




A review study of the temperature and salinity of southern Iranian waters in 2005 - 2012 using WOA13 data

Ghaderi, D.¹  | Solgi, M.²  | Farzingohar, M.³ 

1. **Corresponding Author**, Ph.D. student, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran. E-mail: danielghaderi.phd@hormozgan.ac.ir
2. Ph.D. student, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran. E-mail: solgi6297@gmail.com
3. Associate Professor Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran. E-mail: mfgohar@yahoo.com

(Received: 01 Sep 2019, Revised: 03 Sep 2022, Accepted: 14 Sep 2022, Published online: 14 Sep 2022)

Abstract

In this study, considering the importance of temperature and salinity parameters in recognizing marine phenomena, changes of these parameters were investigated using WOA13 data and the conditions of each of these parameters were determined at different seasons and at different depths. Therefore, by selecting WOA13 historical data, which is the seasonal mean of temperature and salinity over the period 2005 to 2012, IDW interpolation maps of salinity and temperature at the surface, 5, 20 and 50 m were performed. In order to understand how these parameters change in depth, vertical profile cross sections maps have been created in 6 different lines. Also, the results are compared with the studies in the study area. According to the data and results it can be concluded, As the seasons change from winter to summer, salinity and temperature increase from the Oman Sea to the northern part of the Persian Gulf and decrease with autumn, This well describes the thermohaline cycle of the region. It also experiences the highest and lowest salinity in the northern part of the Persian Gulf and the Oman Sea, respectively. And, the highest and lowest temperatures, respectively, are in the central part of the Persian Gulf (summer season) and the northern part of the Persian Gulf (in winter and spring).

Keywords: Salinity changes, temperature changes, Persian Gulf, Gulf of Oman, WOA13.

Cite this article: Ghaderi, D., Solgi, M., & Farzingohar, M. (2022). A review study of the temperature and salinity of southern Iranian waters in 2005 - 2012 using WOA13 data. Journal of the Nivar, 46(116-117), 110-127. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2022.199862.1138>



مطالعه مروری میزان دما و شوری آب‌های جنوب ایران در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ با استفاده از داده‌های WOA13

دانیال قادری^۱ | مصطفی سلگی^۲ | مهرناز فرزین گهر^۳

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری فیزیک دریا، دانشکده علوم و فنون دریا، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران. رایانامه:

danielghaderi.phd@hormozgan.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری فیزیک دریا، دانشکده علوم و فنون دریا، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران. رایانامه: solgi6297@gmail.com

۳. استادیار، دانشکده علوم و فنون دریا، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران. رایانامه: mfgohar@yahoo.com

(دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۱۰، بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۱۲، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۳، انتشار آنلاین: ۱۴۰۱/۰۶/۲۳)

چکیده

در این مطالعه، با توجه به اهمیت کمیت‌های دما و شوری در شناخت پدیده‌های دریایی، سعی شده است تغییرات این کمیت‌ها با استفاده از داده‌های WOA13 بررسی شود و شرایط هر یک از این کمیت‌ها در فصول مختلف سال و در عمق‌های متفاوت تعیین شود. از این رو با انتخاب مجموعه داده‌های تاریخچه‌ای پایگاه داده WOA13 که به شکل میانگین فصلی دما و شوری در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ است، به روش درون‌یابی IDW اقدام به ترسیم نقشه‌های دما و شوری در سطح، عمق ۵، ۲۰ و ۵۰ متری شده است. به منظور شناخت نحوه‌ی تغییرات این کمیت‌ها در عمق نیز نقشه مقطع پروفایل عمودی در ۶ خط مختلف ایجاد شده است. همچنین در ادامه نتایج حاصل نیز با کارهای صورت گرفته در منطقه‌ی مورد مطالعه، مقایسه شده است. با توجه به این داده‌ها می‌توان نتیجه گرفت؛ در خلال تغییر فصل از زمستان به تابستان، شوری و دما از دریای عمان به بخش شمالی خلیج فارس افزایش پیدا می‌کند و در فصل پاییز همراه با کاهش است. این امر به خوبی چرخه ترموهالاین منطقه را تشریح می‌کند، همچنین به ترتیب بیشترین و کمترین میزان شوری در بخش شمالی خلیج فارس و دریای عمان، تجربه می‌شود و به ترتیب بیشترین و کمترین میزان دما مربوط به بخش مرکزی خلیج فارس (فصل تابستان) و بخش شمالی خلیج فارس (در فصل‌های زمستان و بهار) است.

کلمات کلیدی: تغییرات شوری، تغییرات دما، خلیج فارس، دریای عمان

۱. مقدمه

از نظر اقتصادی، حمل‌ونقلی و محیط‌زیستی برخوردار است. مشاهدات کمیت‌هایی همچون دما و شوری در این مناطق همواره با محدودیت‌های زمانی و مکانی همراه است (Yao and Johns, 2010)، به همین جهت امروزه روش‌های جایگزین مشاهدات میدانی اهمیت خود را نشان خواهد داد، روش‌هایی همچون دورسنجی و یا مدل‌سازی از بارزترین این روش‌ها است. برخورداری از یک پایگاه داده تاریخی نیز می‌تواند به عنوان منبع قابل استنادی برای مطالعات این مناطق نیز باشد. در این مطالعه سعی شده است تغییرات و شرایط دو کمیت دما و شوری که پایه بسیاری از پدیده‌های این پهنه‌ی

دو کمیت دما و شوری، از مهم‌ترین ویژگی‌های هر حوضه‌ی آبی است که متأثر از شرایط مختلفی است. دما و شوری تأثیرگذار بر عوامل و پدیده‌های مختلفی است، به عنوان مثال؛ ایجاد چگالی، چرخه‌های ناشی از تغییرات دما و شوری و لایه‌های ترموکلاین و ترموهالاین در طی فصول مختلف. از این رو شناخت شرایط این دو کمیت در هر حوضه‌ی آبی از اولین قدم‌های مطالعات دریایی پیرامون محیط‌های آبی است. دریای عمان، تنگه هرمز و خلیج فارس، سه منطقه آبی جنوب ایران است که با توجه به موقعیت قرارگیری از اهمیت بالایی

استناد: قادری، دانیال؛ سلگی، مصطفی و فرزین گهر، مهرناز. (۱۴۰۱). مطالعه مروری میزان دما و شوری آب‌های جنوب ایران در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲، با استفاده از

داده‌های WOA13، مجله نیوار، ۴۶ (۱۱۶-۱۱۷)، ۱۱۰-۱۲۷. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2022.199862.1138>

ناشر: سازمان هواشناسی کشور.



DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2022.199862.1138>

در سواحل امارات، ۴۲ psu و کمترین شوری در شرق تنگه، ۳۶/۵ psu یافت می‌شود (Reynolds, 1993).

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی شامل سه حوضه‌ی آبی دریای عمان، تنگه‌ی هرمز و خلیج فارس است. این سه حوضه آبی با ایران بالغ‌بر ۱۷۷۰ کیلومتر خط ساحلی تشکیل می‌دهد (Alamdari et al., 2012)، در حدود ۱۰۰۰ کیلومتر آن خط ساحلی با خلیج فارس است که در بین تمام همسایگان خلیج فارس بیشترین خط ساحلی را به خود اختصاص داده است (Searle, 2019). خلیج فارس و دریایی عمان از مهم‌ترین حوضه‌های آبی از منظر اقتصادی، سیاسی، محیطی و اجتماعی هستند (Noori et al., 2019). این دو حوضه با تنگه‌ی هرمز به یکدیگر متصل می‌شوند، تنگه‌ی هرمز در حدفاصل کومزار (Kumzar) در بخش عمانی مسندم (Musandam) و جزیره قشم واقع در ایران قرار گرفته است که تنها ۵۰ کیلومتر عرض دارد (Searle, 2019). در شکل ۱ موقعیت قرارگیری منطقه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. خلیج فارس و دریای عمان، تحت تأثیر سیستم‌های مختلف آب و هوایی قرار دارند و دارای عمق، توپوگرافی، فشار جوی و ساختار ترموهالاین (Thermo-Haline) متفاوتی است.

خلیج فارس تحت تأثیر سیستم‌های آب و هوایی فوق استوایی (Extra Tropical) از شمال غربی قرار دارد در صورتی که دریای عمان در لبه شمالی سیستم آب و هوایی استوایی که میان دریای عربی و اقیانوس هند است، قرار دارد (Piontkovski et al., 2019). تنگه‌ی هرمز منطقه‌ای است که این دو سیستم را از یکدیگر جدا کرده است. عمق منطقه‌ی خلیج فارس بسیار متفاوت و نامتقارن است به شکلی که عمق متوسط ۳۶ متر و حداکثر عمق نزدیک به ۹۰ متر را دارد که در نواحی شمال شرقی در امتداد سواحل ایرانی است و کمترین عمق (۱۰ تا ۳۰ متر) مربوط به پهنه‌ای از سواحل کشور امارت است (Hastenrath and Greischar, 1991; Reynolds, 1993). در شکل ۱ عمق تمامی حوضه مورد

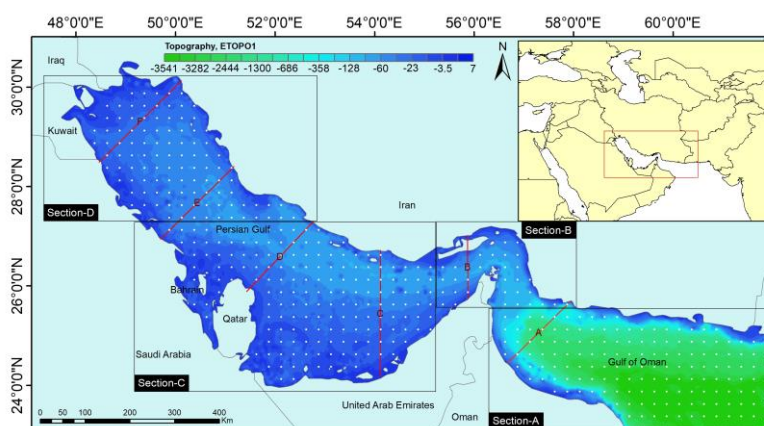
آبی است (مخصوصاً چرخه‌ی ترموهالاینی)، با استفاده از پایگاه داده WOA13 و مقایسه با کارهای میدانی و مدل‌سازی صورت گرفته در این مناطق، بررسی شود.

آب‌های حوضه خلیج فارس نسبت به آب‌های ورودی از دریای عمان بیشتر تحت تأثیر تغییرات دمای هوا به‌ویژه در ماه‌های دسامبر-فوریه قرار دارند، بنابراین در این بازه زمانی آب‌های سطحی در غرب تنگه دمای پایین‌تری نسبت به آب‌های ورودی از دریای عمان دارند. به‌طوری‌که بر اساس داده‌های راپمی در ماه فوریه دمای سطحی آب‌های ورودی از شرق تنگه ۲۲-۲۱ درجه سانتی‌گراد و دمای آب‌های سطحی خروجی از تنگه ۲۱-۲۰ درجه سانتی‌گراد است؛ اما به تدریج با افزایش دمای هوا، آب‌های سطحی حوضه خلیج فارس که بیشتر از آب‌های آزاد تحت تأثیر تغییرات دمای هوا قرار دارند، تغییرات دمایی بیشتری را نشان داده و در ماه‌های می-نوامبر از شمال به جنوب مقدار دمای سطحی افزایش می‌یابد. بیشینه دمای سطحی آب، ۳۲ درجه سانتی‌گراد در نوامبر در سواحل امارات آشکار می‌شود که ناشی از بالاتر بودن دمای هوا و تابش خورشید در این نواحی است. در نواحی شمالی تنگه هرمز کمینه دمای سطحی، ۲۰ درجه سانتی‌گراد در ماه‌های دسامبر و ژانویه و بیشینه دمای سطحی آب، ۳۰ درجه سانتی‌گراد در ماه سپتامبر است (Al-Majed et al., 2000; Alessi et al., 1999). همچنین در مطالعه میدانی Pous و همکاران در سال ۲۰۱۵ بیشینه دمای سطحی در حدود ۳۱ درجه سانتی‌گراد در ماه‌های ژوئن و ژولای و کمینه دمای سطحی در حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد، در ماه‌های دسامبر و ژانویه ذکر شده است (Pous et al., 2015).

