

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

عنوان:

بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی
آب در منطقه جنوبی دریای خزر

مجری:

حسن نصراله زاده ساروی

شماره ثبت

۴۰۷۴۶

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

عنوان پروژه : بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی آب در منطقه جنوبی دریای خزر
شماره مصوب : ۸۸۰۳۷-۸۸۰۱-۱۲-۷۶-۱۲

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

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

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

نام و نام خانوادگی همکاران : سید محمد وحید فارابی ، حوریه یونسی پور، یوسف علومی ، عبدالله نصراله تبار، فرزاد الیاسی، محسن نوروزیان، غلامحسین دلیناد، علی مکرمی، آسیه مخلوق، مهدی گل آقایی، محمد کاردرستمی

نام و نام خانوادگی مشاوران : شعبان نجف پور

نام و نام خانوادگی ناظر :-

محل اجرا : استان مازندران

تاریخ شروع : ۸۸/۶/۱

مدت اجرا : ۱ سال و ۱۰ ماه

ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

شمارگان (تیراژ) : ۲۰ نسخه

تاریخ انتشار : سال ۱۳۹۱

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»

پروژه: بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی آب در منطقه جنوبی دریای خزر

کد مصوب: ۱۲-۷۶-۱۲-۸۸۰۱-۸۸۰۳۷

شماره ثبت (فروست): ۴۰۷۴۶ تاریخ: ۱۳۹۱/۲/۲۹

با مسئولیت اجرایی جناب آقای حسن نصراله زاده ساروی دارای مدرک تحصیلی
دکترای در رشته محیط زیست گرایش آلودگی می باشد.

پروژه توسط داوران منتخب بخش اکولوژی منابع آبی در تاریخ ۹۰/۱۰/۱۲
مورد ارزیابی و با نمره ۱۹/۲ و رتبه عالی تأیید گردید.

در زمان اجرای پروژه، مجری در:

ستاد پژوهشکده مرکز ایستگاه

با سمت معاون تحقیقاتی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر مشغول بوده است.

به نام خدا

صفحه	عنوان	فهرست مندرجات
۱	چکیده	۱
۳	مقدمه	۳
۳	۱.۱. تاریخچه دریای خزر	۳
۳	۱-۲- مشخصات دریای خزر	۳
۸	۱-۳- سابقه تحقیق	۸
۹	۱-۴- فرضیات و اهداف تحقیق	۹
۱۰	۱-۵- مروری بر منابع	۱۰
۱۸	۲. مواد و روش ها	۱۸
۱۸	۲-۱- توصیف عمومی از منطقه مورد مطالعه	۱۸
۱۸	۲-۲- ایستگاهها و زمان نمونه برداری	۱۸
۲۰	۲-۳- روشهای آنالیز نمونه ها	۲۰
۲۴	۳. نتایج	۲۴
۲۴	۳-۱- شرایط فیزیکوشیمیایی آب	۲۴
۳۹	۳-۲- مواد مغذی	۳۹
۵۱	۴- بحث و نتیجه گیری	۵۱
۶۸	پیشنهادها	۶۸
۶۹	منابع	۶۹
۷۴	پیوست	۷۴
۹۸	چکیده انگلیسی	۹۸

چکیده

این مطالعه به بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی آب سواحل ایرانی منطقه جنوبی دریای خزر طی چهار فصل در هشت نیم خط عمود بر ساحل (آستارا، انزلی، سفید رود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیرآباد و بندر ترکمن) در سال ۱۳۸۸ می پردازد. تعداد ۴۸۰ نمونه آب در لایه های مختلف نمونه برداری و سپس پارامترهای فیزیکی شیمیایی آن با روش استاندارد اندازه گیری گردید. نتایج نشان داد که میانگین دمای آب در سطح و لایه نوری در این منطقه به ترتیب برابر 18.67 ± 0.32 و 17.82 ± 0.34 درجه سانتی گراد بوده است. کمترین و بیشترین دما به ترتیب مربوط به فصول زمستان (6.40) و تابستان (27.60) ثبت گردید. همچنین شکست دمایی در محدوده ۱۲ تا ۱۵ درجه سانتیگراد در لایه ۲۰ تا ۵۰ متر اعماق ۵۰ و ۱۰۰ متر به ثبت رسیده است. میانگین شوری در لایه نوری در این منطقه برابر 11.04 ± 0.17 گرم بر لیتر بوده است. همبستگی بین دما و شوری آب با استفاده از آنالیز پیرسون معنی دار و مثبت بوده است. در این تحقیق حداکثر شوری در نواحی مختلف در فصل تابستان و حداقل در فصل زمستان مشاهده گردید. میانگین شفافیت در تحقیق حاضر برابر 4.35 ± 0.21 متر بوده است که نسبت به سال قبل کاهش کمی را نشان داد، اما pH با میانگین 8.43 ± 0.01 نسبت به سال قبل روند افزایشی داشته است. میانگین میزان اکسیژن محلول در طول سال در لایه نوری به میزان 5.72 ± 0.06 میلی لیتر در لیتر و اشباعیت 130 ± 1 درصد بوده است. میانگین درصد اشباعیت لایه نوری در سال ۱۳۷۵ برابر 104 ± 5 درصد بوده است اما در سالهای ۱۳۸۳، ۱۳۸۷ و تحقیق حاضر (یک دهه بعد از ورود شانه دار) این مقدار از مرز ۱۲۰ درصد در لایه نوری گذشته است. این تغییرات می تواند شاهدی بر تغییر سطح تروفیکی از الیگوتروف در دوره قبل از ورود شانه دار به حالت مزو- یوتروف در بعد از ورود شانه دار و تاکنون باشد. غلظت سالانه ازت معدنی (NH_4^+ ، NO_2^- ، NO_3^-) نسبتاً دارای تغییرات گسترده ای است. میانگین سالانه ازت آمونیمی، ازت نیترونی، ازت نیتراتی، ازت معدنی و آلی در لایه نوری به ترتیب برابر 3.17 ± 0.11 ، 0.08 ± 0.00 ، 1.55 ± 0.07 ، 4.18 ± 0.13 و 29.0 ± 0.7 میکرومولار بوده است. همچنین درصد اجزای ترکیبات نیتروژنی نسبت به ازت معدنی در مناطق و فصول مختلف در سال متفاوت است بطوریکه درصد NH_4^+ ، NO_2^- و NO_3^- به ترتیب برابر ۹ تا ۹۸، ۰.۲ تا ۲۸.۲ و ۰.۰ تا ۹۰.۰ درصد متغیر بوده است. درصد (Dissolved Inorganic Nitrogen) DIN کمتر از ۱۵ درصد و

درصد DON (Dissolved Organic Nitrogen) به بیش از ۸۰ بوده است. میانگین سالانه فسفر معدنی، آلی و سیلیس محلول در لایه نوری به ترتیب برابر 0.24 ± 0.01 ، 0.62 ± 0.02 و 8.22 ± 0.22 میکرومولار بوده 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، ازت آمونیمی، ازت نیتراتی و سیلیس محلول افزایش داشته است. فسفر معدنی و ازت نیتروژن تغییر قابل ملاحظه ای نداشته اند. نسبت ازت/فسفر در دریای خزر که دارای محدوده بسیار باریک است، چند برابر کمتر از دیگر دریاها می باشد. 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، اکوسیستم دریای خزر علاوه بر شرایط محدودیت نیتروژنی، به سمت محدودیت فسفوری نیز سوق پیدا کرده است.

کلمات کلیدی: پارامترهای فیزیکی شیمیایی، مواد مغذی، آب، دریای خزر

۱-۱- تاریخچه دریای خزر

دریای خزر در مرز اروپا و آسیا قرار گرفته است. این دریای تقریباً محصور با مساحت ۳۹۰۰۰۰ کیلومتر مربع بزرگترین دریاچه در جهان محسوب می شود. دریای خزر از دریاچه لب شور قدیمی Pontic که مربوط به ۵ - ۷ میلیون سال می باشد سرچشمه گرفته است. در اواخر مزوزوئیک و اوایل قرون پالئوسن، دریای باستانی تیس منطقه ای از دریای مدیترانه حاضر و دریا های خزر و سیاه را در بر می گرفت. در طول زمان پالئوسن و نئوسین، دریا های سیاه و خزر که متصل بودند به مرور زمان از هم جدا شدند. با جدایی و توسعه هر یک از دریا های خزر و سیاه فون آنها نیز از یکدیگر متفاوت گردید. بطوریکه زندگی اجباری برای جانداران آب لب شور در دریای خزر شکل گرفت (Yablonskaya and Kosarev, 1994).

۱-۲- مشخصات دریای خزر

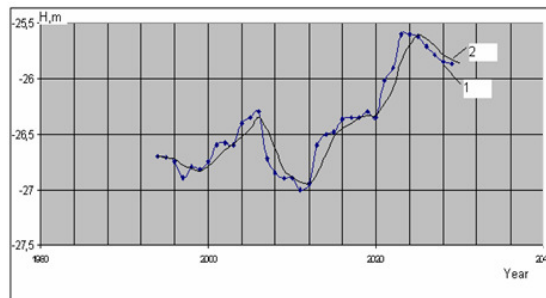
قبل از فروپاشی اتحاد جماهیر شوروی در سال ۱۹۹۱، دریای خزر بوسیله دو کشور اتحاد جماهیر شوروی و ایران محصور بود. در حال حاضر این دریا بوسیله پنج کشور ساحلی یعنی روسیه، قزاقستان، ترکمنستان، ایران و آذربایجان احاطه شده است. مجموع طول سواحل دریای خزر در حدود ۶،۷۹۷ کیلومتر است که بین ایران (۹۹۲ کیلومتر) و چهار کشور از کشورهای مستقل مشترک المنافع، فدراسیون روسیه (۱۴۶۰ کیلومتر)، قزاقستان (۲۳۲۰ کیلومتر)، ترکمنستان (۱۲۰۰ کیلومتر) و آذربایجان (۸۲۵ کیلومتر) تقسیم شده است (Poortman, 2005). بطور کلی دریای خزر و حوضه آبریز آن، مساحتی حدود ۳،۵۰۰،۰۰۰ کیلومتر مربع را پوشش می دهد که شامل پنج کشور ذکر شده و ارمنستان، گرجستان و ترکیه می باشد. این دریا با نام های محلی گوناگون مانند Caspiyskoye Caspyi، Morye، دریاچه خزر و خزر نامیده می شود. این دریاچه ی بزرگ جهان، ۲۷ متر پایین تر از سطح دریا واقع شده است. دریای خزر نه تنها بر اساس حجم آن بلکه با واسطه مناطق طولی از شوری، عمق و آب و هوا نسبت به دیگر اکوسیستم ها منحصر به فرد می باشد. بر این اساس، دریای خزر به سه منطقه مستقل تبدیل گردید. این دریا به دیگر اقیانوس های جهان ارتباط مستقیم ندارد و به همین دلیل شوری و سطح آب آن متفاوت می باشد (Dumont, 1998).

دریای خزر در مقایسه با سایر دریاچه های طبیعی بزرگ جهان، رتبه نخست را از نظر سطح و حجم آب، و رتبه سوم در بر اساس عمق متوسط و حداکثر (بعد از دریاچه Baikal و Tanganyika) دارا می باشد (CSN, 2003). متوسط سطح دریای خزر تقریباً ۱۸٪ از مساحت کل دریاچه های جهان را تشکیل می دهد. حجم دریای خزر تقریباً ۴۴٪ از حجم کل دریاچه های داخلی جهان را در بر دارد (Hedgpeth and Rozengurt, 1989).

دریای خزر از نظر فیزیوگرافی به سه بخش تقسیم میشود: شمال (۴۷.۰ - ۴۴.۰ درجه شمالی)، مرکزی (۴۴.۰ - ۴۰.۵ درجه شمالی) و جنوب (۴۰.۵ - ۳۶.۵ درجه شمالی). حوزه جنوبی و مرکزی با عمق حداکثر ۱۰۲۴ و ۷۸۸ متر، بوسیله یک گسل بستری با حداکثر عمق حدود ۱۷۰ متر از هم جدا شده اند. حوزه شمال با حداکثر عمق حدود ۲۰ متر در امتداد حوزه مرکزی قرار دارد (Peeters et al., 2000). مرزهای حوزه های شمالی و جنوبی دریای خزر بین ۶۲ درجه و ۳۵ درجه شمالی (شمال لنینگراد و جنوب تهران) واقع شده است (Hedgpeth and Rozengurt, 1989). مساحت این سه بخش برابر ۸۰۰۰۰، ۱۳۸.۰۰۰ و ۱۶۸،۴۰۰ کیلومتر مربع به ترتیب در نواحی شمالی، مرکزی و جنوبی می باشد. مساحت و حجم خزر مرکزی بترتیب شامل ۳۶.۴ و ۳۳.۹٪ می باشد و در صورتیکه خزر جنوبی برابر ۳۹.۳ و ۶۵.۶ درصد بوده است. بنابراین، مساحت و حجم خزر شمالی ۱.۵ و ۶۷ برابر کمتر از سطح و حجم متوسط خزر مرکزی (۱۳۷،۸۱۲ کیلومتر مربع و ۲۶،۴۳۹ کیلومتر مکعب) و ۱.۶ و ۱۲۷ برابر کمتر از خزر جنوبی (۱۴۸،۶۴۰ کیلومتر مربع و ۵۱،۲۴۵ کیلومتر مکعب)، برآورد می شود (Aubrey, 1994).

۱-۲-۱- نوسانات آب

دلایل اصلی تغییر سطح دریای خزر عوامل زمین شناسی و آب و هوایی می باشند. نتایج حاصل از مدل سازی سطح دریای خزر نشان داد که در سالهای ۱۹۳۰-۱۹۷۷ کاهش سطح آب در حدود ۳ متر برآورد گردید، که منجر به کاهش سطح در حدود ۴۸،۰۰۰ کیلومتر مربع شده است. در سال ۱۹۷۸ سطح دریا به سرعت در حدود ۲.۵ متر افزایش یافته و مقدمه ای برای رسیدن به یک سطح ۲۵- متر (۲۵ متر پایین تر از سطح دریای بالتیک) گردید. سطح ۲۵- متر سبب گردید که در حدود ۱۵،۰۰۰ کیلومتر مربع زمین در کشورهای روسیه و قزاقستان از بین برود که منجر به از دست دادن صنایع و زمین های کشاورزی مورد استفاده شد (شکل ۱.۱) (Mamedov et al., 1998).



شکل ۱.۱: پیش بینی سطح نوسانات آب دریای خزر طی مدت طولانی
 ۱- منحنی محاسبه شده ۲- منحنی تمایل به تغییر پذیری طبیعی (CSN, 2003)

۲-۲-۱- سواحل

سواحل شمالی به شدت موج و شامل دلتای رودخانه های ولگا، اورال، امبا و ساگیز میباشد (Kosarev and Yablonskaya, 1994). سواحل مرکزی و جنوبی خزر متنوع است و شامل سواحل باریک و مناطق گسترده شنی می باشد. در سواحل شرقی بزرگترین خلیج قره باغ قرار دارد (Aubrey, 1994). ساحل غربی دارای یک سری تراس است که به تدریج به سوی کوه های قفقاز افزایش می یابد. این سواحل، متشکل از رسوبات (ماسه ای با اندازه کوچک و متوسط) است که توسط رودخانه ها از کوه ها حمل می گردد. در جنوب دریای خزر (عمدتا ایران)، ساحل غربی از ماسه و گل و لای با دانه های کوچک تشکیل شده است.

۳-۲-۱- جریانات و باد ها

جریانات در دریای خزر عمدتاً از طریق باد تولید می شود. حداکثر جریان در مناطق باز خزر شمالی حدود ۳۰ سانتی متر / ثانیه میباشد (Kosarev and Yablonskaya, 1994; CSN, 2003). در مناطق ساحلی خزر مرکزی و جنوبی، جریان ها که وابسته به وزش باد هستند معمولاً به سمت شمال غرب، شمال، جنوب، شرق و جنوب امتداد دارد. جریان از طرف شرق نیز در نزدیکی سواحل شرقی مشاهده شده است. در طول ساحل غربی خزر مرکزی، جریان های غالب در جنوب شرق و جنوب مشاهده می گردند. در این منطقه سرعت جریان باد به طور متوسط ۲۰-۴۰ سانتی متر در ثانیه و حداکثر ۵۰ تا ۸۰ سانتی متر در ثانیه میباشد (Aubrey, 1994).

مشخصه اصلی چرخش آب در دریای خزر سیکلون منطقه مرکزی است که این چرخش در امتداد مرزهای شرقی و غربی امتداد دارد، یک چرخش آنتی سیکلون نیز در جنوب شبه جزیره آبشرون واقع گردیده است. جریان شبه جزیره آبشرون به دو انشعاب تقسیم می شود. شاخه اول به سمت شرق منحرف شده، و در امتداد مرز شرقی با جریان شمالی ترکیب شده، و بدین ترتیب چرخش سیکلون مرکزی را تشکیل می دهد. شاخه دوم که به سمت جنوب جاری است در امتداد فلات قاره ایران، قبل از اینکه به سمت شمال منحرف گردد سبب تشکیل سیکلون مرکزی می گردد.

گردش عمومی جو، درجه حرارت (بوسیله دریا ایجاد میشود) و شکل ظاهری خطوط ساحلی از عوامل اصلی جهت و قدرت وزش باد در دریای خزر تعیین می شود. سرعت باد در دریا به طور متوسط تقریباً ۵.۷ متر بر ثانیه است. بیشترین سرعت باد در بخش مرکزی دریا مشاهده شده و به طور متوسط حدود ۶ - ۷ متر بر ثانیه در سال است. مقدار سرعت باد در منطقه شبه جزیره آبشرون ۸-۹ متر بر ثانیه است و حتی گاهی نیز ۴۰ متر بر ثانیه می رسد. در خزر جنوبی سرعت متوسط باد به میزان قابل توجهی پایین است (۴ - ۵ متر بر ثانیه). کمترین سرعت باد در ساحل جنوبی دریای خزر یعنی در ساحل جنوب غربی آبهای ایران (۲.۲ - ۳.۰ متر بر ثانیه) مشاهده شده است (CSN, 2003).

۴-۲-۱- رودخانه ها

حدود ۱۳۰ رودخانه در اندازه های 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 دیگر کشورها (۴-۵٪) (CEP, 1998). از منطقه ساحلی ایران رودخانه های کوچکی به دریای خزر وارد میشود که بزرگترین آنها رودخانه سفید رود است و در غرب منطقه جنوبی دریای خزر واقع شده است. حدود ۹۰٪ از کل تخلیه آبهای رودخانه ای به دریای خزر از منطقه شمال و غرب صورت می گیرد. خزر مرکزی نیز تحت تاثیر تخلیه رودخانه ولگا قرار دارد. حتی برخی از جریانات ولگا به منطقه جنوبی دریای خزر (در منطقه عمیق) نیز می رسد. این منطقه نیز از جریانات رودخانه کورا و چندین رودخانه های ایران نیز متاثر می باشد. ضلع شرقی خزر فاقد رودخانه دائمی و مشخص می باشد.

۵-۲-۱- شرایط آب و هوایی

شرایط آب و هوایی در منطقه اطراف دریای خزر بوسیله نفوذ هوای سرد قطب شمال، توده هوای مرطوب دریا که در اقیانوس اطلس تشکیل شده، توده هوای خشک قاره ای در قزاقستان، و توده های هوای گرم از دریای مدیترانه و ایران تشکیل شده است. در نتیجه ی جنبش این توده هوا، وزش باد غالب شمال شرقی در سراسر سطح دریای خزر ایجاد می گردد. بسیاری از مناطق ساحلی دریای خزر جزء سرزمینهای خشک، با سواحل شنی محسوب می گردد. آب و هوا ملایم و ساحلی نیز سبب ایجاد سواحل شنی بسیار زیبا و جذاب و ایجاد مناطق تفریحی برای توریسم ها شده است (شکل ۲-۱).

خط ساحلی ایران دارای بارش بیشتری نسبت به هر مناطق ساحلی دیگر دریای خزر است بطوریکه میزان بارش سالانه در محدوده ۶۰۰ میلی متر در شرق تا ۲۰۰۰ میلی متر در غرب در نوسان می باشد (Mamedov et al., 1998).



شکل ۲-۱: اقلیم های مختلف در کشورهای حاشیه دریای خزر

۶-۲-۱- شوری و دمای سطحی آب

شوری دریای خزر در محدوده ۰.۱ ‰ در بخش شمالی و ۱۳.۷ ‰ در خزر جنوبی متغیر است (Stolberg, 2003). شوری دریای خزر، حتی در بخش های جنوبی آن سه بار کوچکتر از شوری دریای مدیترانه (۳۷.۶ ‰) می باشد. در طول دوره تابستان که آب دارای بالاترین شوری است نیز شوری دریای خزر یک سوم شوری اقیانوس ها است (Aubrey, 1994) (جدول ۱.۱). شوری در خزر شمالی بطور چشمگیری متفاوت

است، بطوریکه از ۰.۱% در دهانه رودخانه ولگا و اورال تا ۱۰-۱۱% در نزدیکی خزر مرکزی متغیر است. در بخش های خزر مرکزی و جنوبی فقط نوسانات کوچکی از شوری مشاهده می شود (۱۲.۶-۱۳.۵%)، افزایش شوری از شمال به جنوب و از غرب به شرق مشاهده می گردد. در مناطق باز دریا افزایش اندکی در شوری با عمق مشاهده می شود. همچنین طبقه بندی عمودی آب بر اساس شوری در دریای خزر بسیار ضعیف می باشد. بر این اساس اختلاط بین ستون آبی به خوبی صورت می گیرد (Fedorov, 1983; Dumont, 1998).

جدول ۱.۱: متوسط ترکیبات یونی آب دریای خزر و اقیانوس ها
(Kosarev and Yablonskaya, 1994)

Ions	Caspian Sea		World Ocean	
	gr/kg	% equ.	gr / kg	%equ.
Na ⁺	3.156	31.58	10.555	38.67
K ⁺	0.1	0.58	0.38	0.82
Ca ²⁺	0.334	3.83	0.4	1.72
Mg ²⁺	14	8.88	1.272	8.79
Cl ⁻	5.35	34.69	18.98	45.07
Br ⁻	0.007	0.02	0.065	0.6
SO ₄ ²⁻	3.038	14.55	2.649	4.64
CO ₃ ²⁻	0.1	0.73	0.071	0.23
H ₃ B ₃	-	-	0.026	-
Σ	12.822	99.98	34.399	100

۳-۱- سابقه 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 در حوزه ایرانی دریای خزر، در مرکز تحقیقات شیلاتی مازندران 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 (کاتونین و همکاران، ۱۳۷۴). سپس این مطالعات در سنوات بعدی بوسیله ایران (موسسه تحقیقات شیلات) ادامه یافته است (حسینی و همکاران، ۱۳۷۵؛ لالویی و همکاران، ۱۳۸۳؛ هاشمیان و همکاران، ۱۳۸۸). 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 (رستمیان، ۱۳۸۹). همچنین در سال ۱۳۸۷ بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی

توسط واحدی و همکاران (۱۳۸۹) انجام شده است. در این بررسی نیز با مقایسه سالهایی که دارای ایستگاههای مشترک بوده اند به تحلیل داده های سال ۱۳۸۸ خواهیم پرداخت.

۴-۱- فرضیات و اهداف تحقیق

پروژه حاضر بعنوان یک زیر طرح " هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلاینده های زیست محیطی در کرانه های جنوبی دریای خزر " در سال ۱۳۸۸ است. فرضیات تحقیق در بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی آب در منطقه جنوبی دریای خزر به شرح ذیل آمده است.

➤ آیا تفاوتی بین فاکتور های فیزیکی- شیمیایی کرانه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸ با سنوات گذشته مشاهده می شود؟

➤ آیا تفاوتی بین فاکتور های فیزیکی و شیمیایی در بین ایستگاه های مختلف مورد مطالعه در حوزه جنوبی دریای خزر وجود دارد؟

➤ آیا نوسانات عوامل هیدروشیمی می تواند تابع تغییرات فصلی و توزیع عمودی یا افقی باشد؟

آنچه از بیان این فرضیات بعنوان اهداف تحقیق متصور است به شرح زیر می باشد:

➤ تعیین روند تغییرات افقی و عمودی فاکتور های فیزیکی- شیمیایی

➤ بررسی نوسانات زمانی و مکانی در منطقه جنوبی دریای خزر

➤ بررسی نحوه توزیع نوترینت ها در منطقه جنوبی دریای خزر

➤ مقایسه پارامترهای مذکور با سالهای قبل

۵-۱- مروری بر منابع

دریای خزر به عنوان یک اکوسیستم بسته به شمار می رود زیرا به هیچ یک از اقیانوس های جهان به طور مستقیم متصل نشده است. با این حال، چند کانال ساخته دست بشر در رودخانه ولگا (بعنوان ولگا-دن) سبب گردید که دریای خزر و رودخانه های آن با دریاهای دیگر از طریق این کانال ها ارتباط داشته باشد (شکل ۳-۱). به عبارتی دیگر رودخانه ولگا دریای خزر را با اقیانوس های جهان پیوند زده است. این رودخانه بزرگ از طریق آبراه ولگا-بالتیک (خلیج فنلاند) با دریای بالتیک، از طریق سیستم داوینا و کانال بلمور-بالتیک با دریای سفید، از طریق کانال ولگا-دن با دریاهای سیاه و آزوف و از طریق کانال مسکو با رودخانه مسکوا (Moscovia River) متصل شده است (Rozengurt and Hedgpeth, 1989).



شکل ۳-۱: نقشه اقیانوس ها و دریاهایی که بطور غیر مستقیم به دریای خزر ارتباط دارند

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. 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 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).

منبع اصلی مواد مغذی موجود در شمال دریای خزر از طریق تخلیه رودخانه ولگا صورت می پذیرد. Kosarev و Yablonskaya (۱۹۹۴) تخمین زدند که بین ۱۹۳۶-۱۹۸۶، مقدار ۲.۹-۷ هزار تن در سال فسفر معدنی محلول (DIP)^۱، ۲۴ - ۶۱ هزار تن در سال فسفر آلی محلول (DOP)^۲، ۵۴-۱۳۳ هزار تن در سال ازت معدنی محلول (DIN)^۳، ۲۱۱-۳۶۳ هزارتن در سال ازت آلی محلول (DON)^۴ و ۱۳۸-۳۵۹ هزار تن در سال سیلیس محلول (DSi)^۵ از رودخانه ولگا به دریای تخلیه گردید. Katunin و Sapozhnikov (۱۹۸۹) پیشنهاد کرد که مقدار ۳۰٪ تا ۴۰٪ 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 درصد 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.*, 2005a).

حدود ۹۵.۷٪ مواد مغذی سالانه ازت و فسفر کل ($TP^7 + TN^6$) ورودی به دریای خزر بوسیله رودخانه ولگا (روسیه). ۲.۱٪ بوسیله رودخانه های آذربایجان، ۱.۴ درصد از رودخانه های ایران. و ۰.۷٪ و ۰.۰۹٪ از رودخانه های قزاقستان و ترکمنستان تامین می گردد. بر اساس مطالعات مختلف دریای خزر بعنوان اکوسیستم با

¹ DIP= Dissolve inorganic phosphorus

² DOP= Dissolve organic phosphorus

³ DIN= Dissolve inorganic nitrogen

⁴ DON= Dissolve organic nitrogen

⁵ DSi= Dissolve silicon

⁶ TN= Total nitrogen

⁷ TP= Total phosphorus

محدودیت نیتروژنی می باشد مگر در ورودی رودخانه ها (رودخانه ولگا) که عامل محدود کننده فسفر می باشد (جدول ۱-۲) (Kosarev and Yablonskya, 1994).

