

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور - پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان

عنوان :

بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی  
محدوده آبهای ایرانی دریای عمان

مجری مسئول :

محمود ابراهیمی

شماره ثبت

۴۴۸۱۴

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان

عنوان پروژه ملی : بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محدوده آبهای ایرانی دریای عمان

شماره مصوب پروژه : ۸۵۰۳۱-۸۵۰۲-۸۵۰۴-۰۰۰۰۰۰۰۰-۲۰۰۰-۱۰۰-۰

نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان : محمود ابراهیمی

نام و نام خانوادگی مجری مسئول ( اختصاص به پروژه ها و طرحهای ملی و مشترک دارد ) : محمود ابراهیمی

نام و نام خانوادگی مجری / مجریان استانی : کاظم خدادادی جوکار (پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان) - محمود آذینی (مرکز تحقیقات شیلاتی آبهای دور )

نام و نام خانوادگی همکار(ان) : سعید سنجانی، علی رضا خواه، سعید عبدالمجید هاشمیان

نام و نام خانوادگی مشاور(ان) : -

نام و نام خانوادگی ناظر(ان) : -

محل اجرا : استان هرمزگان

تاریخ شروع : ۸۵/۶/۱

مدت اجرا : ۴ سال و ۱۰ ماه

ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

تاریخ انتشار : سال ۱۳۹۴

حق چاپ برای مؤلف محفوظ است . نقل مطالب ، تصاویر ، جداول ، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است .

## «سوابق طرح یا پروژه و مجری مسئول / مجری»

پروژه ملی : بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محدوده آبهای ایرانی  
دریای عمان

کد مصوب : ۸۵۰۳۱-۸۵۰۲-۰۴-۰۰۰۰۰۰۰۰-۱۰۰-۰

شماره ثبت (فروست) : ۴۴۸۱۴ تاریخ : ۹۳/۲/۸

با مسئولیت اجرایی جناب آقای محمود ابراهیمی دارای مدرک تحصیلی  
کارشناسی ارشد در رشته شیمی دریا می باشد.

پروژه توسط داوران منتخب بخش اکولوژی منابع آبی در تاریخ

۹۲/۸/۱۵ مورد ارزیابی و با رتبه عالی تأیید گردید.

در زمان اجرای پروژه، مجری در :

ستاد  پژوهشکده  مرکز  ایستگاه

با سمت عضو هیئت علمی در پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای

عمان مشغول بوده است.

چکیده .....	۱
۱- مقدمه .....	۳
۱-۱- مروری بر منابع تحقیق .....	۵
۲- مواد و روشها .....	۷
۲-۱- ابزار مورد استفاده .....	۷
۲-۲- منطقه مورد بررسی و ایستگاههای نمونه برداری .....	۷
۲-۳- سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب .....	۱۰
۲-۴- رسم نمودارها و تحلیل آماری داده های فیزیکی و شیمیایی .....	۱۰
۳- نتایج .....	۱۲
۳-۱- میانگین تغییرات افقی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی .....	۱۲
۳-۲- ساختار عمودی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی .....	۳۱
۳-۳- خطوط همتراز پارامترهای فیزیکوشیمیایی در مقاطع طولی و عرضی .....	۴۰
۳-۴- نتایج آماری پارامترهای فیزیکوشیمیایی .....	۵۳
۳-۵- میانگین توزیع افقی مواد مغذی در لایه های سطحی نیمه شمالی دریای عمان .....	۵۵
۳-۶- میانگین توزیع عمودی مواد مغذی در لایه های عمقی نیمه شمالی دریای عمان .....	۵۶
۳-۷- میانگین غلظت مواد مغذی در لایه های عمقی مختلف .....	۶۳
۴- بحث و نتیجه گیری .....	۶۷
۴-۱- ساختار مکانی وزمانی دمای آب دریا .....	۶۷
۴-۲- ساختار مکانی وزمانی هدایت الکتریکی .....	۷۰
۴-۳- تغییرات مکانی وزمانی شوری آب دریا .....	۷۲
۴-۴- ساختار مکانی وزمانی چگالی ( $\delta_t$ ) آب دریا .....	۷۶
۴-۵- ساختار مکانی وزمانی اکسیژن محلول .....	۷۸
۴-۶- ساختار مکانی وزمانی کلروفیل-a .....	۸۲
۴-۷- تغییرات مکانی وزمانی کدورت آب دریا .....	۸۴
۴-۸- تغییرات مکانی وزمانی pH .....	۸۵
۴-۹- تغییرات مکانی وزمانی مواد مغذی .....	۸۷
پیشنهادها .....	۹۲
منابع .....	۹۴
چکیده انگلیسی .....	۹۷

## چکیده

در این پروژه محدوده آبهای جمهوری اسلامی ایران در نیمه شمالی دریای عمان و تنگه هرمز تحت پوشش قرار گرفت. در محدوده فوق تعداد ۱۰ ترانسکت عمود بر ساحل هر کدام به فاصله ۳۰ مایل از یکدیگر تعیین و سپس در روی هر ترانسکت ها تعداد ۴ ایستگاه ثابت نمونه برداری انتخاب گردید. گشتهای دریایی با استفاده از کشتی تحقیقاتی فردوس ۱ و در طی فصل های بهار و پاییز سالهای ۸۶ و ۸۸ به انجام رسید. در این تحقیق، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب از قبیل درجه حرارت، شوری، چگالی، pH، EC، کدورت، اکسیژن محلول، کلروفیل a و مواد مغذی (nutrients) مورد بررسی قرار گرفت. پروفیل عمودی همه پارامترهای مذکور (به جز مواد مغذی) با استفاده از دستگاه CTD<sup>۱</sup> مورد سنجش قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده می توان به موارد ذیل بصورت خلاصه اشاره نمود:

در دریای عمان نقطه شروع لایه ترموکلاین در فصل بهار تقریباً از لایه های سطحی، در پاییز از لایه های ۲۰ تا ۴۰ متری و در زمستان از عمق ۱۰۰ متری آغاز شده و بطور میانگین با اختلافی معادل ۱۰ درجه سانتی گراد بین لایه های سطحی و عمقی برقرار می باشد، به عبارت دیگر در این پهنه آبی در طول سال ترموکلاین دائمی برقرار بوده و با تغییرات فصلی فقط نقطه شروع و پهنای شکست لایه حرارتی تغییر می یابد. توزیع افقی و عمودی هدایت الکتریکی دقیقاً از ساختار درجه حرارت پیروی می نماید. مقدار شوری از شرق به غرب افزایش اما از سطح به عمق کاهش می یابد. علاوه بر اینکه در مناطق عمیق بخصوص در نیمه شرقی دریای عمان مقدار شوری در اعماق تقریباً بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ متری یک افزایش قابل ملاحظه ای را نشان می دهد که منشاء آن آبهای بسیار شور خلیج فارس می باشد که از طریق لایه های تحتانی تنگه هرمز وارد دریای عمان می گردد. مقدار چگالی آب از دریا به ساحل و از سطح به عمق افزایش یافته به طوریکه میانگین آن در لایه های سطحی حدود ۲۴ و در اعماق ۴۰۰ متری حدود ۲۹ و در ۶۰۰ متری بالغ بر  $30 \text{ g/cm}^3$  می رسد.

غلظت کلروفیل a لایه های سطحی، در پاییز بیشتر از بهار و در نیمه شمال شرقی دریای عمان نیز بیشتر از نیمه شمال غربی آن بوده و از ساحل به دریا کاهش می یابد. توزیع عمودی کلروفیل a نشان داد که بیشترین غلظت آن در لایه های عمقی تقریباً ۱۰ تا ۴۰ متری بوده و سپس با افزایش عمق آب از غلظت آن نیز به شدت کاسته می گردد. اکسیژن محلول در بهار بیشتر از پاییز بوده و حداکثر مقدار آن در لایه های عمقی ۱۰ تا ۴۰ متری می باشد، علاوه بر اینکه ساختار عمودی آن نشان دهنده وجود یک اکسی کلاین دائمی در این منطقه بوده، بطوریکه با تغییرات فصلی فقط نقطه شروع و ضخامت لایه اکسی کلاین تغییر می یابد (شبه ترموکلاین). لایه اکسی کلاین، در بهار تقریباً از لایه های عمقی ۱۰ متری، در پاییز ۳۰ الی ۴۰ متری و در زمستان از ۱۰۰ متری شروع شده و سپس با افزایش عمق آب به شدت کاهش می یابد.

<sup>۱</sup>- C.T.D= Conductivity. Temperature, Depth

مقدار pH از سطح به عمق کاهش یافته و روند تغییرات عمودی آن از روند تغییرات عمودی دما، کلروفیل a، مخصوصاً اکسیژن محلول پیروی نموده و بیشترین کاهش آن همزمان با تشکیل لایه اکسی کلاین به ثبت رسید. مقدار کدورت آب از دریا به ساحل افزایش، اما از سطح به عمق کاهش می یابد. مقدار مواد مغذی در لایه های سطحی دریای عمان از دریا به ساحل، و از غرب به شرق افزایش می یابد، علاوه بر اینکه غلظت این مواد در فصل پاییز (بعد از مونسون) بیشتر از بهار (قبل از مونسون) می باشد. از نظر ساختار عمودی، هم در بهار و هم در پاییز غلظت آنها از سطح به عمق افزایش می یابد.

لغات کلیدی: عوامل محیطی (هیدروبیولوژی) استان هرمزگان - استان سیستان و بلوچستان - دریای عمان، تنگه هرمز، ایران

## ۱- مقدمه

دریای عمان از پیشروی آب اقیانوس هند به داخل خشکی و در جنوب غربی آسیا واقع شده است، این خلیج در حقیقت از سه سو به خشکی و از یک سو به دریای آزاد مرتبط است. شمال آن ایران و پاکستان، شرق آن شبه جزیره دکن و غرب آن شبه جزیره عربستان قرار دارد. تنها از سوی جنوب، این دریا به اقیانوس هند متصل است. سواحل جنوبی ایران از تنگه هرمز تا بندر گواتر مجاور آن قرار دارد که این مسافت نیمی از کناره های جنوبی ایران را تشکیل می دهد. مدار راس السرطان از شمال آن عبور می کند و از این رو این پهنه آبی در منطقه ی حاره ای واقع شده است.

هنگامی که نخستین تکاپوهای سازمان یافته و هدفمند اقتصادی بشر آغاز گردید خلیج فارس و دریای عمان، اهمیت ممتاز خود را نمایان ساخت. (چمنکار، ۱۳۸۸).

خلیج فارس و دریای عمان دارای سیستم اقیانوسی گرمسیری (Tropical) می باشند که تحت تاثیر بادهای موسمی اقیانوس هند که اصطلاحاً به آن مونسون (Monsoon) می گویند قرار می گیرند. این بادهای باعث بوجود آمدن تغییرات آب و هوایی خاص در این مناطق می گردد که در دو دوره کاملاً متفاوت تابستان و زمستان می باشد. در مانسون مرطوب تابستانه (South West summer Monsoon) جریان های موسمی از سمت جنوب غربی در طول سواحل اقیانوس هند و بخصوص دریای عرب می وزد. هوای گرم و مرطوب را از جانب دریا به سمت خشکی می کشاند. مونسون تابستانه دارای بادهای شدید، هوای مرطوب و آسمان ابری می باشد. در مونسون زمستانه (North East winter) با جریان های موسمی شمال شرقی اقیانوس هند دارای بادهای متوسط هوای خنک و آسمان صاف همراه است (Waller *etal.*, 2002). مانسون تابستانه از خرداد تا شهریور ماه (June – September) می باشد. از مهمترین ویژگی های این مونسون در طول سواحل عمانی این است که جریانات عمانی باعث می شوند که آبهای ساحلی غنی از نوترینت به آبهای دریایی انتقال داده شوند (Brink *etal.*, 1998, Yuing & Kindle, 1994). در هنگام مونسون تابستانه سرعت بادهایی که از ساحل جنوب غربی سومالی آغاز و در طول سواحل عمان ادامه دارند بیش از ۱۴ متر در هر ثانیه می باشد که تقریباً دو برابر سرعت باد مشاهده شده در هنگام مونسون زمستانه می باشد. دوره های نسبتاً با آب و هوای آرام بین مونسون بهاری (Spring Inter Monsoon) و بین مونسون پاییزی (Fall Inter Monsoon) دو فصل مونسون تابستانه و زمستانه را از هم جدا می کند (Findlaterl, 1969). زمان پیش مونسون بهاری و پس مونسون پاییزی به ترتیب از اواسط اسفند تا اردیبهشت و اواسط شهریور تا مهر می باشد. Weller و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که در زمان پیش مونسون بهاری بادهای آرام، آسمان صاف و تشعشع خورشید بالاست اما در پاییز بادهای آرام تشعشع خورشید کمتر و هوا ابری تراست میکروارگانیسم ها درصد مهمی از بیومس زنده محیط های پلاژیک دریایی را تشکیل می دهند. جریانات مونسون باعث ایجاد پدیده فرا چاهنده (upwelling) در منطقه شمال غربی اقیانوس هند شده و در نتیجه میزان مواد مغذی را در قسمت های سطحی افزایش می دهد. در ماه های بعد از مونسون به علت آرام شدن دریا و نیز وجود مواد مغذی و درجه

حرارت مناسب، شرایط زیستی برای موجودات مختلف فراهم بوده و در نتیجه در فصل پاییز و زمستان میزان تولید این مناطق افزایش می‌یابد.

طی ایجاد بادهای موسمی شمال شرقی، جریان آب از شرق به غرب به سمت شمال استوا در جریان بوده و این جریان از نیمه دوم آبان شروع شده و در ماه‌های بهمن و اسفند به حداکثر شدت خود می‌رسد و در فروردین ماه فروکش می‌کند (Currie et al., 1973)

در نیمه دوم آبان ماه تا نیمه دی ماه شاخه قویتری از جریان استوایی به سمت شمال، در طول سواحل غربی کشور هند حرکت می‌کند و آبهایی با درجه شوری کمتر را از خلیج بنگال به نواحی شرق دریای عمان حمل می‌کند (Gross, 1977).

دریای عمان با طول ۶۱۰ کیلومتر از شرق به غرب کشیده شده و عمق آن حداکثر به ۳۳۹۸ متر می‌رسد. بالاترین درجه حرارت آب در مرداد ماه ۳۳ و کمترین مقدار آن در بهمن ماه ۱۹/۸ درجه سانتی‌گراد، و میزان شوری آن در حدود ۳۶/۵<sup>۲</sup> psu گزارش گردیده است (کیمرام، ۱۳۷۹).

در تمام طول سال، بر خلاف بادهای غالب شمال، یک جریان آب با شوری کم از طریق دریای عمان و شمال تنگه هرمز به خلیج فارس جریان یافته و باعث تعدیل آب شور آن می‌گردد. ورود این جریان علاوه بر تعدیل شوری آب خلیج فارس باعث کاهش اثر تبخیر و همچنین باعث خروج آب شور لایه زیرین این خلیج از طریق نواحی عمیق جنوب تنگه هرمز به دریای عمان جاری می‌گردد که اصطلاحاً به این جریان، جریان معکوس دهانه خلیجی گفته می‌شود (ROPME, 2004)<sup>۳</sup>.

بررسی سوابق و اطلاعات موجود نشان می‌دهد که بیشتر مطالعات انجام شده در آبهای محدوده ایرانی دریای عمان یا در مناطق محدود مثل خورها و یا در دوره‌های زمانی مشخص و با اهداف خاص صورت گرفته است. لذا با توجه به شرایط مذکور، انجام بررسی و مطالعات مستمر در زمینه شرایط زیست محیطی در محدوده آبهای ایران (نیمه شمالی دریای عمان) جهت تعیین نوسانات زمانی و مکانی پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و سایر عوامل زیستی و غیر زیستی این پهنه آبی جنوب شرقی کشور در نهایت به کارگیری نتایج حاصله در ارزیابی وضعیت ذخایر شیلاتی، اعمال مدیریت در بهره برداری بهینه از ذخایر و هم چنین ردیابی آثار سوء ناشی از انواع آلاینده‌ها بر این اکوسیستم مهم آبی به عنوان امری کاملاً ضروری و اساسی بوده و به همین جهت پس از به اتمام رسیدن موفقیت آمیز طرح جامع هیدروبیولوژی خلیج فارس مقرر گردید طرح بررسی جامع هیدروبیولوژی دریای عمان نیز در دستور کار قرار گیرد لذا در همین راستا در بخش اکولوژی پژوهشگاه بندرعباس، طرح بررسی جامع هیدروبیولوژی دریای عمان با چهار زیر پروژه، تدوین و از نیمه دوم سال ۱۳۸۵ به مورد اجرا گذاشته شد. پروژه

<sup>۲</sup> Practical salinity unit

<sup>۳</sup> - Regional Organization for the Protection of the Marine environment



حاضر تحت عنوان "بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی دریای عمان" یکی از چهار پروژه طرح مذکور می باشد که با هدف شناخت شرایط زیست محیطی آبهای ایرانی دریای عمان از طریق:

الف- تعیین روند تغییرات افقی و عمودی عوامل فیزیکی و شیمیایی نیمه شمالی دریای عمان و تنگه هرمز و دستیابی به نوسانات آنها در قبل و بعد از مونسون تابستانه

ب- تعیین روند تغییرات افقی و عمودی مواد مغذی (Nutrients) در مناطق مذکور و مقایسه آنها در قبل و بعد از مونسون تابستانه، مورد بررسی قرار گرفت.

در این پروژه محدوده آبهای نیمه شمالی دریای عمان و تنگه هرمز در دو دوره پیش و پس مونسون سالهای ۸۶ و ۸۸ مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه بر اساس فرضیه افزایش غلظت مواد مغذی در پس مونسون نسبت به پیش مونسون، همچنین تاثیر مونسون تابستانه بر نوسانات عوامل فیزیکی، شیمیایی و تغییرات زمانی و مکانی طراحی و اجرا گردید.

### ۱-۱- مروری بر منابع تحقیق

تا کنون مطالعات زیادی در خصوص شرایط محیطی مناطق مختلف خلیج فارس، تنگه هرمز و حتی نیمه جنوبی دریای عمان توسط محققین داخلی و خارجی انجام شده است که از جمله این بررسی ها می توان به ابراهیمی (۱۳۸۴، محبی نوذر ۱۳۷۷، نیکویان ۱۳۸۴ و (El-Gindy and Dorgham, 1992)، (FAO, 1981) و (VODAMA and DUELA, 1989) اشاره نمود. بعلاوه مطالعاتی نیز در قالب برنامه های منطقه ای و بین المللی در این حوزه های جنوبی کشور به عمل آمده که مهمترین آنها گشتهای دریایی برنامه منطقه ای حفاظت از محیط زیست دریایی (ROPME) می باشد که آخرین گشت دریایی آن در زمستان ۱۳۸۴ در دریای عمان و خلیج فارس به انجام رسیده اما نتایج گشت هنوز منتشر نشده است در صورتیکه در نواحی نیمه شمالی دریای عمان، اولاً تاکنون مطالعات جامع و مدونی صورت نگرفته است و ثانياً مطالعات پراکنده ای نیز که به انجام رسیده، در مناطق محدود (مثل خورها و خلیج ها) و در زمان خاص بوده به همین جهت نمی توان نتایج آنها را به کل دریای عمان تعمیم داد. با این حال به برخی از آنها اشاره می گردد.

زارعی در گزارش خود اظهار داشته که نوسانات دمایی آب در دریای عمان، به دلیل عمق زیاد و ارتباط با اقیانوس هند نسبت به خلیج فارس کمتر می باشد (حدوداً "بین ۱۹/۸ تا ۲۳ درجه سانتی گراد) در صورتیکه نوسانات دمایی لایه های سطحی خلیج فارس را بین ۱۲/۳ تا ۴۰ درجه سانتی گراد و شوری آن را بین ۳۷ تا ۵۰ ppt گزارش نموده است. همچنین ایشان در مطالعات خود در خلیج گواتر در پس مونسون شاهد افزایش فراوانی زیتوده موجودات مختلف بوده و این فصل را به عنوان زمان اوج تولید بیولوژیک در خلیج گواتر عنوان کرده، علاوه بر آن بیشترین فراوانی را در فصل زمستان (پس مونسون) و کمترین فراوانی را در زمان پیش مونسون مشاهده و گزارش نموده است کرد (زارعی، ۱۳۷۳). به طور کلی از نظر تولیدات اولیه دریای عمان آبی به علت

وجود آبهای فراچاهنده (upwelling) در خلال مونسون تابستانه نسبت به خلیج فارس غنی تر می باشد. نتایج مطالعات به عمل آمده در مناطق جنوبی دریای عمان نشان داده است که غلظت کلروفیل a در لایه های سطحی بین صفر تا ۲/۵ میلی گرم در متر مکعب در نوسان بوده و از نظر روند تغییرات عمودی، بیشترین پراکنش آن در لایه های عمقی ۱۰ تا ۲۰ متری می باشد (Al-Hashmi et al., 2010). دامنه تغییرات کلروفیل - a در لایه های سطحی دریای عرب (محدوده مناطق شرقی دریای عمان) در فصول مختلف بین ۰/۱ تا ۱/۲ میلی گرم در متر مکعب گزارش گردیده، مضاف بر اینکه بیشترین پراکنش آن در این مناطق نیز در لایه های عمقی بین ۱۰ تا ۴۰ به ثبت رسیده است (Wiggert et al., 2002). همچنین نتایج مطالعات انجام شده در خلیج فارس نیز نشان داده است که میانگین توزیع عمودی کلروفیل a در تمامی فصول سال در لایه های میانی و فوقانی این حوزه آبی بیشتر از لایه های عمقی و حتی لایه های سطحی بوده بطوریکه بیشترین مقدار آن در فصول نیمه اول سال تقریباً در لایه های عمقی ۲۰ تا ۴۰ متری و در نیمه دوم سال در لایه های حدوداً ۲۰ متری می باشد (نیکویان و همکاران، ۱۳۸۴)، نتایج مطالعاتی که در محدوده آبهای استان هرمزگان نیز به عمل آمده نشان داده است که مقدار کلروفیل a در لایه های فوقانی بیشتر از لایه های عمقی و حتی در لایه های سطحی می باشد (ابراهیمی، ۱۳۷۶؛ محبی، ۱۳۷۳).

علی رغم اینکه آبهای خلیج فارس و دریای عمان پیوسته توسط جریانهای مختلف از جمله جریان جزر و مدی و جریانهای معکوس دهانه خلیجی از طریق تنگه هرمز در حال تبادل هستند با این حال این دو پهنه آبی از دیدگاههای مختلف بوم شناختی به عنوان دو اکوسیستم متفاوت محسوب گشته و خصوصیات آنها از قبیل عمق، درجه حرارت، شوری و مواد مغذی (Nutrients) با یکدیگر متفاوت می باشند (Dorgham and Mofteh, 1989). در خلیج فارس شکل گیری آبهای چگالتر ممکن است در اوایل ماه نوامبر که دمای هوا کاهش و سرعت باد افزایش می یابد شروع شود (Swift and Bower, 2003). همچنین طبق گزارش این محققین جریانات آبی که با شوری زیاد از خلیج فارس و از طریق تنگه هرمز به دریای عمان جاری می گردد، تا عمق ۲۰۰ تا ۳۵۰ متری دریای عمان گسترش یافته و علاوه بر آن تا بخشی از اقیانوس هند نیز ادامه یافته و موجب بروز تغییراتی در تعادل ترموکلاین می شود.

میانگین تبخیر سالانه از آبهای باز منطقه راپمی (ROPME Sea Area (RSA) حدود ۱۴۴ سانتی متر در سال و حداکثر مقدار تبخیر در ماه June حدود ۲۹/۳ و حداقل آن در ماه February حدود ۸/۱ سانتی متر در سال گزارش شده است (ROPME, 2004). علی رغم اینکه میزان تبخیر در خلیج فارس به مراتب بیشتر از ورودی رودخانه ها و نزولات آسمانی آن می باشد اما این کاهش آب از طریق تنگه هرمز از دریای عمان وارد خلیج فارس شده و جایگزین آبهای تبخیر شده می گردد و در نتیجه موازنه آب در این دو پهنه آبی برقرار گشته و به تعادل می رسد (Al-Majed et al., 2000).

## ۲- مواد و روشها

### ۱-۲- ابزار مورد استفاده

در این تحقیق دو بخش از ابزار، الف: تجهیزات نمونه برداری ب: تجهیزات آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت. در رابطه با تجهیزات نمونه برداری ابتدا یک دستگاه وینچ برقی که قرقره آن ظرفیت ۱۰۰۰ متر سیم بکسل با قطر ۶ میلی متر را داشت خریداری و در عرشه شناور نصب و راه اندازی گردید سپس عملیات نمونه برداری از لایه های عمقی مختلف آب با استفاده از دستگاه نمونه بردار Multi water sampler مجهز به فشارنگار و بطری های چندگانه نمونه بردار نیسکین (Niskin) ساخت شرکت هیدروبیوس آلمان استفاده گردید. برای سنجش پروفیل عمودی پارامترهای فیزیکی و کلروفیل a در ستون آب از دستگاه CTD مدل Ocean Seven-316 (ساخت شرکت هیدروناوت ایتالیا) استفاده گردید. دستگاه های CTD و Multi water sampler به طور همزمان توسط وینچ مذکور جابجا و مورد استفاده قرار گرفتند.

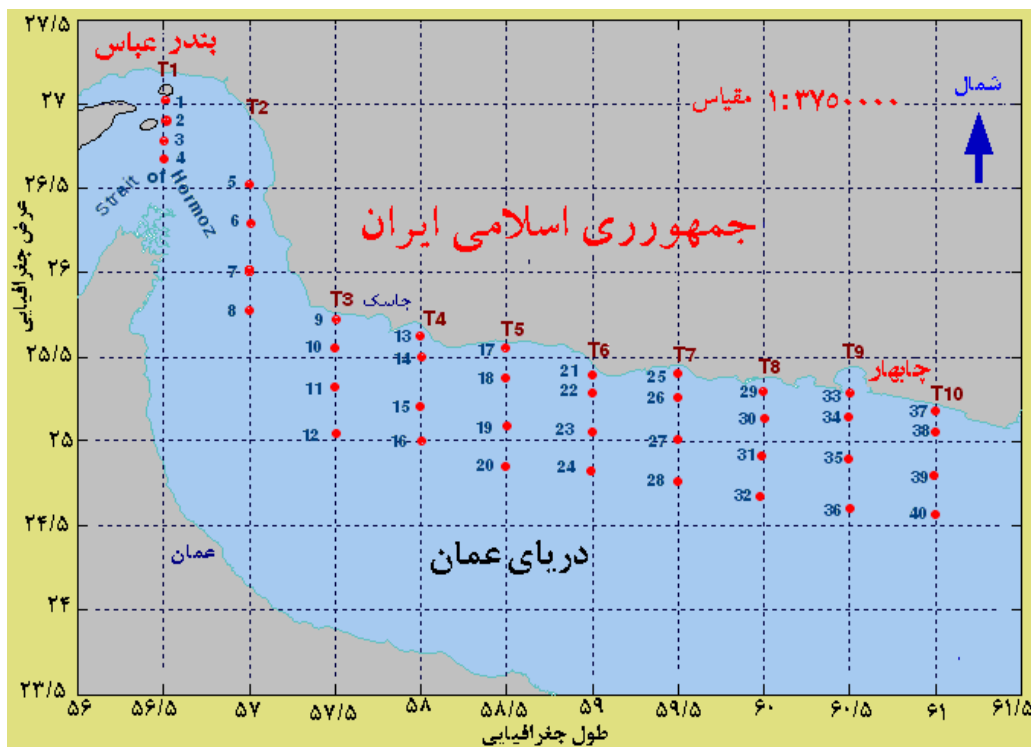
در رابطه با تجهیزات آزمایشگاهی، از پمپ خلاء و کاغذ میلی پور (Millipor filtration paper) با قطر ۰/۴۵ میکرون جهت فیلتر نمودن آب دریا و همچنین از اسپکتروفتومتر (CECIL) مدل ۳۰۴۱ جهت سنجش مواد مغذی استفاده شد.

### ۲-۲- منطقه مورد بررسی و ایستگاههای نمونه برداری

منطقه مورد بررسی تقریباً بیشتر آب های محدوده جمهوری اسلامی ایران در بخش شمالی دریای عمان (از تنگه هرمز در استان هرمزگان تا نزدیکی خلیج گواتر در استان سیستان و بلوچستان) را شامل گردید. در این محدوده با اجرای یک گشت مقدماتی که در زمستان ۸۵ و با بکارگیری شناور فردوس ۱ به انجام رسید، تعداد ۱۰ ترانسکت عمود بر ساحل هر کدام به فاصله ۳۰ مایل دریایی از یکدیگر در نظر گرفته شد، سپس بر روی هر ترانسکت تعداد ۴ ایستگاه ثابت نمونه برداری تعیین گردید. ایستگاه های اول در اعماق تقریباً ۱۰ الی ۲۰ متری، ایستگاه های دوم در عمق ۱۰۰ متری و ایستگاه های سوم و چهارم به فاصله ۱۰ مایل از یکدیگر تعیین گردید (به جز ترانسکت اول). مختصات جغرافیایی ایستگاه های نمونه برداری شده در جدول ۱ و موقعیت مکانی آنها در شکل ۱ ارائه شده است. مختصات جغرافیایی ایستگاه ها توسط دستگاه GPS<sup>۴</sup> و عمق آنها توسط دستگاه اکوساندر مستقر در کشتی مشخص و ثبت گردید. شایان ذکر است، همان طور که در مقدمه اشاره گردید با توجه به اینکه پس از به اتمام رسیدن طرح هیدروبیولوژی خلیج فارس مقرر گردید که طرح مذکور در دریای عمان نیز اجرا شود لذا طرح بررسی هیدروبیولوژی دریای عمان نیز در همین راستا به اجرا درآمد و تحقیق حاضر نیز یکی از زیر پروژه های این طرح می باشد، از طرفی با توجه به اینکه دریای عمان از نظر عمق بسیار عمیقتر از خلیج فارس بوده به طوریکه بیشترین عمق خلیج فارس ۱۰۰ متر بوده در صورتیکه عمق دریای عمان در نیمه

<sup>4</sup> - Global Positioning system

شرقی آن به بیش از ۳۰۰۰ متر نیز می‌رسد لذا مقرر گردید که در دریای عمان نیز تا عمق ۱۰۰ متری (که از نظر شیلاتی دارای اهمیت فراوانی است) نمونه برداری شود تا در صورت لزوم بتوان نتایج را در این دوپهنه آبی با یکدیگر مقایسه نمود، به همین جهت در طرح مربوط به دریای عمان نیز برای بررسی‌های عوامل زیستی (پلانکتون و بتوز) و غیر زیستی (آلاینده‌ها و مواد مغذی) حد اکثر تا عمق ۱۰۰ متری نمونه برداری شد. اما در رابطه با پارامترهایی که با استفاده از دستگاه CTD مورد سنجش قرار می‌گرفت، در صورت مساعد بودن شرایط جوی، دستگاه مذکور تا حد امکان به اعماق بیشتر از ۱۰۰ متر، و حتی در بعضی از ایستگاهها تا بیش از ۵۰۰ متر نیز ارسال گردید تا بتوان در صورت امکان اطلاعات بیشتری از اعماق این پهنه آبی را، (که تاکنون کمتر مورد مطالعه قرار گرفته) جمع‌آوری نمود.



شکل ۱: موقعیت مکانی ایستگاههای نمونه برداری شده در نیمه شمالی دریای عمان و تنگه هرمز

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری شده در محدوده آبهای ایران (دریای عمان)

ترانسکت	ایستگاه	طول شرقی		عرض شمالی	
		درجه	دقیقه	درجه	دقیقه
۱	۱	۰۵۶°	۳۰/۰'	۲۶°	۵۹/۵'
	۲	۰۵۶°	۳۰/۰'	۲۶°	۵۱/۰'
	۳	۰۵۶°	۳۰/۰'	۲۶°	۴۷/۰'
	۴	۰۵۶°	۳۰/۰'	۲۶°	۴۳/۰'
۲	۵	۰۵۷°	۰۰/۰'	۲۶°	۳۰/۰'
	۶	۰۵۷°	۰۰/۰'	۲۶°	۱۵/۰'
	۷	۰۵۷°	۰۰/۰'	۲۶°	۰۰/۰'
	۸	۰۵۷°	۰۰/۰'	۲۵°	۳۰/۰'
۳	۹	۰۵۷°	۳۰/۰'	۲۵°	۴۳/۵'
	۱۰	۰۵۷°	۳۰/۰'	۲۵°	۳۳/۰'
	۱۱	۰۵۷°	۳۰/۰'	۲۵°	۱۸/۰'
	۱۲	۰۵۷°	۳۰/۰'	۲۵°	۴۳/۰'
۴	۱۳	۰۵۸°	۰۰/۰'	۲۵°	۳۶/۹'
	۱۴	۰۵۸°	۰۰/۰'	۲۵°	۳۳/۰'
	۱۵	۰۵۸°	۰۰/۰'	۲۵°	۱۸/۰'
	۱۶	۰۵۸°	۰۰/۰'	۲۵°	۰۰/۰'
۵	۱۷	۰۵۸°	۳۰/۰'	۲۵°	۳۳/۰'
	۱۸	۰۵۸°	۳۰/۰'	۲۵°	۲۱/۰'
	۱۹	۰۵۸°	۳۰/۰'	۲۵°	۰۵/۰'
	۲۰	۰۵۸°	۳۰/۰'	۲۴°	۴۵/۰'
۶	۲۱	۰۵۹°	۰۰/۰'	۲۵°	۲۱/۲'
	۲۲	۰۵۹°	۰۰/۰'	۲۵°	۱۷/۷'
	۲۳	۰۵۹°	۰۰/۰'	۲۵°	۰۳/۰'
	۲۴	۰۵۹°	۰۰/۰'	۲۴°	۴۴/۰'
۷	۲۵	۰۵۹°	۳۰/۰'	۲۵°	۲۱/۵'
	۲۶	۰۵۹°	۳۰/۰'	۲۵°	۱۵/۰'
	۲۷	۰۵۹°	۳۰/۰'	۲۵°	۰۰/۰'
	۲۸	۰۵۹°	۰۰/۰'	۲۴°	۴۵/۰'
۸	۲۹	۰۶۰°	۰۰/۰'	۲۵°	۲۱/۴'
	۳۰	۰۶۰°	۰۰/۰'	۲۵°	۰۵/۰'
	۳۱	۰۶۰°	۰۰/۰'	۲۴°	۵۰/۰'
	۳۲	۰۶۰°	۰۰/۰'	۲۴°	۴۰/۰'
۹	۳۳	۰۶۰°	۳۰/۰'	۲۵°	۱۶/۴۶'
	۳۴	۰۶۰°	۳۰/۰'	۲۵°	۰۶/۸'
	۳۵	۰۶۰°	۳۰/۰'	۲۴°	۵۰/۰'
	۳۶	۰۶۰°	۳۰/۰'	۲۴°	۴۰/۰'
۱۰	۳۷	۰۶۱°	۰۰/۰'	۲۵°	۱۰/۸'
	۳۸	۰۶۱°	۰۰/۰'	۲۵°	۰۴/۰'
	۳۹	۰۶۱°	۰۰/۰'	۲۴°	۴۵/۰'
	۴۰	۰۶۱°	۰۰/۰'	۲۴°	۴۰/۰'

### ۳-۲- سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب

پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از قبیل درجه حرارت ، شوری ، چگالی ، اکسیژن محلول ، pH ، هدایت الکتریکی ، شفافیت ، سرعت صوت و کلروفیل a با استفاده از دستگاه CTD مدل Ocean Seven-316 (ساخت شرکت هیدرونا ایتالیا) در ستون آب اندازه گیری گردید، ضمناً کالیبراسیون دستگاه CTD قبل از هر دوره نمونه برداری با استفاده از محلول های استاندارد مخصوص کالیبراسیون به انجام رسید، در تک تک ایستگاهها بلافاصله پس از خارج ساختن دستگاه از درون آب دریا و شستشو با آب شیرین ، حافظه آن به رایانه متصل و کلیه داده های خام از حافظه دستگاه به رایانه انتقال داده شد.

برای نمونه برداری از لایه های مختلف ستون آب جهت سنجش غلظت مواد مغذی (Nutrients) از دستگاه نمونه بردار چند گانه Multi water sampler ساخت شرکت هیدروبیوس آلمان که اصطلاحاً به Rosette معروف شده و به دستگاه فشارنگار و بطری های چند گانه نمونه بردار نیسکین (Niskin) مجهز می باشد استفاده گردید. در کلیه ایستگاهها (به جز ایستگاه های اول هر ترانسکت که که از عمق کمی برخوردار بودند) از چهار لایه عمقی (سطح، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متری) نمونه برداری شد. در هر ایستگاه قبل از اینکه دستگاه به داخل آب ارسال گردد، ابتدا کلیه بطری های مربوط به دستگاه ، مسلح و آماده می گردید سپس توسط سیم رابط به رایانه متصل و پس از دادن برنامه مورد نظر که هر کدام از بطری ها در چه عمقی عمل نموده و بسته شوند، از رایانه جداگشته و توسط وینچ مخصوصی که برای همین این کار طراحی و در عرشه شناور نصب و راه اندازی شده بود به داخل آب ارسال می گردید. نمونه های مربوط به هر چهار لایه عمقی که به طور همزمان توسط دستگاه به عرشه شناور انتقال می یافت بلافاصله در آزمایشگاه کشتی با استفاده از پمپ خلاء و کاغذهای میلی پور (Millipor filtration paper) با قطر ۰/۴۵ میکرون فیلتر و سپس در بطریهای شیشه ای و پلی اتیلنی جمع آوری و به سردخانه کشتی منتقل می گردید، در خاتمه گشت دریایی کلیه نمونه ها به آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان انتقال و سپس مورد سنجش قرار گرفت. برای اندازه گیری غلظت مواد مغذی از روش رنگ سنجی و با استفاده از اسپکتروفتومتر (CECIL) مدل ۳۰۴۱ استفاده گردید. روش کار سنجش غلظت نوترینت ها با استفاده از دستور العمل MOOPAM, 1999 استخراج و مورد آنالیز قرار گرفت. از آنجا که نتایج حاصل از نمونه برداری های سال ۸۶ نشان داد که نتایج مربوط به ایستگاه های سوم و چهارم هر ترانسکت از مشابهت زیادی برخوردار بودند لذا در سال ۸۸ از هر ترانسکت تعداد ۳ ایستگاه (در مجموع ۳۰ ایستگاه) مورد نمونه برداری قرار گرفت.

### ۴-۲- رسم نمودارها و تحلیل آماری داده های فیزیکی و شیمیایی

پس از اتمام عملیات نمونه برداری، داده های خام با استفاده از نرم افزار Hyper Terminal از حافظه دستگاه CTD به رایانه انتقال داده شد و پس از اصلاحات لازم، نمودارهای مربوط به پروفیل های عمودی، مقاطع عرضی و

خطوط همتراز افقی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و Matlab تهیه و ترسیم گردید. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Spss مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از آنجا که روند تغییرات عمودی پارامترهای مورد سنجش قرار گرفته با دستگاه CTD، در اکثر مناطق مورد بررسی (به جز نواحی تنگه هرمز) مشابه هم بودند لذا با توجه به تعدد ایستگاه‌ها و مشابهت روند تغییرات عمودی آنها در نیمه شمال شرقی و شمال غربی دریای عمان، در هر فصل فقط میانگین پروفیل عمودی پارامترهای مورد نظر در یکی از ترانسکتها در هر کدام از مناطق مذکور ترسیم و ارائه گردید، البته مقاطع طولی پروفیل عمودی بعضی از پارامترهای مهم از قبیل درجه حرارت، شوری، اکسژن محلول و کلروفیل a در کلیه ایستگاه‌های دریایی از تنگه هرمز تا خلیج چاه بهار مورد بررسی قرار گرفت و چگونگی تغییرات آنها به تصویر در آمد. در بهار ۸۶ پروفیل عمودی پارامترهای فیزیکوشیمیایی تا عمق تقریباً ۱۴۰ متری و در پاییز ۸۶ تا عمق ۲۰۰ متری مورد سنجش قرار گرفت، اما برای دستیابی به نحوه تغییرات عمودی پارامترها در اعماق بیشتر از ۲۰۰ متر، از قبیل تشخیص جریان‌های دریایی دهانه خلیجی تنگه هرمز از طریق آنالیز پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب، دستگاه CTD در برخی از ایستگاه‌های نواحی شرقی تنگه هرمز تا اعماق ۵۰۰ الی ۷۰۰ متری عمق آب نیز ارسال گردید تا اینکه بتوان اطلاعات بیشتری را از اعماق دهانه خلیجی به دست آورد. شایان ذکر است که بررسی بیشتر از اعماق ۱۰۰ متری جزء اهداف طرح نبوده و این کار با توجه به علاقه فردی و جهت استفاده بهینه از امکانات موجود به عمل آمده است.

## ۳- نتایج

## ۳-۱- میانگین تغییرات افقی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی

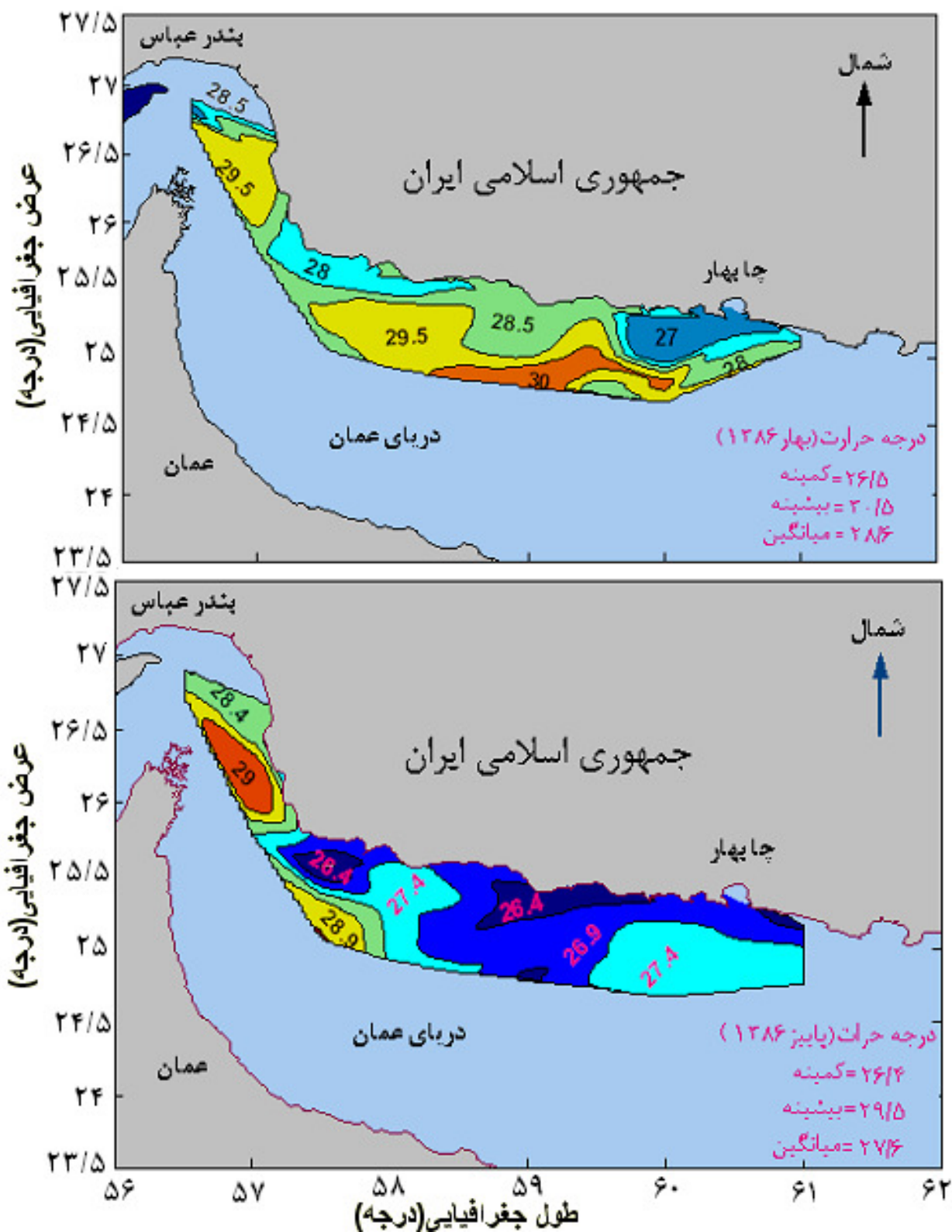
نتایج مربوط به میانگین توزیع افقی درجه حرارت، هدایت الکتریکی، چگالی، اکسیژن محلول، کلروفیل a، کدورت و pH لایه‌های سطحی (تا ۲۰ متر) کلیه ایستگاه‌ها طی سالهای ۸۶ و ۸۸ به تفکیک پارامترهای مورد بررسی در شکل‌های ۲ تا ۱۷ ارائه شده است.

نتایج مربوط به میانگین توزیع افقی درجه حرارت لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی طی سالهای ۸۶ و ۸۸ در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه گردیده است. با توجه به شکل‌های فوق ملاحظه می‌گردد که چه در بهار و چه در پاییز، میزان آن از ساحل به دریا افزایش می‌یابد. همچنین مقدار دما در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۲۶/۵ تا ۳۰/۵ و ۲۶/۴ تا ۲۹/۵ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب بین ۲۴ تا ۲۷ و ۲۴/۲ تا ۲۶/۷ درجه سانتی‌گراد در نوسان بوده و میانگین آن در کل محدوده منطقه مورد مطالعه در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب  $28/6 \pm 0/7$  و  $27/6 \pm 0/7$  اما در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب  $26 \pm 0/7$  و  $25/6 \pm 0/6$  درجه سانتی‌گراد به دست آمده است.

