

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

عنوان :

**هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده‌های
طرح زیست محیطی در منطقه جنوبی دریای خزر**

مجری مسئول :

حسن نصراله زاده ساروی

شماره ثبت

۴۲۱۹۴

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

عنوان پروژه/طرح: هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده‌های طرح زیست محیطی در منطقه جنوبی دریای خزر

شماره مصوب: ۱-۷۶-۱۲-۸۸۰۱

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

نام و نام خانوادگی مجری مسئول (اختصاص به پروژه‌ها و طرح‌های ملی و مشترک دارد): حسن نصراله زاده

ساروی

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

نام و نام خانوادگی همکار(ان): سید محمد وحید فارابی، رضا پورغلام، مهدی نادری، شعبان نجف پور، نیما پورنگ، مهدی

یوسفیان

نام و نام خانوادگی مشاور(ان): غلامرضا امینی رنجبر

نام و نام خانوادگی ناظر(ان): -

محل اجرا: استان مازندران

تاریخ شروع: ۸۸/۱/۱

مدت اجرا: ۲ سال و ۱۰ ماه

ناشر: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

تاریخ انتشار: سال ۱۳۹۲

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

«سوابق طرح یا پروژه و مجری»

طرح : هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده‌های طرح زیست محیطی در منطقه جنوبی

دریای خزر

کد مصوب : ۱-۷۶-۱۲-۸۸۰۱

تاریخ : ۹۱/۱۰/۲۷

شماره ثبت (فروست) : ۴۲۱۹۴

با مسئولیت اجرایی جناب آقای حسن نصراله زاده ساروی دارای مدرک تحصیلی

دکتری در رشته علوم زیستی (گرایش محیط زیست) می‌باشد.

طرح توسط داوران منتخب بخش اکولوژی منابع آبی در تاریخ ۹۱/۶/۲۱

مورد ارزیابی و با نمره ۱۹/۲ و رتبه عالی تأیید گردید.

در زمان اجرای طرح مجری در :

ستاد پژوهشکده مرکز ایستگاه

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

به نام خدا

صفحه	عنوان
۱	چکیده
۵	۱- مقدمه
۱۴	۲. مواد و روش ها
۱۴	۱-۲- ایستگاهها، زمان و روش نمونه برداری
۱۷	۲-۲- روش بررسی نمونه ها
۲۱	۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری
۲۷	۳. نتایج
۲۷	۱-۳- پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب
۴۸	۲-۳- پارامترهای آلودگی در آب
۵۵	۳-۳- پارامترهای آلودگی در رسوب
۶۰	۳-۴- ارتباط آلودگیها با بافت رسوب
۶۱	۳-۵- فیتوپلانکتون
۷۴	۳-۶- زئوپلانکتون
۸۸	۳-۷- شانه دار
۹۳	۳-۸- ماکروبنتوزها
۱۰۳	۳-۹- پارامترهای زیستی و غیر زیستی
۱۶۳	۴. بحث
۱۹۵	پیشنهادها
۱۹۸	منابع
۲۰۱	پیوست
۲۱۵	چکیده انگلیسی

چکیده

این طرح به بررسی روابط پارامترهای زیستی (فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، ماکروبتوز و شانه دار *Mnemiopsis leidy*) و پارامترهای غیر زیستی (پارامترهای محیطی، مواد مغذی و نیز آلاینده های زیست محیطی (نفی، سموم کشاورزی، فلزات سنگین و دترجنت) در آب ورسوب در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸ پرداخته است. نمونه برداری در چهار فصل (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) و در هشت نیم خط عمود بر ساحل در منطقه آستارا، انزلی، سفیدرود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیر آباد و بندر ترکمن انجام گردید. نمونه ها از ایستگاههایی در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر و لایه های مختلف جمع آوری گردید. در این مطالعه از روشهای پارامتریک و چند متغیره جهت نشان دادن ارتباط پارامترهای زیستی و غیرزیستی استفاده شده است.

نتایج نشان داد که میانگین سالانه (خطای استاندارد=SE) پارامترهای محیطی و مواد مغذی از قبیل دمای آب، شوری، pH، شفافیت، درصد اشباعیت، آمونیم، نترات، ازت معدنی، ازت آلی، فسفر معدنی، فسفر آلی و سیلیس محلول در لایه ۰-۲۰ به ترتیب برابر (۰.۳۲)۱۷۸۲ (درجه سانتیگراد)، (۰.۱۰)۱۱.۳۵ (گرم در لیتر)، (۰.۰۱)۸.۴۳ (متر)، (۱)۱۲۶(٪)، (۰.۱۹)۳.۷۶ (میکرومولار)، (۰.۰۷)۱.۵۵ (میکرومولار)، (۰.۱۳)۴.۸۱ (میکرومولار)، (۰.۶۶)۲۹۸۸ (میکرومولار)، (۰.۰۱)۰.۲۴ (میکرومولار)، (۰.۰۲)۰.۶۲ (میکرومولار) و (۰.۲۲)۸.۲۲ (میکرومولار) بوده است. همچنین میانگین سالانه (خطای استاندارد=SE) آلاینده های زیست محیطی ترکیبات نفتی (TPH)، سموم کشاورزی (OCPs)، و دترجنت (LAS) در آب به ترتیب برابر (۱.۷۶)۱۲.۳۳ (میکروگرم بر لیتر)، (۰.۹۰)۲.۸۵ (میکروگرم بر لیتر)، (۰.۰۰۳)۰.۰۴۸ (میلی گرم بر لیتر) بوده و میزان ترکیبات نفتی (TPH)، سموم کشاورزی (OCPs) در رسوبات سطحی برابر (۹.۳۶)۳۳.۰۷ (میکروگرم بر گرم وزن خشک)، (۰.۳۴)۲.۶۴ (میکروگرم بر گرم وزن خشک) مشاهده گردید. در خصوص میانگین سالانه (خطای استاندارد=SE) فلزات Cd, Pb, Hg, Ni در آب به ترتیب برابر (۰.۰۱)۴.۰۱ (میکروگرم در لیتر)، (۰.۰۱)۰.۶۴ (میکروگرم بر لیتر)، (۰.۰۱)۱۵.۰۰ (میکروگرم بر لیتر)، کمتر از حد تشخیص دستگاه (ND) و در رسوبات به ترتیب برابر (۳.۵۵)۴۳.۷۷ (میکروگرم بر گرم وزن خشک)، (۰.۲۹)۰.۱۳ (میکروگرم بر گرم وزن خشک)، (۱.۰۷)۱۴.۱۴ (میکروگرم بر گرم وزن خشک) و (۰.۰۶)۰.۰۷ (میکروگرم بر گرم وزن خشک) بوده است. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که میانگین سالانه (خطای استاندارد=SE) تراکم پارامترهای زیستی: فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون و شانه دار در لایه ۰-۲۰ به ترتیب برابر (۱۲)۱۴۳ (میلیون عدد بر متر مکعب)، (۷۰۰)۶۵۴۸ (عدد بر متر مکعب) و (۱۰)۸۶ (عدد بر متر مکعب) و زی توده به ترتیب برابر (۴۱)۵۴۸ (میلی گرم بر متر مکعب)، (۹)۶۰ (میلی گرم بر متر مکعب) و (۰.۶۵)۵.۰۶ (گرم بر متر مکعب) بوده است. همچنین میانگین سالانه (خطای استاندارد=SE) تراکم پارامترهای زیستی: فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون و شانه دار در زیر لایه ۲۰ متر به ترتیب برابر (۲۲)۶۵۰ (میلیون عدد بر متر مکعب)، (۲۱۵)۱۱۰۲ (عدد بر متر مکعب) و (۳)۱۲ (عدد بر متر مکعب) و زی توده به ترتیب برابر (۴۴)۲۹۰ (میلی گرم بر متر مکعب)، (۳)۱۳ (میلی گرم بر متر مکعب) و (۰.۰۹)۰.۴۶ (گرم بر

مترمکعب) بوده است. میانگین سالانه (خطای استاندارد = SE) تراکم ماکروبنئوز به ترتیب برابر (۴۶۰) (۵۹۷۰ (عدد بر مترمربع) و زی توده آن (۱۰) (۴۴ (گرم بر مترمربع) ثبت گردیده است.

طبق اطلاعات این مطالعه طبقه بندی ستون آب در این حوزه براساس گرادیان دمایی استوار بوده و نقش شوری کم بوده است. همچنین براساس آزمون های یک و چند متغیره بر روی پارامترهای محیطی و مواد مغذی، چهار فصل کاملاً در حوزه جنوبی دریای خزر از همدیگر مجزا گردیدند. در این تحقیق روند غلظت نیتروژن نسبت به سالهای قبل افزایشی بوده در صورتی که میزان فسفر معدنی روند کاهشی را نشان داد. در نتیجه اکوسیستم به سمت محدودیت فسفری سوق پیدا کرده است. عدم محدودیت سیلیسی (غلظت کافی) در اکوسیستم خزری سبب گردید که شاخه باسیلاروفیتا در سه فصل بهار، پاییز و زمستان رتبه اول را در شاخه های غالب دارا گردد. اما در تابستان بعنوان گرم ترین فصل سال که بالاترین میزان فسفر معدنی در آن ثبت گردید، شاخه سیانوفیتا با بالاترین میزان تراکم، رتبه اول را در شاخه های غالب بدست آورد.

تراکم زئوپلانکتون در فصول بهار و زمستان دارای حداکثر بوده و در فصول تابستان و پاییز یعنی در زمان تراکم بالای شانه دار حداقل گردید. *M.leidy* تاکنون زمان هایی را که دما و شوری در دریای خزر بالاتر بوده است را برای رشد و تکثیر ترجیح داده است، اما با توجه به نتایج آنالیز PCA و با در نظر گرفتن توان بالای سازگاری در این موجود، احتمال رشد و تکثیر این گونه در دمای پایین تر از حداقل دمای پاییز و شوری کمتر از حداقل شوری (تابستان) وجود دارد.

نتایج نشان داد که در زمان رشد و تکثیر شانه دار (فصول تابستان و پاییز)، از شش گروه اصلی زئوپلانکتون تنها دو گروه کوبه پودا و سیرپدیا (مروپلانکتون) غالب بوده و تراکم ۴ گروه دیگر عمدتاً "بدلیل مصرف بیشتر توسط شکارگر های مختلف و نیز سیکل زندگی به حداقل رسید. در واقع علاوه بر دینامیک جمعیت *M.leidy* بعنوان یک عامل اصلی، برآیند بین فاکتورهای مختلف و موثر از جمله درجه حرارت، شوری، مواد مغذی، شکارگری و شکار شدن سبب تغییر در جمعیت زئوپلانکتون گردید.

بر اساس نتایج آنالیز آماری، رفتارهای تغذیه ای گونه های زئوپلانکتون در فصول مختلف یکسان نبود و بشدت به ترکیب گونه ای و جمعیت فیتوپلانکتون بستگی داشت. به عبارت دیگر مرزبندی کلاسیک گونه های فیتوپلانکتون به گونه های ماکول و حساس، غیر ماکول و غیر حساس و گونه غیر ماکول و حساس امکان پذیر نبود. نتایج نشان داد که کوبه پودا با توان دو گانه تغذیه یعنی فیلتراسیون و شکارگری نسبت به کلادوسرا (عموماً دارای توان فیلتراسیون و گاهاً "شکارگری) و روتیفرا (عموماً "تغذیه از ذرات ریز و گاهاً "شکارگری) دارای فرصت و شانس بیشتر برای بدست آوردن غذا و بالا نگه داشتن میزان جمعیت خود در تمام فصول سال هستند. البته توان *Acartia tonsa* (بعنوان یک گونه غیر بومی در دریای خزر) برای رشد و تکثیر زیاد نیز نقش مهمی در بالا نگه داشتن جمعیت کوبه پودا در تمام فصول سال داشته است.

گروه های مختلف پلانکتونی (فیتو و زئوپلانکتون) افزایش طبیعی و تدریجی جمعیت را در طی فصول مختلف سال ۱۳۸۸، بروز دادند. اما عموماً افزایش تراکم و زی توده فیتوپلانکتون در مقایسه با زئوپلانکتون بسیار

بیشتر بود بطوریکه در سه فصل اول سال نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون به ترتیب مقادیر ۱۰، ۴ و ۱۴ را بدست آورد. در تابستان با لایه بندی آب و غالب شدن سیانوفیتا این میزان به حداقل خود در دوره مطالعه رسید، ولی از پاییز به زمستان بدلیل شدت یافتن افزایش جمعیت زئوپلانکتون، این نسبت با ۱۰۳ برابر کاهش به ۱۱ رسید. کاهش زی توده زئوپلانکتون در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال های پیش از ورود شانه دار سبب گردید که میانگین زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون از "کمتر از 5" به "بیشتر از ۱۰" برسد. به این ترتیب در سال ۱۳۸۸ با کاهش شاخص شانون در زئوپلانکتون و افزایش شاخص شانون در فیتوپلانکتون، بر خلاف سال های پیش از هجوم شانه دار، توان فیتوپلانکتون در مقابل کنترل top-down یعنی چرای زئوپلانکتون (Grazing) افزایش یافت، بطوریکه عموماً " کنترل جمعیت فیتوپلانکتون از طریق مواد مغذی (کنترل down-top) صورت گرفت.

تغییرات تراکم ماکروبتوز در فصول مختلف نشان داد که حداکثر تراکم در فصول تابستان و حداقل آن در فصل سرما یعنی زمستان بوده است. در فصول مختلف رده ی پرتاران بالاترین سهم جمعیتی را در بین رده های غالب ماکروبتوز دارا بود. غالب بودن تراکم گونه های رسوب خوار پرتاران در تجمعات ماکروبتوز بیانگر بالابودن مواد آلی رسوب و سطح تروفیکی اکوسیستم بوده است. نتایج آزمون تناظر متعارف کننده (CCA) نشان می دهد که سه رده غالب (پرتاران، کم تاران و سخت پوستان) در فصول مختلف رفتار متفاوتی را نسبت به متغیرهای محیطی (دما، شوری، درصد اشباعیت و pH) و بافت بستر نشان داده است. رده کم تاران در بیشتر فصول رابطه مستقیم با بافت بستر داشته است و با متغیرهای محیطی رابطه عکس داشته است. بر خلاف رده کم تاران، رده پرتاران در اکثر فصول با متغیرهای محیطی رابطه مستقیم داشته است. رده سخت پوستان نیز در فصول مختلف با بافت بستر و متغیرهای محیطی رابطه مستقیم داشته است. نتایج همچنین نشان داد که اثرات ترکیبات سموم کلره، ترکیبات نفتی و فلزات بر تراکم رده های کم تاران و سخت پوستان مشهود تر از سایر رده های ماکروبتوزی بوده است.

بطور کلی افزایش سطح تروفیکی از اولیگوتروف به مزو-یوتروف، افزایش درصد اشباعیت اکسیژن از ۱۰۵ به ۱۲۰ درصد، افزایش شاخص شانون در فیتوپلانکتون و کاهش شاخص شانون در زئوپلانکتون، ورود گونه هایی مانند *Cerataulina pelagica*، *Pseudonitzschia seriata* با پتانسیل تهاجمی در لیست گونه های غالب فیتوپلانکتون، افزایش نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون از کمتر از ۵، به بیشتر از ۱۰ و افزایش تراکم گونه های رسوب خوار ماکروبتوز را در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال های پیش از ورود شانه دار، را می توان از جمله دلایل وجود اغتشاش و استرس در دریای خزر بر شمرد.

کلمات کلیدی: پارامترهای محیطی و مواد مغذی، آلاینده های زیست محیطی، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، شانه دار، ماکروبتوزها، دریای خزر.

موقعیت سیاسی و اقتصادی کشورهای حاشیه دریای خزر بعد از فروپاشی اتحاد جماهیر شوروی در سال ۱۹۹۲ و ایجاد دولت های جدید در آذربایجان، ترکمنستان و قزاقستان دچار تغییرات گردید. اگرچه در حاشیه آن ۵ کشور قرار دارند ولی سه کشور ارمنستان، گرجستان و ترکیه نیز دارای حوضه آبریز به دریای خزر می باشند. حدود ۴ درصد از جمعیت و سرزمین جهان به این پنج کشور حاشیه ای تعلق دارد. همچنین ۳ درصد از تولید خالص ملی در این محدوده متمرکز گردیده است. منطقه دریای خزر نقش کاملاً بارزی را در جهان و نیز اقتصاد جهانی ایفا می کند (Zonn et al., 2010).

پیچیدگی شکل گیری دریای خزر و جداسازی آن در هزاران سال پیش از سایر آب های کره زمین، سبب گردید که این محیط آبی نه تنها از نظر خواص فیزیکوشیمیایی بلکه زیستگاه ها و موجودات زنده آن نیز خاص گردند، بطوریکه در زیستگاه های منحصر به فرد و متنوع آن گونه های نادری همچون ماهیان خاویاری در آن سکنی گزیده اند. چنانکه در گذشته نه چندان دور بیشترین جمعیت از ماهیان خاویاری را دارا بود و ۸۰ درصد از صید ماهیان خاویاری در آن صورت می گرفت. در حال حاضر جمعیت ماهیان خاویاری به میزان قابل توجهی با توجه به آلودگی دریا و صید غیر مجاز کاهش یافته است. علاوه بر این، دریای خزر زیستگاه بسیاری از گونه های نادر از گیاهان، جانوران، سخت پوستان و نرم تنان است. اگرچه افزایش سطح آب دریای خزر در طول دوره ۹۶-۱۹۹۴ سبب کاهش شدید زیستگاه برای گونه های نادر گیاهان آبرزی گردیده است.

به عقیده Aladin and Plotnikov, 2004 سطح تولیدات اولیه در دریای خزر پایین است. مواد مغذی از رودخانه ها و عمدتاً بوسیله ولگا به آن وارد می شود. تا قبل از انجام فعالیتهای سازه ای بر روی این دریا و رودخانه های مربوطه، مواد مغذی عمدتاً در اواخر بهار و اوایل تابستان به آن وارد می شد. اما با احداث سد ها بخصوص بر

روی ولگا از ورود مواد مغذی به طریق کلاسیک جلوگیری شده است. به این ترتیب مواد مغذی بیشتر از سیکل داخل اکوسیستم و باران تامین می گردد.

جنس *Mnemiopsis* که بومی سواحل آتلانتیک و آمریکای شمالی است، در سال ۱۹۵۲ بر اثر رفت و آمد کشتی از اسکله آمریکا به اسکله اودسا منتقل گردید و در دریای سیاه حضور یافت و بدنبال آن در ۱۹۸۸ در دریای آزوف مشاهده شد. در اواخر پاییز ۱۹۹۹ *Mnemiopsis leidyi* برای اولین بار در مرز میان ناحیه میانی و جنوبی دریای خزر در اعماق ۳۲-۲۹ متر مشاهده گردید. پس از آن در بهار سال ۲۰۰۰ در بخش های غربی از خزر میانی و جنوبی و در تابستان ۲۰۰۰ در شمال خزر جنوبی گزارش گردید (Shiganova, et al., 2001, 2003).

M. leidyi به شدت از مزو پلانکتون ها بخصوص کوپه پودا و کلادوسرا تغذیه می کند چنانکه همراه با ظهور این شانه دار مهاجم در دریای خزر میزان زی توده مزوپلانکتون در خزر میانی و جنوبی به ترتیب ۶ و ۱۰ برابر کاهش یافت (Karpyuk et al., 2002). در دریای سیاه *M. leidyi* جوان عمدتاً از کوپه پودا و بالغ آنها از کلادوسرا تغذیه می کند. ارجحیت غذایی برای *M. leidyi* به ترتیب اهمیت شامل *Acartia clausi* در هر سن از دوره زندگی، کالانوس کوچک سائیزو کوپه پودا و کالانوس بزرگ سائیزاست (Kasimov, 2004). رقابت شدید *M. leidyi* در سفره غذایی ماهیان پلانکتون خوار، سبب گردیده که صید کیلکا آنچوی در آب های روسی دریای خزر از ۱۵۲ هزار تن در سال ۱۹۹۲ به ۳۲ هزار تن در سال ۲۰۰۰ برسد. در حالی که صید کیلکای معمولی در قسمتی از ناحیه شمالی خزر که مورد تهاجم *M. leidyi* قرار نگرفت، تغییری ننموده است. کاهش کیلکا اثر منفی بر روی تغذیه ماهی بلوگا و فک خزر گزارده است (Kasimov, 2004). همچنین در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر میزان صید کیلکا ماهیان طی سالهای ۸۹-۱۳۷۶ قبل و بعد از ورود شانه دار، نوسانات زیادی داشته است بطوریکه این میزان برای کیلکای آنچوی از ۵۱۳۰۰ تن به ۲۴۵ تن،

کیلکای چشم درشت از ۷۶۰۰ تن به ۱۰۹ تن و کیلکای معمولی از ۱۵۰۰ تن به ۲۶۸۰۰ تن رسیده است (جانباز و همکاران، ۱۳۸۹).

تعداد گونه های فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون در دریای خزر به ترتیب حدود ۴۵۰ و ۳۰۰ گونه است (Zonn et al., 2010) که بیشتر آن ها بومی دریای خزر هستند (Aladin and Plotnikov, 2004). شاخه های دیاتومه، سبز آبی، سبز، و پیروفیتا از بقیه گروه های فیتوپلانکتونی بیشتر هستند. در دو دهه اخیر نه تنها جمعیت زئوپلانکتون بشدت کاهش یافته بلکه ساختار ترکیب گونه ای آن نیز تغییر کرده است. گونه های غیر بومی و مزاحم مدیترانه ای از نظر زی توده در تجمعات پلانکتونی و بتوز جانشین گونه های بومی گردیده اند (Shiganova et al., 2005; Karpinsky, 2010). در حال حاضر در حوزه ایرانی دریای خزر پس از گذشت حدود ۱۰ سال از تهاجم شانه دار، از ۲۹ گونه راسته Cladocera تنها چند گونه با تراکم بسیار کم در دریا انتشار داشته است و از راسته پاروپایان Copepoda فقط جنس Acartia وجود داشته است، در حالی که در سال ۱۳۷۵ از این راسته علاوه بر دو گونه از Acartia، گونه های *Eurytemora minor*، *E. grimmi*، *Calanipeda aquae-dulcis* و *Limnocalanus grimaldii* نیز گزارش شده بود (طبری و همکاران، ۱۳۹۰). فضلی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در حوزه جنوبی دریای خزر در سالهای ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۵ تعداد ۳۳۵ گونه فیتوپلانکتون و ۶۷ گونه زئوپلانکتون (شامل هالو و مروپلانکتون و پروتوزوا) گزارش کردند.

تعداد گونه های ماکروبتوزها در دریای خزر حدود ۴۰۰ عدد است که نرم تنان، سخت پوستان و کرم ها در آنها از بقیه مشخص می باشند (Zonn et al., 2010). از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ در حوزه ایرانی دریای خزر ترکیب فراوانی کفزیان تغییرات عمده ای داشته است بدین ترتیب که کرم ها *Annelida* بخصوص *Nereis diversicolor* ۲۲ تا ۷۱ درصد و دوکفه ای ها *Bivalvae* بخصوص *Cerastoderma lamancki* ۳۵ تا ۵۱ درصد افزایش داشته است ولی سخت پوستان *Crustacea* بخصوص *Corophium robustom* ۹۸ درصد کاهش یافته است. هم اکنون میزان ماده

آلی بستر (TOM) در منطقه جنوبی دریای خزر نسبت به ۱۰ سال قبل، تقریباً دو برابر شده است و تغییرات ماکروبتوزها نیز به آن وابسته است (سلیمانی رودی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین در گزارش فضلی و همکاران (۱۳۸۹) در حوزه جنوبی دریای خزر تعداد گونه های ماکروبتوزها شناسایی شده در سالهای ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۵ بدون در نظر گرفتن گروههای *Oligochaeta*, *Chironomidae*, *Archaeobdella*، ۵۶ عدد بوده است.

از میان آلوده کننده های مختلف، نفت در ردیف اولین آلوده کننده های دریای خزر قرار دارد (Aladin and Plotnikov, 2004; Patin, 1997). اولین فعالیت اکتشافی نفت در دریای خزر در سال ۱۸۲۴ در منطقه آبخوران انجام گرفت و پس از آن وجود منابع سرشار از منابع هیدروکربنی در آن سبب ایجاد و گسترش تعداد قابل توجهی از صنایع نفت و گاز گردیده است، ضمن آنکه فعالیت های اکتشافی جدید نیز در حال انجام است. این فعالیتها الزاماً "موادی را به دریا وارد می کنند. نفت و محصولات نفتی با آنکه در گروه سمی قرار دارند قادر به ایجاد اثرات مکانیکی و جهش زایی نیز هستند. بعلاوه مواد نفتی با تجمع در رسوبات کف و در موجودات کفزی از طرق دیگر نیز بر اکوسیستم اثر منفی می گذارند. استفاده از تکنولوژی پیشرفته در مرحله حفاری قادر هست که تا حد زیادی میزان مواد نفتی وارد شده به دریا را کاهش دهد. در دریای خزر بر اثر حفاری چاههای نفت و تولیدات مواد نفتی میزان زیادی از مواد نفتی و فلزات سنگین (جیوه، سرب، کادمیوم، روی کروم، مس و غیره) به دریا وارد می شود. ضمن آنکه حدود ۱۰۰۰۰۰ حمل و نقل نفتی دریایی در سال سبب ترافیک آبی در دریا شده است. میزان بالای فعالیت در استخراج نفت و گاز و حمل و نقل سبب کاهش کیفیت آب در آن گردیده است (Mamedov and Korotenko, 2005). خطوط لوله گاز و نفت زیر دریایی احداث شده و یا پیشنهاد شده به منزله ی، افزایش تهدیدات بالقوه زیست محیطی است. همچنین فعالیت های تجاری، بازرگانی (ناوگان ماهیگیری، مسافر، کالا و ترافیک باری دیگر) مربوط به دریای سیاه یا بالتیک از طریق سیستم کانال ولگا دن از طریق دریای خزر به این تهدیدات اضافه می گردند.

فلزات سنگین که در رده دوم از آلوده کننده های دریای خزر هستند، بسیار پایدار و غیر قابل تبدیل توسط موجودات زنده هستند. این مواد عمدتاً "در کبد و چربی هیپودرم تجمع می یابند (Aladin and Plotnikov, 2004). در بررسی سال های اخیر میزان فلزات سنگین در آبهای کمتر از ۵ متر به طور معنی داری در مقایسه با آبهای ۱۰ متر افزایش نشان داده است. نتایج مطالعات فلزات سنگین از سال ۷۸ تا سال ۸۷ افزایش مقادیر فلزی نظیر سرب، کادمیم و آهن را در این دریا نشان می دهد و در برخی ایستگاه های مورد مطالعه مقادیری از فلز جیوه نیز دیده شده است (واردی و همکاران، ۱۳۹۰).

غلظت آلودگی ها در آئروسول های تشکیل شده بر سطح آب ۲-۵ برابر بیش از حجم آبی است. برخورد باد با سطح امواج سبب تجمع بیشتر مواد سمی در آئروسول های فوق می گردد. این آئروسول ها که مملو از ترکیبات پیچیده فلزات سنگین با لیگاند های آلی هستند، در موقعیت های خاص مترولوژیکی قابل انتقال به اتمسفر و ایجاد آلودگی هوا هستند. تحقیقات نشان داده که تعداد آئروسول های متشکل از فلزات سنگین و هیدروکربن های نفتی در دریای خزر همانند دریای سیاه، بالتیک و مدیترانه به میزان زیادی افزایش یافته است (Pletenev et al., 2005).

دسته دیگری از آلودگی ها که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت شامل آفت کش های ارگانوکلره بود. این گروه از آفت کش ها شامل د.د.ت.، دیلدرین، هپتاکلر، کلردان، اندوسولفان و دیکوفول و غیره می باشد. بسیاری از سموم ارگانو کلره در محیط باقی می مانند. حلالیت این مواد کم و دارای تمایل به چسبیدن به ذرات هستند. آنها همچنین چربی موجود در بدن موجودات زنده را بلوکه می کنند و دفع آنها را دچار اختلال کرده و در نتیجه در بدن موجودات زنده تجمع می یابند و این روند سبب میگردد که میزان آنها در موجودات راس هرم انرژی چند برابر می گردد. این مواد از خاکها شسته می شوند و از طریق روخانه ها به اکوسیستم دریا وارد میشوند. این فرایند که از چند سال تا چندین دهه ممکن است به طول انجامد، هم بر موجود زنده و هم بر محیط

زیست اثرات سوء می گذارد. استفاده گسترده از سموم ارگانو کلره در کشاورزی بر اهمیت بررسی آن می افزاید. میزان د.د.ت. در سال ۱۹۷۴ در عضله ماهی خاویاری صید شده در حوزه ایرانی دریای خزر $3.7\mu\text{g/l}$ بوده است (Sodergren et al., 1978). مطالعه De Mora et al., 2004. و بررسی CEP¹, 2002 بر روی رسوبات دریای خزر نشان داد که بیشترین انباشت سموم لیندن، د.د.ت. (POPs) و فلزات نیکل و کروم در سواحل جنوب و جنوب غربی یعنی ایران و آذربایجان بود.

حداکثر غلظت سموم ارگانو کلره مشاهده شده در پائیز و زمستان مربوط به سموم DDT و DDD به ترتیب برابر 74.3 و 79.1 میکروگرم بر لیتر بوده است. حداکثر غلظت سموم مشاهده شده در بهار و تابستان مربوط به سم 7 -BHC به ترتیب برابر 88.3 و 35.0 میکروگرم بر لیتر بوده است. در مجموع با توجه به داده ها در همه فصول روند تغییرات غلظتی سموم ارگانو کلره از غرب به شرق حوزه جنوبی دریای خزر روند رو به افزایش را نشان میدهد (نجف پور و همکاران، ۱۳۹۰).

سورفاکتانت به گروهی از ترکیبات آلی گفته می شود که دارای یک سر آب دوست و یک انتهای آب گریز هستند. بنابراین بخش آب گریز آن ممکن است به روغن و یا هوا وارد گردد. در حالی که سر آب دوست آن به مدت طولانی به خصوص در مکان های فاضلابی و آب های زیر زمینی و حتی غذاهای دریایی باقی بماند، تولید سورفاکتانت در واقع از صنایع نفتی محسوب می گردد که بدلیل توانایی و سرعت پاک کنندگی به سرعت و در سطح وسیعی در تولید دترجنت ها (پاک کننده ها) خانگی به کار گرفته شد. تحقیقات نشان داده است که سورفاکتانت ها بسیار مضر هستند و می توانند سبب بروز هرمافرودیتی (دو جنسی) در بعضی از ماهیان و بروز بعضی سرطان ها، اختلالات هورمونی در انسان گردند. همچنین سورفاکتانت ها تشکیل موج را بر سطح آب های اقیانوسی کاهش داده و در نتیجه از میزان ورود گازهای اتمسفری به سطح آب می کاهند. بدلیل

¹ CEP=Caspian Environmental Program

گسترش تاسیسات صنعتی در حاشیه دریای خزر بخصوص در ناحیه شمالی، این اکوسیستم آبی بزرگ از نظر میزان سورفاکتانت نیز تحت فشار قرار دارد. بر اساس اطلاعات موجود در سال ۱۹۹۰ ورودی سالانه ی سورفاکتانت صنعتی به دریای خزر بیش از ۳ هزار تن بوده است که ۸۰ درصد آن از طریق رودخانه ولگا بود (Zonn et al., 2010).

