

## Seasonal changes of physical properties along the length of Iranian Persian Gulf Waters

Payandehi, Y.<sup>1</sup>  | Soyuf Jahromi, M.<sup>2</sup>  | Hamzei, S.<sup>3</sup> 

1. Master Science candidate of physical oceanography, Department of Nonliving Resources of Atmosphere and Ocean, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2. Associate Professor of physical oceanography, Department of Nonliving Resources of Atmosphere and Ocean, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
3. Assistant Professor of physical oceanography, Department of Physical Oceanography, National Research Institute of Oceanography and Atmospheric Sciences, Tehran, Iran.

**Corresponding Author E-mail:** [soyufjahromi@hormozgan.ac.ir](mailto:soyufjahromi@hormozgan.ac.ir)

(Received: 28 Dec 2024, Accepted: 02 Feb 2025, Published online: 02 Feb 2025)

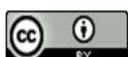
### Abstract

The Persian Gulf water basin is a semi-enclosed basin with little water exchange, and one of the saltiest water in the world is formed in this basin. In this study, temperature, salinity, and density along the length of the Persian Gulf in Iranian waters were investigated. For this purpose, a total of 39 stations from the measured field data of the Persian Gulf by CTD instruments in spring 2019 (14 stations, May 2019), summer 2021 (12 stations, September 2021), and winter 2022 (13 stations, January 2022) in three similar longitudinal sections were used to analyze temperature, salinity, and density. Ocean Data View (ODV) software was used to analyze the data. The average temperature results show that summer (29.64 °C) is warmer and winter (22.73 °C) and spring (22.62 °C) are colder. The average potential density also shows that spring (27.67 kg m<sup>-3</sup>) and winter (27.58 kg m<sup>-3</sup>) are denser than summer (25.39 kg m<sup>-3</sup>) due to the increased temperature in summer. The average salinity in the cold season (winter, 39.71 psu) and warm season (summer, 39.81 psu) has a seasonal difference of about 0.10 psu. The maximum salinity is related to summer, spring, and winter (42.38 psu, 41.84 psu, 41.61 psu), respectively, and the minimum salinity (21.43 psu) occurs in spring. This difference between the maximum and minimum (more than 20 psu) is very large for salinity and indicates changes in the water mass in the Iranian waters of the Persian Gulf. Three water masses were well observed in cross-sectional diagrams and temperature-salinity diagrams in the region. These water masses included the Persian Gulf Water (PGW) in the deep part, the Indian Ocean Surface Water (IOSW) in the surface part of the Iranian waters of the Persian Gulf, and the Arvand River Water (AW) only in the northwest of the Persian Gulf, in the spring. In the spring, AW has large salinity variations and in the winter it is a very saline water. IOSW and PGW exist in all three seasons, with the difference that PGW is warmer water than IOSW in winter. In addition, very high salinity was detected in the Persian Gulf Trench, which was in agreement with other studies related to the Persian Gulf Trench.

**Keywords:** Persian Gulf, water mass, temperature, salinity, Persian Gulf Explorer

**Cite this article:** Payandehi, Y., Soyuf Jahromi, M. and Hamzei, S. (2025). Seasonal changes of physical properties along the length of Iranian Persian Gulf Waters. *Journal of the Nivar*, 49(130-131), 01-20. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2025.496197.1316>

**E-mail:** (1) [yasaman99payandehi@gmail.com](mailto:yasaman99payandehi@gmail.com) (3) [s\\_hamzei@inio.ac.ir](mailto:s_hamzei@inio.ac.ir)



## تغییرات فصلی خواص فیزیکی در طول آب‌های ایرانی خلیج فارس

یاسمن پاندهی<sup>۱</sup> | مریم سیوف جهرمی<sup>۲</sup> | صمد حمزه ئی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک دریا، گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۲. دانشیار فیزیک دریا، گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۳. استادیار فیزیک دریا، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران.

رایانامه نویسنده مسئول: [souyufjahromi@hormozgan.ac.ir](mailto:souyufjahromi@hormozgan.ac.ir)

(دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۸، پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴، انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴)

### چکیده

حوضه آبی خلیج فارس به عنوان حوضه‌ای نیم بسته با تبادل آب اندک است و یکی از شورترین آب‌های جهان در این حوضه شکل می‌گیرد. در این مطالعه دما، شوری و چگالی مربوط به مقطع طول خلیج فارس در آب‌های ایرانی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور، جمعا ۳۹ ایستگاه از داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده‌ی CTD کاوشگر خلیج فارس در بهار ۱۳۹۸ (۱۴ ایستگاه، می ۲۰۱۹)، تابستان ۱۴۰۰ (۱۲ ایستگاه، سپتامبر ۲۰۲۱) و زمستان ۱۴۰۰ (۱۳ ایستگاه، ژانویه ۲۰۲۲) در سه مقطع طولی مشابه به منظور تحلیل دما، شوری و چگالی استفاده شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار اقیانوسی (ODV (Ocean Data View استفاده شد. نتایج میانگین دما نشان می‌دهد که تابستان ( $29/64^{\circ}\text{C}$ ) گرمتر و زمستان ( $22/73^{\circ}\text{C}$ ) و بهار ( $22/62^{\circ}\text{C}$ ) سردتر می‌باشد. میانگین چگالی پتانسیل نیز نشان می‌دهد که فصل بهار ( $27/67\text{kgm}^{-3}$ ) و زمستان ( $27/58\text{kgm}^{-3}$ ) چگال‌تر از فصل تابستان ( $25/39\text{kgm}^{-3}$ ) به دلیل افزایش دمای موجود در فصل تابستان است. میانگین شوری در فصل سرد (زمستان،  $39/71\text{psu}$ ) و گرم (تابستان،  $39/81\text{psu}$ ) حدود  $0/10\text{psu}$  اختلاف فصلی دارد. بیشینه شوری به ترتیب مربوط به تابستان، بهار و زمستان ( $42/38\text{psu}$ ،  $41/84\text{psu}$ ،  $41/61\text{psu}$ ) است و کمینه شوری ( $21/43\text{psu}$ ) در بهار اتفاق می‌افتد. این میزان اختلاف بین بیشینه و کمینه (بیش از  $20\text{psu}$ ) برای شوری بسیار زیاد است و حکایت از تغییرات توده آب در آب‌های ایرانی خلیج فارس دارد. سه توده آب به خوبی در نمودارهای مقطع عرضی و نمودارهای دما-شوری در منطقه مشاهده شد. این توده‌های آب شامل توده آب خلیج فارس (PGW) در بخش عمقی، توده آب سطحی اقیانوس هند (IOSW) در بخش سطحی آب‌های ایرانی خلیج فارس و توده آب اروند (AW) رود تنها در شمال غربی خلیج فارس آن هم در فصل بهار بودند. در بهار AW، تغییرات شوری زیادی دارد و در زمستان به عنوان آب بسیار شور است. PGW و IOSW در هر سه فصل وجود دارد. با این تفاوت که PGW در زمستان آب گرمتری نسبت به IOSW می‌باشد. به علاوه، شوری بسیار زیادی در گودال خلیج فارس تشخیص داده شد که در توافق با سایر مطالعات مربوط به گودال خلیج فارس بود.

**کلیدواژه‌ها:** خلیج فارس، توده آب، دما، شوری، کاوشگر خلیج فارس

### ۱. مقدمه

نیست. دما و شوری نقش بسیار مهمی در تغییرات چگالی و در نتیجه، به وجود آمدن جریان‌ها در دریاها و اقیانوس‌ها دارند. همچنین شوری باعث تغییرات زیست بوم

دریاوردی، ماهی‌گیری و سایر فعالیت‌های نظامی و غیرنظامی در دریا بدون شناخت حرکات آب دریا و فیزیک دریا ممکن

**استناد:** پاندهی، یاسمن؛ سیوف جهرمی، مریم و حمزه ئی، صمد. (۱۴۰۳). تغییرات فصلی خواص فیزیکی در طول آب‌های ایرانی خلیج فارس. (۱۴۰۳). مجله نیوار،

DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2025.496197.1316> ۱-۲۰. (۱۳۰-۱۳۱) ۴۹

رایانامه: (۱) [yasaman99payandehi@gmail.com](mailto:yasaman99payandehi@gmail.com) (۳) [s\\_hamzei@inio.ac.ir](mailto:s_hamzei@inio.ac.ir)



دارند (امری و مینک، ۱۹۸۶). به طور مثال توده‌ی آب خلیج فارس (Persian Gulf Water) به اختصار PGW و توده‌ی آب سطحی اقیانوس هند (Indian Ocean Surface Water) با علامت اختصار IOSW نامیده می‌شوند. دریای سرخ و خلیج فارس، از قدیم به عنوان دو منشأ شکل‌گیری توده آب‌شور در اقیانوس‌ها شناخته شده‌اند (راجفورد، ۱۹۶۴). به منظور شناسایی توده‌های آب، از ردیاب‌ها، موقعیت قرارگیری توده آب نسبت به اقیانوس جهانی، همچنین موقعیت قائم توده استفاده می‌شود.

نیاز به شناخت خصوصیات فیزیکی آب، مستلزم نمونه‌برداری در نواحی مختلف است. پوز و همکاران (۲۰۰۴ a) ویژگی‌های فیزیکی آب، نیم‌رخ جریان، نوسانات تراز آب و همچنین ویژگی‌های جریان سطحی (اکتبر و اوایل نوامبر سال ۱۹۹۹) در شرق (ورودی) تنگه‌ی هرمز را اندازه‌گیری کردند. با استفاده از تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده، آب خروجی از خلیج فارس و ورودی به خلیج فارس و همچنین توده‌های مختلف آب مورد بررسی قرار گرفت. آب ورودی به خلیج فارس از قسمت ایرانی تنگه‌هرمز وارد و آب چگال خلیج فارس از قسمت جنوبی و لایه‌ی عمقی تنگه‌ی هرمز خارج می‌شود. عزیزپور و همکاران (۲۰۱۴) در منطقه تنگه‌هرمز با استفاده از مشاهدات عمق دما و هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه CTD (Conductivity Temperature Depth) مربوط به کشتی دریایی PG\_GOOS (Persian Gulf and Gulf of Oman Oceanographic Study) در بازه زمانی پاییز ۲۰۱۲ تا اواخر تابستان ۲۰۱۳ به بررسی توزیع مکانی و زمانی دما، شوری و چگالی پرداختند. نتایج آن مطالعه نشان داد که در تابستان ستون آب در ایستگاه‌های عمیق به شدت لایه‌بندی شده و در ایستگاه‌های کم‌عمق ستون آب نسبتاً خوب مختلط وجود داشت. همچنین با رسم نمودارهای دما-شوری در بخش عمیق تنگه‌هرمز دو توده آب یعنی IOSW به خلیج فارس و آب متراکم خروجی PGW را نشان دادند. به علاوه، تغییرات فصلی دما-شوری در نمودارهای اسکتر نیز معلوم گردید. محمدپور و همکاران (۱۴۰۱، الف) با استفاده

(Ecosystem) نیز می‌شود. به طوری که ماهیانی که در آب شور زندگی می‌کنند، از نظر ظاهری با ماهیان آب شیرین متفاوتند. دما به واسطه تأثیر روی واکنش‌های شیمیایی و زیست‌شیمیایی ارگانسیم‌های آبی اهمیت ویژه‌ای دارد. موجودات زنده در داخل آب حساسیت‌های مختلفی نسبت به دما دارند. به طوری که با تغییرات دما حیات آن‌ها مختل شده و حتی منجر به نابود شدن آنان می‌شود. بنابراین، شناخت هر یک از عوامل فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شیمیایی از اساسی‌ترین مولفه‌هایی است که امکان بهره‌برداری بهینه از این زیست بوم را فراهم می‌کند (فرخی مقدم و همکاران، ۱۴۰۰). استفاده از داده‌های اندازه‌گیری میدانی یکی از روش‌های دقیقی است که می‌تواند شناخت منطقه را بهبود بخشد، که در مقایسه با مدل‌های عددی، ریاضی و تصاویر ماهواره‌ای از دقت مناسب‌تری برخوردار است. به علاوه، با اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی آب، اطلاعات پایه و بنیادی برای استفاده در مدل‌ها جهت تعیین خصوصیات هیدرودینامیکی آب، نظیر جریان و گردش آب خلیج فارس نیز فراهم می‌شود.

دما و شوری آب دریا از مؤلفه‌های اساسی تأثیرگذار بر توده‌های آب است، که شاخص مناسبی از تغییرات آب‌وهوایی نیز به حساب می‌آیند. دما یکی از اصلی‌ترین مؤلفه‌ها در داده‌های تاریخی است که ساختار فیزیکی دریا را توصیف می‌کند به همین دلیل الگوهای زمانی-مکانی دما در دریاها همیشه مورد توجه قرار دارند (پوینت کویسکی و چیفینگ، ۲۰۱۴).