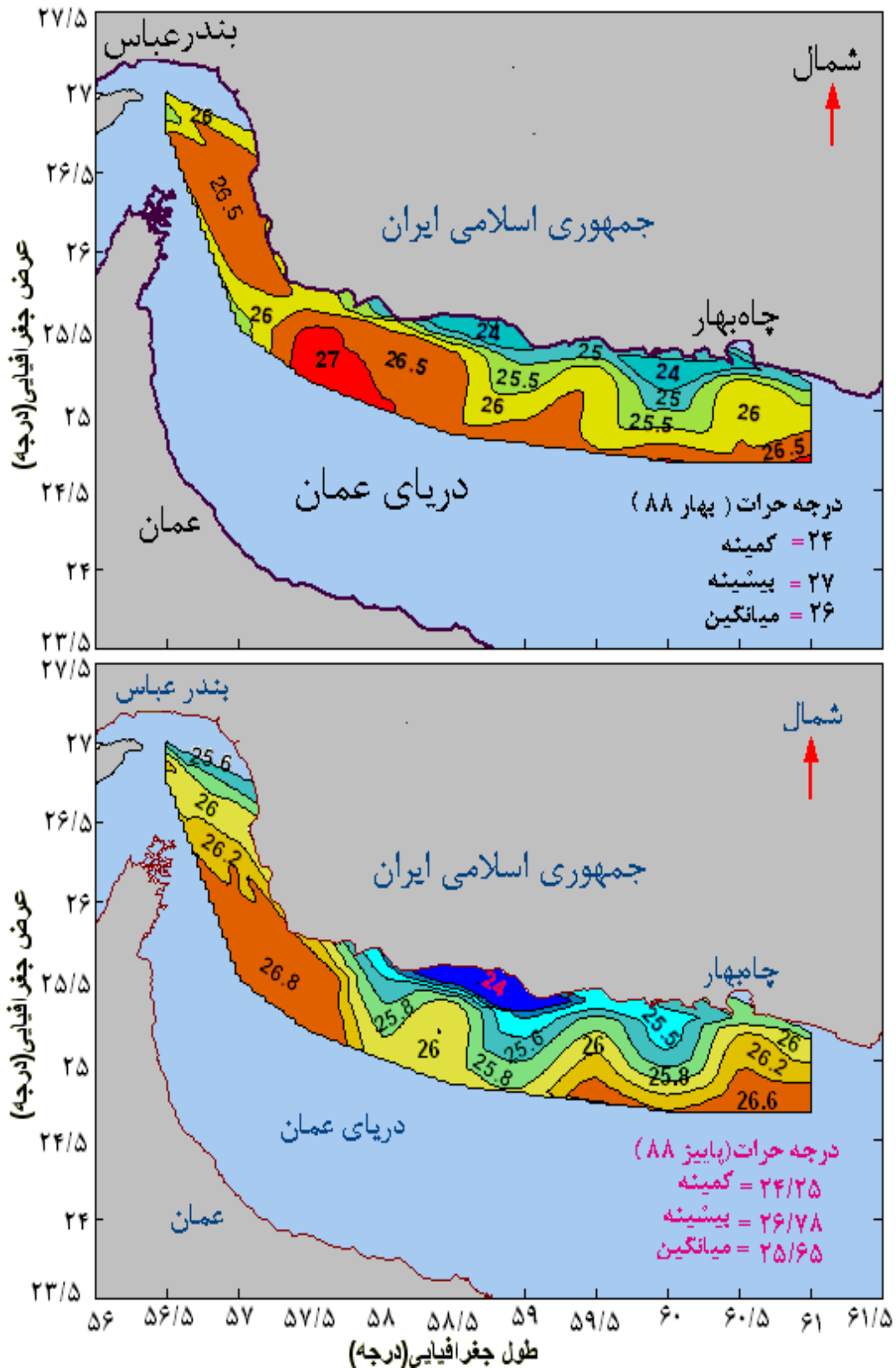
نتایج مربوط به میانگین توزیع افقی هدایت الکتریکی در شکل‌های ۴ و ۵ ارائه گردیده است، در این تحقیق میانگین هدایت الکتریکی در کل محدوده منطقه مورد نظر در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب  $59/4 \pm 0/9$  و  $58 \pm 1$  اما در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب  $56 \pm 0/9$  و  $56/2 \pm 0/8$  ms/cm به دست آمد، همچنین نتایج حاصله نشان داد که روند تغییرات آن از الگوی تغییرات درجه حرارت تبعیت نموده به طوریکه مقدار آن از ساحل به دریا افزایش داشته و علاوه بر این مقدار EC در سال ۸۸ حدود ۲ ms/cm کمتر از سال ۸۶ به دست آمد. نتایج مربوط به میانگین توزیع افقی شوری آب در مناطق مورد بررسی در شکل‌های ۶ و ۷ ارائه شده است. نتایج حاصله نشان داد که مقدار شوری در طول سال از شرق به غرب افزایش یافته به طوریکه میانگین آن چه در بهار و چه در پاییز، در محدوده چاه بهار از حدود  $36/6 \pm 0/1$  شروع شده و در بهار به  $36/8 \pm 0/1$  و در پاییز به  $37/4 \pm 0/2$  (psu) در محدوده تنگه هرمز افزایش می‌یابد. همچنین مقدار شوری در پاییز کمی بیشتر از بهار به دست آمد.

نتایج مربوط به میانگین توزیع افقی چگالی آب در مناطق مورد بررسی در شکل‌های ۸ و ۹ ارائه گردیده است. نتایج حاصله نشان داد که مقدار چگالی برخلاف درجه حرارت و هدایت الکتریکی، از ساحل به دریا افزایش می‌یابد. مقدار چگالی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۲۲/۸ تا ۲۴/۲ و ۲۳/۵ تا ۲۴/۳ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب بین ۲۳/۹ تا ۲۴/۸ و ۲۴/۱ تا  $25/1 \text{ g/cm}^3$  و میانگین آن در کل محدوده منطقه مورد نظر در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب  $23/5 \pm 0/2$  و  $23/9 \pm 0/2$  و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب  $24/3 \pm 0/2$  و  $24/5 \pm 0/2$   $\text{g/cm}^3$  به دست آمد.

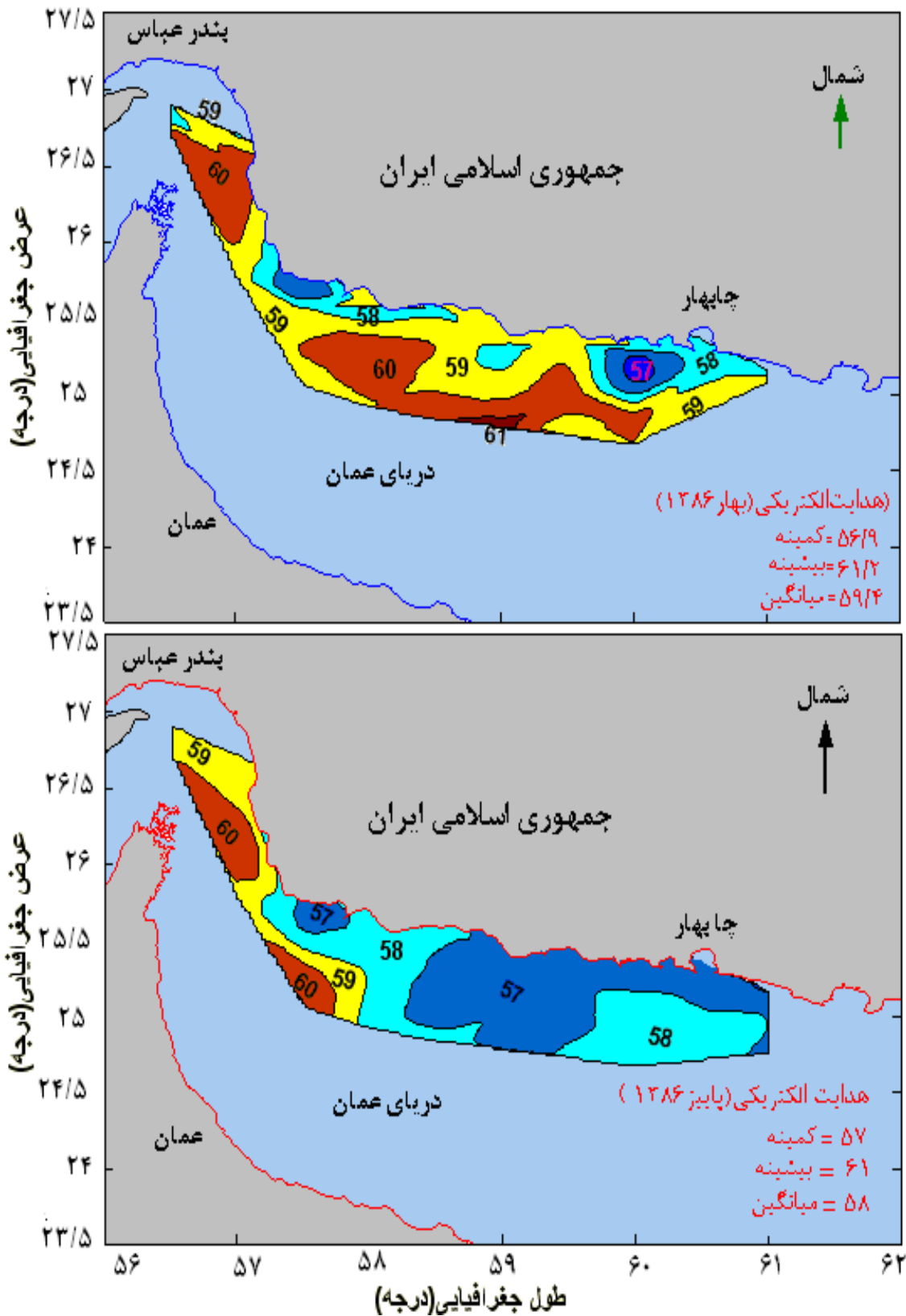




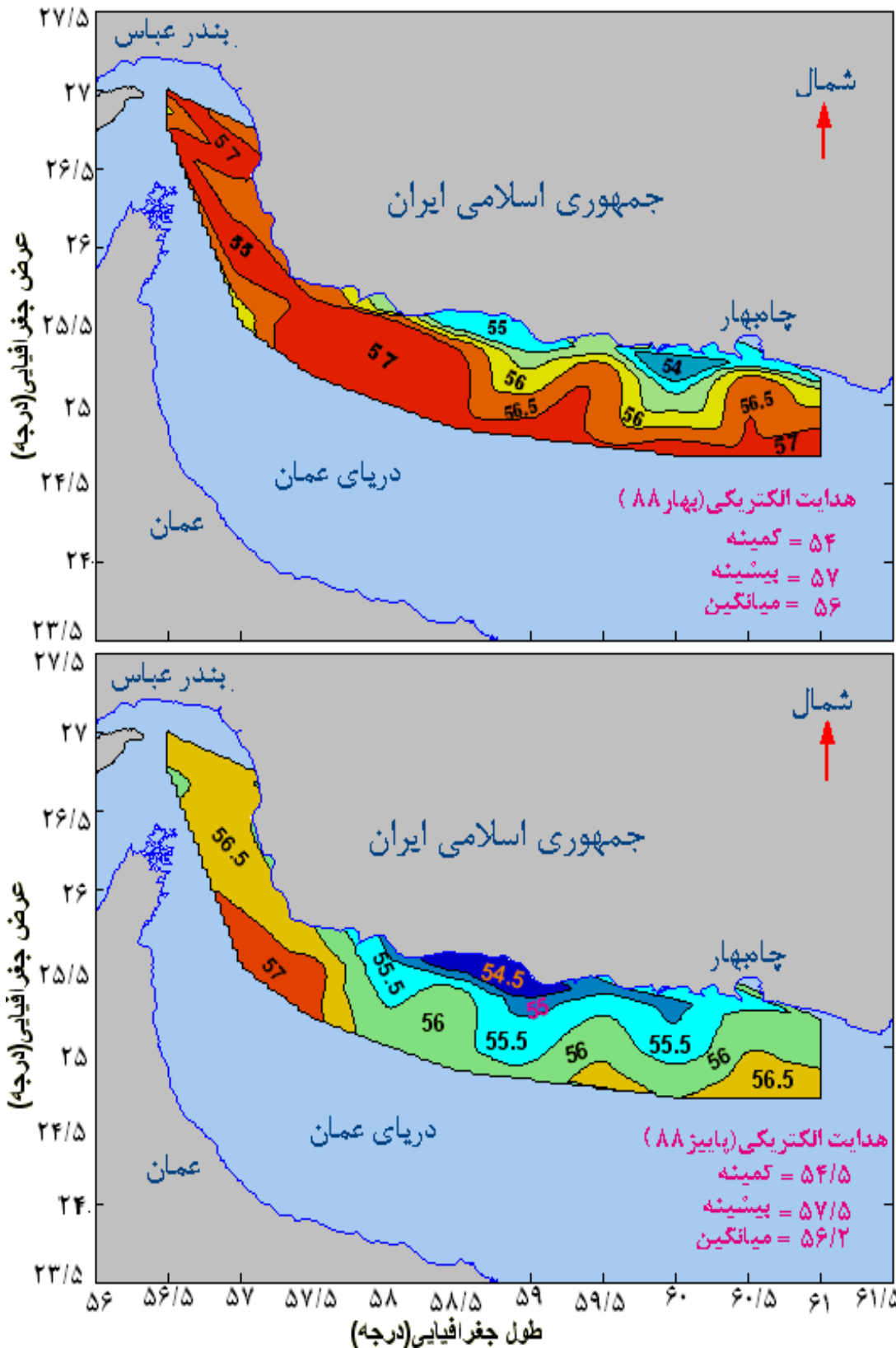
شکل ۲: میانگین تغییرات دمای آب (°C) در لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۶)



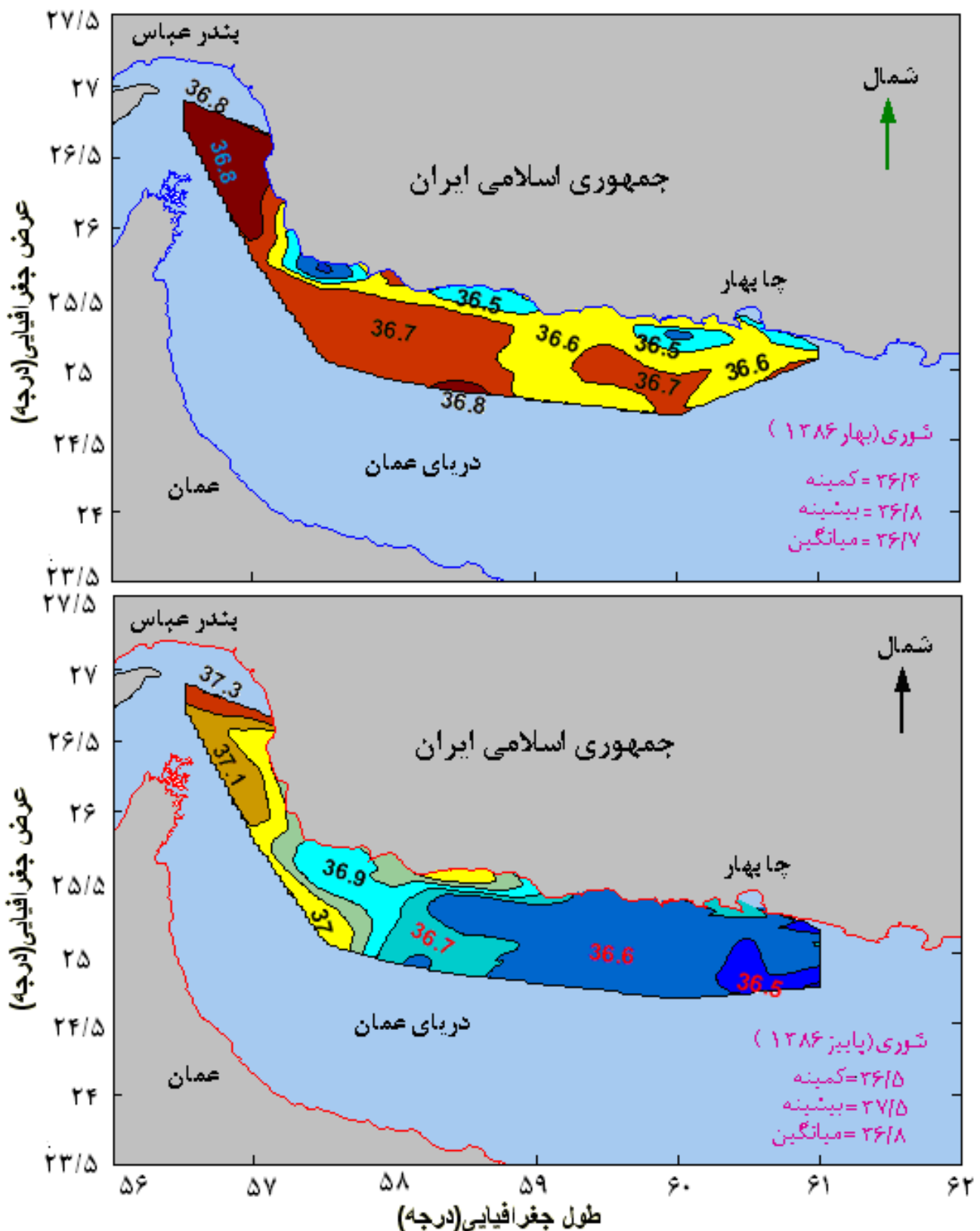
شکل ۳: میانگین تغییرات دمای آب (°C) در لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۸)



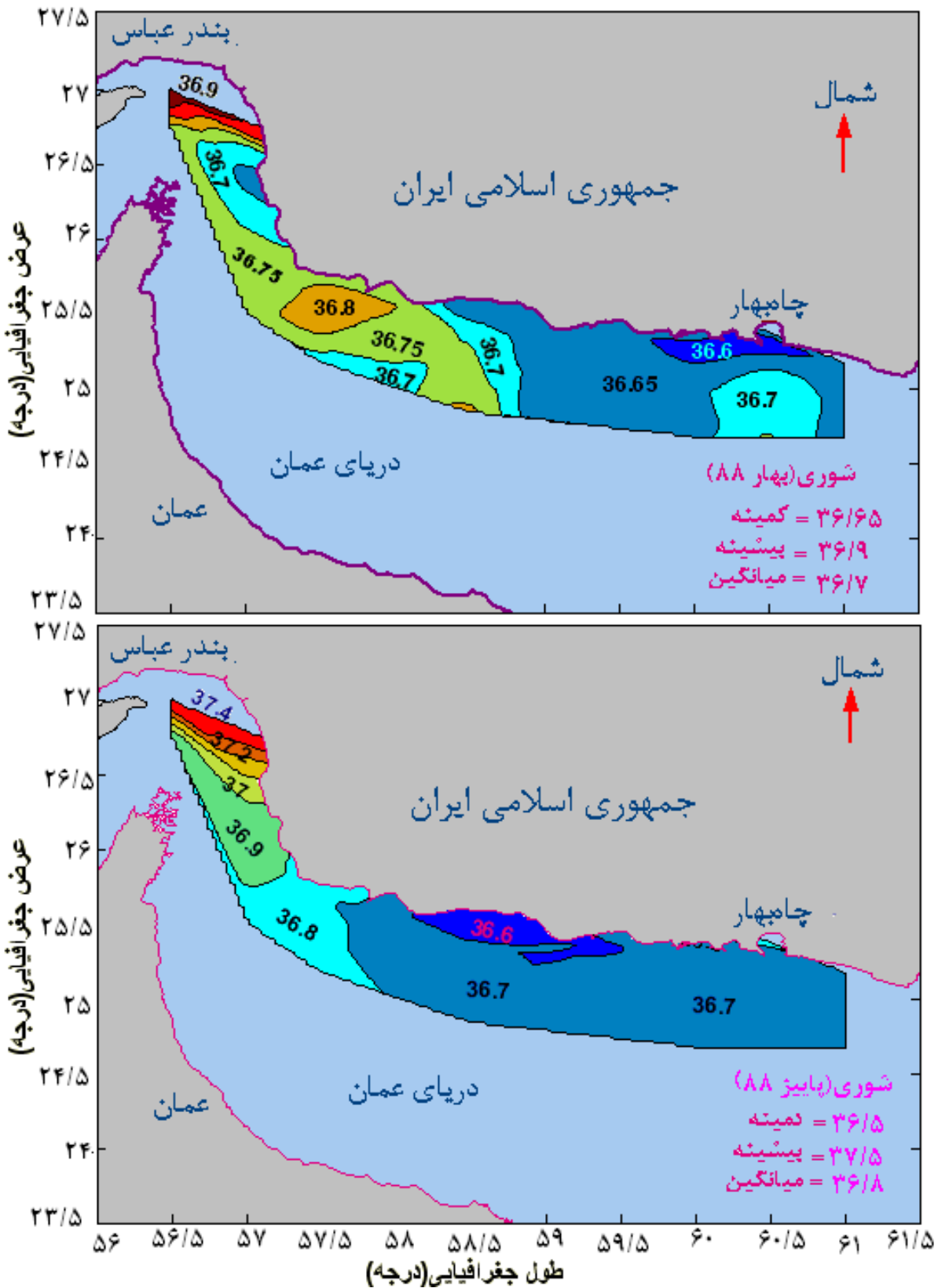
شکل ۴: میانگین تغییرات هدایت الکتریکی ( $ms/cm$ ) در لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۶)



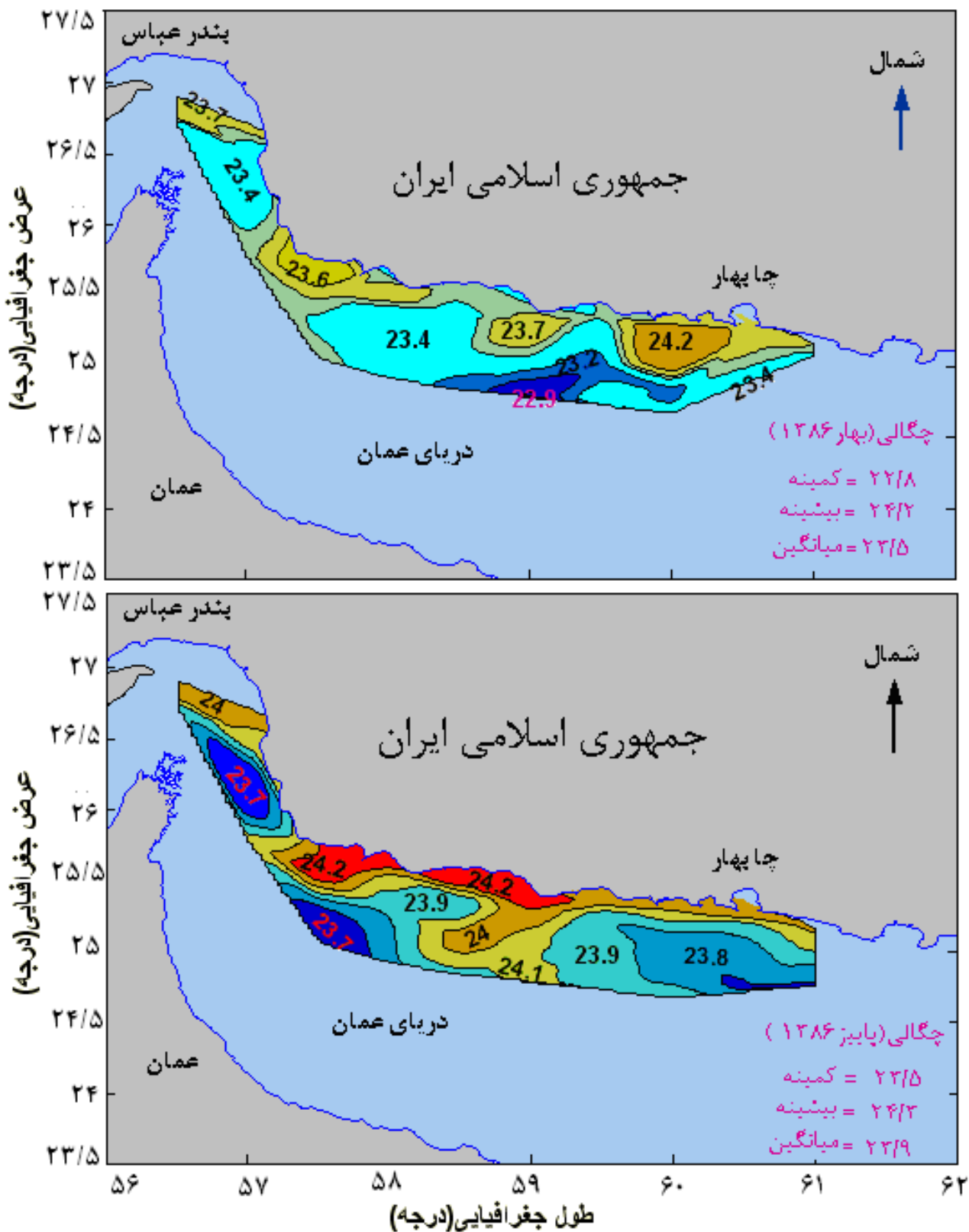
شکل ۵: میانگین تغییرات هدایت الکتریکی (ms/cm) در لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۸)



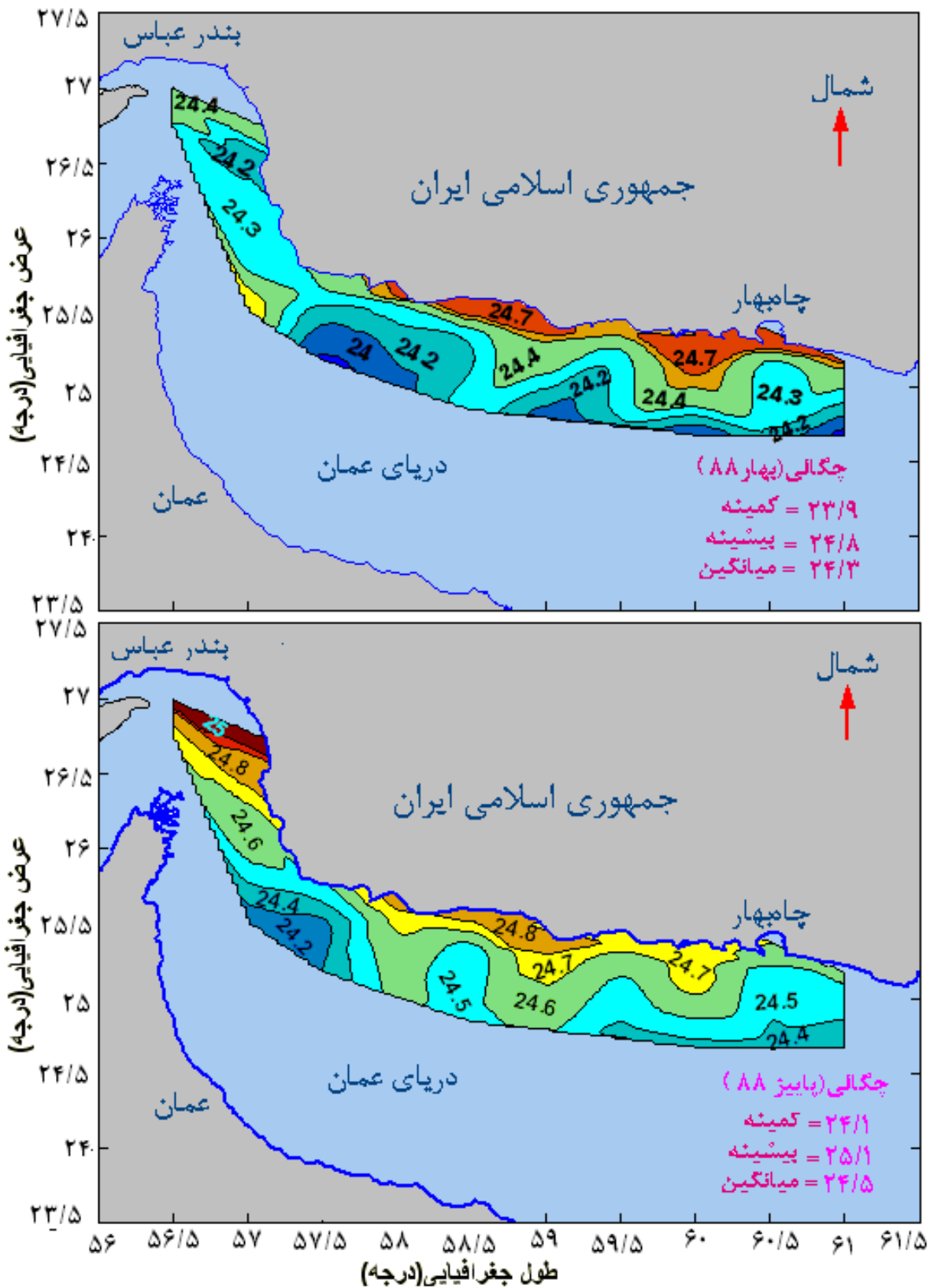
شکل ۶: میانگین تغییرات شوری آب (psu) در لایه های سطحی مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۶)



شکل ۷: میانگین تغییرات شوری آب (psu) در لایه های سطحی مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۸)



شکل ۸: میانگین تغییرات چگالی آب ( $g/cm^3$ ) در لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۶)



شکل ۹: میانگین تغییرات چگالی آب ( $g/cm^3$ ) در لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۸)



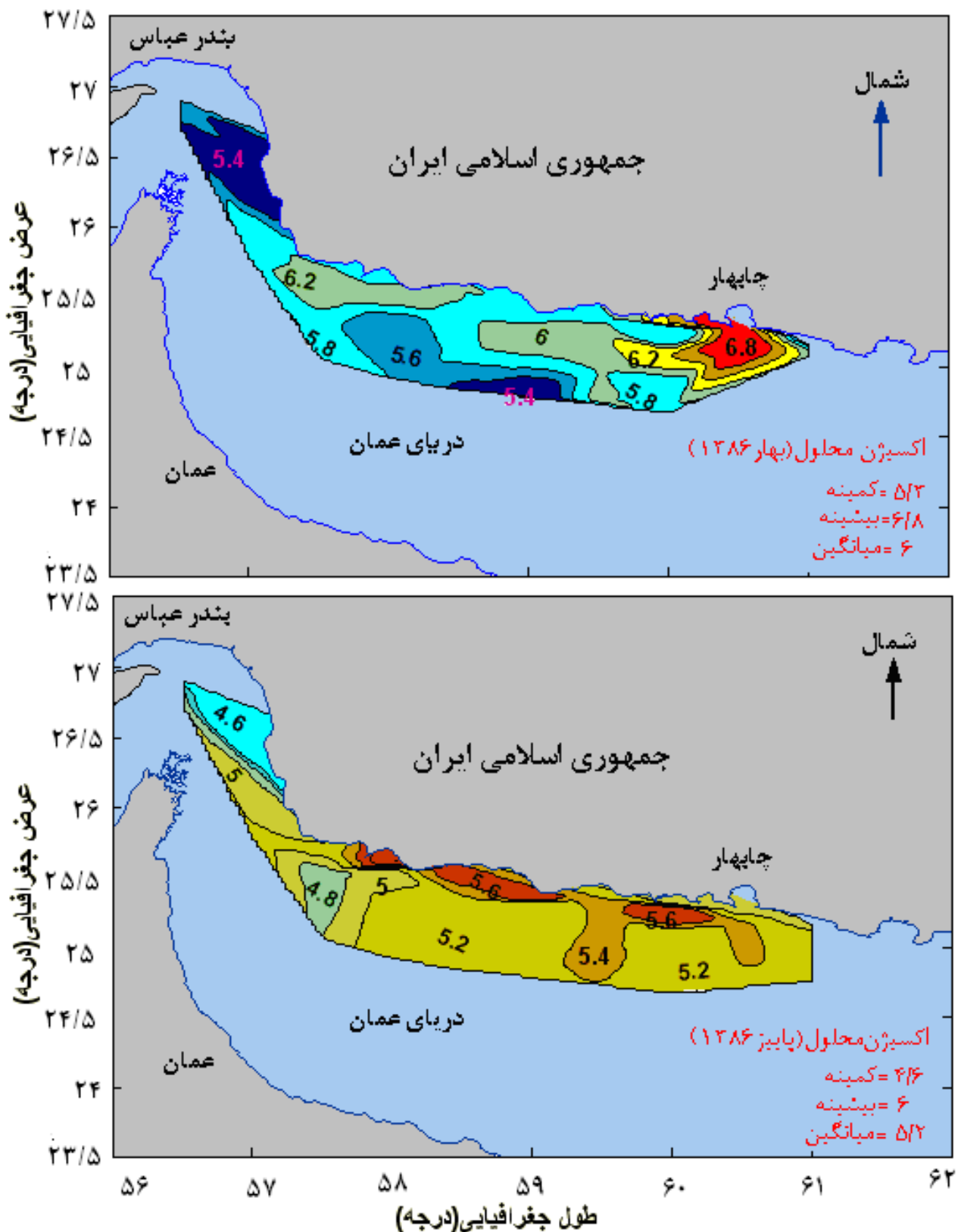
نتایج مربوط به میانگین توزیع افقی اکسیژن محلول لایه‌های سطحی آب در مناطق مورد بررسی در شکل‌های ۱۱ و ۱۰ ارائه شده است. در این بررسی مقدار اکسیژن محلول در بهار بیشتر از پاییز به دست آمد به طوری که در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۵/۳ تا ۶/۸ و ۴/۶ تا ۶ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب بین ۴/۵ تا ۶ و ۴ تا ۵/۵ میلی گرم بر لیتر در نوسان بوده و میانگین آن در کل محدوده مورد بررسی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب  $6 \pm 0.4$  و  $5.5 \pm 0.4$  میلی گرم بر لیتر ثبت گردید.

نتایج مربوط به میانگین توزیع افقی غلظت کلروفیل a لایه‌های سطحی آب در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ ارائه شده است. نتایج حاصله نشان داد که میانگین آن در کل لایه‌های سطحی نیمه شمالی دریای عمان در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب  $0.3 \pm 0.5$  و  $0.4 \pm 0.9$  و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب  $0.4 \pm 0.7$  و  $1.1 \pm 0.4$  میلی گرم بر متر مکعب بوده و غلظت آن در فصل بهار (قبل از مانسون) کمتر از فصل پاییز (بعد از مانسون) می‌باشد.

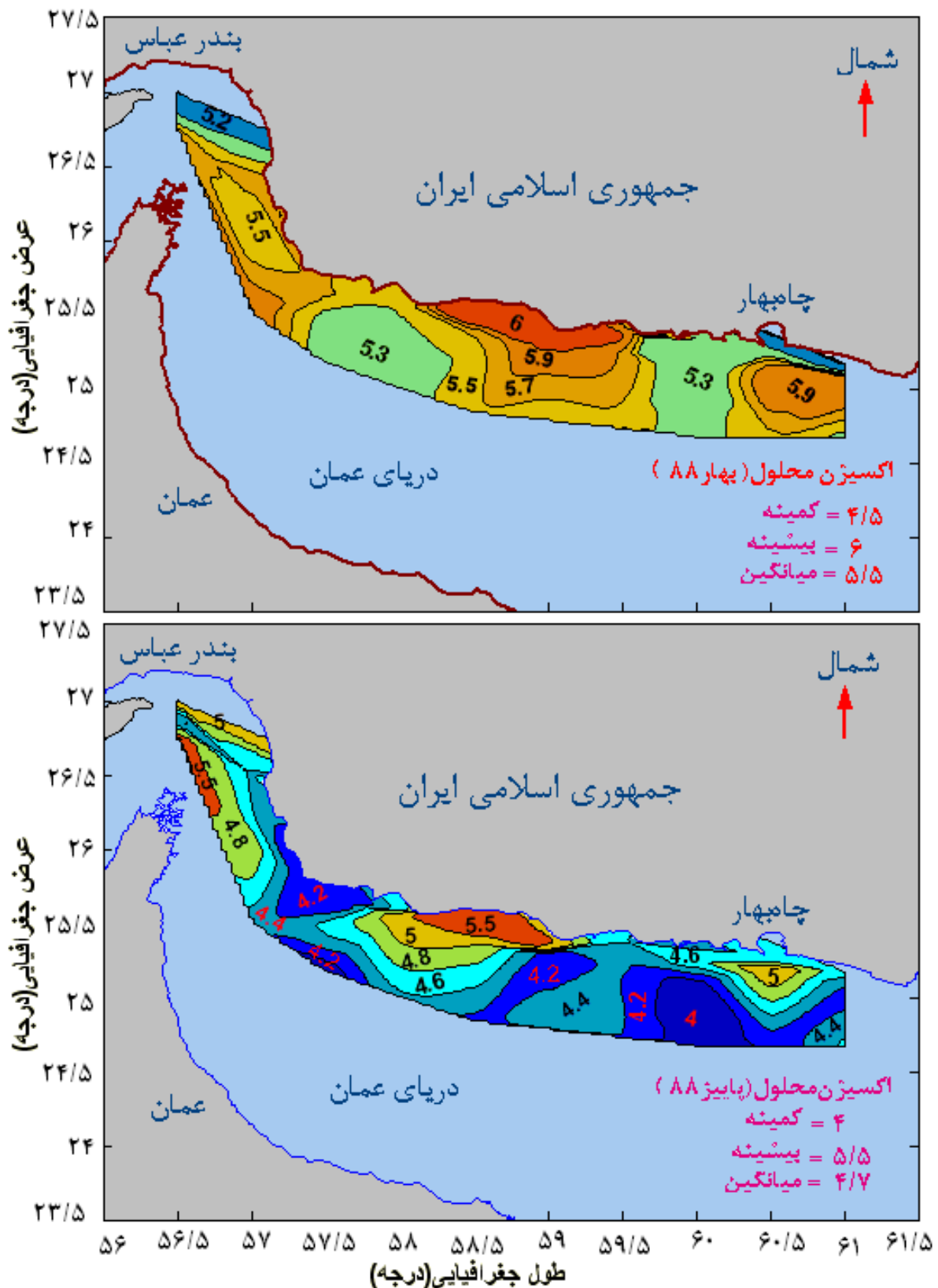
نتایج مربوط به میانگین توزیع افقی کدورت آب در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ ارائه شده است. نتایج حاصله نشان داد که میانگین آن در کل لایه‌های سطحی منطقه مورد بررسی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب  $1/6$  و  $2/6$  و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب  $1/5$  و  $1$  (ftu) بوده و مقدار آن از دریا به ساحل افزایش می‌یابد.

نتایج مربوط به میانگین توزیع افقی pH آب در شکل‌های ۱۶ و ۱۷ ارائه شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که میانگین آن در کل لایه‌های سطحی منطقه مورد بررسی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب  $8/18 \pm 0.4$  و  $8/1 \pm 0.1$  و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب  $8/3 \pm 0.9$  و  $7/99 \pm 0.6$  بوده و بیشترین مقدار آن (در حدود ۸/۵) در بهار ۸۸ و در محدوده شمال و شمال شرقی تنگه هرمز به دست آمد.

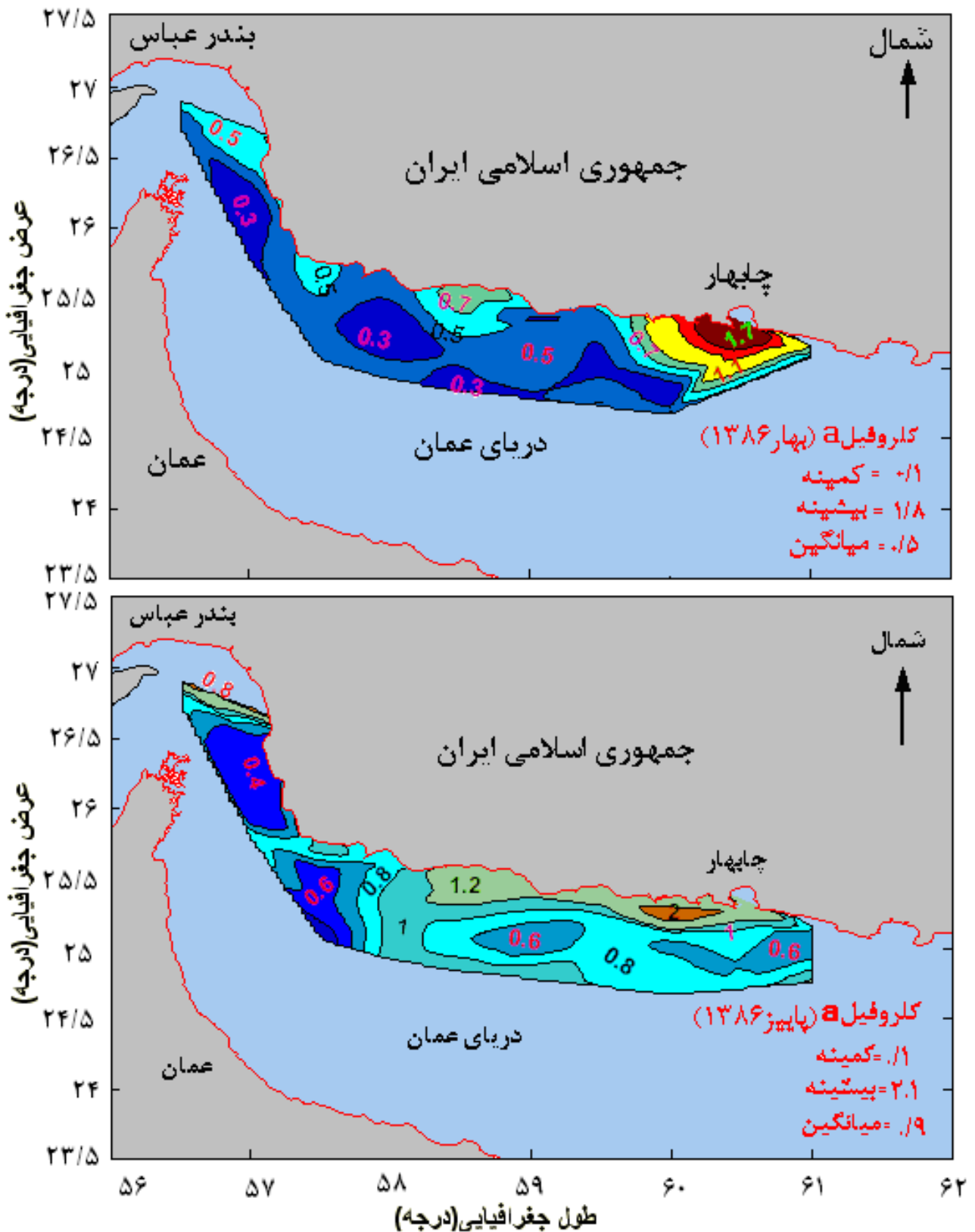
نتایج مربوط به میانگین تغییرات فصلی پارامترهای مورد بررسی در لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی (طی سال‌های ۸۶ و ۸۸) در شکل ۱۸ ارائه شده است. نتایج حاصله نشان داد که میانگین درجه حرارت، اکسیژن محلول و هدایت الکتریکی لایه‌های سطحی آب در سال ۸۶ بیشتر از ۸۸، اما مقدار چگالی و غلظت کلروفیل a در سال ۸۸ بیشتر از سال ۸۶ بوده است.



