



## ارزیابی شاخص عملکرد زیست‌محیطی توسعه پایدار در خورموسی (مطالعه موردی: پرستو دریایی)

حامد قناعتیان<sup>۱</sup>، علیرضا صفاهیه<sup>۱\*</sup>، کیوان کبیری<sup>۲</sup>، احمد سواری<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خوزستان، ایران.  
<sup>۲</sup>گروه مدیریت داده‌های اقیانوسی و سنجش از دور، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: safahieh@hotmail.com

### چکیده

از شاخص‌های مهم ارزیابی توسعه پایدار می‌توان به شاخص توسعه انسانی، شاخص عملکرد زیست‌محیطی، شاخص توسعه پایدار شهری و شاخص توسعه اقتصادی منطقه‌ای اشاره کرد. بررسی شرایط بوم‌شناختی پرندگان دریایی در گذر زمان، از شاخص‌های مهم در شناخت عملکرد زیست‌محیطی توسعه یک بوم‌سازگان آبی است. در این مطالعه تغییرات جمعیتی، اقتصادی، اجتماعی خورموسی در دهه‌های اخیر در کنار تغییرات در جمعیت جوجه‌آور پرستودریایی‌ها (کاکلی کوچک، کاکلی بزرگ و پشت دودی) در جزایر خورموسی و مناطق نزدیک بررسی گردید. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد توسعه در خورموسی حداقل از منظر پایداری شرایط زیست‌محیطی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. فقر آموزش، عدم توجه به استانداردها و دستورالعمل‌های علمی، عدم پایبندی به پروتکل‌ها و پیمان‌های بین‌المللی و عدم تخصیص بودجه مکفی به مطالعات زیست‌محیطی مستقل، از مهمترین عوامل ناپایداری در شاخص‌های زیست‌محیطی توسعه برآورد گردید. تغییر رویکرد مدیریتی توسعه پایدار در سطح کلان با محوریت توجه به شاخص عملکرد زیست‌محیطی توصیه می‌گردد.

**کلید واژه:** توسعه پایدار، شاخص عملکرد زیست‌محیطی، خورموسی، خلیج فارس.

## Evaluation of the Environmental Performance Index of Sustainable Development on Musa Multi-Branches Creek (Case Study: Tern)

Hamed Ghanaatian<sup>1</sup>, Alireza Safahieh<sup>1\*</sup>, Keivan Kabiri<sup>2</sup>, Ahmad Savari<sup>1</sup>

1. Marine Biology Department, Faculty of Marine Science & Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology (KMSU), Khorramshahr, Khuzestan, Iran
2. Oceanic Data Management & Remote Sensing Department, Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS), Tehran, Iran

\* Corresponding Author E-mail: safahieh@hotmail.com

**Abstract** — Among the important indicators of sustainable development evaluation are the human development index, environmental performance index, urban sustainable development index, and regional economic development index. Investigation of the ecological conditions of seabirds over time is one of the indicators in understanding the environmental performance of the development of an aquatic ecosystem. In this study, the demographic, economic, and social changes of Musa Creek in recent decades were investigated along with the changes in the breeding population of Terns (Lesser crested Tern, Swift Tern, and Bridled Tern) at the Khur-e Musa islands and nearby areas. The results of this study show that the development in Musa Creek has received less attention, at least in the sustainability of environmental conditions. Poor education, lack of attention to scientific standards and guidelines, non-adherence to international protocols and agreements, and lack of sufficient funding for independent environmental studies were estimated to be among the most important factors of instability in the environmental indicators of development. It is recommended to change the management approach of sustainable development, paying attention to the environmental performance index.

**Keywords**— Sustainable development, Environmental Performance Index, Musa Creek, Persian Gulf.



## مقدمه

هدف راهبردی توسعه پایدار در گسترده‌ترین معنای آن، ارتقای هماهنگی بین انسان‌ها و بین انسانیت و طبیعت است. کمیسیون برون‌تلد در سال ۱۹۸۷، توسعه پایدار را به عنوان توسعه‌ای تعریف کرد که نه تنها نیازهای حال حاضر را بلکه نیازهای آینده را نیز برآورده می‌کند و به حفاظت از محیط زیست تأکید دارد. این گزارش تعیین کننده بوده و مفاهیم ماندگاری چون 'نمی‌توان مصرف کنیم تا نابود کنیم' را به جهان معرفی کرده است. برون‌تلدن تدوین مفهوم سه پایه توسعه پایدار، یعنی اقتصادی، اجتماعی، و حفاظت از محیط زیست پیشنهاد داد (Brundtland, 1987). توسعه پایدار نه تنها نیازمند رشد اقتصادی است، بلکه باید همراه با توزیع عادلانه منافع اجتماعی باشد و از منابع طبیعی حفاظت کند (Daly, 1996; Atkinson, 2015).

خورموسی به عنوان یکی از دروازه‌های مهم اقتصادی کشور و استان خوزستان به شمار می‌رود. این خور چند شاخه با بوم‌سازگانی منحصر به فرد در شمال خلیج فارس قرار گرفته و در شمال این خور، بندر امام خمینی (ره)، بندر ماهشهر و منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر قرار دارد. در دهانه این خور جزایر بونه و دارا، و در درون خور جزیره قبر ناخدا و چندین جزیره کوچک غیرمسکونی دیگر وجود دارد.

از شاخص‌های مهم ارزیابی توسعه پایدار می‌توان به تولید ناخالص داخلی (GDP)، شاخص توسعه انسانی (HDI)، شاخص عملکرد زیست محیطی (EPI)، شاخص ناپایداری درآمد، شاخص توسعه پایداری شهری، شاخص توسعه اقتصادی منطقه‌ای، شاخص پایداری آب و شاخص توسعه پایدار اجتماعی اشاره کرد (World Bank, 2019).

اندازه‌گیری عملکرد محیط‌زیستی بر اساس شاخص‌هایی مانند کیفیت هوا، حفاظت از بایوتوپ‌ها و مدیریت منابع آب انجام می‌شود (Yale center, 2021). اگر خورموسی را به عنوان بوم‌سازگان اصلی در نظر بگیریم، از مهمترین اجزای آن که ارزش پایش زیست محیطی دارند جزایر خالی از سکنه آن است که زیستگاه طبیعی چندین گونه پرنده دریایی هستند.

پرستودریایی‌ها با گونه‌های شناخته شده‌ای نظیر کاکلی‌های بزرگ و کوچک و پشت‌دودی سالیان سال در جزایر خورموسی نظیر قبرناخدا و بونه (قمر) تولیدمثل می‌کرده‌اند. این پرندگان دریایی مهاجر در فصل گرم برای تخم‌گذاری و جوجه‌پروری به خلیج فارس و جزایری با شرایط مطلوب می‌آیند (Behrouzi-Rad, 2014). به مانند اکثر پرندگان دریایی به زیستگاه خود وفادارند و تا زمانی که شرایط مطلوب زادآوری تغییر نکرده باشد زیستگاه خود را تغییر نمی‌دهند (Beal et al., 2021).

این مطالعه سعی می‌کند با مرور روند تغییرات جمعیتی و زیستگاه تولیدمثلی پرستودریایی‌ها طی چند دهه گذشته در جزایر خور موسی در قالب شاخص عملکرد زیست محیطی (Environmental Performance Index - EPI) به بررسی سرنوشت آنها در مسیر توسعه پرداخته، به داده‌های مناسبی برای بررسی پایداری توسعه در منطقه دست یابد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در محدوده شمال خلیج فارس از خلیج بهرگان تا خورموسی و منتهی‌الیه شمال غربی خلیج فارس انجام گرفت. خور موسی بخشی از تالاب شادگان در استان خوزستان و تحت کنوانسیون رامسر می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت خور موسی در شمال غرب خلیج فارس (به عنوان بخشی از تالاب شادگان بزرگترین سایت رامسر در ایران)

## روش تحقیق

از مجموع شاخص‌های توسعه پایدار، توسعه انسانی با بررسی روند رشد جمعیت، توسعه اقتصادی، توسعه نظامی، توسعه اجتماعی (در بخش مرتبط با دریا توسعه صید و صیادی به عنوان یکی از مشاغل اصلی ساحل‌نشینان) که همگی اثرگذار بر وضعیت زیستگاه‌های تولیدمثلی پرستودریایی‌ها و شاخص عملکرد زیست‌محیطی است مورد مطالعه قرار گرفت.

در خور موسی چهار جزیره وجود دارد که حضور و زادآوری پرستودریایی‌ها در آنها گزارش شده است (جزایر دارا، بونه، ندلگار و قبر ناخدا). بنابراین هر گونه حضور پرستودریایی در این جزایر و مناطق نزدیک به صورت میدانی یا مطالعه کتابخانه‌ای گزارش‌های موجود مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات سرشماری گونه‌های مختلف پرندگان دریایی جوجه‌آور در منطقه مورد مطالعه و در نهایت بررسی روند تغییرات طی چند دهه گذشته انجام و با توجه به این تغییرات میزان پایداری توسعه مورد استنتاج قرار گرفت.

## نتایج

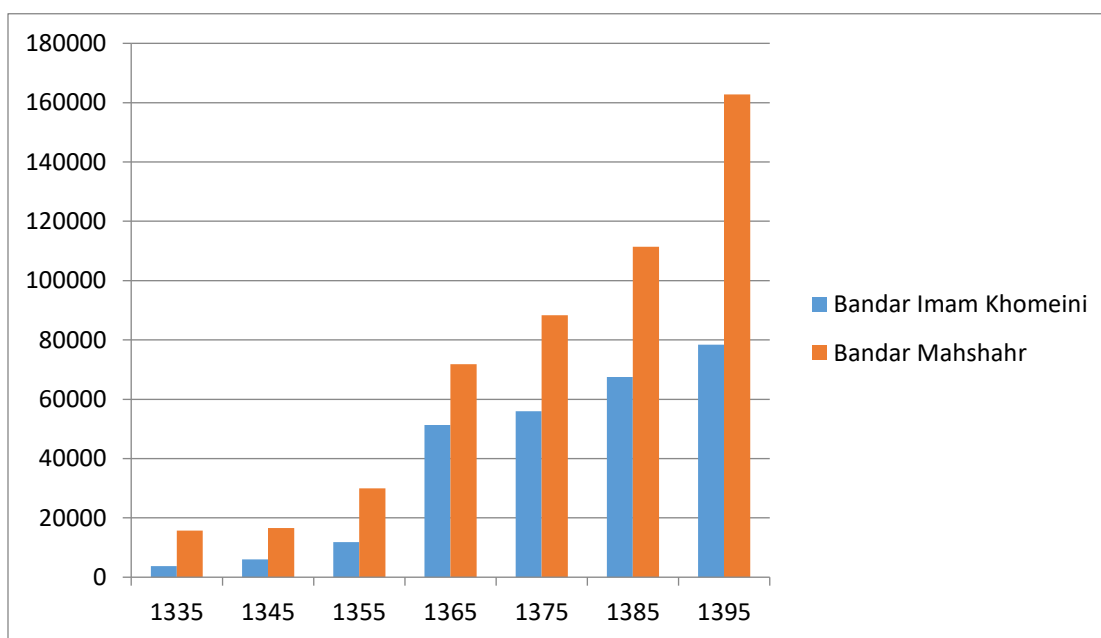
### توسعه انسانی

بررسی آمار سرشماری جمعیت انسانی در دو شهر بزرگ ساحلی منطقه خور موسی یعنی بنادر ماهشهر و امام خمینی طی ۷۰ سال اخیر مجموعاً افزایش ۱۲۴۲ درصدی جمعیت را نشان می‌دهد (هاشمی، ۱۳۹۲؛ مرکز آمار ایران، ۱۴۰۲) (جدول ۱، نمودار ۱). برنامه توسعه صنعتی ماهشهر و سربندر (بندر امام خمینی)، جنگ تحمیلی و مهاجرت از مناطق جنگ‌زده، ثبات

بعد از جنگ، رشد چند برابری اقتصادی تجاری و توسعه بندر امام خمینی در مبادلات کالا از عوامل این رشد منابع انسانی شناسایی گردید.

جدول ۱. جمعیت انسانی شهرستان‌های مشرف به خورموسی در بازه‌های زمانی ده ساله

سال	۱۳۳۵	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵
بندر امام خمینی	۳۷۲۵	۶۰۱۳	۱۱۸۰۶	۵۱۳۶۲	۵۵۹۳۶	۶۷۴۶۷	۷۸۳۵۳
بندر ماهشهر	۱۵۶۹۴	۱۶۵۹۴	۲۹۹۴۰	۷۱۸۰۸	۸۸۳۴۹	۱۱۱۴۴۸	۱۶۲۷۹۷



نمودار ۱. روند رشد جمعیت اطراف خورموسی در هفت دهه گذشته

### توسعه اقتصادی

ایجاد تاسیسات بندری و توسعه بندر امام خمینی که به دلیل جنگ (جنگ ایران و عراق در سال‌های ۱۳۶۷-۱۳۵۹ ه. ش و جنگ عراق و کویت در سال ۱۹۹۰ م)، به نوعی جایگزین بندر تجاری خرمشهر شد، همچنین توسعه صنایع پتروشیمی در بندر ماهشهر و امام خمینی (ره) از مهمترین تغییرات پنج دهه اخیر است (شکل ۲). وجود صنایع آلاینده، عدم پالایش آلودگی‌ها به ویژه فلزات سنگین جیوه و کادمیوم (آقایی الوقره و همکاران، ۱۳۹۸؛ وزیری و همکاران، ۱۴۰۰) از دیگر معضلات توسعه اقتصادی بدون رعایت استانداردهای زیست‌محیطی است.





شکل ۲. موقیت بنادر ماهشهر و امام خمینی و مقایسه توسعه اقتصادی تجاری طی چهار دهه اخیر

### توسعه نظامی

جزیره بونه در دهانه ورودی خور موسی قرار دارد و به لحاظ موقعیت خاص استراتژیک تبدیل به یک جزیره نظامی شده است. ساخت اسکله، ایجاد تاسیسات نظامی و حضور نیروی انسانی به همراه ادوات و تجهیزات نظامی در نیمه شرقی از جمله تغییرات این جزیره در چند دهه اخیر می باشد (شکل ۳).



شکل ۳. جزیره بونه و استقرار اسکله و تاسیسات نظامی در دماغه شرقی

### توسعه صید و صیادی

بر اساس آمار رسمی سازمان شیلات ۱۹ تعاونی صیادی با ۱۷۰۱ شناور دارای مجوز صید (۱۰۷۷ قایق و ۶۲۴ لنج) در استان خوزستان مشغول فعالیت هستند (سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۰) و بر اساس آماری غیررسمی به ازای هر قایق دارای مجوز قانونی صید، چهار فروند قایق بدون هویت صیادی مشغول صید و صیادی هستند (حدود ۴۰۰۰ قایق صیادی بدون مجوز صید که عمدتاً در بیست سال گذشته فعال شده‌اند) و فشار سنگینی بر ذخایر صیادی و منابع تغذیه‌ای پرندگان دریایی از جمله پرستودریایی‌ها وارد می‌نمایند.

### وضعیت زیستگاه‌های تولید مثلی پرستودریایی‌ها

بر اساس مشاهدات میدانی و بررسی مقالات و منابع موجود جزایر بونه و قبر ناخدا تا دو دهه قبل اصلی‌ترین جزایر زادآوری پرستودریایی‌ها در خورموسی بوده‌اند که به تدریج از جمعیت پرستوهای جوجه‌آور در این دو جزیره کاسته شده (بیش از پنجاه درصد) و جمعیت پرستودریایی‌ها در جزیره دارا که جنوبی‌ترین جزیره خورموسی به سمت خلیج فارس است افزوده شده است (Behrouzi-Rad, 2014). همچنین اخیراً در دو گزارش موردی حضور پرستودریایی‌ها از جمله گونه‌های کاکلی کوچک، کاکلی بزرگ و پشت دودی در فواصل حدوداً ۱۰۰ کیلومتری (۶۰ مایلی) شرق و غرب خورموسی از کشتی مغروق ایران رشادت در خلیج بهرگان و جنوب اروندرود در جنوب عراق برای اولین بار گزارش شده است (Al-Sheykhli *et al.* 2021; Ghanaatian *et al.* 2023).



شکل ۴. موقعیت خورموسی و جزایر مهم آن به همراه فاصله تقریبی ۶۰ مایلی (~100 km) از کشتی مغروق ایران رشادت و مناطق جنوبی عراق که اخیراً حضور پرستودریایی‌ها گزارش شده است.



## بحث

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد تعداد لانه پرستودریایی در فصل زادآوری در دو دهه اخیر در جزایر قبر ناخدا، ندلگار و بونه کاهش و در جزیره دارا افزایش یافته است (Behrouzi-Rad, 2014). جزیره دارا بیرونی‌ترین جزیره خورموسی به سمت خلیج فارس می‌باشد. بنابراین می‌توان چنین استنتاج کرد که مطلوبیت زیستگاهی در جزایر داخلی خورموسی برای پرستودریایی‌ها کاهش یافته و آنها مجبور به تغییر زیستگاه تولید مثلی خود شده‌اند. برخی به جزیره دارا پناه برده‌اند (Behrouzi-Rad, 2014)، برخی به سمت مناطق جدیدی در شرق و غرب رفته‌اند (Al-Sheykhli *et al.* 2021; Ghanaatian *et al.* 2023) و احتمالاً به سمت جزایر جنوبی خلیج فارس که در این مطالعه مورد بررسی قرار نگرفته‌اند.

با افزایش جمعیت از یک سو (هاشمی، ۱۳۹۲؛ مرکز آمار ایران، ۱۴۰۲) و تبدیل شرکت سهامی شیلات به سازمان و کاهش تجهیزات و نیروی انسانی جهت نظارت بر تخلفات صیادی طی بیست سال گذشته (سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۰)، از سوی دیگر کمبود هم‌افزایی بین نهادهای مسول از جمله سازمان شیلات، سازمان بنادر و دریانوردی، دریابانی و گارد ساحلی برای ساماندهی شناورهای صیادی بدون مجوز، کار به جایی رسیده که در برابر هر شناور دارای مجوز حداقل چهار شناور بدون مجوز مشغول صیادی هستند و فشار مضاعفی بر ذخایر آبیان وارد کرده‌اند. طبیعتاً این امر موجب کاهش دسترسی پرستودریایی‌ها به منابع تغذیه‌ای می‌گردد. از طرفی آلودگی صنایع پتروشیمیایی مستقر در بنادر خورموسی موجب افزایش بار فلزات سنگین (جیوه، کادمیوم، سرب، نیکل و ...) بالاتر از استاندارد شده (آقابیکی آلوقره و همکاران، ۱۳۹۸؛ وزیری و همکاران، ۱۴۰۰) و طبیعتاً این آلودگی‌ها وارد زنجیره غذایی شده (صفاهی و همکاران، ۱۳۹۶) که بر کمیت و کیفیت تغذیه پرندگان دریایی از جمله پرستودریایی‌ها اثرگذار است.

جزیره بونه که زیستگاه پرندگان دریایی بوده در بخش شرقی تبدیل به پایگاه نظامی شده است. ایجاد اسکله و تاسیسات نظامی و حضور نیروی انسانی با وجود اینکه در نیمه شرقی متمرکز است اما احتمالاً موجب احساس ناامنی برای پرندگان جوجه‌آور و اجبار به تغییر زیستگاه پرستودریایی‌ها از نیمه غربی جزیره نیز شده است به طوری که در فاصله ده سال جمعیت آنها به کمتر از نصف کاهش یافته است (Behrouzi-Rad, 2014).

از سوی دیگر به نظر می‌رسد در زمینه آموزش و ترویج نیز به خوبی عمل نشده و حفاظت از محیط‌زیست در آحاد جامعه به طور عموم و در جوامع صیادی به طور خاص نهادینه نشده است. اعتقاد به خواص جادویی مصرف تخم یا گوشت خزندگان و پرندگان دریایی و عدم نظارت و فرهنگ‌سازی مناسب موجب شکار غیرمجاز و آسیب جدی به جمعیت جوجه‌آور پرستوهای دریایی و سلیم خرچنگ‌خوار در جزیره قبر ناخدا گردیده (Behrouzi-Rad, 2013) و برابر نتایج بدست آمده یکی از مطلوب‌ترین زیستگاه‌های تولید مثلی پرستودریایی‌ها در خلیج فارس تبدیل به محیطی ناامن و غیرمطلوب گردیده است.

بنابراین عوامل متفاوتی از جمله صیادی ناپایدار و بیش از ظرفیت بوم‌سازگان در کنار استفاده از روش مخرب صید ترال، افزایش جمعیت و فاضلاب شهری، رشد صنایع آلاینده و عدم پالایش آلودگی‌های صنعتی در حد استاندارد، کمبود تجهیزات و نیروی انسانی سازمان‌های شیلات و محیط‌زیست، گسترش تاسیسات نظامی، تخریب تخم‌ها و زیستگاه پرندگان دریایی به دلیل عدم آموزش و فرهنگ‌سازی مناسب، موجب آسیب به آبیان و پرندگان دریایی از جمله پرستودریایی‌ها در خورموسی شده است. شاخص عملکرد زیست‌محیطی در توسعه پنجاه ساله خورموسی نامطلوب ارزیابی شده که خود موجب ناپایداری توسعه خواهد شد. لذا تخصیص بودجه کافی جهت پایش‌های مستقل زیست محیطی و تغییر نگاه مدیریت کلان جهت پایبندی به ضوابط شاخص عملکرد زیست محیطی (EPI) توصیه می‌گردد.



توافقنامه رامسر از زمان اجرای آن (تصویب ۱۹۷۱ و اجرا ۱۹۷۵) به عنوان یکی از ابزارهای مؤثر در حفاظت از مناطق مرطوب شناخته شده است و اعضای آن (بیش از ۱۷۰ کشور تا کنون) تعهدات خود را در جهت حفاظت از تالابها اعلام کرده‌اند. با توجه به اتصال خورموسی به تالاب شادگان عمل به مفاد کنوانسیون رامسر و سایر توافقنامه‌های بین‌المللی از این دست به پایداری توسعه و حفاظت از زیستگاه‌های حیاط وحش از جمله پرستودریایی‌ها کمک خواهد کرد.

در سال ۲۰۰۳ کنوانسیون حفاظت از منابع زنده در خلیج‌های منطقه‌ای در تهران به امضا رسید که تمرکز آن بر حفاظت از محیط زیست در خلیج خزر و خلیج مازندران و ترویج استفاده پایدار از منابع طبیعی در این مناطق بود اما بسط آن به خلیج‌ها و خورهای مهم در دیگر مناطق مانند خورموسی، البته همراه با ضمانت اجرا، مفید فایده خواهد بود.

## منابع

- آقابکی آوقره، ص.، بطالبوبی، ص.، امانی‌پور، ح. و گرایش، ک. (۱۳۹۸). بررسی غلظت جیوه در رسوبات خور موسی (خوریات پتروشیمی و جعفری، بندر امام). *مجله بوم‌شناسی آریزان*، سال ۹، شماره ۳، ۱۵۳-۱۴۳.
- سازمان شیلات ایران، (۱۴۰۰). *سالنامه آماری*. معاونت برنامه ریزی و مدیریت منابع، دفتر برنامه‌ریزی و بودجه، گروه برنامه‌ریزی و آمار. ص ۳۳
- صفاهیه، ع.، هاشمی، ا.، سالاری علی‌آبادی، م. ع. و غانمی، ک. (۱۳۹۶). مطالعه میزان آلودگی جیوه در آب و پلانکتون و ماهی پنججاری در خوریات بندر ماهشهر. *نوزدهمین همایش ملی صنایع دریایی*، جزیره کیش.
- مرکز آمار ایران، (۱۴۰۲). *داده‌های جمعیت و اطلاعات آماری*. [www.amar.org.ir](http://www.amar.org.ir).
- وزیری، ب.، حکیمی‌عابد، م.، نبوی، س. م. ب. و شریعتی فیض‌آبادی، ف. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی و ارزیابی ریسک آلودگی فلزات سنگین در رسوبات خوریات ماهشهر (منطقه‌ی شمال غربی خلیج فارس)، *اقیانوس‌شناسی*، سال ۱۲، شماره ۴۵، فصل بهار، ۹۹-۱۱۲.
- هاشمی، س. ل. (۱۳۹۲). *ویژگی‌ها و تحولات ساختار جمعیتی استان خوزستان*. ص ۱۴.
- Al-sheikhli, O.F., Al-Dirawi, A.M. & Al-Barazengy, A.N. (2019). First confirmed occurrence of Bridled Tern *Onychoprion anaethetus* and Sandwich Tern *Thalasseus sandvicensis* in Iraq. *Marine Ornithology* 47: 1-3.
- Atkinson, A.B. (2015). *Inequality: What Can Be Done?* Harvard University Press.
- Beal, M., Byholm, P., Lötberg, U., Evans, T.J., Shiomi, K & Åkesson, S. (2021). Habitat selection and foraging site fidelity in Caspian Terns (*Hydroprogne caspia*) breeding in the Baltic Sea. *Ornis Fennica* 98: 128-141.
- Behrouzi-Rad, B. (2013). Birds Observation and Nest Count of Crab Plover *Dromas ardeola*, Western Reef Heron *Egretta gularis* and four Tern species on Ghaber Nakhoda Island (Persian Gulf) in 2003 and 2012, *International Journal of Marine Science*, Vol.3, No.42 344-351 (doi:10.5376/ijms.2013.03.0042)
- Behrouzi-Rad, B. (2014). Species and breeding population of waterbirds on four islands in Kore Mosa in Persian Gulf in 2003 and 2012. *Journal of Ecology and the Natural Environment* 6(3): 99-110.
- Brundtland, G.H. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University Press.
- Daly, H.E. (1996). *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Beacon Press.
- Ghanaatian H., Safahieh A., Kabiri K., Savari A., Mohamadzadeh M.R. & Darvishi K. (2023). Breeding of Bridled Tern *Onychoprion anaethetus* on a Shipwreck in Bahregan Bay, Persian Gulf: a Case Report. *Marine Ornithology* 51(1): 43-45



Yale Center for Environmental Law & Policy and Center for International Earth Science Information Network.  
(2021). Environmental Performance Index. Retrieved from EPI Website.

World Bank. (2019). World Development Indicators 2019. World Bank Publications.





## ارزیابی وضعیت اکولوژیکی با استفاده از شاخص EQR و رابطه آن با ماهیان تجاری آب‌های ساحلی شمال خلیج فارس

خلفه نیل ساز م.<sup>۱\*</sup>، سالاری علی آبادی م.ع.<sup>۲</sup>، سواری ا.<sup>۳</sup>، دهقان مدیسه س.<sup>۴</sup>

۳،۲،۱- گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، آدرس پستی: ایران، خوزستان، خرمشهر، ایران.  
۴- پژوهشکده آبرزی پروری جنوب کشور، سازمان آموزش و ترویج تحقیقات کشاورزی، اهواز، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: m\_nilsaz@yahoo.com

### چکیده

رایج‌ترین روش برای ارزیابی بیوماس فیتوپلانکتون غلظت کلروفیل است. فیتوپلانکتون‌ها در برابر غنی شدن آب با مواد مغذی از خود واکنش نشان می‌دهند. یکی از روش‌های ارزیابی وضعیت کیفیت محیطی منابع آبی استفاده از شاخص نسبی کیفیت اکولوژیکی (EQR) است که با استفاده از کلروفیل a لایه سطحی، درجه بندی می‌شود. مقدار این شاخص نشان‌دهنده نسبت بین مقدار معیارهای اندازه‌گیری شده و مقدار مرجع آن است. مقدار EQR بین صفر تا یک است که هرچه بالاتر باشد، نشان‌دهنده وضعیت بهتر آن منبع آبی از نظر اکولوژیکی است. منطقه مورد بررسی بخش شمالی خلیج فارس (سواحل استان خوزستان) است که به دلیل عمق کم، ورود آب شیرین از رودخانه‌ها، کدورت و گل‌آلودگی زیاد و وجود خورهای فراوان از سایر قسمت‌های خلیج فارس متمایز می‌شوند. داده‌های کلروفیل a در سطح آب از سنجنده مادیس با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ استخراج گردید. آمار داده‌های صید ماهیان تجاری از محل تخلیه صیدگاه‌های لیفه، بوسیف، بحرکان و خور موسی تهیه شدند. میانگین کلروفیل a ۳/۱۸، حداکثر و حداقل آن در سال ۲۰۰۶ و ۲۰۱۸ میکروگرم بر لیتر است. روند تغییرات کلروفیل a در سال‌های مورد بررسی کاهشی و روند تغییرات EQR افزایشی و در خلاف جهت همدیگر است، اما همبستگی بین صید ماهیان تجاری و EQR بیانگر تغییرات دو متغیر در جهت همدیگر هستند. مرز بندی EQR در این منطقه نشان می‌دهد که در گروه ضعیف و با آشفتگی بالا، ولی از سال ۲۰۰۸ به بعد روند بهتر و مطلوب‌تری را از نظر این شاخص دارد. البته چون بسیاری از تأثیرات تغییرات آب و هوایی ممکن است بر اکوسیستم‌های دریایی افزایشی، هم‌افزایی یا متضاد باشند، پیش‌بینی سطوح پیچیدگی اکولوژیکی چالش برانگیز و محتاطانه باید انجام شود.

**کلید واژه:** خلیج فارس، EQR، وضعیت اکولوژیکی، کلروفیل a، ماهیان تجاری.

### Evaluation of the ecological status by using the EQR index and relationship with commercial fish in the coastal waters of the northern Persian Gulf

Khalfeh Nilsaz M.<sup>1\*</sup>; Salari Aliabadi M. A.<sup>2</sup>; Savari A.<sup>3</sup>; Dehghan Mediseh S.<sup>4</sup>

1,2,3-Department of Marine Biology, College of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Khuzestan, Iran.

4- South of Iran Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization Ahvaz, Iran.

\* Corresponding Author E-mail: m\_nilsaz@yahoo.com

**Abstract**— The most common method for evaluating phytoplankton biomass is chlorophyll concentration. Phytoplankton react to the enrichment of water with nutrients. One of the methods of evaluating the environmental quality of water resources is to use the Ecological Quality Rate index (EQR), which is graded



using the chlorophyll of the surface layer. The value of this index indicates the ratio between the value of the measured criteria and its reference value. The EQR value is between zero and one, the higher it is, the better the ecological status of that water source. The investigated area is the northern part of the Persian Gulf (coasts of waters Khuzestan province), which are distinguished from other parts of the Persian Gulf due to the shallow depth, the influx of fresh water from the rivers, high turbidity and mud pollution, and the presence of many estuaries. The data of chlorophyll a in the water surface were extracted from MODIS sensors using Google Earth Engine system in the time interval of 2000 to 2020. Commercial fish catch statistics were obtained from the landing fish point of Lifa, Busif, Bahrkan and Khor- Musa fishing grounds. The average of chlorophyll a is 3.18, its maximum and minimum in 2006 and 2018 is  $\mu\text{g/liter}$ . The trend of changes in chlorophyll a in the years under review is decreasing and the trend of changes in EQR is increasing and in opposite directions, but the correlation between commercial fish catches and EQR indicate the changes of two variables in the direction of each other. The demarcation of EQR in this area shows that it is in the weak and high disturbance group, but since 2008, it has a better and more favorable trend in terms of this index. However, because many of the impacts of climate change on marine ecosystems may be additive, synergistic, or antagonistic, predicting levels of ecological complexity is challenging and cautious.

**Keywords**— Persian Gulf, EQR, ecological status, chlorophyll a, commercial fish.

## ۱- مقدمه

اندازه گیری غلظت کلروفیل a رایج ترین روش برای ارزیابی بیوماس فیتوپلانکتون است. فیتوپلانکتون ها یک عنصر بیولوژیکی هستند که به خوبی در برابر غنی شدن آب با مواد مغذی واکنش نشان می دهند. شاخص مقادیر نسبت کیفیت اکولوژیکی (EQR)، بیوماس فیتوپلانکتون به صورت کلروفیل a در لایه سطحی نشان می دهد. وضعیت اکولوژیکی با شناسایی تغییرات در ساختار و عملکرد یک اکوسیستم در مقایسه با وضعیت طبیعی آن به عنوان شرایط مرجع مورد ارزیابی قرار می گیرد. براساس این نسبت کیفیت اکولوژیکی یک اکوسیستم یا یک بدنه آبی، به یکی از پنج کلاس کیفی حالت اکولوژیکی طبقه بندی می شود (۱۴).

مقدار EQR نشان دهنده نسبتی بین مقدار معیارهای اندازه گیری شده در محل اندازه گیری شده و مقدار مرجع آن است. مقدار EQR بالاتر نشان دهنده وضعیت بهتر یا غلظت کمتر کلروفیل a است. بیوماس فیتوپلانکتون همچنین می تواند یکی از شاخص های نظارت بر اثربخشی اقدامات در نظر گرفته شده برای کاهش ورودی مواد مغذی در دریا باشد. مقادیر بیش از حد مواد مغذی در آب دریا می تواند اثرات منفی مختلفی داشته باشد. غلظت بالای مواد مغذی می تواند منجر به تکثیر بیش از حد فیتوپلانکتون ها شود که گاهی اوقات تا حد شکوفایی مضر می تواند باعث تشکیل کف، از بین رفتن جانوران کف دریا، ماهی های بومی و پرورشی و مسمومیت افرادی شود که صدف های آسیب دیده را مصرف می کنند. افزایش بیوماس فیتوپلانکتون شفافیت آب را کاهش می دهد، که می تواند حداکثر عمق را تحت تاثیر قرار دهد که اجازه رشد گیاهان گلدار دریایی و جلبک های ماکروفیت و می تواند به جوامع جانوری متکی به زیستگاه های آسیب دیده تأثیر منفی بگذارد. از سوی دیگر، مرگ و تجزیه زیست توده فیتوپلانکتون ها ممکن است باعث هیپوکسی در لایه زیرین و منجر به از بین رفتن حجم زیادی از موجودات کفزی گردد. علاوه بر ایجاد هیپوکسی سبب کاهش تنوع زیستی و مناطق مناسب برای پرورش ماهی و رشد جلبک های سبز-آبی را تسریع کند. مناطق ساحلی که به عنوان مرز مشترک بین دریاها، اقیانوس ها و دریاچه های بزرگ با خشکی محسوب می گردند، بسیار فعال و حساس اند به طوری که ۹۰٪ ماهی گیری در این مناطق انجام می شود و ۶۰٪ جمعیت جهان نیز در این مناطق زندگی می کنند. این مناطق حدود ۸٪ حجم و ۵٪/۰٪ سطح اقیانوس ها و دریاها را شامل می شوند (۱).



در بخش شمالی خلیج فارس و سواحل استان خوزستان به دلیل عمق کم، ورود آب شیرین از رودخانه ها، کدورت و گل آلودگی زیاد و وجود خورهای فراوان و وسیع با آب دائمی از سایر قسمت‌های خلیج فارس متمایز می شود (فاطمی، ۱۳۷۵). خورهای آبهای جنوبی ایران به دلیل وجود شهرهای صنعتی و صنایع متعددی در سواحل خلیج فارس و منطقه خوریات ماهشهر و وجود کانال خورموسی در شمال غربی خلیج فارس از کانون های آلودگی در این منطقه هستند.

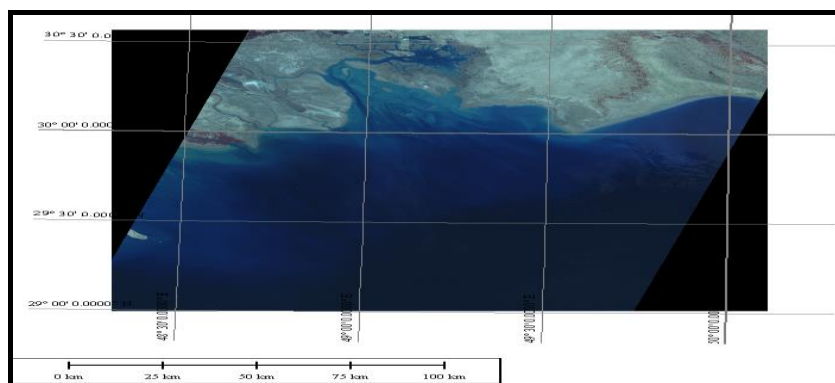
EQR که نشان دهنده رابطه بین مقادیر پارامترهای بیولوژیکی مشاهده شده در یک بدنه آبی و در شرایطی مرجعی قابل اعمال برای بدنه آبی دیگر است (۷). شاخص EQR در نواحی خاص که به طور مداوم تحت تاثیر فشار انسانی هستند، استفاده می شود. مقیاس EQR از صفر (کیفیت بد) به ۱ (شرایط مرجع) طبقه بندی می شود. مثال واضح از این وضعیت زیست توده فیتوپلانکتون است که به صورت کلروفیل a یا حجم زیستی بیان می شود. اتحادیه اروپا مرزبندی متمایز و دقیق تری از نسبت کیفیت زیست محیطی (EQR) ارائه نموده اند که در آن وضعیت بد ( $EQRs \geq 0 < 0/20$ )، وضعیت ضعیف ( $0/20 < EQRs \leq 0/40$ )، وضعیت متوسط ( $0/40 < EQRs \leq 0/60$ )، وضعیت خوب ( $0/60 < EQRs \leq 0/80$ ) و وضعیت عالی ( $0/80 < EQRs \leq 1$ ) را بیان می کند (۹).

مناطق ساحلی که به عنوان مرز مشترک بین دریاها، اقیانوس ها و دریاچه های بزرگ با خشکی محسوب می گردند، بسیار فعال و حساس اند به طوری که ۹۰٪ ماهی گیری در این مناطق انجام می شود و ۶۰٪ جمعیت جهان نیز در این مناطق زندگی می کنند. این مناطق حدود ۸٪ حجم و ۵٪ سطح اقیانوس ها و دریاها را شامل می شوند (۱). در بخش شمالی خلیج فارس و سواحل استان خوزستان به دلیل عمق کم، ورود آب شیرین از رودخانه ها، کدورت و گل آلودگی زیاد و وجود خورهای فراوان و وسیع با آب دائمی از سایر قسمت‌های خلیج فارس متمایز می شود (۲). خورهای آبهای جنوبی ایران به دلیل وجود شهرهای صنعتی و صنایع متعددی در سواحل خلیج فارس و منطقه خوریات ماهشهر و وجود کانال خورموسی در شمال غربی خلیج فارس از کانون های آلودگی در این منطقه هستند.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- منطقه مورد بررسی

شکل زیر محدوده منطقه مورد بررسی در سواحل خوزستان که در بخش شمالی خلیج فارس قرار دارد را نشان می دهد (شکل ۱).



شکل ۱: تصویر محدوده سواحل خوزستان با موقعیت جغرافیایی آنها

## ۲-۲- ثبت داده کلروفیل a از طریق سنجنده مادیس

داده های کلروفیل در آب از سنجنده مادیس با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین و نقشه های مربوط به وضعیت کلروفیل a در فاصله زمانی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ تهیه شدند. روش کار با داده های تخصصی سنجنده مادیس در منابع آبی با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین بر اساس کد نویسی تحت جاوا انجام شده است. این پروداکت به صورت روزانه و با جزییات مکانی ۵۰۰ متری از سال ۲۰۰۰ میلادی تاکنون در دسترس است. در این پژوهش از انواع روش های پردازش سری های زمانی داده ها در گوگل ارث انجین استفاده شد. پشتیبانی از این الگوریتم منوط به در دسترس بودن باندهایی است که در محدوده ۴۴۳ نانومتر در منطقه آبی و بین ۵۴۷ تا ۵۶۵ نانومتر در منطقه سبز قرار دارند و برای تصاویر مادیس از باندهایی در محدوده ۴۴۳ و ۵۴۷ نانومتر استفاده شد. الگوریتم غلظت کلروفیل a نزدیک به سطح بر حسب میلی گرم بر متر مکعب و با استفاده از یک رابطه تجربی به دست آمده از موقعیت اندازه گیری های کلروفیل a و انعکاس های سنجش از دور (Rrs) در ناحیه آبی به سبز منطقه محاسبه شده است. طیف مرئی مشروط به در دسترس بودن سه باند حسگر یا بیشتر در رژیم طیفی ۴۴۰ - ۶۷۰ نانومتر است. این الگوریتم برای تمام سنسورهای رنگی فعلی اقیانوس قابل اجرا است. خروجی کلروفیل به عنوان بخشی از مجموعه خروجی استاندارد Level-2 OC و مجموعه خروجی Level-3 CHL را شامل می شود.

## ۲-۳- محاسبه نسبت های کیفیت اکولوژیکی (EQR)

### الف- محاسبه غلظت کلروفیل مشاهده شده (Observed value of chlorophyll concentration)

غلظت کلروفیل مشاهده شده، باید طبق مراحل زیر محاسبه شود:

- تبدیل غلظت کلروفیل اندازه گیری شده ( $\mu\text{g/l}$ ) برای دوره نمونه برداری را به  $\text{Log}_{10}$
- مقادیر تبدیل شده را جمع و میانگین داده ها محاسبه شد.
- تبدیل آنتی لوگ غلظت کلروفیل و اندازه گیری میانگین هندسی غلظت کلروفیل ( $\text{GM}_{\text{chlorophyll}}$ ).

با استفاده از فرمول زیر، میانگین هندسی محاسبه شده به میانگین حسابی غلظت کلروفیل ( $\mu\text{g/l}$ ) تبدیل می شود.

$$\text{Observation value chlorophyll concentration} = \text{GM}_{\text{chlorophyll}} \times e^{0.5 \times (2.323 \times \text{Log}_{10} \text{SD}_g)^2}$$

$$\text{GM}_{\text{chlorophyll}} = \text{میانگین هندسی غلظت کلروفیل اندازه گیری شده.}$$

$\text{SD}_g$  = انحراف معیار و به نوع منبع آبی بستگی دارد. مقادیر  $\text{SD}_g$  قابل اعمال برای منبع آبی در جدول ۱ را نشان می دهد.

جدول ۱: مقادیر  $\text{SD}_g$  پیشنهادی برای تبدیل میانگین هندسی غلظت کلروفیل به میانگین حسابی

مقادیر $\text{SD}_g$	میانگین قلیائیت سالانه منبع آبی (میلی -اکی والان در لیتر)
۰/۳۴۵	$1 \leq$
۰/۴۳۵	$1 >$

### ب- محاسبه مقادیر مرجع برای غلظت کلروفیل (reference values of chlorophyll concentration)

مقادیر مرجع شرح داده شده در زیر برای غلظت کلروفیل با استفاده از ترکیبی از اطلاعات از منبع آبی به دست آمده است که احتمالاً بر جوامع فیتوپلانکتون و مدل سازی آنها تأثیر می گذارد. مقادیر غلظت کلروفیل مرجع با استفاده از جدول ۲ محاسبه می شود که مربوط به ترکیب ویژگی های منبع آبی است و "RTP" نشان دهنده میانگین غلظت کل فسفر سالانه بر حسب میکروگرم در لیتر مورد انتظار برای منبع آبی است.

جدول ۲: معادلات مقادیر مرجع برای غلظت کلروفیل برای منابع آبی

Log <sub>10</sub> chlorophyll concentration in µg/l	میانگین قلیائیت سالانه منبع آبی (میلی-اکی والان در لیتر)	میانگین عمق (متر)
$R_c = -0.22 + (0.731 \times \text{Log}_{10}R_{TP})$	هر منبع آبی	۱۵ <
$R_c = -0.512 + (1.105 \times \text{Log}_{10} R_{TP})$	۱ ≤	۱۵ ≤
$R_c = -0.500 + (0.994 \times \text{Log}_{10} RTP) - 0.181$	۱ <	۳ <
$R_c = -0.436 + (0.862 \times \text{Log}_{10} RTP) - 0.206$	۱ <	۱۵-۳

### ج- محاسبه نسبت کیفیت اکولوژیکی (ecological quality ratio)

نسبت کیفیت اکولوژیکی برای غلظت کلروفیل ( $EQR_{\text{chlorophyll}}$ ) با استفاده از معادله زیر محاسبه می شود:

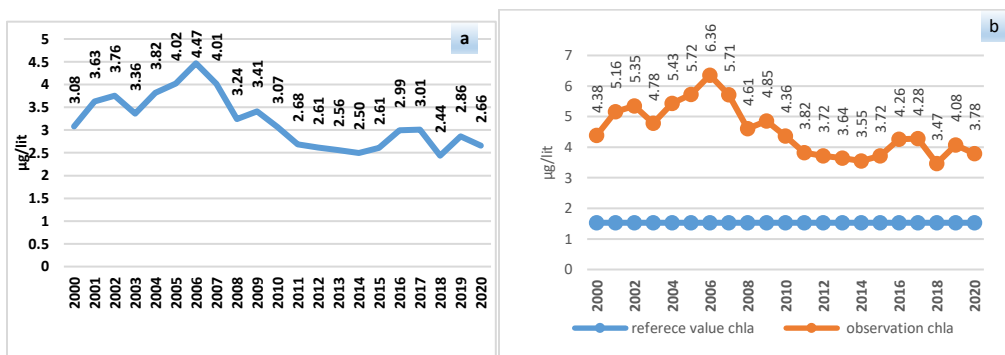
$$EQR_{\text{chlorophyll}} = \text{reference value for chlorophyll concentration} \div \text{observed value for chlorophyll concentration}$$

### ۲-۴- روش جمع آوری داده های آبزیان

داده های میزان صید ماهیان تجاری که توسط آمارگیری توسط پژوهشکده آبی پروری جنوب کشور انجام شده، اخذ گردید. این آمار در محل تخلیه صید که مربوط به صیدگاه های لیفه، بوسیف، بحرکان و خور موسی است با شمارش و وزن گونه ها در محل طبقه بندی شده است. همچنین داده های پارامترهای شیمیایی مانند فسفر کل و قلیائیت سواحل مورد بررسی از همین پژوهشکده در این دوره زمانی استفاده شده است.

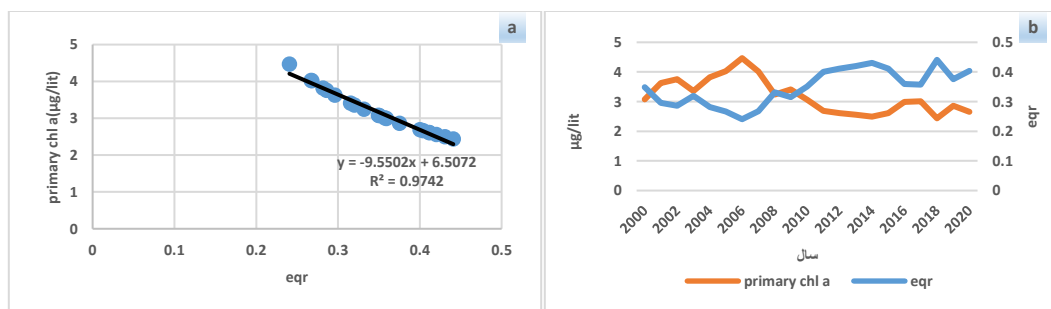
### ۳- نتایج

روند تغییرات کلروفیل a بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ نشان می دهد که میانگین آن ۳/۱۸، حداکثر آن ۴/۴۷ در سال ۲۰۰۶ و حداقل آن ۲/۴۴ در سال ۲۰۱۸ میکروگرم بر لیتر در منطقه مورد بررسی است (شکل ۲a). روند تغییرات کلروفیل a مرجع ۱/۵۳ بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ و در همین دوره مقدار میانگین مشاهداتی آن ۴/۵۳، حداکثر آن ۶/۳۶ در سال ۲۰۰۶ و حداقل آن ۳/۴۷ در سال ۲۰۱۸ میکروگرم بر لیتر در منطقه مورد بررسی است (شکل ۲b).



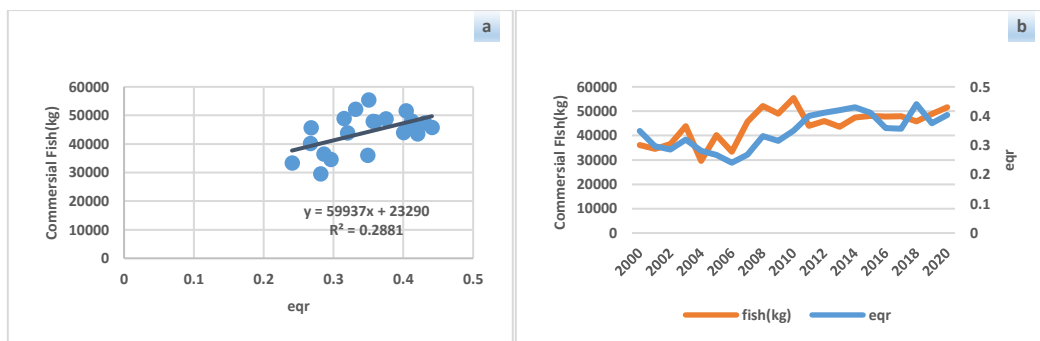
شکل ۲: تغییرات میانگین مقادیر کلروفیل <sup>a</sup> اولیه، <sup>a</sup>، مشاهداتی و مرجع <sup>b</sup> (µg/lit) در بخش شمالی خلیج فارس محدوده آبهای استان خوزستان

روند تغییرات کلروفیل <sup>a</sup> و EQR بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ نشان می دهد که میانگین آن ۰/۳۵، حداکثر آن ۰/۴۴ در سال ۲۰۱۸ و حداقل آن ۰/۲۴ در سال ۲۰۰۶ میکروگرم بر لیتر و روند تغییرات کلروفیل <sup>a</sup> کاهشی و روند تغییرات EQR افزایشی است. به عبارتی همبستگی این دو عامل در خلاف جهت همدیگر است. در سال ۲۰۰۸ مقدار کلروفیل <sup>a</sup> و EQR تا حدودی نزدیک به هم می رسند (شکل ۳a). در شکل زیر همبستگی بین کلروفیل <sup>a</sup> و EQR نشان می دهد که اگر میزان کلروفیل <sup>a</sup> کاهش یابد، همزمان مقدار EQR نیز افزایش می یابد، به عبارتی کوواریانس و ضریب همبستگی منفی شده و بیانگر تغییرات دو متغیر در خلاف جهت همدیگر است. یعنی هر چه میزان کلروفیل <sup>a</sup> کاهش یابد مقدار EQR نیز افزایش خواهد یافت (شکل ۳b).



شکل ۳: روند تغییرات و همبستگی مستقیم <sup>a</sup> بین کلروفیل <sup>a</sup> و EQR <sup>b</sup> در بخش شمالی خلیج فارس محدوده آبهای استان خوزستان

روند تغییرات صید ماهیان تجاری و EQR در بخش شمالی خلیج فارس نشان می دهد که تغییرات این دو عامل در سال های مورد بررسی روند مشابه و افزایشی دارند (شکل ۴a). در شکل زیر همبستگی بین صید ماهیان تجاری و EQR نشان می دهد که اگر میزان صید افزایش یابد، همزمان مقدار EQR افزایش می یابد، به عبارتی کوواریانس و ضریب همبستگی مثبت شده و بیانگر تغییرات دو متغیر در جهت همدیگر است. یعنی هر چه میزان صید ماهیان تجاری افزایش یابد مقدار EQR افزایش خواهد یافت (شکل ۴b).



شکل ۴. a, b: روند تغییرات و همبستگی مستقیم بین صید ماهیان تجاری و EQR در بخش شمالی خلیج فارس محدوده آبهای استان خوزستان

#### ۴- نتیجه گیری

مقادیر بیوماس فیتوپلانکتونی از سال به سال تغییر می کند، زیرا به دبی رودخانه و بارندگی متغیر بستگی دارد (۱۲). در دهه اخیر، محققان کاهش غلظت کلروفیل a را در سراسر دریای آدریاتیک شمالی مشاهده کرده اند (۱۱،۱۰). نتایج به دست آمده از مقدار شاخص EQR در بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در سواحل استان خوزستان با مرز بندی نسبت کیفیت اکولوژیکی نشان می دهد که در گروه ضعیف و با آشفتگی بالا قرار دارد. اگرچه روند وضعیت آب سواحل منطقه ضعیف است، ولی با توجه به ارزش EQR بیوماس فیتوپلانکتون از سال ۲۰۰۸ به بعد روند بهتری از جنبه این شاخص را نشان می دهد. آب هایی که به عنوان ضعیف طبقه بندی می شوند، شواهدی دال بر تغییرات عمده در مقادیر عناصر کیفی بیولوژیکی برای نوع آب سطحی را نشان می دهند و جوامع بیولوژیکی مربوطه به آن ها به طور قابل توجهی که معمولاً با نوع بدنه آب سطحی در شرایط دست نخورده مرتبط هستند، انحراف دارند (۳).

ترکیب جامعه ماهی منعکس کننده زیستگاه و غذا است و نیز به عنوان یک شاخص بیولوژیکی در مقایسه با بی مهرگان درشت، ماکروفیت ها و فیتوپلانکتون ها است. لذا در دسترس بودن آنها و تأثیر فشارهای مختلف می تواند پاسخ های مشابهی به فشارهای متعدد را نشان دهند (۱۳).

پارامترهایی مانند شدت نور و مواد مغذی می توانند پراکنش کلروفیل a را کنترل کنند. عامل دیگری که بر شرایط میزان ماهیگیری صید دریایی تأثیر می گذارد، فاصله زمانی بین کلروفیل a و ماهیان بزرگ دریایی است (۶). افزایش یا کاهش کلروفیل a مستقیماً منجر به تغییر در تولید شیلاتی نخواهد شد. این به دلیل وجود یک سیستم هرم غذایی یا زنجیره غذایی می باشد. فرآیند زنجیره غذایی از فیتوپلانکتون تا استفاده توسط ماهی های بزرگ زمان می برد. این همان چیزی است که فرآیند افزایش کلروفیل a را به طور غیرمستقیم منجر به افزایش تولید شیلاتی می نماید (۸).

در واقع، ارزیابی EQR همچنین نشان داد که ویژگی ترکیب فراوانی ماهی در این حوضه آبی کمتر از آن چیزی است که در شرایط مرجع غیر متاثر از آن انتظار می رود. البته از آنجایی که بسیاری از تأثیرات تغییرات آب و هوایی بر اکوسیستم های دریایی ممکن است افزایشی، هم افزایی یا متضاد باشد، درک و پیش بینی پاسخ ها در همه مقیاس های فضایی و سطوح پیچیدگی اکولوژیکی چالش برانگیز است (۴،۱۵). چونگ و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که تغییرات در پراکنش ذخایر ماهی



می تواند از افزایش ۳۰ تا ۷۰ درصدی در مناطق با عرض جغرافیایی بالا تا ۴۰ درصد در مناطق گرمسیری باشد. طبعاً این یک چالش بزرگی برای ماهیگیران ایجاد می کند(۵).

در جمع بندی کلی در این زمینه می توان بیان کرد که تغییرات محیطی باعث تغییر در توزیع گونه های دریایی می شود، ماهیگیران و جوامع ماهیگیری را مختل کرده و امنیت غذایی را تهدید می کند. این تغییرات بر تمام فعالیت های ماهیگیری، از ماهیگیری در مقیاس کوچک گرفته تا ماهیگیری صنعتی تأثیر می گذارد و پیامدهایی برای معیشت، اقتصاد و جامعه در طول زنجیره تأمین غذاهای دریایی دارد.

## ۵- قدردانی

بدینوسیله از جناب دکتر حسین هوشمند ریاست پژوهشکده آبی پروری جنوب کشور و جناب آقایان مهندس هوشنگ انصاری و یوسف میاحی که در اخذ داده های ماهیان خلیج فارس ما را یاری نمودند، سپاسگزاری می نمایم.

## ۶- منابع

۱. تکدستان، ا.، حاجی زاده ن.، جعفرزاده ن.، ۱۳۸۴. تخلیه فاضلاب به دریا گزینه مطلوب برای دفع فاضلاب شهری در مناطق ساحلی. مجله آب و فاضلاب، ۱۵(۳)، ص ۶۶-۷۵.
۲. فاطمی م.ر.، ۱۳۷۵. خورهای آبهای جنوبی ایران. آبیان، ۱۲-۱۴. <https://sid.ir/paper/473498/fa>
3. Borics, Gábor & Wolfram, Georg & Chiriac, Gabriel & Belkinova, Detelina & Donabaum, Karl & Poikane, Sandra., 2019. EUR 29338 EN Intercalibration of the national classifications of ecological status for Eastern Continental lakes biological quality Element: Phytoplankton. 10.2760/651989 .
4. Brose, U.; Dunne, J. A.; Montoya, J. M.; Petchey, O. L.; Schneider, F. D. and Jacob, U., 2012. Climate change in size-structured ecosystems. Pp. 2903-2912 eds. The Royal Society.
5. Co-operation, O. f. E. and Development. 2011. The economics of adapting fisheries to climate change. OECD Publishing.
6. Demena Y E, Miswar E and Musman M., 2017 The determination of potential fishing area of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) using satellite imagery in the waters of south Jayapura, Jayapura City JIM FKP Unsyiah 2 194–199 (in Bahasa Indonesia)
7. Hering, D.; Borja, A.; Carstensen, J.; Carvalho, L.; Elliott, M.; Feld, C. K.; Heiskanen, A.-S.; Johnson, R. K.; Moe, J. and Pont, D., 2010. The European Water Framework Directive at the age of 10: a critical review of the achievements with recommendations for the future. Science of the Total Environment, 408: 4007-4019.
8. Kämpf, J., & Chapman, P., 2016. Upwelling systems of the world (pp. 31-42). Springer International Publishing Switzerland.
9. Mancini L., 2006. Organization of Biological Monitoring in the European Union. In Ziglio G, Siligardi M, Flaim G, (Eds). Biological monitoring of rivers. Applications and Perspectives. Water Quality Measurements series. Wiley Chichester, UK.; 2006. pp 461.
10. Mozetič, P., Francé, J., Kogovšek, T., Talaber, I., & Malej, A., 2012. Plankton trends and community changes in a coastal sea (northern Adriatic): bottom-up vs. top-down control in relation to environmental drivers. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 115, 138-148.
11. Mozetič, P., Solidoro, C., Cossarini, G., Socal, G., Precali, R., Francé, J., ... & Fonda Umani, S., 2010. Recent trends towards oligotrophication of the northern Adriatic: evidence from chlorophyll a time series. Estuaries and coasts, 33, 362-375.



12. Orlando-Bonaca, M., B. Mavrič & G. Urbanič, 2012. Development of a new index for the assessment of hydromorphological alterations of the Mediterranean rocky shore. *Ecological Indicators* 12: 26–36.
13. Schinegger, R., Trautwein, C., Schmutz, S., 2013. Pressure-specific and multiple pressure response of fish assemblages in European running waters. *Limnologica* 43 (5), 348–361.
14. Urbanič G, Mohorko T, Peterlin M, et al., 2013. Decree on surface water status: expert groundwork. Ljubljana: Institute for Water of the Republic of Slovenia, 63 p. (in Slovene).
15. Woodward, G., Perkins, D. M., & Brown, L. E., 2010. Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1549), 2093-2106.





## بررسی تحقیق مدل سازی دینامیک شوری یک تالاب ساحلی خفه شده و تأثیر آن بر جمعیت صدف *Sururu (Mytella falcata)* و امکان سنجی انجام این تحقیق در خلیج فارس

مسعود صدری نسب<sup>۱</sup>، سمیه فرهنگ بافتانی\*<sup>۲</sup>

۱. عضو هیئت علمی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. دانشجوی دکترا فیزیک دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: \*baran.farhang@gmail.com

### چکیده

شوری به عنوان یک پارامتر مهم فیزیکی در آب‌های نیمه بسته و یک عامل غیر زیست‌حیاتی برای گونه‌های سازگار با آب شور است. مدل‌های توسعه‌یافته‌ای که بتواند تأثیرات شوری را بر جمعیت گونه‌ای مانند صدف که شاخص بیولوژیکی می‌باشد بسنجد پتانسیل استفاده برای مدیریت تالاب‌های ساحلی و خلیج‌های بسته و بررسی سناریوهای آینده تغییرات در تعادل آب تالاب و پیش‌بینی افزایش سطح دریا را دارد. درباره‌ی دوکفه‌ای‌ها که به عنوان شاخص سنجش بسیاری از ویژگی‌های آب به شمار می‌روند و هم‌نرخ رشد و بقا آن‌ها به شدت وابسته به شوری است این موضوع بر اهمیت‌تر است. آب‌هایی که تبادل محدود، بارندگی‌ها و آبریز رودخانه‌های شیرین را در منطقه‌ی قرارگیری خود دارند می‌تواند تغییرات شوری را به طور فصلی یا دوره‌ای به کندی بازبایی کند. مدل‌سازی دینامیک شوری در ترکیب (توافق) با پاسخ در جمعیت دوکفه‌ای می‌تواند به عنوان شاخصی برای شرایط اکولوژیکی اکوسیستم‌های آبی در تالاب‌های ساحلی و در نتیجه برای توسعه استراتژی‌های مدیریت و مرمت (تجدید) مورد استفاده قرار گیرد. مطالعات دریایی روز دنیا به سمت و سوی علوم بدون مرز و سنجش تأثیرات مشترک پارامترها بر اکوسیستم متمایل شده و سرزمین ما نیز به عنوان کشوری با یک خلیج شور نیمه بسته از این قاعده مستثنی نبوده و بهتر است امکان انجام مطالعات برای یاری مدیریت ابهای آن صورت گیرد.

**کلید واژه:** شوری-آب نیمه بسته-اکوسیستم-خلیج فارس-شاخص بیولوژیکی.

**Abstract**— Salinity is an important physical parameter in semi-enclosed waters and a non-biological factor for brackish-adapted species. The developed models that able to assay the effects of salinity on the population of a species such as the oyster, which is a biological indicator, have the potential to be used for the management of coastal lagoon and closed bays, and to investigate future scenarios of changes in the water balance of the lagoon and to predict sea level rise. This issue is more important for bivalves, which are considered as indicators of many water characteristics, and their growth and survival rates are highly dependent on salinity. Waters with limited exchange, rainfall, and freshwater catchments recover slowly from seasonal or periodic salinity changes. Modeling of salinity dynamics in coupling with response in bivalve population can be used as an indicator for the ecological conditions of aquatic ecosystems in coastal lagoon and thus for the development of management and restoration strategies. Today's marine studies in the world are inclined towards science without borders and assay the mutual effects of parameters on the ecosystem. About Iran as a country with a semi-closed saline Gulf, it is necessary to do study suchlike to aid water management.

**Keywords**— salinity-semi closed water-ecosystem-Persian Gulf-biological index

## ۱- مقدمه

بسیاری از عوامل طبیعی و انسانی بر دینامیک شوری در محیط‌های ساحلی تأثیر می‌گذارند. مشخص‌ترین عوامل مؤثر بر دینامیک مربوط به تغییرات در ژئومورفولوژی محیط‌ها است که می‌تواند طبیعی یا ناشی از مداخلات انسانی باشد. تغییرات مورفولوژیکی موجب تأثیراتی بر تجدید آب و کیفیت آب و در نتیجه در بارهای نمکی که توسط آب منتقل می‌شود می‌گردد.

مرداب موندو در شمال شرقی برزیل، در ایالت Alagoas واقع شده است که در امتداد بخشی از ساحل برزیل شامل یک سری از تالاب‌های ساحلی در طول هولوسن شکل گرفته است. تالاب موندو مساحتی در حدود ۲۴ کیلومتر مربع دارد عمق متوسط آن ۱/۵ متر می‌باشد این تالاب در شرق به شهر ماسیو پایتخت آلاگواس، و در غرب توسط مرداب Manguaba با مساحتی در حدود ۴۳ کیلومتر مربع محدود شده است. این دو تالاب که توسط یک کانال باریک به هم متصل شده‌اند، سیستم مصب تالاب (MMELS) Mundaú-Manguaba را تشکیل می‌دهند. مرداب موندو به دلیل اکوسیستم‌های غنی و نزدیکی به پایتخت، نقش مهمی در جوامع ساکن در اطراف تالاب دارد. دینامیک شوری در تالاب موندو نقش مهمی برای اکوسیستم‌های آبی آن ایفا می‌کند. از بین عوامل غیر زیست مؤثر، شوری می‌تواند عامل ناپدید شدن، توزیع، تنظیم و یا افزایش انواع موجودات دریایی باشد.

جزر و مدهای نیمه روزانه در ورودی تالاب یک محدوده مزوتیلیدی تقریباً ۱/۴۵ متر را در بر می‌گیرد که به ترتیب از حدود ۰/۵ متر تا ۲/۳ متر از نیپ تا اسپرینگ متغیر است.

از موارد شباهت منطقه مورد مطالعه با خلیج فارس می‌توان به مورفولوژی مشابه اما با ابعاد متفاوت، نقش پرنگ شوری در حیات برخی جانداران، محل مناسب پرورش آبزیان، تبادل آب ناچیز و تغییرات دمای نامحسوس در هر دو منطقه اشاره کرد.

## ۲- پیشینه پژوهش

در سال ۲۰۱۳ تحقیقی با عنوان اثرات دهانه ساحل شنی یا مرجانی بر جامعه زئوپلانکتون تالاب‌های ساحلی با وضعیت حفاظتی متفاوت توسط رایان باروس و همکاران بر روی دو تالاب نزدیک بهم در به تالاب‌های ساحلی هنگامی که با فشارهای انسانی مختلف در ساختار و عملکرد خود مواجه می‌شوند ویژگی‌های ساختاری و عملکردی خود را از دست می‌دهند و در نهایت مکانیسم‌های تثبیت خود را مختل می‌کنند.

در سال ۲۰۱۰ تحقیقی تحت عنوان مدل‌سازی اثرات شوری متغیر بر توزیع زمانی پلانکتون در تالاب‌های کم عمق ساحلی توسط انوم‌ها دوب و همکاران در هند بر روی بزرگترین تالاب ساحل شرقی با استفاده از یک مدل بیولوژیکی صورت گرفت. این مدل قادر به باز تولید بسیاری از ویژگی‌های مهم توزیع فیتوپلانکتون است.

در سال ۲۰۰۵ تحقیق تغییرات ENSO و شوری در سیستم تالاب ساحلی Ciénaga Grande de Santa Marta کارائیب کلمبیا توسط بلانکو و همکاران صورت پذیرفت. تجزیه و تحلیل مدل اجازه می‌دهد تا بین موقعیت‌های مدیریت طبیعی و هیدرولیک و همچنین چگونگی وقوع سناریوهای مختلف محیطی بر تغییرات شوری بررسی انجام شود. بررسی ارتباط بین تنوع آب و هوای جهانی و شرایط محلی درین تحقیق پیشنهاد می‌کند که در فرآیندهای مدیریت و تصمیم‌گیری



در ارتباط با محیط‌های آبی قاره‌ای و همچنین سایر محیط‌های آبی دریایی و ساحلی در منطقه کارائیب مورد توجه قرار گیرد.

### ۳- پیشینه پژوهش در خلیج فارس

صدری نسب و همکاران در سال ۲۰۲۲ مطالعه‌ای تحت عنوان تأثیرات تغییر اقلیم بر تغییرات فصلی ویژگی‌های هیدروفیزیکی در خلیج فارس انجام دادند که در این مطالعه تلاش می‌کند تا چگونگی تأثیر متقابل بین تغییر اقلیم و متغیرهای هواشناسی را بر شوری، دما و چگالی توده آب در خلیج فارس ارزیابی کند.

### ۴- کلیات و روش کار

بر اساس این مطالعه، تغییر متغیرهای هواشناسی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی، به ویژه دمای بالاتر هوا و بارش کمتر، در ابتدای دهه آینده منجر به افزایش دمای آب، شوری بیشتر (به جز سمت سواحل قطر) خواهد شد.

البته نکته حایز اهمیتی که در این تحقیق وجود دارد آن است که این پیش‌بینی بدون در نظر گرفتن مداخلات بشری است چه بسا مداخلات انسانی این فرآیند و بازه زمانی آن را بسیار کاهش دهد.

این مطالعه دینامیک شوری یک تالاب ساحلی را تجزیه و تحلیل کرده و چگونگی تأثیر آن را بر جمعیت صدف *Sururu* با جفت کردن دو مدل توسعه یافته برای توصیف این فرآیندها بیان می‌کند. هدف اصلی ایجاد یک ابزار مدیریتی ساده است که می‌تواند برای ارزیابی اثرات تغییرات در مورفولوژی و آب ورودی تالاب، و همچنین تعادل آب، در سطوح بهینه شوری برای نگهداری اکوسیستم در تالاب‌های ساحلی مورد استفاده قرار گیرد. این ابزار به ویژه برای تالاب‌های ساحلی با دوره بارانی فصلی مشخص، با رواناب زیاد رودخانه، که شوری را به سطوح بحرانی کاهش می‌دهد و دوره خشک، با نرخ کم تجدید آب، بازیابی سطوح شوری را کند می‌کند، قابل استفاده است.

چنین سناریوهایی برای تالاب موندو، برزیل، منطقه انتخاب شده برای مطالعه حاضر مورد بحث قرار گرفته است.

مدل‌سازی شوری در مقیاس‌های زمانی مختلف، از مقیاس جزر و مد تا مقیاس سالانه انجام می‌شود. همچنین، فرمولی برای پیش‌بینی تغییرات مکانی (فضایی یا سه بعدی) در شوری تالاب معرفی شده است.

سپس یک مدل اکتشافی از جمعیت *Sururu* معرفی می‌شود که اندازه جمعیت را به شوری مرتبط می‌کند، که در آن شوری کم به معنی کاهش جمعیت با مرگ کامل در سطوح شوری بسیار کم است. تمام اجزای (مولفه‌ها) مختلف مدل، تا آنجا که ممکن است، با داده‌های تالاب موندو کالیبره و تأیید شده‌اند.

### ۵- داده‌های مورد استفاده

داده‌های روان آب رودخانه از طریق سیستم *Hidroweb* از اطلاعات هیدرولوژیکی نگهداری شده توسط آژانس ملی آب‌های برزیل (ANA) به دست آمد.



سایر ورودی‌های مهم آب شیرین، مانند رودخانه‌های کوچک‌تر و جریان‌های زه‌کشی شهر، در این مطالعه به دلیل نداشتن اطلاعات دقیق نادیده گرفته شدند.

مجموعه داده‌های سطوح جزر و مدی در این مطالعه با استفاده از اندازه‌گیری‌های سطح انجام شده در ۹ کیلومتری ورودی تالاب، محاسبه شدند

اندازه‌گیری سطح آب که در این مطالعه استفاده شده است در دو مکان مختلف در تالاب موندو در طول فصول خشک و مرطوب به دست آمد. این اندازه‌گیری‌ها برای کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل هیدرولیک استفاده شد.

داده‌های شوری مورد استفاده از چندین منبع به دست آمد یک سری زمانی از داده‌های ماهانه شوری از سال ۱۹۷۲ تا ۱۹۷۸ مورد استفاده قرار گرفت، زیرا این دوره مربوط به یک رویداد ناپدید شدن طولانی سورو رو است.

داده‌های شوری در نزدیکی سطح از طریق یک شناور با یک CTD نصب شده در یک موقعیت ثابت به دست آمد.

داده‌های شوری به دست آمده از اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط موسسه زیست محیطی آلاگواس (IMA-AL) در ۲۹ فوریه ۲۰۱۶ برای به دست آوردن غلظت شوری در امتداد تالاب، از ورودی تا قسمت شمالی تالاب استفاده شد.

#### ۶- جزئیات روش کار مطالعه انجام شده

##### مدلسازی هیدرودینامیکی

مانند هر کار مدل‌سازی دیگر ابتدای امر مدل‌سازی هیدرودینامیکی در منطقه مورد مطالعه صورت گرفته است.

##### مدلسازی شوری

رویکرد مدل‌سازی شوری مورد استفاده در اینجا بر اساس تعادل جرمی انتقال نمک به و از تالاب است. دو سطح مختلف از پیچیدگی در توصیف این تعادل اتخاذ شد. رویکرد اول شامل تخمین مقادیر غلظت میانگین ماهانه در تالاب بود، در حالی که رویکرد دوم با هدف توصیف دقیق‌تر دینامیک شوری کوتاه‌مدت، تعیین تغییرات در چرخه جزر و مد و تغییرات فضایی میزان شوری در تالاب انجام شد. یک رویکرد ساده در این مطالعه برای تخمین تغییرات مکانی در شوری بر اساس غلظت میانگین شبیه‌سازی شده در تالاب و عملکرد مشخص شده برای تغییرات فضایی توسعه داده شد.

##### مدلسازی جمعیت صدف

پر اهمیت ترین بخش کار، مدل ابتکاری جمعیت سورو می باشد که توسعه‌ی یک مدل ابتکاری برای این کار می باشد.

بسیاری از سیستم‌ها در طبیعت، از جمله پویایی/دینامیک جمعیت، اگر شرایط مرزی و اجباری/تحمیلی ثابت بماند، به حالت‌های تعادل نزدیک می‌شود. بنابراین، در اینجا فرض می‌شود که جمعیت Sururu در تالاب توصیف شده از حالت N به سمت یک حالت تعادل NE که توسط شرایط طبیعی در تالاب تعیین می‌شود، تکامل می‌یابد. اگر در هر زمانی N از NE منحرف شود، جمعیت Sururu متناسب با انحراف از تعادل مطابق با تغییرات رشد می‌کند (نابود می‌شود) که  $\alpha$  یک ضریب نرخ رشد است.

$$\frac{dN}{dt} = \alpha (N_E - \delta N)$$

به طور معمول، شوری با زمان تغییر می‌کند، بنابراین معادله باید به طور همزمان با معادله بقا برای شوری حل شود تا اندازه جمعیت Sururu به دست آید. مورد ساده تغییر ناگهانی شوری از یک حالت به حالت دیگر، که در آن جمعیت در ابتدا در تعادل است، حل تحلیلی ساده است. راه حل آن یک رشد نمایی (یا میرایی) از حالت تعادل اولیه به حالت جدید است.

