

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

عنوان:

بررسی برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی  
آب در حوزه جنوبی دریای خزر استان مازندران

مجری:

حسن نصراله زاده ساروی

شماره ثبت

۴۴۳۰۳

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

عنوان پروژه : بررسی برخی پارامترهای فیزیوشیمیایی آب درحوزه جنوبی دریای خزر استان مازندران

شماره مصوب پروژه : ۹۱۰۰۱-۹۱۵۷-۱۲-۷۶-۱۴

نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان : حسن نصراله زاده ساروی

نام و نام خانوادگی مجری مسئول ( اختصاص به پروژه ها و طرح های ملی و مشترک دارد ) : -

نام و نام خانوادگی مجری / مجریان : حسن نصراله زاده ساروی

نام و نام خانوادگی همکار(ان) : رضا پورغلام، فریبا واحدی، آسیه مخلوق، حوریه یونسی پور، یوسف علومی،

عبداله نصراله تبار، فرامرزلوئی، فرشته اسلامی، مرتضی طهماسبی، غلامرضا رازقیان، مجید ابراهیم زاده،

محمد کارد، محمد علی افرایی

نام و نام خانوادگی مشاور(ان) :

نام و نام خانوادگی ناظر(ان) : حسن فضلی

محل اجرا : استان مازندران

تاریخ شروع : ۹۱/۲/۱

مدت اجرا : ۲ سال

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 : بررسی برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب درحوزه جنوبی  
دریای خزر استان مازندران

کد مصوب: ۹۱۰۰۱-۹۱۵۷-۱۲-۷۶-۱۴

شماره ثبت (فروست): ۴۴۳۰۳ تاریخ: ۹۲/۱۱/۷

با مسئولیت اجرایی جناب آقای حسن نصراله زاده ساروی دارای مدرک  
تحصیلی دکتری در رشته علوم زیستی (گرایش محیط زیست) می باشد.

**پروژه توسط داوران منتخب بخش اکولوژی منابع آبی مورد ارزیابی و با  
رتبه عالی تأیید گردید.**

در زمان اجرای پروژه، مجری در:

ستاد  پژوهشکده  مرکز  ایستگاه

با سمت معاون تحقیقات در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر مشغول بوده  
است.

صفحه	عنوان
۱	چکیده
۲	۱. مقدمه
۲	۱-۱- سوابق تحقیق
۳	۱-۲- مروری بر مطالعات گذشته
۶	۲. مواد و روش ها
۶	۲-۱- ایستگاهها و زمان نمونه برداری
۷	۲-۲- روشهای آنالیز نمونه ها
۹	۳-۳- آنالیز آماری
۱۱	۳. نتایج
۱۱	۳-۱- دمای هوا و آب
۱۲	۳-۲- شفافیت
۱۴	۳-۳- شوری
۱۶	۳-۴- pH
۱۸	۳-۵- اکسیژن محلول
۲۱	۳-۶- ازت آمونیمی
۲۳	۳-۷- ازت نیتریتی
۲۵	۳-۸- ازت نیتراتی
۲۷	۳-۹- ازت معدنی
۳۱	۳-۱۰- ازت آلی
۳۵	۳-۱۱- فسفر معدنی
۳۷	۳-۱۲- فسفر آلی
۴۱	۳-۱۳- سیلیس محلول
۴۳	۳-۱۴- نسبت های مولی مواد مغذی
۴۷	۴. بحث
۵۸	منابع
۶۲	پیوست
۶۵	چکیده انگلیسی

## چکیده

این تحقیق به منظور تعیین غلظت و تغییرات زمانی-مکانی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و مواد مغذی آب در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در چهار نیم خط عمود بر ساحل (تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیرآباد) در ماههای اردیبهشت، تیر، شهریور، آبان، دی و اسفند و در سال ۱۳۹۱ انجام گردید. تعداد ۷۲ نمونه آب در لایه سطحی در اعماق ۵، ۱۵ و ۳۰ متر نمونه برداری و سپس پارامترهای مختلف بوسیله دستگاهها و همچنین با روشهای استاندارد اندازه گیری گردید. نتایج نشان داد که میانگین دمای آب و هوا در این منطقه به ترتیب برابر  $19/46 \pm 0/85$  و  $20/25 \pm 0/78$  درجه سانتی گراد بوده است و کمترین و بیشترین دمای آب به ترتیب مربوط به فصول زمستان (۷/۰۰) و تابستان (۲۸/۱۰) ثبت گردید. میانگین شوری در این منطقه به ترتیب برابر  $12/35 \pm 0/13$  ppt بوده است و در این تحقیق حداکثر شوری در نیم خط های مختلف در فصل تابستان و حداقل در فصل زمستان مشاهده گردید. همچنین میانگین شفافیت در تحقیق حاضر برابر  $2/63 \pm 0/18$  متر بوده است که نسبت به سال قبل کاهشی کمی را نشان داد، اما pH با میانگین  $8/51 \pm 0/02$  و دامنه  $8/69$  -  $8/13$  نسبت به سال قبل روند افزایشی داشته است. میانگین میزان اکسیژن محلول در طول سال برابر  $6/00 \pm 0/07$  میلی لیتر در لیتر بوده است. غلظت سالانه ازت معدنی ( $\text{NO}_3^-$ ،  $\text{NO}_2^-$ ،  $\text{NH}_4^+$ ) نسبتاً دارای تغییرات گسترده ای است. درصد اجزای ترکیبات نیتروژنی نسبت به ازت معدنی در مناطق، ماهها و فصول مختلف در سال متفاوت است بطوریکه درصد  $\text{NH}_4^+$ ،  $\text{NO}_2^-$  و  $\text{NO}_3^-$  به ترتیب برابر ۶ تا ۵۳، ۰/۱۴ تا ۲۶ تا ۳۷ تا ۹۴ درصد متغیر بوده است. میانگین درصد ازت معدنی (DIN) کمتر از ۱۵٪ و درصد ازت آلی (DON) به بیش از ۸۰٪ رسیده بود. میانگین سالانه فسفر معدنی و آلی به ترتیب برابر  $0/58 \pm 0/04$  و  $0/48 \pm 0/02$  میکرومولار بوده و سهم هر کدام به ترتیب برابر ۵۴ و ۴۶ درصد ثبت گردد. میانگین سالانه سیلیس محلول برابر  $9/5 \pm 0/2$  میکرومولار بوده است. بطور کلی، نتایج نشان داد که نمونه برداری ماهانه پارامترهای فیزیکوشیمیایی و مواد مغذی آب به درک تغییرات آنها در حوزه جنوبی دریای خزر کمک بیشتری خواهد کرد. با مقایسه تغییرات سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر) در می یابیم که این پارامترها در ماههای مختلف دارای نوسانات متفاوتی بوده اند. نتایج نشان داد که در سالهای قبل اکوسیستم دریای خزر دارای محدودیت نیتروژنی برای رشد فیتوپلانکتون بوده است. درحالی که بر طبق نتایج حاصل از تحقیق حاضر در فصول مختلف نشان داد که در فصول بهار و تابستان سیستم محدودیت فسفری داشته اما در فصول پاییز و زمستان بیشتر به سمت محدودیت نیتروژنی تمایل پیدا کرد. همچنین این ناحیه از خزر دارای محدودیت سیلیسی برای رشد فیتوپلانکتون نبوده است.

کلمات کلیدی: پارامترهای فیزیکوشیمیایی، مواد مغذی، آب، استان مازندران، دریای خزر

## ۱. مقدمه

دریای خزر بزرگترین دریای محصور در جهان است که مساحت و حجم آن به ترتیب ۳۹۰۰۰۰ کیلومتر مربع و ۷۸۰۰۰۰ کیلومتر مکعب می باشد. دریا‌های خزر، سیاه و آزر ف به عنوان بخشی از دریاچه لب شور قدیمی Pontic سرچشمه گرفته‌اند (Kosarev and Yablonskaya, 1994). منطقه دریای خزر که بوسیله پنج کشور شوروی، آذربایجان، ایران، ترکمنستان و قزاقستان احاطه شده نقش کاملاً بارزی را در جهان و نیز اقتصاد جهانی ایفا می کند (Zonn et al., 2010). پیچیدگی شکل گیری دریای خزر و جداسدگی آن در هزاران سال پیش از سایر آب های کره زمین، سبب گردید که این محیط آبی نه تنها از نظر خواص فیزیکوشیمیایی بلکه زیستگاه ها و موجودات زنده آن نیز خاص گردند. به عقیده Aladin and Plotnikov (2004) سطح تولیدات اولیه در دریای خزر پایین است. مواد مغذی از رودخانه ها و عمدتاً بوسیله ولگا با ۸۰٪ آب ورودی به آن وارد می شود. تا قبل از انجام فعالیتهای سازه ای بر روی این دریا و رودخانه های مربوطه، مواد مغذی عمدتاً در اواخر بهار و اوایل تابستان به آن وارد می شد. اما با احداث سد ها بخصوص بر روی ولگا از ورود مواد مغذی به طریق کلاسیک جلوگیری شده است. به این ترتیب مواد مغذی در نواحی مختلف (شمالی، مرکزی، جنوبی) بیشتر از سیکل داخل اکوسیستم و باران تامین می گردد (Kosarov and Yablonskaya, 1994).

## ۱.۱ - سوابق تحقیق

مطالعات گوناگونی در سالیان متعددی در نواحی شمالی و مرکزی دریای خزر بوسیله اتحاد جماهیر شوروی صورت گرفته است (Aladin and Plotnikov, 2004). مطالعات هیدروشیمی دریای خزر در حوزه جنوبی دریای خزر از سال ۱۳۷۰ با مشارکت دانشگاه تهران شروع گردید. اما مطالعات منسجم برای اولین بار بر روی کرانه جنوبی دریای خزر در ایران در طی سالهای ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۴ با همراهی کارشناسان روسی در اعماق مختلف به منظور اندازه گیری فاکتورهای فیزیکوشیمیایی، هیدرولوژی و هیدروبیولوژی انجام شده است (پورغلام و همکاران، ۱۳۷۴). سپس این مطالعات در سنوات بعدی بوسیله ایران (موسسه تحقیقات شیلات ایران) ادامه یافته است (حسینی و همکاران، ۱۳۸۹؛ لالوئی و همکاران، ۱۳۸۳؛ هاشمیان و همکاران، ۱۳۸۸؛ واحدی و همکاران، ۱۳۹۰، نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱). در پروژه های مربوط به بررسی تراکم و پراکنش شانه دار در حوزه جنوبی دریای خزر، خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب کرانه های جنوبی به ثبت رسیده است (روحی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین در سال اخیر (۱۳۸۹) بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی توسط نجف پور و همکاران (۱۳۹۲، انتشارنشده) گزارش شده است. در این بررسی که در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر - منطقه مازندران انجام گردید با مقایسه سالهایی که دارای ایستگاههای مشترک در استان مازندران بوده اند به تحلیل داده های حاضر خواهیم پرداخت. فرضیات تحقیق و اهداف پروژه حاضر با عنوان "بررسی برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در حوزه جنوبی دریای خزر - استان مازندران" که در سال ۱۳۹۱ انجام گردید به شرح زیر آمده است.

- آیا تفاوتی بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی سواحل مازندران در سال ۹۱ با سنوات گذشته مشاهده خواهد شد؟

- آیا تفاوتی بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی در بین ایستگاه‌های مختلف مورد مطالعه در سواحل استان مازندران وجود دارد؟

- آیا نوسانات شاخص‌های هیدروشیمی می‌تواند تابع تغییرات فصلی و ماهیانه باشد؟ آنچه از بیان این فرضیات بعنوان اهداف تحقیق متصور است به شرح زیر می‌باشد:

- تعیین روند تغییرات افقی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی
- تعیین نوسانات زمانی و مکانی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی
- بررسی نحوه توزیع نوترینتها
- مقایسه پارامترهای مذکور با سالهای قبل

## ۲-۱- مروری بر مطالعات گذشته

شرایط اقلیمی دریای خزر بگونه ای است در منطقه شمال آب و هوای قاره ای و در غرب معتدل و گرم و همچنین در مناطق جنوبی و شرقی آن به ترتیب دارای آب و هوای نیمه گرمسیری-مرطوب و خشک-جلگه ای میباشد. شرایط متفاوت اقلیمی اطراف دریای خزر سبب تغییراتی در اکوسیستم شده است. بطور مثال، خط ساحلی ایران دارای بارش بیشتری نسبت به هر منطقه ساحلی دیگر دریای خزر است (Mamedov et al., 1998 and 2005). همچنین متوسط درجه حرارت آب در مناطق ساحلی در سراسر محدوده سال از ۱۵/۹۰ تا ۱۷/۰۰ درجه سانتیگراد متغیر است. تفاوت بین دما در سردترین منطقه (شمال) و گرم ترین منطقه ( جنوب) به ترتیب برابر ۴ در زمستان و ۱۶ درجه سانتیگراد در تابستان بوده است. شوری دریای خزر در محدوده ۰/۱۰ ppt در بخش شمالی و ۱۳/۷۰ ppt در خزر جنوبی متغیر است (Stolber et al., 2003; Aubrey, 1994). شوری در شمال خزر بطور چشمگیری متفاوت است، بطوریکه از ۰/۱۰ ppt در دهانه رودخانه ولگا و اورال تا ۱۱-۱۰ ppt در نزدیکی خزر مرکزی متغیر است. در بخش های خزر مرکزی و جنوبی فقط نوسانات کوچکی از شوری مشاهده می شود (۱۲/۶۰-۱۳/۵۰ ppt)، همچنین افزایش شوری از شمال به جنوب و از غرب به شرق مشاهده می گردد (Fedorov, 1983; Dumont, 1998).

تغییرات فصلی در غلظت های مواد مغذی در مناطق مختلف از دریای خزر، عمدتاً به دلیل تفاوت در ورودی مواد مغذی در این مناطق است. بطوریکه گزارش شده است حدود ۱۳۰ رودخانه در اندازه‌های مختلف با ورودی سالانه حدود ۳۰۰ کیلومتر مکعب به دریای خزر میریزد (Aubrey, 1994). رودخانه های اصلی عبارتند از ولگا (۸۰٪ از حجم کل جریان)، اورال (۵٪)، ترک، سولاک و سامور (۵٪)، کورا (۶٪)، و رودخانه های کوچک ایران و دیگران (۴-۵٪) (CEP, 1998a). خزر مرکزی نیز تحت تاثیر تخلیه رودخانه ولگا قرار دارد. حتی برخی از رواناب ولگا وارد منطقه جنوبی دریای خزر (در منطقه عمیق) میرسد. این منطقه نیز از رواناب رودخانه

کورا و چندین رودخانه های ایران متاثر می باشد. منابع اصلی مواد مغذی در مناطق کم عمق خزر شمالی به دلیل وجود رواناب رودخانه ای و رسوبات میباشد. در حالی که در مناطق خزر مرکزی و جنوبی، انتقال افقی توده های آبی در حال حرکت از مناطق همجوار و تبادل آب بین سطح عمودی و لایه های زیرین آب (turnover) بعنوان منابع اصلی ورود مواد مغذی محسوب می گردد. در منطقه عمیق، تبادل عمودی به سمت بالا بعنوان عامل اصلی ورود بالای مواد مغذی می باشد (Sapozhnikov et al., 2006).

Kosarev و Yablonskaya (۱۹۹۴) تخمین زدند مقادیر مختلفی از فرمهای مختلف ازت، فسفر و سیلیس از رودخانه ولگا به دریای تخلیه گردید. Sapozhnikov و Katunin (۱۹۹۷) پیشنهاد کرد که مقدار ۳۰٪ تا ۴۰٪ از ازت و فسفر کل در آب رودخانه ولگا می تواند از منابع انسان-ساخت سرچشمه گرفته باشد. کل رودخانه های ورودی به دریای خزر سالانه به طور متوسط ۴۱ هزار تن فسفر، ۳۹۹ هزار تن ازت و ۷۹۹ هزار تن سیلیس محلول وارد دریا می کنند. در این میان رودخانه ولگا به ترتیب ۹۲، ۸۶ و ۸۲٪ فسفر، ازت، و سیلیس محلول وارد می کند. بنابراین رودخانه ولگا نسبت به کل رودخانه ها حدود ۷۷-۹۴٪ (با میانگین ۸۶٪) مواد مغذی به دریا تخلیه می کند که این موضوع با حجم آبی ورودی آن نیز مطابقت دارد (Leonov and Nazarov, 2001). دلتای ولگا به طور عمده توسط ماکروفیت ها پوشیده شده است بنابراین این گیاهان تا ۷۰٪ فسفر معدنی محلول و ۵۰٪ ازت معدنی محلول را جذب می کنند. این شرایط وجود مقدار مواد مغذی معدنی و بالا بودن مواد مغذی آلی در منطقه شمال دریای خزر را توضیح می دهد (Kideys et al., 2005).

Dumont (1998) گزارش کرد که سطح مواد مغذی در دریای خزر پایین هستند، حتی در خزر شمالی، بطوریکه غلظت فسفر معدنی در ۰/۸۰-۰/۱۲ میکرومولار بوده است. در حال حاضر، ترکیبات ازت نیز تا حد زیادی به صورت آلی (۷-۱۳۰ میکرومولار) نیز در دریای خزر وجود دارد. در مناطق خزر مرکزی و جنوبی مواد مغذی نسبتا کمی در چرخه قرار می گیرد و این مقدار متکی بر چرخش داخلی و ورود از رودخانه های کوچک و بارش باران می باشد. Leonov و Stygar (2001) گزارش کردند که غلظت ازت معدنی (DIN) بترتیب در خزر شمالی، مرکزی و جنوبی بین ۰/۲۵-۱۶/۵، ۰/۱۹-۶/۴۷ و ۰/۱۹-۵/۹۴ میکرومولار متغیر است. حداقل غلظت سالانه  $DSi$  فقط در خزر شمالی مشاهده شد. کاهش در غلظت  $DSi$  (به خصوص در فصل بهار) اساسا به علت اثر رشد دیاتومها می باشد. از پاییز تا زمستان غلظت  $DSi$  آب بدلیل ورود رواناب رودخانه ای و گردش آب تجمع پیدا می کند.

Shiganova و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند غلظت آمونیوم، نترات، فسفات و سیلیکات در مقابل دلتای رودخانه ولگا بین ۰/۷-۱/۳، ۰/۳۰-۰/۶، ۰/۹-۰/۶ و ۲۰-۱۰۰ میکرومولار متغیر بوده است. همچنین تغییرات  $pH$  و اشباعیت اکسیژن به ترتیب برابر ۸/۶-۹/۴ و ۹۲-۱۲۸ درصد در این منطقه مشاهده شد. Sapozhnikov و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که غلظت اکسیژن محلول آب در قسمت تحتانی خزر مرکزی به ۰/۹۶ میلی گرم در لیتر در ماه سپتامبر (تابستان ۲۰۰۵) می رسد. در بالای لایه پیکوکلاین (pycnocline)، آب دارای اکسیژن



فوق اشباع با حداکثر مقدار ۱۱۰ درصد مشاهده شد. این نکته را به این واقعیت نسبت می دهند که روند فعال فتوسنتز در لایه فوقانی دریا رخ می دهد.

Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸<sup>a,b</sup>) گزارش کردند که درجه حرارت آب بین ۹/۹۰ درجه سانتیگراد (در زمستان) و ۲۸.۶ درجه سانتیگراد (در تابستان) در نوسان بود، این درجه حرارت در دو دوره زمانی ۹۶-۱۹۹۵ (فاز اول) و ۲۰۰۵ (فاز دوم) تقریباً مشابه بود. غلظت اکسیژن محلول از ۵/۵۲ میلی لیتر در لیتر در بهار به ۷/۹۰ میلی لیتر در لیتر در زمستان فاز اول متغیر بوده است. در فاز دوم این تغییرات بزرگتر بوده است بطوریکه غلظت اکسیژن محلول از ۵/۵۳ میلی لیتر در لیتر در تابستان به ۱۰/۸۰ میلی لیتر در لیتر در پاییز رسیده است. در هر دو فاز، حداکثر شوری در تابستان (۱۳/۱۹ PPT) ضبط شده است. مقدار  $P^H$  برای این منطقه کاملاً با ثبات بود با حداقل ۸/۱۱ تا حداکثر ۸/۶۳ است.

Roohi و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که اطلاعات درجه حرارت آب در سالهای ۲۰۰۱-۲۰۰۶ تابع الگوی نوسانات فصلی از بهار تا زمستان در ستون آبی بوده است. در تابستان-پاییز، دما نسبتاً گرم و درجه حرارت لایه سطحی آب به ۱۸-۳۱ درجه سانتیگراد رسیده است.

واحدی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که درجه حرارت سطحی آب در منطقه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۷ از ۷/۲ در زمستان تا ۲۹/۸ درجه سانتیگراد در تابستان در نوسان بوده است. متوسط سالانه شفافیت آب برابر  $4/91 \pm 0/24$  متر برآورد گردیده است. دامنه تغییرات  $pH$  به میزان (۷/۱۵-۸/۷۳)  $1/58$  واحد بوده است. بیشترین میزان اکسیژن محلول در طول سال در لایه سطحی به میزان  $8/40 \pm 0/01$  میلی گرم در لیتر با اشباعیت  $137 \pm 18$  غلظت فرم معدنی ازت شامل نیتريت، نترات و آمونیوم به میزان  $0/2 - 0/0$ ،  $0/6 - 0/0$  و  $7/12 - 0/05$  میکرومولار بوده است. در بررسی فصلی غلظت سیلیس مشخص گردید که بترتیب فصل بهار دارای بیشترین مقادیر  $130/7 \pm 6/6$  میکروگرم در لیتر) و بترتیب تابستان، پاییز و زمستان در رتبه های بعدی قرار دارند.

نصراله زاده ساروی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که میانگین دمای آب در سطح در این منطقه برابر  $18/76 \pm 0/32$  درجه سانتیگراد بوده است. همچنین میانگین شفافیت در تحقیق حاضر برابر  $4/35 \pm 0/21$  متر بوده است.  $pH$  با میانگین  $8/43 \pm 0/01$  نسبت به سال قبل روند افزایشی داشته است. بطور کلی، نتایج نشان داد که دمای آب، شوری، شفافیت و ازت آلی نسبت به سال قبل کاهش نشان داد اما اکسیژن محلول، درصد اشباعیت،  $pH$ ، آمونیم، نترات و سیلیس محلول افزایش داشته است. فسفر معدنی و نیتريت تغییر قابل ملاحظه ای نداشته اند. نتایج نشان داد که در سال قبل از ورود شانه دار اکوسیستم دریای خزر دارای محدودیت نیتروژنی برای رشد فیتوپلانکتون بوده است. درحالی که بر طبق نتایج حاصل از تحقیق حاضر، به نظر می رسد که اکوسیستم علاوه بر شرایط محدودیت نیتروژنی، به سمت محدودیت فسفوری نیز سوق پیدا کرده است.

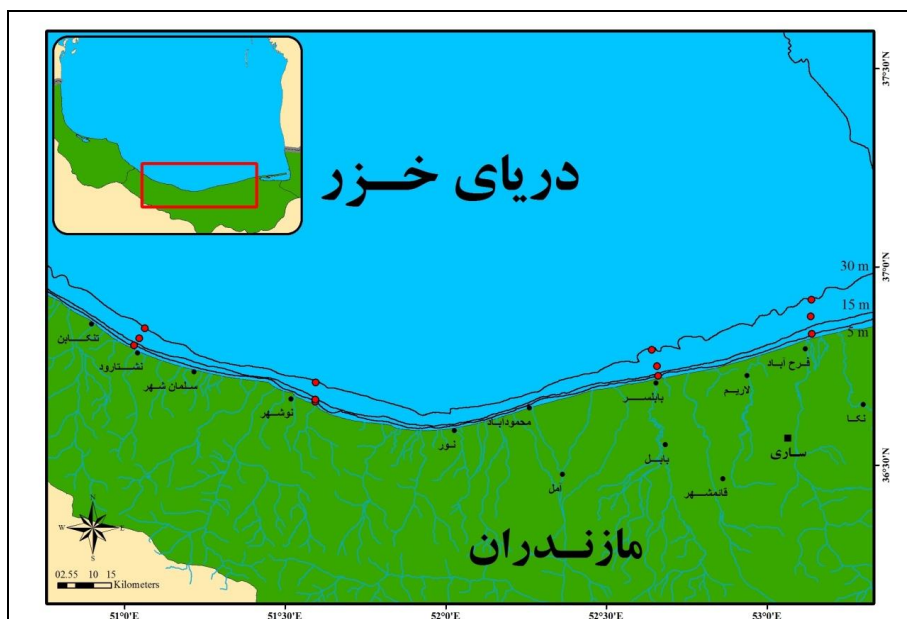
## ۲. مواد و روش ها

### ۱-۲- ایستگاهها و زمان نمونه برداری

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی لایه سطحی آب سواحل ایرانی منطقه جنوبی دریای خزر در چهار نیم خط عمود بر ساحل (تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیرآباد) و در ماههای اردیبهشت، تیر، شهریور، آبان، دی و اسفند در سال ۱۳۹۱ انجام گردید. در ضمن به منظور مقایسه نتایج، منطبق با ماههای مطالعات قبلی، از داده های ماههای اردیبهشت (فصل بهار)، شهریور (فصل تابستان)، آبان (فصل پاییز) و اسفند (فصل زمستان) استفاده شده است. مشخصات ایستگاهها به همراه سایر موارد در شکل و جدول ۱.۲ آمده است.

جدول ۱.۲: موقعیت جغرافیایی ایستگاههای نمونه برداری به همراه نام ایستگاهها، عمق و نیم خط ها در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

ردیف	نیم خط ها	ایستگاه	فاصله از ساحل (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	تنکابن	A <sub>1</sub> (۵ متر)	۹۶۵	۵۱° ۰۰' ۲۱''	۳۶° ۴۶' ۱۰''
		B <sub>1</sub> (۱۵ متر)	۲۵۱۰	۵۱° ۰۱' ۲۰''	۳۶° ۴۷' ۱۶''
		C <sub>1</sub> (۳۰ متر)	۳۱۵۰	۵۱° ۰۲' ۱۷''	۳۶° ۴۸' ۴۷''
۲	نوشهر	A <sub>2</sub> (۵ متر)	۷۰۵	۵۱° ۳۴' ۴۵''	۳۶° ۳۸' ۱۸''
		B <sub>2</sub> (۱۵ متر)	۶۸۰	۵۱° ۳۴' ۴۲''	۳۶° ۳۸' ۴۰''
		C <sub>2</sub> (۳۰ متر)	۴۸۱۰	۵۱° ۳۴' ۴۳''	۳۶° ۴۱' ۱۶''
۳	بابلسر	A <sub>3</sub> (۵ متر)	۶۶۵	۵۲° ۳۹' ۰۲''	۳۶° ۴۳' ۱۰''
		B <sub>3</sub> (۱۵ متر)	۲۷۸۰	۵۲° ۳۸' ۵۱''	۳۶° ۴۴' ۴۰''
		C <sub>3</sub> (۳۰ متر)	۴۸۰۰	۵۲° ۳۷' ۴۷''	۳۶° ۴۷' ۰۷''
۴	امیرآباد	A <sub>4</sub> (۵ متر)	۱۳۰۰	۵۳° ۰۷' ۵۷''	۳۶° ۴۹' ۴۷''
		B <sub>4</sub> (۱۵ متر)	۴۹۴۰	۵۳° ۰۷' ۴۱''	۳۶° ۵۲' ۲۷''
		C <sub>4</sub> (۳۰ متر)	۴۶۵۶	۵۳° ۰۷' ۴۹''	۳۶° ۵۴' ۵۷''



شکل ۱.۲: ایستگاههای نمونه برداری به همراه نام ایستگاهها، و نیم خط ها در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

## ۲.۲ - روشهای آنالیز نمونه ها

در این قسمت روش های مورد استفاده برای آنالیز نمونه های هیدروشیمی به طور خلاصه آورده شده است. نمونه های آب جمع آوری شده در فریزر نگهداری شده و به آزمایشگاه فیزیکوشیمیایی واقع در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر منتقل و سپس مورد آنالیز قرار گرفتند.