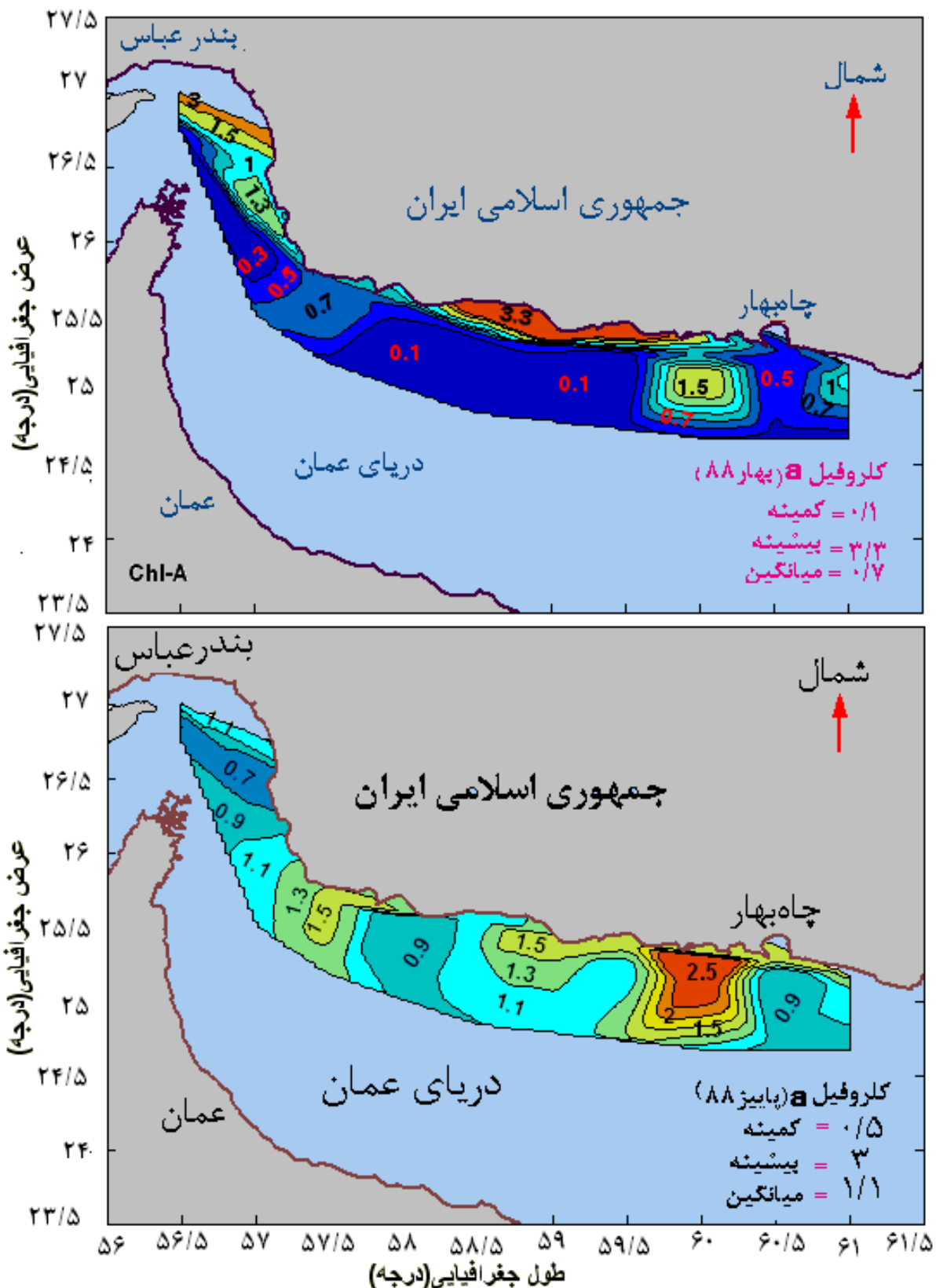
شکل ۱۰: میانگین تغییرات اکسیژن محلول (ppm) در لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۶)



شکل ۱۱: میانگین تغییرات اکسیژن محلول (ppm) در لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۸)

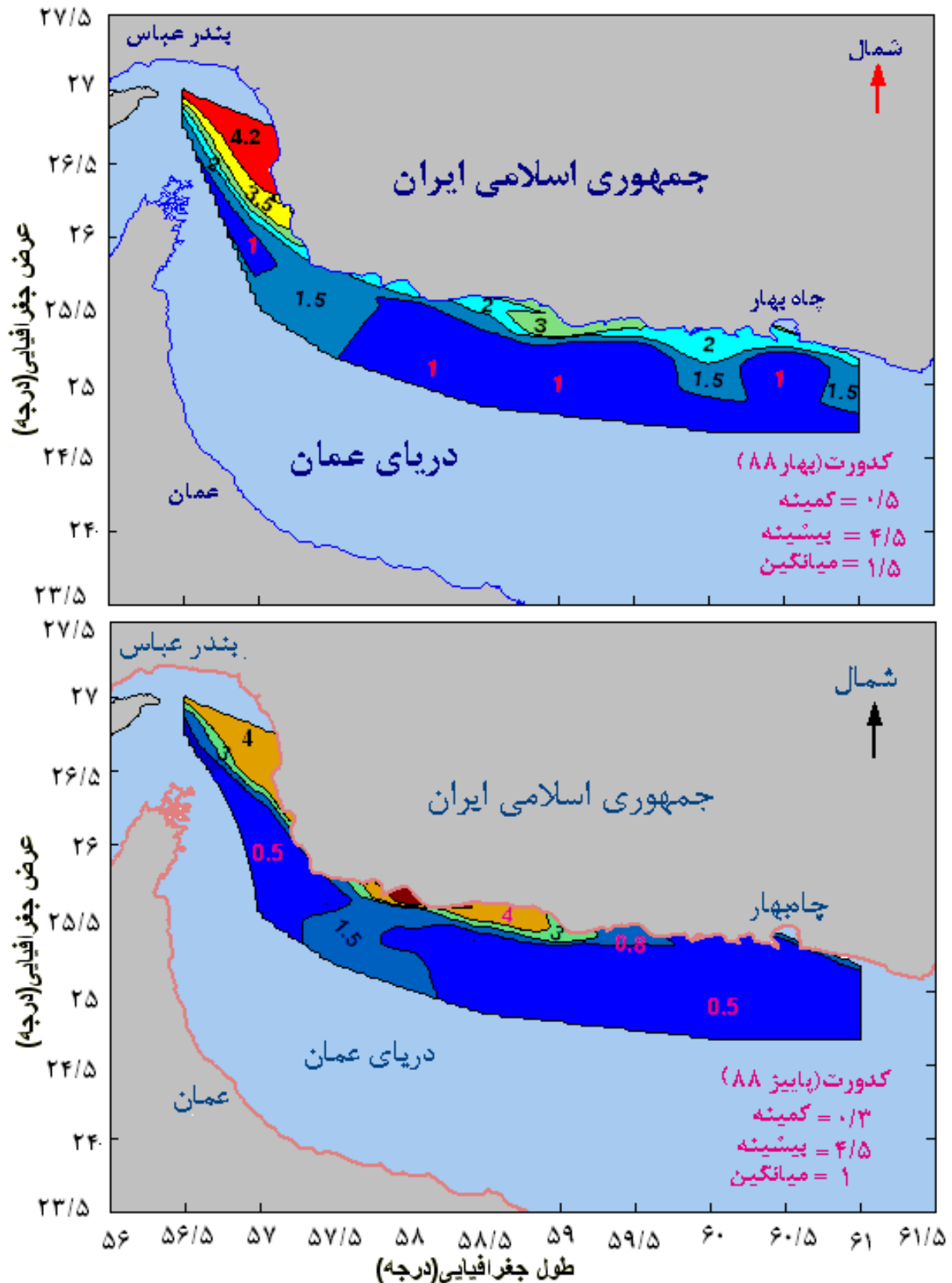


شکل ۱۲: میانگین تغییرات کلروفیل a (mg/m<sup>3</sup>) لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۶)

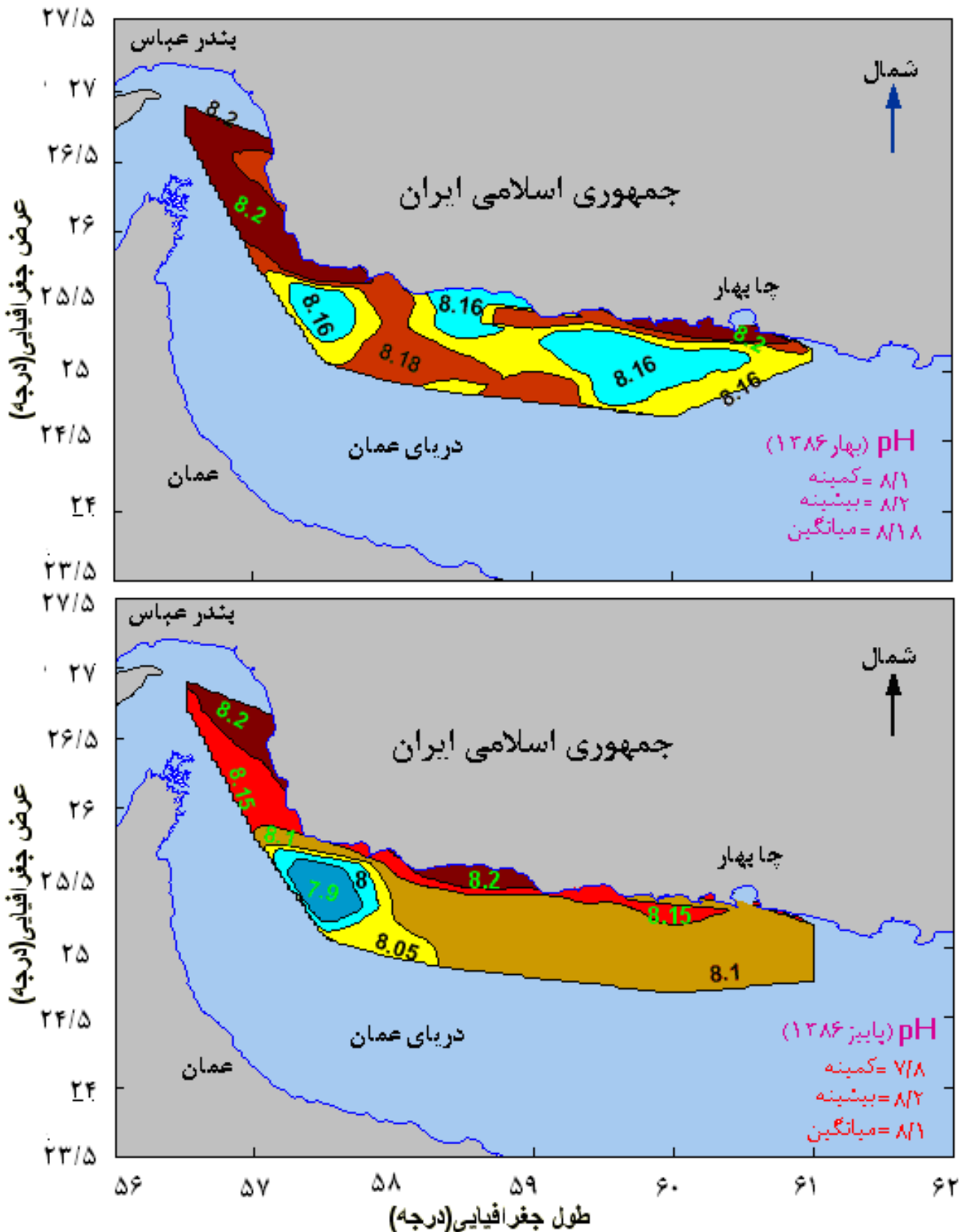


شکل ۱۳: میانگین تغییرات کروفیل ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۶)



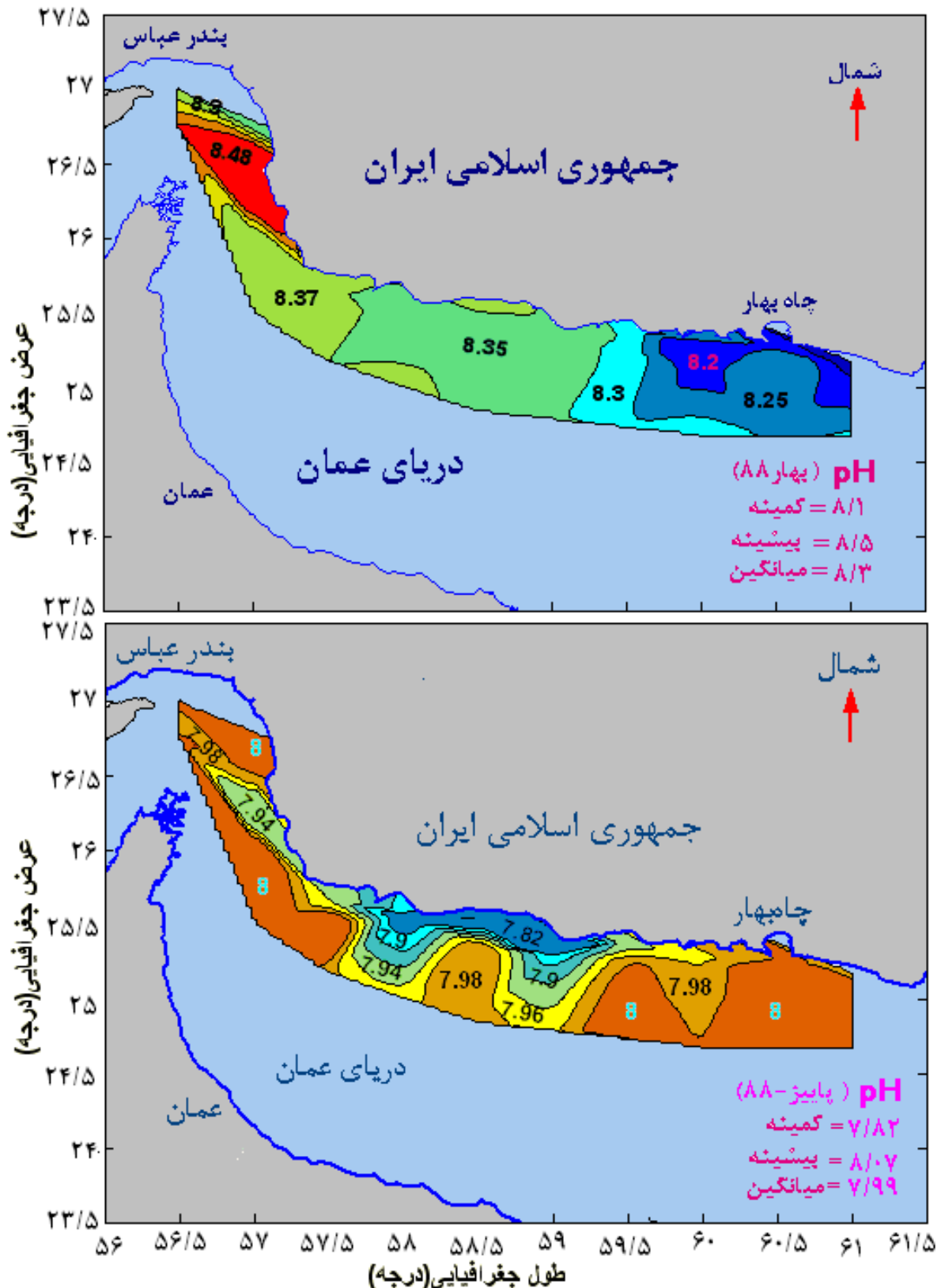


شکل ۱۵: میانگین تغییرات کدورت (ftu) لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۸)

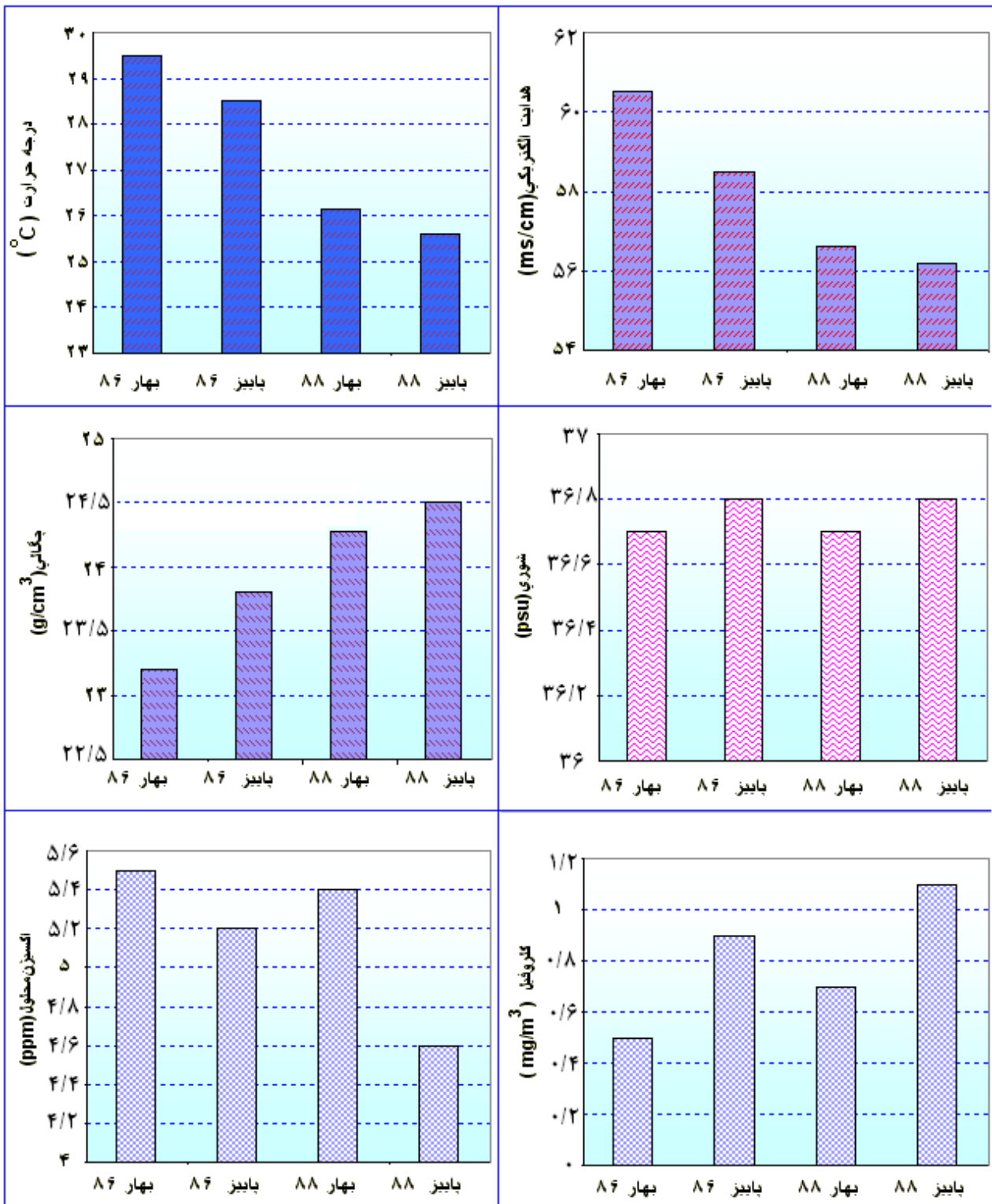


شکل ۱۶: میانگین تغییرات pH لایه‌های سطحی (۱ تا ۲۰ متر) مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۶)





شکل ۱۷: میانگین تغییرات pH لایه‌های سطحی (۱ تا ۲۰ متر) مناطق مورد بررسی (سال ۱۳۸۸)



شکل ۱۸: میانگین تغییرات فصلی پارامترهای مورد بررسی در لایه‌های سطحی مناطق مورد بررسی (طی سالهای ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸)

## ۲-۳- ساختار عمودی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی

نتایج مربوط به میانگین پروفیل عمودی پارامترهای فیزیکوشیمیایی مناطق مورد نظر در شکل‌های ۱۹ تا ۲۵ ارائه شده است. هم‌طوریکه در بخش مواد و روشها اشاره گردید، در بهار سال ۸۶ ساختار عمودی پارامترها از سطح تا لایه‌های عمقی تقریباً ۱۴۰ متری و در پاییز سال ۸۶ تا لایه‌های عمقی تقریباً ۲۰۰ متری مورد بررسی قرار گرفت، اما در سال ۸۸ در برخی از ایستگاهها، دستگاه CTD تا اعماق ۵۰۰ الی ۷۰۰ متری عمق آب ارسال گردید تا اینکه بتوان اطلاعات بیشتری را از اعماق مورد نظر به دست آورد.

با توجه به اینکه توزیع عمودی پارامترها در اکثر ایستگاههای نیمه شمال شرقی و شمال غربی دریای عمان، از ساختار مشابهی برخوردار بودند لذا در هر کدام از مناطق فوق، میانگین پروفیل عمودی یکی از ترانسکتها (در نیمه غربی ترانسکت سوم و در نیمه شرقی ترانسکت ششم) ارائه گردید.

میانگین تغییرات عمودی پارامترهای فیزیکوشیمیایی ترانسکت‌های سوم و ششم در بهار و پاییز سال ۸۶ در شکل‌های ۱۹ و ۲۰ ارائه شده است، طبق این نتایج ملاحظه می‌شود که مقدار چگالی آب چه در بهار و چه در پاییز از سطح به عمق افزایش داشته ولی مقادیر دما، هدایت الکتریکی و pH آب کاهش داشته‌اند، مقدار شوری آب نیز از سطح به عمق کاهش داشته اما از لایه‌های عمقی تقریباً ۱۵۰ متر به پایین رو به افزایش نموده است. مقدار اکسیژن محلول و کلروفیل a در بهار بیشتر از پاییز بوده و ساختار عمودی آنها نشان می‌دهد که بیشترین غلظت کلروفیل a و اکسیژن محلول در لایه‌های عمقی تقریباً ۱۰ تا ۳۰ متری بوده و سپس با افزایش عمق آب مقدار آنها نیز به شدت کاهش می‌یابد.

میانگین تغییرات عمودی پارامترهای فیزیکوشیمیایی ترانسکت‌های سوم و ششم مربوط به بهار سال ۸۸، در شکل‌های ۲۱ و ۲۲ ارائه شده است، با توجه به شکل ۲۱ ملاحظه می‌شود که در ترانسکت سوم مقدار درجه حرارت آب از سطح تا عمق ۱۵۰ متری کاهش، از عمق ۱۵۰ تا ۳۰۰ متری بصورت جزئی افزایش و بالاخره از عمق ۳۰۰ الی ۵۰۰ متری دوباره کاهش یافته است. روند تغییرات هدایت الکتریکی و سرعت صوت نیز دقیقاً از ساختار عمودی درجه حرارت پیروی نموده‌اند.

مقدار چگالی از سطح به عمق افزایش داشته اما مقدار شوری از سطح تا عمق ۱۵۰ متری کاهش، از عمق ۱۵۰ تا ۳۰۰ متری افزایش ولی از عمق ۳۰۰ الی ۵۰۰ متری دوباره کاهش یافته است.

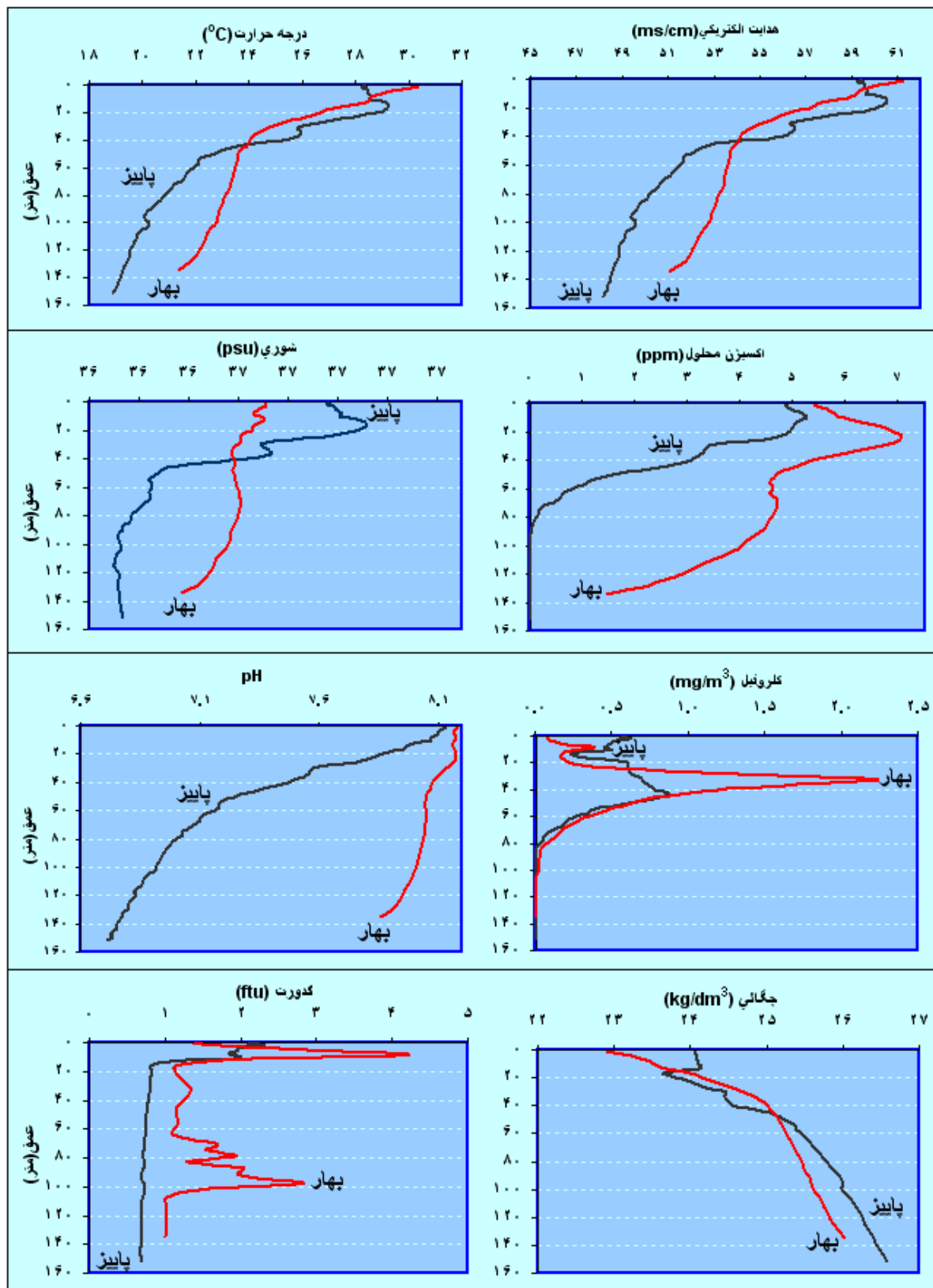
غلظت کلروفیل a از سطح آب تا عمق تقریباً ۴۰ متری افزایش داشته و پس از آن رو به کاهش نهاده به‌طوریکه در عمق ۱۰۰ متری مقدار آن به صفر تقلیل یافته است. مقدار اکسیژن محلول نیز از سطح تا عمق تقریباً ۴۰ متری افزایش، و پس از آن رو به کاهش نهاده، اما در محدوده مناطق شمال شرقی تنگه هرمز به دلیل تحت تاثیر قرار گرفتن جریان خروجی از خلیج فارس مقدار آن در اعماق ۱۵۰ تا ۳۰۰ متری کمی افزایش نشان می‌دهد. روند تغییرات عمودی pH آب دقیقاً از ساختار عمودی اکسیژن محلول پیروی نموده است. با توجه به شکل ۲۲ و مقایسه آن با شکل ۲۱ ملاحظه می‌شود که در ترانسکت ششم نیز روند تغییرات عمودی پارامترهای

فیزیکوشیمیایی تقریباً شبیه به تغییرات ترانسکت سوم می‌باشد با این تفاوت که تاثیر گذاری جریان خروجی از تنگه هرمز (در لایه‌های عمقی ۱۵۰ تا ۳۰۰ متری) در ترانسکت سوم که در محدوده تنگه هرمز قرار داشته به مراتب بیشتر از ترانسکت ششم بوده است. البته با وجود اینکه موقعیت مکانی ترانسکت ششم بیش از ۱۲۰ مایل دریایی دورتر از تنگه هرمز قرار داشته با این حال اثرات جریان خروجی از تنگه هرمز، علاوه بر میزان شوری در سایر پارامترها نیز تا حدودی قابل مشاهده می‌باشد به طور مثال شکل گیری لایه اکسی کلاین در اعماق ۴۰ تا ۱۵۰ متری به گونه‌ای تشکیل یافته که مقدار آن در عمق ۱۵۰ متری به صفر تقلیل یافته (به حالت بحرانی رسیده) اما از عمق ۱۵۰ تا ۳۰۰ متری دوباره مقداری افزایش داشته است.

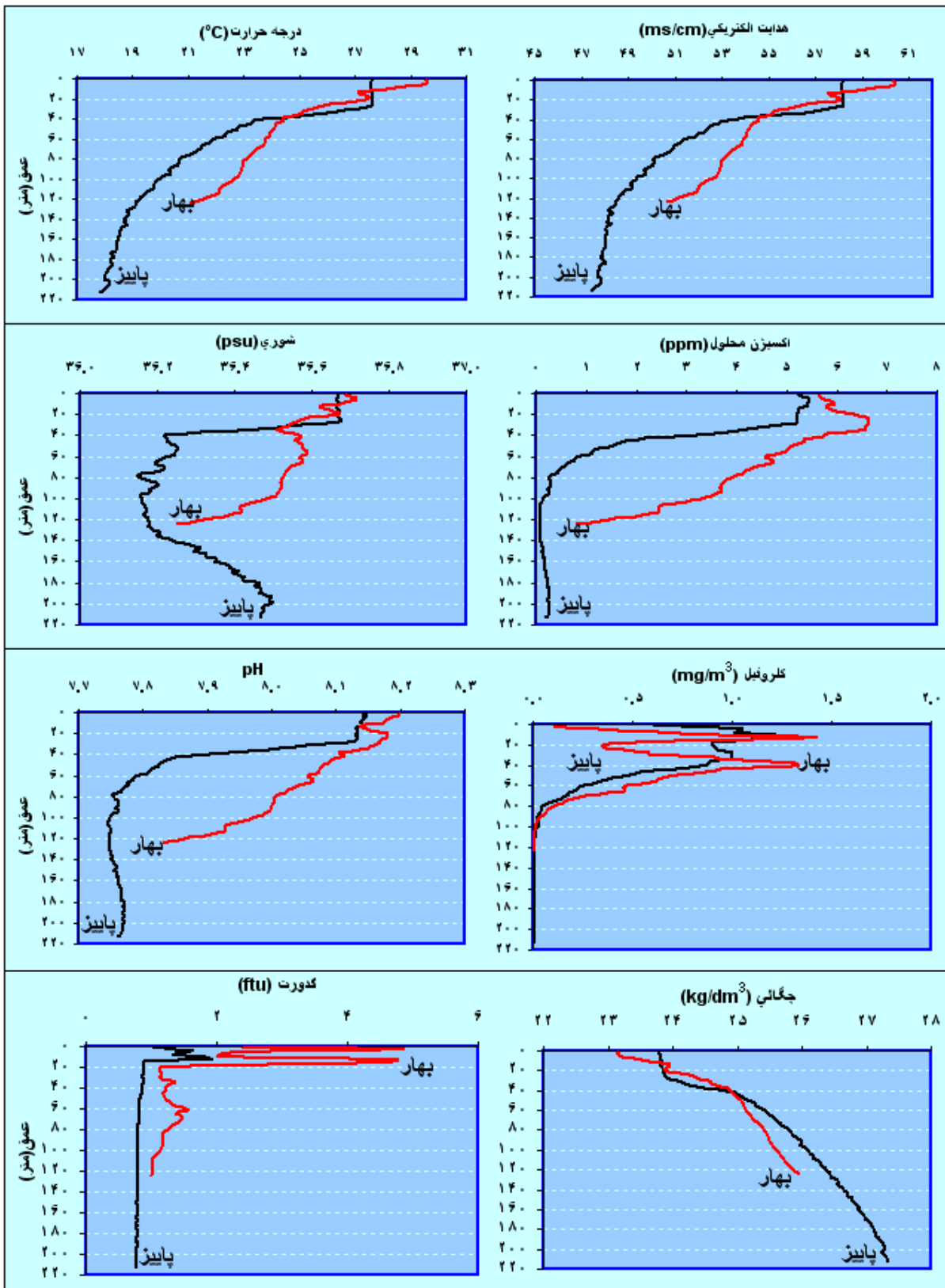
میانگین تغییرات عمودی پارامترهای فیزیکوشیمیایی ترانسکت‌های سوم و ششم مربوط به پاییز سال ۸۸، در شکل‌های ۲۳ و ۲۴ ارائه شده است، بر طبق این نتایج و مقایسه آنها با فصل بهار ملاحظه می‌گردد که بطور میانگین روند تغییرات عمودی پارامترها در فصل پاییز نیز تقریباً شبیه روند تغییرات عمودی فصل بهار بوده با این تفاوت که در فصل پاییز لایه‌های سطحی تا عمق ۵۰ متری کاملاً همگن و یکنواخت گردیده و این همگن شدن لایه‌ها در ترانسکت ششم نسبتاً "بیشتر از ترانسکت سوم به چشم می‌خورد.

نتایج مربوط به میانگین پروفیل عمودی پارامترهای فیزیکوشیمیایی در ترانسکت سوم منطقه مورد نظر در زمستان سال ۸۵ در شکل ۲۵ ارائه شده است. با توجه به شکل فوق ملاحظه می‌گردد که در این فصل از سال، مقدار درجه حرارت، شوری، اکسیژن محلول و pH لایه‌های فوقانی آب از سطح تا عمق ۱۰۰ متری، تقریباً همگن و یکنواخت گردیده و سپس شروع به کاهش ناگهانی نموده به طوری که لایه ترموکلاین در اعماق ۱۳۰ تا ۲۵۰ متری با اختلاف دمایی ۵ درجه سانتی‌گراد، و لایه اکسی کلاین در اعماق ۱۳۰ تا ۱۷۰ متری با اختلاف ۶ میلی‌گرم در لیتر تشکیل شده‌اند. میزان شوری آب از سطح تا عمق ۱۲۰ متری تقریباً یکسان بوده و از عمق ۱۲۰ تا ۲۰۰ متری کاهش، اما از ۲۰۰ تا ۳۰۰ متری افزایش داشته است. تغییرات عمودی pH آب دقیقاً از روند تغییرات عمودی دما و اکسیژن محلول، و تغییرات عمودی کدورت آب از روند تغییرات عمودی کلروفیل a پیروی نموده‌اند.

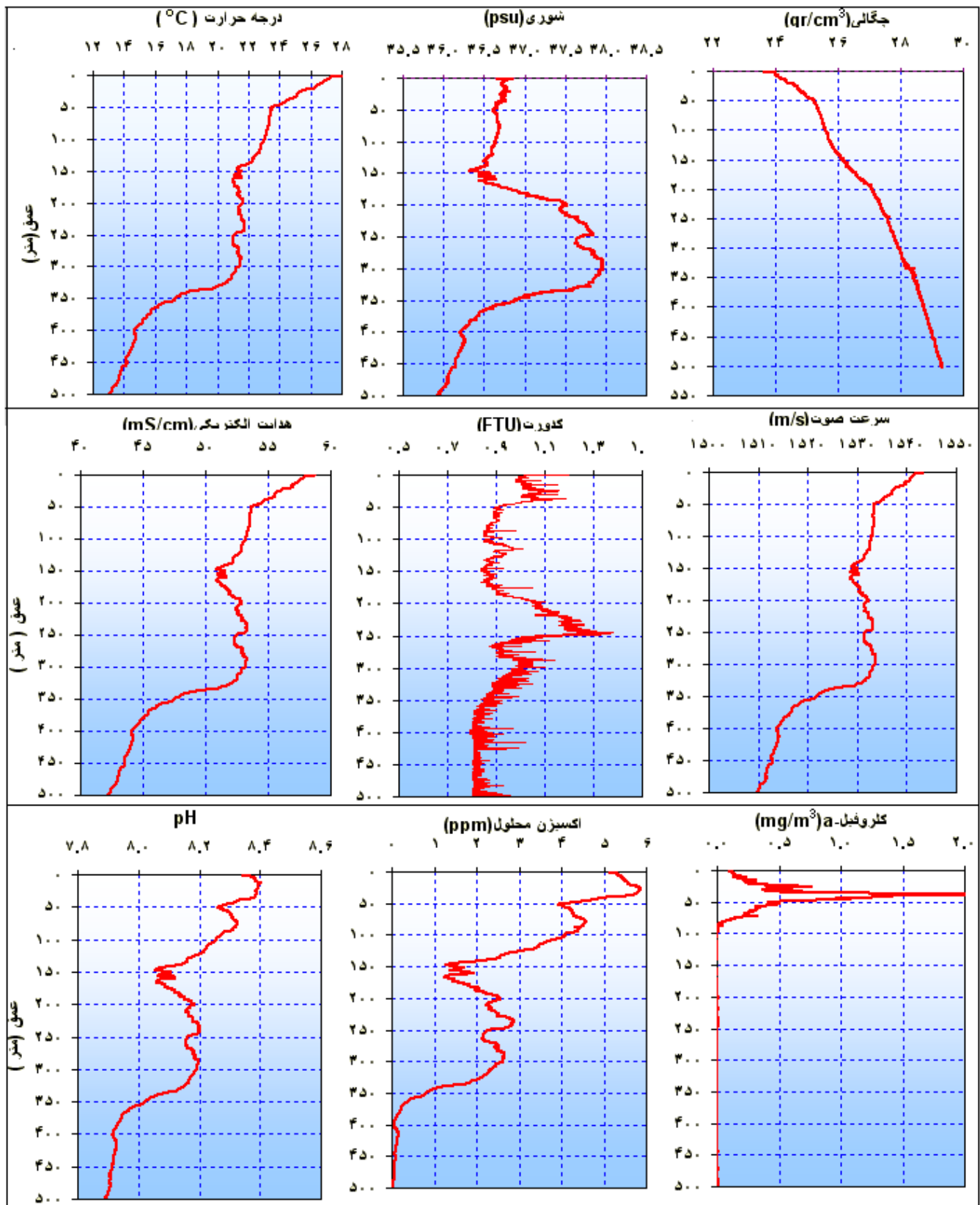
مقایسه ساختار عمودی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و روند تغییرات فصلی آنها در نیمه شمال شرقی و شمال غربی دریای عمان نشان داد که روند تغییرات عمودی پارامترها در این دو ناحیه تفاوت‌هایی را نسبت به هم داشته اما با توجه به اینکه در هر کدام از نواحی مذکور، اکثر ایستگاه‌ها از روند تغییرات عمودی مشابهی برخوردار بودند لذا در این گزارش فقط نتایج مربوط به میانگین توزیع عمودی برخی از ایستگاه‌های شاخص که نمایانگر ساختار عمودی پارامترها در هر کدام از نواحی، چه در نیمه شمال شرقی و چه در نیمه شمال غربی دریای عمان می‌باشد ارائه گردیده است.



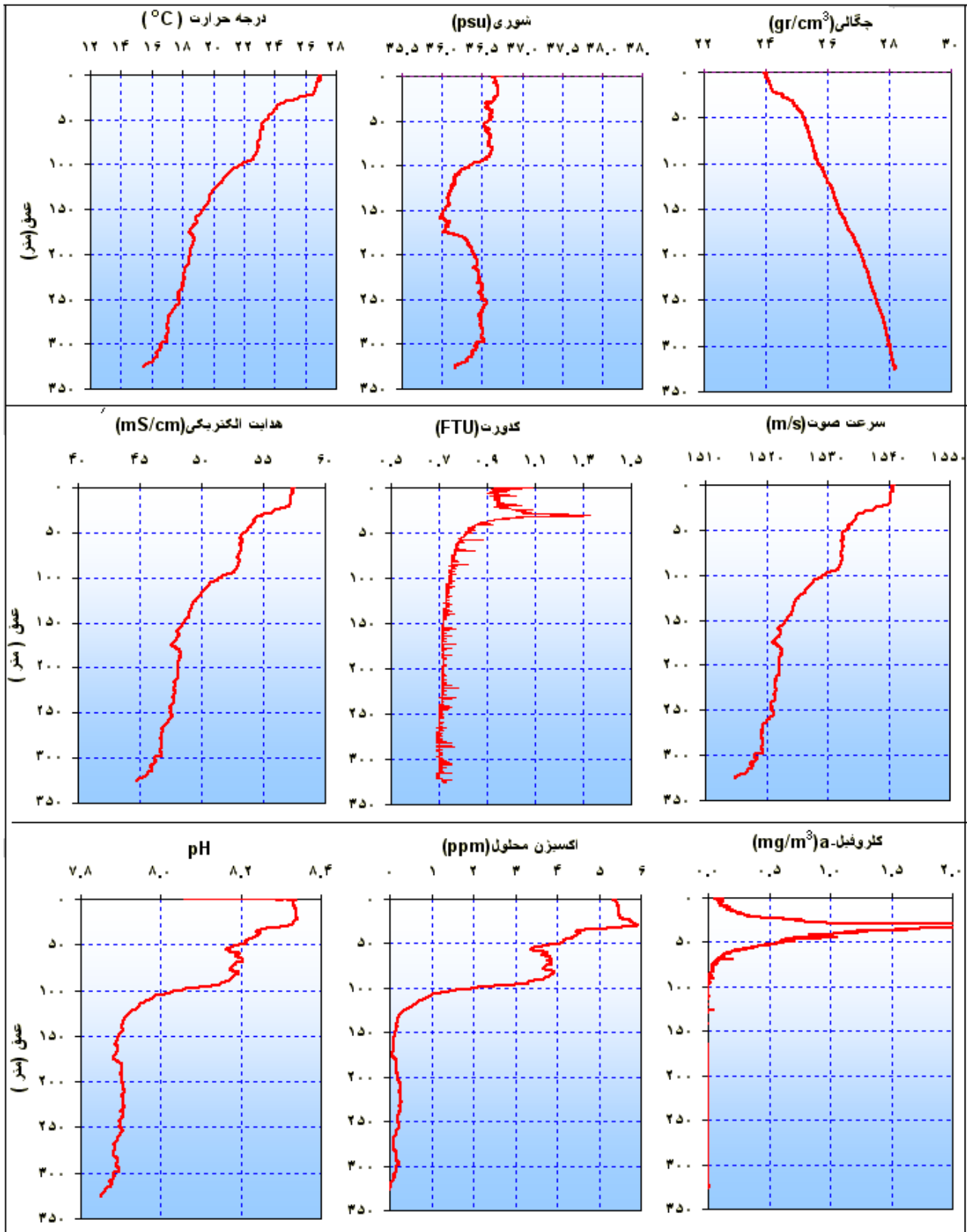
شکل ۱۹: میانگین پروفیل عمودی پارامترهای بررسی شده در ترانسکت سوم منطقه مورد نظر (سال ۸۶)



شکل ۲۰: میانگین پروفیل عمودی پارامترهای بررسی شده در ترانسکت ششم منطقه مورد نظر (سال ۸۶)

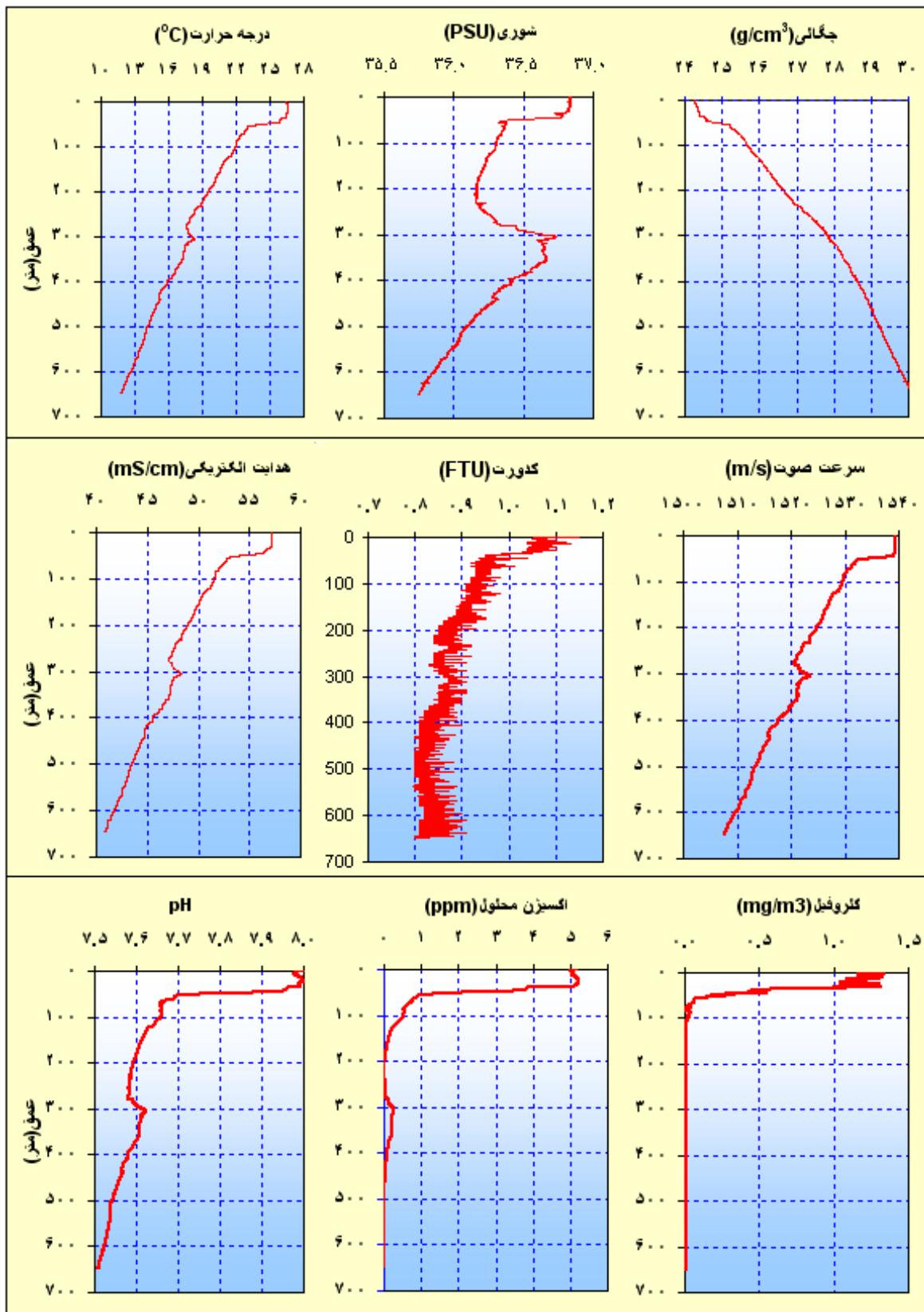


شکل ۲۱: میانگین پروفیل عمودی پارامترهای بررسی شده در ترانسکت سوم منطقه مورد نظر (بهار ۸۸)

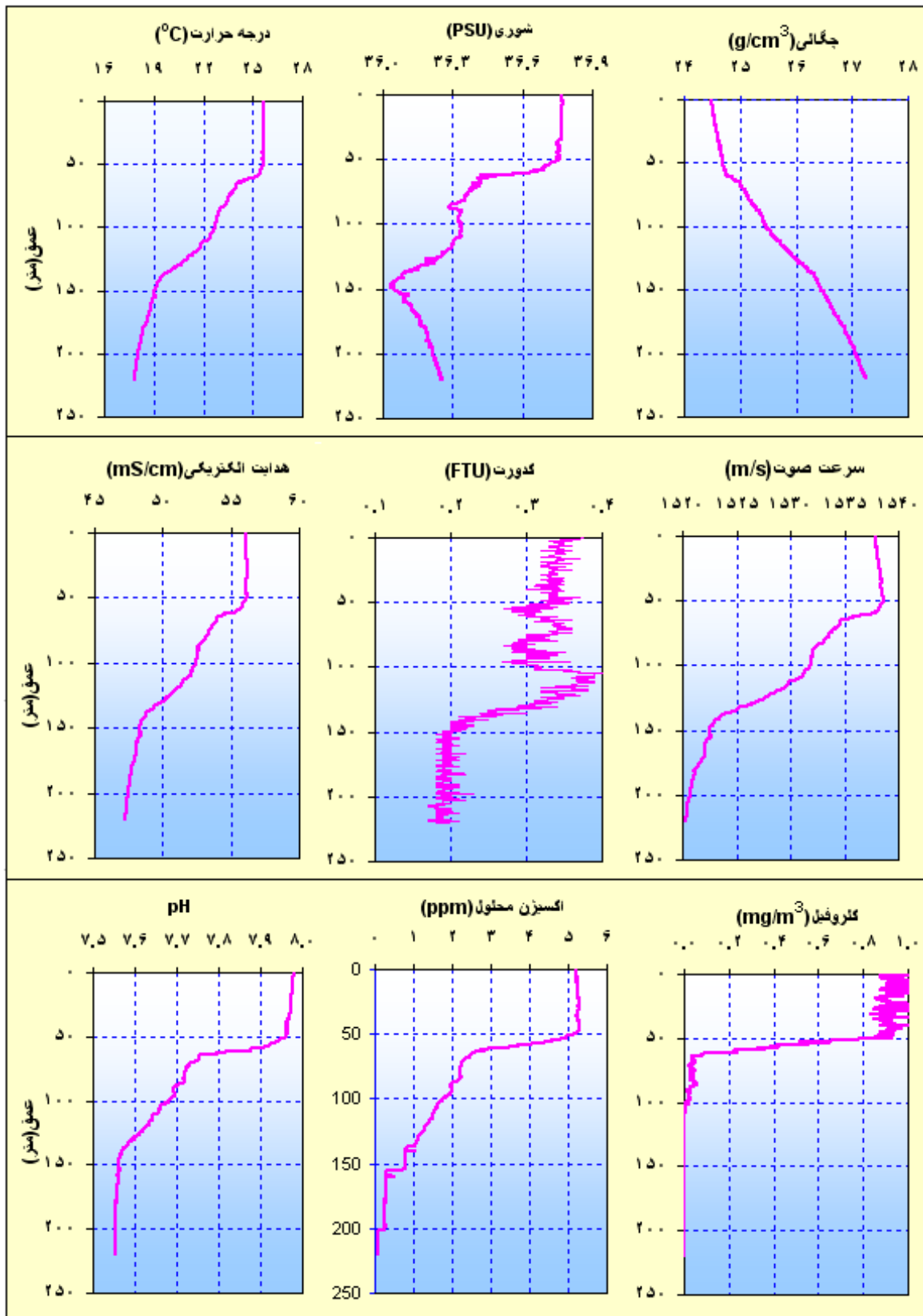


شکل ۲۲: میانگین پروفیل عمودی پارامترهای بررسی شده در توانست ششم منطقه مورد نظر (بهار ۸۸)

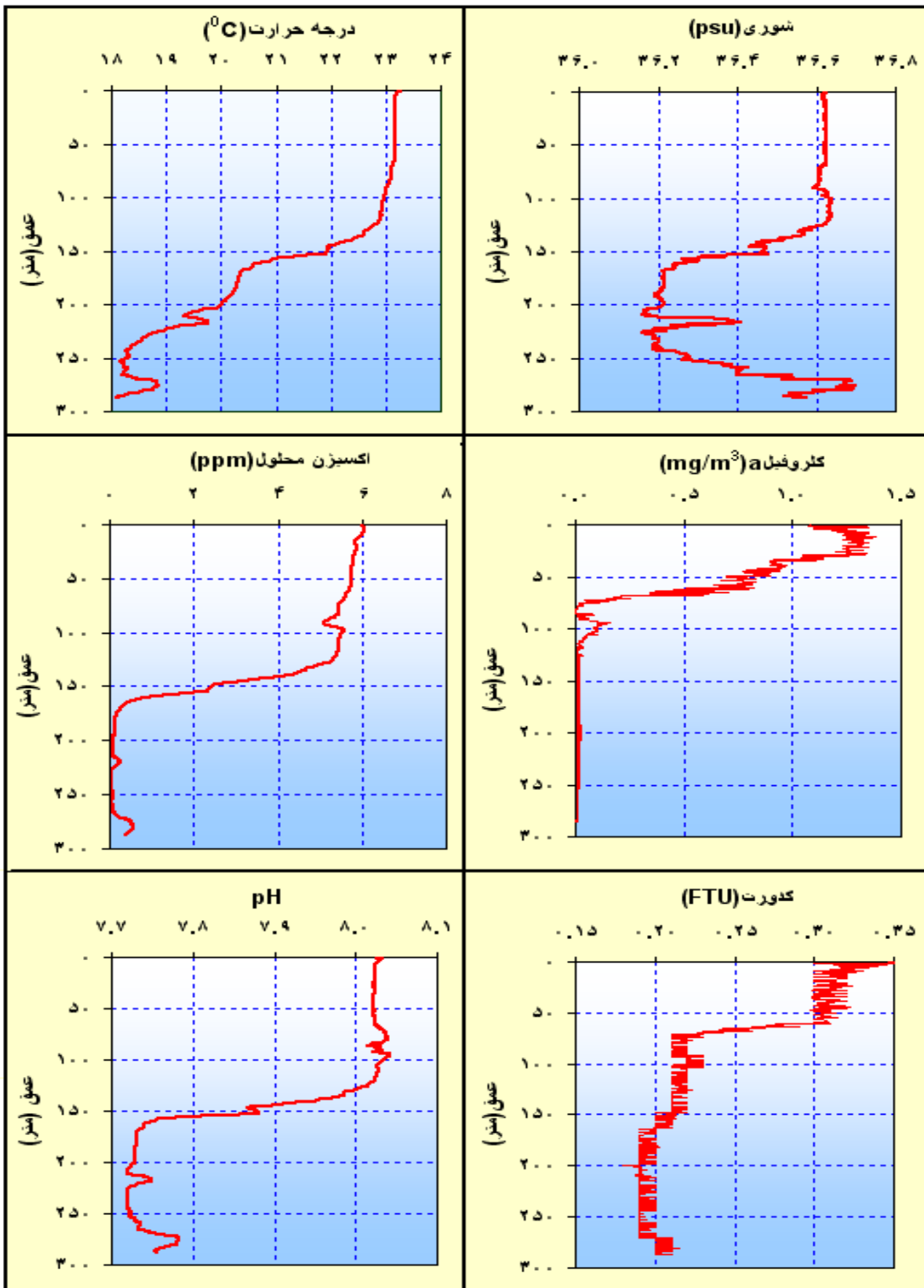




شکل ۲۳: میانگین پروفیل عمودی پارامترهای بررسی شده در ترانسکت سوم منطقه مورد نظر (بایز ۸۸)



شکل ۲۴: میانگین پروفیل عمودی پارامترهای بررسی شده در ترانسکت ششم منطقه مورد نظر (پاییز ۸۸)



شکل ۲۵: میانگین پروفیل عمودی پارامترهای بررسی شده در ترانسکت سوم منطقه مورد نظر (زمستان ۸۵)

### ۳-۳- خطوط همتراز پارامترهای فیزیکوشیمیایی در مقاطع طولی و عرضی

مقطع عرضی و خطوط همتراز اکسیژن محلول در امتداد ترانسکت‌های سوم، پنجم و هفتم منطقه مورد نظر در طی بهار سال ۸۶ و ۸۸ در شکل‌های ۲۶ الی ۲۸ ارائه شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که لایه‌های عمقی ۱۰ تا ۴۰ متری از بیشترین مقدار اکسیژن محلول برخوردار بوده و پس از آن کاهش می‌یابد، البته در ترانسکت سوم در اعماق ۱۵۰ تا ۳۰۰ متری مقداری افزایش می‌یابد.