جدول ۱-۲: تغییرات طولانی مدت نسبت ازت به فسفر معدنی (DIN/DIP) در منطقه دلتایی خزر شمالی

Years	Western part		Central part		Eastern part	
	June	August	June	August	June	August
1935-1955	18.1	24.2	-	-	-	-
1955-1959	35.5	33.8	43.5	34	67.7	40
1961-1970	25.8	28.6	26.7	27.7	34.7	38.3
1971-1977	19.1	47.5	20	30	33.8	39
1981-1985	27.7	22.9	40.9	21.6	43.5	17.6

در دریای خزر نقش بالقوه سیلیس محلول (DSi) نیز نادیده گرفته شده است (Kosarev and Yablonskya, 1994). نسبت ازت/ فسفر (N/P) و سیلیس / فسفر (Si/P) با توجه به داده های به دست آمده در منطقه مرکزی و جنوبی دریای خزر در سال های ۱۹۷۴-۱۹۸۰ محاسبه شده است. در دریای خزر نسبت ازت/ فسفر دارای محدوده بسیار باریک است مقادیر آن چند برابر کمتر از دیگر دریاها می باشد. نسبت سیلیس / فسفر (Si/P) در محدوده ۸ و ۱۰ متغیر است. نیتروژن به عنوان عامل محدوده کننده در رشد فیتوپلانکتونها در تمام فصول سال محسوب می شود در حالی که سطح فسفر و سیلیس محلول همیشه بالا باقی می ماند (Semenov, 1984).

Dumont (1998) گزارش کرد که سطح مواد مغذی در دریای خزر پایین می باشد، حتی در خزر شمالی، بطوریکه غلظت فسفر معدنی در ۰.۸-۰.۱۲ میکرو مولار بوده است (اما ۹۰ درصد فسفر کل، ۷.۰-۲.۵ میکرو مولار، را فسفر آلی تشکیل می دهد). در حال حاضر، ترکیبات ازت نیز تا حد زیادی به صورت آلی (۷-۱۳۰ میکرو مولار) نیز در دریای خزر وجود دارد. غلظت ازت نیتراتی در بهار و تابستان برابر ۰.۵ میکرو مولار و در فصل زمستان به ۷-۱۰ میکرو مولار می رسد. غلظت سیلیس محلول دارای چرخه قوی فصلی می باشد، بطوریکه غلظت آن از ۶۰ میکرو مولار در زمستان به کمتر از ۲۰ میکرو مولار (در تابستان به هنگام شکوفایی دیاتومه در شمال دریای خزر) کاهش میابد، 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. غلظت فسفر معدنی در آبهای سطحی به طور متوسط برابر ۰.۳-۰.۴ میکرو مولار در خزر مرکزی (حداکثر ۲ میکرو مولار) و در خزر جنوبی برابر ۰.۲-۰.۳ (حداکثر ۰.۷ میکرو مولار) بوده است. غلظت ازت نیتراتی در خزر

مرکزی و جنوبی تا ۲ میکرو مولار میرسد اما در تابستان تا ۰.۳-۰.۲ میکرو مولار کاهش می یابد. روند غلظت ازت آمونیمی بر خلاف ازت نیتراتی بوده است بطوریکه حداقل غلظت در زمستان (۰.۷-۰.۱ میکرو مولار) و حداکثر در تابستان (۱۴-۱۰ میکرو مولار) مشاهده گردید.

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 میکرو مولار متغیر است. غلظت سالانه

ازت معدنی (NO_3^- ، NO_2^- ، NH_4^+) نسبتا دارای تغییرات گسترده ای است. درصد اجزای ترکیبات نیتروژنی نسبت به ازت معدنی در مناطق مختلف در سال متفاوت است بطوریکه درصد NH_4^+ ، NO_2^- و NO_3^- به ترتیب برابر ۰.۴ تا ۶۸.۶، ۰.۲ تا ۲۵.۲ و ۱۰.۵ تا ۹۹.۴ درصد متغیر می باشد. غلظت NH_4^+ آب در فصل بهار و پاییز به دلیل فعالیت های بالای آبزیان (در منطقه خزر شمالی) افزایش میابد. در تابستان، توسعه فعال اکسیداسیون ازت (nitrification) باعث حفظ حضور NO_2^- در آب می باشد. غلظت DSi بترتیب در خزر شمالی، مرکزی و جنوبی بین ۰.۵۴-۴۴.۱، ۱۴.۲-۳۵.۰ و ۱۱.۹-۲۵.۴ میکرو مولار 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.

غلظت فسفر معدنی (DIP) در مناطق مختلف بین ۰.۰۶-۰.۸۲، ۰.۵۲-۰.۸۵ و ۰.۵۵-۰.۸۷ میکرومولار متغیر بوده است. حداقل غلظت فسفر معدنی در تابستان همانند سیلیس محلول در بخش خزرشمالی مشاهده شده است، غلظت فسفر معدنی در فصل تابستان در مناطق خزر مرکزی و جنوبی به علت روند حمل و نقل افقی و عمودی توده آب بالاتر می باشد. نسبت فسفر معدنی، ازت معدنی و سیلیس محلول در آب دریا تقریبا ثابت است. نسبت مواد مغذی و توزیع DSi/DIP در این مناطق مشابه نتایج بدست آمده در تحقیقات منتشر شده از Semenov (1984) می باشد.

Shiganova و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند غلظت آمونیوم، ازت نیتراتی، فسفات و سیلیکات در مقابل دلتای رودخانه ولگا بین ۰.۷-۱.۳، ۰.۰۵-۰.۳۰، ۰.۶-۰.۹ 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. بر اساس نسبت سیلیس محلول، ازت و فسفر و رابطه واقعی از غلظت این عناصر در لایه سطحی خزرشمالی، می توان نتیجه گرفت که عامل محدود کننده رشد فیتوپلانکتون فقدان تقریبا کامل ازت نیتراتی است بطوریکه این نتیجه مخالف

نتایج بدست آمده توسط (Semenov, Kosarev, Yablonskya و Leonov و Stygar (2001) می باشد. با این حال، با توجه به میزان بالای آمونیوم و میزان بازسازی ترکیبات نیتروژنی در خزرشمالی، حداکثر تولیدات اولیه در ماه آگوست (۲۰۰۲) شکل گرفته است، و قتیکه که مقدار فسفر در زمان بازیافت مواد مغذی کم بوده است.

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. این مطالعه همچنین نشان داد که غلظت مواد مغذی در این سال مشابه ۲۰۰۴ بوده است. در لایه سطحی آب، مقدار فسفات برابر ۰.۰۲-۰.۰۳ میکرومولار بوده است. غلظت فسفات با افزایش عمق زیاد شده و به ۱.۵۱ میکرومولار می رسد. غلظت سیلیس محلول از لایه سطحی به لایه تحتانی افزایش داشته و از مقدار ۱۵ میکرومولار در نزدیکی سطح به ۲۱۳ میکرومولار در لایه پایینی می رسد. غلظت سیلیس محلول به حدود ۱۸۰ میکرو مولار در لایه تحتانی در سال ۲۰۰۴ رسیده بود. در عمق ۲۰۰-۴۰۰ متر، حداکثر غلظت ازت نیتراتی مشاهده شد (>14 میکرو مولار). این افزایش مقدار از سطح به ۲۰۰-۴۰۰ متر بوده است بعد از آن تا عمق کاهش یافت.

Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸^{a,b,c}) گزارش کردند که درجه حرارت آب بین ۹/۹۰ درجه سانتیگراد (در زمستان) و ۲۸.۶ درجه سانتی گراد (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 ۱۰.۸ میلی لیتر در لیتر در پاییز رسیده است. میزان درصد اشباعیت اکسیژن سالانه در فاز دوم بیش از فاز اول بوده است (۱۶ درصد). در هر دو فاز، حداکثر شوری در تابستان (۱۳.۱۹ ‰) هنگامی که بارش بسیار کم بود ثبت شده است در حالی که حداقل شوری در زمستان (۱۰.۲۳ ‰) بدست آمد. الگوی فصلی شوری عمدتاً از تعادل هیدرولوژیکی بین ورودی های آب شیرین (مانند رودخانه ها و بارش) و میزان تبخیر منجر شده است. مقدار pH ثبت شده برای این منطقه کاملاً با ثبات بود بطوریکه حداقل آن ۸.۱۱ و حداکثر ۸.۶۳ بوده است که این حداکثر در طی رشد و شکوفایی فیتوپلانکتون در

فاز دوم بوقوع پیوست. میزان شفافیت آب در فاز اول ۱.۵ برابر بیشتر از فاز دوم بوده است. غلظت مواد مغذی فاز دوم، بدون در نظر گرفتن تغییرات فصلی، بالاتر از فاز اول بوده است. غلظت متوسط ترکیبات ازت معدنی (از قبیل NO_3^- ، NH_4^+) در فاز دوم به مقدار ۱.۷-۱.۸ برابر بیش از فاز اول می باشد. غلظت ازت کل (TN) در فاز دوم به میزان ۱.۶ برابر بیشتر از فاز اول بوده است در حالی که غلظت فسفر معدنی و کل دو برابر بوده است. نسبت مولی ازت معدنی به فسفر معدنی (DIN/DIP) در فاز اول در محدوده ۰.۵ - ۴۳.۳ و در فاز دوم ۱.۴-۱۹.۱ متغیر می باشد. متوسط سالانه نسبت DIN/DIP در هر دو فاز پایین تر از نسبت Redfield (۱۶:۱) بوده است. این مطالعه نشان می دهد که متوسط نسبت مولی N/P در حوزه جنوبی دریای خزر در محدوده بسیار کم (۴.۴۷-۵.۷۸) در داخل لایه های نوری و غیر نوری متغیر بوده است و این مقدار در مقایسه با خزر شمالی و برخی اکوسیستم های دریایی دیگر بسیار پایین بوده است. با توجه به این نسبت عامل محدود کننده رشد و شکوفایی فیتوپلانکتونی نیتروژن بوده و در حالی که سطح فسفر و سیلیس همیشه بالا باقی می ماند.

غلظت ازت نیتراتی در فاز دوم به میزان قابل توجهی بالاتر از فاز اول بوده است ($p < 0.01$). بالاترین غلظت ازت نیتراتی در فصل بهار ثبت شده به دنبال آن بطور قابل توجهی در فصل تابستان کاهش نشان داد. بالاترین غلظت ازت نیتراتی در فاز اول ۵.۹۰ و در فاز دوم برابر ۹.۵ میکرومولار بوده است. بین غلظت آمونیوم بین دو دوره نمونه برداری اختلاف معنی دار مشاهده شد ($p < 0.01$). میانگین غلظت آمونیوم در فاز دوم تقریباً ۱.۵ برابر بیشتر از فاز اول بوده است. کمترین غلظت آمونیوم در فاز اول طی بهار و تابستان مشاهده گردید در فاز دوم طی فصل بهار در زمان رشد و شکوفایی فیتوپلانکتون بوقوع پیوست. غلظت آمونیوم در تابستان افزایش یافته و در پاییز به اوج خود رسید، که این به احتمال قوی به دلیل معدنی شدن بالای ترکیبات آلی نیتروژن دار پس از دوره بهاره بوده است. غلظت آمونیوم همانند دیگر ترکیبات نیتروژنی بطور معنی داری بین فصول اختلاف داشته است ($p < 0.01$).

در هر دو فاز نمونه برداری غلظت متوسط ازت معدنی (DIN) در میان فصول نیز معنی دار بوده است ($p < 0.01$). طی فصل بهار فاز اول، غلظت DIN کمتر از ۱.۰۰ میکرومولار بود. در فصول پاییز و زمستان، غلظت بالای DIN به طور یکنواخت در سراسر حوزه جنوبی دریای خزر با میانگین های ۱.۱۶ و ۲.۶۶ میکرومولار گسترده بوده است. غلظت متوسط DIN در فاز دوم بطور معنی داری سه برابر بیشتر از فاز اول مشاهده گردید ($p < 0.01$). این مطالعه همچنین تصریح کرده است در هر دو فاز نمونه برداری غلظت ازت آلی (DON) بطور معنی داری بین فصول مختلف

معنی دار بوده است ($p < 0.01$). در فاز اول، پایین ترین غلظت DON در تابستان بدست آمده و حداقل در فصل زمستان بوده است. در فاز دوم، کمترین مقدار در پاییز ثبت شد و بالاترین در تابستان. در هر دو فاز نمونه برداری، بیش از ۹۰٪ از کل نیتروژن را ازت آلی (DON) تشکیل می دهد (به جز در فصل تابستان فاز اول). در فاز اول این مطالعه، غلظت DIN در امتداد ساحل ایران از غرب به شرق کاهش نشان داد (به جز در طول تابستان). در طول سال، غلظت DON همیشه بیش از ۲۰ میکرومولار بودند، به جز در طول تابستان که مقادیر کمتر از ۱۵ میکرومولار ثبت شده است. در فاز دوم، به طور کلی غلظت DON بیش از ۳۰ میکرومولار بدست آمده است.

غلظت فسفر معدنی (DIP) در فاز دوم تقریباً دو برابر فاز اول بوده است. در فاز دوم، میانگین غلظت DIP بین فصول مختلف اختلاف معنی داری داشته اما در فاز اول اختلاف معنی دار نبوده است. در فاز دوم نمونه برداری، حداقل غلظت DIP در بهار و حداکثر آن در فصل پاییز ثبت شده است. در فاز دوم نیز غلظت فسفر آلی (DOP) به میزان قابل توجهی بالاتر بوده است. در فاز اول نمونه برداری، میانگین غلظت فسفر آلی همانند فسفر معدنی بین فصول مختلف اختلاف معنی داری نداشته است اما در فاز دوم اختلاف معنی دار بوده با مقادیر حداکثر در فصل پاییز و حداقل در زمستان ($p < 0.01$).

میانگین غلظت سیلیس محلول (DSi) بین دو فاز نمونه برداری اختلاف معنی داری را نشان نداد. به هر حال، میانگین غلظت DSi بین فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.01$). در فاز اول نمونه برداری، حداقل و حداکثر غلظت DSi زمستان و بهار ثبت گردید و در فاز دوم این مقادیر مربوط به فصول تابستان و پاییز بوده است.

نتایج بررسی ها از ساحل (۱۰ متر) به عمق (۱۰۰ متر) نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج در فاز اول نشان داد که بین میانگین سالانه غلظت مواد مغذی در ایستگاه های کم عمق (عمق ۱۰ متر) نسبت به ایستگاه های عمیق (۱۰۰ متر) تفاوت معنی داری دیده نشد. بهر حال، میانگین سالانه غلظت مواد مغذی از قبیل DIP, DOP, DON و DSi اختلاف معنی داری در ۹ نیم خط نشان داد ($p < 0.01$). در این فاز، نیم خط های منطقه غربی به خصوص در نزدیکی رودخانه سفید رود حداکثر مقادیر DON و DOP ثبت گردید اما برای پارامترهای DIN,

NH_4^+ و NO_3^- اختلاف معنی دار نبوده است. در فاز دوم نمونه برداری، میانگین تمام مواد مغذی بین ایستگاههای ساحلی و عمیق معنی دار نبوده است ($p > 0.01$).

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 در صورتیکه در زمستان - بهار دما تا ۹-۲۲ درجه سانتیگراد کاهش یافته است که به علت آب و هوای سرد شمالی و انتقال آب سرد رودخانه ولگا از طریق جریانات دریایی خزر شمالی و همچنین از طریق برخی از رودخانه های حوزه جنوبی مانند تجن، سفیدرود و غیره (باحمل برف ذوب شده) می باشد. پروفیل عمودی دما در عمیق ترین ایستگاه بابلسر در ماه جولای سال ۲۰۰۱ تا دسامبر ۲۰۰۶ نشان داد که فرآیند ترموکلاین در بهار شروع شده و در فصل تابستان کامل گردیده و سپس در فصل پاییز شروع به از بین رفتن کرده و در نهایت در فصل زمستان کاملاً از بین می رود.

واحدی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که درجه حرارت سطحی آب در منطقه جنوبی در یای خزر در سال ۱۳۸۷ از ۷.۲ در زمستان تا ۲۹.۸ درجه سانتی گراد در تابستان در نوسان بوده است. کمترین دامنه تغییرات دمای آب مربوط به عمق ۱۰۰ متر (۱۰.۳-۶.۸ درجه سانتی گراد) بوده است. متوسط سالانه شفافیت آب برابر 4.91 ± 0.24 متر برآورد گردیده است. دامنه نوسان کمینه و بیشینه شفافیت در فصول مختلف نشان می دهد که این میزان از منطقه ساحلی بسمت مناطق عمیق تر روند افزایشی داشته است. دامنه تغییرات pH به میزان (۷.۱۵-۸.۷۳) ۱.۵۸ واحد بوده است. بیشترین میزان اکسیژن محلول در طول سال در لایه سطحی به میزان 8.4 ± 0.076 میلی گرم در لیتر با اشباعیت 137 ± 18 درصد و کمترین آن مربوط به عمق ۱۰۰ متر به میزان 6.46 ± 0.18 میلی گرم در لیتر و اشباعیت 86.13 ± 2.8 درصد بوده است. غلظت فرم معدنی ازت شامل ازت نیترو تی، ازت نیترواتی و آمونیوم به میزان ۰.۲-، ۰.۰، ۰.۰-۴.۶ و ۰.۰-۷.۱۲ و ۰.۰۵ میکرومولار بوده است. در این بررسی غلظت ازت نیترو تی علاوه بر روند کاهشی از منطقه ساحلی به مناطق دور از ساحل، دارای روند صعودی از لایه های سطحی به لایه های عمقی تا عمق ۱۰۰ متر دارا بوده است. غلظت فسفر معدنی از منطقه ساحلی به دور از ساحل در آب های سطحی و همچنین در اعماق تا ۱۰۰ عمق متر روند صعودی داشته و توزیع فسفر معدنی و فسفر کل شبیه هم بوده است. غلظت ماکزیمم فسفر معدنی در نواحی کم عمق مشاهده گردید. نسبت وزنی ازت به فسفر (N:P) از 5.48 ± 0.38 در تابستان تا 9.13 ± 0.46 در زمستان در نوسان بوده است. در بررسی فصلی غلظت سیلیس

مشخص گردید که بترتیب فصل بهار دارای بیشترین مقادیر (130.7 ± 6.65 میکروگرم در لیتر) و بترتیب تابستان، پاییز و زمستان در رتبه های بعدی قرار دارند.

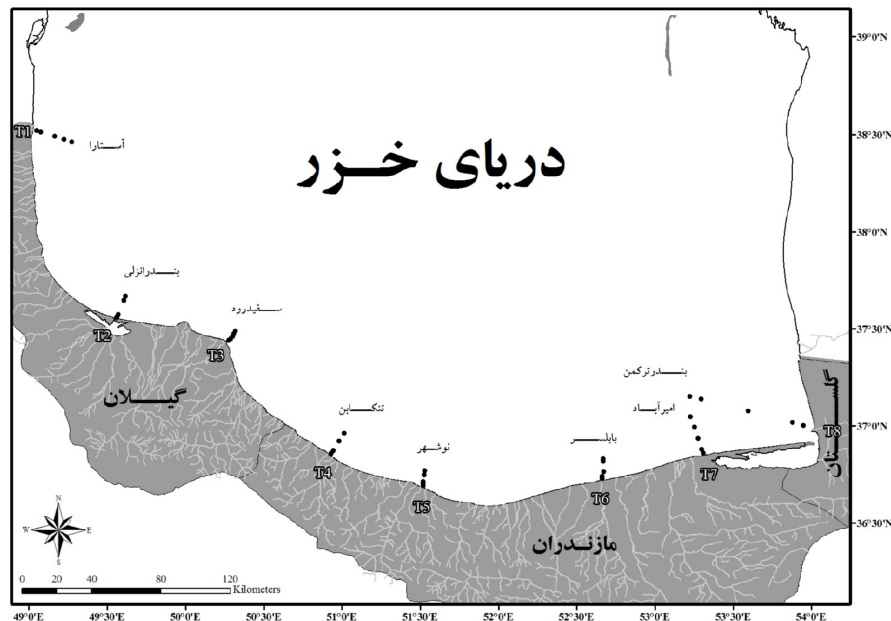
۲- مواد و روش ها

۲-۱- توصیف عمومی از منطقه مورد مطالعه

حوزه جنوبی دریای خزر به دلیل منابع بالقوه و طبیعی در ایران از اهمیت اقتصادی زیادی برخوردار می باشد. خط ساحلی ایران در حدود ۹۲۰ کیلومتر طول دارد. کوه البرز در خط الراس نزدیک به سواحل ایران قرار گرفته، و این نوار در ۲-۴۰ کیلومتری از این کوه و با شیب بسیار ملایم در شمال کشیده شده است. نوار ساحلی از آستارا در غرب تا بندر ترکمن در شرق واقع شده است. در دامنه شمالی کوه البرز پوشیده از جنگل بوده و رطوبت و بارش زیادی وجود دارد. در نتیجه این بارش سرزمین های زراعی فراوانی در این منطقه توسعه یافت. بسیاری از رودخانه های دائمی با جریان های کوچک سبب ترویج و توسعه اراضی کشاورزی گردیده اند. این منطقه به عنوان یک اکوسیستم آبی نیمه گرمسیری (sub-tropical) با تنوع نسبتاً فصلی، تولیدات کم در زمستان و تولیدات بیشتر در فصل بهار و پاییز شناخته شده است.

۲-۲-۱- ایستگاهها و زمان نمونه برداری

بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب سواحل ایرانی منطقه جنوبی دریای خزر طی چهار فصل (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) در هشت نیم خط عمود بر ساحل (آستارا، انزلی، سفید رود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیر آباد و بندر ترکمن) در سال ۱۳۸۸ انجام گردید. بطوریکه نیم خط های آستارا، انزلی، سفید رود به ناحیه غربی، نیم خط های تنکابن، نوشهر، بابلسر به ناحیه مرکزی و نیم خط های امیر آباد و بندر ترکمن به شرقی تقسیم بندی گردید. مشخصات ایستگاهها به همراه سایر موارد در شکل و جدول ۱-۲ آمده است.



شکل ۱-۲: ایستگاههای نمونه برداری به همراه نام ایستگاهها، و نیم خط ها در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

جدول ۱-۲: موقعیت جغرافیایی ایستگاههای نمونه برداری به همراه نام ایستگاهها، عمق و نیم خط ها در

سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

نام ایستگاه	نیم خط	۵ متر	۱۰ متر	۲۰ متر	۵۰ متر	۱۰۰ متر
آستارا	۱	۴۸° ۵۴'	۴۸° ۵۶'	۴۹° ۱۱'	۴۹° ۵'	۴۹° ۸'
بندر انزلی	۲	۳۷° ۲۹'	۳۷° ۲۹'	۳۸° ۲۹'	۳۸° ۲۳'	۳۸° ۲۲'
سفیدرود	۳	۵۰° ۱۳'	۵۰° ۱۴'	۵۰° ۱۴'	۵۰° ۱۵'	۵۰° ۱۵'
تنکابن	۴	۵۰° ۵۴'	۵۰° ۵۴'	۵۰° ۵۵'	۵۰° ۵۷'	۵۰° ۵۹'
نوشهر	۵	۳۶° ۴۰'	۳۶° ۴۱'	۳۶° ۴۱'	۳۶° ۴۵'	۳۶° ۴۵'
بابلسر	۶	۳۶° ۴۳'	۳۶° ۴۴'	۳۶° ۴۶'	۳۶° ۴۹'	۳۶° ۴۹'
بندر امیرآباد	۷	۵۳° ۱۸'	۵۳° ۱۷'	۵۳° ۱۶'	۵۳° ۱۵'	۵۳° ۱۳'
بندر ترکمن	۸	۳۷° ۰'	۳۷° ۱'	۳۷° ۵'	۳۷° ۸'	۳۷° ۹'

۲-۳-۲- 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.

۲-۳-۱- نمونه برداری آب و اندازه گیری برخی پارامترهای در کشتی (*in situ*)

تعداد ۴۸۰ نمونه آب از سطح (عمق ۳۰ تا ۵۰ سانتی متر) و اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر با استفاده از نمونه بردار ۱ و 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 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). عمق لایه نوری (euphotic) (مربوط به عمقی که ۱٪ سطح تابش به آنجا می رسد) از طریق ۳ برابر عمق شفافیت محاسبه شد (Hayward, 1987; Sapozhnikov *et al.*, 1988; Psarra *et al.*, 2000).

۲-۳-۲- اکسیژن محلول (DO)

اکسیژن محلول (DO) با روش وینکلر (Winkler) که توسط Strickland و Parsons (۱۹۷۲) توصیه شده است 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 تیترانت تیو سولفات سدیم تیتروم 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 این غلظت اکسیژن محلول بر حسب میلی گرم بر لیتر بر ضریب ۱.۴۲ (ضریب تصحیح شوری) تقسیم گردید (Katunin and Sapozhnikov, 1997).

۲-۳-۳- آنالیز مواد مغذی

در علوم دریایی، غلظت مواد مغذی معمولاً در واحد مولار سنجیده می‌شوند ($\mu\text{mol/l}$ ، micromole/l و 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).

۱-۲-۳-۳- یون ازت آمونیمی (NH_4^+/N)

واکنش یون آمونیوم با هیپوکلریت و فنل ترکیب آبی رنگ ایندوفنل (*indophenol*) را تشکیل می‌دهد (Sapozhnikov *et al.*, 1988; APHA, 2005; Solorzano, 1969). شدت رنگ آبی با اسپکتروفوتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰) در طول موج ۶۳۰ نانومتر اندازه گیری گردید. در نهایت با مقایسه منحنی استاندارد غلظت یون ازت آمونیمی سنجیده شد.

۲-۲-۳-۳- ازت نیترونی و ازت نیتراتی ($\text{NO}_3^-/\text{N} + \text{NO}_2^-/\text{N}$)

این دو یون ازتی 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 می‌یابد. 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.

۳-۳-۳- ازت معدنی و آلی محلول (DIN, DON)

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

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

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

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

۴-۳-۳-۲- فسفر معدنی و آلی محلول (DIP, DOP)

فسفر معدنی (فسفات) در آب را با ازت آمونیمی مولیدات واکنش داده و سپس بوسیله اسید اسکوریک 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).

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

۵-۳-۳-۲- ازت و فسفر کل (TN, TP)

جهت اندازه گیری نیتروژن و فسفر کل نیاز است با عمل فرایند هضم ترکیبات آلی به فرم معدنی تبدیل گردد. تعداد زیادی تکنیک جهت آنالیز ازت و فسفر آلی وجود دارد. روش هضم پرسولفات- بوریک اسید یکی از روش های متداول اندازه گیری فسفر و ازت کل میباشد (Valderrama, 1981). در این روش ترکیبات بالا را به نمونه ها افزوده و در اتوکلاو با شرایط دمای ۱۲۱ درجه سانتی گراد و فشار ۱.۰-۱.۵ 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.

۶-۳-۳-۲- سیلیس محلول (DSi)

سیلیس محلول 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.

۷-۳-۲- آنالیز آماری

در این مطالعه دو گروه از متغیرها یعنی متغیرهای مستقل (ایستگاه ها، فصل ها، سال، نیم خط، عمق و نواحی) و متغیرهای وابسته (کلیه پارامترهای فیزیکی شیمیایی) در نظر گرفته شدند (Bluman, 1998). داده های فیزیکی شیمیایی بر اساس یکی از فرایندهای لگاریتم طبیعی / پایه ۱۰، مقیاس Z، ریشه دوم و سوم، رتبه بندی و غیره انتقال داده و سپس با رسم نمودار Q-Q 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 تست تی (T-Test) برای مقایسه تفاوت های موجود در پارامترهای زیست محیطی در میان لایه های آب، بین مناطق نوری و غیر نوری و همچنین بین دوره های مختلف مورد استفاده قرار گرفت. همه آزمون ها 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 SPSS v11.5 انجام گردید. در ضمن تمام میانگین ها به همراه خطای استاندارد (Mean±SE) آورده شده است.