بر اساس مطالعه Reynolds در سال ۱۹۹۳ بیشترین شوری سطحی در غرب تنگه هرمز و در جنوب غربی خلیج فارس در ماه ژولای و آگوست شکل می‌گیرد که از ۴۱ تا ۴۲ psu متغیر است. در این دو ماه از سال دمای سطحی افزایش یافته و تبخیر زیاد می‌شود. کمترین شوری سطحی مربوط به ماه دسامبر و ژانویه و در حدود ۳۸ psu است. همواره در تمام ماه‌های سال شوری از شمال به جنوب افزایش و از غرب به شرق تنگه کاهش می‌یابد. به‌گونه‌ای که بیشترین شوری در غرب تنگه

(Kämpf, 2004). حداکثر عمق حوضه دریای عمان ۳۴۰۰ متر بین عمان و جنوب ایران و پاکستان است (Uchupi et al., 2002). در قسمت شمالی به خلیج فارس متصل است و از قسمت جنوبی متصل به اقیانوس هند و دریای عرب است و به شدت متأثر از این حوضه‌ی آبی بزرگ است. در شکل ۱ تفاوت عمق زیاد دو منطقه‌ی دریای عمان و خلیج فارس قابل مشاهده است. قسمت‌های کم عمق این منطقه (در حدود ۲۰۰ متر) ناحیه باریکی در قسمت ساحلی ایران و عمان است که تا تنگه‌ی هرمز گسترده شده است (Pous et al., 2015).

بررسی بر اساس داده‌های ETOPO1 رسم شده است (Amante and Eakins, 2009). رودهای اصلی و عمده‌ی ورودی به این منطقه شامل؛ رودخانه‌های اروند، مند، هلیله و هنديجان هستند که در بخش شمالی خلیج فارس قرار دادند (Al-Rabeh et al., 1992; Reynolds, 1993; Sheppard, 1993). تبادل آب بین دو منطقه محدود است به نحوی که زمان ماندگاری (Water Residence time) آب دو منطقه دارای نرخ‌ی در حد ۲ تا ۵/۵ سال بر اساس مطالعات مختلف است (Alosairi et al., 2011; Hunter, 1983; Sadrinasab and)



شکل ۱. موقعیت قرارگیری منطقه مورد مطالعه و عمق حوضه آبی دریای عمان و خلیج فارس (برگرفته از ETOPO1). دایره‌های سفید رنگ؛ نقاط حاوی اطلاعات پایگاه داده WOA13. خطوط قرمز؛ ترانسکت‌های انتخابی جهت بررسی پروفایل عمودی تغییرات دما و شوری

اندازه‌گیری‌های بین سال‌های ۱۹۵۵ تا ۲۰۱۲ است؛ این روش میانگین‌گیری شده موجب می‌شود تا دید روشن‌تری از منطقه با داده‌های درازمدت ایجاد نماید و از تعصب نسبت به شرایط سال‌های اخیر جلوگیری کند (Gouretski, 2018). داده‌های اشاره شده در قالب؛ میانگین سالیانه، فصلی و ماهانه است. در این مطالعه به منظور بررسی تغییرات فصلی دو کمیت دما و شوری از داده‌های میانگین فصلی این پایگاه داده استفاده شده است. این داده‌ها با استفاده از تحلیل مشاهداتی تاریخی دما و شوری ایجاد شده است. داده‌ها بر روی شبکه‌ای منظم از سطح تا حداکثر عمق (۵۵۰۰ متر) به دست آمده است. این اطلس با استفاده از مجموعه داده‌هایی همچون؛ OSD، CTD، MRB، PFL، DRB، UOR، SUR، XBT، MBT و GLD در طول اندازه‌گیری‌های تاریخی آماده شده است (Locarnini et al., 2018; Zweng et al., 2019).

به منظور بررسی کمیت‌های دما و شوری در منطقه‌ی مورد نظر، پس از رسم نقشه‌ی عمق سنجی توسط داده‌های ETOPO1 خطوطی جهت بررسی پروفایل سطح تا عمق انتخاب شده است، این خطوط (ترانسکت) در شکل ۱ نشان داده شده است. این خطوط با توجه به عمق نواحی مختلف و اهمیت آن‌ها بر اساس مطالعات دیگر نیز انتخاب شده است (Reynolds, 1993).

۲-۲. داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از داده‌های WOA13 استفاده شده است. این اطلس داده‌ها حاوی داده‌های مختلفی در زمینه‌ی توزیع اقلیم‌شناسی دما و شوری در سطوح استاندارد عمق اقیانوس‌ها با رزولوشن یک‌چهارم درجه عرض جغرافیایی است (Locarnini et al., 2018; Zweng et al., 2019). داده‌های اقلیمی WOA13 داده‌های میانگین‌گیری شده از

۲-۳. رسم نقشه‌های مورد نیاز

پس از استخراج داده‌های مورد نیاز از پایگاه داده WOA13، با استفاده از دو نرم‌افزار ArcMap 10.4.1 و Surfer 15 نقشه‌های دما و شوری چهار سطح؛ صفر متر، ۵ متر، ۲۰ متر و ۵۰ متر رسم شده است و هم‌چنین پروفایل سطح تا عمق در شش ترانسکت انتخابی جهت بررسی تغییرات عمقی رسم شده است. به‌منظور شناخت چگونگی تغییرات فصلی تغییرات دو کمیت دما و شوری در فصول مختلف سال و در عمق‌های؛ سطح، ۵، ۲۰ و ۵۰ متر، ابتدا ارتباط بین این کمیت‌ها میان سطح و عمق‌های مختلف در فصول و بخش‌های تفکیک‌شده‌ی این مطالعه محاسبه شده است و در جدول ۳ ضریب همبستگی کمیت‌های دما و شوری سطح با دیگر عمق‌ها بیان شده است. عدم وجود ارتباط معنی‌دار عمق‌های مختلف و یا فصل‌های متفاوت، نشان از تغییرات عمده‌ی صورت گرفته در آن عمق و فصل سال است که نیاز است با دقت بیشتری مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد. جدول ۱ موقعیت و ویژگی‌های خطوط انتخابی بیان شده است. داده‌های واقع در منطقه‌ی مورد بررسی در حدود ۴۸۱ نقطه است که در فاصله‌های ۲۵/۲۶ کیلومتر در طول جغرافیایی و ۲۷/۷ کیلومتر در عرض جغرافیایی از یکدیگر قرار دادند. در جدول ۲ مشخصات و ویژگی‌های چهار بخش انتخابی نشان داده شده است. جهت رسم نقشه‌های دما و شوری در عمق‌های مختلف نیازمند درون‌یابی بر اساس داده‌ی در دسترس است. روش‌های متعددی برای درون‌یابی این چنین نقشه‌هایی همچون؛ Inverse distance weighting، Natural Neighbor و Kriging وجود دارد که در این مطالعه از روش IDW و استفاده شده است. در مطالعات متعددی این

روش مورد استفاده قرار گرفته است (Ali et al., 2013; Escudero and Rivera, 2011; Huchhe and Bandela, 2016; Jiang et al., 2019; Selao et al., 2019). در روش IDW فرض اساسی بر این است که میزان همبستگی و تشابه بین نقاط داده همسایه با فاصله بین آن‌ها متناسب است که می‌توان آن را به‌صورت تابعی، با معکوس فاصله هر نقطه از نقاط همسایه تعریف کرد. این روش در حالتی که نقاط نمونه به‌اندازه کافی با پراکنش مناسب در سطوح مقیاس محلی باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش کار این روش براساس است.

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i d_i^{-n}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-n}} \quad \text{معادله ۱}$$

Z_0 مقدار تخمین متغیر Z در نقطه d_i مقدار نمونه در نقطه d_i فاصله نقطه نمونه تا نقطه مورد تخمین و n ضریبی که وزن را بر اساس فاصله تعیین می‌کند (Alamdari et al., 2012; Hosseinibalam et al., 2011). به‌منظور شناخت چگونگی تغییرات فصلی تغییرات دو کمیت دما و شوری در فصول مختلف سال و در عمق‌های؛ سطح، ۵، ۲۰ و ۵۰ متر، ابتدا ارتباط بین این کمیت‌ها میان سطح و عمق‌های مختلف در فصول و بخش‌های تفکیک‌شده‌ی این مطالعه محاسبه شده است و در جدول ۳ ضریب همبستگی کمیت‌های دما و شوری سطح با دیگر عمق‌ها بیان شده است. عدم وجود ارتباط معنی‌دار عمق‌های مختلف و یا فصل‌های متفاوت، نشان از تغییرات عمده‌ی صورت گرفته در آن عمق و فصل سال است که نیاز است با دقت بیشتری مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

جدول ۱. مشخصات و موقعیت قرارگیری ترانسکت‌های انتخابی

نام	موقعیت ترانسکت	طول (km)	حداقل و حداکثر عمق (m)	تعداد نقاط داده	سواحل
A	۲۵/۶۹۶ N ۵۷/۹۳۲ E ۲۴/۴۳۸ N ۵۶/۶۷۴ E	۱۹۱/۰۴	۲۰۰-۱۳۰۰	۵	ایران-عمان
B	۲۷/۰۰۶ N ۵۵/۸۶۴ E ۲۵/۷۴۴ N ۵۵/۸۸۰ E	۱۴۲/۴۶	۳۵-۷۰	۴	ایران-امارات
C	۲۶/۶۹۱ N ۵۴/۱۲۱ E ۲۴/۱۵۵ N ۵۴/۱۲۱ E	۲۸۲/۶۱	۲۰-۸۰	۹	ایران-امارات

ایران-قطر	۵	۲۰-۸۰	۱۹۹/۳۹	۲۷/۲۷۷ N ۵۲/۷۷۷ E ۲۵/۹۴۸ N ۵۱/۴۸۴ E	D
ایران-عربستان	۶	۳۵-۶۳	۲۱۳/۸۱	۲۸/۳۹۲ N ۵۱/۱۶۳ E ۲۶/۹۶۱ N ۴۹/۷۱۷ E	E
ایران-عربستان	۶	۲۰-۳۰	۲۳۸/۳۶	۳۰/۱۰۸ N ۵۰/۱۱۹ E ۲۸/۵۱۴ N ۴۸/۴۹۵ E	F

جدول ۲. مشخصات و موقعیت قرارگیری بخش‌های انتخابی

نام بخش	موقعیت	وسعت (km ²)	تعداد نقاط	میانگین دما (SD) °C و میانگین شوری (SD) psu			
				winter	Spring	Summer	Autumn
A	دریای عمان	۱۲۰۰۰	۱۶۸	دما	۲۹±۰/۴۴	۳۰±۱/۳	۲۷/۵±۰/۲۷
				شوری	۳۶±۰/۰۱	۳۶/۷±۰/۱۵	۳۶/۷±۰/۰۶
B	تنگه هرمز	۳۲۰۰۰	۳۴	دما	۲۸/۳±۰/۰۷	۳۲±۰/۴	۲۸/۱±۰/۴۸
				شوری	۳۶/۸±۰/۰۳۷	۳۷/۱±۰/۰۱	۳۷/۵±۰/۶۵
C	مرکز خلیج فارس	۱۴۰۰۰۰	۱۷۴	دما	۲۷/۲±۱/۰۶	۳۳/۲±۰/۸۴	۲۷/۵±۰/۹۸
				شوری	۳۹/۵±۰/۰۷	۳۹/۳±۰/۲۹	۳۹/۵±۰/۴۸
D	شمال خلیج فارس	۸۶۰۰۰	۱۰۵	دما	۲۵/۴±۰/۶۸	۳۲±۰/۷	۲۶/۷±۰/۶۳
				شوری	۴۰/۳±۰/۱۹	۳۹/۱±۰/۲	۴۰±۰/۱۷

* عدد محاسبه شده بر اساس سیستم مختصات WGS 1984 UTM است. ** میانگین دما و شوری سطح در اینجا (انحراف معیار) نوشته شده است.

