.

[13] . Mikhailov, O. V., Haartsen, M. W., & Toksoz, M. N. (1997). Electroseismic investigation of the shallow subsurface; field measurements and numerical modeling. *Geophysics*, *62*(1), 97-105.

[14] . Naidu PD, Kumar MR, Babu VR. Time and space variations of monsoonal upwelling along the

[15] . west and east coasts of India. Continental Shelf Research. 1999 Mar 1;19(4):559-72.

[16] . Noranian Esfahani M, Akbarpour Jannat M, Banijamali B. Evaluation of the ROMS-SWAN Coupled Model in the Southern Caspian Basin Circulation. Journal of Oceanography 2018; 8 (32) :31-42 URL: http://joc.inio.ac.ir/article-1-1219-fa.html

[17] . Purnalna, Anton, H.H.Al-Barwani, and M.Al-Lawatia."Modeling dispersion of brine waste discharges from a coastal desalination plant." desalination 155.1 (2003): 41-47.

[18] . Ramak H, soyufjahromi M, Akbari P. Persian Gulf Water mass tracking by surface temperature and salinity properties. Journal of Oceanography 2022; 12 (48) :13-28
URL: http://joc.inio.ac.ir/article-1-1616-fa.html

[19] . Rafiei, Farnaz, and Salmanzadeh, Nasreen. (1390). Investigating the effect of salinity, ammonium vesitokinin on the growth of Gracilaria corticata in laboratory environment. Marine Science and Technology

Research, 6(1), 71-79. SID. https://sid.ir/paper/173943/fa

[20] . Shchepetkin AF, McWilliams JC. The regional oceanic modeling system (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model. Ocean modelling. 2005 Jan 1;9(4):347-404.

[21] . Souari L, Hassairi M. Sea water desalination by reverse osmosis: the true needs for energy. Desalination. 2007 Feb 5;206(1-3):465-73.

[22] . Sun, Youn-Jong, et al."Simulation of brine discharge near sea farms in the Korea Strait." Desalination and Water Treatment 43.1-3 (2012): 201-211.

[23] . Yan, Xiaohui.Numerical Simulation of the Long-term Balance of Salinity in the Persian Gulf.Diss.Université d'Ottawa/University of Ottawa, 2015.

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Hoseinihamid , M , PhD student Hormozgan University - - Department of Atmospheric and Oceanic Non-Biological Sciences- Faculty of Marine Sciences and Techniques - University of Hormozgan-
✉ *majidfizik@gmail.com* 0000-0002-6939-2730

Farzingohar, M , Assistant Professor Hormozgan University - - Department of Atmospheric and Oceanic Non-Biological Sciences- Faculty of Marine Sciences and Techniques - University of Hormozgan-
✉ *mfgohar@yahoo.com* 0000-0001-5489-284X

Sadrinasab , M , - Associate Professor University of Tehran - - Environment group - University of Tehran-
✉ *masoud.sadri@ut.ac.ir* 0000-0002-5137-4200

Layeghi, B , -Meteorological Organization expert -- Department of Atmospheric and Oceanic Sciences
✉*ayeghi2001@yahoo.com* 0000-0002-6987-4078

این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:

HOW TO CITE THIS ARTICLE

http://doi.org/10.52547/joc.14.53.3
http://joc.inio.ac.ir/ article-1-1751-fa.html
https://orcid.org/0000-0001-5489-284X

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.