واردی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه سال ۱۳۸۷ گزارش کردند که نتایج کلی غلظت سورفاکتانت (LAS) آبهای سطحی (ستون ۵، ۱۰ و ۵۰ متر) حوزه جنوبی (ترانسکت هشتگانه) بمیزان 0.017 ± 0.049 بوده است. داده ها نشان میدهد که حداکثر غلظت در فصول بهار (0.084 mg/l) و تابستان (0.082 mg/l) مربوط به ترانسکت انزلی و حداکثر غلظت در فصول پاییز (0.035 mg/l) و زمستان (0.060 mg/l) مربوط به ترانسکت سفیدرود بوده است. براساس استانداردهای موجود، غلظت سورفاکتانت های حوزه جنوبی دریای خزر در حال حاضر بحرانی نیست.

فارابی و همکاران (۱۳۹۰) در نتایج مربوط بررسیهای سال ۱۳۸۷ نشان دادند که تغییرات تراکم و زی توده شانه دار *M. leidy* به دمای آب، شفافیت و ترکیبات ازته وابسته است و این موجود سبب تغییر مستقیم در فراوانی، زی توده و ترکیب گونه ای موجودات پلانکتونی و ماکروبتوز شده است. در بررسی آلاینده های دریا در سال ۱۳۸۷ مشخص گردید که تغییرات غلظت آلاینده ها در رسوب بستر دریا بیش از آلاینده های موجود در سطح آب می باشد. در شرایط کنونی غلظت آلاینده ها در قلمرو ایرانی دریای خزر، بجز در موارد محدود، کمتر از حد استاندارد و دارای شرایط قابل قبول برای زندگی آبزیان است.

اهداف طرح:

در دریای خزر خطرات زیست محیطی و وقوع فجایع زیست محیطی (بخصوص در دو دهه ی اخیر) بدلیل توسعه صنعت گاز و نفت، استفاده محدود از تکنولوژی های حفظ محیط زیست و پایین بودن فرهنگ حفاظتهای اکولوژیک جدی محسوب می گردد. لذا با توجه به اثرات انسانی بر این اکوسیستم، عمده ترین هدف بررسی وضعیت پارامترهای زیستی و غیر زیستی و نیز اثرات متقابل آنها بر همدیگر می باشد. این مطالعات غالباً با تکیه بر گونه خاص، گروه معین از موجودات و یک نوع آلودگی (با منبع انسانی) صورت گرفته است که گزارشات سالانه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر در این قالب صورت پذیرفته است (پورغلام، ۱۳۷۴؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۰؛ لالویی و همکاران، ۱۳۸۳؛ هاشمیان و همکاران، ۱۳۸۵). در تعداد دیگری از مطالعات تغییرات همزمان فاکتورهای زیستی و غیر زیستی بصورت توصیفی با مطالعه ی نمودارهای دو بعدی و آزمون های آماری یک متغیره صورت گرفته است (Roohi et al., 2010؛ فضلی و همکاران، ۱۳۸۹). هاشمیان و همکاران (۱۳۹۰) و فارابی و همکاران (۱۳۹۱) مطالعه خود را با آزمون چند متغیره ی مولفه های اصلی (PCA) بین جمعیت و زی توده کل موجودات زیستی و گروه های غیر زیستی انجام دادند. اما کمتر تحقیقی در دریای خزر به تغییرات صورت گرفته بر اساس چندین گروه موجودات زنده و گروههای مختلف آلودگی با منشاء انسانی پرداخته است. لذا چگونگی رویداد ها، تغییرات و روابط بین حلقه های موجود در اکوسیستم بدلیل پیچیدگی این نوع مطالعه در بسیاری از اکوسیستم ها از جمله در دریای خزر چندان شناخته نشده است. در مطالعه حاضر (سال ۱۳۸۸) با افزایش تعداد آزمون های چند متغیره (CDFA, CCA, PCA, SMRA) و انجام آزمون ها در سطوح پایین تر از جمعیت و زی توده کل (شاخه، رده و گونه) در گروه های زیستی پرداخته است. این طرح با قالب و اهدافی مشترک با طرح انجام شده در سال ۱۳۸۷ به منظور بررسی مستمر این منطقه انجام گرفت. لذا این طرح نیز مشتمل بر پروژه هایی با عناوین زیر بوده است:

- بررسی تنوع، بیوماس و فراوانی فیتوپلانکتون در منطقه جنوبی دریای خزر
- بررسی فراوانی، پراکنش و تنوع زئوپلانکتون در منطقه جنوبی دریای خزر
- بررسی تنوع، پراکنش، فراوانی و زی توده ماکروبتوز در منطقه جنوبی دریای خزر
- بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی آب در منطقه جنوبی دریای خزر
- بررسی آلاینده های زیست محیطی (فلزات سنگین ، هیدروکربن های نفتی، سموم کشاورزی

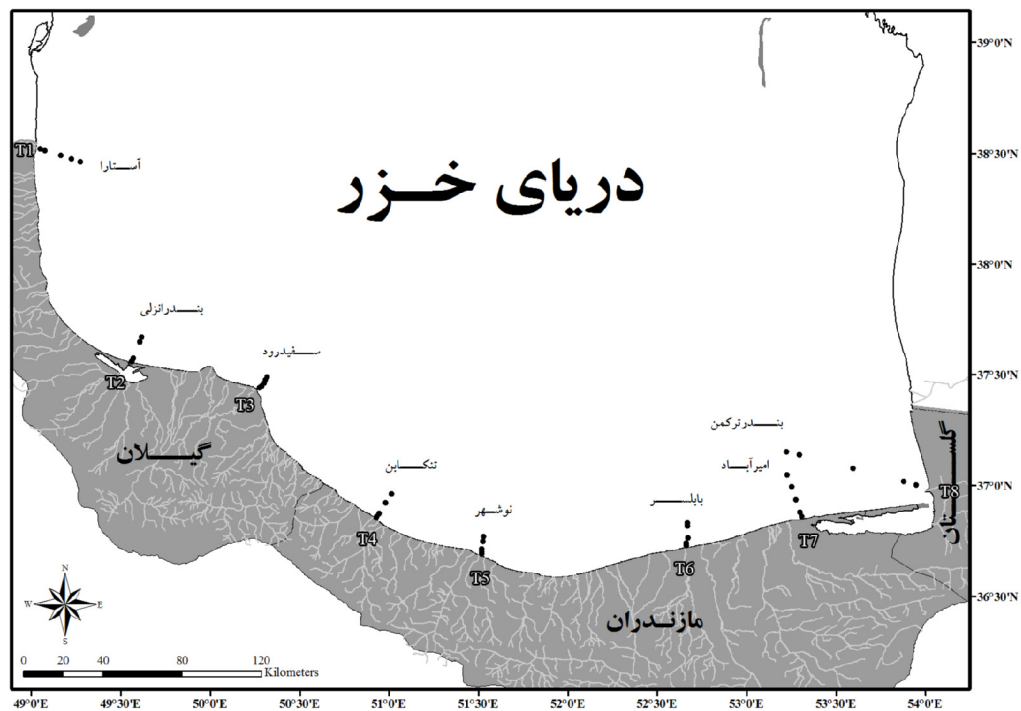
و دترجنت) در منطقه جنوبی دریای خزر

این طرح با در نظر گرفتن یافته های بدست آمده از پروژه های فوق از قبیل چگونگی تغییرات تراکم، زی توده و ترکیب گونه ای فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، ماکروبتوز و شانه دار، خصوصیات فیزیکی شیمیایی، میزان فلزات سنگین ، هیدروکربن های نفتی، سموم کشاورزی و دترجنت در نمونه های مربوطه (آب و رسوب) در طی فصول، نیم خط ها و اعماق مختلف از حوزه جنوبی دریای خزر تلاش خواهد کرد تا تصویر روشن تری از چگونگی ارتباط هر یک از عوامل زیستی فوق (فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، ماکروبتوزها و شانه دار) با فاکتورهای محیطی و آلودگی ها ارائه دهد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- ایستگاهها، زمان و روش نمونه برداری

در این مطالعه بررسی پارامترهای غیر زیستی، زیستی و آلودگیهای 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 اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر در سال ۱۳۸۸ انجام گردید. بر اساس ویژگی های توپوگرافی و سابقه مطالعاتی نیم خط های فوق در سه ناحیه غربی (شامل نیم خط های آستارا، انزلی، سفید رود)، ناحیه مرکزی (شامل نیم خط های تنکابن، نوشهر، بابلسر) و شرقی (شامل نیم خط های امیر آباد و بندر ترکمن) قرار می گیرند. مشخصات ایستگاهها، موقعیت و اعماق نمونه برداری در شکل ۲-۱ و جدول ۲-۱ آمده است. برای بررسی آلاینده های زیست محیطی: نمونه برداری از لایه سطحی آب و رسوب، عوامل محیطی، مواد مغذی و فیتوپلانکتون، نمونه برداری در لایه های سطحی، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر، ژئوپلانکتون و شانه دار (*M. leidy*)، نمونه برداری بصورت کشش عمودی در لایه های ۵-۰، ۱۰-۰، ۲۰-۰، ۵۰-۲۰ و ۱۰۰-۵۰ متر و ماکروبتوزها، نمونه برداری از بستر دریا در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر بشرح جدول ۲.۲ انجام گرفت.



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

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	طول جغرافیایی ۴۸° ۵۴'	۴۸° ۵۶'	۴۹° ۱'	۴۹° ۵'	۴۹° ۸'
		عرض جغرافیایی ۳۸° ۲۵'	۳۸° ۲۵'	۳۸° ۲۴'	۳۸° ۲۳'	۳۸° ۲۲'
بندر انزلی	۲	طول جغرافیایی ۴۹° ۲۹'	۴۹° ۲۹'	۴۹° ۲۹'	۴۹° ۳۱'	۴۹° ۳۲'
		عرض جغرافیایی ۳۷° ۲۹'	۳۷° ۲۹'	۳۷° ۳۰'	۳۷° ۳۵'	۳۷° ۳۶'
سفید رود	۳	طول جغرافیایی ۵۰° ۱۳'	۵۰° ۱۴'	۵۰° ۱۴'	۵۰° ۱۵'	۵۰° ۱۵'
		عرض جغرافیایی ۳۷° ۲۳'	۳۷° ۲۴'	۳۷° ۲۴'	۳۷° ۲۵'	۳۷° ۲۶'
تنکابن	۴	طول جغرافیایی ۵۰° ۵۴'	۵۰° ۵۴'	۵۰° ۵۵'	۵۰° ۵۷'	۵۰° ۵۹'
		عرض جغرافیایی ۳۶° ۴۹'	۳۶° ۴۹'	۳۶° ۵۰'	۳۶° ۵۳'	۳۶° ۵۶'
نوشهر	۵	طول جغرافیایی ۵۱° ۳۰'	۵۱° ۳۰'	۵۱° ۳۰'	۵۱° ۳۰'	۵۱° ۳۰'
		عرض جغرافیایی ۳۶° ۴۰'	۳۶° ۴۱'	۳۶° ۴۱'	۳۶° ۴۳'	۳۶° ۴۵'
بابلسر	۶	طول جغرافیایی ۵۲° ۳۹'	۵۲° ۳۹'	۵۲° ۴۰'	۵۲° ۳۹'	۵۲° ۳۹'
		عرض جغرافیایی ۳۶° ۴۳'	۳۶° ۴۴'	۳۶° ۴۶'	۳۶° ۴۹'	۳۶° ۴۹'
بندرامیر آباد	۷	طول جغرافیایی ۵۳° ۱۸'	۵۳° ۱۷'	۵۳° ۱۶'	۵۳° ۱۵'	۵۳° ۱۳'
		عرض جغرافیایی ۳۶° ۵۲'	۳۶° ۵۳'	۳۶° ۵۶'	۳۶° ۶۰'	۳۷° ۳'
بندر ترکمن	۸	طول جغرافیایی ۵۳° ۵۷'	۵۳° ۵۳'	۵۳° ۳۵'	۵۳° ۱۷'	۵۳° ۱۳'
		عرض جغرافیایی ۳۷° ۰'	۳۷° ۱'	۳۷° ۵'	۳۷° ۸'	۳۷° ۹'

جدول ۲.۲. اعماق و لایه های مختلف نمونه برداری در هر نیم خط

پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب (۴۸۰ نمونه)، فیتوپلانکتون (۴۸۰ نمونه)							
ایستگاه عمق	۵ متر	۱۰ متر	۲۰ متر	۵۰ متر	۱۰۰ متر		
	سطحی	*	*	*	*	*	
۱۰ متر		*	*	*	*		
۲۰ متر			*	*	*		
۵۰ متر				*	*		
۱۰۰ متر					*		
پارامترهای آلاینده های زیست محیطی							
پارامتر ایستگاه	فلزات سنگین		هیدروکربن های نفتی		سموم کشاورزی کلره		سورفاکتانت
	رسوب (۴۸ نمونه)	آب (۹۶ نمونه)	رسوب (۴۸ نمونه)	آب (۹۶ نمونه)	رسوب (۴۸ نمونه)	آب (۹۶ نمونه)	آب (۹۶ نمونه)
۱۰ متر	*	*	*	*	*	*	*
۲۰ متر	*	*	*	*			
۵۰ متر	*	*	*	*	*	*	*
۱۰۰ متر					*	*	*
زئوپلانکتون (۲۵۶ نمونه)، شانه دار (<i>Mnemiopsis leidyi</i>) (۲۵۶ نمونه)							
۵ متر	۱۰ متر	۲۰ متر	۵۰ متر		۱۰۰ متر		
۰-۵	۰-۱۰	۰-۲۰	۰-۲۰	۲۰-۵۰	۰-۲۰	۲۰-۵۰	۵۰-۱۰۰
ماکروبتوزها (۱۶۰ نمونه)							
۵ متر	۱۰ متر		۲۰ متر	۵۰ متر		۱۰۰ متر	

۲-۲. روش بررسی نمونه ها

تجهیزات دستگاہی و روش نمونه برداری و بررسی پارامتر های مختلف در منطقه جنوبی دریای خزر در این طرح بشرح جدول ۳-۲ می باشد. همچنین علائم اختصاری مورد استفاده در متن گزارش بشرح جدول ۴-۲ آمده است.

جدول ۳-۲. تجهیزات، روش نمونه برداری و بررسی پارامترهای مختلف در منطقه جنوبی دریای خزر

روش بررسی (منبع)	تجهیزات دستگاهی	پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب
APHA, 2005	ترمومتر برگردان	دمای آب
دیسک با قطر ۵۰ سانتی متر با رنگ سیاه و سفید. عمق لایه نوری (euphotic) (عمقی که میزان تابش نور به ۱٪ لایه سطحی می رسد) با ۳ برابر نمودن عمق شفافیت محاسبه شد (Hayward, 1987; Sapozhnikov et al., 1988; Psarra et al., 2000).	صفحه شی سی دیسک	شفافیت
-	دستگاه شوری سنخ مدل FM_65M روسی با دقت ۰.۰۱	شوری
-	pH متر پرتابل (WTW 320) با دقت ۰.۰۱	pH
اکسیژن محلول (DO) با روش وینکلر (Winkler) اندازه گیری شد (APHA, 2005). غلظت اکسیژن محلول بر حسب میلی گرم بر لیتر بر ضریب ۱.۴۲ (ضریب تصحیح شوری) تقسیم گردید و تبدیل به میلی لیتر بر لیتر شد (Katunin and Sapozhnikov, 1997).	بطری وینکلر	اکسیژن محلول (DO)
با ستفاده از دما و شوری و جدول استاندارد روسی اشباعیت محاسبه گردید (et al., 1988) Sapozhnikov	-	درصد اشباعیت (DO%)
روش رنگ سنجی ایندو فنل (indophenol) (APHA, Solorzano, 1969) Sapozhnikov et al., 1988; 2005;	اسپکتروفوتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	ازت آمونیومی (NH4+/N)
روش سولفانیل و نتیل آمین (APHA, 2005)	اسپکتروفوتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	ازت نیترونی (NO2-/N)
روش ستون کاهشی کادمیم (APHA, 2005)	اسپکتروفوتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	ازت نیترا (NO3-/N)
(Yurkovskis, 2004) DIN = (NH4+) + (NO2-) + (NO3 -)	-	ازت معدنی (DIN/N)
(Yurkovskis, 2004) DON=TN-DIN	-	ازت آلی (DON/N)
روش هضم پرسولفات-بوریک اسید (APHA, 2005)	اسپکتروفوتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	ازت کل (TN/N)
روش آمونیم مولیبدات و اسید اسکوربیک (APHA, 2005)	اسپکتروفوتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	فسفر معدنی (DIP/P)
(Yurkovskis, 2004) DOP=TP-DIP	-	فسفر آلی (DOP/P)
روش هضم پرسولفات (APHA, 2005)	اسپکتروفوتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	فسفر کل (TP/P)
روش مولیبدوسیلیکات (Sapozhnikov et al., 1988)	اسپکتروفوتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	سیلیس محلول (DSi/Si)
رسوب در آون در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد (A)، خشک شده سپس مدت ۲۴ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد (B). در ادامه بمدت ۴ ساعت در کوره ۵۵۰°C قرار گرفت (C). اوزان مربوطه تعیین و محاسبه با فرمول زیر انجام شد: $T.O.M\% = (B - C / A - B) * 100$ (Holme and McIntyre, 1984)	نمونه برداری با گرب (van veen grab) و به روش Vinson and Hawkins, 1996 انجام شد.	مواد آلی بستر (TOM)
۱۰۰ گرم از رسوب بمدت ۱۲ ساعت در هگزامتافسفات سدیم (با غلظت ۶.۲۸ گرم در لیتر) قرار داده و سپس روی شیکر الکتریکی بترتیب از الک با چشمه ۱۰۰۰ و ۵۰۰ و ۲۵۰ و ۱۲۵ و ۶۳ میکرون عبور داده و پس از خشک نمودن در آون، رسوب باقیمانده روی هر الک وزن گردید. (Holme and McIntyre, 1984)	نمونه برداری با گرب (van veen grab) و به روش Vinson and Hawkins, 1996 انجام شد.	دانه بندی رسوبات

نمونه برداری با دستگاه نمونه بردار نسکین (Neskin) انجام گردید. واحد مواد مغذی بر حسب میکرومولار می باشد. برای تبدیل ترکیبات نیتروژنی، ترکیبات فسفری و سیلیس غلظت با واحد میکروگرم بر لیتر را به ترتیب بر ۱۴، ۳۱ و ۲۸ تقسیم می کنیم. دانه بندی رسوبات در این تحقیق به سه طبقه $< 63 \mu m$ Sand، $63 - 1000 \mu m$ Gravel و $> 1000 \mu m$ تقسیم بندی گردیده است و آزمون های آماری براساس این طبقه بندی صورت پذیرفت.

ادامه جدول ۳-۲

روش بررسی (منبع)	تجهیزات دستگاهی	پارامتر های آلودگیها	
روش MIKB و APDC و حلال (APHA,2005)	Thermo,Electron Corporation AA Serio System Modle	آب	فلزات سنگین Cd, Pb, Hg, Ni
روش هضم یا اسیدها (MOOPAM,2005)	Thermo,Electron Corporation AA Serio System Modle	رسوب	
استخراج مایع-مایع (حلال هگزان نرمال (MOOPAM,2005)	Shimadzu-14 , GC-FID A	آب	هیدروکربن های نفتی (TPH)
سیستم سوکسله حلال مخلوط هگزان نرمال و دی کلرومتان (50:50) (MOOPAM, 2005)	Shimadzu-14 , GC-FID A	رسوب	
استخراج مایع-مایع (حلال هگزان نرمال (EPA, 1995)	Shimadzu-14 , GC-ECD A	آب	سموم کشاورزی کلره OCPs ²
سیستم سوکسله با حلال آلی (هگزان نرمال و دی کلرومتان) است (EPA, 1995)	Shimadzu-14 , GC-ECD A	رسوب	(BHC,Heptachl,Drins, Endosol, DDTs)
بروش رنگ سنجی _ متیلن بلو (APHA,2005)	اسپکتروفوتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	آب	SORFACANT ³ LAS
بروش تغلیظ سازی (سیفون و ساتریفوز)، بررسی کیفی و کمی با اسلاید (Wetzel and Likens,2000. شناسایی گونه ای با کلید شناسایی -Proshkina-Lavrenko and Makarova, 1968; Zabelina et al., 1951 و تعیین زی توده بر اساس شکل و ابعاد هندسی صورت پذیرفت	دستگاه نسکین Sourina, Vollenweider, 1978 1974		فیتوپلانکتون
شمارش و سپس محاسبه بروش (Newell and Newell, 1977 استفاده از وزن استاندارد زئوپلانکتون دریای سیاه (Petipa , 1957)	با تور مخروطی با چشمه ۱۰۰ میکرون با دهانه ۳۶ سانتیمتر (Newell and Newell, 1977 تثبیت نمونه طبق Wetzel and links, 1990		زئوپلانکتون
نمونه های <i>M. leidy</i> بلافاصله پس از نمونه برداری در یک پتری دیش با چشم غیر مسلح بوسیله خط کش (از لب تا لب جانور) با دقت میلی متر اندازه گیری و شمارش شدند. تراکم <i>M.leidy</i> (تعداد در متر مکعب) با استفاده از حجم آب فیلتر شده با محاسبه مساحت دهانه تور و عمق تورکشی محاسبه شد. زی توده شانه دار بر اساس اندازه گیری طول و رابطه نمایی بین طول و وزن ($W=0.0013 \times L^{1.33}$) محاسبه گردید. (Kideys et al., 2001a)	نمونه بردار METU Net با چشمه تور ۵۰۰ میکرون و قطر دهانه ۵۰ سانتی متر (Kideys et al., 2001a)		شانه دار (<i>M. leidy</i>)
ماکروبنوز با استفاده از کلید شناسایی اطلس بی مهرگان دریای خزر (بیرشتین و همکاران، ۱۹۶۸) مورد شناسایی قرار گرفتند. سپس هرگونه (یا گروه) از این موجودات بطور جداگانه شمارش شدند و پس از خشک کردن روی کاغذ صافی، با استفاده از ترازوی حساس (بادقت ۰.۰۰۱g)، وزن تر آنها اندازه گیری شد	گرب (van veen grab) و روش (Vinson and Hawkins) 1996		ماکروبنوزها

نمونه برداری آب با دستگاه نسکین و رسوبات سطح با گرب (van veen grab) صورت پذیرفت

² Organo-Chlorine Pesticides

³ linear alkylbenzene sulfonate

تعیین گونه های غالب با محاسبه ی ISI (Important Species Index) طبق فرمول زیر صورت گرفت (Rushforth & Brock, 1991).

$$ISI = \sum (f_i) \times (D_i) \quad (f_i = \text{درصد فراوانی گونه } i \text{ و } D_i = \text{تراکم نسبی گونه } i)$$

شاخص Shannon-Wiener که به شاخص شانون معروف است یکی از متداولترین شاخص های تنوع گونه ای

است (Sournia, 1978; Washington, 1984; Ludwig and Reynolds, 1988) و از طریق فرمول زیر محاسبه می گردد:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

H' = شاخص شانون و واحد آن nits per individual است

P_i = فراوانی نسبی گونه

شاخص یکنواختی (Evenness) که چگونگی توزیع جمعیت در بین گونه ها را نشان می دهد نیز از فرمول زیر

محاسبه شد:

$$E = H' / \ln S$$

E = شاخص یکنواختی، S = تعداد گونه

جدول ۲.۴. علائم اختصاری مورد استفاده در گزارش، نمودارها و جداول

علامت اختصاری	شرح	علامت اختصاری	شرح
Temp (°C)	دما (درجه سانتی گراد)	A Phyto (N/m ³)	تراکم فیتوپلانکتون (تعداد در متر مکعب)
Salin (ppt)	شوری (گرم در لیتر)	B Phyto (mg/m ³)	زی توده فیتوپلانکتون (میلی گرم در متر مکعب)
SD (m)	شفافیت (متر)	A Bacill (N/m ³)	تراکم شاخه باسیلاروفیتا (تعداد در متر مکعب)
DO%	درصد اشباعیت اکسیژن محلول	A Pyrro (N/m ³)	تراکم شاخه پیروفیتا (تعداد در متر مکعب)
pH	پی اچ	A Cyano (N/m ³)	تراکم شاخه سیانوفیتا (تعداد در متر مکعب)
NO ₃ ⁻ /N (μM)	ازت نیتراتی (میکرومولار)	A Zoo (N/m ³)	تراکم زئوپلانکتون (تعداد در متر مکعب)
NH ₄ ⁺ /N (μM)	ازت آمونیومی (میکرومولار)	B Zoo (mg/m ³)	زی توده زئوپلانکتون (میلی گرم در متر مکعب)
DIN (μM)	ازت معدنی (میکرومولار)	A Cope. (N/m ³)	تراکم گروه کوبه پودا (تعداد در متر مکعب)
DON (μM)	نیتروژن آلی (میکرومولار)	A Clado. (N/m ³)	تراکم گروه کلادوسرا (تعداد در متر مکعب)
DIP (μM)	فسفر معدنی (میکرومولار)	A Roti. (N/m ³)	تراکم گروه روتیفرا (تعداد در متر مکعب)
DOP (μM)	فسفر آلی (میکرومولار)	A Proto. (N/m ³)	تراکم گروه پروتوزوا (تعداد در متر مکعب)
DSi (μM)	سیلیس محلول (میکرومولار)	A Cirri. (N/m ³)	تراکم گروه سیریدیا (تعداد در متر مکعب)
DIN/DIP	نسبت نیتروژن معدنی به فسفر معدنی	A Lamll. (N/m ³)	تراکم گروه لاملی برانشیا (تعداد در متر مکعب)
DSi/DIN	نسبت سیلیس محلول به نیتروژن معدنی	A M.leidyi (N/m ³)	تراکم شانه دار <i>M. leidyi</i> (تعداد در متر مکعب)
DSi/DIP	نسبت سیلیس محلول به فسفر معدنی	B M.leidyi (g/m ³)	زی توده شانه دار <i>M. leidyi</i> (گرم در متر مکعب)
TOM	مواد آلی رسوب بستر دریا	A Benthos (N/m ²)	تراکم ماکروبنئوز (تعداد در متر مربع)
OCPs	سموم کشاورزی ارگانوکلره	B Benthos (g/m ²)	زی توده ماکروبنئوزها (گرم در متر مربع)
TPH	هیدروکربن های نفتی	A Oligo (N/m ²)	تراکم رده کم تاران (تعداد در متر مربع)
LAS	شونینده یا سورفاکتانت	A Poly (N/m ²)	تراکم رده پرتاران (تعداد در متر مربع)
Cd, Pb, Ni, Hg	فلزات سنگین: کادمیم، سرب، نیکل، جیوه	A Crust (N/m ²)	تراکم رده سخت پوستان (تعداد در متر مربع)

۳-۲- تجزیه و تحلیل 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 زیستی و غیرزیستی) در نظر گرفته شدند (Bluman, 1998). داده ها بر اساس یکی از فرایندهای لگاریتم طبیعی / پایه ۱۰، ریشه دوم و چهارم، رتبه بندی انتقال داده و سپس

با رسم نمودار Q-Q نرمال بودن آن تایید گردید (Siapatis *et al.*, 2008). برای تجزیه و تحلیل آماری از تست های پارامتریک بر روی داده های نرمال شده استفاده گردید. ثبت اطلاعات و کلاسه بندی داده ها در نرم افزار Excel, 2010, 2003 و تجزیه و تحلیل داده ها در برنامه های آماری SPSS (Version 11.5) و MVSP^f (Version 3.1) انجام گردید. در ضمن تمام میانگین ها به همراه خطای استاندارد (SE) آورده شده است.

در این مطالعه از آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA^۵) که یکی از روش های آماری چند متغیره می باشد جهت تمایز بین فصول، نواحی و نیم خط ها بر اساس پارامترهای محیطی، مواد مغذی و زیستی استفاده شده است (Buckley and Winters, 1992; Padro *et al.*, 1993; Moncheva *et al.*, 2001; Schoer, 1985). در آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) باید مقدار ویژه (Eigenvalue) بالا، واریانس بیش از ۰.۵٪، مجموع واریانس ها بیش از ۰.۷۵٪ و ضریب همبستگی نیز بایستی بیش از ۰.۶ باشد. آزمون Wilks' Lambda در CDFA تغییر پذیری (variability) بین متغیر مستقل را نسبت به تغییر پذیری درون گروهی (فصول، نیم خط ها و نواحی) را نشان می دهد و هر قدر مقیاس Wilks' Lambda به صفر نزدیک باشد نشان دهنده تغییر پذیری بیشتر بین گروه ها (فصول، نیم خط ها و نواحی) نسبت به درون گروه ها (فصول، نیم خط ها و نواحی) است.

جهت طبقه بندی داده های اکولوژیک از آزمون مولفه اصلی (PCA^۶) که روش ریاضی برای تقلیل داده ها است استفاده شده است. در واقع منطق تحلیل عاملی کاهش مجموعه بزرگی از متغیرها به چند عامل اساسی است. در این آزمون تعیین بار عاملی^۷ بین متغیرهای مختلف براساس چند کمیت تصادفی غیر قابل مشاهده (عامل یا فاکتور) با استفاده از داده های اصلی^۸ انجام می شود (Semenov *et al.*, 1984). در ابتدا آزمون شایستگی داده ها

⁴ Multi-variate Statistical Package

⁵ Canonical Discriminate Function Analysis

⁶ Principal Component Analysis

⁷ Loading Factor

⁸ Original data

(کفایت نمونه برداری) تحت آزمون کیزرمایر (KMO^۹) انجام می شود. دامنه نوسان KMO بین صفر تا یک است. نحوه قضاوت در باره ضریب آزمون KMO بر اساس قاعده سر انگشتی^{۱۰} و تعداد نمونه ها می باشد (Stevenson *et al.*, 2003; Hair *et al.*, 1998). هر چه مقدار KMO به یک نزدیکتر باشد بدان معناست که روش مولفه اصلی برای آن مجموعه متغیرها مناسبتر است. ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها تحت آزمون بارتلت (Bartlett's test) انجام شد (Raftery, 1993). در این آزمون، فرضیه صفر بیانگر آن است که ماتریس ضرایب همبستگی بین متغیرها انجام می گیرد. خروجی این آزمون سطح معنی داری را نشان می دهد که در صورت معنی دار بودن فرض واحد بودن ماتریس همبستگی رد می شود ($p < 0.05$). مقدار ویژه (Eigenvalue) اساساً روابط بین مجموعه ای از متغیرها را بصورت خلاصه نشان می دهد. نمودار سنگریزه (Scree plot) رسم مقدار ویژه متغیرها است و راهنمای ما در استخراج داده هاست. بار عاملی (Loading factor) نیز ضریب همبستگی یک متغیر با یک عامل را نشان می دهد. سپس جهت تحلیل از روش مولفه های اصلی با تعیین همبستگی بین متغیرها استفاده می شود. در صورت مشخص نشدن دسته عامل برای متغیر، از طریق دوران عاملی^{۱۱} واریماکس استخراج جدید صورت می پذیرد (غیاثوند، ۱۳۸۷).

همچنین جهت تعیین روابط بین پارامترهای مختلف زیستی و غیر زیستی علاوه بر آزمون بالا از آزمون تناظر متعارف کننده (CCA^{۱۲}) نیز استفاده شده است. در این آزمون بایستی ضریب واریانس تورمی (VIF^{۱۳}) کمتر از ۱۰ باشد تا استفاده از آن متغیر در این آزمون مجاز باشد (Ter Braak, 1986; Ter Braak and Prentice, 1988; Nasrollahzadeh *et al.*, 2011). در صورت بالا بودن این ضریب بایستی آن متغیر حذف گردد.

⁹ Kaiser-Meyer-Olkin Test

¹⁰ Rule of thumb

¹¹ Factor Rotation

¹² Canonical Correspondence Analysis

¹³ Variance Inflation Factors

در تحقیق حاضر از رگرسیون گام به گام (SMRA^{۱۴}) نیز استفاده شد. بطوریکه پس از تعیین عامل های اصلی در آزمون PCA و استفاده از آن مولفه ها در رگرسیون گام به گام به روابط بین پارامترهای زیستی و غیرزیستی پرداخته شد. در این روش متغیرهای مستقل به ترتیب اهمیت وارد معادله می شوند و هر بار بعد از ورود یک متغیر، متغیرهایی که تاکنون وارد شده اند مجدداً^{۱۴} مورد بررسی قرار می گیرند (غیاثوند، ۱۳۸۷).