توده‌های آب، به طور معمول، به آب‌های عمیق، آب‌های میانی و آب‌های فوقانی تقسیم شده‌اند. اگرچه گستره‌ی آب‌های فوقانی پهناورتر می‌باشد، اما حجم کمتری از آب‌های اقیانوس را اشغال می‌کند. عکس این مسئله در مورد آب‌های عمیق، که دارای گستره‌ی نسبتاً محدودی هستند، اما قسمت قابل توجهی از اقیانوس را اشغال می‌کنند نیز صادق است. این دسته از توده‌های آب، کمترین میزان پخش و بیشترین طول عمر را دارند (امری، ۲۰۰۱). توده‌های آب با توجه به نام حوضه‌ای که شکل می‌گیرند، نام‌های مختلف و محدوده‌های مختلفی

دارد. نتایج آن مطالعه نشان داد که موقعیت و میزان نفوذ این توده‌های آب تغییرات فصلی دارد. همان‌طور که دیده می‌شود اخیراً مطالعات خوبی در خصوص PGW هنگام خروج از تنگه هرمز وجود دارد که به تغییرات فصلی و نوع پایداری آن اذعان شده است. اما متأسفانه مطالعات چشمگیری در خصوص PGW و یا IOSW در خود خلیج فارس دیده نمی‌شود. لذا این مطالعه به بررسی تغییرات فصلی خلیج فارس در آب‌های ایرانی می‌پردازد تا با دسته بندی نتایج، توده‌های آب موجود و مشخص در خلیج فارس در محل شکل‌گیری با خواص و ویژگی‌های منحصر به فرد خود شناسایی شود.

## ۲. روش تحقیق

### ۲-۱. منطقه مورد مطالعه

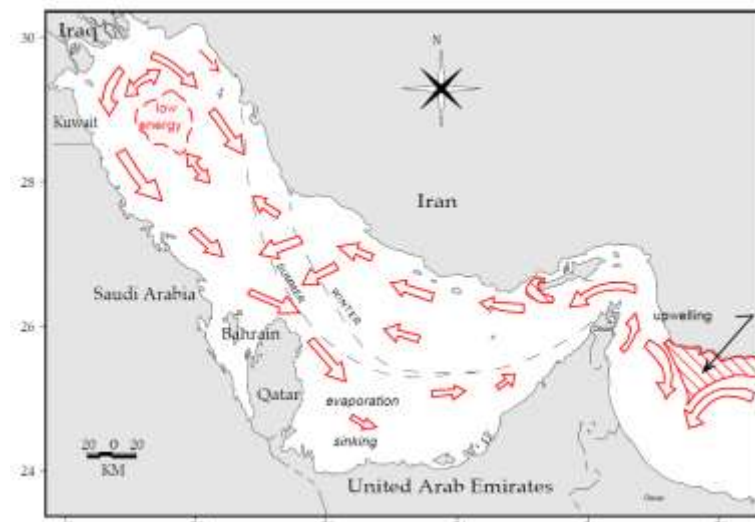
خلیج فارس به طور تقریبی در ۲۴ تا ۳۰ درجه شمالی و ۴۸ تا ۵۶ درجه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. خلیج فارس به‌عنوان امتدادی از اقیانوس هند، به‌صورت دریایی نیمه‌بسته است که از طریق تنگه هرمز به دریای عمان، دریای عرب و اقیانوس هند متصل می‌شود. خلیج فارس طولی حدود ۹۹۰ کیلومتر، عرض حداکثری حدود ۳۳۰ کیلومتر، عمق متوسط ۳۶ متر و مساحت و حجمی به ترتیب حدود ۲۳۹۰۰۰ کیلومتر مربع و ۸۶۳۰ کیلومتر مکعب دارد (رینولدز، ۱۹۹۳). کم عمقی در خلیج فارس و نرخ بالای تبخیر و محدودیت تبادل آب در تنگه هرمز باعث بوجود آمدن جریان ترموهالاینی و توده آب‌های شور در جنوب خلیج فارس می‌شود. تبادل آب در تنگه هرمز همانند یک مصب وارونه با آب‌های سطحی اقیانوس هند است. دمای آب خلیج فارس بین ۳۲°C تا ۳۴°C در تابستان و بین ۱۸°C تا ۲۰°C در زمستان متغیر است (پوز و همکاران، ۲۰۰۴a). شوری آب خلیج فارس در زمستان و تابستان به ترتیب ۳۸ psu و ۳۶/۵ psu است (جونز و همکاران، ۲۰۰۳). میانگین شوری حوضه در فصل گرم ۳۵/۳۰ psu و در فصل سرد به حدود ۳۴/۹۵ psu می‌رسد (رامک و همکاران، ۱۴۰۰). بیشینه شوری توده‌ی آب خلیج فارس در بیش‌تر مناطق خلیج، بین ۴۰

از داده‌های اندازه‌گیری شده‌ی گشت راپمی زمستان ۲۰۰۶، نشان دادند که بیشینه‌ی بسامد شناوری با حرکت از شمال به جنوب تنگه روند افزایشی و کمینه‌ی آن روند کاهش را طی کرده، به عبارتی پایدارترین و ناپایدارترین لایه‌ها در مقطع جنوبی تنگه هرمز که محل خروج توده آب خلیج فارس است، مشاهده می‌شود. در آب‌های شمالی تا عمق ۵۳ متر و در آب‌های میانی و جنوبی تا آخرین عمق اندازه‌گیری شده ناپایداری وجود دارد. نتایج آن مطالعه نشان داد که در شرق تنگه هرمز (دما بین ۱۷/۵۶°C الی ۲۰/۲۵°C و شوری بین ۳۸/۴۸ psu الی ۴۳/۹۳ psu)، در آب‌های شمالی و میانی (تا آخرین عمق اندازه‌گیری) و در آب‌های جنوبی (تا عمق ۱۲۰ متر) جایی که توده آب IOSW جاری است، رژیم انگشتی برقرار است و در زیر آن تا آخرین عمق اندازه‌گیری که توده آب PGW جاری است، رژیم پخشی سهم بیشتری در ایجاد همرفت پخش دوگانه دارد.

لشکری (۱۴۰۱) که به ردیابی PGW، در سه منطقه‌ی خلیج فارس، تنگه هرمز و خلیج عمان طی چهار فصل با داده‌های WOA2018 پرداخت، بیان نمود که PGW در خلیج فارس از عمق ۳۰ متری در حال شکل‌گیری بوده که بیشینه شوری (که به بیش از ۴۰ psu می‌رسد) در شمال غربی و سواحل جنوبی (در مجاورت بوشهر و بندر گناوه از سواحل ایرانی و در مجاورت کویت، سفانیه و عربستان) مشاهده شده است و تغییرات فصلی دارد. PGW، در تنگه هرمز به صورت یک جریان آب شور در عمق میانی (۳۰ متری) تا آب‌های عمیق (۶۰ و ۸۰ متری) مشاهده شد که مجدد تغییرات فصلی داشت. همچنین لشکری و همکاران (۱۴۰۲) در خلیج عمان نشان دادند که PGW تغییرات فصلی دارد و در فصول پاییز و زمستان عمیق‌تر از فصول بهار و تابستان است. همچنین وجود PGW در شمال، میانه و جنوب خلیج عمان اثبات نمودند و PGW محدود به جنوب خلیج عمان نیست. در عمق میانی خلیج عمان توده‌های آب خلیج فارس (PGW) و توده آب مرکزی اقیانوس هند (Indian Ocean Central Water) با علامت اختصار IOCW مشاهده گردید، که PGW به سبب شورتر و چگال‌تر بودن زیر IOCW قرار

و همکاران، (۲۰۲۳) نشان دادند که آب‌های شور خلیج فارس با شوری ۳۸/۰۰ psu، تا دهانه تنگه هرمز می‌تواند در لایه‌های سطحی وجود داشته باشد و از دهانه خلیج فارس به سمت دریای عمان دیگر در لایه‌های سطحی دیده نشود. در لایه‌های میانی دریای عمان آب‌هایی با مشخصات توده آب خلیج فارس (۳۸/۰۰ psu) وجود دارد که می‌توان نتیجه گرفت که آب‌های سطحی که در غرب تنگه هرمز وجود داشته است از آنجا به بعد به لایه‌های زیرین یا میانی انتقال یافته و به سمت دریای عمان سرازیر شده‌اند (رامک و همکاران، ۲۰۲۳). آب خروجی از تنگه هرمز تغییرات فصلی دارد (بهزادی و همکاران، ۱۴۰۳). توده‌ی آب خلیج فارس در تابستان از طریق جنوب تنگه هرمز به صورت جریان زیر سطحی خارج می‌شود و در فصل زمستان این توده آب به عمق‌های بیشتر نفوذ می‌کند و از تنگه هرمز دورتر می‌شود، در نتیجه توده‌ی آب خلیج فارس از طریق ناحیه‌ی جنوبی تنگه هرمز به صورت جریان زیر سطحی خارج می‌شود (لشکری، ۱۴۰۱؛ لشکری و همکاران، ۱۴۰۲؛ رامک و همکاران، ۱۴۰۱ و ۲۰۲۳).

الی ۴۰/۵ psu گزارش شده است (برور و دیرسن، ۱۹۸۵؛ چائو و همکاران، ۱۹۹۲؛ پابندهی و همکاران، ۱۴۰۲). میزان شوری به شدت تحت تأثیر دمای هوا و میزان تبخیر است. رطوبت و بارندگی و آب ورودی از رودخانه‌ها اثر ناچیزی بر شوری خلیج فارس دارد، بنابراین تنها عامل برای کاهش شوری می‌تواند از طریق آب‌های ورودی از اقیانوس هند باشد (سویفت و باور، ۲۰۰۳). به دلیل قرارگرفتن خلیج فارس در محدوده کم‌بارش و تبخیر زیاد، شوری و چگالی آب خلیج فارس زیاد است. تنگه هرمز محل تبادل آب چگال خلیج فارس و آب کم چگال اقیانوس هند است که باعث گردش آب در خلیج فارس می‌شود (دورغم و مفتاح، ۱۹۸۹). گردش در نیمه مرکزی خلیج فارس یک رفتار فصلی دارد (شکل ۱) 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 (شکل ۱) قوی‌تر می‌شود و از سواحل ایرانی جلوتر می‌رود و به ساحل امارات متحده عربی نزدیک‌تر می‌شود، این امر سبب پیدایش یک جبهه آب شور در خلیج فارس می‌شود (کامپف و صدیری‌نسب، ۲۰۰۵). رامک



شکل ۱. طرحی شماتیک از گردش در خلیج فارس و تغییرات فصلی آن (رینولدر، ۱۹۹۳).

## ۲-۲. داده‌های مورد استفاده

تابستان ۱۴۰۰ (سپتامبر ۲۰۲۱) و زمستان ۱۴۰۰ (ژانویه ۲۰۲۲) به منظور تحلیل دما، شوری و چگالی استفاده شده است (جدول ۱). طبق جدول ۱، جمعاً ۳۹ ایستگاه (۱۴ ایستگاه

در این پژوهش از داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده دستگاه CTD کاوشگر خلیج فارس در بهار ۱۳۹۸ (می ۲۰۱۹)،

نرم افزار ODV این قابلیت را دارد که داده‌ها با پسوند‌های مختلفی مانند پسوند txt و odv پردازش کند. ODV در مطالعات علمی به روز دنیا و علوم مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است به طور مثال در علم فیزیک دریا (کوتانون، ۲۰۲۰؛ ابوبکر و همکاران، ۲۰۲۱؛ لشکری، ۱۴۰۱؛ لشکری و همکاران، ۱۴۰۲؛ محمدپور و همکاران، ۱۴۰۱، ۱۴۰۳ الف و ب)، شیمی دریا (گوریان و همکاران، ۲۰۱۹)، و زیست‌دریا (فورچ و همکاران، ۲۰۲۱) از این نرم‌افزار استفاده شده است. ابتدا داده‌های بهار، تابستان و زمستان در محیط نرم‌افزاری اکسل فیلتر و رفع خطا شدند. به منظور رفع خطا، داده‌ها با مطالعات قبلی خلیج فارس تطبیق داده شد و داده‌های خطا حذف گردید. سپس داده‌ها در یک مقطع طولی و سه فصل مختلف تقسیم گردید. مقطع‌های طولی از نزدیکی اروندرود تا محدوده تنگه‌هرمز در منطقه مورد مطالعه و در نزدیکی سواحل ایرانی رسم گردید (شکل ۲). سپس نمودارهای برش قائم مربوط به پارامتر دما، شوری و چگالی با نرم افزار ODV رسم شد و مورد تحلیل قرار گرفتند.