جدول ۳. ارتباط دما و شوری سطح با عمق ۵ متر، ۲۰ متر و ۵۰ متر در چهار بخش انتخابی در طول فصول مختلف سال (بر اساس داده‌های WOA13)

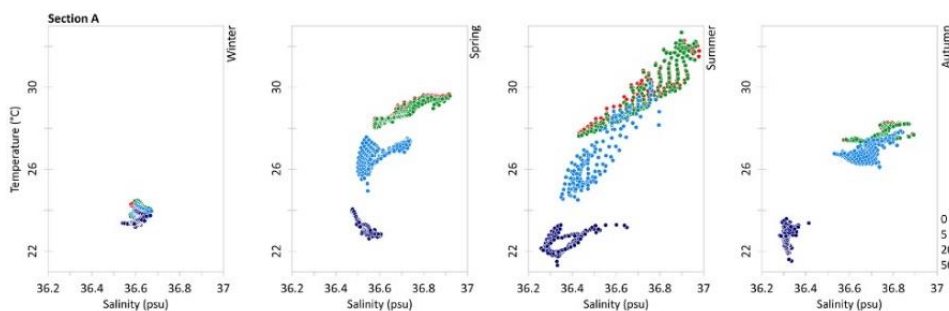
بخش	A				B				C				D				
	w	sp	su	a	w	sp	su	a	w	sp	su	a	w	sp	su	a	
دما	فصل *																
	همبستگی سطح با عمق ۵ متر																
	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹
	۰/۹۶	۰/۸۴	۰/۴۵	۰/۸۵	-۰/۱۸	۰/۲۴	-۰/۵۸	۰/۱۸	۰/۹۹	۰/۹۵	۰/۷۵	-۰/۶۱	۰/۹۳	۰/۵۳	۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۹۹
	۰/۷۲	۰/۶۴	۰/۴۵	۰/۴	۰/۷۹	۰/۸۷	-۰/۳۲	۰/۶۴	۰/۸۸	-۰/۴۴	۰/۰۹	-۰/۷۷	۰/۸۵	-۰/۸۲	۰/۳۴	۰/۲۰	۰/۹۹
	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۸۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۲	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹
شوری	فصل *																
	همبستگی سطح با عمق ۵ متر																
	۰/۷۵	۰/۹۰	۰/۰۴	۰/۹۰	۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۸۳	۰/۷۶	۰/۹۹
	۰/۷۵	۰/۹۰	۰/۰۴	۰/۹۰	۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۸۳	۰/۷۶	۰/۹۹
	۰/۹۱	۰/۹۰	-۰/۶۵	۰/۹۰	۰/۶۴	۰/۶۷	۰/۳۸	۰/۷۶	۰/۹۵	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۹۹	۰/۷۴	۰/۸۸	۰/۷۵	۰/۳۷	۰/۹۹
	۰/۹۱	۰/۹۰	-۰/۶۵	۰/۹۰	۰/۶۴	۰/۶۷	۰/۳۸	۰/۷۶	۰/۹۵	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۹۹	۰/۷۴	۰/۸۸	۰/۷۵	۰/۳۷	۰/۹۹

* فصل؛ زمستان (w)، بهار (sp)، تابستان (su) و پاییز (a)

۳. نتایج

همچنان مشابه فصل زمستان است. در فصل تابستان افزایش دما شدیدتر می‌شود و دمای لایه‌های نزدیک سطح افزایش می‌یابد و همچنین شاهد افزایش میزان شوری مخصوصاً در سطح و عمق ۵ متر هستیم، در فصل پاییز تقریباً شرایط دما و شوری در عمق بالاتر از ۵۰ متر به عدد واحدی نزدیک می‌شود. با مقایسه ضرایب جدول ۳، این موارد تأیید می‌شود، همان‌طور که در این جدول اشاره شده است؛ کمیت دما در عمق ۵۰ متر با سطح به جز فصل بهار در دیگر فصول سال بیشترین تفاوت را دارد. این الگوی تغییرات، تشابه تقریباً خوبی با کار مشاهداتی آلسی و همکاران دارد (Alessi et al., 1999).

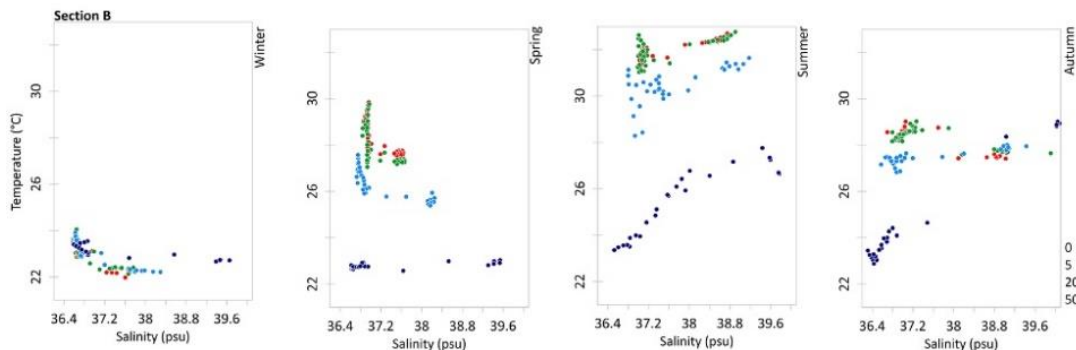
به دلیل وسیع بودن منطقه‌ی موردبررسی در این مطالعه، با استفاده از تفکیک حوضه‌های آبی از منظر موقعیت قرارگیری، عمق و همچنین میزان تغییرات دما و شوری حاصل از نقشه‌های رسم شده، ابتدا به بررسی هم‌زمان دو کمیت دما و شوری پرداخته می‌شود، برای این منظور نمودارهای شکل ۲ تا ۵ رسم شده است که در ادامه تشریح می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است؛ در فصل زمستان میزان دما و شوری در تمامی دریای عمان مشابه است و با تغییر فصل، شاهد افزایش دما، مخصوصاً در سطح هستیم و عمق ۵۰ متر



شکل ۲. نمودار میانگین فصلی دما و شوری در بخش A؛ دریای عمان، حاصل از داده‌های WOA13، داده‌ها در چهار عمق سطح، ۵، ۲۰ و ۵۰ متر

کمیت شوری سطح با سه عمق دیگر در طول تغییرات فصلی متناسب است، بدین معنی که اگر با تغییر فصل شاهد افزایش شوری در سطح هستیم در لایه‌های زیرین نیز این افزایش با تشابه بالایی، وجود دارد. این الگوی تغییرات در نتایج کار مدل‌سازی کمپف (Kämpf) و صدری‌نسب نیز مشاهده می‌شود (Kämpf and Sadrinasab, 2006). همچنین در کار مشاهداتی آلسی و همکاران نیز این الگوی تغییرات مشاهده می‌شود (Alessi et al., 1999).

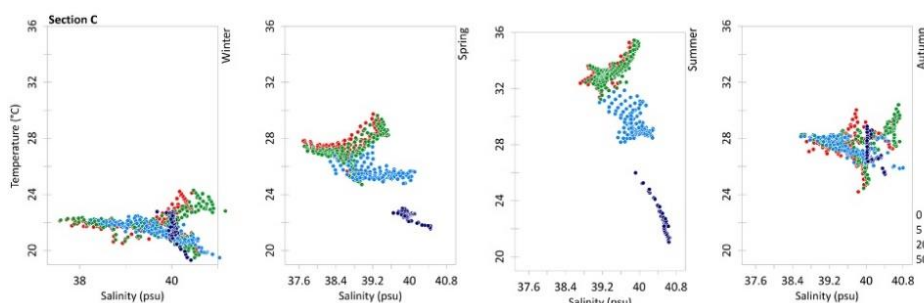
در بخش تنگه‌ی هرمز (B) میزان دما و شوری پراکندگی زیادی دارد که ناشی از تفاوت شرایط ورودی و خروجی این ناحیه است، به‌نحوی که ورودی تنگه کاملاً متأثر در شرایط دما و شوری منطقه‌ی دریایی عمان است که به یک‌باره با کاهش عمق مواجه می‌شود و قسمت خروجی تنگه شرایط مشابه منطقه‌ی خلیج فارس است. این موضوع در نمودارهای شکل ۳ مشخص است. همان‌طور که از نمودارهای این بخش مشخص است، با تغییر فصل از زمستان به بهار و سپس تابستان، هر دو کمیت دما و شوری هر چهار عمق با افزایش همراه است ولی در فصل پاییز با کاهش همراه است. با توجه به جدول ۳



شکل ۳. نمودار میانگین فصلی دما و شوری در بخش B؛ تنگه‌ی هرمز، حاصل از داده‌های WOA13، داده‌ها در چهار عمق سطح، ۵، ۲۰ و ۵۰ متر است.

البته کمیت شوری در این منطقه در تمامی فصول سال الگوی تغییرات مشابهی نسبت به سطح دارند. با تغییر فصل از زمستان به بهار و تابستان، دمای تمامی عمق‌ها با افزایش همراه بوده که با شروع فصل پاییز دما مقداری کاهش می‌یابد؛ این الگو از سطح تا عمق ۲۰ متر مشهودتر است، اما شوری در طول تغییر فصل از بهار به تابستان و پاییز همراه با افزایش است و در طول فصل بهار نیز دارای پراکندگی بیشتری است.