معادله تکامل بر اساس یک رابطه خطی است؛ این ساده است، اما برای توصیف غیرخطی بودن باید ضریب دیگری معرفی شود. در مطالعه حاضر، تأثیر شوری بر رشد Sururu مورد توجه خاص است، جایی که شوری کمتر دلالت بر تعداد کمتر و در نهایت، در شوری بسیار کم، سورورو کم یا بدون سورورو باقی می‌ماند. به منظور مدل‌سازی این اثر، یک عبارت میرایی به معادله اضافه شد جمله میرایی بر اساس یک مدل اکتشافی که به صورت ریاضی رفتار سورورو در سطوح مختلف شوری را باز تولید می‌کند، فرموله شده است.

در بیشتر موارد معادله تکامل را نمی‌توان به صورت تحلیلی حل کرد، اما باید از روش‌های عددی استفاده شود. سر راست‌ترین رویکرد یک طرح صریح است که نتیجه آن به شرح زیر در معادله بازگشتی ارائه می‌شود:

که در آن  $k$  یک شاخص و  $\Delta t$  گام زمانی است. پارامتر  $\delta$  بستگی به شوری دارد که با زمان متغیر است. اگر تغییر در شوری سریع باشد، یک طرح صریح ممکن است کافی نباشد، اما گسسته‌سازی در هر دو سطح زمانی،  $k$  و  $k+1$  نیاز دارد با دقت بیشتری انجام شود. چنین رویکردی این معادله را به دست می‌دهد.

$$N'_{k+1} = \frac{N'_k + \alpha' \Delta t' (N_E - \frac{1}{2} \delta_k N'_k)}{1 + \frac{1}{2} \alpha' \Delta t' \delta_{k+1}}$$

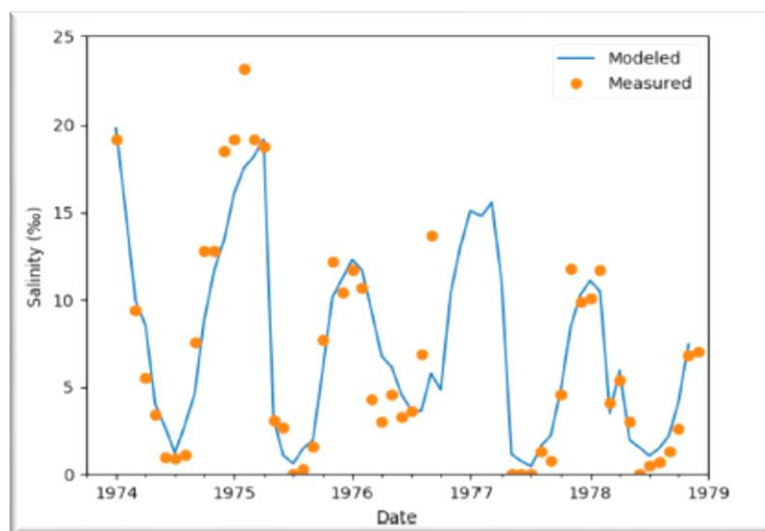
### کار آزمایشگاهی برای استخراج روابط مدل‌سازی جمعیت سورورو

از طریق آزمایشات آزمایشگاهی، مشخص کردند سورورو زمانی که در معرض شوری بیش از ۳۵ درصد یا کمتر از ۲ درصد برای دوره‌های بیش از ۷ روز قرار می‌گیرد، زنده نمی‌ماند. در یک آزمایشگاه متفاوت، مطالعه‌ای که صورت گرفت میزان مرگ و میر با جزئیات بیشتری در نظر گرفته شد و نرخ مرگ و میر ۱۰۰٪ برای پس از ۹۶ ساعت هنگامی که در معرض شوری ۲ درصد قرار گرفت به دست آمد. اگرچه مشخص است که دما نیز یک عامل غیر زیست مهم برای اکوسیستم‌ها است، اما در تالاب موندو دمای آب در طول کل سال تقریباً ثابت است.

پس از سنجش روابط بین تکامل سورورو و شوری با استفاده از روش‌های آماری دو داده‌ای (سه داده‌ای هم امکان پذیر بوده است) رابطه مدل‌سازی استخراج شد. شوری برای دو سناریو مختلف مدل‌سازی شد با مقیاس ماهانه طی چندین سال و مقیاس چرخه جزر و مدی.

دوره شبیه‌سازی برای رویکرد ماهانه از سال ۱۹۷۴ تا ۱۹۷۹، با گام زمانی شبیه‌سازی ۱ روز بود. دوره شبیه‌سازی برای دومی از ۱۵ تا ۲۸ می ۲۰۱۷ با گام زمانی شبیه‌سازی ۱۰ دقیقه بود. نتایج شبیه‌سازی شوری در شکل چپ اسلاید برای مدل‌سازی جعبه میانگین ماهانه و در شکل دیگر برای حل مدل‌سازی شوری در مقیاس زمانی چرخه جزر و مدی ارائه شده

است. نتایج مربوط به شبیه‌سازی‌های ماهانه، در مقایسه با ضریب تعیین ( $R^2=0.71$ ) اندازه‌گیری‌های دوره توافق رضایت‌بخشی را نشان دادند. دینامیک شوری ناشی از فصلی بودن رودخانه، یک عامل مهم برای پویایی جمعیت صدف، علی‌رغم سادگی آن، به خوبی توسط مدل گرفته شد. انحراف بین نتایج مدل و مشاهدات را می‌توان تا حدی با این واقعیت توضیح داد که اندازه‌گیری‌ها بر اساس کمپین‌های ماهانه واحد هستند که به عنوان مقادیر میانگین ماهانه تعمیم داده شده‌اند و اینکه مدل فقط به عنوان نیروی رواناب رودخانه و جریان جزر و مد استفاده می‌شود (به عنوان مثال، جریان از مناطق شهری نیز ممکن است به همان اندازه مشارکت و تاثیر داشته باشد).



شکل ۱- مقایسه تغییرات شوری مدل و داده‌های واقعی

## ۷- نتایج

در این مطالعه مجموعه‌ای از مدل‌ها توسعه داده شد که می‌تواند ابزاری برای کمک به مدیریت و استراتژی‌های مرمت تالاب‌های ساحلی از آن استفاده کرد. مدل شوری پیشنهاد شده در اینجا دینامیک مشاهده شده شوری را در انواع مختلف اندازه‌گیری، در مقیاس‌های زمانی جزر و مد و سالانه مدل جعبه برای کوتاه مدت تغییرات شوری، به خوبی نشان می‌دهد. مدل جعبه‌ای تغییرات کوتاه مدت شوری در مقیاس جزر و مد، قادر به نشان دادن کاهش شوری در تالاب ناشی از یک رویداد بزرگ روان‌آب رودخانه است. پتانسیل این رویکرد برای پیش‌بینی بازیابی شوری سطوح پس از چنین رویدادی می‌تواند یک مشخصه و طرح مهم برای کمک به مدیریت تالاب‌های ساحلی، به ویژه تالاب‌هایی که شامل اکوسیستم‌های حساس به سطوح کم شوری، باشد.

علاوه بر این، مدل تحلیلی ارائه شده برای اثرات شوری بر جمعیت صدف، پتانسیل ارائه دستورالعمل‌هایی برای توسعه و تأیید سایر رویکردهای عددی را دارد. توجه به این نکته مهم است که مدل ارائه شده، اگرچه منجر به توافق رضایت‌بخش در مورد تخمین‌های جمعیت صدف و دینامیک شوری شد، اما شامل مفروضات قابل توجهی برای حفظ سادگی و قابلیت استفاده آن در مواردی است که اندازه‌گیری‌های کافی در دسترس نیست. این مفروضات باعث نادیده گرفتن اثرات



توپوگرافی واقعی، نیروهای فرارفت، جریان مستقیم آب شیرین و شار گرما شد. بنابراین، اهمیت چنین مفروضاتی باید هنگام اعمال رویکرد فعلی در سایر سیستم‌های ساحلی در نظر گرفته شود. یک محدودیت قابل توجه در این مطالعه کمبود اطلاعات در مورد تراکم و توزیع سورورو در تالاب موندو است. با این حال، از طریق استفاده از مقادیر بدون بعد، تجزیه و تحلیل کیفی رفتار این صدف امکان پذیر شد، که امکان تصمیم‌گیری توسط مدیران را فراهم می‌کند که می‌تواند توسط یک پارامتر آب که به راحتی قابل اندازه‌گیری است مانند شوری پشتیبانی شود.

### ۸- لزوم انجام تحقیق در خلیج فارس

با توجه به گزارش‌های ارایه شده توسط مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی کشور احتمال تغییر اقلیم در محدوده خلیج فارس بسیار است. و تاثیر دو عامل شوری و دما که دو کمیت مرتبط باهم در خلیج فارس هستند جهت مدیریت کلان این حوضه آبی کشور که جزو سرمایه‌های ملی است و به تبع آن حفظ محیط زیست، اکوسیستم و سلامت آب‌های آن، انجام تحقیق مشابه در خلیج فارس ضروری به نظر می‌رسد.

بسیاری از گونه‌های خلیج فارس طبق تحقیقات در معرض آلودگی و خطرات انقراض هستند علاوه بر آن صدف‌های دوکفه‌ای همواره موجودات شاخص محیطی جهت سنجش کیفیت آب و خطرات آلودگی و تاثیرات افزایش یا کاهش پارامترهای فیزیکی بر روی آب حوضه‌های مختلف می‌باشند.

در این راستا جهت مدیریت کلان خلیج فارس نیاز به مدل‌سازی پارامترهای فیزیکی چون شوری و دما و سنجش اثرات آن بر مرگ و میر یا زاد و ولد صدف‌ها به عنوان شاخص بیولوژیکی ضروری به نظر می‌رسد.

### ۹- شباهت‌های محیطی

اگرچه حوضچه موندو که در آن تحقیق انجام شده است تفاوت‌هایی جزئی با خلیج فارس دارد اما از نظر شباهت می‌توان آن را خلیج کوچک شده‌ای مشابه خلیج فارس در نظر گرفت.

جدول ۱- مقایسه محیط مورد مطالعه با خلیج فارس

خلیج فارس	تالاب موندو
شوری عاملی موثر در اکوسیستم و محیط هر دو می باشد	دما تقزیا در هر دو ثابت است اما می توان آن را نیز بعنوان یک عامل موثر سنجید
صدف ساکستورا منبع خوراکی و صادراتی و در استانه انقراض	صدف سورورو منبع خوراکی و تغذیه ای و صادراتی دارد
هر دو محیطی نیمه بسته هستند و درای رودخانه اب شیرین که شوری را در آن تغییر می دهد.	دارای جزرو مد نیمروزانه هستند





## ۱۰- سناریوهای انجام مطالعه در خلیج فارس

سناریوی اول در واقع انجام کاری دقیقاً منطبق بر همین تحقیق بر روی مدل‌سازی دینامیک شوری در خلیج فارس و استخراج روابط مرگ و میر برای صدف ساکستوراها و استفاده از یک مدل ابتکاری جدید در کنار یک مدل دو منظوره فیزیکی- بیولوژیکی و پیش بینی دهه آینده و یا بیش از آن جهت مدیریت آب‌های خلیج فارس است که با اضافه کردن سنجش تغییرات و تاثیرات پارامتر دما یا آلودگی رسوب می‌توان این پارامتر فیزیکی را نیز مد نظر قرار داد.

سناریوی دیگر استخراج معادله مرگ و میر صدف ساکستورا با تحقیقات آزمایشگاهی در آزمایشگاه‌های بوشهر و تغییر کدهای مدل آماده جهت انطباق مدل به حوضه خلیج فارس و سپس مدل‌سازی با استفاده از رابطه استخراجی جدید و پیش بینی دهه آینده در اثر تغییرات پارامترهای فیزیکی دما و شوری در محیط خلیج فارس با استفاده از این روابط استخراجی

استخراج رابطه جدید آزمایشگاهی برای زاد و ولد یا مرگ و میر صدف ساکستوراها، مدل‌سازی دینامیک شوری و دما و سنجش تاثیرات آن بر این صدف به عنوان شاخص بیولوژیکی محیط و سنجش مداخلات انسانی در تغییرات شوری محیط.

## انتخاب گونه مشابه سورور در خلیج فارس

اولین گونه‌ای که پس از رایزنی با اداره کل شیلات استان بوشهر به نظر رسید مناسب این تحقیق باشد به عنوان شاخص آب‌های مورد مطالعه گونه مهار بود که پس از تحقیق روی این گونه طبق اعلام نظر سازمان مدیریت جهاد کشاورزی این گونه علی‌رغم مروراید ساز بودن در آستانه‌ی انقراض بوده و سال‌هاست صید آن نیز ممنوع می‌باشد.

صید صدف «مهار» در بندرلنگه هرمزگان، از سال ۸۵ ممنوع اعلام شده است طبق اعلام رییس اداره شیلات بندرلنگه هرمزگان نوع صدف برای صید آن‌ها بدون استفاده از تجهیزات غواصی تا عمق بین ۱۰ تا ۱۵ متری آب‌های نیلگون خلیج فارس می‌روند که این مطلب نشان دهنده سطح‌زی بودن این صدف‌ها است.

پس از این صدف، صدف دومی که از طرف سازمان شیلات و تحقیقات جهاد کشاورزی پیشنهاد شد اویسترها بود که کمیت آن بیشتر از مهار بود و امکان انجام پروژه روی آن معقول‌تر به نظر می‌رسد.

اویسترهای خوراکی متعلق به جنس *Crassostrea* و *Saccostrea* به دلیل غنی بودن پروتئین از ارزش بالای غذایی و به تبع آن از ارزش صادراتی برخوردارند در سواحل و جزایر شمال خلیج فارس زیستگاه‌های متعددی دارند در اغلب کشورهای جهان از ارزش و اعتبار خاصی برخوردارند زیستگاه آن‌ها عمق متوسط ده متری بوده و سطح‌زی هستند.

## ۱۱- جمع بندی

شوری در طول تاریخ به عنوان ردیاب در کیفیت آب مورد استفاده قرار گرفته است بیشتر مطالعات روی آن به دلیل خواص حفاظت/بقا آن است. مدل‌سازی از ویژگی‌های انتقال آن در حال حاضر به خوبی مطالعه شده است. امتیاز اصلی دیگر، امکان مدل‌سازی تغییرات غلظت شوری با توجه به بسیاری از عوامل محیطی و انسانی که بر دینامیک آن و در نتیجه اکوسیستم تأثیر می‌گذارد، می‌باشد.



آنچه که از مطالعه‌ی تحقیقات اخیر برداشت می‌شود به نظر می‌رسد این حقیقت که مطالعات علوم دریایی در هر زمینه‌ای بیشتر به سمت مدیریت آب‌ها پیشروی کرده است و نتیجه‌ی کار بیشتر در این جهت و با این هدف سنجیده می‌شود قابل انکار نیست. باتوجه به سهم مرزهای آبی طولانی ایران از خلیج فارس به نظر می‌رسد بیشترین سهم در تحقیق مدیریت آب‌های آن را بر عهده دارد و برای مدیریت آب‌ها و حفاظت از اکوسیستم آن سنجش تغییرات شوری و دما در دراز مدت و تاثیرات آن بر اکوسیستم علی‌رغم وجود مداخلات انسانی روز به روز بیشتر می‌شود لزوم انجام این تحقیق و تحقیقات مشابه را آشکارتر می‌کند.

صدف ساکستوراها باتوجه به توزیع آن (اگرچه سازمان شیلات آمار دقیقی از صید صدف‌ها ارائه نمی‌کند اما این گونه از نظر صید هنوز در آستانه‌ی شدید انقراض نیست) و ارزش صادراتی آن مناسب برای انجام این پروژه بوده و می‌توان این تحقیق را با سنجش تاثیرات دما و شوری و شوری ناشی از مداخلات انسانی با یکی از سناریوهای یاد شده انجام داد.

## ۱۲- قدردانی

مراتب سپاس و قدردانی خود را از اداره کل شیلات استان بوشهر مخصوصاً آقای دکتر حامد قناعتیان ابراز نموده و همچنین از جناب دکتر مهدی برنا که در بدست آوردن اطلاعات و انتخاب گونه‌های مشابه در خلیج فارس مرا یاری دادند سپاسگزارم.

## ۱۳- منابع

بررسی مقدماتی جمع‌آوری اسپات صدف‌های خوراکی *Saccostrea cucullata* در آب‌های ساحلی بندر لنگه، پیمان روستایان، سازمان تحقیقات و آموزش شیلات ایران، ۱۳۷۲  
مدیریت تحقیقات کشاورزی استان بوشهر  
سازمان مدیریت جهاد کشاورزی تهران  
اداره کل شیلات استان بوشهر

www.irna.ir

Modeling the salinity dynamics of a choked coastal lagoon and its

impact on the Sururu mussel (*Mytella falcata*), Almir Nanes et.al,2021.

Modelling the effects of variable salinity on the temporal distribution of plankton in shallow coastal lagoons, Anomeha Dube et.al,2010

ENSO and salinity changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta coastal lagoon system, Colombian Caribbean, J.A. Blanco.2006

Effects of sandbar openings on the zooplankton community of coastal lagoons with different conservation status, Rayanne Barros et.al,2013.

Climate Change Impacts on the Seasonal Variation of Hydro-Physical Characteristics in the Persian Gulf, Amir Reza Azarnivand et.al,2022.



## بررسی تغییرات فصلی دمای سطحی و عمقی تنگه هرمز

شکیلا لشکری<sup>۱\*</sup>، مریم سیوف جهرمی<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی دکتری فیزیک دریا، گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.  
۲. استادیار فیزیک دریا، گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: sh.lashkari.stu@hormozgan.ac.ir

### چکیده

تنگه هرمز محل اتصال خلیج فارس به دریای عمان بوده و از مهم ترین آبراهه های دنیا به شمار می رود. با توجه به اهمیت بالای این منطقه شناخت خصوصیات فیزیکی آن از جمله دما که ساختار فیزیکی دریاها را توصیف می کند حائز اهمیت بوده لذا در این پژوهش به بررسی مکانی (که شامل سطح و آب های عمیق ۸۰ متری است) و زمانی (فصلی) تغییرات دما در تنگه هرمز پرداخته شد. در این پژوهش منطقه مورد مطالعه مختصات جغرافیایی  $25^{\circ}N$  الی  $27.2^{\circ}N$  و  $55^{\circ}E$  الی  $57.5^{\circ}E$  را شامل شده و از داده های بین المللی World Ocean Atlas 2018 با قدرت تفکیک  $0.25^{\circ}$  و نرم افزار ODV استفاده شد. ضمن بررسی دما به مقایسه فصلی نیز پرداخته شد. نتایج به خوبی نشان داد که توزیع دمای سطحی در تنگه هرمز در فصول بهار و زمستان از غرب به شرق افزایش دما و در فصول تابستان و پاییز از غرب به شرق کاهش دما را نشان داده که بیانگر تاثیر تغییرات فصلی می باشد. همچنین در سطح مناطق کم عمق جنوب غربی تنگه دمای بیشتری نسبت به مناطق شمال غربی تنگه داشتند. در عمق ۸۰ متری در فصول تابستان و پاییز در میانه تنگه دما افزایش یافته که علت آن وجود توده آب خلیج فارس بوده که در این فصول دمای بالاتری را دارند. از دیگر نتایج این پژوهش می توان به وجود پیچک هایی با هسته های سرد و گرم اشاره کرد که به صورت دائمی و یا فصلی بوده اند.

کلیدواژه: تغییرات دما، تغییرات فصلی، تنگه هرمز، WOA2018، ODV.

**Abstract**— The Strait of Hormuz connects the Persian Gulf to the Sea of Oman and is one of the most important waterways in the world. Due to the high importance of this region, it is important to know its physical characteristics, including temperature, which describes the physical structure of the seas, therefore, in this research, spatial (which includes the surface and 80 meters deep waters) and temporal (seasonal) temperature changes are investigated. It was done in the Strait of Hormuz. In this research, the studied area includes the geographical coordinates  $25^{\circ}N$  to  $27.2^{\circ}N$  and  $55^{\circ}E$  to  $57.5^{\circ}E$  and it is from the international data of World Ocean Atlas 2018 with resolution of  $0.25^{\circ}$  and software ODV was used. While checking the temperature, a seasonal comparison was also made. The results showed well that the distribution of surface temperature and depth (layer) in the Strait of Hormuz in the spring and winter seasons from west to east shows an increase in temperature and in summer and autumn seasons from west to east, it shows a decrease in temperature, which indicates the effect of seasonal changes. Also, the shallow areas of the southwest of the strait had higher temperatures than the northwest areas of the strait. At a depth of 80 meters, the temperature has increased in the middle of the strait in the summer and autumn seasons, which is due to the presence of the Persian Gulf water mass, which has a higher temperature in these seasons. Among other results of this research, we can point out the presence of ivy with cold and hot cores that were permanent or seasonal.

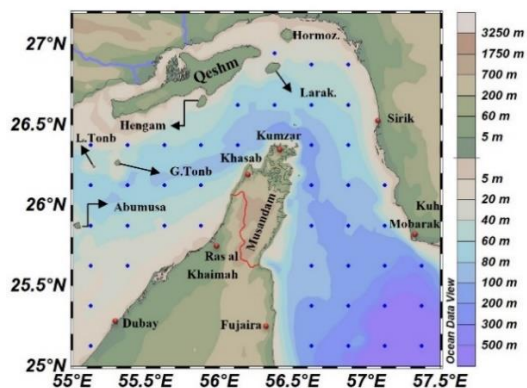


## ۱. مقدمه

تنگه هرمز گذرگاهی طبیعی است که در محدوده جغرافیایی ۲۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ۵۶ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی در قسمت شمال غربی اقیانوس هند قرار گرفته و محل اتصال خلیج فارس به دریای عمان است (۱). با حرکت از شمال تنگه هرمز به سمت جنوب آن، تنگه هرمز عمیق تر می شود (۲). تنگه هرمز از مهم ترین آبراه های دنیا است که از نظر تجاری، نظامی و کشتیرانی بسیار مهم است، به گونه ای که روزانه ۱۵ میلیون بشکه نفت معادل ۲۷ درصد نفت جهان از این آبراه عبور می کند (۳). کاربری مناسب از دریا، شناخت خصوصیات فیزیکی آن را ایجاب می کند و این امر مستلزم بررسی و نمونه برداری در نواحی مورد نظر از جمله تنگه هرمز است (۴). دما یکی از اصلی ترین مؤلفه ها در داده های تاریخی است که ساختار فیزیکی دریاها را توصیف می کند (۵). در مطالعه صورت گرفته توسط لشکری و همکاران بیان شد وجود بهم ریختگی های دمایی در لایه بندی به شناسایی توده های آب کمک می کند. توده آب شور خلیج فارس (PGW) از طریق تنگه هرمز وارد خلیج عمان شده و توده آب کم شور اقیانوس هند (IOCW) نیز از طریق این تنگه وارد خلیج فارس می شود (۶). همچنین شناخت خصوصیات تنگه هرمز در تبادل آب بین خلیج فارس و دریای عمان حائز اهمیت بوده، بنابراین اهمیت این منطقه در زمینه های مختلف ایجاب می کند که بررسی دقیق تر و بیشتر صورت گیرد. لذا در این پژوهش به بررسی تغییرات زمانی (فصلی) و مکانی (اعماق مختلف) دما در تنگه هرمز پرداخته شده است. Johns و همکاران (۲۰۰۳) با نصب یک دستگاه ADCP از دسامبر ۱۹۹۶ تا مارس ۱۹۹۸ در تنگه هرمز، نتایج اولین اندازه گیری طولانی مدت در منطقه تنگه هرمز را که در واقع نخستین اندازه گیری میدانی طولانی مدت در تنگه هرمز بوده است را ارائه نمودند (۷). تغییرات فصلی بر روی دمای آب های سطحی و عمقی تنگه تاثیر گذار بوده به گونه ای که در مطالعه (۸) حاصل تحلیل داده های راپمی ۲۰۰۱، بیان شد یک لایه آمیخته با عمق تقریبی ۳۰ متر شکل می گیرد. در قسمت شمال و شمال غربی تنگه هرمز گرادپان های عمودی دما و شوری کمتر وجود دارد که این مورد ناشی از جریان آب ورودی دریای عمان به خلیج فارس است.

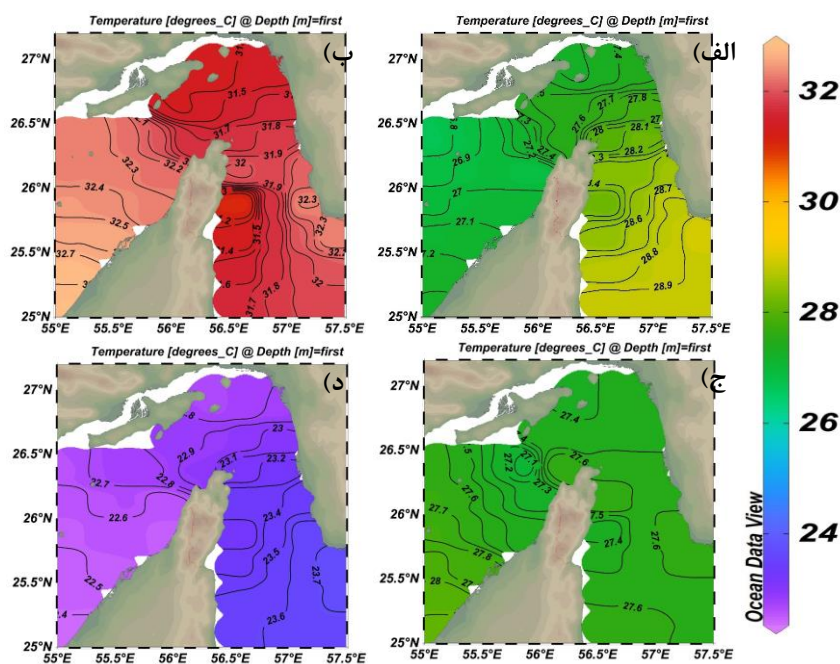
## ۲. روش پژوهش

در این پژوهش از داده های بین المللی World Ocean Atlas 2018 (۹) (که به اختصار با WOA18 نمایش داده می شود) با دقت مکانی  $0.25^\circ$  و دقت زمانی سه ماهه (فصلی) استفاده شده است. جهت رسم نمودارها، نقشه و تجزیه و تحلیل از نرم افزار Ocean Data View (ODV) (۱۰) استفاده گردید. منطقه ی مورد مطالعه در این پژوهش تنگه هرمز بوده که عرض جغرافیایی  $25-27/2^\circ N$  و طول جغرافیایی  $55-57/5^\circ E$  را شامل شده است. در شکل ۱ که در محیط نرم افزار ODV ترسیم شده است، منطقه مورد مطالعه، نقاط داده (نقاط ای رنگ روی شکل)، اسامی مکان های استفاده شده در تحلیل و تفسیرهای صورت گرفته و عمق سنجی مشاهده می شود. گراف های سطحی جهت بررسی فصلی دما در تنگه هرمز برای اعماق سطحی (صفر متر)، و ۸۰ متری (لایه عمقی) ترسیم گردید.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه. نقاط آبی، مکان ایستگاه‌های WOA2018 را نمایش می‌دهد.

### ۳. یافته‌ها



شکل ۲. توزیع دما در سطح (عمق ۰ متر) به صورت فصلی (الف) بهار (ب) تابستان (ج) پاییز (د) زمستان

شکل ۲ تغییرات فصلی دمای تنگه هرمز در سطح را نشان می‌دهد که گستره دمایی  $22/344^{\circ}\text{C}$  تا  $32/848^{\circ}\text{C}$  را شامل شده است. در فصل بهار دمای بیشتر در شرق تنگه هرمز (بیشینه دما  $28/960^{\circ}\text{C}$ ) مشاهده شد که با حرکت به میانه تنگه هرمز  $1/67^{\circ}\text{C}$  کاهش دما اتفاق افتاده و دما در مجاورت جزیره لارک به  $27/288^{\circ}\text{C}$  رسیده و مجدداً به سمت غرب تنگه دما روندی کاهشی را طی کرده تا به کمینه دمای  $26/730^{\circ}\text{C}$  رسیده است. در شرق مسندم یک پیچک (درموقعیت



جغرافیایی  $25/87^{\circ}\text{N}$  و  $56/62^{\circ}\text{E}$  وجود داشته که دارای هسته‌ای به دمای  $28/24^{\circ}\text{C}$  می‌باشد که موقعیت این پیچک توسط مطالعه حسن تبار و همکاران (۱۱) مورد تایید قرار گرفته است. در فصل تابستان دمای هسته‌ی پیچک نسبت به فصل بهار  $2/855^{\circ}\text{C}$  افزایش داشته و به  $31/095^{\circ}\text{C}$  رسیده است. در پاییز دمای پیچک نسبت به تابستان کاهش داشته و به  $27/373^{\circ}\text{C}$  رسیده است. در فصل زمستان نیز این پیچک مشاهده شده و دمای آن نسبت به فصل پاییز کاهش داشته و به  $23/509^{\circ}\text{C}$  رسیده است. در تابستان بر خلاف بهار دمای آب‌های غرب تنگه بیشتر از شرق می‌باشد. در شرق تنگه افزایش دما موجب شده در مجاورت مختصات جغرافیایی  $25/8^{\circ}\text{N}$  و  $57/1^{\circ}\text{E}$  دما به  $32/308^{\circ}\text{C}$  و در مجاورت کوه مبارک ( $25/8^{\circ}\text{N}$  و  $57/4^{\circ}\text{E}$ ) به  $32/356^{\circ}\text{C}$  برسد. با حرکت به سمت میانه تنگه  $1/04^{\circ}\text{C}$  کاهش دمایی اتفاق افتاده و با حرکت به سمت غرب مجدداً افزایش دما مشاهده شده و دما به بیشینه مقدار  $32/848^{\circ}\text{C}$  می‌رسد. مناطق کم عمق جنوب غربی تنگه دمای بیشتری نسبت به مناطق شمال غربی تنگه دارند. در پاییز نیز مانند تابستان در شرق تنگه دما تقریباً بالا بوده ( $27/680^{\circ}\text{C}$ ) و با حرکت به غرب تنگه در ابتدا دما روندی کاهشی داشته و  $0/35^{\circ}\text{C}$  کاهش دما اتفاق افتاده و سپس دما روندی افزایشی را در پیش گرفته و به دمای  $28/116^{\circ}\text{C}$  رسیده است. کمینه دمای این فصل به صورت یک هسته سرد ( $27/007^{\circ}\text{C}$ ) در مجاورت جزیره هنگام مشاهده می‌شود. همچنین دو پیچک مشاهده گردید که یکی از آن‌ها در جنوب جزیره هنگام با دمای  $27/002^{\circ}\text{C}$  و دیگری در شمال خصب در مجاورت کومزار با دمای  $27/689^{\circ}\text{C}$  قرار داشت. در زمستان مانند بهار بیشینه دما ( $23/772^{\circ}\text{C}$ ) در شرق تنگه و کمینه دما ( $22/344^{\circ}\text{C}$ ) در غرب تنگه مشاهده می‌شود. تغییرات دمایی شرق به غرب در زمستان  $1/428^{\circ}\text{C}$  می‌باشد که روندی کاهشی داشته است.

الگوی توزیع دما در عمق ۸۰ متری که بازه تغییرات دمایی  $21/510^{\circ}\text{C}$  تا  $24/768^{\circ}\text{C}$  را شامل شده است (شکل ۳) بیانگر این است که در فصل بهار در غرب تنگه، آب‌های سردتر (کمینه دمای فصلی  $21/118^{\circ}\text{C}$ ) قرار داشته و با حرکت به سمت شرق  $1/352^{\circ}\text{C}$  افزایش دما صورت گرفته است. در فصل تابستان با حرکت از غرب به میانه تنگه دما روندی افزایشی طی کرده و بیشینه دمای فصلی در میانه تنگه با دمای  $24/428^{\circ}\text{C}$  در جنوب جزیره لارک (مختصات جغرافیایی  $26/37^{\circ}\text{N}$  و  $55/87^{\circ}\text{E}$ ) قرار دارد. با حرکت به سمت شرق کاهش دما مشاهده می‌شود. در فصل پاییز نیز همانند فصل تابستان در میانه تنگه دمای بالاتر ( $24/768^{\circ}\text{C}$ ) مشاهده می‌شود که می‌توان علت آن را به توده آب خلیج فارس (PGW) نسبت داد که در فصول تابستان و پاییز دمای بیشتری داشته موجب افزایش دما در میانه تنگه می‌شود. با حرکت به سمت غرب و شرق به مرور کاهش دما اتفاق افتاده است. در فصل پاییز بیشینه دمای سالیانه مشاهده می‌شود. در فصل زمستان نیز تغییرات دمایی کم و محدود بوده است. به طور کلی دمای PGW در فصول بهار و زمستان کم بوده و بیشینه دمای این توده در فصول تابستان و پاییز در میانه تنگه‌هرمز مشاهده می‌شود که این امر توسط (۱۲) مورد تایید قرار گرفته است.

#### ۴. نتیجه گیری

نتایج این پژوهش به خوبی نشان داد که در سطح مناطق کم عمق جنوب غربی تنگه دمای بیشتری نسبت به مناطق شمال غربی تنگه داشتند. توزیع دمای سطحی در تنگه‌هرمز بیانگر این است که در فصول بهار و زمستان آب‌های شرق تنگه از دمای بالاتری نسبت به غرب تنگه برخوردار بوده و در فصول تابستان و پاییز برخلاف فصول بهار و زمستان دما در شرق تنگه بیشتر از غرب بوده است که نشانگر تاثیر تغییرات فصلی می‌باشد. در سطح فصل بهار بیشترین بازه تغییرات را (با اختلاف دمای  $2/23^{\circ}\text{C}$ ) در برگرفته و فصل پاییز کمترین میزان تغییرات را (با اختلاف دمای  $1/11^{\circ}\text{C}$ ) داشته (جدول ۱). در جدول ۱ تغییرات دمایی به صورت حداقل و حداکثر دما در طی فصول و سالیانه قابل مشاهده می‌باشد. در عمق ۸۰ متری بیشترین





بازه تغییرات دمایی مربوط به فصل پاییز (با اختلاف دمایی  $3/25^{\circ}\text{C}$ ) و کمترین آن مربوط به فصل زمستان (با اختلاف دمایی  $0/81^{\circ}\text{C}$ ) می باشد.

جدول ۱. بازه تغییرات دمایی بر حسب  $^{\circ}\text{C}$  برای تنگه هرمز در سطح و عمق

عمق/دما	بهار		تابستان		پاییز		زمستان		سالیانه	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
سطح (۰)	۲۶/۷۳	۲۸/۹۶	۳۱/۰۹	۳۲/۸۴	۲۷	۲۸/۱۱	۲۲/۳۴	۲۳/۷۷	۲۲/۳۴	۳۲/۸۴
۸۰	۲۱/۱۱	۲۲/۴۷	۲۱/۶۶	۲۴/۴۲	۲۱/۵۱	۲۴/۷۶	۲۲/۰۲	۲۲/۸۳	۲۱/۱۱	۲۴/۷۶

همچنین در این پژوهش پیچک های فصلی مشاهده گردید که در فصل پاییز دو پیچک در سطح تنگه هرمز مشاهده شد، که یک پیچک در جنوب جزیره هنگام و دیگری در شمال خصب در مجاورت کومزار وجود داشت. پیچک شرق مسندم نیز در سطح تنگه هرمز در تمامی فصول مشاهده گردید. نتایج به خوبی نشان می دهد که با افزایش عمق دما کاهش پیدا می کند که در جدول ۲ مقادیر قابل مشاهده می باشند.

جدول ۲. تغییرات دما با افزایش ۸۰ متر عمق در طی فصول مختلف در تنگه هرمز

عمق (m)/ فصل	بهار		تابستان		پاییز		زمستان	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
۰ به ۸۰	۵/۶۲	۶/۴۹	۹/۴۳	۸/۴۲	۵/۴۹	۳/۳۵	۰/۳۲	۰/۹۴

## ۵. منابع

- (1) Al-Hajri, K., 1990, The Circulation of the Arabian (Persian) Gulf: A Model Study of its Dynamics. The Catholic University of America, Washington, DC. Ph.D. Dissertation (also available through UMI Dissertation Information Service, OrderNumber 9106378).
- (2) MALAKOUTIAN, M. (2004). AN INTRODUCTION TO THE POLITICAL GEOGRAPHY AND STRATEGIC IMPORTANCE OF IRAN. POLITICS QUARTERLY: JOURNAL OF FACULTY OF LAW AND POLITICAL SCIENCE, -(63), -. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=42815>.
- (۳) کتاب خلیج فارس و نقش استراتژیک تنگه هرمز سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی حافظانیا، م، ۱۳۷۸، خلیج فارس و نقش استراتژیک تنگه هرمز: انتشارات مهر.
- (4) Rochford, D. (1964). Salinity maxima in the upper 1000 metres of the north Indian Ocean. *Marine and Freshwater Research*, 15(1), 1-24.
- (5) Piontkovski, S., & Chiffings, T. (2014). Long-term changes of temperature in the Sea of Oman and the western Arabian Sea. *International Journal of Oceans and Oceanography*, 8(1), 53-72.
- (6) Lashkari S, Soyuf Jahromi M, Hamzei S. Seasonal changes of the Persian Gulf water mass in the Gulf of Oman. *Journal of Oceanography* 2023; 14 (53) :103-122 URL: <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1756-fa.html>
- (7) Johns, W., Yao, F., Olson, D., Josey, S., Grist, J., & Smeed, D. (2003). Observations of seasonal exchange through the Straits of Hormuz and the inferred heat and freshwater budgets of the Persian Gulf. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 108(C12).





- (۸) ثابت عهد جهرمی، ع.، لاری، ک.، سلطانیان فرد، م.، رئیسی کمیز، ا. (۱۳۹۰). مطالعه تأثیر پیچک‌های میان مقیاس بر توزیع گرادیان دما و شوری در خلیج فارس و تنگه هرمز سیزدهمین همایش صنایع دریایی
- (9) National Oceanic and Atmospheric Administration, (2021). World Ocean Atlas 2018, Available from: <https://odv.awi.de/data/ocean/world-ocean-atlas-2018>.
- (10) Schlitzer, R., 2023. Ocean Data View software. (last accessed on 04 May 2023, ODV Version: ODV 5.6.5). <https://odv.awi.de>.
- (۱۱) حسن تبار، مهدی زاده، م.، اکبری نسب، م.، ۱۴۰۰. تحلیل تأثیر پیچک‌ها بر انتشار صوت. پایان نامه‌ی دکتری رشته فیزیک دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی هرمزگان، ۱۳۴ صفحه.
- (۱۲) لشکری، ش.، سیوف جهرمی، م.، حمزه ئی، ص.، ۱۴۰۱. ردیابی توده آب خلیج فارس در دریای عمان با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده WOA با نرم‌افزار ODV. پایان نامه‌ی ارشد رشته فیزیک دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی هرمزگان، ۲۱۶ صفحه.



## بررسی توان موج در طول مونسون تابستانی اقیانوس هند در آبهای دور از سواحل مکران

محمد پاخیره زن\*، مهدی محمد مهدیزاده، فایقه اسلامی مهدی آبادی، ساجده بلوچی

دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: mht\_pa@yahoo.com

### چکیده

برای بهره‌برداری از ساختارهای تولید انرژی موج در یک منطقه دریایی، شناخت رفتار باد و امواج به ویژه در شرایط آب‌وهوایی متغیر ضروری است. تجزیه و تحلیل طیفی موج می‌تواند به درک بهتر حداکثر و حداقل توان موج از نظر مکانی و زمانی کمک کند. در این پژوهش، الگوی طیفی امواج در امتداد سواحل مکران در مناطق دور از ساحل سه بندر اصلی جاسک، چابهار و کراچی در سال ۲۰۱۶ با استفاده از مدل MIKE SW مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به بررسی پارامترهای باد و امواج در یک دوره ۱۳ ساله (۲۰۱۰-۲۰۲۲)، میانگین بیشترین ارتفاع موج و سرعت باد در محدوده سواحل مکران در سال ۲۰۱۶ رخ داده است. داده‌های باد ERA5 با تفکیک پذیری مکانی ۰.۲۵ درجه و وضوح زمانی یک ساعت به مدل ارائه شد. نتایج نشان داد که بیشترین قدرت موج شبیه‌سازی شده مربوط به ماه جولای است که در طول مونسون تابستانی اقیانوس هند رخ داده است. همچنین محدوده شمال دریای عربی نسبت به سواحل شمالی خلیج عمان دارای امواج قوی‌تری است. بیشترین ارتفاع موج مشاهده شده در سراسر سواحل مکران حدود ۴/۵۰ متر است و حداکثر انرژی موج به ۴۰ کیلووات بر متر میرسد. الگوی طیفی امواج در طول سواحل مکران از طیف JONSWAP پیروی می‌کند. همچنین طیف جهتی امواج در محدوده دور از ساحل سه بندر مورد نظر نشان‌دهنده‌ی جهت پیشروی امواج در شمال دریای عربی از غرب به شرق و در خلیج عمان از جنوب شرقی به شمال غربی است.

**کلید واژه:** توان موج، شبیه‌سازی موج، MIKE SW، طیف موج

### ۱- مقدمه

سواحل شمال دریای عربی و خلیج عمان، معروف به سواحل مکران با ۱۰۰۰ کیلومتر طول، واقع در جنوب شرقی ایران و جنوب پاکستان، پتانسیل آن را دارند که بنادر تجاری و صنایع حیاتی نفت و گاز را در بر گیرند. از نظر اقلیمی، این منطقه تحت تأثیر بادهای موسمی (مونسون) و سایر پدیده‌های اقلیمی است که در شمال اقیانوس هند رخ می‌دهند. بادهای شمال اقیانوس هند عموماً از سمت جنوب غربی در طول موسمی تابستان (می تا سپتامبر) می‌وزند و بسیار قوی‌تر از بادهای موسمی زمستانی (نوامبر تا فوریه) هستند که از شمال شرقی می‌وزند (شانکار و همکاران، ۲۰۰۲).

برای بررسی امکان استقرار سازه‌های فراساحلی، شناخت الگوهای باد و امواج در هر منطقه به ویژه در شرایط متغیر آب و هوایی ضروری است. آگاهی از رفتار موج، پیش‌نیازی برای برنامه‌ریزی آینده در یک حوضه دریایی است (جدیدالاسلام و همکاران، ۲۰۱۶). یکی از مفاهیم مربوط به موج که شامل ارتفاع، دوره تناوب، جهت انتشار و میزان انرژی موج است، طیف موج نام دارد. طیف موج یک عامل مهم برای توسعه فعالیت‌های دریایی، به ویژه برای طراحی سازه‌های دریایی است (لیو و همکاران، ۲۰۱۵) و تقریباً برای هر نوع فعالیت مربوط به مهندسی سواحل در یک مکان معین در دریا ضروری است (کومار و کومار، ۲۰۰۸). تجزیه و تحلیل طیفی به عنوان یک تکنیک بهینه به منظور درک یک پدیده فیزیکی پیچیده مربوط به فرکانس آن پدیده، شناخته می‌شود (لیو و فریگارد، ۱۹۹۹). در یک دریای تصادفی، امواج با استفاده از طیف‌های انرژی به عنوان تابعی از فرکانس و جهت توصیف می‌شوند (الله‌دادی و همکاران، ۲۰۱۷). طیف فرکانسی موج نشان‌دهنده تغییر چگالی توان فرکانس



موج است و به عنوان طیف چگالی انرژی موج شناخته می‌شود (کومار و همکاران، ۲۰۱۴). طیف جهتی موج، امواج تولید شده توسط باد را بر حسب مشارکت امواج در انتشار در جهات مختلف توصیف می‌کند (مونتویا و همکاران، ۲۰۱۳).

امروزه به دلیل عدم وجود داده‌های اندازه‌گیری شده در بسیاری از مناطق دریایی، ویژگی‌های امواج با استفاده از مدل‌های عددی تخمین زده می‌شود (معینی و اعتماد شهیدی، ۱۳۸۶). مدل‌های عددی به دلیل انعطاف‌پذیری‌های مکانی و زمانی، برای مطالعه الگوی طیفی امواج مناسب هستند (الله‌دادی و همکاران، ۲۰۱۷). مدل‌سازی امواج یک راه مفید و راحت برای به دست آوردن توزیع مکانی و زمانی طیف موج است (ژو و همکاران، ۲۰۰۸). مدل‌های طیفی امواج زیادی برای مطالعات و پیش‌بینی موج در اقیانوس و مناطق ساحلی وجود دارد (عبدالله زاده‌مرادی و همکاران، ۲۰۱۴). MIKE SW یک مدل موج طیفی نسل جدید است و رشد و تغییر شکل امواج تولید شده توسط باد را در مناطق ساحلی و فراساحلی شبیه‌سازی می‌کند (DHI، ۲۰۱۲). مدل MIKE SW بر اساس یک شبکه منعطف، امکان تفکیک فضایی در مناطق دریایی دور و وضوح بالا در آب‌های کم عمق ساحلی را فراهم می‌سازد (رمیا و همکاران، ۲۰۱۴). MIKE SW فقط از شبکه‌های بدون ساختار استفاده می‌کند، گسسته‌سازی فضایی در این مدل یک روش سلول محور است و حجم کنترل در MIKE SW یک رویکرد مثلی و صریح است (DHI، ۲۰۱۲).

برخی از محققان از مدل‌های عددی برای بازتولید طیف موج تحت شرایط مکانی و زمانی خاص مانند طوفان‌ها، بادهای شدید و بادهای موسمی استفاده کرده‌اند. الله‌دادی و همکاران (۲۰۱۷) شبیه‌سازی عددی طیف فرکانس و جهتی موج برای طوفان گونو (۲۰۰۷) با استفاده از MIKE SW برای دو مکان نزدیک ورودی و فراساحلی خلیج چابهار در شمال خلیج عمان را اجرا کردند. آنها بیان کردند که با پیشروی طوفان به سمت شمال غربی، تمام جهات طیفی به طور پیوسته در جهت عقربه‌های ساعت در هر دو مکان می‌چرخند. هوک و همکاران (۲۰۱۷) از دو مدل موج طیفی MIKE SW و SWAN در شبیه‌سازی شرایط موج تولید شده توسط طوفان در دریای بیوفورت جنوبی استفاده کردند. پارامترهای موج مدل شده و طیف واریانس با مشاهدات میدانی در طول چهار طوفان در چهار ایستگاه مقایسه شد. آنها بیان کردند که نتایج شبیه‌سازی MIKE SW تمایل دارد اوج طیفی را بیش از حد تخمین بزند در حالی که نتایج شبیه‌سازی SWAN تمایل دارد پایین‌تر از اوج طیفی را نشان دهد. پاخیره‌زن (۲۰۲۱) الگوهای طیفی و آماری امواج را در طول طوفان آشوبا (۲۰۱۵) در شمال اقیانوس هند با استفاده از مدل جو-موج جفت‌شده (WRF-SWAN) مورد مطالعه قرار داده است. چهار نقطه پایش برای تجزیه و تحلیل امواج در سواحل بمبئی، کراچی، چابهار و مسقط در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که سواحل شرقی و شمال شرقی دریای عربی بیشتر از سواحل خلیج عمان تحت تأثیر طوفان آشوبا قرار گرفته است. در این مطالعه، MIKE SW در امتداد سواحل مکران در شمال دریای عربی و خلیج عمان برای بررسی طیف‌های فرکانسی و جهتی موج در نقاطی با بالاترین توان موج در منطقه دور از ساحل سه بندر اصلی (کراچی، چابهار و جاسک) برای سال ۲۰۱۶ مورد استفاده قرار گرفت. منطقه دور از ساحل ناحیه‌ای از دریا است که قبل از ناحیه شکست موج قرار دارد. همچنین علت انتخاب ۲۰۱۶ بعنوان سال مرجع به دلیل بالاترین میانگین ارتفاع موج و سرعت باد در طی یک دوره ۱۳ ساله از ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ بر اساس آمار باد و موج ERA5 است که برای دهانه خلیج چابهار در مرکز سواحل مکران ارائه شده است (جدول ۱).

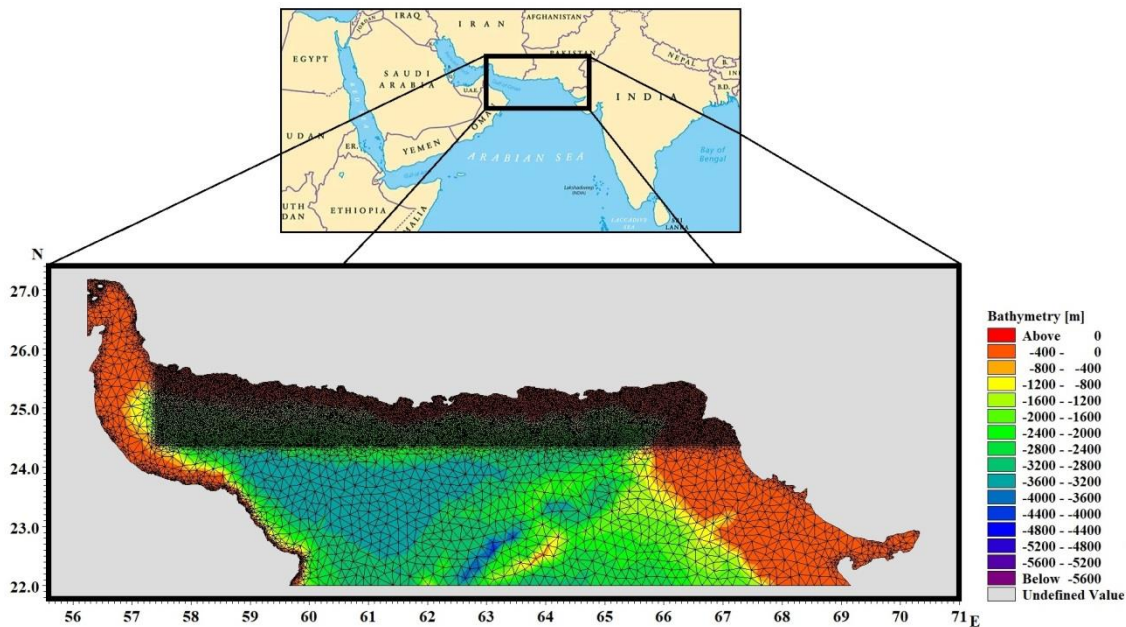


جدول ۱: میانگین پارامترهای باد و موج بر اساس ERA5 در طول ۲۰۲۲-۲۰۱۰

سال	میانگین ارتفاع موج (متر)	میانگین دوره تناوب موج (ثانیه)	میانگین جهت موج (درجه)	میانگین فشار سطحی (پاسکال)	میانگین مولفه مولفه مولفه سرعت افقی باد U	میانگین مولفه مولفه مولفه سرعت افقی باد V	میانگین سرعت باد (متر بر ثانیه)	میانگین جهت باد (درجه)
۲۰۱۰	۰/۹۷	۷/۲۳	۱۸۴	۱۰۰۶۳۸	۰/۶۵	۱/۵۰	۴/۱۰	۱۹۱
۲۰۱۱	۱/۰۰	۷/۲۷	۱۸۵	۱۰۰۶۰۱	۰/۳۵	۱/۷۰	۴/۰۴	۱۸۸
۲۰۱۲	۰/۹۷	۷/۳۰	۱۷۹	۱۰۰۶۴۱	۰/۳۹	۱/۵۲	۴/۰۴	۱۸۶
۲۰۱۳	۰/۹۸	۷/۲۴	۱۸۳	۱۰۰۶۷۳	۰/۵۰	۱/۶۲	۴/۱۸	۱۹۰
۲۰۱۴	۰/۹۹	۷/۴۲	۱۷۶	۱۰۰۷۶۱	۰/۰۹	۱/۵۴	۴/۰۱	۱۸۰
۲۰۱۵	۱/۰۰	۷/۴۸	۱۷۸	۱۰۰۷۵۴	۰/۶۴	۱/۵۳	۴/۰۹	۱۹۰
۲۰۱۶	۱/۰۴	۷/۴۹	۱۸۸	۱۰۰۷۲۳	۱/۱۷	۱/۵۶	۴/۱۰	۲۰۱
۲۰۱۷	۰/۹۸	۷/۲۹	۱۸۲	۱۰۰۷۱۱	۰/۶۹	۱/۴۴	۴/۱۵	۱۹۱
۲۰۱۸	۰/۹۹	۷/۴۳	۱۸۵	۱۰۰۶۷۷	۰/۸۷	۱/۶۱	۳/۹۷	۱۹۵
۲۰۱۹	۱/۰۴	۷/۵۶	۱۷۸	۱۰۰۷۵۰	۰/۵۸	۱/۶۲	۴/۱۰	۱۸۸
۲۰۲۰	۰/۹۶	۷/۴۶	۱۷۶	۱۰۰۷۵۳	۰/۴۸	۱/۵۸	۳/۹۹	۱۸۶
۲۰۲۱	۰/۹۲	۷/۱۶	۱۷۹	۱۰۰۶۸۷	۰/۵۰	۱/۵۷	۳/۹۹	۱۸۸
۲۰۲۲	۰/۹۸	۷/۴۹	۱۸۲	۱۰۰۶۷۲	۰/۵۵	۱/۶۲	۳/۹۴	۱۹۲

## ۲- منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق، منطقه شمال دریای عربی و سراسر خلیج عمان به عنوان منطقه شبیه‌سازی انتخاب شده است که تقریباً بین ۲۲-۲۸ شمالی و ۵۶-۷۱ شرقی قرار دارد (شکل ۱). مساحت آن حدود ۳۶۰۰۰۰ کیلومتر مربع است و از شمال به ایران و پاکستان محدود می‌شود. این منطقه همیشه در معرض امواج بلند ناشی از طوفان‌ها و مونسون‌هایی است که در شمال اقیانوس هند رخ می‌دهد. تقریباً ۸ درصد از این منطقه را مناطق کم‌عمق (کمتر از ۲۰ متر) و ۹۲ درصد از منطقه را آبهای عمیق تشکیل می‌دهد. خلیج عمان از جنوب شرقی به وسیله دریای عربی به اقیانوس هند متصل است و حدود ۵۴۵ کیلومتر طول دارد و عرض آن از ۵۶ کیلومتر (در تنگه هرمز) تا ۳۷۰ کیلومتر متغیر است و حداکثر عمق آن ۳۴۰۰ متر است (ساکت و اعتماد شهیدی، ۱۳۹۱). تغییرات جزرومدی در شمال دریای عربی و خلیج عمان نیمه روزانه با میانگین دامنه جزرومد ۲/۵ متر است. رسوبات بستر روی نواحی ساحلی عمدتاً از ماسه‌ی ریز تا متوسط تشکیل شده است (مقدم و همکاران، ۲۰۱۸).



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

### ۳- مواد و روش‌ها

#### ۳-۱- داده‌های باد و امواج

کیفیت داده‌های باد ورودی در مدل موج، کلید شبیه‌سازی موفقیت‌آمیز امواج ناشی از باد است. ویژگی‌های باد و موج بلندمدت برای تجزیه و تحلیل وضعیت دریا برای اهداف تحقیق و توسعه بسیار مهم هستند (کامرانزاد، ۲۰۱۸). ERA5 (۱۹۴۰ تاکنون) از مجموعه تحلیل مجدد جهانی داده‌های باد و امواج مرکز اروپایی برای پیش‌بینی‌های مقیاس متوسط آب و هوا (ECMWF) از رایج‌ترین داده‌های مورد استفاده در مطالعات مدل‌سازی امواج است (ابوبکر و شاناس، ۲۰۱۸). در این مطالعه از داده‌های باد و موج ERA5 برای ارائه به مدل MIKE SW استفاده شد. وضوح زمانی این داده‌ها یک ساعت و وضوح مکانی آنها  $0.25 \times 0.25$  درجه است. این داده‌ها شامل سرعت و جهت باد (سطح ۱۰ متر)، ارتفاع موج شاخص، میانگین دوره تناوب موج و میانگین جهت موج هستند. همچنین در این مطالعه به منظور صحت‌سنجی و مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی از داده‌های مشاهداتی جمع‌آوری شده توسط دستگاه (AWAC) نصب شده در جنوب غربی دهانه خلیج چابهار در محدوده بندر صیادی پزم استفاده شده است.

#### ۳-۲- صحت‌سنجی و اجرای مدل

در این مطالعه دامنه شبیه‌سازی با مش بدون ساختار و مثلثی شکل توسط ماژول Mesh Generator از مجموعه MIKE تهیه شد (شکل ۱). این شبکه از ۱۷۷۷۱ گره و ۳۴۲۶۱ عنصر تشکیل شده است. در محدوده سواحل مکران و به منظور دقت حداکثری در محاسبات، از مش بسیار ریز استفاده شده است. برای فایل عمق سنجی از مدل جهانی GEBCO با وضوح  $0.25$  دقیقه مکانی استفاده شد. منطقه مدل‌شده دو مرز باز (دریایی) در غرب و جنوب و دو مرز بسته (زمینی) در شمال و جنوب

غربی دارد. با توجه به اینکه هر مدل موج باید بر اساس داده‌های مشاهداتی کالیبره و صحت‌سنجی شود؛ در این مطالعه از داده‌های ارتفاع، دوره تناوب و جهت موج ثبت شده توسط دستگاه (AWAC) Acoustic Wave and Current profiler واقع در منطقه دور از ساحل خلیج پزم در جنوب غربی دهانه خلیج چابهار، در جولای ۲۰۱۶ استفاده شد. پارامترهای استفاده شده در مدل در طول دوره صحت‌سنجی و شبیه‌سازی اصلی در جدول ۲ ارائه شده است.

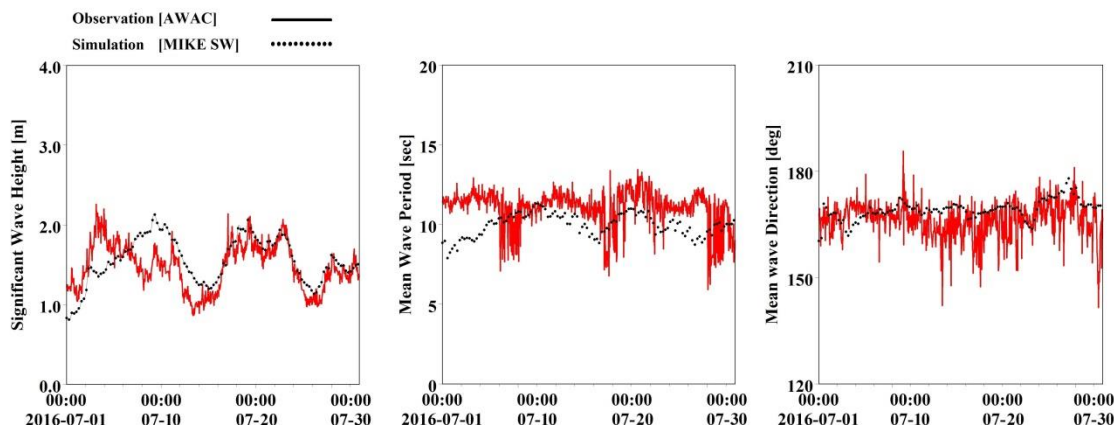
جدول ۲: پارامترهای مدل برای شبیه‌سازی در طول دوره صحت‌سنجی

مقدار واسنجی شده	پیش فرض مدل	پارامتر واسنجی شده	MIKE 21 Spectral Waves	
Cdis=2.5, δ=0.8	Cdis=4.5, δ=0.5	سفیدک راس موج	{22.00° - 28.00° N 56.00° - 71.00° E تعداد گره: ۱۷۷۷۱ تعداد المان: ۳۴۲۶۱	دامنه شبیه‌سازی
Gamma=0.8	Gamma=0.8	شکست موج	دوره واسنجی: جولای ۲۰۱۶ اجرای اصلی: ۲۰۱۶ گام زمانی: ۳۰۰ ثانیه	زمان
Nikuradse roughness=0.01	Nikuradse roughness=0.04	اصطکاک بستر	تعداد فرکانس: ۲۵ حداقل مقدار: ۰/۰۵۵ هرترز ERA5 (U <sub>10</sub> , V <sub>10</sub> )	گسسته‌سازی طیفی نیروی باد

به منظور بررسی دقت نتایج شبیه‌سازی در دوره صحت‌سنجی مدل، مقادیر خطاهای محاسباتی شامل اریبی (Bias)، ضریب همبستگی (Correlation Coefficient)، جزر میانگین مربع خطاها (Root-Mean-Square-Errors) و ضریب پراکندگی (Scattering Index) با توجه به روابط نشان داده شده در جدول ۳ ارائه شده است. همچنین سری زمانی پارامترهای اصلی شبیه‌سازی شده توسط مدل MIKE SW در مقایسه با داده‌های مشاهداتی AWAC در طول دوره واسنجی و صحت‌سنجی مدل در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۳. خطاهای محاسباتی برای پارامترهای شبیه‌سازی شده در طول دوره اعتبارسنجی

Scattering Index	RMSE	Correlation Coefficient	Bias	نوع خطا
$\frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - x_i)^2}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i}$	$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - x_i)^2}$	$\frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$	$\sum_{i=1}^N \frac{1}{N} (y_i - x_i)$	معادله
۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۶۰	۰/۰۸	ارتفاع
۰/۲۸	۳/۱۴	۰/۵۲	-۱/۰۴	دوره تناوب
۰/۲۴	۴۰/۵۷	۰/۵۵	۲/۹۸	جهت



شکل ۲: سری زمانی ارتفاع موج (راست)، دوره تناوب موج (وسط) و جهت پیشروی موج (چپ) شبیه‌سازی شده توسط مدل MIKE SW در مقایسه با داده‌های مشاهداتی AWAC در طول دوره واسنجی مدل

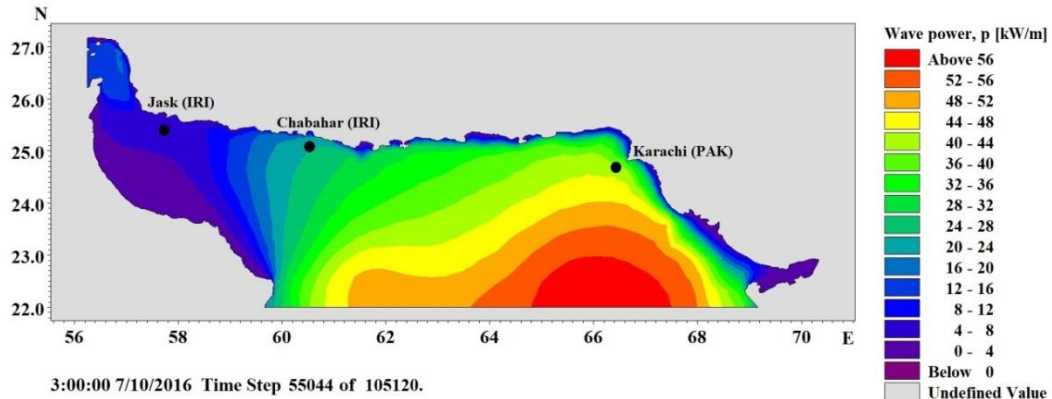
#### ۴. نتایج و بحث

شبیه‌سازی توان موج توسط MIKE SW در کل منطقه شبیه‌سازی با استفاده از معادله (۱) برای سال ۲۰۱۶ محاسبه شد.

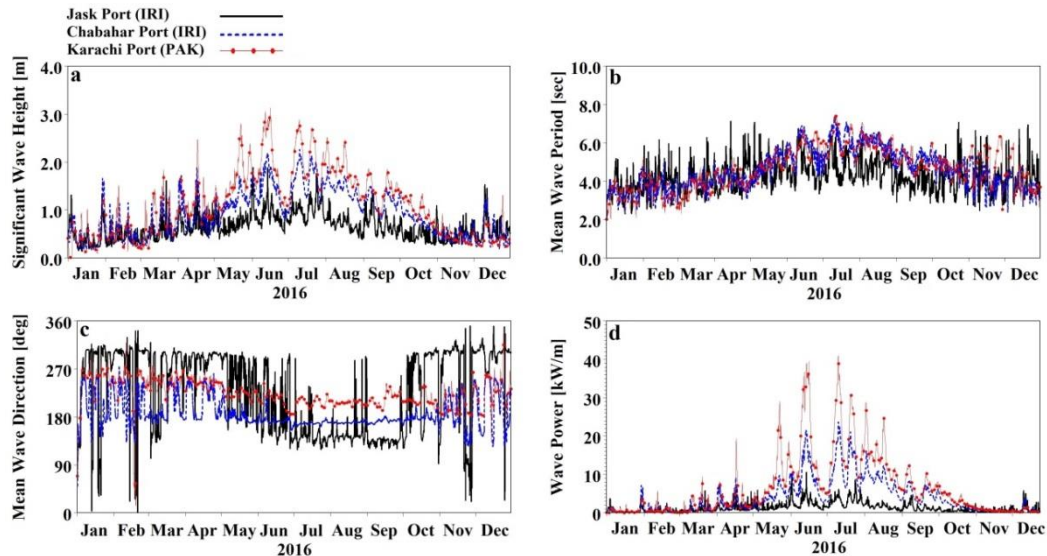
$$(1) \quad P = \frac{\rho g^2}{64\pi} H_s^2 T_e \approx (0.49) H_s^2 T_e \quad kW/m$$

در اینجا  $H$  ارتفاع موج شاخص و  $T_e$  دوره تناوب انرژی موج است.  $\rho$  چگالی آب و  $g$  شتاب ناشی از گرانش است. شکل ۳ حداکثر توان موج سالانه در سال ۲۰۱۶ را نشان می‌دهد. به طور قابل انتظار، بخش‌های شمال دریای عربی امواج قوی‌تری نسبت به خلیج عمان دارند. در امتداد سواحل مکران، قدرت امواج کمتر می‌شود که نشان‌دهنده فروکش کردن انرژی باد و در نتیجه کم‌شدن تنش سطحی و ارتفاع امواج در نزدیکی سواحل است. با توجه به اینکه بیشترین قدرت موج در جولای رخ داده است، علت آن هم‌زمانی با مونسون تابستانی اقیانوس هند است. سری زمانی توان، ارتفاع، دوره تناوب و جهت پیشروی موج شبیه‌سازی شده توسط MIKE SW در مناطق دور از ساحل بنادر جاسک، چابهار و کراچی در امتداد سواحل مکران در شکل ۴ ارائه شده است. ارتفاع موج شاخص و توان موج در بندر کراچی از دو بندر دیگر بیشتر است که دلیل آن می‌تواند نزدیک‌تر بودن به محدوده وقوع مونسون اقیانوس هند باشد. محدوده جهت پیشروی موج در طول مونسون تابستانی به طور میانگین از جنوب شرقی تا جنوب و در سایر ماه‌ها از جنوب تا جنوب غربی است.





شکل ۳: زمان حداکثر توان موج شبیه‌سازی شده توسط مدل MIKE SW (۱۰ جولای ۲۰۱۶-۰۴:۰۰)



شکل ۴: سری زمانی الف) ارتفاع موج شاخص، ب) دوره تناوب، ج) جهت پیشروی و د) توان موج شبیه‌سازی شده توسط مدل MIKE SW، در آبهای دور از ساحل سه بندر اصلی (جاسک، چابهار و کراچی) در سواحل مکران-۲۰۱۶

شکل ۵ طیف‌های فرکانسی و جهتی موج در بنادر اصلی سواحل مکران را در زمان حداکثر توان موج سالانه در ۲۰۱۶ نشان می‌دهد. طیف فرکانسی موج با استفاده از رابطه انرژی موج بر اساس فرکانس، محاسبه و ترسیم شده و سپس با استفاده از تکنیک Smoothing Spline از نرم‌افزار MatLab هموارسازی شده است. همچنین برای رسیدن به بهترین الگوی طیف موج در نقاط مورد نظر، طیف‌های JONSWAP و Oshi، Bretschneider و ترسیم شدند. میانگین انرژی موج در سال ۲۰۱۶ در منطقه دور از ساحل کراچی از بنادر چابهار و جاسک بیشتر بود. طیف‌های موجی که برای هر نقطه ترسیم شده‌اند، تک‌قله‌ای هستند و بیشترین هماهنگی را با طیف JONSWAP دارند. طیف‌های جهتی موج با استفاده از رابطه Longuet\_Higgins محاسبه و ترسیم شده است. انتشار موج در بنادر جاسک و چابهار از جنوب شرقی به شمال غربی و در



بندر کراچی از غرب به شرق است. پارامترهای اصلی موج در دوره حداکثر ارتفاع و توان موج در نقاط پایش شده در سال ۲۰۱۶ در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴: پارامترهای اصلی موج در دوره حداکثر ارتفاع و توان موج

تاریخ و زمان	موقعیت	H <sub>s</sub> (m)	H <sub>max</sub> (m)	WD (deg)	F <sub>p</sub> (Hz)	T <sub>p</sub> (sec)	بیشینه طیف		
							Bretschneider	Ochi	JONSWAP
July 10, 2016 – 03:00	Jask	۲/۳۵	۳/۱۰	۱۱۸	۰/۱۹۳	۵/۱۸	۸/۳۶	۸/۲۳	۵/۸۵
	57.75 E								
	25.50 N								
	Chabahar	۳/۱۲	۴/۵۰	۱۳۵	۰/۱۳۷	۷/۲۹	۱۹/۲۰	۱۸/۹۲	۱۱/۰۵
	60.50 E								
	25.25 N								
Karachi	۴/۳۵	۶/۲۵	۲۴۵	۰/۱۴۸	۶/۷۵	۳۸/۲۳	۳۷/۶۱	۲۴/۸۵	
66.50 E									
24.75 N									

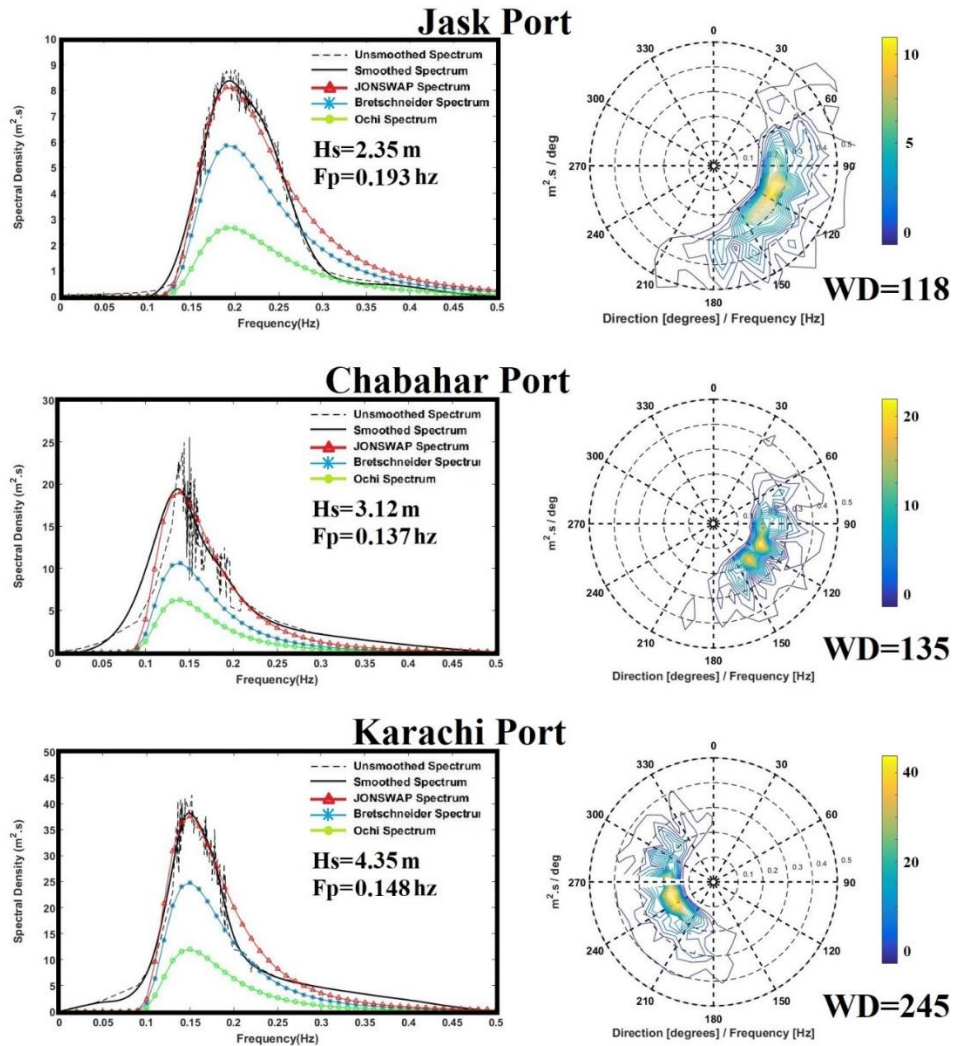
## ۵. نتیجه گیری

در این تحقیق الگوی امواج با استفاده از مدل MIKE SW در شمال اقیانوس هند در سال ۲۰۱۶ شبیه‌سازی شدند. مدل توسط داده‌های مشاهداتی واسنجی و صحت‌سنجی و برای شبیه‌سازی توان و سایر پارامترهای موج در سال ۲۰۱۶ استفاده شد.

نقاط دور از ساحل سه بندر اصلی در سواحل مکران در زمان بیشترین توان موج سالانه، مبنایی برای تجزیه و تحلیل انرژی و الگوی طیفی و جهت‌ی امواج بودند. مطابق انتظار، منطقه دور از ساحل کراچی به دلیل شرایط اقیانوسی، دارای امواج قوی‌تری نسبت به دو بندر دیگر است. البته کم‌شدن قدرت امواج در نزدیکی سواحل مکران نشان‌دهنده فروکش کردن انرژی باد و در نتیجه کم‌شدن تنش سطحی در نزدیکی این سواحل است.

ارتفاع قوی‌ترین امواج در سراسر سواحل مکران به ندرت به ۴/۵۰ متر می‌رسد و محدوده نمودار حداکثر توان موج ۴۰ کیلووات بر متر است. از آنجایی که دوره باران‌های موسمی تابستانی در شمال اقیانوس هند از ماه می تا سپتامبر است، در ۲۰۱۶ نیز بیشترین قدرت موج شبیه‌سازی شده در جولای رخ می‌دهد.