بررسی پارامترهای مختلف محیطی، آلاینده ها و پارامترهای زیستی بصورت فصلی، ایستگاهی و عمقی به تفصیل در پروژه های زیر طرح مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. معمولاً سه برابر لایه شفافیت بعنوان لایه نوری (Photic) منظور می گردد (Hayward, 1987; Sapozhnikov et al., 1988; Psarra et al., 2000). در این پروژه حداکثر عمق لایه نوری بر اساس حداکثر شفافیت بدست آمده حدود ۲۷ متر بوده است (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۱)، اما بدلیل محدودیت در امکانات و شرایط فقط تا لایه ۲۰ متر نمونه برداری گردید و لایه بعد از آن یعنی ۵۰ متر در زیر لایه نوری قرار گرفت. بنابراین در این طرح پس از نگاهی به روند کلی تمام متغیرها، به بررسی ارتباط بین این پارامترها در لایه ۰-۲۰ پرداخته شد. در ضمن بررسی میزان اثر عوامل مختلف بر هم (عوامل محیطی، آلاینده ها و پارامترهای زیستی)، تجزیه و تحلیل داده های اکولوژیک بصورت فصلی و سالانه انجام گرفت. روشهای تجزیه و تحلیل آماری داده ها بر حسب متغیرها بطور اجمال در جدول ۲-۵ و ۲-۶ آورده شده است.

¹⁴ Stepwise Multiple regression Analysis

جدول ۲.۵. ارتباط پارامترهای زیستی، غیر زیستی و آلاینده‌ها با یکدیگر

پارامتر گروه	غیر زیستی	زیستی	آلاینده‌ها	توضیحات
۱	پارامترهای محیطی و مواد مغذی	فیتوپلانکتون	-	پارامترها در لایه نوری مورد بررسی قرار گرفتند
۲	پارامترهای محیطی	زئوپلانکتون	-	همسان سازی عمق در پارامترهای مختلف صورت گرفت.
۳	پارامترهای محیطی و مواد مغذی	شانه دار	-	همسان سازی عمق در پارامترهای مختلف صورت گرفت.
۴	-	زئوپلانکتون + فیتوپلانکتون	-	همسان سازی عمق در پارامترهای مختلف صورت گرفت.
۵	-	زئوپلانکتون + شانه دار	-	پارامترها در لایه نوری مورد بررسی قرار گرفتند
۶	پارامترهای محیطی و مواد مغذی	فیتوپلانکتون + زئوپلانکتون + شانه دار	-	همسان سازی عمق در پارامترهای مختلف صورت گرفت.
۷	پارامترهای محیطی و بافت رسوب	ماکروبیونتوزها (رده)	-	به تفکیک در سطح رده انجام شد. همسان سازی عمق (نزدیک به عمق) در پارامترهای مختلف صورت گرفت.
۸	-	ماکروبیونتوزها (رده)	فلزات سنگین، هیدروکربن های نفتی و سموم کلره در رسوب	همسان سازی عمق در پارامترهای مختلف صورت گرفت.
۹	-	فیتوپلانکتون	شوینده ها، هیدروکربن های نفتی و سموم کلره در آب	همسان سازی عمق (لایه سطحی) در پارامترهای مختلف صورت گرفت.

جدول ۲.۶. آنالیز آماری مختلف برای فاکتورهای محیطی، آلاینده ها و زیستی

توضیحات	نوع آزمون	متغیرها	پارامتر گروه
براساس تراکم وزی توده متغیرهای زیستی صورت پذیرفت	T-test, PCA (فصل ۱+سالانه) CDFA (فصل ۲، نواحی، نیم خطها)	پارامترهای محیطی و مواد مغذی، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، شانه دار و ماکروبتوز	۱
نمونه برداری از آب در چهار فصل و رسوبات در دوفصل صورت پذیرفت	ANOVA (فصل ۱، نواحی، نیم خطها) CCA	آلودگیهای آب و رسوب	۲
از تراکم سه شاخه اصلی و گونه های غالب استفاده گردید	PCA (سالانه) CCA (فصل ۴)	پارامترهای محیطی و مواد مغذی فیتوپلانکتون (شاخه های اصلی + گونه های غالب)	۳
بدلیل تراکم کم گروه ها آنالیز CCA در دوفصل تابستان و پاییز صورت نگرفت	PCA (سالانه) CCA (فصل ۲)	پارامترهای محیطی و زئوپلانکتون (گروه ها)	۴
از تراکم و زی توده شانه دار استفاده گردید	PCA (سالانه)	پارامترهای محیطی و مواد مغذی و شانه دار	۵
نمونه برداری از رسوبات جهت آنالیز آلودگیها در دوفصل صورت پذیرفت	PCA (سالانه) CCA (فصل ۲)	پارامترهای محیطی و یافت رسوب + ماکروبتوزها (رده)	۶
از مولفه های آزمون مولفه اصلی در رگراسیون استفاده شده است	PCA+ SMRA	فیتوپلانکتون (شاخه های اصلی) و شونده ها، هیدروکربن های نفتی و سموم کلره در آب	۷
نمونه برداری از رسوبات جهت آنالیز آلودگیها در دوفصل صورت پذیرفت	CCA (فصل ۲)	ماکروبتوزها (رده) + فلزات سنگین، هیدروکربن های نفتی و سموم کلره در رسوب	۸
از گونه های غالب فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون هر فصل استفاده گردید	PCA+ SMRA CCA	زئوپلانکتون + فیتوپلانکتون	۹
از طریق نمودار و همبستگی صورت پذیرفت	Pearson Correlation	زئوپلانکتون + شانه دار	۱۰
در خصوص متغیرهای زیستی از تراکم گروه ها استفاده گردید.	PCA	پارامترهای محیطی و مواد مغذی فیتوپلانکتون + زئوپلانکتون + شانه دار	۱۱

داده ها به روش ریشه دوم^{۱۵}، چهارم^{۱۶} و رتبه بندی^{۱۷} استاندارد^{۱۸} شد. (Pamplin, 2006)

^{۱۵} √SQRT

^{۱۶} √√SQRT

^{۱۷} RANKIT

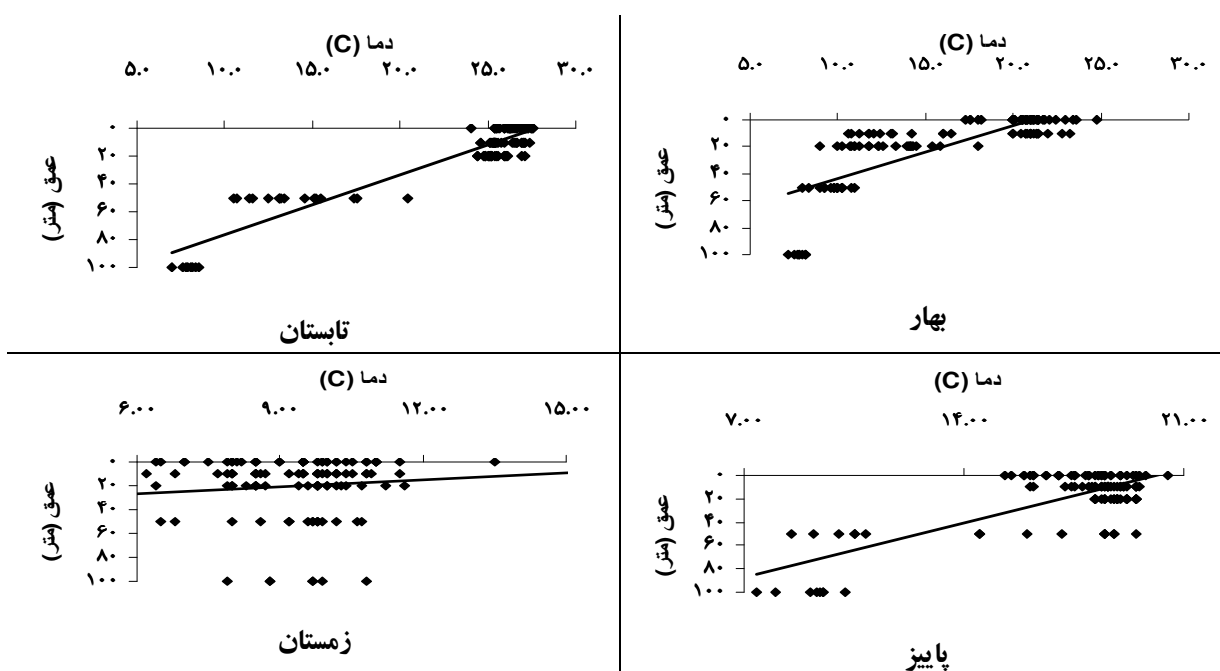
^{۱۸} Standardized

۳. نتایج

۳-۱- پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب

- دمای آب

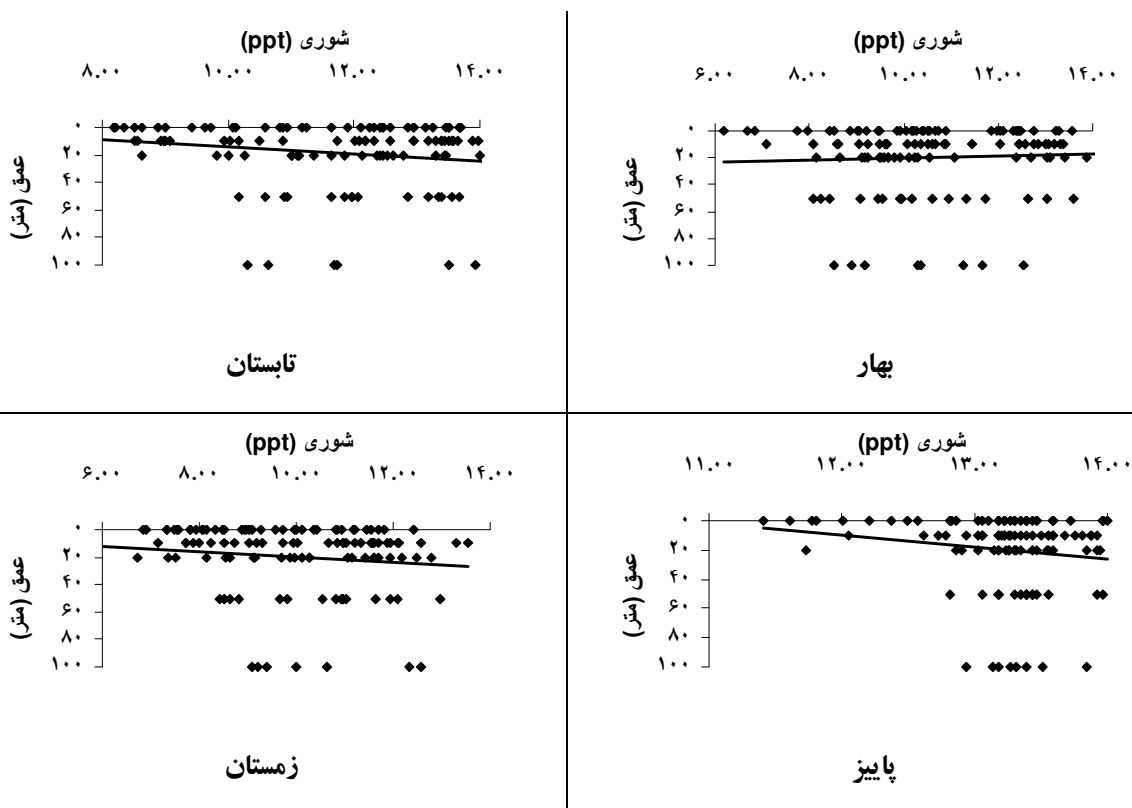
تغییرات عمقی دما در فصول مختلف سال در نمودار ۳-۱ نشان داده شده است. دما در فصول بهار و زمستان در محدوده ۶ تا ۲۵ درجه سانتیگراد متغیر بوده است. در فصل تابستان این تغییرات از ۸ تا ۲۸ درجه بوده است. اما در فصل پاییز این تغییرات در محدوده ۶ تا ۲۱ درجه مشاهده گردیده است. آزمون تی (T-test) بین میانگین‌های لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر نشان داد که در هر چهار فصل (به غیر از فصل زمستان) اختلاف معنی دار بوده است ($p < 0.05$). آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) بین میانگین‌های لایه‌های مختلف (سطح، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) نیز نشان داد که در هر چهار فصل (به غیر از فصل زمستان) اختلاف معنی دار بوده است ($p < 0.05$).



نمودار ۳-۱: تغییرات دمای آب در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

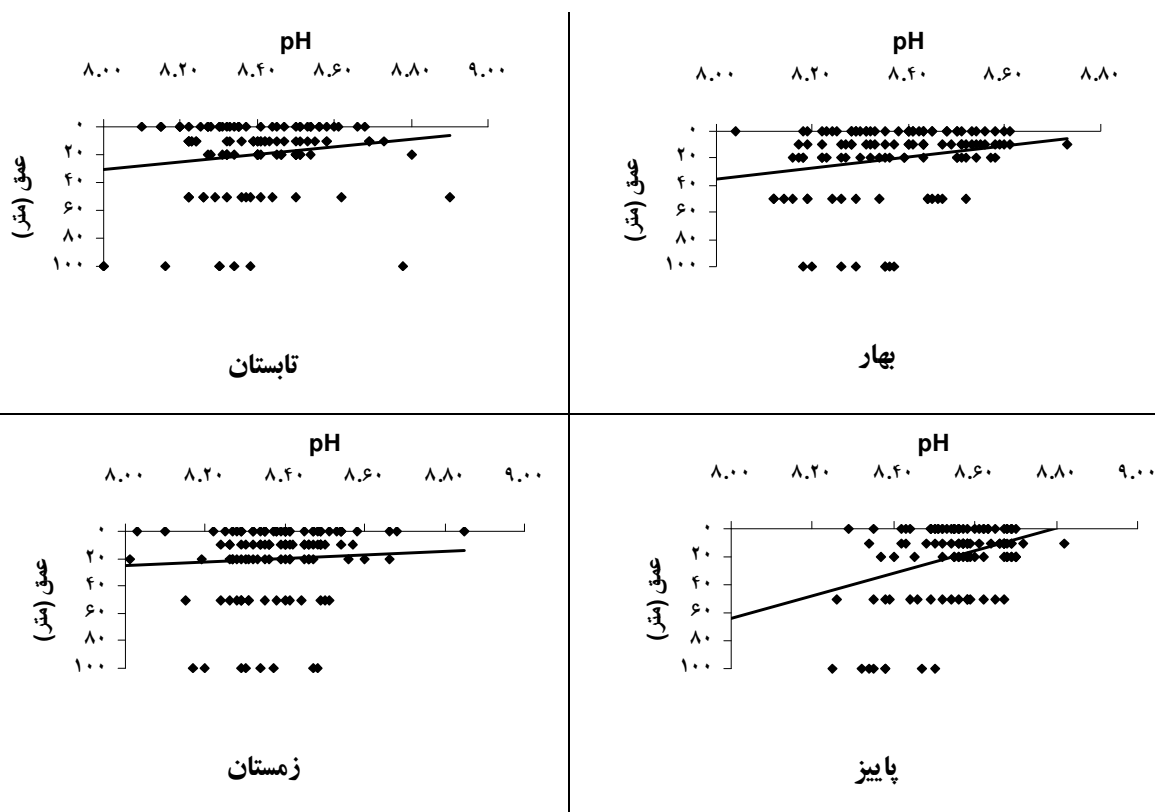
- شوری

تغییرات عمقی شوری در فصول مختلف سال در نمودار ۲-۳ نشان داده شده است. شوری در فصول بهار و زمستان در محدوده ۶ تا ۱۴ ppt متغیر بوده است با این تفاوت که در فصل زمستان روند شوری از سطح به عمق افزایشی بوده است. در فصل تابستان این تغییرات از ۸ تا ۱۴ ppt بوده است اما در فصل پاییز این تغییرات در محدوده ۱۱ تا ۱۴ ppt با روند افزایشی از سطح به عمق مشاهده گردید. آزمون تی بین میانگین های لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر نشان داد که در هیچ یک از فصول اختلاف معنی دار نبوده است ($p > 0.05$). آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) بین میانگین های لایه های مختلف (سطح، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) نیز نشان داد که در هر چهار فصل (به غیر از فصل زمستان) اختلاف معنی دار نبوده است ($p > 0.05$).



نمودار ۳-۲: تغییرات شوری در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

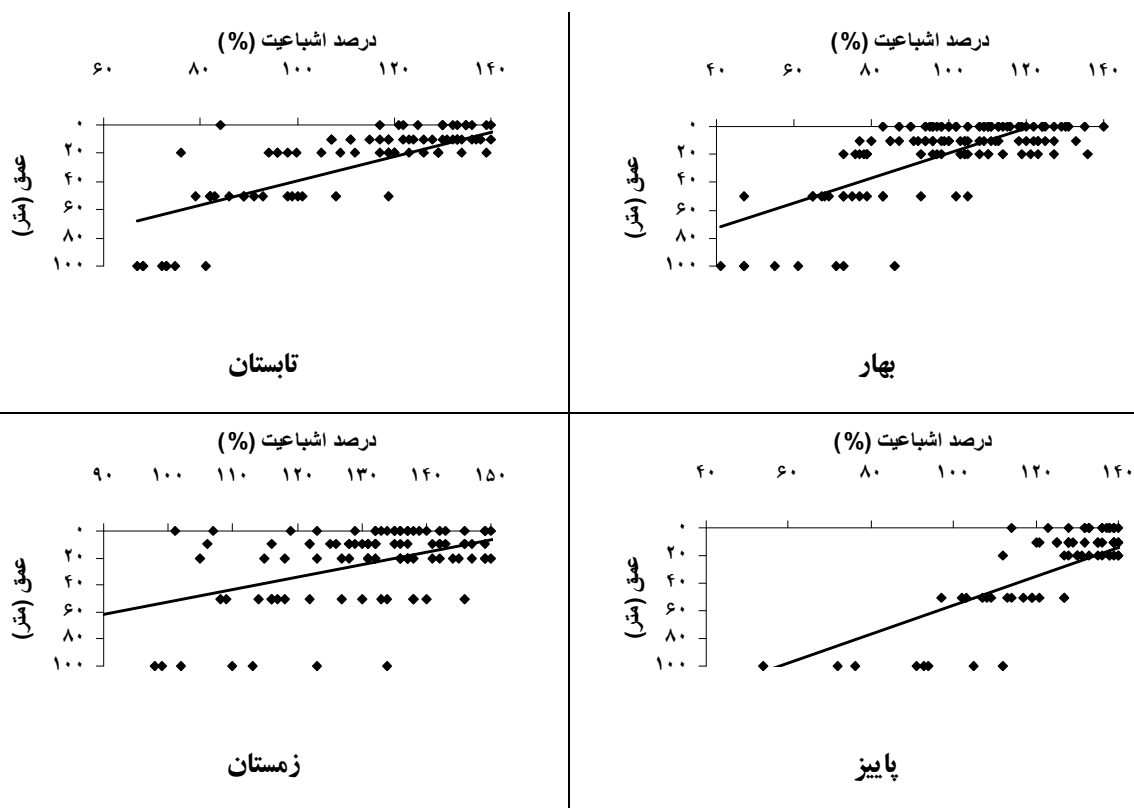
تغییرات pH در هر چهار فصل در محدوده ۸ تا ۹ بوده است. این روند در فصول بهار، تابستان و پاییز از سطح به عمق کاهشی بوده است اما در زمستان تغییرات از سطح به عمق قابل ملاحظه نبوده است (نمودار ۳.۳). آزمون تی بین میانگین های لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر نشان داد که در دو فصل بهار و تابستان اختلاف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) اما در دو فصل دیگر معنی دار نبوده است ($p > 0.05$). آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) بین میانگین های لایه های مختلف (سطح، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) نشان داد که در دو فصل بهار و پاییز اختلاف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) اما در دو فصل دیگر معنی دار نبوده است ($p > 0.05$).



نمودار ۳.۳: تغییرات pH در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

-درصد اشباعیت

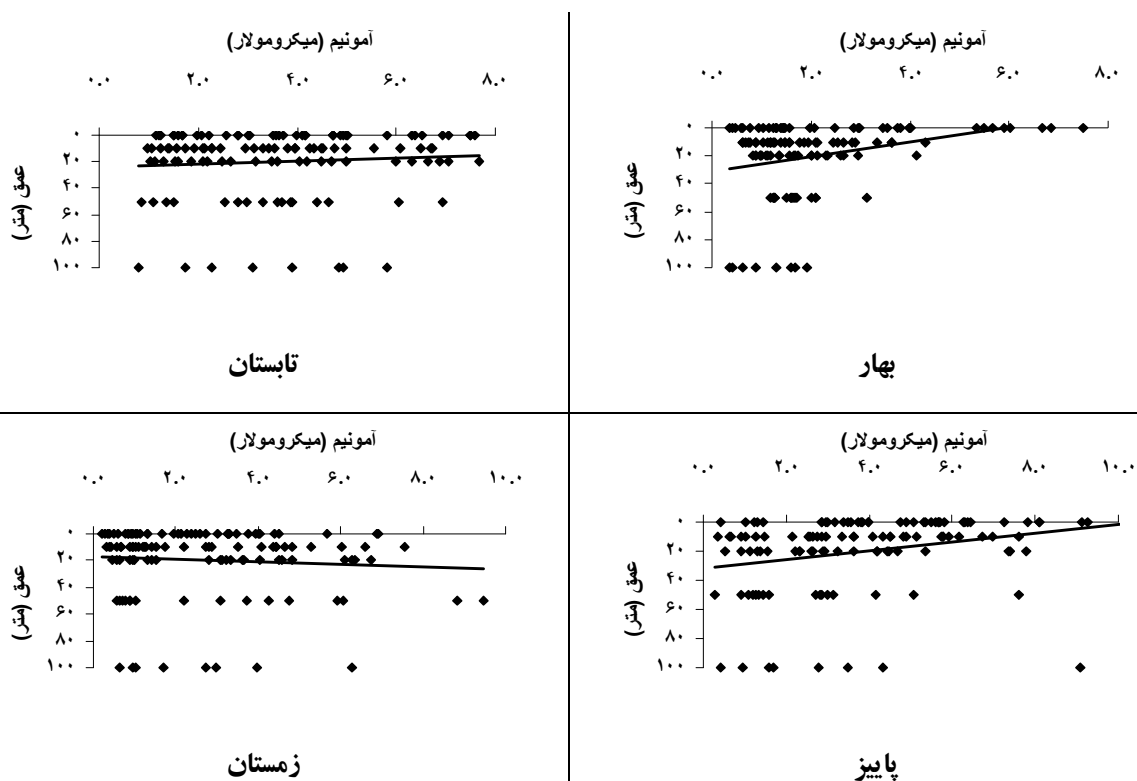
تغییرات درصد اشباعیت اکسیژن در اعماق و فصول مختلف سال در نمودار ۳-۴ نشان داده شده است. همانطوریکه نمودارها نشان می دهد، بدلیل کاهش درصد اشباعیت از سطح به عمق، در تمام فصول درصد اشباعیت در لایه ۰-۲۰ متر بیشتر از زیر لایه ۲۰ متر بوده است. آزمون تی بین میانگین های لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر نشان داد که در فصول بهار، تابستان و پاییز اختلاف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) اما در فصل زمستان معنی دار نبوده است ($p > 0.05$). آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) بین میانگین های لایه های مختلف (سطح، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) نیز نشان داد که در هر چهار فصل اختلاف معنی دار بوده است ($p < 0.05$).



نمودار ۳-۴: تغییرات درصد اشباعیت (DO%) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

-ازت آمونیمی

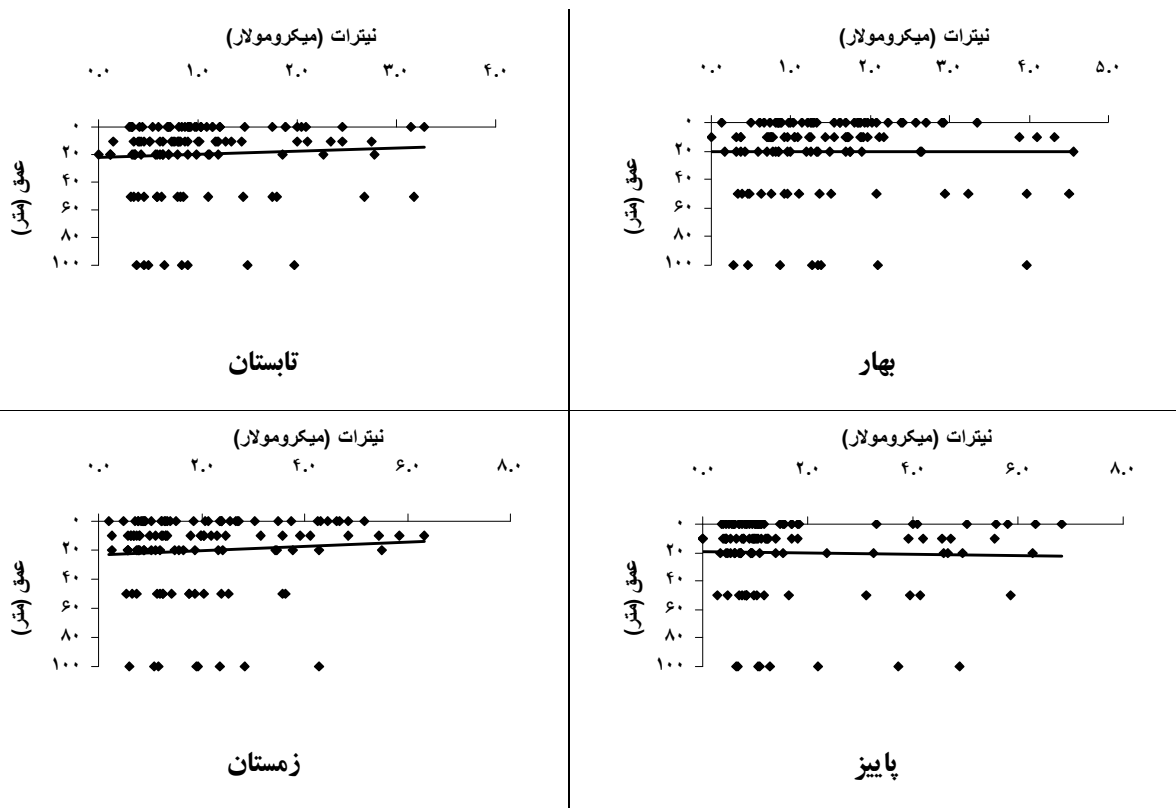
تغییرات غلظت ازت آمونیمی در فصول و اعماق مختلف سال در نمودار ۳-۵ نشان داده شده است. نمودارهای ۵.۳ نشان می‌دهد که در فصول بهار و پاییز غلظت ازت آمونیمی لایه نوری بیشتر از زیر لایه نوری بوده است و همچنین در فصول تابستان روند کاهشی از سطح به عمق بطنی بوده و مقادیر تقریباً "مشابه بودند". اما در زمستان بر خلاف فصول دیگر از سطح به عمق کمی افزایش نشان داده است. آزمون تی بین میانگین‌های لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر نشان داد که در فصول بهار و پاییز اختلاف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) اما در فصل تابستان و زمستان معنی دار نبوده است ($p > 0.05$).



نمودار ۳-۵: تغییرات ازت آمونیمی (NH_4^+/N) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

-ازت نیتراتی

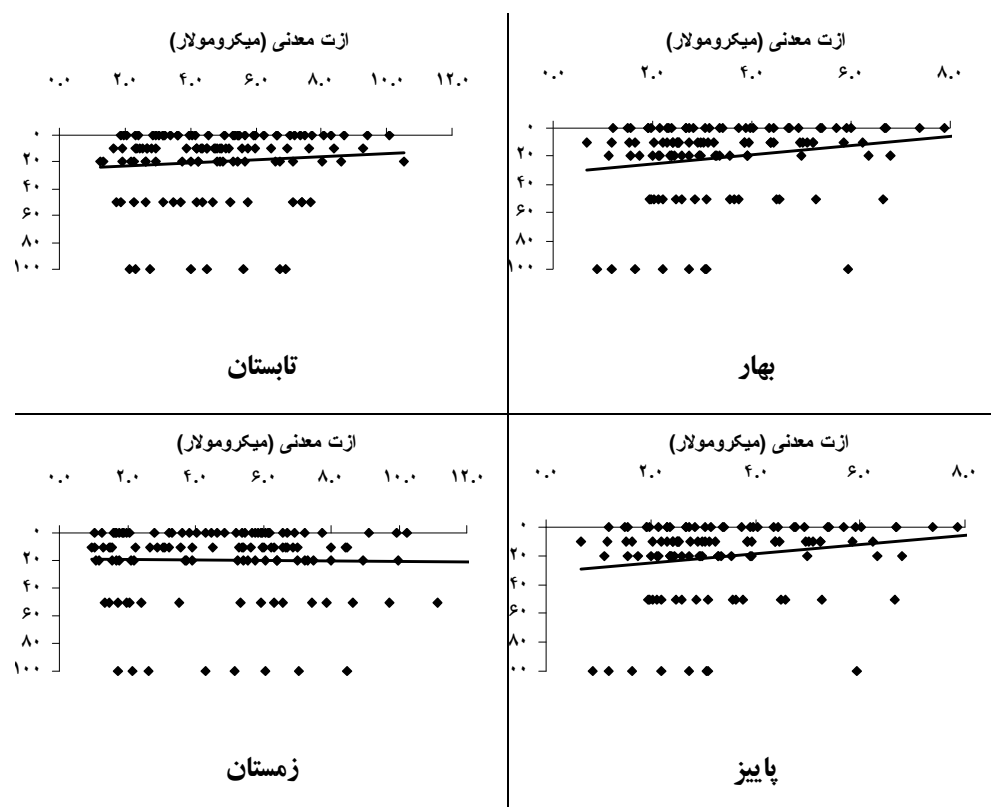
تغییرات غلظت ازت نیتراتی در فصول و اعماق مختلف سال در نمودار ۳-۶ نشان داده شده است. نمودارهای ۶.۳ نشان می دهد که در تمامی فصول غلظت ازت نیتراتی از سطح به عمق تغییرات چشمگیری نداشته است. با بیان دیگر افزایش و کاهش آن تابع عمق نبوده است. آزمون تی بین میانگین های غلظت ازت نیتراتی لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر نشان داد که در فصول مختلف سال اختلاف معنی دار نبوده است ($p>0.05$). آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) بین میانگین های لایه های مختلف (سطح، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) نشان داد که در هیچ یک از فصول اختلاف معنی دار نبوده است ($p>0.05$).



نمودار ۳-۶: تغییرات ازت نیتراتی (NO_3-N) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

-ازت معدنی

تغییرات عمقی ازت معدنی^{۱۹} (DIN) در فصول و اعماق مختلف سال در نمودار ۳-۷ آمده است. تغییرات ازت معدنی براساس غلظت ازت آمونیمی بود، بطوریکه در فصول بهار، تابستان و پاییز از سطح به عمق کاهش یافته است اما در زمستان از سطح به عمق کمی افزایش یافت. به بیان دیگر تغییرات قابل ملاحظه نبوده است. آزمون تی بین میانگین های لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر نشان داد که در فصل پاییز اختلاف معنی دار بوده است (ANOVA) (p<0.05) اما در فصول بهار، تابستان و زمستان معنی دار نبوده است (p>0.05). آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) بین میانگین های لایه های مختلف (سطح، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) نیز نشان داد که در هر چهار فصل اختلاف معنی دار نبوده است (ANOVA) (p>0.05). آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) بین میانگین های لایه های مختلف (سطح، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) نشان داد که در دو فصل بهار و پاییز اختلاف معنی دار بوده است (p<0.05) اما در دو فصل دیگر معنی دار نبوده است (p>0.05).