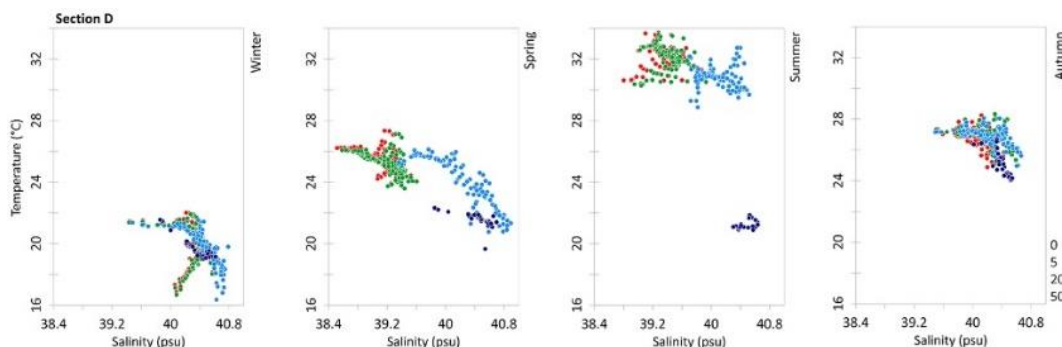
شکل ۴ الگوی تغییرات و مقدار دو کمیت دما و شوری در عمق‌های متفاوت ناحیه مرکزی خلیج فارس (C) را نشان می‌دهد. نتایج این نمودار تشابه خوبی با کار مشاهداتی آلسی و همکاران و کار مدل‌سازی کمپف و صدری‌نسب دارد. در این بخش همان‌طور که از جدول ضرایب همبستگی عمق‌های مختلف با سطح مشخص است، در طول سال هر دو کمیت دما و شوری سطح و لایه‌های عمقی ۵ متر تشابه بسیار زیادی دارند، در عمق‌های ۲۰ و ۵۰ متر اما همراه با تفاوت‌هایی است،



شکل ۴. نمودار میانگین فصلی دما و شوری در بخش C؛ مرکز خلیج فارس، حاصل از داده‌های WOA13، داده‌ها در چهار عمق سطح، ۵، ۲۰ و ۵۰ متر است.

تغییرات دما مشابه دیگر بخش‌ها است اما شوری با تغییر فصل با تغییرات کمی مواجه است هرچند که در فصل بهار و تابستان گستردگی بازه‌ی عددی شوری بیشتر می‌شود و در فصل زمستان و پاییز تغییرات شوری کمتر می‌شود.

نمودار تغییرات دما و شوری در منطقه‌ی شمالی خلیج فارس در شکل ۵ نشان داده شده است. تغییرات در مقایسه با کار آلسی و همکاران، به دلیل گسترده‌تر بودن منطقه مورد مطالعه از نظر بازه عددی مقداری تفاوت دارد اما شیوه تغییرات تقریباً دارای الگوی مشابهی است. با توجه به این نمودارها الگوی



شکل ۵. نمودار میانگین فصلی دما و شوری در بخش D؛ شمال خلیج فارس، حاصل از داده‌های WOA13، داده‌ها در چهار عمق سطح، ۵، ۲۰ و ۵۰ متر است.

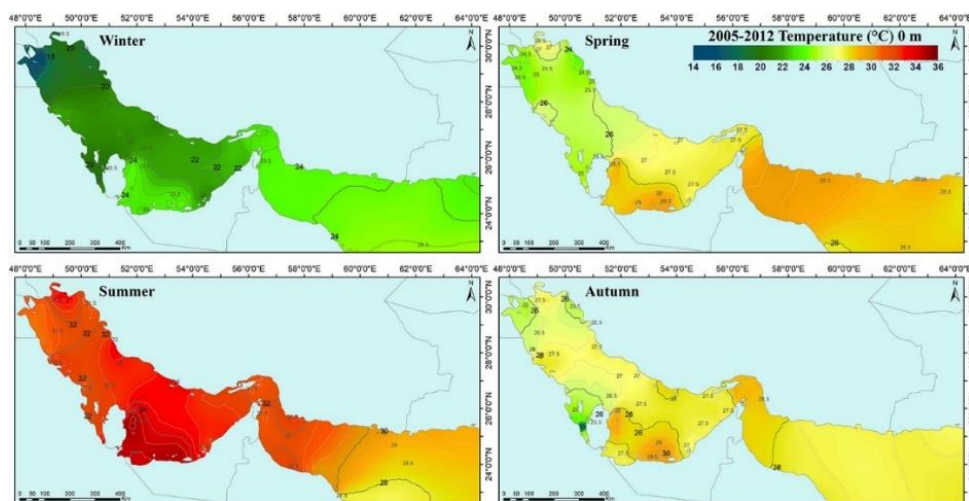
مشخص است؛ تفاوت قابل توجه دما با تغییر فصل روی می‌دهد، این تغییر نیز در منطقه خلیج فارس در مقایسه با دریای عمان و تنگه‌ی هرمز شدیدتر است به نحوی که دمای نواحی شمالی خلیج فارس (ترانسکت E و F) در فصل زمستان در حدود ۱۸ تا ۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد است (کمترین دما) اما با تغییر فصل؛ در فصل بهار به عدد ۲۴ تا ۲۶، در فصل تابستان (بیشترین دما) به عدد ۳۱/۵ تا ۳۳ و در فصل پاییز با کاهش دما همراه است و به عدد ۲۵ تا ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در مطالعه رینولدز رنج دما در این ناحیه در تابستان حداکثر ۲۵ و در زمستان ۱۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Reynolds, 1993). نتایج این مطالعه با پژوهش یو و جونز که مطالعه‌ای با مدل HYCOM در منطقه‌ی دریایی عمان و خلیج فارس انجام داده‌اند، نزدیک‌تر است (Yao and Johns, 2010). همچنین الگوی تغییرات و مقدار دما در این ناحیه به

تغییرات دو کمیت دما و شوری در منطقه مورد مطالعه که شامل دریای عمان، تنگه‌ی هرمز و خلیج فارس می‌شود، توسط نقشه درون‌یابی شده چهار عمق؛ سطح، ۵ متر، ۲۰ متر و ۵۰ متر به تفکیک چهار فصل رسم شده است اما با توجه به نتایج جدول ۳ و وجود همبستگی بالای داده‌های سطح و عمق ۵ متر که نشان از شباهت بسیار بالای این دو لایه است، از بررسی لایه عمق ۵ متر خودداری می‌شود. انتظار می‌رود با مقایسه و تفسیر نقشه‌های حاصل از روش درون‌یابی IDW کمیت دما و شوری، به توان به چرخه کلی منطقه که متأثر از این دو کمیت است شناخت پیدا کرد، هرچند در مطالعات دیگر با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی و روش‌های مدل‌سازی، چرخه و تغییرات اشاره شده تشریح شده است. نقشه درون‌یابی شده میانگین دمای سطح، سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۱۲ در شکل ۶ نشان داده شده است. همان‌طور که از مقایسه نتایج این شکل

هرچند نسبت به منطقه‌ی خلیج فارس ملایم‌تر است. میزان دما در این منطقه در فصل زمستان در حدود ۲۳/۵ تا ۲۲/۵ درجه، در فصل بهار ۲۷/۵ درجه، در فصل تابستان ۳۱ تا ۳۲ درجه و در فصل پاییز ۲۸/۵ تا ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد است، در مطالعه رینولدز اعداد گزارش شده کمتر است اما در مطالعه یو و جونز و سویفت و باور مطابقت بیشتری وجود دارد. نکته‌ی حائز اهمیت این منطقه تغییرات ورودی و خروجی تنگه است که در نقش دهانه‌ی ورودی منطقه‌ی خلیج فارس نیز است. میزان تغییرات دما در قسمت ورودی این تنگه به دلیل تغییر میزان عمق نسبت به منطقه‌ی دریایی عمان، قابل‌توجه است و همچنین در قسمت خروجی منطقه‌ی تنگه به دلیل ادامه تغییر عمق نیز مجدد با تغییر همراه است، به شکل تقریبی در دو سوی تنگه دما با اختلاف یک درجه‌ای به دلیل تغییرات عمق به سرعت تغییر می‌کند.

مطالعه سویفت و باور نیز تشابه دارد (Swift and Bower, 2003). نکته قابل‌توجه در منطقه خلیج فارس، تفاوت دما در بخش‌هایی است که به شدت تحت تأثیر کاهش عمق و یا ورودی آب شیرین هستند، از این رو بخش شمالی خلیج فارس (ترانسکت F) که تحت تأثیر ورودی آب شیرین است، همواره در چهار فصل سال نسبت به نواحی مرکزی و شرقی خلیج فارس، از دمای پایین‌تری برخوردار است. همچنین در مجاورت ساحل شرقی کشور قطر تا قسمت‌هایی از ساحل کشور امارات (حدفاصل ترانسکت C و D) به دلیل کاهش چشم‌گیر عمق، در چهار فصل سال دما در این ناحیه از دیگر نواحی منطقه خلیج فارس در سطح بالاتری است (۱/۵ تا ۲ درجه نسبت به نواحی مجاور خود بالاتر است). این مسئله در ابعاد کوچک‌تری در ناحیه ترانسکت E در قسمت ساحل عربستان نیز وجود دارد.

تغییرات دما در منطقه تنگه‌ی هرمز همچون منطقه‌ی خلیج فارس در طی فصول مختلف با شدت بالایی همراه است،



شکل ۶. نقشه‌ی درون‌یابی شده (IDW) میانگین دمای سطح (عمق صفر متر)، بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ حوضه آبی دریای عمان و خلیج فارس در چهار فصل سال، بر اساس پایگاه داده WOA13

هرمز نزدیک‌تر می‌شویم شاهد تغییرات بیشتری هستیم. به‌طور کلی دما در فصل زمستان در منطقه‌ی دریای عمان ۲۴ تا ۲۳/۵ درجه، در فصل بهار ۲۹ تا ۲۸ درجه، در فصل زمستان ۳۰ تا ۳۲/۵ درجه و در فصل پاییز در حدود ۲۸ درجه است. نکته مهم و قابل‌توجه تفاوت دو منطقه‌ی دریای عمان و

منطقه دریای عمان دارای عمق بسیار متفاوت نسبت به دو منطقه‌ی دیگر است همچنین از پهنای بیشتری برخوردار است، از این رو می‌توان این موارد را عامل تغییرات اندک دما در این منطقه بیان کرد، اما در فصل تابستان که به شدت تحت تأثیر شرایط جوی و اقلیمی است، در این منطقه هرچه به سمت تنگه

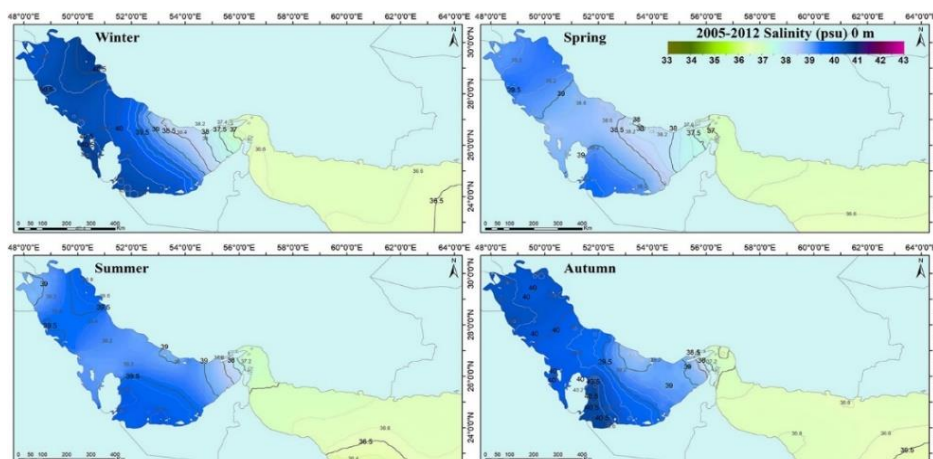
و باور، توسط مدل COHERENS شبیه‌سازی صورت گرفته است؛ الگوی تغییرات کاملاً مشابه است اما میزان شوری در فصل تابستان در سطح بالاتری قرار دارد (Hosseinibalam et al., 2011).