بر اساس پارامترهای موج شبیه‌سازی شده توسط MIKE SW، الگوی طیفی امواج در سواحل مکران از طیف JONSWAP پیروی می‌کند. همچنین طیف‌های جهت‌ی در دوره حداکثر توان موج سالانه بر اساس رابطه Longuet\_Higgins محاسبه و ترسیم شدند که نشان داد انتشار موج در بنادر خلیج عمان از جنوب شرق به شمال غرب و در شمال دریای عربی از غرب به شرق است.



شکل ۵: طیف‌های فرکانسی و جهتی موج در نقاط دور از ساحل بنادر اصلی سواحل مکران در زمان حداکثر توان موج سالانه (طیف فرکانسی در هر موقعیت با طیف‌های شناخته شده JONSWAP، Ochi و Bretschneider مقایسه شده است).

### ۶. منابع

Aboobacker, V. M., & Shanab, P. R. (2018). The climatology of shamals in the Arabian Sea—part 2: surface waves. *International Journal of Climatology*, 38(12), 4417-4430.

Allahdadi, M. N., Chaichitrahani, N., Allahyar, M., & McGee, L. (2017). Wave spectral patterns during a historical cyclone: a numerical model for cyclone Gonu in the northern Oman Sea. *Open Journal of Fluid Dynamics*, 7(2), 131-151.

Chakrabarti, S. (2005). *Handbook of Offshore Engineering (2-volume set)*. Elsevier.



- DHI (Danish Hydraulic Institute). 2012. MIKE 21 Spectral Wave Module. Scientific Documentation. Danish Hydraulic Institute (DHI); p.66.
- Goda, Y. (2010). Random seas and design of maritime structures (Vol. 33). World Scientific Publishing Company.
- Goda, Y. (1975). Computation of refraction and diffraction of sea waves with Mitsuyasu's directional spectrum. Tech. Note of Port and Harbour Res. Inst., 230, 45.
- Hasselmann, K., Barnett, T. P., Bouws, E., Carlson, H., Cartwright, D. E., Enke, K., ... & Walden, H. (1973). Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP). *Ergaenzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift, Reihe A*.
- Hoque, M. A., Perrie, W., & Solomon, S. M. (2017). Evaluation of two spectral wave models for wave hindcasting in the Mackenzie Delta. *Applied Ocean Research*, 62, 169-180.
- Jadidoleslam, N., Özger, M., & Ağralioğlu, N. (2016). Wave power potential assessment of Aegean Sea with an integrated 15-year data. *Renewable energy*, 86, 1045-1059.
- Kamranzad, B. (2018). Persian Gulf zone classification based on the wind and wave climate variability. *Ocean Engineering*, 169, 604-635.
- Kumar, V. S., & Kumar, K. A. (2008). Spectral characteristics of high shallow water waves. *Ocean Engineering*, 35(8-9), 900-911.
- Kumar, P., Zhang, H., & Kim, K. I. (2014). Spectral density analysis for wave characteristics in Pohang New Harbor. *Pure and Applied Geophysics*, 171, 1169-1185.
- Liew, M. S., Lim, E. S., Shahdan, T. T., & PETRONAS, U. (2015). Spectral Analyses of Sea-State Wave Data for the Development of Offshore Metocean Applications: A Malaysian Case Study. *Univ. Teknologi Petronas, Malaysia*, 246-253.
- Liu, Z., & Frigaard, P. (1999). Generation and analysis of random waves.
- Longuet-Higgins, M. S. (1963). The generation of capillary waves by steep gravity waves. *Journal of Fluid Mechanics*, 16(1), 138-159.
- Mitsuyasu, H., Tasai, F., Suhara, T., Mizuno, S., Ohkusu, M., Honda, T., & Rikiishi, K. (1975). Observations of the directional spectrum of ocean Waves Using a cloverleaf buoy. *Journal of Physical Oceanography*, 5(4), 750-760.
- Moeini, M. H., & Etemad-Shahidi, A. (2007). Application of two numerical models for wave hindcasting in Lake Erie. *Applied Ocean Research*, 29(3), 137-145.
- Montoya, R. D., Arias, A. O., Royero, J. O., & Ocampo-Torres, F. J. (2013). A wave parameters and directional spectrum analysis for extreme winds. *Ocean Engineering*, 67, 100-118.
- Pakhirehzan, M. (2021). Analysis of Ashobaa tropical cyclone-induced waves in the Northern Indian Ocean using coupled atmosphere-wave modeling. *Marine Systems & Ocean Technology*, 16, 124-141.
- Saket, A., & Etemad-Shahidi, A. (2012). Wave energy potential along the northern coasts of the Gulf of Oman, Iran. *Renewable Energy*, 40(1), 90-97.
- Shankar, D., Vinayachandran, P. N., & Unnikrishnan, A. S. (2002). The monsoon currents in the north Indian Ocean. *Progress in oceanography*, 52(1), 63-120.
- Zhou, L. M., Wang, A. F., & Guo, P. F. (2008). Numerical simulation of sea surface directional wave spectra under typhoon wind forcing. *Journal of Hydrodynamics, Ser. B*, 20(6), 776-783.



## بررسی چالش‌ها، فرصت‌ها و راهکارهای مدیریت داده‌های حجیم اقیانوسی

محمد رضا خلیل آبادی، سعید دانش مهر\*

دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی هوادریا، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: daneshmehr@mut.ac.ir

### چکیده:

مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی به عنوان یک حوزه بسیار مهم در علم و فناوری اطلاعات اقیانوسی مطرح است که به بررسی و استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از محیط اقیانوسی می‌پردازد. این حوزه با چالش‌ها و فرصت‌های منحصر به فردی روبرو است. در نهایت، مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی با این چالش‌ها و فرصت‌ها، می‌تواند به پیشرفت در تحقیقات علمی، پیشگیری از فاجعه‌های طبیعی، توسعه صنایع نوظهور، و مدیریت پایدار منابع دریایی منجر گردد. در این پژوهش، ابتدا عناصر اصلی مرتب با داده‌های حجیم اقیانوسی استخراج شده است و چالش‌ها و فرصت‌های پیشرو در این حوزه مورد بررسی قرار گرفته است و در نهایت راهکارهای متناسب با این چالش‌ها پیشنهاد شده است. انتظار می‌رود این پژوهش و پژوهش‌های تکمیلی شروعی برای همکاری متخصصین، دانشگاه‌ها و سازمان‌های دریایی کشور با در نظر گرفتن چالش‌ها و فرصت‌های ذکر شده و به دور از موازی کاری باشد تا بستری برای جمع‌آوری، یکجاسازی و آماده‌سازی داده‌های دریایی سازمان‌های مختلف کشور فراهم گردد.

**کلید واژه:** داده‌های اقیانوسی، داده‌های حجیم، مدیریت داده، اقیانوس‌نگاری.

### ۱. مقدمه:

مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی یک حوزه مهم در علم اطلاعات و فناوری اطلاعات است که به بررسی، ذخیره‌سازی، پردازش، و تحلیل داده‌های حاصل از محیط اقیانوسی می‌پردازد. این داده‌ها از منابع متنوعی چون سنسورهای دریایی، تصاویر ماهواره‌ای، سفرهای دریایی، و دیگر منابع مرتبط با محیط دریا جمع‌آوری می‌شوند. مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی با چالش‌ها و فرصت‌های خاص خود روبرو است. در دنیای امروز، داده‌ها به عنوان یکی از دارایی‌های ارزشمند و حیاتی شناخته می‌شوند. با گسترش استفاده از فناوری‌های نوین و اینترنت اشیا، حجم بسیار زیادی از داده‌ها به صورت روزانه تولید می‌شود. اما نکته‌ای که به ویژه اهمیت پیدا کرده است، مدیریت داده‌های اقیانوسی است. در این مقاله، به بررسی چالش‌ها و فرصت‌های مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی پرداخته می‌شود (۱).

### ۲. مواد و روش

به منظور تفهیم بهتر مفاهیم و ارتباطات در مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی، می‌توان این مفاهیم را در یک درخت مفهومی سازماندهی کرد. این درخت به عنوان یک نمای کلی برای موضوع عنوان شده و به تبیین چالش‌ها، فرصت‌ها، و المان‌های اساسی در این حوزه کمک می‌کند (۲-۴).



شکل ۱- مفاهیم و ارتباطات در مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی

در این درخت مفهومی، چالش‌ها و فرصت‌ها به عنوان شاخه‌های اصلی شاخص‌ها هستند و عناصر اصلی مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی از زیرشاخه‌های هر کدام از این شاخه‌ها تشکیل شده‌اند. این نمای کلی به مدیران، پژوهشگران و علاقه‌مندان به این حوزه کمک می‌کند تا ارتباطات و ارتباطات علیه این عناصر را به خوبی درک کنند (۵).

### ۳. بحث

#### ۳-۱. چالش‌های مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی

- حجم عظیم داده:
- توسعه ساختارهای ذخیره‌سازی، مدیریت و ذخیره‌سازی حجم عظیم داده اقیانوسی نیازمند توسعه ساختارهای پویا و قابل اطمینان است.
- ۳-۲. پیچیدگی داده:
- تحلیل دقیق: داده‌های ژئومکانیکی، شیمیایی، و بیولوژیکی اقیانوسی پیچیده بوده و نیازمند توسعه الگوریتم‌ها و روش‌های تحلیل پیشرفته می‌باشند.
- ارتباط زیر آب:
- تکنولوژی ارتباطی: ارتباطات در محیط زیردریا با چالش‌های بسیاری همچون ضعف امواج الکترومغناطیسی مواجه است که نیازمند توسعه تکنولوژی‌های ارتباطی جدید است.
- حفاظت در محیط اقیانوس:
- ضوابط و استانداردها: ایجاد استانداردها و سیاست‌های حفاظت از حریم شخصی در محیط اقیانوسی و اجرای موثر آنها چالش‌هایی ایجاد می‌کند.



- پیوند با دیگر داده‌ها:
- انتساب و یکپارچگی: پیوند داده‌های اقیانوسی با داده‌های دیگر مانند اطلاعات جوی، زمین‌شناسی و فضایی، نیازمند استانداردها و روش‌های یکپارچه‌سازی است.
- مدیریت هوشمند داده:
- پردازش در محل: مدیریت هوشمند داده نیازمند توسعه سیستم‌های پردازش در محل<sup>۱</sup> در محیط‌های اقیانوسی است.
- پایداری و امنیت:
- حفاظت از داده: امنیت داده‌های اقیانوسی نیازمند اقدامات موثر برای حفاظت از آن در برابر حملات سایبری و نقض امنیت است.
- هماهنگی‌های بین‌المللی:
- تعامل بین کشورها: مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی نیازمند هماهنگی بین‌المللی است تا اطلاعات به دست آمده از مناطق مختلف جهان به یکدیگر متصل شوند.
- تسلط به این چالش‌ها می‌تواند به توسعه پایدار، حفاظت از محیط زیست، و پیشرفت در تحقیقات علمی در حوزه مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی کمک کند (۶،۷).

### ۳-۲. فرصت‌های مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی

- پیشرفت تحقیقات علمی:
- انفجار داده در تحقیقات: امکان جمع و تحلیل حجم عظیم داده‌ها، به تعمیق تحقیقات در زمینه‌های علمی ژئوفیزیک، بیولوژی دریایی و شیمی دریایی کمک می‌کند.
- پیشگیری از فاجعه‌های طبیعی:
- پیش‌بینی فعالیت‌های دریایی: استفاده از داده‌های اقیانوسی برای پیش‌بینی و پیشگیری از فاجعه‌های طبیعی مانند تغییرات آب‌وهوایی و زمین‌لرزه‌های دریایی.
- توسعه صنایع نوظهور:
- فرصت‌های اقتصادی: ایجاد صنایع جدید مبتنی بر داده‌های دریایی، ایجاد فرصت‌های شغلی و افزایش اقتصاد در این حوزه.
- مدیریت پایدار منابع دریایی:
- حفاظت از بوم‌شناسی دریا: استفاده از داده‌های اقیانوسی برای حفاظت از بوم‌شناسی دریا و مدیریت پایدار منابع آبی.

<sup>۱</sup> Edge Computing





- توسعه فناوری ارتباطات زیر سطح دریا:  
تکنولوژی ارتباطی پیشرفته: توسعه تکنولوژی‌های ارتباطی در محیط زیردریایی که اتصال به تجهیزات دریایی و انتقال داده را بهبود بخشد.
- ترویج همکاری بین المللی:  
تبادل داده بین کشورها: ایجاد شبکه‌ها و مکانیسم‌های تبادل داده بین کشورها به منظور به اشتراک گذاری اطلاعات دریایی.
- توسعه نظام‌های هوش مصنوعی:  
تحلیل داده هوشمند: ستفاده از هوش مصنوعی برای تحلیل دقیق داده‌های اقیانوسی و استخراج اطلاعات بهتر.
- ترویج مدیریت بهینه منابع:  
استفاده بهینه از داده: توسعه روش‌ها و سیاست‌های مدیریتی جهت استفاده بهینه از داده‌های جمع‌آوری شده از منابع دریایی.
- گسترش آموزش و پژوهش:  
توسعه دانش: افزایش فرصت‌های آموزش و پژوهش در زمینه مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی.  
استفاده صحیح از این فرصت‌ها می‌تواند به تحقیقات پیشرفته، مدیریت مؤثر منابع دریایی، و توسعه پایدار در حوزه اقیانوس شکل دهد (۹،۸).

### ۳.۳- عناصر اصلی در مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی

- جمع‌آوری داده‌ها:  
سنسورها و تجهیزات: استفاده از سنسورها و تجهیزات دریایی برای جمع‌آوری داده‌های ژئومکانیکی، شیمیایی، و بیولوژیکی.
- ذخیره‌سازی و پردازش:  
ساختارهای ذخیره‌سازی: توسعه ساختارهایی که قابلیت ذخیره‌سازی اطلاعات به حجم عظیم داده‌ها را داشته باشند.  
پردازش داده: استفاده از تکنیک‌ها و الگوریتم‌های پردازش داده برای تحلیل دقیق اطلاعات دریایی.
- تحلیل دقیق داده‌ها:  
هوش مصنوعی: اعمال تکنیک‌های هوش مصنوعی برای تحلیل دقیق و پیش‌بینی تغییرات دریایی و اطلاعات زیردریایی.
- حفاظت از اطلاعات حساس:



سیاست‌های حفاظت از حریم شخصی: تعیین سیاست‌ها و استانداردهای حفاظت از حریم شخصی در اطلاعات حساس اقیانوسی.

- استفاده از داده‌ها در تحقیقات علمی:

ترکیب داده‌ها: استفاده از تحلیل هوشمندانه برای ترکیب داده‌های مختلف جهت تحقیقات در زمینه‌های مختلف اطلاعات دریایی.

- پیشگیری از فاجعه‌های طبیعی:

مدل‌سازی و پیش‌بینی: استفاده از مدل‌سازی و تحلیل داده برای پیش‌بینی فاجعه‌های طبیعی مانند تغییرات آب‌وهوایی و زمین‌لرزه‌های دریایی.

- توسعه صنایع نوظهور:

تکنولوژی نو: توسعه تکنولوژی‌های جدید که امکان ایجاد صنایع نوظهور مبتنی بر داده‌های دریایی را فراهم کند.

- مدیریت پایدار منابع دریایی:

تدابیر محیط زیستی: اتخاذ تدابیر مدیریتی جهت حفاظت از بوم‌شناسی دریا و استفاده پایدار از منابع دریایی.

این عناصر اصلی با تعامل مؤثر، امکان مدیریت بهتر داده‌های اقیانوسی را فراهم می‌کنند و به تحقیقات علمی، حفاظت از محیط زیست، و توسعه صنایع نوظهور کمک می‌کنند.

### ۳-۴. راهکارها و پیشنهادهای برای مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی

- استانداردهای مشترک:

توسعه استانداردهای مشترک برای جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، و به اشتراک گذاری داده‌های اقیانوسی به منظور افزایش هماهنگی بین سازمان‌ها و کشورها.

- توسعه تکنولوژی ارتباطات:

سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه تکنولوژی‌های ارتباطی زیردریایی برای بهبود اتصال و انتقال داده در شرایط دشوار زیردریا.

- پیشرفت در تحلیل داده:

ایجاد و توسعه الگوریتم‌ها و مدل‌های هوش مصنوعی جهت تحلیل داده‌های اقیانوسی با دقت بالا و توانمندی پیش‌بینی.

- همکاری بین‌المللی:

ترویج همکاری و تبادل داده بین کشورها به منظور به اشتراک گذاری تجربیات، دانش، و داده‌های اقیانوسی.

- ترویج آموزش و اطلاع‌رسانی:



برگزاری دوره‌های آموزشی جهت افزایش آگاهی در حوزه مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی و اطلاع‌رسانی به جامعه علمی و عمومی.

- استفاده از تکنولوژی هوش مصنوعی:

ایجاد و استفاده از سیستم‌های هوشمند و مبتنی بر هوش مصنوعی برای پردازش و تحلیل بهتر داده‌های اقیانوسی.

- مدیریت پایدار منابع دریایی:

ایجاد سیاست‌ها و تدابیر مدیریتی جهت حفاظت از بوم‌شناسی دریا و استفاده پایدار از منابع دریایی.

- استفاده از پردازش ابری<sup>۲</sup>:

بهره‌مندی از سرویس‌های محاسبات ابری برای ذخیره‌سازی و پردازش بهتر داده‌های اقیانوسی.

ارایه این پیشنهادها به عنوان بخشی از استراتژی جامع در حوزه مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی می‌تواند به بهبود عملکرد، بهره‌وری، و پایداری در این حوزه منجر گردد (۱۰-۱۲).

#### ۴. نتیجه گیری:

مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی به عنوان یک حوزه حیاتی در علم اطلاعات و فناوری اطلاعات با چالش‌ها و فرصت‌های چندگانه روبرو است. با توجه به حجم عظیم داده‌ها، پیچیدگی محتوا، و محدودیت‌های ارتباطی در محیط زیردریایی، این زمینه نیازمند راهکارها و استراتژی‌های موثر است. راهکارهای مذکور از جمله استفاده از استانداردها، پیشرفت در تکنولوژی ارتباطات، توسعه تکنیک‌های هوش مصنوعی، و ترویج همکاری بین‌المللی، می‌توانند بهبود مدیریت، حفاظت از محیط زیست دریا، و توسعه صنایع نوظهور مبتنی بر داده‌های دریایی را فراهم آورند. با توجه به اهمیت اقیانوس‌ها در اکوسیستم جهانی و نقش حیاتی آنها در تعادل زمین، مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی می‌تواند نقش کلیدی در حفظ و بهره‌وری از این منابع بازی کند. از طریق پیاده‌سازی این راهکارها، می‌توان به توسعه پایدار، حفاظت از محیط زیست، و توسعه صنایع نوظهور در حوزه اقیانوسی نیز دست یافت. ارایه راهکارهای مطرح شده در این پژوهش، به عنوان بخشی از استراتژی جامع در حوزه مدیریت کلان داده‌های اقیانوسی می‌تواند به بهبود عملکرد، بهره‌وری، و پایداری در این حوزه منجر شود.

#### ۵. منابع:

- [1] M.R. Khalilabadi, "Underwater Terrain and Gravity aided inertial navigation based on Kalman filter," *International Journal of Coastal and Offshore Engineering*, vol. 5, no. 3, pp. 15-21, 2022.
- [2] Khalilabadi, M., Shahmirzaei, H., & Daneshmehr, S, "Underwater acoustic modeling in the Gulf of Oman," *Journal of Acoustical Engineering Society of Iran*, vol. 10, no. 2, pp. 21-34, 2023.

<sup>2</sup> Cloud Computing



- [3] M.R Khalilabadi, "Tide–surge interaction in the Persian Gulf, Strait of Hormuz and the Gulf of Oman," *Weather*, vol. 71, no. 10, pp. 256-261, 2016.
- [4] M.R Khalilabadi, M. Akbari Nasab, "Study of static stability and double diffusion in the Oman Sea," *Iranian Journal of Marine Science and Technology*, vol. 18, no. 71, pp. 11-19, 2014.
- [5] M.R Khalilabadi, H. Shahmirzaee, S. Daneshmehr, "Propagation of ultrasonic radiation in the presence of seabed topography in the North Indian Ocean," *Journal of Oceanography*, vol. 14, no. 54, pp. 87-99, 2023.
- [6] A. Ghorbani, M.R Khalilabadi, "Positioning using classification and regression: case study of Oman Sea," *International Journal of Coastal and Offshore Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 35-41, 2020.
- [7] M.R Khalilabadi, S.H Hosseini, M. Akbarinasab, "Numerical simulation of the effect internal tide on the propagation sound in the Oman Sea," *Journal of the Earth and Space Physics*, vol. 44, no. 1, pp. 215-225, 2018.
- [8] M.R Khalilabadi, O. Mahpeykar, "Numerical modelling the effect of wind on Water Level and Evaporation Rate in the Persian Gulf," *International Journal of coastal and offshore engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 47-53, 2021.
- [9] M. Heidari, M.R Khalilabadi, A. Bidokhti, "Monthly sea level variations in the northern part of Persian Gulf," *Journal of Aquatic Ecology*, vol. 1, no. 3, pp. 10-20, 2012.
- [10] M.R Khalilabadi, P. Alamdarloo, "Modeling marine currents in the gulf of Oman using the Mike3D model," *Journal of Environmental Science Studies*, vol. 5, no. 1, pp. 2404-2412, 2020.
- [11] M.R Khalilabadi, "Internal wave generation in the gulf of Oman ( Outflow of Persian Gulf)," *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, vol. 44, no. 3, pp. 519-527, 2015.
- [12] M.R Khalilabadi, "2D Modeling of Wave Propagation in Shallow Water by the Method of Characteristics," *Archives of Acoustics*, vol. 47, no. 3, p. 407–412, 2022.



## سنتز سبز نانوذرات قلع دی اکسید دریایی

سرور طرفی زادگان<sup>۱</sup>، فواد بوعدار<sup>\*۱</sup>، محمد حسین سیاحی<sup>۱</sup>

دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: fb@kmsu.ac.ir

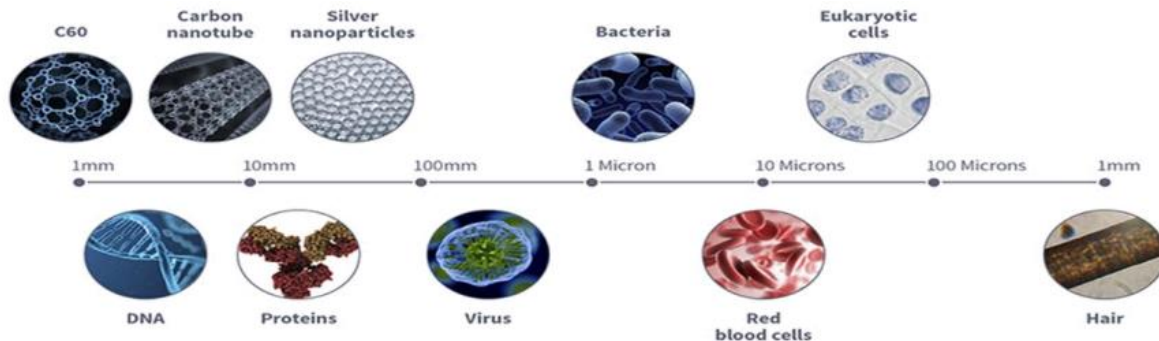
### چکیده

سنتز سبز به دلیل خواص و مزایای منحصر به فردشان نسبت به روشهای سنتی اهمیت قابل توجهی پیدا کرده‌اند. این مطالعه یک تولید نانوذرات قلع اکسید (SnO<sub>2</sub> NPs) با استفاده از عصاره دیاتوم‌های دریایی به‌عنوان یک کاهش‌دهنده زیستی و تثبیت‌کننده انجام گرفت. حضور پیک جذبی در ناحیه ۳۳۵ نانومتر توسط طیف سنج UV-vis تشکیل نانوذرات قلع دی اکسید سبز را تایید می‌کند. تجزیه و تحلیل‌های XRD و SEM نشان می‌دهد که نانوذرات قلع دی اکسید سنتز شده از طریق یک فرآیند دریایی دارای خواص کریستالی و مورفولوژی کروی هستند. با میانگین اندازه ذرات محاسبه شده ۲۰ نانومتر هستند. آنالیز عنصر توسط طیف EDX نشان می‌دهد که تنها عنصر قلع و اکسیژن در ساختار نمونه وجود دارد و بیانگر خلوص نانوذرات تولید شده توسط دیاتامه دریایی می‌باشد.

**Abstract**— Green synthesis has gained considerable importance due to its unique properties and advantages compared to traditional methods. This study conducted a production of tin oxide nanoparticles (SnO<sub>2</sub> NPs) using marine diatom extract as a bioreducer and stabilizer. The presence of the absorption peak in the region of 335 nm by the UV-vis spectrometer confirms the formation of green tin dioxide nanoparticles. XRD and SEM analyzes show that tin dioxide nanoparticles synthesized through a marine process have crystalline properties and spherical morphology. The average particle size calculated is 20 nm. Elemental analysis by EDX spectrum shows that only tin and oxygen elements are present in the structure of the sample and indicates the purity of nanoparticles produced by marine diatoms.

### ۱-مقدمه

نانوتکنولوژی با کاربرد مهم خود در همه زمینه‌های علم، به امیدبخش‌ترین حوزه تحقیقاتی تبدیل شده است. نانومواد موادی هستند که یک بعد در محدوده اندازه ۱ تا ۱۰۰ نانومتر دارند. نسبت سطح به حجم بسیار زیاد و اندازه بسیار کوچک این مواد ممکن است منجر به فعالیت‌های الکتریکی، نوری، مغناطیسی، کاتالیزوری و ضد میکروبی کاملاً جدید یا افزایش یافته در مقایسه با مواد حجیم آن‌ها شود. با توجه به خواص فیزیکوشیمیایی منحصر به فرد و کاربردهای بالقوه نانوذرات، جامعه علمی چندین روش برای تولید نانوذرات توسعه داده است. با این حال، روش‌های شیمیایی و فیزیکی مورد استفاده برای سنتز نانوذرات فلزی و اکسید فلزی بسیار گران هستند و از مواد سمی خطرناک برای محیط زیست و سلامت انسان استفاده می‌کنند. در سال‌های اخیر، بیشتر محققین علاقه تحقیقاتی خود را به سمت سنتز سبز نانوذرات تغییر داده‌اند، زیرا دارای مزایای زیادی مانند مقرون به صرفه، روش ساخت ساده، تکرارپذیری در تولید و اغلب منجر به نانوذرات پایدارتر می‌شود. در شکل ۱ مقایسه نانومواد با اشیا رایج آورده شده است (1,2).



شکل ۱- ابعاد انواع موجودات زنده بر حسب نانومتر.

در سال‌های اخیر، قلع دی اکسید به دلیل خواص شگفت‌انگیزش که با سنتز این ماده در محدوده نانومتری بهبود یافته است، مورد توجه فوق‌العاده‌ای قرار گرفته است. نانوذرات قلع دی اکسید ( $\text{SnO}_2$  NPs) (IV) توجه زیادی را در زمینه‌های مختلف مانند پاکسازی محیط زیست، سنجش، کاتالیز و باتری‌های لیتیوم یون به خود جلب کرده‌اند. این منجر به توسعه شدید مسیرهای تولید سنتز مختلف برای تولید نانوذرات  $\text{SnO}_2$  شد. در حال حاضر، تولید نانوذرات  $\text{SnO}_2$  تا حد زیادی به روش‌هایی بستگی دارد که شامل مواد شیمیایی سمی و شرایط واکنش غیر متعارف است که به عنوان معایب اصلی و تهدیدهای بالقوه برای سلامت انسان و محیط زیست شناسایی شده‌اند. از طرفی دیگر، روش‌های سنتزی سبز محبوبیت پیدا کرده است، زیرا سازگار با محیط زیست و مقرون به صرفه است و حداقل دور ریختنی را تولید می‌کند. در این پژوهش بر روی بیوسنتز سبز نانوذرات  $\text{SnO}_2$  با استفاده از منابع دریایی جلبک تمرکز دارد. این کار همچنین بر تاثیر عصاره‌ها و حلال‌های گیاهی بر اندازه، مورفولوژی و سایر خواص نانوذرات  $\text{SnO}_2$  سنتز شده تاکید می‌کند (3). دیاتومه‌های دریایی موجودات تک سلولی هستند که در محیط‌های آبی مختلف یافت می‌شوند و دارای خواص منحصر به فردی هستند که آن‌ها را برای سنتز نانوذرات زیستی مفید می‌کند. علاوه بر این، دیاتومه‌های دریایی طیف وسیعی از مولکول‌های زیستی مانند پروتئین‌ها، لیپیدها و پلی‌ساکاریدها را تولید می‌کنند که کاربردهای بالقوه‌ای در زمینه‌های مختلف از جمله بیوتکنولوژی، علم مواد و پزشکی دارند (4).

## ۲- مواد و روش

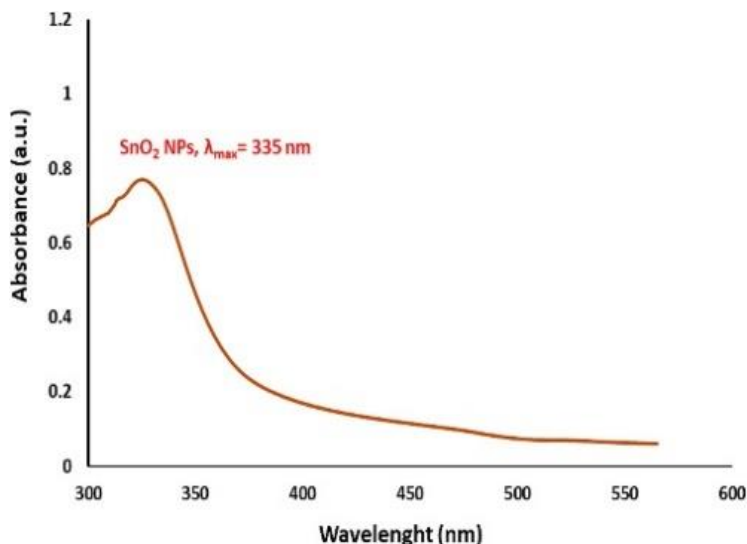
عصاره دیاتومه از طریق روش استخراج حلال به کمک فراصوت به دست آمد (Mubarak et al., 2015). پس از انتقال دیاتوم‌های جمع آوری شده به داخل ظرف، آن‌ها با مقدار زیادی آب مقطر کاملاً شستشو داده شد. دیاتوم‌ها به آرامی در آب به مدت ۲۴ ساعت هم زده شدند تا از تمیز بودن کامل و حذف ذرات ناخواسته اطمینان حاصل شود. پس از آن، برای به دست آوردن مواد خشک، یک لایه نازک از دیاتومه‌های جمع آوری شده در یک سطح سینی صاف در منطقه سایه دار با گردش هوای مناسب به مدت یک هفته پخش شد. پس از خشک شدن کامل دیاتومه‌ها، با استفاده از هاون به پودر همگن تبدیل شدند. برای به دست آوردن عصاره مناسب، ۳ گرم پودر دیاتومه شسته شده و در سایه خشک شده در یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری قرار داده شد و با ۱۵۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط شد. مخلوط با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه با استفاده از همزن مغناطیسی به مدت ۶۰ دقیقه به شدت هم زده شد. هدف این فرآیند هم زدن استخراج ترکیبات و اجزای زیست فعال از دیاتومه‌ها بود. سپس مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد تحت فراصوت قرار گرفت. پس از خنک شدن

تا دمای اتاق، عصاره خام حاصل از طریق کاغذ صافی واتمن درجه ۱ فیلتر شده، در ظرف دربسته نگهداری شد و برای آزمایش بیشتر در یخچال قرار گرفت.

برای سنتز نانوذرات  $\text{SnO}_2$ ، ۵۰ میلی لیتر از محلول آبی پنتاهیدرات کلرید قلع (IV) ( $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ، ۲ میلی مول) به ۵۰ میلی لیتر عصاره دیاتومه‌های دریایی اضافه شد. مخلوط واکنش حاوی عصاره دیاتومه و محلول پیش ساز قلع به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به صورت مغناطیسی با سرعت ۹۵۰ دور در دقیقه هم زده شد تا به محلولی همگن برسد. پس از خنک شدن در دمای اتاق، محلول حاصل با قرار دادن آن در سانتریفیوژ در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه خالص شد. سپس محصول به دست آمده با آب مقطر و اتانول شسته شد تا ناخالصی‌های نامطلوب از بین برود. برای ترویج تشکیل نانوذرات  $\text{SnO}_2$  کریستالی، رسوب حاصل به مدت ۲ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد در کوره قرار گرفت.

### ۳- نتایج و بحث

اولین نشانه تشکیل نانوذرات  $\text{SnO}_2$  با تبدیل مخلوط واکنش از بی رنگ به زرد کم رنگ مشاهده شد. تغییر رنگ در طول فرآیند سنتز را می توان به کاهش یون های  $\text{Sn}(\text{IV})$  به  $\text{Sn}(\text{II})$  توسط عوامل کاهنده موجود در عصاره دیاتومه نسبت داد. یک پیک جذب متمایز در طول موج ۳۳۵ نانومتر را نشان می‌دهد که به عنوان شواهدی برای ساخت موفقیت‌آمیز نانوذرات  $\text{SnO}_2$  در عصاره دیاتومه‌های دریایی عمل می‌کند (5).

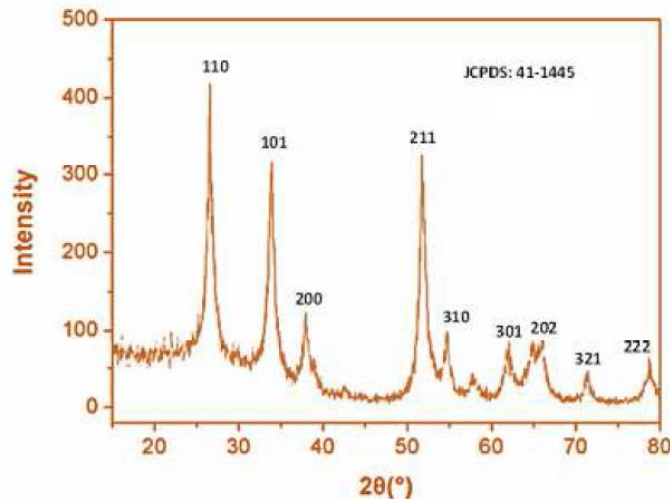


شکل ۲- طیف فرابنفش-مرئی نانوذرات قلع دی اکسید تولید شده توسط دیاتومه دریایی

ساختار نانوذرات  $\text{SnO}_2$  با واسطه جلبک‌های دریایی بیشتر با تکنیک پراش اشعه ایکس مورد بررسی قرار می‌گیرد. همان طور که در شکل ۴-۲ مشاهده می‌شود داده‌های کریستالی ( $\alpha=\beta=\gamma=90$  درجه، پارامترهای شبکه،  $a \approx b \approx c \approx 3.185 \text{ \AA}$ ،  $4.741 \text{ \AA}$ ، زوایای پراش برجسته و شاخص‌های آسیاب اصلی (hkl) در  $26/60$  درجه (۱۱۰)،  $33/90$  درجه (۱)  $38/70$  درجه (۲۰۰)،  $52/10$  درجه (۲۱۱) و  $54/84$  درجه (۳۱۰) همراه با سایر قله‌ها، استنباط شده از الگوی XRD نشان داد که نانوذرات

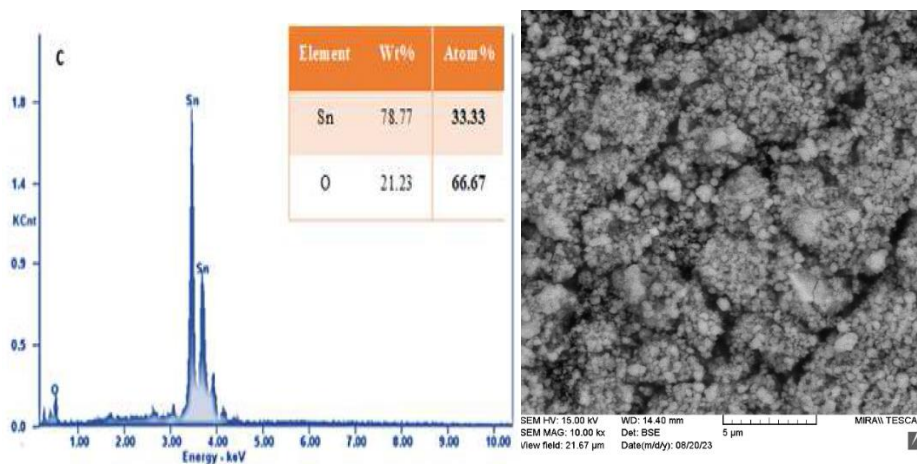


SnO<sub>2</sub> بیوژن ساختار بلوری روتیل چهار ضلعی را نشان می‌دهند. قله‌های گسترده XRD اندازه کوچک نانوذرات را منعکس می‌کند.



شکل ۳- الگوی پراش اشعه ایکس نانوذرات قلع دی اکسید تولید شده توسط دیاتمه دریایی

تصاویر SEM نشان داد که نانوذرات SnO<sub>2</sub> شکل نسبتاً کروی دارند و مورفولوژی یکنواخت و صاف را در پلت فرم سنتز سبز نشان می‌دهند. برخی از مناطق نمونه در تصویر TEM تیره‌تر به نظر می‌رسند، احتمالاً به دلیل تغییر در ضخامت یا چگالی جرم بالای ذرات می‌باشد. تجزیه و تحلیل EDX نشان داد که قلع عنصر غالب وزن در نمونه بود، در حالی که اکسیژن عنصر غالب بر حسب درصد اتمی بود. این نتایج خلوص نمونه را تایید کرد (شکل ۳) (6).



شکل ۳- تصویر SEM و طیف EDX نانوذرات قلع دی اکسید سبز تولید شده توسط دیاتمه دریایی

#### ۴- نتیجه‌گیری



نانوذرات اکسید قلع را با استفاده از متابولیت‌های موجود در زیست توده دیاتومه‌های دریایی به‌عنوان کاهش‌دهنده زیستی و عوامل تثبیت‌کننده با موفقیت سنتز شد. تشکیل نانوذرات SnO<sub>2</sub> با استفاده از تکنیک‌های تحلیلی مختلف از جمله تحلیلگرهای UV-vis، SEM، XRD، و EDX تایید شد. الگوی XRD نشان داد که نانوذرات SnO<sub>2</sub> بیوژن ساختار بلوری روتیل چهار ضلعی را نشان می‌دهند. طبق تصاویر SEM نانوذرات تولید شده داری مورفولوژی کروی هستند و میانگین اندازه آنها ۲۰ نانومتر می‌باشد. خلوص نانوذرات قلع دی اکسید توسط تکنیک DEX به اثبات رسید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که متدلوژی دیاتمه دریایی روشی ارزان، ساده و سازگار با محیط زیست می‌باشد و قابلیت کاربرد برای تولید انواع نانوذرات سبز را دارد.

#### ۵-منابع

- (1) Malik, S., Muhammad, K. and Waheed, Y., 2023. Nanotechnology: A revolution in modern industry. *Molecules*, 28(2), p.661.
- (2) Haq, S., Rehman, W., Waseem, M., Shah, A., Khan, A.R., Rehman, M.U., Ahmad, P., Khan, B. and Ali, G., 2020. Green synthesis and characterization of tin dioxide nanoparticles for photocatalytic and antimicrobial studies. *Materials Research Express*, 7(2), p.025012.
- (3) Gebreslassie, Y.T. and Gebretnsae, H.G., 2021. Green and cost-effective synthesis of tin oxide nanoparticles: a review on the synthesis methodologies, mechanism of formation, and their potential applications. *Nanoscale research letters*, 16(1), p.97.
- (4) Tsou, M.H., Wu, Z.Y., Chen, G.W., Lee, C.C., Lee, Z.H., Yuan, W.T., Lin, S.M. and Lin, H.M., 2023. Diatom-derived mesoporous silica nanoparticles loaded with fucoidan for enhanced chemo-photodynamic therapy. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, p.127078.
- (5) Mishra, S.R. and Ahmaruzzaman, M., 2022. Tin oxide based nanostructured materials: synthesis and potential applications. *Nanoscale*, 14(5), p.1566.
- (6) Din, S.U., Kiani, S.H., Haq, S., Ahmad, P., Khandaker, M.U., Faruque, M.R.I., Idris, A.M. and Sayyed, M.I., 2022. Bio-synthesized tin oxide nanoparticles: structural, optical, and biological studies. *Crystals*, 12(5), p.614.



## بررسی کارایی چارچوب آلی کووالانسی ملامین ترفتالدهید اصلاح شده با ال-سیستئین در حذف کروم (VI) از نمونه‌های آب و پساب

فاطمه رشیدی<sup>۱</sup>، آرش لرکی<sup>۱\*</sup>، سید جعفر سقانزاد<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

<sup>۲</sup> پژوهشکده تکنولوژی تولید، جهاد دانشگاهی خوزستان، اهواز، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: arash\_larki@yahoo.com

### چکیده

هدف از انجام این پژوهش تهیه و کاربرد جاذب چهارچوب آلی کووالانسی ملامین ترفتالدهید اصلاح شده با ال-سیستئین جهت حذف یون کروم (VI) از محیط‌های آبی است. ابتدا جاذب چهارچوب آلی کووالانسی ملامین ترفتالدهید اصلاح شده با ال-سیستئین سنتز شد و مشخصات طیفی جاذب به وسیله تکنیک‌های TGA، FTIR، EDS و FESEM انجام شد. حذف یون کروم (VI) با استفاده از چهارچوب آلی کووالانسی ملامین ترفتالدهید اصلاح شده با ال-سیستئین به وسیله طراحی آزمایش روش مرکب مرکزی (CCD) مورد مطالعه قرار گرفت. اثر عوامل تجربی مختلف شامل pH محلول، زمان هم‌زدن، مقدار جاذب و غلظت کروم (VI) بررسی شدند. بیشترین میزان درصد حذف یون کروم (VI) درصد در حضور ۷/۵ میلی گرم از جاذب چهارچوب آلی کووالانسی ملامین ترفتالدهید اصلاح شده با ال-سیستئین در غلظت ۷/۵ میلی گرم بر لیتر یون کروم (VI) در حجم ۲۵ میلی لیتر پس از زمان ۷ دقیقه و pH برابر ۲/۵ به دست آمد. روش پیشنهادی برای حذف کروم (VI) بر روی نمونه‌های حقیقی مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج حاصل نشان دهنده کاربردی بودن روش برای تجزیه و تحلیل یون فلز کروم (VI) در نمونه‌های محیط آبی است.

**کلید واژه:** ال-سیستئین، تلفن هوشمند، جاذب چهارچوب آلی کووالانسی مغناطیسی، حذف یون کروم (VI)، رنگ سنجی.

**Abstract**— Recently, covalent organic frameworks (COFs) have been considered as emerging and promising adsorbents for the removal of many types of pollutants. In this work, a novel and selective adsorbent (Cys-AuNPs@COF) was prepared by embedding gold nanoparticles functionalized with L-cysteine in melamine-based COF for the removal of Cr (VI) ions from wastewater. The synthesized Cys-AuNPs@COF were characterized by Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR), X-ray diffraction analysis (XRD), Field emission scanning electron microscopy (FESEM), Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX), Thermogravimetric analysis (TGA), and elemental mapping (EMA) analysis. The removal of Cr (VI) ions was performed using a batch mode process by taking advantage of response surface methodology (RSM) based on a central composite design (CCD) model. The maximum adsorption capacity of Cys-AuNPs@COF was 151.5 mg g<sup>-1</sup>. The experimental results followed the Langmuir model and showed pseudo-second-order kinetics. A portable, low-cost, and highly sensitive device with a smartphone colorimeter platform was developed for in situ measurement of trace amounts of chromium (VI) ions. Due to its simplicity and versatility, this method has the potential to serve as an alternative to conventional field analysis methods.



## ۱- مقدمه

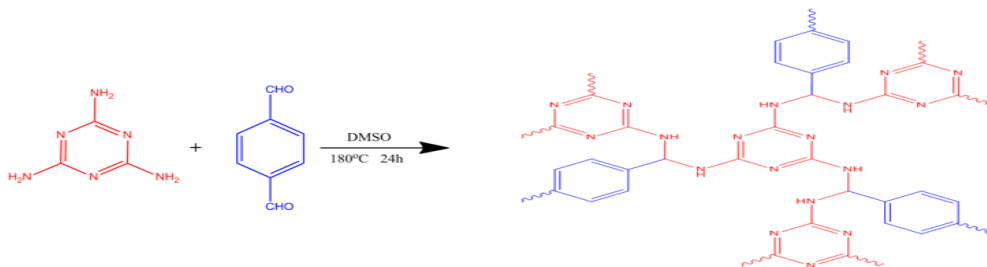
آب آشامیدنی تمیز و سالم از عوامل مهم برای انسان و موجودات زنده جهت بقای زندگی روی زمین است، زیرا کیفیت آب تاثیر مستقیمی بر سلامت عمومی دارد. بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت، ۸۰ درصد از بیماری‌ها در جهان به دلیل بهداشت نامناسب، آلودگی و در دسترس نبودن آب تمیز و سالم است. در گذشته نزدیک مشاهده شده است که کیفیت منابع آب به دلیل شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در حال تغییر بوده و به شدت آلوده شده است. با وجود آلودگی‌های انسانی، ممکن است فلزات یا سایر مواد شیمیایی خطرناک برای سلامت انسان وجود داشته باشد. مشاهده و بررسی کیفیت و آلودگی در آب‌های آشامیدنی بسیار مورد نیاز است (۱). فلزات سنگین مانند کادمیوم، کروم، کبالت، جیوه، نیکل، سرب، روی و غیره در آب آشامیدنی حاوی اثرات زیان بار فراوانی بر سلامت انسان می‌باشند. این آلودگی در آب ممکن است به دلیل منابع انسانی و زمین‌زایی باشد. قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین با دوزهای متفاوت، ممکن است عوارض شدیدی مانند اسهال خونی، اختلالات عصبی روانپزشکی از جمله خستگی، اضطراب، آلزایمر، اختلال عملکرد سیستم ایمنی مانند مولتیپل اسکلروزیس (MS) و عملکرد فکری در کودکان را در پی داشته باشد (۲). در میان این فلزات سنگین، کروم (Cr) یکی از مضرترین فلزات است که به فراوانی در پوسته زمین و آب دریا یافت می‌شود. کروم دارای حالت‌های اکسیداسیون متعددی است که از ۲- تا ۶+ متغیر است، که در آن فرم‌های سه و شش ظرفیتی رایج‌ترین شکل‌های پایدار هستند. آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (USEPA) (۳) کروم شش ظرفیتی (VI)، را به عنوان یکی از آلاینده‌های اولویت‌دار فهرست کرده است. کروم به طور طبیعی توسط نفت، سوزاندن نفت و زغال سنگ، فاضلاب صنایع تولید فولاد، در صنعت اکسیدان‌های رنگدانه، فولاد کروم، کاتالیزور، کود، دباغی‌های آبکاری فلز و حفاری چاه نفت به وجود می‌آید (۴). کروم (VI) می‌تواند از طریق تجمع زیستی در بدن انسان باعث ایجاد انواع بیماری‌ها مانند بیماری‌های پوستی، کلیوی، عصبی، کبدی و دستگاه گوارش شود. از این رو، آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا (EPA) آستانه حداکثر غلظت مجاز سطح آلودگی کروم (VI) را ۰/۱ میلی گرم در لیتر در آب آشامیدنی تعیین کرده است. کاهش غلظت کروم (VI) برای رسیدن به این آستانه بسیار مهم است. به همین جهت حذف کروم (VI) از آب آشامیدنی امری ضروری می‌باشد (۵). چارچوب‌های آلی کوالانسی (Covalent Organic Frameworks) مواد متخلخل کریستالی آلی هستند که از طریق شیمی شبکه‌ای با بلوک‌های ساختمانی دارای عناصر سبک (مانند اتم های C, H, O, N و B) تهیه می‌شوند و از طریق پیوند کووالانسی به هم متصل می‌شوند و به دو یا سه بعد گسترش می‌یابند. در چند سال گذشته، COFها به دلیل خواص جالب خود، از جمله سطح آزاد بسیار زیاد، چگالی کم، حفره‌های هم اندازه و تخلخل درجه بالا، تطبیق پذیری ساختاری، اصلاح سطح آسان و پایداری حرارتی و شیمیایی بالا و توانایی بالا در حذف فلزات سنگین از نمونه‌های آب و پساب توجه را به خود جلب کرده‌اند (۶).

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱ تهیه جاذب

در این پژوهش چهارچوب آلی کوالانسی (COF) به روش حلال گرمایی ساخته شد. بر این اساس ۰/۶ گرم از پودر ملامین، ۰/۷۵ گرم پودر ترفتالدهید و ۲۳ میلی لیتر حلال DMSO در ظرف تفلون اتوکلاو حل شد و در آن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۸۰°C قرار داده شد. نمونه‌ی نسبتا جامدی تولید شد. طرح شماتیک انجام آزمایش در شکل ۱ قابل

مشاهده است. پس از شست و شو با حلال‌های اتانول، دی کلرو متان و آب دو بار تقطیر، ال-سیستئین بر روی آن احیا شد. پس از شست و شو با حلال‌های اتانول و آب دوبار تقطیر، جهت خشک شدن درون آون با دمای ۵۰°C قرار داده شد (۷).



شکل ۱- طرح شماتیک سنتز COF

## ۲-۲ روش حذف کروم (VI)

به منظور جذب یون کروم (VI) در جاذب، از روش دسته‌ای استفاده شد. بر اساس روش سطح پاسخ، ۳۰ آزمایش انجام شد و تاثیر پارامترهای مؤثر مانند pH محلول، غلظت اولیه کروم (VI)، زمان تماس و دوز جاذب بر راندمان حذف کروم (VI) بررسی شد. ۱۰ میلی لیتر محلول حاوی غلظت‌های مختلف کروم (VI) در pH معین (۲/۵) به بشر منتقل شد و ۰/۰۱ گرم جاذب به آن اضافه و به مدت ۱ دقیقه در حمام اولتراسونیک سونیکیت شد و سپس بر روی استیرر قرار گرفت. پس از گذشت ۷ دقیقه از زمان تماس، جاذب از محلول جدا شد و ۲ میلی لیتر دی فنیل کربازید به آن اضافه شد و مقادیر RGB توسط برنامه Color Grab ثبت و در نهایت به جذب تبدیل شد. درصد حذف (R%) با معادلات زیر به دست آمد. شکل ۲ رنگ کروم (VI) در حضور و عدم حضور جاذب پی از افزودن دی فنیل کربازید که حساس به کروم (VI) را به خوبی نشان می‌دهد.

$$A = \sqrt{(R - \hat{R})^2 \times (G - \hat{G})^2 \times (B - \hat{B})^2} \quad (1)$$

$$R = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \quad (2)$$

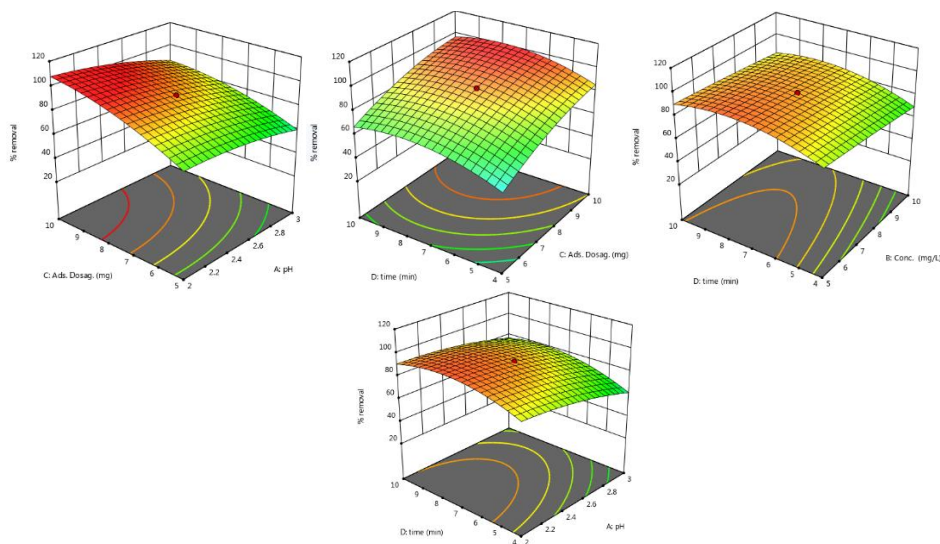


شکل ۲- تفاوت رنگ محلول کروم (VI) با دی فنیل کربازید در حضور و عدم حضور جاذب

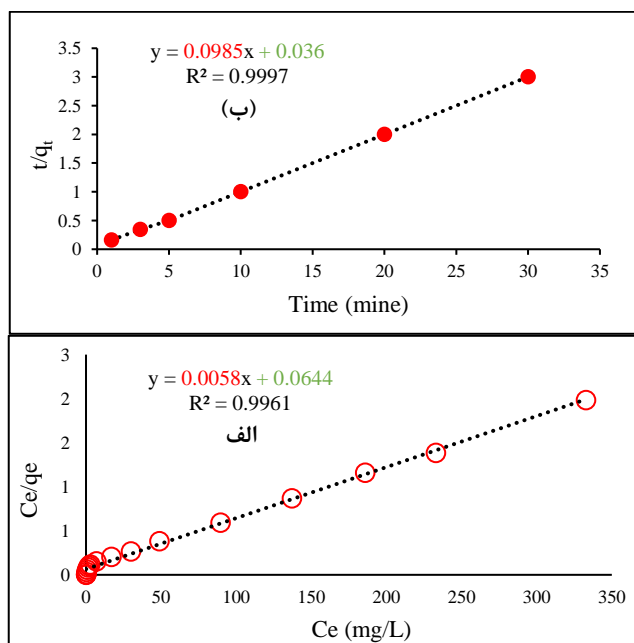
## ۳-۲ بهینه سازی

بر اساس روش CCD، تاثیر پارامترهای مؤثر مانند pH محلول، غلظت اولیه کروم (VI) و دوز جاذب بر راندمان حذف کروم (VI) بررسی شد. با توجه به نتایج به دست آمده که در شکل ۷ نشان داده شده است، حداکثر درصد حذف در pH برابر ۲/۵، غلظت اولیه محلول کروم (VI) ۷/۵ میلی گرم در لیتر، زمان هم زدن ۷ دقیقه و مقدار جاذب ۷/۵ گرم بود. همچنین حداکثر ظرفیت جذب جاذب تهیه شده ۱۵۷/۲ mg/g برای حذف یون کروم (VI) در دمای محیط و pH بهینه ۲/۵ می

باشد. مطابق شکل ۸ الف مشخص شد که داده های جذب را می توان به خوبی با مدل خطی لانگمویر ( $R^2 = 0.996$ ) برازش داد. سینتیک جذب را می توان مطابق شکل ۸ ب به خوبی با مدل خطی شبه مرتبه دوم توصیف کرد.



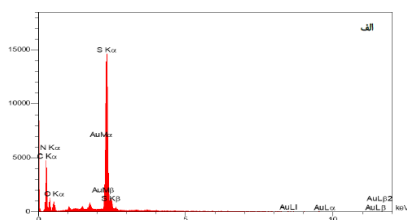
شکل ۷- پارامترهای بهینه در حذف کروم (VI)



شکل ۸- (الف) ایزوترم لانگمویر، (ب) سینتیک جذب

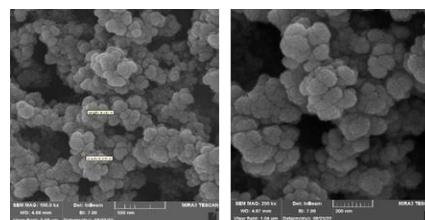
۴-۲ مشخصات طیفی جاذب

اولین اقدام پس از سنتز جاذب مشخص کردن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن می‌باشد. برای تعیین ویژگی‌های مورفولوژی و ساختاری جاذب سنتز شده در این پژوهش از آنالیزهای گوناگونی استفاده شد که هرکدام این آنالیزها ویژگی خاصی از جاذب را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. شکل ۳ آنالیز FESEM توپوگرافی سطح، شکل ۴ آنالیز EDS شناسایی و تعیین میزان فراوانی عناصر، شکل ۵ آنالیز TGA پایداری حرارتی و شکل ۶ آنالیز FTIR پیک‌های مربوط به گروه‌های عاملی در ساختار جاذب COF نشان می‌دهد.

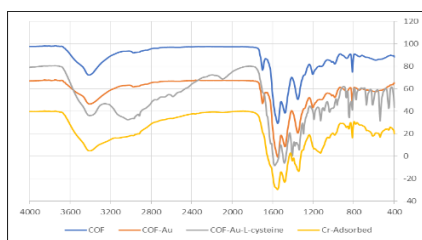


Elit	W%	A%
C	42.87	56.01
N	17.71	19.84
O	9.89	9.70
S	29.51	14.44
Au	0.02	0.00
	100.00	100.00

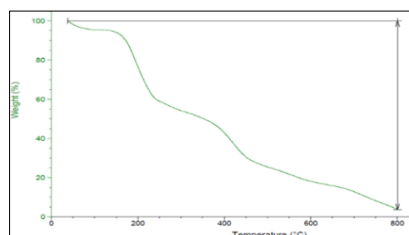
شکل ۴- آنالیز EDS



شکل ۳- آنالیز FE-SEM



شکل ۶- آنالیز FT-IR



شکل ۵- آنالیز TGA

### ۳- نتیجه گیری

در مطالعه حاضر، ما یک چهارچوب آلی کووالانسی ملامین-ترفتالدهید جدید که توسط ال-سیستین اصلاح شده را جهت حذف یون‌های کروم (VI) از آب‌های آلوده سنتز کرده‌ایم. جاذب سنتز شده با استفاده از تکنیک‌های FESEM، EDS، TGA و FT-IR مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تاثیر چهار پارامتر کلیدی شامل pH اولیه، دوز جاذب، غلظت اولیه کروم (VI) و زمان تماس بر راندمان حذف توسط RSM و بر اساس مدل طراحی مرکب مرکزی (CCD) ارزیابی شد. در نتیجه بهینه سازی ریاضی، حداکثر راندمان جذب در pH برابر ۲/۵، دوز جاذب ۷/۵ میلی گرم، غلظت اولیه سرب ۷/۵ میلی گرم بر لیتر و زمان تماس ۷ دقیقه به دست آمد. مطالعات ایزوترم نشان داد که داده‌های تعادل جذب کروم (VI) با مدل ایزوترم لانگمویر مناسب‌تر است. همچنین داده‌های تعادلی به دست آمده که بر روی معادلات جنبشی اعمال شد، با مدل شبه مرتبه دوم برای جذب کروم (VI) مطابقت داشت. جاذب سنتز شده ظرفیت جذب خوبی را نشان می‌دهد و می‌تواند توسط اسید نیتریک احیا شود و تا شش چرخه جذب و دفع مجدد مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به داده‌های آزمایش‌ها، جاذب سنتز شده به عنوان یک جاذب موثر می‌تواند با موفقیت برای حذف یون‌های کروم (VI) از نمونه‌های واقعی مختلف استفاده شود و تغییرات در ماتریس‌های نمونه تاثیر قابل توجهی بر راندمان حذف پیشنهادی ندارد.

### ۴- منابع





- [1] M. Alboghbeish, A. Larki, and S. J. Saghanezhad, "Effective removal of Pb ( II ) ions using piperazine - modified magnetic graphene oxide nanocomposite ; optimization by response surface methodology," *Sci. Rep.*, no. Ii, pp. 1–17, doi: 10.1038/s41598-022-13959-8.
- [2] H. S. S. Gazwi, E. E. Yassien, and H. M. Hassan, "Mitigation of lead neurotoxicity by the ethanolic extract of Laurus leaf in rats," *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 192, 2020, doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.110297.
- [3] M. Hua, S. Zhang, B. Pan, W. Zhang, ... L. L.-J. of hazardous, and undefined 2012, "Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: a review," *Elsevier*, vol. 211–212, pp. 317–331, Apr. 2011, doi: 10.1016/j.jhazmat.2011.10.016.
- [4] E. A. Gendy *et al.*, "Removal of heavy metals by covalent organic frameworks (COFs): A review on its mechanism and adsorption properties," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 9, no. 4. 2021. doi: 10.1016/j.jece.2021.105687.
- [5] H. P. Nogueira, S. H. Toma, A. T. Silveira, A. A. C. Carvalho, A. M. Fioroto, and K. Araki, "Efficient Cr(VI) removal from wastewater by activated carbon superparamagnetic composites," *Microchem. J.*, vol. 149, 2019, doi: 10.1016/j.microc.2019.104025.
- [6] H. R. Abuzeid, A. F. M. EL-Mahdy, and S. W. Kuo, "Covalent organic frameworks: Design principles, synthetic strategies, and diverse applications," *Giant*, vol. 6. 2021. doi: 10.1016/j.giant.2021.100054.
- [7] R. Farsi, M. K. Mohammadi, and S. J. Saghanezhad, "( COF - SO 3 H ): an efficient heterogeneous acidic catalyst for the one - pot preparation of polyhydroquinoline," *Res. Chem. Intermed.*, no. 0123456789, doi: 10.1007/s11164-020-04322-5.



## بررسی مقایسه‌ای شوری‌های اندازه‌گیری شده اروندرود طی ۱۵ سال اخیر

پریسا سلیمانی‌پارسا\*<sup>۱</sup>، محمد فیاض محمدی<sup>۲</sup>

۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.  
۲-استادیار گروه فیزیک دریا دانشگاه علوم و فنون خرمشهر، خرمشهر، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: zimanski.2004@Gmail.com

### چکیده

اروندرود از برخورد دو رود دجله و فرات در عراق و کارون در ایران تشکیل شده است و در نهایت به خلیج فارس می‌ریزد. آب این رودخانه بر اثر نفوذ شوری آب خلیج فارس دچار کاهش کیفیت زیادی شده است و بر روی خاک اطراف آن اثرات نامطلوبی باقی گذاشته است. در این تحقیق، مطالعات پیشین شوری اروندرود جمع آوری و رقومی سازی و در موارد لازم داده‌ها همگام سازی شده اند تا با هم قابل مقایسه شوند. در بین اندازه‌گیری‌های شوری انجام شده در رودخانه اروند، بیشترین میانگین شوری در دهانه و در مهکشند توسط صبری در تیرماه ۱۳۹۲، ۳۹/۳۲ psu ثبت شده است. کمترین میانگین شوری در پروژه سازمان آب و برق خوزستان در آبان سال ۸۶ در چهار ایستگاه اندازه‌گیری از محل بالادست کشتی‌سازی اروندان تا منطقه والفجر ۸ که طولی حدود ۶۷ کیلومتر است در مهکشند و کهکشند، ۱/۱۶ psu اندازه‌گیری شده است.

**کلید واژه:** اروندرود - اندازه‌گیری - رقومی سازی - شوری.

**Abstract**— Arvandriver is formed by the collision of two rivers, Tigris and Euphrates in Iraq and Karun in Iran, and finally flows into the Persian Gulf. The water of this river has decreased in quality due to the influence of the salinity of the Persian Gulf water and has left adverse effects on the surrounding soil. In this research, the previous studies of salinity of Arvandriver have been collected and digitized and, in necessary cases, the data have been synchronized to make them comparable. Among the salinity measurements made in the Arvand River, the highest average salinity in the mouth and spring was recorded by Sabri in July 2012, 32.39 psu. The lowest average salinity in the Khuzestan Water and Electricity Organization project in November 2086 was measured at 1.16 psu in four measuring stations from the upstream location of Arvand Shipyard to Walfajr 8 area, which is about 67 km long, in spring and neap.

**Key words**— Arvandriver- - digitization - measurement – salinity.

### مقدمه

در هر منطقه‌ای ممکن است رودخانه‌ها، نهرها و پدیده‌های مرتبط با آن به لحاظ طبیعی وجود داشته باشند که بر فرهنگ و معیشت افراد اثر گذارند، به علاوه این که وجود آب در محیط طبیعی آن منطقه بر وقایع ساسی نیز اثر می‌گذارد. وجود آب شیرین و یا شور اثرات خوب و بدی بر روی خاک منطقه به همراه دارد و این شرایط اقلیمی بر فیزیولوژی، روحیات افراد و روابط اجتماعی اثر دارد (۱). افزایش شوری آب و به تبع آن خاک یکی از مشکلات کشورها در برابر توسعه اقتصادی و کشاورزی است. در این مقاله سعی شده است شوری اروندرود که یکی از رودخانه‌های مرزی ایران است مورد بررسی قرار گیرد. اروندرود از برخورد دو رود دجله و فرات در عراق و کارون در ایران تشکیل شده است و در نهایت به خلیج فارس

می‌ریزد. آب این رودخانه بر اثر نفوذ شوری آب خلیج فارس دچار کاهش کیفیت زیادی شده‌است و بر روی خاک اطراف آن اثرات نامطلوبی باقی گذاشته است. در سال‌های گذشته حفظ و بهبود کیفیت آب رودخانه دولت‌ها و محققان منابع آب قرار گرفته‌است. مدیریت و برنامه‌ریزی برای استفاده و برداشت از آب رودخانه مستلزم شناخت و بررسی کیفیت آب آن است. یکی از پارامترهای اولیه اندازه‌گیری کیفیت آب در رودخانه‌ها شوری است که مشخص کننده غلظت نمک‌های موجود در آب است (۴). اروندرود یکی از رودخانه‌های مرزی مهم میان کشور ایران و عراق است که شرایط جزرومدی بر مصب آن برقرار است. فعالیت‌های انسانی کشورهای مجاور ایران یعنی عراق و ترکیه بر کیفیت آب اثرگذار است. کشور ترکیه نوزدهمین سد خود را بر رودخانه‌های دجله و فرات احداث و آبیگری کرده‌است و به این ترتیب نگرانی‌هایی را برای کشورهای پایین دست رودخانه اروند به دنبال داشته‌است (۳). با بررسی رودخانه‌های تحت اثر جزرومد دو عامل مستقل حاکم بر جریان آب در مصب رودخانه را می‌توان ذکر کرد: ۱- دبی رودخانه از بالادست که پدیده‌های اقلیمی، هواشناسی و همچنین انسانی بر آن اثر دارند. ۲- تغییرات سطح آب دریا بر اثر جزرومد در نزدیکی ورود آب دریا به محل رودخانه (پایین دست مصب) (۴).

## مواد و روش

### منطقه مورد مطالعه

بر اساس مستندات جغرافیایی، اروندرود رودخانه پهناوری است در جنوب غربی ایران و در مرز ایران و عراق که از هم‌ریزش رودهای دجله، فرات و سپس کارون پدید آمده است. درازای اروندرود از قرنه ( محلی که دجله و فرات به هم می‌پیوندند) تا ریزشگاه آن در خلیج فارس ۱۹۰ کیلومتر است. هم‌اکنون ۸۱ کیلومتر از ۱۷۵ کیلومتر طول اروندرود مرز مشترک ایران و عراق به شمار می‌آید. عرض اروندرود بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و عمق آن بین نه تا پانزده متر در نوسان است. آب رودخانه اروند عمدتاً دارای دو حرکت جزر و مد می‌باشد که مجموعاً در طول شبانه روز، چهار بار تکرار می‌گردد. اروندرود اهمیت اقتصادی و استراتژیک بسیار زیادی برای کشورهای ایران و عراق دارد. دو ترمینال نفتی و بندر مهم ایران، آبادان و خرمشهر، در کنار این آبراه واقع شده‌اند. عمده آب اروندرود توسط دجله و فرات در عراق تامین می‌شود (۶). ارتفاع جزرومد در دهانه اروندرود طبق جداول پیش‌بینی آدمیرالیتی حداکثر تا ۳/۸ متر می‌رسد.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه اروندرود

## روش تحقیق



برای مقایسه شوری منطقه اروندرود از داده‌های ۷ پایان‌نامه و مقاله و پروژه استفاده شده است که شامل موارد ذیل می‌باشد.  
۱- طرح تحقیقاتی خارجی با کارفرمایی سازمان آب و برق خوزستان با عنوان بررسی جریانات جزر و مدی خلیج فارس بر روی حمل و ته نشست رسوبات در رودخانه اروند و مجری اول دکتر امیر اشتری لرکی در ۵ ایستگاه و محدوده رودخانه کارون ( زیر پل جدید) و اروند ( بالادست کشتی سازی اروندان، نرسیده به پیچ اول جزیره مینو، پیچ دوم جزیره مینو و مقابل منطقه والفجر ۸) در بازه زمانی ۸۶/۸/۱۵ تا ۸۶/۸/۲۲ در دو نوبت.

۲- طرح تحقیقاتی خارجی با کارفرمایی شرکت مهندسین مشاور مهکشند با عنوان بررسی جریان در محل تلاقی رودخانه کارون و اروند و مجری اول دکتر امیر اشتری لرکی در ۴ ایستگاه در محدوده کارون ( بین پل قدیم و جدید و محل تلاقی کارون به اروند) و اروند ( بالاتر از محل تلاقی کارون به بالادست اروند و کمی پایین تر از محل تلاقی کارون به اروند ) در بازه زمانی ۹۶/۹/۷ تا ۹۶/۹/۲۸ در ۴ نوبت.

۳- طرح تحقیقاتی داخلی با عنوان بررسی میدانی جریان آب و رسوب خروجی رودخانه‌های کارون و اروند در شرایط سیلابی و مجری اول دکتر محمد فیاض محمدی در محدوده محل تلاقی کارون و اروند و حدود ۶۲ کیلومتری از دهانه اروند در بازه زمانی ۹۸/۲/۵ تا ۹۸/۲/۶ در ۲ ایستگاه در ۲ نوبت.

۴- رساله دکتری محمد فیاض محمدی با عنوان اثر جزر و مد بر انتقال رسوب در مصب اروندرود به شکل مدل سازی عددی و اندازه‌گیری میدانی دارای اندازه‌گیری میدانی در محدوده ۸۰ کیلومتری تا ۴ کیلومتری از دهانه اروند در ۳ ایستگاه و در ۲ نوبت.

۵- پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای صبری بررسی نفوذ شوری خلیج فارس در مصب اروندرود در محدوده ۱۴ کیلومتری تا دهانه اروندرود در بازه زمانی ۸ روزه از ۹۲/۴/۱۲ تا ۹۲/۴/۱۹.

۶- مقاله منتظری با عنوان مدل ریاضی نفوذ شوری در رودخانه جزر و مدی اروند و تاثیر آن بر شوری اراضی اطراف رودخانه، در دوره یک ساله و در سه محل ۲۰ کیلومتری، ۱۰ کیلومتری و دهانه

۷- مقاله عبدالله و همکاران با عنوان پیش بینی نفوذ آب شور در خور شط العرب با استفاده از رویکرد تحلیلی از دهانه تا ۵۸ کیلومتری دهانه در بهار و پاییز و زمستان ۹۳.

به دلیل اینکه عمده داده‌های اندازه‌گیری شده از رودخانه اروند به صورت شکل گرافیکی در فایل PDF و یا چاپ شده روی کاغذ در اختیار پژوهشگران بود قبل از هر کاری گرافها و منحنی‌ها توسط نرم‌افزار سرفر رقومی سازی شدند. سپس فایل‌ها در اکسل آماده‌سازی شد و در برخی نیز توسط نرم‌افزار R همگام‌سازی انجام گرفت.

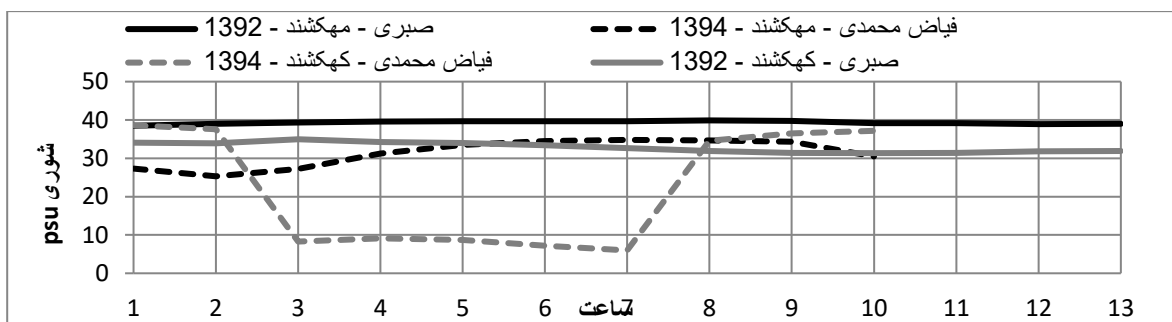
در این تحقیق از برخی نرم افزارها و مدل استفاده شده است که به معرفی این نرم افزارها می پردازیم:

- نرم‌افزار اکسل: اکسل یک صفحه گسترده الکترونیک به صورت جدولی از مقادیر است که به صورت ستون‌ها و ردیف‌هایی تنظیم شده‌اند. صفحات گسترده به کاربران امکان می‌دهند مسائل پیچیده را در کمتر از یک ثانیه محاسبه و تصحیح کنند.
- نرم افزار سرفر: تصاویر تهیه شده به کمک نرم افزار سرفر رقومی سازی شد. این یک نرم افزار تخصصی در زمینه نقشه برداری، ایجاد نقشه‌های توپوگرافی حرفه‌ای، و مدل سازی داده‌های جغرافیایی است.
- مدل مایک: از این مدل از ابزارهایی برای درون یابی داده ها یا تهیه سری های زمانی استفاده شده است.

• نرم افزار R: در پاره ای مواقع برای مقایسه داده های ایستگاه های مختلف که گام زمانی اندازه گیری آنها با هم مختلف بود، نیاز شد تا داده ها همگام سازی شوند. این کار در نرم افزار اکسل دارای خطای زیادی بود و به اجبار از نرم افزار ریاضی R استفاده شد.