### ۱-۲-۲- نمونه برداری آب و اندازه گیری برخی پارامترهای در محل نمونه برداری

تعداد ۷۲ نمونه آب از سطح (عمق ۳۰ تا ۵۰ سانتی متر) در اعماق ۵، ۱۵ و ۳۰ متر با استفاده از نمونه بردار ۲ لیتری نسکین جمع آوری شد. در محل نمونه برداری، پارامترهای درجه حرارت آب، pH و شفافیت اندازه گیری گردیدند. اندازه گیری درجه حرارت آب با استفاده از دماسنج معمولی و دماسنج برگردان و pH بوسیله pH متر پرتابل (WTW 320) صورت پذیرفت. شفافیت آب به طور غیر مستقیم با استفاده از شی سی دیسک اندازه گیری شد (دیسک با قطر ۵۰ سانتی متر با رنگ سیاه و سفید).

### ۲.۲.۲ - شوری

شوری (ppt) آب بوسیله دستگاه شوری سنج مدل  $\Gamma\text{M}_{65\text{M}}$  روسی با دقت ۰.۰۱ در آزمایشگاه اندازه گیری گردید.

### ۳-۲-۲-۱ اکسیژن محلول

اکسیژن محلول (DO) با روش وینکلر (Winkler) اندازه گیری شد (APHA, 2005). در این روش میزان ۲۵۰ میلی لیتر نمونه را در بطری موسوم به بطری وینکلر ریخته و به آن ۲ میلی لیتر محلول های سولفات منگنز و یدور قلیایی اضافه می گردد. در آزمایشگاه با اضافه کردن اسید سولفوریک و چند قطره محلول نشاسته با تیرانت تیو سولفات سدیم تیترو می شود و سپس غلظت اکسیژن محلول را بر حسب میلی گرم بر لیتر محاسبه می شود. از آنجایی که در آبهای شور و لب شور واحد اکسیژن بر حسب میلی لیتر بر لیتر نشان داده می شود بنابراین غلظت اکسیژن محلول بر حسب میلی گرم بر لیتر بر ضریب ۱/۴۲ (ضریب تصحیح شوری) تقسیم گردید (Katunin and Sapozhnikov, 1997).

### ۴-۲-۲-۲ آنالیز مواد مغذی

در علوم دریایی، غلظت مواد مغذی معمولاً در واحد مولار سنجیده می شوند (  $\mu\text{mol/l}$  یا میکرو مولار  $\mu\text{M}$ ). در این مطالعه نیز واحد های مواد مغذی بر حسب میکرو مولار بیان گردیده است (Sapozhnikov et al., 1988).

### یون ازت آمونیمی

واکنش یون آمونیوم ( $\text{NH}_4^+/\text{N}$ ) با هیپوکلریت و فنل ترکیب آبی رنگ ایندوفنل (indophenol) را تشکیل می دهد (Solorzano, 1969; APHA, 2005; Sapozhnikov et al., 1988). شدت رنگ آبی با اسپکتروفتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰) در طول موج ۶۳۰ نانومتر اندازه گیری گردید. در نهایت با مقایسه منحنی استاندارد غلظت یون ازت آمونیمی سنجیده شد.

### ازت نیترونی و ازت نیتراتی

این دو یون ازتی ( $\text{NO}_3^-/\text{N} + \text{NO}_2^-/\text{N}$ ) به عنوان ازت اکسید شده شناخته شده است. روش ستون کاهشی کادمیم (APHA, 2005) یک روش توصیه شده ای است که به طور گسترده ای بکار میرود. در این روش یون ازت نیتراتی بوسیله ستونی از ملغمه کادمیم و مس به یون ازت نیترونی کاهش می یابد. این یون با ترکیب با سولفانیل و نفتیل آمین رنگ قرمز تولید کرده که در طول موج ۵۴۳ نانومتر، جذب آن قرائت میگردد. در نهایت با مقایسه منحنی استاندارد غلظت یون های ازت نیترونی و ازت نیتراتی سنجیده شد.

### ازت معدنی و آلی محلول

از مجموع غلظت یون های ازت آمونیمی، ازت نیترونی و ازت نیتراتی غلظت ازت معدنی (DIN) بدست می آید.  

$$\text{DIN} = (\text{NH}_4^+) + (\text{NO}_2^-) + (\text{NO}_3^-)$$

همچنین غلظت ترکیب ازت آلی (DON) از تفاضل ازت کل و ازت معدنی محاسبه می گردد. Yurkovskis, (2004).

$$\text{DON} = \text{TN} - \text{DIN}$$

### فسفر معدنی و آلی محلول

فسفر معدنی (فسفات) (DIP) در آب را با ازت آمونیمی مولیدات واکنش داده و سپس بوسیله اسید اسکوربیک به کمپلکس آبی رنگ تبدیل می گردد. جذب این ترکیب آبی رنگ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۸۸۵ نانومتر قرائت می شود. در نهایت با مقایسه منحنی استاندارد غلظت یون فسفات سنجیده شد (Murphy and Riley, 1962). غلظت فسفر آلی (DOP) از تفاضل فسفر کل (TP) از فسفر معدنی (DIP) محاسبه گردید. (Yurkovskis, 2004).

$$\text{DOP} = \text{TP} - \text{DIP}$$

### ازت و فسفر کل

جهت اندازه گیری نیتروژن و فسفر کل (TN, TP) نیاز است با عمل فرایند هضم با پرسولفات-بوریک اسید ترکیبات آلی به فرم معدنی تبدیل گردد (Valderrama, 1981). در این روش ترکیبات بالا را به نمونه ها افزوده و در اتوکلاو با شرایط دمای ۱۲۱ درجه سانتی گراد و فشار ۱/۵-۱/۰ اتمسفر به مدت ۳۰-۶۰ دقیقه قرار می دهیم. پس از این مرحله تمامی ترکیبات ازت دار و فسفر دار به ترتیب به ازت نیتراتی و فسفات تبدیل می گردند. در نهایت با مقایسه منحنی استاندارد غلظت TN و TP سنجیده شد.

### سیلیس محلول

سیلیس محلول (DSi) با استفاده از روش مولیدوسیلیکات و بوسیله اسپکتروفتومتری اندازه گیری گردید (Sapozhnikov et al., 1988). در این روش سیلیس محلول با مولیدات واکنش داده و در مجاورت اسید اگزالیک به کمپلکس زرد رنگ تبدیل می شود. جذب نمونه در طول موج ۳۸۰ نانومتر قرائت شده و در نهایت با مقایسه منحنی استاندارد غلظت DSi سنجیده شد.

### ۳-۲- آنالیز آماری

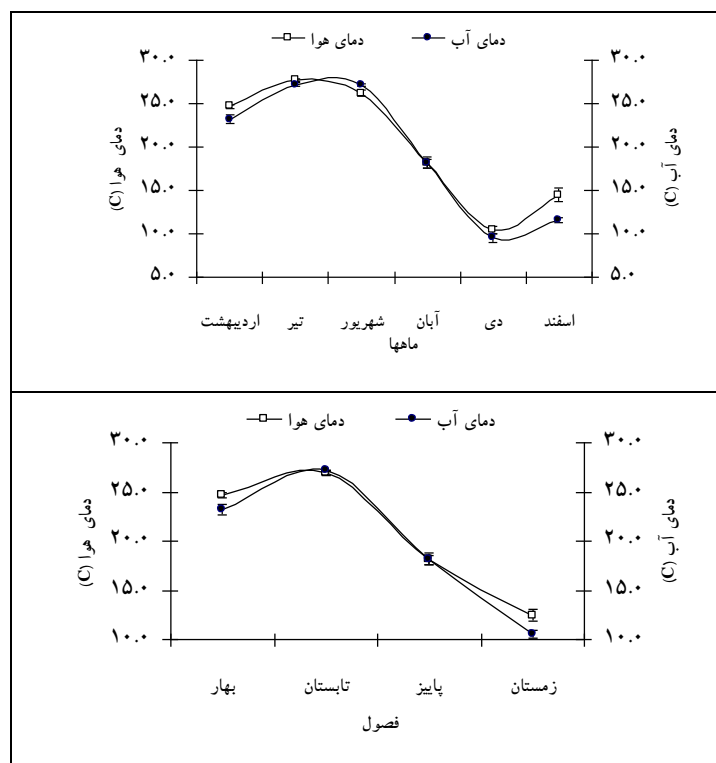
در این مطالعه دو گروه از متغیرها یعنی متغیرهای مستقل (ایستگاه ها، ماهها، فصل ها، نیم خط و عمق) و متغیرهای وابسته ( کلیه پارامترهای فیزیکوشیمیایی) در نظر گرفته شدند (Bluman, 1998). داده های فیزیکوشیمیایی بر اساس یکی از فرایندهای لگاریتم پایه ۱۰ و رتبه بندی انتقال داده و سپس با رسم نمودار Q-Q و با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک نرمال بودن آن تایید گردید (Siapatis et al., 2008). سپس روش پارامتریک برای تجزیه و تحلیل آماری داده های نرمال شده استفاده گردیده است. آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون تی (T-Test) برای مقایسه تفاوت های موجود در پارامترهای زیست محیطی در میان دوره های مختلف مورد استفاده

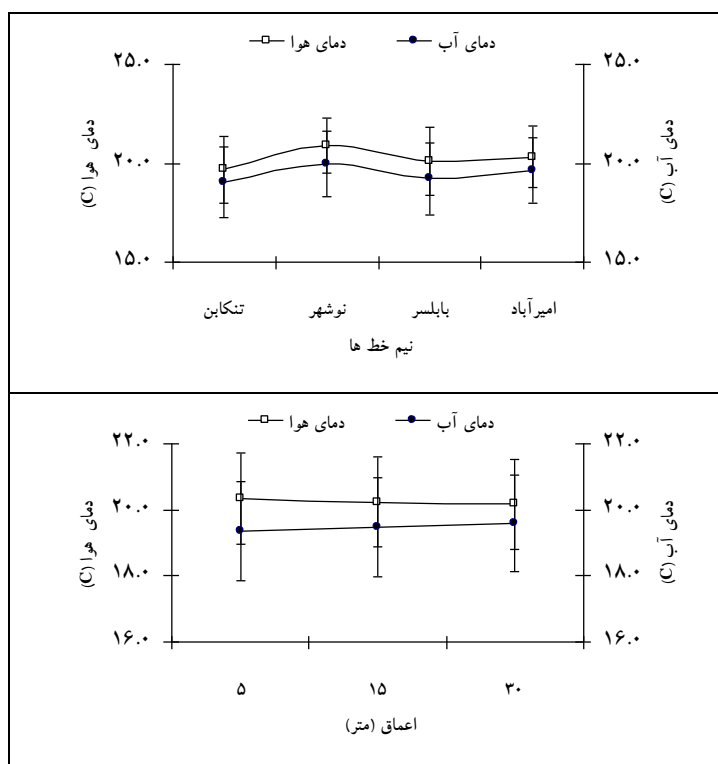
قرار گرفت. همه آزمونها در سطح معنی دار ۵٪ انجام شد. ضریب همبستگی پیرسون برای یافتن ارتباط بین پارامترهای شیمیایی، فیزیکی استفاده شد. آنالیز واریانس، آزمون تی و ضریب همبستگی پیرسون با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۱/۵ انجام گردید. در ضمن تمام میانگین ها به همراه خطای استاندارد (Mean±SE) آورده شده است.

### ۳. نتایج

#### ۳-۱- دمای هوا و آب

میانگین تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) دمای هوا و آب (°C) در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۱.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر دمای سطحی آب در فصل تابستان و حداقل آن در فصل زمستان ثبت گردید و مقادیر حداکثر و حداقل به ترتیب در ماههای تیر و دی مشاهده گردید. تغییرات دمای آب در نیم خط ها بطوریکه بین ۱۹/۰۴ تا ۱۹/۹۶ درجه سانتیگراد متغیر بوده است. در اعماق مختلف دمای آب بین ۱۹/۳۴ تا ۱۹/۵۸ درجه سانتیگراد نوسان داشته است. در خصوص دمای هوا نیز روند زمانی و مکانی تقریبا مشابه دمای آب بوده است (نمودار ۱.۳). میانگین سالانه دمای هوا و آب به ترتیب برابر  $20/25 \pm 0/87$  و  $19/46 \pm 0/85$  درجه سانتیگراد متغیر بوده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین دمای آب و هوا در ماههای مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ( $p < 0/05$ ) بطوریکه آزمون دانکن این شش ماه را برای دمای هوا به شش گروه و برای دمای آب به پنج گروه (تیر و شهریور در یک گروه) تفکیک کرده است. میانگین دمای هوا و آب در فصول مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < 0/05$ ) و آزمون دانکن این چهار فصل را به چهار گروه تفکیک کرده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین دمای آب و هوا در نیم خط ها و اعماق مختلف اختلاف معنی داری را نشان نداد ( $p > 0/05$ ).



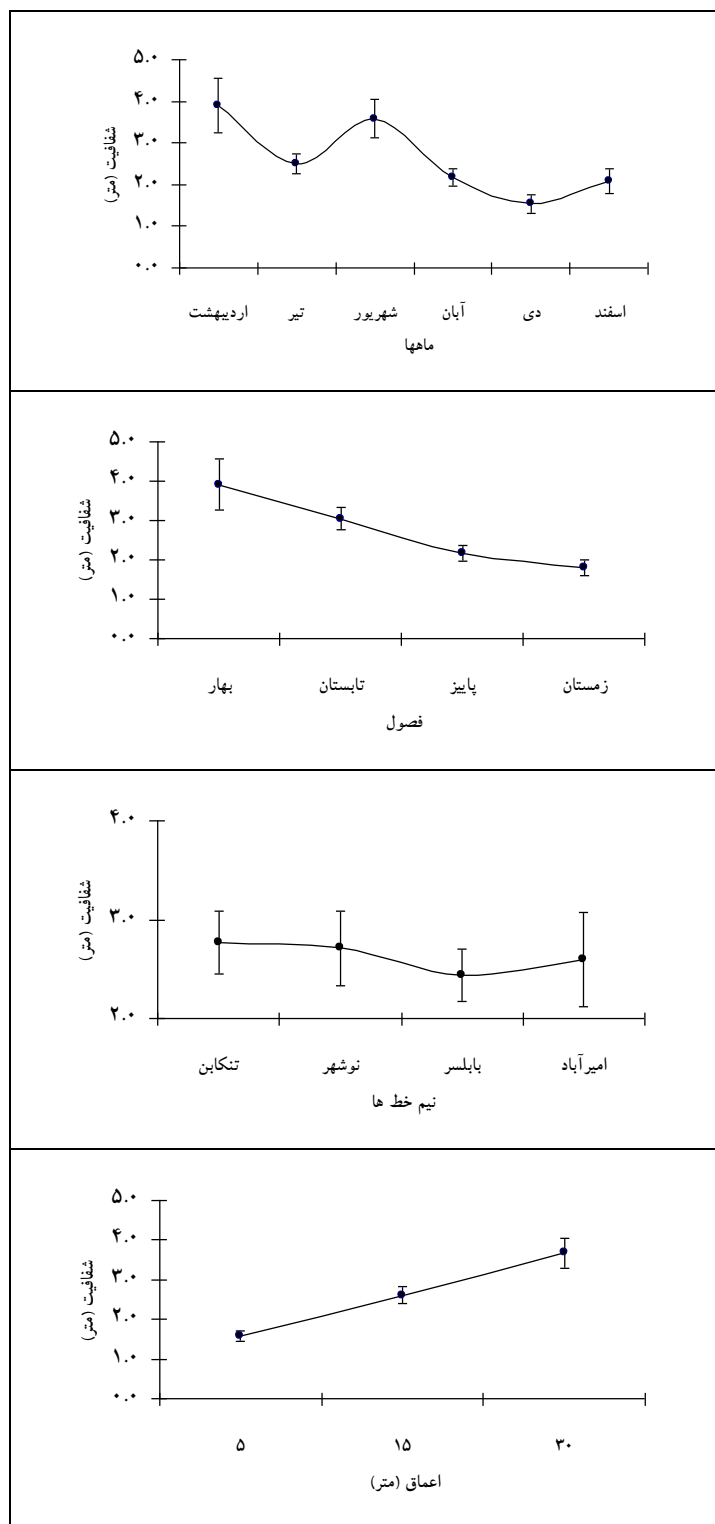


نمودار ۱.۳- تغییرات میانگین زمانی و مکانی دمای آب و هوا (°C) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱). آنتک ها نشان دهنده خطای معیار (SE) می باشد

### ۳-۲- شفافیت

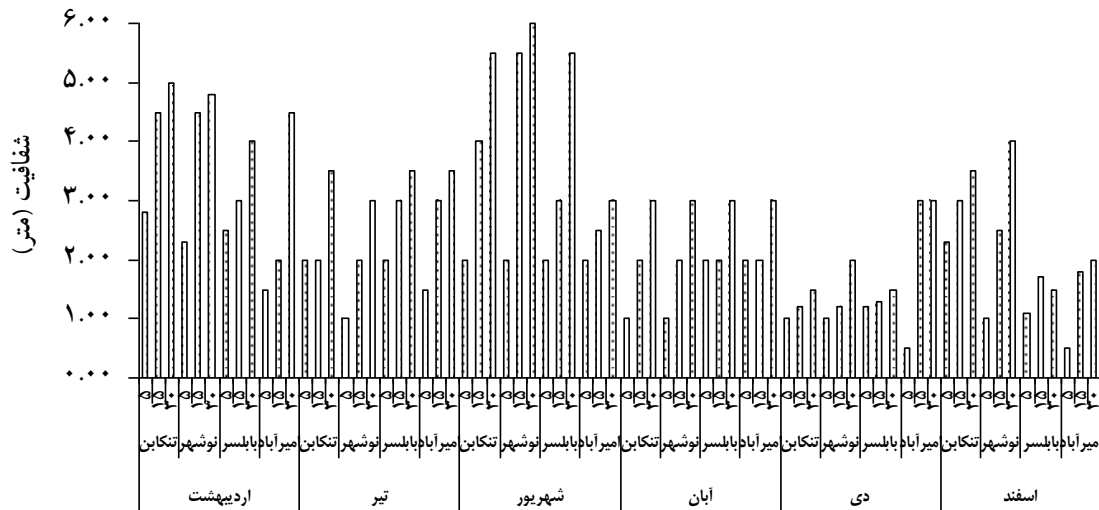
میانگین تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) شفافیت (SD) آب (متر) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۲.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر در فصل بهار و حداقل آن در فصل زمستان ثبت گردید و مقادیر حداکثر و حداقل این متغیر به ترتیب در ماههای اردیبهشت و دی مشاهده گردید. تغییرات شفافیت در نیم خط ها بطوری که بین ۲/۴۳ تا ۲/۷۷ متر متغیر بوده است. در اعماق مختلف شفافیت آب بین ۱/۵۹ تا ۳/۶۸ متر نوسان داشته است (نمودار ۲.۳). همچنین میانگین سالانه شفافیت آب برابر  $۲/۶۳ \pm ۰/۱۸$  متر متغیر بوده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین شفافیت آب در ماههای مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ( $p < ۰/۰۵$ ) بطوریکه آزمون دانکن این شش ماه را سه گروه تفکیک کرده است. میانگین شفافیت در فصول مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < ۰/۰۵$ ) و آزمون دانکن این چهار فصل را به سه گروه تفکیک کرده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین شفافیت در نیم خط ها مختلف اختلاف معنی داری را نشان نداد ( $p > ۰/۰۵$ ). میانگین شفافیت در اعماق مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < ۰/۰۵$ ) و آزمون دانکن این سه عمق را به سه گروه تفکیک کرده است.





نمودار ۲.۳- تغییرات میانگین زمانی و مکانی شفافیت (متر) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱). آنتک ها نشان دهنده خطای معیار (SE) می باشد

تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) شفافیت آب (متر) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۳.۳ نشان داده شده است. حداکثر شفافیت آب در شهریور و در اعماق ۳۰ متری بابلسر و نوشهر ثبت گردید و حداقل های آن در اعماق مختلف پراکنده می باشد.

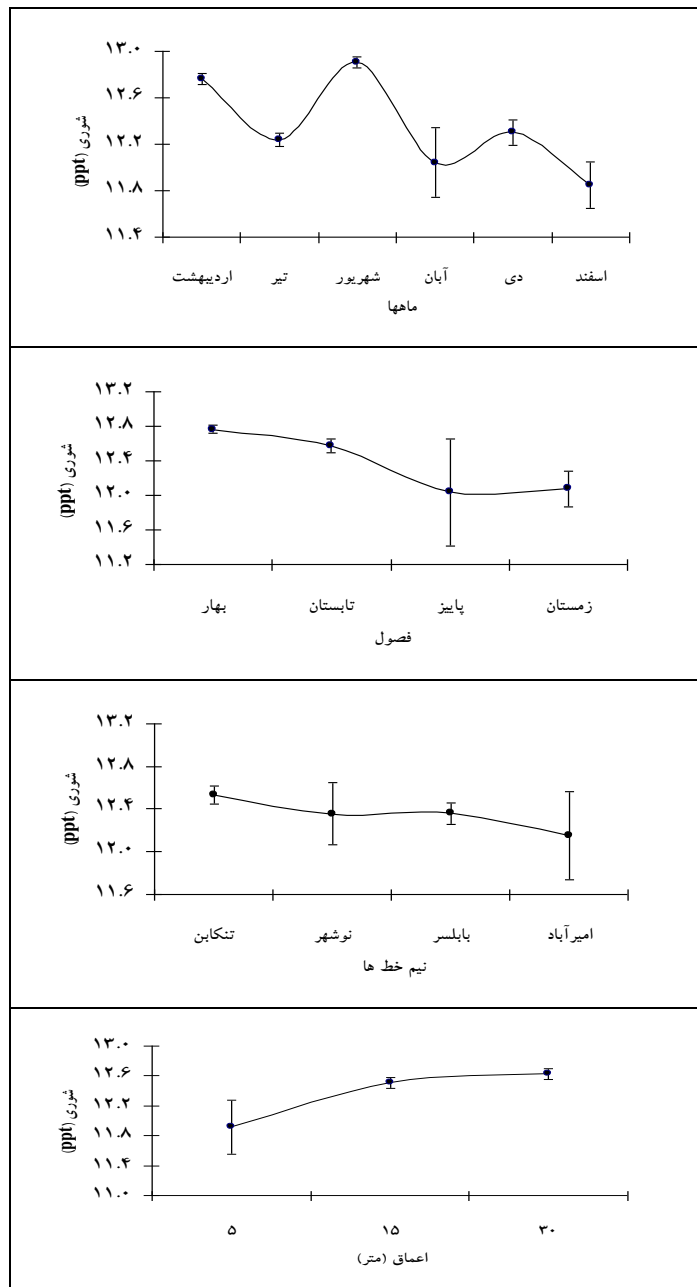


نمودار ۳.۳- تغییرات زمانی و مکانی شفافیت (متر) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

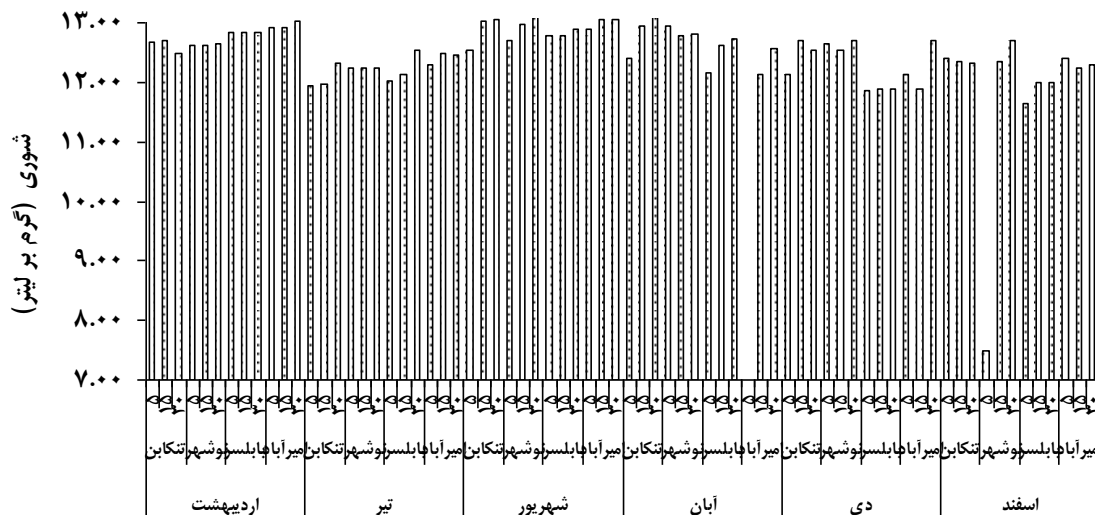
### ۳.۳ - شوری

میانگین تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) شوری آب (ppt) در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۴.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر شوری در فصل بهار و حداقل آن در فصل پاییز ثبت گردید و مقادیر حداکثر و حداقل این متغیر به ترتیب در ماههای شهریور و اسفند مشاهده گردید. تغییرات شوری آب در نیم خط ها بطوریکه بین ۱۲/۱۵ تا ۱۲/۵۳ ppt متغیر بوده است. در اعماق مختلف شوری آب بین ۱۱/۱۹ تا ۱۲/۶۳ ppt نوسان داشته است (نمودار ۴.۳). میانگین سالانه شوری آب برابر  $12/35 \pm 0/13$  ppt بوده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین شوری آب در ماههای مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ( $p < 0/05$ ) بطوریکه آزمون دانکن این شش ماه را سه گروه تفکیک کرده است. میانگین شوری در فصول مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < 0/05$ ) و آزمون دانکن این چهار فصل را به سه گروه (زمستان یک گروه و دیگر فصول در گروه دیگر) تفکیک کرده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین شوری در نیم خط ها مختلف اختلاف معنی داری را نشان نداد ( $p > 0/05$ ). میانگین شوری در اعماق مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < 0/05$ ) و آزمون دانکن این سه عمق را به دو گروه (۵ متر در یک گروه و ۳۰ متر در گروه دیگر و ۱۵ متر در هر دو گروه مشترک) تفکیک کرده است.

تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) شوری آب (ppt) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۴.۳ نشان داده شده است. حداکثر شوری آب در اردیبهشت و شهریور و در اعماق ۳۰ متری تنکابن و امیرآباد ثبت گردید و حداقل آن در عمق ۵ متری در نیم خط نوشهر مشاهده گردید.