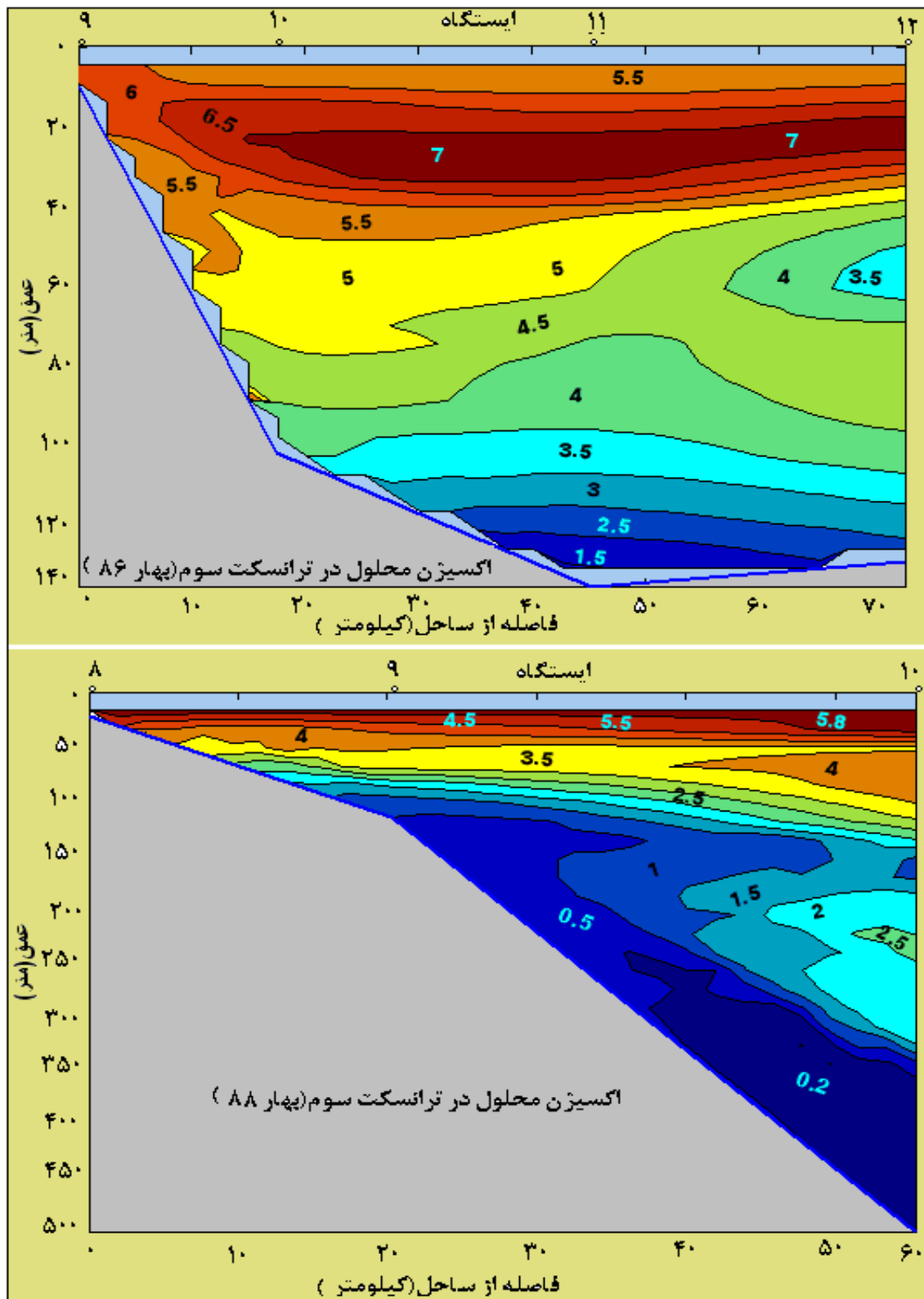
نتایج مربوط به خطوط هم‌تراز کلروفیل a و اکسیژن محلول ایستگاه‌های چهارم هر ترانسکت در مقطع طولی و در امتداد ساحل دریای عمان مربوط به بهار سال ۸۶ در شکل ۲۹، همچنین درجه حرارت و چگالی در شکل ۳۰ ارائه شده است. بر طبق نتایج شکل ۲۹ ملاحظه می‌گردد که در سرتاسر مناطق دریایی این پهنه آبی بیشترین غلظت کلروفیل a و اکسیژن محلول در اعماق ۲۰ تا ۴۰ متری بوده، علاوه بر اینکه در این فصل شکل‌گیری یک جریان فراچاهنده (upwelling) در اعماق ۱۰۰ تا ۱۲۰ متری به وضوح قابل رویت می‌باشد، از آنجا که جریان فراچاهنده مذکور از عمق به سطح در حرکت بوده لذا از اکسیژن محلول بسیار ناچیزی برخوردار می‌باشد. لازم به ذکر است که جریان upwelling تأثیرات خود را بر روی سایر پارامترها از جمله درجه حرارت و چگالی نیز به خوبی نمایان ساخته بطوریکه در شکل ۳۰ خطوط هم‌دما نشان دهنده پایین بودن درجه حرارت و خطوط هم‌تراز بیانگر بالا بودن مقدار چگالی را در شکل‌گیری جریان فراچاهنده نشان می‌دهند.

نتایج مربوط به خطوط هم‌تراز کلروفیل a و اکسیژن محلول ایستگاه‌های چهارم هر ترانسکت در مقطع طولی و در امتداد ساحل دریای عمان مربوط به پاییز ۸۶ در شکل ۳۱، همچنین درجه حرارت و چگالی در شکل ۳۲ ارائه شده است. مقایسه نتایج فصل بهار و پاییز نشان داد که بیشترین غلظت کلروفیل a در بهار در اعماق ۲۰ تا ۴۰ اما در پاییز در لایه‌های عمقی ۱۰ تا ۳۰ متری می‌باشد. مقدار اکسیژن محلول ستون آب در پاییز ۸۶ به شدت کاهش یافته به طوریکه در لایه‌های عمقی ۲۰ تا ۶۰ متری، اکسی کلاین شدیدی بوجود آمده است که به نظر می‌رسد یکی از دلایل اصلی آن تأثیرات جریان فراچاهنده (upwelling) مذکور بوده باشد که شرح آن در بالا ذکر گردید. علاوه بر اینکه احتمالاً طوفان گنوکو که در تابستان ۸۶ در دریای عمان رخ داد نیز در این رابطه بی‌تأثیر نبوده باشد. از طرفی نتایج مربوط به خطوط هم‌دما نیز نشان داد که در پاییز ۸۶ لایه ترموکلاین هم در لایه‌های فوقانی تشکیل یافته به طوریکه اختلاف دمای آب در اعماق بین ۲۰ تا ۸۰ متری به بیش از ۹ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است.

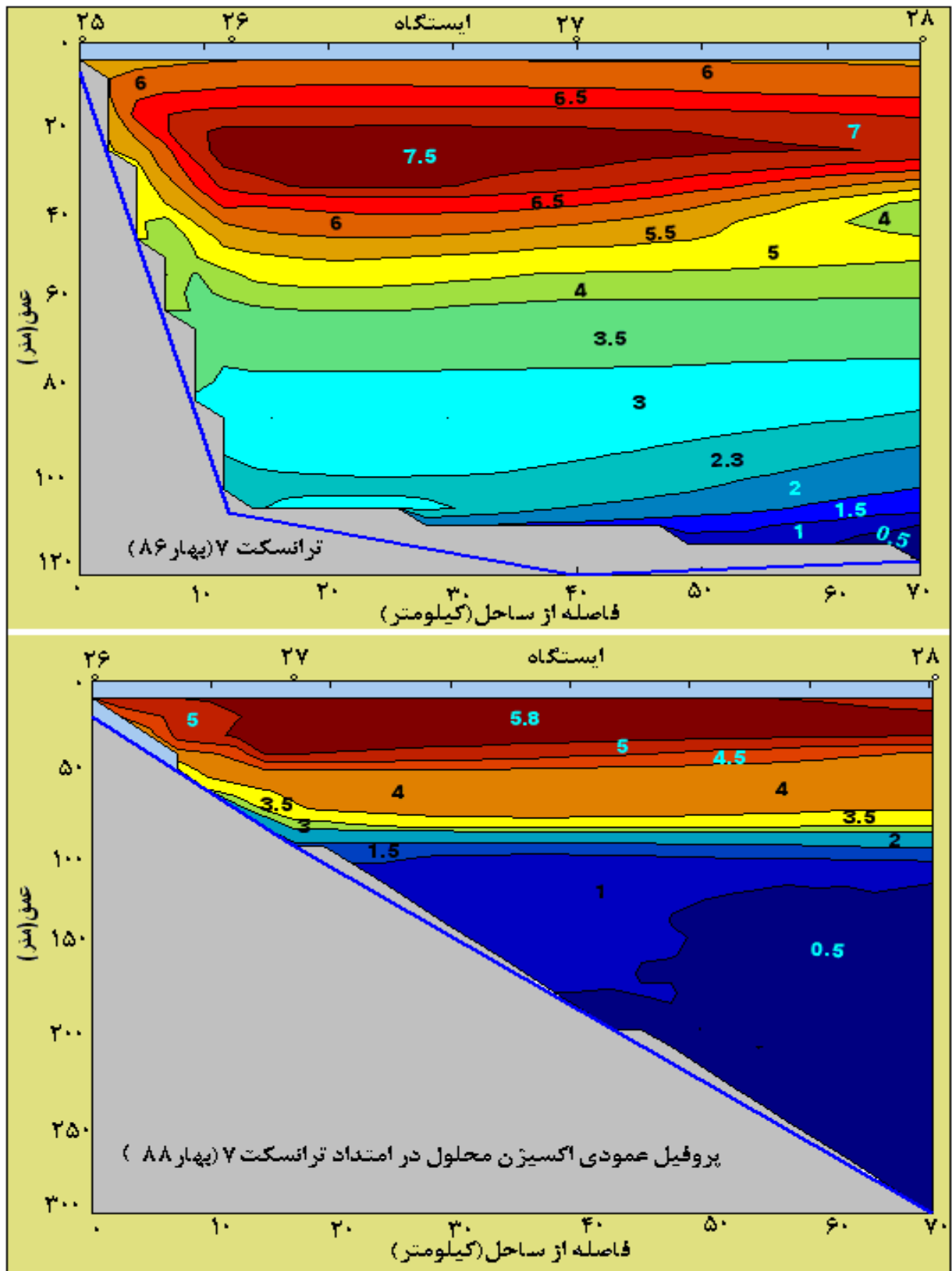
نتایج مربوط به خطوط هم‌تراز کلروفیل a و اکسیژن محلول ایستگاه‌های چهارم هر ترانسکت در مقطع طولی و در امتداد ساحل دریای عمان مربوط به بهار و پاییز سال ۸۸ در شکل‌های ۳۳ و ۳۵ ارائه شده است. نتایج حاصله نشان داد که بیشترین غلظت کلروفیل a در اعماق ۲۰ تا ۴۰ متری بوده و سپس با افزایش عمق آب از غلظت آن به شدت کاسته شده بطوریکه در عمق ۸۰ متری مقدار آن تقریباً به صفر نزدیک می‌شود، همچنین بیشترین

مقدار اکسیژن محلول نیز در لایه‌های عمقی ۲۰ تا ۴۰ متری به دست آمد. مقدار اکسیژن محلول در پاییز سال ۸۸ به مراتب بیشتر از پاییز سال ۸۶ به دست آمد.

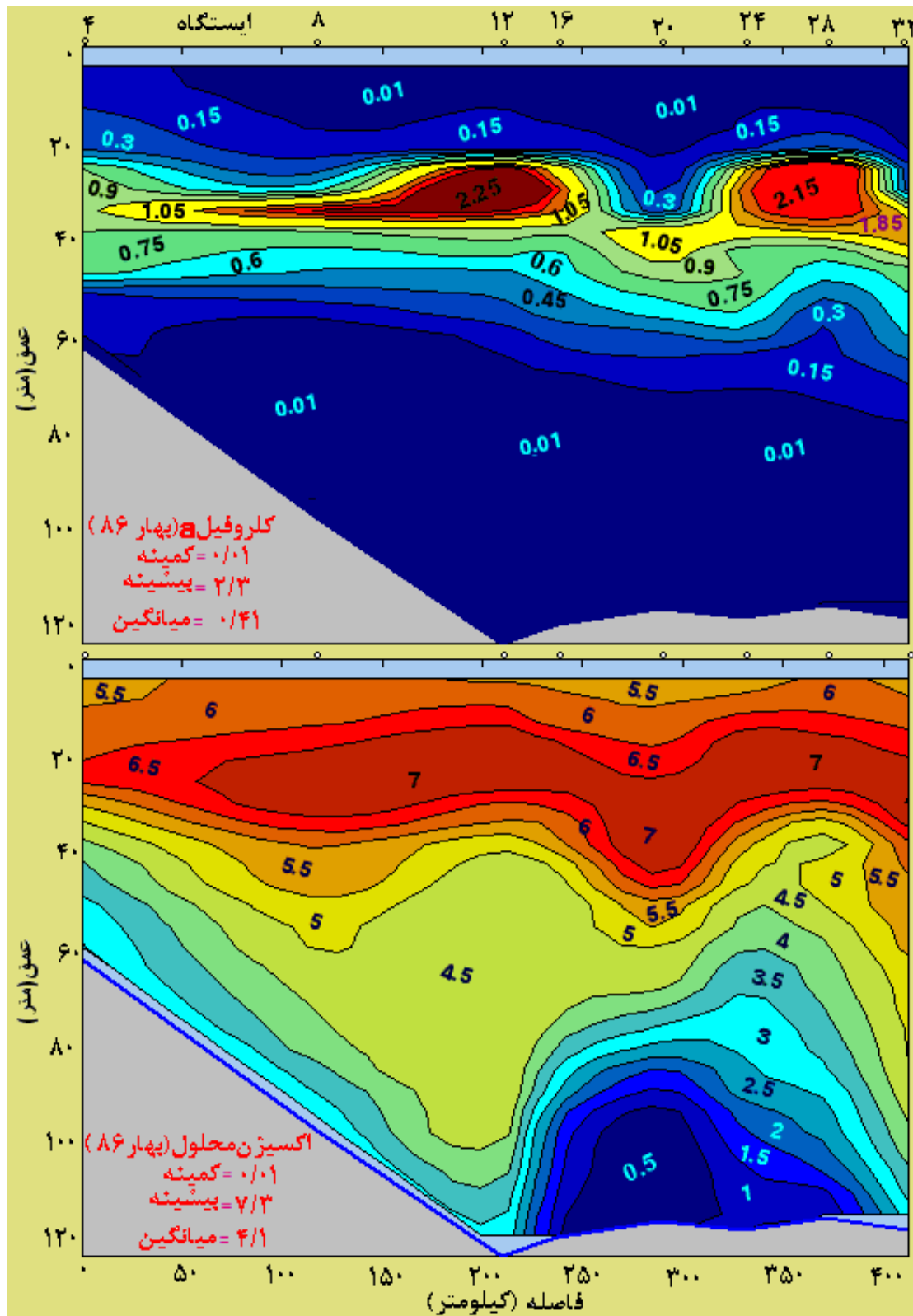
نتایج مربوط به خطوط همتراز درجه حرارت و چگالی ایستگاه‌های چهارم هر ترانسکت، در مقطع طولی و در امتداد ساحل دریای عمان مربوط به بهار و پاییز سال ۸۸ در شکل‌های ۳۴ و ۳۶ ارائه شده است. با توجه به شکل ۳۴ و مقایسه آن با شکل ۳۳ ملاحظه می‌گردد که مقدار درجه حرارت لایه‌های سطحی در طی پاییز سال‌های ۸۶ و ۸۸ با یکدیگر مقداری تفاوت داشته بطوریکه در پاییز ۸۸ مقدار دمای لایه‌های سطحی آب به مراتب بیشتر از پاییز ۸۶ همگن و یکنواخت گردیده است، که علت آن به خاطر اختلاف زمان نمونه برداری آنها می‌باشد چرا که زمان نمونه برداری در پاییز ۸۶ از ۱۱ آبان ماه شروع گردید، در صورتیکه زمان نمونه برداری در پاییز ۸۸ از دهم آذر ماه به انجام در نتیجه این اختلاف زمان نمونه برداری باعث گردیده که میزان درجه حرارت لایه‌های سطحی آب در سال ۸۸ بیشتر از سال ۸۶ همگن شده و این یکنواختی دما در اکثر نقاط، تقریباً تا اعماق ۴۰ الی ۵۰ متری ستون آب رسیده است.



شکل ۲۶: پروفیل عمودی (مقطع عرضی) اکسیژن محلول (میلی گرم بر لیتر) در امتداد ترانسکت سوم منطقه مورد نظر

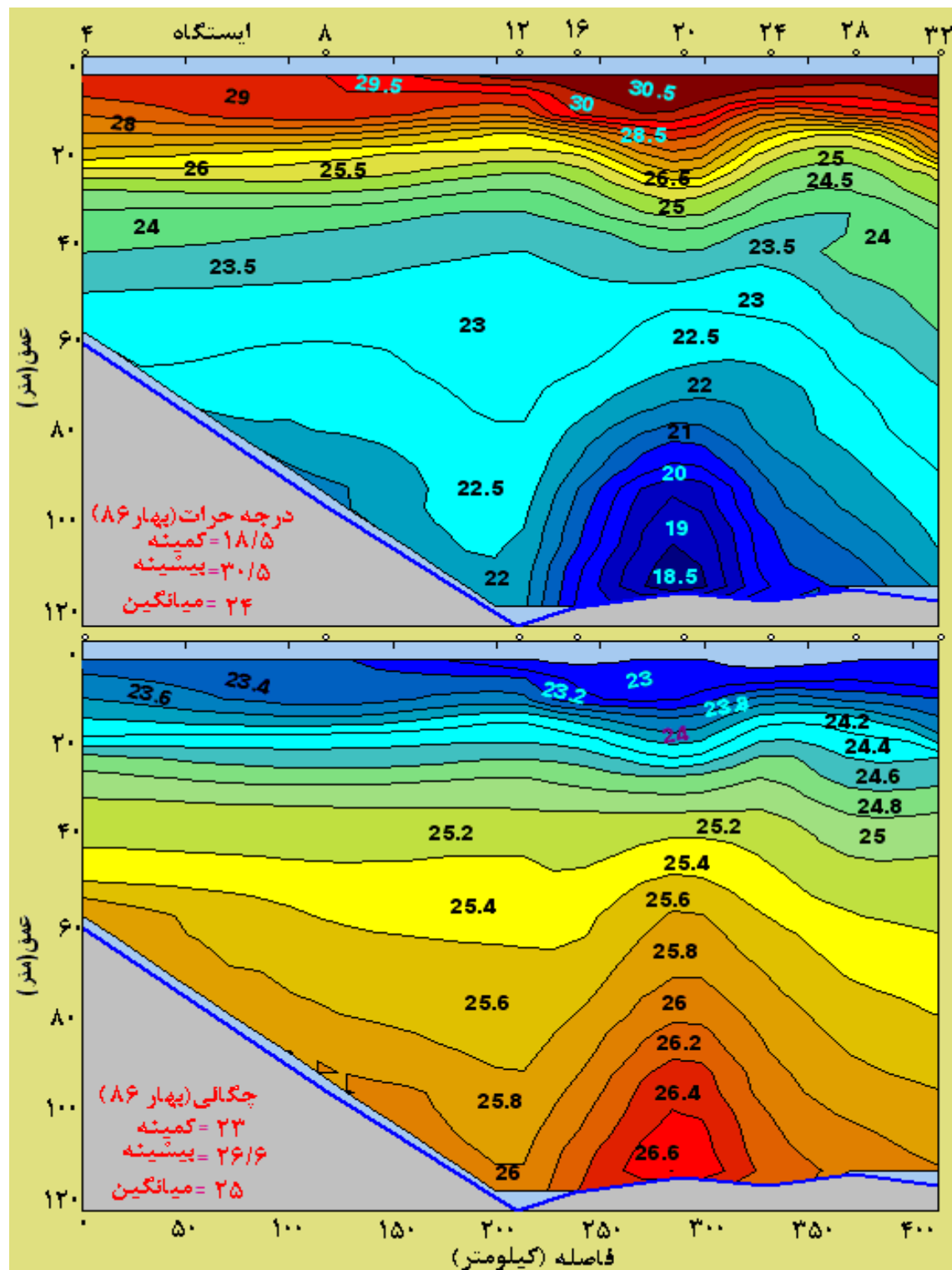


شکل ۲۷: میانگین پروفیل عمودی اکسیژن محلول (میلی گرم بر لیتر) در امتداد ترانسکت پنجم منطقه مورد نظر

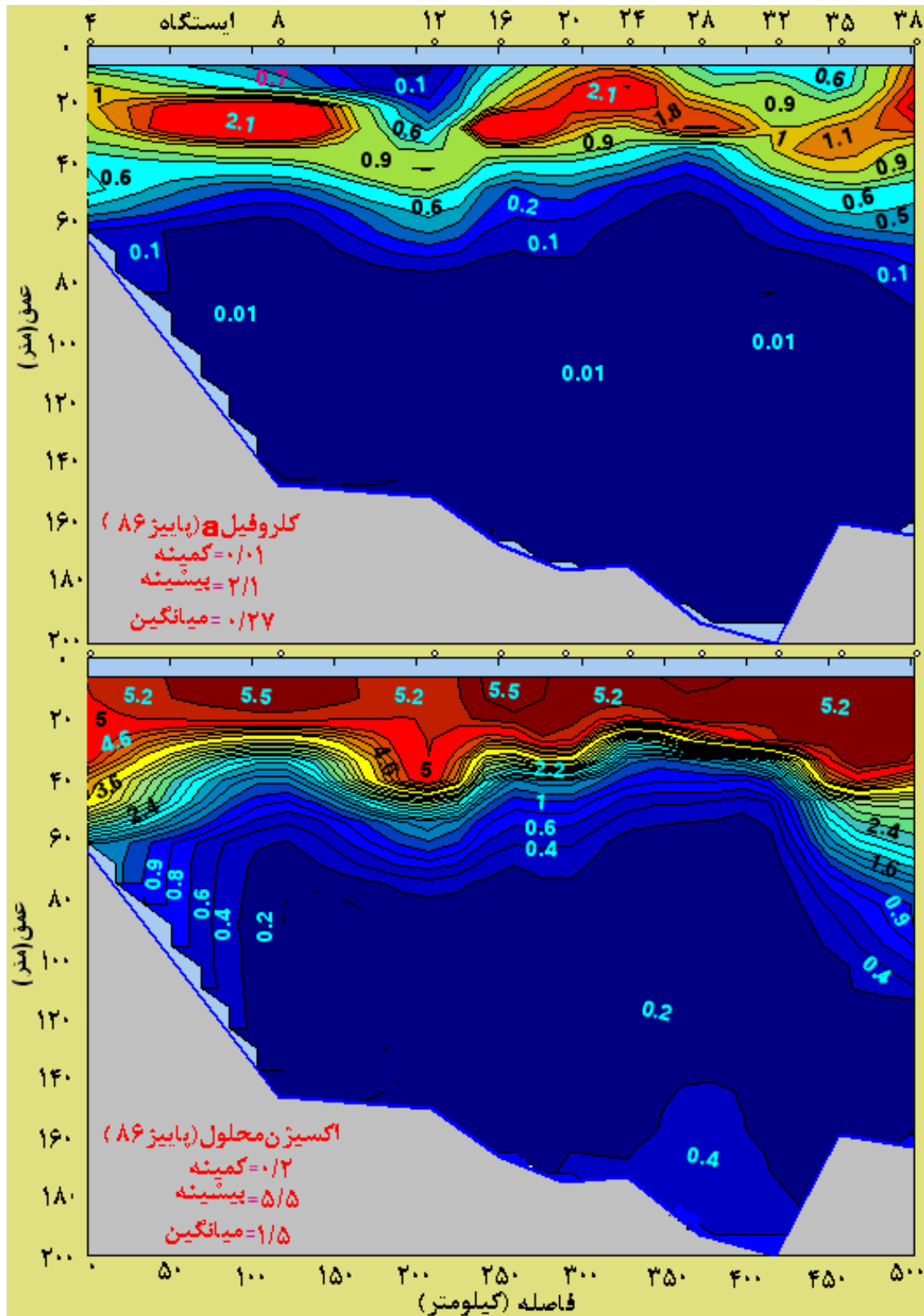


شکل ۲۸: پروفیل عمودی (مقطع عرضی) اکسیژن محلول (میلی گرم بر لیتر) در امتداد ترانسکت هفتم

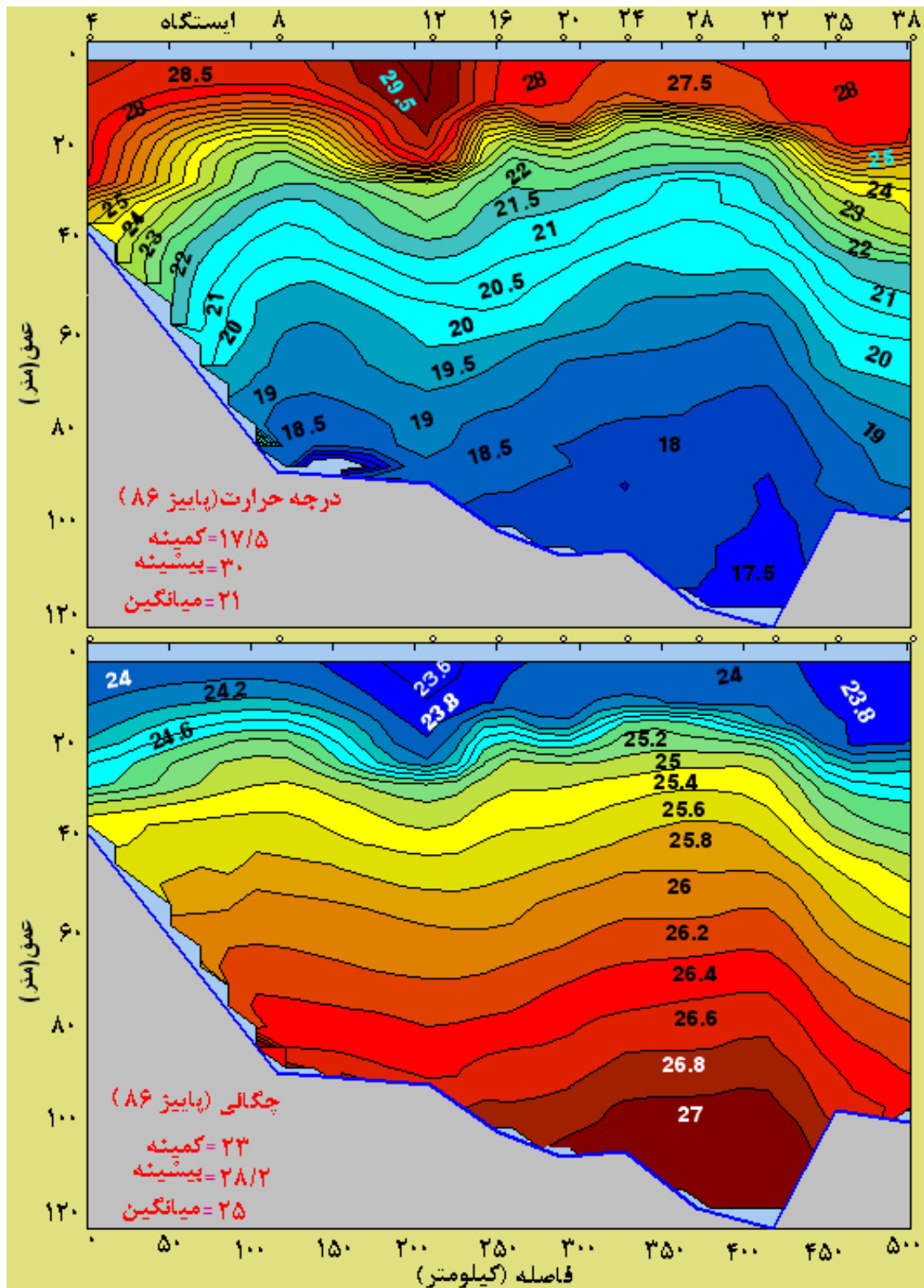




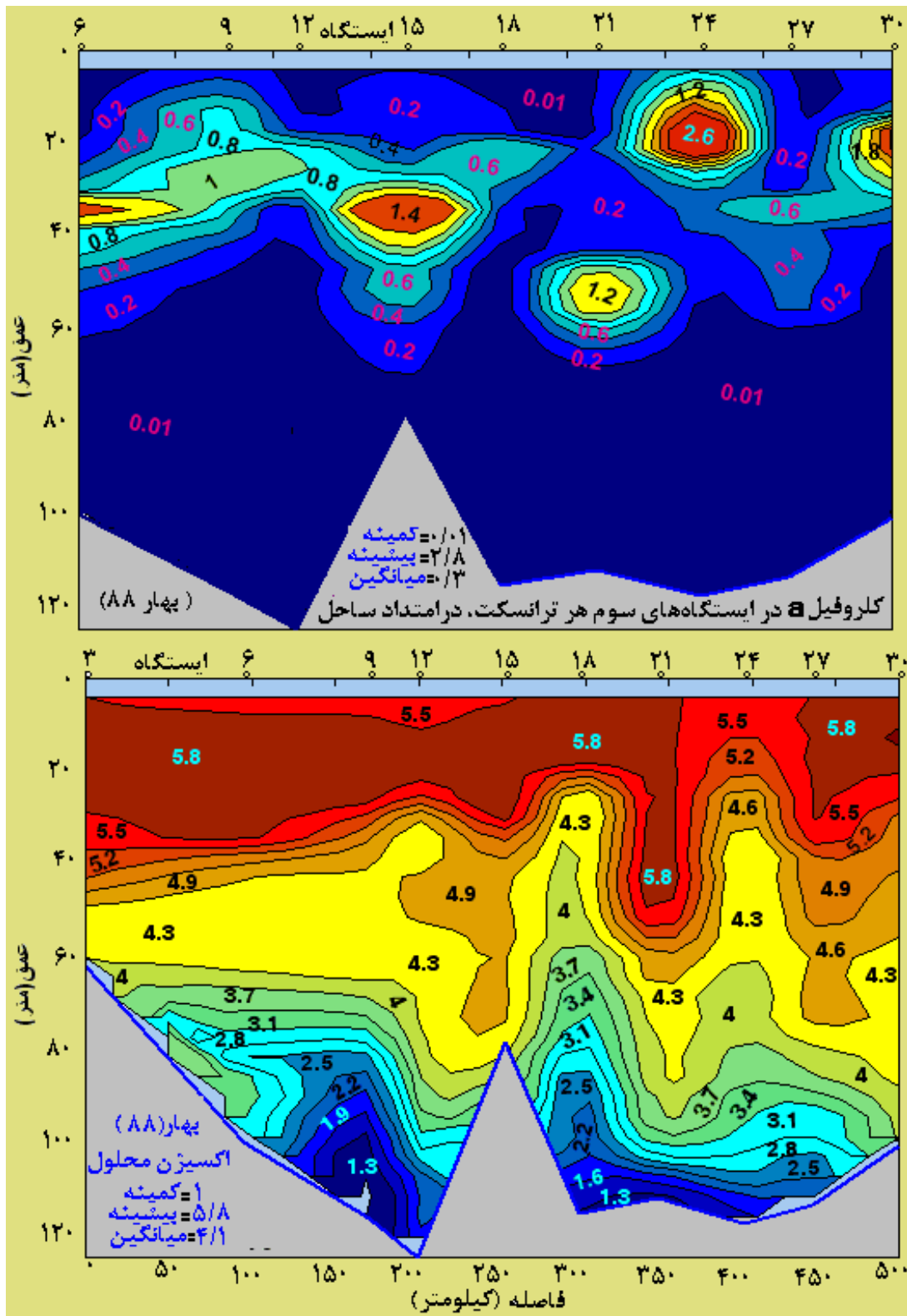
شکل ۲۹: پروفیل عمودی (مقاطع طولی) کلروفیل a ( $mg/m^3$ ) و اکسیژن محلول (ppm) در ایستگاههای چهارم هر ترانسکت (در امتداد ساحل دریای عمان)



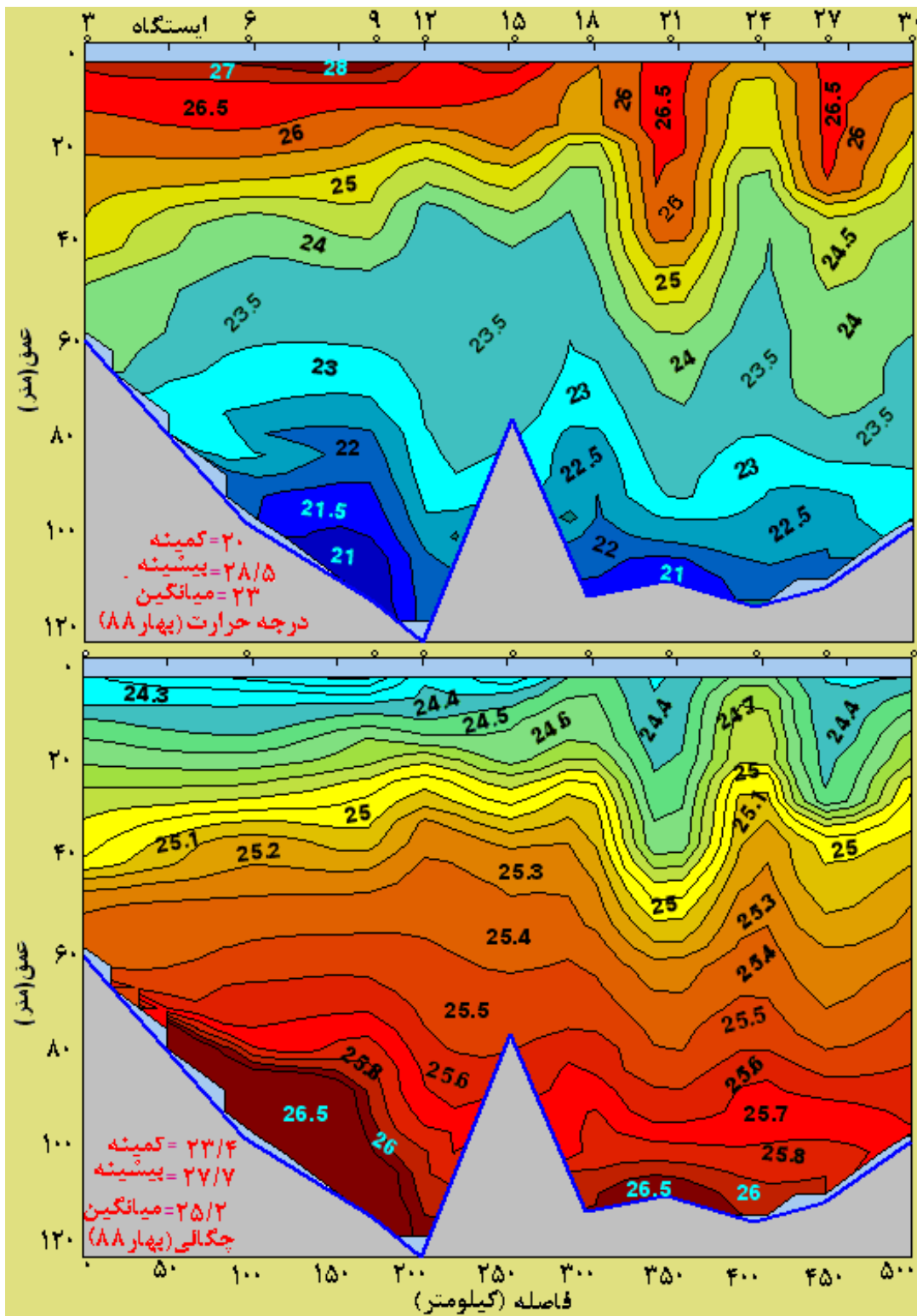
شکل ۳۰: پروفیل عمودی (مقاطع طولی) درجه حرارت ( $^{\circ}\text{C}$ ) و چگالی ( $\text{g/cm}^3$ ) در ایستگاههای چهارم هر ترانسکت (در امتداد ساحل دریای عمان)



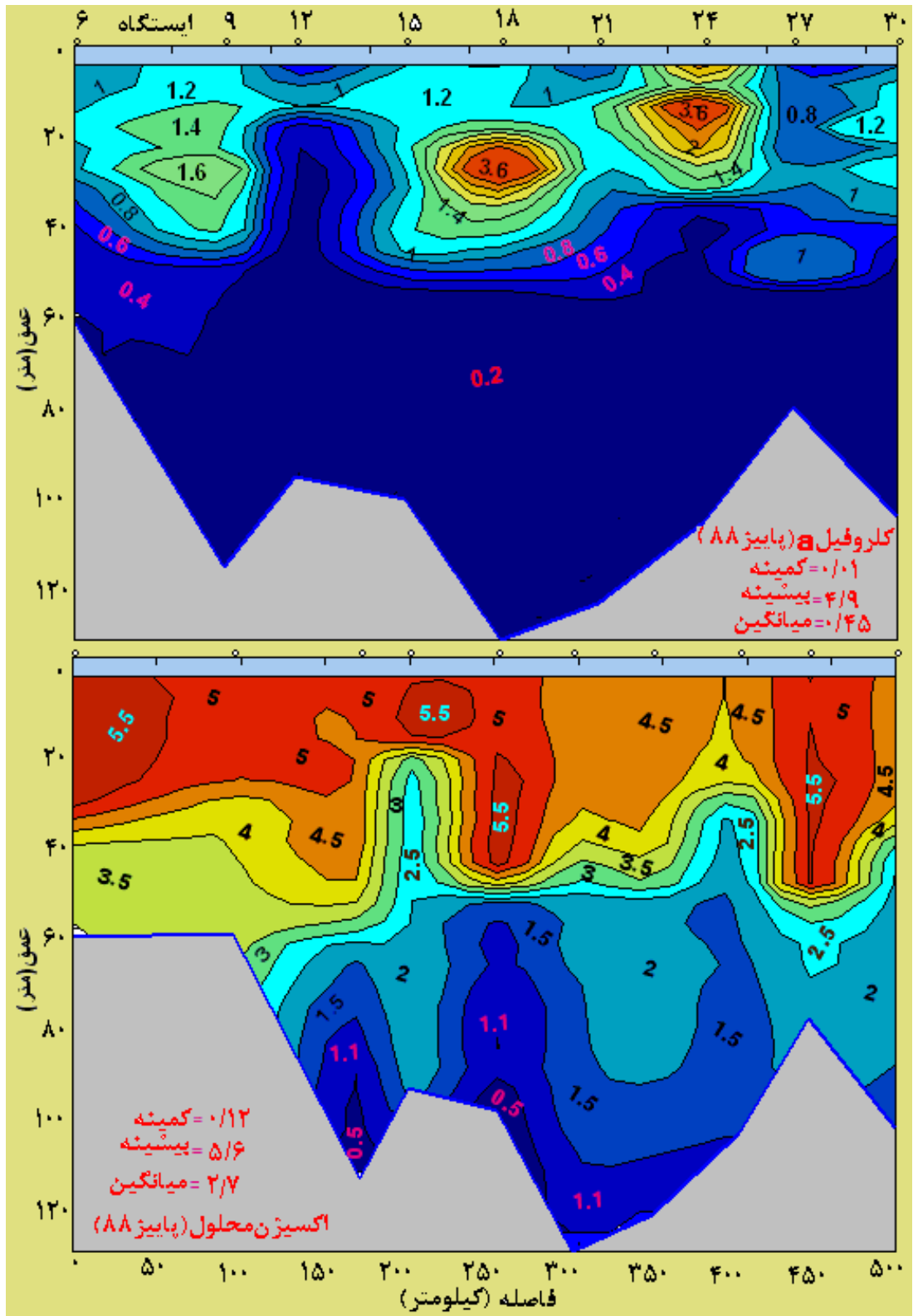
شکل ۳۱: پروفیل عمودی (مقاطع طولی) کلروفیل a ( $mg/m^3$ ) و اکسیژن محلول (ppm) در ایستگاههای چهارم هر ترانسکت (در امتداد ساحل دریای عمان)