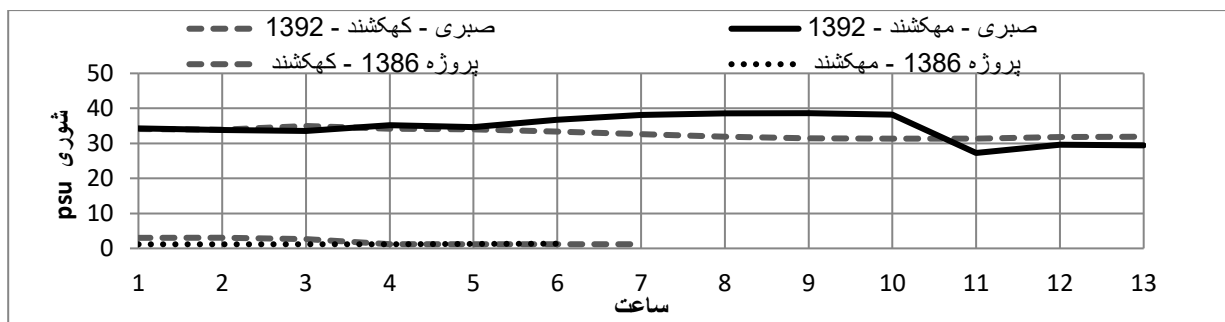
### نتایج و بحث

شوری در دهانه اروندرود در مهکشند و کهکشند توسط فیاض محمدی و صبری اندازه گیری شده است. بیشترین مقدار میانگین شوری توسط صبری، در مهکشند و در تاریخ ۱۸ تیر ۱۳۹۲، ۳۹/۳۲ psu اندازه گیری شد. کمترین مقدار میانگین شوری توسط فیاض محمدی، در کهکشند و در پاییز دو سال بعد به میزان ۳۶/۲۲ psu اندازه گیری شد (شکل ۲).



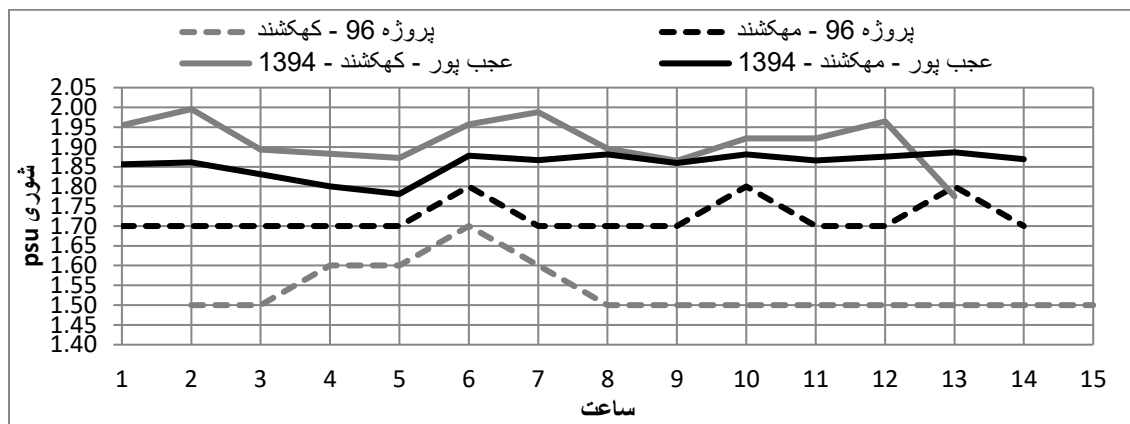
شکل ۲- دهانه اروندرود در مهکشند و کهکشند - فیاض محمدی ۱۳۹۴ و صبری ۱۳۹۲

شوری در منطقه والفجر ۸، در فاصله حدود ۱۴ کیلومتری دهانه در مهکشند و کهکشند توسط صبری و پروژه سازمان آب و برق خوزستان اندازه گیری شد. بیشترین مقدار میانگین شوری توسط صبری، در مهکشند و در تاریخ ۱۸ تیر ۱۳۹۲، ۳۹/۳۲ psu و کمترین مقدار میانگین شوری توسط پروژه سازمان آب و برق خوزستان در مهکشند و در تاریخ ۲۲ آبان ۱۳۸۶، ۱/۲۲ psu ثبت شده است (شکل ۳).



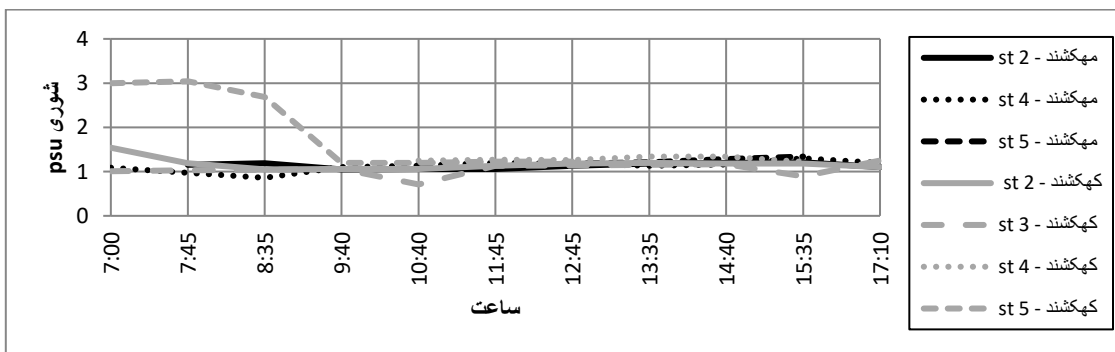
شکل ۳- منطقه والفجر ۸ در فاصله حدود ۱۴ کیلومتری دهانه در مهکشند و کهکشند - صبری ۱۳۹۲ و پروژه سازمان آب و برق خوزستان ۱۳۸۶

در مقایسه شوری اندازه‌گیری شده توسط عجب پور و پروژه شرکت مهندسی مشاور مینای مهکشند در محل تلاقی کارون به ابعاد حدود ۸۴ کیلومتری دهانه، بیشترین میانگین شوری توسط عجب پور در کهکشند در اردیبهشت ۱۳۹۴ به اندازه ۱/۹۱ psu و کمترین میانگین شوری توسط پروژه شرکت مهندسی مشاور مینای مهکشند در ۷ آذر ۱۳۹۶ در کهکشند، ۱/۵۳ psu ثبت شد. اعداد ثبت شده در این مکان اختلاف شوری بسیار جزئی ۰/۳۸ psu را نشان می‌دهد (شکل ۴).



شکل ۴- محل تلاقی کارون به ابعاد حدود ۸۴ کیلومتری دهانه - مهکشند و کهکشند - عجب پور ۱۳۹۴ و پروژه شرکت مهندسی مشاور مینای مهکشند ۱۳۹۶

در فصل پاییز، توسط پروژه سازمان آب و برق خوزستان ۸۶ چهار اندازه‌گیری شوری در دو مهکشند و کهکشند انجام گرفته‌است. یک اندازه‌گیری در کارون و سه اندازه‌گیری در اروندرود انجام شده‌است. در کهکشند در ایستگاه منطقه والفجر ۸ در فاصله ۱۴ کیلومتری دهانه بیشترین مقدار شوری در ۲ ساعت و ۴۰ دقیقه اولیه اندازه‌گیری، ۳/۰۴ psu اندازه‌گیری شده است و بعد از آن مقدار شوری افت پیدا کرده و تقریباً هم مقدار با شوری ایستگاه‌های بالادستی شده است که به طور میانگین شوری آنها ۱/۱۶ psu است. این کاهش شوری و برابری آن با شوری ایستگاه‌های بالادستی نشان دهنده جریان جزر است و آب ایستگاه بالادست کشتی سازی اروندان پس از ۲ ساعت و ۴۰ دقیقه به ایستگاه منطقه والفجر ۸ رسیده است (شکل ۵).



شکل ۵ - مهکشند و کهکشند - پروژه سازمان آب و برق خوزستان - St 2 : بالادست کشتی سازی اروندان - St 3 : نرسیده به پیچ اول جزیره مینو - St 4 : پیچ دوم جزیره مینو - St 5 : مقابل منطقه والفجر ۸



## نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق مقایسه تغییرات شوری طی ۱۵ سال گذشته است. در مقایسه شوری ایستگاه‌های اندازه‌گیری در اروندرود در فصل‌های بهار و تابستان و پاییز، بیشترین میانگین شوری در دهانه و در مهکشدن توسط صبری در تیرماه ۱۳۹۲، ۳۹/۳۲ psu ثبت شده است و در پاییز دو سال بعد شوری توسط فیاض محمدی در همین مکان به میزان ۳۶/۲۲ psu اندازه‌گیری شد و اختلاف شوری حدود ۳ psu مشاهده شده است.

## قدردانی

با تشکر فراوان از جناب آقای دکتر محمدفیاض محمدی که در انجام این پژوهش به بنده یاری رساندند.

## منابع

- (۱) لهسایی زاده، ع.، ۱۳۸۴. جامعه شناسی آبادان. کیان مهر، تهران، ۷۴۴
- (2) Hannaneh M. and Kangarani Rome, 2005. Euphrates and Tigris watershed Economic, social and institutional aspects of forest in an integrated watershed Management
- (3) Massakbayeva, A. et al., (2020). Water balance of the small Aral Sea. Environmental Earth Sciences, 79(3). Doi: 10.1007/s12665-01908739-5.
- (4) Somlyody, L. et al. (1998) 'River water quality modeling: III. Future of the art', water science and technology, (38), pp. 253-260





## تغییرات دمایی شمال و جنوب آب‌های ایرانی خلیج فارس در فصل بهار

یاسمن پاینده<sup>۱</sup>، شکیلا لشکری<sup>۱</sup>، فرزانه محمدپور<sup>۱</sup>، صمد حمزه‌ئی<sup>۲</sup>، مریم سیوف جهرمی<sup>۱\*</sup>

۱: گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران .

۲: پژوهشگاه ملی اقیانوسشناسی و علوم جوی، تهران، ایران .

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: soyufjahromi@yahoo.com.au

### چکیده

این پژوهش با هدف بررسی دمای آب در بخش شمال و جنوب سواحل ایرانی خلیج فارس انجام شده است. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، داده‌های دما حاصل از گشت میدانی PGE-1901 کاوشگر خلیج فارس است که در بهار ۲۰۱۹ در ۱۰ ایستگاه اندازه‌گیری شده است. داده‌ها در ۲ ترانسکت دسته بندی شدند و با نرم‌افزار ODV مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج به خوبی نشان می‌دهد که سمت شمال خلیج فارس سردتر از سمت جنوب آن است. همچنین در ایستگاه‌های عمود بر سواحل ایرانی ستون آب تا آخرین عمق اندازه‌گیری شده، لایه بندی شده می‌باشد. میزان لایه بندی در مقطع شمالی یکنواخت تر و بیشتر از مقطع جنوبی است. در مقطع جنوبی، در عمق ۵۰ متری واقع در ایستگاه ۷ توده آب سردی با کمینه دما (۲۰/۵۷ °C) دیده می‌شود که می‌تواند به علت حضور ادی در منطقه یا توده‌های آب زیر سطحی مانند آب اقیانوس هند باشد.

**کلید واژه:** بهار، دما، خلیج فارس، ODV.

**Abstrac**— This research was managed whit the aim of investigating the water temperature of the north and south of the Iranian coasts of the Persian Gulf. The used data in this study are the temperature which was obtained from the PGE-1901 Crouse of the Persian Gulf Explorer, which measured 10 stations in the spring of 2019. The data were classified into 2 transects and analyzed with ODV software. The results show that the northern side of the Persian Gulf is colder than its southern side. Moreover, at the stations perpendicular to the Iranian coast, the water column is stratified up to the last measured depth. The stratification of the northern section is more uniform and more than the southern section. In the southern section, at a depth of 50 meters located at station 7, a cold-water mass with a minimum temperature (20.57°C) has been measured, which could be due to the presence of eddies in the region or subsurface water masses such as Indian Ocean water.

**Keywords**— ODV, Persian Gulf, Spring, Temperature.

### ۱- مقدمه

دما یکی از اصلی‌ترین مؤلفه‌ها در داده‌های تاریخی است که ساختار فیزیکی دریاها را توصیف می‌کند به همین دلیل الگوهای زمانی مکانی دما در دریاها همیشه مورد مطالعه قرار دارند (12). این ویژگی، نه تنها زندگی جانداران اقیانوسی مانند پدیده‌های مهاجرت (10) و مرگ و میر آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بلکه اثرات غیرقابل صرف‌نظری در پدیده‌های هواشناسی، تغییرات آب و هوا (2, 16)، ذوب شدن یخ‌ها (6)، الگوی جریان‌ها مثل تغییرات در جریان کالیفرنیا (17)، و حتی میزان انحلال گازها و جامدات در اقیانوس (5) دارد. به علاوه تغییرات دما نقش موثری در پخش آلودگی (11) نیز بازی می‌کند. توزیع دما در سطح دریا معمولاً مداری بوده و مستقل از طول جغرافیایی می‌باشد. سردترین آب‌ها نزدیکی قطب‌ها و



گرم‌ترین آب‌ها در نزدیکی استواست. معمولاً در سمت  $40^{\circ}$  استوا، آب‌های خنک‌تر به سمت منطقه شرقی می‌روند و در شمال این عرض جغرافیایی، معمولاً آب‌های سرد در منطقه غربی می‌باشند (15).

## ۲- منطقه مورد مطالعه

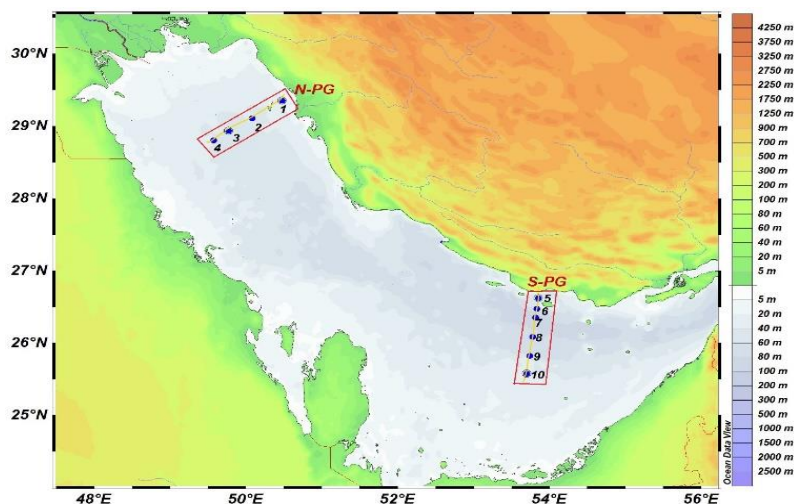
خلیج فارس به طور تقریبی در  $24^{\circ}$  تا  $30^{\circ}$  درجه شمالی و  $48^{\circ}$  تا  $56^{\circ}$  درجه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. خلیج فارس به‌عنوان امتدادی از اقیانوس هند، به‌صورت دریایی نیمه‌بسته است که از طریق تنگه هرمز به دریای عمان، دریای عرب و اقیانوس هند متصل می‌شود. خلیج فارس دارای طولی حدود ۹۹۰ کیلومتر و مساحتی حدود  $239000$  کیلومتر مربع، عرض حداکثری حدود ۳۳۰ کیلومتر، و عمق متوسط ۳۶ متر و حجمی حدود  $8630$  کیلومتر مکعب است (14). بیشترین مناطق عمیق خلیج فارس بین ۹۰ تا ۱۰۰ متر در قسمت شمال شرقی و در سواحل ایران واقع شده و حداکثر عمق آن در نزدیکی تنگه هرمز است (3).

مهم‌ترین جریان‌های دریایی خلیج فارس شامل جریان ورودی کم‌عمق دریای عمان و جریان خروجی عمقی از خلیج فارس است (7). گردش در نیمه مرکزی خلیج فارس یک رفتار فصلی دارد که آب‌های ورودی سطحی تحت تأثیر نیروی کوریولیس از خلیج فارس به سمت تنگه هرمز هدایت می‌شوند. جریان ورودی از اقیانوس هند و تنگه هرمز در اواخر بهار و تابستان قوی‌تر می‌شود و از سواحل ایرانی بالاتر می‌رود و به ساحل امارات متحده عربی نزدیک‌تر می‌شود، این امر سبب پیدایش یک جبهه شور در خلیج فارس می‌شود (9). تبادل آب بین خلیج فارس و دریای آزاد باعث می‌شود آب حالت دولایه‌ای داشته باشد و لایه‌های دیگر به صورت جریان‌های نفوذی ظاهر شوند (4).

دمای جریان ورودی به خلیج فارس  $22^{\circ}$  درجه سانتیگراد و شوری  $36/5$  psu و چگالی آن  $1025/5$  کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در بهار تغییرات قابل مشاهده‌ای در مشخصات توده آب دیده می‌شود و در این فصل دما لایه بندی می‌شود و شوری کاهش می‌یابد و به علت اختلاف چگالی در سطح و عمق لایه بندی دمایی ایجاد می‌شود. شوری آب چگال خروجی  $41$  psu دمای آن  $22/5$  درجه سانتیگراد و چگالی آن  $1028/5$  کیلوگرم بر مترمکعب است (8). دمای آب خلیج فارس بین  $32^{\circ}$  تا  $34^{\circ}$  C در تابستان و بین  $18^{\circ}$  C تا  $20^{\circ}$  C در زمستان متغیر است (13). دمای سطح دریا یک عامل مهم در اقیانوس‌شناسی است زیرا به حرکت توده‌های آب (جریان‌ها، ادی‌ها در مقیاس متوسط و فراجوشی (upwelling)) از طریق گردش عمیق ترموهالین کمک می‌کند و بر توزیع گونه‌های دریایی تأثیر می‌گذارد. بررسی دمایی تنگه هرمز نشان می‌دهد که در سمت سواحل ایرانی تنگه هرمز در طول سال از سطح تا بستر آب کاملاً آمیخته و در جنوب تنگه آب کاملاً لایه‌بندی شده است (1,14).

## ۳- روش کار

در این پژوهش از داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده دستگاه CTD کاوشگر خلیج فارس در گشت بهار (می) ۲۰۱۹ با علامت اختصار PGE-1901 استفاده شده است. ۱۰ ایستگاه از این گشت با فرمت txt، به منظور تحلیل دمای آب انتخاب گردید که در شکل ۱ موقعیت آن‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری، و محل ترانسکت‌ها در منطقه مورد مطالعه. این شکل در محیط نرم‌افزار ODV رسم شده است.

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های مورد بررسی از بسته‌ی نرم‌افزار اقیانوسی Ocean Data View با علامت اختصار ODV نشان داده می‌شود، استفاده شده است. ODV یک برنامه رایانه‌ای مربوط به ارگان (AWI) Alfred Wegener Institute، برای نمایش گرافیکی اقیانوس‌شناسی و سایر مشخصات جغرافیایی و داده‌های سری زمانی است. این تحقیق براساس داده‌های میدانی دستگاه CTD کاوشگر خلیج فارس می‌باشد. در این پژوهش تنها از داده‌های دما که در اعماق مختلف (سطح دریا الی آخرین عمق اندازه‌گیری) و در ۱۰ ایستگاه اندازه‌گیری شده است، و دو ترانسکت در نزدیکی سواحل ایرانی با نام‌های N-PG (North Persian Gulf) و S-PG (South Persian Gulf) رسم گردید (شکل ۱) استفاده شد.

ابتدا داده‌های PGE-1901، در محیط نرم‌افزاری اکسل فیلتر شده و رفع خطا شدند. سپس داده‌ها به دو دسته تقسیم گردید. ترانسکت‌های عمودی از ساحل به بخش عمیق در منطقه مورد مطالعه و در نزدیکی سواحل ایرانی رسم گردید (شکل ۱). سپس نمودارهای برش قائم، ایستگاهی و مربوط به پارامتر دما با نرم‌افزار ODV رسم شده و مورد تحلیل قرار گرفتند. مقادیر دما مستقیماً از داده‌های میدانی به دست آمده، که جهت درونیابی فواصل بین ایستگاه‌ها در نمودارهای برش قائم از روش میانگین وزنی استفاده گردید. جهت محاسبه میانگین داده‌ها نیز از میانگین وزنی، با توجه به تعداد اندازه‌گیری موجود در هر ایستگاه استفاده شد.

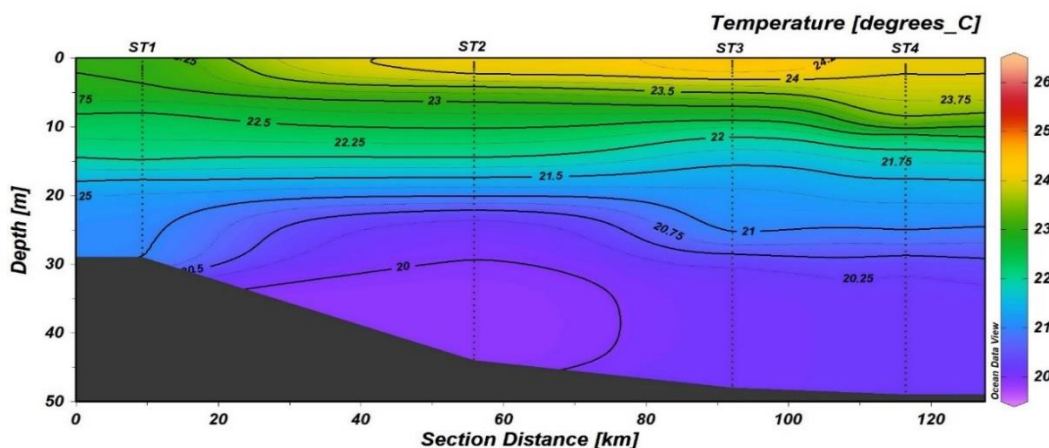
#### ۴- نتایج و بحث

در جدول ۱ گستره‌ی تغییرات دمایی (بر حسب °C) در منطقه مورد نظر نشان داده شده، همانطور که معلوم است بیشینه دما در ترانسکت جنوبی و کمینه دما در ترانسکت شمالی می‌باشد. معمولاً بیشینه دما در سطح و کمینه دما در آب‌های عمیق‌تر دیده می‌شود.

جدول ۱- گستره‌ی تغییرات دمایی (بر حسب °C) در منطقه مورد نظر

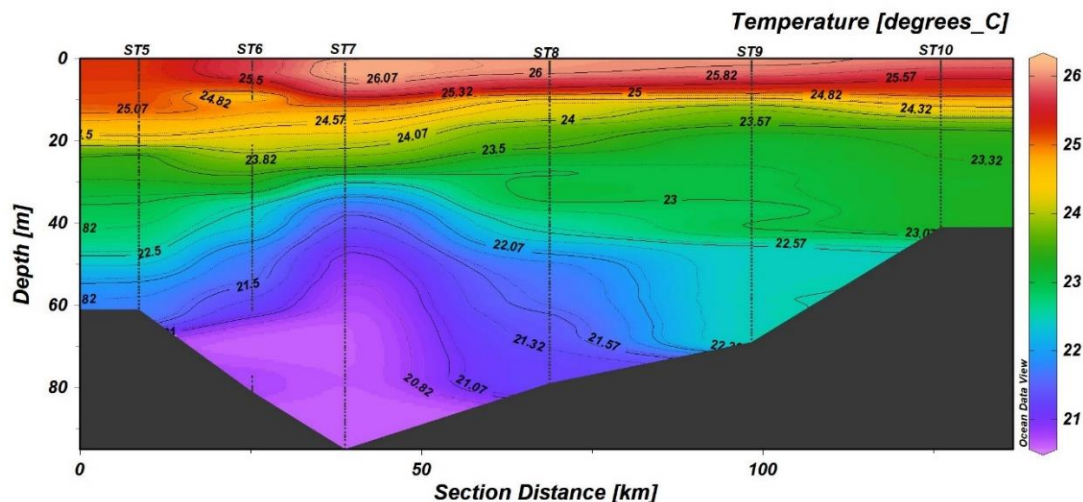
میانگین دما	اختلاف دما	عمق (m) کمینه دما	عمق (m) بیشینه دما	ترانسکت
۲۱/۷۰	۴/۶۶	۴۴	۰	N-PG
۲۳/۸۲	۵/۶۹	۹۵	۱	S-PG

در ترانسکت N-PG (شکل ۲) برش دما قائم بر ساحل شمالی خلیج فارس مشاهده می‌شود. بیشینه‌ی دمای قابل مشاهده در ایستگاه ۳ در سطح °C ۲۴/۵۶ و کمینه‌ی آن در ایستگاه ۲ در عمق ۴۴ متر به °C ۱۹/۹ می‌رسد. در این ترانسکت ترموکلاین تقریباً به صورت سطوح افقی می‌باشد و طی حرکت از ساحل به سمت مرکز خلیج تغییرات چندانی ندارد و می‌تواند موجب شرایط باروتروپیک شود. لایه سطحی N-PG (°C ۲۴/۵۶) در مقایسه با لایه سطحی S-PG (°C ۲۶/۰۷) سردتر می‌باشد.



شکل ۲: برش قائم دما از داده‌های PGE-1901، مربوط به ترانسکت N-PG. موقعیت ایستگاه‌ها و برش قائم در شکل ۱ نشان داده شده است.

در ترانسکت S-PG (شکل ۳) برش دما قائم بر ساحل جنوبی خلیج فارس مشاهده می‌شود. همانطور که دیده می‌شود در مقایسه با شکل ۲ خطوط هم دما به صورت یکنواخت با عمق تغییر نمی‌کند. در ایستگاه ۷ آب سردی با دمای °C ۲۰/۵۷ وجود دارد که می‌تواند بر اثر پدیده فراجوشی باشد. بیشینه‌ی دمای قابل مشاهده در این ترانسکت در ایستگاه ۷ در لایه‌های سطحی تا عمق یک متری به °C ۲۶/۲۶ و کمینه‌ی دما در عمق ۹۵ متری ایستگاه ۷ به °C ۲۰/۵۷ می‌رسد. با توجه به اینکه در این ایستگاه تغییرات دما در لایه ترموکلاین زیاد است می‌تواند آب را به شدت لایه بندی کند.



شکل ۳- برش قائم دما از داده‌های PGE-1901، مربوط به ترانسکت S-PG. موقعیت ایستگاه‌ها و برش قائم در شکل ۱ نشان داده شده است.

## ۵- نتیجه‌گیری

باتوجه به اندازه‌گیری داده‌های PGE-1901 که در فصل بهار اندازه‌گیری شده است، می‌توان گفت که در ترانسکت‌های اندازه‌گیری اختلاف دمای سطح تا عمق اندازه‌گیری شده  $\pm 5^\circ\text{C}$  بوده و کل ستون آب لایه بندی شده می‌باشد. همچنین وجود آب سرد در عمق بیش از ۵۰ متر در ایستگاه ۷ و دمای کمینه  $20.57^\circ\text{C}$  می‌تواند به علت ادی (eddies) زیر سطحی یا توده آب سردتر باشد.

## ۶- منابع

- (1) صدری نسب، م. (۱۳۸۹). مدل‌سازی عددی سه‌بعدی گردش آب در تنگه هرمز. اقیانوس‌شناسی، ۱(۱)، ۱۹-۲۴.
- (2) Abraham, J. P., Baringer, M., Bindoff, N. L., Boyer, T., Cheng, L. J., Church, J. A., & Willis, J. K. (2013). A review of global ocean temperature observations: Implications for ocean heat content estimates and climate change. *Reviews of Geophysics*, 51(3), 450-483.
- (3) Al-Majed, N., Mohammadi, H., Al-Ghadban, A., & Al-Awadi, A. R. (2000). Regional report of the state of the marine environment: Regional Organization for the Protection of the Environment.
- (4) Bidokhti, A. A., & Ezam, M. (2009). The structure of the Persian Gulf outflow subjected to density variations. *Ocean Science*, 5(1), 1-12.
- (5) Jeandel, C., & Oelkers, E. H. (2015). The influence of terrigenous particulate material dissolution on ocean chemistry and global element cycles. *Chemical Geology*, 395, 50-66.
- (6) Jenkins, A., Shoosmith, D., Dutrieux, P., Jacobs, S., Kim, T. W., Lee, S. H., ... & Stammerjohn, S. (2018). West Antarctic Ice Sheet retreat in the Amundsen Sea driven by decadal oceanic variability. *Nature Geoscience*, 11(10), 733-738.



- (7) Johns, W., & Olson, D. (1998). Observations of seasonal exchange through the Strait of Hormuz. *Oceanography*, 11(2), 58.
- (8) Johns, W. E., Yao, F., Olson, D. B., Josey, S. A., Grist, J. P., & Smeed, D. A. (2003). Observations of seasonal exchange through the Straits of Hormuz and the inferred heat and freshwater budgets of the Persian Gulf. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 108(C12).
- (9) Kämpf, J., & Sadriinasab, M. (2005). The circulation of the Persian Gulf: a numerical study. *Ocean Science Discussions*, 2(3), 129-164.
- (10) Kleisner, K. M., Fogarty, M. J., McGee, S., Hare, J. A., Moret, S., Perretti, C. T., & Saba, V. S. (2017). Marine species distribution shifts on the US Northeast Continental Shelf under continued ocean warming. *Progress in Oceanography*, 153, 24-36.
- (11) Menaka, D., & Gauni, S. (2021). Prediction of dominant ocean parameters for sustainable marine environment. *IEEE Access*, 9, 146578-146591.
- (12) Piontkovski, S., & Chiffings, T. (2014). Long-term changes of temperature in the Sea of Oman and the western Arabian Sea. *International Journal of Oceans and Oceanography*, 8(1), 53-72.
- (13) Pous, S., Carton, X., & Lazure, P. (2004a). Hydrology and circulation in the Strait of Hormuz and the Gulf of Oman—Results from the GOGP99 Experiment: 1. Strait of Hormuz. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109(C12).
- (14) Reynolds, R. M. (1993). Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman—Results from the Mt Mitchell expedition. *Marine pollution bulletin*, 27, 35-59.
- (15) Stewart, R. H. (2008). *Introduction to physical oceanography*. Robert H. Stewart.
- (16) Wijffels, S., Roemmich, D., Monselesan, D., Church, J., & Gilson, J. (2016). Ocean temperatures chronicle the ongoing warming of Earth. *Nature Climate Change*, 6(2), 116-118.
- (17) Zaba, K. D., & Rudnick, D. L. (2016). The 2014–2015 warming anomaly in the Southern California Current System observed by underwater gliders. *Geophysical Research Letters*, 43(3), 1241-1248.





## ردیابی تکامل صفات اتولیت در کپور ماهیان دندان دار حوضه های ساحلی خلیج فارس

عصمت ساويز\*، آزاد تیموری، مینا معتمدی، مجید عسکری حسنی

گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: es.saviz@gmail.com

### چکیده

این مطالعه به ردیابی تاریخ تکاملی صفات مورفولوژیکی اتولیت برای درک حفاظت و تنوع زیستی کپورماهیان دندان دار در حوضه های خلیج فارس می پردازد. قدیمی ترین گونه، *Aphanius furcatus* است که با حداقل ۱۶ میلیون سال واگرایی، سازگاری طولانی مدت با شوری و دما را نشان می دهد. جوان ترین واگرایی در *A. hormuzensis* و *A. ginaonis* رخ می دهد. تغییرات شکل اتولیت در دودمان های تکاملی نشان دهنده پاسخ های سازشی، انتقال از دوزنقه ای به بیضی و در نهایت، شکل های مثلثی و کشیده است. این تغییرات ممکن است تحت تأثیر عواملی مانند بهبود عملکرد حسی و سازگاری های محیطی باشد. تغییر طول روسترم در گونه های جوان تر، به تشخیص سیگنال صوتی در محیط و نیز به استراتژی های سازگاری زیستگاهی کمک می کند. تکامل صفت به شکل تغییر حالتی که در صفات ریختی اتولیت مربوط به کپورماهیان دندان دار در این مطالعه گزارش می شود، با شکل دادن به تنوع گونه ها و تنوع عملکردی در اکوسیستم ها، نقش مهمی در تنوع زیستی آنها ایفا می کند. بنابراین، حفاظت از زیستگاه های متنوع در حوضه های آبریز در خلیج فارس، از راه های مهم در امر حفاظت از تنوع زیستی این آبریان در این منطقه می باشد.

**کلید واژه:** کپور ماهیان دندان دار، درخت فیلوژنی، تنوع زیستی، فاکتورهای اکولوژیکی.

### Tracking the evolution of otolith traits in tooth-carp of Persian Gulf coastal basins

Esmat Savis\*, Azad Teimori, Mina Motamedi, Majid Askari Hesni

Department of Biology, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

\* Corresponding Author E-mail: es.saviz@gmail.com

**Abstract**— This study traces the evolutionary history of otolith morphological traits to understand the conservation and biodiversity of toothed carp in the Persian Gulf basins. The oldest species is *Aphanius furcatus*, which shows long-term adaptation to salinity and temperature with at least 16 million years of divergence. The youngest divergence occurs in *A. hormuzensis* and *A. ginaonis*. Otolith shape changes in evolutionary lineages indicate adaptive responses, transition from trapezoidal to oval, and finally, triangular and elongated shapes. These changes may be influenced by factors such as improved sensory function and environmental adaptations. Rostrum length change in younger species helps to detect the acoustic signal in the environment as well as the habitat adaptation strategies. Trait evolution in the form of changes in the otolith morphological traits of toothed carp is reported in this study, by shaping species diversity and functional diversity in ecosystems, it plays an important role in their biodiversity. Therefore, protection of diverse habitats in watersheds in the Persian Gulf is one of the important ways to protect the biodiversity of these aquatic animals in this region.

**Key words**— Aphaniidae, Phylogeny tree, Biodiversity, Ecological factors.





## ۱. مقدمه

حوضه های آبریز ساحلی خلیج فارس به عنوان کانونی از تنوع زیستی برجسته است که با تغییرات تکاملی با قدمت نزدیک به ۳۰ میلیون سال شکل گرفته است (۱). ایران از کانون های اصلی گونه زایی کپورماهیان دندان دار در جهان شناخته می شود (۲). این ماهیان به عنوان اعضای جدایی ناپذیر اکوسیستم های آبی، سازگاری قابل توجهی با شرایط محیطی در حال تغییر در اثر پدیده های طبیعی و فعالیت های انسانی از خود نشان می دهد. درک سازگاری های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و رفتاری، به ویژه سازگاری های مرتبط با تکامل اتولیت هستند، در زمینه حفاظت از محیط زیست، تحقیقات تنوع زیستی، و تدوین استراتژی های موثر حفاظتی بسیار اهمیت دارد. این ماهیان توانایی سازگاری قابل توجهی با شرایط محیطی متغیر خلیج فارس از خود نشان می دهند. با توجه به تغییرات شرایط زیست محیطی که به تغییرات اقلیمی و فعالیت های انسانی بازمی گردد، فهم ویژگی های مورفولوژیک، فیزیولوژیکی و رفتاری کپورماهیان دندان دار برای حفاظت از محیط زیست و تحقیقات تکاملی و تنوع زیستی اهمیت زیادی دارد. هدف این تحقیق ردیابی تکاملی ویژگی های ریختی سنگریزه شنوایی در این ماهیان می باشد. از آنجایی که سنگریزه شنوایی یک ساختار بیولوژیکی مهم در ماهیان می باشد و نقش مهمی در سازش دراز مدت ماهیان در محیط زیست و نیز ارتباط های بین افراد دارد، بنابراین، تغییرات تکاملی این ساختار ارتباط تنگاتنگی با تنوع زیستی این آبزیان دارد. با ردیابی ویژگی های ریختی سنگریزه شنوایی، ما به دنبال درک چگونگی تکامل و پاسخ های پتانسیلی این ماهیان به تغییرات محیطی هستیم.

تکامل صفت با شکل دادن به تنوع گونه ها و تنوع عملکردی در اکوسیستم ها، نقش مهمی در تنوع زیستی ایفا می کند. (۳، ۴، ۵، ۶). از این رو، نقش تکامل ویژگی ها در شکل گیری تنوع گونه های کپورماهیان دندان دار، اهمیت قابل توجهی در مطالعات تنوع زیستی آبزیان دارد. تکامل ویژگی ها، شامل سازش های مورفولوژیک، ژنتیکی و رفتاری، نقش محوری در تنوع زیستی غنی مشاهده شده در این ماهیان در ایران به ویژه حوضه های ساحلی خلیج فارس دارد. درک اینکه چگونه این ویژگی ها تا زمان امروز تکامل یافته اند نه تنها به روشن شدن فرآیندهای تاریخی از خط تکاملی این ماهیان را ایجاد کرده اند، بلکه اطلاعات مفیدی در ارتباط با ظرفیت آن ها برای مقابله با چالش های اکولوژیکی مختلف را در اختیار محققین می گذارد (۷). (۸). علاوه بر این، با بررسی پیچیدگی های تکامل صفت در کپورماهیان دندان دار، محققان و حافظان محیط زیست می توانند درک دقیقی از ظرفیت این گونه ها برای سازگاری داشته باشند. این نتایج در نهایت می تواند به تلاش های حفاظتی جامع با هدف حفظ تنوع زیستی غنی آنها در ایران و نیز حوضه های ساحلی حوضه خلیج فارس منجر گردد. در یک نتیجه گیری کلی می توان گفت هدف از این مطالعه، هدایت تلاش های جامع حفاظت، کمک به توسعه پایدار دریا محور و حفظ تنوع زیستی غنی ماهیان در حوضه های ساحلی ایران و خلیج فارس است.

## ۲. مواد و روش ها

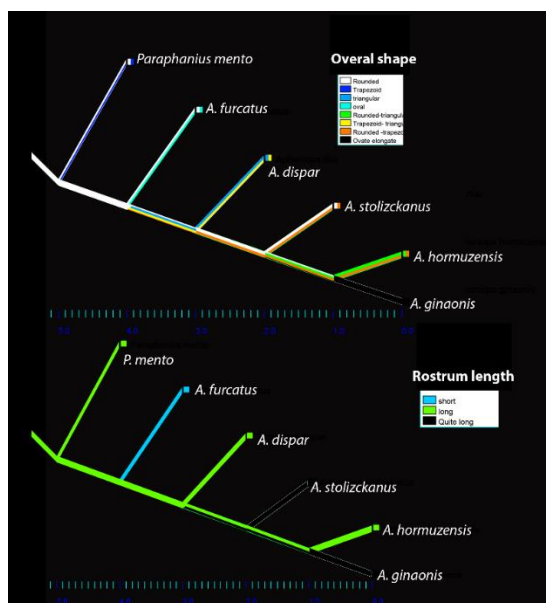
در این پژوهش از اتولیت و توالی های ژنتیکی ۵ گونه از کپورماهیان حوضه های آبریز خلیج فارس مربوط به جنس *Aphaniops* شامل (*A. ginaonis*, *A. hormuzensis*, *A. stolizcanus*, *A. furcatus*) و یک گونه نزدیک از حوضه دریای سرخ بنام *Aphaniops dispar* استفاده گردیده است. این پژوهش بر پایه داده های ریخت شناسی اتولیت و توالی های DNA مربوط به ژن سیتوکروم b می باشد. لازم به ذکر است که به منظور استخراج نتایج قابل اعتماد، داده های ریخت شناسی و توالی های ژنتیکی مورد استفاده در این تحقیق، مربوط به ماهیان یکسان می باشد. اطلاعات مربوط به ژن سیتوکروم b ماهیان



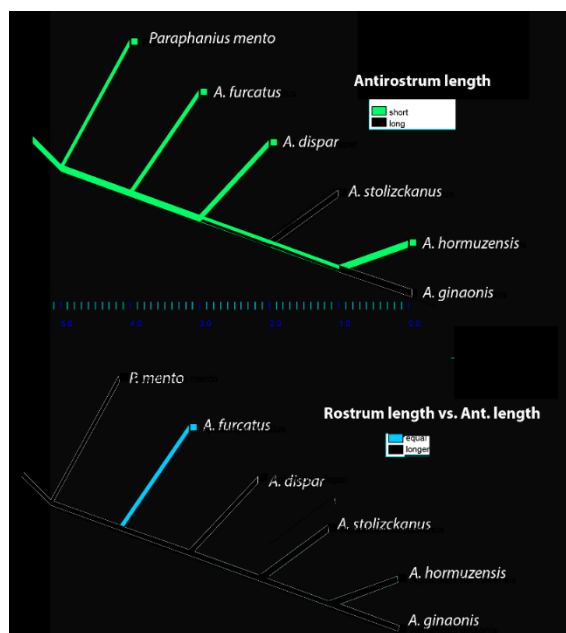
مربوطه از سایت <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> استخراج گردید، و ماتریس داده مربوط به توالی های این ژن در نرم افزار Seaview همتراز شدند. ماتریس داده مربوط به ۱۲ صفت ریختی اتولیت در نرم افزار mesquite 3.81 ایجاد و درخت فیلوژنی بر پایه داده های ژنتیکی ترسیم و حالات جدی صفات ریخت شناسی در آن بازسازی (Reconstruct ancestral characters) (state) و ردیابی گردید. به منظور قطبیت بخشیدن به درخت و بازسازی حالات جدی و اشتقاقی بین حالات صفات از گونه ی *Paraphanius mento* به عنوان گروه خارجی استفاده گردید. ماتریس داده های ریختی شامل حالات صفات زیر می باشد: ۱- شکل کلی، ۲- شکل سولکوس، ۳- خمیدگی سولکوس، ۴- عمق سولکوس، ۵- عمق زاویه بیرونی، ۶- گستردگی زاویه بیرونی، ۷- طول روستروم، ۸- نوک روستروم، ۹- طول آنتی روستروم، ۱۰- نوک آنتی روستروم، ۱۱- شیار پشتی و ۱۲- نوک لبه پشتی.

### ۳. نتایج و بحث

درخت تکاملی کپورماهیان دندان دار مورد مطالعه در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است. کپورماهی دندان دار بدون فلس (*A. furcatus*) قدیمی ترین کپورماهی دندان دار تکامل یافته در حوضه های آبریز در اطراف خلیج فارس می باشد که تکامل آن مربوط به سازش های اکولوژیکی طولانی مدت آن نسبت به فاکتورهایی مانند شوری و دما در زیستگاههای شور و لب شور می باشد (۱). گونه های کپورماهی دندان دار هرمز (*A. hormuzensis*) و کپورماهی دندان دار گنو (*A. ginaonis*) جوانترین واگرایی را در این حوضه نشان می دهند. مطالعات گذشته نشان داده است که تکامل این ماهیان حداقل در یک تاریخ ۱۶ میلیون ساله اتفاق افتاده است (۱، ۹). از میان صفات مورد مطالعه، تاریخچه تغییرات تکاملی چهار صفت در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است. در شکل ۲، حالات جدی صفت ریختی "شکل کلی، over shape" مربوط به اتولیت گونه های مورد مطالعه بر روی درخت فیلوژنیکی بازسازی شده است. گره های نزدیک به ریشه درخت نشان دهنده اجداد مشترک قدیمی تری هستند و گره های نزدیک به نوک نشان دهنده اجداد مشترک اخیر هستند. همانطور که نشان داده است، شکل کلی اتولیت در طول تکامل این ماهیان گوناگونی های زیادی داشته، بطوریکه حداقل ۸ حالت مختلف در تبارهای تکاملی آنها دیده می شود. بنظر می رسد، حالت ذوزنقه ای و گرد از حالات جدی شکل اتولیت در این ماهیان می باشند که به حالت بیضی شکل در کپورماهی دندان ار بدون فلس تغییر یافته و جدیدترین تغییر در این صفت تمایل شکل اتولیت به مثلثی شدن و طویل شدن می باشد که به ترتیب در گونه های کپورماهی دندان دار هرمز (*A. hormuzensis*) و کپورماهی دندان دار گنو (*A. ginaonis*) دیده می شود. تغییرات در شکل اتولیت می تواند تحت تاثیر عوامل مختلف تکاملی و فشارهای اکولوژیکی باشد. برای تغییر شکل اتولیت از بیضی و ذوزنقه ای به مثلثی و کشیده، چندین دلیل تکاملی ممکن می توان در نظر گرفت؛ عملکرد حسی بهبود یافته، حرکت تخصصی برای زیستن در شرایط محیطی پیچیده و متلاطم، سازگاری های محیطی برای سازگاری زیستن در شرایط اکولوژیکی متغییر آب (۱۰). برای صفت ریختی "طول روستروم، Rostrum length"، بنظر می رسد اتولیت با روستروم کوتاه نسبت به روستروم بلند یک حالت جدی می باشد. در گونه های جوانتر مانند *A. ginaonis*، *A. hormuzensis* و *A. stolizcanus* این تغییر تکاملی اتفاق افتاده است. روستروم بلند در اتولیت می تواند به عنوان یک سازگاری برای بهبود تشخیص و تفسیر سیگنال های صوتی در آب عمل کند (۱۱).



شکل ۱: بازسازی تاریخچه تغییرات تکاملی حالات جدی در "شکل کلی، overall shape" و "طول روستروم، rostrum" مربوط به اتولیت در گونه های مورد مطالعه بر روی درخت فیلوژنیکی شده است.



شکل ۲: بازسازی تاریخچه تغییرات تکاملی حالات جدی در "آنتی روستروم، Antirostrum" و "نسبت طول روستروم به آنتی روستروم، rostrum L vs Ant. length" مربوط به اتولیت در گونه های مورد مطالعه بر روی درخت فیلوژنیکی شده است.



## منابع

- 1- Teimori, A., Esmaili, H. R., Erpenbeck, D., & Reichenbacher, B. 2014. A new and unique species of the genus *Aphanius* Nardo, 1827 (Teleostei: Cyprinodontidae) from Southern Iran: A case of regressive evolution. *Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology*, 253(4), 327-337.
- 2- Teimori, A., Esmaili, H. R., Hamidan, N., & Reichenbacher, B. 2018. Systematics and historical biogeography of the *Aphanius dispar* species group (Teleostei: Aphaniidae) and description of a new species from Southern Iran. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 56(4), 579-598.
- 3- György, Barabás., Christine, E., Parent., Andrew, C., Kraemer., Frederik, Van, de, Perre., Frederik, De, Laender. 2020. The evolution of trait variance creates a tension between species diversity and functional diversity. *bioRxiv*, doi: 10.1101/2020.07.01.182261
- 4- Kyle, F., Edwards., Colin, T., Kremer., Colin, T., Kremer., Elizabeth, Miller., Matthew, M., Osmond., Elena, Litchman., Christopher, A., Klausmeier. 2018. Evolutionarily stable communities: a framework for understanding the role of trait evolution in the maintenance of diversity. *Ecology Letters*, 21(12):1853-1868. doi: 10.1111/ELE.13142
- 5- Pedro, Henrique, Albuquerque, Sena., Pedro, Henrique, Albuquerque, Sena., Ana, Carolina, Borges, Lins-e-Silva., Thiago, Gonçalves-Souza. 2018. Integrating trait and evolutionary differences untangles how biodiversity affects ecosystem functioning. *Oecologia*, 188(4):1121-1132. doi: 10.1007/S00442-018-4269-1
- 6- Tina, Astor. 2011. The importance of species traits in biodiversity-ecosystem functioning research.
- 7- Krause, S., Le Roux, X., Niklaus, P. A., Van Bodegom, P. M., Lennon, J. T., Bertilsson, S., ... & Bodelier, P. L. 2014. Trait-based approaches for understanding microbial biodiversity and ecosystem functioning. *Frontiers in microbiology*, 5: 251.
- 8- Kosswig, C. U. R. T. 1967. Tethys and its relation to the peri-Mediterranean faunas of freshwater fishes. *Syst. Assoc. Publ*, 7: 313-324.
- 9- Teimori, A., Schulz-Mirbach, T., Esmaili, H. R., & Reichenbacher, B. 2012. Geographical differentiation of *Aphanius dispar* (Teleostei: Cyprinodontidae) from southern Iran. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 50(4), 289-304.
- 10- Smith, P. F. 2019. The Growing Evidence for the Importance of the Otoliths in Spatial Memory. *Frontiers in Neural Circuits*, 13. <https://doi.org/10.3389/fncir.2019.00066>.
- 11- Vignon, M. 2012. Ontogenetic trajectories of otolith shape during shift in habitat use: Interaction between otolith growth and environment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*



## رنگ سنجی دیجیتالی آمونیوم در نمونه‌های آب پس از میکرو استخراج مایع - مایع پخشی مبتنی بر حلال سبز

هادی بوعدار<sup>۱</sup>، آرش لرکی<sup>۱\*</sup>، ناهید پوررضا<sup>۲</sup>

۱ گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران  
۲ گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: arash\_larki@yahoo.com & a.larki@kmsu.ac.ir

### چکیده

در این مطالعه، یک روش مقرون به صرفه برای کمی‌سازی یون‌های آمونیوم با استفاده از گوشی هوشمند و رنگ‌سنجی دیجیتال توسعه داده شد. یون‌های آمونیوم در یک محیط قلیایی به یک مشتق زرد رنگ تبدیل شدند و با استفاده از برنامه آشکارساز رنگ RGB اندازه‌گیری شدند. یک حلال یوتکتیک عمیق سبز برای استخراج استفاده شد، تأثیر متغیرهای کلیدی بر فرآیندهای مشتق‌سازی و میکرواستخراج، از جمله pH محلول، غلظت استیل استون و فرمالدئید، دما، زمان واکنش و حجم حلال استخراج، به‌طور کامل بررسی و بهینه‌سازی شد. روش خطی در محدوده ۵-۰/۱۵ میلی‌گرم بر لیتر با محدودیت تشخیص ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر یافت شد. این روش با موفقیت در نمونه‌های آب محیطی، استخر ماهی و نمونه‌های آب آکواریوم با بازیابی از ۹۴/۷ تا ۱۰۶/۷ درصد اعمال شد. این مطالعه یک رویکرد ساده و کارآمد برای کمی کردن یون‌های آمونیوم، با کاربردهای بالقوه در پایش زیست‌محیطی و ارزیابی کیفیت آب ارائه می‌کند.

**کلیدواژه:** آمونیوم؛ گوشی‌های هوشمند؛ داده‌های RGB؛ حلال یوتکتیک عمیق؛ میکرواستخراج مایع-مایع پخشی؛ حلال سبز.

**Abstract**— In this study, A cost-effective method for quantifying ammonium ions using a smartphone and digital colorimetry was developed. Ammonium ions were converted into a yellow-colored derivative in an alkaline medium and measured using the RGB Color Detector app. A deep green eutectic solvent was used for extraction, with key variables optimized for maximum efficiency. The method was found to be linear in the range of 0.15-5.0  $\mu\text{g mL}^{-1}$  with a limit of detection of 0.05  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . The method was successfully applied to environmental water samples, fish pond, and aquarium water samples with recoveries ranging from 94.7 to 106.7%. This study provides a simple and efficient approach for quantifying ammonium ions, with potential applications in environmental monitoring and water quality assessment.

**Keywords**— Ammonium; Smartphone; RGB data; Deep eutectic solvent; Dispersed liquid-liquid microextraction; Green solvent.

### ۱-مقدمه

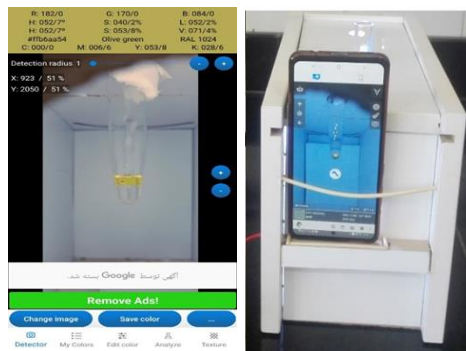
نیترژن آمونیاکی، به شکل آمونیاک غیریونیزه ( $\text{NH}_3$ ) و آمونیوم ( $\text{NH}_4^+$ ) یک ترکیب طبیعی است که برای زندگی گیاهان و حیوانات ضروری است (۱). اما به عنوان یک آلاینده رایج در اکوسیستم‌های آبی شناخته می‌شود. وجود آمونیوم ممکن است منجر به اتروفیکاسیون و کاهش اکسیژن شود و در نهایت موجب مرگ ماهی‌ها و دیگر موجودات زنده شود. پایش دقیق غلظت آمونیوم در محلول‌های آب بسیار مهم است و روش‌های مختلف برای تعیین آمونیوم در آب وجود دارد. با این وجود، این روش‌ها دارای معایبی مانند روش‌های وقت‌گیر، پر زحمت، و نیاز به حجم نمونه زیاد و حلال‌های سمی

هستند. حلال‌های یوتکتیک عمیق (DESs) یکی از جایگزین‌های امیدوارکننده هستند که توجه زیادی را به خود جلب کرده اند، حلال‌های یوتکتیک عمیق دارای طیف وسیعی از خواص سودمند از جمله فراریت کم، هزینه تولید کم، غیر سمی بودن و زیست تخریب پذیری هستند (۲،۳). تلفن‌های هوشمند اکنون به طور گسترده به عنوان دستگاه‌های مقرون به صرفه، با استفاده آسان و قابل حمل برای تشخیص رنگ سنجی پیشرفته، فلورسانس و نورتایی شیمیایی شناخته شده اند. با این حال، هنوز محدودیت‌هایی مانند انتخاب‌پذیری کم و حساسیت ضعیف هنگام تجزیه و تحلیل نمونه‌های واقعی با ماتریس‌های پیچیده، برای روش‌های مبتنی بر گوشی‌های هوشمند وجود دارد، این محدودیت‌ها را می‌توان با ترکیب حسگر تلفن هوشمند با روش‌های استخراجی برطرف کرد. هدف ما بررسی پتانسیل یک حلال یوتکتیک عمیق جدید (DES) به عنوان یک حلال استخراج در روش میکرو استخراج مایع - مایع پخشی است. به طور خاص، ما بر مید تراپروپیل آمونیوم (TPABr) را به عنوان گیرنده پیوند هیدروژنی و ایزوآمیل الکل (IAA) را به عنوان دهنده پیوند هیدروژنی برای ایجاد یک مخلوط یوتکتیک جدید با آبگریزی بالا برای اولین بار انتخاب کردیم. هدف ما به کارگیری این سیستم حلال برای تشخیص رنگ سنجی یون‌های آمونیوم در نمونه‌های آبی بود. در این مطالعه، ما به طور کامل پارامترهای مختلفی از جمله pH محلول، غلظت استیل استون و فرمالدئید، دما، زمان واکنش و حجم حلال استخراج را که بر سیگنال اندازه‌گیری روش تأثیر می‌گذارد، مطالعه و بهینه کردیم.

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱- ثبت و تجزیه و تحلیل تصویر

برای انجام تصویربرداری با گوشی هوشمند از یک جعبه آزمایشگاهی چوبی به ابعاد ۳۰×۱۵×۲۰ سانتی متر برای ایجاد شرایط محیطی و نوری مناسب استفاده شد. جعبه با استفاده از ورق‌های ام دی اف سفید با ضخامت ۸ میلی متر ساخته شده است (شکل ۱). برای اطمینان از کیفیت و تکرارپذیری بهینه تصویر، یک لوله مخروطی حاوی محلول رنگی در موقعیت ثابت قرار داده شد و تصاویر به طور مداوم در حالت "فلش خاموش" گرفته شدند. عکس‌ها با فرمت JPG با ۲۴ بیت عمق رنگ در حافظه گوشی ذخیره شدند و سپس با استفاده از برنامه RGB Color Detector پردازش شدند. مقادیر RGB ثبت شده و برای تبدیل به مقادیر سیگنال نوری از معادله ۱ استفاده شد.



شکل ۱: شیوه تصویربرداری و نمایش کدهای R, G, B در نرم افزار RGB Color Detector

$$A = [(R - R')^2 + (G - G')^2 + (B - B')^2]^{1/2}$$

معادله ۱

## ۲-۲ روش کلی

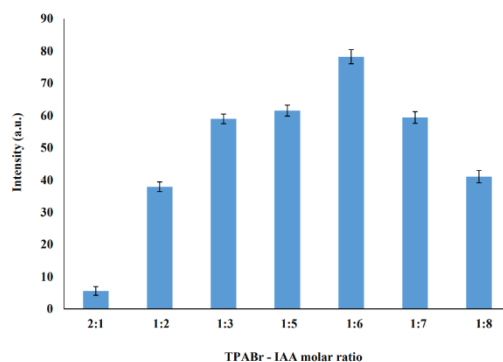
برای تعیین غلظت آمونیوم با استفاده از روش پیشنهادی، ابتدا مقداری از محلول استاندارد  $NH_4^+$  یا محلول نمونه واقعی در یک بالن حجمی ۱۰ میلی لیتری ریخته شد. سپس به ترتیب محلول فرمالدئید، محلول استون و محلول بافر فسفات به بالن اضافه شد و سپس با آب رقیق شد. سپس محلول به دست آمده به یک لوله مخروطی منتقل شد و در حمام آب در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲ دقیقه حرارت داده شد تا محلول زرد رنگی به دست آید. سپس حلال TPABr-DES (IAA) به سرعت به آن تزریق شد و پس از تکان دادن، سانتیفریوژ شده و فاز زرد رنگ جدا شده است. در نهایت، با استفاده از برنامه اندرویدی RGB Color Detector، مقادیر RGB تصاویر گرفته شده است.

## ۳-۲ نتایج و بحث

### ۱-۳-۲ بهینه سازی پارامترهای موثر بر واکنش

#### ۱-۳-۲-۱ تأثیر نوع و ترکیب DES

برای دستیابی به بهترین کارایی حلال استخراجی در فرایند استخراج، حلال یوتکتیک عمیق باید دارای ویژگی‌های خاصی باشد، مانند حلالیت کم در آب، چگالی کمتر از آب، نقطه ذوب مشابه دمای اتاق، و قابلیت استخراج کارآمد برای آنالیت مورد نظر. در این مطالعه سه نوع DES به عنوان حلال استخراج مورد ارزیابی قرار گرفتند (DES1: اسید دکانویک - کولین کلرید)، DES2: (تترا پروپیل آمونیوم برومید-ایزوآمیل الکل)، و DES3: متیل تری اکتیل آمونیوم کلرید-ایزوآمیل الکل) به عنوان حلال استخراج مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج به دست آمده در شکل (۲) نشان داد که DES2 کارایی استخراج بالاتر را نسبت به سایر حلال‌های استخراجی دارد.

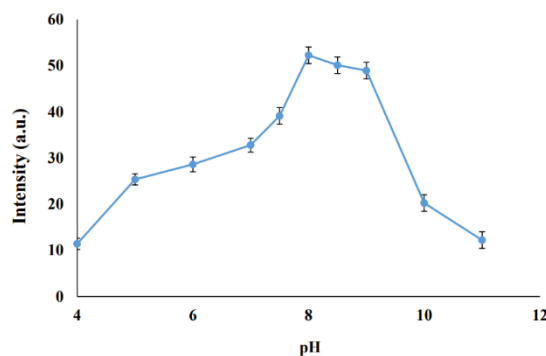


شکل ۲: تأثیر نسبت مولی TPABr-IAA در حلال یوتکتیک عمیق (DES)

### ۲-۱-۳-۲ بهینه سازی pH



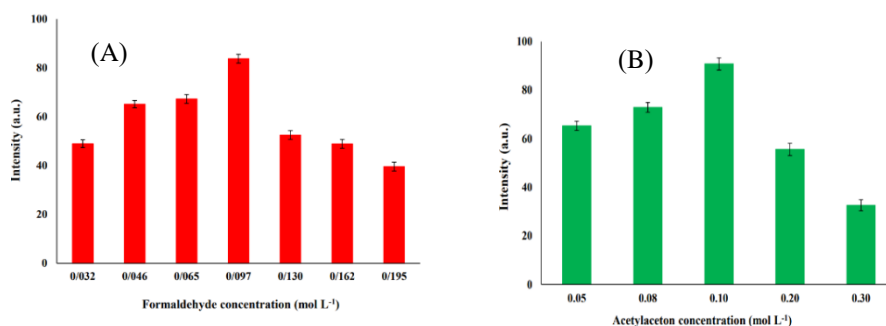
pH محلول نمونه تأثیر زیادی بر واکنش مشتق سازی و بازیابی استخراج دارد (۴). بنابراین، تأثیر pH بر واکنش مشتق سازی آمونیوم و روش DLLME در محدوده pH ۴-۱۱ مورد مطالعه قرار گرفت. شکل (۳) نشان می‌دهد که بالاترین راندمان استخراج در pH 8.0 به دست آمده است، که با شرایط قلیایی لازم برای واکنش هانش همخوانی دارد. افزایش حالت قلیایی علاوه بر تشدید رنگ زرد محلول، منجر به کاهش تفاوت بین داده‌های RGB نمونه و شاهد می‌شود. بنابراین، pH محلول نمونه با استفاده از محلول ۰/۳ مولار بافر فسفات با pH 8.0 برای آزمایش‌های بعدی روی ۸/۰ تنظیم تا نتایج ثابت و قابل اعتماد حاصل شود.



شکل ۳: تأثیر pH بر تشخیص آمونیوم

### ۳-۱-۳-۲ تأثیر غلظت فرمالدهید و استیل استون

شدت محصول رنگی در واکنش رنگ سنجی هانش مستقیماً تحت تأثیر غلظت معرف های فرمالدئید و استیل استون است. برای تعیین تأثیر این غلظت ها بر سیگنال قابل اندازه گیری، دو سری آزمایش مستقل با استفاده از غلظت های مختلف فرمالدئید (از ۰/۰۳۲ تا ۰/۱۹۵ مولار) و استیل استون (از ۰/۰۵ تا ۰/۳ میلی مولار) در محلول آبی نهایی انجام شد. نتایج شکل (۴) نشان می‌دهد که حداکثر سیگنال نوری در غلظت فرمالدئید ۰/۰۹۷ مولار و غلظت استیل استون ۰/۱ میلی مولار به دست آمده است.



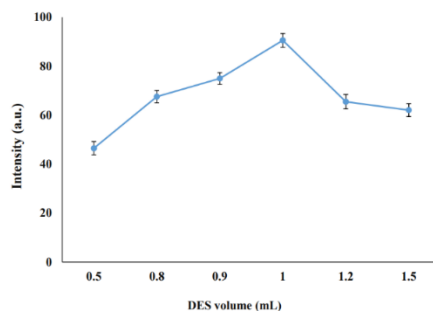
شکل ۴: تأثیر غلظت فرمالدهید (A) و استیل استون (B) بر تشخیص آمونیوم

### ۴-۱-۳-۲ تأثیر زمان و دمای واکنش

واکنش هانش، که شامل استفاده از دیکتون‌هایی مانند استیل استون است، با سرعت آهسته پیش می‌رود. در نتیجه، دماهای بالاتر اغلب برای تسهیل واکنش‌های تشکیل رنگ مرتبط با این فرآیند مورد نیاز است. به منظور تعیین دمای واکنش بهینه، دماهای مختلف از ۴۰ تا ۹۰ درجه سانتیگراد با استفاده از حمام آب مورد آزمایش قرار گرفتند. زمان واکنش نیز در محدوده ۲۲-۵ دقیقه بررسی شد، براساس نتایج دما و زمان بهینه به ترتیب ۸۰ درجه و ۱۲ دقیقه می‌باشد.

### ۲-۳-۱-۵ تاثیر حجم حلال استخراج کننده

در تکنیک‌های میکرو استخراج، حجم حلال استخراج می‌تواند دو اثر متمایز داشته باشد. با افزایش حجم حلال استخراج، می‌توان کارایی استخراج را به دلیل افزایش حضور ریز قطرات حلال موجود افزایش داد. برعکس، افزایش حجم حلال استخراج ممکن است منجر به کاهش راندمان استخراج به دلیل اثرات رقت شود (۴). بنابراین، برای یافتن حجم بهینه DES، حجم‌های مختلف این حلال در محدوده ۰/۵ تا ۱/۵ میلی لیتر ارزیابی شد. شکل (۵) نشان داد حجم ۱ میلی لیتر DES، حجم تعادلی بین به حداکثر رساندن راندمان استخراج با افزایش حضور ریز قطرات حلال و به حداقل رساندن اثرات رقت ایجاد می‌کند.



شکل ۵: تاثیر حجم حلال استخراجی بر تشخیص آمونیوم

### ۳- نتیجه گیری

در این مطالعه از حلال یونکتیک عمیق آبگریز (DES) جدید و سازگار با محیط زیست متشکل از TPABr-IAA (1:6)، برای پیش تغلیظ و اندازه گیری آمونیوم در نمونه‌های آب استفاده شد. این روش شامل ادغام DES با میکرواستخراج مایع پراکنده (DLLME) و سنجش رنگ‌سنجی دیجیتال با استفاده از فناوری گوشی‌های هوشمند است. ترکیب ۳،۵-دی استیل-۱،۴-دی هیدرولوتیدین (DDL) تولید شده به کمک حلال DES استخراج و تغلیظ شد و داده‌های RGB ترکیب استخراج‌شده با استفاده از گوشی هوشمند ضبط شد. روش پیشنهادی چندین مزیت از جمله سادگی، دقت بالا، خطی بودن خوب، سرعت و هزینه کم را نشان داد. همچنین، نرخ بازیابی استخراج بالای (۹۴/۶-۱۰۶/۷٪) را برای آمونیوم نشان داد. استفاده از نرم افزار گوشی‌های هوشمند در این روش به طور قابل توجهی نیاز به تجهیزات گران قیمت و اپراتورهای آموزش دیده را که معمولاً با طیف سنج‌های آزمایشگاهی معمولی مرتبط هستند کاهش می‌دهد. علاوه بر این، این روش امکان تعیین دقیق و تکرارپذیر مقادیر کمی از آمونیوم در نمونه‌های مختلف آب و فاضلاب را فراهم می‌کند.



#### ۴-منابع

- (1) Y. Zhu, D. Yuan, H. Lin, T. Zhou, Determination of Ammonium in Seawater by Purge-and-Trap and Flow Injection with Fluorescence Detection, *Analytical Letters*, 49 (2016) 665-675.
- (2) D. Ge, Y. Zhang, Y. Dai, S. Yang, Air-assisted dispersive liquid-liquid microextraction based on a new hydrophobic deep eutectic solvent for the preconcentration of benzophenone-type UV filters from aqueous samples, *Journal of Separation Science*, 41 (2018) 1635-1643.
- (3) P. Makoś, E. Słupek, J. Gębicki, Hydrophobic deep eutectic solvents in microextraction techniques–A review, *Microchemical journal*, 152 (2020).
- (4) M. Moslemzadeh, A. Larki, K. Ghanemi, A combination of dispersive liquid-liquid microextraction and smartphone-based colorimetric system for the phenol measurement, *Microchemical Journal*, 159 (2020) 105583.



## روش‌های داده‌کاوی در مطالعات فیزیک دریا (مطالعه موردی: الگوریتم هندسه برداری)

امید ماه‌پیکر\*<sup>۱</sup>، امیر اشتیری لرکی<sup>۲</sup>، محمد اکبری‌نسب<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته دکترای فیزیک دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

۲- دانشیار فیزیک دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

۳- دانشیار فیزیک دریا، دانشگاه مازندران، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: O.mahpeykar@kmsu.ac.ir

### چکیده

داده‌های خام در مطالعات فیزیک دریا عمدتاً به دو صورت اندازه‌گیری میدانی و مدل‌سازی عددی حاصل می‌شود. در هر دو نوع داده‌برداری و به‌خصوص مدل‌سازی عددی، حجم زیاد داده؛ تجزیه و تحلیل آن‌ها را مشکل ساخته و استفاده از این داده‌ها را با چالش روبرو می‌سازد. از این‌رو، در سال‌های اخیر استفاده از الگوریتم‌های هوشمند برای تحلیل داده‌ها توسعه یافته است. یکی از این الگوریتم‌ها الگوریتم هندسه برداری است که برای شناسایی پیچک‌ها و جریان‌های چرخشی در داده‌ها به کار می‌رود. ورودی این الگوریتم بردارهای جریان آب هستند که هم دارای سرعت و هم جهت می‌باشند. در این مطالعه نتایج حاصل از مدل‌سازی جریان در خلیج فارس به‌عنوان ورودی الگوریتم در نظر گرفته شد و پیچک‌ها از این مجموعه داده‌ها استخراج شد. چهار روز مختلف از چهار فصل سال انتخاب شد و پیچک‌های موجود در داده‌های هر کدام از روزها شناسایی گردید. نتایج نشان داد که بیشتر پیچک‌ها از نوع چرخندی هستند و شعاع آن‌ها بین ۵ تا ۱۰ کیلومتر می‌باشد.

**کلیدواژه:** الگوریتم هندسه برداری، پیچک، خلیج فارس، داده‌کاوی، مدل‌سازی عددی

### ۱- مقدمه

فیزیک دریا به‌عنوان یک رشته تحقیقاتی، به بررسی و تحلیل رفتار و خصوصیات فیزیکی مختلف در سطح و عمق اقیانوس‌ها می‌پردازد. با توجه به حجم بسیار بزرگ داده‌های جمع‌آوری شده از این منابع طبیعی، استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی، به‌منظور استخراج الگوهای پنهان و رابطه‌های پیچیده، بسیار حائز اهمیت است. با استفاده از این تکنیک‌ها، الگوهای فیزیکی مختلف مانند جریان‌های سطحی و عمودی آب، تراز آب، شوری، دمای آب و... قابل‌شناسایی هستند. با تحلیل داده‌های جغرافیایی جمع‌آوری شده، محققین قادر خواهند بود الگوهای پدیده‌های رخ داده در سطح و عمق اقیانوس را کشف کنند.

پیچک‌های میان‌مقیاس شبیه به گردباد یا طوفان‌های جوی، توده‌های آب چرخان نسبتاً بزرگ در اقیانوس هستند. مطابق با مطالعات صورت گرفته، پیچک‌ها به‌کندی حرکت می‌کنند و بنابراین به‌عنوان یک مشخصه شبه‌ایستایی در ستون آب، هنگام مقایسه با حرکات سریع‌تر در مقیاس زمانی همانند انتشار صوت، در نظر گرفته می‌شوند. همچنین این پدیده‌ها به دلیل فراگیر بودن در اقیانوس‌ها و دریاها، نقشی مهم در گردش اقیانوسی و همچنین انتقال گرما و جرم ایفا می‌کنند (۹). آن‌ها می‌توانند تأثیری عمیق بر روی تولیدات بیولوژی، اکولوژی و بیوژئوشیمی لایه سطحی اقیانوس و در مرتبه بعدی در گردش‌های جزئی و شارها داشته باشند (۵، ۸). مطالعه پیچک‌های میان‌مقیاس در دریاها می‌تواند در سه حالت شناسایی، مشاهداتی و ردیابی پیچک‌های میان‌مقیاس صورت گیرد (۷). روش‌های اتوماتیک شناسایی به چهار دسته تقسیم می‌شود: روش‌های



استفاده کننده از پارامترهای فیزیکی، روش‌های به کارگیری تحلیل wavelet، روش‌های استفاده کننده از مشخصه‌های هندسی خطوط جریان و روش‌های استفاده کننده از مشخصات آنومالی ارتفاع سطح دریا.

داده‌های اقیانوسی و دریایی که حاوی اطلاعات مربوط به پیچک‌ها هستند، شامل داده‌های ماهواره‌ای سنجش از دور و یا خروجی‌های مدل‌های عددی می‌باشند. تجزیه و تحلیل اطلاعات این داده‌ها به دلیل حجم بسیار زیاد از لحاظ مکانی و زمانی به روش معمول امری غیرممکن است (۳). از این رو استخراج پیچک‌ها و تحلیل آن‌ها به روش‌های اتوماتیک صورت می‌گیرد که این روش‌ها ابزاری بسیار مفید را برای مطالعه پدیده‌های مختلف دریایی فراهم می‌آورند.

Tussadiah و همکاران (۱۲) از الگوریتمی برای تعیین مشخصه‌های قائم پیچک‌ها و بیشترین مقدار انرژی جنبشی بین پیچک چرخندی و واچرخندی استفاده کردند. به کمک این الگوریتم داده‌های آماری هر پیچک شامل موقعیت، شعاع، انرژی جنبشی، دما و SSH در چهار تراز قائم حاصل می‌شود. Sun و همکاران (۱۱) از یک الگوریتم اتوماتیک بهبود یافته برای ردیابی پیچک‌های جهانی به کمک داده‌های ارتفاع سنجی ماهواره‌ای بهره بردند. Le-Vu و همکاران (۶) از الگوریتم شناسایی و ردیابی پیچکی تکانه زاویه‌ای برای داده‌های ارتفاع سنجی (Altimetry) و شبیه‌های عددی استفاده کردند. Xu و همکاران (۱۳) به مطالعه خواص پیچک‌های زیر سطحی در شمال غربی اقیانوس آرام بر پرداختند. Duo و همکاران (۴) از یک روش مبتنی بر یادگیری عمیق<sup>۳</sup> برای شناسایی پیچک‌های اقیانوسی بهره گرفتند. در این مطالعه یک شبکه موقعیت‌یابی و شناسایی اتوماتیک پیچک (OEDNet) ایجاد شد که مبتنی بر شبکه شناسایی ایشیا است.

## ۲- مواد و روش

ساختار پیچک علی‌الظاهر به صورت ناحیه‌ای تعریف می‌شود که در آن میدان سرعت یک جریان چرخشی را نشان می‌دهد؛ به عبارتی دیگر جایی است که بردارهای سرعت به صورت ساعت‌گرد یا پادساعت‌گرد حول یک مرکز می‌چرخند. این تعریف با آنچه توسط روش‌های دیگر ارائه شده است، تطابق دارد. الگوریتم هندسه برداری از این مفهوم برای شناسایی و آشکارس پیچک‌ها استفاده می‌کند. چهار قید مطابق با تعریف میدان سرعت پیچک و مشخصات آن معرفی می‌شود و در نهایت پیچک در صورت اقناع این چهار شرط ثبت می‌شود (۱۰):

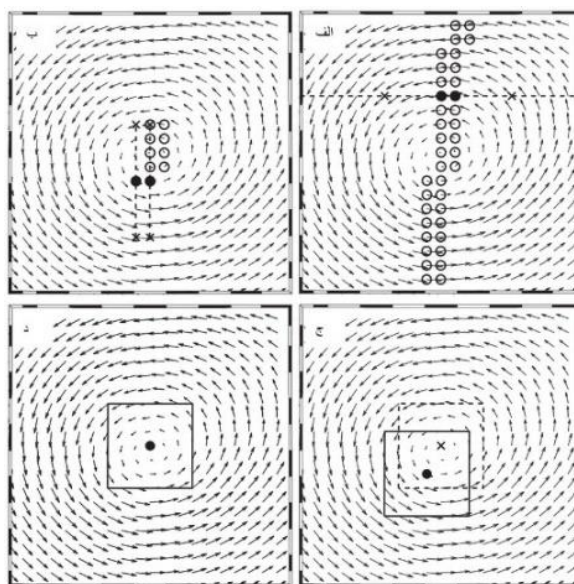
- در طول مقطع شرقی-غربی علامت  $v$  حول نقطه‌ای مرکزی باید معکوس شود و اندازه آن با دور شدن از مرکز افزایش یابد.
- در طول مقطع شمالی-جنوبی علامت  $u$  حول نقطه‌ای مرکزی باید معکوس شود و اندازه آن با دور شدن از مرکز افزایش یابد.
- مقادیر سرعت دارای مقدار حداقل در مرکز پیچک هستند.
- حول مرکز پیچک جهت‌های برداری سرعت باید با یک آهنگ ثابت چرخش تغییر کند.