نمودار ۴.۳- تغییرات میانگین زمانی و مکانی شوری (ppt) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱). آنتک ها نشان دهنده خطای معیار (SE) می باشد

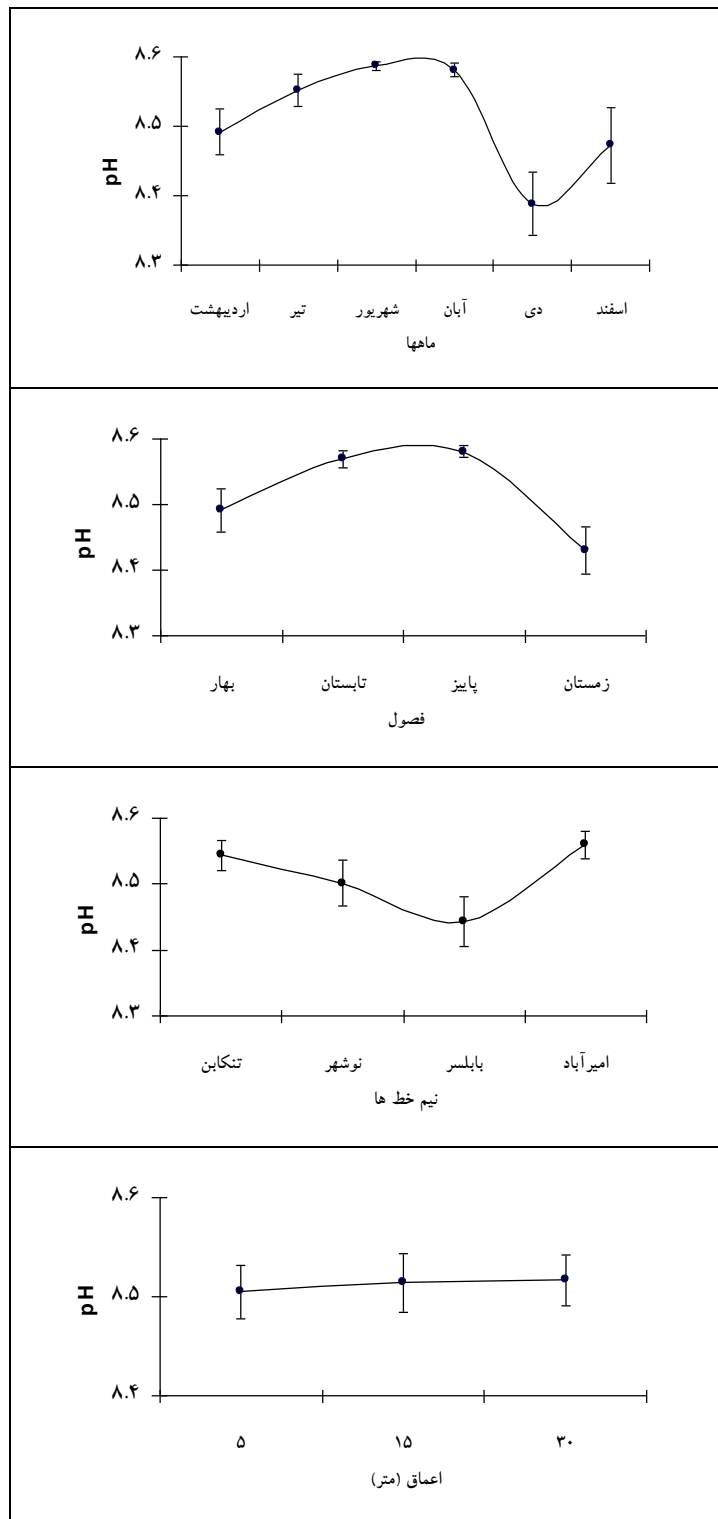


نمودار ۵.۳- تغییرات زمانی و مکانی شوری (ppt) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

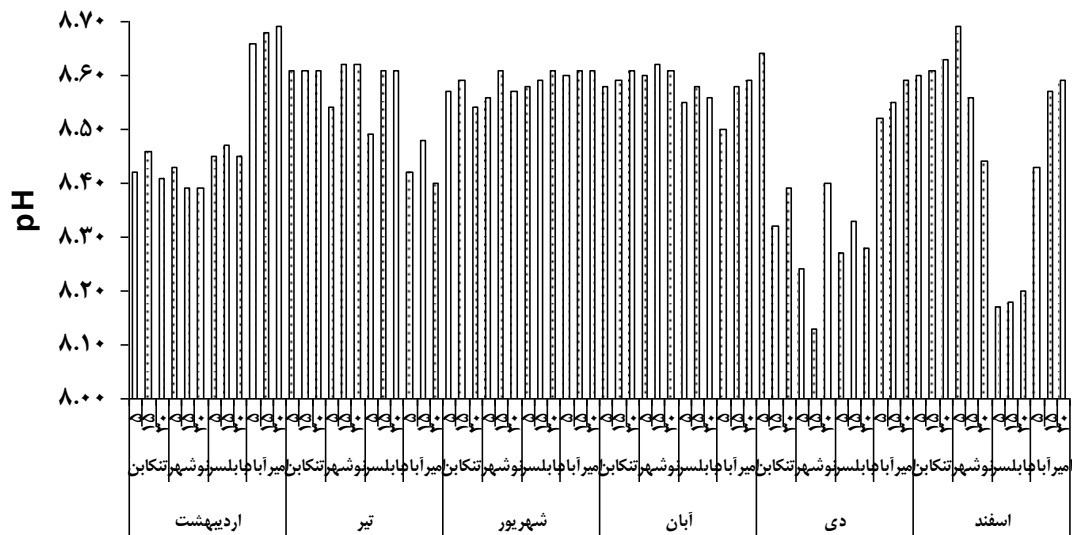
#### ۴-۳- pH

میانگین تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) pH آب در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۶.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر pH در فصل پاییز و حداقل آن در فصل زمستان ثبت گردید و مقادیر حداکثر و حداقل این متغیر به ترتیب در ماههای آبان و دی مشاهده گردید. تغییرات pH آب در نیم خط ها بین ۸/۴۴ تا ۸/۵۶ متغیر بوده است. در اعماق مختلف pH آب بطئی بوده بطوریکه بین ۸/۵۱ تا ۸/۵۲ نوسان داشته است (نمودار ۶.۳). میانگین سالانه pH آب برابر  $۸/۵۱ \pm ۰/۰۲$  بوده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین pH آب در ماههای مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ( $p < ۰/۰۵$ ) بطوریکه آزمون دانکن این شش ماه را دو گروه (اسفند در یک گروه و بقیه ماهها در گروه دیگر) تفکیک کرده است. میانگین pH در فصول مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < ۰/۰۵$ ) و آزمون دانکن این چهار فصل را به دو گروه (زمستان یک گروه و دیگر فصول در گروه دیگر) تفکیک کرده است. میانگین pH در نیم خط ها مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < ۰/۰۵$ ) و آزمون دانکن این چهار نیم خط را به سه گروه (بابلسر در یک گروه و تنکابن و امیرآباد در گروه دیگر و نیم خط نوشهر در هر دو گروه مشترک) تفکیک کرده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین pH در اعماق مختلف اختلاف معنی داری را نشان نداد ( $p > ۰/۰۵$ ).

تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) pH آب در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۷.۳ نشان داده شده است. حداکثر pH آب در اردبیهشت و اسفند و در اعماق مختلف نوشهر و امیرآباد ثبت گردید و حداقل آن در عمق ۱۵ متری در نیم خط نوشهر و بابلسر مشاهده گردید.



نمودار ۶.۳- تغییرات میانگین زمانی و مکانی pH در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱).  
 آنتک ها نشان دهنده خطای معیار (SE) می باشد

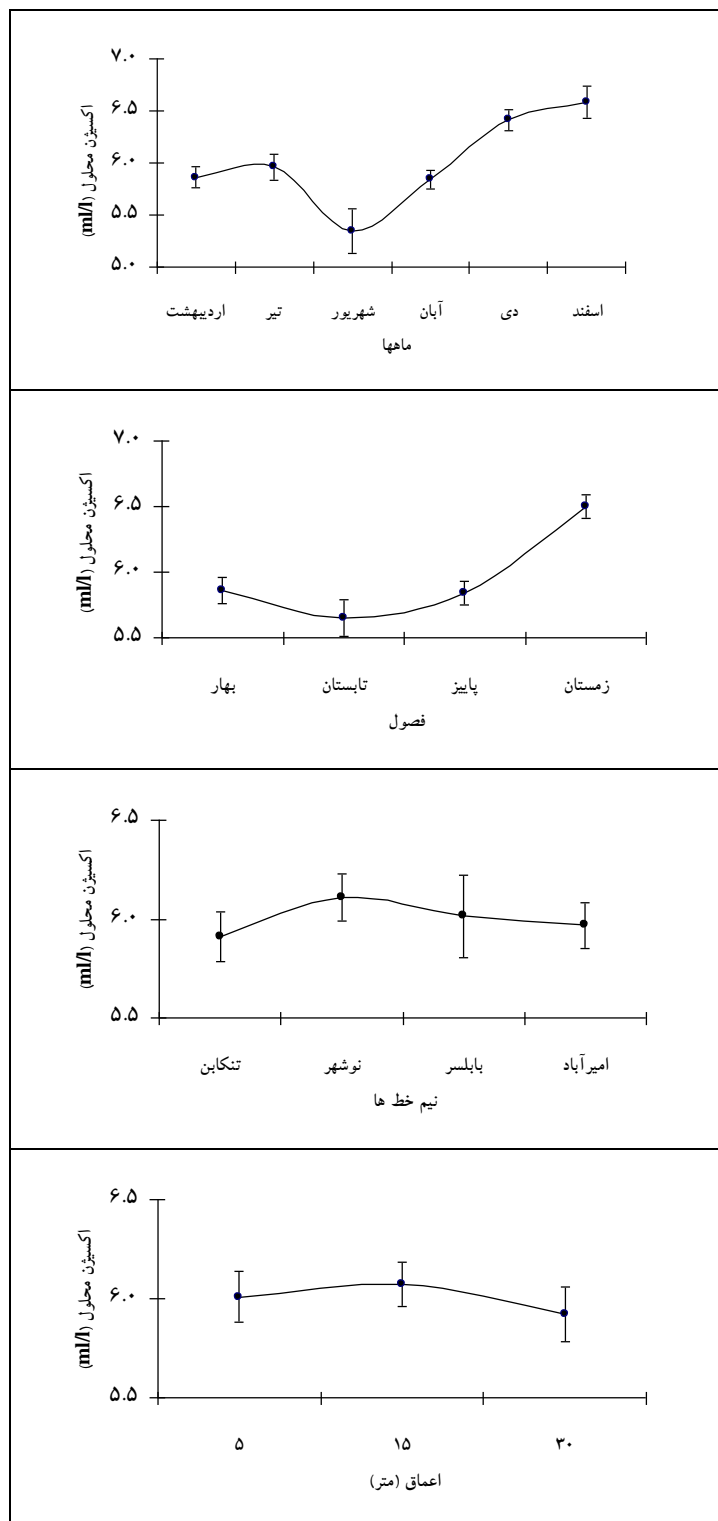


در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱) pH نمودار ۲.۳- تغییرات زمانی و مکانی

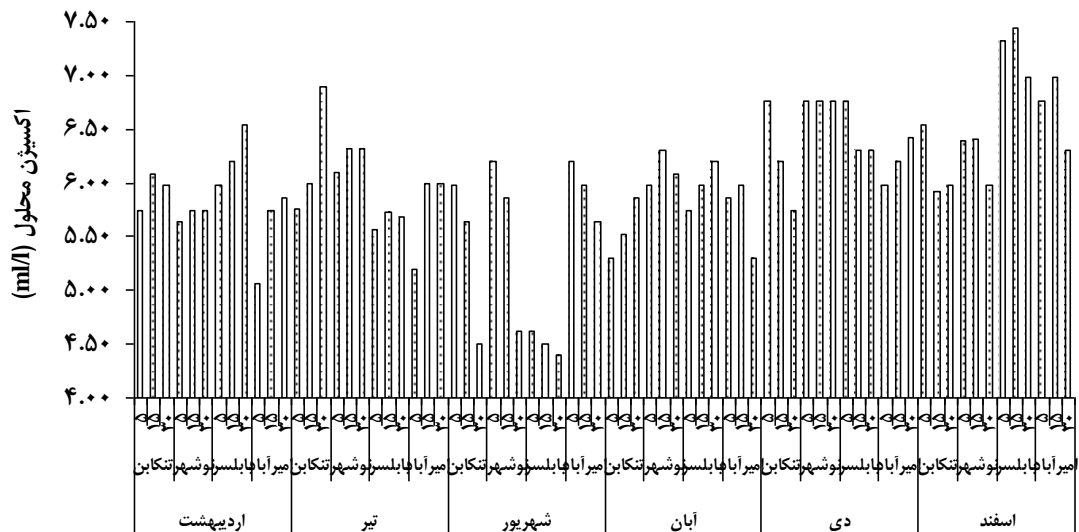
### ۳-۵- اکسیژن محلول

میانگین تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) اکسیژن محلول (DO) آب در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۸.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر اکسیژن محلول در فصل زمستان و حداقل آن در فصل تابستان ثبت گردید و مقادیر حداکثر و حداقل این متغیر به ترتیب در ماههای اسفند و شهریور مشاهده گردید. تغییرات اکسیژن محلول آب در نیم خط ها بین ۵/۹۱ تا ۶/۱۱ میلی لیتر بر لیتر متغیر بوده است. در اعماق مختلف اکسیژن محلول آب بطئی بوده بطوریکه بین ۵/۹۲ تا ۶/۰۷ میلی لیتر بر لیتر نوسان داشته است (نمودار ۸.۳). میانگین سالانه اکسیژن محلول آب برابر  $6/07 \pm 0/07$  میلی لیتر بر لیتر بوده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین اکسیژن محلول آب در ماههای مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ( $p < 0/05$ ) بطوریکه آزمون دانکن این شش ماه را سه گروه (اسفند و دی در دو گروه و بقیه ماهها در گروه دیگر) تفکیک کرده است. میانگین اکسیژن محلول در فصول مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < 0/05$ ) و آزمون دانکن این چهار فصل را به دو گروه (زمستان یک گروه و دیگر فصول در گروه دیگر) تفکیک کرده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین اکسیژن محلول در نیم خط ها و اعماق مختلف اختلاف معنی داری را نشان نداد ( $p > 0/05$ ).

تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) اکسیژن محلول آب در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۹.۳ نشان داده شده است. حداکثر اکسیژن محلول آب در اسفند در اعماق ۱۵ و ۳۰ متری بابلر ثبت گردید و حداقل آن در اعماق مختلف در نیم خط نوشهر و بابلر شهریور مشاهده گردید.



نمودار ۸.۳- تغییرات میانگین زمانی و مکانی اکسیژن محلول (ml/l) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱). آنتک ها نشان دهنده خطای معیار (SE) می باشد



نمودار ۹.۳- تغییرات زمانی و مکانی اکسیژن محلول (ml/l) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین متغیرهای دما، شفافیت، شوری، pH و اکسیژن محلول نشان داد که دما با اکسیژن محلول همبستگی منفی داشته ( $r = -0.52$ ) اما با بقیه متغیرهای شفافیت ( $r = 0.48$ )، شوری ( $r = 0.32$ )، pH ( $r = 0.40$ ) همبستگی مثبتی را نشان داده است.

جهت نشان دادن درجه اهمیت این متغیرهای از آزمون رگرسیون گام به گام استفاده شده است. نتایج آزمون رگرسیون گام به گام در معادله زیر نشان داد که دما ارتباط بیشتری را با اکسیژن محلول داشته است و متغیرهای شفافیت و pH در رده های دوم و سوم قرار گرفتند. همچنین متغیر شوری رابطه معنی داری را با دما نشان نداده است (جدول ۱.۳).

$$Tem. W = -0.001 - 0.33DO + 0.30SD + 0.23pH$$

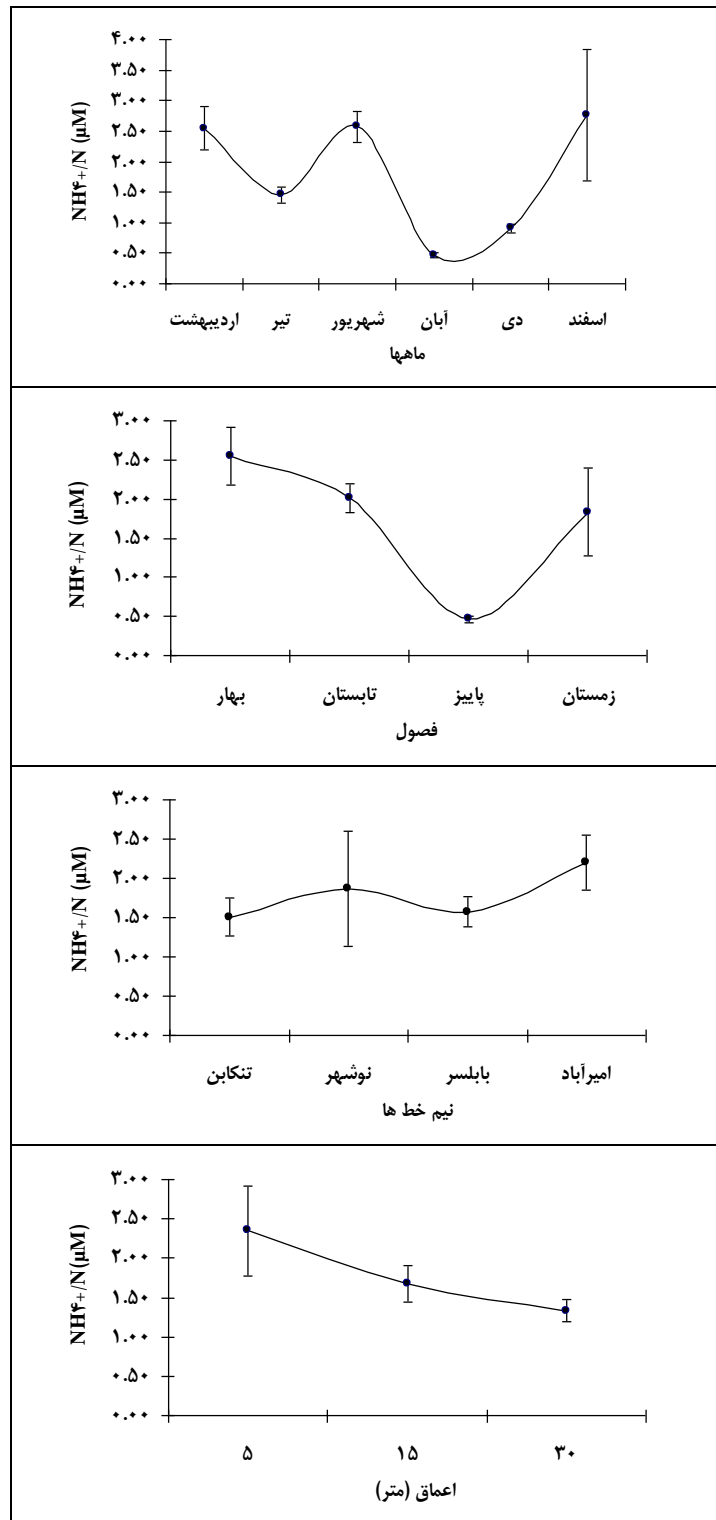


جدول ۱.۳: نتایج رگرسیون چندگانه گام به گام برای اثرات دمای آب بر چهار متغیر شفافیت، شوری، pH و اکسیژن محلول. ضرایب رگرسیون غیر استاندارد برای متغیرهای مستقل در مدل نهایی در نظر گرفته شد، تمام متغیرهای وابسته در سطح ۰.۰۵ معنی دار بوده است

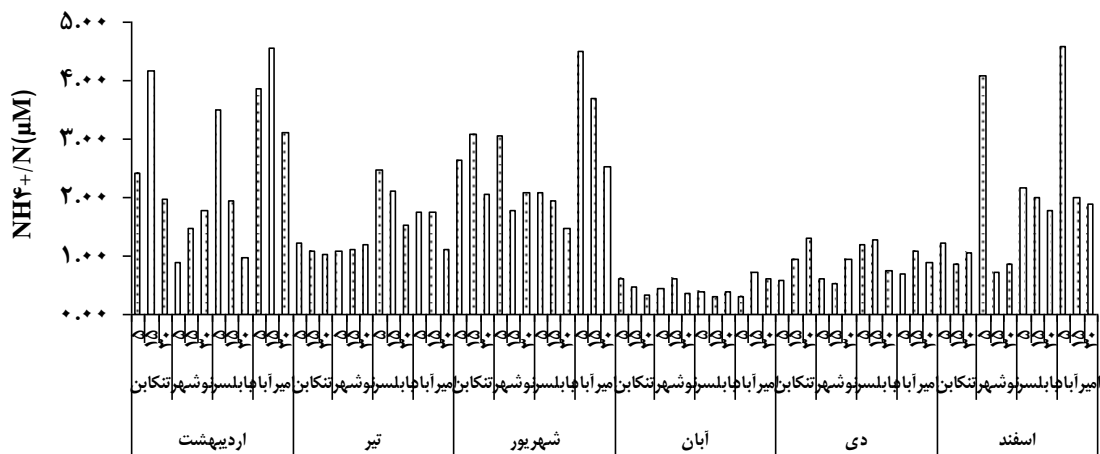
دمای آب (Tem.W)						متغیر
R <sup>2</sup>	R	Adjusted R square	Sig.	ضریب	عرض از مبدا	
۰/۳۶	۰/۶۰	۰/۳۴	p<۰/۰۵	۰/۳۰	-۰/۰۰۱	شفافیت (SD)
-	-	-	p>۰/۰۵	-	-	شوری
۰/۴۱	۰/۶۴	۰/۳۸	p<۰/۰۵	۰/۲۳	-۰/۰۰۱	pH
۰/۲۷	۰/۵۲	۰/۲۶	p<۰/۰۵	-۰/۳۳	-۰/۰۰۱	اکسیژن محلول (DO)

### ۶-۳- ازت آمونیمی

میانگین تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) ازت آمونیمی (NH<sub>4</sub>+N) در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۱۰.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر ازت آمونیمی در فصل بهار و حداقل آن در فصل پاییز ثبت گردید نمودار ماهانه دارای سه حداکثر در اردیبهشت، شهریور و اسفند بوده است حداقل این متغیر در ماه آبان مشاهده گردید. تغییرات ازت آمونیمی آب در نیم خط ها با حداکثر در نیم خط امیرآباد بین ۱/۵۰ تا ۲/۲۰ میکرومولار متغیر بوده است. در اعماق مختلف ازت آمونیمی آب با حداکثر در عمق ۵ متر بین ۱/۳۳ تا ۲/۳۵ میکرومولار نوسان داشته است (نمودار ۱۰.۳). میانگین سالانه ازت آمونیمی آب برابر ۱/۷۹±۰/۲۲ میکرومولار بوده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین ازت آمونیمی آب در ماههای مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد (p<۰/۰۵) بطوریکه آزمون دانکن این شش ماه را چهار گروه (تیر، آبان و دی در سه گروه و بقیه ماهها بصورت مشترک در گروه دیگر) تفکیک کرده است. میانگین ازت آمونیمی در فصول مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است (p<۰/۰۵) و آزمون دانکن این چهار فصل را به سه گروه (پاییز و زمستان در دو گروه و دو فصل بهار و تابستان در گروه دیگر) تفکیک کرده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین ازت آمونیمی آب در نیم خط ها و اعماق مختلف اختلاف معنی داری را نشان نداد (p>۰/۰۵). تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) ازت آمونیمی آب در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۱۱.۳ نشان داده شده است. حداکثر ازت آمونیمی آب در ماههای اردیبهشت، شهریور و اسفند در نیم خط امیرآباد ثبت گردید و حداقل آن در اعماق و نیم خط های مختلف در آبان مشاهده گردید.



نمودار ۱۰.۳- تغییرات میانگین زمانی و مکانی ازت آمونیمی ( $\mu\text{M}$ ) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱). آنتک ها نشان دهنده خطای معیار (SE) می باشد

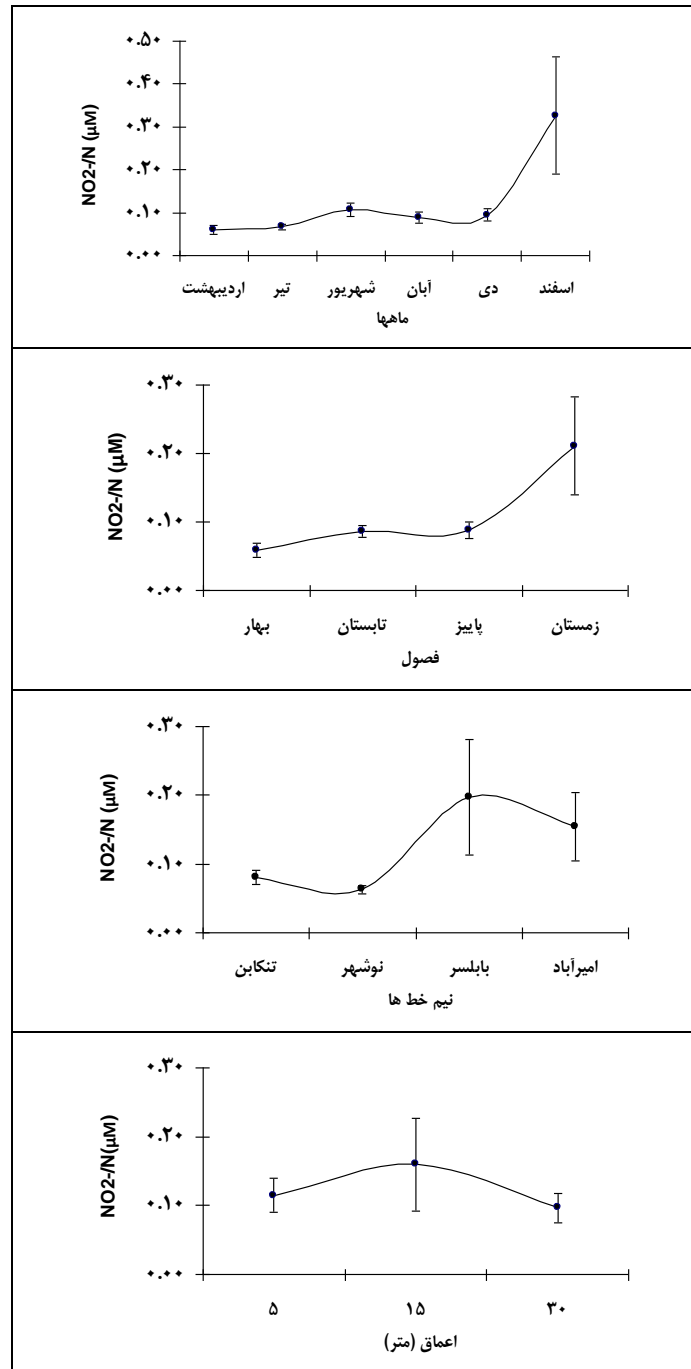


نمودار ۱۱.۳- تغییرات زمانی و مکانی ازت آمونیمی ( $\mu\text{M}$ ) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

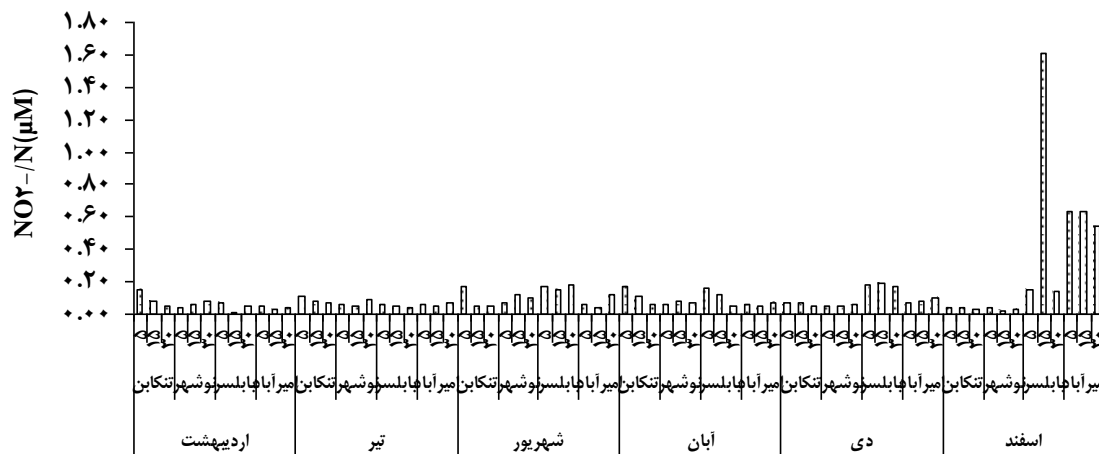
### ۳-۷- ازت نیتریتی

میانگین تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) ازت نیتریتی ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۱۲.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر ازت نیتریتی در فصل زمستان و حداقل آن در فصل بهار ثبت گردید و مقادیر حداکثر و حداقل این متغیر به ترتیب در ماههای اسفند و اردیبهشت مشاهده گردید. تغییرات ازت نیتریتی آب در نیم خط ها بین  $0/08$  تا  $0/20$  میکرومولار متغیر بوده است. در اعماق مختلف ازت نیتریتی آب بطنی بوده بطوریکه بین  $0/10$  تا  $0/16$  میکرومولار نوسان داشته است (نمودار ۱۲.۳). میانگین سالانه ازت نیتریتی آب برابر  $0/12 \pm 0/02$  میکرومولار بوده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین ازت نیتریتی آب در ماهها، فصول، نیم خط ها و اعماق مختلف اختلاف معنی داری را نشان نداد ( $p > 0/05$ ).

تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) ازت نیتریتی آب در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۱۳.۳ نشان داده شده است. حداکثر ازت نیتریتی آب در اسفند در اعماق ۱۵ متری بابلر ثبت گردید و حداقل آن در اعماق و نیم خط های مختلف مشاهده گردید.



نمودار ۱۲.۳- تغییرات میانگین زمانی و مکانی ازت نیترویتی (µM) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱). آنتک ها نشان دهنده خطای معیار (SE) می باشد

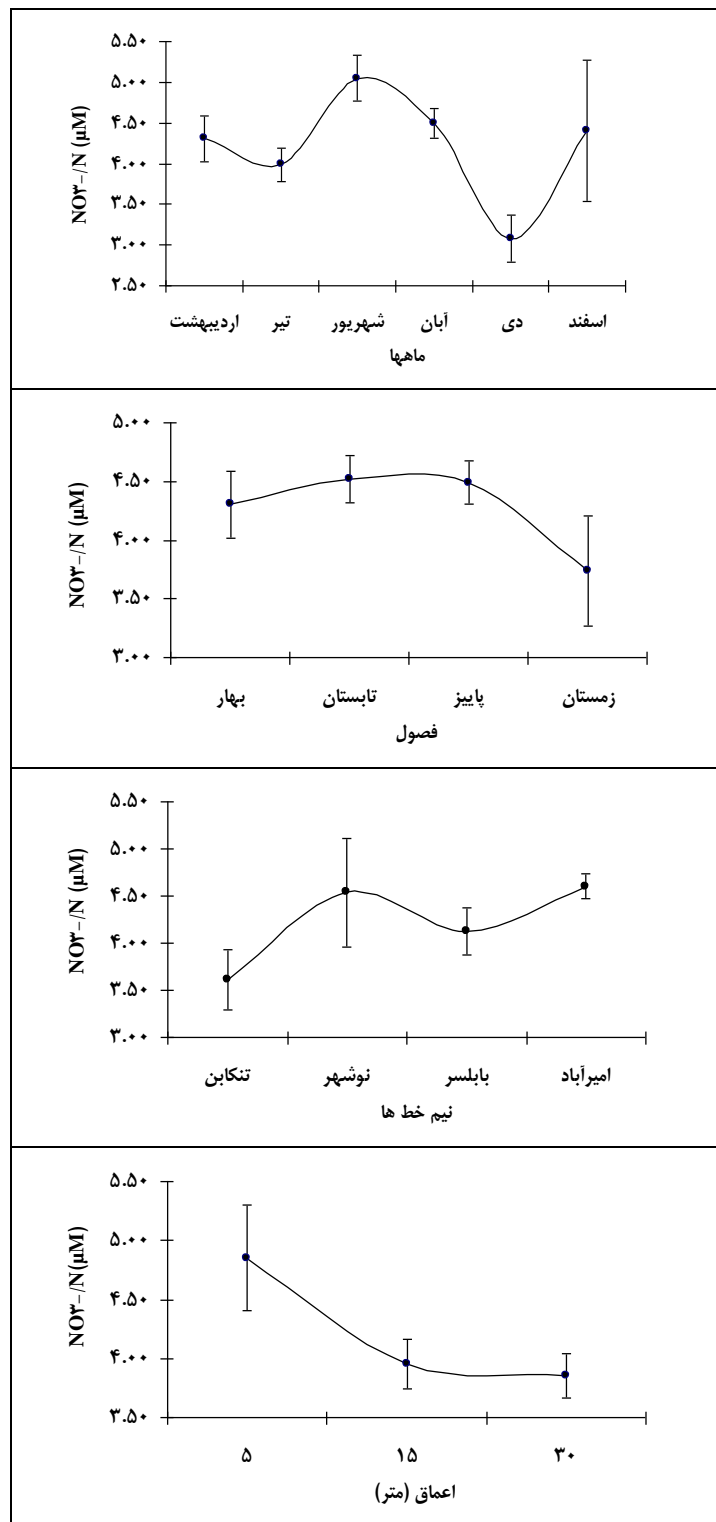


نمودار ۱۳.۳- تغییرات زمانی و مکانی ازت نیتریتی ( $\mu\text{M}$ ) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

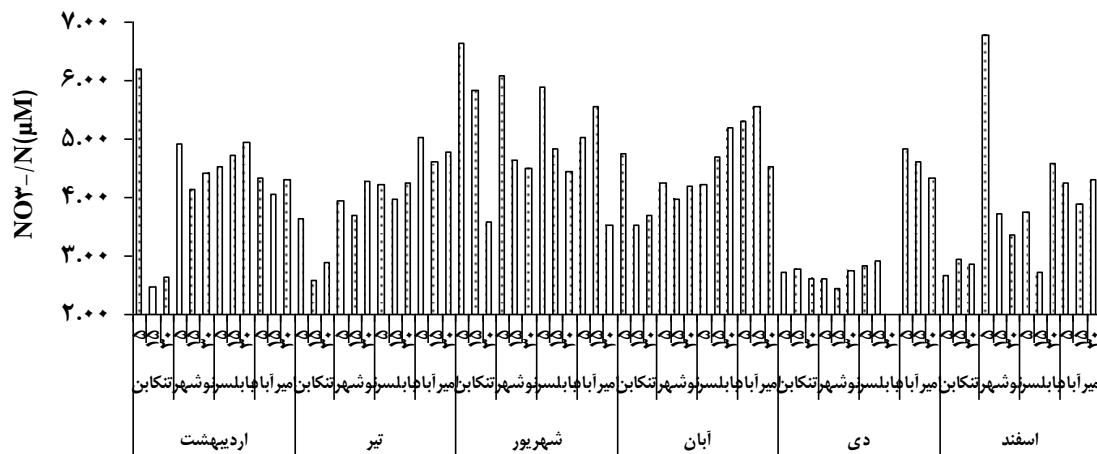
### ۸-۳- ازت نیتراتی

میانگین تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) ازت نیتراتی ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۱۴.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر ازت نیتراتی در فصل تابستان و حداقل آن در فصل زمستان ثبت گردید و مقادیر حداکثر و حداقل این متغیر به ترتیب در ماههای شهریور و دی مشاهده گردید. تغییرات ازت نیتراتی آب در نیم خط ها بین  $3/61$  تا  $4/61$  میکرومولار متغیر بوده است. در اعماق مختلف ازت نیتراتی آب بین  $3/85$  تا  $4/85$  میکرومولار نوسان داشته است (نمودار ۱۴.۳). میانگین سالانه ازت نیتراتی آب برابر  $4/22 \pm 0/18$  میکرومولار بوده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین ازت نیتراتی آب در ماههای مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ( $p < 0/05$ ) بطوریکه آزمون دانکن این شش ماه را سه گروه (تیر، شهریور و دی در دوسه گروه و بقیه ماهها بصورت مشترک) تفکیک کرده است. میانگین ازت نیتراتی در فصول مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < 0/05$ ) و آزمون دانکن این چهار فصل را به دو گروه (زمستان یک گروه و دیگر فصول در گروه دیگر) تفکیک کرده است. میانگین ازت نیتراتی در نیم خط ها مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد و آزمون دانکن چهار نیم خط را به دو گروه (تنکابن و امیرآباد و دو نیم خط دیگر بصورت مشترک) تفکیک گردیدند و همچنین اعماق مختلف اختلاف معنی دار داشته است و براساس آزمون دانکن عمق ۵ متر و دو عمق دیگر جدا گردید ( $p < 0/05$ ).

تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) ازت نیتراتی آب در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۱۵.۳ نشان داده شده است. حداکثر ازت نیتراتی آب در اسفند در عمق ۵ متری نوشهر ثبت گردید و حداقل آن در اعماق و نیم خط های مختلف مشاهده گردید.



نمودار ۱۴.۳- تغییرات میانگین زمانی و مکانی ازت نیتراتی ( $\mu\text{M}$ ) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱). آنتک ها نشان دهنده خطای معیار (SE) می باشد



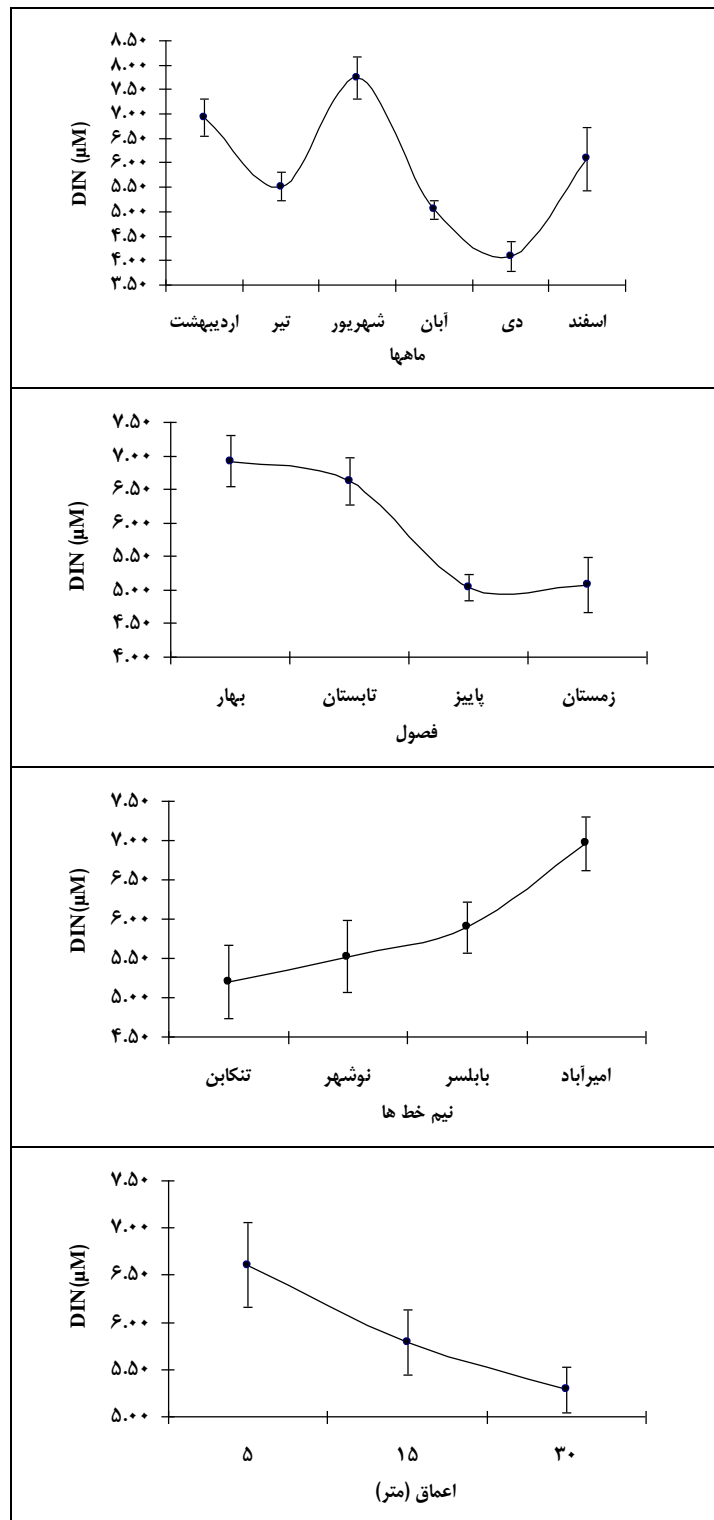
نمودار ۱۵.۳- تغییرات زمانی و مکانی ازت نیتراتی ( $\mu\text{M}$ ) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

### ۳-۹- ازت معدنی

میانگین تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) ازت معدنی (DIN) در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۱۶.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر ازت معدنی در فصل بهار و تابستان و حداقل آن در فصل پاییز و زمستان ثبت گردید و مقادیر حداکثر و حداقل این متغیر به ترتیب در ماههای شهریور و دی مشاهده گردید. تغییرات ازت معدنی آب در نیم خط ها با حداکثر در امیرآباد بین ۵/۲۰ تا ۶/۹۶ میکرومولار متغیر بوده است. در اعماق مختلف ازت معدنی آب با حداکثر در عمق ۵ متر بین ۵/۲۸ تا ۶/۶۱ میکرومولار نوسان داشته است (نمودار ۱۶.۳). میانگین سالانه ازت معدنی آب برابر  $۴/۲۲ \pm ۰/۱۸$  میکرومولار بوده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین ازت معدنی آب در ماههای مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ( $p < ۰/۰۵$ ) بطوریکه آزمون دانکن این شش ماه را چهار گروه (اردبیهشت، شهریور، آبان و دی در چهار گروه و بقیه ماهها بصورت مشترک) تفکیک کرده است. میانگین ازت معدنی در فصول مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < ۰/۰۵$ ) و آزمون دانکن این چهار فصل را به دو گروه (بهار-تابستان در یک گروه و پاییز-زمستان در گروه دیگر) تفکیک کرده است. میانگین ازت معدنی در نیم خط ها مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد و آزمون دانکن چهار نیم خط را به دو گروه (امیرآباد و سه نیم خط دیگر بصورت مشترک در گروه دیگر) تفکیک گردیدند و همچنین اعماق مختلف اختلاف معنی دار داشته است و براساس آزمون دانکن عمق ۵ متر و ۳۰ متر در دو گروه و عمق ۱۵ متر بصورت مشترک در آن گروه ها جدا گردید ( $p < ۰/۰۵$ ).

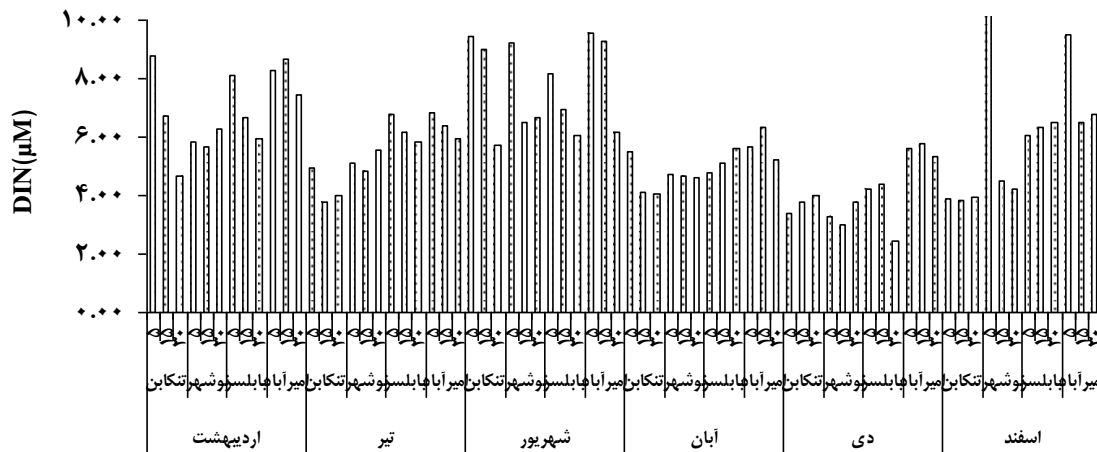
تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) ازت معدنی آب در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۱۷.۳ نشان داده شده است. حداکثر ازت معدنی آب در اسفند در

عمق ۵ متری نوشهر ثبت گردید و حداقل آن در اعماق و نیم خط های مختلف بخصوص در ماه دی مشاهده گردید.



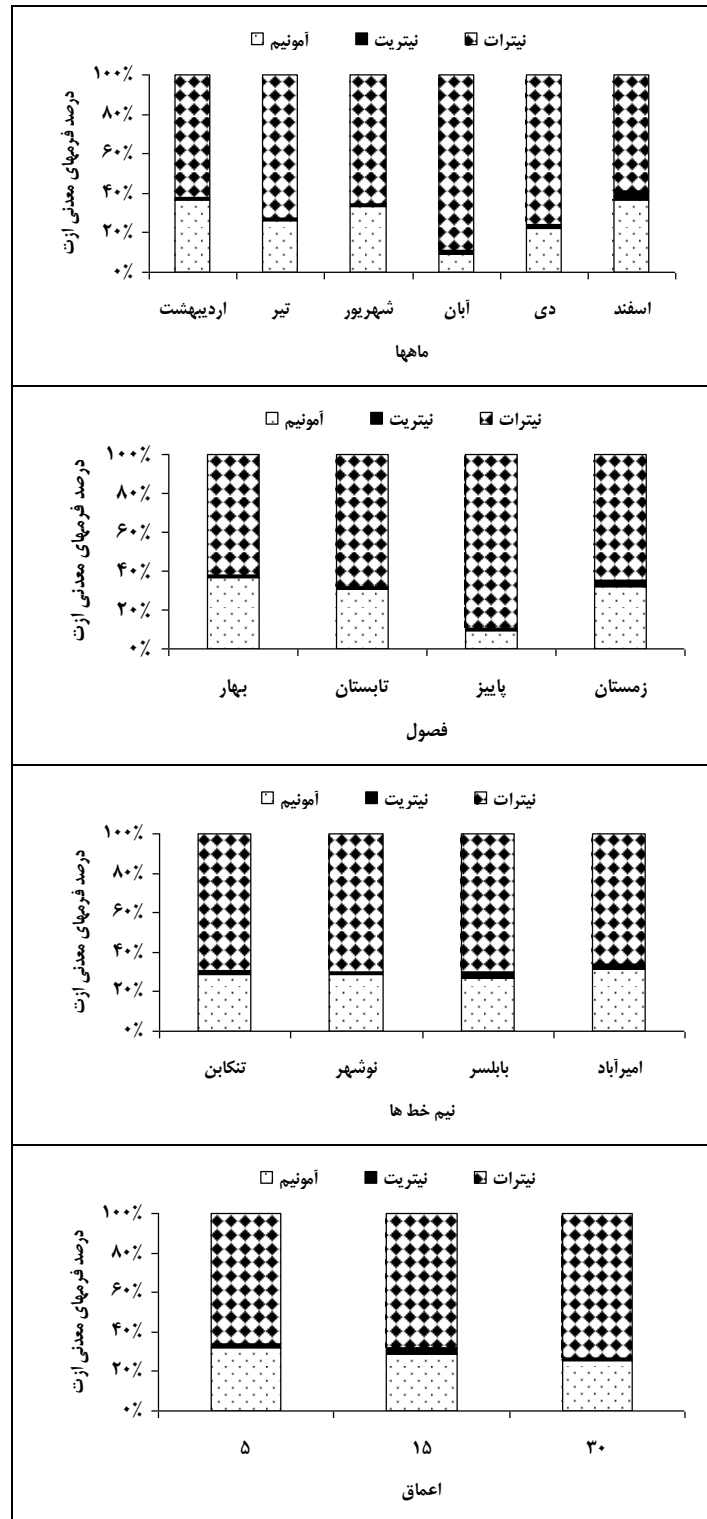
نمودار ۱۶.۳- تغییرات میانگین زمانی و مکانی ازت معدنی ( $\mu\text{M}$ ) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱). آنتک ها نشان دهنده خطای معیار (SE) می باشد





نمودار ۱۷.۳- تغییرات زمانی و مکانی ازت معدنی ( $\mu\text{M}$ ) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) درصد فرمهای معدنی ازت (ازت آمونیمی، ازت نیتریتی و ازت نیتراتی) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۱۸.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر درصد فرمهای مختلف ازت آمونیمی، ازت نیتریتی و ازت نیتراتی به ترتیب در فصل بهار، زمستان و پاییز ثبت گردید و مقادیر حداکثر این متغیرها به ترتیب در ماههای اردیبهشت، اسفند و آبان مشاهده گردید. تغییرات درصد فرمهای مختلف ازت آمونیمی، ازت نیتریتی و ازت نیتراتیدر نیم خط ها با حداکثر در امیرآباد و نوشهر به ترتیب بین ۵۲/۵۵-۵/۶۲، ۲۵/۵۲-۰/۱۴ و ۹۳/۵۰-۳۶/۹۰ متغیر بوده است. در اعماق مختلف درصد فرمهای مختلف ازت آمونیمی، ازت نیتریتی و ازت نیتراتی در اعماق مختلف بطئی بوده است (نمودار ۱۸.۳). میانگین سالانه درصد فرمهای مختلف ازت آمونیمی، ازت نیتریتی و ازت نیتراتی به ترتیب  $۲۶/۲۸ \pm ۱/۴۲$ ،  $۲/۱۳ \pm ۰/۳۹$  و  $۷۱/۵۷ \pm ۱/۴۹$  بوده است.

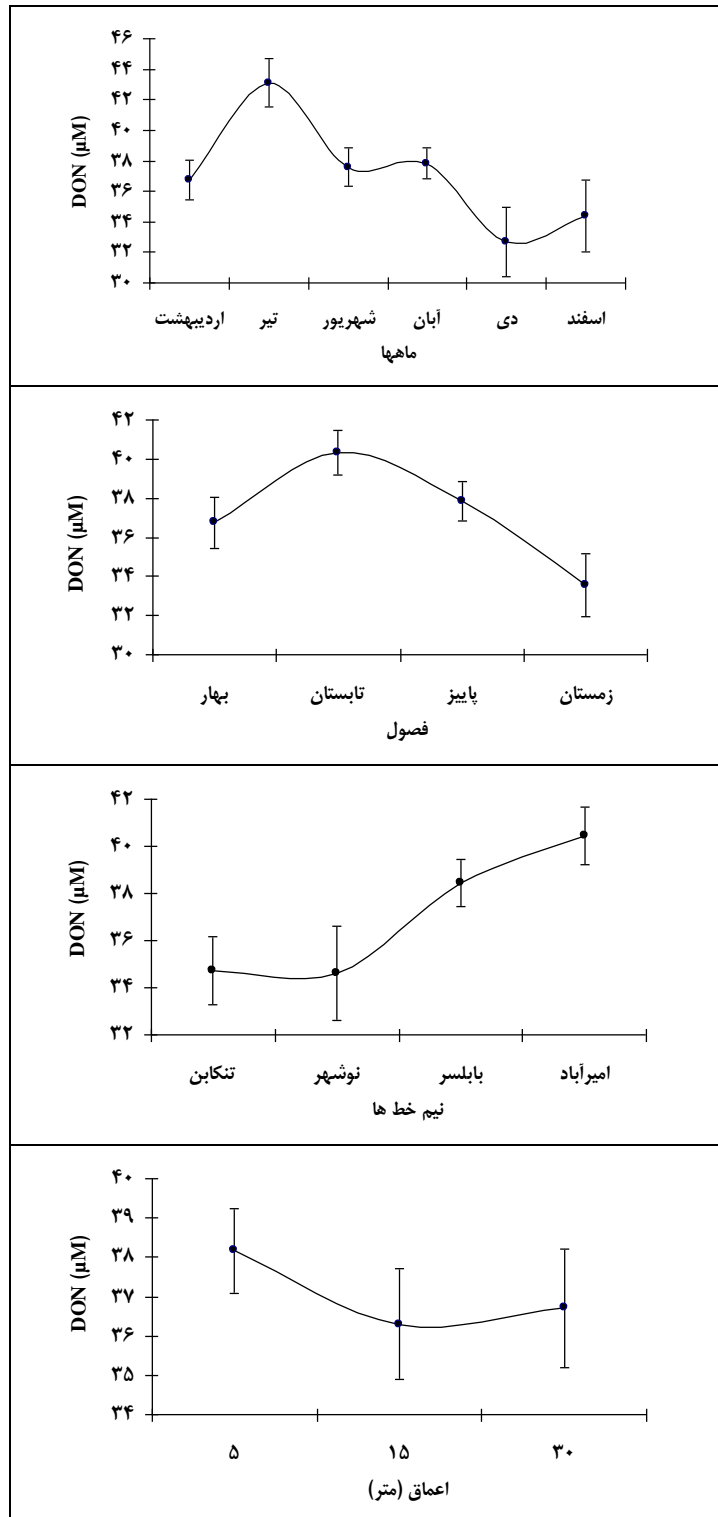


نمودار ۱۸.۳- تغییرات زمانی و مکانی درصد فرمهای معدنی ازت (ازت آمونیمی، ازت نیترونی و ازت نیتراتی) دربخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

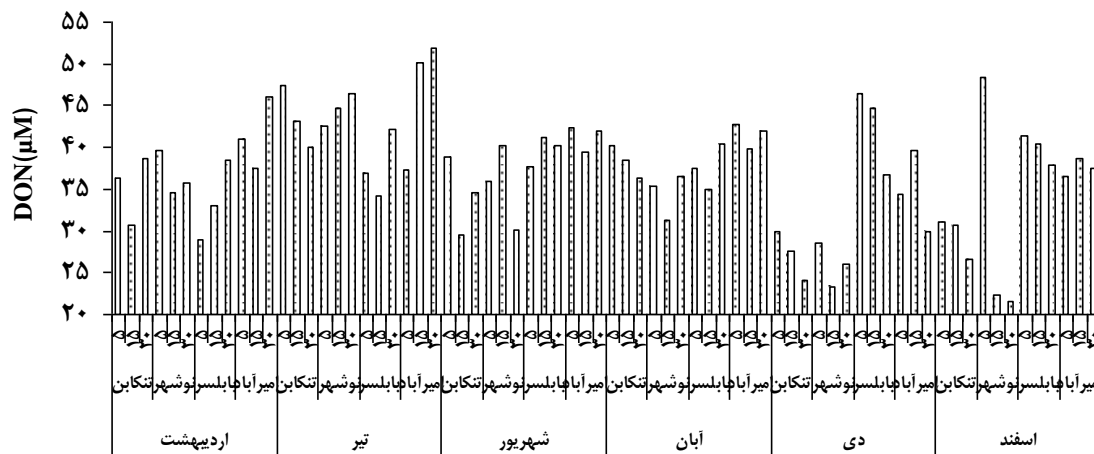
### ۱۰-۳-ازت آلی

میانگین تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) ازت آلی (DON) در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۱۹.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر ازت آلی در فصل تابستان و حداقل آن در فصل زمستان ثبت گردید و مقادیر حداکثر و حداقل این متغیر به ترتیب در ماههای تیر و دی مشاهده گردید. تغییرات ازت آلی آب در نیم خط ها با حداکثر در امیرآباد بین ۳۵ تا ۴۰ میکرومولار متغیر بوده است. در اعماق مختلف ازت آلی آب با حداکثر در عمق ۵ متر بین ۳۶ تا ۳۸ میکرومولار نوسان داشته است (نمودار ۱۹.۳). میانگین سالانه ازت آلی آب برابر  $37 \pm 1$  میکرومولار بوده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین ازت آلی در ماههای مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ( $p < 0/05$ ) بطوریکه آزمون دانکن این شش ماه را دو گروه (تیر در یک گروه و بقیه ماهها در گروه دیگر) تفکیک کرده است. میانگین ازت آلی در فصول مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < 0/05$ ) و آزمون دانکن این چهار فصل را به دو گروه (تابستان و زمستان در دو گروه و دو فصل پاییز و بهار بصورت مشترک) تفکیک کرده است. میانگین ازت آلی در نیم خط ها مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد و آزمون دانکن چهار نیم خط را به دو گروه (امیرآباد در یک گروه و سه نیم خط تنکابن، نوشهر و بابل در گروه دیگر) تفکیک گردیدند. اعماق مختلف اختلاف معنی داری را نشان نداد ( $p > 0/05$ ).

تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) ازت آلی آب در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۲۰.۳ نشان داده شده است. حداکثر ازت آلی آب در اسفند در اعماق ۱۵ و ۳۰ متری نیم خط امیرآباد ثبت گردید و حداقل آن در اعماق و نیم خط های مختلف بخصوص در ماه دی و اسفند مشاهده گردید.

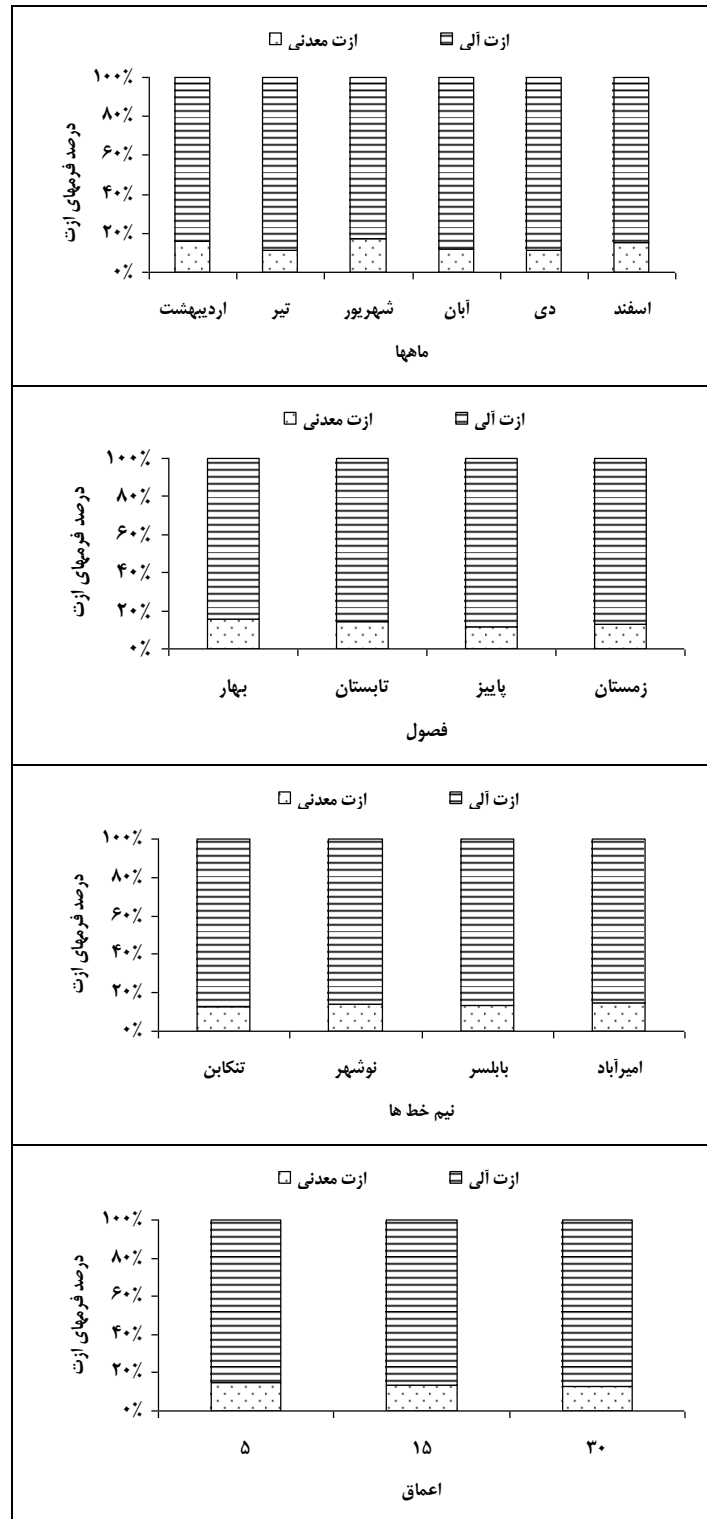


نمودار ۱۹.۳- تغییرات میانگین زمانی و مکانی ازت آلی (µM) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱). آنتک ها نشان دهنده خطای معیار (SE) می باشد



نمودار ۲۰.۳- تغییرات زمانی و مکانی ازت آلی ( $\mu\text{M}$ ) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) درصد فرمهای مختلف ازت (ازت معدنی و ازت آلی) در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۲۱.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر درصد فرمهای ازت معدنی و ازت آلی به ترتیب در فصل زمستان ثبت گردید و مقادیر حداکثر این متغیرها به ترتیب در ماههای دی و اسفند مشاهده گردید. تغییرات حداکثر درصد فرمهای ازت معدنی و ازت آلی به ترتیب در نیم خط های نوشهر و بابل مشاهده گردید. مقادیر حداکثری درصد فرمهای ازت معدنی و ازت آلی به ترتیب در اعماق ۵ و ۳۰ متر ثبت گردید (نمودار ۲۱.۳). نتایج نشان داد که درصد ازت معدنی در ماهها و نیم خط ها کمتر از ۲۰ درصد بوده و سهم ازت آلی بیش از ۸۰ درصد مشاهده گردید. میانگین سالانه درصد فرمهای ازت معدنی و ازت آلی به ترتیب  $۱۴/۰۲ \pm ۰/۵۲$  و  $۸۶/۰۹ \pm ۰/۵۵$  بوده است.

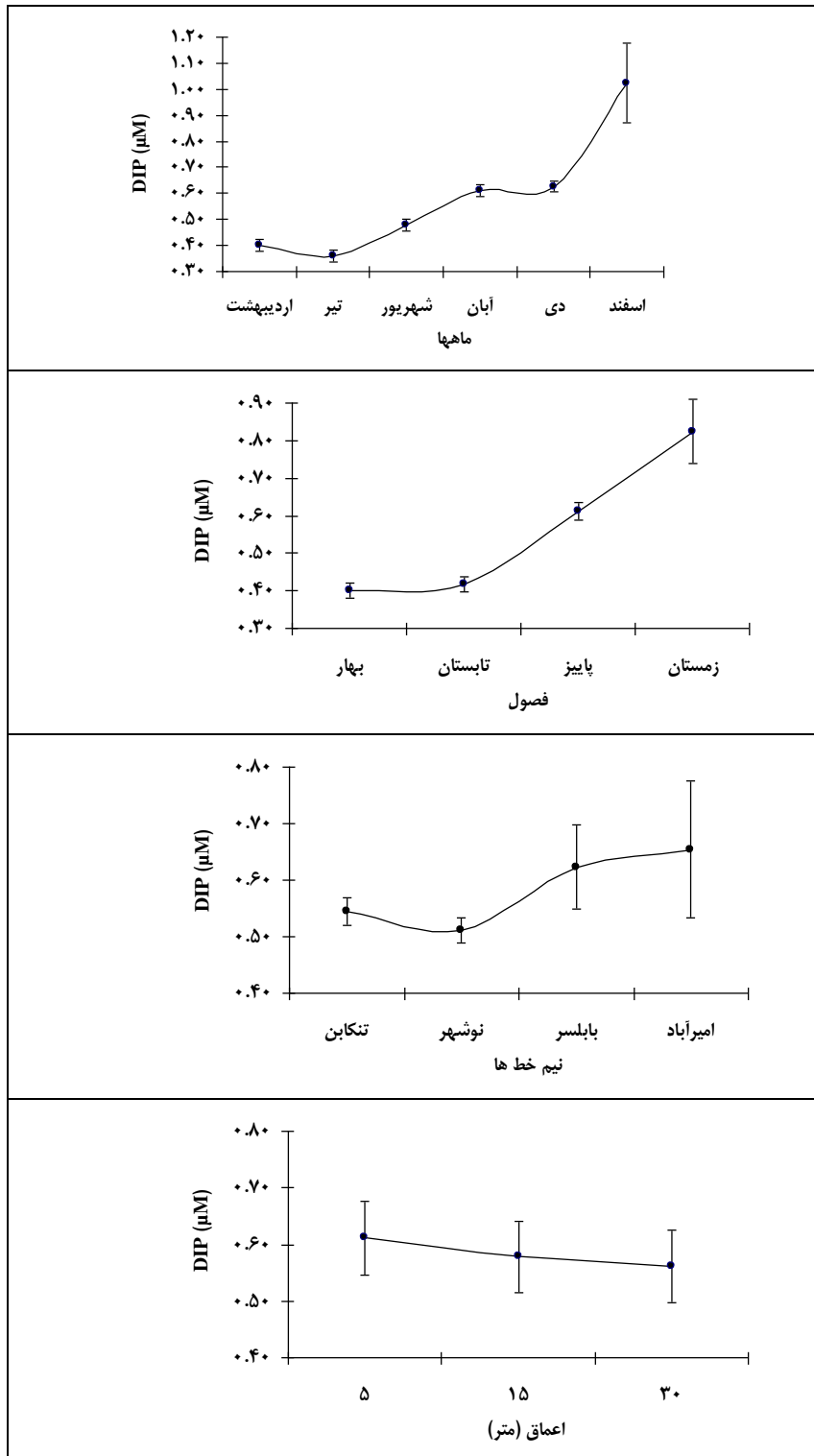


نمودار ۲۱.۳- تغییرات زمانی و مکانی درصد فرمهای مختلف ازت (ازت معدنی و ازت آلی) دربخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

### ۱۱-۳- فسفر معدنی

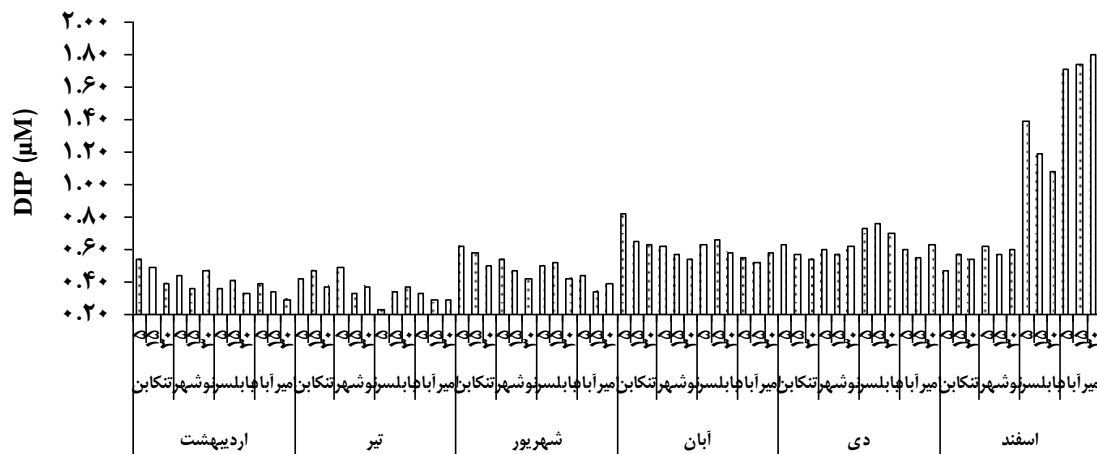
میانگین تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) فسفر معدنی (DIP) در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۲۲.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر فسفر معدنی در فصل زمستان و حداقل آن در فصل بهار و تابستان ثبت گردید و مقادیر حداکثر و حداقل این متغیر به ترتیب در ماههای اسفند و تیر مشاهده گردید. تغییرات فسفر معدنی در نیم خط ها با حداکثر در نیم خط امیرآباد بین ۰/۵۱ تا ۰/۶۵ میکرومولار متغیر بوده است. در اعماق مختلف فسفر معدنی با حداکثر در عمق ۵ متر بین ۰/۵۶ تا ۰/۶۱ میکرومولار نوسان داشته است (نمودار ۲۲.۳). میانگین سالانه فسفر معدنی برابر ۰/۰۴±۰/۵۸ میکرومولار بوده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین فسفر معدنی در ماههای مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ( $p < 0/05$ ) بطوریکه آزمون دانکن این شش ماه را سه گروه (اردیبهشت-تیر، شهریور و مابقی ماهها در سه گروه) تفکیک کرده است. میانگین فسفر معدنی در فصول مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < 0/05$ ) و آزمون دانکن این چهار فصل را به دو گروه (بهار-تابستان در یک گروه و پاییز-زمستان در گروه دیگر) تفکیک کرده است. میانگین فسفر معدنی در نیم خط ها و اعماق مختلف اختلاف معنی داری را نشان ندادند ( $p > 0/05$ ).

تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) فسفر معدنی در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۲۳.۳ نشان داده شده است. حداکثر فسفر معدنی در اسفند در اعماق مختلف نیم خط امیرآباد در ماه اسفند ثبت گردید و حداقل آن در اعماق و نیم خط های مختلف بخصوص در ماه تیر مشاهده گردید.



نمودار ۲۲.۳- تغییرات میانگین زمانی و مکانی فسفر معدنی ( $\mu\text{M}$ ) دربخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱). آنتک ها نشان دهنده خطای معیار (SE) می باشد



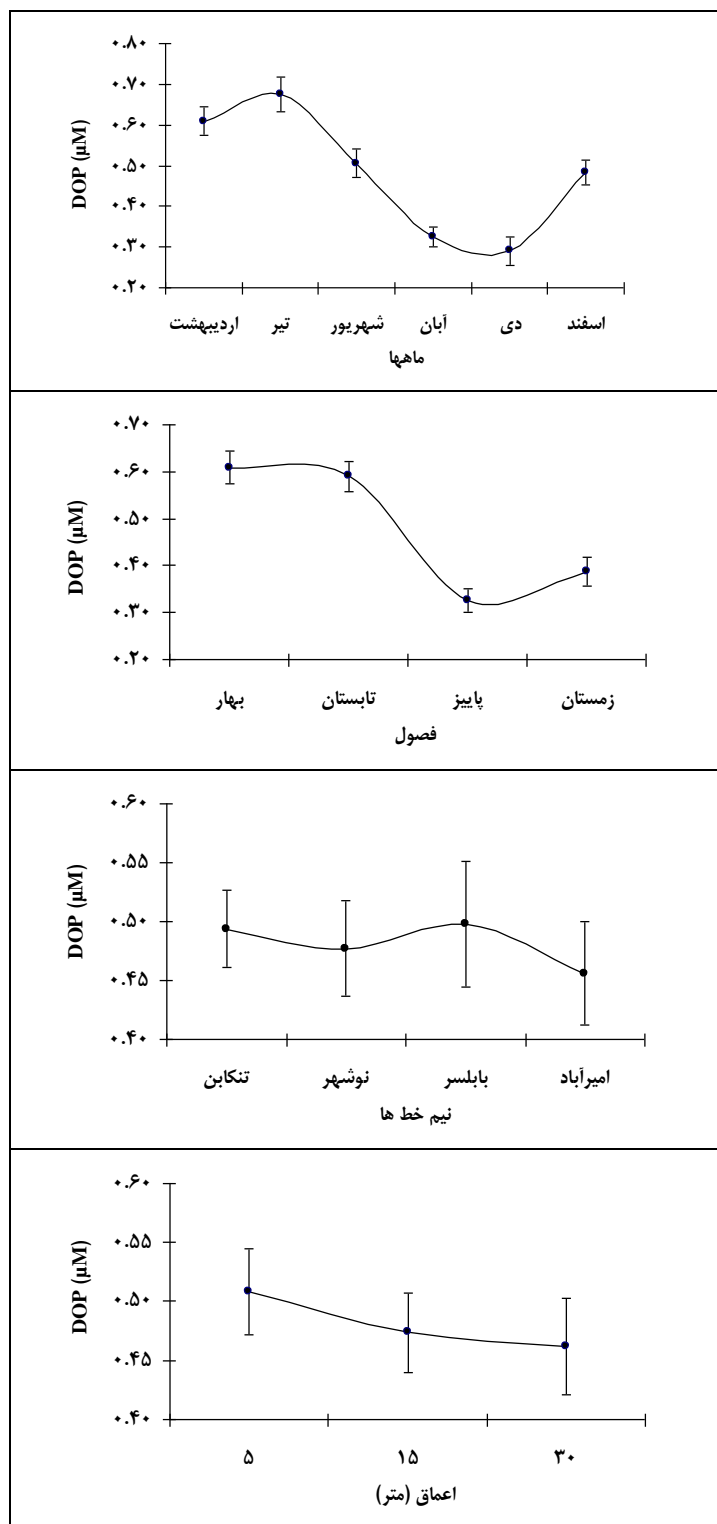


نمودار ۲۳.۳- تغییرات زمانی و مکانی فسفر معدنی (µM) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

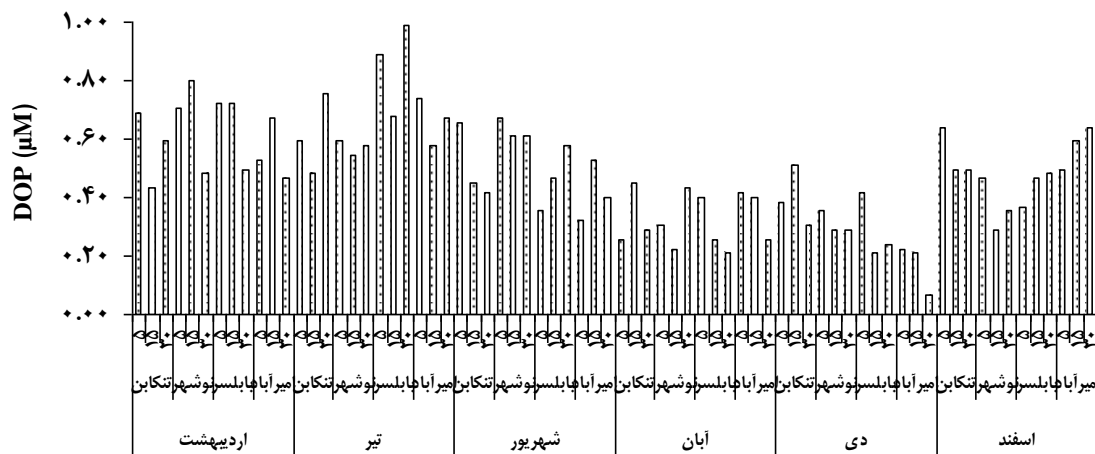
### ۱۲-۳- فسفر آلی

میانگین تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) فسفر آلی (DOP) در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۲۴.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر فسفر آلی در فصل بهار و تابستان و حداقل آن در فصل پاییز ثبت گردید و مقادیر حداکثر و حداقل این متغیر به ترتیب در ماههای تیر و دی مشاهده گردید. تغییرات فسفر آلی در نیم خط ها بطوریکه بین ۰/۴۶ تا ۰/۵۰ میکرومولار متغیر بوده است. در اعماق مختلف فسفر آلی مشابه نیم خط ها تغییرات کمی را نشان داد و با حداکثر در عمق ۵ متر بین ۰/۴۶ تا ۰/۵۱ میکرومولار نوسان داشته است (نمودار ۲۴.۳). میانگین سالانه فسفر آلی برابر  $0.48 \pm 0.02$  میکرومولار بوده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین فسفر آلی در ماههای مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ( $p < 0.05$ ) بطوریکه آزمون دانکن این شش ماه را سه گروه (اردیبهشت-تیر، شهریور-اسفند و آبان-دی در سه گروه) تفکیک کرده است. میانگین فسفر آلی در فصول مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < 0.05$ ) و آزمون دانکن این چهار فصل را به دو گروه (بهار-تابستان در یک گروه و پاییز-زمستان در گروه دیگر) تفکیک کرده است. میانگین فسفر آلی در نیم خط ها و اعماق مختلف اختلاف معنی داری را نشان ندادند ( $p > 0.05$ ).

تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) فسفر آلی در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۲۵.۳ نشان داده شده است. حداکثر فسفر آلی در ماه تیر در نیم خط بابلر ثبت گردید و حداقل آن در اعماق و نیم خط های مختلف بخصوص در ماه دی مشاهده گردید.

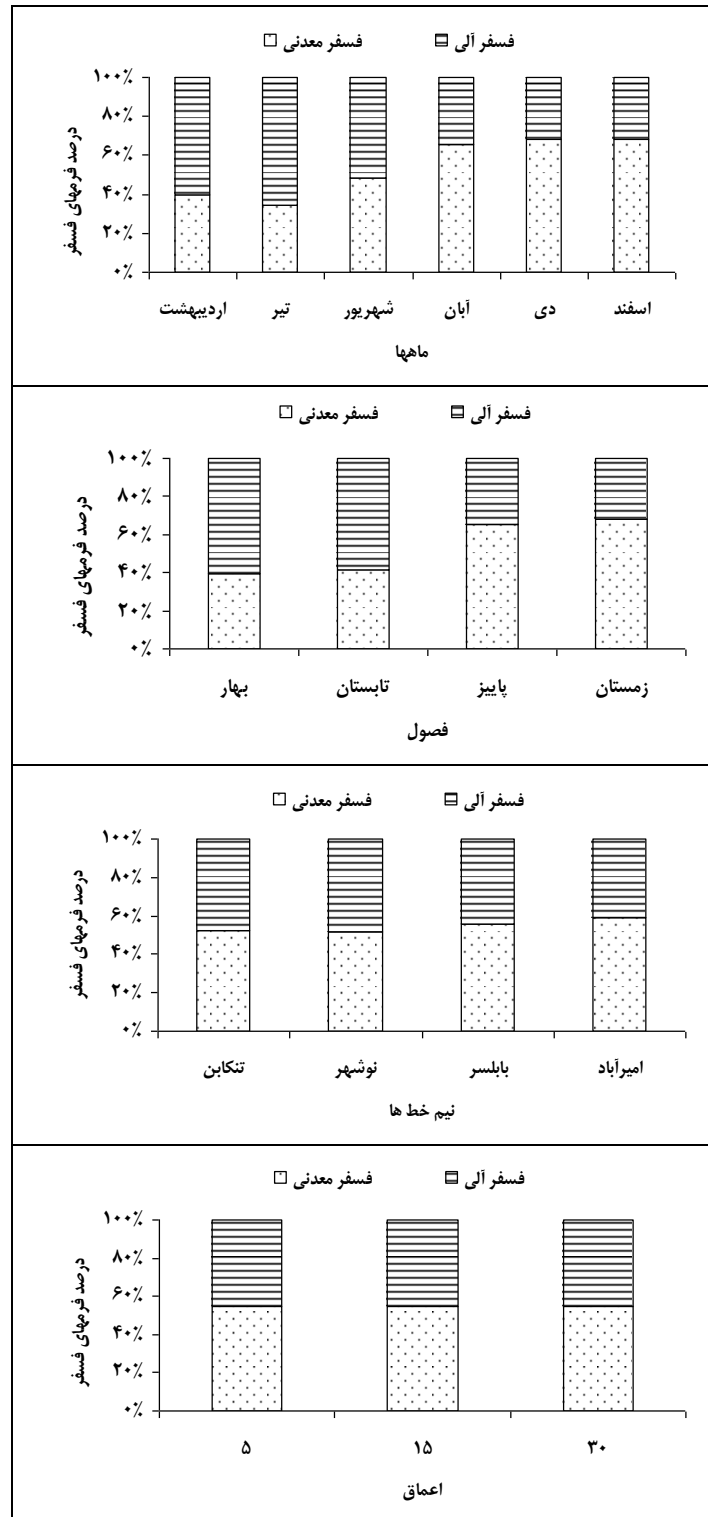


نمودار ۲۴.۳- تغییرات میانگین زمانی و مکانی فسفر آلی ( $\mu\text{M}$ ) دربخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱). آنتک ها نشان دهنده خطای معیار (SE) می باشد



نمودار ۲۵.۳- تغییرات زمانی و مکانی فسفر آلی ( $\mu\text{M}$ ) دربخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) درصد فرمهای مختلف فسفر (فسفر معدنی و فسفر آلی) در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۲۶.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر درصد فرمهای فسفر معدنی و فسفر آلیبه ترتیب در فصل زمستان و تابستان ثبت گردید و مقادیر حداکثر این متغیرها به ترتیب در ماههای دی و تیر مشاهده گردید. تغییرات حداکثر درصد فرمهای فسفر معدنی و فسفر آلی به ترتیب در نیم خط های امیرآباد و بابلسر مشاهده گردید. مقادیر حداکثری درصد فرمهای فسفر معدنی و فسفر آلی به ترتیب در اعماق ۳۰ و ۵ متر ثبت گردید (نمودار ۲۶.۳). نتایج نشان داد که درصد فسفر معدنی نسبت فسفر آلی در ماهها و نیم خط ها سهم بیشتری مشاهده گردید. میانگین سالانه درصد فرمهای فسفر معدنی و فسفر آلی به ترتیب  $۱/۸۵ \pm ۵۴/۰۱$  و  $۱/۸۶ \pm ۴۶/۰۷$  بوده است.