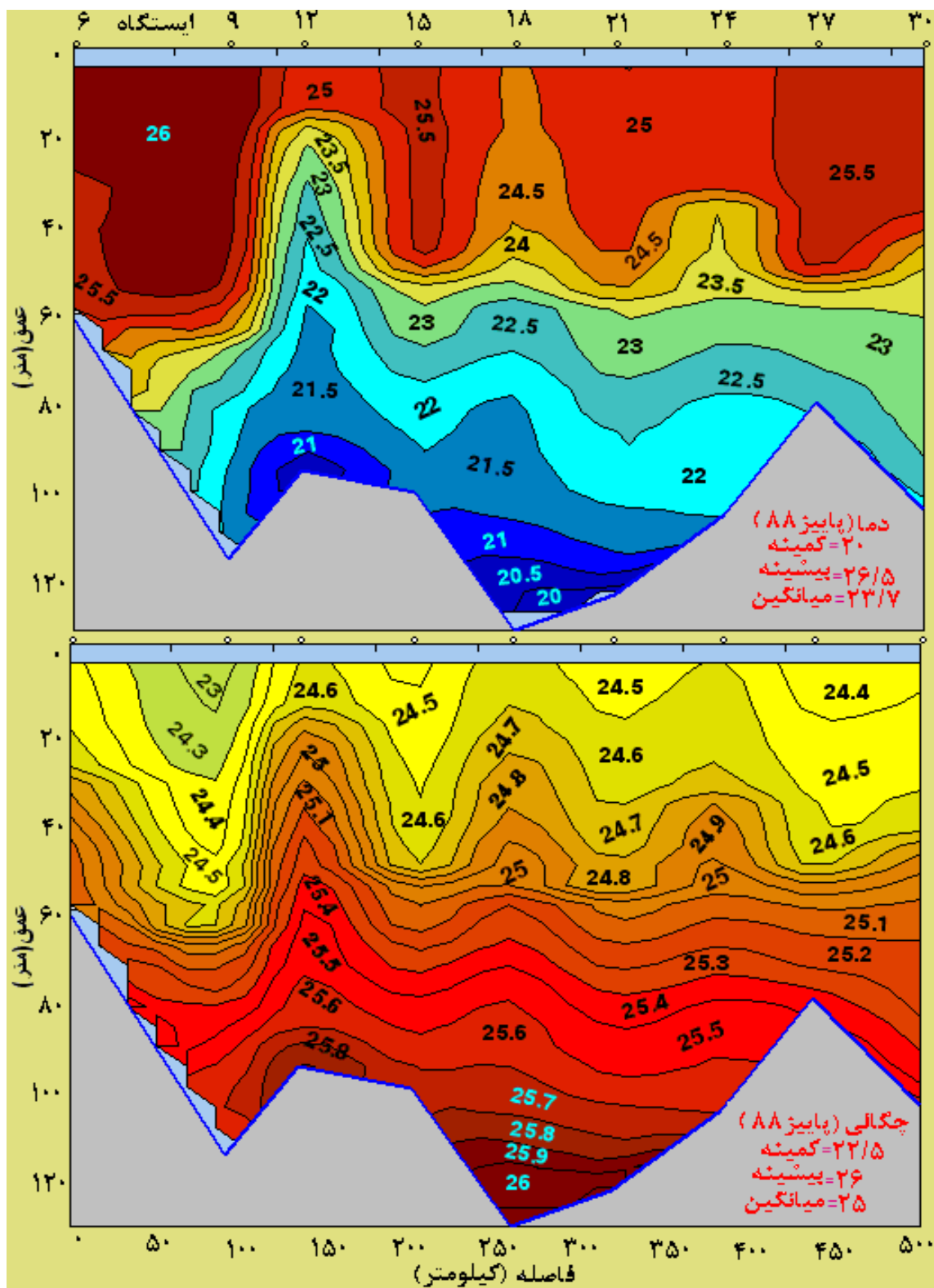
شکل ۳۲: پروفیل عمودی درجه حرارت ( $^{\circ}C$ ) و چگالی ( $g/cm^3$ ) در ایستگاههای چهارم هر ترانسکت (در امتداد ساحل دریای عمان)



شکل ۳۳: پروفیل عمودی (مقاطع طولی) کلروفیل a ( $mg/m^3$ ) و اکسیژن محلول (ppm) در ایستگاههای سوم هر ترانسکت (در امتداد ساحل دریای عمان)

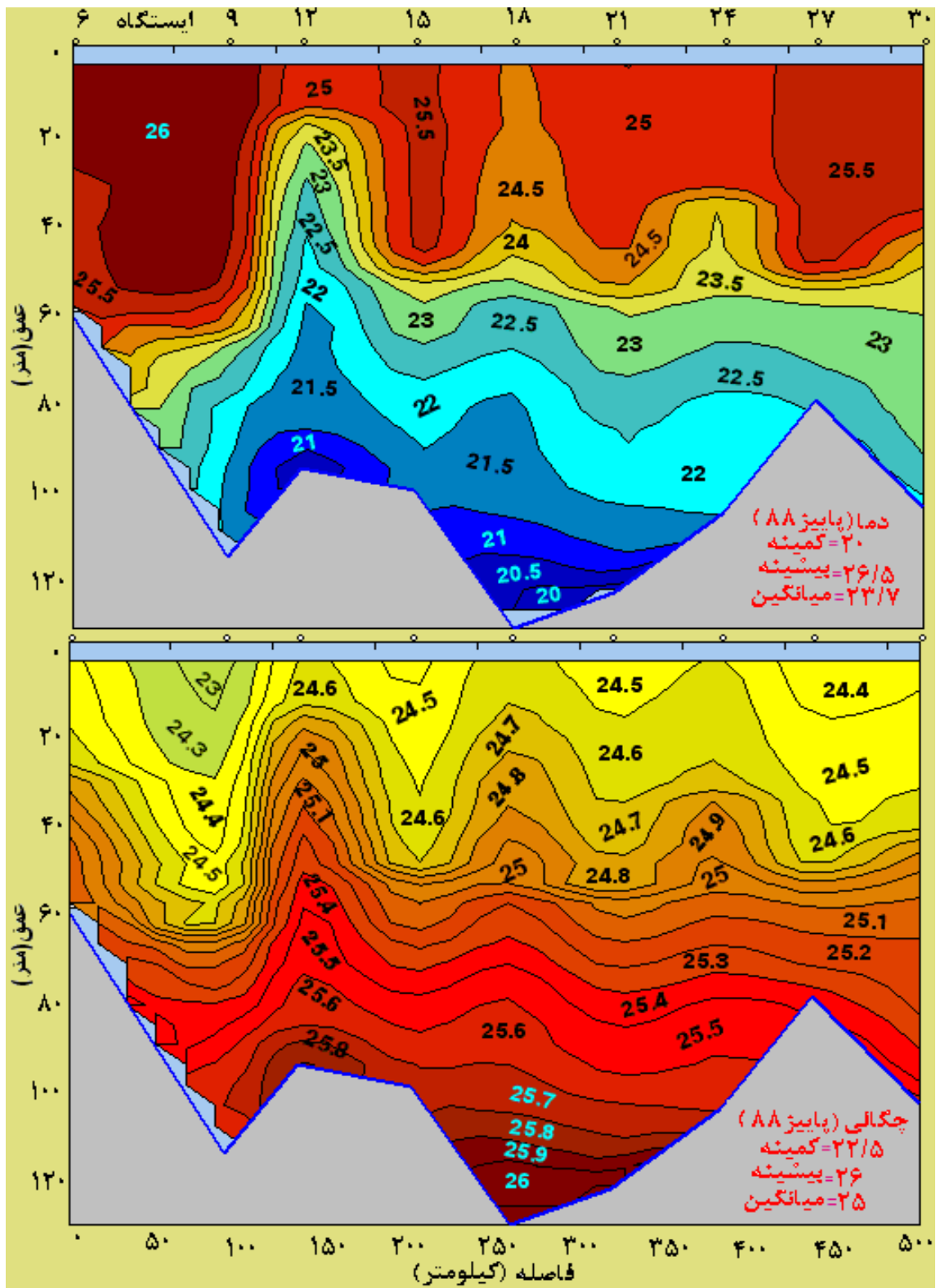


شکل ۳۴: پروفیل عمودی (مقاطع طولی) درجه حرارت ( $^{\circ}\text{C}$ ) و چگالی ( $\text{g/cm}^3$ ) در ایستگاههای سوم هر ترانسکت (در امتداد ساحل دریای عمان)



شکل ۳۵: پروفیل عمودی (مقاطع طولی) کلروفیل a ( $mg/m^3$ ) و اکسیژن محلول (ppm) در ایستگاههای سوم هر ترانسکت (در امتداد ساحل دریای عمان)





شکل ۳۶: پروفیل عمودی (مقاطع طولی) درجه حرارت (°C) و چگالی (g/cm<sup>3</sup>) در ایستگاههای سوم هر ترانسکت (در امتداد ساحل دریای عمان)



۴-۳- نتایج آماری پارامترهای فیزیکوشیمیایی

جدول ۲: نتایج همبستگی پارامترها در لایه‌های سطحی (۱ تا ۲۰ متری) مناطق مورد نظر (طی سالهای ۸۶ و ۸۸)

عوامل مورد بررسی	درجه حرارت	هدایت الکتریکی	شوری	جگالی	اکسیژن محلول	pH	کلروفیل a	کدورت
بهار ۸۶	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
درجه حرارت	۰/۹۹ (±)							
هدایت الکتریکی	۰/۳۸ (±)	۰/۴۹ (±)						
شوری	-۰/۹۷ (±)	-۰/۹۳ (±)	-۰/۱۴ (±)					
جگالی	-۰/۲۷ (±)	-۰/۴۸ (±)	-۰/۲۳ (±)	۰/۴۶ (±)				
اکسیژن محلول	-۰/۰۹ (±)	-۰/۰۹ (±)	-۰/۰۳	۰/۰۹ (±)	۰/۱۱ (±)			
pH	-۰/۴۸ (±)	-۰/۴۸ (±)	-۰/۳۱ (±)	۰/۴۰ (±)	۰/۰۲	۰/۰۶ (±)		
کلروفیل a	-۰/۳۲ (±)	-۰/۳۴ (±)	-۰/۳۳ (±)	۰/۲۴ (±)	-۰/۲۱ (±)	۰/۳۷ (±)	۰/۵۵ (±)	
کدورت								
بایز ۸۶	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
درجه حرارت	۰/۹۸ (±)							
هدایت الکتریکی	۰/۷۱ (±)	۰/۸۴ (±)						
شوری	-۰/۷۱ (±)	-۰/۵۵ (±)	-۰/۰۱					
جگالی	-۰/۴۶ (±)	-۰/۵۰ (±)	-۰/۴۹ (±)	۰/۱۸ (±)				
اکسیژن محلول	-۰/۰۹ (±)	-۰/۰۵ (±)	۰/۰۴	۰/۱۵ (±)	۰/۱۱ (±)			
pH	-۰/۵۶ (±)	-۰/۵۱ (±)	-۰/۲۹ (±)	۰/۵۲ (±)	۰/۳۳ (±)	۰/۱۹ (±)		
کلروفیل a	-۰/۲۲ (±)	-۰/۳۴ (±)	-۰/۰۲	۰/۵۹ (±)	۰/۱۸ (±)	۰/۲۹ (±)	۰/۴۲ (±)	
کدورت								
بهار ۸۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
درجه حرارت	۰/۹۹ (±)							
هدایت الکتریکی	۰/۳۴ (±)	۰/۴۴ (±)						
شوری	-۰/۹۷ (±)	-۰/۹۵ (±)	-۰/۱۳ (±)					
جگالی	۰/۲۵ (±)	-۰/۲۳ (±)	-۰/۰۹ (±)	-۰/۲۸ (±)				
اکسیژن محلول	۰/۴۴ (±)	۰/۴۸ (±)	۰/۴۸ (±)	-۰/۳۵ (±)	۰/۳۵ (±)			
pH	-۰/۴۲ (±)	-۰/۳۹ (±)	-۰/۰۸ (±)	۰/۴۶ (±)	-۰/۱۳ (±)	۰/۰۳		
کلروفیل a	-۰/۴۲ (±)	-۰/۳۹ (±)	-۰/۰۱ (±)	۰/۴۲ (±)	-۰/۴۵ (±)	-۰/۰۳	۰/۴۸ (±)	
کدورت								
بایز ۸۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
درجه حرارت	۰/۹۴ (±)							
هدایت الکتریکی	۰/۲۴ (±)	۰/۵۵ (±)						
شوری	-۰/۷۱ (±)	-۰/۴۲ (±)	۰/۵۱ (±)					
جگالی	-۰/۴۸ (±)	-۰/۰۴ (±)	۰/۰۴ (±)	۰/۴۵ (±)				
اکسیژن محلول	۰/۶۸ (±)	۰/۶۷ (±)	۰/۲۲ (±)	-۰/۴۴ (±)	-۰/۱۸ (±)			
pH	-۰/۳۹ (±)	-۰/۴۲ (±)	-۰/۲۴ (±)	۰/۱۷ (±)	-۰/۰۶ (±)	-۰/۲۹ (±)		
کلروفیل a	-۰/۴۵ (±)	-۰/۳۲ (±)	۰/۱۹ (±)	۰/۵۳ (±)	۰/۳۸ (±)	-۰/۳۵ (±)	۰/۷۳ (±)	
کدورت								

(±) Correlation is significant at the 0.01 level

(+) Correlation is significant at the 0.05 level

جدول ۳: نتایج آنالیز واریانس یک سویه جهت مقایسه پارامترها در ترانسکت‌های مورد نظر در طی سالهای ۸۶ و ۸۸

فصول نمونه‌برداری	شماره ترانسکت	درجه حرارت	هدایت الکتریکی	شوری	چگالی	اکسیژن محلول	pH	کلروفیل a	کدورت
بهار ۸۶	۱	bc	bc	e	de	abc	d	ab	c
	۲	cde	cd	e	bc	abc	c	ab	ab
	۳	bcde	bc	b	bc	d	a	ab	bc
	۴	de	cd	acd	bc	abcd	abc	a	a
	۵	ef	d	d	b	cd	abc	b	bc
	۶	bcde	bc	a	bc	ab	bc	ab	bc
	۷	f	d	bc	a	bcd	a	ab	b
	۸	b	bc	ab	cd	bd	ab	c	bc
	۹	a	a	a	e	e	d	c	d
	۱۰	bcde	bc	a	bc	cd	a	ab	ab
پاییز ۸۶	۱	g	g	h	cd	a	bcd	cd	a
	۲	h	h	g	a	b	e	a	abc
	۳	f	f	f	b	b	a	b	bc
	۴	e	e	e	cd	g	d	cde	abc
	۵	cd	cd	d	d	fg	d	e	abc
	۶	a	a	c	e	cde	b	cde	c
	۷	b	b	b	bc	efg	cd	c	abc
	۸	d	d	c	b	def	bcd	de	ab
	۹	bc	bc	b	b	cd	bc	f	bc
	۱۰	a	a	a	bc	c	bcd	c	bc
بهار ۸۸	۱	bc	c	g	b	a	g	d	d
	۲	bc	bc	d	b	d	g	c	d
	۳	d	d	f	ab	d	f	ab	a
	۴	c	c	e	b	d	e	a	ab
	۵	abc	ab	d	b	e	de	c	bc
	۶	abc	a	a	b	e	d	ab	abc
	۷	a	a	bc	b	e	c	d	abc
	۸	a	a	ab	b	b	b	bc	bc
	۹	a	a	c	b	c	b	a	c
	۱۰	ab	a	a	b	b	a	ab	abc
پاییز ۸۸	۱	e	f	f	g	e	de	a	cd
	۲	g	g	e	cd	cd	cd	a	bc
	۳	h	g	d	a	a	cd	de	ab
	۴	bc	c	c	e	d	b	ab	e
	۵	b	b	a	de	e	b	c	d
	۶	a	a	b	f	d	a	e	ab
	۷	de	d	bc	cd	b	c	cd	a
	۸	cd	cd	b	cd	a	cd	f	a
	۹	ef	e	bc	bc	cd	f	bc	a
	۱۰	f	e	bc	b	c	ef	bc	a

حروف نامتشابه بیانگر اختلاف معنی دار آماری بین ترانسکت‌ها با  $p < 0.05$  می‌باشد

جدول ۴: نتایج آنالیز آماری (T-Test) جهت مقایسه تغییرات پارامترها در لایه‌های سطحی نیمه غربی (محدوده استان هرمزگان) و نیمه شرقی (محدوده استان سیستان و بلوچستان) در دریای عمان طی سالهای ۸۶ و ۸۸

عوامل مورد بررسی	بهار ۸۶	پاییز ۸۶	بهار ۸۸	پاییز ۸۸
درجه حرارت	NS	S	S	S
هدایت الکتریکی	S	S	S	S
شوری	S	S	S	S
چگالی	S	NS	S	S
اکسیژن محلول	S	S	NS	S
pH	S	NS	S	S
کلروفیل a	S	S	S	S
کدورت	NS	S	S	S

S: اختلاف از نظر آماری معنی دار است ( $p < 0.05$ )

NS: اختلاف از نظر آماری معنی دار نیست ( $p > 0.05$ )

جدول ۵: نتایج همبستگی بین پارامترها با عمق آب و با یکدیگر در لایه‌های عمقی مناطق مورد نظر

عوامل	عمق	درجه حرارت	هدایت الکتریکی	شوری	چگالی	اکسیژن محلول	pH	کلروفیل a	کدورت
عمق	۱								
درجه حرارت	-۰/۹۸(♣)	۱							
هدایت الکتریکی	-۰/۹۷(♣)	۰/۹۹(♣)	۱						
شوری	-۰/۷۷(♣)	۰/۷۲(♣)	۰/۷۵(♣)	۱					
چگالی	۰/۹۸(♣)	-۰/۹۹(♣)	-۰/۹۸(♣)	-۰/۶۴(♣)	۱				
اکسیژن محلول	-۰/۵۵(♣)	۰/۷۲(♣)	۰/۷۲(♣)	۰/۵۲(♣)	-۰/۶۵(♣)	۱			
pH	-۰/۷۶(♣)	۰/۸۶(♣)	۰/۸۸(♣)	۰/۷۳(♣)	-۰/۸۲(♣)	۰/۹۶(♣)	۱		
کلروفیل a	-۰/۴۵(♣)	۰/۵۹(♣)	۰/۶۱(♣)	۰/۴۵(♣)	-۰/۵۴(♣)	۰/۹۴(♣)	۰/۸۸(♣)	۱	
کدورت	-۰/۷۶(♣)	۰/۸۲(♣)	۰/۸۲(♣)	۰/۵۲(♣)	-۰/۸۲(♣)	۰/۷۸(♣)	۰/۸۵(♣)	۰/۷۲(♣)	۱

(♣) Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

### ۳-۵- میانگین توزیع افقی مواد مغذی در لایه‌های سطحی نیمه شمالی دریای عمان

میانگین تغییرات افقی مواد مغذی (نترات، فسفات و سیلیکات) در لایه‌های سطحی نیمه شمالی دریای عمان طی سالهای ۸۶ و ۸۸ در شکل‌های ۳۷ الی ۴۲ ارائه شده است.

با توجه به شکل های ۳۷ و ۳۸ ملاحظه می شود که دامنه تغییرات نترات در محدوده آبهای ایرانی دریای عمان در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۱/۰۴ تا ۲/۹۳ و ۱/۴ تا ۴ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب بین ۰/۸۸ تا ۲/۳ و ۱/۱ تا ۳/۱ میکرومول در لیتر در نوسان بوده و میانگین آن در کل محدوده آبهای سطحی مورد بررسی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۱/۱۹ و ۲/۷ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۱/۶ و ۲/۱ میکرومول در لیتر به دست آمده است.

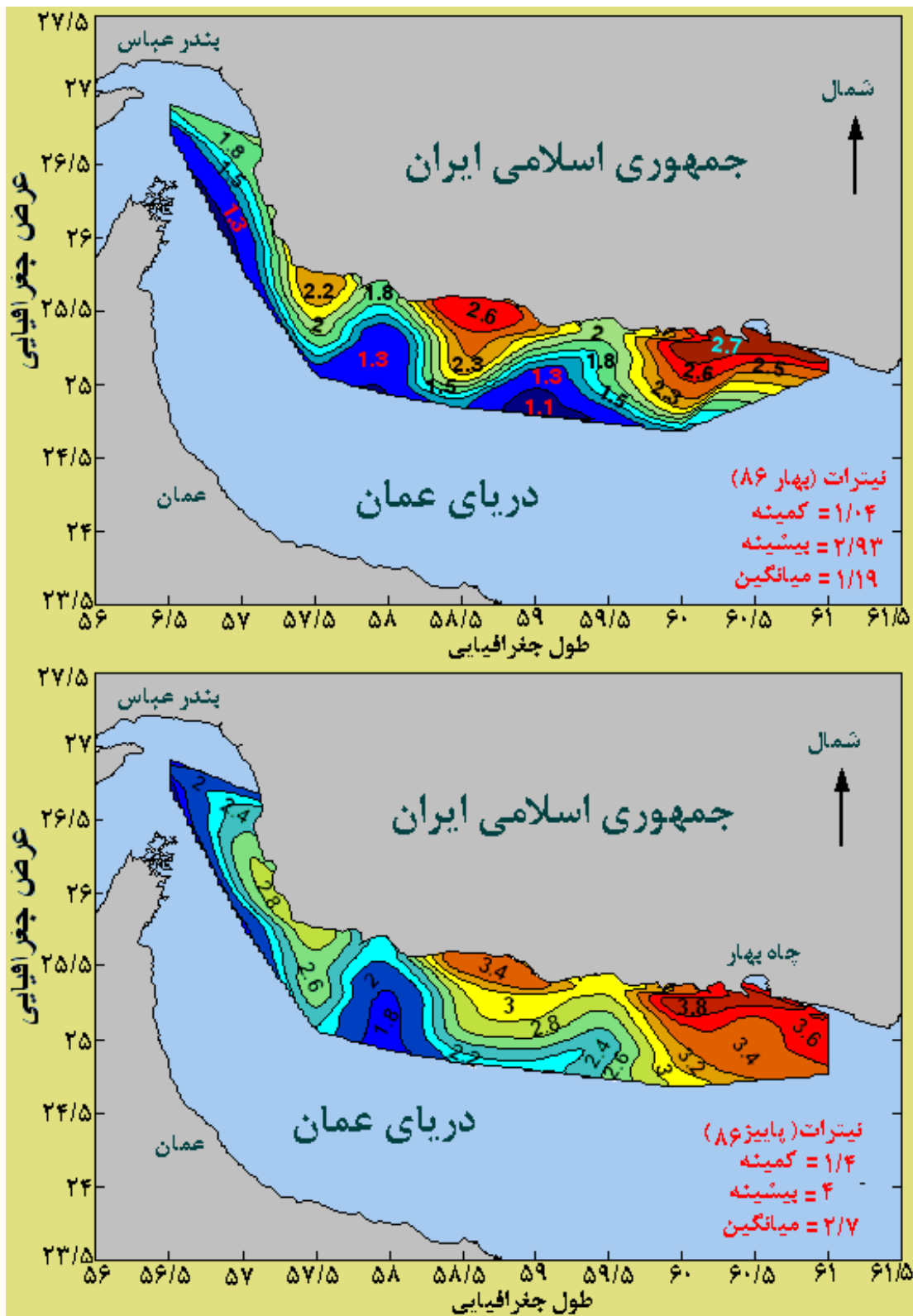
بر طبق نتایج، میانگین غلظت فسفات به مراتب کمتر از غلظت نترات بوده بطوریکه دامنه تغییرات فسفات در لایه های سطحی نیمه شمالی دریای عمان در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۰/۰۸ تا ۰/۴۱ و ۰/۱۷ تا ۰/۶ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب بین ۰/۱۴ تا ۰/۲۹ و ۰/۱۴ تا ۰/۳۹ میکرومول در لیتر و میانگین آن در کل محدوده آبهای سطحی مورد بررسی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۳۵ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۰/۲ و ۰/۲۵ میکرومول در لیتر به دست آمد (شکل های ۳۷ و ۳۸).

در این بررسی دامنه تغییرات سیلیکات در لایه های سطحی مناطق مورد نظر، در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۰/۶۸ تا ۱/۸۲ و ۰/۸ تا ۲/۵ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب بین ۰/۷۸ تا ۱/۳۹ و ۰/۶ تا ۲/۴ میکرومول در لیتر ثبت گردید، همچنین میانگین آن در کل محدوده آبهای سطحی مورد بررسی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۰/۴۱ و ۱/۷ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۱/۰۸ و ۱/۴ میکرومول در لیتر به دست آمد (شکل های ۴۱ و ۴۲).

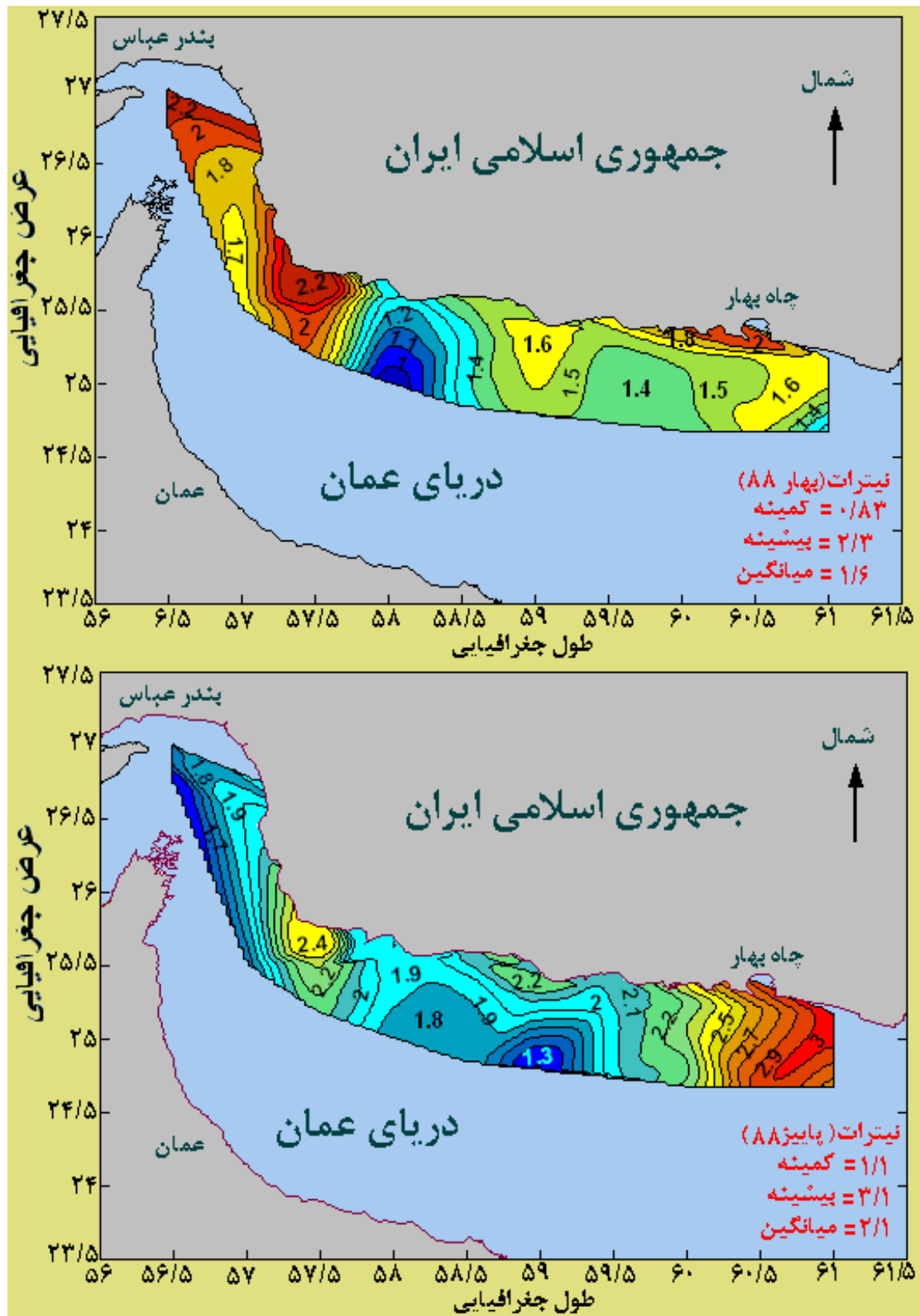
بر طبق نتایج ارائه شده در شکل های ۳۷ الی ۴۲ مشاهده می گردد که به طور کلی غلظت مواد مغذی در لایه های سطحی این پهنه آبی اولاً "در فصل پاییز (بعد از مونسون) بیشتر از فصل بهار (قبل از مونسون) بوده، ثانیاً "غلظت آنها چه در فصل بهار و چه در فصل پاییز از دریا به ساحل افزایش می یابد، ثالثاً "غلظت این مواد از شرق به غرب و یا از تنگه هرمز به طرف دریای عمان بخصوص در فصل پاییز افزایش می یابد.

### ۶-۳- میانگین توزیع عمودی مواد مغذی در لایه های عمقی نیمه شمالی دریای عمان طی سالهای ۸۶ و ۸۸

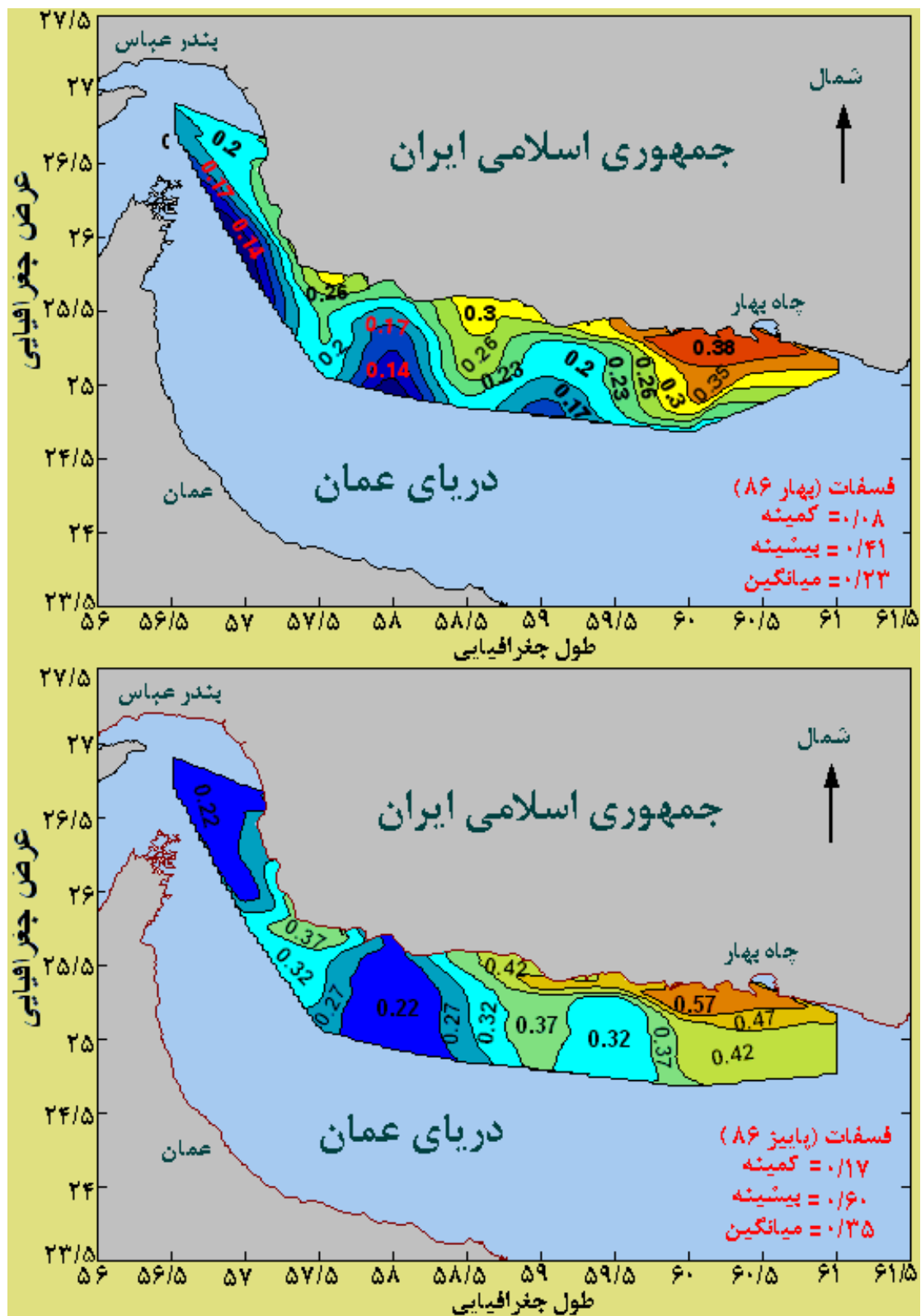
نتایج مربوط به توزیع عمودی غلظت مواد مغذی و روند تغییرات فصلی آنها در جداول ۶ تا ۹ ارائه شده است. نتایج حاصله نشان داد که به طور کلی غلظت همه مواد مغذی چه در نیمه اول سال و چه در نیمه دوم سال از سطح به عمق افزایش می یابد.



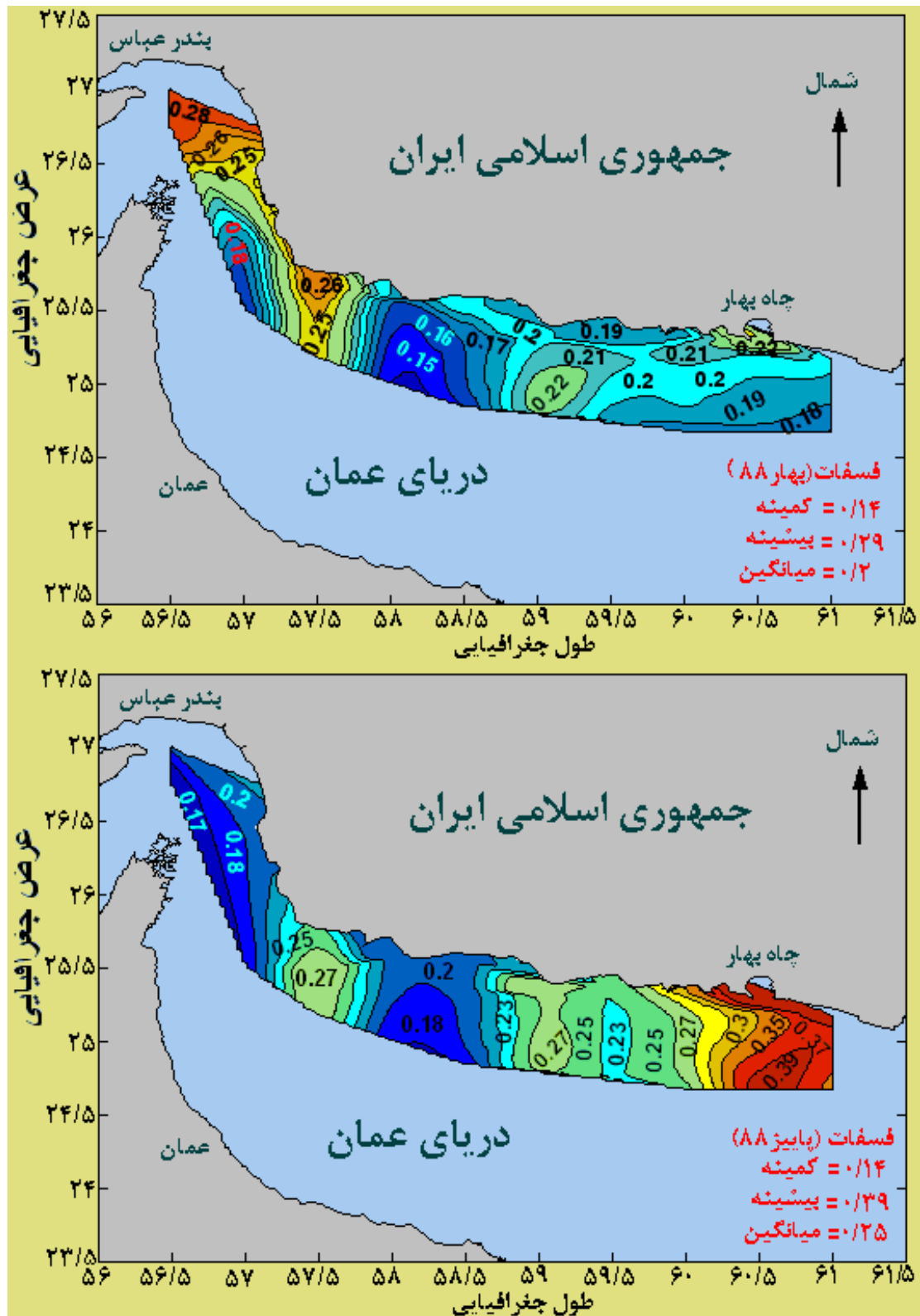
شکل ۳۷: میانگین تغییرات افقی نیترات (میکرومول در لیتر) در لایه‌های سطحی دریای عمان (سال ۸۶)



شکل ۳۸: میانگین تغییرات افقی نیترات (میکرومول در لیتر) در لایه‌های سطحی دریای عمان (سال ۸۸)

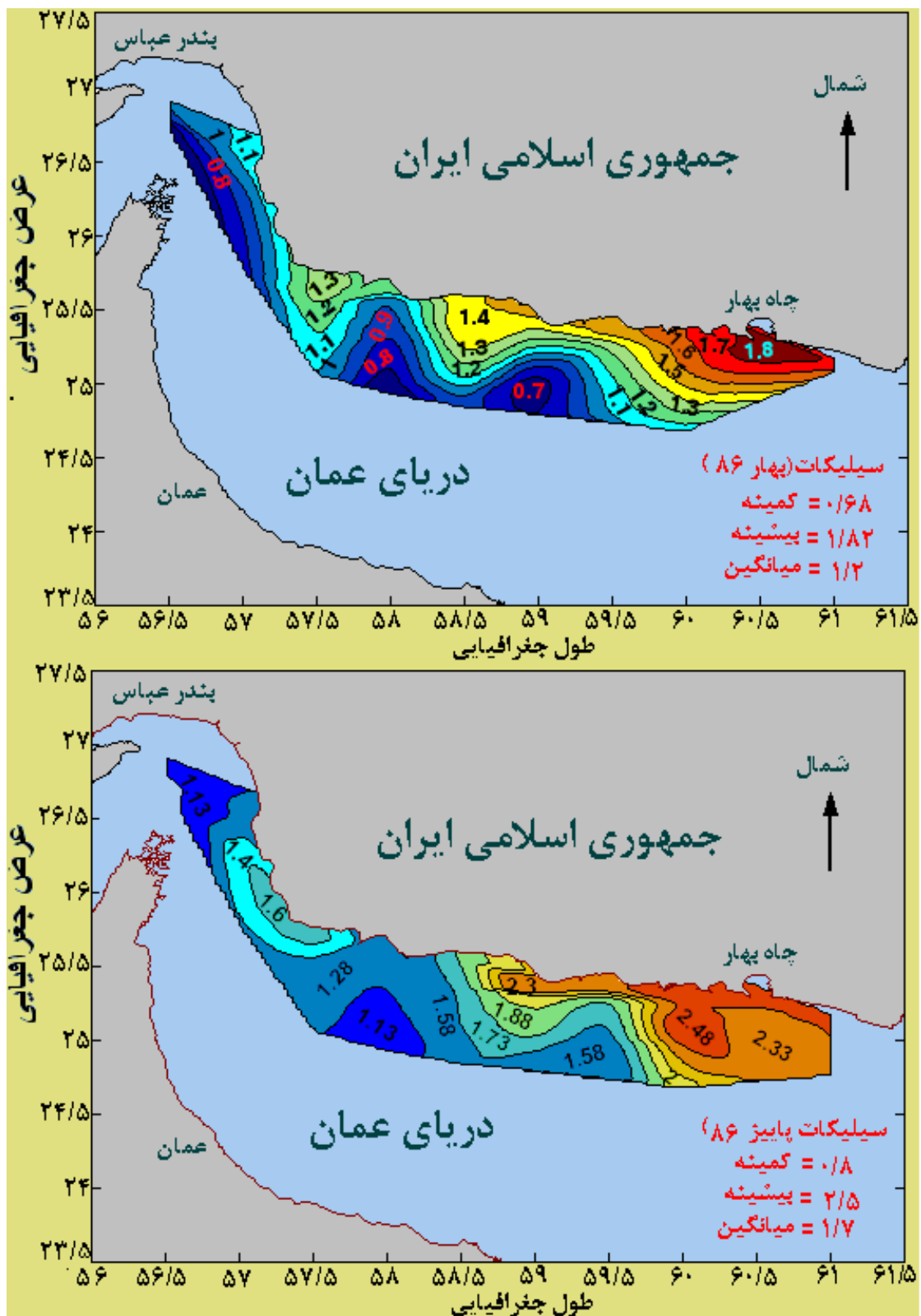


شکل ۳۹: میانگین تغییرات افقی فسفات (میکرومول در لیتر) در لایه‌های سطحی دریای عمان (سال ۸۶)

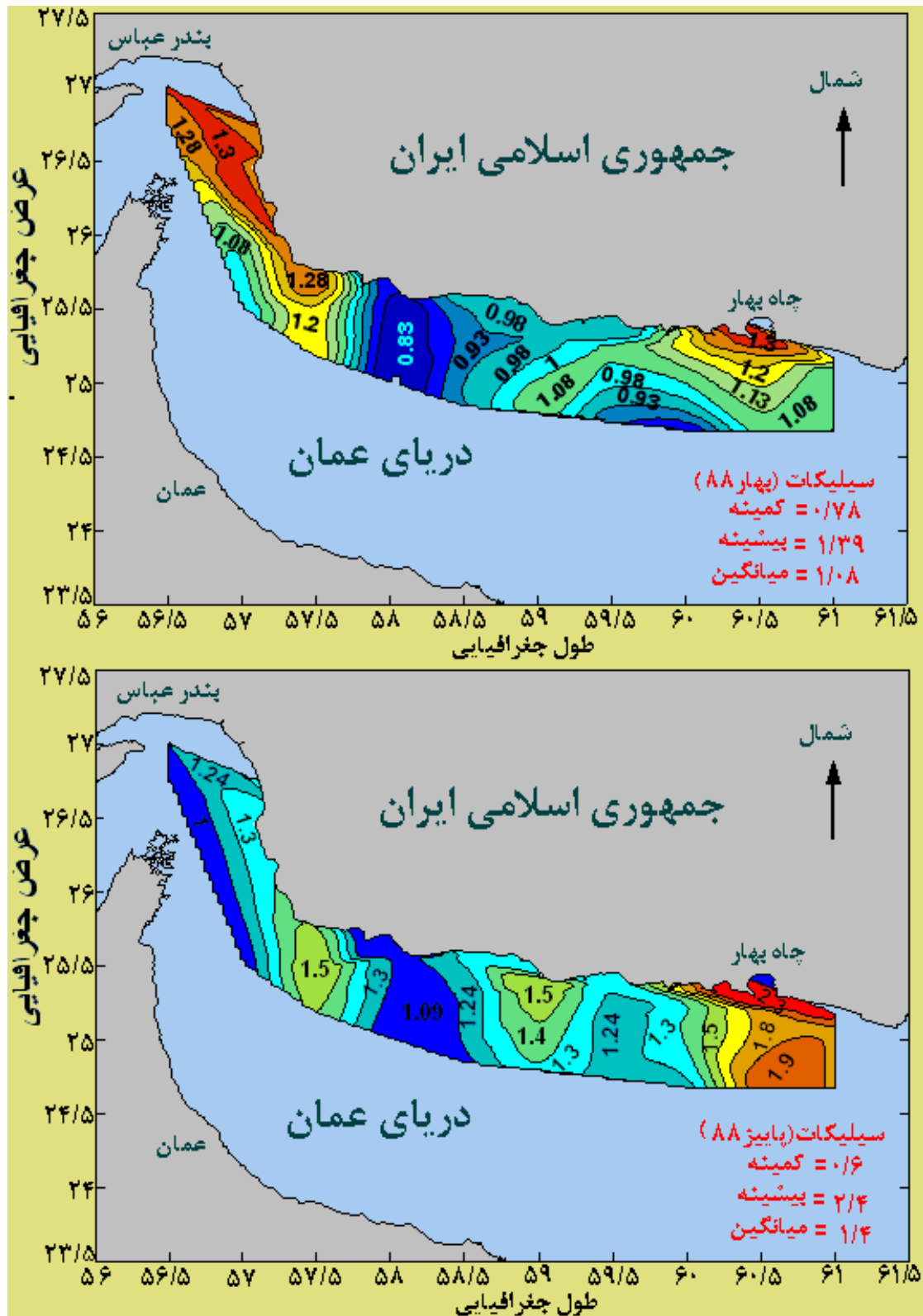


شکل ۴۰: میانگین تغییرات افقی فسفات (میکرومول در لیتر) در لایه‌های سطحی دریای عمان (سال ۸۸)





شکل ۴۱: میانگین تغییرات افقی سیلیکات فسفات (میکرومول در لیتر) در لایه‌های سطحی دریای عمان (سال ۸۶)



شکل ۴۲: میانگین تغییرات افقی سلیکات (میکرومول در لیتر) در لایه‌های سطحی دریای عمان (سال ۸۸)

۳-۷- میانگین غلظت مواد مغذی در لایه‌های عمقی مختلف

جدول ۶: میانگین غلظت مواد مغذی در لایه‌های عمقی مختلف نیمه شمالی دریای عمان (بهار ۱۳۸۶)