این قیدها به دو پارامتر نیاز دارند تا مشخص شوند: یک پارامتر برای قیده‌های اول، دوم و چهارم و یکی هم برای قید سوم. پارامتر اول  $a$  تعیین می‌کند چه تعداد از نقاط شبکه که با دور شدن از مرکز دارای حالت افزایشی  $u$  در راستای شمالی-جنوبی و یا  $v$  در راستای شرقی-غربی هستند، بررسی شده‌اند. همچنین این پارامتر منحنی حول مرکز پیچک را تعیین می‌کند که در طول آن تغییر جهت بردارهای سرعت ارزیابی شده است. پارامتر دوم  $b$  تعیین می‌کند که چه تعداد از نقاط شبکه برای

یافتن حداقل محلی سرعت جستجو شده‌اند. این دو پارامتر الگوریتم را انعطاف‌پذیر کرده و حداقل اندازه پیچک‌های قابل‌شناسایی را تنظیم می‌کنند و اجازه می‌دهند الگوریتم در مورد شبکه‌های با تفکیک مختلف به کار گرفته شود (Dong et al., 2009). از سوی دیگر مقادیر این دو پارامتر برای بهینه‌سازی الگوریتم جهت استفاده از مجموعه داده‌ها با تفکیک مختلف لازم است تا بدین طریق الگوریتم عملکرد بهتری در مورد شناسایی پیچک‌ها داشته باشد. شناسایی درست یا نادرست پیچک‌ها می‌تواند به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تغییر کند و آزمون‌های حساسیت‌سنجی باید برای تعیین مقادیر بهینه خاص این دو پارامتر استفاده شود. برای شناسایی پیچک‌ها در خلیج فارس ما بر اساس حساسیت‌سنجی مقادیر  $a=3$  و  $b=2$  را در نظر گرفتیم. تحلیل و توصیف این حساسیت‌سنجی در ادامه این بخش بیان خواهد شد.

در شکل ۱ پیچکی برای توصیف جزئیات چهار قید مورداستفاده در الگوریتم به‌عنوان مثال مشخص شده است. الگوریتم با شروع از ردیف اول ماتریس سرعت‌های سطحی، در هر عرض جغرافیایی مؤلفه  $v$  سرعت را تحلیل می‌کند و نقاط مجاور با علامت معکوس را می‌یابد. در قسمت الف شکل ۱ دو نقطه سیاه در یک عرض جغرافیایی خاص به‌عنوان نقاط مجاور با علامت معکوس برای مؤلفه  $v$  تشخیص داده شده‌اند. به ازای هر جفت، الگوریتم علامت و مقدار  $v$  را در چهار نقطه شبکه (به ازای  $a=4$  برای مثال) بررسی می‌کند که این نقاط روی خط‌چین در شکل نشان داده شده‌اند. پیرو قید اول، فقط آن جفت‌هایی از  $v$  باقی می‌مانند که علامت  $v$  معکوس می‌شود و به لحاظ اندازه نیز بزرگ‌تر هستند (دایره‌های توخالی). به کمک تغییرات شرقی-غربی  $v$  امکان تعیین آهنگ چرخش پیچک وجود دارد به‌طوری‌که اگر  $v$  با عبور از مرکز از منفی به مثبت تغییر کند (با پیشروی از شرق به سمت غرب)، جهت چرخش واچرخندی است و اگر از مثبت به منفی تغییر کند، چرخندی است (در نیمکره جنوبی برعکس است).

در مرحله بعد، قید دوم برای مقطع طولی (شمالی-جنوبی) در سراسر نقاط شبکه به ازای آن نقاطی که قید اول اقلان شده بود، به کار گرفته می‌شود. از جفت‌های حاصله شکل ۱-الف یک مورد به‌عنوان مثال در شکل ۱-ب مشخص شده است. مقادیر  $u$  به ازای  $a=4$  در چهار نقطه به سمت شمال و جنوب توسط دو مقطع در شکل ۱-ب نشان داده شده‌اند.



شکل ۱: نمایشی از الف) قید اول، ب) قید دوم، ج) قید سوم و د) قید چهارم استفاده‌شده در الگوریتم هندسه برداری



اندازه  $u$  در این نقاط نسبت به نقطه شروع افزایش می‌یابد درحالی‌که علامت آن باید با آهنگ چرخشی که در مورد تغییرات  $v$  در قسمت قبل به دست آمد مطابقت داشته باشد. اگر  $u$  از منفی به مثبت تغییر کند (با پیشروی از جنوب به شمال)، چرخش و اچرخندی است و اگر از مثبت به منفی تغییر کند، چرخش چرخندی است. دایره‌های شکل  $b$  نقاطی را نشان می‌دهند که در آن‌ها قید دوم نیز علاوه بر قید اول اقلان شده است. بر اساس تغییرات دو مؤلفه سرعت در جهت‌های مختلف، دو قید اول مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند؛ بنابراین نقاطی که در آن‌ها هر دو قید اقلان شده‌اند، مستقل از به‌کارگیری این دو هستند.

قید سوم برای نقاطی که هر دو قید قبلی برقرار باشند، به کار گرفته می‌شود و این نیاز به وجود حداقل سرعت محلی در نزدیکی آن‌ها است. اگر یک پیچک وجود داشته باشد، این نقاط معمولاً نزدیک به حداقل سرعت هستند و بنابراین نواحی جستجو می‌تواند کوچک باشد. این با حرکت  $\pm b$  نقطه به‌دوراز یک نقطه داده‌شده در جهت‌های طولی و عرضی معین می‌شود. از آنجاکه در این مثال  $b=3$  است، ناحیه‌ای با ابعاد شبکه‌ای  $7*7$  نتیجه می‌شود. نقطه مشخص شده در شکل ۱-ج برای مثال استفاده شده است. مربع سیاه حول این نقطه ناحیه جستجو را مشخص می‌کند و علامت ضرب، حداقل سرعت یافت‌شده در این مربع را نشان می‌دهد. برای اینکه اطمینان حاصل شود نقطه یافت شده حداقل سرعت محلی است، یک جستجوی مجدد حول نقطه جدید تکرار می‌شود (مربع خط‌چین). اگر نتیجه جستجوی دوم با جستجوی اول تطابق داشته باشد، آن نقطه به‌عنوان موقعیت احتمالی مرکز پیچک در نظر گرفته می‌شود.

حداقل سرعت شناسایی‌شده با اقلان سه قید اول، می‌تواند یک ساختار پیچکی نباشد و بنابراین نباید آن را به‌عنوان مرکز پیچک فرض کرد. در حقیقت سه قید اول که اقلان می‌شوند، ناحیه‌ای را مشخص می‌کنند که جریان‌های معکوس قوی هستند. هر دو شرایط در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. اگر فقط سه قید اول لحاظ شود، دو نقطه مشکلی می‌توانند به‌عنوان مرکز پیچک لحاظ شوند. باین‌حال، گردش حول این نقاط فقط جزئی است زیرا آن‌ها با یک انحراف (پیچش) جریان (نقطه نزدیک به گوشه پایین) و یا ناحیه‌ای از برش بین جریان‌های متضاد (نقطه گوشه بالا) ارتباط دارند؛ بنابراین قید چهارم لازم است تا از این خطای شناسایی جلوگیری کند. به‌طور کلی دو قید اول الگوریتم، برای شناسایی قسمت‌هایی از حوضه که حداقل سرعت محلی می‌تواند مرکز پیچک را نشان دهد، استفاده می‌شوند و قید سوم برای شناسایی آن حداقل به کار می‌رود. قید چهارم بدین منظور استفاده می‌شود که حداقل سرعت شناسایی‌شده توسط یک چرخه بسته حول آن مشخص شود و سپس مطابق با تعریف به‌عنوان مرکز پیچک تعیین گردد.

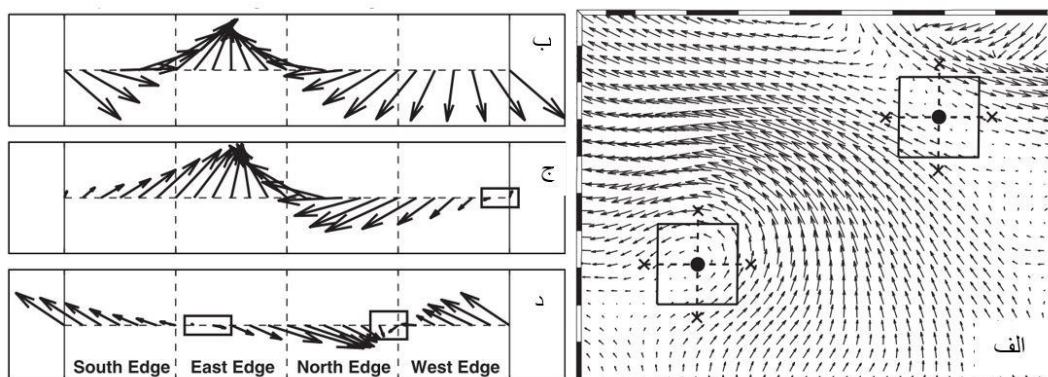
قید آخر برای بردارهای سرعت در سراسر مرزهای نواحی تعریف‌شده توسط حرکت  $a-1 \pm$  نقطه شبکه به‌دوراز حداقل سرعت در جهت‌های عرضی و طولی به کار می‌رود. ناحیه حاصل به ازای  $a=4$  یک شبکه  $7*7$  است. این ابعاد طوری انتخاب شده‌اند که فاصله چهارگوشه ناحیه نزدیک به نقاط شبکه  $a$  باشد. برای مقادیر کوچک  $a$  قید چهارم نیز برای بردارهای درون فاصله  $a$  از مرکز همانند دو قید اول به کار می‌رود.

بردارها در مرزهای مربعی شکل ۱-د به‌منظور بهره‌گیری از قید چهارم برای حداقل سرعت استفاده شده‌اند. در شکل ۲-ب بردارهای مشابه روی صفحه کارتزینی رسم شده‌اند و به‌صورت پادساعت‌گرد از گوشه جنوب‌غربی پیش می‌روند. این شکل، چرخش بردارهای سرعت حول مرکز پیچک را بهتر نشان می‌دهد. آهنگ چرخش نیز پادساعت‌گرد است و تغییر تدریجی در جهت هر بردار داده‌شده یا درون یک مربع یا درون مربع بعدی (بردارهای چهارم و پنجم الی آخر) در جهت پادساعت‌گرد قرار می‌گیرد. وقتی این شرط توسط بردارها در طول مرزهای ناحیه جستجو اقلان شود، این گردش حول نقطه حداقل سرعت بسته است و بنابراین نقطه ثبت‌شده مرکز یک پیچک است. قابل‌ذکر است که در شکل ۲-ب آهنگ چرخش بردارها فقط به



چرخش بردارهایی که ترسیم شده‌اند بستگی دارد و مستقل از آهنگ چرخش پیچک است. از آنجاکه در این مورد جهت حرکت به صورت پادساعت‌گرد بوده است، بردارها نیز به صورت پادساعت‌گرد می‌چرخند؛ خواه پیچک چرخندی باشد خواه واچرخندی (تنها تفاوت بین این دو مورد با جهت‌گیری مختلف دو بردار اول مشخص می‌شود).

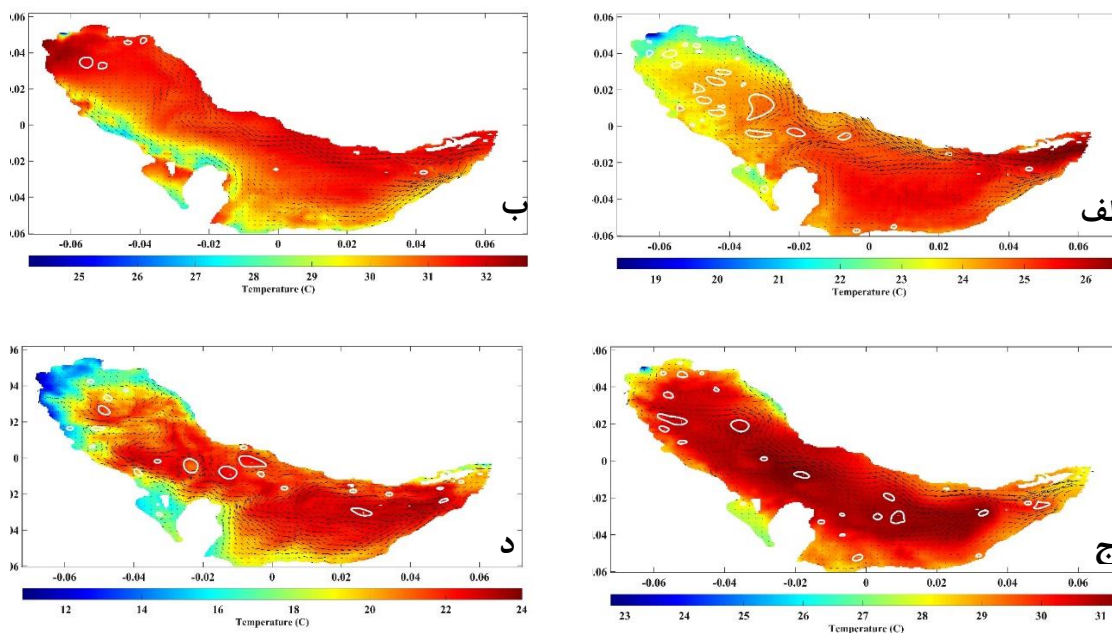
در شرایطی مشابه به شکل ۲-الف که حداقل سرعت محلی با پیچک ارتباطی ندارد، قید چهارم توسط بردارها اقلان نمی‌شود. برای مثال بردارهای واقع در روی محیط دو مربع شکل ۲-الف در شکل ۲-ج و ۲-د ترسیم شده‌اند. سه کادر کوچک در این شکل‌ها نشان می‌دهد که قید چهارم برآورده نشده است. این می‌تواند به دو دلیل مختلف رخ دهد: نخست در قسمت احاطه‌شده توسط کادر کوچک، جهت بردارهای متوالی درون مربع‌های متوالی قرار نمی‌گیرد. دلیل دوم اینکه جهت بردارهای مجاور درون مربع‌های مجاور (مربع‌های دوم و سوم) قرار دارد ولی آهنگ چرخش بردارها از پادساعت‌گرد به ساعت‌گرد تغییر می‌کند؛ بنابراین قید چهارم می‌تواند به خوبی برای تمایز بین حداقل سرعت محلی مربوط به پیچک‌ها و ساختارهای غیرپیچکی به کار رود و حذف حداقل سرعت‌هایی که پیچک نیستند باعث کاهش خطای شناسایی می‌شود.



شکل ۲: الف) مثالی از نقاطی که به ساختار پیچکی ارتباطی ندارند و هر سه قید اول را اقلان می‌کنند. ب) نحوه چرخش بردارها حول مرکز یک پیچک ایدئال. ج) نحوه چرخش بردارها حول نقطه سمت چپ واقع در قسمت الف. د) نحوه چرخش بردارها حول نقطه سمت راست واقع در قسمت الف

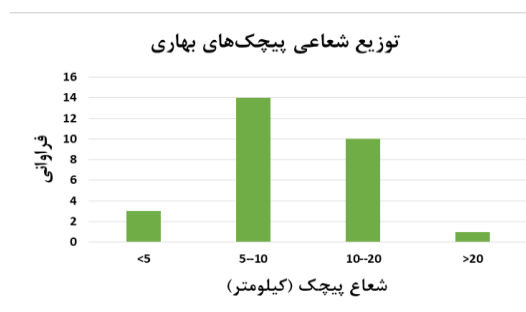
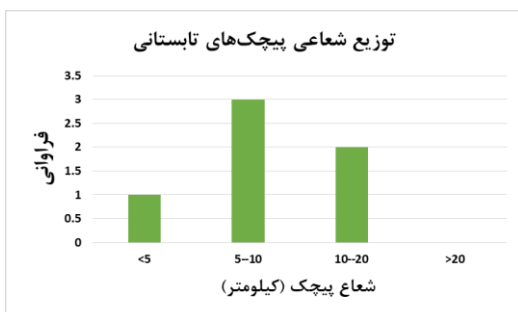
### ۳- نتایج

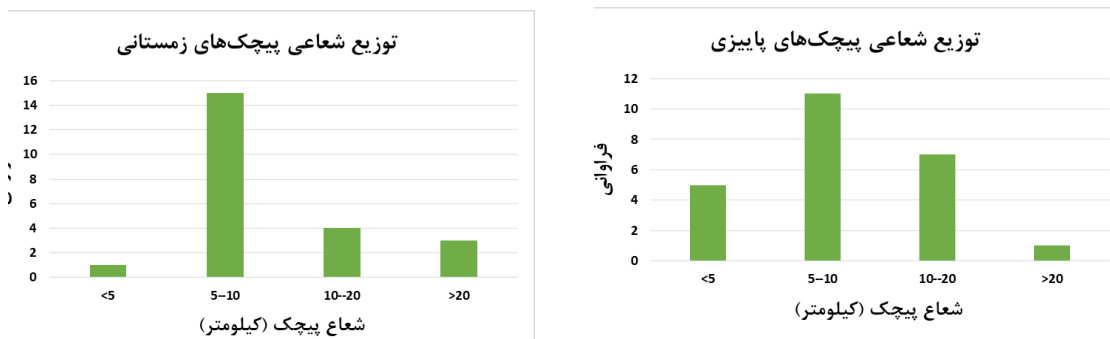
به منظور بررسی الگوریتم هندسه برداری، خروجی‌های جریان حاصل از مدل‌سازی عددی خلیج فارس وارد الگوریتم شد و پیچک‌های آن‌ها شناسایی گردید. خروجی‌های الگوریتم در چهار روز مختلف که هر کدام از روزها مربوط به یک فصل است، نشان داده شده است و در ادامه آمار و ارقام حاصل از الگوریتم بیان می‌شود. در شکل ۳ خروجی الگوریتم که نشان‌دهنده پیچک‌های استخراج‌شده از داده‌های جریان است، نشان داده شده است. مرکز هر پیچک با علامت ستاره مشخص شده است و محدوده هر پیچک (شعاع) نیز با خط سفید احاطه شده است. رنگ زمینه نیز نشان‌دهنده دمای سطح آب در آن روز است.



شکل ۳: پیچک‌های شناسایی شده توسط الگوریتم در فصل الف (بهار، ب) تابستان، ج) پاییز و د) زمستان

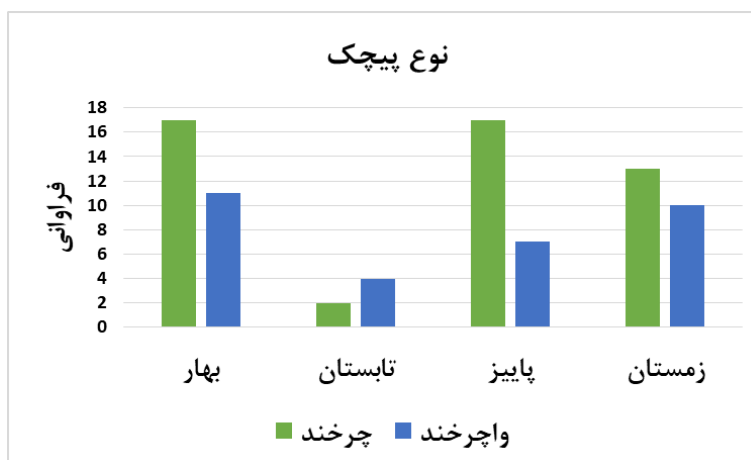
در شکل ۴ توزیع شعاعی پیچک‌های شناسایی شده بررسی شده است. ذکر این نکته ضروری است که در مورد اندازه‌گیری شعاع پیچک روش‌ها و معیارهای مختلفی وجود دارد و نتایج می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای بسته به روش استفاده شده متفاوت باشند. با این حال از آنجاکه یک تعریف مشخص برای مرزهای پیچک وجود ندارد، هر روش قابل پذیرش است به شرطی که معیارهای آن به‌صورت خیلی دقیق مشخص و نتایج آن نیز بررسی شده باشند. در این الگوریتم از فرآیند شناسایی لبه پیچکی تناوبی که در آن مرزهای پیچک از کانتورهای میدان تابع جریان تعیین می‌شوند استفاده شده است. این کانتورها مماس بر میدان سرعت هستند، زیرا میدان سرعت پیچکی با واگرایی ضعیفی همراه است.





شکل ۴: فراوانی پیچک‌های شناسایی شده بر حسب شعاع

در شکل ۵ فراوانی پیچک‌ها به ازای جهت چرخش مشخص شده است. این شکل نشان می‌دهد که پیچک‌های چرخندی<sup>۴</sup> در مقایسه با واچرخندی<sup>۵</sup> بیشتر هستند. با توجه به شکل هندسی خلیج فارس و جریان ورودی از دریای عمان به داخل خلیج فارس که از سمت سواحل ایرانی نفوذ می‌کند، شکل‌گیری پیچک‌های چرخندی نسبت به واچرخندی محتمل‌تر است. قابل ذکر است که گردش جریان کلی در خلیج فارس نیز یک گردش چرخندی است که این گردش با ورود آب از دریای عمان به داخل خلیج فارس آغاز شده و در نهایت با خروج آب چگال‌تر همراه است. در فصل پاییز به دلیل اینکه پیچک‌های میان-مقیاس خلیج فارس که چرخند هستند، تقویت می‌شوند، اختلاف در فراوانی چرخند و واچرخند بیشتر است.



شکل ۵: فراوانی پیچک‌های شناسایی شده بر حسب چرخند و واچرخند

#### ۴- نتیجه‌گیری

پیچک‌های شناسایی شده عمدتاً از نوع زیرمیان‌مقیاس با شعاعی کمتر از ۱۰ کیلومتر بودند و مدت‌دوام آن‌ها از مرتبه چندروز بود. نتایج مدل‌سازی گردش در خلیج فارس نشان داد که در فصل تابستان با تقویت نفوذ جریان آب سبک‌تر از دریای

<sup>4</sup> Cyclonic

<sup>5</sup> Anticyclonic



عمان و ساختار لایه‌بندی قائم چگالی، اختلالات تلاطمی خیلی کوچک می‌تواند منجر به تشکیل و رشد پیچک‌ها در صورت تأمین انرژی آن‌ها شود. پیچک‌های تشکیل شده در قسمت‌های میانی خلیج فارس به دلیل عمیق‌تر بودن و اتلاف کمتر انرژی بیشتر رشد کرده و می‌توانند به ابعاد میان‌مقیاس نیز برسند. این در حالی است که پیچک‌های ایجاد شده در اطراف دیواره‌های ساحلی، جزایر و آب‌های کم‌عمق به دلیل اثرات اصطکاکی و محدودیت مکانی، دارای شعاع کمتری هستند. علاوه بر اثرات اختلاف چگالی، وجود باد نیز می‌تواند عاملی برای شکل‌گیری پیچک قلمداد شود که این عامل سبب ایجاد پیچک‌هایی عمدتاً با شعاع کم می‌شود. در فصل زمستان با توجه به اختلاط آب می‌توانند در لایه‌های زیرین نیز مشاهده شوند و در صورتی که جهت چرخش آن‌ها با جهت گردش کلی خلیج فارس همسو باشد، مدت‌دوام آن‌ها بیشتر است ولی در فصل تابستان به علت تضعیف بادهای شمال و شمال غربی کمتر مشاهده می‌شوند.

در پایان باید گفت که اگرچه داده‌های استفاده شده برای الگوریتم متعلق به چهار فصل مختلف است ولی نتایج به دست آمده نمی‌تواند به کل فصل تعمیم داده شود. در این زمینه پیشنهاد می‌گردد مطالعه ماه‌پیکر و همکاران (۱) بررسی شود. این مطالعه تمامی خروجی‌های روزانه را توسط الگوریتم بررسی کرده است و در مجموع ۴۳۰۸ پیچک چرخندی و ۲۸۶۰ پیچک واچرخندی در لایه‌ی سطحی و ۶۱۷ پیچک چرخندی و ۳۲۹ پیچک واچرخندی در پایین‌ترین لایه یعنی عمق ۵۰ متری به ازای داده‌های روزانه طی یک سال خروجی مدل شناسایی شد.

## ۵- منابع

- ۱- ماه‌پیکر، الف؛ اشتیری لرکی، الف، اکبری‌نسب، م، ۱۴۰۰، مدل‌سازی عددی و آشکارش اتوماتیک پیچک‌های زیرمیان‌مقیاس (Submesoscale) در خلیج فارس با استفاده از الگوریتم هندسه برداری، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۷، شماره ۱، ۱۰۹-۱۲۵.
- 2- Dong, C., Mavor, T., Nencioli, et al., 2009, an oceanic cyclonic eddy on the lee side of Lanai Island, Hawai'i, J. Geophys. Res., 114, C10008.
- 3- Dong, C., Nencioli, F., Liu, Y., McWilliams, J.C., 2011, An Automated Approach to Detect Oceanic Eddies from Satellite Remotely Sensed Sea Surface Temperature Data, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 8, no. 6, 1055-1059.
- 4- Duo, Z., Wang, W., Wang, H., 2019, Oceanic Mesoscale Eddy Detection Method Based on Deep Learning, Remote Sensing, 11, 1921, 14p.
- 5- Falkowski, P., Zieman, D., Kolber, Z., Bienfang, P., 1991, Role of eddypumping in enhancing primary production in the ocean. Nature 353.55-58.
- 6- Le-Vu, B., Stegner, A., Arsouze, T., 2018, Angular Momentum Eddy Detection and Tracking Algorithm (AMEDA) and Its Application to Coastal Eddy Formation, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, Volume 35, 739-762.
- 7- Li, J., Liang, Y., Zhang, J., Yang, J., Song, P., Cui, W., 2019, A new automatic oceanic mesoscale eddy detection method using satellite altimeter data based on density clustering, Acta Oceanol. Sin., 2019, Vol. 38, No. 5, P. 134-141.
- 8- McGillicuddy, D. J., Anderson, L. A., Bates, N. R., Bibby, T., Buesseler, K. O., Carlson, C., Davis, C. S., et al., 2007, Eddy-wind interactions stimulate extraordinary mid-ocean plankton blooms. Science, 316: 1021-1026.
- 9- McWilliams, J. C., Flierl, G.R., 1979, On the evolution of isolated non-linear vortices, J. Phys. Oceanogr., 9, 1155-1182.



- 10- Nencioli, F., Dong, C., Dickey, T., Washburn, L., C. McWilliams, J., 2010, A Vector Geometry–Based Eddy Detection Algorithm and Its Application to a High-Resolution Numerical Model Product and High-Frequency Radar Surface Velocities in the Southern California Bight, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Volume 27, 564-579.
- 11- Sun, M., Tian, F., Liu, Y., Chen, G., 2017. An Improved Automatic Algorithm for Global Eddy Tracking Using Satellite Altimeter Data, *Remote Sensing*, 9, 206.
- 12- Tussadiah, A., Syamsuddin, M.L., Pranowo, W.S., Purba, N.P., Riyantini, I., 2016, Eddy Vertical Structure in Southern Java Indian Ocean: Identification using Automated Eddies Detection, *International Journal of Science and Research*, Volume 5, Issue 3, 967-971.
- 14- Xu, G., Cheng, C., Yang, W., et al., 2019, Oceanic Eddy Identification Using an AI Scheme, *Remote Sensing*, 11, 1349.



## زباله‌های ساحلی در منطقه بین جزرومدی جنگل حرای خلیج نایبند

علیرضا صفاهیه\*، حسین عویدی زاده، فاطمه رشیدی

دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: safahieh@hotmail.com

### چکیده

جنگل حرای منطقه نایبند جزو مناطق حفاظت‌شده استان بوشهر می‌باشد. رهاسازی زباله در این منطقه می‌تواند پیامدهای ناگواری برای موجودات زنده آن داشته باشد. این مطالعه به منظور تعیین میزان زباله‌های موجود در منطقه و تعیین نوع و منشأ آن انجام شد. نمونه‌برداری از سه ترانسکت هریک به مساحت ۲۰۰ مترمربع انجام شد و زباله‌های موجود جمع‌آوری و شمارش و دسته‌بندی شدند. نتایج نشان داد که فراوانی زباله‌ها ۵۷/۳ عدد در هر ۱۰۰ مترمربع بود که به ترتیب فراوانی شامل فلز (۳۴٪)، چوب و کاغذ (۲۴٪)، پلاستیک (۱۷٪)، شیشه (۷٪)، سیگار (۷٪)، سایر زباله‌ها (۱۱٪) بود. بیشترین تعداد زباله مربوط به میخ و زغال بود که به نظر می‌رسد از آتش زدن صندوق‌های چوبی توسط گردشگران به وجود آمده است. فعالیت‌های گردشگری، ساخت‌وساز و صید و صیادی به ترتیب منابع اصلی زباله‌های یافت شده بودند.

**کلید واژه:** زباله‌های دریایی، خلیج نایبند، جنگل حرا، خلیج فارس.

### Coastal debris abundance in the intertidal zone of Mangroves from Nayband Bay

Alireza Safahieh, Hossein Oveidizadeh, Fateme Rashidi

Faculty of Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

\* Corresponding Author E-mail: safahieh@hotmail.com

**Abstract**— Nayband mangrove ecosystem is one of the important protected areas in the Bushehr Province. Discarding of debris and trash in this area can cause serious impacts on aquatic organisms of this habitat. This study was carried out to determine the abundance and the type of coastal debris in Nayband Mangrove environment. Sampling of debris items was done from three different transects (each 20m\*10m area). Debris items were counted and categorized in different groups according to their source and type. The results showed that the abundance of debris items was 57.3 items per 100 m<sup>2</sup>. Metals (34%), Woods and papers (24%), Plastics (17%), cigarette butts (7%), glasses (7%) and others (11%) were the recognized groups of debris in the area. The most abundant debris items in the area were pins (31%) and wood coals (15%) which are seems to be discard by tourists or visitors while making barbeque. Tourist, construction and fisheries activities were determined as the main sources of coastal debris in the study area.

**Keywords**— Marine debris, Nayband Bay, Mangrove, Persian Gulf.



## مقدمه

جنگل‌های حرا معمولاً در حاشیه دریا و در حدفاصل بین خشکی و دریا قرار می‌گیرند. سیستم ریشه و ساقه‌های هوایی پیچیده این گیاهان جلوی فرسایش ساحل را گرفته و وجود مقادیر بالایی از مواد آلی در بستر این جنگل‌ها منجر به تنوع بالایی از موجودات کفزی در این مناطق می‌گردد (۱،۲). این سیستم ریشه‌ای گسترده همچنین فضاهای متعدد و گوناگونی را تأمین می‌کنند که توسط بسیاری از آبزیان به‌عنوان پناهگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. بالا بودن تولیدات اولیه و فتوسنتز در این مکان‌ها موجودات دریایی متنوعی را به جنگل‌های حرا جذب می‌کند (۳،۴). جنگل‌های حرا به دلیل تأمین غذا از یک‌سو و در اختیار قرار دادن پناهگاه از سوی دیگر، محل امنی جهت پرورش نوزاد جانوران آبی محسوب می‌شوند (۵،۶). زیبایی و ویژگی‌های منحصر به فرد و زیبایی جنگل‌های حرا موجب شده است که این نواحی به‌عنوان مقصد گردشگری انسان مورد توجه قرار گیرد. افزایش بازدیدکنندگان از جنگل‌های حرا منافع اقتصادی زیادی را نصیب متولیان این صنعت می‌سازد (۶) ولی این‌گونه فعالیت‌ها معمولاً با رهاسازی زباله‌ها در این مناطق همراه است. زباله‌های دریایی خطرات زیادی را برای آبزیان و موجودات زنده ساکن در زیستگاه از جمله به دام افتادن (Entanglement)، خورده شدن و خفگی (۵،۷،۸) به همراه دارند. جنگل مانگرو نایبند یک منطقه حفاظت‌شده مهم در استان بوشهر محسوب می‌شود (۴) این محل به دلیل طبیعت بکر خود، سالانه میزبان بازدیدکنندگان متعددی از سراسر کشور می‌باشد. متأسفانه بسیاری از گردشگران و بازدیدکنندگان بدون رعایت الزامات زیست‌محیطی، زباله‌های گوناگونی را در این ناحیه رهاسازی می‌کنند که علاوه بر وارد نمودن خسارت به صنعت توریسم، می‌تواند اثرات متعددی بر آبزیان منطقه اعم از پرندگان، خزندگان، ماهی‌ها و بی‌مهرگان داشته باشد. این مطالعه به‌منظور بررسی میزان زباله‌های ساحلی رهاسازی شده در جنگل‌های حرای نایبند انجام شد.

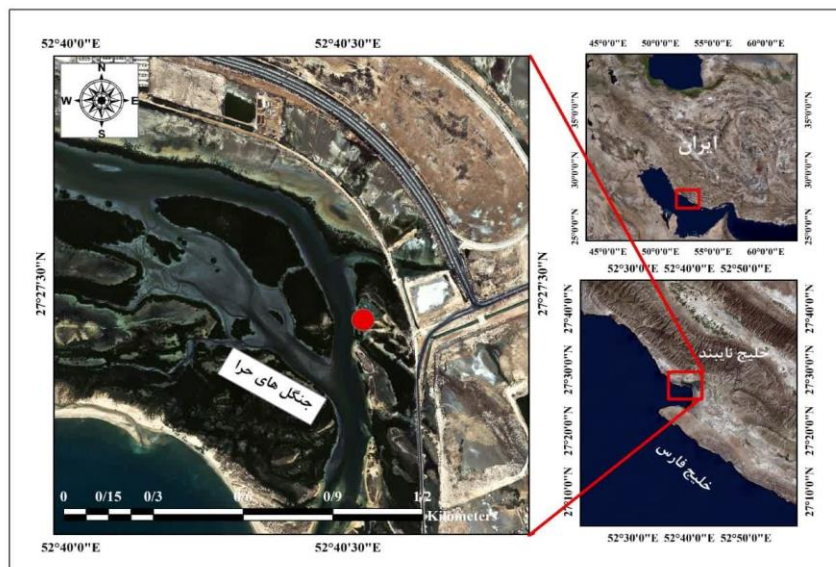
## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در منطقه مورد مطالعه جنگل‌های مانگرو خلیج نایبند در استان بوشهر، واقع در مختصات جغرافیایی (۲۷° ۲۷' ۲۶" N) و (۵۲° ۴۰' ۳۱" E) انجام شد (شکل ۱). نمونه‌برداری بر اساس روش‌های ارائه‌شده توسط گزارش زباله‌های دریایی سازمان ملی اقیانوسی و جوی (NOAA) انجام گرفت (۹) بدین منظور سه ترانسکت عمود بر ساحل به طول ۲۰ متر و عرض ۱۰ متر (با سطح ۲۰۰ مترمربع) مجموعاً ۶۰۰ مترمربع از منطقه مورد بررسی قرار گرفت. هر ترانسکت توسط یک گروه از دانشجویان داوطلب مورد بررسی قرار گرفت و تعداد، نوع و اندازه زباله‌های بزرگ‌تر از ۵/۰ سانتی‌متر مورد تشخیص و شمارش واقع شدند. برای تعیین نوع پراکنش داده‌های به‌دست‌آمده از تست نرمالیتی شپروویلیک استفاده شد. مقایسه فراوانی زباله‌ها و اندازه‌های مختلف آن‌ها در ترانسکت‌های مورد مطالعه توسط آزمون واریانس یک‌طرفه انجام شد.

## نتایج و بحث

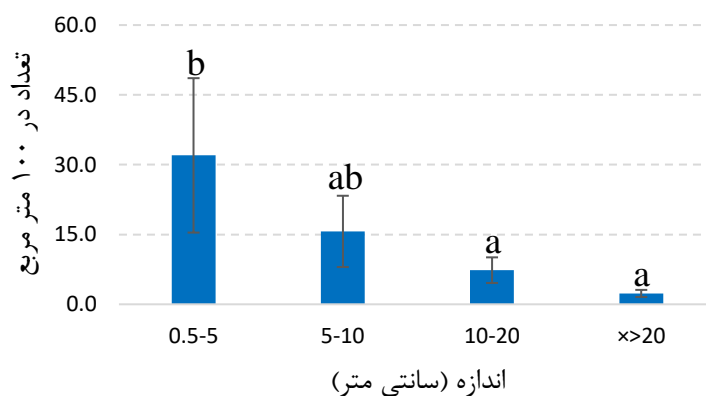
فراوانی کل زباله‌های شمارش‌شده در منطقه مورد مطالعه، ۵۷/۳ عدد در ۱۰۰ مترمربع گزارش گردید و در اندازه‌های مختلفی برحسب سانتی‌متر دسته‌بندی شد. نتایج نشان داد میانگین تعداد زباله‌ها در اندازه‌های ۵-۰/۵، ۱۰-۵، ۲۰-۱۰ و  $>20$  سانتی‌متر به ترتیب ۳۲، ۱۵/۷، ۷/۳ و ۲/۳ عدد در ۱۰۰ مترمربع بوده است (شکل ۲). بیشترین تعداد زباله‌ها در اندازه ۵-۰/۵ سانتی‌متر و کمترین تعداد در اندازه‌های بالاتر از ۲۰ سانتی‌متر مشاهده شد. مقایسه آماری نشان داد از نظر تعداد، اختلاف معنی‌داری بین اندازه‌های مورد نظر وجود دارد ( $P < 0/05$ ).





شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه نمونه‌برداری شده

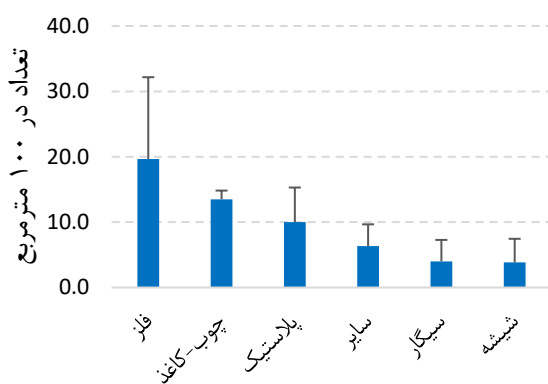
فراوانی زباله‌های ساحلی جنگل حرای خلیج نایبند، ۰/۶ عدد در مترمربع می‌باشد که با نتایج Martin و همکاران در سال ۲۰۱۹ در سواحل دریای سرخ (۰/۶۶) و Maharani و همکاران در سال ۲۰۱۸ در مانگروهای اندونزی (۰/۷۵) شباهت داشت (۲,۱۰) گرچه مقادیر به‌دست‌آمده در سواحل کلمبیا (۰/۰۵) به‌مراتب کمتر از این مطالعه بوده است (۱۱) از سوی دیگر در مطالعات متعددی که در سایر نقاط دنیا انجام‌گرفته تعداد زباله‌های ساحلی در مناطق حرا به‌مراتب از این مطالعه بیشتر بوده است (۶,۱۲). مسکونی نبودن و تحت حفاظت بودن حرای نایبند، تأثیر زیادی در کم تعداد بودن زباله دارد.



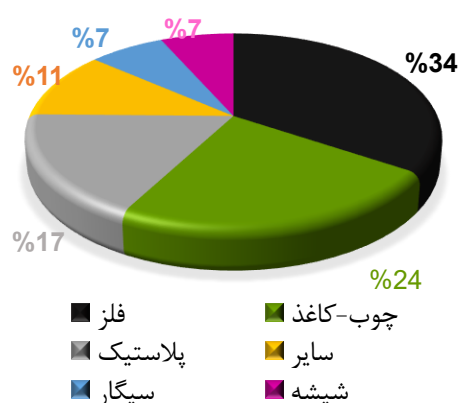
شکل ۲- تعداد اندازه زباله‌ها در منطقه مورد مطالعه (ستون‌هایی که حروف غیرمشابه‌ای دارند اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهند (ANOVA,  $P < 0.05$ ))

زباله‌های موجود در منطقه از نظر جنس شامل فلز، چوب-کاغذ، پلاستیک، سیگار، شیشه و سایر زباله‌ها بودند. میانگین هریک از اقلام مذکور به ترتیب شامل ۱۹/۷، ۱۳/۵، ۱۰، ۴، ۳/۸ و ۶/۳ عدد در ۱۰۰ مترمربع بوده است (شکل ۳). بالاترین و پایین‌ترین درصد جنس زباله‌ها به ترتیب مربوط به فلز (۳۴٪) و شیشه و سیگار (۷٪) بوده است (شکل ۴). اختلاف معنی‌داری بین جنس‌های مختلف زباله وجود نداشت ( $P > 0.05$ ).

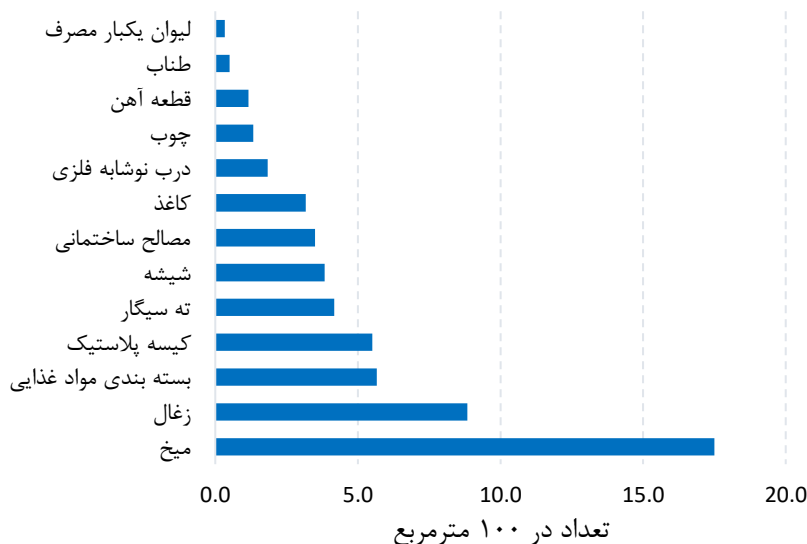
از نظر نوع میانگین تعداد زباله‌های فلزی (میخ) (۱۷/۵) زغال (۸/۸)، بسته‌بندی مواد غذایی (۵/۷)، کیسه پلاستیک (۵/۵)، ته سیگار (۴/۲)، شیشه (۳/۸)، مصالح ساختمانی (۳/۵)، کاغذ (۳/۲)، درب نوشابه فلزی (۱/۸)، چوب (۱/۳)، قطعه آهن (۱/۲)، طناب (۰/۵) و لیوان یکبارمصرف (۰/۳) بوده است (شکل ۵). زباله‌های فلزی (میخ) و زغال بیشترین فراوانی را به خود اختصاص دادند.



شکل ۴- فراوانی جنس زباله‌های ساحلی در منطقه



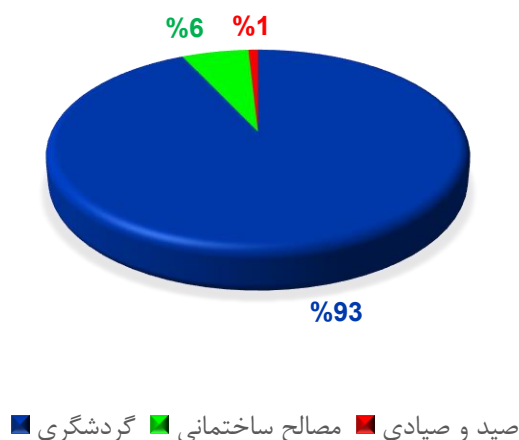
شکل ۳- درصد جنس زباله‌ها در منطقه



شکل ۵- جنس زباله‌های ساحلی مشاهده‌شده در منطقه مورد مطالعه

با توجه به مطالعه انجام شده در منطقه مورد مطالعه، منشأ اقلام زباله‌های ساحلی به سه بخش گردشگری، مصالح ساختمانی و صید و صیادی تقسیم شده‌اند. تعداد زباله‌ها با منشأ گردشگری، مصالح ساختمانی و صید و صیادی به ترتیب ۳/۵، ۵۳/۳ و ۰/۵ عدد بوده است. حوزه گردشگری با ۹۳٪ بیشترین زباله‌های ساحلی رهاسازی شده به منطقه را به خود اختصاص داده است (شکل ۶).

علیرغم این یافته مطالعات متعددی حاکی از آن هستند که بیشترین جنس زباله‌های ساحلی را پلاستیک تشکیل می‌دهد (۲، ۱۰، ۱۲). منطقه حرای نایبند به دلیل مجاورت با جاده به کرات توسط مردم جهت تفرج مورد بازدید قرار می‌گیرد. شواهد میدانی حاکی از آن بود که گردشگران ضمن ساختن منقل از تخته‌های صندوقی جهت تهیه آتش استفاده نموده که این امر منجر به رها شدن میخ‌های فراوان و اقلامی همچون چوب و زغال در منطقه شده بود.



شکل ۶- منشأ زباله‌های ساحلی در منطقه

### نتیجه گیری

زباله های قابل توجهی در منطقه حرای نایبند یافت شد که بیشترین میزان آن را فلز و چوب - کاغذ تشکیل می‌دهد. منشأ زباله‌های یافت شده در وهله اول گردشگری و در مرتبه دوم و سوم به ترتیب ساخت‌وساز و صید و صیادی می‌باشد. جنگل حرای نایبند یک منطقه حفاظت شده است و به‌عنوان پناهگاه امنی برای آبزیان و سایر موجودات ساکن منطقه می‌باشد. برای حفظ و سلامتی جانوران و گیاهان، لازم است نظارت بیشتری بر فعالیت‌های انسانی در منطقه به‌خصوص گردشگری صورت گیرد.

### منابع

1. Luo, Y. Y., Vorsatz, L. D., Not, C., and Cannicci, S. (2022) Landward zones of mangroves are sinks for both land and water borne anthropogenic debris. *Science of The Total Environment* 818, 151809
2. Martin, C., Almahasheer, H., and Duarte, C. M (۲۰۱۹). Mangrove forests as traps for marine litter. *Environmental Pollution* 247, 499-508



- Manullang, C. Y. (2020) Distribution of plastic debris pollution and its implications on mangrove vegetation. *Marine Pollution Bulletin* 160, 111642
- Salimi, E., Sakhaei, N., Nurinezhad, M., Savari, A., and Ghaemmaghami, S. S. (2021) Composition, biomass and secondary production of the macrobenthic invertebrate assemblage in a mangrove forest in Nayband Bay, Persian Gulf. *Regional Studies in Marine Science* 42, 101636
- Kesavan, S., Xavier, K. M., Deshmukhe, G., Jaiswar, A. K., Bhusan, S., and Shukla, S. P. (2021) Anthropogenic pressure on mangrove ecosystems: Quantification and source identification of surficial and trapped debris. *Science of the Total Environment* 791, 148777, 15
- Seeruttun, L. D., Raghbor, P., and Appadoo, C. (2021) First assessment of anthropogenic marine debris in mangrove forests of Mauritius, a small oceanic island. *Marine Pollution Bulletin* 164, 112019
- Chen, H., Wang, S., Guo, H., Lin, H., Zhang, Y., Long, Z., and Huang, H. (2019) Study of marine debris around a tourist city in East China: Implication for waste management. *Science of the total environment* 676, 278-289
- Abreo, N. A. S., Siblos, S. K. V., and Macusi, E. D. (2020) Anthropogenic marine debris (AMD) in mangrove forests of Pujada Bay, Davao Oriental, Philippines. *Journal of Marine and Island Cultures* 9, 34-48
- Lippiatt, S., Opfer, S., and Arthur, C. (2013) Marine debris monitoring and assessment: recommendations for monitoring debris trends in the marine environment .
- Maharani, A., Purba, N. P., and Faizal, I. (2018) Occurrence of beach debris in Tunda Island, Banten, Indonesia. in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences
- Garcés-Ordóñez, O., Castillo-Olaya, V. A., Granados-Briceño, A. F., García, L. M. B., and Díaz, L. F. E. (2019) Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean. *Marine Pollution Bulletin* 145, 455-462
- Yin, C., Chai, Y., Danielle, C., Yusri, Y., and Barry, G. J. (2020) Anthropogenic marine debris accumulation in mangroves on Penang Island, Malaysia. *Journal of Sustainability Science and Management* 15, 36-60



## سنجش آفت کش کلرپیریفوس به روش رنگ سنجی دیجیتال پس از پیش تغلیظ به روش استخراج فاز مایع

سید محمد طهری<sup>۱</sup>، آرش لرکی<sup>۱\*</sup>، مهدی شکوریان فرد<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

<sup>۲</sup> گروه مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی بیرجند، بیرجند، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: arash\_larki@yahoo.com

### چکیده

در مطالعه حاضر، یک روش ساده و کم هزینه مبتنی بر میکرواستخراج مایع-مایع پراکندگی برای جداسازی و تعیین کلرپیریفوس و اندازه گیری آن از آب های آلوده با استفاده از روش رنگ سنجی مبتنی بر تلفن هوشمند معرفی شد. این روش بر اساس تشکیل یک ترکیب نارنجی-قهوه ای رنگ در حجم کمی از فاز آلی به روش DLLME استخراج شد و مقادیر RGB با برنامه Android Color Grab ثبت شد تا میزان جذب آن اندازه گیری شود. پارامترهای موثر در این روش، یعنی غلظت سود، زمان هیدرولیز کلرپیریفوس، غلظت آنترانیلیک اسید، غلظت سولفوریک اسید، زمان واکنش، انتخاب نسبت ترکیب حلال DES و حجم حلال DES مورد بررسی و بهینه سازی قرار گرفت. در شرایط مطلوب، منحنی کالیبراسیون در محدوده ۰/۰۵-۲/۵ میکروگرم بر لیتر از کلرپیریفوس خطی بوده و حد تشخیص (LOD) و حد کمی (LOQ) به ترتیب ۲۵/۴ و ۸۴/۹ میکروگرم بر لیتر به دست آمد. سپس، روش پیشنهادی با موفقیت برای تجزیه و تحلیل کلرپیریفوس در چندین نمونه آب و فاضلاب محیطی و کشاورزی استفاده شد و نتایج به دست آمده رضایت بخش بوده است.

کلیدواژه: تلفن هوشمند، حلال DES، سم کلرپیریفوس، میکرواستخراج مایع-مایع پراکندگی (DLLME)

**Abstract**— In the present study, a simple and low-cost method based on liquid-liquid dispersion microextraction was introduced for the isolation and determination of chlorpyrifos and its measurement from polluted waters using a smartphone-based colorimetric method. This method is based on the formation of an orange-brown compound, it was extracted in a small volume from the organic phase by DLLME method, and the RGB values were recorded with the Android Color Grab program to measure its absorbance. Effective parameters in this method, i.e. soda concentration, chlorpyrifos hydrolysis time, anthranilic acid concentration, sulfuric acid concentration, reaction time, choice of DES solvent composition ratio and DES solvent volume were investigated and optimized. In optimal conditions, the calibration curve was linear in the range of 2.5-0.05 µg/liter of chlorpyrifos, and the limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ) were 25.4 and 84.9 µg/liter, respectively. Then, the proposed method was successfully used for the analysis of chlorpyrifos in several environmental and agricultural water and wastewater samples, and the results obtained were satisfactory.

### ۱-مقدمه

با افزایش جمعیت، تولیدکنندگان برای دستیابی به محصولات کمتر از طریق فرآیندهای طبیعی، شروع به استفاده از مواد شیمیایی مختلف مانند آفت کش ها<sup>۱</sup> و کودهای شیمیایی برای افزایش تولید کردند. که این مواد شیمیایی باعث آلودگی

<sup>6</sup> Pesticides



منابع آب شده است و زندگی موجودات زنده را مورد تهدید قرار می‌دهد و باعث تجمع آلاینده‌ها در محیط زیست می‌شود. با توجه به اهمیت آب تمیز و سالم برای سلامت انسان و سایر موجودات باید منابع آلودگی آب مشخص شده و این آلودگی‌ها به حداقل مقدار خود برسند.

آلاینده‌های آلی پایدار<sup>۷</sup> (POPs) مواد آلی هستند که دارای ماندگاری بالا در محیط بوده و نیمه عمر طولانی در خاک، هوا و موجودات زنده دارند (۱). کلرپیریفوس ( $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$ )، یک آفت‌کش ارگانوفسفره، به دلیل توانایی خود در کنترل آفات مختلف، مانند حشرات، علف‌های هرز و نماتدها، با مهار آنزیم استیل کولینست آز، که مسئول تنظیم استیل کولین است، شناخته شده است و عمل آفت‌کش را فراهم می‌کند (۲). با این حال، کلرپیریفوس توسط برخی از سازمان‌های دانشگاهی به عنوان یک آلاینده آلی پایدار در نظر گرفته شده است.

هنگامی که انسان یا حیوانات در معرض کلرپیریفوس قرار می‌گیرند، منجر به مشکلات سلامتی جدی مانند اختلالات عصبی، بیماری‌های تنفسی، رشد غیرطبیعی سلول‌ها، سرطان، بیماری مزمن انسدادی ریه، آسم و آسیب‌های سیستم تولید مثل می‌شود. بنابراین، تعیین کلرپیریفوس در سیستم‌های محیطی ضروری است. سازمان بهداشت جهانی (WHO) حداکثر مقدار مجاز این ماده در آب آشامیدنی را  $0/03$  میلی گرم بر لیتر گزارش شده است (۳). تا کنون از روش‌های مختلفی برای سنجش کلروپیریفوس مانند استخراج فاز جامد<sup>۸</sup> (SPE)، استخراج مایع-مایع<sup>۹</sup> (LLE)، و غیره استفاده شده که زمان‌بر بوده و به حجم زیادی از حلال‌های آلی سمی نیاز دارد اما روش DLLME روشی مقرون به صرفه جهت آماده سازی نمونه، سریع و سازگار با محیط زیست و در نتیجه فاکتورهای غنی سازی را افزایش می‌دهد، از جمله مزیت‌های این روش نسبت به سایر روش‌های استخراج می‌توان به مواردی مانند سادگی و سرعت عمل تکنیک، سرعت بالای استخراج، هزینه کم، بازدهی بالا، ضریب بازیابی و فاکتور غنی سازی بالا، تک مرحله ای و سازگار با محیط زیست اشاره کرد (۴). همانطور که گفته شد در روش‌های میکرواستخراج، حلال استخراج و پخش کننده یکی از مهم‌ترین عوامل استخراج می‌باشد (۵). که در این پژوهش از کولین کلرید و دکانویک اسید که جز حلال‌های یوتکتیک عمیق (DES) طبیعی هستند استفاده شد.

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱. روش کار

در این پژوهش از روش DLLME و از حلال DES کولین کلراید و دکانویک اسید (۱:۶) برای سنجش سم کلروپیریفوس استفاده شد. بدین صورت که مقدار  $0/5$  میلی لیتر از محلول  $0/5$  میلی گرم بر لیتر کلرپیریفوس را درون بالن  $10$  میلی لیتری ریخته و پس از افزودن  $0/8$  میلی لیتر سود (NaOH)  $10$  مولار و گذشت زمان  $10$  دقیقه،  $2$  میلی لیتر آنترانیلیک اسید به محلول اضافه کرده، سپس  $1/4$  میلی لیتر اسید سولفوریک  $9$  مولار به آن اضافه کرده و در نهایت محلول با آب مقطر به حجم رسانده شد. سپس محلول به لوله آزمایش منتقل و به آن  $1$  میلی لیتر از حلال استخراجی DES سنتز شده اضافه شد پس از جدا کردن فاز آلی از فاز آبی توسط سانتریفیوژ، فاز آلی رنگی جهت تصویربرداری درون لوله ته مخروطی به جعبه عکس برداری انتقال یافت و داده‌های RGB آن توسط برنامه color grab استخراج و توسط رابطه  $1$  به میزان جذب تبدیل شد. شکل ۱ استخراج کامل کلروپیریفوس پس از افزودن حلال را نشان می‌دهد. مکانیسم واکنش پیشنهادی در شکل ۲ نشان داده شده است.

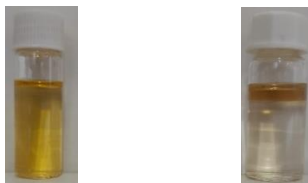
<sup>7</sup> Persistent Organic Pollutants

<sup>8</sup> Solid phase extraction

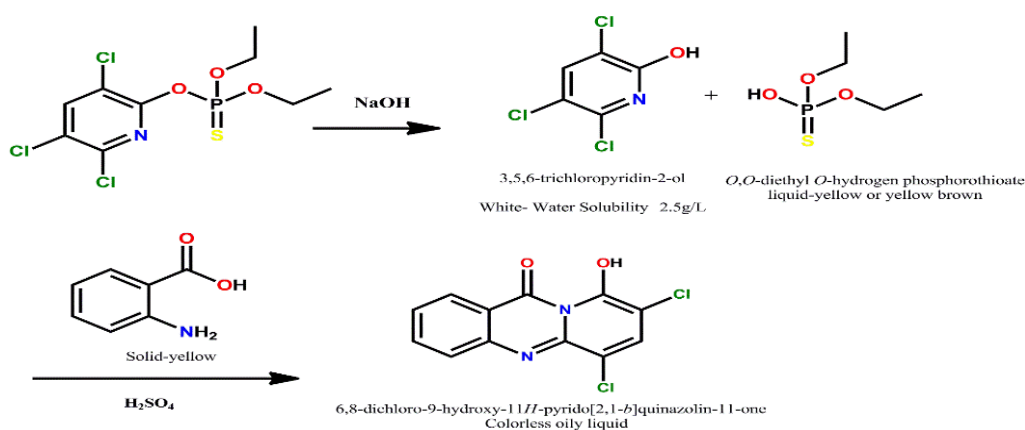
<sup>9</sup> Liquid-liquid extraction

$$A = \sqrt{(R - \hat{R})^2 \times (G - \hat{G})^2 \times (B - \hat{B})^2}$$

رابطه ۱



شکل ۱- استخراج کلروپیریفوس پس از اضافه کردن حلال DES



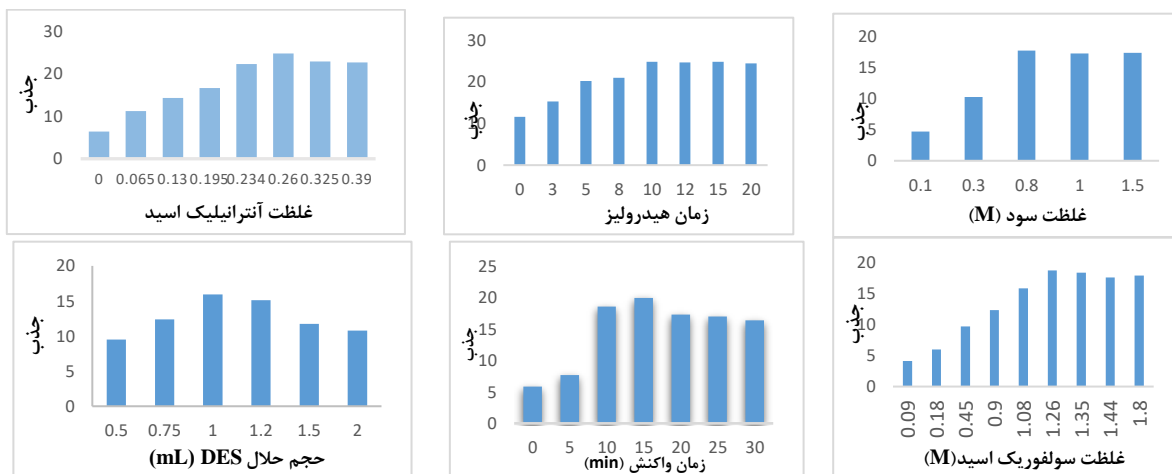
شکل ۲- مکانیسم پیشنهادی واکنش

## ۲-۲-۲ بحث و نتایج

### ۲-۲-۱- بهینه سازی پارامترهای موثر بر واکنش

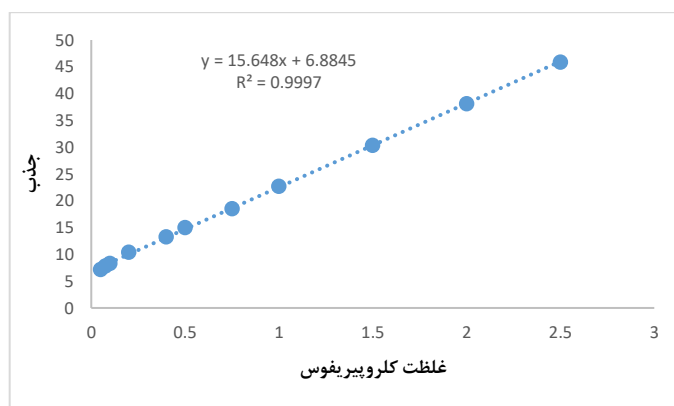
رسیدن به شرایط بهینه و حداکثر میزان کارایی یک روش، امری مهم و ضروری است. به همین جهت در این مطالعه به بهینه سازی پارامترهای مختلفی نظیر، غلظت سود، زمان هیدرولیز کلروپیریفوس، غلظت آنترانیلیک اسید، غلظت سولفوریک اسید، زمان واکنش، انتخاب نسبت ترکیب حلال DES و حجم حلال DES تزریق بررسی شد. با توجه به شکل ۳ و نتایج به دست آمده، غلظت ۰/۸ مولار به عنوان غلظت بهینه سود، مدت ۱۰ دقیقه زمان بهینه برای هیدرولیز کلروپیریفوس در حضور سود، غلظت ۰/۲۶ میلی مولار به عنوان غلظت بهینه آنترانیلیک اسید، غلظت ۱/۲۶ مولار بهینه غلظت سولفوریک اسید، زمان ۱۵ دقیقه بهینه زمان واکنش، نسبت ۱:۶ کولین کلراید و دکانویک اسید بهینه درصد ترکیب این دو ماده و بهینه حجم مصرف حلال DES ۱ میلی لیتر به دست آمد.





شکل ۳- نمودار بهینه سازی پارامترهای موثر برواکنش

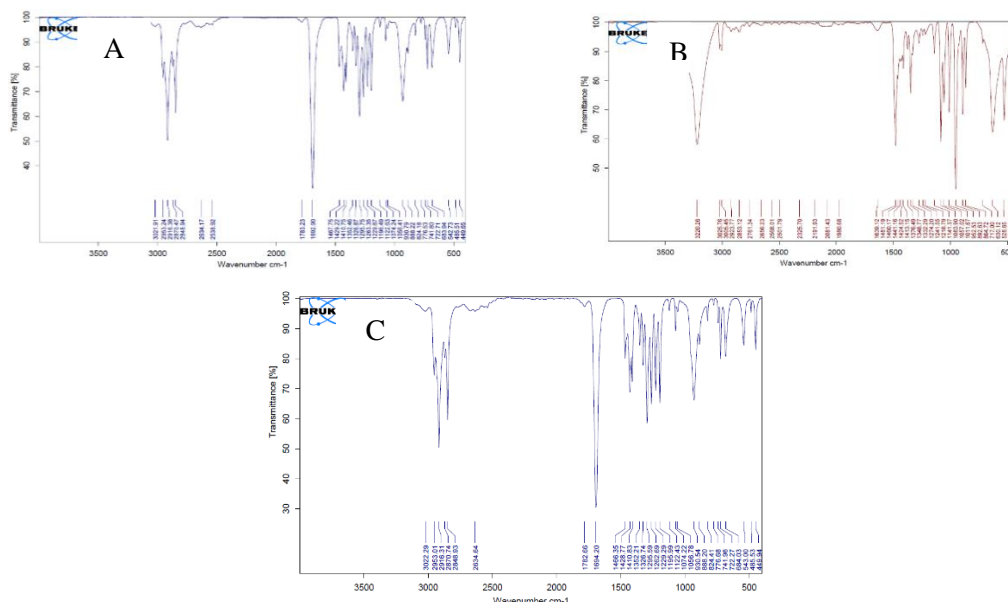
مطابق شکل ۴ با افزایش غلظت کلروپیریفوس میزان جذب افزایش یافته است و منحنی کالیبراسیون در محدوده غلظتی ۰/۰۵-۲/۰ میلی گرم بر لیتر خطی بوده که این گستردگی بیانگر توانایی آن روش در تجزیه و تحلیل نمونه‌ها است و ضریب هم بستگی ( $R^2$ ) برابر با ۰/۹۹۹۷ می‌باشد.



شکل ۴- منحنی کالیبراسیون

## ۲-۲-۲ مشخصات طیفی حلال DES (کولین کلراید و دکانویک اسید)

مشخصات طیفی حلال DES توسط آنالیز FT-IR بررسی شد. پیک‌های واضح و گسترده در قسمت‌هایی از این آنالیز دیده می‌شود. به منظور مقایسه بهتر و اطمینان از سنتز درست این حلال، آنالیز FT-IR کولین کلراید و دکانویک اسید (با نسبت مشخص)، پیش و پس از ترکیب انجام شد که در شکل ۵ قابل مشاهده است.



شکل ۵- آنالیز FT-IR، قسمت A: دکانویک اسید، B: کولین کلراید، C: ترکیب دکانویک اسید-کولین کلراید (با نسبت مشخص)

### ۳- نتیجه گیری

با توجه به آزمایش های انجام شده و نتایج حاصل از آن، روش استفاده شده در این پژوهش یعنی رنگ سنجی دیجیتال با استفاده از گوشی هوشمند برای سنجش مقادیر کم سم کلرپیریفوس در محیط های آبی کارآمده بوده است. با توجه به استفاده آسان و عدم نیاز به آموزش های زمان بر، مقرون به صرفه و در دسترس بودن گوشی هوشمند می توان از این روش برای سنجش کلرپیریفوس و سایر نمونه ها در محیط های آبی استفاده کرد.

### ۴- منابع

- [1] G. Campus, "Determination of Chlorpyrifos Residues in Cherry Samples by Direct Immersion Solid Phase Microextraction Coupled with Gas Chromatography Mass Spectrometry," pp. 398–402, 2018, doi: 10.7240/marufbd.398657.
- [2] A. Hamid, G. Yaqub, M. Ayub, and M. Naem, "Determination of malathion, chlorpyrifos,  $\lambda$ -cyhalothrin and arsenic in rice," *Food Sci. Technol.*, vol. 41, no. 2, pp. 461–466, 2021, doi: 10.1590/fst.01020.
- [3] S. Nagabooshanam, S. Roy, A. Mathur, I. Mukherjee, S. Krishnamurthy, and L. M. Bharadwaj, "Electrochemical micro analytical device interfaced with portable potentiostat for rapid detection of chlorpyrifos using acetylcholinesterase conjugated metal organic framework using Internet of things," *Sci. Rep.*, vol. 9, no. 1, 2019, doi: 10.1038/s41598-019-56510-y.
- [4] S. Rastegarzadeh, N. Pourreza, and A. Larki, "Dispersive liquid-liquid microextraction for the microvolume spectrophotometric determination of bismuth in pharmaceutical and human serum samples," *Anal. Methods*, vol. 6, no. 10, pp. 3500–3505, 2014, doi: 10.1039/c4ay00526k.
- [5] A. Paiva, R. Craveiro, I. Aroso, M. Martins, R. L. Reis, and A. R. C. Duarte, "Natural Deep Eutectic Solvents – Solvents for the 21st Century," 2014, doi: 10.1021/sc500096j.



## سنجش فعالیت آمیلازی *Cyberlindnera fabianii* استخراج شده از محیط دریا

سما پوریونس دیزگاه<sup>۱\*</sup>، دکتر اسحاق زمانی<sup>۲</sup>، دکتر بیتا ارچنگی<sup>۳</sup>

۱. دانشجو کارشناسی ارشد زیست فناوری-دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

۲. استادیار گروه زیست دریا دانشگاه علوم فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

۳. دانشیار گروه زیست دریا دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: S.poryounes@kmsu.ac.ir

### چکیده

*Cyberlindnera fabianii* یک مخمر کمتر شناخته است که مکررا به عنوان یک پاتوژن بیماری‌زا گزارش شده است. در حالی که منبع اصلی این سویه ناشناخته مانده اما معمولا از نوشیدنی‌های تخمیری و الکلی و برگ برنج و نیشکر جدا می‌شود. آگاهی از تنوع و پویایی این گونه برای درک ایمنی آن و کشت این سویه برای پردازش صنعتی کنترل شده بسیار حائز اهمیت است. در این تحقیق یک سویه *Cyberlindnera fabianii* از خلیج فارس (خور موسی) جداسازی گردید که قادر به مصرف نشاسته و تولید آنزیم آمیلاز بود. این سویه مانند اکثر مخمرها اسموفیل بوده و قادر بود در محیط‌های با فشار اسمزی بالا رشد کند. همچنین توانایی تخمیر قندهای اصلی را داشت. *Cyberlindnera fabianii* جدا شده از در این پژوهش اولین گزارش این سویه از محیط دریا است.

**کلید واژه:** مخمر، آنزیم آمیلاز، *Cyberlindnera fabianii*، خلیج فارس.

### مقدمه

مخمر آسکومیستوز *Cyberlindnera fabianii* یک مخمر هتروتالیک، کم‌یاب و خاص است که متعلق به گروه Ascomycota است و عضوی از راسته Saccharomycetales است و مانند *Candida.sp* از مخمرهای مهم پزشکی است. این گونه برای اولین بار در سال ۱۸۷۱ با نام CBS5640/NRRL-Y-7871 توسط Wickerham کشف شد، اما منبع مهم و اصلی این سویه متفاوت همچنان ناشناخته است (۸). اخیرا نتایج حاصل از تحلیل فیلوژنتیکی بر اساس اسیدهای ریبونوکلیئیک ریبوزومی زیر واحد بزرگ و کوچک rRNA باعث جدا شدن این سویه از والدینش (Williopsis) شد. تحقیقات نشان داده این سویه به سختی قابل شناسایی است، حتی با استفاده از دستگاه VITEK-2 که مدرن‌ترین دستگاه میکروب شناسی در دنیا است نمی‌توان به راحتی *Cyberlindnera fabianii* مورد شناسایی قرار داد (۱،۲). مشکلات موجود در روند شناسایی صحیح این مخمر باعث می‌شود در اکثر مواقع به عنوان *Cyberlindnera jadinii* و *Wickerhamomyces anomalus* شناسایی شود که منجر به دست کم گرفته شدن این گونه می‌شود. *Cyberlindnera fabianii* تنومورف *Candida fabianii* است و تا کنون توسط چندین محقق به عنوان عامل ایجاد انواع مختلف عفونت‌های انسانی گزارش شده است. شدت ایجاد عفونت این گونه ۱۰ برابر بیشتر از *W. anomalus* و تقریبا ۳۷ برابر بیشتر از *Cy. Jadinii* است (۳،۴). این گونه اغلب در محصولات غذایی تخمیر شده یافت می‌شود، و دارای خواص ویژه‌ای برای کاربردهای تخمیری در صنعت مواد غذایی و تولید مشروبات الکلی و همچنین تولید پروفیل‌های عطر است (۵). این مخمر قارچ مانند در صنعت بیوتکنولوژی برای تصفیه فاضلاب و همچنین برای پاک سازی زیستی خاک‌های آلوده به ترکیبات آلی و معدنی نیز استفاده می‌شود (۱). این مخمر



می‌تواند آنزیم‌های مختلفی تولید نماید که از جمله آنها می‌توان به آمیلازها اشاره کرد. آنزیم‌های آمیلازی از سه زیرگروه اصلی تشکیل شده‌اند:  $\alpha$  آمیلاز،  $\beta$  آمیلاز و گلوکو آمیلاز. اگرچه همه این آنزیم‌ها قادر به هیدرولیز پیوندهای آلفاگلیکوزیدی در نشاسته هستند، اما تفاوت‌های ساختاری و کاتالیزوری دارند. تخریب کامل نشاسته خام برای تولید صنعتی میکروبی سوخت‌های زیستی یکی از مهم‌ترین فرایندهایی است که در حال حاضر با مکمل‌های  $\alpha$  آمیلاز و گلوکوآمیلاز در طی فرایندهای تخمیر انجام می‌شود (۶). از این رو آمیلازها به طور گسترده در صنایع مختلف مانند داروسازی، صنایع غذایی و مواد شوینده نساجی و سوخت‌های زیستی برای هیدرولیز نشاسته استفاده می‌شوند (۷).

## مواد و روش‌ها

### نمونه‌برداری، جداسازی و شناسایی

این سویه با نمونه‌برداری از آب‌های خلیج فارس (خور موسی) در جنوب استان خوزستان و منتهی الیه شمال غرب خلیج فارس که در مختصات جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است جداسازی شد. یک میلی لیتر از نمونه آب به محیط کشت YEPD برات تلقیح و به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق روی شیکر با ۱۵۰ rpm انکوبه گردید. و سپس با رقیق سازی سریالی رقیق شده و بر روی محیط کشت YPD اگر به روش spread plate کشت داده شد و به مدت ۴۸ ساعت در ۳۰ درجه سانتی‌گراد انکوبه گردید (۹) بعد از خالص سازی به روش کشت خطی تصاویر میکروسکوپی سویه مخمری مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱). برای شناسایی بیوشیمیایی سویه مخمری از توانایی تخمیر قندهای مختلف (شکل ۲) و هیدرولیز اوره و جذب گلوکز و رشد در دمای ۴۲°C انجام گرفت (جدول ۱) (۱۰)

### سنجش فعالیت آمیلازی

برای سنجش فعالیت آمیلازی ابتدا در محیط کشت AAM حاوی (عصاره مخمر ۵ g/l، پپتون ۵ g/l، نشاسته ۵ g/l، آگار ۱۵ g/l،  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  ۵ g/l،  $NaCl$  ۰/۰۱ g/l،  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  ۰/۰۱ g/l) و تنظیم روی pH=۶ کشت داده شد و بعد از انکوباسیون در دمای ۲۸°C به مدت ۴ روز با اضافه کردن محلول ید و تشکیل هاله روشن (شکل ۳) از نظر کیفی غربال شد (۱۱)

سنجش کمی بر اساس روش Rick and stegbauer با اندکی تغییر انجام گرفت. جدایه مخمری در محیط کشت AAM برات به مدت ۴۸ ساعت در ۳۰°C روی شیکر با دور ۱۵۰ انکوبه شد. پس از سانتریفیوژ کردن محیط کشت ۵۰۰ میکرولیتر از آن به عنوان عصاره آنزیمی با ۵۰۰ میکرولیتر نشاسته ۱ درصد مخلوط و به مدت ۵ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد و مخلوط واکنش در نهایت با افزودن ۱ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق شد و در ۵۴۰ نانومتر رنگ سنجی انجام گرفت (۱۲).