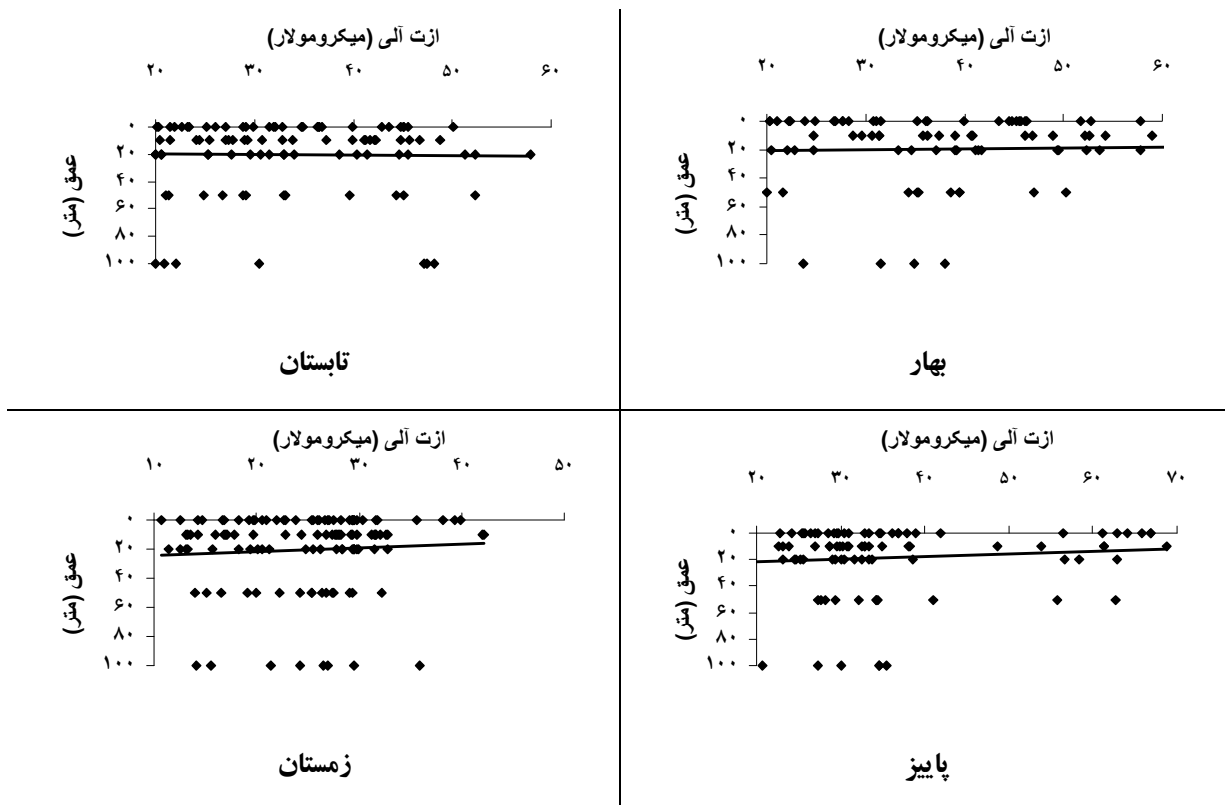


نمودار ۳-۷: تغییرات ازت معدنی (DIN) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

¹⁹ DIN=Dissolved Inorganic Nitrogen

-ازت آلی

تغییرات ازت آلی (DON²⁰) از سطح به عمق در فصول مختلف سال در نمودار ۳-۸ نشان داده شده است. غلظت ازت آلی از ۱۰ تا ۷۰ میکرومولار متغیر بوده است. تغییرات ازت آلی از سطح به عمق قابل ملاحظه نبوده است. آزمون تی نیز بین میانگین های لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر در فصول مختلف بهار، تابستان، پاییز و زمستان اختلاف معنی داری را نشان نداد ($p>0.05$). آنالیز واریانس (ANOVA) بین میانگین های لایه های مختلف (سطح، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) نشان داد که در هر چهار فصل معنی دار نبوده است ($p>0.05$).

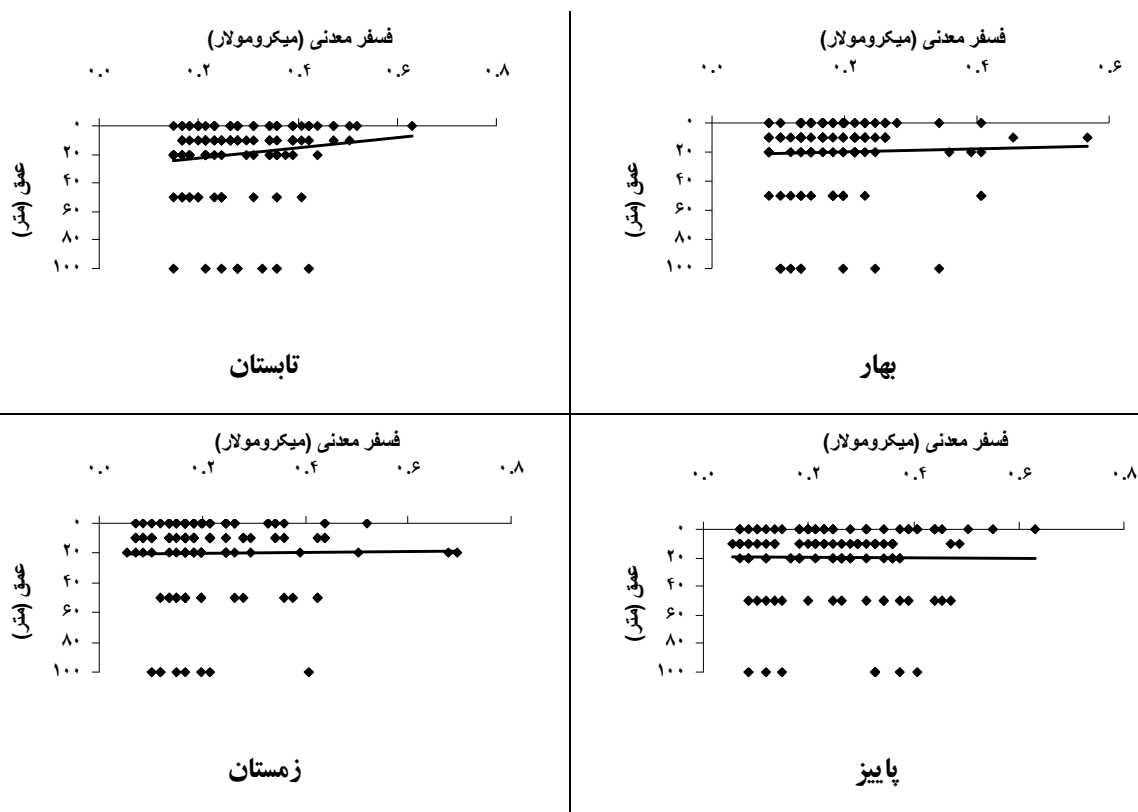


نمودار ۳-۸: تغییرات ازت آلی (DON) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

²⁰ DON=Dissolved Organic Nitrogen

-فسفر معدنی

تغییرات فسفر معدنی (DIP^{21}) در اعماق و فصول مختلف سال در نمودار ۹-۳ نشان داده شده است. غلظت فسفر معدنی در این ناحیه از ۰.۱ تا ۰.۷۰ میکرومولار متغیر بوده است. اگرچه تغییرات فسفر معدنی از سطح به عمق در فصول بهار، پاییز و زمستان بیشتر از فصل تابستان بوده است، اما آزمون تی بین میانگین های لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر در هیچ کدام از فصول سال اختلاف معنی دار را نشان نداد ($p>0.05$). آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) بین میانگین های لایه های مختلف (سطح، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) نیز نشان داد که در هر چهار فصل (به غیر از فصل زمستان) اختلاف معنی دار نبوده است ($p>0.05$).

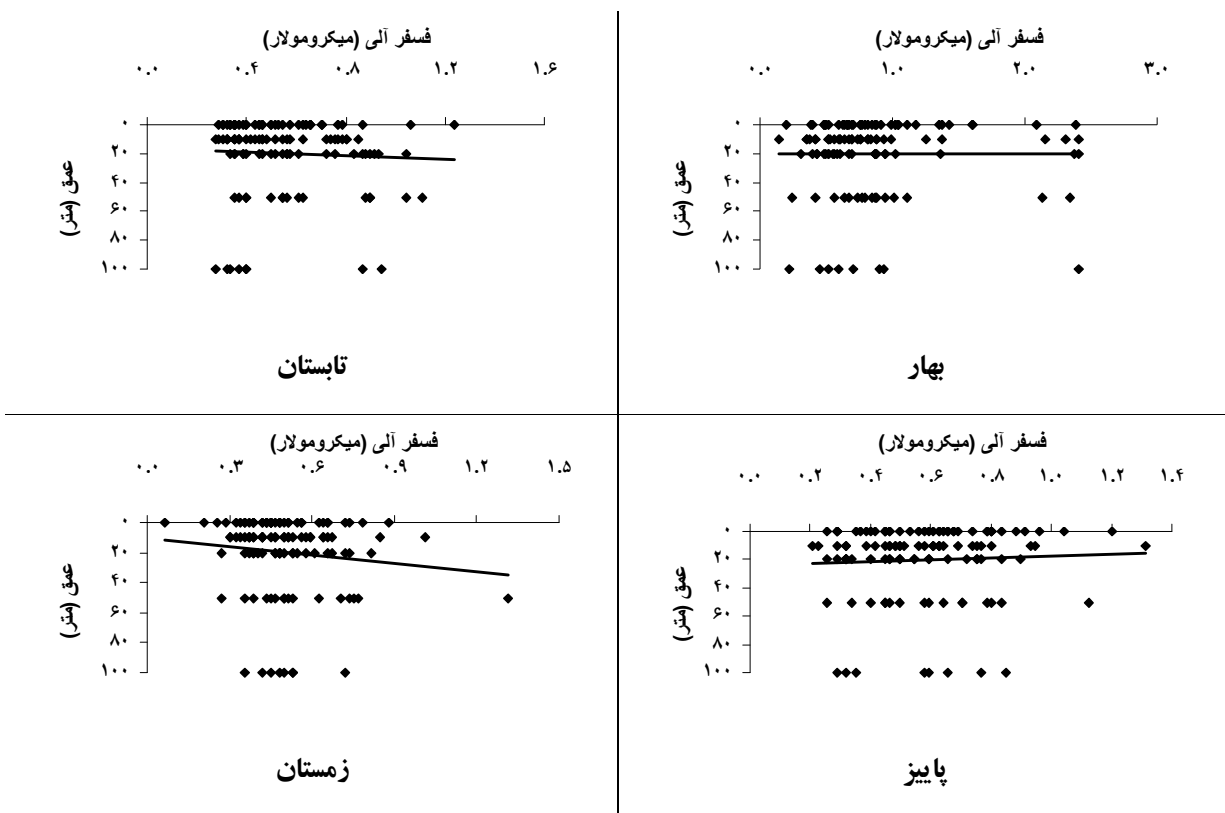


نمودار ۹-۳: تغییرات فسفر معدنی (DIP) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

²¹ DIP=Dissolved Inorganic Phosphorous

-فسفر آلی

غلظت فسفر آلی (DOP^{۲۲}) در حوزه جنوبی دریای خزر طبق نمودارهای ۱۰-۳ از ۰.۲ تا ۳.۰ میکرومولار متغیر بوده است. تغییرات فسفر آلی از سطح به عمق تغییرات کمی را در فصول بهار و پاییز نشان داد، اما در فصول تابستان و زمستان از سطح به عمق افزایش قابل ملاحظه بود. با این حال آزمون تی بین میانگین های لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر اختلاف معنی دار را در هیچ یک از فصول نشان نداد ($p>0.05$). آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) بین میانگین های لایه های مختلف (سطح، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ متر) نیز نشان داد که در هر چهار فصل (به غیر از فصل زمستان) اختلاف معنی دار نبوده است ($p>0.05$).

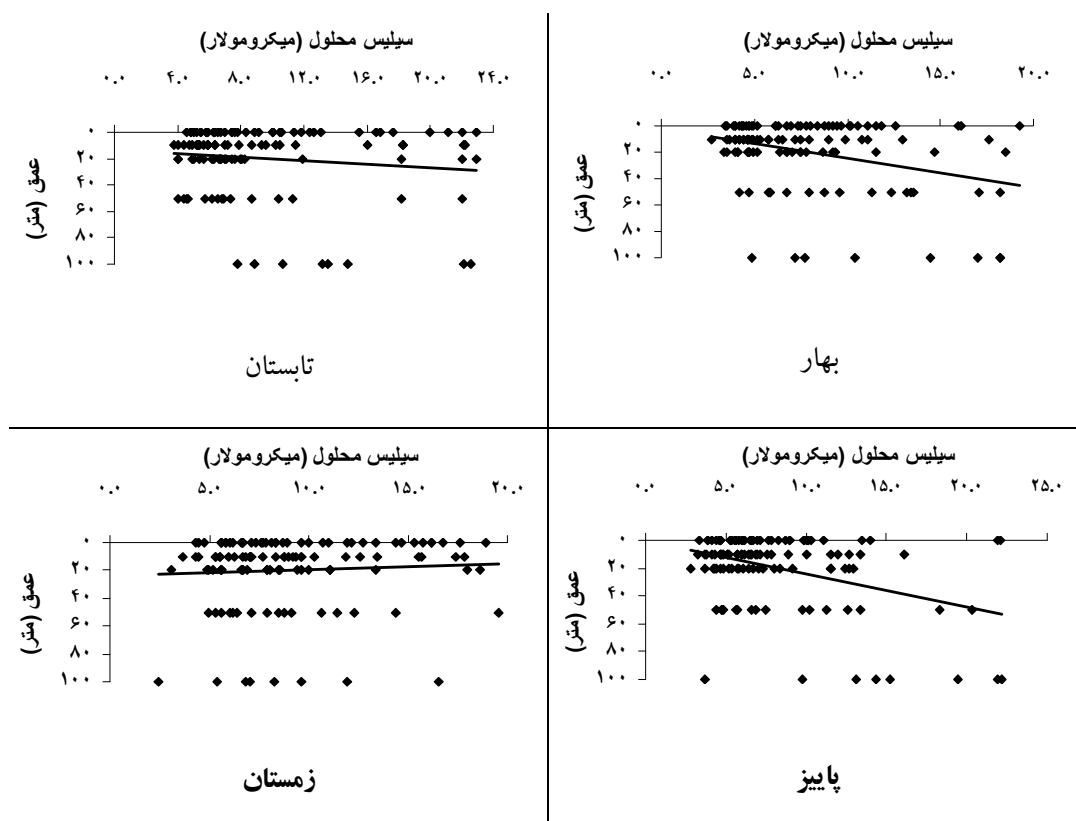


نمودار ۱۰-۳: تغییرات فسفر آلی (DOP) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

²² DOP=Dissolved Organic Phosphorous

سیلیس محلول

تغییرات غلظت سیلیس محلول در فصول و اعماق مختلف سال در نمودار ۳-۵ نشان داده شده است. غلظت سیلیس محلول (DSi^۳) در فصول مختلف سال در این ناحیه از ۴ تا ۲۵ میکرومولار متغیر بوده است (نمودار ۱۱-۳). تغییرات سیلیس محلول از سطح به عمق در فصول بهار، تابستان و پاییز افزایشی بوده است. اما در فصل زمستان از سطح به عمق تغییرات قابل ملاحظه‌ای را نشان نداده است. آزمون تی بین میانگین‌های لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر نشان داد که در فصول بهار و پاییز اختلاف معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$) اما در فصول تابستان و زمستان معنی‌دار نبوده است ($p > 0.05$). آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) بین میانگین‌های لایه‌های مختلف (سطح، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) نیز نشان داد که در هر چهار فصل اختلاف معنی‌دار بوده است ($p < 0.05$).

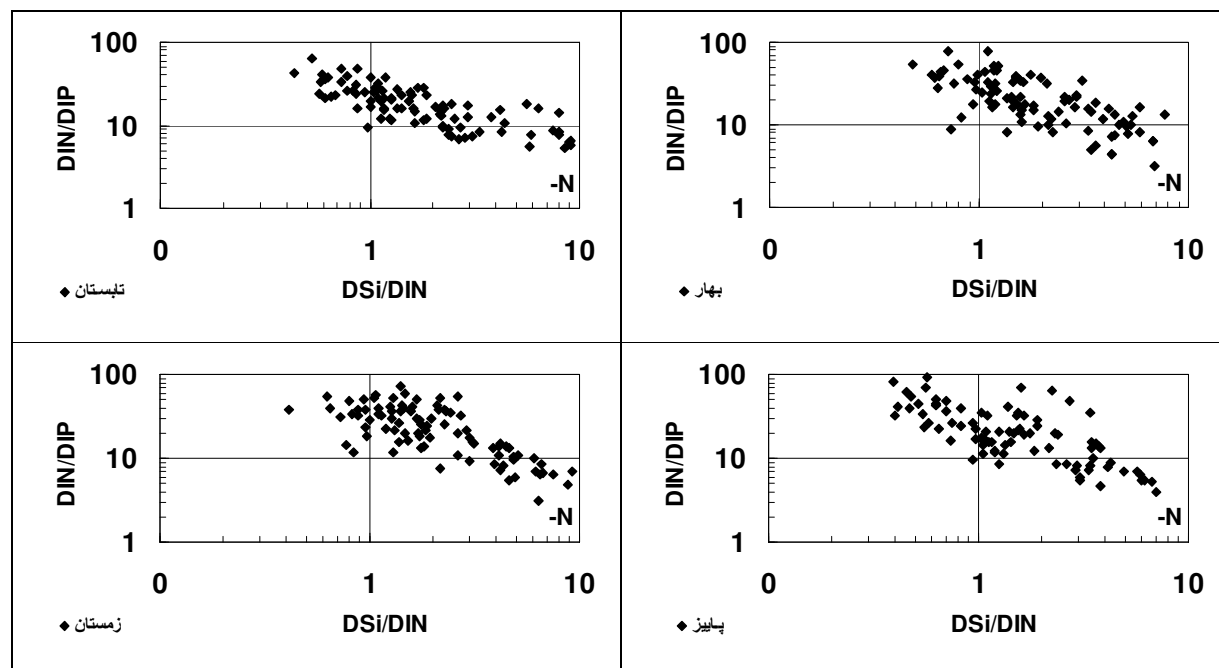


نمودار ۳-۱۱: تغییرات سیلیس محلول (DSi) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

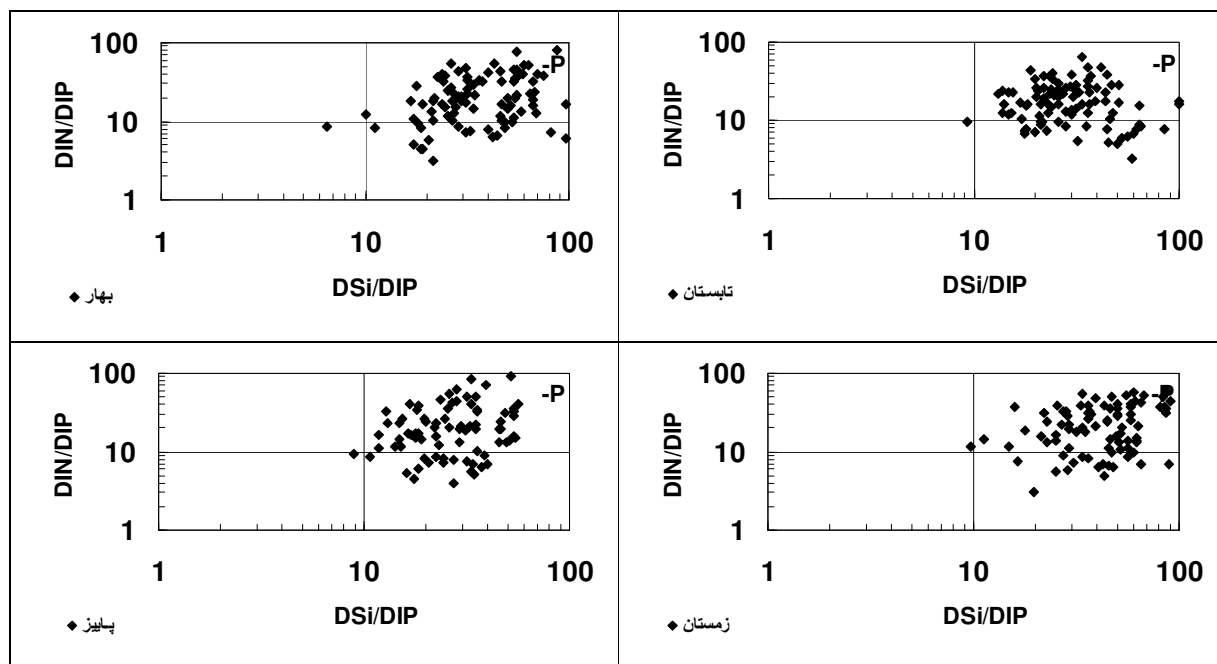
²³ DSi=Dissolved Silicon

نسبت های مولی مواد مغذی

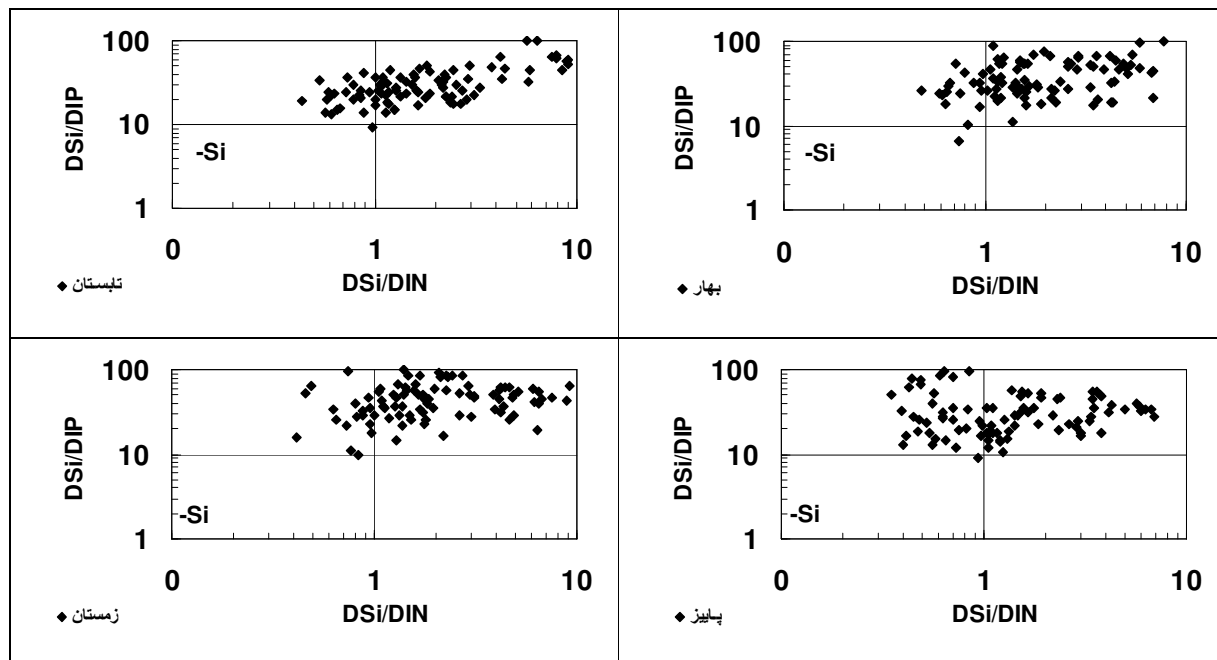
تغییرات نسبت های مولی مواد مغذی در لایه ۰-۲۰ متر و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر در نمودارهای ۳-۱۲، ۳-۱۳ و ۳-۱۴ نشان داده شده است. با توجه به نسبت های که ارائه شده است، مشخص می گردد که محدودیت نیتروژنی، فسفری و سیلیسی برای فیتوپلانکتون به ترتیب در ربع های چهارم، اول و سوم می باشد. در نمودار ۳-۱۲ نشان می دهد که کمترین نقاط یا داده ها در ربع چهارم می باشد. در نمودار ۳-۱۳ نیز بیشترین نقاط در ربع اول بوده و برای نمودار ۳-۱۴ در ربع سوم تقریباً هیچ نقطه ای وجود ندارد.



نمودار ۳-۱۲: پراکندگی نسبت های مولی مواد مغذی (محدودیت نیتروژنی) در لایه ۰-۲۰ متر و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)



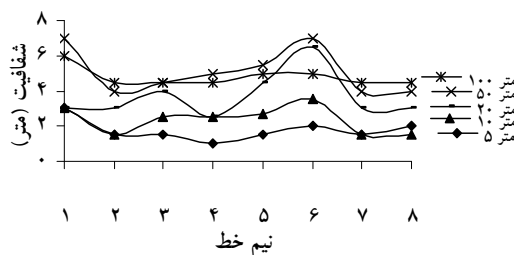
نمودار ۱۳-۳: پراکندگی نسبت های مولی مواد مغذی (محدودیت فسفوری) در لایه ۰-۲۰ متر و نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)



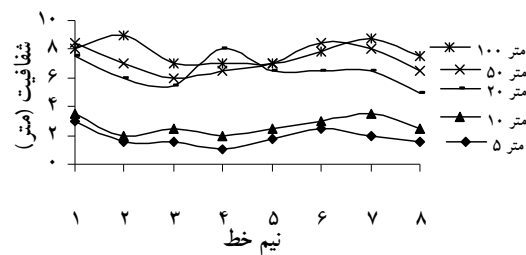
نمودار ۱۴-۳: پراکندگی نسبت های مولی مواد مغذی (محدودیت سیلیسی) در لایه ۰-۲۰ متر و نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

شفافیت

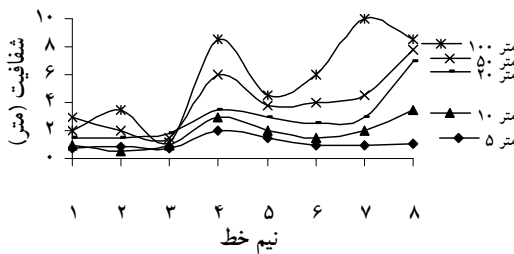
نمودار ۱۵-۳ تغییرات زمانی- مکانی شفافیت آب (SD^{۲۴}) در منطقه جنوبی دریای خزر را نشان می دهد. در اکثر فصول حداقل مقدار شفافیت در اعماق ۵ و ۱۰ متر و حداکثر آن در اعماق بالا یعنی در ۵۰ و ۱۰۰ متر مشاهده می گردد. مقایسه فصلی شفافیت نشان داد که در فصل تابستان شفافیت آب کمتر از ۸ متر بوده است اما در دیگر فصول کمتر از ۱۰ متر بوده است. آزمون آماری آنالیز واریانس (AONVA) نشان داد که بین میانگین شفافیت اعماق مختلف اختلاف معنی دار بوده است ($F=50.1, n=158, p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن کلیه اعماق (۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر) در پنج گروه جداگانه قرار گرفتند ($p < 0.05$).



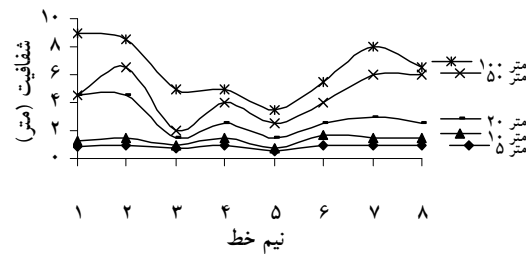
تابستان ۸۸



بهار ۸۸



زمستان ۸۸



پاییز ۸۸

نمودار ۱۵-۳: تغییرات زمانی- مکانی شفافیت آب در نیم خط ها و فصول مختلف در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸) (اعداد ۱ تا ۸ مربوط به نیم خط های آستارا، انزلی، سفیدرود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیرآباد و ترکمن می باشد)

²⁴ SD=Secchi Depth

در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان حداقل، حداکثر و میانگین (خطای استاندارد=SE) شفافیت به ترتیب برابر ۰.۵۰، ۱.۰۰ و ۹.۰۰ (۰.۴۱)، ۵.۲۰ متر، ۱.۰۰، ۷.۰۰ و ۳.۵۵ (۰.۲۷) متر، ۰.۵۰، ۹.۰۰ و ۳.۱۷ (۰.۳۸) متر و ۰.۵۰، ۱۰.۰۰ و ۳.۱۰ (۰.۳۹) متر ثبت گردید (نمودار ۱۵-۳). مقادیر سالانه حداقل، حداکثر و میانگین (خطای استاندارد=SE) شفافیت آب در منطقه جنوبی دریای خزر به ترتیب ۰.۵، ۱۰.۰۰ و ۳.۷۶ (۰.۱۹) متر بوده است. آزمون آماری آنالیز واریانس (AONVA) نشان داد که بین میانگین شفافیت فصول مختلف اختلاف معنی دار بوده است ($F=7.4, n=158, p < 0.05$)، بطوریکه در آزمون دانکن فصل بهار در یک گروه و سه فصل دیگر در گروه دیگر قرار گرفتند.

-آزمون های آماری پارامترهای محیطی و مواد مغذی

بررسی فصلی ۱۲ متغیر محیطی و مواد مغذی آب در آنالیز مولفه های اصلی (PCA^{۲۵}) که به عنوان آزمون کاهش داده ها معروف است مورد بررسی قرار گرفت. در این آنالیز تغییرات شاخص KMO^{۲۶} در محدوده ۰.۴۵ تا ۰.۵۰ بوده است و در ضمن آزمون Bartlett test^{۲۷} (بارتلت) دارای اختلاف معنی دار بوده است. بدین ترتیب با توجه به این شاخص و آزمون می توان آنالیز مولفه های اصلی را بر روی داده های فصلی سال ۱۳۸۸ انجام داد. در فصل بهار، در آنالیز مولفه های اصلی ۱۲ متغیر محیطی و مواد مغذی آب بر اساس منحنی سنگریزه ای (Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بالای یک، به پنج مولفه (PC^{۲۸}) (با ۷۱.۰ درصد تغییرات از کل واریانس) کاهش یافته است. مولفه یک (PC1=2.50^{۲۹}) به تنهایی ۲۱.۱ درصد از کل واریانس را شامل شده است. در این

²⁵PCA= Principal Components Analysis

²⁶ KMO= Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (Measure of Sampling Adequacy)

²⁷ Bartlett's Test (Sphericity)

²⁸ PC=Principal Component

²⁹ این عدد بیانگر مقدار ویژه هر مولفه میباشد

مولفه متغیرهای مواد مغذی نیتروژن ($NH_4=0.90$, $DIN=0.84^{30}$) و فسفر ($DOP=0.72$) مشارکت داشته است. مولفه های دو تا پنج به ترتیب واریانس های ۹.۵ و ۱۱.۷، ۱۴.۳، ۱۵.۱، در مولفه دو ($PC_2=1.82$) متغیرهای فیزیکی دما (0.73) و شوری (0.85) و همچنین مواد مغذی نیتروژنی ($DON=-0.63$) قرار گرفتند. در مولفه سه ($PC_3=1.71$) مواد فسفری (0.73) و سیلیس (0.85) و همچنین شفافیت (-0.62) مشارکت داشته اند. در مولفه های چهار ($PC_4=1.41$) و پنج ($PC_5=1.14$) به ترتیب متغیر نترات (0.87) و درصد اشباعیت (0.89) دخالت داشته اند.