شماره ترانسکت	عمق (متر)	نیتريت ( $\mu\text{g/l}$ )	نیترات ( $\mu\text{g/l}$ )	سیلیکات ( $\mu\text{g/l}$ )	فسفات ( $\mu\text{g/l}$ )
۱	۱	$0.23 \pm 0.06$	$1.60 \pm 0.49$	$0.93 \pm 0.21$	$0.19 \pm 0.06$
	۲۵	$0.22 \pm 0.02$	$1.70 \pm 0.30$	$0.95 \pm 0.11$	$0.19 \pm 0.04$
	۵۰	$0.29 \pm 0.11$	$3.07 \pm 0.42$	$1.66 \pm 0.16$	$0.25 \pm 0.06$
۲	۱	$0.19 \pm 0.08$	$1.00 \pm 0.19$	$0.62 \pm 0.24$	$0.11 \pm 0.03$
	۲۵	$0.22 \pm 0.01$	$2.18 \pm 0.68$	$1.37 \pm 0.10$	$0.24 \pm 0.13$
	۵۰	$0.17 \pm 0.00$	$3.24 \pm 0.21$	$1.71 \pm 0.23$	$0.29 \pm 0.01$
	۱۰۰	$0.11 \pm 0.04$	$4.38 \pm 0.30$	$2.76 \pm 0.41$	$0.40 \pm 0.02$
۳	۱	$0.24 \pm 0.02$	$1.80 \pm 0.58$	$1.14 \pm 0.13$	$0.23 \pm 0.04$
	۲۵	$0.26 \pm 0.03$	$2.05 \pm 0.48$	$1.25 \pm 0.17$	$0.24 \pm 0.02$
	۵۰	$0.22 \pm 0.02$	$3.95 \pm 0.47$	$1.96 \pm 0.13$	$0.33 \pm 0.05$
	۱۰۰	$0.17 \pm 0.07$	$4.95 \pm 0.45$	$3.35 \pm 0.33$	$0.50 \pm 0.11$
۴	۱	$0.18 \pm 0.08$	$1.04 \pm 0.16$	$0.60 \pm 0.27$	$0.12 \pm 0.03$
	۲۵	$0.24 \pm 0.03$	$2.30 \pm 0.52$	$1.41 \pm 0.31$	$0.25 \pm 0.13$
	۵۰	$0.18 \pm 0.01$	$3.78 \pm 1.01$	$1.48 \pm 0.28$	$0.31 \pm 0.04$
	۱۰۰	$0.09 \pm 0.04$	$5.27 \pm 0.66$	$2.96 \pm 0.39$	$0.46 \pm 0.09$
۵	۱	$0.24 \pm 0.01$	$2.01 \pm 0.68$	$1.13 \pm 0.27$	$0.24 \pm 0.05$
	۲۵	$0.27 \pm 0.05$	$2.44 \pm 0.55$	$1.38 \pm 0.35$	$0.31 \pm 0.04$
	۵۰	$0.20 \pm 0.10$	$4.08 \pm 0.94$	$1.90 \pm 0.27$	$0.35 \pm 0.09$
	۱۰۰	$0.16 \pm 0.07$	$5.21 \pm 0.47$	$3.61 \pm 0.54$	$0.49 \pm 0.06$
۶	۱	$0.20 \pm 0.05$	$1.61 \pm 0.62$	$0.93 \pm 0.11$	$0.20 \pm 0.05$
	۲۵	$0.26 \pm 0.04$	$2.34 \pm 1.07$	$1.41 \pm 0.52$	$0.28 \pm 0.06$
	۵۰	$0.20 \pm 0.02$	$3.88 \pm 0.56$	$1.66 \pm 0.19$	$0.34 \pm 0.03$
	۱۰۰	$0.17 \pm 0.08$	$5.17 \pm 1.19$	$2.85 \pm 0.96$	$0.44 \pm 0.10$
۷	۱	$0.25 \pm 0.02$	$1.73 \pm 0.45$	$1.27 \pm 0.19$	$0.26 \pm 0.05$
	۲۵	$0.24 \pm 0.04$	$1.70 \pm 0.22$	$1.17 \pm 0.21$	$0.24 \pm 0.03$
	۵۰	$0.20 \pm 0.04$	$3.33 \pm 0.48$	$2.09 \pm 0.21$	$0.34 \pm 0.07$
	۱۰۰	$0.15 \pm 0.03$	$5.21 \pm 0.13$	$3.72 \pm 0.23$	$0.54 \pm 0.10$
۸	۱	$0.30 \pm 0.06$	$2.29 \pm 0.66$	$1.46 \pm 0.20$	$0.34 \pm 0.06$
	۲۵	$0.27 \pm 0.04$	$2.14 \pm 0.32$	$1.29 \pm 0.29$	$0.25 \pm 0.09$
	۵۰	$0.26 \pm 0.08$	$4.31 \pm 0.51$	$2.07 \pm 0.18$	$0.31 \pm 0.07$
	۱۰۰	$0.17 \pm 0.02$	$5.39 \pm 0.30$	$3.50 \pm 0.54$	$0.56 \pm 0.07$
۹	۱	$0.32 \pm 0.01$	$2.56 \pm 0.06$	$1.82 \pm 0.01$	$0.36 \pm 0.05$
	۲۵	$0.28 \pm 0.00$	$3.34 \pm 0.60$	$1.82 \pm 0.49$	$0.37 \pm 0.02$
	۵۰	$0.28 \pm 0.04$	$4.19 \pm 0.48$	$2.51 \pm 0.21$	$0.38 \pm 0.07$
	۱۰۰	$0.17 \pm 0.03$	$5.78 \pm 0.13$	$3.73 \pm 0.23$	$0.60 \pm 0.10$
۱۰	۱	$0.27 \pm 0.04$	$2.40 \pm 0.55$	$1.68 \pm 0.19$	$0.30 \pm 0.05$
	۲۵	$0.26 \pm 0.04$	$3.00 \pm 0.27$	$1.68 \pm 0.25$	$0.34 \pm 0.06$
	۵۰	$0.26 \pm 0.06$	$3.81 \pm 0.49$	$2.28 \pm 0.19$	$0.34 \pm 0.07$
	۱۰۰	$0.16 \pm 0.03$	$5.51 \pm 0.21$	$3.55 \pm 0.38$	$0.57 \pm 0.08$

جدول ۷: میانگین غلظت مواد مغذی در لایه های عمقی مختلف نیمه شمالی دریای عمان (پاییز ۱۳۸۶)

شماره ترانسکت	عمق (متر)	نیتريت ( $\mu\text{g/l}$ )	نیترات ( $\mu\text{g/l}$ )	سیلیکات ( $\mu\text{g/l}$ )	فسفات ( $\mu\text{g/l}$ )
۱	۱	۰/۲۵ ± ۰/۱۲	۱/۳۷ ± ۰/۲۸	۰/۹۰ ± ۰/۲۲	۰/۱۸ ± ۰/۰۲
	۲۵	۰/۳۴ ± ۰/۰۷	۲/۱۴ ± ۰/۲۹	۱/۱۶ ± ۰/۰۹	۰/۲۰ ± ۰/۰۳
	۵۰	۰/۳۵ ± ۰/۰۵	۳/۳۱ ± ۰/۵۱	۱/۶۰ ± ۰/۰۹	۰/۳۰ ± ۰/۰۴
۲	۱	۰/۳۴ ± ۰/۰۶	۲/۱۳ ± ۰/۲۷	۱/۲۳ ± ۰/۰۹	۰/۲۸ ± ۰/۰۴
	۲۵	۰/۲۷ ± ۰/۰۰	۲/۵۳ ± ۱/۰۹	۱/۷۴ ± ۰/۰۷	۰/۳۱ ± ۰/۰۸
	۵۰	۰/۲۰ ± ۰/۰۱	۳/۷۹ ± ۰/۱۸	۲/۰۷ ± ۰/۴۴	۰/۳۶ ± ۰/۰۲
۳	۱	۰/۲۷ ± ۰/۰۷	۲/۴۸ ± ۰/۱۵	۱/۲۶ ± ۰/۰۶	۰/۳۴ ± ۰/۰۶
	۲۵	۰/۲۷ ± ۰/۰۴	۲/۹۴ ± ۰/۵۱	۱/۷۱ ± ۰/۲۵	۰/۳۴ ± ۰/۰۲
	۵۰	۰/۲۶ ± ۰/۰۹	۳/۷۴ ± ۰/۵۰	۱/۸۴ ± ۰/۸۸	۰/۳۸ ± ۰/۰۸
۴	۱	۰/۲۶ ± ۰/۱۳	۱/۵۶ ± ۰/۲۴	۱/۰۰ ± ۰/۲۲	۰/۲۲ ± ۰/۰۳
	۲۵	۰/۲۸ ± ۰/۰۴	۲/۶۵ ± ۰/۵۹	۱/۵۱ ± ۰/۲۱	۰/۲۴ ± ۰/۰۵
	۵۰	۰/۲۰ ± ۰/۰۱	۴/۳۴ ± ۱/۱۵	۱/۷۰ ± ۰/۳۳	۰/۳۵ ± ۰/۰۴
۵	۱	۰/۳۰ ± ۰/۰۷	۲/۶۷ ± ۰/۶۵	۱/۳۸ ± ۰/۱۷	۰/۳۰ ± ۰/۰۷
	۲۵	۰/۳۰ ± ۰/۰۴	۳/۰۳ ± ۰/۶۶	۱/۹۵ ± ۰/۰۷	۰/۳۵ ± ۰/۰۴
	۵۰	۰/۲۳ ± ۰/۰۳	۴/۴۶ ± ۰/۶۵	۱/۹۱ ± ۰/۲۲	۰/۳۹ ± ۰/۰۳
۶	۱	۰/۳۹ ± ۰/۰۵	۳/۱۹ ± ۰/۴۹	۲/۱۳ ± ۰/۲۹	۰/۴۴ ± ۰/۰۳
	۲۵	۰/۲۹ ± ۰/۰۳	۲/۴۸ ± ۰/۳۰	۱/۵۳ ± ۰/۳۶	۰/۳۷ ± ۰/۰۳
	۵۰	۰/۲۳ ± ۰/۰۷	۴/۴۷ ± ۰/۶۰	۲/۳۲ ± ۰/۱۷	۰/۳۹ ± ۰/۰۷
۷	۱	۰/۳۸ ± ۰/۰۷	۲/۸۸ ± ۰/۲۱	۱/۹۰ ± ۰/۲۸	۰/۳۹ ± ۰/۰۶
	۲۵	۰/۲۹ ± ۰/۰۲	۲/۵۵ ± ۰/۳۴	۱/۳۵ ± ۰/۲۴	۰/۲۷ ± ۰/۰۲
	۵۰	۰/۲۵ ± ۰/۰۱	۴/۵۲ ± ۰/۴۰	۲/۳۲ ± ۰/۱۶	۰/۴۱ ± ۰/۰۱
۸	۱	۰/۴۲ ± ۰/۰۹	۳/۵۷ ± ۰/۴۷	۲/۴۴ ± ۰/۳۷	۰/۵۱ ± ۰/۰۸
	۲۵	۰/۲۶ ± ۰/۰۳	۳/۱۶ ± ۰/۰۹	۱/۹۶ ± ۰/۰۳	۰/۳۸ ± ۰/۰۱
	۵۰	۰/۲۳ ± ۰/۰۴	۴/۲۴ ± ۰/۲۸	۲/۴۴ ± ۰/۱۵	۰/۳۸ ± ۰/۰۳
۹	۱	۰/۴۲ ± ۰/۰۶	۳/۷۹ ± ۰/۰۹	۲/۴۷ ± ۰/۰۶	۰/۵۳ ± ۰/۰۵
	۲۵	۰/۲۶ ± ۰/۰۶	۳/۳۱ ± ۰/۲۰	۱/۹۶ ± ۰/۰۴	۰/۴۳ ± ۰/۰۵
	۵۰	۰/۲۸ ± ۰/۰۲	۴/۳۹ ± ۰/۰۲	۲/۷۶ ± ۰/۱۸	۰/۴۱ ± ۰/۰۲
۱۰	۱	۰/۴۵ ± ۰/۰۲	۳/۶۱ ± ۰/۱۵	۲/۵۱ ± ۰/۱۰	۰/۴۵ ± ۰/۰۲
	۲۵	۰/۳۲ ± ۰/۰۱	۳/۷۱ ± ۰/۱۹	۲/۱۴ ± ۰/۰۶	۰/۴۵ ± ۰/۰۲
	۵۰	۰/۳۵ ± ۰/۰۴	۴/۲۳ ± ۰/۸۳	۲/۷۲ ± ۰/۲۴	۰/۴۰ ± ۰/۰۴
۱۰	۱	۰/۴۵ ± ۰/۰۲	۵/۷۹ ± ۱/۲۲	۴/۱۸ ± ۰/۱۶	۰/۶۴ ± ۰/۰۶

جدول ۸: میانگین غلظت مواد مغذی در لایه های عمقی مختلف نیمه شمالی دریای عمان (بهار ۱۳۸۸)

شماره ترانسکت	عمق (متر)	نیتريت (µg/l)	نیترات (µg/l)	سیلیکات (µg/l)	فسفات (µg/l)
۱	۱	۰/۱۷ ± ۰/۰۶	۲/۰۸ ± ۰/۰۳	۱/۷۸ ± ۰/۰۷	۰/۲۸ ± ۰/۰۱
	۲۵	۰/۱۸ ± ۰/۰۴	۲/۳۸ ± ۰/۱۶	۱/۴۳ ± ۰/۰۴	۰/۲۹ ± ۰/۰۱
	۵۰	۰/۱۴ ± ۰/۰۶	۲/۸۹ ± ۰/۱۹	۱/۷۴ ± ۰/۰۳	۰/۲۸ ± ۰/۰۱
۲	۱	۰/۲۴ ± ۰/۰۶	۱/۶۷ ± ۰/۱۱	۱/۰۶ ± ۰/۲۴	۰/۲۱ ± ۰/۰۴
	۲۵	۰/۱۶ ± ۰/۰۵	۱/۷۳ ± ۰/۰۸	۱/۲۹ ± ۰/۳۷	۰/۱۸ ± ۰/۰۴
	۵۰	۰/۲۴ ± ۰/۱۸	۲/۵۲ ± ۰/۴۹	۱/۶۵ ± ۰/۰۸	۰/۲۳ ± ۰/۰۲
	۱۰۰	۰/۱۰ ± ۰/۰۱	۳/۴۳ ± ۰/۲۳	۲/۵۳ ± ۰/۱۶	۰/۳۱ ± ۰/۰۴
۳	۱	۰/۲۴ ± ۰/۰۱	۱/۹۰ ± ۰/۱۱	۱/۴۳ ± ۰/۰۴	۰/۲۴ ± ۰/۰۱
	۲۵	۰/۲۱ ± ۰/۰۴	۲/۳۲ ± ۰/۶۴	۱/۴۶ ± ۰/۰۸	۰/۲۹ ± ۰/۰۳
	۵۰	۰/۰۹ ± ۰/۰۱	۱/۷۸ ± ۰/۰۹	۱/۷۹ ± ۰/۰۲	۰/۳۴ ± ۰/۰۱
	۱۰۰	۰/۰۹ ± ۰/۰۱	۳/۸۰ ± ۰/۲۰	۲/۸۱ ± ۰/۱۳	۰/۳۷ ± ۰/۰۰
۴	۱	۰/۱۵ ± ۰/۰۴	۰/۸۰ ± ۰/۰۳	۰/۴۵ ± ۰/۰۳	۰/۱۰ ± ۰/۰۲
	۲۵	۰/۲۲ ± ۰/۰۳	۱/۸۴ ± ۰/۱۱	۱/۰۴ ± ۰/۱۹	۰/۱۷ ± ۰/۰۶
	۵۰	۰/۱۸ ± ۰/۰۴	۲/۹۵ ± ۰/۲۶	۱/۱۳ ± ۰/۱۴	۰/۲۲ ± ۰/۰۵
	۱۰۰	۰/۲۳ ± ۰/۲۰	۳/۲۳ ± ۰/۳۸	۱/۲۹ ± ۰/۲۴	۰/۳۴ ± ۰/۰۸
۵	۱	۰/۳۱ ± ۰/۱۳	۱/۱۰ ± ۰/۲۱	۰/۷۳ ± ۰/۰۳	۰/۱۰ ± ۰/۰۴
	۲۵	۰/۲۸ ± ۰/۰۹	۱/۸۱ ± ۰/۱۹	۰/۹۷ ± ۰/۲۷	۰/۱۸ ± ۰/۰۳
	۵۰	۰/۲۵ ± ۰/۱۲	۲/۹۵ ± ۰/۳۸	۱/۲۰ ± ۰/۲۶	۰/۲۷ ± ۰/۰۲
	۱۰۰	۰/۱۸ ± ۰/۰۱	۵/۰۱ ± ۰/۱۲	۲/۶۴ ± ۰/۱۸	۰/۴۳ ± ۰/۰۳
۶	۱	۰/۲۰ ± ۰/۰۳	۱/۵۷ ± ۰/۰۸	۰/۹۰ ± ۰/۰۵	۰/۱۴ ± ۰/۰۷
	۲۵	۰/۲۲ ± ۰/۰۱	۱/۷۲ ± ۰/۲۵	۱/۰۲ ± ۰/۱۹	۰/۲۴ ± ۰/۰۳
	۵۰	۰/۲۴ ± ۰/۱۰	۳/۲۰ ± ۰/۲۶	۱/۴۸ ± ۰/۱۵	۰/۲۷ ± ۰/۰۲
	۱۰۰	۰/۱۰ ± ۰/۰۱	۴/۲۴ ± ۰/۰۷	۳/۰۰ ± ۰/۲۰	۰/۴۰ ± ۰/۰۳
۷	۱	۰/۱۷ ± ۰/۰۴	۱/۵۰ ± ۰/۰۹	۰/۹۰ ± ۰/۱۳	۰/۱۹ ± ۰/۰۲
	۲۵	۰/۱۹ ± ۰/۰۴	۱/۵۰ ± ۰/۰۹	۱/۱۲ ± ۰/۲۱	۰/۲۱ ± ۰/۰۲
	۵۰	۰/۱۸ ± ۰/۰۱	۳/۳۳ ± ۰/۱۸	۱/۶۴ ± ۰/۱۳	۰/۲۸ ± ۰/۰۱
	۱۰۰	۰/۱۶ ± ۰/۰۴	۴/۳۵ ± ۰/۰۸	۳/۰۲ ± ۰/۰۹	۰/۴۲ ± ۰/۰۳
۸	۱	۰/۲۰ ± ۰/۰۴	۱/۳۵ ± ۰/۰۵	۰/۹۵ ± ۰/۲۳	۰/۱۸ ± ۰/۰۳
	۲۵	۰/۲۰ ± ۰/۰۸	۱/۸۰ ± ۰/۱۴	۱/۰۵ ± ۰/۱۴	۰/۲۰ ± ۰/۰۲
	۵۰	۰/۱۷ ± ۰/۰۶	۲/۵۸ ± ۰/۱۸	۱/۵۸ ± ۰/۰۴	۰/۲۴ ± ۰/۰۳
	۱۰۰	۰/۱۵ ± ۰/۰۲	۴/۵۰ ± ۰/۰۹	۲/۹۵ ± ۰/۲۰	۰/۴۰ ± ۰/۰۳
۹	۱	۰/۱۸ ± ۰/۰۲	۱/۵۹ ± ۰/۰۲	۱/۱۶ ± ۰/۰۷	۰/۱۸ ± ۰/۰۱
	۲۵	۰/۱۶ ± ۰/۰۱	۲/۰۶ ± ۰/۵۹	۱/۳۱ ± ۰/۵۴	۰/۲۳ ± ۰/۰۸
	۵۰	۰/۱۴ ± ۰/۰۴	۲/۳۰ ± ۰/۴۸	۱/۶۱ ± ۰/۱۰	۰/۲۴ ± ۰/۰۳
	۱۰۰	۰/۰۹ ± ۰/۰۱	۴/۲۱ ± ۰/۱۷	۳/۰۲ ± ۰/۲۰	۰/۴۴ ± ۰/۰۳
۱۰	۱	۰/۱۹ ± ۰/۰۰	۱/۴۰ ± ۰/۱۸	۱/۰۲ ± ۰/۱۰	۰/۱۷ ± ۰/۰۲
	۲۵	۰/۲۱ ± ۰/۰۱	۱/۶۰ ± ۰/۴۷	۱/۲۱ ± ۰/۲۰	۰/۲۰ ± ۰/۰۳
	۵۰	۱/۲۹ ± ۱/۵۸	۲/۳۶ ± ۰/۹۶	۰/۹۹ ± ۰/۱۳	۰/۲۹ ± ۰/۰۳
	۱۰۰	۰/۰۹ ± ۰/۰۱	۴/۱۷ ± ۰/۱۷	۳/۰۹ ± ۰/۱۰	۰/۳۸ ± ۰/۰۲

جدول ۹: میانگین غلظت مواد مغذی در لایه های عمقی مختلف نیمه شمالی دریای عمان (بایز ۱۳۸۸)

شماره ترانسکت	عمق (متر)	نیتريت ( $\mu\text{g/l}$ )	نیترات ( $\mu\text{g/l}$ )	سیلیکات ( $\mu\text{g/l}$ )	فسفات ( $\mu\text{g/l}$ )
۱	۱	$0.25 \pm 0.04$	$1.17 \pm 0.12$	$0.72 \pm 0.05$	$0.14 \pm 0.01$
	۲۵	$0.29 \pm 0.02$	$2.21 \pm 0.12$	$1.36 \pm 0.19$	$0.23 \pm 0.03$
	۵۰	$0.33 \pm 0.04$	$3.34 \pm 0.12$	$1.50 \pm 0.07$	$0.28 \pm 0.02$
۲	۱	$0.34 \pm 0.10$	$1.46 \pm 0.15$	$0.93 \pm 0.03$	$0.15 \pm 0.04$
	۲۵	$0.30 \pm 0.04$	$2.36 \pm 0.03$	$1.53 \pm 0.14$	$0.24 \pm 0.01$
	۵۰	$0.43 \pm 0.21$	$3.18 \pm 0.05$	$1.65 \pm 0.11$	$0.32 \pm 0.01$
۳	۱	$0.28 \pm 0.02$	$1.98 \pm 0.16$	$1.49 \pm 0.12$	$0.26 \pm 0.01$
	۲۵	$0.26 \pm 0.04$	$2.98 \pm 0.28$	$1.78 \pm 0.08$	$0.33 \pm 0.02$
	۵۰	$1.21 \pm 0.44$	$3.87 \pm 0.10$	$2.25 \pm 0.02$	$0.37 \pm 0.02$
۴	۱	$0.19 \pm 0.01$	$1.07 \pm 0.01$	$0.60 \pm 0.00$	$0.13 \pm 0.01$
	۲۵	$0.24 \pm 0.13$	$1.91 \pm 1.10$	$1.23 \pm 0.71$	$0.20 \pm 0.11$
	۵۰	$0.23 \pm 0.01$	$2.72 \pm 0.20$	$1.23 \pm 0.05$	$0.24 \pm 0.02$
۵	۱	$0.24 \pm 0.02$	$1.67 \pm 0.11$	$1.06 \pm 0.02$	$0.19 \pm 0.02$
	۲۵	$0.28 \pm 0.02$	$2.10 \pm 0.02$	$1.37 \pm 0.09$	$0.25 \pm 0.01$
	۵۰	$0.32 \pm 0.04$	$2.91 \pm 0.16$	$1.40 \pm 0.07$	$0.30 \pm 0.01$
۶	۱	$0.22 \pm 0.02$	$1.84 \pm 0.31$	$1.20 \pm 0.19$	$0.22 \pm 0.03$
	۲۵	$0.33 \pm 0.09$	$2.16 \pm 0.03$	$1.35 \pm 0.20$	$0.23 \pm 0.04$
	۵۰	$0.26 \pm 0.03$	$2.91 \pm 0.80$	$1.58 \pm 0.27$	$0.31 \pm 0.03$
۷	۱	$0.24 \pm 0.05$	$2.22 \pm 0.10$	$1.24 \pm 0.18$	$0.23 \pm 0.04$
	۲۵	$0.30 \pm 0.05$	$2.38 \pm 0.09$	$1.53 \pm 0.04$	$0.29 \pm 0.01$
	۵۰	$0.29 \pm 0.01$	$2.71 \pm 0.33$	$1.58 \pm 0.15$	$0.31 \pm 0.02$
۸	۱	$0.17 \pm 0.04$	$1.67 \pm 0.29$	$1.10 \pm 0.21$	$0.19 \pm 0.04$
	۲۵	$0.26 \pm 0.04$	$2.33 \pm 0.06$	$1.41 \pm 0.04$	$0.25 \pm 0.00$
	۵۰	$0.33 \pm 0.06$	$2.88 \pm 0.19$	$1.60 \pm 0.15$	$0.31 \pm 0.04$
۹	۱	$0.29 \pm 0.05$	$2.63 \pm 0.34$	$1.55 \pm 0.22$	$0.28 \pm 0.04$
	۲۵	$0.28 \pm 0.06$	$2.79 \pm 0.70$	$1.73 \pm 0.45$	$0.30 \pm 0.08$
	۵۰	$0.29 \pm 0.02$	$3.35 \pm 0.01$	$2.31 \pm 0.03$	$0.38 \pm 0.05$
۱۰	۱	$0.36 \pm 0.01$	$3.52 \pm 0.05$	$2.25 \pm 0.12$	$0.38 \pm 0.01$
	۲۵	$0.33 \pm 0.01$	$2.81 \pm 0.02$	$1.77 \pm 0.02$	$0.29 \pm 0.03$
	۵۰	$0.42 \pm 0.01$	$3.44 \pm 0.03$	$2.23 \pm 0.01$	$0.37 \pm 0.02$



## ۴- بحث و نتیجه گیری

### ۴-۱- ساختار مکانی وزمانی دمای آب دریا

#### ۴-۱-۱- تغییرات افقی دمای آب دریا

دما به عنوان مهمترین عامل محیطی بر سایر عوامل و نیز بر رفتار و پراکنش آبزیان تاثیر گذار می باشد. نتایج حاصل از بررسی توزیع افقی درجه حرارت لایه های سطحی نیمه شمالی دریای عمان نشان داد که در بیشتر مناطق مورد بررسی (چه در بهار و چه در پاییز) میزان آن از ساحل به دریا افزایش می یابد. با توجه به اینکه ظرفیت گرمای ویژه آب دریا بیشتر از خشکی می باشد لذا نسبت به خشکی دیرتر گرم شده و دیرتر گرما را از دست می دهد، بنابراین یکی از دلایل اصلی افزایش دمای آب از ساحل به دریا به خاطر آن است که مناطق ساحلی بیشتر از مناطق دریایی تحت تاثیر شرایط دمایی خشکی قرار می گیرند، علاوه بر اینکه در زمان نمونه برداری سال ۸۸ که شرایط دمایی نسبت به سال ۸۶ سرد تر بوده، روند تغییرات درجه حرارت آب نیز از ساحل به دریا از افزایش بیشتری نسبت به سال ۸۶ برخوردار بوده است (شکل های ۲ و ۳).

در این تحقیق میانگین درجه حرارت لایه های سطحی نیمه شمالی دریای عمان، در سال ۸۸ حدود ۲ درجه سانتی گراد کمتر از سال ۸۶ به دست آمد (در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۲۸/۶ و ۲۷/۶ ولی در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۲۶ و ۲۵/۶ درجه سانتی گراد) که علت اصلی آن به دلیل اختلاف زمان نمونه برداری در شروع اجرای گشت های دریایی در طی این دو سال می باشد، چرا که شروع عملیات نمونه برداری در بهار ۸۶ از ۲۵ اردیبهشت ماه ولی در بهار ۸۸ از اول اردیبهشت ماه به انجام رسید (یعنی ۲۵ روز اختلاف)، همچنین شروع نمونه برداری در پاییز ۸۶ از ۱۱ آبان ماه، اما در پاییز ۸۸ از ۱۰ آذر ماه (یعنی با ۳۰ روز تاخیر) به اجرا درآمد به همین دلیل این اختلاف زمانی تقریباً یک ماهه در عملیات نمونه برداری باعث گردید که میانگین دمای سطحی آب در مناطق مورد بررسی، هم در بهار و هم در پاییز سال ۸۸ حدود ۲ درجه سانتی گراد کمتر از سال ۸۶ به دست آید. به بیان دیگر با در نظر گرفتن اینکه زمان شروع نمونه برداری در بهار ۸۸ نسبت به بهار ۸۶ حدود یک ماه زودتر (یعنی یک ماه به زمستان نزدیکتر) و در پاییز ۸۸ نیز یک ماه دیرتر از پاییز ۸۶ (یعنی با هم یک ماه به زمستان نزدیکتر) بوده، لذا میانگین دمای آب در سال ۸۸ حدود ۲ درجه سانتی گراد کمتر از سال ۸۶ به دست آمده است.

میانگین درجه حرارت هوا در مناطق ساحلی شرق استان هرمزگان و در محدوده بندر جاسک طی ماههای فروردین، اردیبهشت و خرداد سال ۸۶ به ترتیب ۲۶/۳، ۳۰/۶، ۳۱ و در سال ۸۸ به ترتیب ۲۵/۴، ۲۹/۹ و ۳۲/۴ و طی ماههای مهر، آبان و آذر سال ۸۶ به ترتیب ۲۹/۳، ۲۶/۹، ۲۴/۴ و سال ۸۸ به ترتیب ۳۰، ۲۶/۴ و ۲۳/۲ درجه سانتی گراد گزارش شده است (اقتباس از سازمان هواشناسی استان هرمزگان). با مقایسه این نتایج ملاحظه می گردد که دمای هر ماه نسبت به ماه مشابه خود در طی سالهای ۸۶ و ۸۸ با یکدیگر تفاوت چندانی نداشته در صورتیکه درجه حرارت هر کدام از ماهها (چه در فصل بهار و چه در فصل پاییز) نسبت به ماه قبلی و یا ماه بعدی خود، حدود ۳ درجه سانتی گراد تفاوت دمایی نشان می دهند، بنابر این علت اصلی بوجود آورنده تفاوت دمایی

حدود ۲ درجه سانتی گراد) لایه‌های سطحی مناطق مذکور به دلیل هم‌سان نبودن گشت‌های دریایی از نظر زمان نمونه برداری طی سال‌های ۸۶ و ۸۸ می‌باشد. البته این اختلاف زمان نمونه برداری‌ها بر نتایج سایر پارامترها، از جمله هدایت الکتریکی، شوری و چگالی نیز تاثیر گذار بوده که در بخش‌های مربوط به هر کدام از آنها اشاره شده است.

مطالعات به عمل آمده در محدوده آب‌های ایرانی دریای عمان، میانگین درجه حرارت لایه‌های سطحی نیمه شمالی آن را در خرداد ماه ۲۹/۵ و در آبان ماه ۲۷/۹ درجه سانتی گراد گزارش نموده است (ابراهیمی و صادقیان، ۱۳۷۵). با مقایسه نتایج فوق و نتایج به دست آمده ملاحظه می‌گردد، علی‌رغم اینکه این دو تحقیق با اختلاف زمانی زیادی با یکدیگر به انجام رسیده اما درجه حرارت مربوط به آبان ماه مطالعه حاضر با مطالعه فوق فقط ۰/۳ درجه سانتی گراد تفاوت داشته است، در صورتیکه میانگین دما در طی ماه‌های خرداد و اردیبهشت در حدود ۲ درجه سانتی گراد با یکدیگر تفاوت نشان می‌دهند، بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که هم زمان نبودن عملیات نمونه برداری در طی سال‌های ۸۶ و ۸۸ می‌تواند از عوامل اصلی بوجود آورنده تفاوت دمایی در طی این دو سال محسوب گردد.

مطالعات سنجش ماهواره ای دمای سطحی کل دریای عمان را در ماه نوامبر بین ۲۹/۵ - ۲۷/۵ درجه سانتی گراد و طی ماه‌های دسامبر و فوریه بین ۲۶/۵ - ۲۵ درجه سانتی گراد گزارش نموده است (W. Aicken, 1999). میانگین تغییرات درجه حرارت آب در لایه‌های سطحی ترانسکت‌های دهگانه مورد نظر از نظر آماری با یکدیگر مقایسه گردید و نتایج آنالیز واریانس یک سویه نشان داد که هم در بهار و هم در پاییز، اختلاف درجه حرارت آب دریا بین ترانسکت‌ها با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0.05$ ) با یکدیگر معنی داری باشد، همچنین نتایج حاصل از بررسی مقایسه آنالیز آماری (T-Test) مناطق نیمه شمال شرقی و شمال غربی دریای عمان نیز نشان داد که مقدار درجه حرارت این مناطق (به جز بهار ۸۶) در سایر فصول مورد بررسی با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0.05$ ) با یکدیگر معنی داری باشد (جدول ۳ و ۴).

## ۲-۱-۴- پروفیل عمودی دمای آب دریا

حقیق پیرامون ساختار عمودی درجه حرارت آب در دریای عمان و مقایسه روند تغییرات آن در قبل و بعد از مونسون تابستانه نشان داد که در فصل بهار (قبل از مونسون) تغییرات دمایی در نیمه شمال شرقی دریای عمان از سطح به عمق کاهش می‌یابد اما در نیمه شمال غربی دریای عمان به نحوی است که میزان آن از سطح تا عمق حدود ۱۵۰ متری کاهش یافته و از عمق ۱۵۰ تا حدود ۳۵۰ متری مقداری افزایش نشان داده و دوباره از عمق ۳۵۰ متر به پایین از مقدار آن کاسته می‌شود. علت این امر به دلیل تاثیرگذاری آب‌های خروجی نسبتاً گرم خلیج فارس می‌باشد که از طریق لایه‌های عمقی تنگه هرمز به دریای عمان جریان یافته و بدنه آبی نواحی نیمه شمال غربی دریای عمان را که در مسیر این جریان قرار داشته تحت تاثیر خود قرار می‌دهد، اما با توجه به اینکه درجه



حرارت این جریان خروجی پس از جاری شدن در دریای عمان و امتداد حرکت خود به سمت شرق، با دمای محیط همگن می‌گردد لذا هرچقدر از تنگه هرمز به سمت نواحی شرقی دریای عمان پیش می‌رویم اثرات آن کمتر و کمتر شده و از بین می‌رود (شکل‌های ۲۲ و ۲۳).

نتایج مطالعاتی که تا اعماق ۱۲۰۰ متری نواحی جنوب غربی دریای عمان (جنوب شرقی تنگه هرمز) در رابطه با ساختار عمودی درجه حرارت و روند تغییرات فصلی آن در این مناطق به عمل آمده، میانگین دمای لایه‌های سطحی این نواحی را در تابستان در حدود ۳۳ و در زمستان ۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد گزارش نموده و نشان داده است که مقدار دمای آب از سطح به عمق کاهش یافته بطوریکه در اعماق ۸۰۰ متری به حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد تقلیل می‌یابد اما در اعماق بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ متری یک افزایش نسبی داشته که نشان دهنده اثرات جریان خروجی خلیج فارس از طریق تنگه هرمز می‌باشد (Reynolds, 1993) و (Bidokhti and Ezam, 2009).

در خلیج فارس روند تغییرات پروفیل عمودی درجه حرارت آب به نحوی است که در مرداد ماه، لایه‌های سطحی تا عمق ۲۰ متری تحت تاثیر دمای هوا قرار گرفته و وجود ترموکلاین مانع از مخلوط شدن لایه‌های زیرین می‌گردد در صورتیکه در بهمن ماه ترموکلاین فصلی شکسته شده و لایه‌های عمقی بیشتری از ستون آب با یکدیگر مخلوط و همگن می‌گردند (ROPME, 2004). از آنجا که تنگه هرمز و خلیج فارس نسبت به دریای عمان از عمق بسیار کمی برخوردار می‌باشند لذا ساختار عمودی بدنه آبی آنها به نحوی است که در این مناطق ترموکلاین فصلی، در نیمه اول سال تشکیل شده و در نیمه دوم سال کاملاً محو می‌گردد، به بیان دیگر در فصل زمستان مقدار درجه حرارت در کل بدنه آبی خلیج فارس از سطح تا عمق همگن شده و یکنواخت می‌گردد در صورتیکه ساختار عمودی بدنه آبی دریای عمان به دلیل برخورداری از عمق بسیار زیاد با خلیج فارس کاملاً متفاوت می‌باشد.

تحقیق پیرامون ساختار عمودی درجه حرارت و روند تغییرات فصلی (به جز تابستان) آن در دریای عمان نشان داد که تغییرات دمایی در این پهنه آبی در فصل بهار (قبل از مونسون) تقریباً از همان لایه‌های سطحی شروع به کاهش می‌نماید در صورتیکه پس از مونسون تابستانه، در اواسط پاییز (آبان ماه)، درجه حرارت آب تا عمق حدود ۳۰ متری و در اواخر پاییز (آذر ماه) تا عمق ۵۰ متری و بالاخره در فصل زمستان از سطح تا عمق تقریباً ۱۰۰ متری دمای ستون آب همگن شده و یکنواخت می‌گردد به عبارت دیگر بعد از مونسون تابستانه و با شروع فصل سرما، شروع ترموکلاین نیز ظهور خود را از اعماق پایین تری نمایان می‌سازد. بنابر این در رابطه با لایه بندی حرارتی و یا ساختار عمودی بدنه آبی دریای عمان می‌توان گفت که در این پهنه آبی، لایه ترموکلاین ظهور خود را در فصل بهار از همان لایه‌های سطحی (تقریباً ۵ تا ۱۰ متری) پدیدار ساخته و متعاقب آن طبقه بندی لایه‌های حرارتی نمایان می‌گردد اما هنگامیکه پاییز فرا می‌رسد و آب شروع به سرد شدن می‌نماید عمق لایه‌های فوقانی از نظر هم‌دم شدن فزونی یافته و هرچقدر به پایان سال نزدیک می‌شویم، هم‌دم شدن عمق لایه‌های فوقانی نیز بیشتر می‌گردد در نتیجه در دریای عمان (برخلاف خلیج فارس که در نیمه دوم سال ترموکلاین فصلی

کاملاً در آن محو می گردد) در نیمه دوم سال، ترموکلاين از بين نمی رود بلکه فقط شکل گيري و ظهور آن در اعماق پایین تری تشکیل یافته و با افزایش عمق آب، لایه ترموکلاين نیز ادامه پیدا می کند. نتایج به دست آمده نشان داد علی رغم اینکه بیشترین کاهش درجه حرارت در لایه های فوقانی (تقریباً تا عمق ۱۵۰ متری) رخ می دهد اما با افزایش عمق آب، کاهش دمایی هم چنان ادامه پیدا می کند. به طور مثال نتایج پروفیل عمودی درجه حرارت در ترانسکت سوم نشان داد که در فصل پاییز شروع ترموکلاين، از عمق ۵۰ متری بادمای حدود ۲۷ درجه آغاز شده و در عمق ۲۰۰ متری مقدار آن به ۱۹ و در عمق ۴۰۰ متری به ۱۶ و در عمق ۶۰۰ متری به ۱۳ درجه سانتی گراد تقلیل یافته و این روند کاهشی هم چنان ادامه می یابد. بنابر این از نتایج حاصله پیرامون ساختار عمودی درجه حرارت در پهنه های آبی جنوبی کشور و مقایسه آنها با یکدیگر چنین نتیجه گیری می گردد که در دریای عمان در طول سال ترموکلاين ثابت یا اصطلاحاً ترموکلاين دائمی برقرار بوده و با تغییرات فصلی فقط ضخامت و یا پهنای آن تغییر می کند (شکل های ۱۹ تا ۲۵)، در صورتیکه در خلیج فارس ترموکلاين فصلی (Seasonal Thermocline) وجود داشته که در نیمه اول سال تشکیل و در نیمه دوم سال از بین می رود.

نتایج مطالعات انجام شده در دریای عرب نشان داده است که در لایه های عمقی ۲۰ تا ۲۰۰ متری این مناطق نیز چه در قبل و چه در بعد از مونسون و چه در زمان مونسون ترموکلاين وجود داشته و با تغییرات فصلی فقط نقطه شروع و ضخامت لایه ترموکلاين تغییر می یابد (Blackford and Burkill, 2002). همچنین نتایج مطالعات انجام شده در دریای عرب نشان داده است که در این مناطق هم در بهار و هم در تابستان ترموکلاين واکسی کلاین نسبتاً شدیدی در اعماق ۳۰ تا ۱۵۰ متری تشکیل یافته که در تابستان شدیدتر از بهار می باشد (Luo et al., 2000). تحقیق پیرامون ساختار عمودی درجه حرارت در کل محدوده آبهای نیمه شمالی خلیج فارس و تنگه هرمز وجود یک ترموکلاين را در شروع فصل بهار نمایان ساخته که به دنبال آن لایه بندی حرارتی در این مناطق شروع می گردد و حداکثر این لایه بندی در تابستان نمایان می شود که در این زمان اختلاف دمای سطح و عمق به بیش از ۱۰ درجه سانتی گراد می رسد اما در پاییز این لایه بندی حرارتی شروع به محو شدن نموده و در زمستان کاملاً از بین می رود (نیکویان و همکاران، ۱۳۸۴).

## ۲-۴- ساختار مکانی و زمانی هدایت الکتریکی

### ۱-۲-۴- تغییرات افقی هدایت الکتریکی

میانگین هدایت الکتریکی لایه های سطحی دریای عمان در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۵۹/۴ و ۵۸ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۵۶ و ۵۶/۲ میلی زیمنس بر سانتی متر اندازه گیری گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که روند تغییرات هدایت الکتریکی از الگوی تغییرات درجه حرارت تبعیت نموده به طوریکه اولاً مقدار آن از ساحل به دریا افزایش داشته و ثانیاً در بهار ۸۸ حدود و در پاییز ۸۸ حدود ۲ ms/cm از سال ۸۶ کمتر به دست آمد. از آنجا

که تغییرات هدایت الکتریکی، هم بستگی مثبت و معنی داری را با تغییرات درجه حرارت نشان داده و از آن تبعیت می نماید لذا دلایل افزایش آن از ساحل به دریا و کاهش نسبی آن در سال ۸۸ نسبت به ۸۶ نیز به همان دلایلی است که در مبحث درجه حرارت به آنها اشاره گردید. (شکل های ۵۴ و ۵۵).

نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین هدایت الکتریکی و درجه حرارت لایه های سطحی آب نشان داد که بین این دو پارامتر در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۰/۹۹ و ۰/۹۸ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۰/۹۹ و ۰/۹۴ هم بستگی مثبت وجود داشته و این همبستگی با حدود اطمینان ۹۰ درصد ( $p < 0/01$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۲). میانگین تغییرات هدایت الکتریکی آب در لایه های سطحی ترانسکت های دهگانه مورد نظر با یک دیگر مقایسه گردید و نتایج آنالیز واریانس یک سویه نشان داد که هم در بهار و هم در پاییز، اختلاف هدایت الکتریکی بین ترانسکتها با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0/05$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۳ تا ۶). همچنین نتایج حاصل از بررسی مقایسه آنالیز آماری (T-Test) مناطق نیمه شمال شرقی و شمال غربی دریای عمان طی سالهای ۸۶ و ۸۸ نشان داد که مقدار هدایت الکتریکی این مناطق نیز نسبت به هم با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0/05$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۴).

#### ۲-۲-۴- تغییرات عمودی هدایت الکتریکی

نتایج حاصله نشان داد که روند تغییرات عمودی هدایت الکتریکی نیز در همه نقاط مثل تغییرات افقی آن دقیقا از الگوی تغییرات فصلی درجه حرارت تبعیت نموده و در کلیه نقاط، الگوی نوسانات پروفیل عمودی این دو پارامتر و روند تغییرات فصلی آنها، هم سو و هم جهت با یکدیگر بوده و از سطح به عمق کاهش می یابند، به بیان دیگر مشابهت نحوه تغییرات عمودی EC و دمای آب از نظر ساختار مکانی و زمانی به حدی زیاد بود که نتایج حاصل از بررسی همبستگی عمودی بین آنها مثبت ۰/۹۹ به دست آمد و این هم بستگی با حدود اطمینان ۹۰ درصد ( $p < 0/01$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۵).

نتایج بررسیهای به عمل در رابطه با تغییرات عمودی پارامترهای فیزیکی آبهای محدوده استان هرمزگان در خلیج فارس نشان داده است که هدایت الکتریکی در بهار، تابستان و پاییز با درجه حرارت همبستگی مثبت و با شوری همبستگی منفی داشته در صورتیکه در زمستان این همبستگی ها بر عکس گردیده است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴). همچنین نتایج مطالعات انجام شده در کل محدوده نیمه شمالی خلیج فارس نشان داده است که تغییرات عمودی هدایت الکتریکی در این مناطق نیز از الگوی تغییرات فصلی درجه حرارت تبعیت می نماید با این تفاوت که در فصل زمستان علی رغم کاهش دما، با افزایش شوری، چگالی و فشار ستون آب در لایه های عمقی مقدار EC نیز افزایش داشته است (نیکویان و همکاران، ۱۳۸۴).

نتایج حاصل از بررسی هم بستگی عمودی بین دما، EC و شوری نشان داد که در دریای عمان بین آنها هم در نیمه اول و هم در نیمه دوم سال همبستگی مثبتی وجود دارد در صورتیکه در خلیج فارس بین هدایت الکتریکی و

شوری فقط در زمستان همبستگی مثبت گزارش گردیده است که علت آن می‌تواند به دلیل اختلاف روند تغییرات شوری در این دو اکوسیستم آبی باشد، چراکه در خلیج فارس در تمامی فصول سال مقدار شوری از سطح به عمق افزایش می‌یابد اما در دریای عمان همزمان با افزایش عمق آب مقدار شوری، EC و دما نیز کاهش یافته و در نتیجه بین این پارامترها همبستگی مثبت حاصل می‌گردد.

نتایج مطالعاتی که بر روی آب دریا و تاثیر متقابل دما، شوری و فشار بر هدایت الکتریکی به عمل آمده نشان می‌دهد که در دما و فشار ثابت با افزایش شوری مقدار هدایت الکتریکی کاهش می‌یابد، همچنین در شوری و فشار ثابت نیز با افزایش دما مقدار هدایت الکتریکی کم می‌گردد، اما در دما و شوری ثابت با افزایش فشار، مقدار هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد (Riley et al., 1975).

### ۳-۴- تغییرات مکانی وزمانی شوری آب دریا

#### ۳-۴-۱- تغییرات افقی شوری آب دریا

نتایج حاصل از بررسی الگوی توزیع شوری آب در لایه های سطحی نیمه شمالی دریای عمان نشان داد که مقدار شوری در این مناطق در طول سال از شرق به غرب افزایش یافته به طوری که میانگین آن در محدوده چاه بهار از حدود (psu) ۳۶/۶ شروع شده و سپس با حرکت به سمت تنگه هرمز، کم کم بر مقدار شوری افزوده می‌گردد تا اینکه در محدوده تنگه هرمز مقدار آن به حدود ۳۶/۸ در فصل بهار و ۳۷/۴ (psu) در فصل پاییز می‌رسد. علاوه بر این میزان شوری آب در لایه های سطحی نیمه شمالی دریای عمان در فصل پاییز بیشتر از فصل بهار بوده و این افزایش در نیمه شرقی، بخصوص در نواحی تنگه هرمز بیشتر از نیمه غربی آن می‌باشد (شکل های ۶ و ۷).