در این مطالعه نیز از آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA)^۸ که یکی از روش های آماری چند متغیره می باشد جهت تمایز بین فصول بر اساس پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و مواد مغذی استفاده شده است (Buckley and

. Winters, 1992; Padro *et al.*, 1993; Moncheva *et al.*, 2001; Schoer, 1985)

⁸. Canonial Discriminate Function Analysis

۳. نتایج

۳-۱- شرایط فیزیکی شیمیایی آب

۳-۱-۱- دما و شوری آب

جدول ۳. تغییرات دمای آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر را نشان می دهد. همانطوری که این داده ها نشان می دهند حداقل و حداکثر دما در سطح و لایه نوری به ترتیب مربوط به فصل زمستان و تابستان می باشد اما در لایه زیرین (غیر نوری) حداکثر مربوط به فصل پاییز (12.78°C) و حداقل به فصل زمستان (9.13°C) بوده است. آنالیز آماری ANOVA نشان داد که میانگین دمای آب در سطح، لایه نوری و غیر نوری اختلاف معنی داری دارند ($p < 0.05$) و بر اساس تست دانکن در دو تا چهار گروه مختلف قرار گرفتند (جدول ۳-۱).

جدول ۳-۱-: تغییرات دمای آب ($^{\circ}\text{C}$) در فصول مختلف در سواحل ایرانی
حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
18.67 ± 0.50	$d 9.59 \pm 0.31$	$c 17.88 \pm 0.20$	$b 26.46 \pm 0.12$	$a 20.76 \pm 0.25$	دمای لایه
	$6.40 - 17.50$	$15.30 - 20.50$	$24.00 - 27.60$	$17.30 - 24.80$	سطحی
					Mean±SE
17.88 ± 0.32	$c 9.44 \pm 0.16$	$a 18.32 \pm 0.11$	$b 26.01 \pm 0.09$	$a 17.76 \pm 0.44$	دمای لایه
	$7.20 - 17.50$	$15.30 - 20.50$	$24.00 - 27.60$	$9.00 - 24.80$	نوری
					Min.-Max.
					Mean±SE
10.85 ± 0.36	$a 9.13 \pm 0.27$	$b 12.78 \pm 0.87$	$b 12.02 \pm 0.75$	$a 9.45 \pm 0.50$	دمای لایه
	$5.50 - 10.80$	$7.40 - 19.50$	$7.00 - 20.40$	$7.20 - 19.80$	غیر نوری
					Min.-Max.

* حروف مربوط به مقایسه آماری در سطح ۵ درصد (آزمون دانکن)

جدول ۳-۲ تغییرات دمای آب در نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر را نشان می دهد. داده ها نشان می دهند که میانگین دمای سطحی آب در محدوده ۱۷ تا ۲۰ درجه سانتیگراد متغیر بوده و حداکثر آن در نیم خط های بابلسر و بندرترکمن مشاهده گردید. در لایه نوری نیز میانگین دمای آب با کمی کاهش نسبت به لایه سطحی در محدوده ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتیگراد بوده است و حداکثر دمای در نیم خط های ۴ تا ۸ بوده است. میانگین دمای لایه غیر نوری با کاهش ۴ تا ۶ درجه سانتیگراد نسبت به سطح و لایه نوری دارای دامنه ۸ تا ۱۲ می باشد. آنالیز آماری ANOVA نشان داد که میانگین دمای آب تنها در لایه نوری اختلاف معنی داری دارا بود ($p < 0.05$) و بر اساس تست دانکن در سه گروه مختلف قرار گرفتند (جدول ۳-۲).

جدول ۲-۳: تغییرات دمای آب (°C) در نیمه خط های مختلف در سواحل ایرانی
حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

آستارا (۱)	انزلی (۲)	سفیدرود (۳)	تنکابن (۴)		
Mean±SE	17.88±1.51	18.24±1.45	18.62±1.37	دمای لایه سطحی	
Min.-Max.	6.40-26.70	7.90-26.40	9.00-27.10		
Mean±SE	6.77±1.01	6.92±0.94	ab17.78±0.89	دمای لایه نوری	
Min.-Max.	6.20-26.70	7.90-26.40	8.50-27.10		
Mean±SE	9.87±1.29	11.39±1.21	11.02±0.95	دمای لایه غیر نوری	
Min.-Max.	5.50-20.40	7.00-18.80	7.60-19.50		
نوشهر (۵)	بابلسر (۶)	امیرآباد (۷)	بندر ترکمن (۸)		
Mean±SE	19.71±1.25	18.95±1.38	19.14±1.44	دمای لایه سطحی	
Min.-Max.	10.50-27.10	10.00-27.30	10.20-27.60		
Mean±SE	bc18.86±0.85	bc18.70±0.87	c18.75±0.90	دمای لایه نوری	
Min.-Max.	9.50-27.10	9.80-27.30	10.00-27.60		
Mean±SE	11.63±1.14	11.43±1.02	10.58±0.58	دمای لایه غیر نوری	
Min.-Max.	7.20-18.50	8.00-18.80	8.20-15.50		

* حروف مربوط به مقایسه آماری در سطح ۵ درصد (آزمون دانکن)

جدول ۳-۳ تغییرات دمای آب در نواحی مختلف حوزه جنوبی دریای خزر را نشان می دهد. داده ها نشان می دهند میانگین دمای سطحی آب در محدوده ۱۸ تا ۱۹.۲ درجه سانتیگراد متغیر بوده و حداکثر آن در نواحی مرکزی و شرقی مشاهده گردید. در لایه نوری نیز میانگین دمای آب با کمی کاهش نسبت به لایه سطحی در محدوده ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتیگراد بوده است و حداکثر دمای در نواحی مرکزی و شرقی بوده است. میانگین دمای لایه غیر نوری با کاهش ۶ تا ۸ درجه سانتیگراد نسبت به سطح و لایه نوری دارای دامنه ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتیگراد، باز هم در نواحی مرکزی و شرقی حداکثر می باشد. آنالیز آماری ANOVA نشان داد که میانگین دمای آب در سطح، لایه نوری و غیر نوری اختلاف معنی داری دارند ($p < 0.05$) و بر اساس تست دانکن در دو گروه مختلف قرار گرفتند (جدول ۳-۳).

جدول ۳-۳: تغییرات دمای آب (C) در نواحی مختلف در سواحل ایرانی

حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

شرقی	مرکزی	غربی		
b1۹.۰۴±۰.۹۸	ab1۹.۰۱±۰.۷۷	a1۸.۰۹±۰.۸۶	Mean±SE	دمای لایه سطحی
۱۰.۰۰-۲۷.۶۰	۹.۰۰-۲۷.۵۰	۶.۴۰-۲۶.۷۰	Min.-Max.	
b1۸.۷۳±۰.۶۲	b1۸.۲۸±۰.۵۰	a1۶.۹۲±۰.۵۶	Mean±SE	دمای لایه نوری
۹.۸۰-۲۷.۶۰	۸.۵۰-۲۷.۵۰	۶.۲۰-۲۶.۷۰	Min.-Max.	
b1۱.۰۰±۰.۵۸	b1۱.۵۳±۰.۶۰	a۱۰.۰۵±۰.۶۲	Mean±SE	دمای لایه غیر نوری
۸.۰۰-۱۸.۸۰	۷.۲۰-۱۹.۸۰	۵.۵۰-۲۰.۴۰	Min.-Max.	

* حروف مربوط به مقایسه آماری در سطح ۵ درصد (آزمون دانکن)

جدول ۳-۴ تغییرات دمای آب در اعماق مختلف (از ساحل به ناحیه عمیق) حوزه جنوبی دریای خزر را نشان می دهد. داده ها نشان می دهند میانگین دمای سطحی و لایه نوری آب از ساحل (۵ متر) به ناحیه دور از ساحل (۱۰۰ متر) تغییرات بسیار کمی را نشان می دهد. میانگین دمای لایه غیر نوری با کاهش ۱۲ تا ۱۴ درجه سانتیگراد نسبت به سطح و لایه نوری دارای دامنه ۵ تا ۷ درجه سانتیگراد مشاهده گردید. آنالیز آماری ANOVA نشان داد که میانگین دمای آب در سطح، لایه نوری و غیر نوری اختلاف معنی داری ندارند ($p > 0.05$).

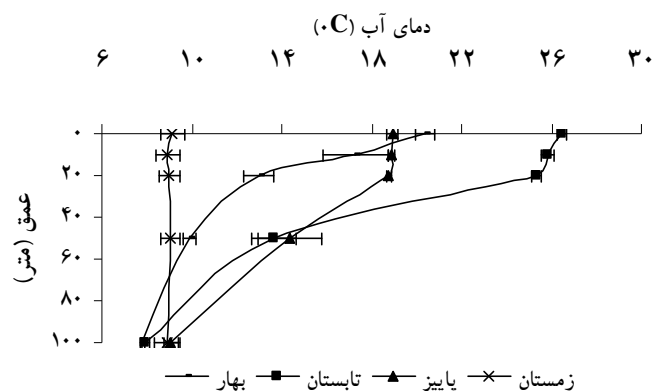
جدول ۳-۴: تغییرات دمای آب (C) در اعماق مختلف (از ساحل به ناحیه دور از ساحل)

در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

۲۰ متر	۱۰ متر	۵ متر		
۱۸.۹۱±۱.۱۳	۱۸.۶۷±۱.۱۳	۱۸.۶۱±۱.۱۱	Mean±SE	دمای لایه سطحی
۷.۰۰-۲۷.۶۰	۷.۰۰-۲۷.۵۰	۶.۵۰-۲۷.۶۰	Min.-Max.	
۱۷.۸۸±۰.۶۵	۱۸.۱۷±۰.۸۱	۱۸.۶۱±۱.۱۱	Mean±SE	دمای لایه نوری
۷.۰۰-۲۷.۶۰	۶.۸۰-۲۷.۵۰	۶.۵۰-۲۷.۶۰	Min.-Max.	
	۱۰۰ متر	۵۰ متر		
	۱۸.۷۳±۱.۱۳	۱۸.۴۵±۱.۱۲	Mean±SE	دمای لایه سطحی
	۶.۴۰-۲۷.۱۰	۸.۰۰-۲۷.۰۰	Min.-Max.	
	۱۷.۶۵±۰.۶۵	۱۷.۶۸±۰.۶۴	Mean±SE	دمای لایه نوری
	۶.۲۰-۲۷.۱۰	۷.۹۰-۲۷.۰۰	Min.-Max.	
	۱۰.۰۷±۰.۳۷	۱۲.۳۹±۰.۶۹	Mean±SE	دمای لایه غیر نوری
	۵.۵۰-۱۸.۸۰	۶.۸۰-۲۰.۴۰	Min.-Max.	

* حروف مربوط به مقایسه آماری در سطح ۵ درصد (آزمون دانکن)

نمودار ۱-۳ تغییرات دمای آب از سطح به عمق و شکست دمایی را نشان می دهد. داده ها بدست آمده نشان داد که شکست دمایی در ایستگاههای اعماق ۵۰ و ۱۰۰ متر (دور از ساحل) در فصل تابستان صورت می پذیرد. نمودار ۱-۳ تغییرات دمایی در فصول مختلف را نشان می دهد که شکست دمایی از لایه ۲۰ متر شروع و تا ۵۰ متر پایان می یابد بطوریکه اختلاف دمایی در محدوده ۱۲ تا ۱۵ درجه سانتیگراد متغیر بوده است.



نمودار ۱-۳: تغییرات عمودی دمای آب (C) در ناحیه شکست دمایی در فصول مختلف در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

جدول ۳-۵ تغییرات شوری آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر را نشان می دهد. همانطوری که این داده ها نشان می دهند حداکثر و حداقل شوری در دو لایه سطحی و نوری به ترتیب مربوط به فصل پاییز و زمستان می باشد اما در لایه زیرین (غیر نوری) حداکثر در فصل پاییز (۱۲.۱۵ ppt) و حداقل در فصل بهار و زمستان (۱۰.۴۰ ppt) بوده است. آنالیز آماری ANOVA نشان داد که میانگین شوری آب در سطح، لایه نوری و غیر نوری اختلاف معنی داری داشتند ($p < 0.05$) و بر اساس تست دانکن در سه تا چهار گروه مختلف قرار گرفتند (جدول ۳-۵).

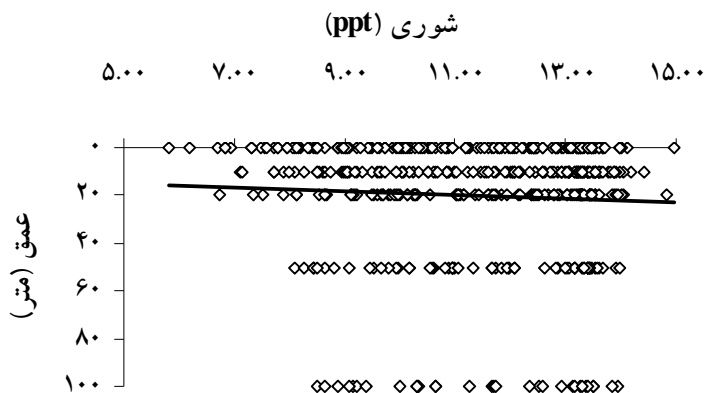
جدول ۳-۵: تغییرات شوری آب (ppt) در فصول مختلف در سواحل ایرانی

حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	Mean±SE	شوری لایه
۱۱.۰۴±۰.۱۷	d۹.۲۱±۰.۲۶	c۱۳.۰۶±۰.۱۰	b۱۱.۴۲±۰.۳۰	a۱۰.۵۰±۰.۳۲	۶.۲۰-۱۴.۱۷	سطحی
	۵۸۱-۱۲.۴۱	۱۱.۴۱-۱۴.۰۰	۸.۱۸-۱۴.۱۳	۶.۲۰-۱۴.۱۷		
۱۱.۳۵±۰.۱۰	d۹.۸۳±۰.۱۸	c۱۳.۲۰±۰.۰۶	b۱۱.۶۴±۰.۱۸	a۱۰.۷۴±۰.۱۹	۶.۲۰-۱۴.۱۷	شوری لایه نوری
	۵۸۱-۱۳.۵۵	۱۱.۴۱-۱۴.۰۰	۷.۸۸-۱۴.۸۴	۶.۲۰-۱۴.۱۷		
۱۱.۵۴±۰.۱۹	a۱۰.۲۹±۰.۳۳	c۱۳.۳۷±۰.۰۶	b۱۲.۱۵±۰.۲۶	a۱۰.۳۹±۰.۳۲	۸.۱۰-۱۳.۵۹	شوری لایه غیر نوری
	۵۸۸-۱۲.۹۸	۱۲.۸۲-۱۳.۹۷	۱۰.۱۶-۱۳.۹۳	۸.۱۰-۱۳.۵۹		

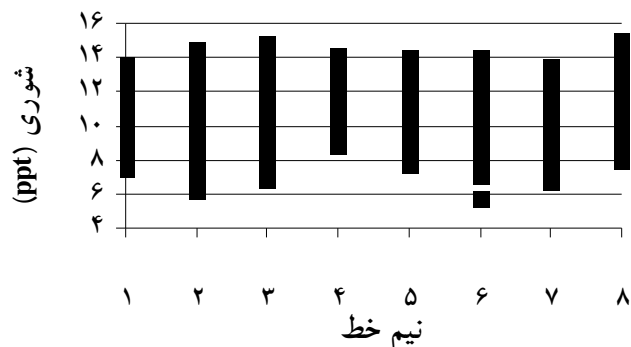
* حروف مربوط به مقایسه آماری در سطح ۵ درصد (آزمون دانکن)

نمودار ۲-۳ شوری آب در اعماق سطح به عمق را در سال ۱۳۸۸ نشان می دهد. محدوده شوری در حوزه جنوبی دریای خزر از ۶.۰۰ تا ۱۴.۵۰ متغیر می باشد. این نمودار نشان میدهد که روند شوری از سطح به عمق با کاهش کمی (خط شیب در نمودار) همراه بوده است.



نمودار ۲-۳: تغییرات شوری آب (ppt) در اعماق مختلف در سواحل ایرانی
حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

نمودار ۳-۳ شوری آب در نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸ نشان می دهد. محدوده شوری در حوزه جنوبی دریای خزر از ۶.۰۰ تا ۱۴.۵۰ متغیر می باشد. نتایج نشان می دهد که بیشترین تغییرات شوری در نیم خط های ۲،۳ و ۶ که به ترتیب در مقابل تالاب انزلی، رودخانه های سفید رود و بابلسر قرار گرفته اند مشاهده می گردد.

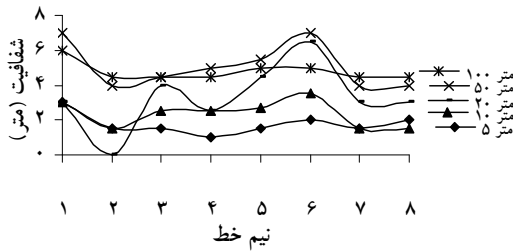


نمودار ۳-۳: تغییرات شوری آب (ppt) در نیم خط های مختلف در سواحل
ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

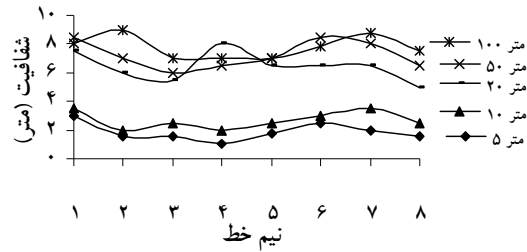
آنالیز آماری ANOVA نشان داد که میانگین شوری در نیم خط ها، نواحی و اعماق معنی دار نبوده است ($p > 0.05$). میانگین شوری در سطح، از ساحل به دوراز ساحل و نیز در منطقه نوری و غیر نوری دارای اختلاف معنی دار نبوده است ($p > 0.05$).

۲-۱-۳- شفافیت آب (عمق شی سی دیسک)

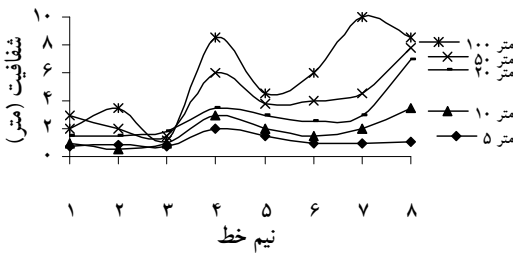
نمودار ۴-۳ تغییرات زمانی- مکانی شفافیت آب در منطقه جنوبی دریای خزر را نشان می دهد. در اکثر فصول حداقل مقدار شفافیت در اعماق ۵ و ۱۰ متر و حداکثر آن در اعماق بالا یعنی در ۵۰ و ۱۰۰ متر مشاهده می گردد. از مقایسه فصول مختلف می توان مشاهده کرد که در فصل تابستان شفافیت آب کمتر از ۸ متر بوده است اما در دیگر فصول کمتر از ۱۰ متر بوده است. تست آماری آنالیز واریانس (ANOVA) نشان داد که بین میانگین شفافیت اعماق مختلف اختلاف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس تست دانکن کلیه اعماق (۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) در پنج گروه جداگانه قرار گرفتند.



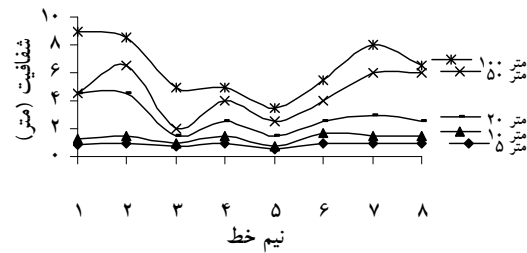
تابستان ۸۸



بهار ۸۸



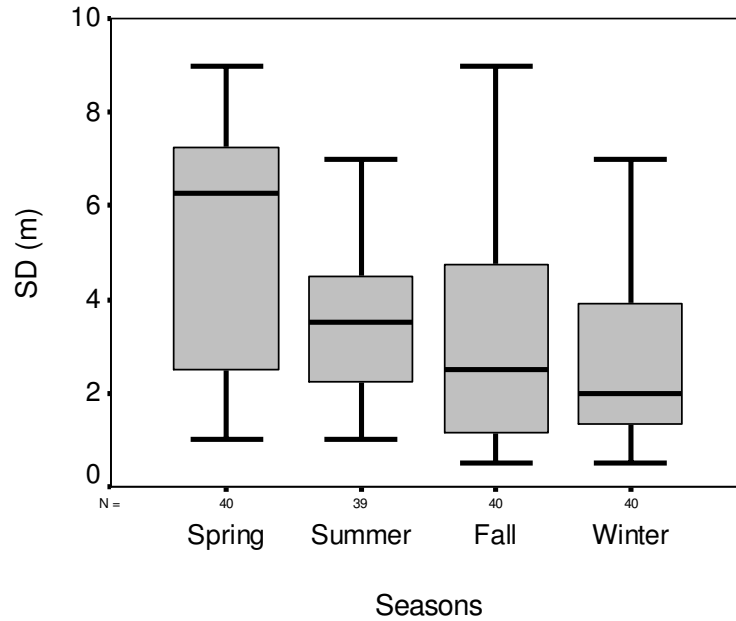
زمستان ۸۸



پاییز ۸۸

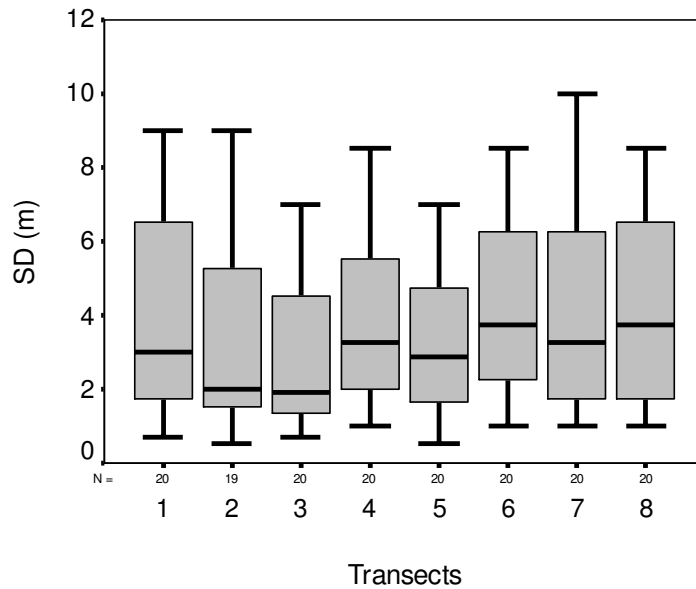
نمودار ۴-۳: تغییرات زمانی-مکانی شفافیت آب در نیم خط ها و فصول مختلف در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

در فصل بهار حداقل و حداکثر به ترتیب برابر ۱۰۰ - ۹۰۰ متر و با میانگین ۵۲۰ ± ۰.۴۱ متر مشاهده گردید. در فصل تابستان حداقل و حداکثر به ترتیب برابر ۱۰۰ و ۷۰۰ متر و با میانگین برابر ۳۵۵ ± ۰.۲۷ متر، در فصل پاییز این مقادیر به ترتیب برابر ۰.۵۰ و ۹۰۰ متر و با میانگین ۳۱۷ ± ۰.۳۸ متر و در فصل زمستان حداقل و حداکثر به ترتیب برابر ۰.۵۰ و ۱۰۰۰ متر و با میانگین برابر ۳۱۰ ± ۰.۳۹ متر ثبت گردید (نمودار ۴.۳). شفافیت آب در منطقه جنوبی دریای خزر دارای حداقل ۰.۵ و حداکثر ۱۰۰۰ متر می باشد. میانگین سالانه شفافیت برابر ۳۷۶ ± ۰.۱۹ متر بوده است. تست آماری آنالیز واریانس (AONVA) نشان داد که بین میانگین شفافیت فصول مختلف اختلاف معنی دار بوده است ($p < ۰.۰۵$) و بر اساس تست دانکن فصل بهار در یک گروه و سه فصل دیگر در گروه دیگر قرار گرفتند.



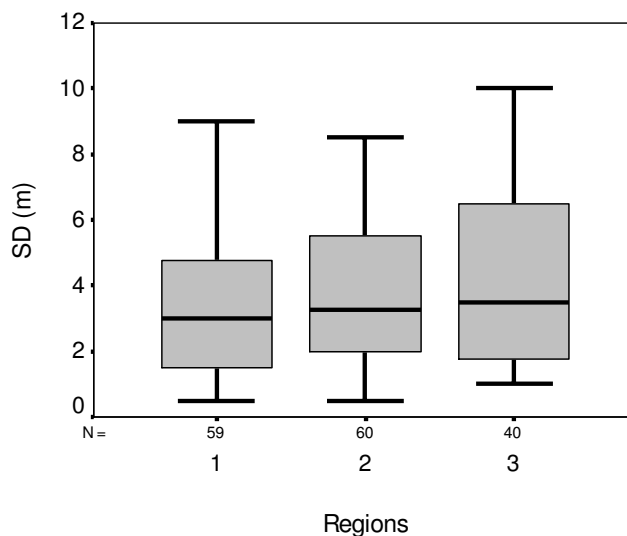
نمودار ۳-۵: نمودار جعبه ای (Boxplot) شفافیت آب در فصول مختلف سال ۱۳۸۸ در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر (SD نمایانگر عمق شی سی دیسک می باشد)

میانگین شفافیت در نیم خط های هشت گانه به ترتیب از غرب به شرق برابر ۴.۰۴ ± ۰.۶۱ ، ۳.۵۴ ± ۰.۶۲ ، ۲.۸۰ ± ۰.۴۴ ، ۳.۸۵ ± ۰.۵۳ ، ۳.۳۷ ± ۰.۴۵ ، ۴.۱۰ ± ۰.۵۳ ، ۴.۱۷ ± ۰.۶۳ و ۴.۱۷ ± ۰.۶۵ متر بوده است. نمودار جعبه ای ۶.۳ در نیم خط های مختلف سال ۱۳۸۸ در منطقه جنوبی دریای خزر را نشان می دهد. این نمودار نشان می دهد که میانه (Median) و میانگین (Mean) شفافیت در هشت نیم خط در محدوده ۲ تا ۴ بوده و تغییرات بارزی را نشان نمی دهد. با توجه به این تغییرات تست آماری آنالیز واریانس (AONVA) نشان داد که میانگین شفافیت بین نیم خط های هشت گانه اختلاف معنی داری را نداشته است ($p > ۰.۰۵$).



نمودار ۳-۶: نمودار جعبه ای شفافیت آب در نیم خط های مختلف سال ۱۳۸۸ در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر (اعداد ۱ تا ۸ بیانگر نیم خط ها است و SD نمایانگر عمق شی سی دیسک می باشد)

میانگین شفافیت در نواحی سه گانه به ترتیب برابر ۳.۴۶ ± ۰.۳۲ ، ۳.۷۸ ± ۰.۲۹ و ۴.۱۷ ± ۰.۴۲ متر بوده است. نمودار جعبه ای ۳-۷ در نواحی مختلف سال ۱۳۸۸ در منطقه جنوبی دریای خزر را نشان می دهد. این نمودار نشان می دهد که میانه (Median) و میانگین (Mean) شفافیت در سه ناحیه در محدوده ۳ تا ۴ متر بوده و تغییرات بارزی را نشان نمی دهد. با توجه به این تغییرات تست آماری آنالیز واریانس (AONVA) نشان داد که میانگین شفافیت بین نواحی سه گانه اختلاف معنی داری را دارا نبود ($p > ۰.۰۵$).



نمودار ۳-۲: نمودار جعبه ای شفافیت آب در نواحی مختلف سال ۱۳۸۸ در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر (اعداد ۱ تا ۳ بیانگر نواحی سه گانه است و SD نمایانگر عمق شی سی دیسک می باشد)

۳-۱-۳- pH و اکسیژن محلول آب

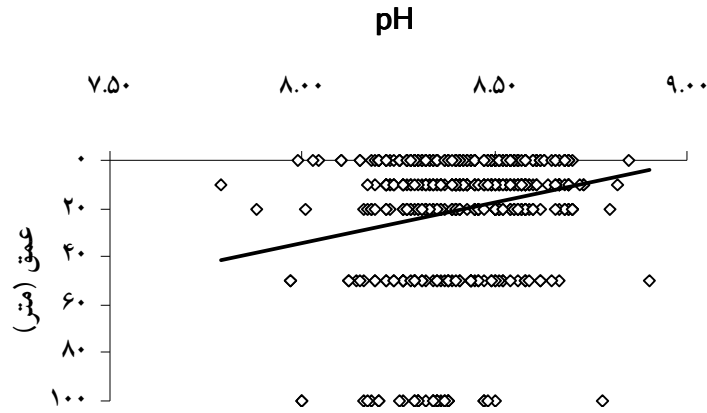
جدول ۶-۳ تغییرات pH آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر را نشان می دهد. همانطوری که این داده ها نشان می دهند حداکثر و حداقل pH در سطح و لایه های نوری و غیر نوری به ترتیب مربوط به فصل پاییز و بهار می باشد. آنالیز آماری NOVA نشان داد که میانگین pH آب در سطح، لایه نوری و غیر نوری اختلاف معنی داری دارند ($p < 0.05$) و بر اساس تست دانکن در دو گروه مختلف قرار گرفتند (جدول ۶-۳).