میزان تغییرات شوری در منطقه‌ی تنگه هرمز با تغییر فصل کم است به نحوی که به شکل تقریبی شوری در این منطقه در فصل زمستان و بهار به شکل تقریبی $36/6$ تا 37 (psu) است و در فصل تابستان و پاییز به شکل تقریبی 37 تا 38 (psu) متغیر است. این الگوی تغییرات در مطالعات دیگر نیز مشاهده می‌شود. در منطقه دریای عمان میزان شوری سطح منطقه دارای تغییرات بسیار اندکی است. در فصل زمستان کل منطقه دارای شوری تقریبی $36/6$ (psu) است اما در فصل بهار نهایتاً با $0/2$ درجه افزایش به میزان $36/8$ (psu) خواهد بود. در فصل تابستان و پاییز نیز شوری بین $36/6$ تا 37 (psu) متغیر است و در نزدیکی دهانه تنگه هرمز به میزان 37 (psu) می‌رسد. به شکل کلی با تغییر فصل تغییرات شوری سطح منطقه دریای عمان ناچیز است و در منطقه‌ی تنگه هرمز دو فصل زمستان و بهار با دو فصل تابستان و پاییز در حدود نهایتاً $0/5$ درجه اختلاف دارند (در فصل تابستان و پاییز بیشتر است).

همچنین بیشترین اختلاف شوری دو منطقه‌ی دریای عمان و خلیج فارس به ترتیب در دو فصل زمستان و پاییز اتفاق می‌افتد. در شکل ۸ نقشه درون‌یابی شده میانگین دما در عمق 20 متر، سال‌های $2005-2012$ نشان داده شده است. با افزایش عمق میزان تغییرات دما کاهش یافته است به نحوی که اکثر نواحی هر سه منطقه‌ی دریای عمان، تنگه‌ی هرمز و خلیج فارس به دمای یکسانی نزدیک می‌شوند. در فصل زمان اکثر نواحی منطقه‌ی خلیج فارس دارای دمای 20 درجه است اما در بخش مرکزی (بین ترانسکت C و D) دما در حدود 22 درجه است (این ناحیه دارای عمق بیشتری نسبت به دیگر نواحی است). شرایط در فصول دیگر نیز به همین شکل است؛ در فصل بهار دما بین 26 و 24 درجه، در فصل تابستان 28 تا $30/5$ درجه و در فصل پاییز نیز 26 تا 24 درجه سانتی‌گراد است.

خلیج فارس در فصل تابستان است، به نحوی که در فصل زمستان و بهار و پاییز دمای تقریبی دریای عمان بیشتر از دمای منطقه‌ی خلیج فارس است، اما در فصل تابستان دمای خلیج فارس بیشتر از دمای دریایی عمان است. این امر می‌تواند ناشی از شدت تغییرات جوی و اقلیمی منطقه در تقابل با ویژگی‌های توپوگرافی باشد که موجب شده است منطقه‌ی خلیج فارس با عمق کمتر، بیشتر تحت تأثیر این شدت تغییرات جوی و اقلیمی قرار گیرد. نقشه درون‌یابی شده میانگین شوری سطح، سال‌های $2005-2012$ در شکل ۷ نشان داده شده است. تفاوت میزان شوری با تغییر فصل رویی می‌دهد، این تغییر نیز در منطقه دریای عمان در مقایسه با خلیج فارس و تنگه‌ی هرمز به شدت در سطح پایین‌تری است. به‌طور کلی شوری منطقه‌ی خلیج فارس در فصل زمستان (سردترین فصل سال) در بازه‌ی 37 تا $40/5$ (psu) متغیر است (هرچه به سمت غرب حرکت کنیم میزان شوری افزایش پیدا می‌کند)، این موضوع در مطالعه سويفت و باور کاملاً مشهود است. در بخش شمالی خلیج فارس (ترانسکت‌های E و F) شوری به میزان $40/5$ (psu) است، اما در نزدیکی ورودی آب شیرین این منطقه میزان شوری در حدود $0/3$ کاهش می‌یابد.

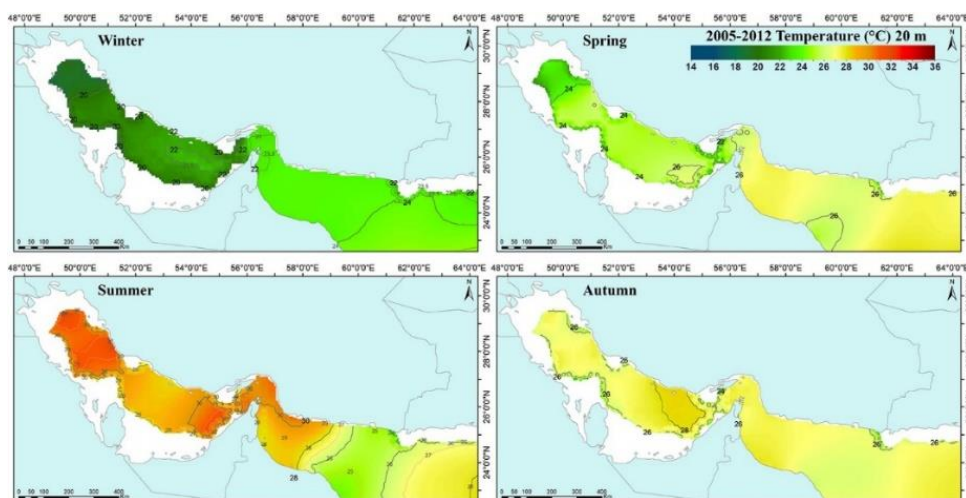
در نواحی ساحل شرقی کشور قطر تا بخشی از ساحل کشور امارات (حدفاصل ترانسکت C و D) برخلاف دیگر نقاط منطقه میزان شوری در حدود $40/2$ (psu) است که ناشی از عمق بسیار پایین این ناحیه است. در حدفاصل ابتدای منطقه‌ی خلیج فارس شاهد افزایش سریع میزان شوری هستیم که با دور شدن از ناحیه مرکزی منطقه‌ی خلیج فارس میزان تغییرات شوری در سطح، یکنواخت‌تر می‌شود. تغییرات اشاره شده در سه فصل دیگر نیز مشابه است، اما میزان سطح شوری در فصل بهار از $37/5$ تا $39/5$ (psu) در منطقه متفاوت است و در فصل تابستان نیز از 38 تا $39/8$ (psu) و در فصل پاییز نیز از $38/5$ تا $40/5$ (psu) متفاوت است، الگوی این تغییرات در مطالعه یو و جونز و کمپف و صدری‌نسب نیز دیده می‌شود. در مطالعه حسینی بالام و همکاران (۲۰۱۱) که بر اساس مطالعه سويفت



شکل ۷. نقشه‌ی درون‌یابی شده (IDW) میانگین شوری سطح (عمق صفر متر)، بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ حوضه آبی دریای عمان و خلیج فارس در چهار فصل سال، بر اساس پایگاه داده WOA13

درجه سانتی‌گراد (نزدیک ورودی تنگه‌ی هرمز) هستیم، این اختلاف زیاد به دلیل عمق نسبتاً زیاد نواحی شرقی منطقه و کاهش عمق زیاد در مجاورت با ورودی تنگه‌ی هرمز است. در واقع می‌توان گفت تأثیر شدید شرایط جوی و اقلیمی این فصل در عمق‌های زیاد (نواحی شرق) نفوذ نکرده است.

در منطقه‌ی تنگه‌ی هرمز نیز، در فصل زمستان دما بین ۲۳/۵ تا ۲۲ درجه، فصل بهار در حدود ۲۵ درجه، در فصل تابستان در حدود ۳۰ درجه و در فصل پاییز نیز در حدود ۲۶ درجه سانتی‌گراد است. در منطقه دریای عمان نیز در تمامی فصول سال به جزء فصل تابستان دما تقریباً یکسان است اما در فصل تابستان شاهد تغییر دما بین ۲۶ درجه (شرق دریای عمان) تا ۳۰



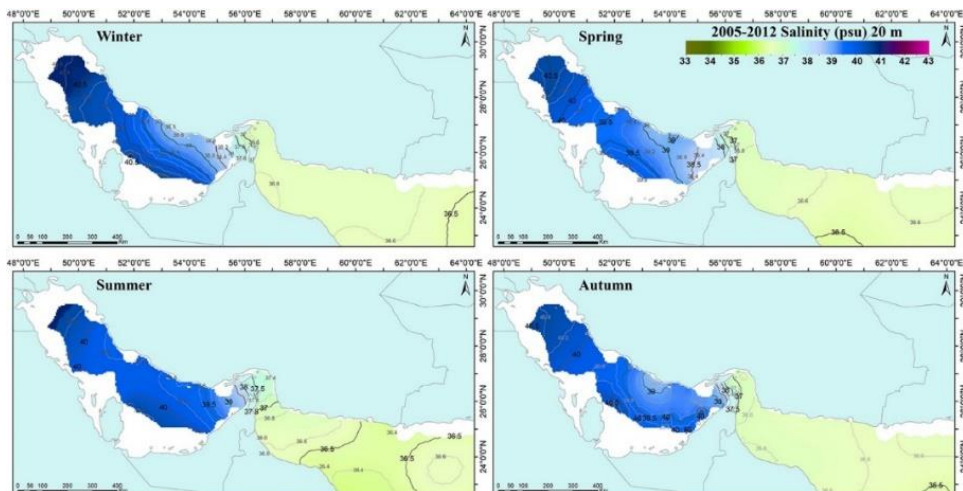
شکل ۸. نقشه‌ی درون‌یابی شده (IDW) میانگین دمای عمق ۲۰ متر، بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ حوضه آبی دریای عمان و خلیج فارس در چهار فصل سال، بر اساس پایگاه داده WOA13

درون‌یابی شده میانگین شوری عمق ۲۰ متر، سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۱۲ در شکل ۹ نشان داده شده است. به شکل کلی میزان شوری با افزایش عمق نسبت به سطح افزایش پیدا کرده است. دو فصل زمستان و بهار شرایط تقریباً مشابهی دارند؛ در نواحی شمالی خلیج فارس شوری بین ۴۰ تا ۴۰/۵ (psu) است و در نواحی مرکزی نیز در حدود ۳۸/۸ تا ۳۹/۲ (psu) متغیر است. نواحی شمالی فصل تابستان و پاییز دارای شوری ۳۹/۸ تا

نکته قابل توجه دیگر این است که در تمامی فصول سال دمای عمق ۲۰ متر دریای عمان نسبت به منطقه خلیج فارس بالاتر است اما در فصل پاییز این دو منطقه در این عمق دمای تقریباً نزدیکی دارند، همچنین به شکل کلی منطقه دریای عمان در طول تغییر فصل شاهد کمترین میزان تغییر دما است، فقط در فصل تابستان در نواحی نزدیک به ورودی تنگه‌ی هرمز که از عمق کمتری برخوردار است دمای متفاوتی (بالاتر) دارد. نقشه

قسمت خروجی تنگه‌ی هرمز شاهد تغییرات شدید خطوط هم‌شوری هستیم. در این منطقه در تمامی فصول سال شوری در حد ۳۷ (psu) است و در فصل تابستان نیز در حدود ۳۷/۵ (psu) است. در منطقه‌ی دریای عمان نیز در تمامی فصول سال شوری در حدود ۳۶/۶ تا ۳۶/۸ (psu) است.