### استخراج DNA و PCR

استخراج DNA با استفاده از روش استاندارد فنول- کلروفرم با اندکی تغییر انجام و کمیت و کیفیت آن با دستگاه نانودراپ و الکتروفورز بررسی شد. تکثیر ژن 18s rRNA توسط واکنش زنجیره‌ای پلیمرازی قطعه مورد نظر با استفاده از پرایمرهای (جدول ۳) (ITS1) به عنوان پرایمر رو به جلو و (ITS4) به عنوان پرایمر برگشتی انجام شد. واکنش PCR با استفاده از دستگاه Termal cycler و در حجم کلی ۲۵ میکرولیتر حاوی (۲ میکرولیتر از DNA الگو، ۱ میکرولیتر از هر Primer، ۱۲/۵ میکرولیتر مسترمیکس و ۸/۵ میکرولیتر آب مقطر تزریقی) سپس تحت شرایط (جدول ۴) با برنامه Touchdown PCR انجام شد (۱۳).

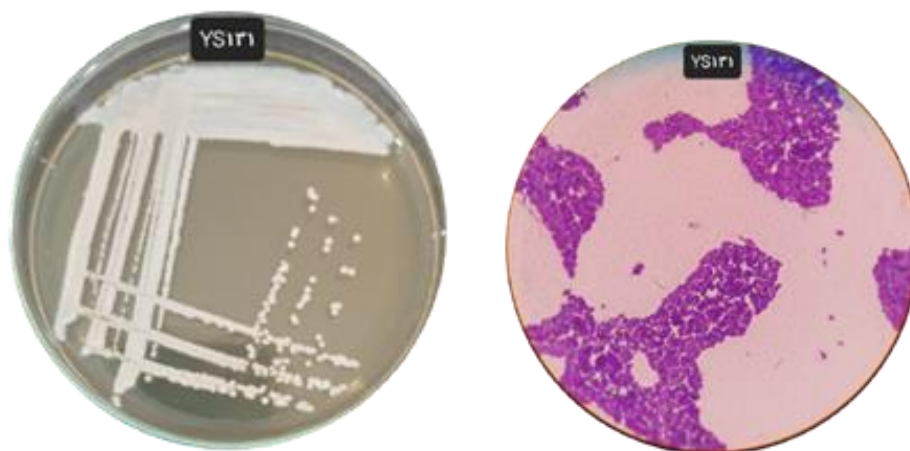
جدول ۳: پرایمرهای ITS

پرایمرها	توالی	دمای واسرشته شدن
ITS1	5TCCTCCGCTTATTGATATGC3	۴۹/۷
ITS4	5CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA3	۴۹/۳

جدول ۴: Touchdown PCR

چرخه	تکرار	زمان (دقیقه)	دمای °C
۱	۱	۳:۰۰	۹۵
۱۰	۱	۳:۰۰	۶۲
۲۰	۱	۳:۰۰	۷۲
۲۰	۵	۳:۰۰	۵۲
۲۰	۱	۳:۰۰	۷۲
۱	۱	۳:۰۰	۹۵

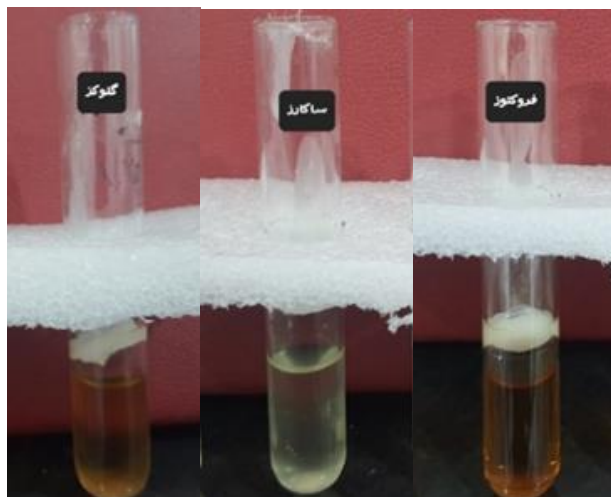
## نتایج



شکل ۱: تصاویر میکروسکوپی و ماکروسکوپی سویه YS131

جدول ۱: خصوصیات بیوشیمیایی

نام سویه	مالتوز	گلوکز	لاکتوز	ساکارز	فروکتوز	اوره آز	گلوکز ۵۰٪	گلوکز ۶۰٪	۴۲ °C
YS ۱۳۱	-	+	-	+	+	-	+	+	+



شکل ۲: تست تخمیر قند

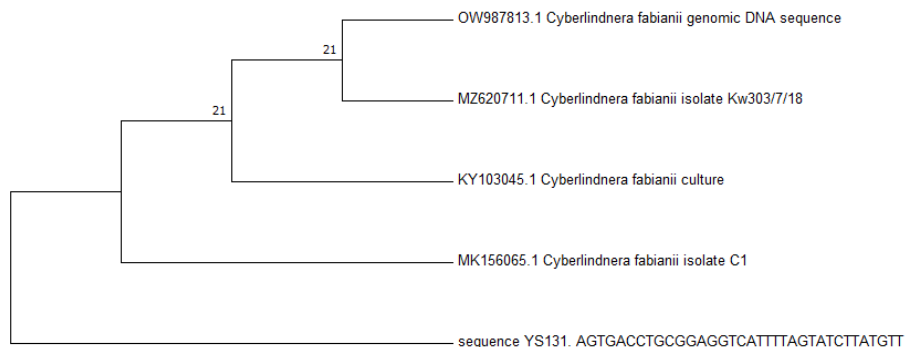


شکل ۳: مصرف نشاسته توسط سویه YS131

میزان تولید آنزیم آمیلاز توسط *Cyberlindnera fabianii* در تحقیق ما 222 U/ml/min اندازه گیری شد و مقدار مالتور آزاد شده 0/76 mg/ml بود که در مقایسه با گزارشات دیگر درصد خیلی بالایی داشت.

درخت فیلوژنیک

سویه YS131 تشابه بسیار زیادی به گونه *Cyberlindnera Fabianii* isolate C1 سویه MK156065.1 نشان داد. این سویه تحت عنوان *Cyberlindnera Fabianii* isolate SY131 و شماره دسترسی OR 743561 در بانک ژنی NCBI ثبت شده است.



شکل ۴: درخت فیلوژنیک و جایگاه سویه YS131

### بحث

بعد از کشف این سویه توسط Wicerham در سال ۱۸۷۱ از آن زمان در نوشیدنی‌های الکلی، نیشکر و همینطور از محیط‌های دیگر جدا شد (۸). در سال ۲۰۲۱ I.M.Mukisa و همکاران با بررسی تنوع میکروبی نوشیدنی تخمیر شده غلات در کنار سایر ارگانیسیم‌ها یک سویه *Cyberlindnera fabianii* جداسازی کردند که فعالیت آمیلازی داشت (۱۵). N. Boro در سال ۲۰۲۲ در کنار سویه‌های دیگر سویه *Cyberlindnera fabianii* (Cfab-RF 37) از جداسازی کردند که توانایی تولید آبجو از سوبستراهای گلوکز و نشاسته را داشت (۱۷). هدف از این تحقیق جداسازی مخمرهای تولید کننده آنزیم آمیلاز از محیط دریا بود، که پس از جداسازی و غربالگری و شناسایی مولکولی نتایج نشان داد این جدایه قرابت بالایی با *Cyberlindnera fabianii* دارد. از این نمونه در صنایع تولید نوشیدنی استفاده می‌شود و در منابع به عنوان گونه تولید کننده آنزیم آمیلاز معرفی شده است. با توجه به اینکه در بررسی منابع گزارشی از جداسازی این مخمر از نمونه‌های دریایی یافت شد می‌توان تحقیق حاضر را اولین گزارش از جداسازی این غیر از محیط دریاست.

### نتیجه گیری

میکروارگانیسیم‌ها و از جمله مخمرهای دریایی معمولاً دارای ویژگی‌های منحصر به فردی بوده و قادر به تولید آنزیم‌های مختلفی هستند در این تحقیق که با هدف جداسازی و غربالگری مخمرهای تولید کننده آنزیم آمیلاز از محیط دریا انجام شد مخمر *Cyberlindnera fabianii* به عنوان تولید کننده برتر این آنزیم شناسایی و برای اولین بار از محیط دریا گزارش گردید.

### منابع

1.Hof, H., Amann, V., Tauber, C., & Paulun, A. (2017). Peritonitis in a neonate due to *Cyberlindnera fabianii*, an ascomycetic yeast. *Infection*, 45(6), 921-924.





2. Baghdadi, J., Hemarajata, P., Humphries, R., & Kelesidis, T. (2015). First report of ventriculoperitoneal shunt infection due to *Cyberlindnera fabianii*. *Case Reports in Infectious Diseases*, 2015.
3. Mlinarić-Missoni, E., Hatvani, L., Kocsube, S., Vágvölgyi, C., Škarić, I., & Lukić-Grić, A. (2015). *Cyberlindnera fabianii* in the neonatal and paediatric intensive care unit. *JMM Case Reports*, 2(3), e000032.
4. Arastehfar, A., Fang, W., Al-Hatmi, A. M., Afsarian, M. H., Daneshnia, F., Bakhtiari, M., ... & Boekhout, T. (2019). Unequivocal identification of an underestimated opportunistic yeast species, *Cyberlindnera fabianii*, and its close relatives using a dual-function PCR and literature review of published cases. *Medical Mycology*, 57(7), 833-840.
5. van Rijswijck, I. M., Derks, M. F., Abee, T., de Ridder, D., & Smid, E. J. (2017). Genome sequences of *Cyberlindnera fabianii* 65, *Pichia kudriavzevii* 129, and *Saccharomyces cerevisiae* 131 isolated from fermented masau fruits in Zimbabwe. *Genome Announcements*, 5(14), 10-1128.
6. Carrasco, M., Villarreal, P., Barahona, S., Alcaíno, J., Cifuentes, V., & Baeza, M. (2016). Screening and characterization of amylase and cellulase activities in psychrotolerant yeasts. *BMC microbiology*, 16(1), 1-9.
7. Li, H., Chi, Z., Wang, X., Duan, X., Ma, L., & Gao, L. (2007). Purification and characterization of extracellular amylase from the marine yeast *Aureobasidium*
8. Freel, K. C., Sarilar, V., Neuvéglise, C., Devillers, H., Friedrich, A., & Schacherer, J. (2014). Genome sequence of the yeast *Cyberlindnera fabianii* (*Hansenula fabianii*). *Genome Announcements*, 2(4), 10-1128.
9. Otero, D. M., Bulsing, B. A., Huerta, K. D. M., Rosa, C. A., Zambiasi, R. C., Burkert, C. A., & Burkert, J. F. D. M. (2019). Carotenoid-producing yeasts in the Brazilian biodiversity: Isolation, identification and cultivation in agroindustrial waste. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 36, 117-129.
10. Kurtzman, C., Fell, J. W., & Boekhout, T. (Eds.). (2011). *The yeasts: a taxonomic study*. Elsevier.
11. Fossi BT, Tavea F, Jiwoua C, Ndjouenke R. Screening and phenotypic characterization of thermostable amylases producing yeasts and bacteria strains from some Cameroonian soils. *Afr J Microbiol Res* 2009; 3(9):504-514
12. Yalçın, H. T., & Çorbacı, C. (2013). Isolation and Characterization of Amylase Producing Yeasts and Improvement of Amylase Production. *Turkish Journal of Biochemistry/Turk Biyokimya Dergisi*, 38(1).
13. van Rijswijck, I. M., Kruis, A. J., Wolkers–Rooijackers, J. C., Abee, T., & Smid, E. J. (2019). Acetate-ester hydrolase activity for screening of the variation in acetate ester yield of *Cyberlindnera fabianii*, *Pichia kudriavzevii* and *Saccharomyces cerevisiae*. *LWT*, 104, 8-15.
14. Limtong, S., & Kaewwichian, R. (2015). The diversity of culturable yeasts in the phylloplane of rice in Thailand. *Annals of microbiology*, 65, 667-675.
15. Boro, N., & Narzary, D. (2022). Amylolytic Fungi in the Ethnic Beer Starter “emao” and Their Beer-Producing Attributes. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 869430.



## شناسایی و پراکنش شاخه روتیفرا در تالاب انزلی

جلیل سبک آرا

مسئول فنی آزمایشگاه پلانکتون، پژوهشکده آبی پروری آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: jsabkara@yahoo.com

### چکیده

این تحقیق در ۲۷ ایستگاه مطالعاتی در مناطق شیجان، سیاکیشیم، روگها، آبکنار، هندخاله ضمن انجام طرح‌های مطالعاتی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و اطلس پلانکتون‌های تالاب انزلی طی دهه‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ در تالاب انزلی صورت گرفت. نمونه برداری توسط لوله پلیکا (P.V.C) انجام، و در هر ایستگاه ۳۰ لیتر آب توسط تور زئوپلانکتون ۳۰ میکرون فیلتر شد. نمونه‌ها با فرمالین به نسبت چهاردرصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل و پس از بررسی‌های کمی و کیفی با میکروسکوپ اینورت، از آنها عکسبرداری گردید. در مجموع ۱۲ شاخه ۱۳۴ جنس و ۲۵۴ گونه زئوپلانکتونی شناسایی شدند، که در این میان ۳۷ جنس و ۹۰ گونه مربوط به شاخه گردان تنان (Rotifera) بودند. مطالعات کیفی زئوپلانکتونی در این پروژه و بررسی‌های کمی در پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی تالاب انزلی نشان داده که شاخه روتیفرا دارای غالب ترین گونه‌های زئوپلانکتونی در مناطق هندخاله جنوبی، آبکنار و روگها بوده و فراوان‌ترین گونه‌های این شاخه، *Polyarthra vulgaris*, *calyciflorus Brachionus*, *Keratella cochlearis*, *Brachionus angularis* و *Anureopsis fissa* هستند. روتاتورها در اواخر بهار و اوایل تابستان فراوانی و تنوع بیشتری دارند.

**کلید واژه:** زئوپلانکتون، روتاتورها، تالاب انزلی، اطلس پلانکتونی.

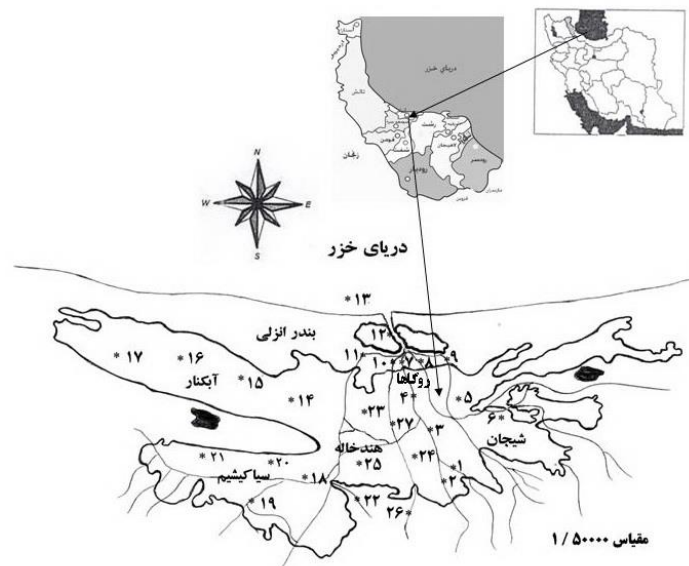
### مقدمه

تالاب انزلی با مساحتی حدود ۱۴۸ کیلومتر مربع در شمال ایران و حاشیه جنوبی دریای خزر، در استان گیلان واقع شده و دارای چهارحوزه متمایز بنام‌های آبکنار، هندخاله، شیجان و سیاکیشیم است، مقدار ذخیره آب و عمق آبکنار از سایر مناطق بیشتر، همچنین از نظر تنوع و تراکم پلانکتونی نیز بسیار غنی می‌باشد. تالاب انزلی دارای زنجیره‌های غذایی متعددی است، که زئوپلانکتون بعنوان تولیدکنندگان ثانویه در اکوسیستم آبی از اهمیت خاصی برخوردار بوده و خود مورد تغذیه نکتونها قرار گرفته و توان تولید و زیتوده آنها بستگی به شرایط محیطی تالاب دارد. زئوپلانکتون به عنوان یک پل ارتباطی نقش مهمی را در زنجیره غذایی، با حمل انرژی از باکتری‌ها یا فیتوپلانکتون به سایر بی‌مهرگان و ماهی‌ها را بعهده دارد (Souza et al., 2011). ساختار جوامع پلانکتونی در نواحی ساحلی برای ماهیگیری تجاری اهمیت زیادی داشته و نقش اصلی ایفا می‌کند (Ramdani et al., 2009). گروه‌های زئوپلانکتونی نقش مهمی در مطالعه تنوع زیستی جانوران اکوسیستم‌های مختلف آبی دارا هستند (Goswani, 2004) در زنجیره غذایی، زئوپلانکتون گیاه خوار از فیتوپلانکتون تغذیه می‌کند و خود غذای مهمی برای جانوران در سطح بالاتر و بالاخره ماهی‌ها و غیره واقع می‌شود. بیشترین اهمیت آنها به خاطر کنترل تولیدات اولیه (میزان کلروفیل a) و انجام فتوسنتز است (Hans and Anja, 2007).

روتیفرها جانورانی میکروسکوپی هستند که اکثر آنها طولی کمتر از ۱۰۰۰ میکرون (یک میلی متر) دارند، اغلب در دریاچه ها، حوض ها، استخرها، کانال های آبی ورودخانه های با جریان کند، همچنین درلجن، ذرات دیتریت ونواحی کم عمق ساحلی دریا و بر روی گیاهان آبی دیده می شوند. در مجموع این آبیان کوچک جزء رژیم اصلی غذایی ماهیان بوده و نقش مهمی در مراحل مختلف زندگانی بسیاری از گونه های ماهیان ایفا می کنند. کمبود منابع جامع و کافی و مصوردرمورد زئوپلانکتون تالاب انزلی و دیگر منابع آب شیرین ضرورت بررسی و شناسایی گونه های این گروه از جانوران را ایجاب نموده که هدف این تحقیق بوده است.

### روش کار

در این تحقیق که طی انجام طرح های مطالعاتی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و اطلس پلانکتون های تالاب انزلی طی دهه های ۱۳۷۰ الی ۱۳۹۳ در تالاب انزلی در ۲۷ ایستگاه مطالعاتی تالاب انزلی و در مناطق شیجان، سیاکیشیم، روگاکا، آبکنار، هندخاله (شکل ۱) صورت گرفت. نمونه برداری پلانکتونی توسط لوله پلیکا بطول حدود ۲ متر انجام گرفت، بدین نحو که از ایستگاه مورد نظر جهت نمونه برداری زئوپلانکتونی ۳۰ لیتر آب را برداشته و توسط تور زئوپلانکتون گیر با مش ۳۰ میکرون فیلتر و عصاره جمع شده در کلکتور در ظرف نمونه برداری ریختیم، نمونه ها بطور زنده به آزمایشگاه منتقل، و بعد از شناسایی با پیپت پاستور جدا سازی شده و بوسیله فتومیکروسکوپ و از جهات مختلف آن عکسبرداری شد. نمونه برداری زئوپلانکتونی بر طبق منابع American Public Health Association, 2005 و Mienlli, 1993 و جهت شناسایی زئوپلانکتون از پژوهش های زنکوویچ، ۱۳۵۴، بیرشتین، ۱۹۶۸ و ۱۹۷۸، Kutikowa, 1970, 1978 و Edmonson, 1959; Throp & Covich, 2001; Maosen, 1983, Ruttner – Kolisko, 1974 استفاده گردید.

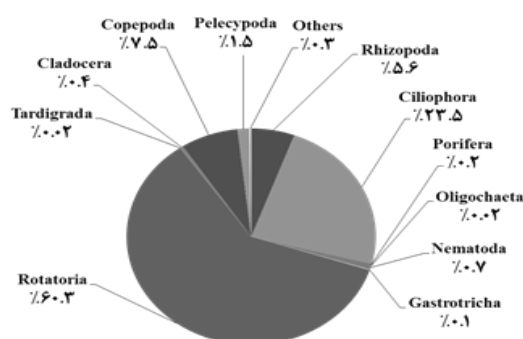


شکل ۱: ایستگاه های مطالعات پلانکتون در مناطق مختلف تالاب انزلی

## نتایج و بحث

در پروژه تهیه اطلس پلانکتون و طرح‌های مطالعاتی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی تالاب انزلی در مجموع ۱۲ شاخه ۳۳ جنس و ۲۱۱ گونه زئوپلانکتونی شناسایی گردید که ۳۶ جنس و ۹۱ گونه آن مربوط به شاخه روتیفرها می باشد. ساختمان بدنی آنها شامل سر، بدن و پا بوده که در اغلب آنها سرچندان از تنه مشخص نیست، ترکیب بدنی و شفافیت در اکثر آنها جالب توجه بوده و به ما اجازه می‌دهد که لندام‌های داخلی آنها را بخوبی در نمونه‌های زنده مشاهده کنیم، مهم‌ترین فاکتوری که در جدا کردن و شناسایی خانواده‌های مختلف روتیفرها بکار می‌رود، ساختمان آرواره یا فکین آنهاست، که در اکثر آنها براحتی قابل مشاهده نیست. این شاخه به سه رده *Bdelloidea*, *Monogononata* و *Seisonidea* تقسیم شده که رده آخر منحصراً دریایی و انگل بوده و در تالاب انزلی وجود ندارند.

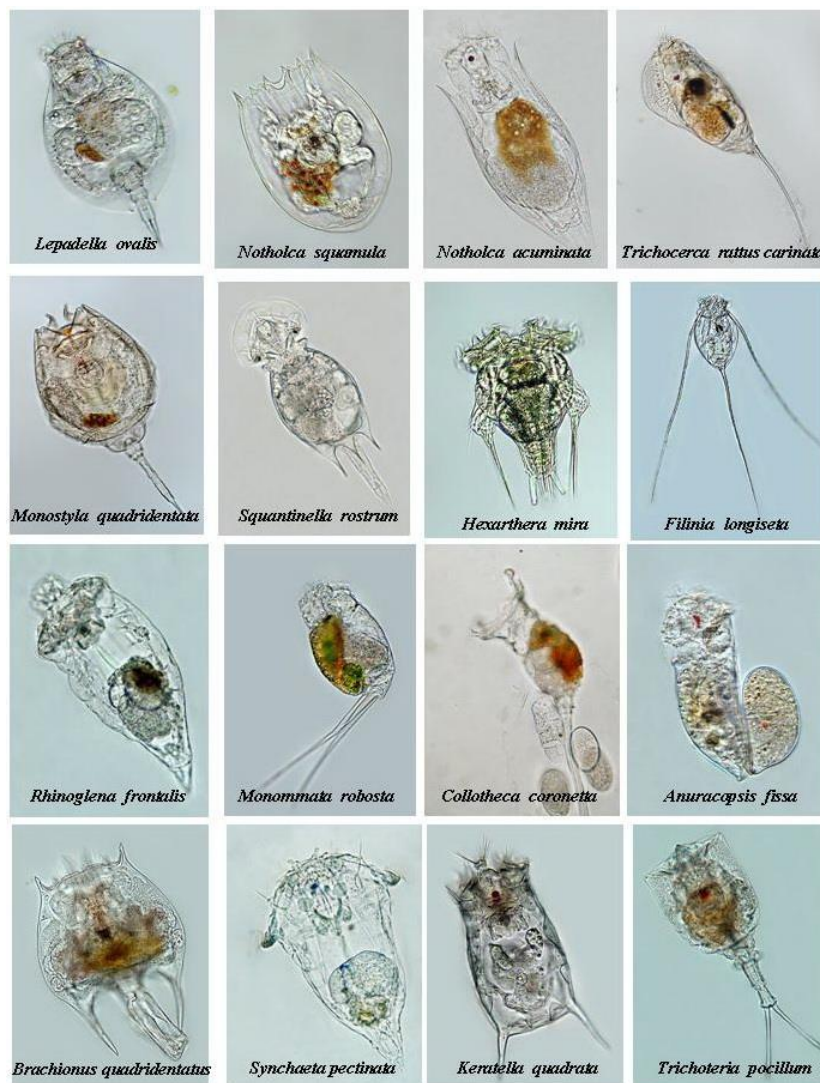
در این پژوهش از رده *Bdelloidea* و خانواده *Philodinidae* ۳ گونه شناسایی گردید. از رده *Monogonata* و خانواده *Brachionidae* که متنوع‌ترین و پرجمعیت‌ترین زئوپلانکتون تالاب انزلی هستند ۴۱ گونه، خانواده *Lecanidae* ۱۰ گونه، خانواده *Notommatidae* ۸ گونه، خانواده *Trichocercidae* ۹ گونه، خانواده *Asplanchnidae* ۲ گونه، خانواده *Synchaetidae* ۷ گونه، خانواده *Testudinilidae* ۵ گونه، خانواده *Collothecidae* ۲ گونه و خانواده‌های *Dicranophoridae* و *Proalidae* و *Hexarthridae* و *Gastropoidae* هر کدام یک گونه شناسایی شدند (شکل ۳).



شکل ۲: مقایسه درصد گروه‌های زئوپلانکتونی با *Rotifera* در مناطق مختلف تالاب انزلی سال ۹۳-۱۳۷۳

مطالعات زئوپلانکتونی نشان داده است که شاخه روتاتوریها غالب‌ترین گونه‌های زئوپلانکتونی در هندخاله جنوبی، آبکنار و روگهاها بوده و در مجموع منطقه آبکنار و هندخاله با در نظر گرفتن وسعت منطقه و ایستایی آب از جمعیت زئوپلانکتونی بالایی برخوردار هستند، البته با آلودگی سطح آب دریای کاسپین نیز در این امر موثر بوده است، این منطقه زیستگاه مناسبی جهت انواع زئوپلانکتون بخصوص روتاتوریها می‌باشد. حداکثر تراکم زئوپلانکتونی در تالاب غرب مربوط به اوایل فصل تابستان است، در این زمان بدلیل دمای مناسب جمعیت شاخه روتاتوریها به حداکثر مقدار خود می‌رسد. روتیفرها مهم‌ترین غذای لارو انواع ماهیان بدلیل میزان پروتئین بالا و ذخایر چربی بخصوص نوع (Omega-3) می‌باشد (Lubzens, 1989). مقایسه میانگین درصد سالانه جمعیت زئوپلانکتونی در مناطق مختلف تالاب انزلی طی سالهای متمادی نشان می‌دهد که حدود ۶۰ درصد

جمعیت زئوپلانکتونی مربوط به روتیفرا بوده و بقیه به سایر گروه‌ها تعلق دارد (شکل ۲)، بیشترین فراوانی آنها در مناطق هندخاله و آبکنار دیده شده و در فصل تابستان بیشترین جمعیت را دارند (سبک آرا و مکارمی، ۱۳۸۳؛ میرزاجانی و همکاران ۱۳۸۸). با آنالیز داده های زئوپلانکتونی درمورد روتیفرا درضمن انجام طرح‌های مطالعاتی هیدرولوژی و



شکل ۳: تعدادی از گونه‌های شناسایی شده از شاخه روتیفرا در تالاب انزلی (برگرفته از کتاب اطلس پلانکتون تالاب انزلی ۱۳۹۴).

هیدرобиولوژی طی سالهای مختلف و با توجه به آزمون کروسکال-والیس نتیجه می‌گیریم که بین ایستگاه‌های مورد مطالعه و در ماه‌های مختلف از نظر فراوانی شاخه روتیفرا اختلاف معنی دار آماری مشاهده می‌گردد ( $P < 0.05$ ) (میرزاجانی و همکاران ۱۳۸۸) و (فلاحی و سبک آرا، ۱۳۹۴).



## نتیجه گیری

غالب ترین گونه های روتیفرها در این پژوهش عبارت از *Brachiounus calyciflorus*, *Brachiounus angularis*, *Anureopsis fissa* و *Polyarthra vulgaris*, *Keratella cochlearis* زمستان از جمعیت آنها کاسته می گردد. مناطق روگاہایا کانال های خروجی تالاب بدلیل جریان آب که از مناطق مختلف تالاب عبور کرده و در نهایت به دریا وارد می شود، تنوع و فراوانی زئوپلانکتون از روند یکنواختی برخوردار است. جمعیت روتاتوریا در این منطقه نیز قابل توجه است. در شرق تالاب انزلی نواحی، سیاکیشیم و شیجان کم عمق ترین و ضعیف ترین مناطق از نظر فراوانی پلانکتونی هستند، در منطقه شیجان ورود آلاینده ها از طریق رودخانه پیر بازار باعث کدورت آب شده و باعث کاهش تراکم پلانکتونی می شود. در این مناطق گونه های چسبنده روتیفر مثل: *Monostyla hammata*, *Lecane luna*, *Rotaria neptunia* از فراوانی خوبی برخوردار هستند. منطقه سیاکیشیم علیرغم جمعیت کم، متنوع ترین منطقه تالاب انزلی از نظر زئوپلانکتونی بوده که اکثر گونه های کمیاب در این منطقه شناسایی شده اند، مشخص شدن دلیل این پدیده به مطالعه و بررسی بیشتری احتیاج دارد.

## منابع

۱. بیرشتین، یا. آ. و همکاران. (۱۹۶۸) اطلس بی مهرگان دریای خزر. مسکو. ترجمه لودمیلا دلینادوفزه نظری. ۱۳۷۹. انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۶۱۰.
۲. زنگویچ، ل. (۱۳۵۴) زندگی حیوانات جلد ۱ و ۲. ترجمه ح. فرپور. شورای پژوهشی علمی کشور. ج. ۱: ۵۲۵، صفحه ۲۷ و ج ۲: ۵۷۴، صفحه ۳۳.
۳. سبک آرا، ج و مکارمی، م. (۱۳۸۳). پراکنش و فراوانی پلانکتونها و نقش آنها در تالاب انزلی طی سالهای ۱۳۷۶-۱۳۷۹. مجله علمی شیلات ایران. سال سیزدهم، شماره ۳. صفحات ۱۱۳-۸۷.
۴. سبک آرا، ج و مکارمی، م. (۱۳۹۴). اطلس پلانکتونهای تالاب انزلی و نواحی ساحلی دریای کاسپین. ناشر کتاب موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. چاپ اول ۶۵۶ صفحه.
۵. میرزاجانی، ع.، کیایی، ب.، جمالزادفلاح، ف.، خداپرست، ح.، عباسی رنجبر، ک.، سبک آرا، ج.، مکارمی، م.، پورغلامی مقدم، ا.، فلاحی کیپورچالی، م.، وطن دوست، م.، بابایی، ه.، دادای قندی، ع.، قانع ساسایی، ا.، کمالی، ا.، عبدالله پور، ح.، حسینجانی، ع. (۱۳۸۸). بررسی لیمنولوژیکی تالاب انزلی بر مبنای مطالعات ده ساله (۱۳۸۰-۱۳۷۰) با استفاده از سامانه جغرافیایی GIS. پژوهشکده آبیزی پروری آبهای داخلی کشور (بندر انزلی). ۹۶ صفحه.
۶. فلاحی کیپورچالی، م و سبک آرا، ج. (۱۳۹۴). مطالعه ساختار جمعیت زئوپلانکتون در تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۴، شماره ۲ تابستان ۱۳۹۴. صفحات ۴۲-۲۹.
7. American public helth Association .,(1989) Standard Metod for the Examination of Water and Waste Water. USA. 1193 P.
8. Edmondson, W.T., (1959) Fresh Water biology . Newyork , London. John wiley an dsons Inc. 1248P.
9. Goswani, S.C. (2004). Zooplankton methodology, Collection, & identification – a fief anual. National institute of Oceanography. DONA Paula, Goa-403 004: pp 2-7.
10. Hans, M.V. and Anja, K. (2007). Regional zooplankton taxonomy and identification training workshop. Swakopmund, Namibia, 8-19 January 2007: 2 - 4.





11. Kutikowa , L . A .,( 1970 ) . Eurotatoria . CCCP. Leningrad. 743P.
12. Lubzens. E . 1989,. Possible use of Rotifere resting eggs and preserved live Rotifers (B.plicatilis) in aquaculture and mariculture.218 P.
13. Mienlli ,A.,(1993) Biological Systematics. CHAPMAN&HALL.387P.
14. Pontin, R. M., (1978) A key to the Fresh water planktonic and semiplanktonic rotifera of the british Isles. Titus wilson and son . Ltd . 178P.
15. Ramdani, M., Elkhiaati, N., Flower, R.J., Thompson, J.R., Chouba, L., Kraiem, M.M., Ayache, F. and Ahmed, M.H. ( 2009). Environmental influences on the qualitative and quantitative composition of phytoplankton and zooplankton in North African coastal lagoons. Hydrobiologia, 622:113–131.
16. Ruttner – Kolisko,A ., (1974.) Plankton rotifers , biology and taxonomy , Austrian Academy of 146P.
17. Souza, L.C, Branco, C.W.C., Domingos P. and Bonecker, S. L. C.(2011). Zooplankton of an urban coastal lagoon: composition and association with environmental factors and summer fish Kill. Zoologia,28: 357–364.
18. Throp , j.h & Covich, A.P.,( 2001) Ecology and Classification of North America Fresh water Invertebrates .ACADEMIC PRESS.USA.





## فراوانی زباله‌های دریایی در منطقه بین جزر و مدی ساحل هندیجان

علیرضا صفاهیه<sup>\*</sup>، ایمان پیروزی، محمد امین شاه ولی

دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

<sup>\*</sup> پست الکترونیک، نویسنده مسئول: safahieh@hotmail.com

### چکیده

آلودگی سواحل توسط زباله‌های دریایی، اثرات منفی متعددی بر آبزیان دارد. در این پژوهش، حضور و پراکنش زباله‌های دریایی در منطقه بین جزر و مدی ساحل هندیجان مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مطالعه زباله‌های دریایی از سه ترانسکت عمود بر ساحل هر یک به مساحت ۲۰۰ متر مربع نمونه برداری صورت پذیرفت. متوسط فراوانی زباله‌ها ۱۲۶۸/۵ عدد در ۱۰۰ متر مربع بود. نتایج نشان داد که شیشه با ۵۳ درصد و بعد از آن پلاستیک ۳۹ درصد بیشترین میزان فراوانی اقلام را دارند. شیشه از نظر تعداد بیشترین تعداد را با ۶۹۲ عدد در ۱۰۰ متر مربع داشت. فراوانی زباله‌های پلاستیکی پس از شیشه بالاترین بود که در میان آنها کیسه‌های پلاستیکی، بطری‌های پلاستیکی و طناب و تورها به ترتیب ۵۳، ۱۷ و ۱۴ درصد از کل زباله‌های پلاستیکی را تشکیل می‌دهند. مقایسه‌زباله‌ها از نظر اندازه نشان داد که زباله‌های ۰/۵ تا ۱۰ سانتی متری حدود ۶۰ درصد از زباله‌ها را تشکیل می‌دهد. نتایج حاضر نشان می‌دهند که هر چه به نواحی بالاساحلی نزدیک می‌شویم، درصد پلاستیک و پارچه کمتر و درصد شیشه بیشتر می‌شود. با توجه به وجود پهنه گلی و جزر و مدی وسیع در ساحل و کم بودن شدت امواج و عمق آب میتوان استدلال کرد منشا زباله‌های فعالیت تردد کنندگان در ساحل میباشد.

**کلید واژه:** زباله‌های دریایی، هندیجان، خلیج فارس.

## Abundance of marine debris in the intertidal zone of Hendijan beach

Alireza Safahieh<sup>\*</sup>, Iman Piroozi, MohammadAmin Shahvali

Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

<sup>\*</sup> Corresponding Author E-mail: safahieh@hotmail.com

**Abstract**— Coastal pollution caused by marine debris has a significant impact on aquatic life. To investigate the presence and distribution of marine debris in the intertidal zone of Hendijan beach, a study was conducted. Three transects perpendicular to the beach, each covering an area of 200 m<sup>2</sup>, were investigated and sampled. The average number of debris found was 1268.5 pieces per 100 m<sup>2</sup>. The study found that the most abundant items were glasses (53%) and plastics (39%). The number of glass pieces was 692 per m<sup>2</sup>. Among the plastic waste, plastic bags, plastic bottles, ropes and nets constituted 53%, 17% and 14% of the total plastic waste, respectively. The research also revealed that 0.5 to 10 cm items constitute about 60% of the total debris. In high-tide areas, the percentage of plastic and fabric decreases while the percentage of glass increases. Based on the shallow depth of the seawater, the vast distance between the tidal range, and the relatively weak waves, it can be inferred that the waste found in the area under study is likely to have originated from human activity, particularly from those who travel there.

**Keywords**— Marine Debris, Hendijan, Persian Gulf.



## مقدمه

زباله‌های دریایی عبارت اند از هرگونه مواد جامد که به طور خواسته یا ناخواسته در محیط دریا رها شده‌اند (۱). این زباله‌ها ممکن است مستقیماً در آب‌های دریایی و یا در سواحل رها شده باشد و یا توسط امواج از دریا به ساحل و یا بالعکس منتقل شده باشند (۲). تحقیقات متعدد به این نتیجه رسیده‌اند که ۸۵ درصد زباله‌های دریایی از فعالیت‌های زمینی و تنها ۱۵ تا ۲۰ درصد از فعالیت‌های مبتنی بر دریا به دست می‌آیند (۳). که می‌توانند دارای منشاء فعالیت‌های ساحلی، کشتیرانی‌ها و تاسیسات دریایی باشد (۴). زباله‌های دریایی رها شده در سواحل با میزان جمعیت ساحل نشین و فعالیت انسان در سواحل مربوط بوده و فعالیت بیشتر انسان‌ها در سواحل منجر به تولید و انتقال مقادیر بیشتری از زباله در این مناطق می‌شود (۵). زباله‌های دریایی رها شده در سواحل خطرات زیادی برای آبزیان دارند و علاوه بر آن ممکن است از نظر زیبایی ظاهر ناخوشایندی برای سواحل ایجاد نماید (۶). شهرستان هندیجان در قسمت شمال غرب خلیج فارس و در مجاورت آن قرار گرفته است. از آنجا که منطقه دریایی بحرکان به لحاظ وجود سکوه‌های نفتی و فعالیت‌های مربوط به استخراج نفت اهمیت بالایی دارد از سوی دیگر فعالیت‌های صید و صیادی نسبتاً زیادی در منطقه در جریان می‌باشد فعالیت‌های متعدد صید و صیادی استخراج و انتقال نفت و وجود ازدحام و ترافیک بالای خودروها و موتورهای حمل‌کننده سوخت در ساحل این منطقه منجر به تولید و رهاسازی مقادیر متنابهی از زباله‌های دریایی در منطقه بین ساحل هندیجان شده است. علی‌رغم اهمیت این منطقه اطلاعات منتشر شده‌ای از وضعیت زباله‌های ساحلی در این قسمت از خلیج فارس وجود ندارد. این مطالعه به منظور تعیین فراوانی نوع اندازه و جنس زباله‌های دریایی در ساحل هندیجان صورت گرفت.

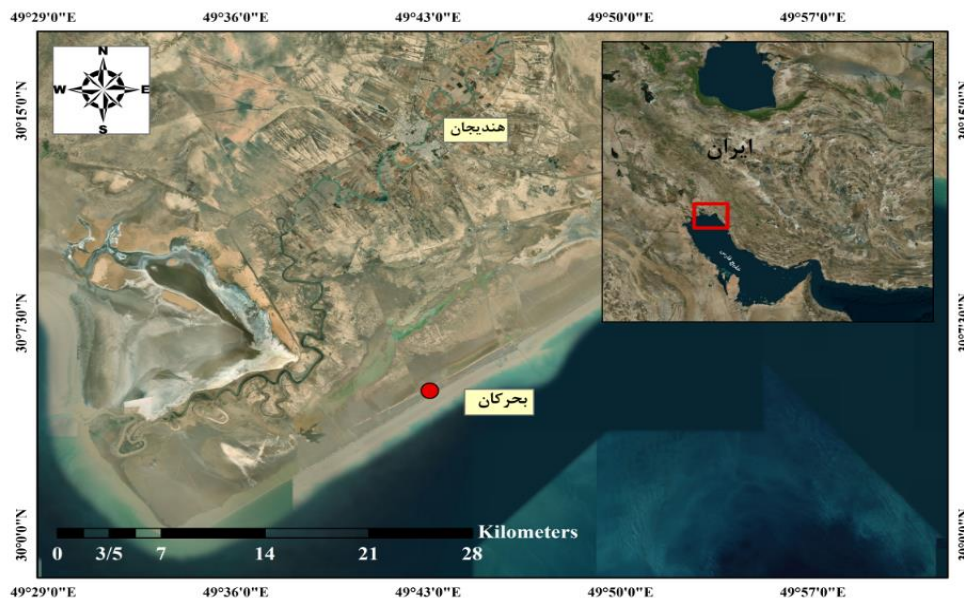
## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ناحیه بین جزر و مدی هندیجان، در شرق رودخانه زهره و غرب ساحل بحرکان در جنوب شرقی استان خوزستان قرار دارد (شکل ۲). که موقعیت جغرافیایی آن (۴۳/۴۲۴۹° E ۵۴/۰۴۳۰° N) است (۷). این ناحیه شامل یک پهنه گلی وسیع می‌باشد. به منظور مطالعه زباله‌های دریایی در این ساحل، ابتدا سه ترانسکت عمود بر ساحل در نظر گرفته شدند (۸). از هر خط عمود بر دریا در هر طرف خط به شعاع ۵ متر (مجموعاً ۱۰ متر) و طول ۲۰ متر نمونه برداری از ناحیه جزر و مدی انجام گرفت. نمونه از هر قسمت با سه تکرار و به مساحت ۲۰۰ متر مربع صورت پذیرفت. بدلیل تراکم بالای زباله در منطقه بالای ساحل نمونه برداری از این قسمت توسط کوادرات ۱×۱ متری صورت گرفت. سپس نمونه زباله‌های رها شده در هر کودرات شمارش شده (۹) جنس آنها تعیین و ابعاد آن‌ها با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

### تحلیل داده‌ها

به منظور پردازش داده‌ها ابتدا پراکنش آنها توسط آزمون Shapiro-Wilk مورد آزمون قرار گرفت تا داده‌های نرمال و غیر نرمال مشخص شوند. سپس از آزمون ANOVA برای مشخص کردن اختلاف معنی داری استفاده شد. همچنین از آزمون Tukey HSD جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید.



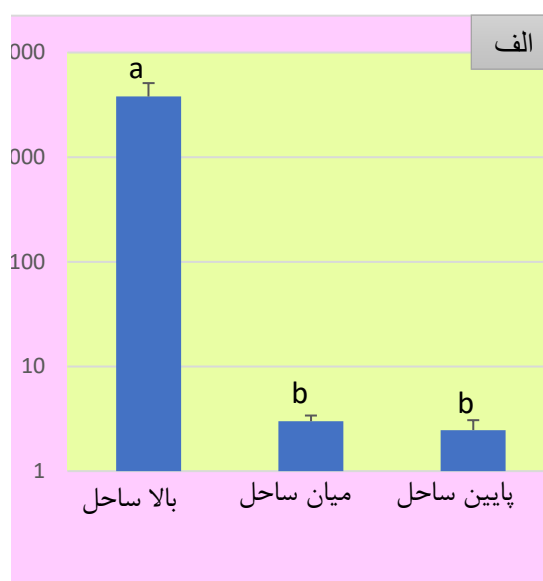
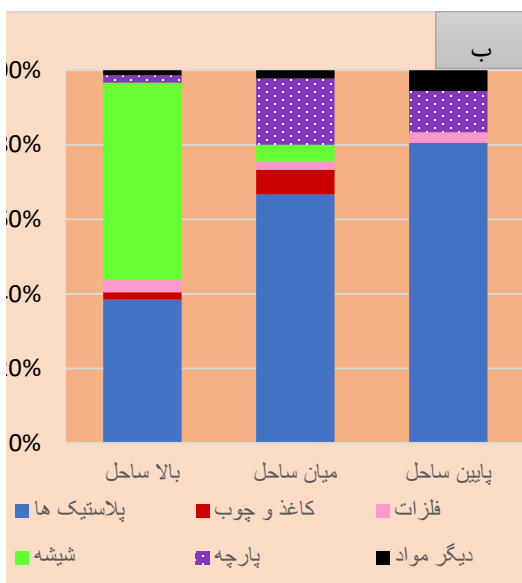
شکل ۲- نقشه منطقه مورد مطالعه

## نتایج و بحث

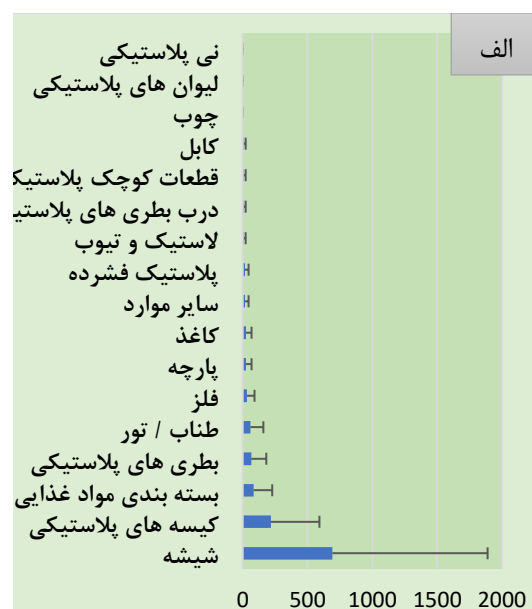
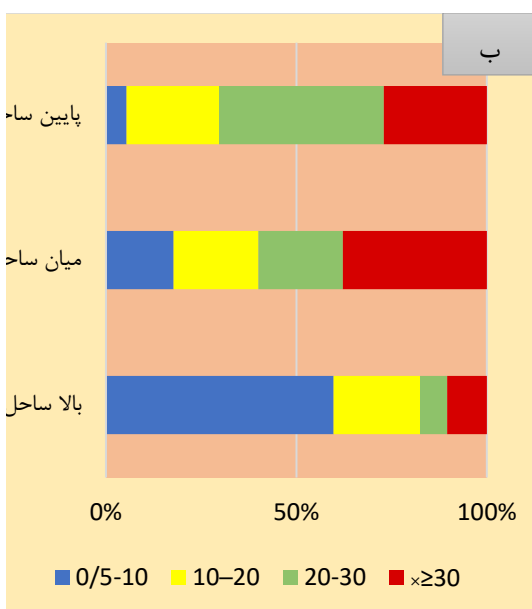
فراوانی زباله‌ها در بالای ساحل، میان و پایین ساحل به ترتیب ۳، ۲/۵ و میانگین آن معادل ۱۲۶۸/۵ عدد در هر ۱۰۰ متر مربع بود (شکل ۳ الف). که بیشترین تراکم در ناحیه بالای ساحل مشاهده گردید ( $P < 0.05$ ) در دو مطالعه زباله‌های دریایی در سواحل کشور قطر، تعداد آنها را ۱۹۸ عدد (۸) و ۳۴۰ عدد (۱۰) در ۱۰۰ متر مربع گزارش کرده اند. همچنین، در دیگر نقاط دنیا، فراوانی زباله‌های دریایی در سواحل لاس سالیناس کشور شیلی با میانگین ۳۴ (۱۱) و در ماکاسار با فراوانی ۴۲-۶۰۳ عدد در ۱۰۰ متر مربع گزارش شد (۱۲). که بمراتب از نتایج مطالعه حاضر کمتر است.

زباله‌های دریایی جمع آوری شده به ۵ دسته عمده شامل: پلاستیک، کاغذ و چوب، فلزات، شیشه، و پارچه. تقسیم بندی شدند. به طور کلی شیشه با ۵۳ درصد و بعد از آن پلاستیک ۳۹ درصد بیشترین میزان فراوانی ارقام را دارند (شکل ۳ ب). نتایج موجود در منطقه در دو مطالعه سواحل قطر به ترتیب مقدار ۷۱ (۸) و ۵۴ (۱۰) درصد ارقام پلاستیکی بودند. بیشترین درصد زباله‌ها در بالای ساحل به ترتیب شیشه و پلاستیک و در دیگر نواحی پلاستیک و پارچه بوده اند.

نتایج به دست آمده نشان داد که در بین زباله‌ها شیشه بیشترین تعداد را با ۶۹۲ عدد در ۱۰۰ متر مربع داشت. همچنین کیسه‌های پلاستیکی با ۲۱۷ عدد در ۱۰۰ متر مربع پس از شیشه، بیشترین فراوانی را داشتند (شکل ۴ الف). به نظر می‌رسد شیشه از توسط بازدید کنندگان و بدلیل ضعف در مدیریت پسماند به محیط وارد شده باشد. Gzyli و همکاران نیز منابعی همچون گردشگری و فعالیت‌های تفریحی و شیوه‌های مدیریت ضعیف پسماند را بعنوان منابع زباله‌های دریایی معرفی کردند (۱۳). زباله‌های رها شده در ساحل هنديجان از نظر اندازه متنوع بودند (شکل ۴ ب). در بالای ساحل زباله‌ها اندازه کوچکتری نسبت به نواحی دیگر داشتند این درحالی بود که فراوانی آنها نسبت به سایر مکانها بیشتر بود.



شکل ۳- الف) میانگین فراوانی زباله ها (عدد در ۱۰۰ متر مربع) ب) درصد جنس زباله های دریایی



شکل ۴- الف) فراوانی اقلام زباله های دریایی (عدد در ۱۰۰ متر مربع) ب) درصد اندازه زباله های دریایی

### نتیجه گیری

این مطالعه نشان داد که ساحل دریایی هندیجان به زباله های دریایی آلوده است. به نظر می رسد تردد افراد بومی بدلیل حمل مواد نفتی و فعالیت قایق های صیادی مهمترین منابع تاثیر گذار بر زباله های دریایی موجود در منطقه باشد. در ناحیه



بالای ساحل تعداد زباله ها بسیار بیشتر و در عین حال اندازه زباله ها بسیار کوچکتر بود. در این ناحیه شیشه های شکسته فراوانترین نوع زباله ها را تشکیل می داد. در حالیکه در مناطق پایین تر پلاستیک فراوانتر بود. با توجه به اهمیت منطقه از نظر آبریزان شیلاتی نظارت و مدیریت منطقه از نظر زباله های دریایی لازم و ضروری است.

## منابع

- (۷۱) جویباری؛ اکرم سیده؛ پیروان؛ رضائی؛ پیمان و غلامی. (۲۰۲۲). بررسی و تحلیل غلظت فلزات سنگین و شاخص های آلودگی رسوبات در کانون گرد و غبار هندیجان، استان خوزستان. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۴(۳): ۳۱۲-۳۳۱.
- (۱) Selvam, K., Xavier, K. M., Shivakrishna, A., Bhutia, T. P., Kamat, S., and Shenoy, L. (2021) Abundance, composition and sources of marine debris trawled-up in the fishing grounds along the north-east Arabian coast, *Science of the Total Environment* 7.۱۴۱۷۷۱.۵۱
- (۲) Manullang, C. (2019) The abundance of plastic marine debris on beaches in Ambon Bay, In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, p 012037, IOP Publishing.
- (۳) Fauziah, S. H., Rizman-Idid, M., Cheah, W., Loh, K.-H., Sharma, S., NoorMaiza, M., Bordt, M., Praphotjanaporn, T., Samah, A. A., and bin Sabaruddin, J. S. (2021) Marine debris in Malaysia: A review on the pollution intensity and mitigating measures, *Marine pollution bulletin* 167, 112258.
- (۴) Cavalcante, R. M., Pinheiro, L. S., Teixeira, C. E., Paiva, B. P., Fernandes, G. M., Brandão, D. B., Frota, F. F., Francisco Filho, J., and Schettini, C. A. (2020) Marine debris on a tropical coastline: Abundance, predominant sources and fate in a region with multiple activities (Fortaleza, Ceará, northeastern Brazil), *Waste management* 108, 13-20.
- (۵) Mghili, B., Analla, M., Aksissou, M., and Aissa, C. (2020) Marine debris in moroccan Mediterranean beaches: an assessment of their abundance, composition and sources, *Marine Pollution Bulletin* 160, 111692.
- (۶) Gaibor, N., Condo-Espinel, V., Cornejo-Rodríguez, M. H., Darquea, J. J., Pernia, B., Domínguez, G. A., Briz, M. E., Márquez, L., Laaz, E., and Alemán-Dyer, C. (2020) Composition, abundance and sources of anthropogenic marine debris on the beaches from Ecuador—A volunteer-supported study, *Marine Pollution Bulletin* 154, 111068.
- (۸) Veerasingam, S., Al-Khayat, J. A., Aboobacker, V., Hamza, S., and Vethamony, P. (2020) Sources, spatial distribution and characteristics of marine litter along the west coast of Qatar, *Marine Pollution Bulletin* 159, 111478.
- (۹) Yin, C., Chai, Y., Danielle, C., Yusri, Y., and Barry, G. J. (2020) Anthropogenic marine debris accumulation in mangroves on Penang Island, Malaysia, *Journal of Sustainability Science and Management* 15, 36-60.
- (۱۰) Veerasingam, S., Chatting, M., Asim, F. S., Al-Khayat, J., and Vethamony, P. (2022) Detection and assessment of marine litter in an uninhabited island, Arabian Gulf: a case study with conventional and machine learning approaches, *Science of The Total Environment* 838, 156064.
- (۱۱) Rangel-Buitrago, N., Vergara-Cortés, H., Barría-Herrera, J., Contreras-López, M., and Agredano, R. (2019) Marine debris occurrence along Las Salinas beach, Viña Del Mar (Chile): magnitudes, impacts and management, *Ocean & Coastal Management* 178, 104842.



- (١٢) Isyrini, R., La Nafie, Y., Ukkas, M., Rachim, R., and Cordova, M. (2019) Marine macro debris from Makassar Strait beaches with three different designations, In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, p 01203 ,IOP Publishing.
- (١٣) Gjyli, L., Vlachogianni, T., Kolitari, J., Matta, G., Metalla, O., and Gjyli, S. (2020) Marine litter on the Albanian coastline: Baseline information for improved management, *Ocean & Coastal Management* 187, 105108.



## فراوانی و منشأ میکروپلاستیک در رسوبات سطحی بندر ماهشهر

علیرضا صفاهیه\*، ایمان پیروزی، محمد علی سالاری علی آبادی

دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: safahieh@hotmail.com

### چکیده

زباله‌های پلاستیکی به علت هوازدگی و فرسایش به ذرات کوچکتر شکسته شده و میکروپلاستیک‌ها را میسازند. این اجسام ذرات پلاستیکی با اندازه‌هایی کوچکتر از ۵ میلی‌متر را شامل میشوند. که میتوانند اثرات نامطلوب متعددی برای آبزیان داشته باشند. در این پژوهش فراوانی میکروپلاستیک در رسوبات دریایی بندر ماهشهر مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری از رسوبات سطحی با استفاده از غرب وین انجام شد. نمونه‌ها در آون خشک شده، و توسط آب اکسیژنه هضم شدند سپس میکروپلاستیک‌ها با استفاده از کلرید روی شناور و توسط کاغذ صافی جداسازی شدند. در نهایت، میکروپلاستیک‌های جداسازی شده توسط استریومیکروسکوپ شمارش و اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که میانگین تعداد ذرات میکروپلاستیک در رسوبات بندر ماهشهر در ایستگاه پارک ساحلی مجیدیه و بندر صدراتی به ترتیب ۸۰۰ و ۱۸۲۶/۷ ذره در یک کیلوگرم وزن خشک رسوب میباشد. ذرات با اندازه‌های کمتر از ۶۰۰ میکرون بیشترین تعداد ذرات میکروپلاستیک را دارند. شکل‌های دانه‌ای و کروی بیشترین تعداد ذرات میکروپلاستیک را تشکیل می‌دهند. همچنین، رنگ سیاه بیشترین رنگ‌های میکروپلاستیک مشاهده شد. در مجموع، میزان میکروپلاستیک در بندر ماهشهر نسبت به سایر نقاط خلیج فارس بیشتر است و به نظر می‌رسد شرکت‌های پتروشیمی تولیدکننده فراورده‌های پلاستیکی و فعالیت‌های صیادی منابع اصلی آلاینده‌های میکروپلاستیک در این منطقه باشند.

**کلید واژه:** میکروپلاستیک، بندر ماهشهر، رسوب، خلیج فارس.

## Abundance and origin of microplastics in the surface sediments of Mahshahr Port

Alireza Safahieh\*, Iman Piroozi, Mohammad Ali Salarialiabadi

Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

\* Corresponding Author E-mail: safahieh@hotmail.com

**Abstract**— Microplastics are tiny plastic particles that are formed due to weathering and abrasion of plastic waste. These particles are smaller than 5 mm and can have harmful effects on aquatic life. A recent study investigated the abundance of microplastics in marine sediments of Bandar Mahshahr. Surface sediment samples were collected using a Van Veen grab. They were oven dried and digested with hydrogen peroxide. The microplastics were then floated using zinc chloride and separated from sediment using filter paper. They then were counted and measured using a stereomicroscope. The results revealed that the average number of microplastic particles in the sediments of Majidieh Beach Park, and Saderati Port were 800 and 1826.7 particles per Kg of sediment dry weight, respectively. The microplastic particles less than 600  $\mu$  in size appeared in the highest number. The study also found that the granular and spherical forms of microplastics were the most common forms while black color was the most abundant color. In conclusion, the abundance of microplastic in Mahshahr port was higher than in other parts of the Persian Gulf. Petrochemical companies producing plastic products and fishing activities were identified as the primary sources of microplastic pollutants in the area.

**Key words**— Microplastics, Mahshahr port, Sediment, Persian Gulf





## مقدمه

آلودگی دریایی و مشکل زباله‌های دریایی در کشورهای ساحلی به عنوان یکی از معضلات عمده مطرح است (۱). بیشتر زباله‌های دریایی از پلاستیک تشکیل شده است (۲). بخشی از این پلاستیک‌ها به میکروپلاستیک‌ها تجزیه می‌شود. اصطلاح "میکروپلاستیک" به ذراتی اشاره دارد که اندازه‌ی آنها کوچکتر از ۵ میلی‌متر است (۳). این ذرات از دو منبع تولید می‌شوند: منبع اولیه شامل مواد صنعتی، محصولات تمیزکننده و محصولات آرایشی و بهداشتی است که به دانه‌ها، رشته‌ها و الیاف پلاستیکی تبدیل می‌شوند (۴). منبع ثانویه شامل تخریب قطعات بزرگتر از پلاستیک است که با عواملی مانند خورشید، فرآیندهای شیمیایی و بیولوژیکی تخریب می‌شوند (۵). میکروپلاستیک‌ها به عنوان یکی از مهمترین آلودگی‌های محیط دریا شناخته شده‌اند (۶). علاوه بر این، میکروپلاستیک‌ها شامل ترکیباتی متنوعی از جمله پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌استایرن، پلی‌وینیل کلرید، پلی‌آمید (PA) و پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) هستند (۷). اندازه کوچک این ذرات باعث می‌شود تا انواع مختلفی از موجودات دریایی قادر به بلع آن‌ها باشند و این باعث وارد شدن آسیب‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی برای ارگانسیم‌های دریایی می‌شود (۸).

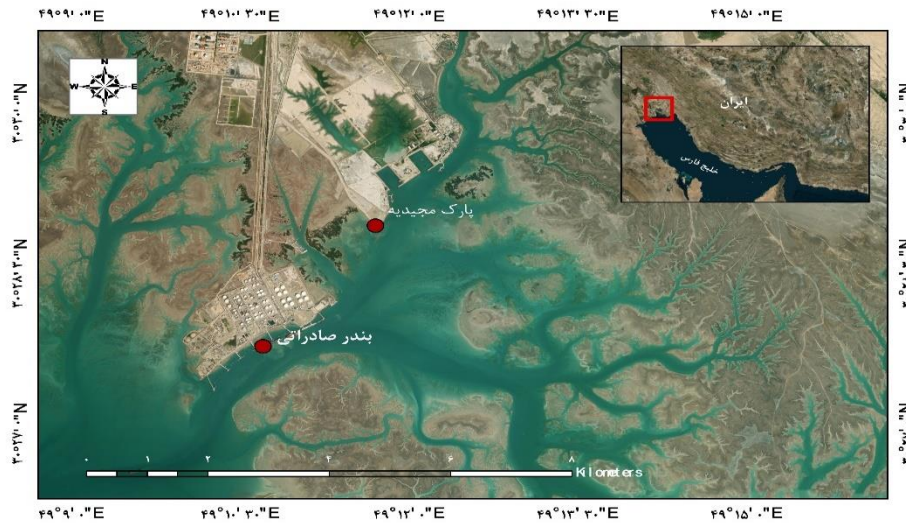
شهرستان ماهشهر که در استان خوزستان واقع شده است، به عنوان یکی از صنعتی‌ترین مناطق استان خوزستان شناخته می‌شود. این شهرستان شامل شهرهای ماهشهر و سربندر است. از نظر موقعیت جغرافیایی، شهرستان ماهشهر در فاصله ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی از مرکز گرینویچ و ۳۰ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی از خط استوا قرار دارد. در حال حاضر، ۲۱ مجتمع تولیدی با ظرفیت ۲۶ میلیون تن محصول پتروشیمی در این منطقه طراحی و احداث شده است (۹). تأسیسات مهم دیگری از جمله تأسیسات نفتی، بندر کشتیرانی و شیلات نیز در آن وجود دارد. فعالیت‌های انسانی جاری در منطقه قادر است مقادیر متنابهی از زباله‌های پلاستیکی و میکروپلاستیک به آب‌های دریایی خور موسی وارد کرده و آسیب جدی به محیط زیست منطقه وارد نماید. در منطقه تاکنون به اندازه کافی تحقیقات درباره میکروپلاستیک‌ها انجام نشده و در مورد آلودگی به این نوع میکروپلاستیک اطلاعات کافی وجود ندارد. بنابراین، ضرورت انجام تحقیقات و مطالعات بیشتر درباره آلودگی میکروپلاستیک‌ها در این منطقه احساس می‌شود.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

به منظور نمونه برداری در منطقه سواحل بندر ماهشهر، دو ایستگاه در نظر گرفته شد (شکل ۵). ایستگاه‌های انتخاب شده شامل پارک مجیدیه ماهشهر و بندر صادراتی ماهشهر می‌باشند. اساس انتخاب شدن ایستگاه‌ها، حساسیت زیستگاهی، مسکونی بودن منطقه، صنعتی بودن ناحیه، وجود یا حضور مسیر گردشگری در ایستگاه و موقعیت ایستگاه نسبت به ساحل در نظر گرفته شد (شکل ۵).

نمونه‌برداری از رسوبات سطحی تا عمق ۵ سانتیمتر با استفاده از گرب ون وین، در هر ایستگاه نمونه برداری با سه بار تکرار انجام شد. نمونه‌ها در فویل آلومینیومی به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۶۰ درجه خشک کرده سپس با محلول کلرید روی اشباع مخلوط شدند (۱۰). سپس به مدت ۵ دقیقه آرام قرار گرفتند تا رسوب ته نشین شود. نیمه بالای محلول جدا کرده شد و پراکسید هیدروژن ۳٪ به محلول اضافه شد و پس از ۲۴ ساعت ته نشینی، مایع رویی به یک بشر شیشه‌ای ریخته شد (۱۱). از کاغذ صافی عبور داده شد. زیر استریومیکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفت (۱۰).



شکل ۵- منطقه نمونه برداری از رسوبات در خور موسی

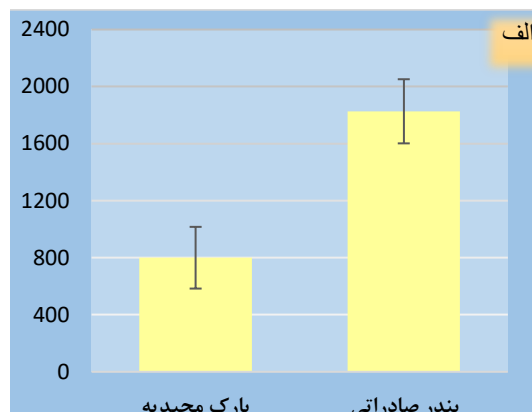
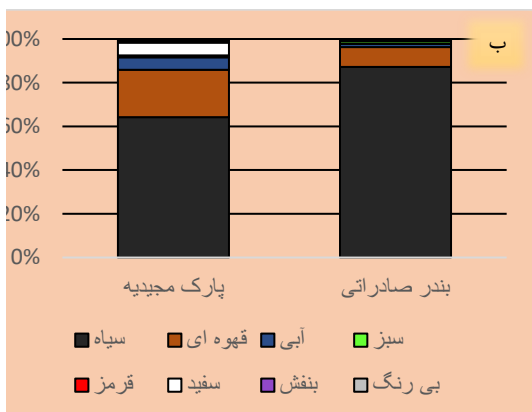
### تحلیل داده ها

تمامی تجزیه و تحلیل های آماری در این مطالعه با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت. مجموعه داده ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk برای بررسی نرمال بودن بررسی شد. همچنین برای بررسی تفاوت های معنی دار بین گروه های مختلف، از آزمون واریانس یک طرفه (ANOVA) استفاده شد.

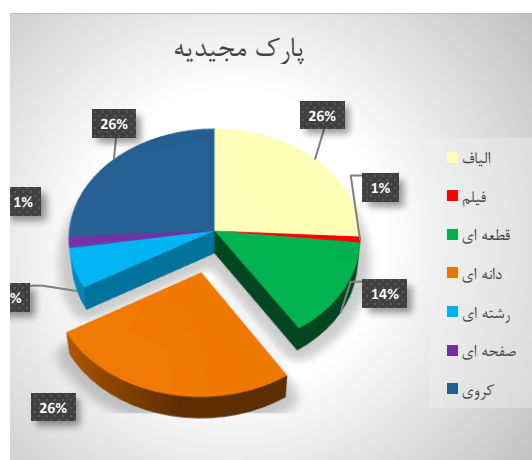
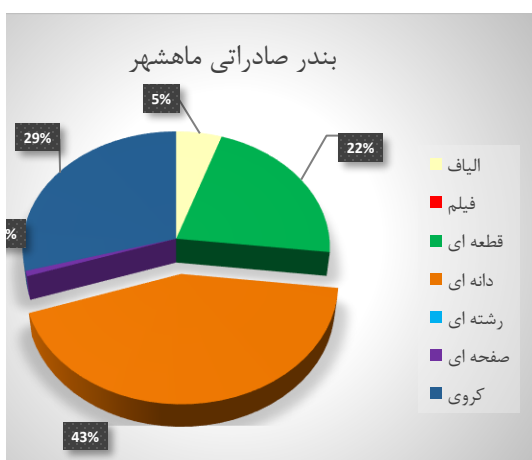
### نتایج و بحث

فراوانی ذرات میکروپلاستیک در رسوبات منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۸۰۰ و ۱۸۲۶/۷ ذره در کیلوگرم بود (شکل ۶ الف). مقایسه آماری بین دو ایستگاه های نمونه برداری شده در زمستان نشان داد که اختلاف معنی دار وجود دارد. فراوانی میکروپلاستیک در رسوبات دیگر مناطق کمتر از مقادیری است که در این مطالعه، به دست آمده است. کمتر بودن فراوانی میکروپلاستیک ها در منطقه های دیگر میتواند مربوط به این باشد که نقاط ذکر شده اکثراً در مجاورت آب های باز قرار گرفتن در حالی که خور موسی، به عنوان یک منطقه محصور، فعالیت های صنعتی و اقتصادی فراوانی دارد که می تواند باعث آلودگی بیشتر آن شود. بیشترین رنگ میکروپلاستیک های مشاهده شده به رنگ سیاه بوده است (شکل ۶ ب). Gupta و همکاران در تحقیقات خود، نشان دادند که عموماً، میکروپلاستیک های رنگارنگ از مواد مورد استفاده در لباس ها، بسته بندی و به ویژه در کاربردهای تجاری دیگر، تولید می شوند (۱۲).

ذرات با شکل های دانه ای و کروی بیشترین تعداد ذرات میکروپلاستیک را تشکیل می دهند (شکل ۷) در پارک ساحلی مجیدیه، ۵۲٪ و در بندر صادراتی، ۷۲٪ از ذرات را تشکیل می دهند. که احتمالاً می توانند توسط فاضلاب های صنعتی پتروشیمی ها تولید کننده گرانول های پلاستیکی موجود در منطقه یا ریزش تصادفی در هنگام بارگیری گرانول های پلاستیکی در اسکله و کشتی های حمل و نقل این مواد باشند. Rakib و همکاران (۲۰۲۳) به وجود پلاستیک های کروی از پساب صنعتی یا ریزش تصادفی کشتی ها اشاره کرده اند (۱۳).

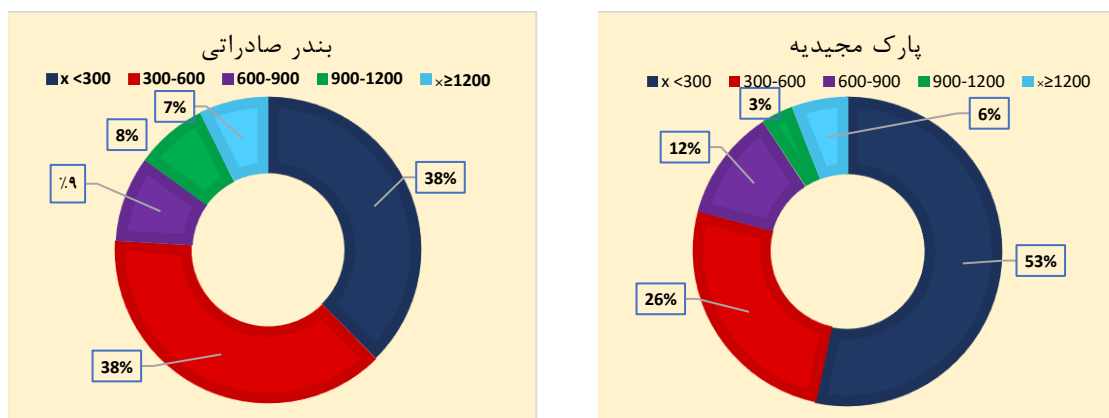


شکل ۶- الف) میانگین تعداد ذرات میکروپلاستیک در رسوب (ذره/کیلوگرم) ایستگاه های مورد مطالعه ب) رنگ های مشاهده شده در نمونه های رسوب



شکل ۷ - درصد اشکال مختلف ذرات میکروپلاستیک در نمونه رسوب

در پارک مجیدیه ۵۳٪ و بندر صادراتی ۳۸٪ از ذرات اندازه کمتر از ۳۰۰ میکرون دارند. اندازه بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ میکرون در پارک مجیدیه ۲۶٪ و در بندر صادراتی ۳۸٪ از ذرات میکروپلاستیک دارند (شکل ۸). اندازه کوچک میکروپلاستیک ها می تواند به علت حضور آنها به مدت طولانی در محیط باشد. مرتضوی و همکاران در مطالعه ای عنوان کردند که میکروپلاستیک ها به دلیل داشتن نیمه عمر طولانی، به مدت زمان نامشخصی در آینده در محیط زیست باقی خواهند ماند (۱۴).



شکل ۸ - فراوانی اندازه ذرات میکروپلاستیک در نمونه رسوب زمستان

### نتیجه گیری

در مطالعه مذکور، عوامل مختلفی از قبیل جمعیت، ورودی فاضلاب و پساب، جریان جزر و مد، جریان آب، کشتیرانی، ماهیگیری و فعالیت صنعتی در سواحل به عنوان منابع ورود میکروپلاستیک شناسایی شده‌اند. این مطالعه نشان می‌دهد که آب دریایی در بندر ماهشهر به میکروپلاستیک آلوده است. به نظر می‌رسد که فعالیت‌های صیادی، به عنوان مهمترین منبع تأثیرگذار میکروپلاستیک در این منطقه، مطرح است، هرچند منابع دیگری مانند فاضلاب‌های شهری، فعالیت‌های صنعتی و تراکم جمعیت نیز به عنوان منابع میکروپلاستیک در ساحل‌های بندر ماهشهر مورد نظر هستند.

### منابع

- (19.) پورمحمدی، س.، لطفی، ع. and العنایبی، م. (۲۰۲۲) بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر غلظت بعضی از آلاینده‌ها در منطقه صنعتی ماهشهر با استفاده از تصاویر سنجش از دور و تحلیل واریانس (ANOVA) جغرافیا و برنامه ریزی محیطی ۳۳، ۷۹-۹۶.
- (1.) Oztekin, A., Bat, L., and Baki, O. G. (2020) Beach litter pollution in Sinop Sarikum Lagoon coast of the southern Black Sea.
  - (2.) Purba, N. P., Handyman, D. I., Pribadi, T. D., Syakti, A. D., Pranowo, W. S., Harvey, A., and Ihsan, Y. N. (2019) Marine debris in Indonesia: A review of research and status, Marine pollution bulletin 146, 134-144.
  - (3.) Miller, M. E., Motti, C. A., Menendez, P., and Kroon, F. J. (2021) Efficacy of microplastic separation techniques on seawater samples: testing accuracy using high-density polyethylene, The Biological Bulletin 240, 52-66.
  - (4.) Li, Y., Chen, G., Xu, K., Huang, K., and Wang, J. (2021) Microplastics environmental effect and risk assessment on the aquaculture systems from South China, International Journal of Environmental Research and Public Health 18, 1869.
  - (5.) Prata, J. C., da Costa, J. P., Duarte, A. C., and Rocha-Santos, T. (2019) Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: a critical review, TrAC Trends in Analytical Chemistry 110, 150-159.