در فصل تابستان، متغیرهای مختلف محیطی و مواد مغذی به چهار مولفه (PC) با ۶۷.۵ درصد از کل واریانس کاهش یافته است. مولفه یک ($PC_1=2.52$) با ۲۱.۰ درصد واریانس شامل متغیرهای مواد مغذی نیتروژنی ($NH_4=0.88$, $DIN=0.88$) و سیلیسی ($DSi=-0.78$) بوده است. در مولفه دو ($PC_2=1.94$) با واریانس (16.2) متغیرهای فیزیکی pH (-0.75) و شوری (0.75) و همچنین مواد مغذی آلی ($DON=0.63$, $DOP=-0.58$) مشارکت داشته اند. متغیرهای فیزیکی شفافیت (-0.72)، دما (0.68) و درصد اشباعیت (0.63) با واریانس ۱۵.۳ در مولفه سوم ($PC_3=1.84$) قرار گرفته اند. در مولفه چهارم ($PC_4=1.57$) که مواد مغذی نترات (0.76) و فسفر معدنی (0.76) جای گرفتند، واریانس ۱۳.۱ بوده است.

در فصل پاییز، متغیرهای مختلف محیطی و مواد مغذی به چهار مولفه (PC) با ۷۳.۸ درصد از کل واریانس کاهش یافته است. مولفه یک ($PC_1=2.60$) و دو ($PC_2=2.56$) به ترتیب دارای ۲۱.۷ و ۲۱.۴ درصد واریانس بوده است. در مولفه یک متغیرهای ازت نترات (0.80)، ازت معدنی (0.73)، فسفر معدنی (-0.65) و فسفر آلی (0.71) و در مولفه دو متغیرهای دما (0.74)، درصد اشباعیت (0.67)، ازت معدنی (-0.64) و ازت آمونیمی (-0.88) مشارکت داشته اند. مولفه سه ($PC_3=1.89$) و چهار ($PC_4=1.80$) به ترتیب دارای ۱۵.۸ و ۱۵.۰ درصد واریانس بوده است. در

³⁰ این عدد بیانگر ضرایب بارعاملی هر متغیر در مولفه ها میباشد

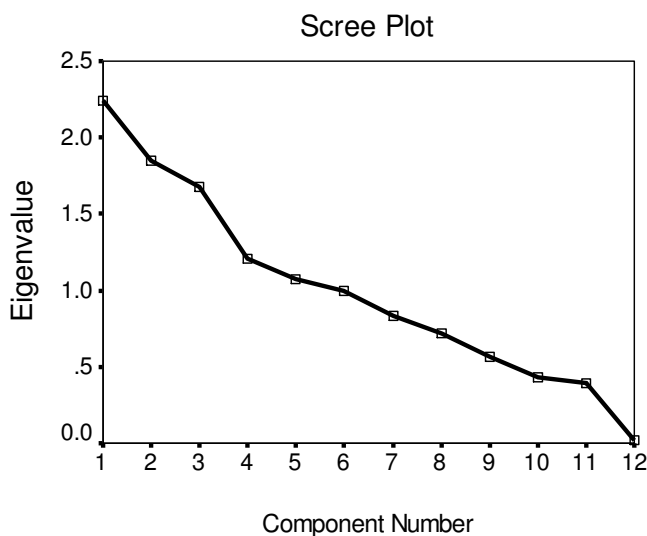
مولفه سه متغیرهای ازت آلی (۰.۸۷) و سیلیس محلول (۰.۸۲) و در مولفه چهار متغیرهای فیزیکی شفافیت (۰.۷۵) و pH (۰.۸۹) مشارکت داشته اند.

در فصل زمستان، در آنالیز مولفه های اصلی ۱۲ متغیر محیطی و مواد مغذی آب به پنج مولفه با ۷۷.۱ درصد از کل واریانس کاهش یافته است. مولفه یک (PC1=2.26) و دو (PC2=2.18) به ترتیب دارای ۱۸.۹ و ۱۸.۲ درصد واریانس بوده است. در مولفه یک متغیرهای ازت آمونیمی (۰.۹۲) و ازت معدنی (۰.۹۱) و در مولفه دو متغیرهای دما (۰.۸۰)، شفافیت (۰.۶۱)، سیلیس محلول (۰.۶۵-) و ازت آلی (۰.۷۷) مشارکت داشته اند. مولفه های سه تا پنج به ترتیب واریانس ۱۵.۸، ۱۳.۳ و ۱۱.۱ از کل واریانس را شامل شده اند. در مولفه سه (PC2=1.89) متغیرهای فیزیکی pH (۰.۷۷) مواد مغذی نیتروژنی (NO3=0.60) و سیلیس محلول (۰.۶۸) قرار گرفتند. در مولفه چهار (PC4=1.59) مواد مغذی فسفوری (DIP=-0.80, DOP=0.76) و درصد اشباعیت (۰.۵۶) مشارکت داشته اند. در مولفه پنج (PC5=1.33) متغیرهای فیزیکی شفافیت (۰.۵۹) و شوری (۰.۸۴) داخل گردیدند.

در بررسی سالانه متغیرهای محیطی و مواد مغذی آب در آنالیز مولفه های اصلی (PCA) تغییرات شاخص KMO برابر ۰.۵۱ و آزمون Bartlett test دارای اختلاف معنی دار بوده است (جدول ۱-۳). بدین ترتیب با توجه به این شاخص و آزمون می توان آنالیز مولفه های اصلی را بر روی داده های سالانه انجام داد. در آنالیز مولفه های اصلی ۱۲ متغیر محیطی و مواد مغذی آب بر اساس منحنی سنگریزه ای (Scree plot) (نمودار ۱۶.۳) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بالای یک به پنج مولفه (PC) با ۶۷.۰ درصد از کل واریانس کاهش یافته است. در هر مولفه، متغیرهای دارای ضرایب بارعاملی (Loading Factor) بیش از ۰.۴۰ با توجه به تعداد نمونه ها در نظر گرفته شده است. مولفه یک به تنهایی ۱۸.۳ درصد از کل واریانس را شامل شده است. در این مولفه شفافیت و مواد مغذی نیتروژن مشارکت داشته است (جدول ۲.۳). مولفه های دو و سه به ترتیب واریانس ۱۳.۶ و ۱۳.۲ درصد از کل واریانس را شامل شدند. در این دو مولفه ۸ متغیر محیطی مشارکت داشته اند. مولفه های چهار و پنج با واریانس ۱۱.۴ و ۱۰.۶ شامل متغیرهای درصد اشباعیت، فسفر آلی و pH بوده است (جدول ۲-۳).

جدول ۱-۳: آزمون های KMO و Bartlett در آنالیز آماری چند متغیره PCA برای پارامترهای محیطی و مواد مغذی در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۰.۵۱	آزمون کیزر مایر ^{۳۱} (اندازه گیری کفایت نمونه برداری)	
۳۰۳.۰	آزمون مربع کای ^{۳۳}	آزمون بارتلت ^{۳۲} (ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها)
۴۵	درجه آزادی	
۰.۰۰	معنی دار بودن	



نمودار ۱۶-۳: نمودار سنگریزه ای (Scree plot) آنالیز آماری چند متغیره (PCA) مقادیر ویژه (Eigenvalue) هر یک از عوامل استخراج شده (Components) پارامترهای محیطی آب در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

³¹ Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) Measure of Sampling Adequacy

³² Bartlett's Test of Sphericity

³³ Approx. Chi-Square

جدول ۲-۳: روابط بین پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب حوزه جنوبی دریای خزر در ماتریکس مولفه دوران یافته در آنالیز چند متغیره PCA (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	مولفه ها وارینانس (%)	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Temp.		0.84				
Salinity		0.51				
pH			0.89			
DO%				0.68		
SD (m)					0.53	
NH ₄ (μM)		0.82				
NO ₃ (μM)		0.54				
DIN (μM)		0.97				
DON (μM)				0.67		
DIP (μM)				0.58		
DOP (μM)					-0.77	
DSi (μM)						-0.54

Extraction Method: Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA^{۳۴}) و آزمون Wilks' Lambda بر اساس متغیرهای محیطی به

همراه مواد مغذی آب در فصول مختلف در جداول ۳.۳ و ۳-۴ نشان داده شده است. بر اساس جدول ۳.۳

شرایط لازم برای انجام آزمون CDFA (رجوع به بخش مواد و روش ها) وجود دارد.

³⁴ CDFA=Canonical Disdriminate Factor Analysis

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

توابع ^{۳۵}	مقدار ویژه ^{۳۶}	درصد واریانس ^{۳۷}	درصد تجمعی واریانس ^{۳۸}	همبستگی متعارف کننده ^{۳۹}
۱	۵.۹۸۵ (a)	۷۲.۹	۷۲.۹	۰.۹۳
۲	۱.۶۳۳ (a)	۲۰.۳	۹۳.۲	۰.۷۹
۳	۰.۵۵۸ (a)	۶.۸	۱۰۰.۰	۰.۶۱

a First 3 canonical discriminant functions were used in the analysis

آزمون Wilks' Lambda در CDFA (جدول ۳-۴) نشان می دهد که سه تابع بوجود آمده به طور معنی داری از هم تفکیک شده اند.

جدول ۳-۴: آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده و آزمون Wilks' Lambda مربوط به متغیرهای محیطی و مواد مغذی آب در لایه نوری در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

آزمون توابع ^{۴۰}	ویلک لامبا ^{۴۱}	مربع کای ^{۴۲}	درجه آزادی	معنی دار بودن
تابع ۱ به ۳	۰.۰۴۰	۱۲۴۴	۳۳	۰.۰۰۰
تابع ۲ به ۳	۰.۲۴۴	۵۲۶	۲۰	۰.۰۰۰
۳	۰.۶۴۴	۱۶۴	۹	۰.۰۰۰

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) نشان میدهد که بر اساس متغیرهای محیطی 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

³⁵ Function

³⁶ Eigenvalue

³⁷ % of Variance

³⁸ Cumulative %

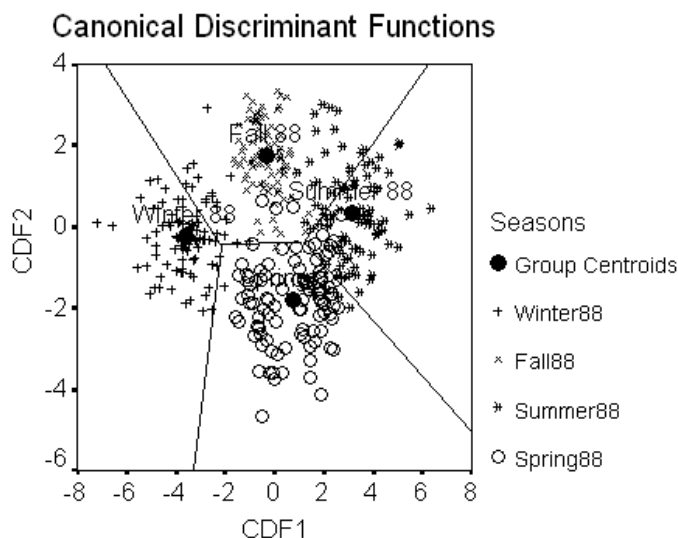
³⁹ Canonical Correlation

⁴⁰ Test of Function(s)

⁴¹ Wilks' Lambda

⁴² Chi-square

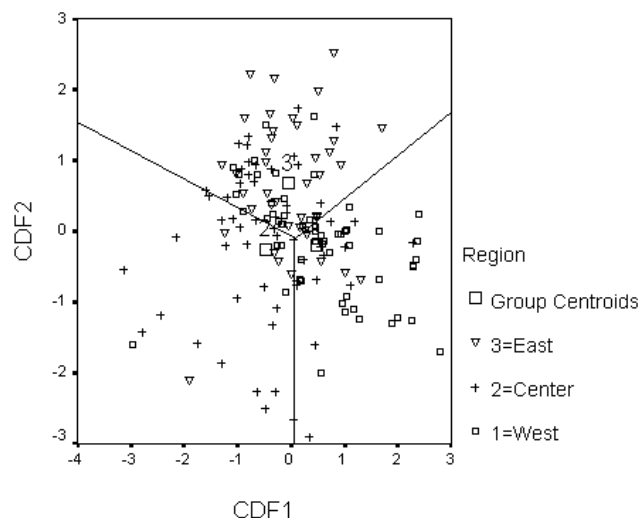
را از پاییز و زمستان جدا می کند و دومین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF2، خط افقی) با واریانس ۲۰٪ بهار و زمستان را از فصول تابستان و پاییز تفکیک می کند.



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

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) در نیم خط های مختلف نشان میدهد که بر اساس ۱۲ متغیر محیطی و مواد مغذی، این ۸ نیم خط به سه گروه ۱، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۲ و ۴ بدون همپوشانی تفکیک شده است. نتایج نشان داد که ترکیبات ازت (ازت آمونیمی، ازت معدنی و آلی) به همراه شوری با واریانس بیشتر، نقش اصلی را در تفکیک نیم خط ها داشته اند.

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده در نواحی مختلف نشان میدهد که بر اساس ۱۲ متغیر محیطی و مواد مغذی، این سه ناحیه به سه گروه غربی، مرکزی و شرقی بدون همپوشانی تفکیک شده است (نمودار ۱۸-۳). این نمودار نشان می دهد که اولین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF1، خط عمودی) با واریانس ۵۲٪ ناحیه غربی را با نواحی دیگر جدا می کند و دومین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF2، خط افقی) با واریانس ۴۸٪ ناحیه شرقی را با نواحی غربی و مرکزی تفکیک می کند.



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

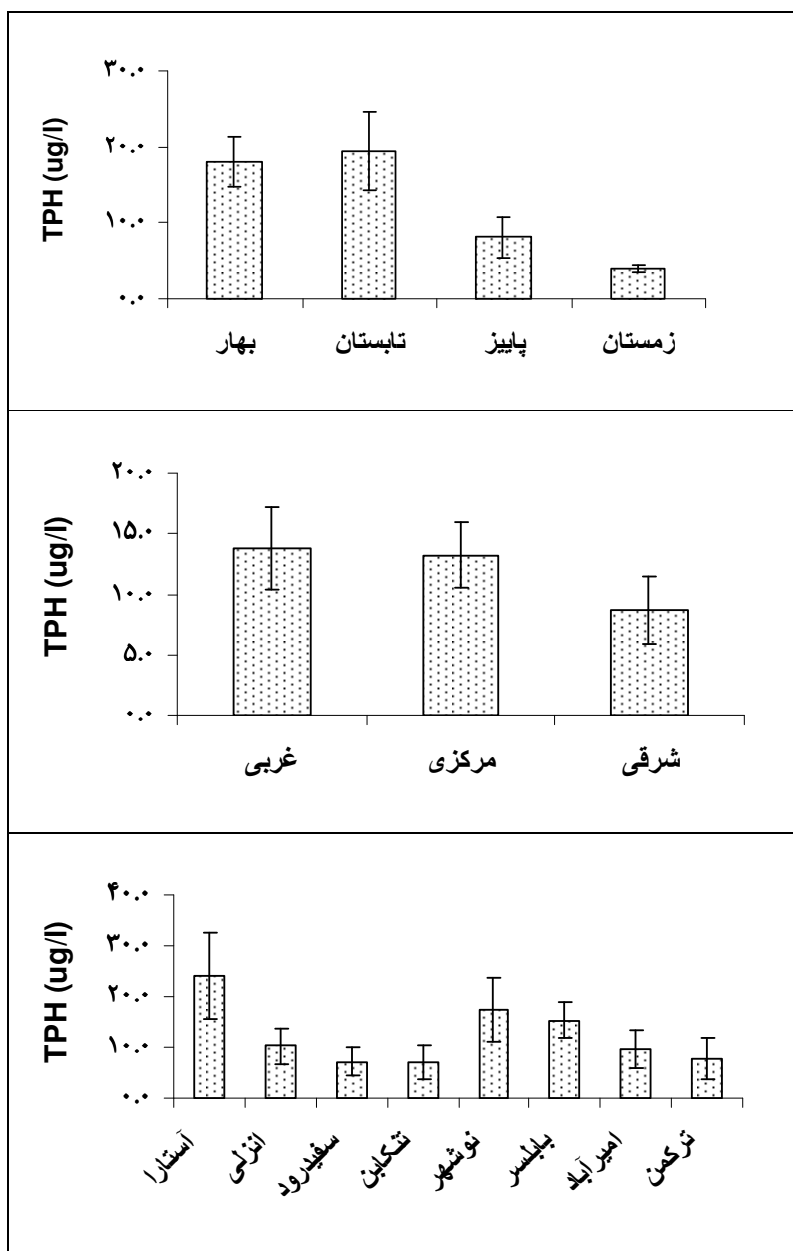
ضرایب مکانی (نواحی) آزمون CDF برای دو تابع بدست آمده بر اساس ۱۲ متغیر محیطی و مواد مغذی در لایه نوری نشان داده است که ترکیبات ازت (ازت معدنی و آلی) به همراه شوری و سیلیس محلول در تابع اول دارای واریانس بیشتری بوده است و به بیان دیگر نقش اصلی در تفکیک مکانی (نواحی) این منطقه را بعهدده داشته اند.

۲-۳- پارامترهای آلودگی در آب

- ترکیبات نفتی

تغییرات ترکیبات نفتی (TPH) آب در فصول، نواحی و نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در نمودار ۱۹.۳ نشان داده شده است. حداکثر غلظت TPH در فصل تابستان و حداقل آن در فصل زمستان مشاهده گردید. اختلاف میانگین TPH در فصول مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) معنی دار بوده اند ($p < 0.05$) و آزمون دانکن فصول را به دو گروه تقسیم کرده است. تغییرات ترکیبات نفتی در نواحی غربی و شرقی تقریباً مشابه بوده است و میانگین TPH در نواحی مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) دارای اختلاف معنی دار

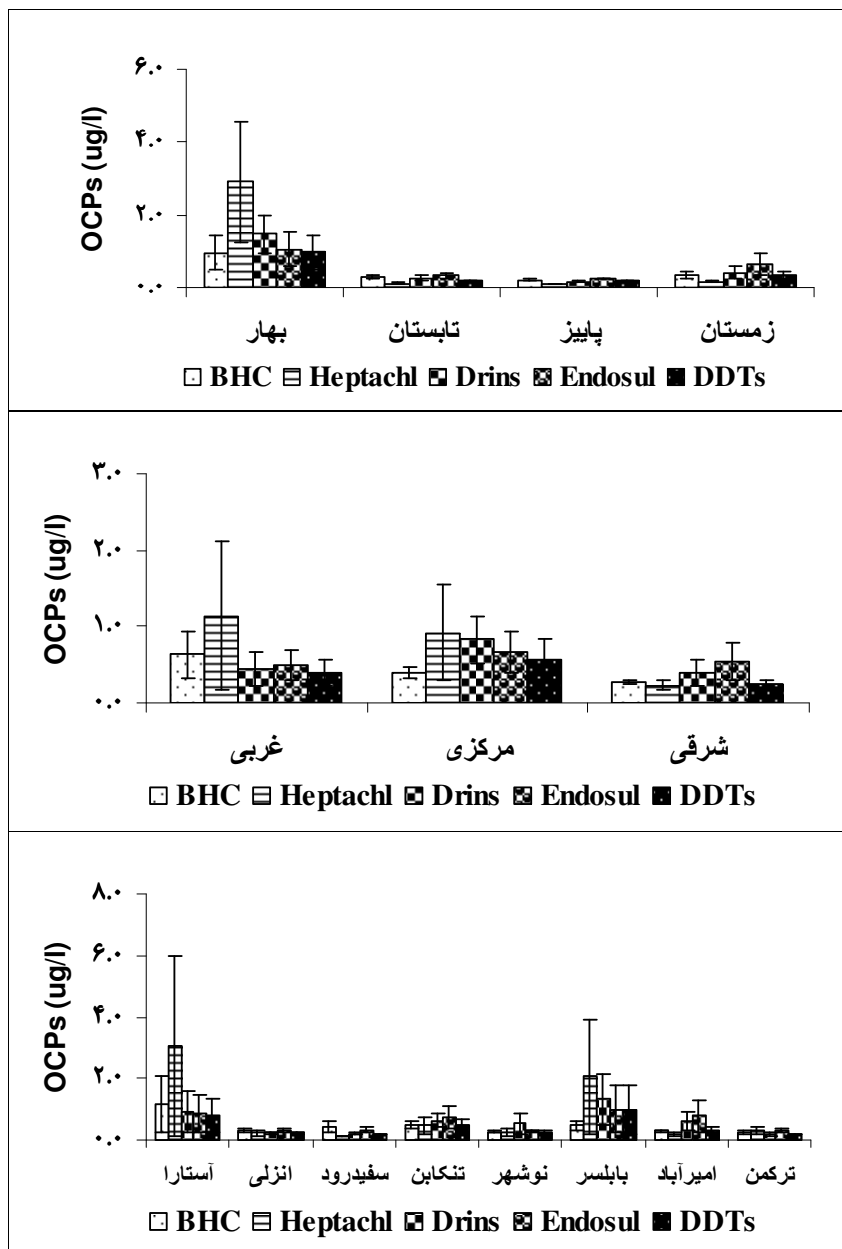
نبوده اند ($p > 0.05$). حداکثر غلظت TPH در نیم خط های آستارا، نوشهر و بابلسر دیده شد و اختلاف میانگین TPH در نیم خط های مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) معنی دار نبوده اند ($p > 0.05$). در ضمن آزمون آنالیز واریانس چند طرفه نیز متغیر فصول و فصول + نیم خط ها بر TPH تاثیر معنی داری داشته است ($p < 0.05$). در مقابل تفاوت معنی داری از TPH بین نیم خط ها، نواحی و نیز بین فصول + نیم خط و نواحی وجود نداشته است ($p > 0.05$). میانگین سالانه و حداقل و حداکثر TPH آب به ترتیب 12.33 (± 1.76) ، صفر و 74.34 میکروگرم بر لیتر بوده است.



نمودار ۱۹-۳: تغییرات میانگین نفتی (TPH) آب در فصول، نواحی و نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

-گروههای سموم کشاورزی

تغییرات گروههای سموم کشاورزی کلره (OCPs) آب در فصول، نواحی و نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در نمودار ۲۰-۳ نشان داده شده است. حداکثر غلظت OCPs در فصل بهار و حداقل آن در فصل پاییز مشاهده گردید. میانگین این پنج گروه در فصول مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) معنی دار بوده اند ($p < 0.05$) و آزمون دانکن نشان داد که فصل بهار در یک گروه و سه فصل دیگر در گروه دوم قرار گرفته اند. تغییرات پنج گروه OCPs در نواحی غربی و مرکزی تقریباً مشابه بوده است و اختلاف میانگین OCPs در نواحی مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) معنی دار نبوده اند ($p > 0.05$). حداکثر غلظت OCPs در نیم خط های آستارا و بابلسر دیده شد و میانگین OCPs در نیم خط های مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) معنی دار نبوده اند ($p > 0.05$). در ضمن در آزمون آنالیز واریانس چند طرفه نیز فقط متغیر فصول بر OCPs تاثیر معنی داری داشته است ($p < 0.05$). در مقابل تفاوت معنی داری از OCPs بین نیم خط ها و نواحی و نیز بین فصول+ نیم خط و نواحی وجود نداشته است ($p > 0.05$).



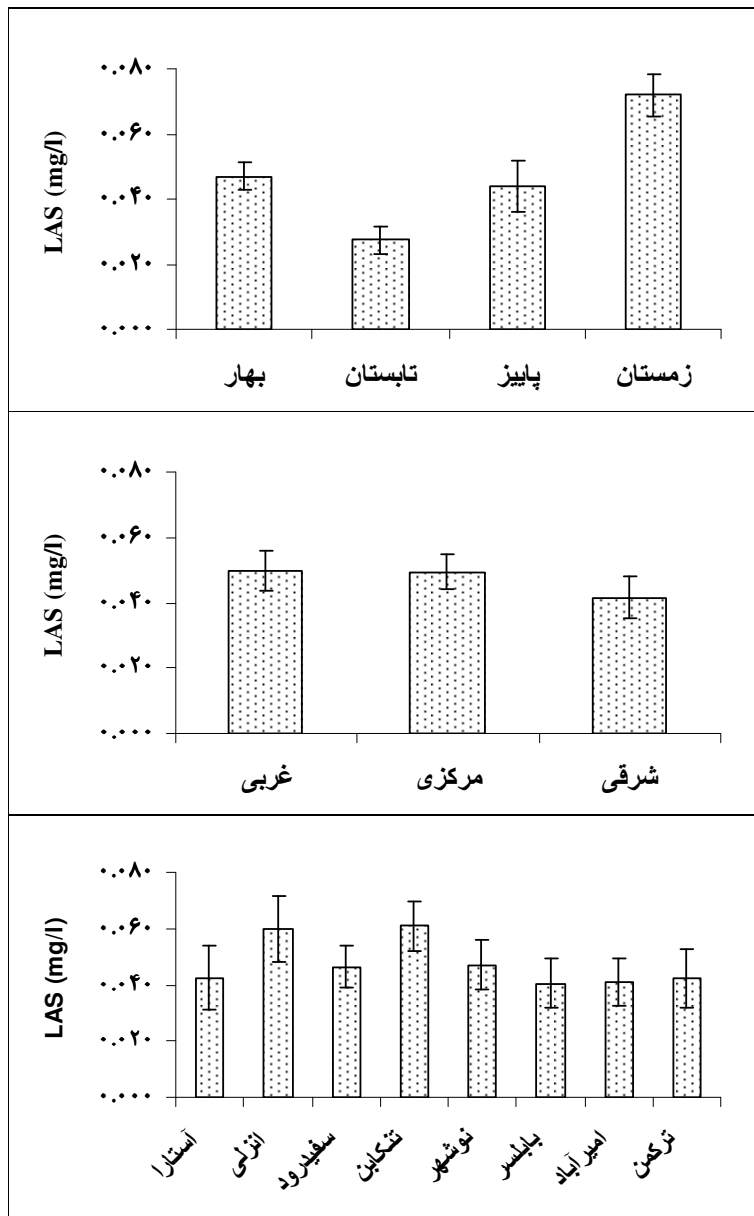
نمودار ۲۰-۳: تغییرات میانگین گروه های مختلف سموم کشاورزی کلره (OCPs) آب در فصول، نواحی و نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

- فلزات سنگین

حداکثر و حداقل غلظت فصلی سرب در نمونه آب هشت نیم خط منطقه جنوبی دریای خزر بترتیب در فصل تابستان بمقدار ۰.۰۵۲ و در فصل پاییز در حد ۰.۰۱۲ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید. حداکثر و حداقل (مشاهده شده) غلظت فصلی فلز نیکل بترتیب در فصل بهار بمقدار ۰.۰۱۲ و در فصول پاییز و زمستان بمقدار ۰.۰۰۴ میلی گرم برلیتر مشاهده گردید. حداکثر غلظت جیوه (۱۲.۱ ppb) در نمونه آب ایسگاه سطحی با عمق ۲۰ متر نیم خط نوشهر مشاهده گردید.

-شوینده ها

تغییرات شوینده های (LAS) آب در فصول، نواحی و نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در نمودار ۲۱-۳ نشان داده شده است. حداکثر غلظت LAS در فصل زمستان و حداقل آن در فصل تابستان مشاهده گردید. اختلاف میانگین LAS در فصول مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و آزمون دانکن فصول را به سه گروه تقسیم کرد. بطوریکه فصل بهار و زمستان در دو گروه مجزا و فصول تابستان و پاییز در گروه سوم قرار گرفته اند. تغییرات شوینده ها در نواحی مختلف تقریباً مشابه بوده است و میانگین LAS در نواحی مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) اختلاف معنی دار نداشت ($p > 0.05$). حداکثر غلظت LAS در نیم خط های انزلی و تنکابن دیده شد و میانگین LAS در نیم خط های مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) اختلاف معنی دار نداشت ($p > 0.05$). در ضمن آزمون آنالیز واریانس چند طرفه نیز فقط متغیر فصول بر LAS تاثیر معنی داری داشته است ($p < 0.05$). در مقابل تفاوت معنی داری بین LAS و نیم خط ها و نواحی و نیز بین فصول+نیم خط ها و نواحی وجود نداشته است ($p > 0.05$).

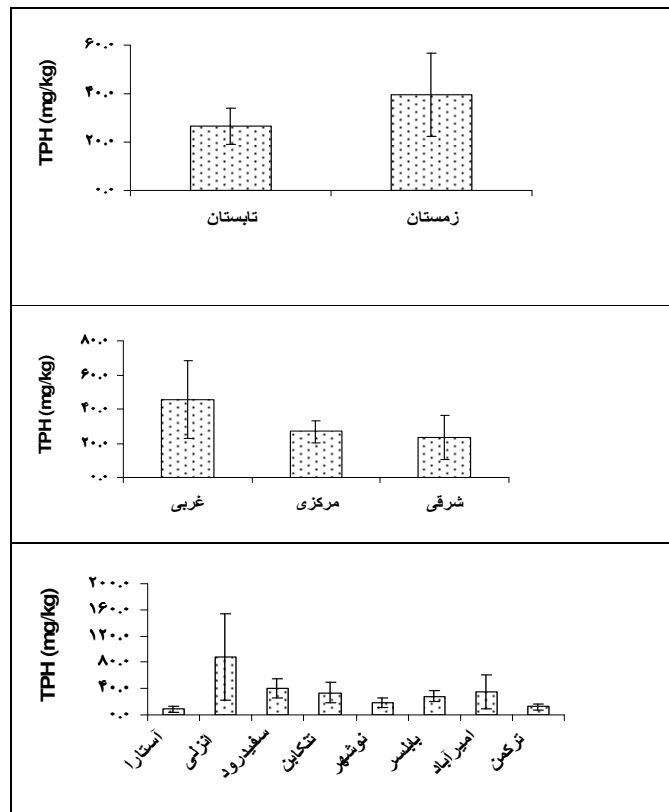


نمودار ۲۱-۳: تغییرات میانگین شوینده های (LAS) آب در فصول، نواحی و نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۳-۳- پارامترهای آلودگی در رسوب

-ترکیبات نفتی

تغییرات ترکیبات نفتی (TPH) رسوبات در فصول تابستان و زمستان، نواحی و نیم خط‌های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در نمودار ۲۲-۳ نشان داده شده است. حداکثر غلظت TPH در فصل زمستان (۴۱۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک) مشاهده گردید. اختلاف میانگین TPH در فصول مختلف بر اساس آزمون تی معنی دار نبوده اند ($p>0.05$). حداکثر میزان ترکیبات نفتی در ناحیه غربی (۴۱۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک) مشاهده گردیده است ولی میانگین TPH در نواحی مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) اختلاف معنی دار نداشت ($p>0.05$). حداکثر غلظت TPH در نیم خط انزلی دیده شد ولی میانگین TPH نیز در نیم خط‌های مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) دارای اختلاف معنی دار نبود ($p>0.05$).