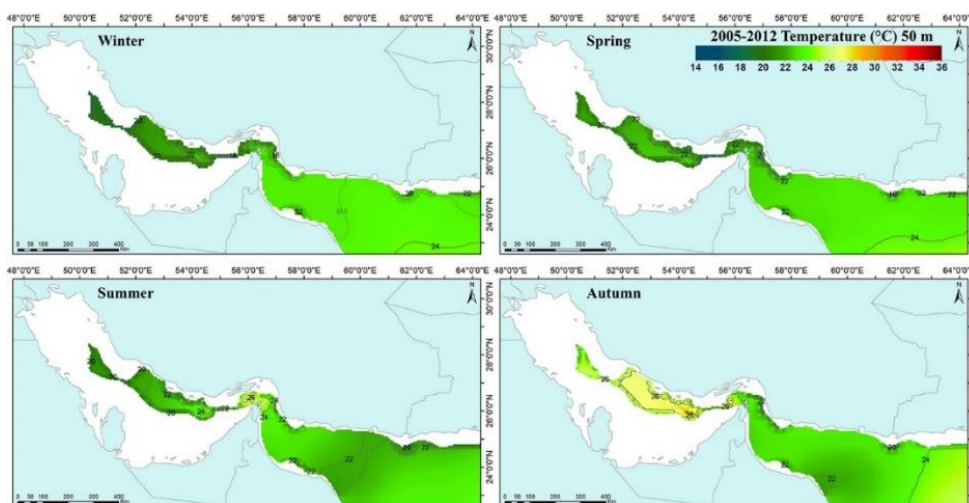
۴۰/۲۰ (psu) است اما نواحی مرکزی در فصل پاییز بیشتر مشابه فصل زمستان است و در فصل تابستان نیز به میزان تقریبی ۳۹/۸ (psu) مقداری بیشتر از شرایط فصول دیگر است. در قسمت ورودی منطقه‌ی تنگه هرمز در تمامی فصول سال به جزء فصل تابستان شوری مشابه منطقه‌ی دریای عمان و در



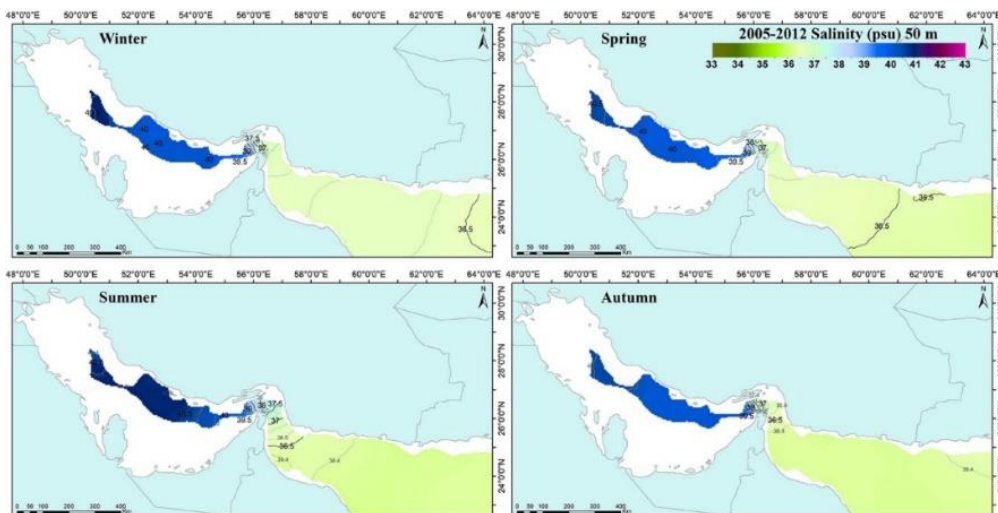
شکل ۹. نقشه‌ی درون‌یابی شده (IDW) میانگین شوری عمق ۲۰ متر، بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ حوضه آبی دریای عمان و خلیج فارس در چهار فصل سال، بر اساس پایگاه داده WOA13

شوری در منطقه‌ی خلیج فارس در حدود ۴۰ (psu) است که در فصل تابستان به میزان ۴۰/۵ (psu) نیز می‌رسد، در منطقه‌ی تنگه هرمز شوری بین ۳۶/۵ (ورودی تنگه‌ی هرمز) تا ۳۷/۵ (psu) (خروجی تنگه‌ی هرمز) است و همچنین دریای عمان نیز دارای شوری تقریبی ۳۶/۵ (psu) است.

با توجه به شکل ۱۱؛ تغییرات شوری در عمق ۵۰ متر نیز کماکان با عمیق‌تر شدن افزایش می‌یابد اما میزان تغییرات آن در کل منطقه ناچیز است و به عبارتی شوری به یک میزان ثابتی رسیده است، با این حال در فصل تابستان در نواحی مرکزی میزان شوری ۰/۵ psu بیش از فصول دیگر است اما دیگر مناطق در فصول مختلف میزان شوری یکسانی دارند. میزان



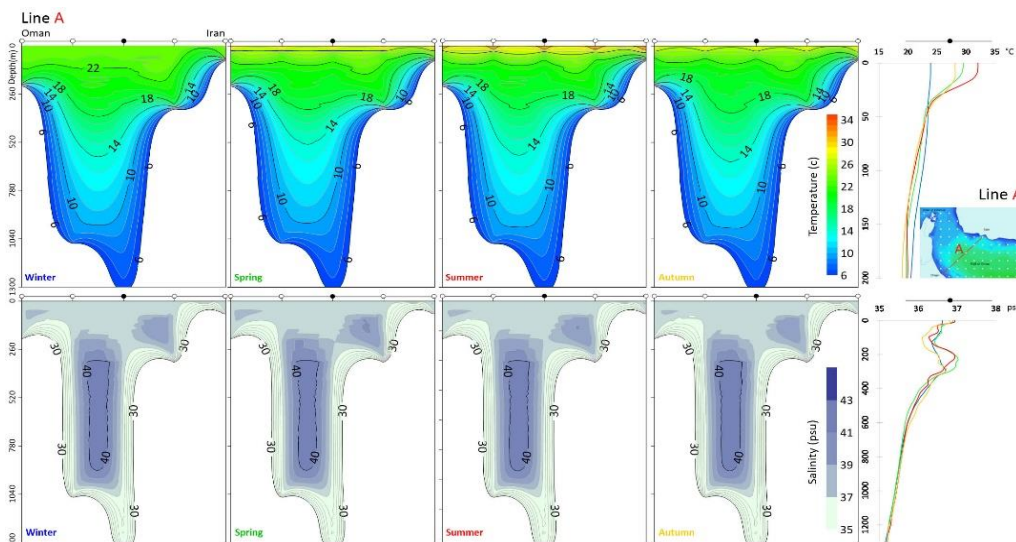
شکل ۱۰. نقشه‌ی درون‌یابی شده (IDW) میانگین دمای عمق ۵۰ متر، بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ حوضه آبی دریای عمان و خلیج فارس در چهار فصل سال، بر اساس پایگاه داده WOA13



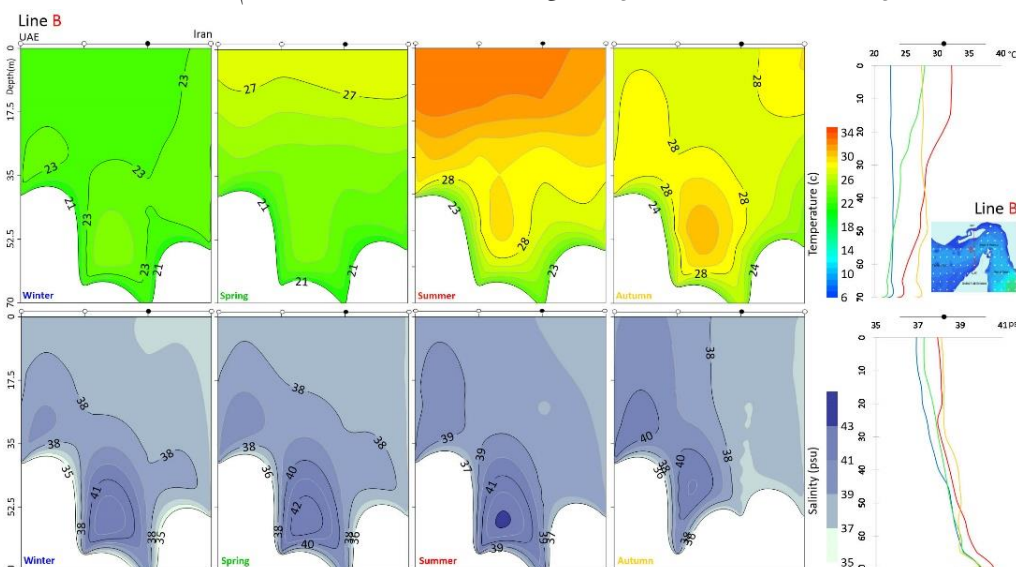
شکل ۱۱. نقشه‌ی درون‌یابی شده (IDW) میانگین شوری عمق ۵۰ متر، بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ حوضه آبی دریای عمان و خلیج فارس در چهار فصل سال، بر اساس پایگاه داده WOA13

تا عمق تقریبی ۴۰۰ متر تفاوت‌های فصلی مشهود است و از عمق ۶۰۰ متر به پایین‌تر تقریباً شوری یکسان می‌شود. نکته قابل ذکر دیگر تغییرات شدیدتر دما و شوری در ناحیه نزدیک به ساحل ایرانی است، تغییرات سطح تا عمق در این ناحیه شدید بوده که می‌تواند ناشی از جریان ورودی به تنگه‌ی هرمز باشد. همچنین با توجه به عمق زیادی که این ناحیه دارد، در تمامی فصول سال هر دو کمیت دما و شوری در عمق ناحیه دارای تغییرات مشابه است، اما در عمق‌های کم؛ دو فصل تابستان و پاییز بیشترین تغییرات را دارند. شکل ۱۳ تغییرات دما و شوری در ترانسکت (خط) B را نشان می‌دهد. این ناحیه در قسمت خروجی منطقه‌ی تنگه‌ی هرمز واقع است، جایی که عمق حداکثر به ۷۰ متر می‌رسد و سواحل نزدیک بخش امارات دارای عمق کمتری است. در فصل زمستان تغییرات سطح تا عمق ناچیز است برخلاف فصل تابستان که از سطح تا عمق حتی تا ۳ درجه تغییر را شاهد هستیم، در فصل بهار با افزایش دمای هوا، تنها نواحی سطحی تحت تأثیر قرار می‌گیرند اما در فصل پاییز گرما تا عمق نفوذ دارد که ناشی از تداوم شرایط گرم جوی و اقلیمی در این فصل است. نحوه‌ی تغییرات ناشی از تغییر فصل کمیت شوری نیز مشابه تغییرات دما است اما با کاهش عمق کمیت شوری افزایش می‌یابد و به شکل کلی تغییرات چه در سطح و چه در عمق کم است. تغییرات دما و شوری ناحیه ترانسکت (خط) C در شکل ۱۴ مشخص است.