جدول ۶-۳: تغییرات pH آب در فصول مختلف در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
Mean±SE	a۸.۴۱±۰.۰۲	b۸.۵۶±۰.۰۱	a۸.۳۸±۰.۰۲	a۸.۳۷±۰.۰۲	pH لایه
Min.-Max.	۸.۰۳-۸.۸۵	۸.۲۹-۸.۷۰	۸.۱۰-۸.۶۸	۷.۹۹-۸.۶۱	سطحی
Mean±SE	a۸.۳۹±۰.۰۱	b۸.۵۷±۰.۰۱	a۸.۴۰±۰.۰۱	a۸.۳۹±۰.۰۱	pH لایه نوری
Min.-Max.	۷.۷۹-۸.۸۵	۷.۸۸-۸.۸۲	۸.۱۰-۸.۸۰	۷.۹۹-۸.۷۳	
Mean±SE	a۸.۳۴±۰.۰۲	b۸.۴۶±۰.۰۲	a۸.۳۲±۰.۰۵	a۸.۳۰±۰.۰۳	pH لایه غیر
Min.-Max.	۸.۱۵-۸.۵۱	۸.۲۵-۸.۶۷	۷.۹۷-۸.۹۰	۸.۱۲-۸.۵۲	نوری

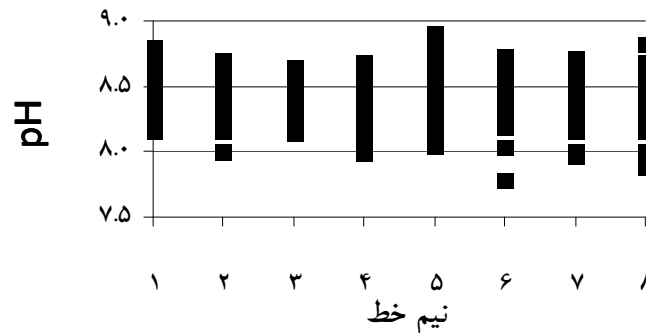
* حروف مربوط به مقایسه آماری در سطح ۵ درصد (آزمون دانکن)

نمودار ۳-۸ pH آب در اعماق سطح به عمق را در سال ۱۳۸۸ نشان می دهد. محدوده pH در حوزه جنوبی دریای خزر از ۷.۵ تا ۸.۵ متغیر می باشد. این نمودار نشان میدهد که روند pH از سطح به عمق با کاهش (شیب خط در نمودار) همراه بوده است.



نمودار ۳-۸: تغییرات pH آب در اعماق مختلف در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

نمودار ۳-۹ pH آب در نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸ نشان می دهد. نتایج نشان می دهد که بیشترین تغییرات pH در نیم خط ۸ در منطقه بندر ترکمن و کمترین تغییرات در نیم خط ۳ در منطقه رودخانه سفید رود مشاهده می گردد.



نمودار ۳-۹: تغییرات pH آب در نیم خط های مختلف در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

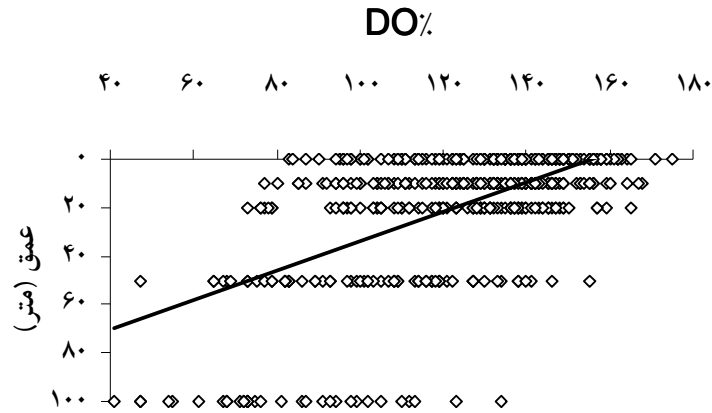
جدول ۷.۳ تغییرات اکسیژن محلول آب (DO) در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر را نشان می دهد. همانطوری که این داده ها نشان می دهند حداکثر و حداقل DO در سطح و لایه های نوری و غیر نوری به ترتیب مربوط به فصل زمستان و بهار می باشد. آنالیز آماری ANOVA نشان داد که میانگین DO آب در سطح، لایه نوری و غیر نوری اختلاف معنی داری دارند ($p < 0.05$) و بر اساس تست دانکن در چهار گروه مختلف قرار گرفتند (جدول ۷-۳).

جدول ۷-۳: تغییرات اکسیژن محلول (ml/l) آب در فصول مختلف در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	Mean±SE	لایه	DO
۵.۹۰±۰.۱۰	d۷.۵۴±۰.۱۰	c۶.۱۸±۰.۰۷	b۵.۲۷±۰.۰۷	a۴.۶۳±۰.۰۸	۳.۶۹-۵.۸۲	سطحی	Min.-Max.
۵.۷۶±۰.۰۶	d۷.۳۳±۰.۰۶	c۶.۰۵±۰.۰۵	b۴.۹۳±۰.۰۶	a۴.۷۱±۰.۰۶	۳.۶۹-۶.۲۷	لایه	DO
۴.۸۲±۰.۱۲	d۶.۳۶±۰.۱۷	c۵.۰۵±۰.۱۷	b۴.۲۳±۰.۱۲	a۳.۶۵±۰.۱۵	۲.۲۴-۵.۴۹	غیر نوری	Min.-Max.

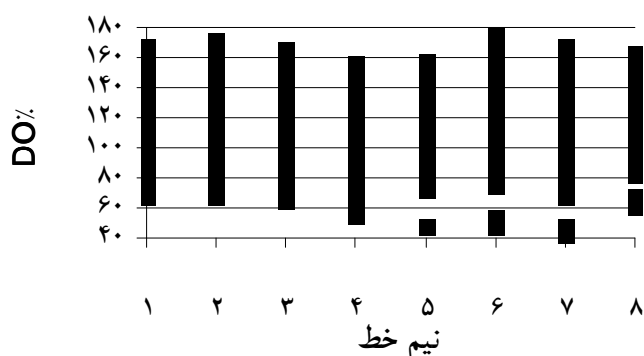
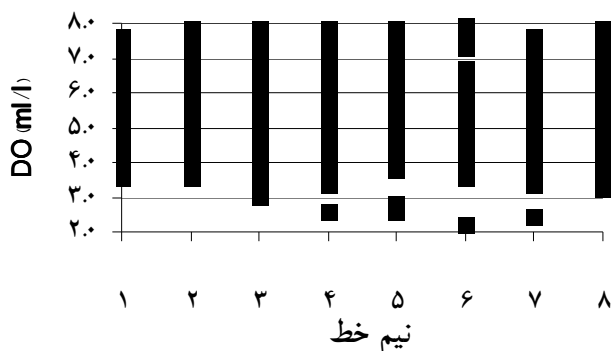
* حروف مربوط به مقایسه آماری در سطح ۵ درصد (آزمون دانکن)

نمودار ۱۰-۳ DO آب در اعماق سطح به عمق را در سال ۱۳۸۸ نشان می دهد. محدوده DO% در حوزه جنوبی دریای خزر از ۴۰ تا ۱۷۵ متغیر می باشد. این نمودار نشان میدهد که روند DO% و نیز اکسیژن محلول (DO) از سطح به عمق با کاهش (شیب خط در نمودار) همراه بوده است. حداقل درصد اشباعیت در اعماق مشاهده می گردد و حداکثر نیز در لایه نوری و سطح بوده است.



نمودار ۱۰-۳: تغییرات درصد اشباعیت اکسیژن محلول آب در اعماق مختلف در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

نمودار ۱۱-۳ تغییرات اکسیژن محلول و درصد اشباعیت آب در نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر را نشان می دهد. داده ها نشان می دهند میانگین DO در محدوده ۲ تا ۸ میلی لیتر بر لیتر متغیر بوده و حداکثر و حداقل آن در نیم خط بابلسر مشاهده گردید. این روند برای DO% نیز مشاهده گردیده است. آنالیز آماری ANOVA نشان داد که میانگین اکسیژن محلول و درصد اشباعیت در سطح، لایه نوری و غیر نوری اختلاف معنی داری نداشتند ($p > 0.05$).

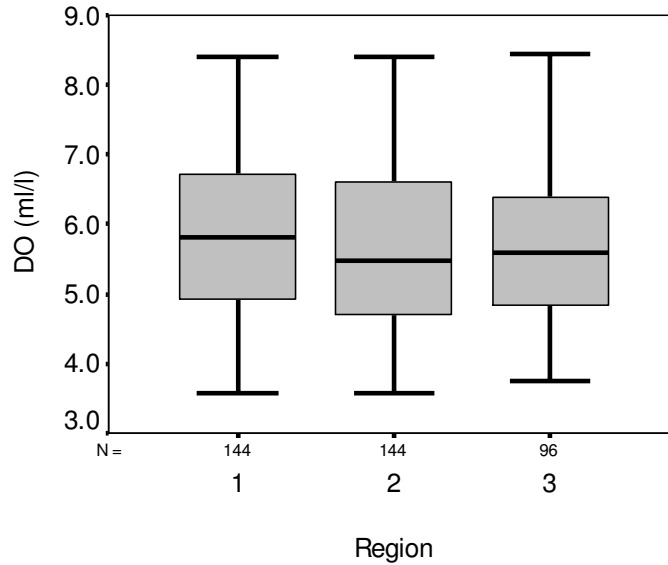


نمودار ۱۱-۳: تغییرات اکسیژن محلول و درصد اشباعیت اکسیژن محلول آب در نیم خط های مختلف در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

میانگین، حداقل و حداکثر DO در لایه نوری به همراه خطای استاندارد در نواحی سه گانه (غربی، مرکزی و شرقی) به ترتیب برابر 5.79 ± 0.09 ، $(3.58-8.40)$ ، 5.73 ± 0.11 و $(3.58-8.40)$ و 5.74 ± 0.12 (۳.۷۵-۸.۴۵) میلی لیتر بر لیتر بوده است. همچنین میانگین، حداقل و حداکثر DO% در لایه نوری به همراه خطای استاندارد در نواحی سه گانه (غربی، مرکزی و شرقی) به ترتیب برابر 128.0 ± 1.9 ، $(73-171)$ ، 129.7 ± 1.7 و $(79-175)$ و ± 1.7 ۱۳۱.۹ (۷۸-۱۶۷) درصد بوده است.

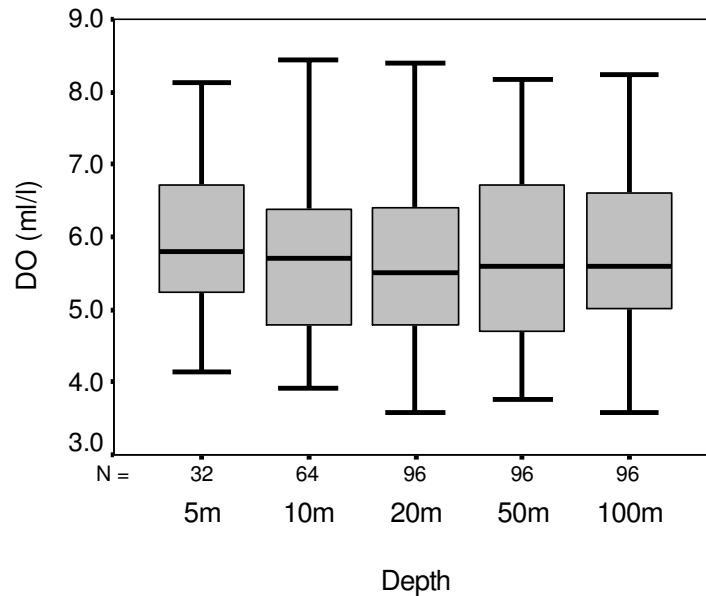
اکسیژن محلول لایه نوری در نواحی مختلف سال ۱۳۸۸ در منطقه جنوبی دریای خزر در نمودار جعبه‌ای ۱۱.۳ نشان داده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که میانه (Median) DO در سه ناحیه در محدوده ۵ تا ۶ می باشد و

همانند میانگین (Mean) تغییرات بارزی نداشت. با توجه به این تغییرات تست آماری آنالیز واریانس (AONVA) نشان داد که میانگین DO و DO% بین نواحی سه گانه اختلاف معنی داری نداشت ($p > 0.05$).



آب در نواحی مختلف سال ۱۳۸۸ در سواحل DO (ml/l) نمودار ۱۲-۳: نمودار جعبه ای ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر (اعداد ۱ تا ۳ بیانگر نواحی سه گانه است)

اکسیژن محلول لایه نوری در اعماق مختلف سال ۱۳۸۸ در منطقه جنوبی دریای خزر در نمودار جعبه ای ۱۳-۳ نشان داده شده است. این نمودار نشان میدهد که میانه (Median) DO در پنج عمق (۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) در محدوده ۵ تا ۷ می باشد و همانند میانگین (Mean) تغییرات بارزی را نشان نمی دهد. با توجه به این تغییرات تست آماری آنالیز واریانس (AONVA) نشان داد که میانگین DO و DO% بین پنج عمق اختلاف معنی داری را نشان نداده است ($p > 0.05$).



آب در اعماق مختلف در DO (ml/l) نمودار ۱۳-۳: نمودار جعبه ای
سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

۲-۳- مواد مغذی

تغییرات مواد مغذی نیتروژنی در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در جدول ۸.۳ نشان داده شده است. حداقل و حداکثر غلظت ازت آمونیمی در لایه نوری به ترتیب مربوط به فصول بهار و پاییز می باشد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت ازت آمونیمی بین فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس تست دانکن فصول بهار و زمستان در یک گروه و تابستان و پاییز در گروه دیگر قرار گرفتند. میانگین غلظت ازت آمونیمی در هشت نیم خط به ترتیب برابر 3.31 ± 0.25 ، 2.24 ± 0.28 ، 2.57 ± 0.17 ، 2.13 ± 0.27 ، 3.11 ± 0.29 ، 3.56 ± 0.27 ، 4.00 ± 0.30 و 4.47 ± 0.38 میکرومولار بوده است همچنین میانگین غلظت ازت آمونیمی بین نیم خط های مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس تست دانکن به پنج گروه مختلف قرار گرفتند. میانگین غلظت ازت آمونیمی در پنج عمق (۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) به ترتیب برابر 3.81 ± 0.42 ، 3.46 ± 0.26 ، 2.93 ± 0.19 ، 3.18 ± 0.22 و 3.01 ± 0.19 میکرومولار ثبت گردید اما میانگین ها بین اعماق مختلف معنی دار نبوده است ($p > 0.05$). میانگین غلظت ازت آمونیمی در سه ناحیه غربی، مرکزی و شرقی به ترتیب برابر

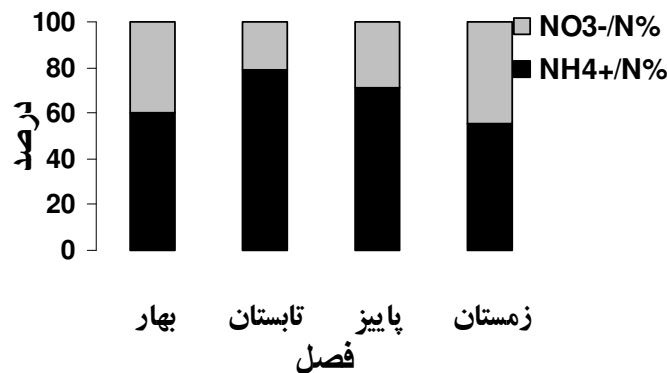
۰.۱۴±۰.۷۱، ۰.۱۶±۰.۹۳ و ۰.۲۴±۰.۲۳ میکرومولار متغیر بوده است و در ضمن میانگین ازت آمونیمی بین نواحی مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ($p < 0.05$) و آزمون دانکن این نواحی را به دو گروه غربی-مرکزی و شرقی تقسیم بندی کرده است.

حداکثر غلظت ازت نیترونی در لایه نوری به ترتیب مربوط به فصل زمستان می باشد (جدول ۸-۳). نتایج نشان داد که میانگین غلظت ازت نیترونی بین فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن فصول دو گروه بهار- پاییز- تابستان و زمستان قرار گرفتند. میانگین غلظت ازت نیترونی در فصول مختلف به ترتیب برابر ۰.۰۷±۰.۰۱، ۰.۰۷±۰.۰۱، ۰.۰۷±۰.۰۱ و ۰.۱۲±۰.۰۱ میکرومولار بوده است همچنین میانگین ازت نیترونی در نیم خط ها، اعماق و نواحی مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$). در ضمن میانگین ازت نیترونی در لایه نوری و غیر نوری متفاوت نبوده است.

حداقل و حداکثر غلظت ازت نیترونی در لایه نوری به ترتیب مربوط به فصول تابستان و زمستان می باشد (جدول ۸-۳). نتایج نشان داد که میانگین غلظت ازت نیترونی بین فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$). بر اساس تست دانکن فصول سه گروه بهار- پاییز، تابستان و زمستان قرار گرفتند. میانگین غلظت ازت نیترونی در هشت نیم خط به ترتیب برابر ۰.۱۷±۰.۳۴، ۰.۱۷±۰.۵۷، ۰.۱۷±۰.۲۷، ۰.۲۹±۰.۰۱، ۰.۱۵±۰.۴۷، ۰.۲۴±۰.۰۶، ۰.۱۱±۰.۳۸ و ۰.۰۹±۰.۳۲ میکرومولار بوده است همچنین میانگین غلظت ازت نیترونی بین نیم خط های مختلف معنی دار نبوده است ($p > 0.05$). میانگین غلظت ازت نیترونی در پنج عمق (۱۰، ۵، ۵، ۲۰ و ۱۰۰ متر) به ترتیب برابر ۰.۲۴±۰.۱۸۶، ۰.۱۷±۰.۶۵، ۰.۱۳±۰.۴۹، ۰.۱۴±۰.۵۶ و ۰.۱۲±۰.۴۴ میکرومولار مشاهده گردید اما میانگین ها بین اعماق مختلف معنی دار نبوده است ($p > 0.05$). میانگین غلظت ازت نیترونی در سه ناحیه غربی، مرکزی و شرقی به ترتیب برابر ۰.۱۰±۰.۳۹، ۰.۱۴±۰.۸۴ و ۰.۰۷±۰.۳۵ میکرومولار متغیر بوده است و در ضمن میانگین ازت نیترونی بین نواحی مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ($p < 0.05$) و آزمون دانکن این نواحی را به دو گروه غربی و مرکزی تقسیم بندی کرده است و شرقی در هر دو گروه مشترک بوده است.

حداقل و حداکثر غلظت ازت معدنی (DIN) در لایه نوری به ترتیب مربوط به فصول بهار و پاییز می باشد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت DIN بین فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن سه گروه بهار، پاییز و تابستان- زمستان قرار گرفتند (جدول ۸-۳). میانگین غلظت DIN در هشت نیم خط به ترتیب برابر

۵۸۷±۰.۴۰ و ۵.۴۶±۰.۲۸، ۵.۶۹ ±۰.۲۸، ۴.۵۶±۰.۳۴، ۴.۲۰±۰.۵۲، ۳.۹۴±۰.۲۲، ۳.۹۰±۰.۴۰، ۴.۷۴±۰.۳۴ میکرومولار بوده است همچنین میانگین غلظت DIN بین نیم خط های مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در سه گروه مختلف قرار گرفتند. میانگین غلظت DIN در پنج عمق (۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) به ترتیب برابر ۴.۵۳±۰.۲۵ و ۴.۸۱±۰.۲۸، ۴.۵۰±۰.۲۵، ۵.۱۹±۰.۳۲، ۵.۷۷±۰.۴۷ و ۴.۵۳±۰.۲۵ میکرومولار مشاهده گردید و میانگین ها بین اعماق مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در دو گروه مختلف قرار گرفتند. میانگین غلظت DIN در سه ناحیه غربی، مرکزی و شرقی به ترتیب برابر ۴.۸۵±۰.۲۳، ۴.۱۹±۰.۱۹ و ۵.۶۶±۰.۲۴ میکرومولار متغیر بوده است و در ضمن میانگین DIN بین نواحی مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ($p < 0.05$) و آزمون دانکن این نواحی را به دو گروه غربی- مرکزی و شرقی تقسیم بندی کرده است. نمودار ۱۴-۳ درصد یون ازت آمونیمی و ازت نیتراتی نسبت به ازت معدنی در فصول مختلف نشان می دهد. این نمودار نشان می دهد که درصد ازت آمونیمی در تمام فصول بیش از درصد ازت نیتراتی می باشد. در فصل تابستان درصد ازت نیتراتی حداقل می باشد و در زمستان به حداکثر میرسد و این افزایش تا بهار ادامه دارد.

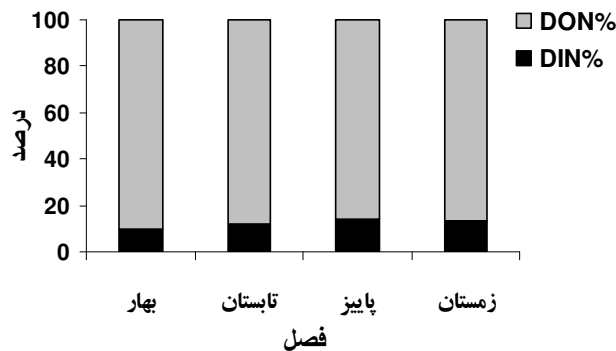


نمودار ۱۴-۳: درصد ازت نیتراتی و ازت آمونیمی در فصول مختلف بر اساس غلظت ازت معدنی در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

حداقل غلظت ازت آلی (DON) در لایه نوری مربوط به فصول زمستان و حداکثر آن در سه فصل دیگر مشاهده گردید. نتایج نشان داد که میانگین غلظت DON بین فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن دو گروه بهار-پاییز-تابستان و زمستان قرار گرفتند (جدول ۸-۳).

میانگین غلظت DON در هشت نیم خط به ترتیب برابر ۳۲.۱ ± ۱.۶ ، ۳۲.۰ ± ۲.۰ ، ۴۲.۰ ± ۱.۶ ، ۲۴.۸ ± ۱.۳ ، ۱۷.۶ ± ۲.۱ ، ۳۲.۰ ± ۲.۱ ، ۳۰.۰ ± ۱.۲۵ و ۲۶.۰ ± ۱.۷ میکرومولار بوده است همچنین میانگین غلظت DON بین نیم خط های مختلف معنی دار بوده است ($p < ۰.۰۵$) و بر اساس آزمون دانکن در چهار گروه مختلف قرار گرفتند. میانگین غلظت DON در پنج عمق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر به ترتیب برابر ۳۰.۵ ± ۲.۵ ، ۲۸.۵۳ ± ۱.۶ ، ۲۹.۱ ± ۱.۳ ، ۲۹.۱ ± ۱.۳ و ۳۰.۲ ± ۱.۵ میکرومولار مشاهده گردید اما میانگین ها بین اعماق مختلف معنی دار نبوده است ($p > ۰.۰۵$). میانگین غلظت DON در سه ناحیه غربی، مرکزی و شرقی به ترتیب برابر ۳۳.۰ ± ۱.۱ ، ۲۶.۶ ± ۱.۱ و ۲۶.۶ ± ۱.۱ میکرومولار متغیر بوده است و در ضمن میانگین DON بین نواحی مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ($p < ۰.۰۵$) و آزمون دانکن این نواحی را به دو گروه غربی و مرکزی - شرقی تقسیم بندی کرده است.

نمودار ۱۵-۳ درصد ازت معدنی و آلی نسبت به ازت کل در فصول مختلف را نشان می دهد. این نمودار نشان می دهد که درصد ازت آلی (۹۰-۸۷ درصد) در تمام فصول بیش از درصد ازت معدنی (۱۴-۱۰ درصد) می باشد. در فصل بهار درصد ازت معدنی حداقل می باشد و در پاییز به حداکثر میرسد. حداقل و حداکثر ازت آلی عکس حالت ازت معدنی می باشد.



نمودار ۱۵-۳: درصد ازت معدنی و آلی در فصول مختلف بر اساس غلظت ازت کل در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

حداقل غلظت ازت کل (TN) در لایه نوری مربوط به فصول زمستان و حداکثر آن در سه فصل دیگر مشاهده گردید. نتایج نشان داد که میانگین غلظت TN بین فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < ۰.۰۵$) و بر اساس آزمون دانکن دو گروه بهار - زمستان و تابستان - پاییز قرار گرفتند (جدول ۸-۳). میانگین غلظت TN در هشت نیم خط به ترتیب برابر ۳۳.۰ ± ۱.۴ ، ۳۱.۵ ± ۱.۸ ، ۳۵.۷ ± ۱.۳ ، ۳۶.۳ ± ۲.۱ ، ۲۰.۲ ± ۱.۱ ، ۲۸.۷ ± ۱.۶ ، ۴۵.۹ ± ۲.۰ ، ۳۶.۸ ± ۱.۶ میکرومولار بوده است

همچنین میانگین غلظت TN بین نیم خط های مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در پنج گروه مختلف قرار گرفتند. میانگین غلظت TN در پنج عمق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر به ترتیب برابر 33.4 ± 1.8 ، 36.0 ± 2.7 ، 31.8 ± 1.1 و 34.9 ± 1.5 میکرومولار مشاهده گردید اما میانگین ها بین اعماق مختلف معنی دار نبوده است ($p > 0.05$). میانگین غلظت TN در سه ناحیه غربی، مرکزی و شرقی به ترتیب برابر 31.1 ± 1.1 ، 37.2 ± 3.0 و 32.2 ± 1.2 میکرومولار متغیر بوده است و در ضمن میانگین TN بین نواحی مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ($p < 0.05$) و آزمون دانکن این نواحی را به دو گروه غربی و مرکزی - شرقی تقسیم بندی کرده است.