فصل بهار، ۱۲ ایستگاه مربوط به فصل تابستان و ۱۳ ایستگاه مربوط به فصل زمستان) در سه مقطع طولی مشابه از این گشت انتخاب شد که موقعیت آن‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که جدول نیز نشان می‌دهد موقعیت‌ها مشابه هستند و حداکثر عمق اندازه‌گیری و جزئیات روز و ساعت اندازه‌گیری در جدول قید شده است (جدول ۱). داده‌ها به صورت متنی (txt) بودند. همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد، در هر سه فصل نقاط بسیار نزدیک به همدیگر و یا در یک راستای نسبی هستند. این ویژگی می‌تواند در تجزیه و تحلیل و مقایسه کمیت‌های دما، شوری و چگالی پتانسیل در محدوده مقطع طولی از سواحل ایرانی از قسمت شمالی خلیج فارس تا نزدیکی تنگه‌هرمز مناسب باشد.

### ۳-۲. روش کار

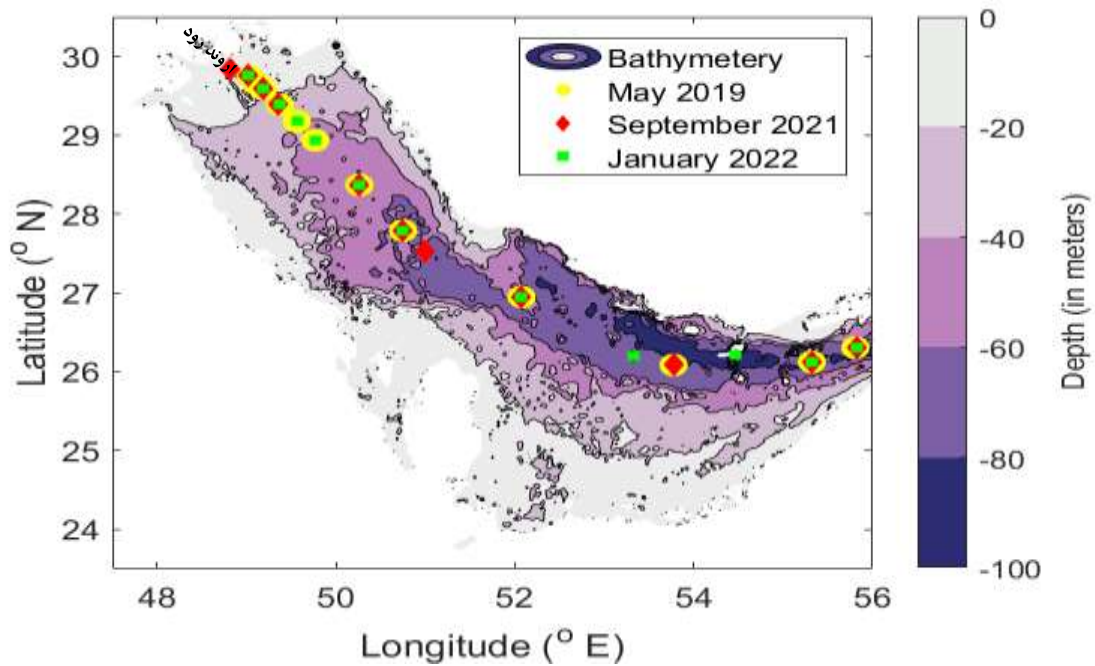
به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار ( Ocean Data View) با علامت اختصار ODV استفاده شده است. نرم‌افزار ODV نرم‌افزاری پرکاربرد، برای افرادی که تحقیقات دریایی و حتی هواشناسی انجام می‌دهند، می‌باشد. همچنین

جدول ۱. ایستگاه‌های اندازه‌گیری در می ۲۰۱۹ واقع در آب‌های ایرانی خلیج فارس

فصل	ایستگاه	موقعیت جغرافیایی		آخرین عمق (m)	تاریخ (روز/ماه/سال) و ساعت (ثانیه:دقیقه:ساعت)		
		عرض (°N)	طول (°E)		شمسی	میلادی	
بهار (می ۲۰۱۹)	۱	۲۹/۷۶۶	۴۹/۰۲۲	۱۱	۱۳۹۸/۲/۱۳	۲۰۱۹/۵/۳	۰۸:۳۸:۲۱
	۲	۲۹/۷۳۸	۴۹/۰۴۶	۱۶	۱۳۹۸/۲/۱۳	۲۰۱۹/۵/۳	۰۹:۵۴:۱۲
	۳	۲۹/۶۵۷	۴۹/۱۰۶	۲۳	۱۳۹۸/۲/۱۳	۲۰۱۹/۵/۳	۱۰:۳۹:۴۰
	۴	۲۹/۵۹	۴۹/۱۸۳	۲۲	۱۳۹۸/۲/۱۳	۲۰۱۹/۵/۳	۳۱:۱۱:۵۴
	۵	۲۹/۳۸۵	۴۹/۳۷۴	۳۸	۱۳۹۸/۲/۱۳	۲۰۱۹/۵/۳	۱۳:۴۲:۰۳
	۶	۲۹/۱۷۲	۴۹/۵۶۳	۴۲	۱۳۹۸/۲/۱۳	۲۰۱۹/۵/۳	۱۶:۰۵:۴۴
	۷	۲۸/۹۳۵	۴۹/۷۶۹	۴۸	۱۳۹۸/۲/۱۳	۲۰۱۹/۵/۳	۲۰:۵۵:۴۸
	۸	۲۸/۳۶۷	۵۰/۲۶۱	۶۱	۱۳۹۸/۲/۱۴	۲۰۱۹/۵/۴	۳۱:۰۶:۳۵
	۹	۲۷/۷۸۸	۵۰/۷۵۱	۶۸	۱۳۹۸/۲/۱۴	۲۰۱۹/۵/۴	۱۶:۰۹:۴۱
	۱۰	۲۶/۹۴۷	۵۲/۰۷۵	۵۵	۱۳۹۸/۲/۱۵	۲۰۱۹/۵/۵	۱۰:۲۵:۵۳
	۱۱	۲۶/۰۸۴	۵۳/۷۷۵	۷۹	۱۳۹۸/۲/۱۸	۲۰۱۹/۵/۸	۱۲:۵۶:۵۷
	۱۲	۲۶/۱۲۲	۵۵/۳۲۱	۱۷۴	۱۳۹۸/۲/۱۹	۲۰۱۹/۵/۹	۰۸:۳۷:۳۹
	۱۳	۲۶/۳۰۵	۵۵/۸۰۷	۸۲	۱۳۹۸/۲/۱۹	۲۰۱۹/۵/۹	۱۴:۴۹:۵۰
	۱۴	۲۶/۷۰۳	۵۶/۴۷۷	۶۷	۱۳۹۸/۲/۱۹	۲۰۱۹/۵/۹	۲۰:۱۵:۱۹
تابستان (سپتامبر ۲۰۲۱)	۱۵	۲۹/۸۳۳	۴۸/۸۰۹	۱۱	۱۴۰۰/۶/۱۹	۲۰۲۱/۱۰/۸	۱۴:۰۳:۲۵
	۱۶	۲۹/۷۶۵	۴۹/۰۲۳	۱۱	۱۴۰۰/۶/۱۹	۲۰۲۱/۱۰/۸	۱۸:۴۶:۴۳
	۱۷	۲۹/۵۸۹	۴۹/۱۸۴	۱۷	۱۴۰۰/۶/۱۹	۲۰۲۱/۱۰/۸	۲۲:۲۱:۱۷

۰۱:۴۶:۳۰	۲۰۲۱/۱۰/۰۹	۱۴۰۰/۰۶/۲۰	۳۸	۲۹/۳۸۵	۴۹/۳۷۵	۱۸
۱۵:۲۷:۳۴	۲۰۲۱/۱۰/۱۵	۱۴۰۰/۰۶/۲۴	۶۰	۲۸/۳۶۶	۵۰/۲۶۲	۱۹
۵۴:۵۰:۱۱	۲۰۲۱/۱۰/۱۷	۱۴۰۰/۰۶/۲۶	۶۵	۲۷/۷۸۷	۵۰/۷۵۲	۲۰
۱۵:۱۳:۲۵	۲۰۲۱/۱۰/۱۷	۱۴۰۰/۰۶/۲۶	۶۸	۲۷/۵۲۲	۵۰/۹۹۶	۲۱
۰۵:۲۵:۲۱	۲۰۲۱/۱۰/۱۸	۱۴۰۰/۰۶/۲۷	۵۶	۲۶/۹۴۶	۵۲/۰۷۶	۲۲
۱۵:۲۲:۱۹	۲۰۲۱/۱۰/۱۹	۱۴۰۰/۰۶/۲۸	۷۹	۲۶/۰۸۴	۵۳/۷۷۶	۲۳
۰۴:۵۳:۴۷	۲۰۲۱/۱۰/۲۱	۱۴۰۰/۰۶/۳۰	۱۷۴	۲۶/۱۲۱	۵۵/۳۲۲	۲۴
۱۱:۵۵:۴۷	۲۰۲۱/۱۰/۲۱	۱۴۰۰/۰۶/۳۰	۷۷	۲۶/۲۹۷	۵۵/۸۲۶	۲۵
۱۸:۲۳:۵۰	۲۰۲۱/۱۰/۲۱	۱۴۰۰/۰۶/۳۰	۶۷	۲۶/۷۰۲	۵۶/۴۷۷	۲۶
<hr/>						
۲۰:۵۳:۱۴	۲۰۲۲/۱/۱۲	۱۴۰۰/۱۰/۲۲	۱۱	۲۹/۷۶۵	۴۹/۰۲۳	۲۷
۱۸:۵۵:۲۵	۲۰۲۲/۱/۱۲	۱۴۰۰/۱۰/۲۲	۱۹	۲۹/۵۸۹	۴۹/۱۸۴	۲۸
۱۶:۴۲:۰۹	۲۰۲۲/۱/۱۲	۱۴۰۰/۱۰/۲۲	۳۸	۲۹/۳۸۵	۴۹/۳۷۵	۲۹
۱۴:۲۴:۲۳	۲۰۲۲/۱/۱۲	۱۴۰۰/۱۰/۲۲	۴۲	۲۹/۱۷۱	۴۹/۵۶۴	۳۰
۰۸:۴۲:۰۲	۲۰۲۲/۱/۱۲	۱۴۰۰/۱۰/۲۲	۴۸	۲۸/۹۳۴	۴۹/۷۷	۳۱
۰۹:۲۹:۲۷	۲۰۲۲/۱/۱۳	۱۴۰۰/۱۰/۲۳	۶۰	۲۸/۳۶۶	۵۰/۲۶۲	۳۲
۲۰:۵۷:۴۲	۲۰۲۲/۱/۱۳	۱۴۰۰/۱۰/۲۳	۶۵	۲۷/۷۸۷	۵۰/۷۵۲	۳۳
۰۹:۴۵:۲۷	۲۰۲۲/۱/۱۷	۱۴۰۰/۱۰/۲۷	۵۵	۲۶/۹۴۶	۵۲/۰۷۶	۳۴
۲۲:۴۲:۳۸	۲۰۲۲/۱/۱۷	۱۴۰۰/۱۰/۲۷	۵۲	۲۶/۲۰۵	۵۳/۳۱۸	۳۵
۰۱:۱۹:۱۰	۲۰۲۲/۱/۲۴	۱۴۰۰/۱۱/۴	۱۰۱	۲۶/۲۰۹	۵۴/۴۵۹	۳۶
۴۱:۲۰:۰۳	۲۰۲۲/۱/۲۴	۱۴۰۰/۱۱/۴	۱۶۸	۲۶/۱۲۱	۵۵/۳۲۲	۳۷
۰۶:۲۰:۰۸	۲۰۲۲/۱/۲۵	۱۴۰۰/۱۱/۵	۷۷	۲۶/۲۹۷	۵۵/۸۲۶	۳۸
۰۴:۲۰:۱۱	۲۰۲۲/۱/۲۵	۱۴۰۰/۱۱/۵	۶۶	۲۶/۷۰۲	۵۶/۴۷۷	۳۹

زمستان (ژانویه ۲۰۲۲)



شکل ۲. موقعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری در بهار (می ۲۰۱۹ با علامت دایره)، تابستان (سپتامبر ۲۰۲۱ با علامت لوزی)، زمستان (ژانویه ۲۰۲۲ با علامت مربع) واقع در آب‌های ایرانی خلیج فارس

دما ( $34/36^{\circ}\text{C}$ ) در فصل تابستان و در لایه‌های سطحی (عمق یک متری) و کمینه دما ( $17/62^{\circ}\text{C}$ ) در فصل زمستان (عمق ۱۱ متری) رخ می‌دهد. بیشینه دما در فصل بهار ( $27/40^{\circ}\text{C}$ ) و تابستان ( $34/36^{\circ}\text{C}$ ) در سطح و کمینه دما در آب‌های عمیق‌تر (به ترتیب مقدار  $19/58^{\circ}\text{C}$  و  $22/35^{\circ}\text{C}$ ) رخ داده است. اما در فصل زمستان شرایط متفاوت است و بیشینه دما در اعماق ۱۰۰ متری (مقدار  $24/70^{\circ}\text{C}$ ) و کمینه دما در عمق ۱۱ متری (مقدار  $17/62^{\circ}\text{C}$ ) دیده شد. میانگین دمایی در زمستان (فصل سرد)  $22/73^{\circ}\text{C}$  و در تابستان (فصل گرم)  $29/64^{\circ}\text{C}$  بود که اختلافی در حدود  $6/91^{\circ}\text{C}$  داشتند. به ترتیب تابستان گرم‌تر و زمستان و بهار سردتر می‌باشد (جدول ۲).