- (6.) Nabizadeh, R., Sajadi, M., Rastkari, N., and Yaghmaeian, K. (2019) Microplastic pollution on the Persian Gulf shoreline: A case study of Bandar Abbas city, Hormozgan Province, Iran, *Marine pollution bulletin* 145, 536-546.
- (7.) Guo, X., and Wang, J. (2019) The chemical behaviors of microplastics in marine environment: A review, *Marine pollution bulletin* 142, 1-14.
- (8.) Razeghi, N., Hamidian, A. H., Wu, C., Zhang, Y., and Yang, M. (2021) Scientific studies on microplastics pollution in Iran: An in-depth review of the published articles, *Marine Pollution Bulletin* 162, 111901.
- (10.) Wang, D., Su, L., Ruan, H. D., Chen, J., Lu, J., Lee, C.-H., and Jiang, S. Y. (2021) Quantitative and qualitative determination of microplastics in oyster, seawater and sediment from the coastal areas in Zhuhai, China, *Marine Pollution Bulletin* 164, 112000.
- (11.) Jahan, S., Strezov, V., Weldekidan, H., Kumar, R., Kan, T., Sarkodie, S. A., He, J., Dastjerdi, B., and Wilson, S. P. (2019) Interrelationship of microplastic pollution in sediments and oysters in a seaport environment of the eastern coast of Australia, *Science of the Total Environment* 695, 133924.
- (12.) Gupta, P., Saha, M., Rathore, C., Suneel, V., Ray, D., Naik, A., Unnikrishnan, K., Dhivya, M., and Daga, K. (2021) Spatial and seasonal variation of microplastics and possible sources in the estuarine system from central west coast of India, *Environmental Pollution* 288, 117665.
- (13.) Rakib, M. R. J., Al Nahian, S., Madadi, R., Haider, S. M. B., De-la-Torre, G. E., Walker, T. R., Jonathan, M., Cowger, W., Khandaker, M. U., and Idris, A. M. (2023) Spatiotemporal trends and characteristics of microplastic contamination in a large river-dominated estuary, *Environmental Science: Processes & Impacts* 25, 929-940.
- (14.) Mortazavi, M. S., Sharifian, S., Saraji, F., Mohebbi-Nozar, S. L., Koohkan, H., and Karimzadeh, R. (2023) The Temporal and Spatial Variations of Microplastics in Sewage Discharges of Bandar Abbas City (Iran), *Persian Gulf, Water, Air, & Soil Pollution* 234, 537.



## کارایی نانوکامپوزیت کیتوسان-روی اکسید در حذف کدورت از نمونه‌های آب و پساب

علی چینی‌ساز<sup>۱</sup>، فواد بوعدار<sup>۱\*</sup>، کمال غانمی<sup>۱</sup>

گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: fb@kmsu.ac.ir

### چکیده

در این پژوهش نانوکامپوزیت روی اکسید کیتوسان سنتز و کارایی آن جهت حذف کدورت بررسی شد. مشخصه یابی ساختار و مورفولوژی نانوکامپوزیت سنتز شده توسط تکنیک‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. مشخصات طیفی نانوکامپوزیت سنتز شده با استفاده از آنالیزهای XRD، SEM و FT-IR مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای مختلف و اثر گذار بر حذف کدورت شامل pH، زمان هم‌زدن، مقدار جاذب و مقدار کدورت اولیه بررسی شدند. نتایج نشان می‌دهد که بهینه مقدار پارامترها pH برابر ۸، زمان هم‌زدن ۲۵ دقیقه، مقدار جاذب ۰/۲ گرم در لیتر و میزان کدورت اولیه ۱۵۰ ntu می‌باشد.

**کلید واژه:** آب، اکسیدروی، کیتوسان، کدورت، نانوکامپوزیت

**Abstract**— In this research, nanocomposite was investigated on the identification of synthesized chitosan and its efficiency to remove turbidity. Characterization of the structure and morphology of the synthesized nanocomposite was studied by different techniques. The synthesized nanocomposite designs were analyzed using XRD, SEM and FTIR analyses. Various parameters and their effects on turbidity removal, including pH, stirring time, adsorbent amount, and initial turbidity amount, were investigated. The optimal values of the indicators were pH equal to 8, stirring time 25 minutes, adsorbent amount 0.2 g/L and initial turbidity level 150 ntu. The proposed method was evaluated along with the synthesized nanocomposite by real samples and favorable results were obtained.

### ۱-مقدمه

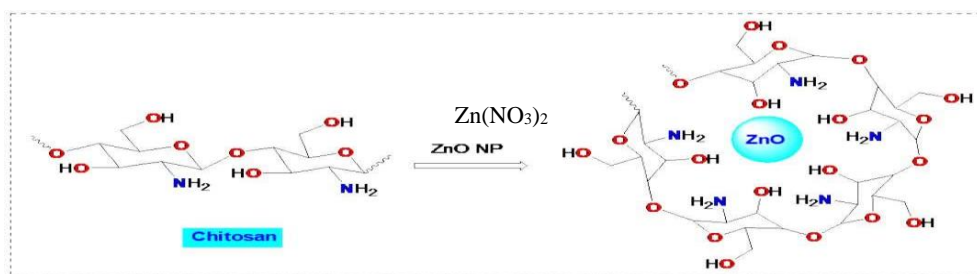
تامین آب آشامیدنی کافی برای ساکنان کشورهای فقیر و مناطق روستایی یکی از چالش‌های دشوار مسئولان تصفیه آب است که طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO) امروزه بیش از ۸۰۰ میلیون نفر در این مناطق زندگی می‌کنند. کشورهای فقیر و مناطق روستایی به اندازه کافی آب آشامیدنی ندارند که این مردم را در معرض شیوع بیماری‌های مختلف مرتبط با آب قرار داده است. در اثر ورود ذرات با اندازه‌های گوناگون که گاهی با چشم قابل رویت هستند و گاهی دیده نمی‌شوند و به صورت معلق در آب باقی می‌مانند و باعث کدورت آب می‌شوند، آب غیرقابل شرب می‌شود. این ذرات بیماری‌های زیادی مانند مالاریا، اسهال شدید و غیره را برای انسان به همراه دارد. بنابراین شرکت‌های تصفیه آب به دنبال ارائه روش‌های مقرون به صرفه و قابل اعتماد برای حل این مشکل که تهدید کننده حیات است، هستند. محصولات طبیعی مختلفی که برای تصفیه آب استفاده می‌شوند به دلیل ایمنی عمومی، تولید لجن سازگار با محیط زیست، سهولت تخریب، مقرون به صرفه و در دسترس بودن محبوبیت بیشتری پیدا کرده‌اند. کدورت آب به عنوان یک فاکتور موثر روی کیفیت میکروبی آب آشامیدنی با حمایت از رشد و بقای میکروارگانیسم‌ها یا کاهش راندمان کلر در تصفیه آب مطرح می‌باشد. کدورت در آب توسط مواد

معلق مثل خاک، ماسه، مواد آلی و غیر آلی بسیار ریز، ترکیبات آلی رنگی محلول، پلانکتون‌ها و دیگر موجودات میکروسکوپی ایجاد می‌شود کدورت بر مشخصه‌های فیزیکی، میکروبی، شیمیایی و رادیولوژیکی آب تاثیر گذاشته و از آن‌ها تاثیر می‌پذیرد. قانون آب آشامیدنی سالم مقدار کدورت را ۱ واحد NTU (واحد اندازه گیری کدورت) توصیف کرده است و این مقدار نباید از ۵ واحد NTU بیشتر شود. به علت نقش مهم کیفیت آب بر سلامت بشر و نیز تاثیر مستقیمی که کدورت بر بقای عوامل بیماری‌زا و همچنین غلظت کلر باقیمانده در آب دارد کدورت با شدت نور پراکنده شده توسط نمونه آب اندازه گیری می‌شود. شدت بیشتر باعث ایجاد کدورت بیشتر می‌شود. این نشان دهنده وجود TSS (کل جامدات معلق) مانند خاک رس، سیلت، مواد آلی است که از نظر بیولوژیکی و همچنین شیمیایی برای بشر بسیار مضر هستند و طعم و بوی نامطلوبی می‌دهند. به دلیل ویژگی‌های جذب محلول‌های کلوئیدی، گندزدایی آب کدر همیشه امکان پذیر نیست. تصفیه آب یکی از بهترین فرآیندها برای حذف کدورت از هر منطقه است. آب تمیز مورد نیاز ما بیشتر از رودخانه به دست می‌آید، بنابراین قبل از رهاسازی به رودخانه، تصفیه مناسب فاضلاب مورد نیاز می‌باشد. فرآیندهای مختلف به نوع متفاوتی از تصفیه آب نیاز دارند. بنابراین چند فرآیند تصفیه بسته به نوع فاضلابی که باید تصفیه شود توسعه می‌یابد در حال حاضر روش‌های متفاوتی مانند تصفیه بیولوژیکی، فیلتراسیون، انعقاد و لخته سازی، ته نشینی، اسمز معکوس، الکترولیز و نانوفیلتراسیون برای حذف کدورت از آب و پساب وجود دارد اما در سال‌های اخیر منعقد کننده‌های طبیعی نانوکامپوزیت‌ها به دلیل در دسترس بودن فراوان، زیست تخریب پذیری، هزینه کم، دفع آسان و حجم کم لجن به عنوان جایگزین‌های پایدار برای منعقد کننده‌های معدنی در تصفیه آب/ فاضلاب محبوبیت پیدا کرده‌اند در این پژوهش از نانو ذرات روی اکسید و کیتوسان به دلیل ویژگی‌های مناسب، طبیعی و دوستدار محیط بودن استفاده شد هدف ما در این تحقیق استفاده از نانوکامپوزیت اکسیدروی-کیتوسان (CZO) با منشاء طبیعی برای حذف کدورت از نمونه‌های آب و پساب می‌باشد.

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱ تهیه جاذب

در این روش برای سنتز نانوکامپوزیت (CZO) ابتدا مقدار مشخص از اکسید روی در استیک اسید ۰/۰۱٪ حل شد، سپس پودر کیتوزان به آن اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه درون دستگاه اولتراسونیک قرار گرفت. با استفاده از ۱ مولار pH محلول به ۱۰ رسید و به مدت ۳ ساعت درون حمام آب گرم با دمای ۴۰-۸۰°C قرار گرفت و در نهایت تا خشک شدن کامل درون آن با دمای ۵۰°C قرار داده شد. شکل ۱ طرح شماتیک این فرآیند را نشان می‌دهد.



شکل ۱- طرح شماتیک سنتز نانوکامپوزیت (CZO)



## ۲-۲ روش کار

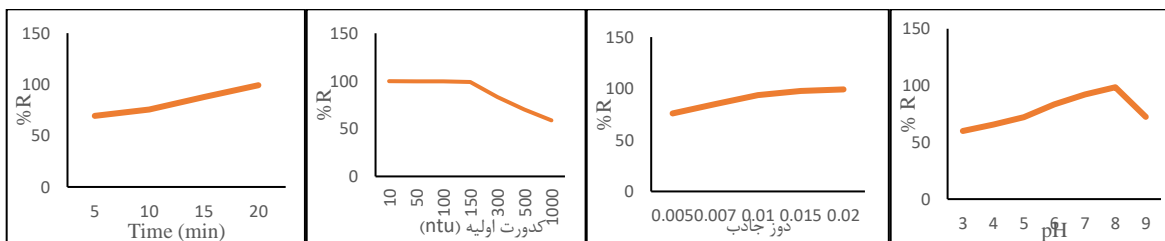
در این روش ابتدا به ۵۰ میلی لیتر از نمونه آب با کدورت ۱۵۰ NTU با pH برابر ۸، مقدار ۰/۰۲ گرم نانوکامپوزیت اضافه شد. سپس به مدت ۲۰ دقیقه بر روی همزن مغناطیسی با سرعت بالا گرفت و در نهایت با استفاده از دستگاه کدورت سنج، کدورت نمونه اندازه گیری شد. با استفاده از رابطه ۱ درصد حذف کدورت اندازه گیری شد.

$$N = \frac{N_0 - N_1}{N_0} \times 100$$

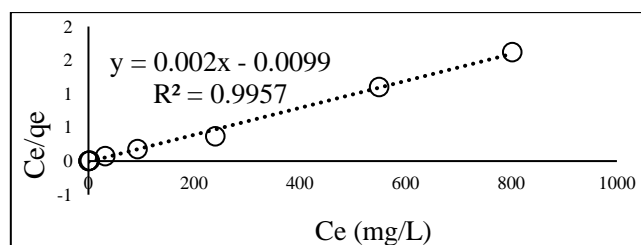
## ۲-۳ نتایج و بحث

### ۱-۳-۲ بهینه سازی پارامترهای موثر بر واکنش

تاثیر پارامترهای موثر مانند pH، دوز جاذب، زمان و کدورت اولیه بر حذف کدورت بررسی شد و مطابق شکل ۲ نتایج به دست آمده به این صورت بود که بهینه مقادیر pH برابر ۸، دوز جاذب ۰/۴ گرم بر لیتر، مدت زمان تماس ۲۵ دقیقه و کدورت اولیه ۱۵۰ ntu بود. مطابق شکل ۳ نانوکامپوزیت سنتز شده از ایزوترم لانگمویر تبعیت می کند.



شکل ۲- پارامترهای بهینه در حذف کدورت توسط نانوکامپوزیت

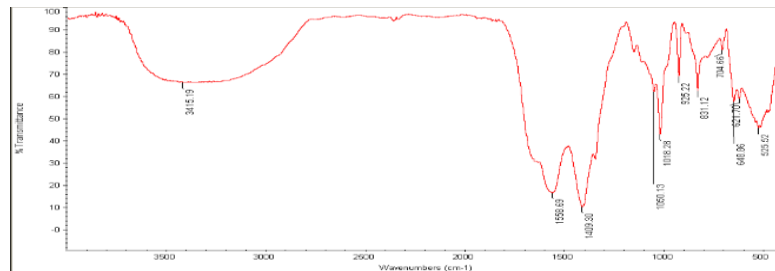


شکل ۳- ایزوترم لانگمویر

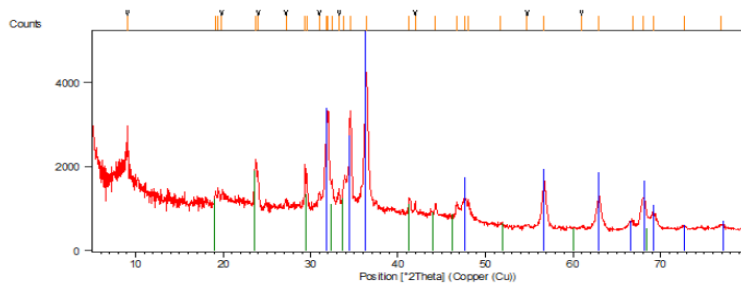
## ۲-۴ مشخصات طیفی نانوکامپوزیت CZO

به منظور شناسایی و تایید نانوکامپوزیت (CZO) از آنالیزهای مختلف استفاده شد. مطابق شکل ۴ آنالیز FTIR انجام شد که با توجه به پیکهای گروه‌های عاملی می توان نتیجه گرفت نانوکامپوزیت به درستی سنتز شده است. مطابق شکل ۵

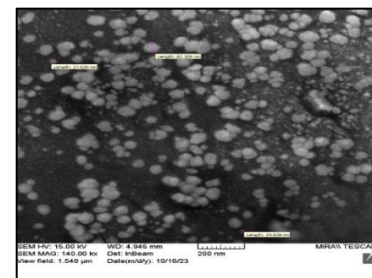
آنالیز SEM مورفولوژی سطحی جاذب که ساختاری منظم دارد را نشان می‌دهد. شکل ۶ آنالیز XRD را برای تایید ساختار کریستالی مواد سنتز شده نشان می‌دهد.



شکل ۴- آنالیز FTIR



شکل ۶- آنالیز XRD



شکل ۵- آنالیز SEM

### ۳- نتیجه گیری

یافته‌ها نشان داد که کیتوزان به‌عنوان یک کمک منعقدکننده، می‌تواند دوز منعقدکننده اسید روی را به‌طور قابل توجهی کاهش دهد و به نوبه خود، کدورت را از نمونه‌های آب و پساب به راحتی حذف کند. راندمان حذف کدورت در شرایط بهینه عملکرد کیتوزان ۹۹ درصد به دست آمد. تجزیه بیولوژیکی لجن حاصل از کیتوزان می‌تواند منجر به کاهش هزینه های خرید مواد شیمیایی و دفع لجن آن شود. علاوه بر این، لخته‌هایی که از کیتوزان به وجود آمدند، بزرگ‌تر بودند و به دلیل وزن مولکولی بالا، به زمان کمتری برای ته‌نشینی نیاز داشتند. همچنین با توجه به اطلاعات به دست آمده از آزمایش‌های صورت گرفته نتیجه می‌شود که نانوکامپوزیت رو اکسید به همراه کیتوسان دارای ویژگی های مناسب برای حذف کدورت از نمونه های آب و پساب با کدورت بالای ۱۵۰ NTU بوده و درصد حذف آن بالاتر از ۹۸٪ می‌باشد که نشان از کارایی زیاد این نانوکامپوزیت دارد.

### ۴- منابع

[1] Y. S. Solanki, M. Agarwal, and A. B. Gupta, "Development of an integrating coagulation and reverse



- osmosis system to treat highly turbid water using synthesized coagulants,” *Water Sci. Technol.*, vol. 85, no. 2, pp. 562–577, Jan. 2022.
- [2] H. Hassan, A. Salama, A. K. El-ziaty, and M. El-Sakhawy, “New chitosan/silica/zinc oxide nanocomposite as adsorbent for dye removal,” *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 131, 2019.
- [3] M. Mb, M. Hasanzadeh, and S. Dehqan, “The relationship between turbidity, residual chlorine concentration and microbial quality of drinking water in rural areas of Kashan during 2008-9 Abstract: Background: Common belief is that water quality evaluation must be based on its appearance, wh,” vol. 15, no. 2, pp. 126–131, 2011.
- [4] G. S. Kainth, “Removal of Turbidity from Water using Low-Cost Adsorbents,” *Dep. Civ. Eng. Natl. Inst. Technol. Rourkela*, 2015.
- [5] A. Kassem, G. M. Ayoub, and L. Malaeb, “Antibacterial activity of chitosan nano-composites and carbon nanotubes: A review,” *Science of the Total Environment*, vol. 668, 2019.
- [6] F. Buazar, S. Alipouryan, F. Kroushawi, and S. A. Hossieni, “Photodegradation of odorous 2-mercaptobenzoxazole through zinc oxide/hydroxyapatite nanocomposite,” *Appl. Nanosci.*, vol. 5, no. 6, 2015.



## مدل سازی سه بعدی گردش آب در شمال اقیانوس هند و دریای عمان

محمد رضا خلیل آبادی، سعید دانش مهر\*

دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی هوادریا، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: daneshmehr@mut.ac.ir

### چکیده

در این پژوهش، به منظور درک بهتر از رفتار و استخراج الگوی گردش آب در شمال اقیانوس هند و دریای عمان از مدل سازی عددی استفاده شده است. در این مدل سازی شامل حل معادلات ریاضی و الگوریتم های محاسباتی می باشد که بر اساس داده های میدانی، فرایند جریان آب در اقیانوس را توصیف می کند. برای مدل سازی جریان های سطحی، عامل هایی مانند باد، نیروی گرانش، نیروی کوریولیس و تأثیر دما و شوری آب در نظر گرفته می شوند. این مدل می تواند به تغییرات موقعیت و قدرت جریان های سطحی در طول زمان پی ببرد و پیش بینی کند. در مورد جریان های زیر سطحی، عوامل دیگری نظیر تغییرات دما و شوری آب، تأثیر جریان های سطحی، توپوگرافی بستر اقیانوس و تأثیرات رویدادهای طبیعی در نظر گرفته می شود. این مدل از الگوریتم های پیچیده و روش های عددی استفاده می کند تا جریان های زیر سطحی را در شمال اقیانوس هند و دریای عمان با دقت بالا شبیه سازی کند. با استفاده از مدل سازی جریان های سطحی و زیر سطحی، محققان و علاقمندان به علوم دریایی قادرند به بهبود پیش بینی های هواشناسی و اقلیم شناسی، درک بهتر از جریان های آب و تأثیرات آن بر رویدادهای طبیعی و اقتصاد در منطقه را کسب کنند.

**کلیدواژه:** اقیانوس هند، دریای عمان، جریان سطحی و زیر سطحی، گردش آب.

### ۱. مقدمه

شمال اقیانوس هند و دریای عمان یکی از مناطق مهم در مطالعه جریان های سطحی و زیر سطحی آب است. این منطقه به عنوان یکی از پهنای دریاهای با اهمیت جهانی، تأثیر زیادی بر شرایط اقلیمی، هواشناسی و فعالیت های اقتصادی در مناطق همجوار دارد. برای درک بهتر از رفتار جریان های آب در این منطقه، مدل سازی جریان های سطحی و زیر سطحی استفاده می شود. مدل سازی جریان های سطحی و زیر سطحی در شمال اقیانوس هند و دریای عمان، با استفاده از داده های استخراج شده از پایگاه داده اقیانوسی می باشد و فرایند جریان آب را در این منطقه توصیف و پیش بینی گردیده شده است (۱). با در نظر گرفتن عوامل مختلف مانند باد، نیروی گرانش، نیروی کوریولیس و تأثیرات دما و شوری آب، این مدل ها قادر به پیش بینی تغییرات موقعیت و قدرت جریان های سطحی در طول زمان هستند. در مورد جریان های زیر سطحی، مدل ها عوامل دیگری نظیر تغییرات دما و شوری آب و تأثیر جریان های سطحی، توپوگرافی قاعده اقیانوس را در نظر می گیرند. با استفاده از الگوریتم های پیچیده و روش های عددی، این مدل ها قادر به شبیه سازی دقیق جریان های زیر سطحی در شمال اقیانوس هند هستند. با استفاده از مدل سازی جریان های سطحی و زیر سطحی، محققان و علاقمندان به علوم دریایی قادر به بهبود پیش بینی های هواشناسی و اقلیم شناسی، درک بهتر از جریان های آب و تأثیرات آن بر رویدادهای طبیعی و اقتصاد در منطقه را خواهند داشت (۲).



## ۲. مواد و روش ها

مطالعه جریان‌های سطحی و زیرسطحی در شمال اقیانوس هند معمولاً با استفاده از روش‌های مختلف صورت می‌گیرد. برخی از مواد و روش‌های استفاده شده شامل موارد زیر است (۳-۵):

- مشاهدات میدانی  
استفاده از سامانه‌های نظارتی و دستگاه‌های اندازه‌گیری جریانات در سطح آب و عمق‌های مختلف اقیانوس اندازه‌گیری دما و شوری آب در نقاط مختلف اقیانوس به منظور بررسی تغییرات جریان‌های زیرسطحی
  - مدل‌سازی عددی  
استفاده از مدل‌های ریاضی و روش‌های عددی برای شبیه‌سازی جریان‌های آب در اقیانوس، استفاده از الگوریتم‌های پیچیده برای محاسبه تأثیرات نیروهای گرانش، کوریولیس و باد بر جریان‌های سطحی و زیرسطحی
  - پردازش داده‌ها  
تحلیل داده‌های آزمایشگاهی و مشاهده‌شده برای درک بهتر از رفتار جریانات آب در اقیانوس استفاده از نرم‌افزارهای مخصوص برای پردازش و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از مشاهدات میدانی
  - تکنولوژی‌های مورد استفاده  
استفاده از سامانه‌های جاسازی فضایی و سنسور از دور برای نقشه‌برداری جریانات در سطح آب و تعیین خصوصیات فیزیکی اقیانوس استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته برای شبکه‌بندی مناطق گسترده جغرافیایی به منظور بررسی گسترده‌تر و دقیق‌تر جریانات آب
  - تحلیل داده‌ها  
استفاده از روش‌های آماری و تحلیل داده‌های چندمتغیره برای تفسیر مشاهدات و نتایج حاصل از مدل‌سازی
  - ارتباط با تحقیقات قبلی  
بررسی و استفاده از نتایج تحقیقات قبلی و افزایش دانش در خصوص جریانات سطحی و زیر سطحی در منطقه مورد مطالعه شمال اقیانوس هند و دریای عمان.
- در این پژوهش این موارد و روش‌ها کمک کرده‌اند تا به درک بهتر و پیش‌بینی دقیق‌تر از جریان‌های سطحی و زیرسطحی در شمال اقیانوس هند پردازیم (۶).

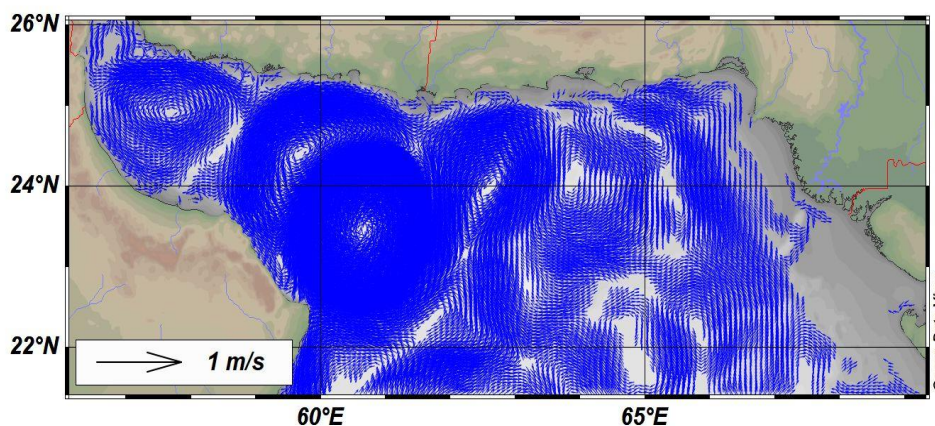
## ۳. نتایج

مطالعات مربوط به مدل‌سازی جریان‌های سطحی و زیرسطحی در شمال اقیانوس هند، به نتایج متنوعی منجر می‌شود که می‌توان به برخی از آنها اشاره کرد (۷-۱۰):

- شناخت دقیق‌تر از الگوهای جریان آب در سطح آب و زیرسطح در شمال اقیانوس هند
- تعیین فاکتورهای مؤثر بر تغییرات جریان آب، مانند باد، نیروی گرانش و نیروی کوریولیس
- پیش‌بینی دقیق‌تر طبقه‌بندی جریان‌های سطحی و زیرسطحی در اقیانوس هند

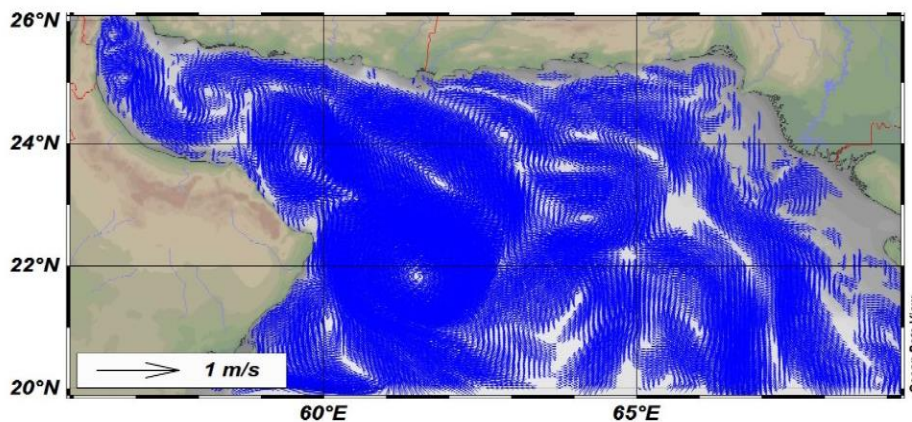
- تحلیل تأثیرات جریان های آب بر آب و هوا، اقلیم و فعالیت های اقتصادی در مناطق همجوار
  - شناخت بهتر از تأثیر جریان های آب بر جزایر، سواحل و اکوسیستم های دریایی
  - پیش بینی دقیق تر رویدادهای طبیعی مانند نخستین التهاب ها و تغییرات اقلیمی در منطقه
- این نتایج به محققان، فعالان علوم دریایی و برنامه ریزان کمک می کند تا پیش بینی های هواشناسی و اقلیمی شناسی، مدیریت منابع دریایی و حفاظت از محیط زیست را در منطقه بهبود ببخشند.

### ۳-۱. فصل تابستان (عمق ۱۰ متری)



شکل ۱. الگوی گردش آب در اقیانوس هند شمالی و دریای عمان در فصل تابستان در عمق ۱۰ متری

### ۳-۲. فصل زمستان (عمق ۱۰ متری):



شکل ۲. الگوی گردش آب در اقیانوس هند شمالی و دریای عمان در فصل زمستان در عمق ۱۰ متری



#### ۴. بحث

مدل‌سازی جریان‌های سطحی و زیرسطحی در شمال اقیانوس هند می‌تواند موضوع گسترده‌ای باشد و به بسیاری از عوامل متفاوتی مانند اقلیم، شرایط جغرافیایی، توپوگرافی و نفوذ نوری در اقیانوس هند و دریای عمان بستگی دارد. مدل‌سازی جریان‌های سطحی در اقیانوس هند ممکن است از روش‌های مختلفی استفاده کند. این مدل‌ها شامل معادلات حفظ جرم، حفظ حرکت و حفظ انرژی هستند و شرایط مرزی مناسب را برای جریان‌های سطحی در نظر می‌گیرند. این روش‌ها معمولاً از داده‌های مشاهده‌شده مانند داده‌های سنجش از دور و داده‌های دریایی برای پارامتری‌سازی و اعتبارسنجی استفاده می‌کنند (۱۰-۸). در مورد مدل‌سازی جریان‌های زیرسطحی در اقیانوس هند، روش‌های مختلفی وجود دارد. یکی از روش‌های رایج مدل‌سازی جریان‌های زیرسطحی در اقیانوس استفاده از مدل‌های عددی دو بعدی و سه بعدی است. این مدل‌ها به معادلات ناویر-استوکس و معادلات حفظ آب و سرما وابسته هستند و می‌توانند جریان‌های زیرسطحی را در اقیانوس هند شبیه‌سازی کنند. این مدل‌ها می‌توانند از داده‌های مشاهده‌شده مانند داده‌های سنجش از دور، داده‌های از سوئیچ‌های روی زیرسطحی، و داده‌های از سنسورهای مستقر در اقیانوس برای پارامتری‌سازی و اعتبارسنجی استفاده کنند. مدل‌سازی جریان‌های سطحی و زیرسطحی در شمال اقیانوس هند می‌تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد، زیرا این منطقه برای اقلیم و آب‌وهوای جهانی نقش مهمی دارد. بررسی و مدل‌سازی درست جریان‌های سطحی و زیرسطحی در شمال اقیانوس هند، می‌تواند به درک بهتر از اقلیم و انتقال حرارت و انرژی در این منطقه کمک کند. علاوه بر این، این مدل‌سازی می‌تواند در پیش‌بینی الگوهای جوی و اقلیمی، جریانات دریایی و تغییرات دریاچه‌ها و سواحل مهم باشد (۱۱-۱۳). برای انجام مدل‌سازی جریان‌های سطحی و زیرسطحی در اقیانوس هند، نیاز به داده‌های مشاهده‌شده و ورودی‌های دیگری دارید. این شامل داده‌های مشاهده از سنسورها و بویه‌های مستقر در اقیانوس، داده‌های سنجش از دور، داده‌های هیدروگرافی و داده‌های مربوط به شرایط هواشناسی و اقلیم است. این داده‌ها به عنوان ورودی در مدل‌های عددی استفاده می‌شوند تا جریان‌های سطحی و زیرسطحی را شبیه‌سازی کنند و نتایجی برای تحلیل و بررسی تولید کنند. در نهایت، مدل‌سازی جریان‌های سطحی و زیرسطحی در شمال اقیانوس هند می‌تواند به ما کمک کند تا فهم بهتری از فرآیندهای دریایی در این منطقه پیدا کنیم و درک بهتری از تأثیرات تغییرات اقلیمی و محیطی بر روی آنها داشته باشیم (۱۴-۱۶).

#### ۵. نتیجه‌گیری

مدل‌سازی جریان‌های سطحی و زیرسطحی در شمال اقیانوس هند و دریای عمان کمک شایانی کرد تا از فرآیندهای دریایی در این منطقه را درک نماییم. با استفاده از مدل عددی و داده‌های مشاهده‌شده، توانستیم الگو جریان‌های سطحی و زیرسطحی را شبیه‌سازی کرده و تأثیرات مختلف متغیرها مانند اقلیم، شرایط جغرافیایی و توپوگرافی را بررسی نماییم. این بررسی‌ها توانست به درک بهتری از انتقال حرارت و انرژی در این منطقه، پیش‌بینی الگوهای جوی و اقلیمی، جریانات دریایی و تغییرات دریاچه‌ها و سواحل کمک کند. با توجه به اهمیت شمال اقیانوس هند و دریای عمان برای اقلیم و آب‌وهوای جهانی، مدل‌سازی جریان‌های سطحی و زیرسطحی در این منطقه توانست به ما کمک کند تا بهترین تصمیمات را در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی مرتبط با اقلیم و منابع دریایی در این منطقه بگیریم.

#### ۶. فهرست منابع





- [1] M.R Khalilabadi, "Underwater Terrain and Gravity aided inertial navigation based on Kalman filter," *International Journal of Coastal and Offshore Engineering*, vol. 5, no. 3, pp. 15-21, 2022.
- [2] Khalilabadi, M., Shahmirzaei, H., & Daneshmehr, S, "Underwater acoustic modeling in the Gulf of Oman," *Journal of Acoustical Engineering Society of Iran*, vol. 10, no. 2, pp. 21-34, 2023.
- [3] M.R Khalilabadi, "Tide–surge interaction in the Persian Gulf, Strait of Hormuz and the Gulf of Oman," *Weather*, vol. 71, no. 10, pp. 256-261, 2016.
- [4] S. Mollaesmaeilpour , M. Mahdizadeh , E. Hasanzade , M.R Khalilabadi, "The Study of Hydrophysical Properties of the Northern Arabian Sea During Monsoon: a Numerical Study," *Hydrophysics*, vol. 5, no. 1, pp. 47-59, 2019.
- [5] M.R Khalilabadi, M. Akbari Nasab, "Study of static stability and double diffusion in the Oman Sea," *Iranian Journal of Marine Science and Technology*, vol. 18, no. 71, pp. 11-19, 2014.
- [6] M.R Khalilabadi, M. Peimani, N. Kharestani, "Simulation of the effect of the holey-sock drogue on the drifter performance," *Journal of Oceanography*, vol. 13, no. 50, pp. 107-116, 2022.
- [7] M.R Khalilabadi, H. Shahmirzaei, S. Daneshmehr, "Propagation of ultrasonic radiation in the presence of seabed topography in the North Indian Ocean," *Journal of Oceanography*, vol. 14, no. 54, pp. 87-99, 2023.
- [8] A. Ghorbani , M.R Khalilabadi, "Positioning using classification and regression: case study of Oman Sea," *International Journal of Coastal and Offshore Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 35-41, 2020.
- [9] M.R Khalilabadi, S.H Hosseini, M. Akbarinasab, "Numerical simulation of the effect internal tide on the propagation sound in the Oman Sea," *Journal of the Earth and Space Physics*, vol. 44, no. 1, pp. 215-225, 2018.
- [10] M.R Khalilabadi, O. Mahpeykar, "Numerical modelling the effect of wind on Water Level and Evaporation Rate in the Persian Gulf," *International Journal of coastal and offshore engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 47-53, 2021.
- [11] M. Heidari , M.R Khalilabadi , A. Bidokhti, "Monthly sea level variations in the northern part of Persian Gulf," *Journal of Aquatic Ecology*, vol. 1, no. 3, pp. 10-20, 2012.
- [12] M.R Khalilabadi, P. Alamdarloo, "Modeling marine currents in the gulf of Oman using the Mike3D model," *Journal of Environmental Science Studies*, vol. 5, no. 1, pp. 2404-2412, 2020.
- [13] M.R Khalilabadi, "Internal wave generation in the gulf of Oman ( Outflow of Persian Gulf)," *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, vol. 44, no. 3, pp. 519-527, 2015.
- [14] S. Zereskian , D. Mansoury, "A study on the feasibility of using solar radiation energy and ocean thermal energy conversion to supply electricity for offshore oil and gas fields in the Caspian Sea," *Renewable Energy*, vol. 163, pp. 66-77, 2021.
- [15] M.R Khalilabadi, "2D Modeling of Wave Propagation in Shallow Water by the Method of Characteristics," *Archives of Acoustics*, vol. 47, no. 3, p. 407–412, 2022.
- [16] N. Hatami Bavarsad , V. Mansouri , M.R Khalilabadi, " Monitoring of atmospheric low pressure and its impact on the Caspian Sea water level," *Hydrophysics Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 51-65, 2016.



## مدیریت و راهبردهای پیشگیری از انتقال گونه‌های مهاجم و آلاینده‌های ناشی از آب توازن

سیده زینب عابدی<sup>۱\*</sup>، سجاد قهاری کوچکسرای<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دکتری شیلات، سازمان بنادر و دریانوردی و منطقه ویژه اقتصادی بندر امیرآباد، ایران.

<sup>۲</sup>دکتری بیوتکنولوژی، سازمان بنادر و دریانوردی و منطقه ویژه اقتصادی بندر امام خمینی (ره)، خوزستان، ایران.

\* پست الکترونیک، نویسنده مسئول: Abedi10629@yahoo.com

### چکیده

در تجارت بین‌المللی سهم حمل‌ونقل دریایی در جابه‌جایی کالاها تقریباً ۹۰ درصد است. این میزان به لحاظ تناژی حدوداً شش میلیارد تن از انواع کالا است که تقریباً یک‌سوم آن را کالاهای نفتی و یک‌سوم آن را کالاهای خشک و فله و بقیه را کالاهای غیر فله تشکیل می‌دهند. شناورها برای حفظ ثبات و قابلیت مانور در حمل‌ونقل، تخلیه و بارگیری به طور معمول حدود ۱۰ میلیارد تن آب توازن را جابه‌جا می‌کنند. آب توازن حاوی گونه‌های غیربومی و مهاجم مختلفی نظیر باکتری‌ها، میکرو جلبک‌ها، ویروس‌ها، بی‌مهرگان، مهره‌داران، گیاهان و غیره است. حرکت شناورهای باربری و تجاری بین قاره‌ها و در امتداد خطوط ساحلی، سبب گسترش این گونه‌های دریایی به مناطق جدید می‌شود؛ بنابراین، آب توازن به‌عنوان یک ناقل قوی در انتقال گونه‌های دریایی مهاجم که تنوع زیستی را در زیست‌بوم جدید به خطر می‌اندازد عمل می‌کند. ورود این موجودات بیگانه به زیست‌بوم جدید "تهاجم زیستی" نامیده می‌شود و یکی از بزرگ‌ترین تهدیدها برای سلامت اقیانوس‌ها است؛ بنابراین باتوجه به اهمیت موضوع، در این مقاله سعی شده است انواع روش‌های پیشگیری و تصفیه آب توازن کشتی‌ها به‌منظور جلوگیری از انتقال گونه‌ها مهاجم مطرح گردد.

**کلیدواژه:** آب توازن، مدیریت، پیشگیری، گونه‌های مهاجم، آلاینده‌ها

### ۱- مقدمه

آب توازن، آبی است که باعث پایداری و ثبات شناورها می‌شود. این آب‌ها در مخازن موجود در شناورها که به مخازن توازن معروف هستند ذخیره و نگهداری می‌شود. هنگامی که شناور اقدام به بارگیری می‌کند دارای وزن می‌گردد، بنابراین آب توازن نقش مهمی در ثبات شناور ندارد، درحالی‌که وقتی کشتی بار را تخلیه می‌کند و وزن بار از شناور کاسته می‌گردد، از این رو برای توازن شناور به آب توازن نیاز است؛ بنابراین آب توازن یک جزء ضروری برای اطمینان از پایداری، یکپارچگی ساختاری و ناوبری ایمن شناور است که به آن اجازه می‌دهد تا تغییراتی را که در بندر اتفاق می‌افتد تنظیم کند (۷). آب توازن حاوی بسیاری از میکروارگانیسم‌های دریایی، فیتوپلانکتون‌ها، زئوپلانکتون‌ها است که وقتی در محیط دریایی رها می‌گردد ممکن است تهدیدات جدی برای حیات یا زیست دریایی منطقه رها شده داشته باشد (۴، ۵). چنین گونه‌های آبی مهاجم تهدیدی جدی برای زیست‌بوم دریایی هستند که بر اساس تأثیری که بر بوم‌شناسی، اقتصاد و یا سلامت انسان دارد طبقه‌بندی می‌شوند. تقسیم‌بندی اثرات توسط سازمان بین‌المللی دریانوردی (آی‌م‌و<sup>۱۰</sup>) ارائه شده است (۱). شناسایی این مشکلات توسط سازمان‌های دولتی و غیردولتی، صنایع و نهادهای علمی جهانی تغییراتی را که در تنظیم آب توازن بوده را ارتقا دادند. آی‌م‌و، کنوانسیون بین‌المللی کنترل و مدیریت آب و رسوبات توازن کشتی‌ها را که در سال ۲۰۱۷ لازم‌الاجرا شد،

<sup>10</sup> International Maritime Organization (IMO)

تصویب کرد. دستور کار اصلی این کنوانسیون جلوگیری، به حداقل رساندن و ریشه کن کردن انتقال موجودات مضر آبی و عوامل بیماری‌زا با کنترل و مدیریت آب توازن از کشتی‌ها است (۴، ۵). گزینه‌های زیادی برای جلوگیری از ورود گونه‌های آبی به آب توازن با استفاده از تصفیه‌های شیمیایی یا فیزیکی وجود دارد (۸).

## ۲. تعیین کیفیت آب توازن توسط آیمو

تخلیه آب توازن باید از مقررات به تصویب رسیده در آیمو پیروی کند که استاندارد عملکردی آب توازن D-2 (پردازش آب توازن) نامیده می‌شود. شایان ذکر است براساس بند ۱ رویکرد D-2، سیستم پردازش آب توازن کشتی‌ها باید مطابق جدول زیر باشد. این رویکرد شامل دو شاخص در مورد اندازه موجودات پلانکتونی و سه شاخص در مورد استانداردهای سلامت انسانی می‌باشد (۴).

جدول ۱: تنظیم آب توازن تخلیه شده (رویکرد D-2).

ارگانیزم	تنظیم آب توازن تخلیه شده	منبع
فیتوپلانکتون/ژئوپلانکتون با ابعاد ۵۰ میکرون و یا بزرگتر	کمتر از ۱۰ موجود زنده در هر متر مکعب	(۴)
فیتوپلانکتون/ژئوپلانکتون با ابعاد ۱۰ تا ۵۰ میکرون	کمتر از ۱۰ موجود زنده در هر میلی لیتر	(۴)
باکتری مولد وبا (ویبریولا سویه O1 و O139)	کمتر از ۱ واحد کلنی در هر ۱۰۰ میلی لیتر	(۴)
باکتری اشرشیاکلی	کمتر از ۲۵۰ واحد کلنی در هر ۱۰۰ میلی لیتر	(۴)
باکتری انتروکوک روده ای	کمتر از ۱۰۰ واحد کلنی در هر ۱۰۰ میلی لیتر	(۴)

## ۳. تصفیه آب توازن

طبق دستورالعمل‌های آیمو، تکنیک‌های زیادی برای به حداقل رساندن ورود گونه‌های آبی غیربومی و مهاجم از طریق آب توازن باید استفاده نمود. در واقع یک تکنیک قادر به تصفیه کامل آب توازن نیست، اما ترکیبی از تکنیک‌ها در حذف گونه‌های مهاجم از آب مؤثر است. نصب برخی از فناوری‌های تصفیه آب توازن روی شناورها به دلیل گران بودن، غیر قابل اعتماد بودن نتایج و زمان بر بودن مراحل فرایند بسیار دشوار است. معیارهایی نظیر ایمنی خدمه و مسافران و اثربخشی در از بین بردن ارگانیزم‌های هدف در انتخاب نوع فناوری‌های تصفیه آب توازن بسیار مهم است (۴). شکل ۱ روش‌های مختلف برای مدیریت آب توازن را نشان می‌دهد (۸).

فیزیکی	مکانیکی	شیمیایی
فیلتراسیون	حرارت	بیوساید
هیدروسیکلون	اولتراسوند	کلر
		ازن
		و...

شکل ۱: روش‌های مختلف تصفیه برای مدیریت آب توازن



### ۱-۳. روش فیزیکی تصفیه آب توازن

تصفیه اولیه به روش‌های فیزیکی مانند فیلتراسیون و هیدروسیکلون اشاره دارد. فیلتراسیون مؤثرترین روش برای تصفیه آب توازن است که در غربالگری ذرات جامد با اندازه‌های مختلف کاربرد دارد و می‌توان از ورود آن‌ها به آب دریا جلوگیری نمود، در حالی که هیدروسیکلون یک جداسازی سیکلونی است که به پمپ فشار کمتری نیاز دارد و امکان جداسازی رسوبات و جامدات معلق با اندازه ۲۰ میکرومتر را فراهم می‌کند. موجودات مختلف مانند زئوپلانکتون‌ها، فیتوپلانکتون‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها را می‌توان به‌کارگیری تکنیک فیلتر چند سطحی و یک جداکننده سیکلونی و به دنبال آن اشعه ماوراءبنفش از بین برد طوری که بیش از ۹۵ درصد از ماکروزئوپلانکتون‌ها و بیش از ۹۰ درصد میکروزئوپلانکتون‌ها (روتیفرها) را با این روش کاهش داد (۴).

### ۲-۳. روش مکانیکی تصفیه آب توازن

جداسازی مکانیکی شامل استفاده از اشعه ماوراء بنفش، عملیات حرارتی و میدان الکتریکی پالسی در حذف گونه‌های مهاجم از آب توازن است. اشعه ماوراء بنفش معمولاً برای ضدعفونی سطح و فاضلاب استفاده می‌شود. ثابت شده است که اشعه ماوراء بنفش در از بین بردن باکتری‌ها و ویروس‌ها بدون ایجاد هیچ گونه محصول جانبی خطرناکی بهترین روش تصفیه است. اشعه ماوراء بنفش با ایجاد واکنش‌های فتوشیمیایی با مولکول‌های زیستی مانند اسیدهای نوکلئیک (DNA, RNA) و پروتئین‌ها عمل می‌کند. اثربخشی اشعه ماوراء بنفش به اندازه و مورفولوژی موجودات بستگی دارد. این به عنوان یک گزینه ثانویه برای تصفیه آب توازن در نظر گرفته می‌شود که بیشتر اوقات با فیلتراسیون (غربالگری) یا استفاده از هیدروسیکلون‌ها در مدیریت آب توازن ترکیب می‌شود (۴).

### ۱-۲-۳- عملیات حرارتی

۱- استفاده از گرمای اتلاف تولید شده توسط موتورهای کشتی؛

۲- استفاده از گرمای ایجاد شده توسط سیستم‌های دیگ پشتیبان نصب شده روی کشتی.

حداقل دمای مورد نیاز برای غیرفعال کردن گونه‌های ناخواسته بیش از ۴۰ درجه سانتیگراد است. در انتخاب عملیات حرارتی معایبی وجود دارد، مانند در دسترس بودن گرمای اتلاف، روش تبادل این گرما، طول سفر، اثر خنک‌کنندگی معابر در هوای سرد، تأثیر حذف حرارت بر عملکرد موتور، افزایش پتانسیل خوردگی و احتمال نگهداری بالا با مبدل‌های حرارتی (۴).

استفاده از مایکروویو برای گرمایشی است که در مقایسه با گرمایش معمولی سرعت گرمایش بالایی دارند. محققان، یک مایکروویو پیوسته با پارامترهای عملیاتی مانند سرعت جریان، سطح توان و دما توسعه داده‌اند. میکروارگانیزم‌های منتخب با استفاده از این فناوری غیرفعال می‌شوند (۴).

در فناوری الکتریکی پالسی، آزمایشات در مقیاس کوچک با اعمال ولتاژ الکتریکی در محدوده ۱۵ تا ۴۵ کیلوولت با مدت زمان پالس ۱ میکرو ثانیه انجام گرفت. برای سیستم‌هایی که قادر به تصفیه حجم زیادی از آب توازن هستند منابع انرژی بیشتری مورد نیاز است (۴). سونوگرافی یا فناوری فراصوت روش دیگری است که می‌تواند به عنوان یک گزینه درمانی ثانویه استفاده شود. برای کنترل رشد موجوداتی مانند جلبک سبز آبی از ۱/۴ کیلوهرتز استفاده شد. حذف جلبک سبز برای مدت زمان ماندگاری ۲۰ ثانیه تا ۴۰ درصد اتفاق افتاد (۴).



### ۳-۳. عملیات شیمیایی تصفیه آب توازن

طیف گسترده ای از مواد شیمیایی برای تمیز کردن آب توازن استفاده می شود. برخی از آن‌ها در زیر مورد بحث قرار گرفته است:

#### ۳-۳-۱. زیست کش‌ها (بیوسیدها)

افزودن مواد شیمیایی که باعث از بین رفتن یا غیرفعال شدن انواع موجودات موجود در آب توازن می‌شود، یک فناوری تصفیه جذاب است. یک زیست کش به مخازن توازن اضافه می‌شود و اجازه می‌دهد تا برای مدتی واکنش نشان دهد. مکانیسم‌های اصلی که از طریق آن ارگانیزم‌ها از بین می‌روند، آسیب به دیواره سلولی، تغییر نفوذپذیری سلولی، تغییر ماهیت کلوئیدی پروتوپلاسم، آسیب گسترده به توالی نوکلئوتیدی DNA یا RNA ارگانیزم و مهار فعالیت آنزیم است (۴، ۶). زیست کش‌ها به دو گروه اجسام اکسید کننده و غیر اکسید کننده طبقه بندی می‌شوند. اجسام اکسید کننده در آب شیرین استفاده می‌شوند و سبب حذف مواد آلی در آب می‌شود. اجسام اکسید کننده شامل کلر، دی اکسید کلر، ازن، برم، پراکسید هیدروژن و اسید پراکسی استیک هستند. اجسام غیر اکسید کننده ترکیبات شیمیایی هستند که عبارتند از دی برومونیتریلو-پروپیون آمید، فرمالدئید، گلو تارا آلدئید، نمک‌های آمونیوم چهارتایی، ترکیبات مختلف آلی گوگردی، عوامل فعال سطحی آنیونی و غیر آنیونی (۴).

#### ۳-۳-۲. زیست کش‌های اکسید کننده

##### • کلر

کلر یک عامل اکسید کننده قوی است. اثربخشی آن به دما، کلر باقیمانده و زمان واکنش بستگی دارد. قبل از تخلیه آب توازن باید با استفاده از دی اکسید گوگرد، کلرزدایی صورت گیرد تا با کلر باقیمانده واکنش داده و یون‌های کلر را تشکیل دهد (۴).

##### • دی اکسید کلر

این ماده گران است و محصولات جانبی تولید می‌کند. همچنین یک ضد عفونی کننده قوی است. دی اکسید کلر برای موجودات آبی سمی است، اما در شرایط دوز معمولی قبل از انتشار به سطوح بسیار پایین کاهش می‌یابد (۴). یون‌های کلریت و کلرات دو محصول جانبی ضد عفونی هستند که به عنوان محصولات جانبی سمی تشکیل می‌شوند.

##### • ازن

ازن یک عامل اکسید کننده بسیار قوی اما ناپایدار است که ویروس‌ها و باکتری‌ها از جمله هاگ‌ها را هنگامی که به عنوان ضد عفونی کننده در تصفیه خانه‌ها استفاده می‌شود از بین می‌برد. پتانسیل ازن برای حذف جلبک دینوفلاژلات دریایی، *Amphidinium sp* نیز وجود دارد. اما حذف این گونه از آب توازن نیاز به دوزهای بالای ازن دارد (۴). محصولات جانبی ضد عفونی هنگام اکسیداسیون مواد ضد عفونی کننده با مواد آلی و معدنی موجود در آب که خطرات زیست محیطی یا سلامتی جدی دارند، تشکیل می‌شوند. یکی از محصولات تری هالومتان‌ها در نتیجه واکنش بین برم و مواد آلی طبیعی است. دو



دسته از محصولات جانبی ضد عفونی ازن (DBPs) وجود دارد: غیربرومینه (آلدئیدها، اسیدها، آلدو و کتواسیدها) و ترکیبات برومید دار. وجود یون برومید در آب دریا باعث افزایش تولید یون برومات و برموفرم می شود (۲، ۴).

### ۳-۴. جداسازی مغناطیسی الکترونیوئیزاسیون

این جداسازی شامل چندین فرآیند متوالی به شرح زیر است (۴):

- جریان مداوم گاز یونیزه شده (حاوی اکسیژن و نیتروژن) به داخل آب.
- هوا از طریق میدانهای ماوراء بنفش و مغناطیسی قوی عبور می کند و ایجاد یون های اکسیژن و نیتروژن می کند
- تزریق یون به آب.
- انعقاد مواد آلوده در آب.
- لخته ها توسط لخته سازی تشکیل شده و توسط فیلتراسیون جداسازی مغناطیسی جدا می شوند. و
- حذف فیتوپلانکتون با کارایی ۹۲ درصد (۴).

### ۳-۵. اکسیژن زدایی

شامل حباب زدن نیتروژن یا سایر گازهای بی اثر به آب توازن برای کاهش محتوای اکسیژن آن است. فن آوری های تصفیه اکسیژن زدایی شامل استفاده از گلوکز، مونوکسید کربن یا بیوراکتورهای حاوی بسترهای ثابت باکتری های حذف کننده اکسیژن است که همگی برای کاهش سطح اکسیژن آب دریا طراحی شده اند. آن ها یک اثر محافظتی برای لوله کشی دارند اما برای دستیابی به اثربخشی بهینه به ۱ تا ۴ روز زمان نیاز دارند (۴).

### ۳-۶. سیستم مدیریت آب توازن با استفاده از مواد فعال

انواع سیستم های مدیریت آب توازن (BWMS) با استفاده از فناوری های فیزیکی و شیمیایی در طول سال ها توسعه یافته اند. رایج ترین روش، الکترولیز درجا (الکتروکلریناسیون) است که در آن به آب دریا اجازه تولید مشتقات اکسید کننده خود را داده که به عنوان اکسیدان های باقیمانده کل (TRO) نامیده می شود. این فرآیند با فیلتراسیون یا سایر مراحل جداسازی و سپس با مرحله خنثی سازی قبل از تخلیه ترکیب می شود (۲).

### ۴. نتیجه گیری:

این مقاله به فناوری های تصفیه جهت تمیز کردن مخازن آب توازن و جلوگیری از انتقال گونه های مهاجم و آلاینده های ناشی از آب توازن پرداخته است. تمام روش های بالقوه تصفیه آب توازن شامل هزینه عملیاتی است که نگرانی عمده مالکان کشتی است و اغلب مهمترین پارامتر برای انتخاب فناوری تصفیه آب توازن به شمار می رود. نکته اصلی که در بررسی کاربرد هر روش باید بر آن تاکید شود تأثیری است که سیستم تصفیه آب توازن ممکن است بر محیط جدید دریایی داشته باشد.



سمیت، پارامتری است که باید قبل از انتخاب فناوری تصفیه آب توازن ارزیابی شود. مواد اضافه شده در محیط دریایی نباید اثرات سمی را در کل محدوده حیات دریایی ایجاد کنند. باتوجه به اینکه که چندین فناوری تصفیه آب توازن طبق دستورالعمل‌های آیمو تایید شده‌اند، ارزیابی بیشتر با توسعه فرآیندهای جدید در آزمایشگاه و همچنین مطالعه پیامدهای زیست‌محیطی این فناوری‌ها ضروری است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد مطالعات بیشتری در خصوص هر یک از روش‌های تصفیه آب توازن و اثرات بکارگیری آن صورت گیرد.

## ۵. منابع

۱. تیمورتاش، ح.، یآوری، و.، پرهیزی، ا.، ۱۳۸۰. مدیریت آب توازن کشتیها و کنترل گونه‌های مهاجم دریایی. طب جنوب، ویژه نامه کنگره سراسری طب و دریا، ۴: ۳۰-۳۱.
2. Gesamp (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UN Environment/ UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection); 2019. Methodology for the evaluation of ballast water management systems using Active Substances. Rep. Stud. GESAMP No. 101, p. 110.
3. Gollasch S, David M. 2019. Ballast water: problems and management. World Seas;237-250. Available from: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-805052-1.00014-0>.
4. Humplik T, Lee J, O'Hern S.C., Fellman B.A., Baig M.A., Hassan S.F., Atieh M.A, Rahman F, Laoui T, Karnik R, Wang E.N., 2011. Nanostructured materials for water desalination. Nanotechnology, 22(29):292001. Available from: <https://doi.org/10.1088/0957-4484/22/29/292001>.
5. Jordan E, Jessica Martin, Hakeem MH, Suryajaya T, Nugraha T, Listyorin NT., 2016. A review of nanotechnology application for seawater desalination process. Surya Octagon Interdiscip J Technol, 1(2):155-79
6. Kunduru K.R., Nazarkovsky M., Farah S., Pawar R.P., Basu A., Domb A.J., 2017. Nanotechnology for water purification: applications of nanotechnology methods in wastewater treatment. Water Purif, 33-74. Available from: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804300-4.00002-2>.
7. Naik, M.M., Dubey S.K., 2017. Marine Pollution and Microbial Remediation, (eds.), Springer Singapore. Chapter 16. DOI 10.1007/978-981-10-1044-6\_16. 274 PP, (chapter 16).
8. Senthil Kumar, P., 2021. Modern Treatment Strategies for Marine Pollution . (eds.), Recent Innovations-Elsevier. 200 PP, (chapter 5).





## مطالعه تغییرات دمای آب خلیج فارس با استفاده از سنجنده ماهواره ای مودیس

سید مهدی محمودی<sup>۱</sup>، زهرا راستگو<sup>۲</sup>، عباس زارعی<sup>۳</sup>، فرج اله شکوهی پور<sup>۴</sup> و محمد رضا انصاری<sup>۵</sup>

۱. کارشناس ارشد فیزیک دریا، اداره کل هواشناسی استان بوشهر، بوشهر، ایران.
۲. کارشناس ارشد هواشناسی، اداره کل هواشناسی استان بوشهر، بوشهر، ایران.
۳. کارشناس ارشد شیمی، اداره کل هواشناسی استان بوشهر، بوشهر، ایران.
۴. کارشناس ارشد هواشناسی کشاورزی، مدیر کل اداره کل هواشناسی استان بوشهر، بوشهر، ایران.
۵. کارشناس ارشد فیزیک، اداره کل هواشناسی استان بوشهر، بوشهر، ایران.

### مقدمه

تغییرات دمای سطح دریا میتواند اثرات متعددی را بر محیط های دریایی وارد کند، یکی از مهمترین اثرات تغییرات SST<sup>۱۱</sup> در بلندمدت کاهش الگوی چرخش اقیانوسها است که مواد مغذی را از اعماق به سطح دریا آورده و اکسیژن محلول را از سطح به عمق می برد همچنین به دلیل برهم کنش جو و اقیانوس، SST می تواند اثرات شدیدی را بر اقلیم جهانی وارد کند، برای مثال افزایش دمای سطحی دریا موجب افزایش مقدار بخار آب موجود روی اقیانوسها می شود. این بخار آب سیستمهای آب و هوایی را تغذیه کرده و موجب بارشهای سنگین برف و باران در سراسر جهان میگردد. علاوه بر این SST میتواند مسیرهای طوفان را نیز تغییر دهد و به شکل بالقوه موجب افزایش خشکسالی در برخی مناطق شود. در طی سه دهه اخیر، SST بیش از هر زمان دیگری افزایش یافته است. تغییرات SST در مناطق مختلف متفاوت اند، به گونه ای که بیشتر نواحی اقیانوسها افزایش دما را داشته و فقط بخشهای اندکی همچون قسمتهایی از اقیانوس اطلس شمالی با کاهش دما روبه رو بوده است. لذا پایش و اندازه گیری تغییرات SST در مقیاس جهانی و در درازمدت به دلیل نقش مهم آن در مطالعه تغییرات توازن حرارتی که منتج از دخالت بشر در طبیعت بوده و همچنین به علت اثرات این پارامتر بر ترکیب گازهای موجود در جو از اهمیت خاصی برخوردار است.

### مشخصات منطقه مورد مطالعه: خلیج فارس

خلیج فارس دریای کم عمق و نیم بسته ای است که در جنوب غرب آسیا واقع شده و در حقیقت بازوی اقیانوس هند شمالی به سمت فلات ایران است. این خلیج در حدود ۳۰ میلیون سال قبل در اثر گسترش دهانه شکاف دریای عمان بوجود آمده و از پدیده های دوران سوم زمینشناسی است از سمت شمال غرب به دلتای اروندرود و از سمت شرق به تنگه هرمز محدود شده و از طریق این تنگه به دریای عمان راه دارد. این خلیج در محدوده جغرافیایی 48° الی 56° 30' طول جغرافیایی و 24° 30' الی 30° عرض جغرافیایی بین کشور ایران و شبه جزیره عربی قرار دارد (Chao et al., 1992).

### رژیم گردش آب در خلیج فارس

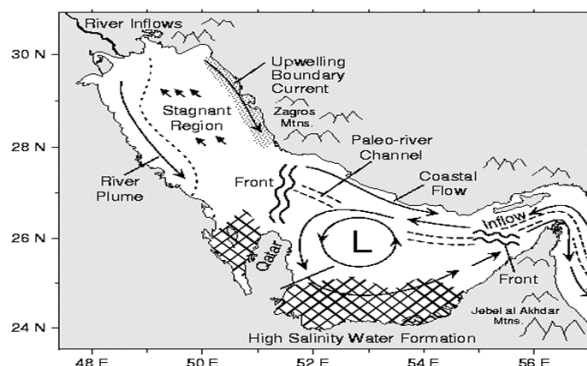
تعدادی از محققین از جمله اسکات (۱۹۱۸) بارلو (۱۹۳۲) امری (۱۹۵۶) ساجن (۱۹۶۳) هارتمن (۱۹۷۳) چاوو (۱۹۹۲) رینولدز (۱۹۹۳) سوئیفت (۲۰۰۳) جانز (۲۰۰۳) صدری نسب (۲۰۰۵) شواهدی مبنی بر وجود الگوی غالب گردش پادساعتگر آب در خلیج فارس یافته اند.

<sup>۱۱</sup>- Sea Surface Temperature



شکل (۱) نمای کلی خلیج فارس و تنگه هرمز

آب با شوری معمولی اقیانوسی از طریق آبهای سطحی تنگه هرمز وارد خلیج فارس شده و در طول سواحل ایران به سمت شمال حرکت می کند، در طول سواحل غربی به سمت جنوب پیچیده و از کف تنگه هرمز با چگالی (شوری) بالا از خلیج فارس خارج می شود. این الگوی چرخش به دلیل وجود گرادیان چگالی بوجود می آید. آب تازه ورودی از رودخانه اروند رود با دبی تقریبی  $1453 \frac{m^3}{s}$  وارد خلیج فارس می شود. با وجود این نرخ بالای جریان ورودی، شوری بالای خلیج فارس مربوط به میزان بارش کم و تبخیر بالاست.



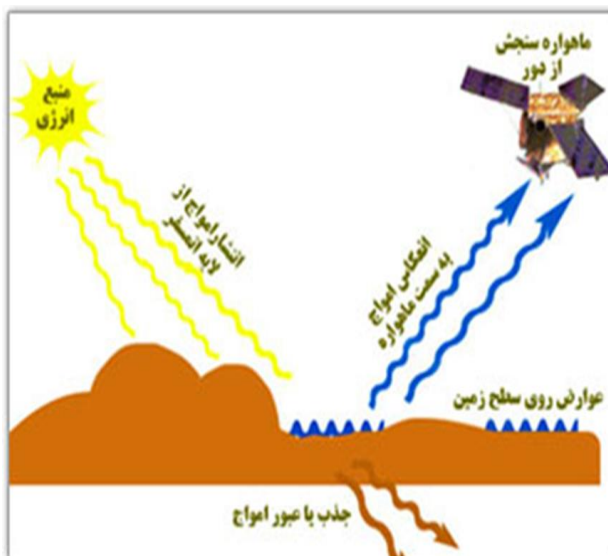
شکل (۲): نمای کلی جریانات خلیج فارس و تنگه هرمز

## سنجش از دور<sup>۱۲</sup>

بطور کلی از زمان های گذشته تا کنون روش های مختلفی برای جمع آوری داده های مکانی وجود دارد که از آن جمله می توان به مشاهدات نجومی، فتوگرامتری، نقشه برداری و سنجش از دور اشاره نمود. فناوری سنجش از دور از زمره روش های جمع آوری داده محسوب می گردد که در آن کمترین میزان تماس مستقیم با اشیاء و عوارض مورد اندازه گیری را داشته

<sup>12</sup> Remote Sensing-

و برخلاف سایر روش ها که عوامل انسانی درب گردآوری و تفسیر داده های زمینی نقش دارند، در روش سنجش از دور این وظیفه برعهده سنجنده ها خواهد بود.



شکل (۳): نمایی از دریافت امواج با استفاده ماهواره

سنجش از دور دانش پردازش و تفسیر تصاویری است که حاصل ثبت تعامل انرژی الکترومغناطیس و اشیاء می باشند. در این روش منبع انرژی که خود تولید کننده حجم وسیعی از موج الکترومغناطیس است، سبب پراکنش این امواج به اشیاء و پدیده های روی زمین شده که بازتابش آن به سنجنده ها می رسد. بزرگترین منبع انرژی، خورشید محسوب می گردد. در بعضی از موارد سنجنده ها خود امواج الکترومغناطیس را تولید و به سمت عوارض گسیل می دهند. امواج الکترومغناطیس پس از عبور از لایه های اتمسفر به اشیاء و پدیده های روی زمین رسیده و دست خوش تغییرات جدیدی خواهد شد. بدین صورت که قسمتی از امواج به پدیده ها برخورد کرده و جذب آنان می گردد. قسمتی از آنها عبور نموده و قسمتی منعکس می شوند. بخش انعکاس یافته امواج که در فضا پراکنده شده است، توسط سنجنده ها دریافت می گردد در این میان جمع آوری امواج الکترومغناطیس جهت اندازه گیری و ثبت، از وظایف سنجنده ها محسوب می شوند. بطور کلی سنجنده ها از لحاظ منبع انرژی به دو دسته سنجنده های فعال (Active) و سنجنده های غیر فعال (Passive) تقسیم می گردند. سنجنده های غیر فعال از آن دسته سنجنده هایی هستند که به منبع نور خورشید و سایر پارامترهای مرتبط با آن وابستگی شدید دارند.

در مقابل سنجنده های فعال قرار داشته که از لحاظ تامین انرژی الکترومغناطیس و سایر عوامل جوی و اتمسفری کاملاً مستقل عمل می نمایند. که سنجنده های راداری از این نوع هستند. [۳]

### ماهواره هواشناسی

ماهواره های هواشناسی به دانشمندان برای مطالعه بر روی نقشه های هواشناسی و پیش بینی وضعیت آب و هوا کمک می کنند. این ماهواره ها قادر به مشاهده وضعیت اتمسفر مناطق گسترده ای از زمین می باشند. بعضی از ماهواره های



هواشناسی در مدارهای سان سینکرونوس، قطبی، در حرکتند که توانایی مشاهده بسیار دقیق تغییرات در کل سطح کره زمین را دارند. آنها می توانند مشخصات ابرها، دما، فشار هوا، بارندگی و ترکیبات شیمیایی اتمسفر را اندازه گیری نمایند. از آنجا که این ماهواره ها همواره هر نقطه از زمین را در یک ساعت مشخص محلی مشاهده می کنند دانشمندان با اطلاعات به دست آمده قادر به مقایسه دقیق تر آب و هوای مناطق مختلفند.

ضمناً شبکه جهانی ماهواره های هواشناسی که در این مدارها در حرکتند می توانند نقش یک سیستم جستجو و نجات را برعهده گیرند. بقیه ماهواره های هواشناسی در ارتفاع های بلندتر در مدارهای ژئوسینکرونوس قرار دارند. از این مدارها، آنها می توانند تقریباً نصف کره زمین و تغییرات آب و هوایی آن را در هر زمان مشاهده کنند.

تصاویر این ماهواره ها مسیر حرکت ابرها و تغییرات آنها را نشان می دهد. آنها همینطور تصاویر مادون قرمز نیز تهیه می کنند که گرمای زمین و ابرها را نشان می دهد. ماهواره ها با تصویربرداری از ابرها و جریانات هوا می توانند نقشی بزرگ در پیش بینی هوا و اقلیم داشته باشند.

دو نوع اصلی ماهواره های آب و هوایی وجود دارد :

۱- ثابت زمین Geostationary

۲- مدار قطبی Polar Orbiting

ماهواره های Geostationary برای هشدارهای کوتاه مدت و ماهواره های Polar Orbiting برای پیش بینی های بلند مدت تر بکار می روند. هر دو نوع ماهواره ها برای دیده بانی کامل آب و هوایی جهان لازم هستند.

ماهواره های مدار قطبی خورشید آهنگ Satellite Sun-Synchronous به ماهواره های POES (Polar Operational Environmental Satellite) معروف اند. مدار گردش این ماهواره ها در امتداد نصف النهار بوده، طوری تنظیم شده اند که زمان گذر آنها از استوا ثابت است. این ماهواره ها در ارتفاع بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارند و زاویه میل آنها نسبت به صفحه استوای زمین بسیار زیاد است تا ماهواره ها حد امکان به قطب شمال و جنوب نزدیک شوند. این ماهواره ها نسبت به خورشید طوری حرکت می کنند که همواره زاویه ثابتی بین خود و خورشید داشته باشند. یک ماهواره هواشناسی مدار قطبی در هر روز ۱۴ تا ۱۵ بار در مدارهای با دوره گردش ۱۰۰ دقیقه گردش می کند. این نوع ماهواره ها هر روز و شب در یک زمان معین از فراز هر نقطه روی سطح زمین عبور می کنند.

سری ماهواره های تیروس و نوا از معروف ترین ماهواره های خورشید آهنگ محسوب می شوند. این ماهواره ها نخستین ماهواره هایی بودند که برای اهداف هواشناسی ساخته شده اند و اولین آنها در اوایل ۱۹۶۰ به فضا پرتاب شد. اگرچه در ابتدا این نوع ماهواره ها تیروس نامیده می شدند ولی امروزه به همه آنها نوا گفته می شود. [۴]

## انواع محصولات ماهواره های هواشناسی

اکثر ماهواره های هواشناسی در طول موج های مرئی و مادون قرمز بازتاب های منعکس شده از زمین را ثبت می کنند. در عین حال برخی از ماهواره ها تجهیزات لازم را برای ثبت وضعیت بخار آب اتمسفری نیز دارند. هر یک از تصاویر تهیه شده با توجه به محدوده طول موج های فعالیت و زمان تهیه تصویر کاربردهای مختلفی دارند برای تبیین و پیش بینی وضعیت اتمسفر مورد استفاده قرار گیرند. انواع اصلی محصولات ماهواره های هواشناسی و ویژگی های آنها به شرح زیرند:



## تصاویر مرئی

این تصاویر در محدوده ۰.۴ تا ۰.۷ بازتاب را ثبت می کنند. در این تصاویر مناطق با تن رنگ تیره تر، نشان دهنده بازتاب کم پدیده و برعکس مناطقی که رنگ روشن تری دارند نشان دهنده پدیده هایی اند که پرتوهای خورشید را منعکس می کنند. به هر میزان که انرژی تابیده شده توسط جسم یا پدیده بیشتر جذب شود باعث خواهد شد که تن رنگ آن هر چه بیشتر تیره تر شود. در مجموع میزان روشنایی در تصاویر مرئی در ارتباط مستقیم با آلودگی آنهاست و پدیده هایی همچون برف تازه در سطح زمین که آلودگی بیش از ۸۰ درصد دارند قسمت اعظم انرژی خورشیدی تابیده شده را منعکس نموده و باعث می شوند که در تصویر مرئی روشن تر ظاهر شوند. ابرهای سطوح فوقانی جو که به علت ارتفاع و سرمای زیاد به شکل یخ بسته اند همین خاصیت را داشته و به راحتی روی تصویر مرئی قابل مشاهده اند. در مقابل سطوحی مانند آب اقیانوسی که آلودگی حدود ۸ درصد دارد به علت آلودگی بسیار کم، در تصاویر کاملاً تیره مشاهده می شوند. به همین علت تصاویر مرئی برای تشخیص آب از خشکی بسیار مفیدند. ممکن است همین چهار چوب در تشخیص سایر عوارض خشکی نیز مورد استفاده قرار گیرد. سطوحی مانند بیابان ها به دلیل رطوبت کمتر نسبت به سطوحی مانند جنگل ها که رطوبت بیشتری دارند، به صورت روشن تر ظاهر شده و شناسایی آنها را در سطح خشکی ممکن می کند.