جدول ۸-۳: تغییرات میانگین به همراه خطای استاندارد (S.E) و دامنه مواد مغذی نیتروژنی در فصول مختلف در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

پارامترها	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
ازت آمونیمی لایه نوری	Mean±SE ۲۱.۱۹±۰.۱۶	Mean±SE ۳۳.۷۴±۰.۲۰	Mean±SE ۲۴.۱۱±۰.۲۳	Mean±SE ۲۲.۵۶±۰.۲۰	Mean±SE ۳۱.۱۷±۰.۱۱
Min.-Max. NH ₄ ⁺ /N (μM)	۰.۳۴-۷.۱۵	۰.۹۷-۷.۶۸	۰.۳۷-۱۰.۱۸	۰.۲۰-۷.۵۵	
ازت آمونیمی لایه غیر نوری	Mean±SE ۱۱.۴۸±۰.۱۲	Mean±SE ۳۳.۳۷±۰.۳۴	Mean±SE ۲۲.۷۰±۰.۴۴	Mean±SE ۳۳.۰۹±۰.۵۴	Mean±SE ۲۶.۶۶±۰.۲۱
Min.-Max. NH ₄ ⁺ /N (μM)	۰.۳۴-۳.۱۳	۰.۸۰-۶.۹۲	۰.۲۷-۹.۰۸	۰.۵۶-۹.۴۷	
ازت نیتروژنی لایه نوری	Mean±SE ۰.۰۷±۰.۰۱	Mean±SE ۰.۰۷±۰.۰۱	Mean±SE ۰.۰۷±۰.۰۱	Mean±SE ۰.۱۲±۰.۰۱	Mean±SE ۰.۰۸±۰.۰۰
Min.-Max. NO ₂ ⁻ /N (μM)	۰.۰۱-۰.۴۰	۰.۰۱-۰.۳۱	۰.۰۱-۰.۴۶	۰.۰۱-۰.۳۴	
ازت نیتروژنی لایه غیر نوری	Mean±SE ۰.۰۵±۰.۰۱	Mean±SE ۰.۰۸±۰.۰۱	Mean±SE ۰.۰۶±۰.۰۱	Mean±SE ۰.۱۳±۰.۰۲	Mean±SE ۰.۰۸±۰.۰۱
Min.-Max. NO ₂ ⁻ /N (μM)	۰.۰۲-۰.۱۶	۰.۰۲-۰.۲۶	۰.۰۲-۰.۲۶	۰.۰۲-۰.۲۸	
ازت نیتراتی لایه نوری	Mean±SE ۱۱.۴۶±۰.۰۹	Mean±SE ۱۱.۰۲±۰.۰۷	Mean±SE ۱۱.۶۶±۰.۱۷	Mean±SE ۱۲.۰۷±۰.۱۵	Mean±SE ۱۱.۵۵±۰.۰۷
Min.-Max. NO ₃ ⁻ /N(μM)	۰.۰۰-۴.۵۶	۰.۰۰-۳.۲۹	۰.۰۰-۶.۸۲	۰.۱۹-۶.۳۲	
ازت نیتراتی لایه غیر نوری	Mean±SE ۱۱.۵۵±۰.۲۶	Mean±SE ۱۱.۰۴±۰.۱۵	Mean±SE ۱۱.۷۹±۰.۳۲	Mean±SE ۱۱.۸۳±۰.۲۰	Mean±SE ۱۱.۵۵±۰.۱۲
Min.-Max. NO ₃ ⁻ /N(μM)	۰.۲۸-۴.۵۱	۰.۳۲-۳.۱۷	۰.۲۹-۵.۸۷	۰.۵۴-۴.۲۷	
ازت معدنی لایه نوری	Mean±SE ۳۳.۷۲±۰.۲۰	Mean±SE ۳۴.۸۳±۰.۲۲	Mean±SE ۳۵.۸۳±۰.۱۷	Mean±SE ۳۴.۸۴±۰.۲۶	Mean±SE ۳۴.۸۱±۰.۱۳
Min.-Max. DIN(μM)	۰.۶۸-۹.۷۸	۱.۲۵-۱۰.۵۵	۱.۰۹-۱۳.۷۷	۰.۹۷-۱۲.۵۶	
ازت معدنی لایه غیر نوری	Mean±SE ۳۳.۰۸±۰.۳۰	Mean±SE ۳۴.۴۹±۰.۴۰	Mean±SE ۳۴.۵۵±۰.۵۷	Mean±SE ۳۵.۰۴±۰.۶۰	Mean±SE ۳۴.۲۹±۰.۲۵
Min.-Max. DIN(μM)	۰.۸۸-۶.۶۵	۱.۷۵-۷.۶۶	۱.۳۳-۹.۷۹	۱.۳۲-۱۱.۱۴	
ازت آلی لایه نوری	Mean±SE ۳۳.۰۱±۱.۵	Mean±SE ۳۳.۰۲±۱.۱	Mean±SE ۳۳.۰۶±۱.۷	Mean±SE ۳۲.۵۰±۰.۷	Mean±SE ۳۲.۹۰±۰.۷
Min.-Max. DON(μM)	۷.۶-۵۸.۹	۹.۶-۵۸.۰	۰.۹-۶۸.۷	۱۱.۰-۴۲.۰	
ازت آلی لایه غیر نوری	Mean±SE ۲۸.۳±۲.۸	Mean±SE ۲۹.۷±۲.۵	Mean±SE ۲۷.۴±۳.۱	Mean±SE ۲۴.۰±۱.۲	Mean±SE ۲۷.۰±۱.۳
Min.-Max. DON(μM)	۱۲.۰-۶۰.۰	۱۱.۷۶-۵۲.۴۰	۱.۰-۶۳.۰	۱۴.۰-۳۵.۹	
ازت کل لایه نوری	Mean±SE ۳۳.۳۸±۱.۵	Mean±SE ۳۳.۵۱±۱.۲	Mean±SE ۳۳.۵۶±۱.۷	Mean±SE ۳۳.۰±۰.۷	Mean±SE ۳۳.۶±۰.۷
Min.-Max. -TN (μM)	۹.۶-۶۲.۸	۱۶.۵-۶۴.۶	۵.۰-۸۱.۰	۱۸.۰-۴۵.۰	
ازت کل لایه غیر نوری	Mean±SE ۳۱.۴±۲.۷	Mean±SE ۳۴.۳۷±۲.۶	Mean±SE ۳۲.۰±۳.۱	Mean±SE ۲۹.۰±۱.۲	Mean±SE ۳۱.۷±۱.۳
Min.-Max. TN (μM)	۱۵.۰-۶۱.۰	۱۵.۰-۵۷.۰	۸.۰-۶۹.۰	۱۸.۰-۴۰.۰	

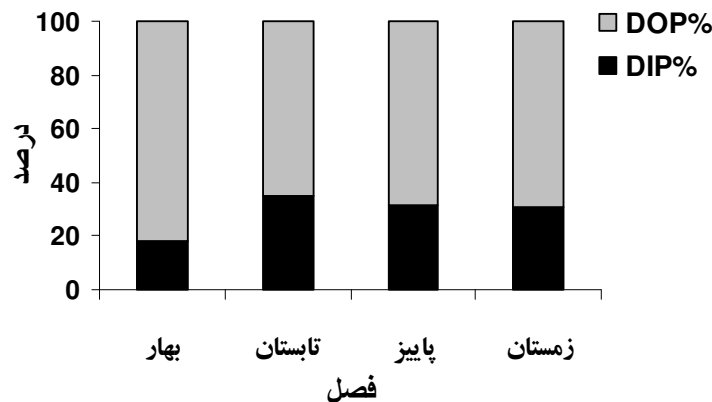
حداقل غلظت فسفر معدنی (DIP) در لایه نوری مربوط به فصول بهار و حداکثر آن در تابستان مشاهده گردید. نتایج نشان داد که میانگین غلظت DIP بین فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در سه گروه بهار- زمستان، تابستان و پاییز قرار گرفتند (جدول ۹-۳).

میانگین غلظت DIP در هشت نیم خط به ترتیب برابر 0.19 ± 0.01 ، 0.24 ± 0.02 ، 0.27 ± 0.02 ، 0.25 ± 0.01 ، 0.23 ± 0.02 ، 0.21 ± 0.01 ، 0.26 ± 0.02 و 0.25 ± 0.01 میکرومولار بوده است همچنین میانگین غلظت DIP بین نیم خط های مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در دو گروه مختلف قرار گرفتند. میانگین غلظت DIP در پنج عمق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر به ترتیب برابر 0.25 ± 0.01 ، 0.27 ± 0.02 ، 0.22 ± 0.01 و 0.24 ± 0.01 میکرومولار مشاهده گردید اما میانگین ها بین اعماق مختلف معنی دار نبوده است ($p > 0.05$). میانگین غلظت DIP در سه ناحیه غربی، مرکزی و شرقی به ترتیب برابر 0.26 ± 0.01 ، 0.21 ± 0.01 و 0.25 ± 0.01 میکرومولار متغیر بوده است و در ضمن میانگین DIP بین نواحی مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ($p < 0.05$). آزمون دانکن این نواحی را به دو گروه غربی - شرقی و مرکزی تقسیم بندی کرده است.

حداقل غلظت فسفر آلی (DOP) در لایه نوری مربوط به فصول زمستان و حداکثر آن در بهار مشاهده گردید. نتایج نشان داد که میانگین غلظت DOP بین فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس تست دانکن سه گروه بهار، پاییز- تابستان، و زمستان قرار گرفتند (جدول ۹-۳).

میانگین غلظت DOP در هشت نیم خط به ترتیب برابر 0.60 ± 0.03 ، 0.61 ± 0.04 ، 0.55 ± 0.04 ، 0.58 ± 0.03 ، 0.86 ± 0.10 ، 0.53 ± 0.03 ، 0.63 ± 0.04 و 0.54 ± 0.04 میکرومولار بوده است همچنین میانگین غلظت DOP بین نیم خط های مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در دو گروه مختلف قرار گرفتند. میانگین غلظت DOP در پنج عمق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر به ترتیب برابر 0.61 ± 0.03 ، 0.68 ± 0.06 ، 0.57 ± 0.03 ، 0.63 ± 0.04 و 0.63 ± 0.04 میکرومولار مشاهده گردید اما میانگین ها بین اعماق مختلف معنی دار نبوده است ($p > 0.05$). میانگین غلظت DOP در سه ناحیه غربی، مرکزی و شرقی به ترتیب برابر 0.60 ± 0.03 ، 0.66 ± 0.04 ، 0.58 ± 0.02 میکرومولار متغیر بوده است و در ضمن میانگین DOP بین نواحی مختلف اختلاف معنی داری را نشان نداد ($p > 0.05$).

نمودار ۱۶-۳ درصد فسفر معدنی و آلی نسبت به فسفر کل در فصول مختلف را نشان می دهد. این نمودار نشان می دهد که درصد فسفر آلی (۶۵-۸۲ درصد) در تمام فصول بیش از درصد فسفر معدنی (۱۸-۳۵ درصد) می باشد. در فصل بهار درصد فسفر معدنی حداقل می باشد و در تابستان به حداکثر میرسد. حداقل و حداکثر فسفر آلی عکس روند فسفر معدنی میباشد.



نمودار ۱۶-۳: درصد فسفر معدنی و آلی در فصول مختلف بر اساس غلظت فسفر کل در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

تغییرات فسفر کل (TP) تابع فسفر آلی می باشد بطوریکه حداقل غلظت TP در لایه نوری مربوط به فصول زمستان و حداکثر آن در بهار مشاهده گردید. نتایج نشان داد که میانگین غلظت TP بین فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن سه گروه بهار، پاییز-تابستان، و زمستان قرار گرفتند (جدول ۹-۳). میانگین غلظت TP در هشت نیم خط به ترتیب برابر 0.84 ± 0.03 ، 0.81 ± 0.04 ، 0.86 ± 0.04 ، 0.78 ± 0.03 ، 1.09 ± 0.09 ، 0.74 ± 0.03 ، 0.89 ± 0.04 و 0.83 ± 0.04 میکرومولار بوده است همچنین میانگین غلظت TP بین نیم خط های مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در سه گروه مختلف قرار گرفتند. میانگین غلظت TP در پنج عمق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر به ترتیب برابر 0.95 ± 0.06 ، 0.87 ± 0.03 ، 0.79 ± 0.03 ، 0.85 ± 0.03 و 0.88 ± 0.04 میکرومولار مشاهده گردید اما میانگین ها بین اعماق مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در دو گروه قرار گرفتند. میانگین غلظت TP در سه ناحیه غربی، مرکزی و

شرقی به ترتیب برابر 0.84 ± 0.02 ، 0.87 ± 0.04 و 0.86 ± 0.03 میکرومولار متغیر بوده است و در ضمن میانگین TP بین نواحی مختلف اختلاف معنی داری را نشان نداد ($p > 0.05$).

حداقل غلظت سیلیس محلول (DSi) در لایه نوری مربوط به فصول بهار و پاییز و حداکثر آن در فصول تابستان و زمستان مشاهده گردید. نتایج نشان داد که میانگین غلظت DSi بین فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن دو گروه بهار- پاییز و تابستان - زمستان قرار گرفتند (جدول ۹-۳).

میانگین غلظت DSi در هشت نیم خط به ترتیب برابر 7.66 ± 0.58 ، 12.74 ± 0.92 ، 7.96 ± 0.47 ، 9.79 ± 0.59 ، 7.12 ± 0.35 ، 6.59 ± 0.46 ، 6.23 ± 0.29 و 7.70 ± 0.43 میکرومولار بوده است همچنین میانگین غلظت DSi بین نیم خط های مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در چهار گروه مختلف قرار گرفتند. میانگین غلظت DSi در پنج عمق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر به ترتیب برابر 10.88 ± 0.91 ، 9.61 ± 0.61 ، 7.95 ± 0.42 ، 7.40 ± 0.37 و 7.51 ± 0.36 میکرومولار مشاهده گردید اما میانگین ها بین اعماق مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و تست دانکن این اعماق را دو گروه ساحلی و دور از ساحل تقسیم کرده است. میانگین غلظت DSi در سه ناحیه غربی، مرکزی و شرقی به ترتیب برابر 9.45 ± 0.44 ، 7.83 ± 0.30 و 6.96 ± 0.27 میکرومولار متغیر بوده است و در ضمن میانگین DSi بین نواحی مختلف اختلاف معنی داری را نشان داد ($p < 0.05$) و آزمون دانکن این نواحی را به دو گروه غربی و مرکزی- شرقی تقسیم بندی کرده است.

جدول ۹-۳: تغییرات میانگین به همراه خطای استاندارد (S.E) و دامنه مواد مغذی فسفر و سیلیس و نسبت های آنها در فصول مختلف در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

پارامترها	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
فسفر معدنی لایه نوری	Mean±SE	a ۰.۱۹±۰.۰۱	b ۰.۲۹±۰.۰۱	c ۰.۲۵±۰.۰۱	a ۰.۲۴±۰.۰۱
DIP (μM)	Min.-Max.	۰.۰۹-۰.۵۷	۰.۱۵-۰.۶۳	۰.۰۵-۰.۶۳	۰.۰۵-۰.۷۰
فسفر معدنی لایه غیر نوری	Mean±SE	۰.۱۹±۰.۰۲	۰.۲۵±۰.۰۲	۰.۲۷±۰.۰۳	۰.۲۳±۰.۰۱
DIP(μM)	Min.-Max.	۰.۰۹-۰.۴۱	۰.۱۵-۰.۴۲	۰.۰۹-۰.۴۷	۰.۱۰-۰.۴۲
فسفر آلی لایه نوری	Mean±SE	a ۰.۸۶±۰.۰۵	bc ۰.۵۴±۰.۰۲	b ۰.۵۴±۰.۰۲	c ۰.۴۹±۰.۰۲
DOP(μM)	Min.-Max.	۰.۱۴-۲.۴۱	۰.۲۷-۱.۲۳	۰.۲۱-۱.۳۱	۰.۰۶-۱.۰۱
فسفر آلی لایه غیر نوری	Mean±SE	۰.۹۰±۰.۱۲	۰.۵۹±۰.۰۵	۰.۵۹±۰.۰۴	۰.۵۵±۰.۰۴
DOP(μM)	Min.-Max.	۰.۲۲-۲.۴۱	۰.۲۷-۱.۱۱	۰.۲۶-۱.۱۲	۰.۲۷-۱.۳۳
فسفر کل لایه نوری	Mean±SE	a ۱.۰۵±۰.۰۵	b ۰.۸۳±۰.۰۲	b ۰.۸۳±۰.۰۲	c ۰.۷۱±۰.۰۲
TP (μM)	Min.-Max.	۰.۴۲-۲.۶۷	۰.۴۶-۱.۴۳	۰.۳۹-۱.۵۵	۰.۴۱-۱.۵۰
فسفر کل لایه غیر نوری	Mean±SE	۱.۰۹±۰.۱۲	۰.۸۵±۰.۰۵	۰.۸۶±۰.۰۴	۰.۷۷±۰.۰۵
TP (μM)	Min.-Max.	۰.۴۴-۲.۵۷	۰.۶۰-۱.۲۹	۰.۶۰-۱.۲۴	۰.۴۴-۱.۷۴
سیلیس محلول لایه نوری	Mean±SE	av ۱.۱۱±۰.۳۷	b ۹.۲۲±۰.۵۳	av ۷.۴۰±۰.۳۷	b ۹.۱۶±۰.۴۰
DSi(μM)	Min.-Max.	۲.۷۰-۱۹.۳۰	۳.۸۰-۲۲.۹۰	۲.۸۰-۲۲.۱۰	۳.۱۰-۱۸.۹۰
سیلیس محلول لایه غیر نوری	Mean±SE	۱۰.۶۹±۰.۹۷	۱۰.۶۸±۱.۲۳	۱۱.۱۳±۱.۲۲	۸.۸۵±۰.۸۱
DSi(μM)	Min.-Max.	۴.۲۰-۱۸.۲۰	۴.۰۰-۲۲.۵۰	۳.۷۰-۲۲.۲۰	۲.۵۰-۱۹.۶۰
نسبت ازت به فسفر لایه نوری	Mean±SE	a ۲۳.۰±۱.۵	a ۱۹.۱±۱.۲	a ۳۵.۴±۴.۰	b ۲۸.۲±۲.۴
DIN/DIP	Min.-Max.	۳.۲-۷۸.۸	۳.۲-۶۳.۴	۳.۹-۱۷۹.۵	۳.۱-۱۲۹.۰
نسبت ازت به فسفر لایه غیر نوری	Mean±SE	۲۰.۱±۳.۱	۱۹.۷±۲.۱	۲۳.۹±۵.۸	۲۷.۰±۳.۸
DIN/DIP	Min.-Max.	۴.۸۰-۶۵.۰	۵.۵-۴۲.۰	۵.۰-۱۰۷.۰	۵.۵-۷۱.۸
نسبت سیلیس به ازت لایه نوری	Mean±SE	a ۱.۵۴±۰.۰۴	b ۱.۴۱±۰.۰۵	a ۱.۰۳±۰.۰۷	a ۱.۵۹±۰.۰۵
DSi/ DIN	Min.-Max.	۰.۴۸-۱۰.۰۰	۰.۴۴-۱۰.۰۰	۰.۳۴-۱۰.۰۰	۰.۴۲-۱۰.۰۰
نسبت سیلیس به ازت لایه غیر نوری	Mean±SE	۲.۵۶±۰.۰۵	۱.۵۹±۰.۰۹	۱.۸۹±۰.۱۰	۱.۴۳±۰.۱۳
DSi/ DIN	Min.-Max.	۰.۹۰-۱۰.۱۰	۰.۶۳-۱۰.۰۰	۰.۵۳-۱۰.۹۰	۰.۲۹-۱۰.۴۰
نسبت سیلیس به فسفر لایه نوری	Mean±SE	۴۱.۲±۲.۲	۳۴.۵±۲.۲	۳۷.۳±۲.۷	۵۰.۰±۲.۷
DSi/DIP	Min.-Max.	۶.۵-۱۰۷.۰	۹.۲-۱۱۴.۰	۸.۹-۱۴۲.۴	۹.۷-۱۵۳.۲
نسبت سیلیس به فسفر لایه غیر نوری	Mean±SE	۶۴.۷±۷.۰	۴۳.۵±۵.۹	۵۳.۰±۸.۹	۴۸.۷±۰.۱۳
DSi/DIP	Min.-Max.	۳۰.۵-۱۵۳.۰	۱۸.۰-۱۴۷.۰	۱۰.۰-۱۸۵.۰	۱۱.۰-۱۴۵.۰

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) و تست Wilks' Lambda بر اساس متغیرهای فیزیکی-شیمیایی

به همراه مواد مغذی آب در فصول مختلف در جداول ۱۰-۳ و ۱۱-۳ نشان داده شده است.

در آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده باید مقدار ویژه (Eigenvalue) بالا، واریانس بیش از ۵٪، مجموع واریانس ها بیش از ۷۵٪ و ضریب همبستگی نیز بایستی بیش از ۰.۶ باشد. نتایج جدول ۱۰-۳ نشان می دهد که همه موارد مذکور جهت انجام تست CDFA مهیا می باشد.

جدول ۱۰-۳: آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده، مقدار ویژه، واریانس و همبستگی متغیر های فیزیکی-شیمیایی و مواد مغذی در لایه نوری در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

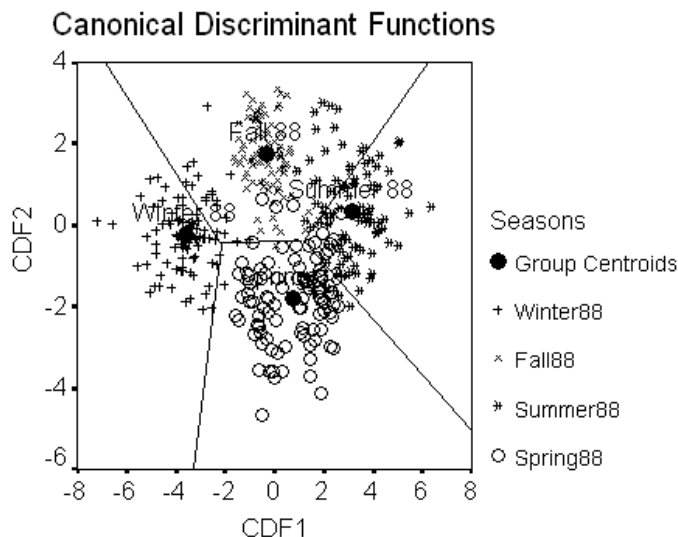
Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	5.984(a)	72.9	72.9	0.926
2	1.663(a)	20.3	93.2	0.790
3	.558(a)	6.8	100.0	0.598

در جدول ۱۱-۳ تست Wilks' Lambda در CDFA را نشان می دهد. این تست تغییر پذیری (variability) بین متغیر مستقل (فصول) را نسبت به تغییر پذیری درون فصلی را نشان می دهد و هر قدر مقیاس Wilks' Lambda به صفر نزدیک باشد نشان دهنده بیشتر بودن تغییر پذیری بین فصول بر درون فصول است. نتایج این جدول نشان می دهد که سه تابع بوجود آمده به طور معنی داری از هم تفکیک شده اند.

جدول ۱۱-۳: آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده و تست Wilks' Lambda مربوط به متغیرهای فیزیکی-شیمیایی و مواد مغذی در لایه نوری در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1 through 3	0.035	1244.027	33	0.000
2 through 3	0.241	525.839	20	0.000
3	0.642	163.864	9	0.000

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده نشان میدهد که بر اساس متغیرهای فیزیکی-شیمیایی و مواد مغذی آب، به چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان بدون همپوشانی تفکیک شده است (نمودار ۱۷-۳). این نمودار نشان می دهد که اولین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF1، خط عمودی) با واریانس ۷۳٪ فصول بهار و تابستان را با پاییز و زمستان جدا می کند و دومین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF2، خط افقی) با واریانس ۲۰٪ بهار و زمستان را با فصول تابستان و پاییز تفکیک می کند.



نمودار ۱۷-۳: نقشه منطقه ای (Territorial map) توابع متعارف تفکیک کننده فصول مختلف بر اساس پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و مواد مغذی لایه نوری در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) و تست Wilks' Lambda بر اساس پارامترهای مواد مغذی آب در فصول مختلف در جداول ۱۲-۳ و ۱۳-۳ نشان داده شده است.

جدول ۱۲-۳: آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده، مقدار ویژه، واریانس و همبستگی پارامترهای مواد مغذی در لایه نوری در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

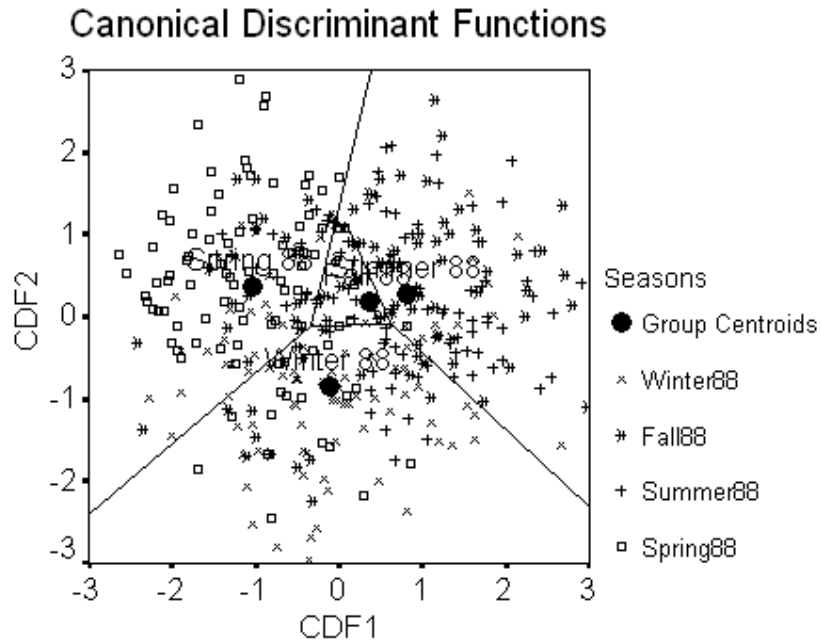
Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	0.480(a)	63.0	63.0	0.570
2	0.241(a)	31.7	94.7	0.441
3	0.040(a)	5.3	100.0	0.197

جدول ۱۳-۳: آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده و تست Wilks' Lambda مربوط به پارامترهای مواد مغذی در لایه نوری در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1 through 3	0.523	242.699	21	0.000
2 through 3	0.774	95.804	12	0.000
3	0.961	14.867	5	0.011

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) نشان میدهد که بر اساس پارامترهای مواد مغذی آب فصول مختلف به چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان تفکیک شده است (نمودار ۱۸-۳). این نمودار نشان

می دهد که اولین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF1، خط عمودی) با واریانس ۶۳٪ فصول بهار و زمستان را با تابستان و پاییز جدا می کند و دومین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF2، خط افقی) با واریانس ۳۱٪ زمستان را با دیگر فصول تفکیک می کند.



نمودار ۱۸-۳: نقشه منطقه ای (Territorial map) توابع متعارف تفکیک کننده فصول مختلف بر اساس پارامترهای مواد مغذی لایه نوری در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

۴- بحث و نتیجه گیری

منطقه جنوبی دریای خزر با اقلیم نیمه استوایی- مرطوب (Wet-subtropical) دارای چهار فصل می باشد که تابستانی گرم و مرطوب و زمستانی ملایم و نمناک دارد (Zaker, 2007; Kosarev and Mamedov *et al.*, 1998). با در نظر گرفتن این اقلیم، در مطالعه حاضر با توجه به تغییرات دمایی و معنی دار بودن میانگین ها ($P < 0.05$) در لایه سطحی این منطقه دارای چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان می باشد. همچنین طبق آنالیز آماری چند متغیره (Multivariate) توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) بر اساس پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و مواد مغذی آب چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان بدون همپوشانی تفکیک گردید. در این آنالیز پارامتر دما نقش مهمی در تفکیک کردن فصول داشته اند.

میانگین دما در نواحی به دو زیر گروه غربی و مرکزی- شرقی تقسیم گردیدند زیرا ناحیه غربی تحت تاثیر اقلیم معتدله-گرم منطقه غربی دریای خزر قرار گرفته و همچنین توده آبهای سرد شمالی از طریق جریانات آنتی سیکلون بر آن ناحیه اثر دارند. شایان ذکر است که میانگین دما از ساحل (۵ متر) به دور از ساحل (۱۰۰ متر) یکسان بود و اختلاف معنی داری مشاهده نگردید.

مقایسه میانگین دمای سطحی در سال های ۱۳۷۵ (19.9 ± 0.45) و ۸۴-۱۳۸۳ (19.3 ± 0.26) در اعماق مشابه ۱۰ تا ۱۰۰ متر (Nasrollahzadeh, 2008) با تحقیق حاضر (18.67 ± 0.34) نشان می دهد که روند دمای آب کاهشی بوده است. همچنین مقایسه میانگین دمای سالهای ۱۳۸۷ (18.9 ± 0.44) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) و تحقیق حاضر (18.67 ± 0.32) در اعماق مشابه ۵ تا ۱۰۰ متر نشان می دهد که اختلاف معنی دار نیست ($p > 0.05$). از مقایسه میانگین دما لایه نوری در سال های ۱۳۷۵ (19.19 ± 0.26) و ۸۴-۱۳۸۳ (19.7 ± 0.26) متر) در اعماق مشابه ۱۰ تا ۱۰۰ متر (Nasrollahzadeh, 2008) با تحقیق حاضر (17.82 ± 0.34) نشان می دهد که روند دمای آب نیز کاهشی بوده است. همچنین مقایسه میانگین دمای سالهای ۱۳۸۷ (18.31 ± 0.44) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) و تحقیق حاضر (17.88 ± 0.32) در اعماق مشابه ۵ تا ۱۰۰ متر نشان می دهد که اختلاف معنی دار بوده است ($p < 0.05$).