بیشینه شوری فصل تابستان ( $42/38$  psu در عمق ۱۱ متری)، سپس فصل بهار ( $41/84$  psu در عمق ۱ متری) و در نهایت فصل زمستان ( $41/61$  psu در عمق ۱۱ متری) بود اما کمینه شوری در فصل بهار با شوری  $21/43$  psu (عمق ۱ متری) اتفاق می‌افتاد (جدول ۲). این میزان اختلاف شوری بین بیشینه و کمینه (بیش از  $20$  psu) بسیار زیاد بود و حکایت از تغییرات توده آب منطقه دارد. میانگین شوری بین فصل زمستان (فصل سرد)  $39/71$  psu و فصل تابستان (فصل گرم)  $39/81$  psu، حدود  $0/10$  psu اختلاف دارد که مقدار نسبتاً قابل قبولی برای اختلاف فصلی شوری است. چگالی پتانسیل (برحسب  $\text{kg m}^{-3}$ ) برای آب‌های ایرانی خلیج فارس (جدول ۲)، نشان می‌دهد که بیشینه چگالی  $30/42$   $\text{kg m}^{-3}$  (عمق ۱۱ متری) در فصل زمستان بوده و کمینه چگالی در فصل بهار و برابر با  $13/18$   $\text{kg m}^{-3}$  (عمق ۱ متری) بوده است (جدول ۲).

داده‌های چگالی پتانسیل در محیط نرم‌افزار محاسبه شدند اما مقادیر دما و شوری به طور مستقیم از داده‌های میدانی به دست آمد، 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.

جهت ترسیم داده‌ها از نرم‌افزار ODV استفاده گردید. به منظور دسته‌بندی نتایج از مقیاس‌های رنگی یکسان بین هر سه فصل استفاده شد. این مقیاس برای دما هر سه درجه سانتی‌گراد با یک رنگ خاص نشان داده شد. برای شوری هر  $2$  psu با رنگ منحصر بفرد خود، متمایز شد و برای چگالی هر  $3$   $\text{kg m}^{-3}$  برای دسته بندی رنگ شکل‌ها استفاده شد. این انتخاب با توجه به بازه حداقل و حداکثر داده‌ها صورت پذیرفت. از این رو دما، شوری و چگالی هر یک شامل ۵ رنگ متمایز گردیدند که تمایز فصلی نیز امکان‌پذیر می‌گردید.

همچنین به منظور شناسایی بهتر توده‌های آب، نمودارهای دما-شوری (T-S diagram) براساس داده‌های در دسترس ترسیم گردید. به علت نیاز به مقایسه بین داده‌ها، گستره شوری بین  $20$  psu الی  $42$  psu و دما بین  $18^{\circ}\text{C}$  الی  $35^{\circ}\text{C}$  تنظیم گردید. از آنجایی که نمودارهای دما-شوری تغییرات رفتاری دما و شوری را نشان می‌دهد، جهت تعیین رفتار توده آب و چگالی یکنواختی محدوده دما و شوری حائز اهمیت بود.

### ۳. اندازه‌گیری، مشاهده و محاسبه

در جدول ۲، گستره‌ی تغییرات دمایی در آب‌های ایرانی خلیج فارس را نشان می‌دهد. همان‌طور که معلوم است بیشینه

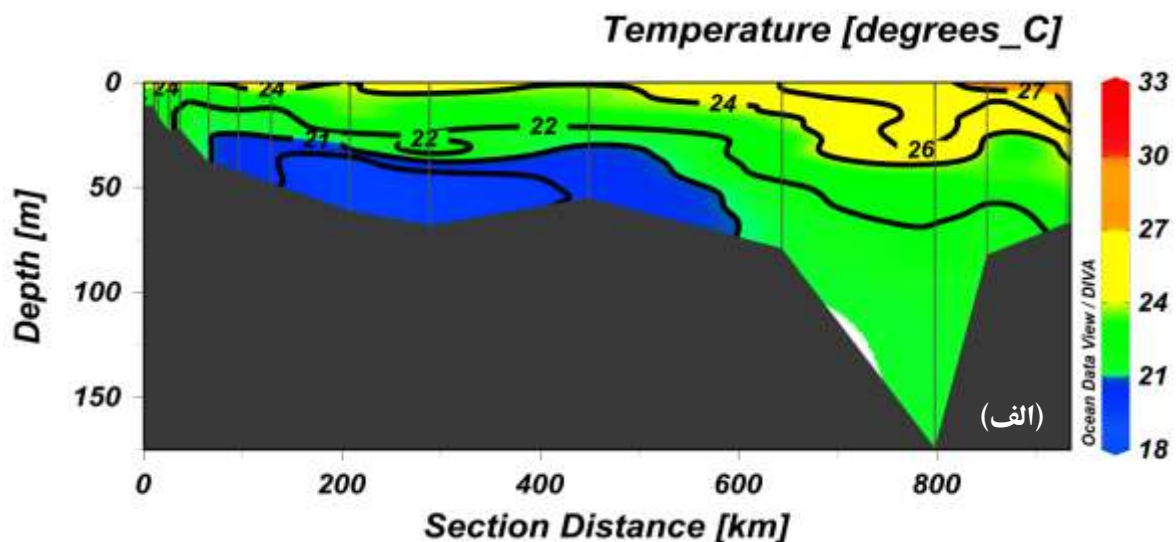
جدول ۲. گستره‌ی تغییرات دما و شوری و چگالی پتانسیل در منطقه مورد مطالعه

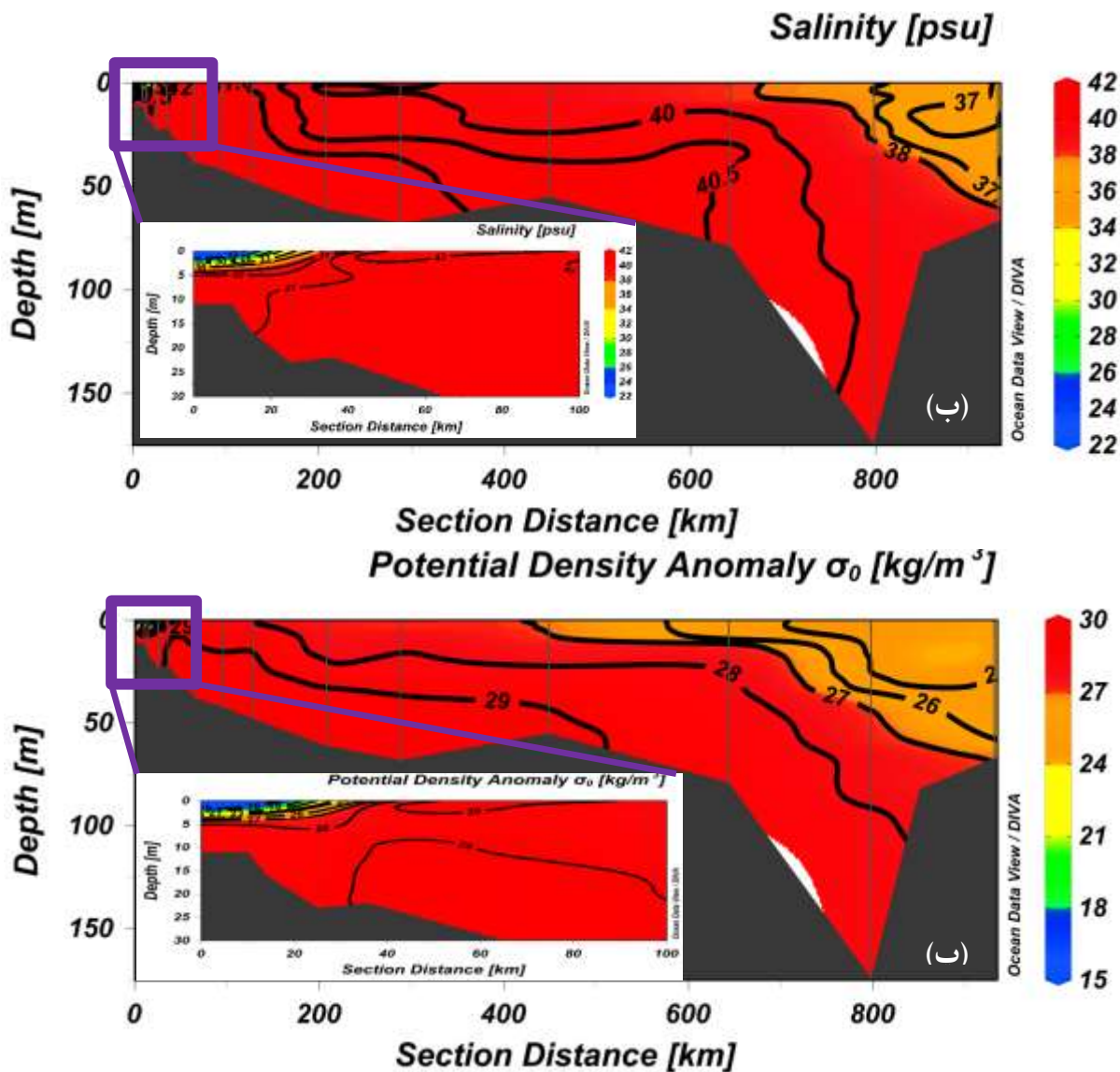
کمیت	مقدار آماری	بهار	تابستان	زمستان	نتیجه
بیشینه	مقدار	۲۷/۴۰	۳۴/۳۶	۲۴/۷۰	تابستان < بهار < زمستان
	عمق مربوطه (m)	۱	۱	۱۰۰	
دما ( $^{\circ}\text{C}$ )	مقدار	۱۹/۵۸	۲۲/۳۵	۱۷/۶۲	تابستان < بهار < زمستان
	عمق مربوطه (m)	۶۱	۷۲	۱۱	
اختلاف دما	مقدار	۷/۸۲	۱۲/۰۱	۷/۰۸	تابستان < بهار < زمستان
		میانگین دما	۲۲/۶۲	۲۹/۶۴	

تابستان < بهار < زمستان	۴۱/۶۱	۴۲/۳۸	۴۱/۸۴	مقدار	بیشینه	
	۱۱	۱۱	۱	عمق مربوطه (m)		
زمستان < تابستان < بهار	۳۷/۱۱	۳۴/۳۹	۲۱/۴۳	مقدار	کمینه	شوری (PSU)
	۱	۱	۱	عمق مربوطه (m)		
بهار < تابستان < زمستان	۴/۵	۷/۹۹	۲۰/۴۱		اختلاف	
تابستان < بهار < زمستان	۳۹/۷۱	۳۹/۸۱	۳۹/۷۵		میانگین	
زمستان < بهار < تابستان	۳۰/۴۲	۲۸/۵۰	۲۹/۵۸	مقدار	بیشینه	
	۱۱	۶۷	۶۱	عمق مربوطه (m)		
زمستان < تابستان < بهار	۲۵/۳۴	۲۰/۱۷	۱۳/۱۸	مقدار	کمینه	چگالی پتانسیل (kg m <sup>-3</sup> )
	۱	۰/۲	۱	عمق مربوطه (m)		
بهار < تابستان < زمستان	۵/۰۸	۸/۳۳	۱۶/۴۰		اختلاف	
بهار < زمستان < تابستان	۲۷/۵۸	۲۵/۳۹	۲۷/۶۷		میانگین	

این منطقه، وجود این میزان شوری در آب‌های این ناحیه قابل مشاهده است (شکل ۳-ب). با این وجود، بیشتر خلیج را توده‌ی آب شوری با شوری بیش از ۳۸ psu در بر گرفته است. در حوالی تنگه‌هرمز آب کم شورتر (۳۷ psu) از سطح وارد می‌شود و تا عمق ۵۰ متری نیز مشاهده می‌شود. در شکل ۳-پ که مربوط به مقطع چگالی پتانسیل در فصل بهار است، دیده می‌شود که توده آب چگال (۲۹ kg m<sup>-3</sup>) حجم زیادی از خلیج فارس را در فصل بهار را در بر گرفته است و چگالی الگویی ترکیبی از شوری و دما دارد.