از ویژگی های مهم تصاویر مرئی این است که فقط طی روز امکان دریافت تصاویر وجود دارد و هنگام شب به دلیل نبود انرژی خورشیدی امکان دریافت تصاویر وجود ندارد. از مهم ترین کاربردهای تصاویر مرئی تشخیص انواع ابرهاست. با توجه به اینکه ابرها در مجموع آلودگی بیشتری نسبت به خشکی به استثنای پوشش های برفی در سطح زمین دارند به صورت تن رنگ های روشن تر ظاهر می شوند و معمولاً رنگهایی بین سفید تا خاکستری روشن دارند. در داخل ابرها نیز از نظر رنگ اختلافات زیادی وجود دارد که باعث می شود بتوان انواع ابرها را در تصاویر مرئی شناسایی نمود و همچنین با توجه به اینکه هر یک از ابرها خصوصیات ویژه ای از نظر باریدن دارند می توان پیش بینی های لازم را برای رخداد بارندگی و سایر فرایندهای اتمسفری انجام داد. در مجموع ابرهایی که ضخامت زیادی دارند و یا در سطح مرتفع تر اتمسفر قرار دارند از آلودگی زیاد بالای ۷۰ درصد برخوردارند که باعث می شود رنگ آنها در تصاویر مرئی نسبت به سایر ابرها روشن تر باشد بر عکس ابرهای با ضخامت کم و حجم آب کمتر به صورت نسبی رنگ تیره تری دارند.

از مسائل مهمی که در تفسیر تصاویر مرئی وجود دارد پیچیدگی تشخیص برف از ابر است. علت این موضوع تشابه بازتابی این دو پدیده در سطح زمین و اتمسفر است که شناسایی و تفکیک آنها را دشوار می کند. با توجه به اینکه برف عمدتاً در مناطق کوهستانی مرتفع قابل مشاهده است، نشانه خوبی برای تفکیک برف از ابر است. همچنین استفاده از تصویر متحرک تصاویر مرئی که جابجایی زمانی ابرها را نشان می دهد ممکن است وسیله خوبی برای تفکیک سطوح برفی از ابرها باشد. تشخیص ابرهای با ضخامت کم و همچنین ابرهایی که به علت بازتاب بسیار کم در تصاویر مرئی رقیق اند مشکل است و معمولاً حالت غبارمانندی را نشان می دهند. استفاده از فنون پردازش تصاویر از جمله روش هایی است که می تواند به تشخیص آنها کمک کند ولی دانش جغرافیایی مفسر در این زمینه می تواند بسیار کارگشا باشد [۶].

## تصاویر مادون قرمز

این تصاویر در محدوده مادون قرمز طیف الکترومغناطیسی بازتاب های پدیده ها را ثبت می کنند. تصاویر مادون قرمز نشان دهنده دمای سطوح تشعشع کننده است. به همین جهت در تصاویر معمولی سیاه و سفید، مناطق با تن رنگ تیره تر



سرزمین های گرم را نشان می دهند و مناطق با تن رنگ روشن تر نشان دهنده سرزمین های سردند که به طور نسبی دمای کمتر یا سردتری دارند. با توجه به این موضوع تصاویر مادون قرمز برخلاف تصاویر مرئی هم در شب و هم در روز قابل رویت اند. در این نوع تصاویر عموماً درجه حرارت ابرها در ارتفاع کاهش می یابند. ابرهای سطوح فوقانی سردتر از ابرهای سطوح تحتانی اتمسفرند، به همین علت ابرهای سطوح تحتانی روی تصاویر مادون قرمز تیره تر دیده می شوند و ابرهای سطوح فوقانی اتمسفر روشن تر مشاهده می شوند.

در سطح زمین نیز مناطق هموار و دشتی نسبت به مناطق کوهستانی مرتفع درجه حرارت نسبی بیشتری دارند و به همین دلیل تیره تر ظاهر می شوند. با توجه به این موضوع انواع مختلف ابر در تصاویر مادون قرمز بر خلاف تصاویر مرئی از کنتراست یا درجه تباین خوبی برخوردار است و به همین دلیل تشخیص انواع ابر را امکان پذیر می سازد.

خطوط ساحلی نیز در تصاویر مادون قرمز آشکارا ظاهر شده و در این تصاویر کنتراست زیادی بین درجه حرارت خشکی و دریا وجود دارد. طی روز ممکن است زمین تیره تر یا گرم تر از دریا مشاهده شود اما در شب ممکن است حالت عکس اتفاق افتد و خشکی روشن تر ظاهر شود. اختلاف دمای خشکی و دریای ناشی از ظرفیت گرمایی متفاوت آنهاست. بدین ترتیب که طی روز خشکی های زمین به سرعت گرم شده و پس از غروب آفتاب به سرعت دمای خود را از دست داده و سرد می شوند، در حالی که آب دریا به دلیل ظرفیت گرمایی بیشتر، دیرتر از خشکی گرم شده و دیرتر نیز گرمای خود را از دست می دهد. همین عامل باعث می شود که مرز بین خشکی و دریا در تصاویر در تصاویر مادون قرمز به خوبی قابل تفکیک باشد. در حالی که در تصاویر مرئی این موضوع امکان پذیر نیست. از مسائل مهمی که در تشخیص پدیده های اتمسفری در تصاویر مادون قرمز وجود دارد شناسایی ابرهای پایین و مه در این نوع تصاویر است. علت این امر آن است که دمای آنها بسیار شبیه به دمای سطح زمین است که در نتیجه بازتاب یکسانی را در تصویر مادون قرمز نشان می دهند و همین امر تشخیص آنها را مشکل می کند. [۶]

## تصاویر بخار آب

تصویر بخار آب از بازتاب پدیده های اتمسفری در طول موج های ۶ الی ۷ میکرومتری از طیف الکترومغناطیسی حاصل می شود و برای تشخیص نواحی رطوبت دار از نواحی خشک ابزار بسیار مفیدی است. همچنین این تصاویر نشان دهنده الگوهای باد در سطح تروپوسفر میانی و حرکت جت استریم می باشد. در این تصاویر نواحی تیره تر نشان دهنده نواحی عاری از رطوبت یا نواحی خشک و نواحی روشن تر نشان دهنده نواحی دارای رطوبت هستند. در مجموع تصاویر بخار آب نشان دهنده توزیع رطوبت نسبی در اتمسفر است. چنان که می دانیم رطوبت نسبی بیانگر میزان رطوبت موجود در هوا به میزان رطوبتی است که همان هوا متناسب با میزان دمای خود ممکن است داشته باشد. معمولاً این نسبت بر حسب درصد بیان می شود. مناطق استوایی کره زمین به دلیل اینکه رطوبت نسبی زیادتر به دلیل وجود گرما و رطوبت بیشتر دارند در تصاویر بخار آب به صورت روشن ظاهر می شوند. در مناطق قطبی نیز رطوبت نسبی بالا بوده و به همین دلیل در این تصاویر روشن تر ظاهر می شوند. در مناطق خشک کره زمین مانند مناطق استیلائی پرفشار جنب حاره ای که به دلیل شرایط خاص سینوپتیکی، رطوبت نسبی در حداقل خود قرار دارد در تصاویر به صورت مناطق تیره تر ظاهر می شوند. تشخیص پدیده های زمینی و مرز بین خشکی و دریا در این تصاویر امکان پذیر نبوده و می توان گفت از محدودیت های این تصاویر محسوب می شود. [۷]



## کاربرد داده های ماهواره ای در تهیه نقشه های SST

تهیه نقشه های درجه حرارت سطح دریا (SST) یکی از کاربردهای داده های ماهواره ای است. بطور کلی درجه حرارت سطح دریاها عامل بسیار مؤثری در اقلیم جهانی و بررسی منابع غذایی می باشند. تجمع آبزیان خوراکی در مناطقی از آبهای جهان اتفاق می افتد که شرایط زندگی و زیست محیطی مناسبی برای آنان فراهم باشد. روشن است که بهره برداری و صید دریایی زمانی از بازدهی کافی برخوردار خواهد بود که محل های یاد شده بدرستی شناسایی شوند.

نقشه های درجه حرارت سطح دریا از نقطه نظر اقلیم جهانی نیز حائز اهمیت می باشند. جریانهای دریایی و درجه حرارت سطح دریاها مستقیماً به همدیگر وابسته اند.

بعلاوه دانشمندان نشان داده اند که روند تغییرات درجه حرارت سطح دریاها تا ۶ ماه بعد قابل پیش بینی می باشد و از آنجایی که بین درجه حرارت سطح دریا و میزان بارندگی همبستگی بالایی وجود دارد بنابراین وضعیت بارش در ۶ ماه آینده قابل پیش بینی می باشد.

یکی از ماهواره های با توانر گذر بالا که از محدوده وسیعی از باندهای حرارتی برخوردار است، ماهواره هواشناسی NOAA می باشد. تصاویر این ماهواره سالهاست که توسط کارشناسان و محققان مختلف در سراسر دنیا در زمینه تهیه نقشه های درجه حرارت سطح دریاها و اقیانوسها مورد استفاده قرار می گیرد و اکثر الگوریتمهای مربوط به آن در این زمینه استخراج شده اند. علاوه بر آن، مزیت دیگر این تصاویر قیمت پایین آنها می باشد.

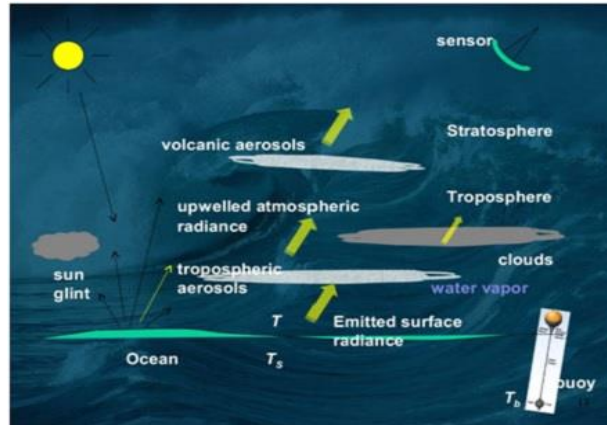
## روند کلی محاسبه دمای سطح آب با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS

از روزهای اولیه سنجش از دور ماهواره ای محیط زیست، تلاش شده است تا دمای سطح دریا با دقت علمی مفید اندازه گیری شود. نمای سینوپتیک از فضا اجازه می دهد تا SST در سطح جهان نقشه برداری شود.

علاوه بر این، پوشش های مکرر ماهواره ای امکان بررسی جزئیات و مقایسه شرایط کنونی و گذشته را فراهم می آورند. در طول دهه گذشته پیشرفت های زیادی در اندازه گیری SST حاصل شده است. ابزارهای ماهواره ای و الگوریتم های برآورد SST به طور قابل توجهی بهبود یافته اند، کاربردهای علمی، بسیار بهتر درک شده اند و مزایای بالقوه مشاهدات ماهواره ای به طور گسترده ای شناخته شده است.

مبنای فیزیکی اندازه گیری SST از فضا، بر طول موج ماکروویو غیر فعال و طول موج مادون قرمز حرارتی ساطع شده توسط سطح اقیانوس استوار است. تشعشعات سطح در گذر خود از طریق جو زمین، تحت تاثیر فرآیندهای جذب جوی، انتشار و پراکندگی قرار می گیرند (شکل ۴). بنابراین برای رفع آن باید اصلاحات مناسب انجام شود تا تخمین های معتبری از تابش سطح بدست آید. تابش های اصلاح شده نیز با اعمال پارامترهای موثر، به دمای سطح تبدیل می شوند.





شکل (۴): بازتاب سطحی تحت تاثیر عوامل مختلف جوی مانند بخار آب، ذرات آئروسول، ابر و ... قرار می گیرد.

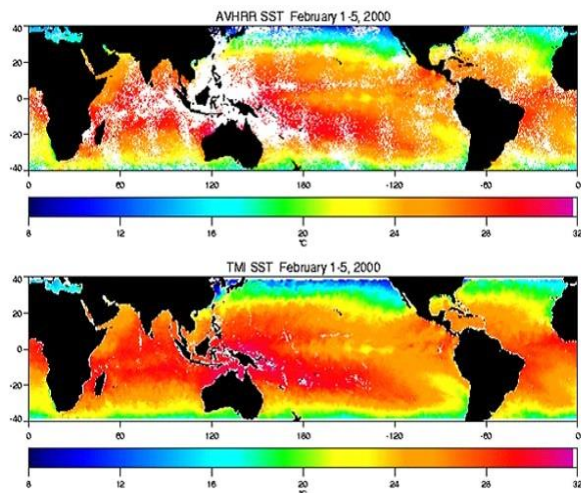
اندازه گیری SST از طول موج مادون قرمز حرارتی دارای تاریخچه ای طولانی (حدود ۲۰ سال) می باشد که از مشاهدات رادیومتری در طول موج ۳/۷ میکرومتر و نزدیک به ۱۰ میکرومتر مشتق شده اند. هر دو باند نسبت به وجود ابرها و پراکندگی توسط ذرات معلق و بخار آب جوی حساس هستند. به همین دلیل، اندازه گیری مادون قرمز حرارتی SST ابتدا به تصحیح جوی سیگنال بازیابی شده نیاز دارد و فقط برای پیکسل های بدون ابر قابل انجام است. بنابراین، نقشه های SST گردآوری شده از اندازه گیری مادون قرمز حرارتی، اغلب ترکیب های هفتگی یا ماهانه هستند که زمان کافی برای گرفتن پیکسل های بدون ابر در یک منطقه را فراهم می آورد.

ابزارهای مادون قرمز حرارتی که برای استخراج SST استفاده شده اند شامل رادیومتری پیشرفته با وضوح بسیار بالا (AVHRR) در ماهواره های NOAA در مدار قطبی (POES)، رادیومتر اسکن در طول مسیر (ATSR) در ماهواره سنجنش از دور اروپا (ERS-2)، ماهواره عملیاتی محیط زیست (GOES) و طیف سنج رادیوگرافی تصویربرداری با وضوح متوسط (MODIS) بر روی ماهواره های Aqua و Terra می باشند.

نقاط قوت اندازه گیری SST از طول موج مادون قرمز حرارتی عبارت است از: تاریخچه طولانی، دقت و رزولوشن مناسب. نقاط ضعف این روش عبارت است از: غیر قابل استفاده بودن در مواقع ابری و نیاز به تصحیحات اتمسفری.

در مقابل نقاط قوت اندازه گیری SST از ماکروویو غیر فعال عبارت است از: در شرایط ابری قابل استفاده می باشد (این طول موج از اغلب ابرها عبور می کند) و نسبتاً به اثرات جوی حساس نمی باشد. نقاط ضعف این روش شامل: دقت و رزولوشن نامناسب، حساس به زبری سطح و بارندگی میباشد.

شکل (۵) تفاوت حاصل از دو روش مذکور را نشان می دهد. نقاط سفید در SST حاصل از روش مادون قرمز حرارتی به مناطقی اشاره دارد که بازه زمانی مورد نظر به دلیل پوشش ابری، فاقد داده می باشند.

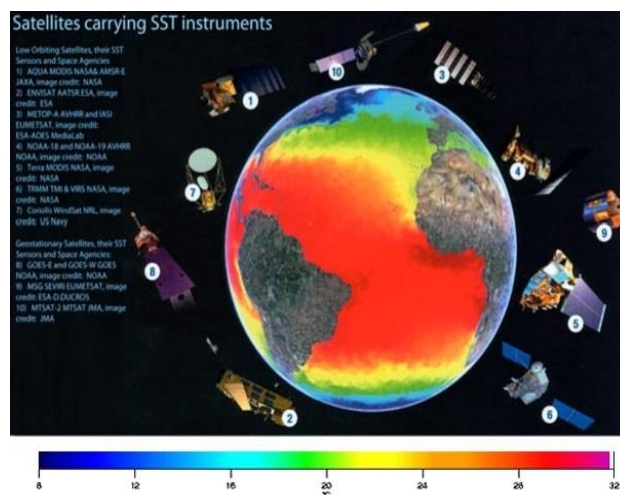


شکل (۵) SST حاصل از دو روش مادون قرمز حرارتی (در بالا) و ماکروویو غیر فعال (در پایین)

پدیده هایی که باعث بازگشت سیگنال غیرفعال مایکروویو می شوند، ناهماری ناشی از باد در سطح اقیانوس و بارندگی است. این عوامل معمولاً با استفاده از فرکانسهای مختلف قابل اصلاح است. اندازه گیری SST در درجه اول در یک کانال نزدیک به ۷ گیگاهرتز و تصحیح بخار آب با استفاده از مشاهدات در کانال ۲۱ گیگاهرتز انجام می شود. سایر فرکانسهای مورد استفاده برای تصحیح زبری، میزان بارش، و تأثیر اندک ابرها عبارتند از ۱۱، ۱۸ و ۳۷ گیگاهرتز.

ابزارهای مایکروویو غیرفعال که برای استخراج SST مورد استفاده قرار گرفته اند عبارتند از:

راديوگرافي مایکروویو اسکن چند کاناله در ماهواره های Nimbus7 و Seasat، ماهواره اندازه گیری بارش باران گرمسیری (TMI) Microwave Imager (TRMM)، ابزار رادیومتر (AMSR) در ماهواره ناسا و ماهواره مشاهده پیشرفته زمین ژاپن (ADEOS II) شکل ۳ نیز ماهواره های حامل سنجنده برای ثبت SST را نشان می دهد.



شکل (۶): ماهواره های عملیاتی ثبت SST



برآورد درجه حرارت سطح آب در موارد ذیل مورد استفاده قرار می گیرد:

-پیش بینی و مدل سازی وضعیت آب و هوا

-پیش بینی جریان های اقیانوسی

-ردیابی بهره وری بیولوژیکی و پیش بینی شیلات

-نظارت بر آلودگی

-مطالعه تعادل گرمای زمین

-مطالعه الگوهای جوی و اقیانوسی و ناهنجاری ها (مانند ال نینو)

-ارزیابی جریان های کوچک ساحلی

دمای سطح دریا (SST)، دمای آب در نزدیکی سطح دریا است که نقش مهمی در فعالیت های سیستم جوی، زندگی آبیان، جریان های دریایی، میزان شوری و دیگر خصوصیات آب دریاها دارد و یکی از پارامترهای پرکاربرد در مطالعات مربوط به اقیانوس شناسی و اتمسفر می باشد. این نوع از دما می تواند اثرات قابل توجهی بر اکوسیستم های دریایی و زندگی جوامع انسانی حواشی این دریاها داشته باشد.

دمای سطح آب دریاها، اقیانوس ها و دریاچه ها یکی از شاخص های سنجش ویژگی های اقیانوس شناسی و هواشناسی است، به طوری که در مسائل اقیانوس شناسی، هواشناسی، ماهیگیری و سیاستگذاری ها و برنامه ریزی های دریایی نقش مهمی ایفا می کند. در اقیانوس شناسی از تحلیل دمای سطح آب برای مطالعه دینامیک دریا و در هواشناسی در مسائل پیش بینی هوا و در شیلات و ماهیگیری برای تعیین نواحی تجمع ماهیان بهره می برند، همچنین تغییرات و دگرگونی های غیرعادی دمای آب عاملی در شناخت دگرگونی های اقلیمی محسوب می شود. در حقیقت آگاهی از توزیع زمانی و مکانی دمای سطح آب برای کاربرد های مختلف، از جمله مطالعه جریان دریاها و پیش بینی بودجه انرژی بسیار ارزشمند است.

تشخیص دمای صحیح هر نقطه از اقیانوس و دسترسی به تغییرات لحظه ای آن پژوهشگران را قادر می سازد تا مطالعاتی نظیر تغییرات اقلیمی مناطق مختلف، پیش بینی طوفان های شدید، ردیابی جریان های آبی، ردیابی و تشخیص محل اجتماع ماهی ها و بسیاری از موارد دیگر را با دقتی که بستگی به میزان دقت در سنجش دمای سطح آب دارد انجام دهند اما با توجه وسعت آب های روی سطح زمین، امکان اندازه گیری دمای آب در سطح وسیع با وسایل دستی و یا با استفاده از بویه ها کاری سخت و بسیار پرهزینه است لذا جهت اندازه گیری و سنجش دمای سطح آب از تصاویر ماهواره ای که ابزاری مناسب و کارآمد در این زمینه هستند استفاده می شود. [۸]

مراحل اصلی بدست آوردن دمای سطح آب شامل تصحیحات هندسی و برآورد دمای درخشندگی برای باند های ۳۱ و ۳۲ و محاسبه زاویه زنیت ماهواره در لحظه تصویر برداری است. روش استفاده شده برای محاسبه دمای سطح آب الگوریتم چند باندی می باشد که از باندهای حرارتی و زاویه زنیت ماهواره در لحظه تصویربرداری استفاده می کند.

به منظور برآورد دمای سطح آب با الگوریتم چند باندی، از تصاویر سنجنده MODIS ماهواره های AQUA و TERRA استفاده شده است. این تصاویر که در ایستگاه فضایی ماهدشت از طریق گیرنده Uniscan دریافت می شوند، به صورت خام



(سطح ۰) بوده و دارای فرمت PDS می باشند؛ بنابراین به منظور قابل استفاده نمودن این داده ها لازم است سه عملیات تبدیل فرمت، تطابق زمینی و کالیبراسیون بر روی آن ها انجام گیرد. تبدیل داده های خام با استفاده از نرم افزار IMAPP صورت گرفته و در آن علاوه بر انجام تصحیحات اولیه بر روی تصاویر، تبدیل فرمت آن ها به فرمت HDF نیز انجام می شود.

در مرحله بعد برای محاسبه دمای سطح آب پس از آماده نمودن تصاویر و محاسبه کردن زاویه زینت ماهواره، پیش پردازش های لازم از جمله زمین مرجع نمودن داده های اپتیکی و حرارتی ماهواره ای سنجنده MODIS با قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر و برآورد دمای درخشندگی برای باند های ۳۱ و ۳۲ این سنجنده صورت می گیرد تا تصاویر جهت پردازش و اعمال الگوریتم آماده شوند. با توجه به این موضوع که ابرها دارای حرارت پایینی هستند و در نقشه های نهایی حداقل دما را به خود اختصاص می دهند لازم بود تا الگوریتم حذف ابر بر روی تصاویر اعمال شود بنابراین ابر از تصاویر حذف شده و دمای سطح آب با الگوریتم چند بانده محاسبه می گردد. [۹]

### معرفی سنجنده مودیس<sup>۱۳</sup>

مودیس اسپکترورادایومتر تصویربردار با قدرت تفکیک متوسط سنجنده ای است که بر روی ماهواره ترا- EOS AM ۱ قرار داده شده است. در هر کدام از ماهواره های EOS AM و EOS PM یک سنجنده مودیس قرار داده شده است. سنجنده مودیس ماهواره ترا، هر دو روز یکبار از تمام سطح زمین تصویربرداری می کند و داده هایی در ۳۶ باند طیفی اخذ می کند. این داده ها، همراه با داده هایی که توسط مودیس دوم که بر روی ماهواره آکوا قرار داده شده است اخذ می شوند، آگاهی ما را نسبت به حرکات و تغییرات جهانی و همچنین فرایندهایی که بر سطح زمین، اقیانوسها و سطوح پایینی جو به وقوع می پیوندند، بهبود بخشیده است. مودیس در توسعه مدلهای انعطاف پذیر درباره سیستمهای کره زمین، نقش حیاتی بازی می کند و ما را قادر می سازد که تغییرات جهانی را به طور دقیق پیش بینی نماییم که این امر میتواند به مدیران و سیاستگذاران در زمینه حفاظت از محیط زیست و مدیریت بهینه منابع کمک نماید.

این دستگاه در سال ۲۰۰۲ بر روی ماهواره آکوا نیز نصب گردید و در مدار قرار گرفت. این دستگاه توانایی دریافت داده در ۳۶ باند طیفی از طول موج ۴/۰ میکرون تا ۴/۱۴ میکرون با کیفیت فضایی متغیر (۲ باند در ۲۵۰ متر، ۵ باند در ۵۰۰ متر و ۲۹ باند در یک کیلومتر) را دارا است. این دستگاهها با همدیگر هر یکتا ۲ روز کل زمین را عکسبرداری می کنند. این دستگاهها اندازه گیری هایی با مقیاس بزرگ از دگرگونی های زمین از جمله پوشش ابر، تابش و دگرگونی های درون اقیانوس و روی زمین و لایه های پایین اتمسفر انجام می دهد.

هدف از سنجنده مودیس، فراهم کردن یک سری جامع از مشاهدات جهانی از سطح زمین، اقیانوسها و جو در نواحی مختلف طیفی می باشد به گونه ای که بتوان تمام سطح کره زمین را در هر ۲ روز یک بار مشاهده نمود.

<sup>13</sup>- MODIS(Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer)

جدول (۱): کاربردهای باندهای مختلف تصاویر سنجنده مودیس و مشخصات هر کدام از باندها برای سنجش دما

کاربرد اصلی	شماره باند	پهنای باند	بازتاب طبیعی
تعیین درجه حرارت سطح زمین و ابر	20	3/660-3/840	0/45
	21	3/929-3/989	2/38
	22	3/929-3/989	0/67
تعیین درجه حرارت جو	23	4/020-4/080	0/79
	24	4/433-4/498	0/17
	25	4/482-4/549	0/59
تعیین درجه حرارت ابر و سطح زمین	31	10/780-11/280	9/55
	32	11/770-12/270	8/94

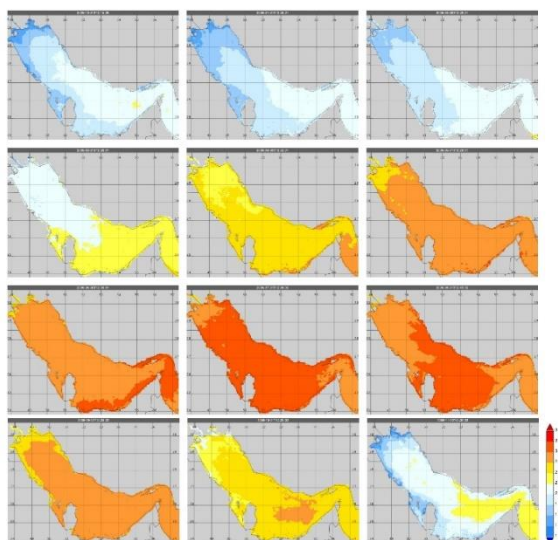
### کاربرد داده های ماهواره ای در تهیه نقشه های SST

تهیه نقشه های درجه حرارت سطح دریا ( SST ) یکی از کاربردهای داده های ماهواره ای است. بطور کلی درجه حرارت سطح دریاها عامل بسیار مؤثری در اقلیم جهانی و بررسی منابع غذایی می باشند. تجمع آبریزان خوراکی در مناطقی از آبهای جهان اتفاق می افتد که شرایط زندگی و زیست محیطی مناسبی برای آنان فراهم باشد. روشن است که بهره برداری و صید دریایی زمانی از بازدهی کافی برخوردار خواهد بود که محللهای یاد شده بدرستی شناسایی شوند. با توجه به وسعت آبهای جهان، شناسایی های مزبور در دریاها و اقیانوسها و جابجایی های فصلی آنها کار بسیار مشکلی است. اطلاعات و داده های ماهواره ای با پوششهای تکراری و نیز وسیع می تواند راهگشا و راهنمای ارزشمندی برای دست اندر کاران و محققان بررسیهای منابع غذایی دریایی باشد. مواد غذایی مناسب برای رشد آبریزان، فیتوپلانکتونها می باشند. دانشمندان نشان داده اند با جمع آوری اطلاعات زمینی و با استفاده از داده های ماهواره ای در این خصوص، می توان به حدود و وسعت توزیع فیتوپلانکتونها در دریا پی برد، همچنین نقشه های درجه حرارت سطح دریاها می توانند نقش مهمی در تعیین محل مناطق مناسب جهت تغذیه و تخم ریزی ماهیها بازی نمایند. ماهی ها اصولاً دنبال شرایطی می گردند که نیازهای تنفسی، فیزیولوژیکی و متابولیکی آنها را بر آورده نماید. مهمترین پارامترهای شرایط رشد ماهیها مانند، عمق، سرما و تجمع مواد غذایی از طریق تصاویر مادون قرمز حرارتی قابل تشخیص هستند. مواد مغذی موجود در آب بهنگام ترکیب با نور خورشید در نزدیکی سطح اقیانوسها سبب افزایش رشد پلانکتونها و نهایتاً تجمع ماهیها به منظور تغذیه و تخم ریزی می شوند. همچنین تجربیات نشان داده که بعضی از انواع ماهیهای ارزشمند از لحاظ تجاری مانند، ماهی سفید، و ماهی تون شدیداً به درجه حرارت آب وابسته اند.

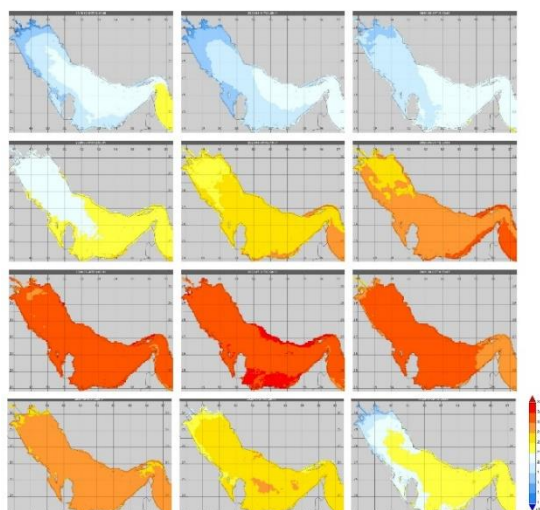
نقشه های درجه حرارت سطح دریا از نقطه نظر اقلیم جهانی نیز حائز اهمیت می باشند. جریانهای دریایی و درجه حرارت سطح دریاها مستقیماً به همدیگر وابسته اند. پس مشاهدات سطح دریاها می توانند کمک مؤثری در پردازش اقلیم نموده و اخطارهای لازم را قبل از وقوع حوادث اقلیمی بدهند. بعلاوه مشخص شده است که روند تغییرات درجه حرارت سطح دریاها تا ۶ ماه بعد قابل پیش بینی می باشد و از آنجاییکه بین درجه حرارت سطح دریا و میزان بارندگی همبستگی بالایی وجود دارد بنابراین وضعیت بارش در ۶ ماه آینده قابل پیش بینی می باشد. [۱۰]

## نتایج

با مقایسه دمای سطحی اسکن شده خلیج فارس در دوره زمانی ۲۰۰۵-۱۲-۳۱ تا ۲۰۲۰-۱۱-۳۰ به تفکیک ماه، در شکل های ۴ و ۵ مشخص است که در این بازه زمانی در همه فصول دمای سطحی خلیج فارس همواره رو به ازدیاد بوده است و سطح آب هایی با دمای بالاتر از زمان ابتدایی مطالعه همواره رو به افزایش بوده است و در ۶ ماه دوم سال بخصوص در ماه آگوست در سواحل شمال شرقی و جنوب شرقی بسیار شدید است. همچنین با توجه به شکل های ۷ و ۸ به سادگی می توان دریافت که سطح آب های سردتر سطحی در ۶ ماه اول سال در غرب خلیج فارس بسیار کوچکتر شده است.



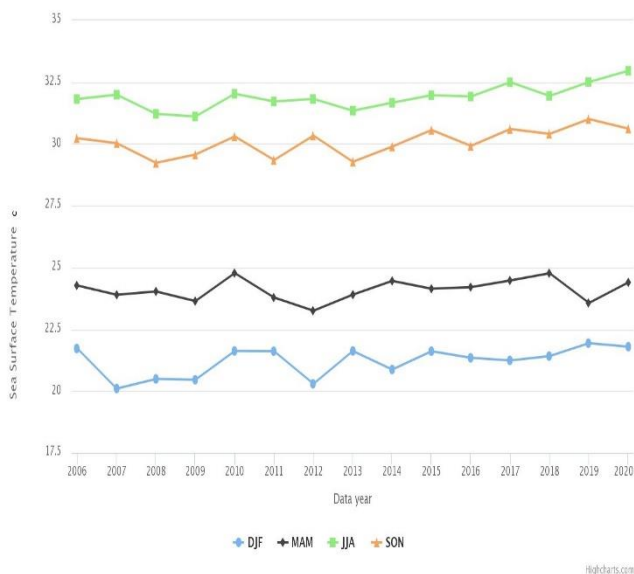
شکل (۷) دمای سطحی آب خلیج فارس در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۲-۳۱ تا ۲۰۰۶-۱۱-۳۰



شکل (۸) دمای سطحی آب خلیج فارس در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۲-۳۱ تا ۲۰۲۰-۱۱-۳۰

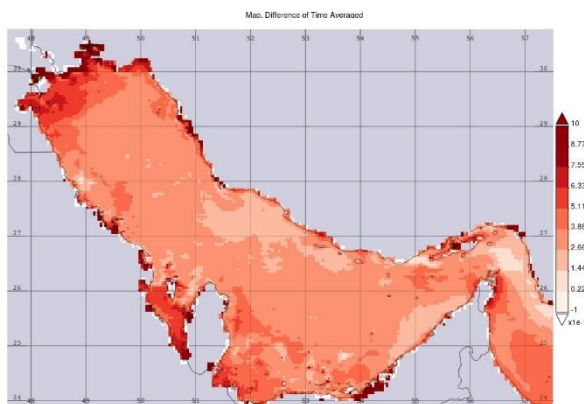


با بررسی تغییرات دمایی در فصول مختلف سال (بهار، تابستان، پاییز، زمستان) مشخص می شود که بازه این تغییرات در ۶ ماه اول سال میلادی کمتر از میزان تغییرات در ۶ ماه دوم سال است و شدت افزایش دمای سطحی آب شاخاب پارس در شش ماه دوم سال شدیدتر است. شکل (۹)



شکل (۹) سری زمانی فصلی دمای سطحی آب خلیج فارس در بازه زمانی ۲۰۱۹-۱۲-۳۱ تا ۲۰۲۰-۱۱-۳۰

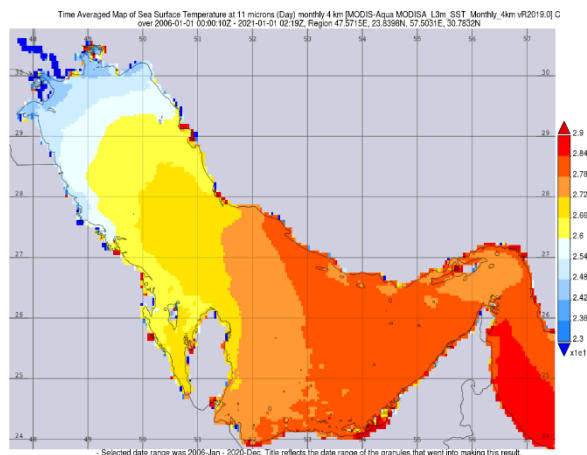
تفاوت تصاویر میانگین دمای رخ داده بین شب و روز در بازه زمانی سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ نشان می دهد که تغییرات دمای سطحی آب در مناطق غربی و جنوبی خلیج فارس در طول شبانه روز بیشتر از مناطق دیگر می باشد. شکل (۱۰)



شکل (۱۰) تصویر تفاوت میانگین دمای رخ داده بین شب و روز

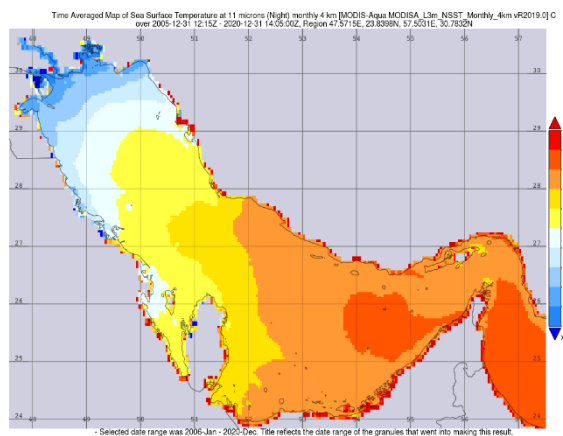
در مدت مورد مطالعه بوسیله سنجنده مدیس گرادیان افزایش دمای سطحی آب در روز از غرب به سمت شرق خلیج فارس افزایش می یابد و شدت این تغییرات در مناطق شرقی خلیج فارس بیشتر می باشد. شکل (۱۱)





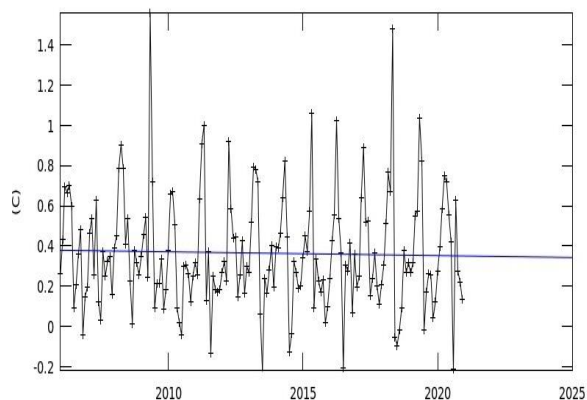
شکل (۱۱) شکل تغییرات دمای سطحی آب در طول روز بین سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰

در مدت مورد مطالعه بوسیله سنجنده مدیس گرادیان افزایش دمای سطحی آب در شب از غرب به سمت شرق خلیج فارس افزایش می یابد ولی شدت این تغییرات در مقایسه با تغییرات روزانه در شرق کمتر است. شکل (۱۲)



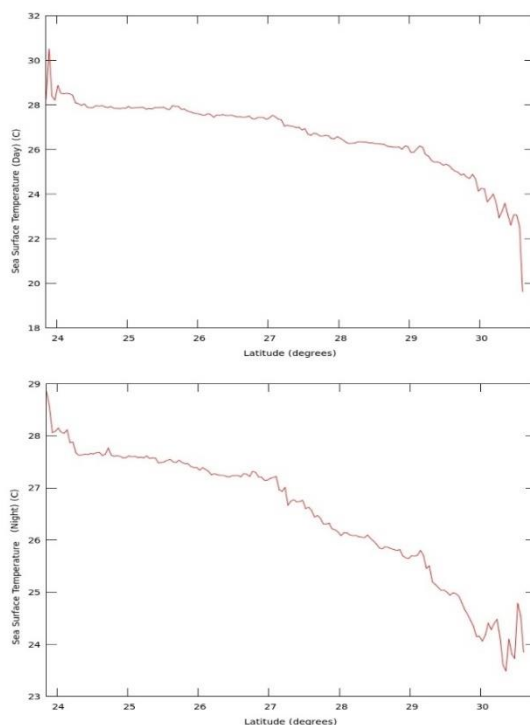
شکل (۱۲) شکل تغییرات دمای سطحی آب در طول شب بین سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰

روند تغییرات دمایی شب و روز در مدت زمان ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۵ نشان دهنده کاهش تفاوت دما در شب و روز می باشد که این رخداد بیانگر افزایش انرژی جذب شده توسط آب خلیج فارس می باشد که دلیل این پدیده نیز ظرفیت ویژه گرمایی آب است که با تاخیر زمانی حرارت آب را از دست می دهد. شکل (۱۳)



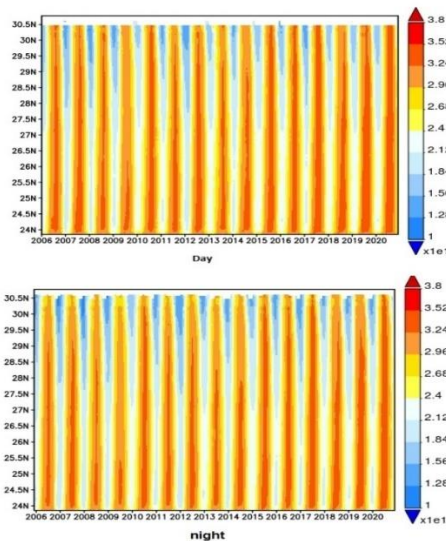
شکل (۱۳) روند تغییرات دمای سطحی آب خلیج فارس در شب و روز

نمودار ترسیم شده دمای سطحی آب خلیج فارس در روز و شب با توجه به عرض جغرافیایی نشان می دهد که در شب و روز در عرض های شمالی تر دمای آب سطحی خلیج فارس در مقایسه با عرض های جنوبی تر سرد تر می باشد که این به دلیل نظام چرخش آب در خلیج فارس و همچنین عمق کمتر سواحل جنوبی در مقایسه با سواحل شمالی است. شکل (۱۴)



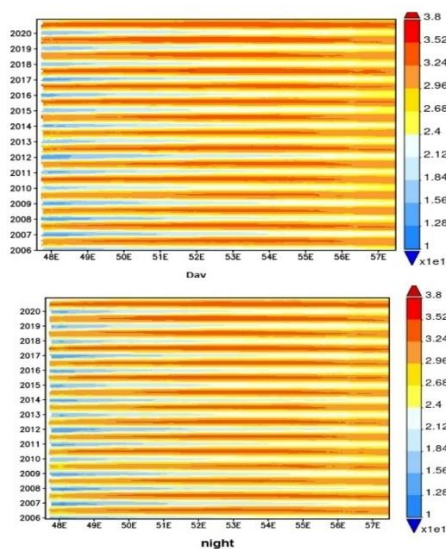
شکل (۱۴) نمودار دمای سطحی آب خلیج فارس در روز و شب در عرض های مختلف جغرافیایی

فرکانس حرارتی شبانه و روزانه خلیج فارس با توجه به عرض جغرافیایی نشان می دهد عرضهای شمالی دارای دمای کمتری هستند و همچنین در سال های انتهایی تحقیق دما در حد قابل توجهی افزایش یافته است. شکل (۱۵)



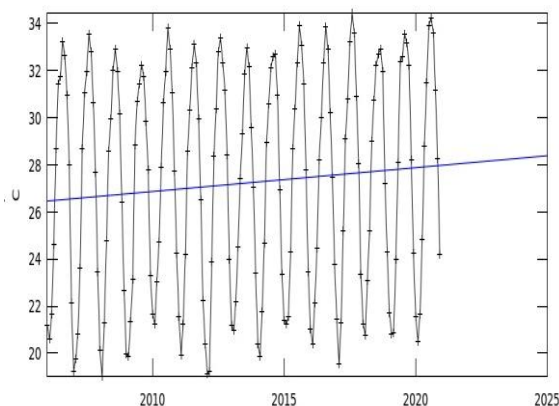
شکل (۱۵) فرکانس حرارتی شبانه و روزانه خلیج فارس با توجه به عرض جغرافیایی

فرکانس حرارتی شبانه و روزانه خلیج فارس با توجه به طول جغرافیایی نشان می دهد آبهای غرب خلیج فارس دارای دمای کمتری هستند که دلیل این مساله ورودی آب ارونند رود در شمال غربی خلیج فارس است و همچنین در سال های انتهایی تحقیق دما در حد قابل توجهی افزایش یافته است. شکل (۱۶).

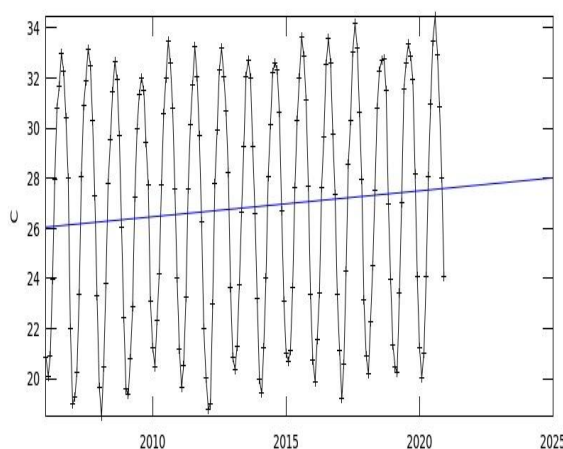


شکل (۱۶) فرکانس حرارتی شبانه و روزانه خلیج فارس با توجه به طول جغرافیایی

با ترسیم روند سری زمانی دمای سطحی آب در شب و روز دیده می شود که روند در هر دو نمودار دارای شیب مثبت است این افزایش دما در روز و شب برای سال ۲۰۲۵ به میزان تقریبی ۰.۹ درجه سانتیگراد پیش بینی می شود بنابراین باید انتظار افزایش دمای سطحی آب خلیج فارس را در سال های آینده را داشت. (شکل ۱۷ و ۱۸)



شکل (۱۷) روند تغییرات دمای روزانه سطح آب



شکل (۱۸) روند تغییرات دمای شبانه سطح آب

### نتیجه گیری و جمع بندی

وضعیت SST در خلیج فارس نسبت به مراکز اقیانوسی بسیار متفاوت است. در منطقه خلیج فارس به علت عمق و وسعت کم خلیج، تغییرات دمای سطحی تا حدودی به الگوی قاره ای شبیه می شود و این تغییرات، شامل تغییرات فصلی و تغییرات مکانی می شود



بررسی شکل‌های مختلف حاصل از اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای در خلیج فارس پس از استخراج، نشان داد که دمای سطح آبهای خلیج فارس هم در مکان‌های مختلف خلیج فارس دارای مقادیر متفاوتی می‌باشد که می‌توان در این زمینه تحقیقات بیشتری انجام داد و هم دارای تغییرات زمانی با روندی افزایشی می‌باشد، یعنی اگر روند تغییرات اقلیم به همین صورت الان ادامه یابد شاید افزایش دمای سطح آب دریاها در طی سالهای آینده می‌باشیم.

مشاهدات تصویری استخراج شده که بر اساس آن مقایسه فصلی و سالانه نیز به انجام رسیده است روند کلی دمای سطح آب در سال‌های مختلف تقریباً همه نشانگر روند افزایش دمای سطح آب خلیج فارس است در این میان در شش ماه اول سال شدت این تغییرات کمتر از شش ماه دوم سال می‌باشد و تغییرات دمای سطحی آب نیز در شب و روز برای سال ۲۰۲۵ در حدود یک درجه سانتیگراد پیش‌بینی می‌شود. شدت این تغییرات در مناطق شرقی خلیج فارس به مراتب بیش از مناطق غربی می‌باشد و مقدار گرادیان این تغییرات در شب هنگام کمتر از روز می‌باشد همچنین دمای سواحل شمالی و قسمت‌های غربی خلیج فارس دارای دمای سطحی کمتری نسبت به سواحل جنوبی و شرق خلیج فارس هستند.

با توجه به نتایج پایش ماهواره‌ای، روند تغییرات تفاوت دمایی شب و روز در مدت زمان سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰ نشان دهنده کاهش تفاوت دما در شب و روز می‌باشد که این رخداد بیانگر افزایش انرژی جذب شده توسط آب خلیج فارس می‌باشد و با بررسی و پیش‌بینی آینده می‌توان همین روند کاهش اختلاف دما را متصور شویم که تا سال ۲۰۲۵ اختلاف دمای شب و روز سطح دریا به هم نزدیکتر می‌شوند.

با توجه به نقشه‌های رسم شده مشاهده می‌شود که دمای سطحی آب از سمت غرب به سمت شرق خلیج فارس افزایش می‌یابد و شدت دمای سطح آب در مناطق شرقی خلیج فارس بیشتر می‌باشد. که علت این موضوع در رابطه با یکی ورودی رودخانه اروند و یکی افزایش نسبی عرض جغرافیایی غرب خلیج فارس و همچنین کم شدن ارتباط با ورودی آبهای گرم استوایی اقیانوسی می‌باشد.

## مراجع و منابع

- [۱] اسفندیارنژاد، امیر، کاملیان، رضا، کیانی پور، منیژه، ۱۳۸۳، تعیین درجه حرارت سطحی دریا با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، ششمین همایش بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، ۹ تا ۱۲ آذر، تهران.
- [۲] حسن زاده، اسماعیل، علی اکبریدختی، علی اکبر، ملا اسماعیل‌پور، سعید، ۱۳۸۴، بررسی تغییر دمای سطح آب‌های خلیج فارس و تاثیر آن بر آب و هوای مناطق ساحلی در سال‌های ۱۹۹۶-۲۰۰۰، ششمین همایش علوم و فنون دریایی، ۱ تا ۲ دی، تهران.
- [3] صاغری، اسد، میرشمس، مهران، جعفر صالحی، علی، ۱۳۹۳، کد جامع طراحی مفهومی ماهواره‌های سنجش از دور، فصلنامه پژوهشی علوم و فناوری فضایی، جلد ۷ شماره ۲ ص ۳۵
- [4] Krishna Rao, P. 2000. Weather Satellites System Data and Environmental Application. American Meteorological Society, London.
- [5] Eidenshink, Jeff. 2006. "A 16-year Time Series of 1 km AVHRR Satellite Data of the Conterminous United States and Alaska". PHOTOGAMMETRIC ENGINEERING & REMOTE SENSING, September 2006, 1027 – 1032.
- [۶] Krishna Rao, P. 2000. Weather Satellites System Data and Environmental Application. American Meteorological Society, London.



- [7] Rhyma Purnamasayangsukasih, P., Norizah, K. Ismail Adnan, I., 2016. "A review of uses of satellite imagery in monitoring mangrove forests". Earth and Environmental Science, May, pp. 37
- [8] Xiaoxiong, Xiong, Amit, Angal, Kevin A, Twedt. 2019. "MODIS Reflective Solar Bands On-Orbit Calibration and Performance". IEEE XPLOR, 15 April 2019, 6355 – 6371.
- [9]Mike, P. Darren, J. Carlos , J. Emma, M. 2020. "Multisensor Thermal Infrared and Microwave Land Surface Temperature Algorithm Intercomparison". Remote Sens. 2020, 12, 4164.

[۱۰] کاظمی قراچه، محمد، ولی زاده کامران، خلیل، ۱۳۹۹، محاسبه دمای سطح آب (SST) و عمق آب با استفاده از تصاویر ماهواره  
لندست ۸ و برآورد ارتباط بین آن ها مطالعه موردی: دریاچه های ارومیه و وان ، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی شهر  
دوره ۳۰، شماره ۱۱۷، بهار ۱



## نرم افزار Ocean Data View؛ نرم افزاری کاربردی جهت تجزیه و تحلیل داده‌های اقیانوسی

شکیلا لشکری<sup>۱\*</sup>، محمد محمدی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه علوم غیرزیستی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.  
<sup>۲</sup>کارشناس ارشد مهندسی دریا، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

sh.lashkari.stu@hormozgan.ac.ir

### چکیده

امروزه نرم افزارها با توجه مزایای آن کاربرد بسیاری در محاسبات داشته و در تجزیه و تحلیل داده‌ها به انسان کمک بسیاری می‌کنند. باتوجه به اینکه بیش از ۷۰ درصد کره زمین را آب دریاها و اقیانوس‌ها پوشانده است، اهمیت توسعه پژوهش‌های دریایی و اقیانوسی بر هیچکس پوشیده نیست و لذا کشورهای مختلف جهت دریافت و استخراج داده‌های دریایی و اقیانوس همواره در حال تلاش هستند. از جمله نرم افزارهایی که جهت تجزیه و تحلیل داده‌های اقیانوسی و دریایی، با توجه به مزایای آن، کاربرد فراوانی در این حوزه داشته نرم افزار ocean data view است که به اختصار odv نامیده شده و توسط موسسه آلفرد وگنر طراحی شده است. این پژوهش با هدف معرفی نرم افزار odv به جامعه پژوهشگران علوم دریایی نگاشته شده است. در این پژوهش علاوه بر ذکر نمونه‌هایی از انتشار مقالات در حوزه علوم در نشریات معتبر، به معرفی اجمالی این نرم افزار پرداخته شده است. این نرم افزار رایگان بوده و رابط کاربری روان داشته و نیاز به دانش برنامه‌نویسی ندارد. همچنین باتوجه به اینکه در بین پژوهشگران دریایی ایران این نرم افزار ناشناخته بوده پیشنهاد شده است تا با همکاری مراکز تحقیقاتی کارگاه‌های آموزشی در خصوص یادگیری نرم افزار odv برگزار شود.

**کلید واژه:** تجزیه و تحلیل داده‌های دریایی، علوم دریایی، نرم افزار دریایی، نرم افزار odv، ocean data view

### ۱- مقدمه

بیش از ۷۰ درصد کره زمین را آب دریاها و اقیانوس‌ها پوشانده است. دریاها و اقیانوس‌ها از جنبه‌های بسیاری مانند اقتصاد، محیط زیست، اقلیم، هواشناسی برای انسان مهم است. از این رو شناخت و درک این محیط طبیعی بسیار حائز اهمیت است که این امر توسط تجزیه و تحلیل داده‌های موجود از این محیط صورت می‌گیرد. از سویی امروزه نرم افزارهای مختلف جهت آسان تر کردن امور به کمک انسان آمده است که از جمله این نرم افزارها، نرم افزار رایگان ocean data view است که به اختصار odv نامیده شده و توسط موسسه آلفرد وگنر<sup>۱۴</sup> طراحی شده است [۱].

از این نرم افزار در مطالعات معتبر علمی به روز دنیا و حوزه‌های مختلف علوم دریایی و اقیانوسی استفاده شده است علوم مختلفی مانند از جمله در فیزیک دریا در مقالاتی با عنوان «تغییرات فصلی توده آب خروجی خلیج فارس در خلیج عمان» در سال ۲۰۲۳ توسط لشکری و همکاران [۲] صورت پذیرفت. همچنین مقالات «خواص فیزیکی و توزیع مواد مغذی آب دریا در دریای باندا - اندونزی» در سال ۲۰۱۸ توسط فریداس [۳] یا «هیدرولوژی و گردش آب در تنگه هرمز و خلیج عمان نتایج حاصل از گشت GOGP991 تنگه هرمز» توسط پز و همکاران [۴] و پژوهش «هیدرولوژی و گردش آب در تنگه هرمز و خلیج عمان نتایج حاصل از گشت GOGP992 خلیج عمان» توسط پز و همکاران [۵] در سال ۲۰۰۴ در از جمله مقالات در

<sup>14</sup> Alfred Wegener Institute (AWI)





زمینه فیزیک دریا با استفاده از odv است. در سال ۲۰۲۱ مقاله‌ای با عنوان «حداکثر سرعت باد شمالی و ارتفاع موج بر فراز دریای عرب، خلیج فارس و دریای سرخ برگرفته از داده‌های ۴۰ ساله ERAS» توسط ابوبکر و همکاران [۶] در زمینه هواشناسی با استفاده از odv منتشر شد. در زمینه شیمی دریا با استفاده از odv مقالات «ورودی‌ها و فرایندهای مؤثر بر توزیع ذرات آهن در اقیانوس اطلس شمالی در امتداد بخش GEOVIDE» توسط گوریان و همکاران [۷] در سال ۲۰۱۹ و «بررسی توزیع متان و شار دریا به جو در دریای چین شرقی در طول تابستان ۲۰۱۳ و تأثیر هیپوکسی (کم اکسیژنی)» توسط یه و همکاران [۸] در سال ۲۰۱۶ منتشر شده است. در سال ۲۰۲۱ مقاله‌ای با عنوان «پراکندگی فصلی آب‌های مذاب آب‌دره‌ها به‌عنوان منبع مهم آهن در فیتوپلانکتون‌های ساحلی قطب جنوب» توسط فرچ و همکاران [۹] و در مقاله‌ای با عنوان «رابطه بین اندازه دانه و ناهمگنی کربن آلی C14 در رسوبات حاشیه قاره‌ای» توسط باثو و همکاران [۱۰] در سال ۲۰۱۹ به ترتیب در زمینه‌های زیست‌شناسی دریا و زمین‌شناسی دریا از نرم افزار odv استفاده شده است. همچنین علاوه بر پژوهش لشکری و همکاران [۲]، پژوهش‌های محدود دیگری نیز توسط محققان ایرانی با استفاده از odv صورت گرفته است که از جمله آن می‌توان به پژوهش «امکان سنجی استفاده از هالوفیل‌ها برای زیست پالایی آلودگی‌های نفتی آب‌های خلیج فارس با کمک داده‌های اقیانوس شناسی» توسط مرادی و همکاران [۱۱] در سال ۲۰۱۷ و «مطالعه میدانی و شبیه سازی عددی توسعه کشند قرمز در شمال تنگه هرمز» در سال ۲۰۱۲ که توسط صمد حمزه‌ئی [۱۲] منتشر شده است نام برد. مطالعات و پژوهش‌ها با استفاده از odv در ایران بسیار محدود بوده است این در حالی است که مطابق اعلام طراح نرم‌افزار odv تاکنون این نرم‌افزار بیش از ۱۱۶ هزار کاربر ثبت‌شده از سراسر جهان داشته و حدود ۱۰ هزار نفر آخرین نسخه odv را دانلود کرده اند [۱].

## ۲- تشریح نرم‌افزار ocean data view

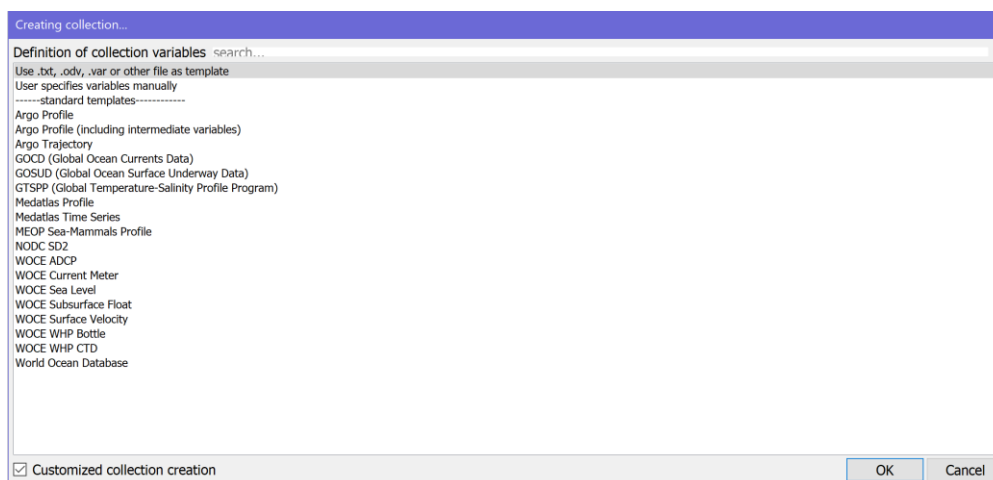
بسته نرم‌افزاری Ocean Data View مربوط به موسسه موسسه آلفرد وگنر است و با علامت اختصار ODV نمایش داده می‌شود. بسته نرم‌افزاری ODV یک بسته نرم‌افزاری رایگان برای کاوش و نمایش گرافیکی داده‌های اقیانوسی، داده‌های سری‌زمانی و داده‌های وابسته به مسیر و ترتیبی است که اگر چه در اصل فقط برای مشاهدات اقیانوس‌شناسی فیزیکی توسعه یافته بود، اما زیربنای آن مفهوم کلی تری داشته و داده‌های سایر حوزه‌های علوم را نیز می‌توان کاوش کرد.

### ۲-۱ نحوه دریافت نرم‌افزار و سیستم‌عامل‌های پشتیبانی شده

نرم‌افزار ODV نرم‌افزاری کم‌حجم، بسیار کاربردی و از بهترین محیط‌های نرم‌افزاری برای محیط‌های دریایی و اقیانوسی است. این نرم‌افزار را می‌توان از سایت <https://odv.awi.de> دانلود کرد (شکل ۱) و قابلیت نصب بر روی سیستم‌عامل‌های Windows، Mac OS، Linux و UNIX را دارد و داده‌ها و فایل‌های آن مستقل از بستر سخت‌افزاری می‌توانند در بین سیستم‌های مختلف مبادله شوند. همچنین نرم‌افزار ODV قابلیت این را دارد که داده‌ها با فرمت‌های مختلفی که در شکل ۲ نمایش داده شده است از جمله فرمت txt را پردازش کند.



شکل ۱. لوگوی رسمی نرم‌افزار ocean data view

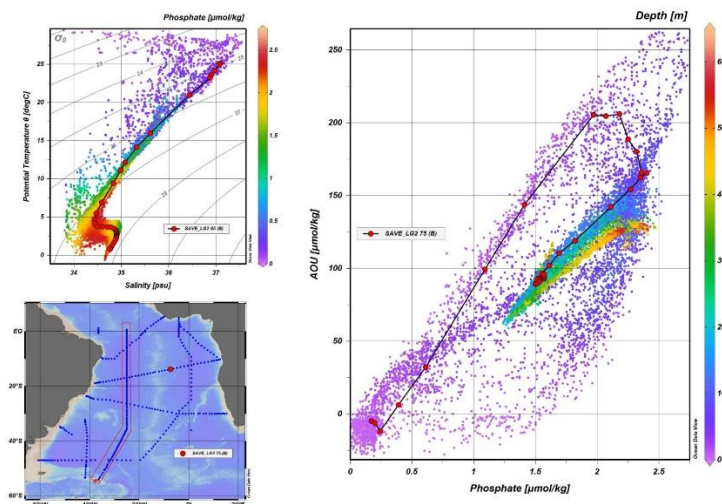


شکل ۲. قابلیت پذیرش انواع داده‌های اقیانوسی مهم و مختلف در نرم‌افزار odv [۱]

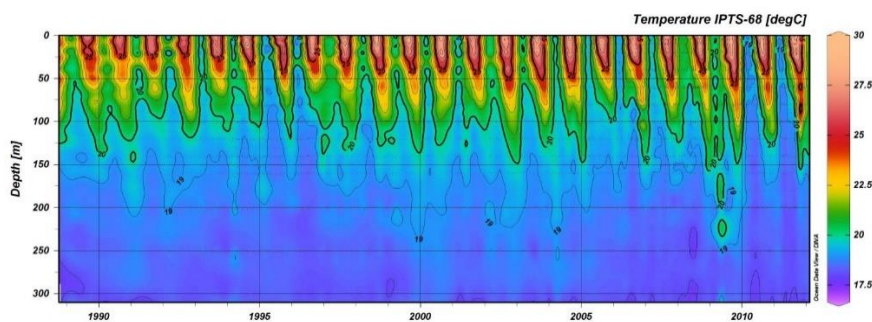
همچنین داده‌های اقیانوس‌شناسی در قالب‌های پرکاربرد زیر را می‌توان مستقیماً در نرم‌افزار ODV وارد و داده‌های اقیانوسی را تجزیه و تحلیل کرد:

- (WOA) World Ocean Atlas
- World Ocean Circulation Experiment (WOCE) در قالب تبادل WHP
- World Ocean Database data (WOD)
- Climate Variability and Predictability (CLIVAR) در قالب تبادل WHP
- ASCII spreadsheet data
- Argo profile and trajectory data
- Global Temperature-Salinity Profile Program (GTSP)
- SeaDataNet
- Sea-Bird در قالب cnv

از آن جایی که این نرم‌افزار برای تجزیه و تحلیل داده‌های اقیانوسی طراحی شده است، قابلیت ایجاد محیط‌های متفاوتی و نیز توانایی ترسیم داده‌ها، به صورت نمودارهایی همچون نمودارهای اسکتر<sup>۱۵</sup> (شکل ۳)، برش‌های عمودی و افقی (بر حسب زمان یا مکان) یا قطاع<sup>۱۶</sup> (شکل ۴)، نمودار سطحی یا هم‌سطح<sup>۱۷</sup> (شکل ۵)، نمودارهای ایستگاهی<sup>۱۸</sup> (شکل ۶) و همچنین میکس<sup>۱۹</sup> یا در واقع ترکیبی از همه‌ی این موارد (شکل ۷) برای داده‌های مرتبط با علوم مختلفی مثل فیزیک دریا، شیمی دریا، زیست دریا، زمین‌شناسی دریا، هواشناسی، محیط‌زیست دریا و آب‌نگاری با تنوع زیاد در سطوح و اعماق مختلف را دارد.

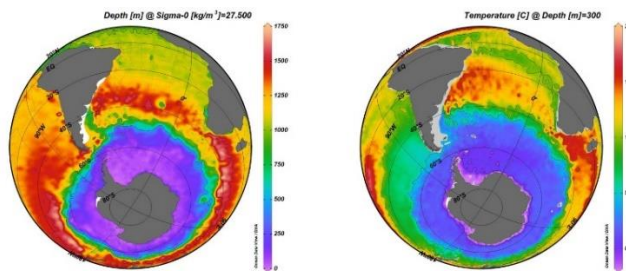


شکل ۳: مثالی از نمودار Scatter رسم شده با نرم‌افزار Ocean Data View [۱]

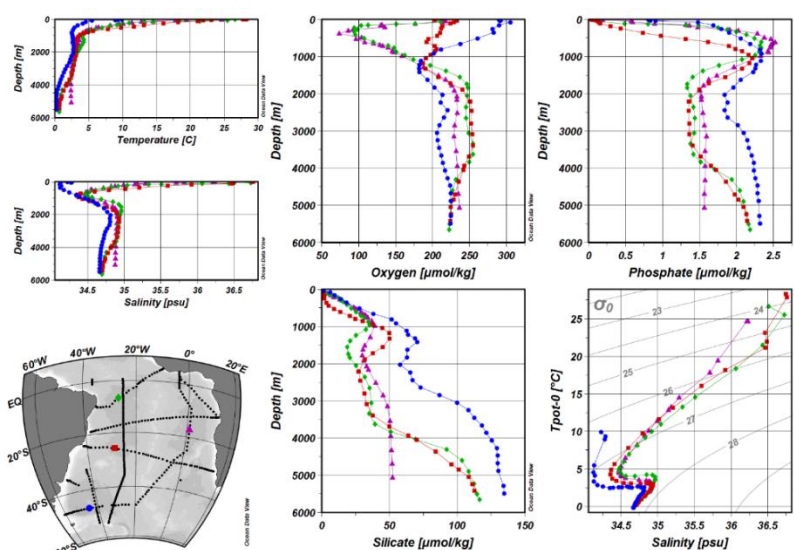


شکل ۴: مثالی از نمودار Section رسم شده با نرم‌افزار Ocean Data View [۱]

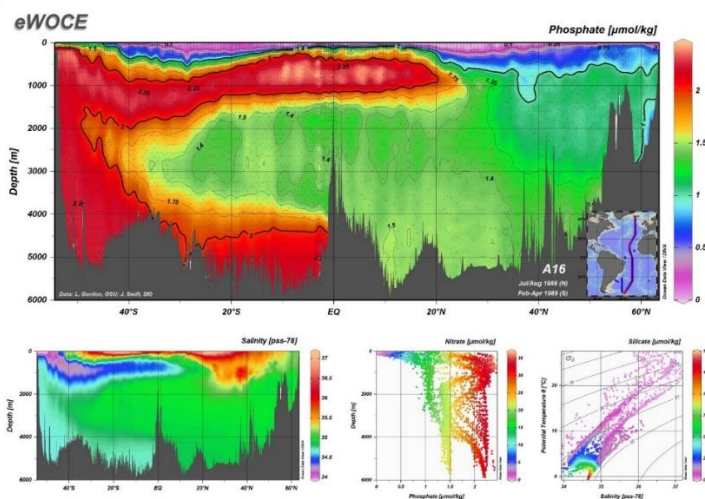
<sup>15</sup> scatter  
<sup>16</sup> section  
<sup>17</sup> surface  
<sup>18</sup> station  
<sup>19</sup> mixed windows



شکل ۵: مثالی از نمودار Surface رسم شده با نرم‌افزار Ocean Data View [۱]



شکل ۶: مثالی از نمودار Station رسم شده با نرم‌افزار Ocean Data View [۱]



شکل ۷: مثالی از mixed windows رسم شده با نرم‌افزار Ocean Data View [۱]



## ۲-۲ خروجی‌های نرم‌افزار

نقشه و نمودارهای ترسیم شده را می‌توان با فرمت‌های eps, tiff, jpg, png, gif و animation ذخیره نمود. همچنین این نرم‌افزار از نمایش داده‌های اسکالر و برداری توسط نقاط رنگی، مقادیر داده‌های عددی یا فلش پشتیبانی می‌کند. ODV به کاربر این امکان را می‌دهد که مجموعه داده‌های بسیار بزرگی را روی سخت‌افزاری کم‌حجم و قابل حمل، نگهداری و تجزیه و تحلیل کند و هر مجموعه داده‌ی موجود را می‌توان زمانی که داده‌های جدید در دسترس قرار گرفت، گسترش دهد. ODV به گونه‌ای طراحی شده است که برای استفاده آسان باشد و کاربران نیازی به دانستن جزئیات فرمت ذخیره‌سازی داده‌ها و داشتن تجربه برنامه نویسی ندارند. ODV همیشه نقشه ایستگاه‌های موجود را روی صفحه نمایش می‌دهد و با اجازه دادن به کاربر در انتخاب ایستگاه‌ها، نمونه‌ها، بخش‌ها و سطوح هم‌سطح با استفاده از ماوس، پیمایش در داده‌ها را تسهیل می‌کند.

از هر متغیری می‌توان برای تعریف سطوح هم‌سطح، مانند هم‌چگال (ایزوپیکنال)، هم‌دما (ایزوترمال) یا هم‌شوری (ایزوهالین) استفاده کرد. همچنین امکان ایجاد تغییرات مختلف در نمودارهای ترسیم شده، تغییر در اندازه خطوط کنتور، افزودن خطوط کنتور با اندازه‌های متفاوت و تغییر اندازه نمودارها و نقشه‌ها وجود دارد. این نرم‌افزار این امکان را به ما می‌دهد که هم‌زمان از داده‌های چند گشت دریایی نیز استفاده کرد. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان پارامترهایی که داده‌های آن در اختیار کاربر نیست را نیز محاسبه کرد، به عنوان مثال برای محاسبه پارامتر چگالی پتانسیل ( $\sigma_0$ ) نیاز به داده‌های دما و شوری و طول و عرض جغرافیایی است که خود نرم‌افزار با در بر داشتن فرمول‌های پایه اقیانوسی قادر به محاسبه است [۱].

## ۳- نتیجه‌گیری

نرم‌افزارهای مختلفی جهت تجزیه و تحلیل داده‌های دریایی و اقیانوس توسط پژوهشگران استفاده می‌شود. از جمله این نرم‌افزارها، نرم‌افزار ocean data view (odv) است که به دلیل مزایای آن توسط پژوهشگران مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نرم‌افزار در تحلیل علوم دریایی و حوزه‌های مرتبط شامل فیزیک دریا، زیست دریا، شیمی دریا، زمین‌شناسی دریا، محیط زیست دریا، هواشناسی و آبنگاری کاربرد دارد. این نرم‌افزار رایگان بوده و قابلیت پذیرش انواع داده‌های ورودی مهم مانند SeaDataNet, Argo, world ocean atlas و ... را دارد. این نرم‌افزار کاربرپسند بوده و جهت تحلیل نیاز به دانش برنامه‌نویسی نیست و بعضی از پارامترها نیز توسط نرم‌افزار قابل اندازه‌گیری است. خروجی‌های این نرم‌افزار شامل نمودارهایی همچون نمودارهای اسکتر، برش‌های عمودی و افقی (بر حسب زمان یا مکان) یا قطاع، نمودار سطحی یا هم‌سطح، نمودارهای ایستگاهی و همچنین میکس است. با وجود مزایای فراوان این نرم‌افزار، تاکنون پژوهش‌های محدودی توسط پژوهشگران کشور صورت گرفته است که خلأ آموزشی در این خصوص نمایان است. از این رو جهت ارتقاء دانش نرم‌افزاری پژوهشگران علوم دریایی و اقیانوسی، برگزاری کارگاه یا سمینار آموزشی نرم‌افزار odv توسط نهادهای پژوهشی پیشنهاد می‌شود.

## ۴- قدردانی

بدین وسیله از زحمات و تلاش‌های جناب آقای دکتر صمد حمزه‌ئی، عضو محترم هیئت علمی پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی در جهت آموزش و ترویج نرم‌افزار odv کمال تشکر را دارم.

## ۵- منابع

[1] Reiner Schlitzer, (2023). Ocean Data View software. Available from: <https://odv.awi.de>, [Accessed Oct. 25 2023]





[2] Lashkari S, Soyuf Jahromi M, Hamzei S. Seasonal changes of the Persian Gulf water mass in the Gulf of Oman. *Journal of Oceanography* 2023; 14 (53) :103-122  
URL: <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1756-fa.html>

[3] Firdaus, M. L. (2018, August). Physical properties and nutrients distribution of seawater in the Banda Sea-Indonesia. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 184, No. 1, p. 012011). IOP Publishing

[4] Pous, S., Carton, X., Lazure, P. (2004). Hydrology and circulation in the Strait of Hormuz and the Gulf of Oman—Results from the GOGP99 Experiment: 1. Strait of Hormuz. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109(C12).

[5] Pous, S., Carton, X., Lazure, P. (2004). Hydrology and circulation in the Strait of Hormuz and the Gulf of Oman—Results from the GOGP99 Experiment: 2. Gulf of Oman. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 109(C12).

[6] Aboobacker, V., Shanass, P., Al-Ansari, E. M., Sanil Kumar, V., Vethamony, P. (2021). The maxima in northerly wind speeds and wave heights over the Arabian Sea, the Arabian/Persian Gulf and the Red Sea derived from 40 years of ERA5 data. *Climate Dynamics*, 56(3), 1037-1052.

[7] Gourain, A., Planquette, H., Cheize, M., Lemaitre, N., Menzel Barraqueta, J.-L., Shelley, R., Lherminier, P., Sarthou, G. (2019). Inputs and processes affecting the distribution of particulate iron in the North Atlantic along the GEOVIDE (GEOTRACES GA01) section. *Biogeosciences*, 16(7), 1563-1582.

[8] Ye, W., Zhang, G., Zhu, Z., Huang, D., Han, Y., Wang, L., Sun, M. (2016). Methane distribution and sea-to-air flux in the East China Sea during the summer of 2013: impact of hypoxia. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 124, 74-83.

[9] Forsch, K. O., Hahn-Woernle, L., Sherrell, R. M., Rocanova, V. J., Bu, K., Burdige, D., Vernet, M., Barbeau, K. A. (2021). Seasonal dispersal of fjord meltwaters as an important source of iron and manganese to coastal Antarctic phytoplankton. *Biogeosciences*, 18(23), 6349-6375.

[10] Bao, R., Blattmann, T. M., McIntyre, C., Zhao, M., Eglinton, T. I. (2019). Relationships between grain size and organic carbon 14C heterogeneity in continental margin sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, 505, 76-85.

[۱۱] مرادی، مهدی و باباگلی متی کلایی، جواد و علی اکبری بیدختی، عباسعلی، ۱۳۹۶. امکان سنجی استفاده از هالوفیل ها برای زیست پالایی آلودگی های نفتی آبهای خلیج فارس با کمک داده های اقیانوس شناسی، اولین همایش بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و HSE، همدان. <https://civilica.com/doc/678972>

[12] Hamzehei, S. (2012). Field study and numerical simulation of developing red tide in the northern Strait of Hormuz (Doctoral dissertation, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Marine Physics).