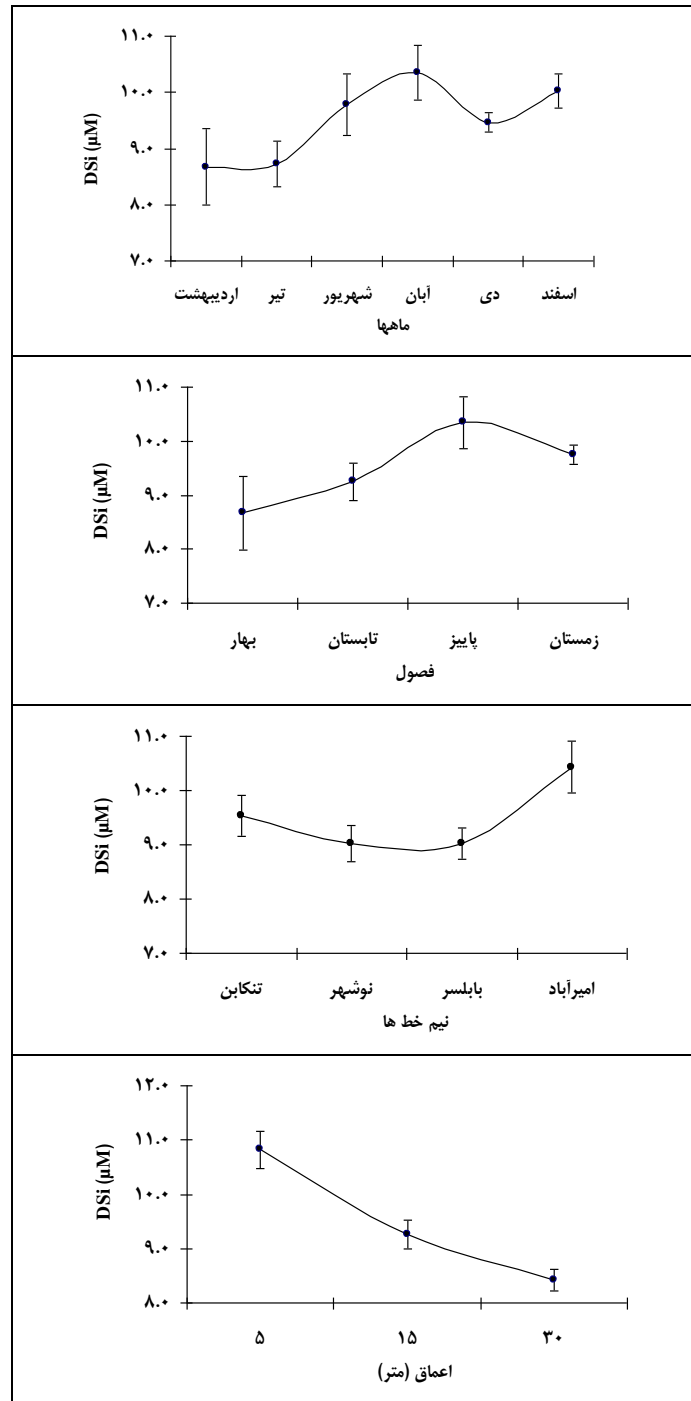


نمودار ۲۶.۳- تغییرات زمانی و مکانی درصد فرمهای مختلف فسفر (فسفر معدنی و فسفر آلی) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

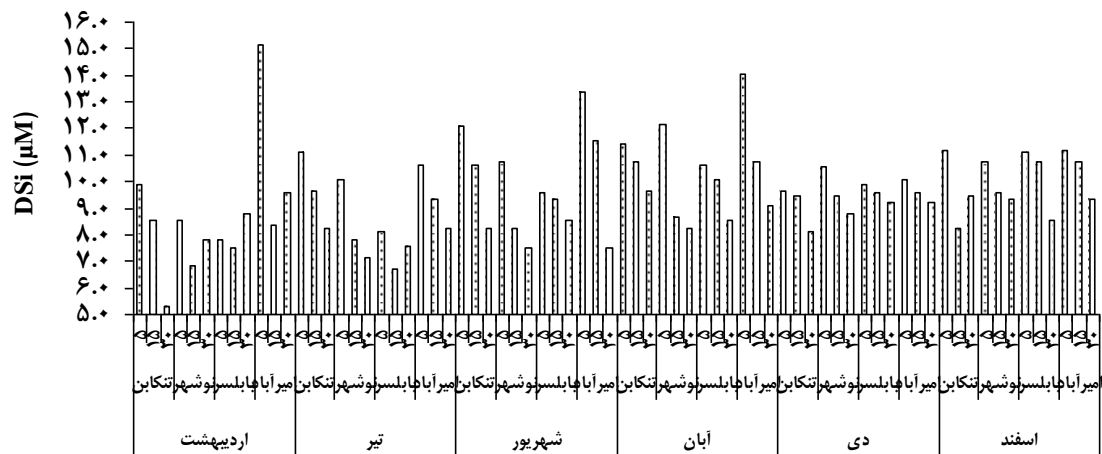
### ۱۳-۳- سیلیس محلول

میانگین تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) سیلیس محلول (DSi) در لایه سطحی بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۲۷.۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که حداکثر سیلیس محلول در فصل پاییز و حداقل آن در فصل بهار ثبت گردید و مقادیر حداکثر و حداقل این متغیر به ترتیب در ماههای آبان و اردیبهشت مشاهده گردید. تغییرات سیلیس محلول در نیم خط ها با حداکثر در نیم خط امیرآباد بین ۹/۰ تا ۱۰/۴ میکرومولار متغیر بوده است. در اعماق مختلف سیلیس محلول با حداکثر در عمق ۵ متر بین ۸/۴ تا ۱۰/۸ میکرومولار نوسان داشته است (نمودار ۲۷.۳). میانگین سالانه سیلیس محلول برابر ۹/۵±۰/۲ میکرومولار بوده است. براساس آزمون آنالیز واریانس میانگین سیلیس محلول در ماههای مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ( $p < 0/05$ ) بطوریکه آزمون دانکن این شش ماه را دو گروه (آبان-اسفند در یکگروه و مابقی ماهها در گروه دیگر) تفکیک کرده است. میانگین سیلیس محلول در فصول مختلف سال براساس این آزمون اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < 0/05$ ) و آزمون دانکن این چهار فصل را به سه گروه (بهار، پاییز و زمستان در سه گروه و فصل تابستان بصورت مشترک با این گروهها) تفکیک کرده است. میانگین سیلیس محلول در نیم خط ها مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد و آزمون دانکن چهار نیم خط را به دو گروه (امیرآباد و سه نیم خط دیگر بصورت مشترک در گروه دیگر) تفکیک گردیدند و همچنین اعماق مختلف اختلاف معنی دار داشته است و براساس آزمون دانکن به سه گروه جدا گردیدند ( $p < 0/05$ ).

تغییرات زمانی (ماهها و فصول مختلف) و مکانی (نیم خط ها و اعماق مختلف) سیلیس محلول در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودار ۲۸.۳ نشان داده شده است. حداکثر سیلیس محلول در ماه اردیبهشت در عمق ۵ متری نیم خط امیرآباد ثبت گردید و حداقل آن در اعماق و نیم خط های مختلف بخصوص در ماه اردیبهشت مشاهده گردید.



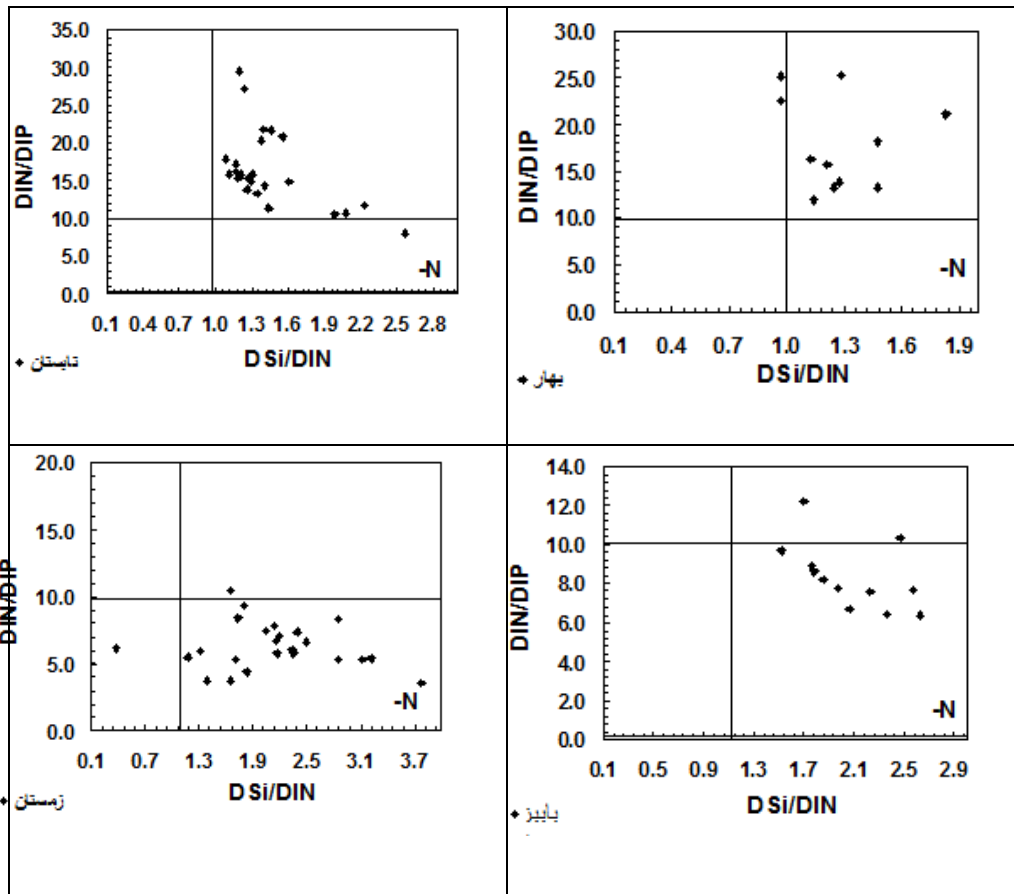
نمودار ۲۷.۳- تغییرات میانگین زمانی و مکانی سیلیس محلول ( $\mu\text{M}$ ) دربخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱). آنتک ها نشان دهنده خطای معیار (SE) می باشد



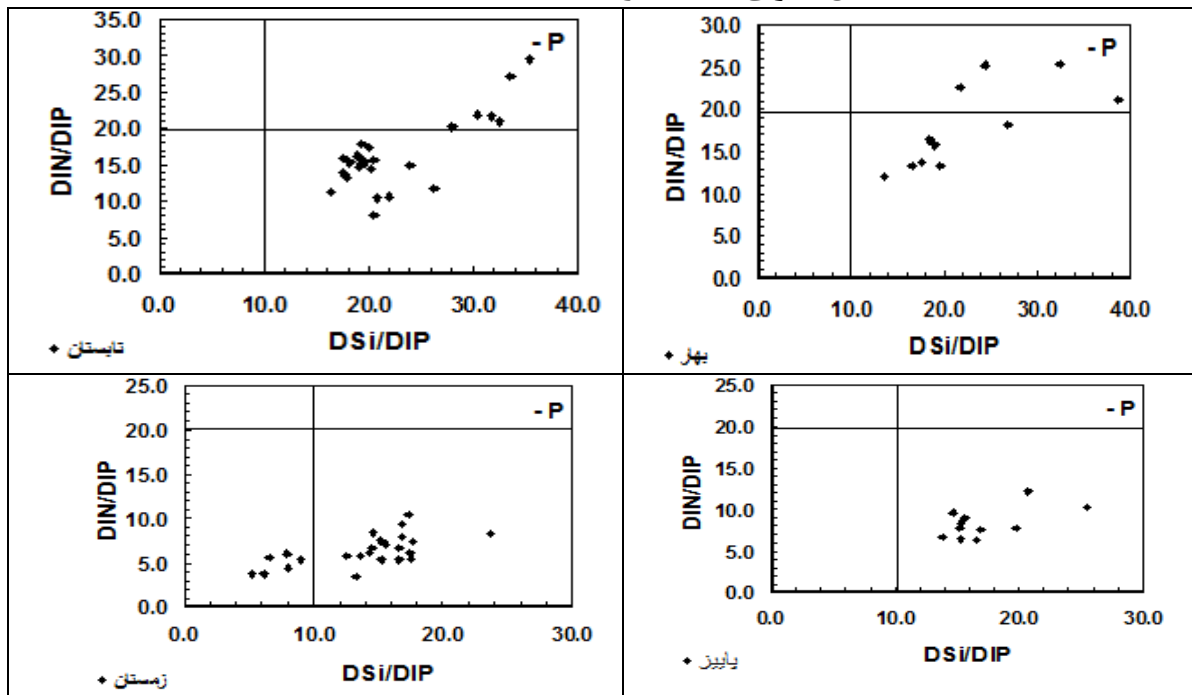
نمودار ۲۸.۳- تغییرات زمانی و مکانی سیلیس محلول ( $\mu\text{M}$ ) در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

### ۱۴-۳- نسبت های مولی مواد مغذی

ترسیم پراکندگی نسبت مولی مواد مغذی در فصول مختلف و سالانه در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) در نمودارهای ۲۹.۳، ۳۰.۳، ۳۱.۳ و ۳۲.۲ نشان داده شده است. با توجه به نسبت های که ارائه شده است، مشخص می گردد که محدودیت نیتروژنی، فسفری و سیلیسی برای فیتوپلانکتون به ترتیب در ربع های چهارم، اول و سوم می باشد. این نمودار نشان می دهد که نقاط یا داده ها در ربع های چهارم و اول واقع گردید و در ربع سوم هیچ نقطه ای وجود ندارد. همچنین نتایج نشان داد که در فصول بهار و تابستان سیستم محدودیت فسفری داشته اما در فصول پاییز و زمستان بیشتر به سمت محدودیت نیتروژنی تمایل پیدا کرد.

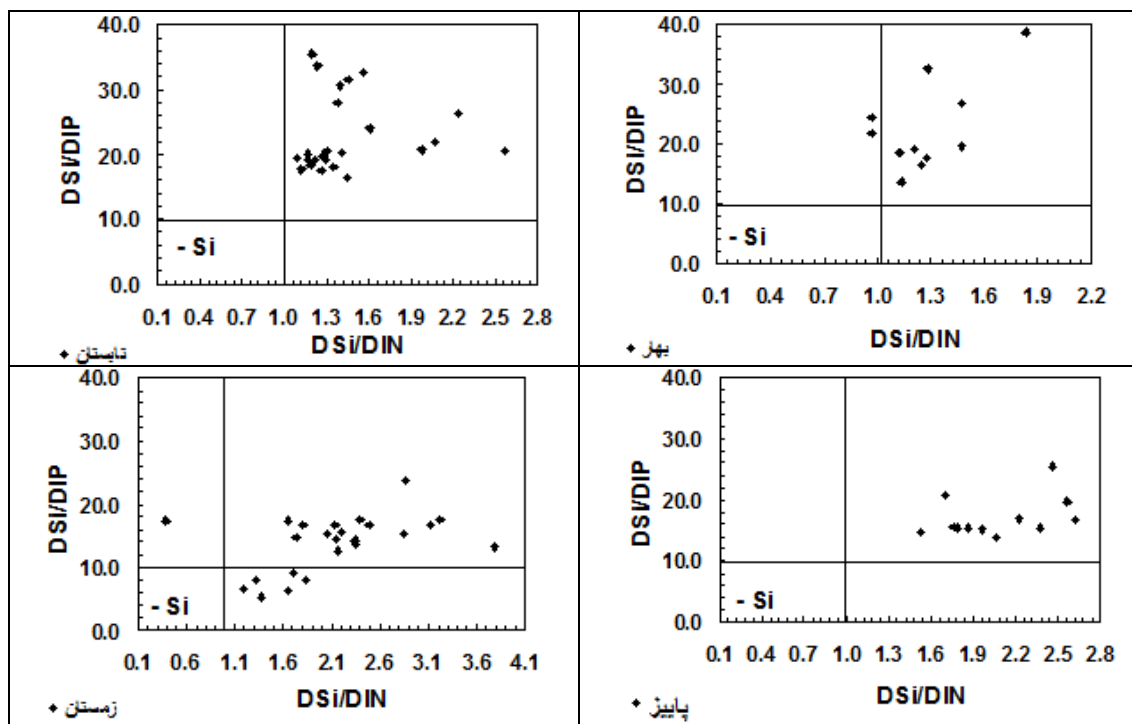


نمودار ۲۹.۳- نمودار فصلی پراکندگی نسبت های مولی مواد مغذی (محدودیت نیتروژنی) در فصول مختلف بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

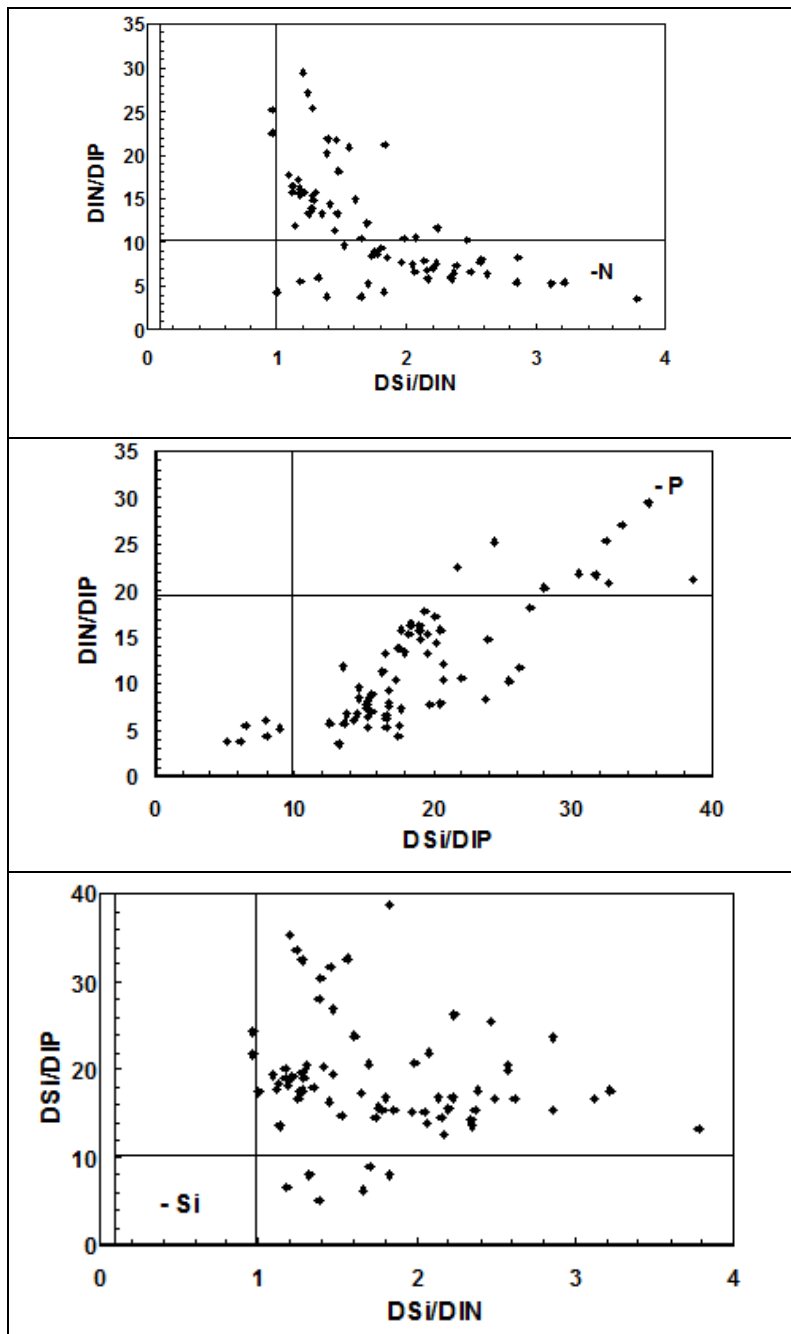


نمودار ۳۰.۳- نمودار فصلی پراکندگی نسبت های مولی مواد مغذی (محدودیت فسفوری) در فصول مختلف بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)





نمودار ۳۱.۳- نمودار فصلی پراکندگی نسبت های مولی مواد مغذی (محدودیت سیلیسی) در فصول مختلف بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)



نمودار ۳۲.۳- نمودار سالانه پراکندگی نسبت های مولی مواد مغذی دربخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) (سال ۱۳۹۱)

## ۴. بحث

منطقه جنوبی دریای خزر با اقلیم نیمه گرمسیری- مرطوب (Wet-subtropical) دارای چهار فصل می‌باشد که فصل تابستان آن گرم و مرطوب و زمستانی ملایم و نمناک دارد (Mamedov et al., 1998; Zaker, 2007; Kosarev, 2005 and Yablonskaya, 1994). با در نظر گرفتن این اقلیم، در مطالعه حاضر با توجه به تغییرات دمایی و معنی دار بودن میانگین‌ها ( $P < 0.05$ ) در لایه سطحی این منطقه دارای چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان می‌باشد. همچنین نتایج آنالیز آماری چند متغیره (Multivariate) توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) در مطالعه نصراله زاده ساروی و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که بر اساس پارامترهای فیزیکو-شیمیایی آب فصول مختلف به چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان بدون همپوشانی تفکیک شده است. در این آنالیز پارامتر دما نقش مهمی در تفکیک کردن فصول داشته‌اند. شایان ذکر است که میانگین دما از ساحل (۵ متر) به دور از ساحل (۳۰ متر) و همچنین بین نیم خط‌ها یکسان بوده و اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. در تحقیقات سالهای ۱۳۸۷ (واحدی و همکاران، ۱۳۹۰) ۱۳۸۸ (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱) و ۱۳۸۹ (نجف پور و همکاران، انتشار نشده) نتایج مشابه بدست آمده است.

از مقایسه میانگین دمای سطحی در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ با تحقیق حاضر نشان می‌دهد که روند دمای آب تغییراتی را نشان نمی‌دهد و نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) نیز اختلاف معنی داری را نشان نمی‌دهد ( $p > 0.05$ )، اما همانطوریکه انتظار می‌رود فصول مختلف سالهای متفاوت تغییراتی را نشان داده است و نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) نیز اختلاف معنی داری را نشان می‌دهد ( $p < 0.05$ ) که این تغییرات احتمالاً به دمای هوا و زمان (ماه‌های مختلف) نمونه برداری مرتبط دانست (جدول ۱.۴). بطور مثال، دمای هوای فصل بهار سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹) در دامنه ۲۱/۲ تا ۲۱/۸ درجه سانتیگراد در نوسان بوده است و دمای آب در محدوده ۱۸/۹۵ تا ۲۱/۳۵ درجه سانتیگراد بوده است اما در تحقیق حاضر (۱۳۹۱) میانگین دمای هوا فصل بهار ۲۴/۶۷ ثبت گردید و انتظار می‌رود که دمای آب سطحی نیز فزونی یابد بطوریکه طبق جدول ۱.۴ دمای آب فصل بهار به ۲۳/۲۱ درجه سانتیگراد افزایش داشته است. همچنین مقایسه میانگین فصول مختلف در این چهار سال براساس آزمون آنالیز واریانس معنی دار بوده و آزمون دانکن فصل بهار سال ۱۳۸۷ را در یک گروه و فصل بهار سه سال بعدی را در گروه دیگری قرار داده است.

شفافیت آب وابسته به مقدار مواد معلق و محلول در آب است. مواد در آب از جامدات معلق معدنی، پلانکتون‌ها، مواد هیومیک (humic) و مواد محلول رنگی تشکیل شده است (Sanden and Hakasson, 1996). بنابراین وضعیت دریا و تولیدات بیولوژیکی بر شفافیت آب موثر می‌باشد. در حوزه جنوبی دریای خزر با توجه به دبی کم رودخانه‌ها و متعاقب آن نفوذ کم مواد معلق می‌توان اظهار نمود که عامل اصلی و تغییر دهنده شفافیت آب را به عوامل بیولوژیکی مرتبط دانست. در این تحقیق شفافیت آب از بهار تا زمستان روند کاهشی را نشان می‌دهد (نمودار ۲.۳). کاهش شفافیت در فصل تابستان و پاییز را می‌توان به شکوفایی شانه دار که سبب کدورت

آب می گردد مرتبط دانست اما شفافیت کم زمستان را به رشد فیتوپلانکتون ها دانست. با توجه به رشد شانه دار در تابستان و پاییز و وجود پیک های رشد فیتوپلانکتونی در فصول تابستان و زمستان (گل آقایی و همکاران، ۱۳۹۱؛ مخلوق و همکاران، ۱۳۹۱) مبرهن است که بین میانگین های شفافیت ماهها و فصول مختلف اختلاف معنی دار وجود داشته باشد که در این تحقیق نیز بدست آمده است. همچنین همانطور که انتظار می رود بین میانگین اعماق مختلف از ساحل (۵ متر) به اعماق (۳۰ متر) با توجه به اثرات سواحل و رودخانه ها و غنی بودن مواد مغذی اختلاف معنی دار بوده است و یک روند افزایشی را نشان داد (نمودار ۲.۳). بطور کلی، بین میانگین های شفافیت چهار نیم خط اختلاف معنی دار نبوده است که می توان اظهار نمود که در کل سال عوامل تغییر دهنده شفافیت (از قبیل شانه دار، فیتوپلانکتون و غیره) در نیم خط ها یکنواخت بوده است (رستمیان و همکاران، ۱۳۹۰؛ مکرمی و همکاران، ۱۳۹۱؛ مخلوق و همکاران، ۱۳۹۱). بر اساس آزمون آنالیز واریانس میانگین شفافیت در سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر) اختلاف معنی داری را نشان نداده است ( $P > 0.05$ ). در تحقیقات سالهای ۱۳۸۷ (واحدی و همکاران، ۱۳۹۰، ۱۳۸۸) (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱) و ۱۳۸۹ (نجف پور و همکاران، انتشار نشده) نتایج مشابه بدست آمده است.

میانگین ماهانه شوری آب بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) با سه حداکثر (اردیبهشت، شهریور و دی) و سه حداقل (تیر، آبان و اسفند) در محدوده ۱۱/۸۵ و ۱۲/۹۱  $PPT$  متغیر بوده است (نمودار ۱.۴). همانطوریکه نتایج نشان می دهد این تغییرات در حدود ۱/۰۶  $PPT$  می باشد. نتایج شوری آب در منطقه مورد مطالعه نشان داد که ماهها، فصول و نوار ساحلی و دور از ساحل بر نوسانات شوری اثرگذار می باشند. در تحقیق حاضر دامنه شوری بین ۵/۲۷ و ۱۳/۱۰  $PPT$  متغیر بوده است که حداقل آن در عمق ۵ متری فصل زمستان ثبت گردیده است که ادعای بالا را تایید می نماید. همچنین معنی دار بودن میانگین اعماق و تفکیک شدن عمق ۵ متر از بقیه اعماق بر اساس آزمون دانکن بیانگر تاثیر نوار ساحلی (شستشوی سواحل، بارندگی) می باشد. بر اساس آزمون آنالیز واریانس میانگین شوری در سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر) اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $P > 0.05$ ) و بر اساس آزمون دانکن سالهای ۱۳۸۷ و تحقیق حاضر (۱۳۹۱) در یک گروه و دو سال دیگر در گروه های دیگر قرار گرفتند.

در میان دریاها جهان، دریای خزر pH بالایی دارد که این بدلیل نوع ترکیبات شیمیایی ورودی به دریا از طریق رودخانه ها و نیز بستر دریا می باشد (Kosarev and Yablonskaya, 1994). نتایج این تحقیق این ادعا را تایید میکند بطوریکه متوسط سالانه pH در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) بیش از ۸/۰۰ بوده است. همچنین نتایج نشان داد که مقدار pH بدلیل انجام فرایند فتوسنتز که با مصرف  $CO_2$  آب همراه است، افزایش نشان داد. برای بسیاری از خلیج ها و دریاها pH و درجه حرارت همبستگی مثبت رانشان دادند. ارتباط مثبت pH - درجه حرارت احتمالا توسط فرآیندهای اختلاط آب و مصرف گاز  $CO_2$  از طریق فعالیت های بیولوژیکی ایجاد می

شود (Zirino, 1985). در این تحقیق نیز بین pH و دما همبستگی مثبتی ( $r=0/40$ ) وجود دارد که مشابه نتایج بالا می باشد.

Shiganova و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند تغییرات pH در خزر شمالی بین ۸/۶-۹/۴ مشاهده شد. در تحقیق حاضر این تغییرات در محدوده ۸/۱۳ تا ۸/۶۹ بوده است همانطوری که مشاهده می گردد حداکثر pH در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) تقریباً با حداقل pH خزر شمالی برابری می کند زیرا در خزر شمالی بدلیل بالا بودن فعالیت بیولوژیکی نسبت به حوزه جنوبی دریای خزر دارای pH بالاتری می باشد. به بیان دیگر در خزر شمالی با توجه وجود رودخانه پر آب ولگا تولیدات بالا بوده و pH آب بیشتر تحت تاثیر این فرایندها قرار دارد اما در حوزه جنوبی با تولیدات کمتر نسبت به خزر شمالی pH آب دارای تغییرات کمتری می باشد. همانطوری که Anderson (۲۰۰۶) عنوان کرد که با افزایش شوری آب خاصیت بافری آب فزونی می یابد و به تبعه آن تغییرات pH نیز زیاد نمی باشد. بنابراین در بخش جنوبی خزر (منطقه مازندران) که شوری بالاتری نسبت به خزر شمالی دارد سیستم بافری آب قوی عمل کرده و از تغییرات زیاد pH آب جلوگیری کرده است.

میانگین ماهانه pH آب بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) با حداکثر در ماههای آبان و شهریور و حداقل در ماه دی در محدوده ۸/۳۹ و ۸/۵۹ متغیر بوده است (نمودار ۶.۳). همانطوری که نتایج نشان می دهد این تغییرات در حدود ۰/۲۰ می باشد این تغییرات کم بیانگر افزایش ۱/۵ برابری یون هیدروژن در محیط بدلیل فعالیتهای بیولوژیکی در ماههای مختلف بوده است (همانطوری که در بالا متذکر شدیم). همچنین بر اساس آزمون آنالیز واریانس میانگین pH در سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر) اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $P<0/05$ ) و براساس آزمون دانکن سالهای ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در یک گروه و دو سال دیگر در گروه های جداگانه قرار گرفتند.