همانطور که در شکل ۳-الف به وضوح مشخص است در فصل بهار آب سرد با دمای بین ۱۸ °C الی ۲۱ °C در اعماق و نزدیک بستر دیده می‌شود. در نزدیکی تنگه‌هرمز آب ورودی نسبتاً گرمتر (۲۷°C) بوده و با حرکت به سمت غرب خلیج فارس دمای آن کاهش می‌یابد. در شکل ۳-ب، نیز دیده می‌شود که در نزدیکی اروندرود و به‌خاطر ورود آب شیرین به خلیج فارس فقط در لایه‌های سطحی توده آب شیرین با شوری بین ۲۲ psu الی ۳۴ psu وجود دارد که مربوط به چهار ایستگاه نزدیک به هم در سر خلیج است. با بزرگنمایی

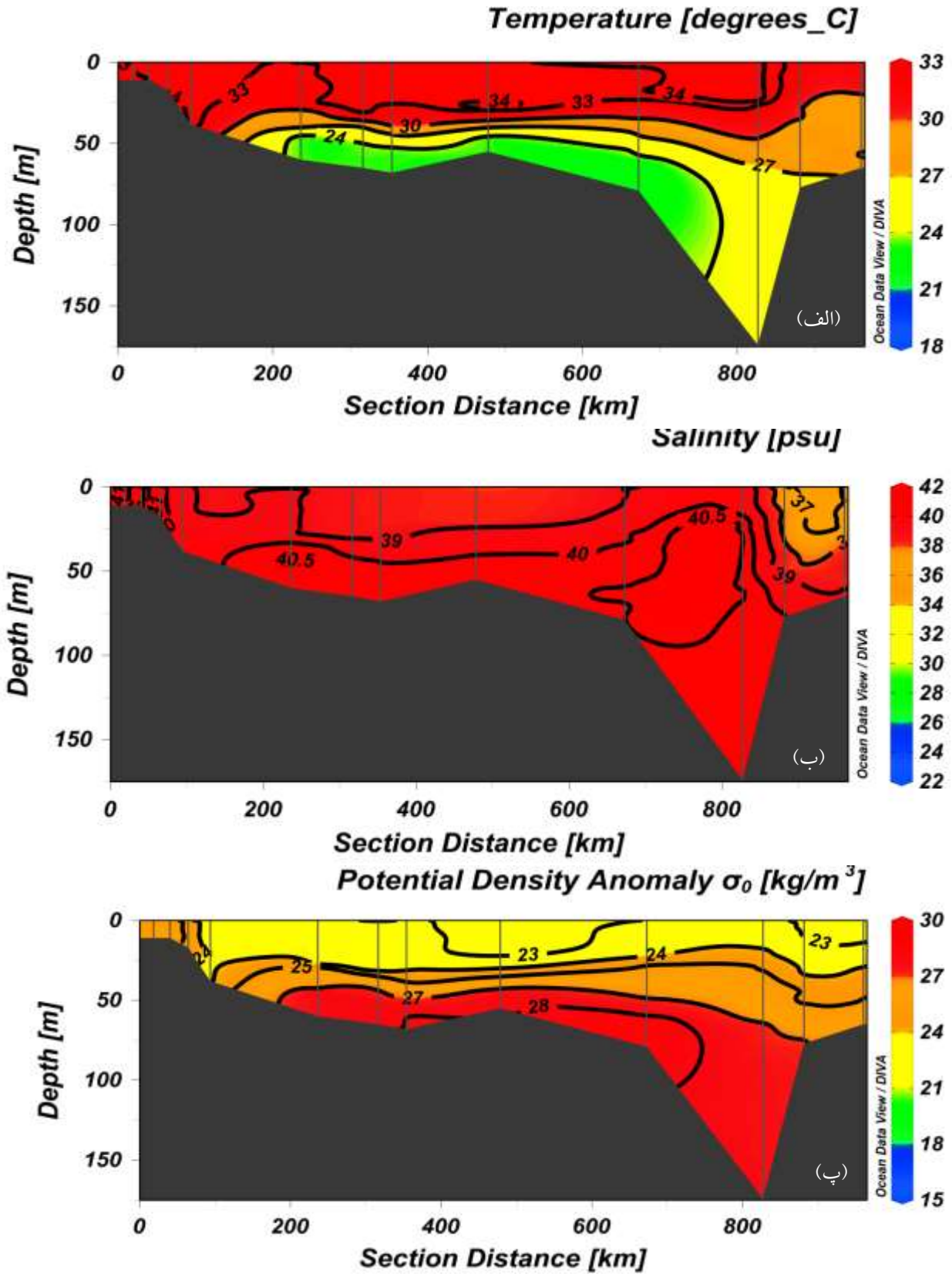




شکل ۳. برش طولی از موقعیت مورد نظر در فصل بهار برای پارامترهای (الف) دما، (ب) شوری و (پ) چگالی پتانسیل

آب بین ۳۰ °C الی ۳۳ °C است. در عمق، آب سردتر (کمتر از ۲۴ °C) است.

شکل ۴-الف، دمای فصل تابستان را نشان می‌دهد. به خوبی دیده می‌شود، که از پنج جزء قسمت رنگی سه درجه‌ای از دما، چهار بخش رنگی در منطقه وجود دارد. در سطح دمای



شکل ۴. برش طولی از موقعیت مورد نظر در فصل تابستان برای پارامترهای (الف) دما، (ب) شوری و (پ) چگالی پتانسیل

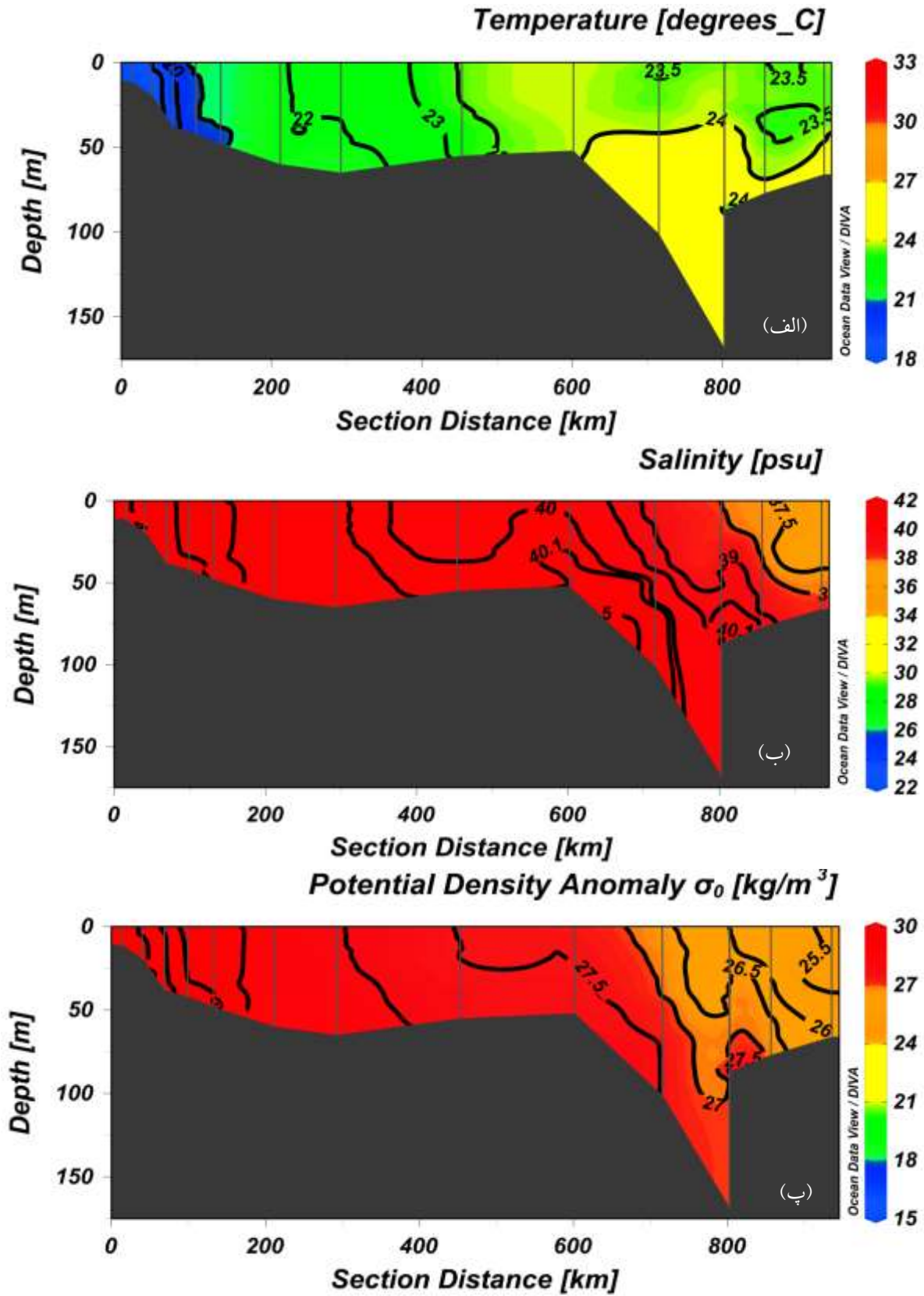
کم شور وجود دارد که مربوط به توده آب اروند رود (Arvandrood Water Mass) یا با نام اختصاری AW می‌باشد. این ناحیه کم شور مختص به چهار ایستگاه اول در محدوده سر خلیج است. در فصل تابستان (شکل ۶-ب) تغییرات دما از سطح به عمق بسیار زیاد بوده ( $22/35^{\circ}\text{C}$  الی  $34/36^{\circ}\text{C}$ ) که در حدود  $12^{\circ}\text{C}$  است. در این فصل (تابستان)، چهار ایستگاه ابتدایی تغییرات متفاوتی دارند. طبق شکل ۶-ب، ایستگاه‌های شماره ۱ و ۲ تغییرات کمی دارد یعنی با افزایش عمق، دما  $0/63^{\circ}\text{C}$  کاهش می‌یابد و شوری  $0/5$  افزایش می‌یابد. نمودار ایستگاه‌های ۳ و ۴ افقی و تغییرات اصلی مربوط به تغییرات شوری است. تغییرات دمایی بسیار ناچیز در حدود  $0/02^{\circ}\text{C}$  و تغییرات شوری بین  $0/47$  psu الی  $1/26$  psu است. در شکل ۶-ب در لایه سطحی (عمق کمتر از ۲۵ متر) توده آب اقیانوس هند (IOSW) دیده شده و به رنگ بنفش بوده و در اعماق (بیش از ۵۰ متر) توده آب خلیج فارس (PGW) با رنگ سبز وجود دارد. نقاط قرمز و زرد رنگ مربوط به اعماق بیش از ۱۲۵ متر است که ایستگاه‌های شماره ۱۲ (فصل بهار ۲۰۱۹)، ۲۴ (فصل تابستان ۲۰۲۱)، ۳۷ (فصل زمستان ۲۰۲۲) در این محدوده واقع شده‌اند.

شکل ۶-پ مربوط به فصل زمستان است. از آن جایی که در فصل زمستان ورودی آب کم شور اروند به دلیل برف و یخ کوه‌های سرچشمه کاهش می‌یابد، توده آب AW (چهار ایستگاه سر خلیج) بسیار شورتر از سایر نواحی هستند که در شکل ۶-ب با جعبه AW به رنگ قرمز نشان داده شده است. در مقایسه فصلی بین بهار (جعبه بزرگ‌نمایی شده شکل ۶-الف) و تابستان (جعبه بزرگ‌نمایی شده شکل ۶-ب) در محدوده میانه خلیج بدون در نظر گرفتن اثر اروند رود مشاهده شد که در فصل تابستان تغییرات شوری بسیار کم بوده اما در بهار تغییرات شوری کمی بیشتر (شوری  $36$  psu الی  $43$  psu) است ولیکن تغییرات دمایی تابستان ( $23^{\circ}\text{C}$  الی  $35^{\circ}\text{C}$ ) نسبت به بهار ( $18^{\circ}\text{C}$  الی  $27^{\circ}\text{C}$ ) مشخص‌تر است. در هر سه فصل IOSW در لایه سطحی بوده و PGW در لایه عمقی دیده می‌شود، اما با این تفاوت که در بهار و تابستان IOSW نسبتاً گرم بوده و در IOSW سردتر از PGW می‌باشد.