فرآیند شکست دمایی (ترموکلاین) در دریای خزر در بهار شروع شده و در فصل تابستان کامل گردیده و سپس در فصل پاییز شروع به از بین رفتن کرده و در نهایت در فصل زمستان کاملاً از بین میرود (Tuzhiklin and

Kosarev, 2005 and 2005a; Zaker *et al.*, 2007; Roohi *et al.* 2010 در تحقیق حاضر در بررسی دما در اعماق مختلف نشان داد که در بهار دمای سطحی افزایش داشته بطوریکه در لایه های زیرین اختلاف دما در محدوده ۴ تا ۶ درجه سانتیگراد می باشد که این اختلاف سبب شکست دمایی نشده است. در تابستان با افزایش دمای محیط گرادیان دمایی در لایه های زیرین اتفاق افتاده که سبب شکست دمایی شده است. نتایج نشان داد که اختلاف دمایی در این فصل به ۱۲ تا ۱۵ درجه سانتیگراد در لایه ۲۰ تا ۵۰ متر رسیده است بطوریکه به ازای هر متر افزایش عمق دمای آب نیم درجه کاهش میابد. این شکست دمایی در ایستگاههای اعماق ۵۰ تا ۱۰۰ متر و در لایه ۲۰ تا ۵۰ متر اتفاق افتاده است. در فصل پاییز با سرد شدن هوا نسبت به تابستان این گرادیان دمایی کاهش یافته و اختلاف دمایی در محدوده از ۸ تا ۱۰ درجه کاهش یافت. در فصل زمستان با بیشتر سرد شدن هوا و اختلاط عمودی آب گرادیان و شکست دمایی از بین رفته بطوریکه اختلاف دمایی بسیار اندک و بین سطح و عمق، هم دمایی صورت پذیرفت. داده های مربوط به سالهای قبل نشان می دهد که اختلاف دمایی در فصل تابستان به ۱۴ تا ۲۰ درجه سانتیگراد در لایه ۲۰ تا ۵۰ متر رسیده است بطوریکه به ازای هر متر افزایش عمق دمای آب ۰.۷ درجه کاهش میابد. این اختلاف دمایی در سال ۱۳۸۷ (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) در دامنه ۱۳ تا ۱۸ درجه سانتیگراد رسیده است بطوریکه به ازای هر متر افزایش عمق دمای آب ۰.۶ درجه کاهش میابد (جدول ۱-۴).

جدول ۱-۴: اعماق، لایه، دامنه دمایی و شکست دمایی در سال های مختلف در دریای خزر

سال	لایه(متر)	اعماق (متر)	دامنه دمایی	اختلاف دمایی به ازای هر متر	مراجع
۱۳۷۵	۲۰-۵۰	۵۰-۱۰۰	۱۴-۲۰	۰.۴۷-۰.۶۷	Nasrollahzadeh, 2008
۱۳۸۷	۲۰-۵۰	۵۰-۱۰۰	۱۳-۱۸	۰.۴۳-۰.۶۰	واحدی و همکاران، ۱۳۸۹
۱۳۸۸	۲۰-۵۰	۵۰-۱۰۰	۱۲-۱۵	۰.۴۰-۰.۵۰	تحقیق حاضر

نتایج این تحقیق نشان داد که شوری از سطح به عمق افزایش کمی دارد که این به علت اثر بارندگی فصلی و ورودی رودخانه ها در سطح بوده است. دامنه شوری در سطح از ۶.۰۰ تا ۱۴.۵۰۰ می باشد در صورتیکه این دامنه در اعماق در محدوده ۷.۵۰ تا ۱۴.۰۰ (PPT) متغیر است.

مقایسه میانگین شوری سطحی در سال های ۱۳۷۵ (۱۲.۵۴±۰.۰۲) و ۸۴-۱۳۸۳ (۱۲.۹۰±۰.۵۰) در اعماق مشابه ۱۰ تا ۱۰۰ متر (Nasrollahzadeh, 2008) با تحقیق حاضر (۱۱.۱۱±۰.۱۹) نشان می دهد که روند شوری آب

کاهش یافته است. همچنین مقایسه میانگین شوری سالهای ۱۳۸۷ (۱۲.۰۹±۰.۱۳) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) و تحقیق حاضر (۱۱.۰۴±۰.۱۷) در اعماق مشابه ۵ تا ۱۰۰ متر نشان می‌دهد که اختلاف معنی دار است ($p < 0.05$). از مقایسه میانگین شوری لایه نوری در سال های ۱۳۷۵ (۱۲.۶۰±۰.۰۲) و ۸۴-۱۳۸۳ (۱۲.۴۶±۰.۷۱) در اعماق مشابه ۱۰ تا ۱۰۰ متر (Nasrollahzadeh, 2008) با تحقیق حاضر (۱۱.۴۰±۰.۱۱) نشان می‌دهد که روند شوری آب کاهش یافته است. همچنین مقایسه میانگین شوری سالهای ۱۳۸۷ (۱۲.۲۴±۰.۰۸) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) و تحقیق حاضر (۱۱.۳۵±۰.۱۰) در اعماق مشابه ۵ تا ۱۰۰ متر نشان می‌دهد که اختلاف معنی دار است ($p < 0.05$). Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸ a, c) گزارش کردند در هر دو سال نمونه برداری (۱۳۷۵ و ۸۴-۱۳۸۳)، حداکثر شوری در تابستان ثبت شده است هنگامی که بارش بسیار کم بود در حالی که حداقل شوری در زمستان که بدلیل شروع فصل بارندگی می باشد. الگوی فصلی شوری عمدتاً از تعادل هیدرولوژیکی بین ورودی های آب شیرین (مانند رودخانه ها و بارش) و میزان تبخیر منجر شده است. نتیجه تحقیق حاضر مشابه نتایج مطالعه Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸ a, c) بوده است.

همبستگی بین دما و شوری آب با استفاده از آنالیز پیرسون معنی دار و مثبت بوده است ($r=0.237, n=479$) و این بدین معنی است که با افزایش دمای آب، شوری افزایش می یابد و بر عکس. در این تحقیق نیز حداکثر شوری در نواحی مختلف فصل تابستان مشاهده گردید و حداقل نیز در فصل سرما یعنی فصل زمستان.

طبقه بندی عمودی آب بر اساس شوری در دریای خزر بسیار ضعیف می باشد. بر این اساس اختلاط بین ستون آبی به خوبی صورت می گیرد (Tuzhilkin and Kosarev, 2005 and 2005a; Tuzhilkin *et al.*, 2005b; Fedorov, 1983; Dumont, 1998). در تحقیق حاضر اختلاف شوری بین سطح و کف فقط به ۰.۵ ppt رسیده است بنابراین در حوزه جنوبی دریای خزر عامل اصلی اختلاط و عدم اختلاط عمودی آب را می توان گرادیان دمای آب دانست.

در تحقیق حاضر درجه حرارت و شوری آب از غرب به شرق افزایش نشان داد که این نتیجه مشابه با مطالعات دیگران بوده است (Nasrollahzadeh, 2008)، فضلی و همکاران، ۱۳۸۸، واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) که می تواند بدلیل شرایط توپوگرافی و ژئوگرافی منطقه و شرایط نسبتاً گرم و خشک بودن در منطقه شرقی بیان نمود.

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; Aarup, 2002). بنابراین وضعیت دریا و تولیدات بیولوژیکی بر شفافیت آب موثر می باشد. در حوزه جنوبی دریای خزر با توجه به دبی کم آب رودخانه ها و متعاقب آن نفوذ کم مواد معلق (به استثنای نوار ساحلی) می توان اظهار نمود که عامل اصلی و تغییر دهنده شفافیت آب را به عوامل بیولوژیک مرتبط دانست.

در این تحقیق شفافیت آب از بهار تا زمستان روند کاهشی را نشان می دهد. کاهش شفافیت در فصل تابستان و پاییز را می توان به افزایش تراکم شانه دار و فیتوپلانکتون 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 مبرهن است که بین میانگین های شفافیت 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 (۱۰۰ متر) با توجه به اثرات سواحل و رودخانه ها و غنی بوده مواد مغذی اختلاف معنی دار بوده است و یک روند افزایشی را نشان داد. بطور کلی، بین میانگین های شفافیت نواحی غربی، مرکزی و شرقی و هشت 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، ۱۳۸۹؛ مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰ در حال تهیه گزارش).

از مقایسه میانگین شفافیت در سال های ۱۳۷۵ (۰.۳۲±۰.۶۵ متر) و ۱۳۸۳-۸۴ (۰.۲۶±۰.۵۸۳ متر) در اعماق مشابه ۱۰ تا ۱۰۰ متر (Nasrollahzadeh, 2008) با تحقیق حاضر (۰.۲۱±۰.۳۵ متر) نشان می دهد که روند شفافیت آب کاهشی بوده است. این روند به میزان زیادی به افزایش تولیدات بیولوژیکی مرتبط می باشد. زیرا قبل از ورود شانه دار به دریای خزر تغییرات شفافیت آب (بدون در نظر گرفتن مواد معلق) وابسته به تولیدات فیتوپلانکتونی بوده است اما بعد از حضور شانه دار (با توجه به ترشح موکوس توسط این جاندار و فراوانی آن) عوامل اثر گذار بر کاهش شفافیت آب بیشتر شده است. همچنین مقایسه میانگین شفافیت سالهای ۱۳۸۷ (۰.۲۴±۰.۴۹۱ متر) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) و تحقیق حاضر (۰.۲۱±۰.۳۵ متر) در اعماق مشابه ۵ تا ۱۰۰ متر نشان می دهد که اختلاف معنی دار نیست.

در میان دریا‌های جهان، دریای خزر pH بالایی دارد که این بدلیل نوع ترکیبات شیمیایی ورودی به دریا از طریق رودخانه‌ها و نیز بستر دریا می‌باشد (Kosarev and Yablonskaya, 1994). نتایج این تحقیق نیز نشان داد که متوسط سالانه pH در حوزه جنوبی دریای خزر در سطح، لایه نوری و غیر نوری بیش از ۸.۰۰ بوده است. همچنین نتایج نشان داد که مقدار pH از سطح به عمق کاهش یافت. زیرا در سطح و لایه نوری انجام فرایند فتوسنتز و مصرف CO₂ آب، سبب افزایش pH گردیدند.

pH و درجه حرارت در بسیاری از خلیج‌ها و دریا‌ها همبستگی مثبت نشان می‌دهد. ارتباط مثبت pH و درجه حرارت احتمالاً توسط فرآیندهای اختلاط آب و مصرف گاز CO₂ از طریق فعالیت‌های بیولوژیکی ایجاد می‌شود (Zirino, 1985). در این تحقیق نیز بین pH و دما همبستگی مثبت و معنی داری (n= ۴۷۸، r= ۰.۱۱) وجود دارد که با مطالعات گذشته مطابقت دارد.

Shiganova و همکاران (۲۰۰۳) دامنه pH را در خزر شمالی بین ۸.۶-۹.۴ گزارش کردند. در تحقیق حاضر این تغییرات در محدوده ۷.۷۹ تا ۸.۸۱ بوده است همانطوری که مشاهده می‌گردد حداکثر pH در حوزه جنوبی دریای خزر از حداقل pH خزر شمالی کمتر می‌باشد زیرا در خزر شمالی بدلیل بالا بودن تولیدات بیولوژیکی (فیتوپلانکتون) نسبت به حوزه جنوبی دریای خزر دارای pH بالاتری می‌باشد. به بیان دیگر در خزر شمالی با توجه وجود رودخانه پر آب و لگن 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 می‌باشد. همانطوری که Anderson (۲۰۰۶) بیان کرد شوری بالای آب خاصیت بافری آب را فزونی می‌یابد و به تبعه آن تغییرات pH نیز زیاد نمی‌شود. بنابراین در حوزه جنوبی خزر که شوری بالاتری نسبت به خزر شمالی دارد سیستم بافری آب قوی عمل کرده و از تغییرات زیاد pH آب جلوگیری کرده است.

از مقایسه میانگین pH سطحی در سال‌های ۱۳۷۵ (۸.۳۱±۰.۰۵) و ۱۳۸۳-۸۴ (۸.۳۲±۰.۰۵) در اعماق مشابه ۱۰ تا ۱۰۰ متر (Nasrollahzadeh, 2008) با تحقیق حاضر (۸.۴۱±۰.۰۲) نشان می‌دهد که روند pH آب افزایشی بوده است. همچنین مقایسه میانگین pH سالهای ۱۳۸۷ (۸.۳۱±۰.۰۲) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) و تحقیق حاضر (۸.۴۳±۰.۰۱) در اعماق مشابه ۵ تا ۱۰۰ متر نشان می‌دهد که اختلاف معنی دار است (p<۰.۰۵). مقایسه

میانگین pH لایه نوری در سال های ۱۳۷۵ (8.30 ± 0.07) و ۸۴-۱۳۸۳ (8.29 ± 0.29) در اعماق مشابه ۱۰ تا ۱۰۰ متر (Nasrollahzadeh, 2008) با تحقیق حاضر (8.43 ± 0.01) نشان می دهد که روند pH آب افزایشی بوده است. همچنین مقایسه میانگین pH سالهای ۱۳۸۷ (8.32 ± 0.01) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) و تحقیق حاضر (8.44 ± 0.01) در اعماق مشابه ۵ تا ۱۰۰ متر نشان می دهد که اختلاف معنی دار است ($p < 0.05$).

شرایط هوا دهی آب در دریای خزر علیرغم بسته بودن آن بسیار مناسب می باشد. درصد اشباعیت اکسیژن بخصوص در مناطق عمیق بدلیل اختلاط عمودی در حد مطلوب می باشد (Kosarev and Yablonskaya, 1994). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که روند اکسیژن محلول (DO) و درصد اشباعیت (DO%) از سطح به عمق کاهش محسوسی داشته است. درصد اشباعیت بالای ۱۰۰ به معنی وجود فرایند فتوسنتز در اکوسیستم آبی و کمتر از ۱۰۰ به معنی تنفس و اکسیداسیون مواد آلی می باشد (Zaker, 2007) و همانطوری که انتظار میرفت در لایه نوری بدلیل فعالیت های بیولوژیکی درصد اشباعیت بالای ۱۰۰ درصد بوده است و در لایه غیر نوری در اغلب ایستگاهها این میزان به کمتر از ۱۰۰ رسیده است. نتایج همچنین نشان داد که حداقل DO% در عمق ۱۰۰ متر در فصل تابستان مشاهده گردید که با تشکیل لایه ترموکلاین و عدم اختلاط عمودی آب همراه بوده است و در فصل زمستان که لایه ترموکلاین کاملا از بین رفته و اختلاط آب بطور کامل صورت می پذیرد انتظار بر این است حداکثر DO% در این فصل مشاهده گردد، چنانکه در تحقیق حاضر در عمق ۱۰۰ متر در فصل زمستان در محدوده ۹۸-۱۳۴ درصد رسیده بود.

مقایسه میانگین DO سطحی در سال های ۱۳۷۵ ($4.50 \pm 0.05 \text{ ml/l}$) و ۸۴-۱۳۸۳ ($5.28 \pm 0.05 \text{ ml/l}$) در اعماق مشابه ۱۰ تا ۱۰۰ متر (Nasrollahzadeh, 2008) با تحقیق حاضر ($5.87 \pm 0.10 \text{ ml/l}$) نشان می دهد که روند DO آب افزایشی بوده است. همچنین مقایسه میانگین DO سطحی سالهای ۱۳۸۷ ($5.92 \pm 0.07 \text{ ml/l}$) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) و تحقیق حاضر ($5.90 \pm 0.10 \text{ ml/l}$) در اعماق مشابه ۵ تا ۱۰۰ متر نشان می دهد که اختلاف معنی دار نیست. مقایسه میانگین DO لایه نوری در سال های ۱۳۷۵ ($4.43 \pm 0.17 \text{ ml/l}$) و ۸۴-۱۳۸۳ ($5.04 \pm 0.29 \text{ ml/l}$) در اعماق مشابه ۱۰ تا ۱۰۰ متر (Nasrollahzadeh, 2008) با تحقیق حاضر ($5.73 \pm 0.06 \text{ ml/l}$) نشان می دهد که روند DO آب افزایشی بوده است. همچنین مقایسه میانگین DO لایه نوری سالهای ۱۳۸۷ ($5.72 \pm 0.04 \text{ ml/l}$) (واحدی

و همکاران، ۱۳۸۹) و تحقیق حاضر ($5.76 \pm 0.06 \text{ ml/l}$) در اعماق مشابه ۵ تا ۱۰۰ متر نشان می دهد که اختلاف معنی دار نیست ($p > 0.05$).

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 و 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 در خزر مرکزی بدلیل تحت تاثیر قرار گرفتن آبهای سرد شمالی نسبت به خزر جنوبی دارای DO و DO% بالاتری بوده است. روند مذکور از مقادیر DO و DO% با دوره قبل از حضور شانه دار مطابقت داشته است. اما بعد از ورود شانه دار مقادیر DO و DO% در خزر جنوبی نیز به میزان قابل توجهی افزایش نشان داده است (Nasrollahzadeh, 2008). روند تغییرات فصلی میانگین DO و DO% لایه نوری در حوزه جنوبی نشان داد که در بهار حداقل و در پاییز و زمستان حداکثر بوده است. در دوره قبل از ورود شانه دار در تابستان (بدلیل دمای بالای نسبت به فصول دیگر) حداقل میزان DO و DO% مشاهده گردید (Nasrollahzadeh et al., 2008a) در حالی که در مطالعه حاضر با توجه بالا بودن تراکم شانه دار و تبع آن فیتوپلانکتون در فصل تابستان میزان DO و DO% فزونی یافت.

همبستگی بین اکسیژن محلول با دما و شوری آب با استفاده از آنالیز پیرسون معنی دار و منفی بوده است ($n = 479$, $r = -0.130$, $r = -0.260$) و این بدین معنی است که با افزایش دمای و شوری، اکسیژن محلول کاهش می یابد. زیرا افزایش دما و شوری باعث کاهش گاز محلول (اکسیژن محلول) در آب می شود. اما بین اکسیژن محلول و pH همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد ($n = 479$). زیرا افزایش pH با تولیدات بیولوژیکی همراه است. در این فرایند با مصرف CO_2 گاز اکسیژن تولید می شود بنابراین با افزایش pH میزان اکسیژن محلول فزونی می یابد. همچنین معادله رگرسیون بین DO و دما-شوری نشان داد که اثر دما ($r = 0.248$) در مقایسه با شوری ($r = 0.074$) بر DO تقریباً ۴ برابر بوده است، به بیان

دیگر تغییرات DO بیشتر تحت تاثیر دما است تا شوری زیرا در فصول مختلف تغییرات دمایی در تمام لایه ها بیشتر از شوری بوده است.

شواهد نشان می دهد که اکوسیستم دریای خزر از سطح تروفیکی بر اساس شاخص تروفیکی (TRIX) الیگوتروف در دوره قبل از ورود شانه دار به حالت مزو- یوتروف در بعد از ورود شانه دار تغییر کرده است (Nasrollahzadeh *et al.*, 2008a). تغییرات میانگین درصد اشباعیت اکسیژن ($DO\%$) نیز این تغییر تروفیکی را نشان می دهد. بطوریکه میانگین $DO\%$ لایه نوری در سال ۱۳۷۵ برابر 10.4 ± 5 درصد بوده است اما در سالهای ۱۳۸۳، ۱۳۸۷ (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) و تحقیق حاضر (یک دهه بعد از ورود شانه دار) این مقدار از مرز ۱۲۰ درصد در لایه نوری گذشته است.

Dumont (۱۹۹۸) گزارش کرد که سطح مواد مغذی در دریای خزر حتی در خزر شمالی پایین هست. 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.

Dumont (۱۹۹۸) حداقل غلظت ازت آمونیمی را در خزر شمالی و مرکزی در زمستان (۰.۱-۰.۷ میکرو مولار) و حداکثر آن را در تابستان (۱۰-۱۴ میکرو مولار) گزارش کرده است. بنا بر گزارش 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. Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸^a) گزارش کردند که حداکثر غلظت ازت آمونیمی در فاز اول (قبل از ورود شانه دار) (۹۷-۱۹۹۶) در فصول بهار و زمستان و در فاز دوم (بعد از ورود شانه دار) (۲۰۰۵) در پاییز در حوزه جنوبی دریای خزر مشاهده گردید. در تحقیق حاضر حداکثر غلظت ازت آمونیمی در فصل پاییز بوده است. بطور کلی تغییرات غلظتی ازت آمونیمی در مناطق مختلف دریای خزر متفاوت بوده و به همین دلیل حداقل ها و حداکثر ها در مناطق مختلف در فصول متفاوتی مشاهده می گردد. اما نتایج مشابه در گزارش Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸^a) در فاز دوم و تحقیق حاضر بیان کننده تشابه شرایط اکوسیستم حوزه جنوبی دریای خزر از منظر حضور شانه دار در این دو دوره زمانی است. در فاز اول مطالعه Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸^a) شانه دار وجود نداشته و اکوسیستم دریای خزر حالت پایدارتر داشته است بطوریکه با نتایج Stygar و Leonov (2001) در فصل بهار مشابه بوده است. Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸^a) گزارش کردند که افزایش غلظت

ازت آمونیمی (میکرومولار) در فاز دوم (۲۰۰۵) ۱.۵ برابر فاز اول (۹۷-۱۹۹۶) بوده است. با مقایسه این نتایج با تحقیق حاضر می توان دریافت که افزایش غلظت ازت آمونیمی در سال ۱۳۸۸ (3.11 ± 0.11) در اعماق مشابه (۱۰ تا ۱۰۰ متر) نسبت به فاز اول (1.02 ± 1.10) و دوم (1.53 ± 1.19) به ترتیب ۳.۱ و ۲.۱ برابر بوده است. این افزایش بر فزونی فعالیت های بیولوژیکی در این منطقه دلالت دارد. همچنین مقایسه نتایج تحقیق حاضر (3.17 ± 0.11) با نتایج بدست آمده در سال ۱۳۸۷ (1.46 ± 0.04) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) در حوزه جنوبی دریای خزر افزایش معنی داری را نشان می دهد ($p < 0.05$).

در تحقیق حاضر غلظت ازت آمونیمی در تمام فصول (به غیر از فصل زمستان) نشان می دهد که در لایه نوری بدلیل فعالیت های بیولوژیکی بالا، نسبت به لایه غیر نوری بالاتر بوده است. Shiganova و همکاران (۲۰۰۳) بیان نمود که در خزر شمالی همبستگی مثبتی بین حداکثر فراوانی شانه دار و غلظت ازت آمونیمی وجود دارد یعنی با حضور و افزایش شانه دار غلظت ازت آمونیمی فزونی می یابد که با نتایج تحقیق حاضر در خزر جنوبی نیز مطابقت دارد زیرا بالاترین فراوانی شانه دار که در لایه نوری وجود داشت با غلظت بالای ازت آمونیمی همراه بوده است (Roohi et al., 2010). همچنین مقایسه بین سالهای حضور و عدم حضور شانه دار نیز چنین نتیجه ای را نشان می دهد. شایان ذکر است که آنالیز آماری دانکن بر روی داده های آمونیم در فصول مختلف نشان داد که دو گروه ایجاد شده شامل بهار-زمستان و تابستان-پاییز بوده است از طرف دیگر حداقل های غلظت ازت آمونیمی در فصول بهار و زمستان بوده است و حداکثرها در فصول پاییز و تابستان مشاهده گردیده است که با حداقل و حداکثر فراوانی شانه دار مطابقت دارد (رستمیان و همکاران، ۱۳۸۷).

به جز در شرایط بسیار قلیایی ($pH > 9.0$) که یون ازت آمونیمی به فرم آمونیاک (NH_3) وجود دارد، بیشتر ازت آمونیاکی در آب به فرم یونی آن یعنی آمونیم (NH_4^+) وجود دارد (Carpenter and Capone, 1983). در تحقیق حاضر تمام فصول و ایستگاهها میزان pH در محدوده ۸-۹ بوده است بنابراین می توان انتظار داشت که ازت آمونیاکی در آب به فرم یون ازت آمونیمی باشد.

تغییرات یون ازت آمونیمی علاوه بر pH ، متأثر از دمای آب نیز می باشد. نتایج سال ۱۳۷۵ نشان داد که ضریب همبستگی ازت آمونیمی با دما و pH به ترتیب برابر ۰.۳۸۸- و ۰.۱۹۶- بوده است به بیان دیگر با افزایش دما و pH غلظت ازت آمونیمی کاهش می یابد. می توان بیان نمود که این همبستگی منفی در زمان قبل از ورود شانه دار به

اکوسیستم دریای خزر وجود داشت اما بعد از ورود شانه دار به اکوسیستم خزری این ضرایب تغییر کرده است. بطوریکه ضریب همبستگی مثبتی بین ازت آمونیمی با دما و pH به ترتیب برابر ۰.۲۰۷ و ۰.۱۴۶ بدست آمد و به بیان دیگر با افزایش دما و pH غلظت ازت آمونیمی افزایش می یابد. زیرا از سویی با افزایش دما فراوانی شانه دار که مواد مغذی ترشح می کند زیاد می شود و از سویی دیگر با افزایش pH تولیدات بیولوژیک (شانه دار) نیز زیاد می شود که به تبع آن غلظت یون ازت آمونیمی بیشتر می شود.

آمونیم منبع مهم نیتروژنی برای باکتری ها، جلبک ها و گیاهان بزرگتر (macroalgae, seagrass) در آب شیرین و اکوسیستم دریایی است. غلظت آن بسیار متغیر است ولی معمولاً کم است زیرا همانطوریکه Vorgelegt (۲۰۰۲) عنوان کرد که حجم مبادلات (turnover) ازت آمونیمی نسبت به ازت نیتراتی در اکوسیستم آبی بسیار سریع صورت می گیرد. همچنین آمونیم منبع ازت ترجیح داده برای بیشتر جلبک ها می باشد زیرا جلبک می تواند ترکیب آمونیم (جذب) را به طور مستقیم به اسیدهای آمینه تبدیل کنند در حالی که اشکال دیگر ازتی مانند ازت نیتروژنی و ازت نیتراتی باید از طریق فرایند آنزیمی تبدیل به NH_4^+ شده و سپس مورد استفاده قرار گیرد، که این فرایند انرژی بالایی را نیاز دارد. لذا بدلیل اولویت NH_4^+ به ازت نیتراتی، غلظت آمونیم معمولاً زیر ۱ میکرو مولار می باشد زیرا آمونیم تولید شده توسط باکتری ها و فیتوپلانکتون مصرف می گردد. اما در تحقیق حاضر که اکوسیستم از سوی شانه دار تحت شرایط غیر طبیعی قرار دارد، ازت آمونیمی در اکثر فصول دارای درصد بالاتری نسبت به سایر اجزای ترکیبات ازت معدنی بوده است.

غلظت بالاتر ازت نیتروژنی در آب را می توان بدلیل کمبود اکسیژن و جایی که نیتریفیکاسیون (nitrification) باکتریایی رخ می دهد مشاهده کرد. در فرایند Nitrification روند تبدیل NH_4^+ به ازت نیتراتی (NO_3^-) است و ازت نیتروژنی (NO_2^-) به عنوان محصول میانی می باشد. دو مرحله از فرایند نیتریفیکاسیون یعنی اکسیداسیون آمونیم (NH_4^+ تبدیل به NO_2^-)، و اکسید کننده ازت نیتراتی (NO_2^- تبدیل به NO_3^-) توسط گونه های مختلف باکتریایی انجام شود. در محیط هایی با غلظت اکسیژن کم و یا شرایط anoxic، باکتریهای خاص با استفاده از اکسیژن موجود در ازت نیتراتی، ترکیب ازت نیتروژنی را تولید می کنند (Carpenter and Capone, 1983; Nasrollahzadeh et al., 2008a). در تحقیق حاضر غلظت یون ازت ازت نیتروژنی (0.01 ± 0.08) بدلیل بالا بودن اکسیژن محلول در لایه های بالایی (نوری) و پایینی (غیر نوری) بسیار پایین بوده است. این غلظت پایین نشان می

دهد که فرآیند اکسیداسیون ازت نیترونی به ازت نیتراتی و عمل احیای یون ازت نیترونی به ازت آمونیمی در حوزه جنوبی دریای خزر به خوبی صورت می گیرد.