عوامل موثر بر میزان اکسیژن محلول در آب دریا را می توان اتمسفر، فتوسنتز و اکسیداسیون مواد نام برد، البته عوامل دما و شوری نیز بر اشباعیت آن اثر دارند. Kosarev and Yablonskaya (۱۹۹۴) گزارش کردند که میزان DO در سه منطقه شمالی، مرکزی و جنوبی دریای خزر متفاوت است. در خزر شمالی بدلیل دمای پایین، ورود مواد مغذی فراوان و فتوسنتز بالا میزان این دو مقدار بالاتر از خزر مرکزی و جنوبی بوده است. همچنین خزر مرکزی بدلیل تحت تاثیر قرار گرفتن آبهای سرد شمالی نسبت به خزر جنوبی دارای DO و بالاتری بوده است.

ارتباط بین اکسیژن محلول با دما و شوری آب با استفاده از آنالیز همبستگی پیرسون نشان داد که این همبستگی معنی دار و منفی بوده است ( $n=72$ ،  $r=-0/52$ ،  $r=-0/44$ ) و این بدین معنی است که با افزایش دما و شوری، اکسیژن محلول کاهش می یابد و بر عکس. زیرا افزایش دما و شوری باعث کاهش گاز محلول (اکسیژن محلول) در آب می شود. همچنین بین اکسیژن محلول و pH همبستگی منفی و معنی داری وجود دارد ( $n=72$ ،  $r=-0/31$ ). این بدلیل افزایش pH با تبادل هوا با سطح آب همراه است و در این فرایند با حل شدن  $CO_2$  با

حلالیت بیشتر سبب کاهش حلالیت گاز اکسیژن می شود. همچنین معادله رگراسیون بین اکسیژن محلول و دما-شوری نشان داد که اثر دما (ضریب رگراسیون =  $-0/41$ ) در مقایسه با شوری (ضریب رگراسیون =  $-0/29$ ) بر اکسیژن محلول بیشتر بوده است، به بیان دیگر تغییرات DO بیشتر تحت تاثیر دما است تا شوری زیرا در ماهها و فصول مختلف تغییرات دمایی بیشتر از شوری بوده است. برای اثبات ادعای فوق به بررسی تغییرات ماهانه می پردازیم. نتایج نشان داد که میانگین ماهانه اکسیژن محلول آب بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) با حداکثر در ماه اسفند و حداقل در ماه شهریور در محدوده  $5/34$  و  $6/89$  ml/l متغیر بوده است (نمودار ۸.۳). همانطوریکه نتایج نشان می دهد این تغییرات در حدود  $1/55$  ml/l می باشد. این تغییرات بیانگر اثرات دما بر اکسیژن محلول بوده است بطوریکه حداکثر آن در ماه سرد سال یعنی اسفند بوده و حداقل آن در ماه گرم سال یعنی شهریور ثبت گردید. بر اساس آزمون آنالیز واریانس میانگین اکسیژن محلول در سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر) اختلاف معنی داری را نشان نداده است ( $p > 0/05$ ).

سطح مواد مغذی در دریای خزر (حتی در خزر شمالی) در مقایسه با اکوسیستم های دیگر پایین می باشد (Dumont, 1998). در مناطق خزر مرکزی و جنوبی مواد مغذی نسبتا کمی در چرخه قرار می گیرد و این مقدار متکی بر چرخش داخلی و ورود از رودخانه های کوچک و بارش باران می باشد. تغییرات غلظتی ازت آمونیمی ( $NH_4^+/N$ ) در مناطق مختلف دریای خزر متفاوت بوده و به همین دلیل حداقل ها و حداکثرها در فصول متفاوتی مشاهده می گردد. Dumont (1998) گزارش کرده است که حداقل غلظت ازت آمونیمی را در خزر شمالی و مرکزی در زمستان و حداکثر آن را در تابستان ثبت گردید. بنابر نتایج Leonov و Stygar (2001) غلظت  $NH_4^+$  آب در فصل بهار و پاییز به دلیل فعالیت های بالای آبزیان (در منطقه خزر شمالی) افزایش میابد. در تحقیق حاضر در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) افزایش غلظت ازت آمونیمی از فصل زمستان (ماههای دی و اسفند) شروع گردیده و در فصل بهار (ماه اردیبهشت) به اوج خود می رسد و با رسیدن به فصول تابستان و پاییز روند نزولی را نشان داده است (نمودار ۱۰.۳). همچنین بر اساس آزمون آنالیز واریانس میانگین ازت آمونیمی در سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر) اختلاف معنی داری را نشان نداده است ( $P > 0/05$ ) اما میانگین غلظت ازت آمونیمی در ماهها و فصول مختلف در سالهای متفاوت معنی دار بوده است ( $P < 0/05$ ) که موید نتایج فوق می باشد.

تغییرات ازت آمونیمی علاوه بر pH، متاثر از دمای آب نیز می باشد. در تحقیق حاضر ازت آمونیمی فقط با دما ارتباط معنی داری داشته و ضریب همبستگی برابر  $0/30$  بوده است و به بیان دیگر با افزایش دما غلظت ازت آمونیمی افزایش می یابد زیرا از سویی با افزایش دما فراوانی شانه دار که مواد مغذی ترشح می کند زیاد می شود که به تبع آن غلظت ازت آمونیمی بیشتر می شود. آمونیوم منبع مهم نیتروژنی برای باکتری ها، جلبک ها ماکروسکوپی و گیاهان دریایی در آب شیرین و اکوسیستم دریایی است. غلظت آن بسیار متغیر است ولی معمولا کم است زیرا همانطوریکه Ren (2002) عنوان کرد که حجم مبادلات ازت آمونیمی نسبت به ازت نیتراتی

در اکوسیستم آبی بسیار سریع صورت می گیرد. همچنین آمونیوم منبع ازت ترجیح داده برای بیشتر جلبک ها می باشد زیرا جلبک می تواند ترکیب آمونیوم (جذب) را به طور مستقیم به اسیدهای آمینه تبدیل کند. لذا بدلیل اولویت  $\text{NH}_4^+$  به نترات، غلظت آمونیوم معمولاً زیر ۱ میکرو مولار می باشد. اما در تحقیق حاضر که اکوسیستم از سوی شانه دار تحت شرایط غیر طبیعی قرار دارد، ازت آمونیمی در اکثر ماهها و فصول دارای غلظت و درصد قابل ملاحظه ای بوده است (جدول ۲.۴).

معمولاً غلظت ازت نیترونی کمتر از ۰/۴ میکرومولار می باشد. غلظت بالاتر ازت نیترونی را می توان در آب کم اکسیژن و جایی که نیتریفیکاسیون (nitrification) باکتریایی رخ می دهد مشاهده کرد. (Carpenter and Capone, 1983; Nasrollahzadeh *et al.*, 2008a). در تحقیق حاضر غلظت یون ازت نیترونی ( $0/12 \pm 0/02$ ) بدلیل بالا بودن اکسیژن محلول کم بوده است (جدول ۱.۴ و ۲.۴). این غلظت پایین نشان می دهد که احتمالاً فرآیند اکسیداسیون نیترونی به نترات و عمل احیای یون نیترونی به آمونیوم در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) به خوبی صورت می گیرد. همچنین بر اساس آزمون آنالیز واریانس میانگین ازت نیترونی در سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر) اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $P < 0/05$ ) و براساس آزمون دانکن سالهای ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر در یک گروه و دو سال دیگر در گروه های جداگانه قرار گرفتند. نترات یکی از مهم ترین منابع ازت برای شکوفایی فیتوپلانکتونها در اکوسیستم دریایی می باشد. اگرچه ازت آمونیمی به عنوان تنها منبع ازت برای رشد فیتوپلانکتون ها می باشد، معمولاً غلظت  $\text{NH}_4^+$  کمتر از ۳ میکرومولار می باشد که این مقدار نمی تواند سبب شکوفایی فیتوپلانکتون در محیط آبی گردد. تنهادر لایه های سطحی که مقادیر قابل توجهی از نترات وجود دارد (اختلاط عمودی آب، طوفان، *upwelling*، ورودی رودخانه ها) شکوفایی فیتوپلانکتون رخ می دهد (Ren, 2002). در تحقیق حاضر که نمونه از لایه سطحی برداشته شده است مشابه نتایج بالا غلظت ازت نیترونی بیش از دو برابر ازت آمونیمی بوده است و غلظت آن بیش از ۳ میکرومولار مشاهده گردید بنابراین فیتوپلانکتون از این فرم ازت نیز استفاده می کند (جدول ۲.۴). در تحقیق حاضر در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) افزایش غلظت ازت نیترونی از فصل بهار شروع گردیده و در فصل تابستان (ماه شهریور) به اوج خود می رسد و با رسیدن به فصول زمستان روند نزولی را نشان داده است (نمودار ۱۴.۳). مقادیر حداکثری ازت نیترونی و ازت آمونیمی در ماه شهریور را میتوان به انجام فرآیند معدنی شدن ترکیبات آلی و ادامه مرحله اکسیداسیون در ماه گرم سال نسبت داد بطوریکه همبستگی مثبت معنی دار این دو فرم با دما ( $r = 0/40$  و  $0/30$ ) موید این ادعا می تواند باشد. همچنین بر اساس آزمون آنالیز واریانس میانگین ازت نیترونی در سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر) اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $P < 0/05$ ) و براساس آزمون دانکن سالهای ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در یک گروه و سالهای ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر در دو گروه جداگانه قرار گرفتند.

غلظت سالانه ازت معدنی ( $\text{NH}_4 +$ ،  $\text{NO}_2^-$ ،  $\text{NO}_3^-$ ) نسبتاً دارای تغییرات گسترده ای است. درصد اجزای ترکیبات نیتروژنی نسبت به ازت معدنی در مناطق و فصول مختلف در سال متفاوت است بطوریکه درصد  $\text{NH}_4+$ ،  $\text{NO}_2^-$  و  $\text{NO}_3^-$  به ترتیب برابر ۶ تا ۵۳، ۰/۱۴ تا ۲۶ و ۳۷ تا ۹۴ درصد متغیر می باشد. نتایج مشابهی را Leonov و Stygar (۲۰۰۱) در مناطق شمالی، مرکزی و جنوبی گزارش کردند.

با بررسی نمودارهای ماهانه ازت آمونیمی، ازت نیتراتی و ازت آلی درمی یابیم که در ماههایی که دو فرم معدنی دارای حداکثر مقدار خود می باشند تقریباً همراه است با کاهش ازت آلی که این مورد را میتوان به تبدیل ازت آلی به فرم معدنی نسبت داد. همبستگی مثبت معنی دار بین این دو فرم معدنی با ازت آلی نیز تایید نتایج فوق می باشد. غلظت ازت آلی (DON) نسبت به ازت معدنی (DIN) اغلب بالاتر می باشد، حتی در مناطقی که تصور می شود نیتروژن عامل محدود کننده در رشد فیتوپلانکتون هاست. غلظت بالای ازت آلی در محیط آبی منجر به این دیدگاه است منبع ترکیبات DON تا حد زیادی مقاوم بوده، همچنین برای تغذیه فیتوپلانکتون اهمیت زیادی ندارد. در اقیانوس ها، بطور معمول غلظت DON در لایه نوری بالا است و سپس کاهش یافته و در مناطق عمیق ثابت باقی می ماند (Hansell et al., 1993; Libby and Wheeler, 1997; Bronk et al., 2007; Bronk, 2002). بطور کلی، منبع DON مانند یک "جعبه سیاه" می باشد بطوریکه ترکیبات آن ناشناخته است اما انتظار می رود که در مکان و زمانهای در محیط آبی تغییر یابد. در تحقیق حاضر نیز نتیجه مشابه بدست آمده است بطوریکه میانگین درصد DIN کمتر از ۱۵ درصد بوده است اما در عوض میانگین درصد DON به بیش از ۸۰ رسیده است. همچنین بر اساس آزمون آنالیز واریانس میانگین ازت آلی در سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر) اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $P < 0.05$ ) و براساس آزمون دانکن سالهای ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر (۱۳۹۱) در سه گروه جداگانه و سال ۱۳۸۷ بصورت مشترک در گروههای دوم و سوم قرار گرفت.

در میان ماکرونوترینتها، فسفر معمولاً کمترین فراوانی در غلظت (کمتر از ۰/۵۰ میکرومولار) را دارد. به همین دلیل، غلظت نترات و آمونیوم در بیشتر سیستم های دریایی کم میباشد، و نیاز ارگانیزمها به نیتروژن بسیار بیشتر از فسفر می باشد (به نسبت Redfield نگاه کنید)، بطوریکه فسفر معمولاً مواد مغذی محدود کننده در اقیانوس ها نیست. چرخه فسفر پیچیده است، و بیشتر فسفر در سیستم پلاژیک دریایی در فاز ذرات (موجودات زنده، ریزه) وجود دارد. ارتو فسفات به سرعت توسط موجودات جذب می شوند. در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران) میانگین غلظت فسفر معدنی کمی بیشتر از ۰/۵۰ میکرومولار می باشد (جدول ۳.۴) و حداکثر غلظت در فصل زمستان (ماه اسفند) بوده است. افزایش غلظت فسفر معدنی از شهریور تا اسفند ادامه دارد که این افزایش را در فصل زمستان را می توان به انتقال فسفر معدنی از رسوبات به ستون آبی نسبت داد. در تحقیقات خود در بررسی اشکال فسفر در رسوبات سطحی حوزه جنوبی دریای خزر گزارش کردند که تقریباً ۲۰٪ از اشکال فسفر معدنی متصل به ذرات و عناصر قابل دسترس برای جلبکها می باشند که میتواند مطالب بالا را تایید نماید (Samadi et al., 2013). نتایج نشان داد که میانگین سالانه درصد فرمهای فسفر معدنی و فسفر آلی به ترتیب



۱/۸۵±۵۴/۰ و ۱/۸۶±۴۶/۰۷ بوده است. بنابراین بالا بودن درصد فسفر معدنی نسبت به فسفر آلی در این منطقه از دریای خزر می تواند هم بیانگر انتقال مناسب فسفر معدنی از رسوبات به ستون آبی باشد و هم تبدیل مناسب فرم آلی فسفر به فرم معدنی آن نسبت داد. با توجه به نمودار زمانی درصد فسفر های آلی و معدنی (نمودار ۲۶.۳) می توان دریافت که درصد بالای فسفر معدنی در ماههای سرد سال (آبان، دی و اسفند) را به انتقال مناسب این فرم از فسفر از رسوبات به ستون آبی نسبت داد زیرا در این دو فصل فرایند چرخش عمودی آب (turnover) بخوبی در دریای خزر صورت می گیرد. همچنین همبستگی منفی معنی دار ( $r = -0/62$ ) بین فسفر معدنی و دمای آب این ارتباط را در فصول سرد سال تایید می کند.

بر اساس آزمون آنالیز واریانس میانگین فسفر معدنی در سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر) اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < 0/05$ ) و بر اساس آزمون دانکن سالهای ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر (۱۳۹۱) در دو گروه جداگانه و سالها ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در گروه دیگر قرار گرفت. همچنین بر اساس آزمون آنالیز واریانس میانگین فسفر آلی در سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر) اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < 0/05$ ) و بر اساس آزمون دانکن سالهای ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر (۱۳۹۱) در یک گروه و سالهای ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در گروه دیگر قرار گرفت.

سیلیس اساسا غیر یونیزه است و از منظر شیمیایی نسبتا فعال نیست. با این وجود، دیاتومها و بعضی از گروه های دیگر جلبک با جذب مقادیر زیاد سیلیس محلول آن را در سنتز دیواره سلولی خود و یا frustules مورد استفاده قرار می دهند. از آنجا که، دیاتومها شاخه غالب جلبکی را تشکیل می دهند لذا، آنها تا حد زیادی می توانند در تغییرات و نرخ میزان سیلیس محلول در هر دو اکوسیستم های دریایی و آب شیرین نقش داشته باشند. در دسترس بودن سیلیس محلول می تواند تاثیر بارزی بر روی گونه های غالب جوامع فیتوپلانکتون داشته باشد. در غلظت پایین تر از ۵ میکرومولار، بیشتر دیاتومها نمی تواند رقابت موثر با جلبک غیر دیاتومه ای (non-siliceous) داشته باشند (Ren, 2002). در مطالعه حاضر میزان سیلیس محلول (DSi) در تمام فصول بالاتر از این مقدار بوده است، همچنین میانگین سالانه نیز بیش از ۸ میکرومولار بوده است (جدول ۳.۴) و انتظار میرود که در این ناحیه از دریای خزر دیاتومه گروه غالب را تشکیل دهد. چنانکه در مطالعه Nasrollahzadeh و همکاران (2008a) در سالهای ۹۷-۱۹۹۶ و ۲۰۰۵، گل آقایی و همکاران (۱۳۹۱) و مخلوق و همکاران (۱۳۹۱) نیز با توجه به بالا بودن میزان DSi گونه غالب حوزه جنوبی دریای خزر دیاتومه بوده است. تغییرات سیلیس محلول در حوزه جنوبی دریای خزر نشان داد که تاثیر سواحل و رودخانه ها بر سیلیس محلول زیاد می باشد به طوری که در آزمون آماری اعماق مختلف کاملا تفکیک گردیدند و همچنین حداکثر غلظت سیلیس محلول در عمق ۵ متری و حداقل در عمق ۳۰ متری ثبت گردید که مطلب بالا را تایید می کند. همچنین بر اساس آزمون آنالیز واریانس میانگین سیلیس محلول در سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و تحقیق حاضر) اختلاف معنی داری را نشان

داده است ( $p < 0.05$ ) و براساس آزمون دانکن تحقیق حاضر (۱۳۹۱) در یک گروه و سالهای ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در گروه دیگر قرار گرفت.

جدول ۱.۴: تغییرات میانگین پارامترهای محیطی آب به همراه خطای معیار سال های مختلف در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران)

۱۳۹۱ (تحقیق حاضر)	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷		
۲۳/۲۱±۰/۵۳	۲۱/۲۵±۰/۴۵	۲۱/۳۰±۰/۲۳	۱۸/۹۵±۰/۱۹	بهار	دمای آب (°C)
۲۷/۱۵±۰/۱۱	۲۹/۲۱±۰/۲۴	۲۶/۷۲±۰/۲۸	۲۹/۱۲±۰/۱۳	تابستان	
۱۸/۱۹±۰/۶۲	۱۷/۵۵±۰/۲۸	۱۷/۴۳±۰/۲۷	۱۷/۲۶±۰/۱۴	پاییز	
۱۰/۵۳±۰/۳۵	۹/۷۰±۰/۱۱	۱۱/۰۶±۰/۶۷	۱۲/۸۲±۰/۱۷	زمستان	
۱۹/۴۶±۰/۸۵	۱۹/۴۳±۰/۰۳	۱۹/۱۲±۰/۸۶	۱۹/۰۸±۰/۸۷	سالانه	
۳/۴۵±۰/۳۵	۳/۸۲±۰/۶۸	۳/۸۲±۰/۶۸	۳/۴۲±۰/۷۵	بهار	شفافیت (m)
۳/۰۴±۰/۲۸	۲/۶۸±۰/۴۱	۲/۷۵±۰/۵۰	۲/۴۱±۰/۲۱	تابستان	
۲/۱۷±۰/۲۱	۳/۶۶±۰/۷۱	۱/۵۳±۰/۲۲	۳/۱۷±۰/۴۵	پاییز	
۱/۸۰±۰/۱۹	۲/۶۲±۰/۴۷	۲/۱۷±۰/۲۴	۲/۶۷±۰/۵۱	زمستان	
۲/۵۵±۰/۱۵	۳/۲۰±۰/۲۹	۲/۵۶±۰/۲۵	۲/۹۱±۰/۲۶	سالانه	
۱۲/۷۶±۰/۰۵	۱۰/۹۲±۰/۵۴	۱۰/۹۵±۰/۵۲	۱۲/۹۹±۰/۰۶	بهار	شوری (ppt)
۱۲/۵۷±۰/۰۸	۱۰/۸۸±۰/۶۳	۱۱/۷۵±۰/۵۲	۱۲/۹۵±۰/۱۲	تابستان	
۱۲/۰۴±۰/۶۲	۱۱/۴۷±۰/۷۸	۱۲/۹۰±۰/۲۲	۱۲/۷۷±۰/۱۰	پاییز	
۱۲/۰۸±۰/۲۱	۱۰/۷۳±۰/۶۷	۱۰/۱۲±۰/۵۰	۱۱/۱۴±۰/۲۹	زمستان	
۱۲/۳۵±۰/۱۳	۱۰/۷۵±۰/۳۳	۱۱/۱۷±۰/۳۰	۱۲/۲۱±۰/۱۹	سالانه	
۸/۴۹±۰/۰۳	۸/۳۹±۰/۰۴	۸/۴۱±۰/۰۳	۸/۳۷±۰/۰۲	بهار	pH
۸/۵۷±۰/۰۱	۸/۳۸±۰/۰۳	۸/۴۱±۰/۰۵	۸/۲۶±۰/۰۵	تابستان	
۸/۵۸±۰/۰۱	۸/۴۸±۰/۰۵	۸/۵۳±۰/۰۳	۸/۴۳±۰/۰۱	پاییز	
۸/۵۸±۰/۰۱	۸/۴۸±۰/۱۱	۸/۳۱±۰/۱۲	۸/۱۹±۰/۰۴	زمستان	
۸/۵۱±۰/۰۲	۸/۳۹±۰/۰۳	۸/۴۱±۰/۰۳	۸/۳۱±۰/۰۲	سالانه	
۵/۸۶±۰/۱۰	۵/۰۶±۰/۱۷	۴/۷۳±۰/۱۳	۵/۹۹±۰/۰۴	بهار	اکسیژن محلول (ml/l)
۵/۶۵±۰/۱۴	۵/۰۶±۰/۱۵	۵/۲۸±۰/۰۸	۵/۴۷±۰/۱۰	تابستان	
۵/۸۴±۰/۰۹	۵/۵۵±۰/۱۴	۶/۲۰±۰/۰۶	۶/۲۲±۰/۰۹	پاییز	
۶/۵۰±۰/۰۹	۷/۲۹±۰/۰۵	۷/۹۰±۰/۱۱	۶/۵۶±۰/۳۱	زمستان	
۶/۰۰±۰/۰۷	۵/۷۴±۰/۱۵	۶/۰۳±۰/۱۸	۵/۸۱±۰/۰۹	سالانه	

جدول ۲.۴: تغییرات میانگین پارامترهای مواد مغذی آب (ترکیبات نیتروژنی) به همراه خطای معیار سال های مختلف در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران)

۱۳۹۱ (تحقیق حاضر)	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷		
۲/۵۵±۰/۳۶	۱/۳۹±۰/۳۳	۳/۹۹±۰/۷۵	۱/۷۶±۰/۲۸	بهار	NH4+/N
۲/۰۲±۰/۱۸	۱/۶۹±۰/۳۱	۳/۶۷±۰/۴۴	۰/۹۲±۰/۱۲	تابستان	
۰/۴۷±۰/۰۴	۱/۶۶±۰/۳۱	۶/۰۶±۰/۴۸	۰/۸۰±۰/۱۷	پاییز	
۱/۸۴±۰/۵۶	۱/۷۳±۰/۳۳	۰/۸۰±۰/۱۵	۳/۸۹±۰/۵۲	زمستان	
۱/۷۹±۰/۲۲	۱/۶۲±۰/۱۶	۳/۶۵±۰/۳۷	۱/۸۴±۰/۲۴	سالانه	
۰/۰۶±۰/۰۱	۰/۰۶±۰/۰۱	۰/۰۸±۰/۰۲	۰/۰۷±۰/۰۱	بهار	NO2-/N
۰/۰۹±۰/۰۱	۰/۰۷±۰/۰۱	۰/۰۸±۰/۰۲	۰/۰۸±۰/۰۱	تابستان	
۰/۰۹±۰/۰۱	۰/۱۲±۰/۰۳	۰/۱۰±۰/۰۲	۰/۰۸±۰/۰۱	پاییز	
۰/۲۱±۰/۰۷	۰/۰۸±۰/۰۱	۰/۰۹±۰/۰۲	۰/۰۸±۰/۰۱	زمستان	
۰/۱۲±۰/۰۲	۰/۰۸±۰/۰۱	۰/۰۹±۰/۰۲	۰/۰۸±۰/۰۱	سالانه	
۴/۳۱±۰/۲۹	۲/۲۱±۰/۴۹	۱/۶۷±۰/۲۰	۱/۶۴±۰/۱۲	بهار	NO3-/N
۴/۵۲±۰/۲۰	۱/۲۰±۰/۲۷	۱/۲۳±۰/۳۰	۱/۱۱±۰/۱۲	تابستان	
۴/۴۹±۰/۱۸	۱/۵۰±۰/۱۸	۲/۴۹±۰/۶۷	۱/۳۶±۰/۲۴	پاییز	
۳/۷۴±۰/۴۷	۲/۷۹±۰/۴۶	۱/۹۸±۰/۴۹	۱/۶۸±۰/۲۶	زمستان	
۴/۲۲±۰/۱۸	۱/۹۳±۰/۲۰	۱/۸۴±۰/۲۳	۱/۴۵±۰/۱۰	سالانه	
۶/۹۱±۰/۳۸	۳/۶۶±۰/۵۵	۵/۷۴±۰/۸۶	۳/۴۷±۰/۳۶	بهار	DIN
۶/۶۲±۰/۳۵	۲/۹۶±۰/۵۴	۵/۰۷±۰/۴۷	۲/۱۲±۰/۱۹	تابستان	
۵/۰۴±۰/۱۹	۳/۲۹±۰/۳۵	۸/۶۵±۰/۷۴	۲/۲۴±۰/۳۶	پاییز	
۵/۷۹±۱/۰۱	۴/۶۰±۰/۵۲	۲/۸۷±۰/۶۰	۵/۶۵±۰/۵۶	زمستان	
۶/۱۳±۰/۳۷	۳/۶۳±۰/۲۶	۵/۵۸±۰/۴۵	۳/۳۷±۰/۲۸	سالانه	
۳۷±۱	۱۷±۱	۲۹±۴	۴۳±۳	بهار	DON
۴۰±۱	۴۷±۲	۲۶±۳	۵۰±۲	تابستان	
۳۸±۱	۵۴±۲	۲۴±۴	۴۲±۲	پاییز	
۳۳±۲	۵۶±۸	۲۵±۲	۲۳±۴	زمستان	
۳۷±۱	۴۴±۳	۲۶±۲	۳۹±۲	سالانه	

جدول ۳.۴: تغییرات میانگین پارامترهای مواد مغذی آب (ترکیبات فسفری و سیلیسی) به همراه خطای معیار سال های مختلف در بخش جنوبی دریای خزر (منطقه مازندران)

۱۳۹۱ (تحقیق حاضر)	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷		
۰/۴۰±۰/۰۲	۰/۳۹±۰/۰۳	۰/۱۸±۰/۰۲	۰/۲۵±۰/۰۳	بهار	DIP/P
۰/۴۲±۰/۰۲	۰/۳۳±۰/۰۴	۰/۲۹±۰/۰۴	۰/۲۶±۰/۰۴	تابستان	
۰/۶۱±۰/۰۲	۰/۳۰±۰/۰۲	۰/۲۵±۰/۰۴	۰/۱۵±۰/۰۲	پاییز	
۰/۸۲±۰/۰۹	۰/۲۸±۰/۰۳	۰/۱۸±۰/۰۲	۰/۲۲±۰/۰۳	زمستان	
۰/۵۸±۰/۰۴	۰/۳۳±۰/۰۲	۰/۲۳±۰/۰۲	۰/۲۲±۰/۰۱	سالانه	
۰/۶۱±۰/۰۴	۰/۳۱±۰/۰۳	۰/۸۷±۰/۱۰	۰/۵۳±۰/۰۶	بهار	DOP/P
۰/۵۹±۰/۰۳	۰/۵۰±۰/۰۴	۰/۵۲±۰/۰۵	۰/۶۸±۰/۰۷	تابستان	
۰/۳۳±۰/۰۳	۰/۳۷±۰/۰۶	۰/۵۶±۰/۰۴	۰/۷۰±۰/۰۳	پاییز	
۰/۳۹±۰/۰۳	۰/۵۵±۰/۱۰	۰/۵۴±۰/۰۳	۰/۵۶±۰/۰۵	زمستان	
۰/۴۸±۰/۰۲	۰/۴۳±۰/۰۴	۰/۶۲±۰/۰۴	۰/۶۲±۰/۰۳	سالانه	
۸/۷۶±۰/۶۸	۸/۲۲±۱/۳۸	۸/۲۴±۱/۳۹	۹/۱۰±۰/۷۳	بهار	DSi/Si
۹/۲۵±۰/۳۵	۹/۱۶±۱/۰۴	۱۰/۷۸±۱/۳۵	۸/۲۳±۰/۶۰	تابستان	
۱۰/۳۵±۰/۴۸	۱۱/۲۹±۱/۴۱	۵/۸۴±۰/۶۲	۷/۸۶±۰/۸۲	پاییز	
۹/۴۷±۰/۱۸	۱۰/۸۸±۱/۴۴	۱۰/۷۸±۱/۱۷	۸/۱۷±۰/۸۷	زمستان	
۹/۵۰±۰/۲۰	۹/۸۸±۰/۶۷	۸/۹۱±۰/۶۴	۸/۳۴±۰/۳۷	سالانه	

نسبت Redfield (C106:N16:P1:Si16) در اصل یک سنگ بنای ژئوشیمی زیستی است که رابطه بین اجزای میکروارگانیزم و شیمی آب را نشان می دهد (Harrison *et al.*, 1976 & 1977). انحراف در نسبت این مواد مغذی پلاژیک بیانگر محدودیت در تولیدات اولیه (رشد فیتوپلانکتونی) در یک اکوسیستم آبی می باشد. به بیان دیگر نسبت استوکیومتری (stoichiometric) مواد مغذی بر آورد خوبی برای نشان دادن محدودیت رشد فیتوپلانکتون در یک اکوسیستم آبی می باشد (Redfield *et al.*, 1963; Brzezinski, 1985). مطالعه روی سنیتیک جذب مواد مغذی نشان داد که اگر نسبت مولی DIN/DIP محیط کمتر از ۱۰ باشد نشان دهنده محدودیت نیتروژنی است (Parsons *et al.*, 1961; Healey and Hendzel, 1979; Brzezinski, 1985; Lévassieur and Therriault, 1987) اگر  $DSi/DIP < 10$  باشد نشان دهنده محدودیت سیلیسی است (Harrison *et al.*, 1976 and 1977; Lévassieur and Therriault, 1987) و اگر DIN/DIP بیش از ۳۰-۲۰ باشد نشان دهنده محدودیت فسفری می باشد (Goldman *et al.*, 1979; Healey and Hendzel, 1979).