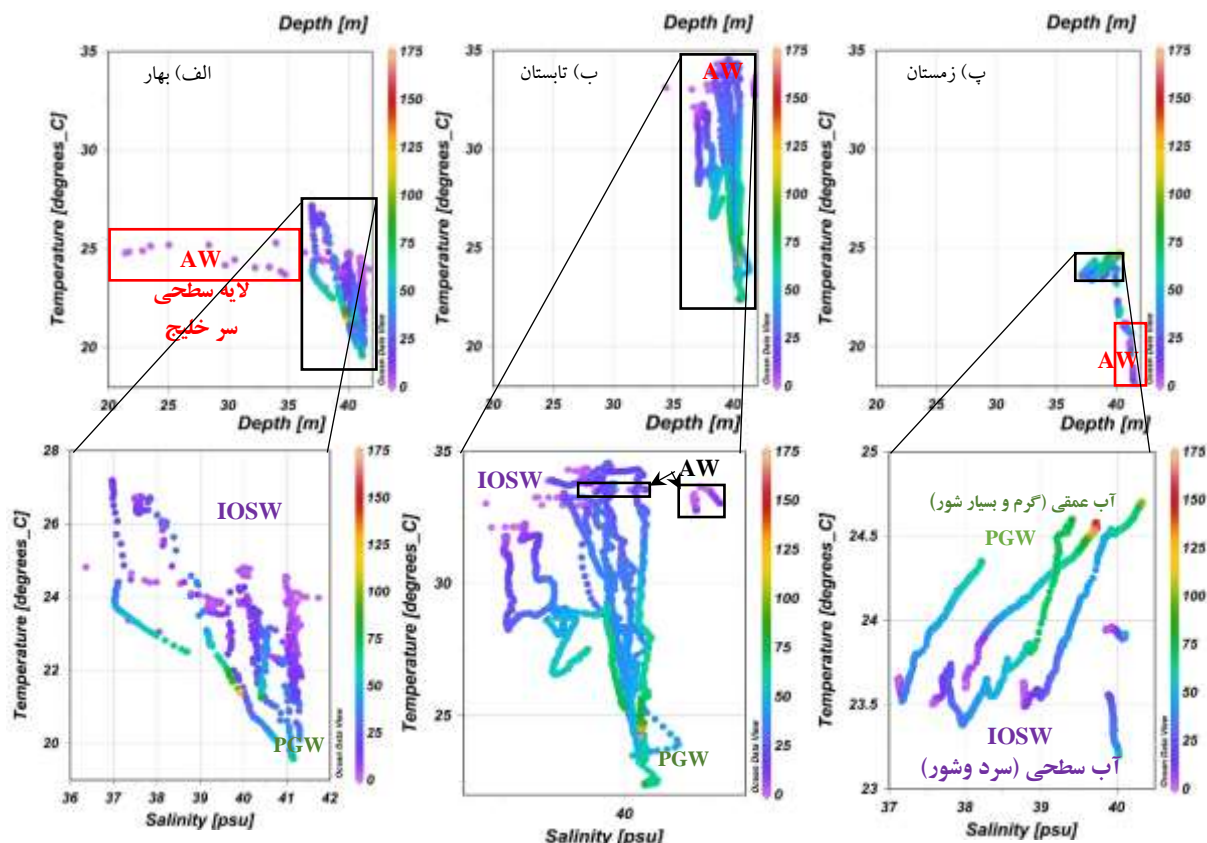
شوری (شکل ۴-ب) دو بخش رنگی را نشان می‌دهد که می‌تواند مربوط به توده آب ورودی IOSW به خلیج باشد که از تنگه هرمز نفوذ کرده و شوری آن کمتر از  $37$  psu است و هر چه به سمت غرب می‌رویم شوری افزایش یافته به طوری که در محدوده اروندرود شوری به  $42/38$  psu در عمق ۱۱ متری نیز می‌رسد. برخلاف فصل بهار، اثر اروندرود حتی در بزرگ‌نمایی ایستگاه‌های نزدیک به سر خلیج فارس نیز در فصل تابستان دیده نمی‌شد. در شکل‌های نمودار دما و شوری (شکل ۶-ب) خواهیم دید که از نظر دما و شوری، منطقه اروندرود (این چهار ایستگاه سر خلیج فارس) که با سایر ایستگاه‌های حوضه خلیج فارس تلفیق شده است، محدوده بسیار کوچکی را در بر می‌گیرد (شکل ۶-ب). نکته قابل توجه دیگر در شکل چگالی (شکل ۴-پ) حضور توده آب خیلی شور و چگال  $29/58$  kg m<sup>-3</sup> در عمق ۶۱ متری است. در سطح نیز آب کم چگال تر ( $13/18$  kg m<sup>-3</sup>) در عمق یک متری دیده می‌شود.

در شکل ۵، که مربوط به فصل زمستان است، برخلاف دو فصل دیگر، بخش‌های رنگی مشخص شده، جایگاهشان تفاوت زیادی پیدا کرده است. ستون آب لایه‌بندی خود را از نظر راستای قائم از دست داده است و در راستای قائم نسبت به دو فصل دیگر نسبتاً آمیخته است. اما از نظر افقی هنوز لایه‌بندی در طول محور آب‌های ایرانی خلیج وجود دارد. آب سرد (با دمایی کمتر از  $21^{\circ}\text{C}$ ) در قسمت غربی خلیج، در نزدیکی منطقه اروندرود دیده می‌شود. بیشتر منطقه مورد مطالعه را دمای متوسطی بین  $21^{\circ}\text{C}$  الی  $24^{\circ}\text{C}$  در بر گرفته است و در مناطق عمیق نزدیک به تنگه آب گرم با دمای بیش از  $24$  درجه سانتی‌گراد دیده می‌شود. در شوری (شکل ۵-ب) همانند دو فصل دیگر دو توده آب مشاهده می‌شود. در حوالی تنگه هرمز آب کم‌شورتر (شوری کمتر از  $38$  psu) وجود دارد. به طور مشابه از نظر چگالی نیز در فصل زمستان تنها دو توده آب وجود دارد (شکل ۵-پ).

در بررسی نمودارهای T-S، (شکل ۶) تفاوت تغییرات دمایی و شوری به خوبی نشان می‌دهد که در فصل بهار (شکل ۶-الف) در لایه سطحی (عمق کمتر از ۵ متر (شکل ۳-ب)) لایه



شکل ۵. برش طولی از موقعیت مورد نظر در فصل زمستان برای پارامترهای (الف) دما، (ب) شوری و (پ) چگالی پتانسیل



شکل ۶. نمودار دما-شوری برای (الف) فصل بهار، (ب) تابستان، (پ) زمستان

#### ۴. بحث

شکل ۶- پ نیز در این مطالعه تغییرات دما در ایستگاه‌های اندازه‌گیری کل حوضه خلیج فارس را بدون در نظر گرفتن ارون‌رود بین  $23^{\circ}\text{C}$  الی  $24/6^{\circ}\text{C}$  نشان می‌دهد که در توافق با مطالعه حسینی و چگینی (۱۳۹۳) می‌باشد. زیرا در مطالعه حسینی و چگینی (۱۳۹۳) در اندازه‌گیری‌های میدانی (CTD)، ۱۲ ایستگاه اشاره گردیده است که در ماه‌های سرد سال در نزدیکی بوشهر تغییرات دمای ناچیز و کم‌تر از یک درجه بین سطح و بستر اختلاف وجود دارد که موجب اختلاط کامل ستون آب می‌شود. از طرفی دیگر با مقایسه دو فصل تابستان و زمستان (شکل ۶-ب و پ، شکل ۴ الف و شکل ۵ الف از مطالعه حاضر) به خوبی اختلاف دمای سطح و بستر در فصل تابستان و آمیخته شدن ستون آب در فصل زمستان مشخص است. در مطالعه حسینی و چگینی (۱۳۹۳) نیز اشاره گردیده بود که بین فصل گرم و سرد اختلاف دمای  $18^{\circ}\text{C}$  وجود دارد که این مطالعه بدون در نظر گرفتن ایستگاه‌های مربوط به ارون‌رود، اختلاف دمای  $12^{\circ}\text{C}$  را نشان می‌دهد.

در آب‌های ایرانی خلیج فارس، در فصل بهار، تابستان آب‌های گرم در لایه‌های سطحی حضور دارند و لیکن در فصل زمستان در اعماق ۱۰۰ متری آب گرم دیده می‌شود. توده‌های آب سرد در فصل بهار و تابستان در اعماق ۶۱ و ۷۲ متری حضور دارند، ولی فصل زمستان در عمق ۱۱ متری می‌باشد. میانگین دمایی در فصل سرد  $22/73^{\circ}\text{C}$  و در فصل گرم  $29/64^{\circ}\text{C}$  بود که اختلاف میانگین این دو فصل حدوداً  $6/91^{\circ}\text{C}$  بود (جدول ۲) که به عدد تخمینی مطالعه‌هایی که در این زمینه انجام شده نزدیک بود. در مطالعه رامک و همکاران (۱۴۰۰ الف و ب) میانگین دمایی در فصل سرد  $24/0^{\circ}\text{C}$  و در فصل گرم  $30/5^{\circ}\text{C}$  بود که حدوداً  $6/5^{\circ}\text{C}$  اختلاف دما داشتند که به مطالعه حاضر بسیار نزدیک است. در مطالعه رینولز (۱۹۹۳) نیز دما را به ترتیب  $23^{\circ}\text{C}$  برای فصل سرد و  $31^{\circ}\text{C}$  الی  $32^{\circ}\text{C}$  برای فصل گرم تخمین زدند که حداکثر اختلاف دما برابر با  $9^{\circ}\text{C}$  بود.

به دام افتاده‌ی گودال جنوب جزیره‌ی تنب بزرگ، تقریباً برابر یا حتی بیش از شوری جریان خروجی خلیج فارس یعنی PGW دانسته بود. به عبارتی شوری بیش از ۴۰ psu تنها مختص به جریان خروجی PGW در تنگه‌ی هرمز در نظر نگرفته بود و در آب‌های به دام افتاده تنگه‌ی هرمز نیز می‌توان شوری زیاد را دید.

طبق جدول ۲، بیشینه شوری در فصل بهار در عمق یک متری و در فصل تابستان و زمستان در عمق ۱۱ متری اندازه‌گیری شده است و کمینه شوری نیز در لایه سطحی و عمق ۱ متری در هر سه فصل مشاهده می‌شود. در تمامی شکل‌های شوری، دو توده آب شور با شوری بین ۳۴ psu الی ۳۸ psu (IOSW) و بیش از ۳۸ psu (PGW)، حجم بسیاری از منطقه را در بر گرفته است ولیکن در فصل بهار (شکل ۳-ب) در نزدیکی اروندرود یک توده آب کم شورتر با شوری کمتر از ۳۴ psu وجود دارد که مربوط به آب ورودی اروندرود (AW) می‌باشد. به طور کلی شوری منطقه‌ی خلیج فارس در فصل زمستان (سردترین فصل سال) در بازه‌ی ۳۷ psu تا ۴۱/۵ psu متغیر است. سویت و باور (۲۰۰۳) اشاره نموده‌اند که از شرق به غرب افزایش شوری وجود دارد. شکل‌های ۳-ب، ۴-ب و ۵-ب نیز افزایش شوری را از سمت غرب به طرف شرق نشان می‌دهد اما در شمال غربی خلیج و حوالی اروندرود کاهش شدید شوری در فصل بهار (جعبه کوچک مربوط به شکل ۳-ب) دیده می‌شود و شوری از ۳۷ psu (شرق) به ۲۱ psu (سرخلیج) می‌رسد. رینولدز (۱۹۹۳) نیز اشاره کرده است که در تمام ماه‌های سال شوری از شمال به جنوب افزایش و از غرب به شرق تنگه کاهش می‌یابد که در توافق با شکل‌های مطالعه حاضر است.