Nasrollahzadeh (۲۰۰۸) گزارش کرده که افزایش غلظت ازت نیتراتی فاز دوم (۲۰۰۵) ۲.۲ برابر فاز اول (۹۷-۱۹۹۶) بوده است. با مقایسه این نتایج با تحقیق حاضر می توان دریافت که افزایش غلظت ازت نیتراتی در سال ۱۳۸۸ (تحقیق حاضر، 1.52 ± 0.07) در اعماق مشابه (۱۰ تا ۱۰۰ متر) نسبت به فاز اول (0.87 ± 0.04) افزایش و اما در فاز دوم (1.91 ± 0.07) کاهش داشته است (این افزایش و کاهش بدلیل درصد بیشتر یون ازت آمونیمی نسبت به ازت نیتراتی بوده است). همچنین مقایسه نتایج تحقیق حاضر (1.52 ± 0.07) با نتایج بدست آمده در سال ۱۳۸۷ (1.33 ± 0.03) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) افزایش معنی داری را نشان می دهد ($P < 0.05$).

غلظت سالانه ازت معدنی (NO_3^- ، NO_2^- ، NH_4^+) در سال ۱۳۸۸ نسبتاً دارای تغییرات گسترده ای بوده است. درصد اجزای ترکیبات نیتروژنی نسبت به ازت معدنی در مناطق و فصول مختلف در سال متفاوت است بطوریکه در طی سال ۱۳۸۸ درصد NH_4^+ ، NO_2^- و NO_3^- به ترتیب از ۹ تا ۹۸، ۰.۲ تا ۲۸.۲ و ۰.۰ تا ۹۰.۰ درصد متغیر می باشد. نتایج مشابهی را Leonov و Stygar (۲۰۰۱) در مناطق شمالی، مرکزی و جنوبی گزارش کردند. اگرچه ازت آمونیمی به عنوان منبع مهم ازت برای رشد فیتوپلانکتون ها می باشد ولی معمولاً غلظت NH_4^+ کمتر از ۳ میکرومولار می باشد که این مقدار نمی تواند سبب شکوفایی فیتوپلانکتون در محیط آبی گردد. لذا ازت نیتراتی یکی از مهم ترین منابع ازت برای شکوفایی فیتوپلانکتون در اکوسیستم دریایی محسوب می گردد. معمولاً در لایه های سطحی که مقادیر قابل توجهی از ازت نیتراتی وجود دارد (اختلاط عمودی آب، طوفان، upwelling، ورودی رودخانه ها) شکوفایی فیتوپلانکتون رخ می دهد (Vorgelegt, 2002). اما در تحقیق حاضر غلظت ازت آمونیمی دو برابر ازت نیتراتی بوده است و بیش از ۳ میکرومولار نیز بوده است، بنابراین فیتوپلانکتون ترجیحاً از این فرم ازت استفاده می کند.

Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸ a) گزارش کردند که افزایش غلظت ازت آلی (DON) فاز دوم (۲۰۰۵) ۱.۷ برابر فاز اول (۹۷-۱۹۹۶) بوده است. با مقایسه این نتایج با تحقیق حاضر می توان دریافت که افزایش غلظت DON در سال ۱۳۸۸ (تحقیق حاضر، 29.5 ± 0.7) در اعماق مشابه (۱۰ تا ۱۰۰ متر) نسبت به فاز اول (30.2 ± 1.4) تغییراتی مشاهده نگردید اما نسبت به فاز دوم (50.0 ± 2.1) کاهش نشان داد. همچنین نتایج تحقیق حاضر

(29.0 ± 0.7) با نتایج بدست آمده در سال ۱۳۸۷ (37.5 ± 0.67) توسط واحدی و همکاران (۱۳۸۹) در حوزه جنوبی دریای خزر کاهش ۲۲ درصدی را نشان می دهد و اختلاف میانگین ها معنی دار بوده است ($p < 0.05$). می توان اظهار نمود که تبدیل ترکیبات ازت آلی (DON) به مواد معدنی ازتی (به خصوص ازت آمونیمی) دلیل این کاهش بوده است بطوریکه میزان ازت آمونیمی در این تحقیق افزایش ۵۳ درصدی نسبت به سال قبل داشته است. 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 ها است. غلظت بالای ازت آلی در محیط آبی احتمالاً به این دلیل است که ترکیبات DON تا حد زیادی در مقابل تجزیه مقاوم می باشند و همچنین در گروههای زیادی از فیتوپلانکتون مورد تغذیه قرار نمی گیرند. بطور کلی، منابع DON در مکان و زمان های مختلف در محیط آبی تغییر می یابد و ترکیبات آن نیز به میزان زیادی ناشناخته است. در اقیانوس ها، بطور معمول غلظت DON در لایه نوری بالا است و سپس کاهش یافته و در مناطق عمیق ثابت باقی می ماند (Libby and Hansell *et al.*, 1993; Wheeler, 1997; Bronk *et al.*, 2007; Bronk, 2002; در تحقیق حاضر نیز نتیجه مشابه بدست آمده است بطوریکه درصد DIN کمتر از ۱۵ درصد بوده است در حالی که درصد DON به بیش از ۸۰ رسیده است. در میان ماکرونوترنت، فسفر معمولاً کمترین فراوانی در غلظت (کمتر از ۰.۵ میکرومولار) را دارد. به همین دلیل، غلظت ازت نیتراتی و آمونیمی در بیشتر سیستم های دریایی کم می باشد، 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 شود. Nasrollahzadeh (۲۰۰۸) گزارش کرد که افزایش غلظت DIP در فاز دوم (۲۰۰۵) ۱.۹ برابر فاز اول (۹۷-۱۹۹۶) بوده است. با مقایسه این نتایج با تحقیق حاضر می توان دریافت که کاهش غلظت DIP در سال ۱۳۸۸ (تحقیق حاضر، 0.23 ± 0.01) در اعماق مشابه (۱۰ تا ۱۰۰ متر) نسبت به فاز اول (0.37 ± 0.10) و دوم (0.70 ± 0.19) به ترتیب ۱.۶ و ۳.۰ برابر کمتر بوده است. همچنین نتایج تحقیق حاضر (0.23 ± 0.01) با نتایج بدست آمده در سال ۱۳۸۷ (0.22 ± 0.04) توسط واحدی و همکاران (۱۳۸۹) در حوزه جنوبی دریای خزر مشابه بوده است. این روند در ارتباط با DOP نیز مطابقت داشت و میزان DOP نیز نسبت به سالهای ۱۹۹۶ و ۲۰۰۵

کاهش چشمگیری داشته است ولی نسبت به سال قبل ۱۳۸۷ اختلاف معنی داری را نشان نداد. شاید بتوان اظهار نمود بلم جلبکی که در این منطقه رخ داده است علت کاهش میزان فسفر شده است بطوریکه که گونه سیانوفیتی بلم کرده در محیط آبی با مصرف فسفر شکوفا میگردد.

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 تست آماری اعماق مختلف به دو گروه سواحل (۵ و ۱۰ متر) و دور از ساحل (۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) تقسیم گردیدند که مطلب بالا را تایید می کند. همچنین آزمون آماری بر روی نواحی سه گانه نیز نشان داد که ناحیه غربی در زیر گروه جداگانه ای نسبت به زیر گروه مرکزی و شرقی قرار گرفت. این یافته که مجدداً "مطلب بالا را تایید می کند، بدلیل وجود رودخانه ها و بارندگی بیشتر در غرب حوزه جنوبی قابل توجیه است.

Nasrollahzadeh (۲۰۰۸) گزارش کرد که غلظت DSi در فاز دوم (۲۰۰۵) تقریباً برابر فاز اول (۹۷-۱۹۹۶) بوده است. با مقایسه این نتایج با تحقیق حاضر می توان دریافت که غلظت DSi در سال ۱۳۸۸ (تحقیق حاضر، 7.98 ± 0.22) در اعماق مشابه (۱۰ تا ۱۰۰ متر) نسبت به فاز اول (7.80 ± 1.10) و دوم (8.30 ± 1.19) اختلاف معنی داری نداشته است. همچنین نتایج تحقیق حاضر (8.22 ± 0.22) با نتایج بدست آمده در سال ۱۳۸۷ (7.34 ± 0.13) (واحدی و همکاران، ۱۳۸۹) در حوزه جنوبی دریای خزر اختلاف معنی داری (T-Test) نداشته است.

سیلیس محلول (DSi) اساساً غیر یونیزه است و از منظر شیمیایی نسبتاً 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 (Vorgelegt, 2002). در مطالعه حاضر میزان سیلیس محلول (DSi) در تمام فصول بالاتر از این مقدار بوده است، همچنین میانگین سالانه نیز بیش از ۵ میکرومولار بوده است و انتظار میرود که در این ناحیه

از دریای خزر دیاتومه گروه غالب را تشکیل دهد. چنانکه در مطالعه Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸^a) در سالهای ۱۹۹۶ و ۲۰۰۵ نیز با توجه به بالا بودن میزان DSi گونه غالب حوزه جنوبی دریای خزر دیاتومه بوده است. نسبت **Redfield** ($C_{106}:N_{16}:P_1:Si_{16}$) در اصل یک سنگ بنای ژئوشیمی زیستی است که رابطه بین اجزای میکروارگانیزم و شیمی آب را نشان می دهد (Harrison *et al.*, 1976 and 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 سینتیک 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; Levasseur and Therriault, 1987) در مقابل، اگر $DSi/DIP < 10$ باشد نشان دهنده محدودیت سیلیسی است (Harrison *et al.*, 1976 and 1977; Levasseur 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 Whitley, 1992; Rabalais and Turner, 2001; Justic, 1995). در تحقیق حاضر در اکثر فصول مقادیر بدست آمده در مورد DIN (۰.۹۹٪)، DIP (۰.۹۳٪) و DSi (۱.۰۰٪) بیش از حد آستانه می باشد بنابراین نسبت مولی این ترکیبات می تواند مورد سنجش محدودیت رشد فیتوپلانکتون قرار گیرد. در دریای خزر نسبت ازت/فسفر دارای 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 نیتروژن به عنوان عامل محدوده کننده رشد فیتوپلانکتون محسوب می شود 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 سفر می باشد (Kosarev and Yablonskya, 1994).

جدول ۲-۴ نسبت مولی ازت معدنی به فسفر معدنی را در سالهای مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر نشان می دهد. نتایج نشان داد که در سال قبل از ورود شانه دار اکوسیستم دریای خزر دارای محدودیت نیتروژنی برای رشد فیتوپلانکتون بوده است که با نتایج مطالعه بالا مشابه می باشد. همچنین، در دو تا سه سال بعد از ورود شانه دار این روند ادامه پیدا کرد بطوریکه حوزه جنوبی دریای خزر محدودیت نیتروژنی داشته است. در سال ۱۳۸۷ اکوسیستم دریای خزر به سمت محدودیت نیتروژنی و فسفری ($DIN/DIP < 2.0$) سوق پیدا کرد (جدول ۲-۴) تا جایکه در سال ۱۳۸۸ (تحقیق حاضر) شرایط جدیدی حاکم گردید و اکوسیستم علاوه بر شرایط محدودیت نیتروژنی و فسفری، شرایط محدودیت فسفری ($DIN/DIP > 2.0$) را نیز تجربه کرده است (نمودار ۱-۴). همچنین میانگین نسبت مولی DSi/DIP باریک در محدوده ۴۰ و ۶۵ متغیر بوده است. این نسبت نشان می دهد که این ناحیه از خزر دارای محدودیت سیلیسی برای رشد فیتوپلانکتون نمی باشد (نمودار ۱-۴) که با گزارش دیگران نیز همسویی دارد.

نمودار ۲-۴ نشان می دهد که افزایش نسبت مولی DIN/DIP (شیب تند) با افزایش DIN با شیب ملایم و کاهش DIP با شیب تندتر همراه بوده است بطوریکه از نسبت $Refield$ فاصله زیادی گرفته است.

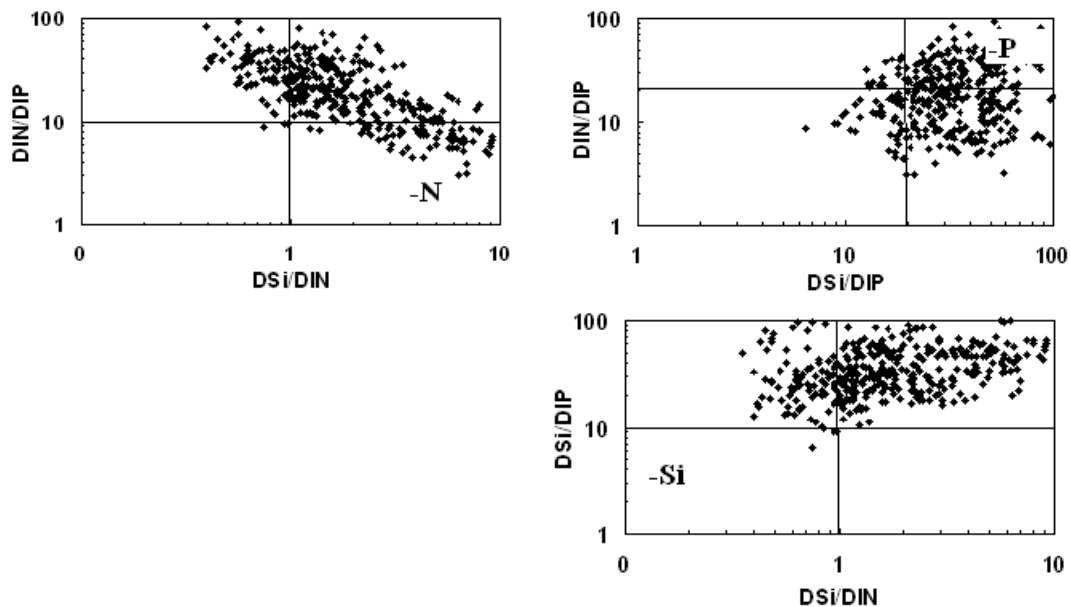
جدول ۲-۴: تغییرات DIN/DIP در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در سال های مختلف

سال	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
۱۳۷۵	Mean±SE	۱۰.۷±۰.۳	۴.۵±۰.۳	۵.۰±۰.۲	۸.۲±۰.۸
	Min.-Max.	۱.۰-۵۲.۳	۰.۵-۲۱.۷	۰.۶-۱۴.۶	۰.۶-۳۷.۸
۱۳۸۳-۸۴	Mean±SE	۵.۵±۰.۶	۳.۸±۰.۴	۵.۰±۰.۷	۶.۳±۰.۸
	Min.-Max.	۲.۶-۷.۵	۲.۰-۴.۸	۴.۰-۶.۲	۶.۸-۷.۹
۱۳۸۷	Mean±SE	۱۳.۲±۰.۷	۱۱.۹±۱.۱	۱۶.۲±۰.۹	۱۹.۱±۰.۳
	Min.-Max.	۳.۸-۴۵.۶	۲.۶-۸۲.۶	۵.۰-۵۳.۰	۴.۷-۶۴.۰
تحقیق حاضر	Mean±SE	۲۲.۴±۱.۷	۱۹.۱±۱.۲	۳۵.۶±۴.۲	۲۸.۸±۲.۵
	Min.-Max.	۳.۲-۷۸.۸	۳.۲-۶۳.۴	۳.۹-۱۷۹.۵	۳.۱-۱۲۹.۷

در مطالعات مختلف متذکر گردیدند که پارامترهای محیطی بر هم اثر داشته و بایستی در آنالیزهای آماری در نظر گرفته شود. در تحقیق حاضر جهت نشان دادن این برهمکنش ها از آنالیز چند متغیره (Multivariate) توابع متعارف تفکیک کننده (C DFA) که ماتریکسی از مشاهدات (داده ها) و متغیرها (پارامترهای فیزیکو-شیمیایی و مواد مغذی) استفاده شده است.

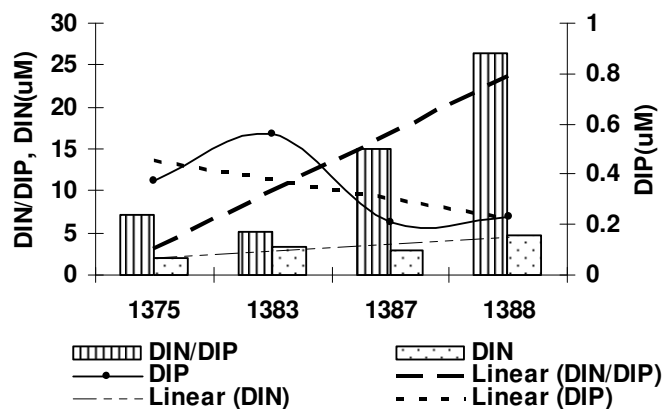
نتایج آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (C DFA) نشان میدهد بر اساس پارامترهای فیزیکو-شیمیایی و مواد مغذی آب فصول مختلف به چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان بدون همپوشانی تفکیک شده است. در این آنالیز پارامترهای دما و $DO\%$ نقش مهمی در تفکیک کردن فصول داشته اند.

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده بر اساس پارامترهای مواد مغذی آب نیز فصول مختلف به چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان تفکیک کرده است. در این آنالیز پارامترهای NO_3^- ، DIN، DIP و DOP نقش مهمی در تفکیک کردن فصول داشته اند.



نمودار ۱-۴: ترسیم پراکنده نسبت های مولی مواد مغذی در لایه

نوری حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸



نمودار ۲-۴: تغییرات ازت و فسفر معدنی و نسبت آن به همراه شیب خط (Trendline) در سالهای مختلف حوزه جنوبی دریای خزر

پیشنهادها

- ۱- جهت دست یابی به نتایج بهتر که در مدل سازی بکار می رود نیاز است که این پروژه بصورت مستمر صورت پذیرد
- ۲- فراهم نمودن امکانات لازم از قبیل CTD، مولتی سمپلر و باتی ترموگراف جهت جمع آوری اطلاعات دقیق در ستون آبی (شکست دمایی، لایه ترموکلاین)
- ۳- اضافه نمودن عمق نمونه برداری در لایه نوری (بر اساس عمق شفافیت) و لایه غیر نوری (۷۵ متر) جهت تجزیه و تحلیل کامل تر و جامع تر
- ۴- افزایش فاکتورهای مورد اندازه گیری و نیز تعداد نمونه برداری از فصلی به ماهانه بخصوص در راستای نمونه برداریهای زیستی (فیتوپلانکتون، شانه دار)

منابع

- ۱- پورغلام، ر.، روشن طبری، م.، سلیمانی رودی، ع.، مخلوق، آ.، تکمیلیان، ک.، روحی، ا.، رستمیان، م.ت.، گنجیان، ع.، واردی، ا.، کیهان پانی، ع.ر.، واحدی، ف.، نجف پور، ش.، نصراله زاده، ح.، هاشمیان، ع.، تهامی، ف.، لالویی، ف.، غلامی پور، س.، سالاروند، غ.ر. ۱۳۷۴. پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر با همکاری انستیتو تحقیقات کاسپنریخ (روسیه) و مرکز تحقیقات شیلات گیلان و مازندران، ۷۴-۱۳۷۴، ۱۳۷۳. انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۰۸-۰۰۰-۲۴۰۰-۰۷۱-۷۳
- ۲- 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. ۱۳-۰۷۱-۲۴۲۰۰-۰۷۵
- ۳- رستمیان، م.ت.، مکرمی رستمی، ع.، خداپرست، ن.، کیهان ثانی، ع.ر.، نصراله تبار، ع.، ۱۳۸۹. پروژه بررسی پراکنش و فراوانی شانه دار *Mnemiopsis leidyi* در سواحل ایرانی دریای خزر. موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۸۶۹۰-۸۶۰۵-۱۲-۷۶-۲
- ۴- فضل‌ی، ح.، فارابی، س.م.و.، دریانبرد، غ.ر.، گنجیان، ع.، واحدی، ف.، واردی، ا.، هاشمیان، ع.، روشن طبری، م.، روحی، ا. ۱۳۸۹. پروژه تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر طی سالهای ۷۰-۱۳۸۵. موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۸۶۰۸۹-۸۶۰۵-۱۲-۷۶-۲
- ۵- لالویی، ف.، پیری، م.، نگارستان، ح.، شفیع‌پور، م.م.، زلفی‌نژاد، 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. ۰۶-۰۰۰-۲۱۴۰۰-۰۷۱-۷۷
- ۶- هاشمیان، ع.، روشن طبری، م.، روحی، ا.، مخلوق، آ.، گنجیان، ع.، تهامی، ف.، رستمیان، م.ت.، کیهان ثانی، ع.ر.، سالاروند، غ.ر.، افراپی، م.ع.، شیخ الاسلامی، ع.، فراخی، ع.ج.، امانی، ق.ع.، واحدی، ف.، علموی، 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. ۱۳-۸۲-۰۷۱۰۲۴۲۰۰۰

۷- واحدی، ف.، نصراله تبار، ع.، علومی، ی. یونسی پور، ح.، الیاسی، ف.، نوروزیان، م.، دلیناد، غ.ح. ۱۳۸۹. پروژه بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در کرانه های جنوبی دریای خزر سال ۸۶: موسسه

تحقیقات شیلات ایران. ۸۷-۸۶-۰۵-۱۲-۷۶-۲

- 8- Aarup, T. 2002. Transparency of the North Sea and Baltic Sea – a Secchi depth data mining study. *Oceanologia*, 44: 323-337.
- 9- Aladin N.V. and I.S. Plotnikov. 2004. Impact of invasive species on the Caspian Sea. In: Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems. St. Petersburg, Moscow (in Russian).
- 10-Aladin, N. 2001. Biodiversity of the Caspian Sea, CEP.
- 11-Anderson, D.A. 2006. "Red Tide and Harmful Algal Blooms," [accessed May 1, 2006] <http://www.whoi.edu/redtide/>.
- 12-APHA (American Public Health Association). 2005. *Standard method for examination of water and wastewater*. 18th edition. American public health association publisher, Washington. USA.
- 13-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.
- 14-Bluman, A.G., 1998. Elementary statistics: a step by step approach. 3rd edition. Tom Casson publisher, USA.
- 15-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.
- 16-Bronk, D.A. 2002. Dynamics of organic nitrogen. In: Hansell DA, Carlson CA (eds) Biogeochemistry of marine dissolved organic matter. Academic Press, San Diego.
- 17-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.
- 18-Buckley, D.E. and G.V. Winters. 1992. Geochemical characteristics of contaminated surficial sediments in Halifax Harbor: Impact of waste discharge. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 29:2617-2639.
- 19-Carpenter, E.J. and D.G. Capone (Eds), 1983. Nitrogen in the marine environment. Academic Press. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.
- 20-CEP (Caspian Environment Programme) .1998. National reports of the Caspian Sea countries (Azerbaijan, Iran, Kazakhstan, Russian Federation, Turkmenistan), Caspian Environment Programme.
- 21-CEP (Caspian Environment Programme) .2001. Caspian Sea transboundary diagnostic analysis, preliminary draft outline, Caspian Environment Programme.
- 22-CSN (Caspian Scientific Network Caspscience-Net) (2003). Scientific Report on Caspian Sea Environment, 122 pp. [Accessed 5 January 2005]. Available from World Wide, Web: http://www.caspinfo.net/caspian_seafacts/climate/content.htm
- 23-Dortch, Q. and T.E. Whitledge. 1992. Does nitrogen or silicon limit phytoplankton production in the Mississippi River plume and nearby regions? *Continental Shelf Research*, 12:1293-1309.
- 24-Dumont, H.J. 1998. The Caspian lake: History, biota, structure, and function. *Limnology and Oceanography*, 43(1): 44-52.
- 25-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.
- 26-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.
- 27-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.
- 28-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.
- 29-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.

- 30-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.
- 31-Hayward, T. L. 1987. The nutrient distribution and primary production in the central North Pacific. *Deep-Sea Research I*, 34:1593–1627.
- 32-Healey, F.P. and L.L. Hendzel. 1979. Fluorometric measurement of alkaline phosphatase activity in algae. *Freshwater Biology*, 9:429–439.
- 33-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.
- 34-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.
- 35-Kasymov, A.G. 1994. Ecology of the Caspian Sea, Baku, Azerbaijan (in Russian).
- 36-Katunin, D.N. and V.V. Sapozhnikov. 1997. Okeanologiya. Moscow, Russia.
- 37-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.
- 38-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.
- 39-Kosarev, A. N. and E. A. Yablonskaya. 1994. *The Caspian Sea*. The Hague, SPB Academic Publishing, Russia.
- 40-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.
- 41-Leonov, A.V and Nazarov, N.A. 2001. Nutrient input into the Caspian Sea with river runoff. *Water Resources*, 28: 656-665.
- 42-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.
- 43-Levasseur, M.E. and J.C. Therriault. 1987. Phytoplankton biomass and nutrient dynamics in a tidally induced upwelling: the role of the NO₃:SiO₄ ratio. *Marine Ecology Progress Series*, 39:87-97.
- 44-Libby, P. and P. Wheeler. 1997. Particulate and dissolved organic nitrogen in the central and eastern equatorial Pacific. *Deep-Sea Research*, 44:345–361.
- 45-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 2nd International conference on Climate and Water. Espoo, Finland, 972-980.
- 46-Moncheva, S., O. Gotsis-Skretas, K. Pagou and A. Krastev. 2001. Phytoplankton Blooms in Black Sea and Mediterranean Coastal Ecosystems Subjected to Anthropogenic Eutrophication: Similarities and Differences. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 53:281-295.
- 47-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.
- 48-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.
- 49-Nasrollahzadeh, H. S., Z. B. Din, S. Y. Foong and A. Makhloogh. 2008c. 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.
- 50-Nasrollahzadeh, H.S. 2008. Ecological modeling on nutrient distribution and phytoplankton diversity in the southern of the Caspian Sea. Doctoral dissertation, University Science Malaysia.
- 51-Nasrollahzadeh, H.S., Z.B. Din, and A. Makhloogh. 2008b. Variations in Nutrient Concentration and Phytoplankton Composition at the Euphotic and Aphotic Layers in the Iranian Coastal Waters of the Southern Caspian Sea. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(9):1179-1193.
- 52-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.
- 53-Padro, R., E. Barrado, Y. Castrillejo, M.A. Valasco and M. Vaga. 1993. Study of the contents and speciation of heavy metals in river sediments by factor analysis. *Analytical Letters*, 26:1719-1739.
- 54-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.