با کاهش عمق شاهد یکسان شدن میزان دما در تمامی سه منطقه هستیم به نحوی که دما در حدود ۲۳/۵ تا ۲۲ متغیر است و در فصل تابستان دما در نواحی مرکزی منطقه خلیج فارس و نواحی خروجی تنگه هرمز دارای دمای بالاتر در حدود ۲۶ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد است، این مسئله در فصل پاییز مشهودتر است و بخش‌های بیشتری از نواحی مرکزی خلیج فارس دارای دمایی در حدود ۲۶ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۱۰). به‌منظور شناخت تغییرات سطح تا بستر در شش ترانسکت انتخابی، مقطع پروفایل عمودی درون‌یابی شده‌ی میانگین دما و شوری با استفاده از داده‌های مورد مطالعه رسم شده است. همان‌طور که در شکل ۱۲ نشان داده شده است در حداث فصل ساحل ایران و کشور عمان (واقع در منطقه‌ی دریای عمان) پنج نقطه حاوی داده از سطح تا بستر در دسترس است که پروفایل از این داده‌ها منتج شده است (خط یا ترانسکت انتخابی A). ناحیه مورد مطالعه دارای عمق حداکثر ۱۳۰۰ متری است، از این‌رو انتظار می‌رود با افزایش عمق کمیت‌های دما و شوری در فصول مختلف یکسان شود، این مسئله به‌خوبی در نمودار تغییرات سطح تا عمق دما و شوری (ترموکلاین و هالوکلاین) روشن است؛ دما در فصول مختلف در نقطه بررسی شده (نقطه‌ی مشک) دارای اختلاف مشهودی است به‌نحوی که در تابستان بیش از ۳۲ درجه سانتی‌گراد و در فصل زمستان دمایی در حدود ۲۳ درجه سانتی‌گراد دارد و از عمق تقریبی ۴۰ متر تغییرات فصلی ناچیز می‌شود. پیرامون شوری نیز می‌توان گفت



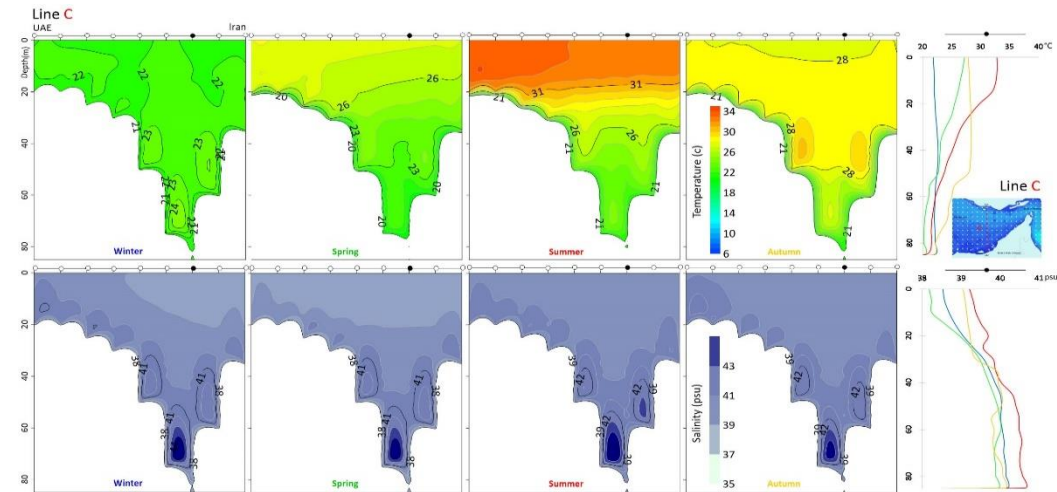
شکل ۱۲. درون‌یابی (IDW) مقطع پروفایل عمودی (سطح تا بستر)، میانگین دما و شوری ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ چهار فصل مختلف سال در خط A (ساحل ایران به ساحل عمان)، بر اساس داده‌های WOA13 (با توجه به روش درون‌یابی شده، داده‌های نزدیک به بستر از اعتبار لازم برخوردار نیستند).



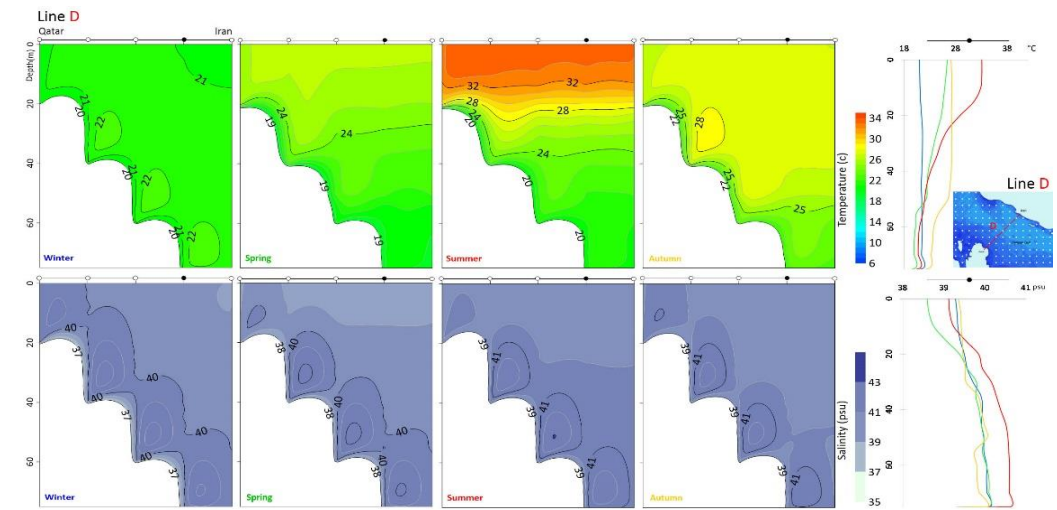
شکل ۱۳. درون‌یابی (IDW) مقطع پروفایل عمودی (سطح تا بستر)، میانگین دما و شوری ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ چهار فصل مختلف سال در خط B (ساحل ایران به ساحل امارات)، بر اساس داده‌های WOA13

دلیل بیشینه بودن میزان دمای هوا، سطح این ناحیه دارای افزایش دما است و با آغاز فصل پاییز هرچند دمای سطح مقداری کاهش پیدا می‌کند اما با توجه به شرایط فصل قبل؛ عمق بیشتری از ناحیه متأثر از شرایط جوی و اقلیمی می‌شود. این مسئله تا حدودی در خطوط B، D، E نیز مشاهده می‌شود. تغییرات شوری با توجه به تغییر فصل نیز در این ناحیه مشابه خطوط دیگر است، اما با توجه به عمق کمتر سمت غیر ایرانی، مشاهده می‌شود که شوری بالاتر از سمت ایرانی است. نکته مشهود دیگر شوری بالاتر فصل زمستان نسبت به فصل بهار است؛ این موضوع در خطوط C تا F به خوبی مشخص است.

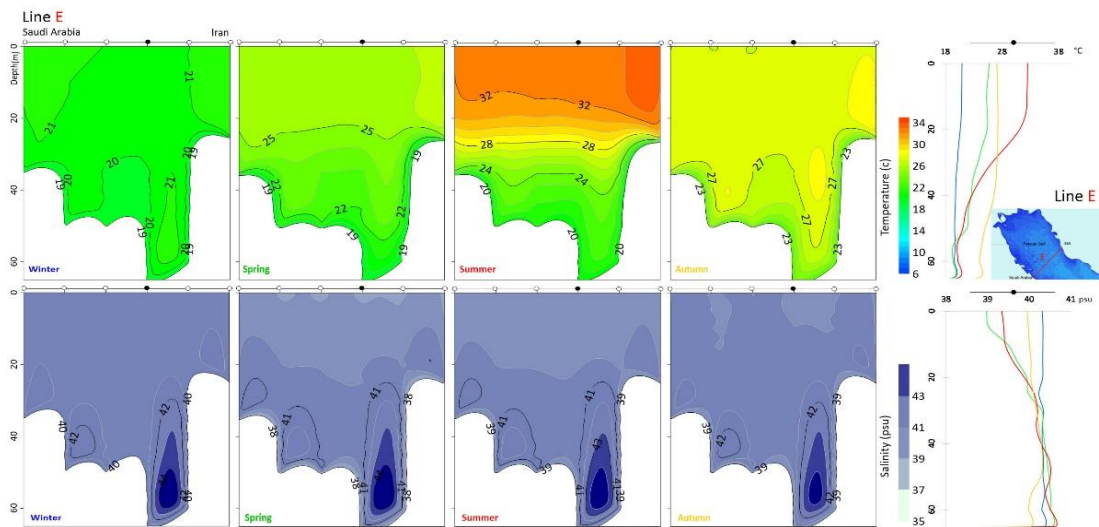
این منطقه در حدفاصل ساحل ایران و کشور امارات قرار دارد، نواحی نزدیک سواحل امارات دارای عمق کمتری نسبت به سمت ایرانی است، همچنین بیشترین عمق به حدود ۸۰ متر می‌رسد. با توجه تغییرات شکل گرفته در طول تغییرات فصل، نکته‌ای قابل توجه است؛ در فصل زمستان سطح، متأثر از شرایط جوی و اقلیمی است و این تأثیر تا عمق نیز ادامه دارد به نحوی که در نمودار ترموکلاین این ناحیه مشخص است. با شروع فصل بهار و افزایش دمای جو، دمای سطح ناحیه افزایش می‌یابد اما آب‌های زیرین کمتر از این افزایش سطح متأثر می‌شوند و دمایی مشابه فصل زمستان دارند. در تابستان نیز به



شکل ۱۴. درون‌یابی (IDW) مقطع پروفایل عمودی (سطح تا بستر)، میانگین دما و شوری ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ چهارفصل مختلف سال در خط C (ساحل ایران به ساحل امارات)، بر اساس داده‌های WOA13



شکل ۱۵. درون‌یابی (IDW) مقطع پروفایل عمودی (سطح تا بستر)، میانگین دما و شوری ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ چهارفصل مختلف سال در خط D (ساحل ایران به ساحل قطر)، بر اساس داده‌های WOA13

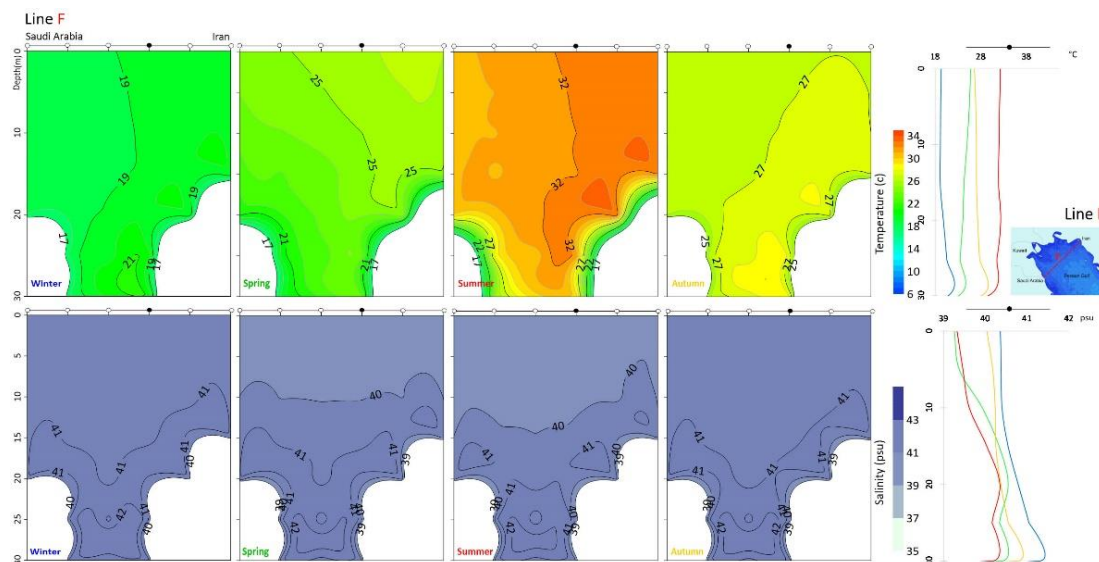


شکل ۱۶. درون‌یابی (IDW) مقطع پروفایل عمودی (سطح تا بستر)، میانگین دما و شوری ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ چهارفصل مختلف سال در خط E (ساحل ایران به ساحل عربستان)، بر اساس داده‌های WOA13

جوی و اقلیمی در سطح بالاتری تغییر می‌کند. همچنین در این نواحی کم‌عمق مشاهده می‌شود که شوری در فصل زمستان همواره از دیگر فصول سال بیشتر است در صورتی که در نواحی خطوط A تا C در فصل تابستان شاهد شوری بیشتر هستیم. در ادامه شکل ۱۵، شکل ۱۶ و شکل ۱۷ به ترتیب تغییرات دما و شوری نواحی D، E و F را نشان می‌دهد. این خطوط مورد بررسی نیز شرایط مشابه گفته شده را دارد اما با توجه به عمق کمتر خطوط D، E و F تغییرات ناشی از تغییر فصل کمیت شوری و دما محدود به سطح نیست و تا بستر این نواحی، این تغییرات و تفاوت‌ها وجود دارد، این موضوع در خط F (کمترین عمق در بین خطوط انتخابی، حدود ۳۰ متر) کاملاً مشهود است.