(1981) Perry and Eppley, (1976, 1977) Harrison *et al.* و (1990) Nelson and Brzezinski عنوان کردند که محدودیت مواد مغذی بر اساس نسبت آنها بایستی با در نظر گرفتن حد آستانه این ترکیبات (ازت، فسفر و

سیلیس) همراه باشد. بر اساس مطالعه جذب سینتیکی آنها میزان آستانه ترکیبات DIN ، DIP و DSi به ترتیب برابر ۱/۰، ۰/۱ و ۲/۰ میکرومولار باشد (Dortch and Whitlege, 1992; Rabalais and Turner, 2001; Justic *et al.*, 1995). در تحقیق حاضر در اکثر فصول مقادیر بدست آمده در مورد DIN (۱۰۰٪)، DIP (۱۰۰٪) و DSi (۱۰۰٪) بیش از حد آستانه می باشد (جداول ۲.۴ و ۳.۴) بنابراین نسبت مولی این ترکیبات می تواند مورد سنجش محدودیت رشد فیتوپلانکتون قرار گیرد. در دریای خزر نسبت ازت/ فسفردارای محدوده بسیار باریک است مقادیر آن چند برابر کمتر از دیگر دریاها می باشد. نسبت سیلیس / فسفر (Si/P) در محدوده ۸ و ۱۰۰ متغیر است. در تمام فصول سال رشد فیتوپلانکتون نیتروژن به عنوان عامل محدوده کننده است در حالی که سطح فسفر و سیلیس محلول همیشه بالا باقی می ماند (Semenov, 1984). بر اساس مطالعات مختلف دریای خزر بعنوان اکوسیستم با محدودیت نیتروژنی می باشد مگر در ورودی رودخانه ها (رودخانه ولگا) که عامل محدود کننده فسفر می باشد (Kosarev and Yablonskya, 1994). در سال ۱۳۸۷ اکوسیستم دریای خزر (حوزه جنوبی دریای خزر-سواحل ایران) به سمت محدودیت نیتروژنی و فسفری ( $10 < \text{DIN/DIP} < 20$ ) سوق پیدا کرد (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) تا جاییکه در سال ۱۳۸۸ شرایط جدیدی حاکم گردید و اکوسیستم علاوه بر شرایط محدودیت نیتروژنی و فسفری، شرایط محدودیت فسفری ( $\text{DIN/DIP} > 20$ ) را نیز تجربه کرده است (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱). در تحقیق حاضر (۱۳۹۱) نمودارهای مختلف (۲۹.۳، ۳۰.۳، ۳۱.۳) در فصول متفاوت نشان داد که در فصول بهار و تابستان سیستم محدودیت فسفری داشته اما در فصول پاییز و زمستان بیشتر به سمت محدودیت نیتروژنی تمایل پیدا کرد. همانطوریکه در بالا متذکر شدیم در فصولی که چرخش عمودی آب صورت می پذیرد احتمال انتقال فسفر معدنی از رسوبات به ستون آبی زیاد است بطوریکه با افزایش فسفر در فصول پاییز و زمستان منطقه مورد مطالعه محدودیت نیتروژنی را تجربه کرده است. همچنین میانگین نسبت مولی DSi/DIP بیش از ۱۹ بوده است. این نسبت نشان می دهد که این ناحیه از خزر دارای محدودیت سیلیسی برای رشد فیتوپلانکتون نمی باشد (نمودار ۳۱.۳) که با گزارش دیگران نیز همسویی دارد. همچنین بر اساس آزمون آنالیز واریانس میانگین نسبت های مختلف مولی مواد مغذی در سالهای مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹) و تحقیق حاضر) اختلاف معنی داری را نشان داده است ( $p < 0.05$ ) و براساس آزمون دانکن سالهای مختلف در گروههای جداگانه قرار گرفتند.

## منابع

- پورغلام، ر. ۱۳۷۴. پروژه پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر با همکاری انستیتو تحقیقات کاسپینریخ (روسیه) و مرکز تحقیقات شیلات گیلان و مازندران، ۷۴-۱۳۷۳، ۱۳۷۳. مرکز تحقیقات شیلات مازندران، ۰۸-۰۰۰۲۴۲۰۰۰-۰۷۱۰۷۳-۳۸۹ صفحه.
- حسینی، ع.، گنجیان، ع.، مخلوق، آ.، کیهان ثانی، ع.ر.، تهامی، ف.، محمد جانی، ط.، حیدری، ع.، مکارمی، م.، مخدومی، ن.م.، روشن طبری، م.، تکمیلیان، ک.، روحی، ا.، رستمیان، م.ت.، فلاحی، م.، سبک آرا، ح.، خسروی، م.، واردی، ا.، هاشمیان، م.، واحدی، ف. ۱۳۸۹. پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی حوزه جنوبی دریای خزر تا عمق ۸۰۰ متری در سال ۱۳۷۵: موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۳-۰۷۱۰۲۴۲۰۰۰-۰۷۵-۱۶۰ صفحه.
- رستمیان، م.ت.، مکرمی رستمی، ع.، خداپرست، ن.، کیهان ثانی، ع.ر.، نصراله تبار، ع. ۱۳۹۰. پروژه بررسی فراوانی و بیوماس شانه دار *M. leidy* در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۷. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۸۶۹۰-۸۶۰۵-۱۲-۷۶-۲. ۴۹ صفحه.
- روحی، ابوالقاسم، مجید نظران، نوربخش خداپرست، فریبا واحدی، محمد تقی رستمیان، ابراهیم واردی، حوریه یونسی پور، یوسف علومی، علیرضا کیهان ثانی، عبدالله نصراله تبار، فاطمه سادات تهامی و تاج محمد پورمند، ۱۳۹۱. بررسی پراکنش شانه دار *Mnemiopsis leidy* در آبهای جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۹، موسسه تحقیقات شیلات ایران، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۶۷ صفحه.
- گل آقایی، م.، تهامی، ف.، مخلوق، آ.، گنجیان، ع.، کیهان ثانی، ع.ر.، دوستدار، م.، اسلامی، ف.، نصراله تبار، ع.، خداپرست، ن.، مکرمی، ع.، پورمند، ت.م.، ۱۳۹۱. بررسی تنوع، بیوماس و فراوانی فیتوپلانکتون در حوزه جنوبی دریای خزر ۱۳۸۷. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر ۸۶۰۸۶-۸۶۰۵-۱۲-۷۶-۲. ۹۷ صفحه
- لالویی، ف.، پیری، م.، نگارستان، ح.، شفیع پور، م.م.، زلفی نژاد، ک.، کیهان ثانی، ع.ر. ۱۳۸۳. پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلودگی های زیست محیطی اعماق کمتر از ۱۰ متر حوضه جنوبی دریای خزر ۷۸-۱۳۷۷، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۰۶-۰۰۰۲۱۴۰۰۰-۰۷۱۰۷۷-۳۹۴ صفحه.
- مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، فارابی، س.م.و.، روشن طبری، م.، اسلامی، ف.، رحمتی، ر.، تهامی، ف.، کیهان ثانی، ع.ر.، دوستدار، م.، خداپرست، ن.، گنجیان، ع.، مکرمی، ع.، ۱۳۹۱. پروژه بررسی تنوع، بیوماس و فراوانی فیتوپلانکتون در منطقه جنوبی دریای خزر ۱۳۸۸. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۸۸۰۳۶-۸۸۰۱-۱۲-۷۶-۱۲. ۲۹۶ صفحه.
- مکرمی، ع.، نصراله زاده ساروی، ح.، نادری، م.، اسلامی، ف.، فارابی، م.و.، رستمیان، م.ت.، روشن طبری، م.، دوستدار، م.، کیهان ثانی، ع.ر.، قانعی، م.، آذری، ح.، سلیمانی رودی، ع.، پورغلام، ر.، روحی، ا. ۱۳۹۱.

بررسی فراوانی و بیوماس شانه دار *Mnemiopsis leidyi* در منطقه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۸۸۰۳۹-۱۲-۷۶-۲. ۶۷ صفحه.

- نصراله زاده ساروی، ح.، یونسی پور، ح.، علومی، ی.، نصراله تبار، ع.، الیاسی، ف.، نوروزیان، م.، دلیناد، غ. ح.، واحدی، ف.، گل آقایی، م.، مکرمی، ع.، مخلوق، آ.، کاردر، م. ۱۳۹۱. پروژه بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در منطقه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۸۸۰۳۷-۱۱-۸۸۰۱-۱۲-۷۶-۲. ۱۹۳ صفحه.
- واحدی، ف.، نصراله تبار، ع.، علومی، ی.، یونسی پور، ح.، الیاسی، ف.، نوروزیان، م.، دلیناد، غ. ح. ۱۳۹۰. پروژه بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در کرانه های جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۷: موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۸۶۰۸۷-۸۶۰۵-۱۲-۷۶-۲. ۷۲ صفحه.
- هاشمیان، ع.، روشن طبری، م.، روحی، ا.، مخلوق، آ.، گنجیان، ع.، تهامی، ف.، رستمیان، م. ت.، کیهان ثانی، ع. ر.، سالاروند، غ. ر.، افرایی، م. ع.، شیخ الاسلامی، ع.، فراخی، ع. ج.، امانی، ق. ع.، واحدی، ف.، علومی، ی.، نصراله تبار، ع.، واردی، ا.، نجف پور، ش.، سلمانی، ع.، غلامی پور، س.، یونسی پور، ح. ۱۳۸۸. پروژه بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلودگی های زیست محیطی اعماق کمتر از ۱۰ متر حوضه جنوبی دریای خزر در اعماق کمتر از ۱۰ متر، سال ۸۳-۱۳۸۲. : موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۳-۲۴۲۰۰۰-۰۷۱۰۸۲-۱۳۴ صفحه.
- Aladin, N. and I. Plotnikov. 2004. The Caspian Sea. Lake Basin Management Initiative Thematic Paper. ([www.vliz.be/imisdocs/publications/133415.pdf](http://www.vliz.be/imisdocs/publications/133415.pdf)). Pp.24-30 (in Russian).
- APHA (American Public Health Association). 2005. *Standard method for examination of water and wastewater*. 18<sup>th</sup> edition. American public health association publisher, Washington. USA. 1113 pp.
- Aubrey, D.G. 1994. Conservation of biological diversity of the Caspian Sea and its coastal zone. A proposal to the Global Environment Facility, Report to GEF. 250 p.
- Bluman, A.G., 1998. *Elementary statistics: a step by step approach*. 3<sup>rd</sup> edition. Tom Casson publisher, USA. p 4.
- Bronk, D. A., J. H. See, P. Bradley and L. Killberg. 2007. DON as a source of bioavailable nitrogen for phytoplankton. *Biogeosciences*, 4:283-296.
- Bronk, D.A. 2002. Dynamics of organic nitrogen. In: Hansell DA, Carlson CA (eds) *Biogeochemistry of marine dissolved organic matter*. Academic Press, San Diego. Pp 153-247.
- Brzezinski, M. 1985. The Si:C:N ratio of marine diatoms: interspecific variability and the effect of some environmental variables. *Journal of Phycology*, 21:347-357.
- Carpenter, E.J. and D.G. Capone (Eds), 1983. *Nitrogen in the marine environment*. Academic Press. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London. Pp 65-103.
- CEP (Caspian Environment Programme) .1998. National reports of the Caspian Sea countries (Azerbaijan, Iran, Kazakhstan, Russian Federation, Turkmenistan), Caspian Environment Programme.
- Dortch, Q. and T.E. Whitley. 1992. Does nitrogen or silicon limit phytoplankton production in the Mississippi River plume and nearby regions? *Continental Shelf Research*, 12:1293-1309.
- Dumont, H.J. 1998. The Caspian Lake: history, biota, structure, and function. *Limnology and Oceanography*, 43: 44-52.
- Fedorov, P.V. 1983. Some issues of the Caspian and Aral Paleogeography in the late Pliocene and pleistocene. II, The Paleogeography of the Caspian and Seas in the caniosonic Era Part I. Russia: USSR. Pp 16.
- Goldman, J.C., J.J. McCarthy, and D.G. Peavey. 1979. Growth rate influence on the chemical composition of phytoplankton in oceanic waters. *Nature*, 279:210-215.

- Hansell, D.A., P.M. Williams and B.B. Ward. 1993. Measurements of DOC and DON in the Southern California Bight using oxidation by high temperature combustion. *Deep-Sea Research*, 40:219–234.
- Harrison, P. J., H. L. Conway and R. C. Dugdale. 1976. Marine diatoms grown in chemostats under silicate or ammonium limitation. I. Cellular chemical composition and steady state growth kinetics of *Skeletonema costatum*. *Marine Biology*, 35:177–186.
- Harrison, P. J., H. L. Conway, R. W. Holmes and C. O. Davis. 1977. Marine diatoms grown in chemostats under silicate or ammonium limitation. III. Cellular chemical composition and morphology of three marine diatoms. *Marine Biology*, 43:19–31.
- Healey, F.P. and L.L. Hendzel. 1979. Fluorometric measurement of alkaline phosphatase activity in algae. *Freshwater Biology*, 9:429–439.
- Justic, D., N.N. Rabalais, R.E. Turner and Q. Dortch. 1995. Changes in nutrient structure of river-dominated coastal waters: stoichiometric nutrient balance and its consequences. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 40:339–356.
- Katunin, D.N. and V.V. Sapozhnikov. 1997. Okeanologiya. Moscow, Russia.
- Kideys, E.A., N. Soydemir, E. Eker, V. Vladymyrov, D. Soloviev and F. Melin. 2005a. Phytoplankton distribution in the Caspian Sea during March 2001. *Hydrobiologia*, 543:159-168.
- Kosarev, A. N. 2005. Physico-Geographical Conditions of the Caspian Sea. In: Kostianov, A. G. and Kosarev, A. N. (Ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer. Pp 5-31.
- Kosarev, A.N. and E.A. Yablonskaya. 1994. *The Caspian Sea*. The Netherlands: SPB Academic Publishing, The Hague. 274 pp.
- Leonov A. V. and O. V. Stygar. 2001. Mathematical Modeling of Organogenic Material Biotransformation Processes for Studying the Conditions of Water Eutrophication in the Caspian Sea Surface Layer. *Water Resource*, 28:535-552.
- Leonov, A.V and Nazarov, N.A. 2001. Nutrient input into the Caspian Sea with river runoff. *Water Resources*, 28: 656-665.
- Levasseur, M.E. and J.C. Therriault. 1987. Phytoplankton biomass and nutrient dynamics in a tidally induced upwelling: the role of the  $\text{NO}_3:\text{SiO}_4$  ratio. *Marine Ecology Progress Series*, 39:87-97.
- Libby, P. and P. Wheeler. 1997. Particulate and dissolved organic nitrogen in the central and eastern equatorial Pacific. *Deep-Sea Research*, 44:345–361.
- Mamedov, R.M., L.A. Kulizade and Y.H. Gadiyev. 1998. Impact at climate anomalies on the level of the Caspian Sea. In proceeding of The 2<sup>nd</sup> International conference on Climate and Water. Espoo, Finland, 972-980.
- Mamedov, R.M. and K.A. Korotenko. 2005. The ecological problems of transportation of the Caspian Sea oil to Black Sea region oil spill modelling. Workshop Clean Black Sea Working Group, 2nd – 5th June, Varna, Bulgaria Pp. 99.
- Murphy, J. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphates in natural waters. *Analytical Chimica Acta*, 27:31-36.
- Nasrollahzadeh, H. S., Z. B. Din, S. Y. Foong and A. Makhloogh. 2008a. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Continental Shelf Research*, 28:1153–1165.
- Nasrollahzadeh, H. S., Z. B. Din, S. Y. Foong and A. Makhloogh. 2008b. Spatial and temporal distribution of macronutrients and phytoplankton before and after the invasion of the ctenophore, *Mnemiopsis leidyi*, in the Southern Caspian Sea. *Chemistry and Ecology*, 24(4): 233–246.
- Nelson, D. M. and M. A. Brzezinski. 1990. Kinetics of silicic acid uptake by natural diatom assemblages in two Gulf Stream warm-core rings. *Marine Ecology Progress Series*, 62:283-292.
- Parsons, T. R., K. Stephens and J. D. Strickland. 1961. On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankton. *Journal of the Fisheries Research Board Canada*, 18:1001-1016.
- Perry, M.J. and R.W. Eppley. 1981. Phosphate uptake by phytoplankton in the central North Pacific Ocean. *Deep-Sea Research I*, 28:39-49.
- Rabalais, N. N. and R. E. Turner. 2001. Coastal Hypoxia: Consequences for Living Resources and Ecosystems. Coastal and Estuarine Studies. American Geophysical Union: USA.
- Redfield. A. C., B. H. Ketchum and F. A. Richards. 1963. The influence of organisms on the composition of sea water, In: THE SEA, Hill. M. N. , Ed., Wiley- Interscience: New York. USA.
- Ren, V. 2002. Biogeochemical Conversion of Nitrogen in Enclosed Pelagic Coastal Ecosystems of the German Bight: Mesocosm and Modelling Studies. Doctoral dissertation.



- Roohi, A., A. E. Kideys, A. Sajjadi, A. Hashemian, R. Pourgholam, H. Fazli, A. Ganjian Khanari and E. E. Develi. 2010. Changes in biodiversity of phytoplankton, zooplankton, fishes and macrobenthos in the Southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore *Mnemiopsis Leidyi*. *Biology Invasions*, 12:2343-2361.
- Samadi-Maybodi, Taheri Saffar, H. Khodadoust, S., Nasrollahzadeh Saravi, H. Najafpour S. 2013. Study on different forms and phosphorus distribution in the coastal surface sediments of Southern Caspian Sea by using UV-Vis. *Spectrophotometry Spectrochimica Acta*, 113: 67-71.
- Sandén, P. and B. Håkansson. 1996. Long-term trends in Secchi depth in the Baltic Sea. *Limnology and Oceanography*, 41:346-351.
- Sapozhnikov, V.N., A.E. Agatova, N.V. Arjanova, E.A. Nalitova, N.V. Mardosova, V.L. Zobarowij and E.A. Bandarikov. 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher: Moscow. 310 pp. (In Russia).
- Sapozhnikov, V.V., D.N. Katunin, O.N. Lukyanova, K.V. Batrak and A. Azarenko. 2006. Hydrological and hydrochemical studies in the central and southern Caspian Sea aboard R/V Issledovatel Kaspiya (September 6- 24, 2005). *Oceanology*, 46(3): 446-448.
- Semenov, Y. 1984. DIN/DIP and DSi/DIP ratios in the central and southern Caspian Sea. *Hydrobiologia*, 3:71-73.
- Shiganova, T.A., V.V. Sapozhnikov, E.I. Musaeva, M.M. Domanov, Y.V. Bulgakova, A.A. Belov, N.I. Zazulya, V.V. Zernova, A.F. Kuleshov, A.F. Sokol'skii, R.I. Imirbaeva and A.S. Mikuiza, 2003. Factors determining the conditions of distribution and quantitative characteristics of the ctenophore *Mnemiopsis leidy* in the North Caspian. *Oceanology*, 43(5):676-693.
- Siapatis, A., M. Giannoulaki, V. D. Valavanis, A. Palialexis, E. Schismenou, A. Machias and S. Somarakis. 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidy* in Aegean Sea. *Hydrobiologia*, 612:281-295.
- Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by phenolhypochlorite method, *Limnology and Oceanography*, 14: 799-801.
- Stolberg, F., O. Borysova, I. Mitrofanov, V. Barannik and P. Eghtesadi. 2003. The Caspian Sea. GIWA Regional Assessment 23. Global International waters Assessment. UNEP/GEF/KALMAR. University of Kalmar, Sweden.
- Valderrama, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry*, 10:109-122.
- Yurkovskis, A. 2004. Long-term land-based and internal forcing of the nutrient state of the Gulf of Riga (Baltic Sea). *Journal of Marine Systems*, 50:181-197.
- Zaker, N. H. 2007. Characteristics and Seasonal Variations of Dissolved Oxygen, Int. *Journal of Environmental Research*, 1(4):296-301.
- Zirino, A. 1985. Mapping Strategies in Chemical Oceanography, Volume 209, American Chemical Society.
- Zonn, I., A. Kostianoy, A. Kosarev and M. Glantz. 2010. The Caspian Sea encyclopedia, e- book, ISBN 978-3-642-11523-3 e-ISBN 978-3-642-11524-0, DOI 10.1007/978-3-642-11524-0. New York: Springer Heidelberg Dordrecht London. UK.

# پیوست

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
دمای هوا	.056	72	.200(*)	.978	72	0.235
دمای آب	.072	72	.200(*)	.993	72	0.955
شفافیت	.121	72	.011	.982	72	0.371
شوری	.036	72	.200(*)	.995	72	0.997
pH	.087	72	.200(*)	.991	72	0.909
اکسیژن محلول	.070	72	.200(*)	.995	72	0.993
EC	.021	72	.200(*)	.999	72	1.000
NO2-	.086	72	.200(*)	.990	72	0.836
NO3-	.014	72	.200(*)	.999	72	1.000
NH4+	.030	72	.200(*)	.997	72	1.000
DIN	.014	72	.200(*)	.999	72	1.000
DON	.056	72	.200(*)	.997	72	1.000
TN	.057	72	.200(*)	.994	72	0.977
DIP	.035	72	.200(*)	.997	72	1.000
DOP	.029	72	.200(*)	.997	72	1.000
TP	.050	72	.200(*)	.996	72	0.999
DSi	.043	72	.200(*)	.997	72	1.000

\* This is a lower bound of the true significance.  
a Lilliefors Significance Correction

**Abstract:**

This study was conducted to determine physico-chemical characteristics of water and their spatial and temporal fluctuations in the Mazandaran coastal of Caspian Sea in 6 months, four seasons at 4 transects (Tonekabon, Nowshahr, Babolsar, Amirabad) during 2012-2013. 72 samples were collected at surface layer of water in 5, 15 and 30m depths. Then the samples analyzed based on standard methods. Results showed that the mean of water and air temperature were  $19.46 \pm 0.85$  and  $20.25 \pm 0.78$  °C, respectively. Minimum and maximum of water temperature were recorded in winter (7.00) and summer time (28.10). Mean of salinity was  $12.35 \pm 0.13$  ppt. The maximum salinity was recorded in summer and minimum in winter in all transects. Mean of transparency (SD) in the present study was  $2.63 \pm 0.18$ m. The mean of pH was observed  $8.51 \pm 0.02$  which was higher than the pervious sampling periods. The mean of DO was observed  $6.00 \pm 0.07$  ml/l during sampling period. Annual concentration of dissolved inorganic nitrogen (DIN= NH<sub>4</sub> +, NO<sub>2</sub>-, NO<sub>3</sub>-) has a fairly wide variation in diferents months and transects. Percentage of nitrogen components out of DIN were varied 6-53, 0.14-26.0 and 37.0-94.0 respectively. In this study, percentage of DIN was lower than 15% and dissolved organic nitrogen (DON) was higher than 80%. Mean of annual dissolved inorganic phosphorous (DIP) and organic phosphorous were  $0.58 \pm 0.04$  and  $0.48 \pm 0.02$  μM, respectively. DIP and DOP percentages recorded 54 and 46 respectively. Mean annual of dissolved silicon (DSi) obtained  $9.5 \pm 0.2$  μM. Based on the results, the system was in phosphorus limitation during spring and summer but it shifted to nitrogen limitation in autuman and winter. Phytoplankton development was not limited by DSi at any seasons.

Key words: Physicochemical parameters, nutrients, Caspian Sea, Mazandran Provicee

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

---

**Project Title : Study on Some Physico-Chemical Parameters in the Southern of  
Caspian Sea- Mazandarn Province**

**Approved Number: 14-76-12-9157-91001**

**Author: Hassan Nasrollahzadeh Saravi**

**Project Researcher : Hassan Nasrollahzadeh Saravi**

**Collaborator(s) : Pourgholam,R., Vahedi, F., Makhlogh, A., Younesipour, H., Olomi, Y.,  
Nasrollatabar, A., Laloei, F., Tahmasbi, M., Razeghian, Gh.R., Ebrahimzadeh, M  
Kardar, M-F.Eslami,M.A.Afraei**

**Advisor(s): –**

**Supervisor: Hassan Fazli**

**Location of execution : Mazandarn Province**

**Date of Beginning : 2012**

**Period of execution : 2 Years**

**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 - Caspian Sea Ecology**  
**Research Center**

**Project Title :**

**Study on Some Physico-Chemical Parameters in the  
Southern of Caspian Sea- Mazandarn Province**

**Project Researcher :**

*Hassan Nasrollahzadeh Saravi*

**Register NO.**

**44303**