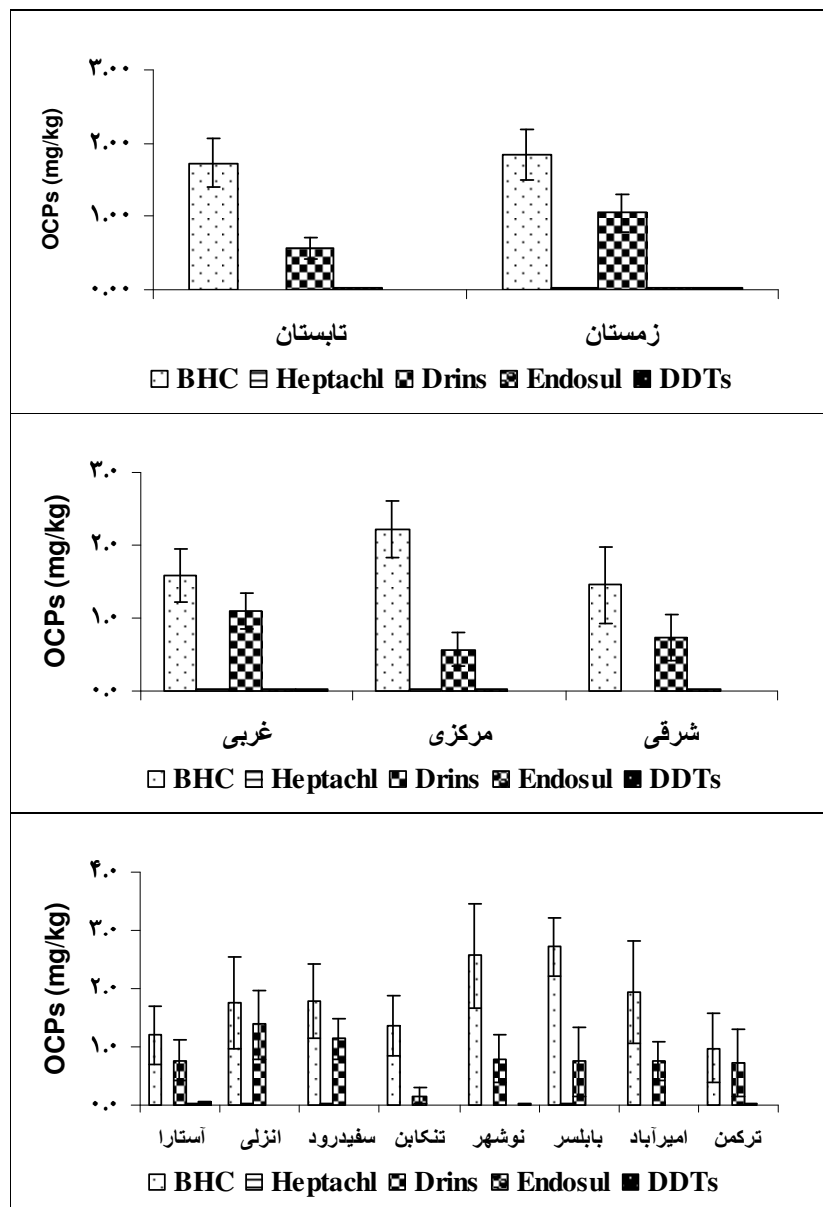
نمودار ۲۲-۳: تغییرات میانگین ترکیبات نفتی (TPH) رسوبات در فصول تابستان و زمستان، نواحی و نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

-گروههای سموم کشاورزی

تغییرات گروههای مختلف سموم کشاورزی کلره (OCPs) رسوبات در فصول تابستان و زمستان، نواحی و نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در نمودار ۲۳-۳ نشان داده شده است. حداکثر غلظت OCPs در فصل زمستان (۸.۴۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک) و حداقل آن در فصل تابستان (۰.۰۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک) مشاهده گردید. میانگین این پنج گروه OCPs در فصول مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) اختلاف معنی دار نداشت ($p>0.05$). تغییرات دو گروه OCPs در نواحی غربی و شرقی تقریباً مشابه بوده است و در ناحیه مرکزی حداکثر بوده است و اختلاف میانگین OCPs در نواحی مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) معنی دار نبوده اند ($p>0.05$). حداکثر غلظت OCPs در نیم خط های نوشهر و بابلسر دیده شد و

میانگین OCPs در نیم خط های مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) اختلاف معنی دار نداشت

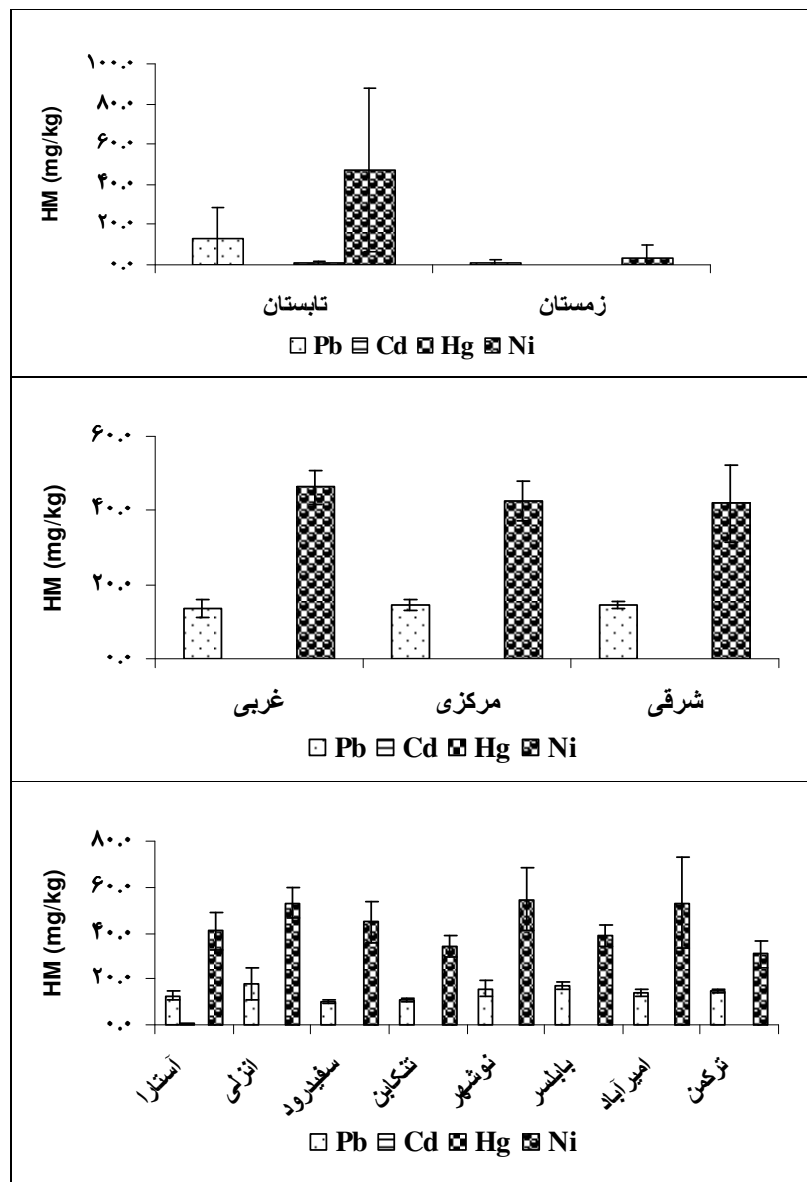
($p > 0.05$).



نمودار ۲۳-۳: تغییرات میانگین گروه های مختلف سموم کشاورزی کلره (OCPs) رسوبات در فصول تابستان و زمستان، نواحی و نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

-فلزات سنگین

تغییرات فلزات مختلف رسوبات در فصول تابستان و زمستان، نواحی و نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در نمودار ۲۴-۳ نشان داده شده است. حداکثر غلظت فلزات در فصل زمستان (سرب، جیوه، نیکل و کروم) به ترتیب ۵۳، ۱.۱۳، ۱۵۰ و ۳۱۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک) و حداقل آن در فصل تابستان مشاهده گردید. میانگین سه فلز Pb, Cd, Ni در دو فصل تابستان و زمستان بر اساس آزمون تی اختلاف معنی دار نداشت ($p > 0.05$). میانگین سه فلز Pb, Cd, Ni در نواحی مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) اختلاف معنی دار نداشت ($p > 0.05$) اما میانگین فلز Hg اختلاف معنی دار نشان داد. بر اساس آزمون دانکن ناحیه غربی در یک گروه و نواحی مرکزی و شرقی در گروه دیگر قرار گرفتند ($p < 0.05$). حداکثر غلظت فلزات (سرب و نیکل) در نیم خط های انزلی و نوشهر دیده شد و میانگین سه فلز Pb, Cd, Ni در نیم خط های مختلف بر اساس آزمون واریانس (ANOVA) دارای اختلاف معنی دار نبوده اند ($p > 0.05$).



نمودار ۲۴-۳: تغییرات میانگین فلزات سنگین مختلف رسوبات در فصول تابستان و زمستان، نواحی و نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۳-۴- ارتباط آلودگیها با بافت رسوب

نتایج آزمون CCA بین متغیرهای آلودگی و بافت رسوبات در فصل تابستان در جدول ۳-۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که ترکیبات نفتی (TPH) و فلزات ارتباط مستقیم با دانه بندی Sand دارد اما گروه های مختلف سموم بیشتر با Gravel و Siltcaly همبستگی نشان داد. همچنین دو گروه سموم Heptachl و DDTs با تمام متغیرهای رسوب ارتباط داشته اند.

جدول ۳-۵: ارتباط بین متغیرهای آلودگیها و بافت رسوبات بر اساس آزمون CCA در فصل تابستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

Ni	Pb	Hg	Cd	TPH	BHC	Drins	Heptachl	Endosul	DDTs	
							+		+	TOM
+	+	+		+			+		+	Sand
			+	+			+	+	+	Gravel
					+	+	+		+	Siltclay

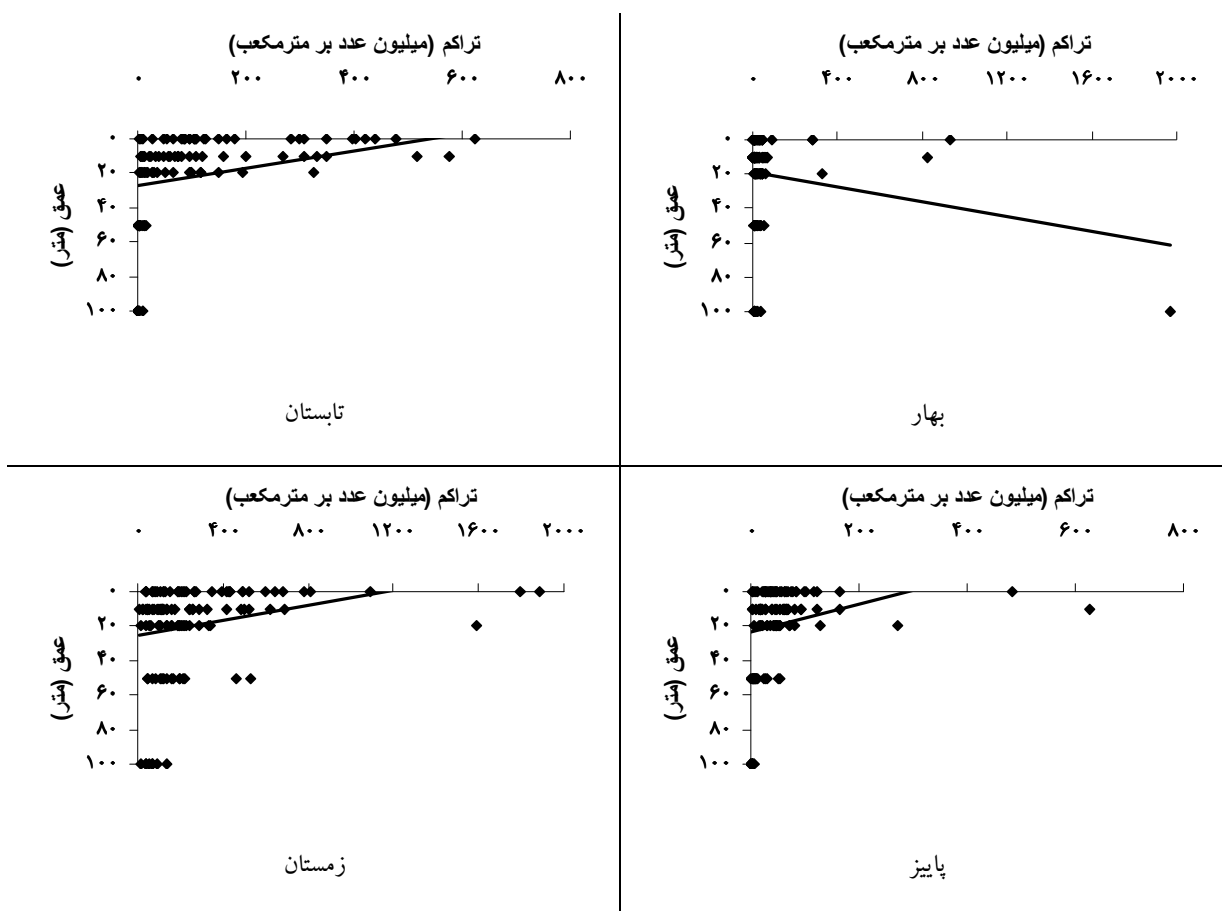
نتایج آزمون CCA بین متغیرهای آلودگی و بافت رسوبات در فصل زمستان در جدول ۳-۶ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بیشتر ترکیبات ارتباط مستقیم با دانه بندی Sand داشته اند همچنین Hg و Drins با Gravel و DDTs با Siltcaly همبستگی نشان داد.

جدول ۳-۶: ارتباط بین متغیرهای آلودگیها و بافت رسوبات بر اساس آزمون CCA در فصل زمستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

Ni	Pb	Hg	Cd	TPH	BHC	Drins	Heptachl	Endosul	DDTs	
			+					+		TOM
+	+	+	+	+	+		+	+		Sand
			+			+		+		Gravel
								+	+	Siltclay

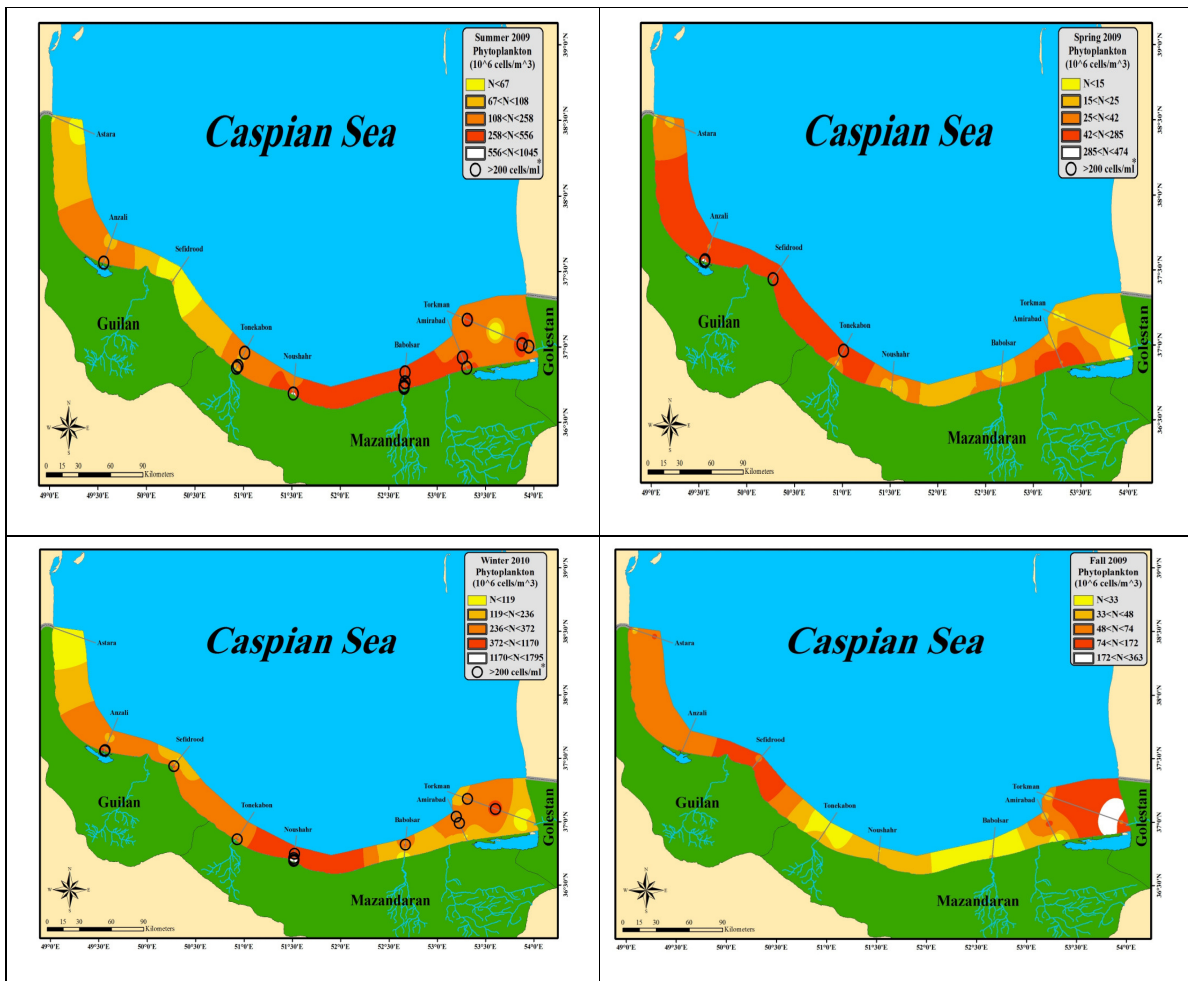
۳-۵- فیتوپلانکتون

تغییرات تراکم فیتوپلانکتون در اعماق و فصول مختلف سال در نمودار ۳-۲۵ نشان داده شده است. تراکم فیتوپلانکتون در فصول بهار از سطح به عمق روند افزایشی نشان داده است ولی در فصول تابستان و پاییز روند کاهشی داشته است. در فصل زمستان روند تغییرات تراکم فیتوپلانکتون از سطح به عمق روند کاهشی و بطئی بوده است. همچنین آزمون تی بین میانگین های تراکم فیتوپلانکتون لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر در تمام فصول سال (به غیر از فصل بهار) اختلاف معنی داری را نشان داد ($p < 0.05$).



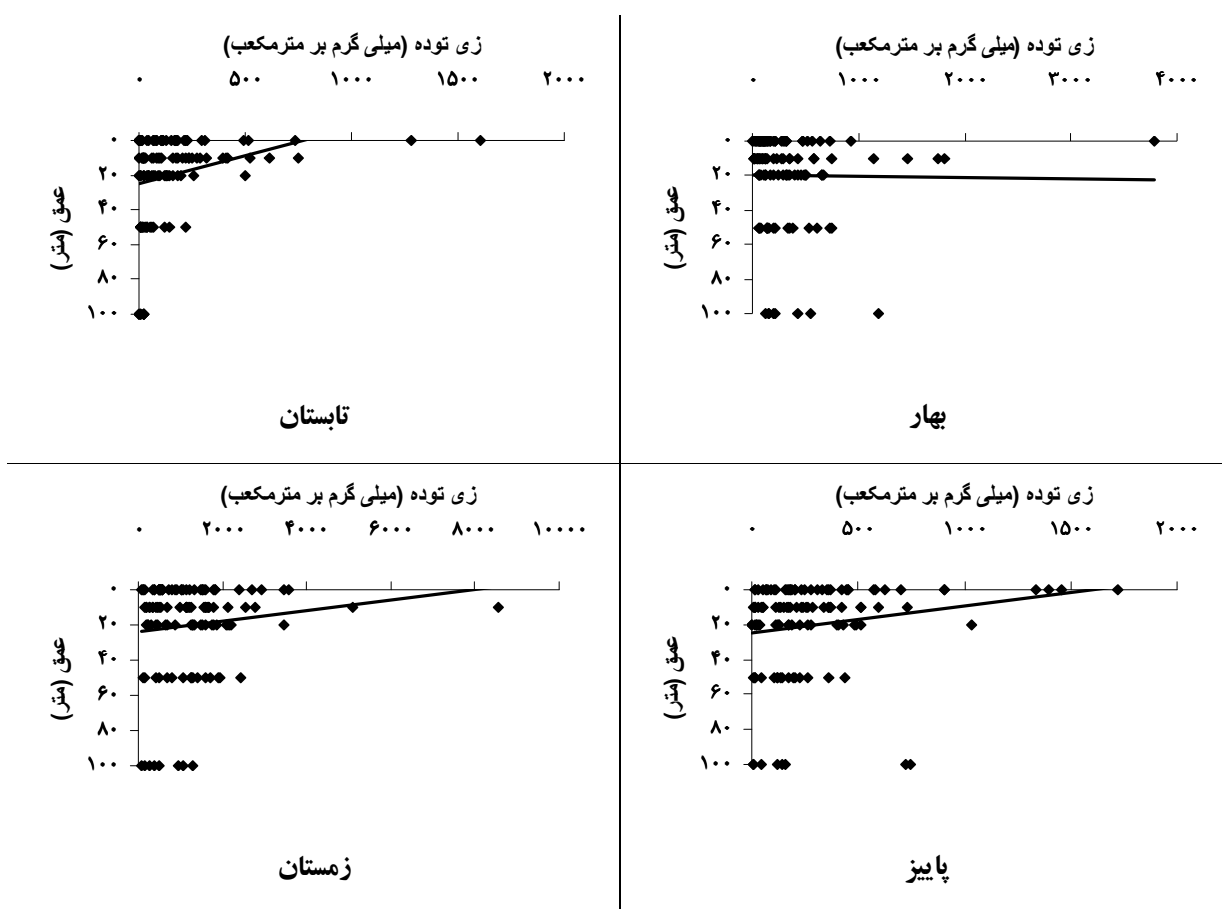
نمودار ۳-۲۵: تغییرات تراکم فیتوپلانکتون (میلیون عدد بر متر مکعب) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

تغییرات افقی تراکم فیتوپلانکتون در طی فصول مختلف در شکل ۱-۳ آورده شده است. طبق این شکل حداکثر تراکم فیتوپلانکتون در لایه سطحی در فصل بهار عمدتاً از نیم خط های آستارا تا تنکابن و در تابستان از نوشهر تا امیرآباد بوده است. نقاط حداکثر جمعیت در فصل پاییز در نیم خط های سفیدرود و بندر ترکمن قابل مشاهده است. در حالی که این نقاط در زمستان عمدتاً در نیم خط نوشهر متمرکز بوده است. نکته شایان ذکر در این نقشه ها آن است که در فصول تابستان و زمستان تعداد زیادی نقاط گزارش گردید که در آنها جمعیت بعضی از گونه های فیتوپلانکتونی بسیار زیاد بود به نحوی که به بیش از ۲۰۰ عدد در میلی لیتر رسید. در فصل بهار تعداد این نقاط کم تر بود و در پاییز به صفر رسید.



شکل ۱-۳. پراکنش افقی تراکم فیتوپلانکتون در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)
 (* نقاطی که در آنها جمعیت بعضی از گونه ها بیش از ۲۰۰ سلول در مترمکعب است)

تغییرات فصلی زی توده فیتوپلانکتون از سطح به عمق در نمودار ۲۶-۳ نشان داده شده است. بیشترین تغییرات زی توده فیتوپلانکتون مربوط به فصل زمستان در لایه ۰-۲۰ متر بود که زی توده به بیش از ۸۰۰۰ میلی گرم بر مترمکعب رسید. روند تغییرات زی توده به غیر از فصل بهار در فصول دیگر از سطح به عمق کاهش قابل ملاحظه ای را نشان داده است. همچنین آزمون تی بین میانگین های تراکم فیتوپلانکتون لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر در تمام فصول سال (به غیر از فصل بهار) اختلاف معنی داری را نشان داد ($p < 0.05$).



نمودار ۲۶-۳: تغییرات زی توده فیتوپلانکتون (میلی گرم بر متر مکعب) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

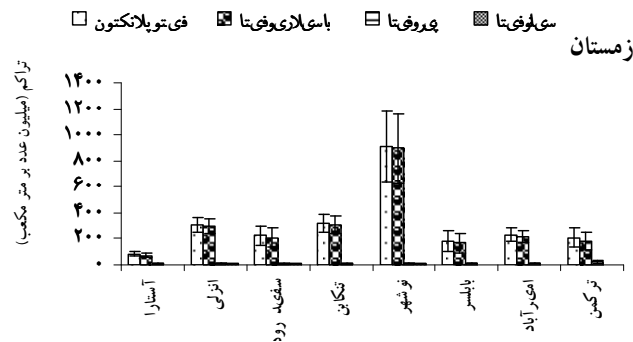
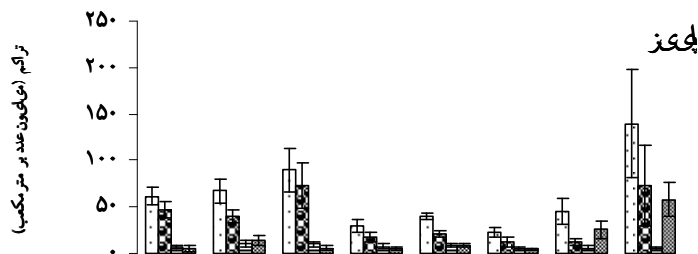
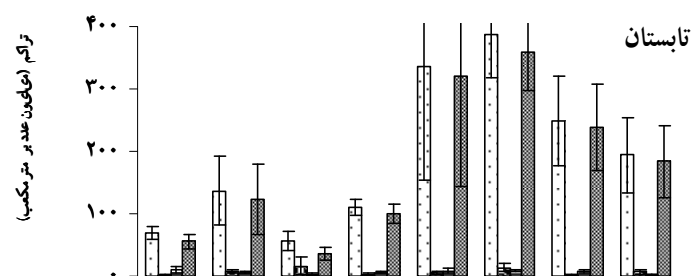
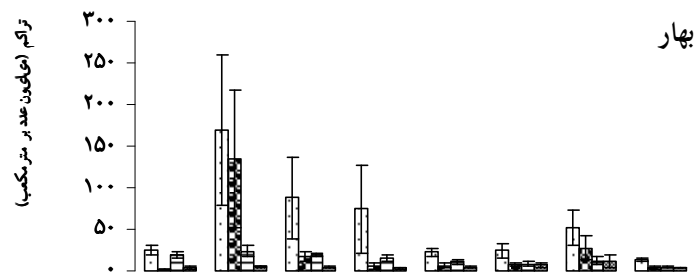
تغییرات تراکم فیتوپلانکتون و سه شاخه غالب باسیلاریوفیتا (Bacillariophyta)، پیروفیتا (Pyrrophyta) و سیانوفیتا (Cyanophyta) در فصول مختلف در نمودار ۲۷-۳ نشان داده شده است. همانطوریکه این نمودار نشان می دهد سیانوفیتا و باسیلاریوفیتا نقش عمده ای را در ایجاد تراکم فیتوپلانکتون به ترتیب در فصول تابستان و زمستان داشته اند. در دو فصل بهار و پاییز اگرچه باسیلاریوفیتا جمعیت بالاتری را دارا گردید ولی دو شاخه غالب دیگر (سیانوفیتا و پیروفیتا) هم در ایجاد تراکم فیتوپلانکتون بی تاثیر نبوده اند.



نمودار ۲۷-۳: تغییرات میانگین تراکم فیتوپلانکتون (میلیون عدد بر متر مکعب) به همراه SE^{43} و سه شاخه غالب در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

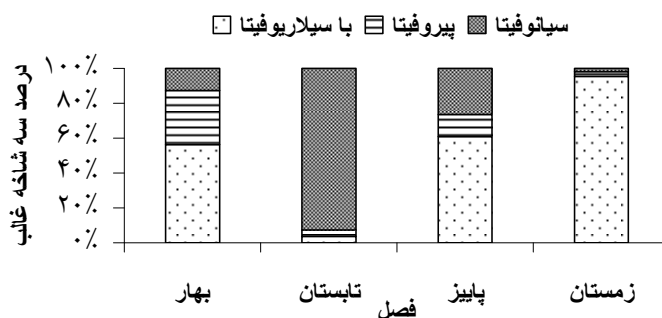
تغییرات تراکم فیتوپلانکتون و سه شاخه غالب باسیلاریوفیتا (Bacillariophyta)، پیروفیتا (Pyrrophyta) و سیانوفیتا (Cyanophyta) در نیم خط های مختلف در نمودار ۲۸-۳ نشان داده شده است. همانطوریکه این نمودار نشان می دهد در فصل بهار تراکم فیتوپلانکتون در تمام نیم خط ها (به غیر از نیم خط انزلی) تحت تاثیر تراکم سه شاخه غالب می باشد اما در فصل پاییز در ناحیه غربی تراکم فیتوپلانکتون تابع شاخه باسیلاریوفیتا و ناحیه شرقی تحت تاثیر سیانوفیتا و ناحیه مرکزی تابع هر سه شاخه غالب بوده است. در فصل تابستان و زمستان تراکم فیتوپلانکتون در همه نیم خط ها به ترتیب تحت تاثیر تراکم سیانوفیتا و باسیلاریوفیتا قرار گرفته است.

⁴³ SE=Standard Error



نمودار ۲۸-۳: تغییرات میانگین تراکم فیتوپلانکتون (میلیون عدد بر متر مکعب) به همراه SE و سه شاخه غالب در نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

تغییرات درصدی تراکم شاخه های غالب فیتوپلانکتون (باسیلاریوفیتا، پیروفیتا و سیانوفیتا) در فصول مختلف در نمودار ۲۹-۳ نشان داده شده است. همانطوریکه این نمودار نشان می دهد در فصول بهار و پاییز تقریباً ۶۰ درصد تراکم فیتوپلانکتون مربوط به شاخه باسیلاریوفیتا بوده است و این روند در تابستان و زمستان تغییر کرده است. بطوریکه در فصول تابستان و زمستان به ترتیب شاخه های سیانوفیتا و باسیلاریوفیتا با ۹۰ درصد بیشترین سهم را در تراکم فیتوپلانکتون داشته اند.



نمودار ۲۹-۳: درصد سه شاخه غالب فیتوپلانکتون (تراکم) در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

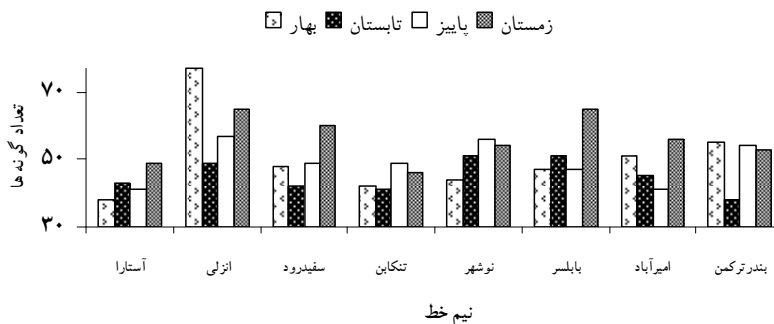
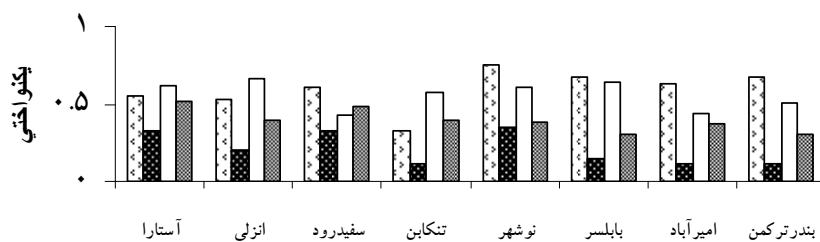
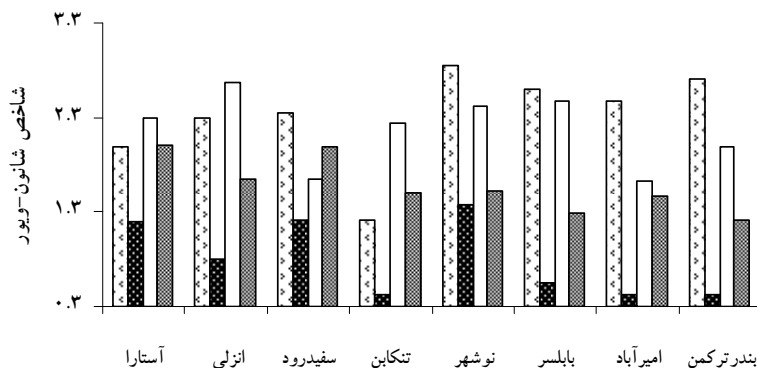
تغییرات درصدی زی توده شاخه های غالب فیتوپلانکتون (باسیلاریوفیتا، پیروفیتا و سیانوفیتا) در فصول مختلف در نمودار ۳۰-۳ نشان داده شده است. همانطوریکه این نمودار نشان می دهد در فصول بهار، تابستان و پاییز تقریباً با بیش از ۶۰ درصد زی توده فیتوپلانکتون مربوط به شاخه پیروفیتا بوده است و این روند در زمستان تغییر کرده است. بطوریکه در فصل زمستان شاخه باسیلاریوفیتا تقریباً با ۷۰ درصد بیشترین سهم را در زی توده فیتوپلانکتون داشته است.