در بیشتر مناطق، بیشینه شوری توده آب خلیج فارس بین ۳۸ الی ۴۲ psu است که با مطالعات گذشته‌ای مانند امری (۱۹۵۶)، دوینگ و کسکه (۱۹۵۶)، السی و همکاران (۱۹۹۹) محدوده‌ی تغییرات سالیانه‌ی شوری را ۳۶/۵ psu تا ۴۰/۵ psu برآورد کردند. جونز و همکاران (۲۰۰۳) گستره‌ی تغییرات شوری جریان خروجی خلیج فارس در تنگه‌ی هرمز را ۳۹/۳ psu تا ۴۰/۸ psu، بوور و همکاران (۲۰۰۰) میانگین

در شکل ۵، که مربوط به فصل زمستان است، برخلاف دو فصل دیگر، بخش‌های رنگی مشخص شده، جایگاهشان تفاوت زیادی پیدا کرده است. ستون آب لایه‌بندی خود را از نظر راستای قائم از دست داده است و در راستای قائم نسبت به دو فصل دیگر نسبتاً آمیخته است. از نظر افقی هنوز لایه‌بندی در طول محور در نظر گرفته شده وجود دارد. محمدپور و همکاران (۱۴۰۱، الف) در تنگه هرمز در فصل زمستان نیز اشاره نموده‌اند که در تمام ایستگاه‌های به موازات سواحل ایرانی تا آخرین عمق اندازه‌گیری شده، اختلاف دما از سطح تا بستر کمتر از ۱ درجه بوده و ستون آب تا آخرین عمق اندازه‌گیری شده کاملاً آمیخته است و لایه ترموکلاین مشاهده نمی‌شود که در توافق با مطالعه حاضر است.

به علاوه یکی از ایستگاه‌های این مطالعه مربوط به گودالی با عمق بیش از ۱۲۵ متر در نزدیکی تنگه هرمز بود. در مطالعه حاضر میانگین دمایی این گودال به ترتیب برابر با  $22/62^{\circ}\text{C}$  (فصل بهار ۲۰۱۹، ایستگاه ۱۲)،  $30/14^{\circ}\text{C}$  (فصل تابستان ۲۰۲۱، ایستگاه ۲۴) و  $22/73^{\circ}\text{C}$  (زمستان ۲۰۲۲، ایستگاه ۳۷) بود. همین گودال توسط محمدپور و همکاران (۱۴۰۳، الف) که با داده‌های سال ۲۰۱۸ بررسی شده است که میانگین دمایی آن فصل بهار  $23/2^{\circ}\text{C}$ ، تابستان  $25/98^{\circ}\text{C}$  و زمستان  $23/76^{\circ}\text{C}$  بود. به خوبی دیده می‌شود اعداد دو مطالعه در خصوص گودال با توجه به زمان‌های متفاوت اندازه‌گیری به هم نزدیک هستند. در مطالعه محمدپور و همکاران، (۱۴۰۳) الف) ستون آب در تمامی فصول از نظر شوری سه لایه (لایه آمیخته، ترموکلاین فصلی و ترموکلاین دائمی) و از نظر دما در بهار و تابستان به صورت سه لایه (لایه آمیخته، ترموکلاین فصلی و ترموکلاین دائمی) و در زمستان تک لایه (لایه آمیخته) در گودال تشخیص داده شده است. در آن مطالعه ادعان شده است که اعماق بیشتر در آب‌های به دام افتاده‌ی گودال، بیش‌ترین تغییرات دما مربوط به تابستان و کم‌ترین آن مربوط به زمستان است و نیز گرم‌ترین آب‌ها در اعماق گودال مذکور به ترتیب در فصول زمستان، تابستان و بهار می‌باشد که با مطالعه حاضر نیز مطابقت دارد. همچنین در مطالعه محمدپور و همکاران، (۱۴۰۳، الف)، شوری آب‌های

که موجب بیشتر شدن چگالی می‌شود و چگالی با دما رابطه عکس دارد.

### توده آب PGW و IOSW

در بررسی شوری نیز در هر سه فصل دو توده آب اصلی PGW و IOSW، بیشتر مناطق خلیج را به طور واضح در بر گرفته است. شکل ۵-ب و پ همانند دو فصل دیگر، وجود دو توده آب را نشان می‌دهد. در حوالی تنگه هرمز آب کم‌شورتر (شوری کمتر از ۳۸ psu) وجود دارد که مربوط به آب ورودی اقیانوس هند (IOSW) است. کامپیف و صدری‌نسب، (۲۰۰۵) نیز در مطالعه خود اشاره نموده‌اند که جریان ورودی از اقیانوس هند و تنگه هرمز در اواخر بهار و تابستان قوی‌تر می‌شود و از سواحل ایرانی جلوتر می‌رود و به ساحل امارات متحده عربی نزدیک‌تر می‌شود، این امر سبب پیدایش یک جبهه آب شور در خلیج فارس می‌شود. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که آب سطحی اقیانوس هند با شوری معمول اقیانوسی، شوری ۳۶/۵ psu الی ۳۷ psu (شپارد و همکاران، ۲۰۱۰)، دمای ۲۲ و چگالی ۱۰۲۵/۵ (جانز و همکاران، ۲۰۰۳) تا ۱۰۲۸ (صدری‌نسب، ۱۳۸۹) به صورت سطحی (ساگدن، ۱۹۶۳؛ رینولدز، ۱۹۹۳) از شمال تنگه‌ی هرمز (جانز و اولسن، ۱۹۹۸) وارد خلیج فارس شده و در اثر نیروی کریولیس منحرف شده و به سمت شمال غرب خلیج فارس به موازات سواحل ایرانی حرکت می‌کند. در شکل‌های ۳ الی ۵، این مطالعه نیز به خوبی دیده می‌شود که IOSW، در فصل بهار با دمای بیش از ۲۴ (شکل ۳-الف) و شوری کمتر از ۳۸ (شکل ۳-ب) و چگالی کمتر از ۲۷ (شکل ۳-پ)، در فصل تابستان دمای بیش از ۳۰ (شکل ۴-الف) و شوری حدود ۳۷ (شکل ۴-ب) و چگالی کمتر از ۲۴ (شکل ۴-پ) و در فصل زمستان دمای کمتر از ۲۳ (شکل ۵-الف)، شوری کمتر از ۳۷ (شکل ۵-ب) و چگالی کمتر از ۲۷ (شکل ۵-پ) در لایه سطحی جریان دارد.

به علاوه، شکل‌های ۳ الی ۶ مطالعه حاضر نیز به وجود آب‌های بسیار شور و چگال PGW در لایه‌های عمقی اشاره می‌کند. در مطالعه رامک و همکاران، (۲۰۲۳) نشان داده شده است که آب‌های شور خلیج فارس (۳۸/۰۰ psu) تا دهانه

شوری آن را در تابستان ۳۹/۴ psu و در زمستان ۳۹/۶ psu، محمدپور (ب ۱۴۰۱) بیشینه‌ی شوری آن را در داده‌های راپمی ۱۹۹۲، در زمستان غرب تنگه ۴۰/۵۱ psu، لشکری (۱۴۰۱) بازه‌ی تغییرات شوری آن را ۳۹/۱۲ psu تا ۴۰/۵۴ psu، محمدپور و همکاران (الف ۱۴۰۱) بیشینه‌ی شوری آن را در قسمت جنوب تنگه در زمستان ۴۰/۲۶ psu عنوان کردند که با گستره داده‌های اندازه‌گیری این مطالعه مطابقت دارد.

نتایج نشان می‌دهد که چگالی بیشتر تابع دماست. در فصل بهار و تابستان در بستر (اعماق ۵۰ الی ۱۰۰ متری) دمای آب بین ۱۸ °C الی ۲۴ °C درجه بوده است که بیشینه چگالی آن در بهار ۲۹/۵۸ kg m<sup>-3</sup> و تابستان ۲۸/۵۰ kg m<sup>-3</sup> بود ولیکن در فصل زمستان در لایه سطحی و تا اعماق کمتر از ۵۰ متر در شمال غرب خلیج دمای آب کمتر از ۲۱ °C و بیشینه چگالی به ۳۰/۴۲ kg m<sup>-3</sup> رسیده است. در مطالعه‌ی لشکری (۱۴۰۱) اشاره شده است که در فصل زمستان آب سردتر (°C ۲۳/۲۴) و چگالتز (۲۵/۱۲ kg m<sup>-3</sup>) بوده و در فصل تابستان آب گرمتر (°C ۳۲/۴۲) و کم‌چگالتز (۲۲/۴۱ kg m<sup>-3</sup>) می‌باشد. نکته قابل توجه در فصل تابستان حضور توده آب خیلی شور PGW، در بستر بوده که هرچه به سمت سطح می‌رویم آب کم‌چگالتز می‌شود. در فصل زمستان نیز در حوالی تنگه هرمز آب کم‌شورتر وجود دارد و همچنین هسته‌ای کم شور در آب‌های شور دیده شده است. برای بخش چگالی فصل زمستان تنها دو توده آب (IOSW و PGW) دیده شده است.

در مطالعه‌ی حسینی و چگینی (۱۳۹۳) نیز در نزدیکی بوشهر نتیجه گرفته شد که تغییرات چگالی، عمدتاً وابسته به تغییرات دما است. به عبارت دیگر در آن مطالعه، شوری و فشار (عمق) تأثیر ناچیز و قابل چشم‌پوشی بر چگالی داشتند. آن‌ها با بررسی نتایج خود نتیجه گرفتند که روند تغییرات چگالی در لایه‌ها و ماه‌های مختلف عکس تغییرات دما است. به عبارت دیگر وقتی نمودار دما صعودی بود، نمودار چگالی نزولی بود و بالعکس. در این مطالعه نیز دیده شد که در مناطقی که دمای کمتری وجود دارد، شوری بیشتر است

فصل بهار به خوبی (حدود ۳۰ km) قابل مشاهده است. این اختلاف بین مطالعه حاضر و ماه پیکر و همکاران (۱۴۰۰) به موقعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری در هر دو مطالعه برمی‌گردد. در مطالعه آنان اندازه‌گیری به دهانه اروند بسیار نزدیک بود. اما همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد، موقعیت ایستگاه‌های مطالعه حاضر از دهانه فاصله دارد. همچنین انتخاب رنگ شکل‌های این مطالعه آن‌گونه بود که کل حوضه آب‌های ایرانی خلیج فارس را در برگیرد لذا طبق مقیاس رنگی بزرگ، در دو فصل تابستان و زمستان، پلومی مشاهده نشد. در فصل زمستان به دلیل برف و یخ‌زدگی کوه‌ها احتمال کاهش گسترش پلوم وجود دارد. در فصل بهار، گسترش پلوم به دلیل ذوب شدن برف‌ها، دیده شود و مجدد در فصل تابستان، به دلیل نفوذ بیشتر جریان IOSW (طبق شکل ۱)، اثر پلوم در داده‌های اندازه‌گیری مطالعه حاضر دیده نمی‌شود. زیرا در مطالعه رینولدز (۱۹۹۳) نیز برای جریان ورودی IOSW، نفوذ بیشتری در فصل تابستان نسبت به زمستان و سپس چرخش پادساعتگرد آب ترسیم شده است و به همین دلیل می‌تواند بیانگر عدم گسترش AW در فصل تابستان باشد. در مطالعه شفیع‌ی سروستانی و صدری‌نسب، (۲۰۰۶)، انحراف کلی آب شیرین رودخانه به سمت سواحل جنوبی خلیج فارس گزارش شده است. همچنین، نتایج عینعلی و همکاران (۱۳۹۶) حاکی از لایه بندی شدید و مجزا ستون آب در دهانه رودخانه و قرارگیری آب کم شور رودخانه به روی آب دریا بود. پس با استناد به این منابع مطرح شده، موقعیت چرخش پادساعتگرد آب در خلیج و انتقال سریع تر آب به محدوده جنوبی، می‌تواند عاملی برای میزان نفوذ AW در خلیج باشد و بیانگر تفاوت فصلی آن طبق مطالعه حاضر باشد. به نظر می‌رسد که پلوم توده آب اروند (AW) به دلیل عدم گسترش قابل توجه در مقیاس خلیج فارس، اثر چشمگیری در خلیج فارس نداشته باشد. از طرفی دیگر این توده آب به شدت سطحی است، به طوری که در ۵ m بالایی منطقه دیده می‌شود. این لایه سطحی نازک منطقی است. در مطالعه انجام شده در دریای چین نیز ورود پلوم دمایی رودخانه چانگجین (Changjiang River) به دریای چین نشان می‌دهد که آب

تنگه‌هرمز در لایه‌های سطحی وجود دارد و از دهانه خلیج فارس به سمت دریای عمان در لایه‌های سطحی دیگر دیده نمی‌شود. در لایه‌های میانی دریای عمان آب‌هایی با مشخصات توده آب خلیج فارس (۳۸/۰۰ psu) وجود دارد. به عبارتی آب‌های سطحی که در غرب تنگه‌هرمز وجود داشته است از آنجا به بعد به لایه‌های زیرین یا میانی انتقال یافته و به سمت دریای عمان سرازیر شده‌اند (رامک و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین تغییرات فصلی PGW در مطالعات دیده می‌شود. در تابستان توده‌ی آب خلیج فارس از طریق جنوب تنگه‌هرمز به صورت جریان زیر سطحی خارج می‌شود و در زمستان این توده‌ی آب به عمق‌های بیشتر نفوذ می‌کند و از تنگه‌هرمز دورتر می‌شود، در نتیجه توده‌ی آب خلیج فارس از طریق ناحیه‌ی جنوبی تنگه‌هرمز به صورت جریان زیر سطحی خارج می‌شود (لشکری، ۱۴۰۱؛ لشکری و همکاران، ۱۴۰۲؛ رامک و همکاران، ۲۰۲۳) که هر سه شکل ۳-پ، ۴-پ و ۵-پ این توده آب PGW را با رنگ قرمز در لایه عمقی نشان می‌دهد که از نظر میزان گسترش تغییرات فصلی آن مشهود است.