- 55-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.
- 56-Peters, F., R. Kipfer, D. Achermann, M. Hofer, W. Aeschbach-Hertig, U. Beyerle, D.M. K. Mboden, Rozanski and K. Frohlich. 2000. Analysis of deep-water exchange in the Caspian Sea based on environmental tracers. *Deep-Sea Research I*, 47(4):621-654.
- 57-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.
- 58-Poortman, J. 2005. Islamic Republic of Iran Cost Assessment of Environmental Degradation. World Bank publication.
- 59-Psarra, S., A. Tselepidis and L. Ignatiades. 2000. Primary productivity in the oligotrophic Cretan Sea (NE Mediterranean): seasonal and interannual variability. *Progress Oceanography*, 46:187-204.
- 60-Rabalais, N. N. and R. Eugene Turner. 2001. Coastal Hypoxia: Consequences for Living Resources and Ecosystems. Coastal and Estuarine Studies. American Geophysical Union, USA.
- 61-Redfield, A.C., B.H. Ketchum and F.A. Richards. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. In M.N. Hill (eds.) *The Sea*. Wiley, New York. USA.
- 62-Roohi, A., A. E. Kideys, A. Sajjadi, A. Hashemian, R. Pourgholam, H. Fazli, A. Ganjian Khanari and E. Eker-Develi. 2009. Changes in biodiversity of phytoplankton, zooplankton, fishes and macrobenthos in the Southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi*, *Biology Invasions*, DOI 10.1007/s10530-009-9648-4.
- 63-Rozengurt, M.A. and J.O. Hedgpeth. 1989. The Impact of Altered River Flow on The Ecosystem of The Caspian Sea. San Francisco State University, USA.
- 64-Sandén, P. and B. Håkansson. 1996. Long-term trends in Secchi depth in the Baltic Sea. *Limnology and Oceanography*, 41: 346-351.
- 65-Sandén, P. and B. Håkansson. 1996. Long-term trends in Secchi depth in the Baltic Sea. *Limnology and Oceanography*, 41:346-351.
- 66-Sapozhnikov, V.N., A.E. Agativa, N.V. Arjanova, E.A. Nalitova, N.V. Mardosova, V.L. Zobarowij and Bandarikov, E.A. 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher, Moscow, Russia.
- 67-Sapozhnikov, V.N., A.E. Agativa, 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, Russia.
- 68-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.
- 69-Schoer, J. 1985. Iron-oxo-hydroxides and their significance to the behavior of heavy metals in estuaries. *Environmental Technologies Letters*, 6:189-202.
- 70-Semenov, Y. 1984. DIN/DIP and DSi/DIP ratios in the central and southern Caspian Sea. *Hydrobiologia*, 3:71-73.
- 71-Shiganova, T.A., V.V. Sapozhnikov, E.I. Musaeva, M.M. Domanov, Yu.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 leidyi* in the North Caspian. *Oceanology*, 43:676-693.
- 72-Siapatis A., M. Giannoulaki, V. D. Valavanis, A. Pali Alexis, E. Schismenou, A. Machias and S. Somarakis. 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Aegean Sea. *Hydrobiologia*, 612:281-295.
- 73-Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by phenolhypochlorite method. *Limnology and Oceanography*, 14: 799-801.
- 74-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.
- 75-Tuzhilkin, V. S. and A. N. Kosarev. 2004. Long-term variations in the vertical thermohaline structure in deep-water zones of the Caspian Sea, *Journal of Water Resources*, 31:376-383.
- 76-Tuzhilkin, V. S. and A. N. Kosarev. 2005a. Thermohaline structure and general circulation of the Caspian Sea waters, in: *The Caspian Sea Environment*, edited by: Kostianoy, A. G. and Kosarev, A. N., Springer, Berlin/Heidelberg.
- 77-Tuzhilkin, V. S., D. N. Katunin, and Y. R. Nalbandov. 2005b. Natural Chemistry of Caspian Sea Waters. In: Kostianoy, A. G. and Kosarev, A. N. (Ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer.
- 78-Valderrama, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry*, 10:109-122.

- 79-Vorgelegt, V. 2002. Biogeochemical Conversion of Nitrogen in Enclosed Pelagic Coastal Ecosystems of the German Bight: Mesocosm and Modelling Studies. Doctoral dissertation.
- 80-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.
- 81-Zaker, N. H. 2007. Characteristics and Seasonal Variations of Dissolved Oxygen, Int. *Journal of Environmental Research*, 1(4):296-301.
- 82-Zaker, N. H., P. Ghaffari, and S. Jamshidi. 2007. Physical Study of the Southern Coastal Waters of the Caspian Sea, off Babolsar, Mazandaran in Iran, *Journal of Coastal Research*, Special Issue 50:564-569.
- 83-Zirino, A. 1985. Mapping Strategies in Chemical Oceanography, Volume 209, American Chemical Society.

پیوست

جدول ۱: تست ANOVA و دانکن مربوط به دمای آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	240.3	3	80.1	161.2	0.00
Within Groups	236.2	475	0.50		
Total	476.5	478			

Dunca

SEASON	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
زمستان	120	-1.01		
بهار	119		-0.017	
پاییز	120		0.0457	
تابستان	120			0.986
Sig.		1.00	0.50	01.00

جدول ۲: تست ANOVA و دانکن مربوط به دمای آب در نیمه خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23.158	7	3.308	3.437	.001
Within Groups	453.383	471	.963		
Total	476.541	478			

DuncanTRA NSECT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
انزلی	59	-.317560		
آستارا	60	-.302912		
سفیدرود	60	-.153244	-.153244	
تنکابن	60	-.021678	-.021678	-.021678
نوشهر	60		.096545	.096545
بابلسر	60		.196492	.196492
امیرآباد	60		.236741	.236741
بندر ترکمن	60			.259057
Sig.		.134	.052	.168

جدول ۳: تست ANOVA و دانکن مربوط به دمای آب در اعماق مختلف (ساحل و دور از ساحل) در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28.387	4	7.097	7.506	.000
Within Groups	448.154	474	.945		
Total	476.541	478			

Duncan

DEPTH	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
۱۰۰ متر	160	-.311564	
۵۰ متر	127	.004248	.004248
۲۰ متر	96		.229961
۱۰ متر	64		.260846
۵ متر	32		.327014
Sig.		.055	.073

جدول ۴: تست ANOVA و دانکن مربوط به دمای آب در نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.723	2	10.361	10.820	.000
Within Groups	455.818	476	.958		
Total	476.541	478			

Duncan

REGION	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
غربی	179	-.257572	
مرکزی	180		.090453
شرقی	120		.247899
Sig.		1.000	.159

جدول ۵: تست ANOVA و دانکن مربوط به شوری آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	175.194	3	58.398	91.989	.000
Within Groups	300.279	473	.635		
Total	475.473	476			

Duncan

SEASON	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
4	120	-.729881			
1	120		-.332004		
2	117			.179873	
3	120				.886256
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

جدول ۶: تست ANOVA مربوط به شوری آب در نیمه خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.019	7	1.574	1.589	.136
Within Groups	464.454	469	.990		
Total	475.473	476			

جدول ۷: تست ANOVA مربوط به شوری آب در اعماق مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.643	4	1.161	1.164	.326
Within Groups	470.830	472	.998		
Total	475.473	476			

جدول ۸: تست ANOVA مربوط به شوری آب در نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.126	2	.063	.063	.939
Within Groups	475.347	474	1.003		
Total	475.473	476			

جدول ۹: تست ANOVA و دانکن مربوط به شفافیت آب در فصول مختلف

در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19.341	3	6.447	7.361	0.000
Within Groups	135.757	155	0.876		
Total	155.098	158			

Duncan

SEASON	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Fall	40	-0.30	
Winter	40	-0.27	
Summer	39	0.028	
Spring	40		0.56
Sig.		0.140	1.00

جدول ۱۰: تست ANOVA مربوط به شفافیت آب در نیم خط های مختلف

در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.772	7	0.967	0.985	0.444
Within Groups	148.326	151	0.982		
Total	155.098	158			

جدول ۱۱: تست ANOVA و دانکن مربوط به شفافیت آب در اعماق مختلف

در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	87.682	4	21.921	50.074	0.000
Within Groups	67.415	154	.438		
Total	155.098	158			

Duncan

DEPTH	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
5	32	-1.07				
10	32		-0.60			
20	31			0.18		
50	32				0.57	
100	32					0.92
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

جدول ۱۲: تست ANOVA مربوط به شفافیت آب در اعماق مختلف

در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.021	2	1.511	1.550	0.216
Within Groups	152.076	156	0.975		
Total	155.098	158			

جدول ۱۳: تست ANOVA و دانکن مربوط به pH آب در فصول مختلف

در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	105.124	3	35.041	44.765	.000
Within Groups	371.822	475	.783		
Total	476.946	478			

Duncan

SEASON	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1	120	-.334065	
4	120	-.275464	
2	120	-.194249	
3	119		.810116
Sig.		.252	1.000

جدول ۱۴: تست ANOVA و دانکن مربوط به pH آب در

نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15.050	7	2.150	2.192	.034
Within Groups	461.895	471	.981		
Total	476.946	478			

Duncan

TRANSECT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
8	59	-.262455		
7	60	-.164614	-.164614	
4	60	-.147309	-.147309	
2	60	-.057485	-.057485	-.057485
3	60	.053145	.053145	.053145
6	60	.090232	.090232	.090232
1	60		.201298	.201298
5	60			.281986
Sig.		.089	.077	.096

جدول ۱۵: تست ANOVA مربوط به pH آب در اعماق مختلف

در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.309	4	1.077	1.080	.366
Within Groups	472.636	474	.997		
Total	476.946	478			

جدول ۱۶: تست ANOVA و دانکن مربوط به pH آب در نواحی

مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.193	2	3.596	3.644	.027
Within Groups	469.753	476	.987		
Total	476.946	478			

Duncan

REGION	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3	119	-.213123	
1	180		.065652
2	180		.074970
Sig.		1.000	.934

جدول ۱۷: تست ANOVA و دانکن مربوط به اکسیژن محلول

آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	300.880	3	100.293	270.431	.000
Within Groups	176.532	476	.371		
Total	477.412	479			

Duncan

SEASON	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
1	120	-.847881			
2	120		-.582955		
3	120			.254157	
4	120				1.176436
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

جدول ۱۸: تست ANOVA مربوط به اکسیژن محلول آب در نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.170	7	.167	.166	.992
Within Groups	476.242	472	1.009		
Total	477.412	479			

جدول ۱۹: تست ANOVA و دانکن مربوط به اکسیژن محلول آب در اعماق مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16.673	4	4.168	4.297	.002
Within Groups	460.739	475	.970		
Total	477.412	479			

Duncan

COASDEEP	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
5	160	-.207457		
4	128	-.043602	-.043602	
3	96	.115717	.115717	.115717
2	64		.248211	.248211
1	32			.367212
Sig.		.066	.098	.155

جدول ۲۰: تست ANOVA مربوط به اکسیژن محلول آب در نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.523	2	.261	.261	.770
Within Groups	476.889	477	1.000		
Total	477.412	479			

**جدول ۲۱: تست ANOVA و دانکن مربوط به یون ازت آمونیمی
لایه نوری آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	55.686	3	18.562	21.578	.000
Within Groups	326.891	380	.860		
Total	382.577	383			

Duncan

		Subset for alpha = .05	
SEASON	N	1	2
1	96	-.431203	
4	96	-.323391	
2	96		.328524
3	96		.426161
Sig.		.421	.466

**جدول ۲۲: تست ANOVA مربوط به یون ازت آمونیمی لایه نوری آب در
نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	59.793	7	8.542	9.950	.000
Within Groups	322.784	376	.858		
Total	382.577	383			

Duncan

		Subset for alpha = .05				
TRANSECT	N	1	2	3	4	5
4	48	-.659342				
2	48	-.480188	-.480188			
3	48		-.160561	-.160561		
5	48			.003386	.003386	
1	48			.093027	.093027	
6	48			.223768	.223768	.223768
7	48				.401821	.401821
8	48					.578270
Sig.		.344	.092	.063	.054	.077

**جدول ۲۳: تست ANOVA مربوط به یون ازت آمونیمی لایه نوری آب در
اعماق مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.353	4	1.088	1.090	.361
Within Groups	378.224	379	.998		
Total	382.577	383			

**جدول ۲۴: تست ANOVA مربوط به یون ازت آمونیمی لایه نوری
آب در نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	30.843	2	15.421	16.704	.000
Within Groups	351.734	381	.923		
Total	382.577	383			

Duncan

REGION	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1	144	-.182574	
2	144	-.144063	
3	96		.490046
Sig.		.753	1.000

**جدول ۲۵: تست ANOVA و دانکن مربوط به یون ازت نیترو تی لایه نوری
آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	43.156	3	14.385	16.740	.000
Within Groups	326.555	380	.859		
Total	369.711	383			

Duncan

SEASON	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1	96	-.291897	
3	96	-.136779	
2	96	-.121138	
4	96		.575428
Sig.		.232	1.000

جدول ۲۶: تست ANOVA مربوط به یون ازت نیتر تی لایه نوری
آب در نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15.151	7	2.164	2.295	.027
Within Groups	354.560	376	.943		
Total	369.711	383			

Duncan

TRANSECT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4	48	-.306335		
5	48	-.242388	-.242388	
8	48	-.049767	-.049767	-.049767
7	48	-.021456	-.021456	-.021456
6	48	.074746	.074746	.074746
2	48	.082094	.082094	.082094
1	48		.168150	.168150
3	48			.346183
Sig.		.088	.070	.081

جدول ۲۷: تست ANOVA و دانکن مربوط به یون ازت نیتر تی لایه نوری
آب در اعماق مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.294	4	2.573	2.714	.030
Within Groups	359.418	379	.948		
Total	369.711	383			

Duncan

COADEEP	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4	96	-.240783	
3	96	-.003189	-.003189
2	64	.078849	.078849
5	96	.112931	.112931
1	32		.312267
Sig.		.060	.095

جدول ۲۸: تست ANOVA مربوط به یون ازت نیترو تی لایه نوری آب در نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.392	2	4.696	4.966	.007
Within Groups	360.319	381	.946		
Total	369.711	383			

Duncan

		Subset for alpha = .05	
REGION	N	1	2
2	144	-.157993	
3	96	-.035611	-.035611
1	144		.198809
Sig.		.323	.059

جدول ۲۹: تست ANOVA و دانکن مربوط به یون ازت نیترو تی لایه نوری آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	32.418	3	10.806	11.784	.000
Within Groups	348.450	380	.917		
Total	380.868	383			

Duncan

		Subset for alpha = .05		
SEASON	N	1	2	3
2	96	-.423420		
3	96		-.019260	
1	96		.051185	
4	96			.394224
Sig.		1.000	.611	1.000

جدول ۳۰: تست ANOVA مربوط به ازت نیترو تی لایه نوری آب در نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.662	7	1.666	1.697	.108
Within Groups	369.206	376	.982		
Total	380.868	383			

جدول ۳۱: تست ANOVA مربوط به ازت نیتراتی لایه نوری آب در اعماق

مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.277	4	1.319	1.331	.258
Within Groups	375.591	379	.991		
Total	380.868	383			

جدول ۳۲: تست ANOVA مربوط به ازت نیتراتی لایه نوری آب در

نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.707	2	2.853	2.898	.056
Within Groups	375.161	381	.985		
Total	380.868	383			

Duncan

REGION	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1	144	-.154997	
3	96	.066385	.066385
2	144		.112560
Sig.		.080	.715

جدول ۳۳: تست ANOVA و دانکن مربوط به ازت معدنی لایه نوری

آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	27.317	3	9.106	9.736	.000
Within Groups	355.382	380	.935		
Total	382.699	383			

Duncan

SEASON	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
1	96	-.389384		
4	96		-.029783	
2	96		.060950	
3	96			.358230
Sig.		1.000	.516	1.000

جدول ۳۴: تست ANOVA مربوط به ازت معدنی لایه نوری آب در نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	37.796	7	5.399	5.886	.000
Within Groups	344.903	376	.917		
Total	382.699	383			

Duncan

TRANSECT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4	48	-.401410		
2	48	-.376553		
3	48	-.251130		
1	48	-.048352	-.048352	
5	48	-.032543	-.032543	
7	48		.302055	.302055
6	48			.389824
8	48			.418136
Sig.		.094	.091	.580

جدول ۳۵: تست ANOVA مربوط به ازت معدنی لایه نوری آب در اعماق مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.447	4	2.112	2.138	.075
Within Groups	374.252	379	.987		
Total	382.699	383			

Duncan

COADEEP	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
5	96	-.122646	
3	96	-.103977	
4	96	.000076	
2	64	.153063	.153063
1	32		.373555
Sig.		.155	.210

جدول ۳۶: تست ANOVA مربوط به ازت معدنی لایه نوری آب در

نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19.792	2	9.896	10.389	.000
Within Groups	362.907	381	.953		
Total	382.699	383			

Duncan

		Subset for alpha = .05	
REGION	N	1	2
1	144	-.225345	
2	144	-.014710	
3	96		.360095
Sig.		.091	1.000

جدول ۳۷: تست ANOVA و دانکن مربوط به ازت آلی لایه نوری آب

در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.365	3	2.788	2.832	.038
Within Groups	371.164	377	.985		
Total	379.528	380			

Duncan

		Subset for alpha = .05	
SEASON	N	1	2
4	95	-.251849	
1	96		.049420
3	94		.070566
2	96		.130559
Sig.		1.000	.599

جدول ۳۸: تست ANOVA مربوط به ازت آلی لایه نوری آب در
نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	102.605	7	14.658	19.743	.000
Within Groups	276.923	373	.742		
Total	379.528	380			

Duncan

TRANSECT	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
4	47	-.963620			
3	47		-.324756		
7	48		-.226487		
8	47		-.093547	-.093547	
6	48			.145960	
5	48			.197618	
1	48			.270471	
2	48				.965270
Sig.		1.000	.220	.059	1.000

جدول ۳۹: تست ANOVA مربوط به ازت آلی لایه نوری آب در اعماق
مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.639	4	.410	.408	.803
Within Groups	377.889	376	1.005		
Total	379.528	380			

جدول ۴۰: تست ANOVA مربوط به ازت آلی لایه نوری آب در نواحی
مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21.824	2	10.912	11.531	.000
Within Groups	357.704	378	.946		
Total	379.528	380			

Duncan

REGION	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2	143	-.201387	
3	95	-.160717	
1	143		.308056
Sig.		.744	1.000

جدول ۴۱: تست ANOVA و دانکن مربوط به ازت کل لایه نوری آب
در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.731	3	2.577	2.614	.051
Within Groups	371.615	377	.986		
Total	379.346	380			

Duncan

SEASON	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4	95	-.221149	
1	96	-.028551	-.028551
3	94		.112741
2	96		.137393
Sig.		.181	.280

جدول ۴۲: تست ANOVA مربوط به ازت کل لایه نوری آب در
نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	114.697	7	16.385	23.094	.000
Within Groups	264.649	373	.710		
Total	379.346	380			

Duncan

TRANSECT	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
4	47	-1.112097				
3	47		-.409566			
7	48		-.153011	-.153011		
8	47			.013219	.013219	
5	48				.216595	
6	48				.229618	
1	48				.284544	
2	48					.900051
Sig.		1.000	.138	.336	.155	1.000

جدول ۴۳: تست ANOVA مربوط به ازت کل لایه نوری آب در اعماق
مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.682	4	.671	.669	.614
Within Groups	376.664	376	1.002		
Total	379.346	380			

جدول ۴۴: تست ANOVA مربوط به ازت کل لایه نوری آب در نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17.024	2	8.512	8.880	.000
Within Groups	362.323	378	.959		
Total	379.346	380			

Duncan

REGION	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2	143	-.215737	
3	95	-.070771	
1	143		.263014
Sig.		.247	1.000

جدول ۴۵: تست ANOVA و دانکن مربوط به فسفر معدنی لایه نوری آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	41.298	3	13.766	15.536	.000
Within Groups	336.702	380	.886		
Total	378.000	383			

Duncan

SEASON	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
1	96	-.370564		
4	96	-.202775		
3	96		.086666	
2	96			.494225
Sig.		.218	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 96.000.

جدول ۴۶: تست ANOVA مربوط به فسفر معدنی لایه نوری آب در نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16.187	7	2.312	2.403	.020
Within Groups	361.813	376	.962		
Total	378.000	383			

Duncan

TRANSECT	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4	48	-.394391	
6	48	-.223160	-.223160
5	48	-.034621	-.034621
3	48	-.033679	-.033679
8	48		.121241
7	48		.149745
1	48		.211777
2	48		.218192
Sig.		.101	.057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 48.000.

جدول ۴۷: تست ANOVA مربوط به فسفر معدنی لایه نوری آب در اعماق مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.655	4	1.664	1.698	.150
Within Groups	371.345	379	.980		
Total	378.000	383			

جدول ۴۸: تست ANOVA مربوط به فسفر معدنی لایه نوری آب در نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.079	2	5.540	5.752	.003
Within Groups	366.921	381	.963		
Total	378.000	383			

Duncan

REGION	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2	144	-.217391	
1	144		.132097
3	96		.135493
Sig.		1.000	.978

جدول ۴۹: تست ANOVA و دانکن مربوط به فسفر آلی لایه نوری
آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	58.378	3	19.459	22.892	.000
Within Groups	323.013	380	.850		
Total	381.392	383			

Duncan

SEASON	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4	96	-.373125		
2	96	-.210816	-.210816	
3	96		-.063881	
1	96			.648352
Sig.		.223	.270	1.000

جدول ۵۰: تست ANOVA و دانکن مربوط به فسفر آلی لایه نوری
آب در نیمه خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13.002	7	1.857	1.896	.069
Within Groups	368.390	376	.980		
Total	381.392	383			

Duncan

TRANSECT	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
6	48	-.250544	
2	48	-.227554	
8	48	-.096991	
1	48	.014476	.014476
3	48	.040134	.040134
4	48	.047217	.047217
7	48	.113947	.113947
5	48		.360377
Sig.		.123	.130

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 48.000.

جدول ۵۱: تست ANOVA مربوط به فسفر آلی لایه نوری آب در اعماق

مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.390	4	1.098	1.103	.355
Within Groups	377.001	379	.995		
Total	381.392	383			

جدول ۵۲: تست ANOVA مربوط به فسفر آلی لایه نوری آب

در نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.880	2	.440	.441	.644
Within Groups	380.512	381	.999		
Total	381.392	383			

جدول ۵۳: تست ANOVA و دانکن مربوط به فسفر کل لایه نوری

آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	50.866	3	16.955	19.465	.000
Within Groups	330.998	380	.871		
Total	381.864	383			

Duncan

		Subset for alpha = .05		
SEASON	N	1	2	3
4	96	-.526997		
3	96		-.000868	
2	96		.027761	
1	96			.501351
Sig.		1.000	.832	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 96.000.

**جدول ۵۴: تست ANOVA و دانکن مربوط به فسفر کل لایه نوری
آب در نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17.400	7	2.486	2.564	.014
Within Groups	364.464	376	.969		
Total	381.864	383			

Duncan

TRANSECT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6	48	-.358928		
4	48	-.212689	-.212689	
2	48	-.091155	-.091155	
8	48	-.009563	-.009563	-.009563
3	48	.018988	.018988	.018988
1	48		.091685	.091685
7	48		.204179	.204179
5	48			.359978
Sig.		.095	.070	.103

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 48.000.

**جدول ۵۵: تست ANOVA و دانکن مربوط به فسفر کل لایه نوری آب
در اعماق مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.178	4	2.795	2.857	.023
Within Groups	370.686	379	.978		
Total	381.864	383			

Duncan

COADEEP	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3	96	-.243490	
4	96	.012365	.012365
5	96	.033428	.033428
2	64	.108649	.108649
1	32		.379535
Sig.		.066	.055

**جدول ۵۶: تست ANOVA مربوط به فسفر کل لایه نوری آب در نواحی
مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.632	2	.816	.818	.442
Within Groups	380.232	381	.998		
Total	381.864	383			

جدول ۵۷: تست ANOVA و دانکن مربوط به سلیس محلول لایه نوری
آب در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28.315	3	9.438	10.146	.000
Within Groups	353.494	380	.930		
Total	381.809	383			

		Subset for alpha = .05	
SEASON	N	1	2
1	96	-.340468	
3	96	-.191243	
2	96		.240499
4	96		.290887
Sig.		.284	.718

Duncan

جدول ۵۸: تست ANOVA مربوط به سلیس محلول لایه نوری
آب در نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	60.372	7	8.625	10.089	.000
Within Groups	321.436	376	.855		
Total	381.809	383			

		Subset for alpha = .05			
TRANSECT	N	1	2	3	4
6	48	-.469573			
7	48	-.438732	-.438732		
1	48	-.169495	-.169495	-.169495	
5	48	-.156478	-.156478	-.156478	
8	48		-.037355	-.037355	
3	48			.055722	
4	48				.451687
2	48				.763571
Sig.		.132	.051	.283	.099

Duncan

جدول ۵۹: تست ANOVA و دانکن مربوط به سیلیس محلول لایه نوری
آب در اعماق مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22.846	4	5.712	6.030	.000
Within Groups	358.963	379	.947		
Total	381.809	383			

Duncan

		Subset for alpha = .05	
COADEEP	N	1	2
4	96	-.173594	
5	96	-.139384	
3	96	-.096227	
2	64		.331498
1	32		.563641
Sig.		.675	.178

جدول ۶۰: تست ANOVA مربوط به سیلیس محلول لایه نوری
آب در نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۸

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.682	2	6.341	6.545	.002
Within Groups	369.127	381	.969		
Total	381.809	383			

Duncan

		Subset for alpha = .05	
REGION	N	1	2
3	96	-.238043	
2	144	-.058121	
1	144		.216599
Sig.		.152	1.000

Abstract

This study was conducted to physico-chemical characteristics of water in the Iranian coastal of southern Caspian Sea during four seasons at 8 transects (Astra, Anzali, Sefidrud, Tonekabon, Nowshahr, Babolsar, Amirabad and Bandar Turkman) during 2009-2010. 480 samples were collected at different layers of water and then analyzed based on standard methods. Results showed that the mean of water temperature were 18.67 ± 0.32 and 17.82 ± 0.43 °C at the surface and euphotic layer, respectively. Minimum and maximum of water temperature were recorded in winter (6.40) and summertime (27.60). In addition, temperature gradient was ranged between 12 to 15 °C at 20 to 50 layers in 50 and 100m depths. Mean of salinity was 11.04 ± 0.17 g/l at euphotic layer. Pearson correlation between temperature and salinity was positively significant. Therefore, maximum salinity was recorded in summer and minimum in winter. Mean of transparency (SD) in the present study was 4.35 ± 0.21 m which compared to the pervious sampling period (2008) showed small decrease, but the mean of pH was observed 8.43 ± 0.01 which was higher than the pervious sampling period (2008). The mean of DO and DO% were observed 5.72 ± 0.06 ml/l and 130 ± 1 percent at euphotic layer during sampling period. The mean of DO% was recorded 104 ± 5 at euphotic layer in 1996 (before introduction of *Mnemeiopsis leidy*), but the study in the years 2004, 2008 and present (one decade after introduction of *Mnemeiopsis leidy*) this value was registered higher than 120% at euphotic layer. This shows that trophic status of Caspian ecosystem shifted from oligotrophy (before introduction of *Mnemeiopsis leidy*) to meso-eutrophy (after introduction of *Mnemeiopsis leidy*). Annual concentration of inorganic nitrogen (DIN= NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻) has a fairly wide variation. Percentage of nitrogen components out of DIN were varied 9-98, 0.2-28.2 and 0.0-90.0 respectively. In this study, percentage of DIN was lower than 15% and organic nitrogen (DON) was higher than 80%. Overall, results showed that water temperature, salinity, transparency and DON were recorded lower than the previous study (2008), but DO, DO%, pH, NH₄⁺, NO₃⁻ and DSi were higher than the pervious sampling period. Inorganic phosphorous (DIP) and NO₂⁻ have not changed substantially. N/P ratio of Caspian Sea has a narrow range which order of magnificent lower than other seas. The results of the present study showed that Caspian ecosystem was nitrogen limitation before introduction of *Mnemeiopsis leidy*, while it seems that after introduction of *Mnemeiopsis leidy* the system has been shifted to the phosphorous limitation.

Keywords: Physico-chemical parameters; Nutrients, Water, Caspian Sea

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

Title : Study of physico-chemical Characteristics of Water in the southern of Caspian Sea

Apprpved Number: 12-76-12-8801-88037

Author: Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Executor : Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Collaborator : M.V.Farabi, H.Younesipour, Y.Olomi, A.Nasrollatabar, F. Elyasi,
M.Noroozian, Gh.Delinad, M.Golaghaei, A.Mokarami, A. Makhlogh, M.Kardarostami

Advisor(s): Sh. Najafpoor

Supervisor: -

Location of execution : Mazandaran Province

Date of Beginning : 2009

Period of execution : 1 Year & 10 Months

Publisher : *Iranian Fisheries Research Organization*

Circulation : 20

Date of publishing : 2013

**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 & EXTENTION ORGANIZATION
IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION - Caspian Sea Ecology Research Center

Title:

**Study of physico-chemical Characteristics
of Water in the southern of Caspian Sea**

Executor :

Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Registration Number

40746