نمودار ۳-۳۰: درصد سه شاخه غالب فیتوپلانکتون (زی توده) در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

بطور کلی از ۱۹۵ گونه فیتوپلانکتون که در طی یک سال مطالعه شناسایی گردید، تنها ۴ گونه آن مختص لایه زیر لایه ۲۰ متر بود و در لایه ۰-۲۰ متر ثبت نگردید. بر اساس نتایج بدست آمده در لایه ۰-۲۰ متر در شاخه های باسیلاریوفیتا (۸۰ گونه)، پیروفیتا (۳۲ گونه)، سیانوفیتا (۲۸ گونه)، کلروفیتا (۳۶ گونه)، اگلنوفیتا (۱۱ گونه)، کریزوفیتا (۲ گونه)، هاپتوفیتا (۱ گونه) و زانتوفیتا (۱ گونه) جای داشته اند. نمودار ۳۱-۳ میزان شاخص های شانون-ویور (H')، یکنواختی (Evenness) و نیز تعداد گونه ها را در نیم خط ها و فصول مختلف در لایه ۰-۲۰ متر نشان می دهد. محدوده ی تغییرات شاخص تنوع گونه ای (شانون) از ۰.۴ (نیم خط بندر ترکمن در تابستان) تا ۲.۸ (نیم خط نوشهر در بهار) متغیر بوده است. محدوده تغییرات شاخص شانون-ویور در فصل تابستان از دیگر فصول پایین تر بود. همچنین در این فصل، نیم خط های تنکابن تا بندر ترکمن (بجز نوشهر) میزان کمتری از شاخص (H') را نسبت به آستارا تا سفیدرود دارا گردیدند. ضمن آنکه تنکابن در بهار نیز شاخص شانون-ویور کمتری را نسبت به سایر نیم خط ها نشان داد. روند تغییرات یکنواختی نیز به میزان زیادی به تغییرات شاخص شانون-ویور شباهت داشت. لذا محدوده پایین از یکنواختی (۰.۱۱-۰.۱۴) نیز از تنکابن تا بندر ترکمن (بجز نوشهر) و بالاترین میزان آن در نوشهر (۰.۷۵) در فصل بهار مشاهده شد. مقایسه بین نیم خط ها نشان داد که کمترین میزان از تعداد گونه ها (۳۸) در آستارا و بندر ترکمن به ترتیب در فصول بهار و تابستان بوده است. بیش

ترین تعداد گونه ها نیز مربوط به فصل بهار و در نیم خط انزلی (۷۷) بود. بررسی فصلی نشان داد که تنوع گونه‌ای در پاییز و زمستان تفاوت چندانی با هم نداشته است (۱۱۲ و ۱۱۵) و بیشترین و کمترین تنوع گونه ای نیز به ترتیب در بهار و تابستان (۱۲۹ و ۱۰۴) دیده شد. محاسبه شاخص اهمیت گونه ها (ISI) نشان داد که ۲۰-۱۰ گونه در هر فصل و نیز طی دوره یک ساله ۳۷ گونه (با کنار هم قرار دادن گونه های غالب در هر فصل و نیز در سال) بیش از ۸۰ درصد اهمیت را به خود اختصاص داده اند.



نمودار ۳-۳۱: چگونگی تغییرات فصلی شاخص‌های شانون-ویبور، یکنواختی و تعداد گونه‌ها در نیمه‌های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

درصد تراکم هر یک از گونه های غالب نسبت به فیتوپلانکتون کل در نواحی و فصول مختلف در جدول ۷-۳ آورده شده است. این جدول نشان می دهد که اگرچه تعداد زیادی از گونه ها در هر سه ناحیه مشترک هستند، ولی چند گونه در هر یک از نواحی، دارای مشارکت (نسبت درصد تراکم به فیتوپلانکتون کل) بارزتری نسبت به سایر گونه ها هستند، که به عبارتی شاخص گردیدند. چنانکه در ناحیه شرق گونه های *Oscillatoria* sp. و *Pseudonitzschia seriata*، در ناحیه مرکزی گونه های *Pseudonitzschia seriata*، *Oscillatoria* sp. و *Cerataulina pelagica* و در ناحیه غرب گونه های *Oscillatoria* sp.، *Dactyliosolen fragilissima* و *Pseudonitzschia seriata* گونه های فوق نیز در سه منطقه غربی، میانی و شرقی تفاوت قابل ملاحظه ای دارد، بطوریکه درصد تراکم *Cerataulina pelagica* در شرق و *Pseudonitzschia seriata* در غرب از دو ناحیه دیگر کم تر است. همچنین *Dactyliosolen fragilissima* در غرب و *Oscillatoria* sp. در شرق از درصد تراکم بیشتری نسبت به دو ناحیه دیگر برخوردار است.

جدول ۲-۳: درصد تراکم هر یک از گونه‌های غالب به فیتوپلانکتون کل در نواحی و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	غربی	مرکزی	شرقی	کد گونه	گونه
11.39	22.41	0.03	0.01	0.63	11.78	16.71	1.13	1041	<i>Cerataulina pelagica</i>
0.37	0.31	1.75	0.07	0.13	0.68	0.27	0.25	1051	<i>Chaetoceros convolutus</i>
0	0	0.03	0	0	0.01	0	0	1053	<i>Chaetoceros mirabilis</i>
0.78	0.44	4.74	0.12	0.24	1.26	0.48	0.87	1054	<i>Chaetoceros peruvianus</i>
0.34	0.39	0.57	0	0.97	0.32	0.37	0.32	1057	<i>Chaetoceros socialis</i>
0.26	0.39	0.04	0.07	0.43	0.17	0.4	0.1	10592	<i>Chaetoceros throndseni</i>
0.78	0.64	0.7	0.53	2.61	1.34	0.54	0.68	1081	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
8.05	15.73	0.35	0.02	0.74	14.12	7.5	2.98	1302	¹ <i>Dactyliosolen fragilissima</i>
0.06	0.11	0.01	0	0.02	0.03	0.03	0.16	1161	<i>Melosira moniliformis</i>
2.72	2.79	8.31	0.34	3.72	3.46	2.47	2.48	1180	<i>Nitzschia acicularis</i>
0.23	0.06	0.43	0.03	1.62	0.14	0.1	0.57	1185	<i>Nitzschia reversa</i>
0.24	0.02	0.29	0.02	2.23	0.1	0.03	0.78	11892	<i>Nitzschia tenirustris</i>
24.74	46.73	10.06	0	0.6	12.28	27.52	33.12	1201	<i>Pseudonitzschia seriata</i>
0.33	0.49	0	0.01	0.98	0.61	0.27	0.19	1301	² <i>Pseudosolenia calcar-avis</i>
1.18	2.07	0.37	0.11	0.77	1.71	0.36	2.25	1501	<i>Skeletonema costatum</i>
0.32	0.05	0.23	0.02	3.09	1.14	0.03	0.03	1502	<i>Skeletonema subsalsum</i>
1.17	0.01	0.7	0	12.65	4.45	0	0	1603	<i>Stephanodiscus hantzschii</i>
0.43	0	0	0.01	5	1.64	0.01	0	1604	<i>Stephanodiscus socialis</i>
0.08	0.02	0.01	0.22	0	0.25	0.01	0.01	1605	<i>Stephanodiscus sp</i>
4.03	1.44	27.48	0.99	0.97	8.92	2.14	2.65	1901	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
2.21	0.78	1.11	1.29	15.32	4.14	1.1	2.39	2021	<i>Exuviaella cordata</i>
0.29	0.04	0.7	0.32	1.15	0.48	0.24	0.18	2042	<i>Goniaulax polyedra</i>
0.09	0.02	0.02	0.07	0.71	0.2	0.07	0.02	2072	<i>Heterocapsa triquetra</i>
0.26	0.11	0.18	0.1	1.83	0.47	0.16	0.24	2081	<i>Peridinium achromaticum</i>
0.07	0.05	0.02	0.11	0.15	0.1	0.05	0.08	2088	<i>Peridinium trochoideum</i>
2.56	2.2	6.9	1.23	4.14	3.63	2.27	2.09	2093	<i>Prorocentrum proximum</i>
0.47	0.07	1.59	0.41	1.7	1.25	0.19	0.2	2094	<i>Prorocentrum scutellum</i>
0.12	0.02	0.07	0.05	1.04	0.12	0.13	0.09	2111	<i>Protoperidinium sp</i>
0.1	0.01	0	0	1.16	0.03	0.2	0.01	2112	<i>Protoperidinium spp</i>
0.25	0.04	0.27	0.36	1.11	0.4	0.22	0.17	3071	<i>Lyngbya limnetica</i>
2.37	0.52	0.6	6.8	0.51	0.73	3.94	1.16	3072	<i>Lyngbya sp</i>
0.02	0	0.04	0.04	0.01	0.04	0.01	0.01	3121	<i>Nodularia spumigena</i>
1.46	0	2.52	4.04	0	0.01	2.6	0.85	3142	<i>Oscillatoria limosa</i>
27.44	0.79	24.03	80.77	7.57	18.57	25.35	41.46	3143	<i>Oscillatoria sp</i>
0.19	0.1	0.09	0.42	0	0.44	0.09	0.11	3161	<i>Synechococcus-type</i>
0.37	0.24	1.75	0.04	0.58	0.66	0.2	0.4	4041	<i>Binuclearia lauterbornii</i>
1.99	0.05	0.07	0.59	20.64	1.67	3.22	0.03	6011	<i>Chrysochromulina sp</i>

1- نام قبلی آن *Rhizosolenia fragilissima* بود.

2- نام قبلی آن *Rhizosolenia calcaravis* بود.

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) و آزمون Wilks' Lambda بر اساس تراکم سه شاخه غالب

فیتوپلانکتون در فصول مختلف در جداول ۳-۸ و ۳-۹ نشان داده شده است. در جدول ۳-۸ مقدار ویژه،

واریانس، مجموع واریانس‌ها و ضریب همبستگی در آنالیز آماری CDFA آورده شده است.

جدول ۸-۳: آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده، مقدار ویژه، واریانس و همبستگی متغیرهای تراکم سه شاخه غالب فیتوپلاتکتون در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

توابع ^{۴۴}	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس	همبستگی متعارف کننده
۱	3.09(a)	86.5	86.5	0.87
۲	0.48(a)	13.4	99.9	0.57
۳	0.00 (a)	0.1	100	0.06

a First 3 canonical discriminant functions were used in the analysis

جدول ۹-۳: آزمون Wilks' Lambda در CDFA را نشان می دهد. نتایج این جدول نشان می دهد که سه تابع بوجود

آمده به طور معنی داری از هم تفکیک شده اند.

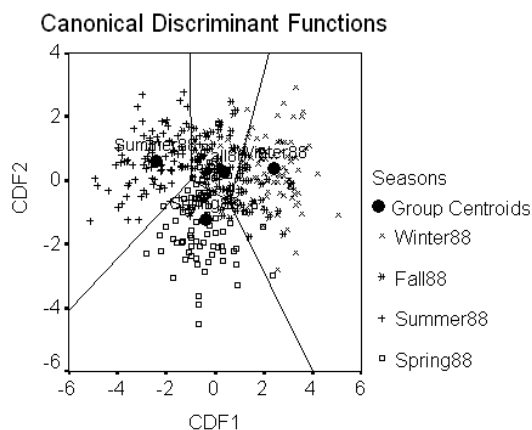
جدول ۹-۳: آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده و آزمون Wilks' Lambda مربوط به متغیرهای تراکم سه شاخه غالب فیتوپلاتکتون (باسیلاریوفیتا، پیروفیتا و سیانوفیتا) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

آزمون توابع	ویلک لامبا	مربع کای	درجه آزادی	معنی دار بودن
تابع ۱ به ۳	0.17	678.74	9	0
تابع ۲ به ۳	0.67	148.52	4	0
۳	1	1.28	1	0.26

جدول ۱۰-۳: آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده و ضرایب مربوط به متغیرهای تراکم سه شاخه غالب فیتوپلانکتون (باسیلاریوفیتا، پیروفیتا و سیانوفیتا) در حوضه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

شاخه ها	توابع		
	3	2	1
Bacillariophyta	0.12	0.91	۱.۶۰
Pyrrophyta	0.86	-0.79	-0.158
Cyanophyta	۰.۴۰	0.98	-1.04

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFFA) نشان میدهد که بر اساس متغیرهای تراکم سه شاخه غالب فیتوپلانکتون (باسیلاریوفیتا، پیروفیتا و سیانوفیتا)، به چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان بدون همپوشانی تفکیک شده است (نمودار ۳۲-۳). این نمودار نشان می دهد که اولین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF1)، خط عمودی) با واریانس ۸۴٪ زمستان را با فصول دیگر جدا می کند و دومین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF2)، خط افقی) با واریانس ۱۵٪ بهار و زمستان را با فصول تابستان و پاییز تفکیک می کند.

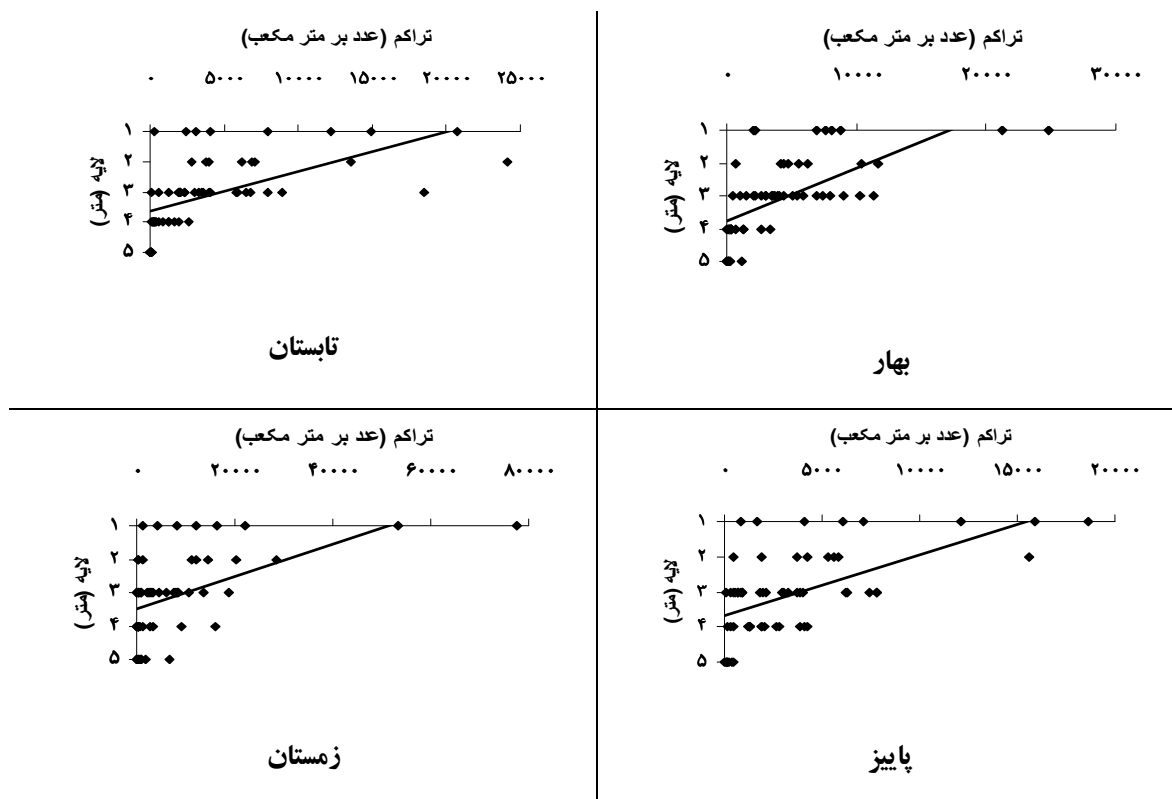


نمودار ۳۲-۳: نقشه منطقه ای (Territorial map) توابع متعارف تفکیک کننده فصول مختلف بر اساس تراکم سه شاخه اصلی فیتوپلانکتون در لایه نوری در حوضه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده در نیم خط های مختلف نشان میدهد که بر اساس متغیرهای تراکم شاخه های فیتوپلانکتون، این ۸ نیم خط به دو گروه ۲، ۳، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۴ بدون همپوشانی تفکیک شده است. نتایج نشان داد که هر سه شاخه نقش اصلی در تفکیک نیم خط ها داشته اند. اما آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده نتوانست نواحی مختلف (غربی، میانی و شرقی) را از تفکیک نماید.

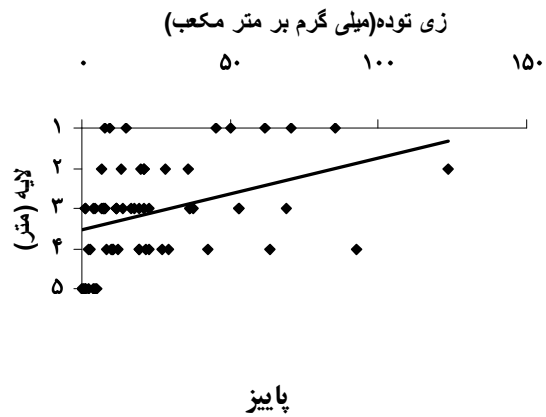
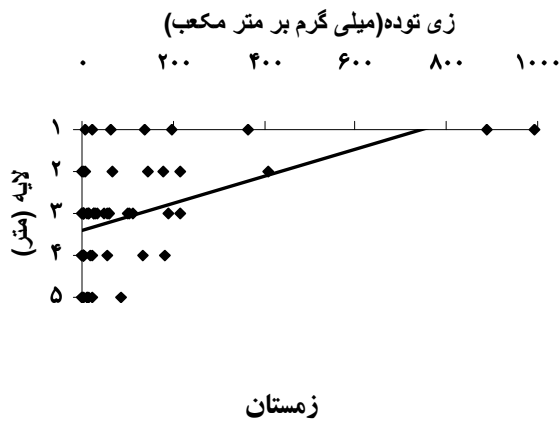
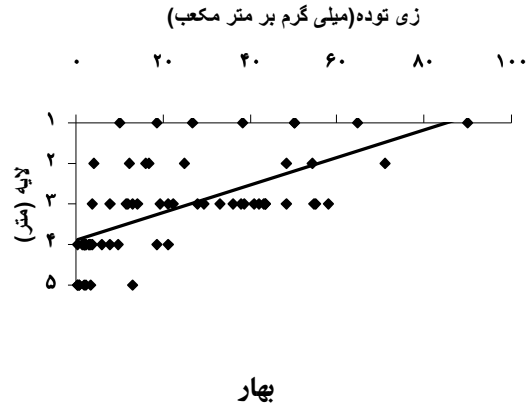
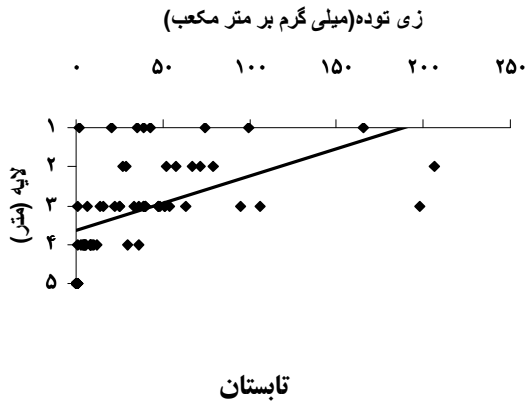
۶-۳- زئوپلانکتون

تغییرات از سطح به عمق تراکم زئوپلانکتون در فصول مختلف در نمودار ۳۳-۳ نشان داده شده است. حداکثر تراکم زئوپلانکتون در فصول بهار، تابستان و پاییز کمتر از ۳۰۰۰۰ عدد در مترمکعب بود. اما در فصل زمستان حداکثر تراکم زئوپلانکتون به بیش از ۷۰۰۰۰ عدد در مترمکعب رسید. روند تغییرات تراکم از سطح به عمق در تمام فصول کاهش قابل ملاحظه ای را نشان داده است. همچنین آزمون تی بین میانگین های تراکم زئوپلانکتون لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر در تمام فصول سال اختلاف معنی داری را نشان داد ($p < 0.05$).



نمودار ۳-۳۳: تغییرات تراکم زئوپلانکتون (عدد بر متر مکعب) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸) (لایه ها: ۱: ۰-۵، ۲: ۰-۱۰، ۳: ۰-۲۰، ۴: ۰-۲۰، ۵: ۰-۵۰) (۱۰۰-

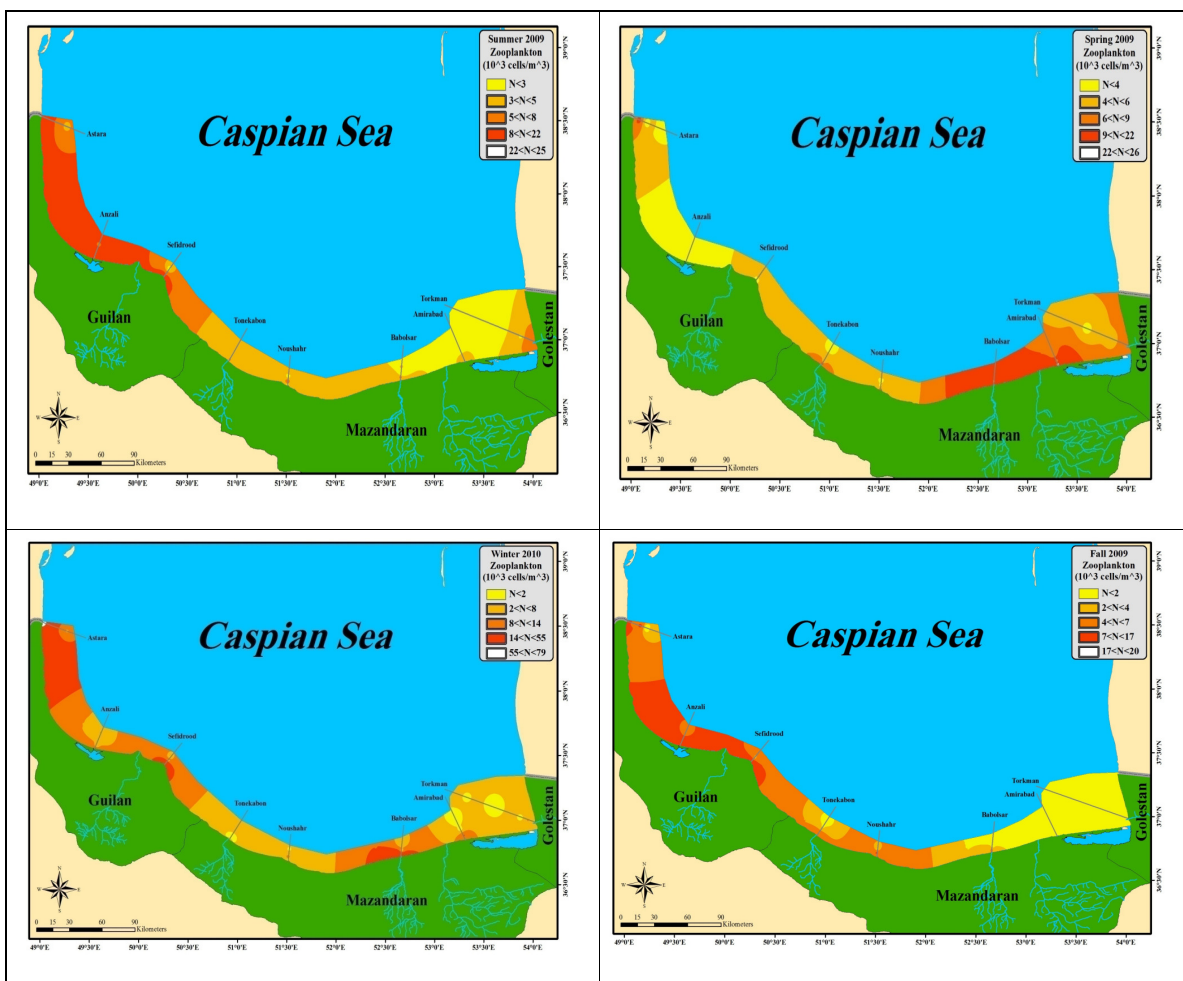
تغییرات از سطح به عمق زی توده زئوپلانکتون اعماق و فصول مختلف سال در نمودار ۳-۳۴ نشان داده شده است. زی توده زئوپلانکتون در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان متفاوت بوده است و بیشترین زی توده در فصل زمستان (نزدیک به ۱۰۰۰ میلی گرم بر متر مکعب) بوده است. روند تغییرات زی توده همانند تراکم از سطح به عمق کاهش قابل ملاحظه ای را نشان داده است. همچنین آزمون تی بین میانگین های زی توده زئوپلانکتون لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر اختلاف معنی داری را در تمام فصول نشان داد ($p < 0.05$).



نمودار ۳-۳۴: تغییرات زی توده زئوپلانکتون (میلی گرم بر متر مکعب) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸) (لایه ها: ۱: ۵-۰، ۲: ۱۰-۰، ۳: ۲۰-۰، ۴: ۵۰-۲۰: ۱۰۰-۵۰: ۵۰-۲۰)

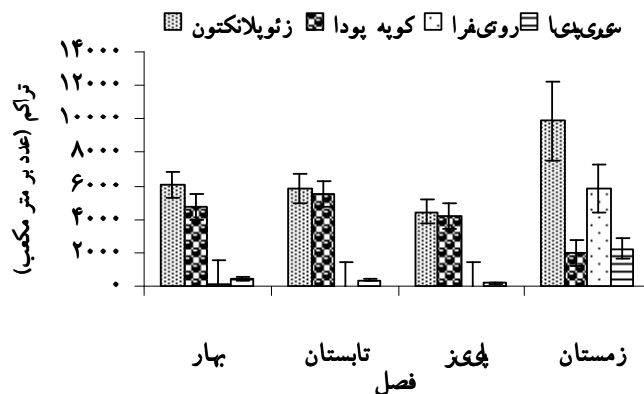
همانطور که شکل ۲-۳ نشان می دهد تغییرات افقی تراکم زئوپلانکتون در سال ۱۳۸۸ به نحوی بود که نقاط

حداکثر در همه فصول به جز بهار در نیم خط های واقع در ناحیه غربی ثبت گردید.



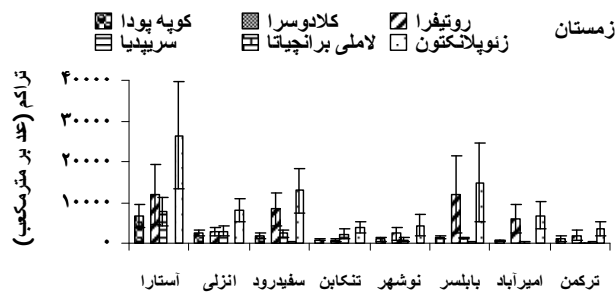
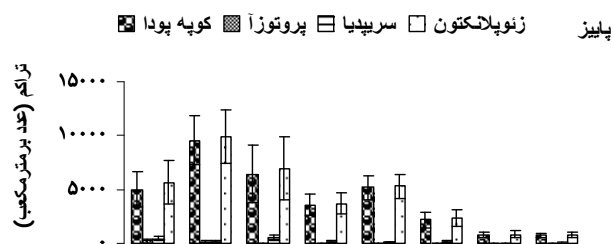
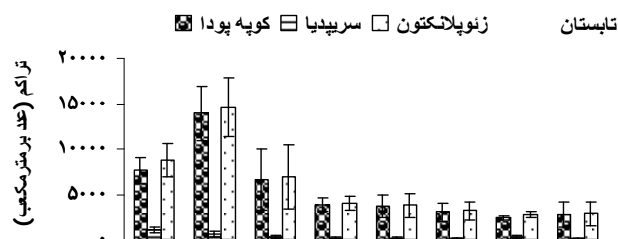
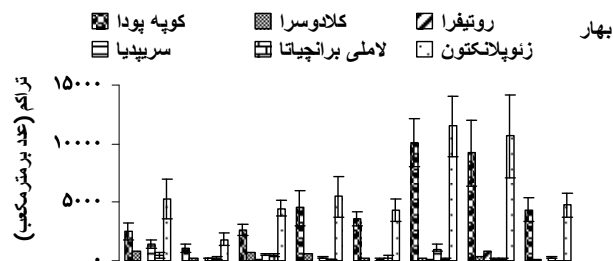
شکل ۲-۳: پراکنش افقی تراکم زئوپلانکتون در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

تغییرات میانگین تراکم زئوپلانکتون و سه گروه غالب کوبه پودا (Copepoda)، روتیفر (Rotifera) و سیرپیدا (Cirripedia) در فصول مختلف در نمودار ۳-۳۵ نشان داده شده است. همانطوریکه این نمودار نشان می دهد در فصول بهار، تابستان و پاییز تراکم زئوپلانکتون تحت تاثیر تراکم کوبه پودا بود اما در فصل زمستان تراکم زئوپلانکتون تابع هر سه گروه غالب گردید بطوریکه سهم گروه روتیفر بیشتر بوده است.



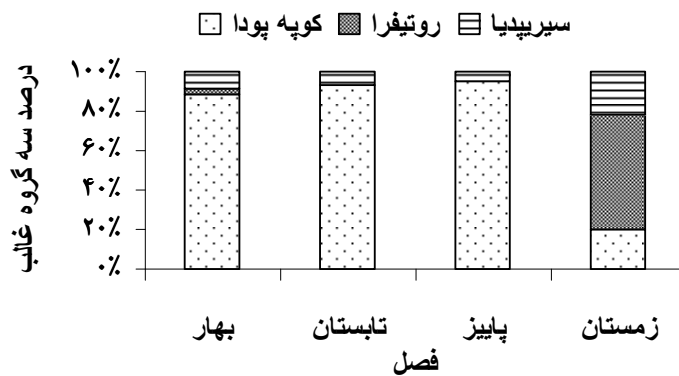
نمودار ۳-۳۵: تغییرات میانگین تراکم زئوپلانکتون (عدد بر متر مکعب) به همراه SE و سه گروه غالب در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

تغییرات تراکم فصلی زئوپلانکتون و گروههای کوپه پودا (Copepoda)، روتیفرایا (Rotifera)، کلادوسرایا (Cladocera)، پروتوزآ (Protozoa)، سیرپیدیایا (Cirripedia) و لارولاملی برانچیاتا (Lamellibranchiata larvae) در نیم خط های مختلف در نمودار ۳-۳۶ نشان داده شده است. همانطوریکه این نمودار نشان می دهد در فصل بهار تراکم زئوپلانکتون تحت تاثیر تراکم پنج گروه کوپه پودا، روتیفرایا، کلادوسرایا، سیرپیدیایا و لارولاملی برانچیاتا بود اما تراکم کوپه پودا بیشتر بوده است. در فصل تابستان تراکم زئوپلانکتون تابع دو گروه کوپه پودا و سیرپیدیایا بوده با این تفاوت که سهم شاخه کوپه پودا بسیار بیشتر بوده است. در فصل پاییز همانند فصل تابستان نقش کوپه پودا در تراکم زئوپلانکتون کاملاً بارز بوده و دو گروه پروتوزآ و سیرپیدیایا سهم کمتری داشته اند. در فصل زمستان همانند فصل بهار اگرچه تراکم زئوپلانکتون تحت تاثیر تراکم پنج گروه کوپه پودا، روتیفرایا، کلادوسرایا، سیرپیدیایا و لارولاملی برانچیاتا بود ولی روتیفرایا و کوپه پودا تراکم موثرتری داشته اند.