با توجه به قرارگیری این خطوط در نواحی کم‌عمق می‌توان انتظار داشت توده‌های آب این نواحی بیشتر تحت تأثیر عوامل جوی و اقلیمی قرار گیرند، برای مثال می‌توان گفت ورودی آب شیرین در این ناحیه در فصل بهار بیشتر است و این می‌تواند عاملی در توجیه بالاتر بودن میزان شوری فصل زمستان نسبت به بهار باشد، این موضوع در مطالعات گذشته بیان شده است (Chao et al., 1992).

دو فصل زمستان و پاییز، فصولی هستند که کمیت دما کمترین تغییر از سطح تا عمق را دارد، می‌توان گفت در نواحی کم‌عمق منطقه‌ی خلیج فارس، در این دو فصل دمای سطح و عمق اختلاف اندکی دارند، دلیل این موضوع می‌تواند مهیا بودن زمان کافی برای تأثیرپذیری توده‌ی آب از شرایط جوی و اقلیمی بیان کرد، در دو فصل دیگر شرایط



شکل ۱۷. درون‌یابی (IDW) مقطع پروفایل عمودی (سطح تا بستر)، میانگین دما و شوری ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ چهار فصل مختلف سال در خط F (ساحل ایران به ساحل عربستان)، بر اساس داده‌های WOA13

۴. نتیجه‌گیری

شوری نیز در یک رنج ایده‌آل قرار گرفته و از وجود نوسانات بالا که می‌تواند مربوط به سال‌های خاصی باشد، چشم‌پوشی شده است. بدین جهت این داده‌ها می‌تواند منبع مناسبی به جهت شناخت کلی تغییرات و شرایط دو کمیت دما و شوری در منطقه باشد و در مطالعات مختلف مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به وجود سه منطقه‌ی دریای عمان، تنگه هرمز و خلیج فارس، می‌توان چنین نتیجه گرفت؛ در منطقه‌ی دریای عمان کمیت شوری با تغییر فصل کمترین تغییر را دارد. در بخش مرکزی خلیج فارس با شروع فصل تابستان میزان شوری

پس از بررسی نقشه و نمودارهای ترسیم شده حاصل از داده‌های WOA13 و مقایسه با دیگر کارهای صورت گرفته، به شکل کلی می‌توان نتیجه گرفت که الگوی تغییرات چهار منطقه‌ی مورد مطالعه (به‌منظور مطالعه بیشتر، خلیج فارس به دو بخش مجزا تقسیم شده است) کاملاً مشابه مطالعات مشاهداتی و مدل‌سازی است، اما از نظر مطابقت دقیق با دیگر مطالعات، اختلافاتی وجود دارد. از آنجایی که داده‌های WOA13 میانگینی از بازه تاریخی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۲ است، میزان دما و

- Southern Red Sea, and Arabian Sea 1923-1996.
5. Ali, A., Mohd Muslim, A., Lokman Husain, M., Fadzil Akhir, M., 2013. Comparison of different Geostatistical Approaches to map Sea Surface Temperature (SST) of Southern South China Sea, in: EGU General Assembly Conference Abstracts. pp. EGU2013--1594.
 6. Alosairi, Y., Imberger, J., Falconer, R.A., 2011. Mixing and flushing in the Persian Gulf (Arabian Gulf). *Journal of Geophysical Research: Oceans* 116.
 7. Amante, C., Eakins, B.W., 2009. ETOPO1 arc-minute global relief model: procedures, data sources and analysis.
 8. Chao, S.-Y., Kao, T.W., Al-Hajri, K.R., 1992. A numerical investigation of circulation in the Arabian Gulf. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 97, 11219–11236.
 9. Escudero, L., Rivera, V., 2011. Distribution of Peruvian anchovy fleets in relation to oceanic parameters. *Handbook of Satellite Remote Sensing Image Interpretation: Applications for Marine Living Resources Conservation and Management*.
 10. Gouretski, V., 2018. World ocean circulation experiment--argo global hydrographic climatology. *Ocean Science* 14, 1127–1146.
 11. Hastenrath, S., Greischar, L., 1991. The monsoonal current regimes of the tropical Indian Ocean: Observed surface flow fields and their geostrophic and wind-driven components. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 96, 12619–12633.
 12. Hosseinibalam, F., Hassanzadeh, S., Rezaei-Latifi, A., 2011. Three-dimensional numerical modeling of thermohaline and wind-driven circulations in the Persian Gulf. *Applied mathematical modelling* 35, 5884–5902.
 13. Huchhe, M.R., Bandela, N.N., 2016. Study of water quality parameter assessment using GIS and remote sensing in DR. BAM University, Aurangabad, MS. *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science* 5, 46–50.
 14. Hunter, J.R., 1983. Aspects of the dynamics of the residual circulation of the Arabian Gulf, in: *Coastal Oceanography*. Springer, pp. 31–42.
 15. Jiang, Q., He, J., Wu, J., Hu, X., Ye, G., Christakos, G., 2019. Assessing the severe eutrophication status and spatial trend in the Southern Red Sea, and Arabian Sea 1923-1996.
- افزایش پیدا می‌کند که ناشی از تبخیر شدید و عمق کمتر این بخش است. کمیت دما همواره در فصل زمستان کمترین میزان خود را دارد و در فصل تابستان به بیشترین میزان می‌رسد. البته منطقه‌ی تنگه هرمز به مراتب نسبت به دیگر مناطق تغییرات دمایی کمتری دارد. به ترتیب بیشترین و کمترین میزان شوری در؛ بخش شمالی خلیج فارس و دریای عمان، تجربه می‌شود و همچنین، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان دما مربوط به؛ بخش مرکزی خلیج فارس (فصل تابستان) و بخش شمالی خلیج فارس (در فصل‌های زمستان و بهار) است.
- در خلال تغییر فصل از زمستان به تابستان، شوری و دما از شرق (دریای عمان) به غرب (بخش شمالی خلیج فارس) افزایش پیدا می‌کند و در فصل پاییز همراه با کاهش است. این امر به‌خوبی چرخه ترموهاالاین منطقه را تشریح می‌کند، به عبارتی چرخه‌ی ناشی از تفاوت دما و شوری از دریایی عمان، از طریق تنگه هرمز) به خلیج فارس است.
- در نواحی مرکزی خلیج فارس تا نواحی شمالی خلیج فارس، میزان شوری در فصل زمستان بیش از فصل بهار است به شکلی که در نواحی شمالی شوری فصل زمستان حتی از دیگر فصول سال نیز بیشتر می‌شود. این امر ناشی از کاهش قابل توجه دما در این نواحی و پایین بودن میزان آب شیرین ورودی در فصل زمستان است.

۵. منابع

1. 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.
2. Al-Rabeh, A.H., Cekirge, H.M., Gunay, N., 1992. Modeling the fate and transport of Al-Ahmadi oil spill. *Water, Air, & Soil Pollution* 65, 257–279. <https://doi.org/10.1007/BF00479891>
3. Alamdari, P., Nematollahi, O., Mirhosseini, M., 2012. Assessment of wind energy in Iran: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 836–860. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.09.007>
4. Alessi, C.A., Hunt, H.D., Bower, A.S., 1999. Hydrographic Data from the US Naval Oceanographic Office: Persian Gulf,

23. Searle, M., 2019. Musandam Peninsula and Straits of Hormuz. pp. 129–146. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18453-7_6
24. Selao, A., Malik, A.A., Yani, F.I., Mallawa, A., others, 2019. Remote Chlorophyll-a and SST to Determination of Fish Potential Area in Makassar Strait Waters Using MODIS Satellite Data, in: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. p. 12047.
25. Sheppard, C.R.C., 1993. Physical environment of the Gulf relevant to marine pollution: An overview. *Marine Pollution Bulletin* 27, 3–8. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(93\)90003-3](https://doi.org/10.1016/0025-326X(93)90003-3)
26. Swift, S.A., Bower, A.S., 2003. Formation and circulation of dense water in the Persian/Arabian Gulf. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 108, 1–4.
27. Uchupi, E., Swift, S.A., Ross, D.A., 2002. Morphology and late quaternary sedimentation in the Gulf of Oman Basin. *Marine Geophysical Researches* 23, 185–208.
28. Yao, F., Johns, W.E., 2010. A HYCOM modeling study of the Persian Gulf: 1. Model configurations and surface circulation. *Journal of Geophysical Research* 115, C11017. <https://doi.org/10.1029/2009JC005781>
29. Zweng, M.M., Seidov, D., Boyer, T.P., Locarnini, M., Garcia, H.E., Mishonov, A. V., Baranova, O.K., Weathers, K., Paver, C.R., Smolyar, I., others, 2019. World ocean atlas 2018, volume 2: Salinity. coastal waters of Zhejiang province (China). *Limnology and Oceanography* 64, 3–17.
16. Kämpf, J., Sadrinasab, M., 2006. The circulation of the Persian Gulf: a numerical study. *Ocean Science* 2, 27–41.
17. Locarnini, M.M., Mishonov, A. V., Baranova, O.K., Boyer, T.P., Zweng, M.M., Garcia, H.E., Seidov, D., Weathers, K., Paver, C., Smolyar, I., others, 2018. World ocean atlas 2018, volume 1: Temperature.
18. Noori, R., Tian, F., Berndtsson, R., Abbasi, M.R., Naseh, M.V., Modabberi, A., Soltani, A., Kløve, B., 2019. Recent and future trends in sea surface temperature across the Persian Gulf and Gulf of Oman. *PloS one* 14, e0212790.
19. Piontkovski, S.A., Hamza, W.M., Al-Abri, N.M., Al-Busaidi, S.S.Z., Al-Hashmi, K.A., 2019. A comparison of seasonal variability of Arabian Gulf and the Sea of Oman pelagic ecosystems. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 22, 108–130.
20. Pous, S., Lazure, P., Carton, X., 2015. A model of the general circulation in the Persian Gulf and in the Strait of Hormuz: Intraseasonal to interannual variability. *Continental Shelf Research* 94, 55–70. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2014.12.008>
21. Reynolds, 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. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(93\)90007-7](https://doi.org/10.1016/0025-326X(93)90007-7)
22. Sadrinasab, M., Kämpf, J., 2004. Three-dimensional flushing times of the Persian Gulf. *Geophysical research letters* 31.