### توده آب AW

همان‌طور که این مطالعه نشان می‌دهد (شکل ۳-ب) در نزدیکی اروندرود در فصل بهار، به‌خاطر ورود آب شیرین اروندرود به خلیج در لایه‌ی سطحی (عمق کمتر از ۵ m) توده‌ی آب شیرینی با شوری بین ۲۲ psu الی ۳۴ psu وجود دارد که مربوط به چهار ایستگاه نزدیک به هم در سر خلیج است. با توجه به ویژگی‌های منحصر بفرد توده آب در این ناحیه از سر خلیج فارس، نام توده آب این محدوده به نام توده آب اروندرود (Arvandroud Water Mass) یا با نام اختصاری AW، نام‌گذاری شد. در مطالعه ماه پیکر و همکاران (۱۴۰۰) نیز دیده شد که اثر اروندرود بر شوری خلیج فارس، تا شعاع ۵۰ کیلومتری در هر دو فصل تابستان و زمستان از دهانه محسوس است و این شعاع بسته به جهت‌گیری پلوم می‌توانست سواحل خوزستان یا سواحل عربی را تحت تأثیر قرار دهد. در مطالعه حاضر، محدوده گسترش ناحیه پلوم اروند (حدود ۱۴ ایستگاه از این مطالعه) در

محمدپور در خصوص توضیحات مفیدشان در کار با نرم افزار ODV کمال تشکر و قدردانی را دارند.

### منابع

1. Aboobacker, V., Shanab, 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.
2. Alessi, C. A., Hunt, H. D., & Bower, A. S. (1999). Hydrographic data from the U. S. Naval Oceanographic Office: Persian Gulf, Southern Red Sea and Arabian Sea 1923–1996 (WHOI-99-02). Department of Physical Oceanography, Woods Hole Oceanographic Institution.
3. Azizpour, J., Chegini, V., Khosravi, M., & Einali, A. (2014). Study of the physical oceanographic properties of the Persian Gulf, strait of hormuz and gulf of Oman based on PG-GOOS CTD measurements. *The Journal of Persian Gulf*, 5(18), 37–48.
4. Behzadi, M., Ghaderi, D., & Soyuf Jahromi, M. (2024). Seasonal variability of physical properties in the Makran aquatic basin. *Nivar Scientific Journal*, 48(126), 18–34. (In Persian)
5. Bower, A. S., Hunt, H. D., & Price, J. F. (2000). Character and dynamics of the Red Sea and Persian Gulf outflows. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 105(C3), 6387–6414.
6. Brewer, P. G., & Dyrssen, D. (1985). Chemical oceanography of the Persian Gulf. *Progress in Oceanography*, 14, 41–55.
7. Chao, S. Y., Kao, T. W., & Al-Hajri, K. R. (1992). A numerical investigation of circulation in the Persian Gulf. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 97(C7), 11219–11236.
8. Coatanoean, C. (2020). SeaDataCloud Temperature and Salinity Historical Data Collection for the North Atlantic Ocean (Version 2).
9. Dorgham, M., & Moftah, A. (1989). Environmental conditions and

رودخانه در نزدیکی سطح، یک لایه آمیخته نازک بر روی ترموکلاین ایجاد می کند که این لایه مربوط به پلوم بر روی لایه همدمای عمیقی تر که لایه آمیخته اصلی و هم چگال است، تشکیل می شود (کاکو و همکاران، ۲۰۱۶). بنابراین، آب با شوری کم در نزدیکی سطح، (مانند پلوم رودخانه) نقش مهمی در عمق لایه آمیختگی ایفا می کند و باعث می شود اثرات نیروهای جوی (مانند تغییرات دما) در همان لایه آمیخته سطحی نگه داشته شود و به لایه های زیرین نفوذ نکند (سئو و همکاران، ۲۰۰۹).

### ۵. نتیجه گیری

براساس یافته های این مطالعه توده های آب در فصل بهار و تابستان سه توده آب با دما، شوری و چگالی متفاوت دیده شد که تغییرات فصلی داشت. از بین این توده ها یکی فقط در سر خلیج فارس وجود دارد که مربوط به ورودی آب اروندرود است که آن را توده آب اروندرود (Arvandroud Water Mass) و علامت اختصار AW نام نهاده ایم. دوتای دیگر در سایر مطالعات به آن ها اشاره شده بود: یکی مربوط به آب مرکزی ورودی اقیانوس هند با ورود از تنگه هرمز با نام توده آب سطحی اقیانوس هند (Indian Ocean Surface Water Mass) و علامت اختصار است (IOSW) و دیگری مربوط به توده آب خلیج فارس (Persian Gulf Water) با علامت اختصار (PGW) می باشد که از تنگه هرمز خارج می شود. در فصل زمستان نیز این سه توده ی آب نمایان است. به علاوه، در فصل زمستان اختلاط در راستای قائم و لایه بندی افقی وجود دارد و در تابستان لایه بندی راستای قائم بسیار مشهود است.

### تشکر و قدردانی

در این پژوهش نویسندگان از دانشگاه هرمزگان جهت تأمین امکانات این پژوهش و سازمان ملی اقیانوس شناسی جهت تامین داده های لازم، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند. همچنین نویسندگان از سرکار خانم لشکری جهت اطلاعات مفید در مورد توده آب خلیج فارس و سرکار خانم

- Bushehr Peninsula. *Journal of Oceanography Research*, 5(17), 125–143. (In Persian)
19. Johns, W., & Olson, D. (1998). Observations of seasonal exchange through the Strait of Hormuz. *Oceanography*, 11(2), 58.
  20. 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).
  21. Kako, S., Nakagawa, T., Takayama, K., Hirose, N., & Isobe, A. (2016). Impact of Changjiang River Discharge on Sea Surface Temperature in the East China Sea. *American Meteorological Society*, 46(6), 1735–1750.
  22. Kämpf, J., & Sadrinasab, M. (2005). The circulation of the Persian Gulf: a numerical study. *Ocean Science Discussions*, 2(3), 129–164.
  23. Lashkari, S. (2022). Tracing the Persian Gulf water mass in the Gulf of Oman using measured WOA data with ODV software [Master's Thesis, University of Hormozgan]. (In Persian)
  24. Lashkari, S., Soyuf Jahromi, M., & Hamzei, S. (2023). Seasonal variations of the Persian Gulf water mass in the Gulf of Oman. *Oceanography Research Journal*, 14(53), 103–122. (In Persian)
  25. Mahpeykar, A., Khalil Abadi, M. R., & Kenarkouhi, K. (2021). Investigating the effect of the Arvand Rud (Shatt al-Arab) on the salinity of the Persian Gulf using numerical modeling. *Journal of Marine Science and Technology*, 20(3), 50–65. (In Persian)
  26. Mohammadpour, F. (2022a). Seasonal variations in water column stability in the Strait of Hormuz area using ODV software [Master's Thesis, University of Hormozgan, supervised by M. Soyuf Jahromi & S. Hamzei]. (In Persian)
  27. Mohammadpour, F., Hamzei, S., & Soyuf Jahromi, M. (2022b). Wintertime study of stability and double diffusion convection in the eastern Strait of Hormuz. phytoplankton distribution in the Arabian Gulf and Gulf of Oman, September 1986. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 31(1), 36–53.
  10. Dueing, W., & Koske, P. H. (1967). Hydrographic observation in the Arabian Sea during the NE monsoon period 1964–1965. *Meteor Forschungsergeb., Reihe A*, 8, 1–43.
  11. Einali, A., Soyuf Jahromi, M., & Akbari Nasab, M. (2017). Extraction of surface salinity of Arvand River mouth using satellite images and statistical methods. *Hydrophysics Scientific Quarterly*, 3(2), 29–40. (In Persian)
  12. Emery, K. O. (1956). Sediments and water of Persian Gulf. *AAPG Bulletin*, 40(10), 2354–2383.
  13. Emery, W., & Meincke, J. (1986). Global water masses—summary and review. *Oceanologica Acta*, 9(4), 383–391.
  14. Emery, W. J. (2001). Water types and water masses. In *Encyclopedia of Ocean Sciences* (Vol. 6, pp. 3179–3187).
  15. Farokhimoghaddam, S., Aliakbari Bidesht, A., Ahmadi Givay, F., & Azam, M. (2021). Study of the variability of physical parameters (temperature and salinity) of the Persian Gulf waters resulting from climate change using a numerical model and some measurement data. *Journal of Earth Science*, 31(119), 63–70. (In Persian)
  16. 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.
  17. 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.
  18. Hosseini, S. T., & Chegini, V. (2014). Study of seasonal changes in physicochemical parameters of seawater in the coastal area of
-

- temperature of Persian Gulf water by FVCOM Model. *Journal of Oceanography*, 13(52), 106–120. (Note: Duplicate entry for clarity based on original citation number 37, assuming it corresponds to 1401). (In Persian)
37. 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.
  38. Rochford, D. (1964). Salinity maxima in the upper 1000 meters of the North Indian Ocean. *Marine and Freshwater Research*, 15(1), 1–24.
  39. Sadri Nasab, M. (2010). Three-dimensional numerical modeling of water circulation in the Strait of Hormuz [Master's Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch]. (Original reference #7, translated title). (In Persian)
  40. Seo, H., Xie, S. P., Murtugudde, R., Jochum, M., & Miller, A. J. (2009). Seasonal Effects of Indian Ocean freshwater forcing in a regional coupled model. *Journal of Climate*, 22(24), 6577–6596.
  41. Shafie Sarvestani, R., & Sadrinasab, M. (2006). Numerical Simulation of Plume over the Arvand River. 7th International Conference on Coasts, Ports and Marine Structures (ICOPMAS), Tehran. (In Persian)
  42. Sheppard, C., Al-Husiani, M., Al-Jamali, F., Al-Yamani, F., Baldwin, R., Bishop, J., Benzoni, F., Dutrieux, E., Dulvy, N. K., & Durvasula, S. R. V. (2010). The Gulf: a young sea in decline. *Marine Pollution Bulletin*, 60(1), 13–38.
  43. Sugden, W. (1963). The hydrology of the Persian Gulf and its significance in respect to evaporite deposition. *American Journal of Science*, 261(8), 741–755.
  44. Swift, S. A., & Bower, A. S. (2003). Formation and circulation of dense water in the Persian/Arabian Gulf. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 108(C1), 4-1–4-15.
  - Hydrophysics Scientific Quarterly, 8(2), 90–100. (In Persian)
  28. Mohammadpour, F., Soyuf Jahromi, M., & Hamzei, S. (2024a). Physical characteristics of the deep basin south of Greater Tunb Island. *Iranian Journal of Geophysics*, Accepted. (In Persian)
  29. Mohammadpour, F., Soyuf Jahromi, M., & Hamzei, S. (2024b). Difference in water column stability and sound speed from north to south of the Persian Gulf in winter. *Nivar Scientific Journal*, Accepted. (In Persian)
  30. Payandehay, Y., Soyuf Jahromi, M., & Hamzei, S. (2023). Temperature, salinity, and density variations in the northern Persian Gulf waters in spring based on the Persian Gulf Explorer findings (2019). *Hydrophysics Scientific Quarterly*, 9(1), 90–100. (In Persian)
  31. Piontkovski, S. A., & 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.
  32. 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).
  33. Ramak, H., Soyuf Jahromi, M., & Akbari, P. (2021a). Utilizing Sea of Oman Sea Surface Temperature data to identify subsurface waters of the Persian Gulf. *Hydrophysics Scientific Quarterly*, 7(2), 79–93.
  34. Ramak, H., Soyuf Jahromi, M., & Akbari, P. (2021b). Tracking the Persian Gulf water mass using surface temperature and salinity characteristics. *Oceanography Research Journal*, 12(48), 13–28. (In Persian)
  35. Ramak, H., Soyuf Jahromi, M., & Akbari, P. (2022). Investigation of salinity and temperature of Persian Gulf water by FVCOM Model. *Journal of Oceanography*, 13(52), 106–120. (In Persian)
  36. Ramak, H., Soyuf Jahromi, M., & Akbari, P. (2023). Investigation of salinity and