به نظر می‌رسد یکی از علت های اصلی افزایش شوری آب در لایه های سطحی محدوده آبهای ایرانی دریای عمان از شرق به غرب، چگونگی تاثیر پذیری این مناطق از میزان تبخیر آبی که از لایه های سطحی این مناطق صورت می‌پذیرد بوده باشد، چرا که اگر یک گستره آبی از نظر عمق، حجم، مساحت و دسترسی به آبهای آزاد نسبت به پهنه آبی دیگری کمتر باشد، به جهت زمان بر بودن جایگزینی آبهای تبخیر شده (مثل خلیج فارس نسبت به دریای عمان)، اصولاً بیشتر از نواحی دیگر تحت تاثیر تبخیر آب قرار می‌گیرد، به همین دلیل چنین استنباط می‌شود نیمه غربی دریای عمان که توسط سواحل ایران، عمان و تنگه هرمز محدود و محصور گشته، بیشتر از نیمه شرقی آن (که به دریای آزاد واقیانوس هند منتهی می‌گردد) تحت تاثیر میزان تبخیر آب قرار می‌گیرد. در رابطه با علت بیشتر بودن شوری آب لایه های سطحی در فصل پاییز نسبت به بهار به نظر می‌رسد به دلیل کاهش دما و افزایش سرعت باد و میزان تبخیر در پاییز نسبت به بهار بوده باشد.

به رغم اینکه در جنوب کشور میزان درجه حرارت هوا در نیمه اول سال به مراتب بیشتر از نیمه دوم سال می‌باشد، اما نتایج مطالعات به عمل آمده در خلیج فارس نشان داده است که میزان شوری آب در لایه های سطحی

این خلیج در نیمه دوم سال بیشتر از نیمه اول سال می باشد چراکه در این منطقه میزان تبخیر در نیمه دوم سال بیشتر از نیمه اول سال صورت می پذیرد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴).

در خلیج فارس شکل گیری آبهای چگالتر ممکن است در اوایل ماه نوامبر که دمای هوا کاهش و سرعت باد افزایش می یابد شروع شود (Swift and Bower, 2003).

میانگین تغییرات شوری آب در لایه های سطحی ترانسکت های دهگانه مورد نظر با یک دیگر مقایسه گردید و نتایج آنالیز واریانس یک سویه نشان داد که هم در بهار و هم در پاییز، اختلاف شوری بین ترانسکت ها با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0/05$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۳)، همچنین نتایج حاصل از بررسی مقایسه آنالیز آماری (T-Test) مناطق نیمه شمال شرقی و شمال غربی دریای عمان طی سالهای ۸۶ و ۸۸ نشان داد که مقدار شوری این مناطق نسبت به هم با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0/05$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۴). در رابطه با علت معنی دار بودن اختلاف شوری مناطق مذکور می توان گفت، از آنجا که هر کدام از ترانسکت های مورد بررسی ۱۰ مایل دریایی از یکدیگر فاصله داشته و از طرفی مقدار شوری لایه های سطحی نیز در دریای عمان با یک روند خاصی از شرق به غرب افزایش می یابد لذا نتایج آنالیز واریانس یک سویه بین ترانسکت ها و همچنین آنالیز آماری (T-Test) مناطق نیمه شمال شرقی و شمال غربی این پیکره آبی، اختلاف شوری بین آنها با یکدیگر معنی دار به دست آمده است.

### ۲-۳-۴- تغییرات عمودی شوری آب دریا

مقدار شوری در دریای عمان برخلاف خلیج فارس (که در طول سال از سطح به عمق افزایش می یابد) از قوانین اقیانوسها تبعیت نموده و از سطح به عمق کاهش می یابد. نتایج به دست آمده نشان داد که بطور کلی اکثر نقاط مورد بررسی از نظرونند تغییرات پروفیل عمودی پارامترهای فیزیکی از جمله میزان شوری آب، دارای نوسانات مشابهی با یکدیگر می باشند اما ساختار عمودی آنها در نیمه شمال غربی دریای عمان (مخصوصاً آبهای محدوده تنگه هرمز) به دلیل تحت تاثیر قرار گرفتن جریانهای دریایی "چرخشی مصبی" (Reverse estuary flow) نسبت به مناطق نیمه شمال شرقی از نوسانات بیشتری برخوردار می باشند بطوریکه میانگین شوری در لایه های سطحی نیمه شمال غربی دریای عمان از حدود ۳۶/۷ (psu) شروع شده و در اعماق ۱۵۰ متری به حدود ۳۵ (psu) کاهش می یابد، اما از اعماق ۱۵۰ تا حدود ۳۵۰ متری دوباره مقدار آن افزایش داشته و سپس از عمق ۳۵۰ متر به پایین دوباره رو به کاهش می رود. علت این نوسانات، جاری شدن آبهای شور خلیج فارس می باشد که از طریق لایه های تحتانی تنگه هرمز به بدنه آبی دریای عمان جریان یافته و آبهای مسیر حرکت خود را تحت تاثیر قرار می دهد. از طرفی با توجه به اینکه تنگه هرمز از تپو گرافی خاصی برخوردار بوده به طوریکه میانگین عمق آب در آن از ۸۰ متر شروع شده و با یک روند خاصی به طرف دریای عمان افزایش می یابد به همین دلیل اثرات

جریان خروجی خلیج فارس در تنگه هرمز در اعماق زیر ۴۰ الی ۵۰ متر به وضوح قابل مشاهده بوده و با حرکت به سمت دریای عمان، جریان خروجی نیز عمق نفوذپذیری خود را در لایه های عمیق تر نمایان می سازد. نتایج مطالعات به عمل آمده در محدوده نواحی جنوبی تنگه هرمز نشان داده است که در مناطق شرقی آن (نواحی جنوب غربی دریای عمان) مقدار شوری، دما و اکسیژن محلول از سطح به عمق کاهش یافته اما در اعماق ۲۰۰ تا ۳۰۰ متری بر مقدار آنها افزوده می گردد که بیانگر اثرات جریان خروجی از خلیج فارس در این مناطق می باشد (Senjyu et al., 1998)، هم چنین نتایج مطالعاتی که تا اعماق ۱۲۰۰ متری نواحی جنوب غربی دریای عمان ( جنوب شرقی شرقی تنگه هرمز) در رابطه با ساختار عمودی شوری و روند تغییرات فصلی آن در این مناطق به عمل آمده، میانگین شوری لایه های سطحی این نواحی را در تابستان در حدود ۳۶/۷ و در زمستان (psu) ۳۷ گزارش نموده و نشان داده است که مقدار شوری آب از سطح به عمق کاهش یافته به طوریکه در اعماق ۸۰۰ متری به حدود (psu) ۳۵/۵ تقلیل می یابد اما در اعماق بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ متری مقدار شوری (psu) ۱ افزایش داشته که نشان دهنده اثرات جریان خروجی خلیج فارس از طریق تنگه هرمز می باشد (Reynolds, 1993). با مقایسه نتایج فوق و نتایج به دست آمده ملاحظه می گردد که نتایج حاصله با نتایج سایر محققین کاملاً هم خوانی داشته و هم دیگر را تأیید می نمایند.

نتایج بررسی های به عمل آمده در رابطه با چرخش آب در تنگه هرمز نشان داده است که اولاً جریان خروجی خلیج فارس (با شوری بالا) از نواحی جنوبی این تنگه و از عمق ۴۰ متر تا کف بستر آن به دریای عمان جاری شده و شوری آن بین ۳۹/۳ و ۴۰/۸ (psu) در نوسان می باشد (در زمستان از شوری بیشتری برخوردار می باشد)، ثانیاً سرعت آن تقریباً ۲۰ cm/s بوده و میانگین سالانه این جریان عمقی خروجی  $0.15 \pm 0.03 \text{ Sv}$  ( $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3$ ) تخمین زده می شود (Johns et al., 2003).

از آنجا که دریای عمان نسبت به خلیج فارس از اعماق بسیار بالایی برخوردار می باشد لذا با افزایش عمق آب میزان فشار ستون آب نیز افزایش یافته و به تبع آنها میزان چگالی آب هم افزایش می یابد در نتیجه علی رغم اینکه میزان شوری جریان خروجی از تنگه هرمز نسبت به شوری دریای عمان بیشتر بوده اما چگالی آن نسبت به چگالی آبهای عمیق دریای عمان کمتر می باشد. بطور مثال میانگین چگالی جریان خروجی از تنگه هرمز حدود ۲۷ و میانگین آن در عمق ۴۰۰ متری دریای عمان حدود ۲۹ گرم بر سانتی متر مکعب ثبت گردید. بنابراین آبهای شور خلیج فارس پس از اینکه از طریق تنگه هرمز به دریای عمان جاری می شود نمی تواند به اعماق زیر ۴۰۰ متر نفوذ نماید در نتیجه در همان لایه های عمقی بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر به راه خود ادامه می دهد تا وارد آبهای اقیانوس هند گردد (شکل های ۲۰ تا ۲۵).

علی رغم اینکه تحقیق حاضر هیچ ارتباطی به فانوس ماهیان نداشته و از اهداف آن نیز به شمار نمی رود ولی با این حال، با در نظر گرفتن نتایج حاصله به نظر می رسد که اگر به صورت هر چند گذرا به این موضوع اشاره شود برای تحقیقات بعدی مثمر ثمر قرار گیرد به همین خاطر در این قسمت به اختصار به این موضوع اشاره می گردد.

از آنجا که فانوس ماهیان (Myctophids) در طول شبانه روز مهاجرت‌های عمودی داشته بطوریکه در روز به لایه های سطحی و در شب به لایه های عمقی (۲۰۰ تا ۴۰۰ متری) مهاجرت می نمایند لذا محدوده عمق زیست این آبزیان از لایه های سطحی تا لایه های عمقی ۴۰۰ متری را شامل می گردد، از طرفی مطالعات به عمل آمده نشان داده است که میزان پراکنش و تراکم ماهیان میکتوفیده در نیمه غربی دریای عمان به مراتب بیشتر از نیمه شرقی آن می باشد (Johannesson and Valinasab, 1994)، هم چنین بررسی های انجام شده در رابطه با محتویات معده فانوس ماهیان توسط سراجی و نادری (۱۳۷۴) نشان داده است که این ماهیان زئوپلانکتون خوار می باشند، بنابر این انتظار می رود که جریان خروجی از تنگه هرمز شرایط زیستی نسبتاً خوبی را از نظر تغذیه ای و اکسیژن محلول برای فانوس ماهیان در اعماق ۱۵۰ تا ۳۵۰ متری نیمه غربی دریای عمان فراهم نموده و در پراکنش آنها در این منطقه، همچنین پراکنش سایر آبزیانی که از فانوس ماهیان تغذیه می نمایند تاثیر گذار بوده باشد، به عبارت دیگر انتظار می رود جریان خروجی از تنگه هرمز بتواند در مهاجرت برخی آبزیان از دریای عمان به خلیج فارس و بالعکس ایفای نقش داشته باشد. هر چند که برای اثبات و یا رد این موضوع نیاز به مطالعات بیشتری می باشد.

مرز خلیج فارس و تنگه هرمز سنگهای آذرینی هستند که در اعماق ۸۶ متری و در موقعیت جغرافیایی ۳۵° و ۵۵ طول شرقی استقرار یافته اند، در قسمت جنوبی تنگه و در نزدیکی سنگ های آذرین یک کانال پهنی در عمق ۱۱۰ متری وجود دارد که جریانات خروجی مربوط به جریان معکوس دهانه خلیجی در تنگه هرمز بیشتر از طرف جنوبی این کانال و از نزدیکی سطح بستر صورت می پذیرد. جریانات آبی که با شوری بالا از خلیج فارس وارد دریای عمان می گردد در لایه های عمقی ۲۰۰ تا ۳۵۰ متری بدنه آبی آن جریان یافته و تا شمال شرقی اقیانوس هند گسترش می یابد و تغییراتی در تعادل و پایداری ترموکلاین این اقیانوس ایجاد می کند، از طرفی با توجه به اینکه از نظر اکسیژن محلول غنی می باشد لذا همزمان با گسترش در دریای عمان، غنای اکسیژنی خود را به لایه های عمیق که شدیداً با کاهش اکسیژن مواجه می باشند عرضه می نماید. آبهای سطحی اقیانوس هند معمولاً از نواحی شمالی تنگه هرمز به درون خلیج فارس جریان یافته و در سواحل ایرانی ادامه می یابد، اما جریان خروجی از خلیج فارس از قسمت جنوبی تنگه و از عمق کانالهایی که در طرف کشور عمان قرار دارد به دریای عمان جاری می گردد (Swift and Bower, 2003)، البته اثرات این جریان خروجی در نیمه شمال و شمال شرقی تنگه هرمز نیز به خوبی قابل مشاهده بوده بطوریکه مطالعات به عمل آمده در محدوده آبهای استان هرمزگان نشان داده است که در آبهای نواحی بندر سیریک نیز، میزان شوری آب در اعماق ۸۰ الی ۱۰۰ متری افزایش قابل ملاحظه ای داشته است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۷).

در تمام طول سال علی رغم وزش باد غالب شمال، آب نسبتاً کم شورتر از درون تنگه هرمز وارد منطقه خلیج فارس شده و باعث تعدیل و کاهش شوری آب بسیار شور آن می گردد، آب ورودی به داخل این حوزه تحت تاثیر تبخیر قرار گرفته و با افزایش شوری و دانسیته به تدریج به اعماق فرو رفته و بصورت جریان بستری بسیار

شور از کف تنگه هرمز خارج می شود که به این جریان اصطلاحاً جریان عکس مصبی اطلاق می شود علاوه بر اینکه میانگین جریان آب ورودی و خروجی خلیج فارس که سالانه از طریق تنگه هرمز صورت می پذیرد، به ترتیب ۲۶۹۶ و ۲۳۷۵ کیلومتر مکعب تخمین زده شده است (Al-Majed et al., 2000).

آبهای اقیانوس هند از لایه های سطحی سواحل ایران بصورت همگن وارد خلیج فارس شده و آبهای خلیج فارس از طریق اعماق تنگه هرمز وارد دریای عمان می شود و این پدیده در پریرود زمانی کمتر از یک ماه صورت گرفته و تکرار می گردد (Pous et al., 2004).

#### ۴-۴- ساختار مکانی وزمانی چگالی ( $\delta_t$ ) آب دریا

##### ۴-۴-۱- تغییرات افقی چگالی آب دریا

الگوی پراکنش افقی چگالی در در لایه های سطحی دریای عمان عکس روند تغییرات درجه حرارت به دست آمد بطوریکه میانگین چگالی در پاییز بیشتر از بهار ولی میانگین درجه حرارت در پاییز کمتر از بهار به دست آمد، همچنین میانگین آن در سال ۸۸ بیشتر از سال ۸۶ اما مقدار دما در سال ۸۸ کمتر از سال ۸۶ به ثبت رسید، علاوه بر اینکه روند تغییرات این دو پارامتر از ساحل به دریا نیز عکس یکدیگر حاصل گردید به طوریکه که روند تغییرات چگالی از ساحل به دریا یک روند افزایشی اما روند تغییرات دمایی یک روند کاهشی به دست آمد. در این تحقیق میانگین تغییرات چگالی لایه های سطحی آب در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۲۲/۸ تا ۲۴/۲ و ۲۳/۵ تا ۲۴/۳ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب بین ۲۳/۹ تا ۲۴/۸ و ۲۵/۱ تا ۲۴/۱ گرم بر سانتی متر مکعب و میانگین آن در کل محدوده منطقه مورد نظر در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۲۳/۵ و ۲۳/۹ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۲۴/۳ و ۲۴/۵ گرم بر سانتی متر مکعب به دست آمد (شکل های ۸ و ۹).

از آنجا که بین چگالی و درجه حرارت همبستگی منفی بالایی وجود دارد بنابراین یکی از دلایل مهمی که باعث گردیده تا روند تغییرات این دو پارامتر عکس یک دیگر به دست آید همبستگی منفی بین آنها می باشد. نتایج حاصل از بررسی هم بستگی بین چگالی و درجه حرارت لایه های سطحی آب نشان داد که در فصل بهار بین این دو پارامتر همبستگی منفی و برابر ۰/۹۷- و در پاییز ۰/۹۱- وجود داشته و این همبستگی منفی با حدود اطمینان ۹۰ درصد ( $p < 0/01$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۲).

نتایج مطالعات به عمل آمده در خلیج فارس نشان داده است که تغییرات چگالی در لایه های سطحی از تغییرات دمایی و در اعماق از روند نوسانات شوری تبعیت می نماید (نیکویان و همکاران، ۱۳۸۴۹).

میانگین تغییرات چگالی آب در لایه های سطحی ترانسکت های دهگانه مورد نظر طی سالهای ۸۶ و ۸۸ با یک دیگر مقایسه گردید و نتایج آنالیز واریانس یک سویه نشان داد که هم در بهار و هم در پاییز، اختلاف شوری بین ترانسکت ها با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0/05$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۳). همچنین نتایج



حاصل از بررسی مقایسه آنالیز آماری (T-Test) مناطق نیمه شمال شرقی و شمال غربی دریای عمان نیز نشان داد که مقدار چگالی این مناطق (به جز پاییز ۸۶) در سایر فصول با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0.05$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۴).

میانگین چگالی آب در لایه های سطحی محدوده آبهای استان هرمزگان در خلیج فارس، در بهار ۲۴/۳ و در پاییز ۲۵/۹ گرم بر سانتی متر مکعب گزارش گردیده (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴)، که در مقایسه با چگالی دریای عمان بیشتر می باشد، به عبارت دیگر زیادتر بودن میزان چگالی خلیج فارس نسبت به دریای عمان بیانگر آن است که تاثیر پذیری این خلیج از نظر میزان تبخیر صورت گرفته نسبت به دریای عمان بیشتر می باشد.

نتایج مطالعاتی که بر روی آب دریا و تاثیر عوامل مختلف بر چگالی به عمل آمده نشان می دهد که در کلرونیته ثابت با افزایش درجه حرارت مقدار چگالی کم می گردد در صورتیکه در دمای ثابت با افزایش کلرونیته مقدار چگالی نیز افزایش می یابد (Riley et al., 1975)

## ۲-۴-۴- تغییرات عمودی چگالی آب دریا

الگوی پروفیل عمودی چگالی آب و روند تغییرات فصلی آن در محدوده نیمه شمالی دریای عمان نشان داد که مقدار این پارامتر در همه فصول سال از سطح به عمق افزایش می یابد بطوریکه میانگین آن در لایه های سطحی از حدود ۲۳/۵ در بهار و  $24/5 \text{ g/cm}^3$  در پاییز شروع گشته و در عمق ۱۵۰ متری به حدود ۲۷، ۳۰۰ متری به ۲۸، ۵۰۰ متری به ۲۹ و در ۶۰۰ متری به  $30 \text{ g/cm}^3$  فزونی یافته و این روند افزایشی هم چنان هم راه با افزایش عمق ادامه می یابد (شکل های ۲۰ تا ۲۵).

از آنجا که میانگین عمق آب در تنگه هرمز تقریباً ۸۰ متر می باشد لذا در ایستگاه های سوم و چهارم ترانسکت اول که دقیقاً در نواحی جنوبی جزیره هرمز انتخاب شده بودند، اثرات جریان خروجی از تنگه هرمز در این مناطق، حتی در اعماق ۵۰ الی ۸۰ متری به خوبی خود را نمایان ساخته به طوریکه نتایج مربوط به پروفیل های عمودی درجه حرارت، شوری و چگالی آب، نشانگر افزایش ناگهانی مقادیر این پارامترها در لایه های عمقی مذکور می باشند، به بیان دیگر تاثیر جریان خروجی از تنگه هرمز در مناطق شمالی آن به دلیل محدودیت عمق، در اعماق زیر ۵۰ متر قابل مشاهده بوده اما در مناطق شرقی تنگه هرمز، با افزایش عمق آب جریان خروجی نیز به اعماق پایین تر نفوذ کرده به طوریکه در محدوده آبهای مناطق دریایی بندر سیریک و بندر جاسک جریان خروجی از تنگه هرمز اثرات خود را در اعماق زیر ۱۵۰ متری نمایان می سازد.

نتایج مطالعات به عمل آمده در مناطق جنوبی تنگه هرمز نیز نشان داده است که مقادیر درجه حرارت، شوری و چگالی آب در نواحی جنوب غربی تنگه هرمز از سطح تا عمق ۸۰ متری تقریباً همگن بوده اما در محدوده جنوب شرقی و خود تنگه هرمز مقدار آنها از عمق ۵۰ الی ۸۰ متری افزایش قابل ملاحظه ای داشته است (Matsuyama et al., 1998).

نتایج حاصل از بررسی همبستگی پارامترها نسبت به عمق، و نسبت به یکدیگر نشان داد که در دریای عمان بین چگالی و عمق همبستگی مثبت (۰/۹۸) ولی بین چگالی، EC و ودما همبستگی منفی (۰/۹۸-) وجود داشته، همچنین بین چگالی و شوری نیز همبستگی منفی (۰/۶۴-) برقرار بوده و این همبستگی ها با حدود اطمینان ۹۰ درصد ( $p < 0/01$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۵)، در صورتیکه نتایج مطالعات انجام در خلیج فارس نشان داده است که الگوی توزیع عمودی شوری و چگالی در این حوزه آبی همانند یکدیگر بوده (مقدار هر دو از سطح به عمق زیاد می شود) و همبستگی مثبتی بین آنها برقرار می باشد (نیکویان و همکاران، ۱۳۸۴). علت تفاوت موجود در این دو اکوسیستم آبی به خاطر آن است که در خلیج فارس با افزایش عمق آب مقدار دما و EC کاهش ولی مقدار چگالی و شوری افزایش می یابند در صورتی که در دریای عمان با افزایش عمق آب مقدار چگالی افزایش اما مقدار دما، EC، و شوری کاهش می یابند.

در خلیج فارس شکل گیری آبهای چگالتر ممکن است در اوایل ماه نوامبر که دمای هوا کاهش و سرعت باد افزایش می یابد شروع شود (Swift and Bower, 2003). همچنین طبق گزارش این محققین چگالترین آب خلیج فارس در طول زمستان و در آبهای کم عمق شمال غربی شکل می گیرند، هر چند که شکل گیری آبهای چگالتر در این خلیج ممکن است از اوایل آبان ماه که مقدار دما رو به کاهش و سرعت باد رو به افزایش می باشد شروع شود.

## ۵-۴- ساختار مکانی وزمانی اکسیژن محلول

### ۱-۵-۴- تغییرات افقی اکسیژن محلول

الگوی پراکنش افقی اکسیژن محلول در لایه های سطحی (۱ تا ۲۰ متر) دریای عمان نشان داد که مقدار آن در مناطق ساحلی بیشتر از مناطق دریایی بوده و از ساحل به دریا کاهش می یابد، اما تغییرات آن از شرق به غرب از روند خاصی (کاهشی یا افزایشی) تبعیت نمی کند. همچنین نتایج حاصله نشان داد که میزان اکسیژن محلول لایه های سطحی مناطق مورد نظر در بهار بیشتر از پاییز بوده به طوریکه در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۵/۳ تا ۶/۸ و ۴/۶ تا ۶ و ۴/۵ تا ۶ و ۵/۵ تا ۵/۵ میلی گرم در لیتر در نوسان بوده، و میانگین آن در کل محدوده منطقه مورد نظر در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۵/۵ و ۵/۵ اما در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۵/۵ و ۴/۷ میلی گرم در لیتر ثبت گردید (شکل های ۱۰ و ۱۱).

نتایج مطالعات به عمل آمده در لایه های سطحی آبهای محدوده استان هرمزگان در خلیج فارس نشان داده است که میزان اکسیژن محلول در این مناطق نیز در بهار بیشتر از پاییز بوده به طوریکه مقدار آن در بهار بین ۶ تا ۷ و در پاییز بین ۵ تا ۶ میلی گرم در لیتر گزارش گردیده است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴).

باتوجه به اینکه در شرایط آزمایشگاهی، با کاهش درجه حرارت میزان انحلال کلیه گازها از جمله اکسیژن محلول در آب افزایش می یابد، به همین جهت اگر به تغییرات فصلی اکسیژن محلول فقط از این منظر نگریسته

شود چنین انتظار می رود که میزان آن در فصل پاییز می بایست بیشتر از بهار به دست آید، در صورتی که باید توجه داشت که شرایط محیط‌های دریایی و اقیانوسی کاملاً با محیط‌های آزمایشگاهی متفاوت بوده و عوامل مختلفی از قبیل وضعیت شرایط جوی، باد، فشار، عمق آب، میزان نفوذ نور خورشید، پراکنش و تراکم پلانکتون‌های فتوسنتز کننده، میزان املاح موجود در آب و حتی زمان نمونه برداری می توانند در میزان انحلال اکسیژن محلول تاثیر گذار باشند. بنابر این به نظر می رسد یکی از دلایل کاهش آن در پاییز نسبت به بهار احتمالاً به خاطر افزایش شوری آب در پاییز نسبت به بهار بوده باشد چرا که با افزایش املاح، میزان انحلال گازها در آب کاهش می یابند. یکی دیگر از دلایل کاهش اکسیژن محلول در دریای عمان در فصل پاییز نسبت به بهار احتمالاً به خاطر آب‌های فراچاهنده (upwelling) بوده باشد که در این پهنه آبی رخ می دهد (مخصوصاً در زمان مونسون تابستانه) و با خود آب‌های فاقد اکسیژن را از لایه‌های عمیق به لایه‌های سطحی انتقال داده و باعث کاهش اکسیژن محلول لایه‌های سطحی می گردد.

نتایج مطالعات انجام شده نشان داده است که حلالیت اکسیژن محلول در آب شور دریاها حدود ۲۰٪ از حلالیت آن در آب‌های شیرین کمتر می باشد (Brown et al., 1995).

نتایج حاصل از بررسی همبستگی اکسیژن محلول و کلروفیل a نشان داد که در لایه‌های سطحی بین این دو پارامتر همبستگی کمی وجود داشته در صورتی که در لایه‌های عمقی همبستگی بین آنها بالغ بر ۰/۹۴ به دست آمد (جدول ۲ و ۵)، با توجه به اینکه میزان اکسیژن محلول در لایه‌های سطحی دریا علاوه بر عوامل فتوسنتز کننده تابع شرایط جوی نیز می باشد، (یعنی ممکن است در نواحی از سطح دریا تراکم و پراکنش فتوسنتز کننده‌ها کم باشد ولی مقدار اکسیژن محلول بر اثر متلاطم بودن دریا افزایش داشته باشد) در صورتی که در لایه‌های عمقی بیشتر تابع پلانکتون‌های گیاهی و یا اصطلاحاً "عوامل فتوسنتز کننده بوده در نتیجه همبستگی این دو پارامتر در لایه‌های فوقانی و عمقی (۲۰ تا ۵۰ متر) بیشتر از لایه سطحی می باشد.

میانگین تغییرات اکسیژن محلول آب در لایه‌های سطحی ترانسکت‌های ده گانه مورد نظر طی سالهای ۸۶ و ۸۸ با یک دیگر مقایسه گردید و نتایج آنالیز واریانس یک سویه نشان داد که هم در بهار و هم در پاییز، اختلاف اکسیژن محلول بین ترانسکت‌ها با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0/05$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۳). هم چنین نتایج حاصل از بررسی مقایسه آنالیز آماری (T-Test) مناطق نیمه شمال شرقی و شمال غربی دریای عمان نشان داد که مقدار اکسیژن محلول این مناطق نیز با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0/05$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۴).

## ۲-۵-۴- تغییرات عمودی اکسیژن محلول

نتایج حاصل از بررسی پروفیل عمودی اکسیژن محلول نشان داد که مقدار آن در برخی از مناطق، بخصوص در نواحی مرکزی در پاییز ۸۶ نسبت به بهار ۸۶ و حتی نسبت به بهار و پاییز ۸۸ کاهش چشمگیری داشته است.

(شکل های ۱۹ و ۲۰). از آنجا که این کاهش اکسیژن در پاییز ۸۶ دور از انتظار و غیر طبیعی به نظر می رسد لذا مقاطع طولی و خطوط همتراز درجه حرارت، چگالی، کلروفیل a و اکسیژن محلول کلیه ایستگاه های چهارم ترانسکت های ده گانه در بهار و پاییز ۸۶، همچنین در بهار و پاییز ۸۸ در امتداد سواحل دریای عمان ترسیم گردید و نتایج حاصله نشان داد که در بهار ۸۶ در اعماق تقریباً ۱۲۰ متری یک جریان فراچاهنده (Upwelling) در حال شکل گیری می باشد (شکل های ۲۹ و ۳۰)، از آنجا که این جریان فراچاهنده در سایر فصول مشاهده نگردید و فقط در بهار ۸۶ نمایان شد، بنابر این چنین استنباط می گردد که مهمترین عامل کاهش اکسیژن محلول در پاییز ۸۶ اثرات همین جریان فراچاهنده بوده باشد که به همراه خود آب های فاقد اکسیژن را از لایه های عمقی به لایه های فوقانی انتقال داده باشد. با توجه به اینکه اثرات جریان فراچاهنده در سایر فصول مورد بررسی مشاهده نگردید لذا احتمال می رود که نمایان شدن آن در بهار ۸۶ بیانگر شروع یک تغییر و یا پیش زمینه شکل گیری یک جریان قوی دریایی بوده باشد چرا که به دنبال آن در تابستان ۸۶ پدیده طوفان گنو در این منطقه به وقوع پیوست. با توجه به اینکه در نمونه های پلانکتونی جمع آوری شده از دریای عمان در پاییز ۸۶، وجود نوعی داینوفلاژله از جنس *Cochlodinium* مشاهده گردید لذا احتمال می رود که این جلبک به همراه طوفان گنو وارد آب های دریای عمان گردید و سپس آرام آرام توسط جریان های جزرومدی به خلیج فارس انتقال یافت و به دلیل مساعد بودن شرایط زیستی، در سال ۸۷ موجب کشند قرمز شدیدی در منطقه گردید و مدت زمان زیادی (بیش از یک سال) در محدوده آب های استان هرمزگان به صورت پایدار باقی ماند.

نتایج مربوط به مقاطع عرضی و خطوط همتراز اکسیژن محلول در امتداد ترانسکت های سوم، پنجم و هفتم منطقه مورد نظر در طی بهار سال ۸۶ و ۸۸ نشان داد که بیشترین مقدار اکسیژن محلول در بهار ۸۶ در لایه های عمقی ۱۰ تا ۴۰ متری، در صورتی که در بهار سال ۸۸ در لایه های سطحی می باشد. به نظر می رسد یکی از عوامل بوجود آورنده این تفاوت، تاثیر گذاری اثرات پدیده کشند قرمز بوده باشد، به دلیل اینکه بقایای آن حتی در بهار سال ۸۸ نیز در محدوده آب های استان هرمزگان باقی مانده و پایداری خود را بخصوص در سواحل استان هرمزگان حفظ نموده بود (شکل های ۲۶ الی ۲۸).

تحقیق پیرامون ساختار عمودی اکسیژن محلول و روند تغییرات فصلی آن نشان داد که نقطه شروع لایه اکسی کلاین نیز مثل ترموکلاین، در نیمه شمالی دریای عمان در فصل بهار از لایه های سطحی (تقریباً ۱۵ متری)، در پاییز از لایه های فوقانی (حدوداً ۳۵ متری) و در زمستان از عمق ۱۰۰ متری آغاز شده و به طور میانگین با اختلافی معادل ۵ میلی گرم بر لیتر بین لایه های سطحی و عمقی برقرار می باشد، به عبارت دیگر در طول سال اکسی کلاین دائمی در این پهنه آبی برقرار بوده و با تغییرات فصلی فقط نقطه شروع و پهنای شکست لایه اکسیژنی تغییر می یابد.

بر طبق نتایج به دست آمده مقدار اکسیژن محلول در بهار بیشتر از پاییز بوده و حداکثر مقدار آن در لایه های عمقی ۱۰ تا ۴۰ متری می باشد، این روند تغییرات اکسیژن محلول در ستون آب با نحوه توزیع عمودی کلروفیل a

همخوانی داشته که خود بیانگر تراکم فیتوپلانکتون‌ها و به تبع آن عمل فتوسنتز بیشتر در لایه‌های عمقی ۲۰ تا ۴۰ متری آب می باشد، علاوه بر اینکه نتایج حاصل از بررسی همبستگی عمودی اکسیژن محلول و کلروفیل a نشان داد که میان این دو پارامتر همبستگی مثبت (۰/۹۴) وجود داشته و این همبستگی با حدود اطمینان ۹۰ درصد ( $p < 0/01$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۵).

نتایج مطالعاتی که در طی فصل‌های بهار، پاییز و زمستان سال ۷۲ در محدوده آبهای ایرانی دریای عمان (نیمه شمالی) به عمل آمده نشان داده است که اولاً " در این گستره آبی، در هر سه فصل مذکور در لایه‌های عمقی تقریباً ۲۰ تا ۲۰۰ متری کاهش شدید اکسیژن محلول و یا اصطلاحاً " لایه اکسی کلاین وجود داشته و ثانیاً " کمترین مقدار اکسیژن محلول در فصل پاییز پدیدار گشته بطوریکه در این فصل لایه اکسی کلاین شدیدی در لایه‌های عمقی ۲۰ تا ۱۰۰ متری تشکیل یافته است (ابراهیمی و صادقیان، ۱۳۷۵).

همان‌طوریکه قبلاً در رابطه با مقایسه پهنه‌های آبی جنوب کشور اشاره گردید، خلیج فارس به دلیل اینکه نسبت به دریای عمان از عمق بسیار کمی برخوردار می باشد لذا ترمو کلاین و اکسی کلاین در آن به صورت فصلی بوده، یعنی در نیمه اول سال تشکیل و در نیمه دوم سال کاملاً از بین می‌رود، در صورتی که در دریای عمان، ترمو کلاین و اکسی کلاین به صورت دائمی می باشد.

نتایج حاصله نشان داد که میانگین اکسیژن محلول در لایه‌های مختلف عمقی ستون آب در بهار (قبل از مونسون تابستانه) بیشتر از پاییز (بعد از مونسون) می باشد و علت این امر احتمالاً به خاطر زیاد بودن شدت و مدت زمان تابش نور خورشید در بهار نسبت به پاییز بوده باشد که با تابش عمودی، عمق نفوذ پذیری آن نیز افزایش یافته و در نتیجه مقدار تولید بیشتر از مصرف می گردد.

نتایج به دست آمده نشان داد که روند تغییرات پروفیل عمودی اکسیژن محلول در نیمه شمال غربی دریای عمان (مخصوصاً آبهای محدوده تنگه هرمز) به دلیل تحت تاثیر قرار گرفتن جریان خروجی از تنگه هرمز، نسبت به مناطق نیمه شمال شرقی از نوسانات بیشتری برخوردار می باشد به طوریکه در این نواحی میانگین اکسیژن محلول در بهار از لایه‌های تقریباً ۳۰ متری و در پاییز از لایه‌های ۵۰ متری و در زمستان ۱۰۰ متری شروع به کاهش نموده و در اعماق ۱۵۰ تا ۲۰۰ متری تقریباً به صفر می رسد، اما از اعماق تقریباً ۲۰۰ تا حدود ۴۰۰ متری دوباره مقدار آن افزایش یافته و سپس از عمق ۴۰۰ متر به پایین دوباره به صفر تقلیل می یابد. علت این نوسانات، جاری شدن آبهای خلیج فارس می باشد که از غنای اکسیژنی خوبی برخوردار بوده و همزمان با جاری شدن در دریای عمان، اکسیژن محلول نسبتاً مناسبی را نیز به بدنه آبی این اکوسیستم انتقال می دهد (شکل‌های ۲۰ تا ۲۶).

## ۶-۴- ساختار مکانی و زمانی کلروفیل a

### ۶-۴-۱- تغییرات افقی کلروفیل a

با توجه به اینکه کلروفیل a (سبزینه) یکی از رنگدانه های مهم فیتوپلانکتونی می باشد لذا خود شاخص مناسبی برای توده زنده تولید اولیه به شمار می رود. در این تحقیق میزان کلروفیل a در لایه های سطحی مناطق مورد بررسی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۰/۱ تا ۱/۸ و ۰/۱ تا ۲/۱ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب بین ۰/۱ تا ۳/۳ و ۰/۵ تا ۳ تا  $\text{mg/m}^3$  ثبت گردید، همچنین میانگین آن در کل لایه های سطحی نیمه شمالی دریای عمان در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۰/۵ و ۰/۹ اما در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۰/۷ و  $1/1 \text{ mg/m}^3$  به دست آمد، همانطوریکه ملاحظه می گردد میانگین غلظت کلروفیل a در فصل بهار (قبل از مانسون) کمتر از فصل پاییز (بعد از مانسون) به دست آمده است. از آنجا که غلظت کلروفیل a خود شاخصی از پراکنش فیتوپلانکتونها می باشد لذا به نظر می رسد مانسون تابستانه شرایط مساعدتری را از نظر مخلوط شدن لایه های سطحی و عمقی، همچنین انتقال مواد مغذی از لایه های عمقی به سطحی بر اثر جریانهای دریایی مخصوصا جریانهای فراچاهنده برای پلانکتونهای گیاهی فراهم نموده و در نتیجه شرایط زیستی لایه های سطحی در فصل پاییز برای آنها مناسبتر از بهار مهیا شده باشد، علاوه بر اینکه روند تغییرات مواد مغذی نیز مؤید این موضوع بوده و غلظت آنها در فصل پاییز به مراتب بیشتر از فصل بهار به دست آمد.

نتایج حاصله نشان داد که غلظت کلروفیل a در مناطق ساحلی از پراکنش بیشتری نسبت به مناطق دریایی برخوردار بوده و این روند تغییرات با نتایج سایر محققانی که در این رابطه و در محدوده دریای عمان تحقیق نموده اند کاملا همخوانی دارد. به طور مثال نتایج مطالعات به عمل آمده در محدوده دریای عمان، غلظت کلروفیل a را در لایه های سطحی این پهنه آبی بین ۰/۱ تا ۳ میلی گرم در متر مکعب گزارش نموده و نشان داده است که غلظت آن در مناطق ساحلی به مراتب بیشتر از مناطق دریایی می باشد (W. Aicken, 1999) و (Wiggert et al., 2002). پراکنش میزان کلروفیل a در آب های سطحی نیمه شمال شرقی دریای عمان بیشتر از نیمه شمال غربی آن به دست آمد که به نظر می رسد دلیل اصلی این امر ورود آبهای تازه اقیانوسی سرشار از مواد مغذی لازم برای رشد فیتوپلانکتونها از اقیانوس هند بوده باشد که به طور عمده نیمه شرقی دریای عمان زودتر از نیمه غربی آن تحت تاثیر این امر قرار می گیرد و مواد غذایی آن به تدریج جذب فیتوپلانکتونها شده و موجبات رشد آنها را فراهم می آورد و در نتیجه به تبع آن میزان کلروفیل a نیز افزایش می یابد (شکل های ۱۲ و ۱۳).

نتایج مطالعات انجام شده در خلیج فارس نشان داده است که اولاً غلظت کلروفیل a در این حوزه آبی نیز در فصل پاییز بیشتر از فصل بهار بوده (در بهار ۰/۳ و در پاییز ۰/۸) و ثانیاً پراکنش آن نیز در نیمه شرقی خلیج فارس بیشتر از نیمه غربی آن بوده به طوریکه متوسط سالانه آن برای بخش شرقی خلیج فارس ۰/۵۶ و برای بخش غربی ۰/۴۲ میلی گرم در متر مکعب گزارش شده است (نیکویان و همکاران ۱۳۸۴). با مقایسه غلظت کلروفیل a

در خلیج فارس و دریای عمان ملاحظه می گردد که از نظر روند تغییرات فصلی این دو حوزه آبی با یکدیگر مشابهت داشته اما از نظر مقدار، غلظت کلروفیل در دریای عمان بیشتر از خلیج فارس می باشد.

نتایج مطالعات انجام شده در خلیج فارس میانگین غلظت کلروفیل a را برای این پهنه آبی ۰/۳۸ میلی گرم در متر مکعب گزارش نموده است (ROPME, 2004). همچنین میانگین دامنه تغییرات کلروفیل a در کل آبهای سطحی خلیج فارس بین ۰/۲ تا ۰/۸ و دریای عمان را پس از مونسون بین ۲ تا ۲۰  $mg/m^3$  گزارش شده است (Sheppard et al., 1992)

میانگین غلظت کلروفیل a در لایه های سطحی ترانسکت های دهگانه مورد بررسی طی سالهای ۸۶ و ۸۸ با یک دیگر مقایسه گردید و نتایج آنالیز واریانس یک سوبه نشان داد که هم در بهار و هم در پاییز، اختلاف کلروفیل بین ترانسکت ها با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0/05$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۳ تا ۶). همچنین نتایج حاصل از بررسی مقایسه آنالیز آماری (T-Test) مناطق نیمه شمال شرقی و شمال غربی دریای عمان نیز نشان داد که مقدار کلروفیل a در این مناطق با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0/05$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول ۴).

#### ۲-۶-۴- تغییرات عمودی کلروفیل a

نتایج حاصل از بررسی ساختار پراکنش عمودی غلظت کلروفیل a و روند تغییرات فصلی آن در نیمه شمالی دریای عمان نشان داد که بیشترین پراکنش و تراکم آن در این پهنه آبی در لایه های عمقی تقریباً بین ۲۰ تا ۴۰ متری پدیدار گشته و سپس با افزایش عمق آب (۵۰ متر به پایین) از غلظت آن کاسته شده و در اعماق حدوداً ۱۰۰ متری مقدار کلروفیل a به صفر تقلیل می یابد. به نظر می رسد توزیع و پراکنش پلانکتون های گیاهی در اعماق مختلف دریا، صرفنظر از تاثیر سایر عوامل، بیشتر بر اساس درجه حرارت و مقدار تابش نور خورشید صورت می پذیرد به بیان دیگر، بیشترین پراکنش آنها در لایه هایی از آب نمایان می گردد که از نظر شرایط دمایی و نور خورشید بهترین شرایط زیستی برای این فتوسنتز کنندگان دریایی به شمار رفته و مهیا شده باشد (شکل های ۱۹ تا ۲۵).

نتایج مطالعات انجام شده در مناطق جنوبی دریای عمان نشان داده است که غلظت کلروفیل a در لایه های سطحی بین صفر تا ۲/۵ میلی گرم در متر مکعب در نوسان بوده و بیشترین پراکنش آن در لایه های عمقی ۱۰ تا ۲۰ متری می باشد (Al-Hashmi et al., 2010). دامنه تغییرات کلروفیل a دریای عرب (مناطق شرقی دریای عمان) بین ۰/۱ تا ۱/۲ میلی گرم در متر مکعب گزارش گردیده، و بیشترین پراکنش آن در این مناطق در لایه های عمقی بین ۱۰ تا ۴۰ به ثبت رسیده است (Wiggert et al., 2002). همچنین

نتایج مطالعات انجام شده در خلیج فارس نیز نشان داده است که بیشترین مقدار کلروفیل a در نیمه اول سال تقریباً در لایه های عمقی ۲۰ تا ۴۰ متری و در نیمه دوم سال در لایه های حدوداً ۱۰ تا ۲۰ متری می باشد (نیکویان

وهمکاران، ۱۳۸۴؛ ابراهیمی، ۱۳۷۶؛ محبی، ۱۳۷۳). بنابراین از روند تغییرات عمودی آن در طول سال چنین استنباط می‌گردد که توزیع و پراکنش پلانکتونهای گیاهی در اعماق مختلف صرفنظر از تاثیر سایر عوامل محیطی، بیشتر بر اساس مقدار تابش نور خورشید صورت گرفته باشد به دلیل اینکه در نیمه اول سال که شدت تابش خورشید و درجه حرارت لایه‌های سطحی آب بیشتر از نیمه دوم سال بوده، بیشترین پراکنش آنها در لایه‌های میانی توزیع گردیده اند، مضاف بر اینکه در نیمه اول سال که طول روزها و مقدار تابش نور خورشید بیشتر از نیمه دوم سال بوده، میانگین کلروفیل -a نیز در این نیمه بیشتر از نیمه دوم سال به دست آمده است. با مقایسه نتایج به دست آمده با نتایج سایر محققین، ملاحظه می‌گردد که به طور کلی نتایج یکدیگر را کاملاً تائید می‌نمایند.

بیشترین مقدار تولید اولیه در چندین متر پایین تر از لایه های سطحی دریا حاصل می‌گردد و این امر به دلیل اثرات مخرب ماوراء بنفش نور خورشید در لایه های سطحی آب می‌باشد (Davis, 1955)

## ۷-۴- تغییرات مکانی وزمانی کدورت آب دریا

### ۷-۴-۱- تغییرات افقی کدورت آب دریا

اصولاً کدورت آب دریا نتیجه وجود مواد معلق و یا مواد محلول در آب دریا می‌باشد که در اقیانوس شناسی از نظر آلودگی زیستی به عنوان یکی از مهمترین فاکتورهای محیطی مطرح بوده و علاوه بر این از کدورت در طبقه بندی آنها نیز استفاده می‌گردد. در بررسی حاضر میزان کدورت آب در لایه های سطحی مناطق مورد بررسی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۱ تا ۰/۷ و ۶ تا ۰/۵ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب بین ۰/۵ تا ۴/۵ و ۰/۳ تا ۴/۵ (ftu) ثبت گردید، هم‌چنین میانگین آن در کل لایه های سطحی منطقه مورد بررسی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۲/۶ و ۱/۶ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۱/۵ و ۱ (ftu) به دست آمد.

نتایج حاصل از بررسی توزیع افقی کدورت آب طی سال‌های ۸۶ و ۸۸ نشان داد که چه در بهار و چه در پاییز، میزان آن از دریا به ساحل به افزایش می‌یابد به طوری که میزان کدورت آب فقط در مناطق ساحلی بالا بوده و از ساحل به دریا از میزان آن به شدت کاسته می‌شود. از آنجا که بیشترین عمق خلیج فارس ۱۰۰ متر می‌باشد لذا کل این پهنه آبی در نواحی فلات قاره واقع گردیده است اما دریای عمان به لحاظ اینکه از تپو گرافی خاصی برخوردار بوده و شیب بستر آن نیز نسبتاً زیاد می‌باشد لذا در بعضی از نقاط با فاصله گرفتن کمی از ساحل عمق آب از ۲۰۰ متر تجاوز می‌کند به همین خاطر پهنای فلات قاره در دریای عمان به مراتب کمتر از خلیج فارس می‌باشد بنابراین می‌توان گفت که یکی از دلایل اصلی بالا بودن کدورت آب در سواحل دریای عمان نسبت به نواحی دریایی آن، اختلاف عمق آب در این مناطق بوده باشد چرا که در سواحل به خاطر ورودی انواع پسابها و رودخانه ها کدورت آب افزایش می‌یابد، علاوه بر آن برخورد امواج با بستر کم عمق سواحل نیز کدورت آب



را بالا می برد در صورتی که مناطق دریایی به دلیل برخورداری از عمق زیاد و فاصله داشتن از ساحل از موارد مذکور مصون مانده و در نتیجه نسبت به مناطق ساحلی از کدورت کمتری برخوردار می باشد (شکل‌های ۱۴ و ۱۵).

## ۲-۷-۴- تغییرات عمودی کدورت آب دریا

نتایج حاصل از بررسی توزیع عمودی کدورت آب نشان داد که مقدار آن در دریای عمان (برخلاف خلیج فارس) از سطح به عمق نسبتاً کاهش داشته و روند تغییرات عمودی آن از روند تغییرات کلروفیل a تبعیت می نماید. علاوه بر اینکه نتایج حاصل از بررسی همبستگی عمودی بین کدورت آب و کلروفیل a نشان داد که میان این دو پارامتر همبستگی مثبت (۰/۷۲) وجود داشته و این همبستگی با حدود اطمینان ۹۰ درصد ( $p < 0/01$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد (جدول). از آنجا که روند تغییرات عمودی پارامترهای مورد نظر از قبیل دما، شوری، pH، EC و اکسیژن محلول نیز از سطح به عمق یک روند کاهشی بوده لذا با توجه به نتایج مندرج در جدول فوق ملاحظه می گردد که کدورت آب علاوه بر کلروفیل a با پارامترهای مذکور نیز همبستگی مثبت بالایی را نشان داده اما با عمق و چگالی همبستگی منفی داشته است.

مطالعات انجام شده در رابطه با توزیع افقی و عمودی کدورت آب در خلیج فارس و تنگه هرمز نشان داده است که مناطق ساحلی نسبت به مناطق دریایی از کدورت بیشتری برخوردار می باشند، و نیز مقدار آن از سطح به عمق افزایش یافته و این افزایش در تنگه هرمز از عمق ۵۰ تا ۸۰ متری بیشتر از مناطق دیگر نمایان می گردد که می تواند اثرات جریان خروجی از خلیج فارس بوده باشد (Arakawa et al., 1998).

## ۸-۴- تغییرات مکانی وزمانی pH

### ۱-۸-۴- تغییرات افقی pH

در بررسی حاضر pH لایه های سطحی آب در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۸/۱ تا ۸/۲ و ۷/۸ تا ۸/۲ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب بین ۸/۱ تا ۸/۵ و ۷/۸۲ تا ۸/۰۷ ثبت گردید، همچنین میانگین آن در کل لایه های سطحی منطقه مورد بررسی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۸/۱۸ و ۸/۱ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۸/۳ و ۷/۹۹ به دست آمد (شکل‌های ۱۶ و ۱۷). با توجه به شکل‌های فوق ملاحظه می شود که مقدار pH لایه های سطحی آب در فصول مختلف از روند تغییرات متفاوتی برخوردار بوده به طوریکه در فصل بهار از شرق به غرب نسبتاً افزایش داشته اما در فصل پاییز تغییرات آن از ساحل به دریا می باشد، همچنین با توجه به نوسانات pH لایه های سطحی مشاهده می گردد که بیشترین مقدار آن (در حدود ۸/۵) در بهار ۸۸ و در محدوده شمال و شمال شرقی تنگه هرمز به دست آمده که به نظر می رسد یکی از علل اصلی آن تاثیر بقایای کشند قرمز مربوط به سال ۸۷ که بر اثر شکوفایی نوعی داینوفلاژله از جنس *Cochlodinium* در منطقه اتفاق افتاد و اثرات آن حتی در سال ۸۸ نیز در بعضی از مناطق ساحلی بندرعباس مشاهده گردید بوده باشد. لازم به توضیح است که در زمان کشند قرمز نیز میزان pH لایه های

سطحی آب در منطقه به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یافت که این امر احتمالاً به دلیل مرگ و میر بیش از حد داینوفلاژله‌ها و در نتیجه قلیایی شدن آب بر اثر این مرگ و میرها بوده باشد.

نوسانات pH آب دریا تابع عوامل محیطی مختلفی از قبیل دما، شوری، اکسیژن، فشار و فتوسنتز بوده و هر کدام از عوامل مذکور می‌توانند در نوسانات pH اثر گزار باشند، به طور مثال بعضی از جلبک‌های قهوه‌ای و دیاتومه‌ها به جای گاز کربنیک ( $\text{CO}_2$ ) مستقیماً از اسید کربنیک ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) آب استفاده می‌نمایند و در نتیجه باعث بالا رفتن pH آب تا حدود ۸/۶ می‌گردند اما بعضی از آنها مستقیماً از ( $\text{CO}_2$ ) آب مصرف می‌کنند و باعث کاهش pH آب می‌گردند (Balakrishnan Nair et al., 1984).

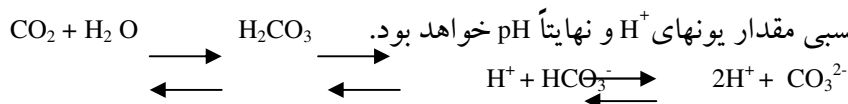
میانگین pH آب لایه‌های سطحی ترانسکت‌ها طی سالهای ۸۶ و ۸۸ با یک دیگر مقایسه گردید و نتایج آنالیز واریانس یک سویه نشان داد که هم در بهاروهم در پاییز، اختلاف pH بین ترانسکت‌ها با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0/05$ ) با یکدیگر معنی دارمی باشد (جدول ۳ تا ۶). همچنین نتایج حاصل از بررسی مقایسه آنالیز آماری (T-Test) مناطق نیمه شمال شرقی و شمال غربی دریای عمان نیز نشان داد که مقدار pH این مناطق با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0/05$ ) با یکدیگر معنی دارمی باشد (جدول ۴).

## ۲-۸-۴- تغییرات عمودی pH

نتایج حاصل از بررسی میانگین توزیع عمودی pH و روند تغییرات فصلی آن نشان داد که در تمامی فصول مورد بررسی مقدار pH از سطح به عمق کاهش یافته و روند تغییرات عمودی آن از روند تغییرات عمودی دما، کلروفیل a، مخصوصاً اکسیژن محلول پیروی نموده به‌طوریکه بیشترین کاهش آن هم‌زمان با تشکیل لایه اکسی کلاین به ثبت رسید (شکل‌های ۱۹ تا ۲۵).

نتایج حاصل از بررسی همبستگی عمودی بین پارامترها نشان داد که تغییرات عمودی pH با دما و کلروفیل a تقریباً ۰/۸۷ و لی با اکسیژن محلول ۰/۹۶ می‌باشد (جدول ۵).

اصولاً قلیائیت آب دریا‌ها با مکانیزم چرخه گاز  $\text{CO}_2$  مطرح می‌گردد، به دلیل اینکه سطوح دریا مستقیماً در تماس با اتمسفر بوده و از طریق جذب سطحی، گاز  $\text{CO}_2$  موجود در جو وارد آن می‌گردد تا اینکه بین آنها تعادل برقرار گردد. مولکول‌های دی‌اکسید کربن با آب ترکیب شده و ایجاد اسید کربنیک ضعیف می‌نماید که می‌تواند ابتدا به یونهای هیدروژن و بی‌کربنات و سپس به یونهای هیدروژن و کربنات تجزیه گردد، بنابراین تغییر در مقدار  $\text{CO}_2$  آب نتیجه‌اش تغییر نسبی مقدار یونهای  $\text{H}^+$  و نهایتاً pH خواهد بود.



اسید کربنیک تحت عوامل کنترل کننده دما، شوری و فشار ستون آب بوده بطوریکه با افزایش درجه حرارت انحلال گازها از جمله  $\text{CO}_2$ ، کاهش و انحلال نمک‌های جامد افزایش می‌یابد در نتیجه معادله فوق به سمت چپ تمایل یافته و از مقدار  $\text{H}^+$  کاسته شده و pH بالا می‌رود و بالعکس، اما افزایش فشار باعث افزایش

انحلال گازها گشته و در نتیجه باعث کاهش pH می‌گردد. همچنین غلظت دی اکسید کربن در سطح به دلیل عمل فتوسنتز کمتر بوده در صورتیکه در اعماق با تجزیه مواد آلی غلظت آن نیز افزایش می‌یابد (Brown et al., 1995)

با توجه به مطالب بیان شده و با مقایسه روند تغییرات عمودی، ملاحظه می‌گردد که نتایج به دست آمده با مطالب فوق مطابقت داشته و تائید می‌گردد، به عبارت دیگر با توجه به اینکه عمل فتوسنتز در لایه‌های سطحی و فوقانی بیشتر از لایه‌های عمقی و تحتانی صورت می‌پذیرد و از طرفی درجه حرارت آن نیز در لایه‌های فوقانی بیشتر از لایه‌های عمقی می‌باشد لذا هر دو عامل سبب کاهش غلظت  $CO_2$  و در نتیجه افزایش pH لایه‌های سطحی نسبت به لایه‌های عمقی می‌گردد، در صورتیکه در لایه‌های عمقی عکس مطالب فوق رخ می‌دهد، به بیان دیگر با افزایش عمق مقدار نفوذ نور کمتر شده و عمل فتوسنتز کاهش یافته و به تبع آن مقدار اکسیژن محلول و pH آب کاهش می‌یابند.

## ۹-۴- تغییرات مکانی وزمانی مواد مغذی

### ۹-۴-۱- تغییرات افقی مواد مغذی

نتایج حاصل از بررسی توزیع افقی مواد مغذی و روند تغییرات فصلی آنها در لایه‌های سطحی نیمه شمالی دریای عمان نشان داد که به طور کلی غلظت مواد مغذی (نیترات، فسفات و سیلیکات) در لایه‌های سطحی این پهنه آبی، اولاً "در فصل پاییز (بعد از مونسون) بیشتر از فصل بهار (قبل از مونسون) بوده، ثانیاً "غلظت آنها چه در فصل بهار و چه در فصل پاییز از دریا به ساحل افزایش می‌یابد، ثالثاً " غلظت این مواد از شرق به غرب و یا از تنگه هرمز به طرف دریای عمان مخصوصاً " در فصل پاییز افزایش می‌یابد، علاوه بر اینکه در محدوده نواحی شرقی تنگه هرمز و روبروی نواحی بندر جاسک نیز یک افزایش نسبی از خود نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد علت اصلی افزایش مواد مغذی در فصل پاییز نسبت به فصل بهار تاثیر مانسون تابستانه بوده باشد، به دلیل اینکه در تابستان زمانیکه پدیده مانسون رخ می‌دهد موجب بارندگی‌های فراوان و سیل آسایشی در کشورهای هند، پاکستان و حتی بخشی از جنوب شرقی ایران شده و در نتیجه مواد مغذی فراوانی به همراه سیلابها از طریق مناطق خشکی وارد دریا گردیده و باعث افزایش مواد مغذی دریا بخصوص نواحی ساحلی آن می‌گردد، از طرفی در زمان وقوع مونسون تابستانه وضعیت و شرایط دریا نیز به شدت متلاطم گشته و جریان‌های دریایی از قبیل جریان‌های فراچاهنده (Upwelling) تشدید گشته و در نتیجه باعث انتقال مواد آلی و مغذی از لایه‌های عمقی به لایه‌های سطحی گردیده و بالاخره مواد مغذی لایه‌های سطحی افزایش می‌یابد، در رابطه با افزایش مواد مغذی در محدوده بندر جاسک نیز به نظر می‌رسد که یکی از عوامل اصلی افزایش غلظت این مواد در این نواحی به خاطر وجود جریان‌های فراچاهنده در این مناطق بوده باشد، به دلیل اینکه رینولدز نیز در مطالعه خود که تحت عنوان اقیانوس نگاری فیزیکی در خلیج فارس، تنگه هرمز و دریای عمان به عمل آورده، علاوه بر ترسیم هیدروگرافی

عوامل محیطی منطقه از قبیل دما، شوری، چگالی و جریانهای دریایی، محدوده آبهای سواحل بندر جاسک را جزئی مناطق آبهای فراچاهنده (upwelling) گزارش نموده است (Reynolds, 1993).

در بررسی حاضر دامنه تغییرات نترات در محدوده آبهای ایرانی دریای عمان در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۱/۰۴ تا ۲/۹۳ و ۱/۴ تا ۴ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب بین ۰/۸۸ تا ۲/۳ و ۱/۱ تا ۳/۱ میکرومول در لیتر ثبت گردید، همچنین میانگین آن در کل محدوده آبهای سطحی مورد بررسی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۱/۱۹ و ۲/۷ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۱/۶ و ۲/۱ میکرومول در لیتر به دست آمد (شکل های ۳۷ و ۳۸). با مقایسه نتایج فوق ملاحظه می گردد که میانگین نترات هم در بهار و هم در پاییز سال ۸۶ بیشتر از سال ۸۸ به دست آمده است. به نظر می رسد یکی از علل افزایش کل مواد مغذی از جمله غلظت نترات در پاییز سال ۸۶ نسبت به سال ۸۸ رویداد پدیده طوفان گنو در خرداد ماه سال ۸۶ بوده باشد که همزمان با شروع مونسون تابستانه در دریای عمان اتفاق افتاد و در نتیجه چنین استنباط می گردد که احتمالاً طوفان گنو باعث تشدید اثرات مانسون تابستانه در سال ۸۶ گردیده و در نتیجه میزان تاثیر گذاری آن در افزایش غلظت مواد مغذی پاییز سال ۸۶ نسبت به ۸۸ بیشتر گردیده است، اما بسشتر بودن غلظت مواد مغذی در بهار ۸۶ نسبت به بهار ۸۸ احتمالاً به دلیل وجود جریان فراچاهنده ای (Upwelling) باشد که در بهار ۸۶ در حال شکل گیری بوده که قبلاً (در قست ساختار عمودی اکسیژن محلول) در مورد ظهور و بروز آن و همچنین اثرات آن توضیح داده شد.

بر اساس نتایج فوق انتظار می رفت که میزان غلظت کلروفیل a لایه های سطحی نیز در بهار سال ۸۶ نسبت به ۸۸ بیشتر باشد در صورتیکه بالعکس، غلظت کلروفیل a در بهار سال ۸۶ نسبتاً کمتر از بهار ۸۸ به دست آمد که به نظر می رسد علت آن اثرات شکوفایی *Cochlodinium* از دینوفلاژله ها بوده باشد که در سال ۸۷ در منطقه دریای عمان و خلیج فارس به وقوع پیوست و اثرات آن حتی تا سال ۸۸ نیز در بعضی از مناطق ساحلی استان هرمزگان، بخصوص سواحل بندر عباس باقی ماند و خسارتهای زیادی نیز در این مناطق به بار آورد. به طور کلی نترات محصول نهایی اکسیداسیون ترکیبات نیتروژنی است و تغییر در غلظت آن در آب دریا نتیجه ای از اکسیداسیون آمونیاک و نیتريت می باشد. از نظر ترمودینامیکی نترات تنها حالت اکسیداسیون پایدار نیتروژن در آب دریا و در حضور اکسیژن بوده و به عنوان یکی از منابع غذایی (Nutrient) در محیطهای آبی به شمار می رود (MOOPAM, 1999).

در این بررسی دامنه تغییرات فسفات در محدوده آبهای ایرانی دریای عمان در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۰/۰۸ تا ۰/۴۱ و ۰/۱۷ تا ۰/۶ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب بین ۰/۱۴ تا ۰/۲۹ و ۰/۱۴ تا ۰/۳۹ میکرومول در لیتر ثبت گردید، همچنین میانگین آن در کل محدوده آبهای سطحی مورد بررسی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۳۵ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۰/۲ و ۰/۲۵ میکرومول در لیتر به دست آمد (شکل های ۳۷ و ۳۸). با مقایسه نتایج فوق با نتایج مربوط به نترات ملاحظه می گردد که روند تغییرات فسفات نیز تقریباً مشابه روند تغییرات نترات می باشد، یعنی در فصل پاییز بیشتر از فصل بهار و در سال ۸۶ نیز تا حدودی بیشتر از سال ۸۸ می باشد علاوه

بر اینکه غلظت آن نیز از ساحل به دریا کاهش یافته است، اما از نظر کمی مقدار فسفات به مراتب کمتر از مقدار نترات بوده که به نظر می‌رسد یکی از عوامل مهمی که باعث افزایش غلظت نترات نسبت به فسفات گردیده به دلیل حلالیت بیشتر نمک‌های نترات نسبت به فسفات بوده باشد.

علت بالا بودن غلظت نترات به فسفات به عوامل مختلفی از جمله حضور بیشتر نیتروژن در طبیعت نسبت به فسفات و حلالیت بیشتر نمک‌های آن در آب دریا بستگی داشته بطوریکه کمتر نمک نیتروژن را می‌توان یافت که در آب نامحلول باشد در صورتیکه بسیاری از نمک‌های فسفات در آب دریا نامحلول هستند (میر جلیلی، ۱۳۷۳)، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

از آنجا که محققین مختلف نتایج مطالعات خود را پیرامون غلظت مواد مغذی خلیج فارس و دریای عمان با دیمانسیونهای متفاوتی (از قبیل  $\mu\text{g/l}$ ,  $\mu\text{g at/l}$ ,  $\mu\text{mol/l}$ ,  $\text{g/l}$  و...) ارائه نموده‌اند لذا مقایسه آنها از نظر کمی بدون تبدیل واحد و یکسان سازی واحدهای آنها، مقایسه صحیحی نمی‌باشد، با این حال نتایج مطالعاتی که بطور همزمان و با دیمانسیون واحد در این دو پهنه آبی به عمل آمده نشان می‌دهد که بطور کلی غلظت مواد مغذی در دریای عمان بیشتر از خلیج فارس می‌باشد. بطور مثال نتایج تحقیقات صورت گرفته در نواحی جنوبی خلیج فارس و دریای عمان طی سالهای ۱۹۸۶-۱۹۸۵ نشان داده است که میانگین غلظت فسفات در خلیج فارس ۰/۱۹۵ و لی در دریای عمان ۰/۳۹ میکرومول بر لیتر، همچنین مقدار نترات در خلیج فارس ۰/۲۷۵ میکرومول بر لیتر و لی در دریای عمان ۰/۶۲ میکرومول بر لیتر می‌باشد که ملاحظه می‌گردد مقدار هر دو پارامتر در دریای عمان به مراتب بیشتر از خلیج فارس بوده است (Samra and MI, 1990).

تغییرات فصلی غلظت مواد مغذی در پیرامون دریای عمان بر اساس مونسون تغییر می‌یابد بطور مثال در طول زمان مونسون جنوب غربی، در این نواحی پدیده آبهای فراچاهنده (Upwelling) تشدید می‌گردد و به همین جهت مقادیر نترات ۵ تا ۲۰ و فسفات ۱/۵ تا ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر افزایش می‌یابد که این مقادیر نسبت به سایر مواقع پنج برابر بیشتر می‌باشد (UNEP, 1999).

در این بررسی دامنه تغییرات سیلیکات در لایه‌های سطحی محدوده آبهای ایرانی دریای عمان، در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب بین ۱/۶۸ تا ۱/۸۲ و ۰/۸ تا ۲/۵ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب بین ۰/۷۸ تا ۱/۳۹ و ۰/۶ تا ۲/۴ میکرومول در لیتر ثبت گردید، همچنین میانگین آن در کل محدوده آبهای سطحی مورد بررسی در بهار و پاییز ۸۶ به ترتیب ۰/۴۱ و ۱/۷ و در بهار و پاییز ۸۸ به ترتیب ۱/۰۸ و ۱/۴ میکرومول در لیتر به دست آمد (شکل‌های ۴۱ و ۴۲). با توجه به شکل‌های فوق ملاحظه می‌گردد که روند تغییرات سیلیکات نیز تقریباً مثل روند تغییرات سایر مواد مغذی، از دریا به ساحل و از غرب به شرق (از سمت تنگه هرمز به طرف دریای عمان) افزایش داشته و علاوه بر آن در فصول پاییز (بعد از مونسون تابستانه) نیز غلظت آن بیشتر از فصل بهار (قبل از مونسون) به دست آمده است.

میانگین تغییرات غلظت مواد مغذی (نترات، نیتريت، فسفات و سیلیکات) در لایه های سطحی ترانسکت های ده گانه مورد نظر با یک دیگر مقایسه گردید و نتایج آنالیز واریانس یک سویه نشان داد که هم در بهار و هم در

پاییز، اختلاف غلظت این مواد بین ترانسکت‌ها با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0.05$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد. همچنین مقایسه غلظت مواد مغذی بین فصل بهار (قبل از مونسون) و فصل پاییز (بعد از مونسون) نیز نشان داد که اختلاف بین آنها چه در سال ۸۶ و چه در سال ۸۸ با حدود اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0.05$ ) با یکدیگر معنی دار می باشد.

## ۲-۹-۴- تغییرات عمودی مواد مغذی

نتایج حاصل از بررسی توزیع عمودی غلظت مواد مغذی و روند تغییرات فصلی آنها در لایه های عمقی مختلف نیمه شمالی دریای عمان نشان داد که به طور کلی غلظت همه مواد مغذی (نترات، نیتريت، فسفات و سیلیکات) چه در نیمه اول سال و چه در نیمه دوم سال از سطح به عمق افزایش می یابد (جدول ۶ تا ۹). بطور کلی غلظت مواد مغذی در لایه های عمقی مختلف دریا تابع عوامل محیطی زیادی از قبیل بارندگی، جریانهای دریایی، ورودی پسابهای شهری، صنعتی و تراکم پلانکتون‌ها می باشد، با توجه به نتایج به دست آمده که غلظت آنها در لایه های سطحی و فوقانی کمتر از لایه های عمقی می باشد، به نظر می رسد که یکی از عوامل مهمی که باعث کاهش مواد مغذی لایه های سطحی و میانی نسبت به لایه های تحتانی گردیده است، نحوه توزیع و تراکم فیتوپلانکتون‌ها به عنوان مصرف کنندگان اصلی در اعماق مختلف بوده باشد، به بیان دیگر با توجه به اینکه تراکم پلانکتون‌های گیاهی در لایه های سطحی و میانی بیشتر از لایه های تحتانی می باشد لذا مقدار مواد مغذی در این لایه ها بر اثر مصرف پلانکتون‌ها کاهش یافته و کمتر از لایه های عمقی به دست آمده است.

مطالعات انجام شده در رابطه با غلظت مواد مغذی در لایه های عمقی مختلف مواد مغذی در نواحی جنوبی دریای عمان نشان داده است که غلظت این مواد از سطح به عمق افزایش می یابد، به طور مثال میانگین مقدار فسفات و نترات در لایه های عمقی ۱ تا ۲۰ متری به ترتیب حدود ۰/۳۹ و ۶۲/ میکرومول بر لیتر، اما در لایه های عمقی ۵۰ تا ۲۰۰ متری به ترتیب ۱/۰۲۸ و ۸/۷۲ میکرومول بر لیتر گزارش شده است (Samra and MI, 1990).

نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در دریای عرب نیز نشان داده است که با افزایش عمق آب غلظت مواد مغذی نیز افزایش می یابد (Blackford and Burkill, 2002).

ته نشینی مواد آلی معلق و جابجائی پلانکتون‌های جانوری و سایر جاندارانی که از ارگانیزم‌های کوچک یا دیتروتوس Detritus تغذیه می کنند موجب حرکت مواد مغذی از منطقه قابل نفوذ نور به سمت لایه های عمقی پایین تر شده و در نتیجه با افزایش عمق آب غلظت مواد مغذی نیز افزایش می یابد (Brown, et al., 1989).

نتایج مطالعات انجام شده در آبهای ساحلی استان هرمزگان نیز نشان داده است که روند تغییرات عمودی مواد مغذی از سطح به عمق افزایش می یابد و غلظت آنها در زمستان بیشتر از تابستان می باشد (ابراهیمی، ۱۳۷۶).

با مقایسه نتایج فوق و نتایج حاصله ملاحظه می‌گردد که نتایج به دست آمده در دریای عمان چه از نظر رنج تغییرات و چه از نظر روند تغییرات عمودی با نتایج سایر محققین همخوانی داشته و مؤید یکدیگر می‌باشند.

### مشکلات

در این قسمت به برخی از مشکلات و کمبودهای اساسی که تحقیق حاضر در حین اجرا با آنها مواجه بوده اشاره می‌گردد تا شاید در برنامه ریزی‌های آتی پروژه‌ها مد نظر قرار گیرد.

الف- در تنظیم سند اولیه، مبنای برنامه ریزی فاز اجرایی پروژه از نظر زمانی، به گونه‌ای در نظر گرفته شده بود که عملیات نمونه برداری در محدوده نیمه شمالی دریای عمان به مدت ۵ سال (از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰) بطور پیوسته به انجام برسد ولی متأسفانه در حین اجرا به دلایل مختلف از قبیل کمبود نیروی انسانی، درگیر بودن کارشناسان بخش اکولوژی به طور همزمان با پروژه‌های دیگر (مثل IZO، پساب پالایشگاه و...)، مشغول به تحصیل بودن همکاران، و بالاخره هزینه بر بودن شناور تحقیقاتی که به سختی در اختیار این پروژه قرار می‌گرفت، باعث گردیدند که ما عملاً بیش از دو سال (سالهای ۸۶ و ۸۸) نتوانیم عملیات نمونه برداری را به انجام برسانیم. با این حال شناسایی و آنالیز نمونه‌ها باز هم با تاخیر به انجام رسید مضاف بر اینکه گزارش نهایی نیز به تاخیر افتاد.

ب- دومین مشکل عدم دسترسی به پناه‌گاه (نبود جزیره) در دریای عمان بود، که در زمان نامساعد شدن شرایط جوی در حین نمونه برداری باعث گردید در بهار ۸۶ از ۴ ایستگاه و در پاییز ۸۶ از دواستگاه (از چهل ایستگاه در نظر گرفته شده) نتوانیم نمونه برداری به عمل آوریم.

ج- سومین مشکل بیمه نبودن تجهیزات اقیانوسی و نمونه برداری بود که باعث می‌گردید کارشناسان نتوانند در حین کار از تجهیزات مورد نظر با خیال آسوده و بدون ترس استفاده نمایند.

د- چهارمین مشکل، عدم قدرت اجرایی مجری مسئول طرح می‌باشد، به بیان دیگر وقتی که طرحی با چند زیر پروژه تصویب و اجرا می‌شود تا زمانیکه مجریان پروژه‌ها گزارش نهایی پروژه‌های مربوط به خود را تهیه و در اختیار مجری مسئول طرح قرار ندهند، برای مجری مسئول طرح نیز تهیه گزارش نهایی طرح امکان‌پذیر نمی‌باشد و هیچ کاری هم از دست او بر نمی‌آید در نتیجه ارائه گزارش نهایی با تاخیر بیش از حد مواجه می‌گردد، که امید است برای طرح‌های آتی چاره‌ای در این باره اندیشیده شود.

ذ- پنجمین مشکل، عدم تخصیص اعتبارات مورد نیاز و عدم ارسال به موقع آن به پژوهشکده بندر عباس بود که گاهی موجب تاخیر در تهیه تجهیزات مورد نیاز و در نتیجه تاخیر در شناسایی و سنجش نمونه‌ها می‌گردید...

## پیشنهادها

- ۱- از آنجا که میانگین عمق تنگه هرمز ۸۰ متر بوده و از طرفی نتایج پروفیل عمودی پارامترهای فیزیکی در نیمه شمالی (محدوده آبهای ایرانی) آن نشان داد که اثرات جریان خروجی خلیج فارس در این منطقه، از عمق ۴۰ متری قابل مشاهده می‌باشد لذا پیشنهاد می‌گردد مسئولین محترم استان ترتیبی اتخاذ نمایند تا در صورت امکان محتویات لایروبی‌هایی که در سواحل بندرعباس و قشم صورت می‌گیرد به جای اینکه در مناطق حساس شیلاتی تخلیه کنند، در نواحی جنوبی جزیره هرمز و در اعماق زیر ۳۰ متری تخلیه گردد تا توسط جریان خروجی به دریای عمان انتقال یافته تا از این طریق بتوان از تخریب زیستگاه‌ها، صیدگاه‌ها و مناطق حساس شیلاتی خلیج فارس جلوگیری به عمل آورد.
- ۲- با توجه به اینکه آبهای خلیج فارس و دریای عمان پیوسته توسط جریانهای جزرومدی و جریانهای دریایی "چرخشی مصبی" ( Reverse estuary flow ) از طریق تنگه هرمز در حال تبادل بوده و این جریانها تاثیر زیادی در این دو اکوسیستم مهم آبی کشور می‌گذارد، از طرفی با توجه به اینکه نتایج حاصله نشان داد که جریان خروجی از خلیج فارس در لایه‌های عمقی تقریباً ۱۵۰ تا ۳۰۰ متری دریای عمان جاری شده و به دلیل بالا بودن چگالی آب در لایه‌های عمیقتر (بیشتر از ۴۰۰ متر) قادر به نفوذ به پایین‌تر از آن نبوده و در نتیجه مسیر خود را در اعماق تقریباً ۱۵۰ تا ۳۰۰ متری به سمت اقیانوس هند ادامه می‌دهد لذا پیشنهاد می‌گردد در صورت امکان بررسی‌های بیشتری در رابطه با اثرات این جریانها بر روی ذخایر آبزیان و تاثیر احتمالی آن بر مهاجرت برخی از آبزیان مد نظر قرار گیرد.
- ۳- با توجه به نیاز بخشهای مختلف تحقیقاتی و اجرایی کشور و سرعت توسعه در منطقه جهت دستیابی به تغییرات عوامل محیطی، بر اثر بروز وقایع مختلف زیست محیطی در پهنه‌های آبی جنوب ایران، لازم است مدیران شیلاتی و سایر دست‌اندرکاران ذیربط، از هم‌اکنون ضمن رعایت دقیق نکات زیست محیطی بر احداث صنایع جدید و دیگر فعالیتهای شیلاتی بر اساس استانداردهای قابل قبول را در قالب پایش عوامل محیطی مورد تاکید قرار داده و در برنامه‌ریزی‌های آتی خود مد نظر قرار دهند.
- ۴- پیشنهاد می‌شود مناطق دارای جریانهای فراچاهنده (upwelling) حوزه آبهای ایرانی دریای عمان مورد شناسایی کامل قرار گیرد تا پس از آن بتوان این مناطق را از دیدگاه شیلاتی به عنوان مناطق حاصلخیز در دستور کار مطالعات اکولوژیک دریای عمان قرار داد.
- ۵- پیشنهاد می‌شود ترتیبی اتخاذ گردد که در پروه‌های آتی کلیه تجهیزات نمونه برداری قبل از انتقال به عرشه شناور بیمه شوند.



## تشکر و قدردانی

از حمایت های مالی و فنی مؤسسه تحقیقات شیلات ایران در اجرای این پروژه تشکر و قدردانی می نماید. همچنین از همکاری صمیمانه ریاست محترم پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان (بندر عباس) که در تمام مراحل اجرای این پروژه موجب تسهیل در انجام گشتهای دریایی و ارتقاء کیفی عملیات پروژه بوده است تشکر می گردد. همین طور بر خود لازم می دانم از همکاری کاپیتان و پرسنل محترم شناور فردوس ۱ در انجام گشتهای دریایی و همراهی آنان در مراحل مختلف نمونه برداری صمیمانه تشکر و قدر دانی نمایم. از کلیه همکاران و صاحب نظرانی که به نحوی در اجرای این پروژه نقش داشته و ذکر نام این عزیزان در اینجا میسر نمی باشد کمال تشکر و قدردانی می گردد.

## منابع

- ابراهیمی، م.، صادقیان، ا.، ۱۳۷۵. بررسی شرایط فیزیکی شیمیایی دریای عمان. مجله علمی شیلات ایران، سال پنجم، شماره ۳، پاییز ۱۳۷۵. صفحات ۱ تا ۱۸.
- ابراهیمی، م.، ۱۳۷۶. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آبهای ساحلی استان هرمزگان (از منطقه دارسرخ تا باسعیدو). مؤسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. تهران. ۵۲ ص.
- ابراهیمی، م.، مرتضوی، م.، اجلالی، ک.، آقاجری، ن.، جوکار، ک.، اکبرزاده، غ.، سراجی، ف. و آقاجری، ش.، ۱۳۸۴. بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی خلیج فارس (آبهای محدوده استان هرمزگان). مؤسسه تحقیقات شیلات ایران. تهران. ۱۱۹ ص
- ابراهیمی، م.، محبی، ل.، اجلالی، ک. و سنجانی، س. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات مکانی و زمانی شوری، چگالی و درجه حرارت آبهای خلیج فارس و تنگه هرمز (محدوده آبهای استان هرمزگان). مجله علمی شیلات ایران، سال هفدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۷. صفحات ۱ تا ۱۴.
- زارعی، ا.، ۱۳۷۳. بررسی مقدماتی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی خلیج گواتر. مؤسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. ۱۰۱ صفحه.
- سراجی، ف و نادری، ح.، ۱۳۷۴. بررسی تغذیه‌ای فانوس ماهیان. مجله علمی شیلات ایران، سال چهارم، شماره ۳، پاییز ۱۳۷۴، صفحات ۲۱ تا ۲۷.
- چمنکار، م.، ج.، ۱۳۸۸. اهمیت اقتصادی خلیج فارس در ایران باستان. مجله پژوهشهای تاریخی سیستان و بلوچستان ص ۸۰ تا ۹۱.
- کیمرام، ف.، ۱۳۷۹. پویایی شناسی و مدیریت جمعیت تون زرد باله *Thunnus albacares* دریای عمان. پایان نامه دکتری بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
- محبی، لیلی، ۱۳۷۳. بررسی پراکنش مواد آلی معلق و رنگدانه‌های فیتوپلانکتونی در آبهای ساحلی بندرعباس. مؤسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. تهران. ۵۲ ص.
- میر جلیلی، ولی الله: ۱۳۷۳. ارتباط کلروفیل a و Nutrients با تراکم پلانکتون در بهره‌گیری از منابع آبی در آبهای استان هرمزگان. (پایان نامه تحصیلی درجه فوق لیسانس). دانشگاه آزاد اسلامی تهران واحد شمال. ۱۸۳ ص.
- نیکویان، ع.؛ ابراهیمی، م.؛ ایزد پناهی، غ. و نیل‌ساز، م.، ۱۳۸۴. بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی خلیج فارس در محدوده آبهای خوزستان، بوشهر و هرمزگان. مؤسسه تحقیقات شیلات ایران. تهران. ۱۰۶ ص.

- Al-Hashmi K.A.C., Al-Azri M.R., Adnan R.P. (2010) Seasonal Changes of Chlorophyll a and Environmental Characteristics in the Sea of Oman. *Open Oceanography Journal* 4:107-114.
- Al-Majed N., Mohammadi H., Al-Ghadban A. (2000) Regional report of the state of the marine environment Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME).
- Arakawa H., Hirawake T., MORINAGA T. (1998) Distribution of Turbidity in the ROPME Sea Area.
- Balakrishnan Nair N., Abdul Azis P., Dharmaraj K., Arunachalam M., Krishna Kumar K., Balasubramanian N. (1984) Ecology of Indian estuaries—V: Primary productivity of the Ashtamudi estuary, south-west coast of India. *Proceedings: Animal Sciences* 93:9-23.
- Bidokhti A., Ezam M. (2009) The structure of the Persian Gulf outflow subjected to density variations. *Ocean Sci* 5:1–12.
- Blackford J., Burkill P. (2002) Planktonic community structure and carbon cycling in the Arabian Sea as a result of monsoonal forcing: the application of a generic model. *Journal of marine systems* 36:239-267.
- Brown E., Wright J.B., Colling A., Team O.U.O.C. (1995) *Seawater: its composition, properties and behaviour* Pergamon.
- Brown, J., A. Colling, D. Park, J. Phillips, D. Rothery and S. Wright., 1989. *Ocean chemistry and Deep-Seasediment*. Pergamon Press, Oxford.
- Brink, K., Arnone, R., Coble, P., Flagg, C., Jones, B., Kindle, J., et al. (1998). Monsoons boost biological productivity in Arabian Sea. *EOS, Transactions of the American Geophysical Union*, 79, 168-169.
- Currie R., Fisher A., Hargreaves P. (1973) Arabian Sea upwelling. *The biology of the Indian Ocean* 3:37-52.
- Davis C.C. (1955) *The marine and fresh-water plankton* Michigan State Univ Pr.
- Dorgham M., Mofthah A. (1989) Environmental conditions and phytoplankton distribution in the Persian Gulf and Gulf of Oman, September 1986. *Journal of the Marine Biological Association of India. Cochin* 31:36-53.
- El-Gindy A., Dorgham M. (1992) Interrelations of phytoplankton, chlorophyll and physico-chemical factors in Persian Gulf and Gulf of Oman during summer. *Indian journal of marine sciences* 21:257-261.
- FAO. (1981) *Environmental conditions in the Gulf and Gulf of Oman and their Influence on the Propagation of Sound*, Rome. pp. 62.
- Findlater, J., 1969. A major low-level air current near the Indian Ocean during the northern summer. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 95, 362-380
- Gross M.G. (1977) *Oceanography: a view of the earth*.
- Johannesson K., Valinasab T. (1994) Survey of Mesoplagic fish Resources within the Iranian exclusive Economic zone of the Oman Sea final report, Oman Sea Fisheries Research Center Bandar Abbas, Iran. pp. 85.
- 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* 108:3391.
- Luo J., Ortner P.B., Forcucci D., Cummings S.R. (2000) Diel vertical migration of zooplankton and mesopelagic fish in the Arabian Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 47:1451-1473.
- Matsuyama M., Kitade Y., Senjyu T., Koike Y., Ishimaru T. (1998) Vertical structure of a current and density front in the Strait of Hormuz. *Offshore Environment of the ROPME Sea Area after the war-related oil spill*:23-34.
- MOOPAM, 1999. *Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods* ROPME-publishing.
- Pous S., Carton X., Lazure P. (2004) Hydrology and circulation in the Strait of Hormuz and the Gulf of Oman—Results from the GOGP99 Experiment: 1. Strait of Hormuz. *Journal of Geophysical Research* 109:C12037.
- 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.
- Riley J.P., Skirrow G., Chester R. (1975) *Chemical oceanography* Academic Press.
- ROPME. (2004) *State of the Marine Environment Report 2003*. Regional Organization for the Protection of the Marine Environment, Kuwait. pp. 217.
- Samra E., MI. (1990) Vertical Distribution And Inter-Relations Of Oxygen And Nutrients In The Persian Gulf And The Gulf Of Oman In Summer.
- Senjyu T., Ishimaru T., Matsuyama M., Koike Y. (1998) High salinity lens from the Strait of Hormuz. *Offshore Environments of the ROPME after the War related Oil-Spill*:35–48.
- Sheppard C., Price A., Roberts C. (1992) *Marine ecology of the Arabian region: patterns and processes in extreme tropical environments* Academic Pr.

- Swift S.A., Bower A.S. (2003) Formation and circulation of dense water in the Persian/Arabian Gulf. *J. Geophys. Res* 108:3004.
- United Nations Environment Program.,1999.Overview on Land-based Sources and Activities Affecting the marine Environment in the ROPME Sea Area. UNEP Regional Seas Report and Studies. No.168-127PP.
- VODAMA I.K.I.F.U., DUELA J. (1989) STUDY ON OXYGEN AND PHOSPHATE IN THE WATERS OF THE SOUTHERN PERSIAN GULF AND THE GULF OF OMAN. *Acta adriatica* 31:57.
- W. Aicken S.S.N.S. (1999) IMPROVED MONITORING OF OCEANOGRAPHIC FEATURES IN THE GULF OF OMAN THROUGH COMBINED USE OF SATELLITE THERMAL INFRA-RED, OCEAN COLOUR & RADAR ALTIMETER OBSERVATIONS. GU14 6TD, UK.
- Wiggert J., Murtugudde R., McClain C. (2002) Processes controlling interannual variations in wintertime (Northeast Monsoon) primary productivity in the central Arabian Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 49:2319-2343.
- Weller, R.A., Fischer, A. S., Rudnick, D. L., Eriksen, C. C., Dickey, T.D., Marra, J., et al.(2002). Moored observations of upperocean response to the monsoons in the Arabian Sea during 1994-1995. *Deep-Sea Research* 11, 49, 2195-2230
- Young, D.K., & Kindle, J. C. (1994). Physical processes affecting availability of dissolved silicate for diatom production in the Arabian Sea. *Journal of Geophysical Research*, 99, 22619-22632.

## Abstract

The characteristics physicochemical studies in the northern part of the Oman Sea and Strait of Hormuz within the Iranian waters were conducted during 2007 and 2009. The project was implemented using Ferdous research vessel and with the cooperation of Chah Bahar Research Center. The sampling area included the whole stretch of the Iranian waters along the northern part of the Oman Sea from the northeast of the Iranian marine border of 30 miles Bay of Chabahar to the mouth of the Hormuz Strait in Hormuzgan province. Along this stretch 10 equally distributed transects at a distance of 30 miles away from each other were designated, 4 main sampling stations at a distance of 10 miles from one another were fixed at each transect. Sampling was conducted twice a year (spring and autumn 2007 and 2009). Physicochemical parameters of water such as temperature, density, salinity, turbidity, dissolved oxygen, pH, EC and chlorophyll-a were recorded at stations using CTD multiparameter probe. Nutrients samples were collected by multi water sampler and were measured by spectrophotometric method.

According to achieved results; we can point out to the following outlines below:

The beginning of thermocline layer starts in the regional Iranian Territorial Waters of Oman Sea; located at approximate depth of 10m; in spring, 20-40m; in autumn, and at 100m depth in winter; seasons, with an average difference in temperature of 10°C; between surface and deeper layers. In another word, permanent thermocline exists annually in this body of water; where only the point of start, and the fracture width of thermocline layer; alter with alteration of seasons. Horizontal and vertical distribution of electrical conductivities, obey exactly from thermal degree structure; in such a way that, with increase in temperature; they increase, and with decrease in temperature; they decrease.

Level of salinity increase from east to west, but it decrease; from surface to deeper layers. In deeper regions, especially in the midway east of the Oman Sea; the level of salinity in the deeper waters from 150-300m, there is a considerable increase observed in salinity, due to very high salinity waters of The Persian Gulf; that are entering the Sea of Oman, via the Striate of Hormouz from the bottom; where they are having their effect following the whole length of the Sea of Oman; through their path. The level of water density from offshore to onshore, and from surface to deeper levels increase in such a way that; its average in surface layers is 24g/cm<sup>3</sup>, and at 400m depth; is 29g/cm<sup>3</sup>, and at 600m; reaches to 30g/cm<sup>3</sup>.

The level of Chlorophyll-a in surface waters, in the northeastern midway; is higher than the northwestern midway of the Sea of Oman, and it decreases from inshore to offshore waters, but its vertical distribution; has caused somehow in a way, that the highest distribution and concentration of chlorophyll-a; to be formed in deeper layers, between about 20-40m depths. Then by the increase in water depth, its concentration decreases drastically; reaching zero in magnitude. Concentration of dissolved oxygen is higher in spring in comparison to that of autumn, and the highest level is achieved in water layers located at 10-40m depth (where the level of chlorophyll-a is higher). In addition to which, that its vertical structure; shows the existence of a permanent oxycline layer at this region, in a way that; by seasonal alterations (similar to that of thermocline layer), only the point of start and that of the thickness of oxycline layer changes. The layer of oxycline is established from seawaters; located at 10m depth in spring, and at 20-40m waters in autumn; whereas the same layer is formed at 100m seawaters in winter, and then by water depth increase; it reaches crisis condition.

The highest level of water pH; has been achieved in the spring of year 2009 (1388 Iranian Calendar), where some northern and northwestern regions of the Strait of Hormouz; were suffering from the remnants of red tide occurrences (~8.5), where the pH level decreased from water surface, and its vertical alteration trend; obeyed to that of the same for temperature and chlorophyll-a vertical structure, especially for dissolved oxygen parameter, where the maximum decrease was recorded coinciding with formation of oxycline layer.

The level of water turbidity increased from offshore to inshore direction, but it decreased from water surface to depth for the Sea of Oman. But nutrient levels increased; at surface water layers from offshore to inshore, and from west to east, for the same body of water. In addition to that, concentration of nutrients in autumn (after monsoon); were more than that of, spring season (before monsoon), where; concentration of their vertical structure increase from water surface toward deeper sections.

**Ministry of Jihad – e – Agriculture  
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION  
IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION – Persian Gulf and Oman Sea  
Ecology Research Center**

---

**Project Title : Study on Physico-chemical properties of the Iranian waters in the Oman Sea**

**Approved Number: 0-100-200000-04-8502-85031**

**Author: Mahmoud Ebrahimi**

**Project leader Researcher : Mahmoud Ebrahimi**

**Author province(s): Kazem Khodadadi Jokar(Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Center), Mamood Azini(Off-Shore Waters Research Center)**

**Collaborator(s) : Saeid Sanjani,A.Rezakhah,S.A.Hashemian**

**Advisor(s):-**

**Supervisor: -**

**Location of execution : Hormozgan province**

**Date of Beginning : 2006**

**Period of execution : 4 Years &10 Months**

**Publisher : *Iranian Fisheries Research Organization***

**Date of publishing : 2015**

**All Right Reserved . No Part of this Publication May be Reproduced or Transmitted without indicating the Original Reference**

**MINISTRY OF JIHAD - E - AGRICULTURE**  
**AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION**  
**IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION - Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research**  
**Center**

**Project Title :**

**Study on Physico-chemical properties of the Iranian  
waters in the Oman Sea**

**Project leader Researcher :**

*Mahmoud Ebrahimi*

**Register NO.**

*44814*