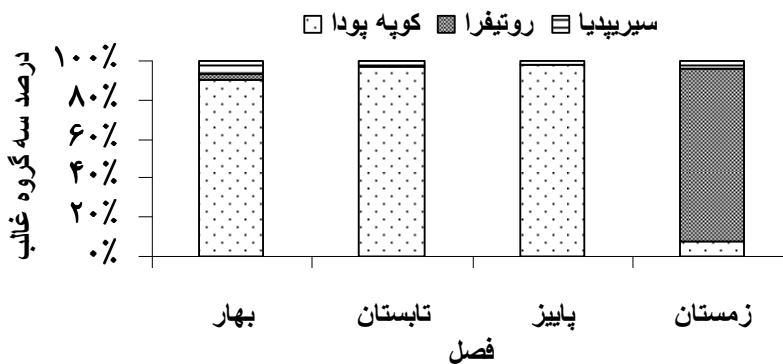
نمودار ۳-۳۶: تغییرات میانگین تراکم زئوپلانکتون (عدد بر متر مکعب) به همراه SE و گروه های مختلف در فصول و نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

درصد تراکم شاخه های غالب زئوپلانکتون (کوپه پودا (Copepoda)، روتیفرا (Rotifera) و سیرپدیا (Cirripedia)) در فصول مختلف در نمودار ۳-۳۷ نشان داده شده است. همانطوریکه این نمودار نشان می دهد در فصول بهار، تابستان و پاییز بیش از ۸۰ درصد تراکم زئوپلانکتون مربوط به گروه کوپه پودا بوده است و این روند در زمستان تغییر کرده و روتیفرا با ۶۰ درصد سهم بیشتری در تراکم زئوپلانکتون داشته و دو گروه دیگر هر کدام تقریباً ۲۰ درصد نقش داشته اند.



نمودار ۳-۳۷: درصد سه گروه غالب زئوپلانکتون (تراکم) در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

تغییرات درصد زی توده گروه های غالب زئوپلانکتون (کوپه پودا (Copepoda)، روتیفرا (Rotifera)، سیرپدیا (Cirripedia)) در فصول مختلف در نمودار ۳-۳۸ نشان داده شده است. همانطوریکه این نمودار نشان می دهد در فصول بهار، تابستان و پاییز بیش از ۸۰ درصد زی توده زئوپلانکتون مربوط به گروه کوپه پودا بوده است و این روند در زمستان تغییر کرده و روتیفرا، تقریباً با ۸۰ درصد در زی توده زئوپلانکتون سهم بیشتری داشته است.



نمودار ۳-۳۸: درصد سه گروه غالب زئوپلانکتون (زی توده) در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

اگرچه در طی مطالعه ۲۳ گونه زئوپلانکتون و ۲ گروه مروپلانکتونی ثبت گردید ولی بیشتر آنها تنها یک بار مشاهده شدند و یا از تراکم پایینی برخوردار بودند. لذا همانطور که جدول ۱۱-۳ نشان می دهد عمده ترین گروه های زئوپلانکتون و مروپلانکتون در طی فصول مختلف در لایه نوری از نظر فراوانی حضور^{۴۵} تنها ۹ عدد بوده است. به همین ترتیب محاسبه ISI^{۴۶} گروههای زئوپلانکتونی که فراوانی حضور و جمعیت را همزمان شامل گردید نیز نشان داد که در هر فصل ۳-۵ گونه بیش از ۹۰ درصد از اهمیت گونه ای را به خود اختصاص دادند. گونه های غالب جمعیتی بر اساس محاسبه ISI در فصل بهار شامل *Acartia tonsa*, *Balanus larvae* و *Podon polyphemoides* در تابستان و پاییز *Acartia tonsa* و *Balanus larvae* و در زمستان *Asplanchna sp.*, *Acartia tonsa*, *Balanus larvae* و در فصل بهار گونه های *Acartia tonsa*, *Podon polyphemoides*, *Balanus larvae*, *Lamellibranchiata larvae*, *Asplanchna sp.* و در فصل تابستان و پاییز *Acartia tonsa* و *Balanus larvae* و در زمستان *Balanus Asplanchna sp.*, *Acartia tonsa*, *Lamellibranchiata larvae* و *larvae* بیش از ۹۰ درصد از اهمیت گونه ای را دارا گردیدند.

⁴⁵ Frequency

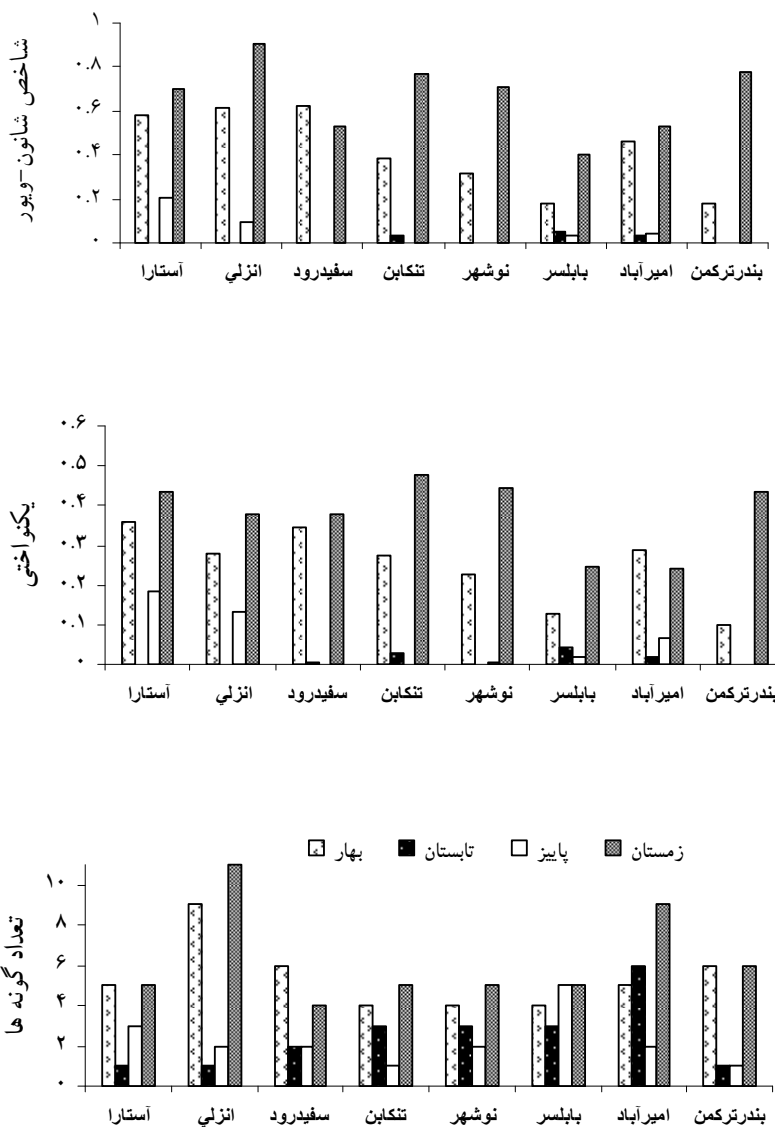
⁴⁶ ISI=Inportant Species Index

جدول ۱۱-۳: فراوانی حضور مهم ترین گروههای زئوپلانکتونی در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
158	38	40	40	40	<i>Acartia tonsa</i>
29	21	2	1	5	<i>Halicyclops sarsi</i>
83	35	1	10	37	<i>Podon polyphemoides</i>
19	2	6	4	7	<i>Foraminifera</i> sp.
59	37	-	1	21	<i>Asplanchna</i> sp.
36	32	-	-	4	<i>Syncheata</i> sp.
158	38	40	40	40	Balanus larvae
66	35	2	4	25	Lamellibranchiata larvae
6	-	5	-	1	<i>Tintinopsis</i> sp.

اعداد Bold شده بیانگر اهمیت گونه بر اساس جمعیت و فراوانی حضور در فصل مربوطه است.

بر اساس نتایج بدست آمده (نمودار ۳۹-۳)، حداکثر مقدار شاخص شانون براساس جمعیت زئوپلانکتون در فصول بهار (۰.۶) و زمستان (۰.۹) در نیم خط انزلی ثبت گردید. البته در نیم خط سفیدرود نیز در فصل بهار شاخص شانون دارای حداکثر میزان (۰.۶) بود. در فصول تابستان و پاییز حداکثر شاخص شانون در بابلسر (۰.۰۵) و آستارا (۰.۲) بود. در نیم خط بندر ترکمن در سه فصل اول سال تنها یک گونه ثبت گردید، لذا شاخص شانون در آن صفر گردید. همچنین شاخص شانون در نیم خط های آستارا و انزلی در تابستان و نیم خط های سفیدرود و تنکابن در پاییز نظیر بندر ترکمن صفر بوده است. در فصل زمستان بابلسر دارای حداقل شاخص شانون (۰.۴) گردید. به این ترتیب میانگین شاخص شانون در فصول بهار و زمستان بالاتر از فصول تابستان و زمستان بوده است. شاخص یکنواختی با مقادیر کم تر از ۰.۱ در فصول تابستان و پاییز و مقادیر ۰.۵-۰.۲ در فصول بهار و زمستان بدست آمد. حداکثر تعداد گونه ها نیز در نیم خط انزلی و در فصل زمستان (۱۱ گونه) بوده است.



نمودار ۳-۳۹: چگونگی تغییرات فصلی شاخص‌های شانون-ویبور، یکنواختی و تعداد گونه‌های زئوپلانکتون در لایه نوری در نیم‌خط‌های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

در میان گروههای زئوپلانکتون برای *Acartia tonsa* و *Balanus larvae* بر حسب دوره زندگی وزن های متفاوتی ثبت گردید. محدوده وزنی *Acartia tonsa* در طی یک سال مطالعه از ۰.۰۰۲۲ تا ۰.۲۴۸ میلی گرم در سلول تغییر نموده است ولی تقریباً " در ۷۰ درصد موارد، وزن آن کم تر از ۰.۱۳۴ میلی گرم در سلول بوده است. ۳۰ درصد از موارد باقی مانده که محدوده ی بالاتر از گروه وزنی (بیش از ۰.۱۳۴ میلی گرم در هر سلول) را در بر می گرفت، در همه موارد (بجز ۳ مورد در فصل بهار) مربوط به فصل تابستان بود. به همین ترتیب *Balanus larvae* که محدوده وزنی ۰.۰۱۲-۰.۰۰۲ را دارا بود در بیش از ۷۰ درصد موارد در گروه وزنی کم تر از ۰.۰۰۶۱ میلی گرم در سلول قرار گرفت و ۳۰ درصد باقی مانده (گروه وزنی بیش از ۰.۰۰۶۱ میلی گرم در سلول) به تعداد ۱۳، ۱۹، ۱۰ و ۱ به ترتیب در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان ثبت گردید. بنابراین گروههای وزنی بزرگتر برای این دو گروه عمدتاً " در فصل تابستان وجود داشته اند.

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) و آزمون Wilks' Lambda بر اساس تراکم گروه های زئوپلانکتون در فصول مختلف در جداول ۱۲-۳ تا ۱۳-۳ نشان داده شده است. در جدول ۱۲-۳ مقدار ویژه، واریانس، مجموع واریانس ها و ضریب همبستگی در آنالیز آماری CDFA آورده شده است.

جدول ۱۲-۳: آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده، مقدار ویژه، واریانس و همبستگی متغیر های تراکم گروه های غالب زئوپلانکتون در لایه نوری در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

توابع	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس	همبستگی متعارف کننده
۱	(a)3.643	63.1	63.1	0.886
۲	(a)2.109	36.5	99.7	0.824
۳	(a)0.018	0.3	100	0.135

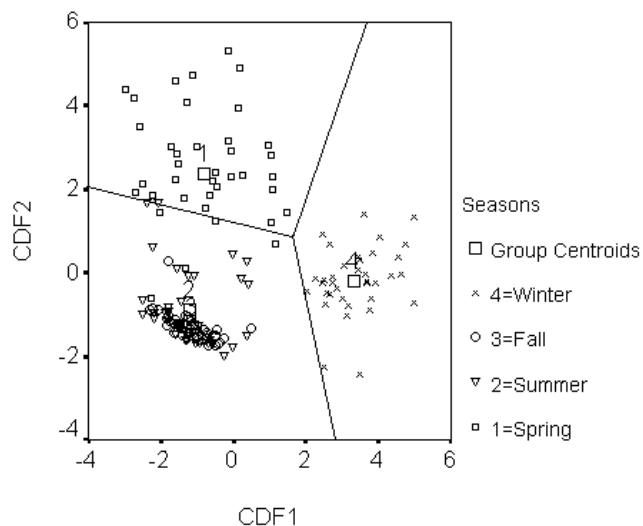
a First 3 canonical discriminant functions were used in the analysis.

آزمون Wilks' Lambda در CDFA نشان می‌دهد که دو تابع بوجود آمده به طور معنی داری از هم تفکیک شده اند (جدول ۱۳-۳).

جدول ۱۳-۳: آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده و آزمون Wilks' Lambda مربوط به متغیرهای تراکم گروه های زئوپلانکتون در لایه نوری در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

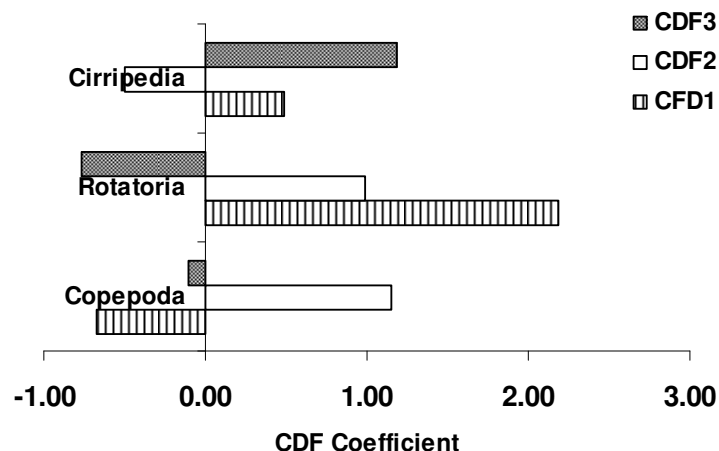
معنی دار بودن	درجه آزادی	مربع کای	ویلک لامبا	آزمون توابع
۰.۰۰	15	409.89	0.07	تابع ۱ به ۳
۰.۰۰	8	175.76	0.32	تابع ۲ به ۳
0.43	3	2.79	0.98	۳

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) در فصول مختلف نشان می‌دهد که بر اساس متغیرهای تراکم گروه های زئوپلانکتون، این فصول به سه گروه بهار، تابستان- پاییز و زمستان بدون همپوشانی تفکیک شده است (نمودار ۴۰-۳). این نمودار نشان می‌دهد که اولین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF1، خط عمودی) با واریانس ۶۳٪ زمستان را با فصول دیگر جدا می‌کند و دومین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF2، خط افقی) با واریانس ۳۷٪ بهار، زمستان را از فصول تابستان و پاییز تفکیک می‌کند.



نمودار ۴۰-۳ : نقشه منطقه ای (Territorial map) توابع متعارف تفکیک کننده فصول مختلف بر اساس تراکم گروه های اصلی ژئوپلاتکتون در لایه نوری در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

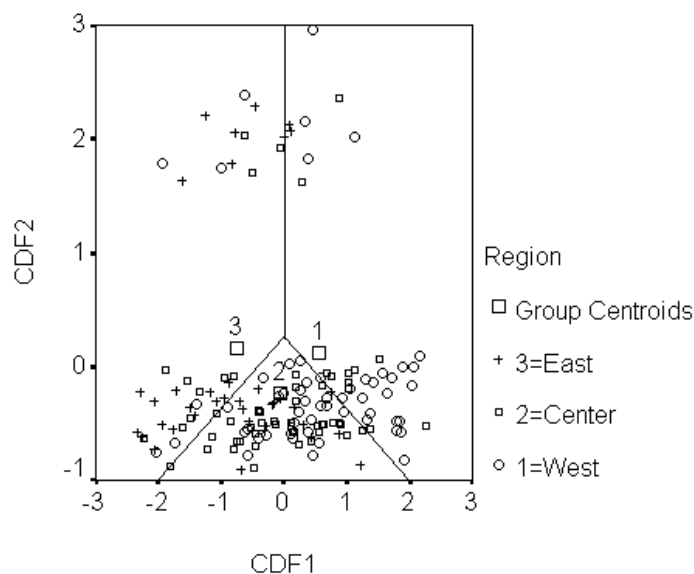
ضرایب زمانی آزمون CDF برای سه تابع بدست آمده براساس تراکم سه گروه اصلی ژئوپلانکتون در لایه نوری در نمودار ۴۱-۳ نشان داده شده است. این نمودار نشان می دهد که گروه روتیفرا ، کوبه پودا در توابع اول و دوم دارای واریانس بیشتری بوده است و به بیان دیگر نقش اصلی در تفکیک زمانی (فصول) این حوزه را به عهده داشته اند.



نمودار ۴۱-۳: ضرایب زمانی آزمون CDF برای سه تابع بدست آمده براساس تراکم سه گروه اصلی زئوپلانکتون در لایه نوری حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) در نیم خط های مختلف نشان میدهد که بر اساس متغیر تراکم گروه های زئوپلانکتون، نیم خط ها به دو گروه ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۸ و ۷ بدون همپوشانی تفکیک شده است. نتایج نشان داد که گروه سرپیدیا و روتیفرا با واریانس بیشتر نقش اصلی در تفکیک نیم خط ها داشته اند.

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده در نواحی مختلف نشان میدهد که بر اساس متغیر تراکم گروه های زئوپلانکتون، این سه ناحیه به سه گروه غربی، مرکزی و شرقی بدون همپوشانی تفکیک شده است (نمودار ۴۲-۳). این نمودار نشان می دهد که اولین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF1، خط عمودی) با واریانس ۸۹٪ ناحیه غربی را با نواحی دیگر جدا می کند و دومین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF2، خط افقی) با واریانس ۱۱٪ ناحیه مرکزی را با نواحی غربی و شرقی تفکیک می کند.

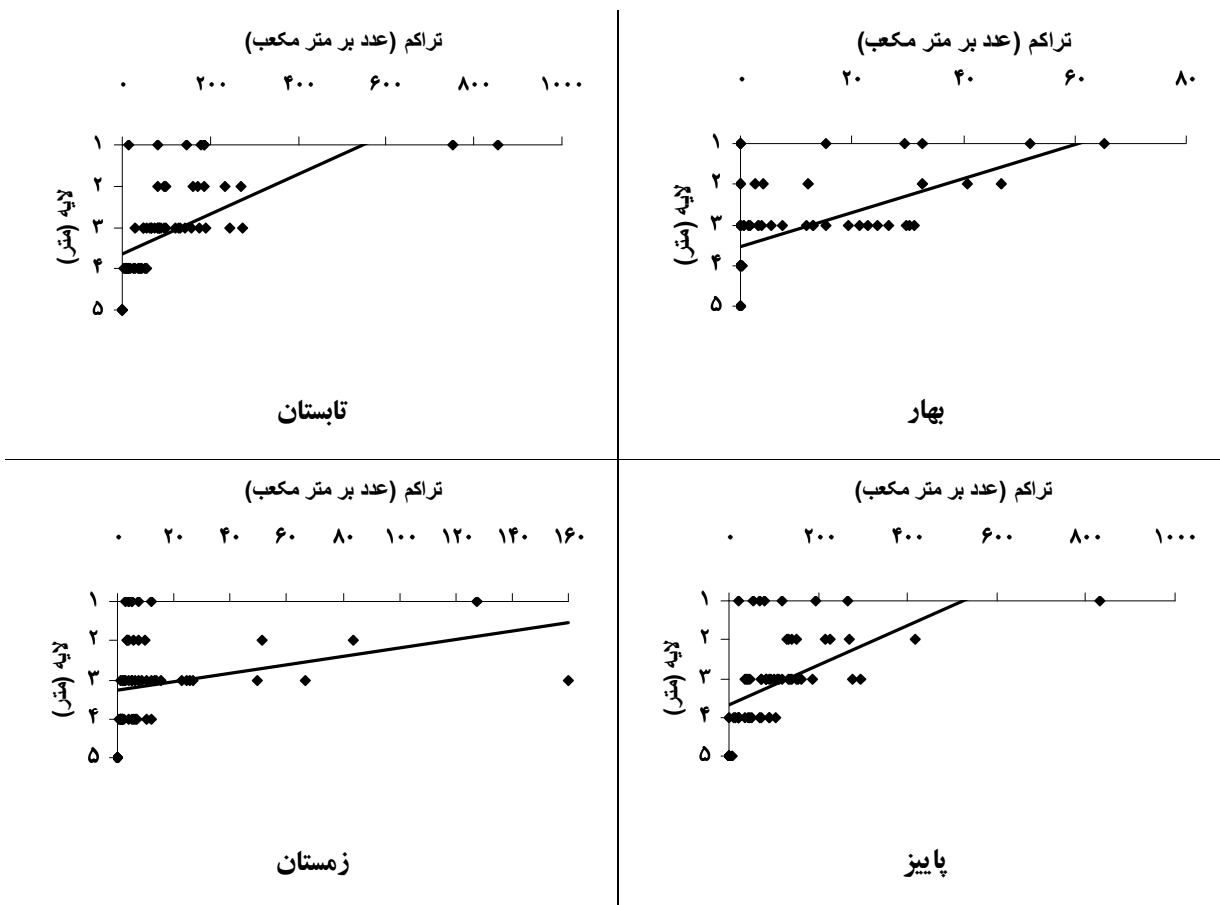


نمودار ۴۲-۳ : نقشه منطقه ای (Territorial map) توابع متعارف تفکیک کننده نواحی مختلف بر اساس تراکم گروه های اصلی ژئوپلاتکتون در لایه نوری در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

ضرایب مکانی (نواحی) آزمون CDF برای دو تابع بدست آمده براساس تراکم سه گروه اصلی ژئوپلاتکتون در لایه نوری نشان داده است که گروه سرپیدیا و کوپه پودا در تابع اول دارای واریانس بیشتری بوده است و به بیان دیگر نقش اصلی در تفکیک مکانی (نواحی) این منطقه را به عهده داشته اند.

۳-۷- شانه دار

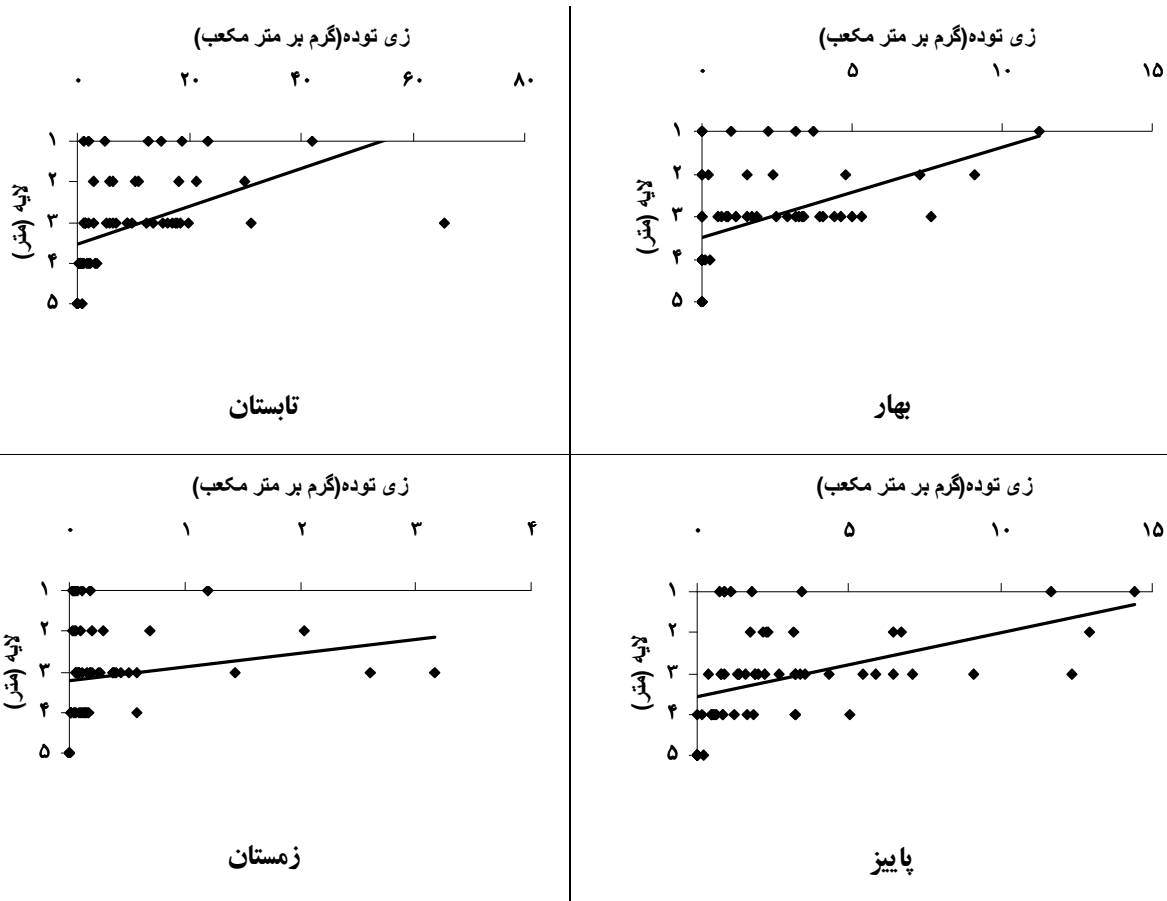
تغییرات تراکم شانه دار در اعماق و فصول مختلف سال در نمودار ۴۳-۳ نشان داده شده است. حداکثر تراکم شانه دار در فصول بهار ۸۰ عدد بر مترمکعب ثبت گردید. در حالی که در فصول تابستان و پاییز به بیش از ۸۰۰ عدد بر متر مکعب نیز رسیده بود. روند تغییرات تراکم از سطح به عمق در تمام فصول سال کاهش قابل ملاحظه ای را نشان داده است. همچنین آزمون تی بین میانگین های تراکم شانه دار لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر بیانگر اختلاف معنی دار در تمام فصول بوده است ($p < 0.05$).



نمودار ۳-۴: تغییرات تراکم شانه دار (عدد بر متر مکعب) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸) (لایه ها: ۱: ۰-۵، ۲: ۰-۱۰، ۳: ۰-۲۰، ۴: ۰-۲۰، ۵: ۰-۵۰) (۱۰۰-

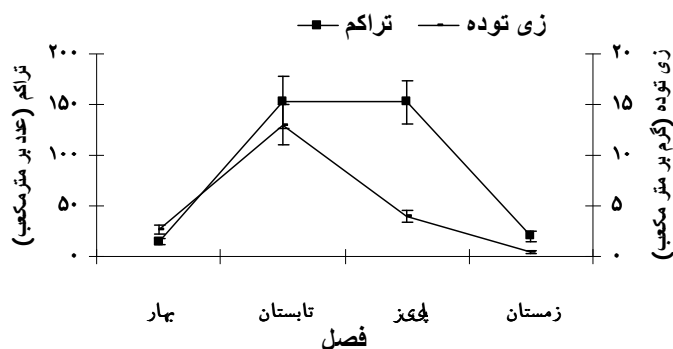
تغییرات فصلی زی توده شانه دار از سطح به عمق در نمودار ۳-۴ نشان داده شده است. زی توده شانه دار در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به نحوی بود که حداکثر زی توده در فصل تابستان (حدود ۷۰ گرم بر مترمکعب) و کمترین آن در فصل زمستان (کمتر از ۴ گرم بر مترمکعب) بوده است. روند تغییرات زی توده همانند تراکم از سطح به عمق کاهش قابل ملاحظه ای را نشان داده است. همچنین آزمون تی بین میانگین های زی توده شانه دار لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر نشان داد در تمام فصول سال اختلاف معنی دار بوده است

($p < 0.05$).



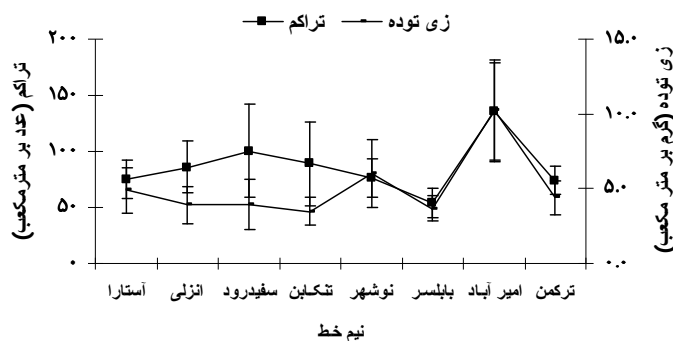
نمودار ۳-۴۴: تغییرات زی توده شانه دار (گرم بر متر مکعب) در فصول و اعماق مختلف به همراه شیب خط (Trendline) در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸) (لایه ها: ۱: ۰-۵، ۲: ۰-۳، ۳: ۰-۲۰، ۴: ۰-۵۰، ۵: ۰-۵۰) (۱۰۰-

حداکثر میانگین تراکم شانه دار (۱۵۲ عدد بر متر مکعب) در فصول تابستان و پاییز و حداقل آن (۲۰-۱۵ عدد بر متر مکعب) در فصول بهار و زمستان ثبت گردیده است (نمودار ۳-۴۵). آزمون آنالیز واریانس نشان داد که اختلاف میانگین تراکم شانه دار در فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن در سه گروه بهار، تابستان-پاییز و زمستان-بهار قرار گرفتند. حداکثر زی توده شانه دار در فصل تابستان (۱۳۰۱ گرم بر متر مکعب) و حداقل آن در فصل زمستان (۰۵۰ گرم بر متر مکعب) بوده است. آزمون آنالیز واریانس نشان داد که میانگین زی توده شانه دار در فصول مختلف اختلاف معنی داری را دارا بود ($p < 0.05$). بر اساس آزمون دانکن میانگین زی توده شانه دار در سه گروه بهار-زمستان، تابستان و پاییز قرار گرفت.



نمودار ۳-۴۵: تغییرات میانگین تراکم و زی توده شانه دار به همراه اشتباه معیار (SE) در لایه ۰-۲۰ متر فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

حداکثر میانگین تراکم شانه دار (۱۳۵ عدد بر متر مکعب) در نیم خط امیر آباد و حداقل آن (۵۴ عدد بر متر مکعب) در نیم خط بابلسر مشاهده گردیده است (نمودار ۳-۴۶). آزمون آنالیز واریانس نشان داد که میانگین تراکم شانه دار در نیم خط های مختلف اختلاف معنی داری نداشت ($p > 0.05$). حداکثر زی توده شانه دار در نیم خط امیر آباد (۱۰.۲ گرم بر متر مکعب) و حداقل آن در نیم خط های مختلف (۳-۴ گرم بر متر مکعب) بوده است. آزمون آنالیز واریانس نشان داد که میانگین زی توده شانه دار در نیم خط های مختلف دارای اختلاف معنی دار بوده است ($p < 0.05$) و بر اساس آزمون دانکن امیر آباد در گروه جداگانه از هفت نیم خط دیگر قرار گرفت.



نمودار ۳-۶: تغییرات میانگین تراکم و زی توده شانۀ دار به همراه اشتباه معیار (SE) در نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

بررسی فراوانی حضور گروه های طولی شانۀ دار در لایه ۰-۲۰ متر نشان داد که طول های بیش از ۳۰ میلی متر کمتر مشاهده شده است و حداکثر گروه طولی (۴۵-۴۱ میلی متر) مربوط به تابستان بود در حالی که در زمستان حداکثر گروه طولی دیده شده ۲۰-۱۶ میلی متر بود. بطور کلی بیشترین فراوانی حضور در طی سال در گروه طولی کم تر از ۱۶ میلی متر (نابالغ) دیده شد.

جدول ۳-۱۴: فراوانی حضور گروه های طولی *M. leidy* در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

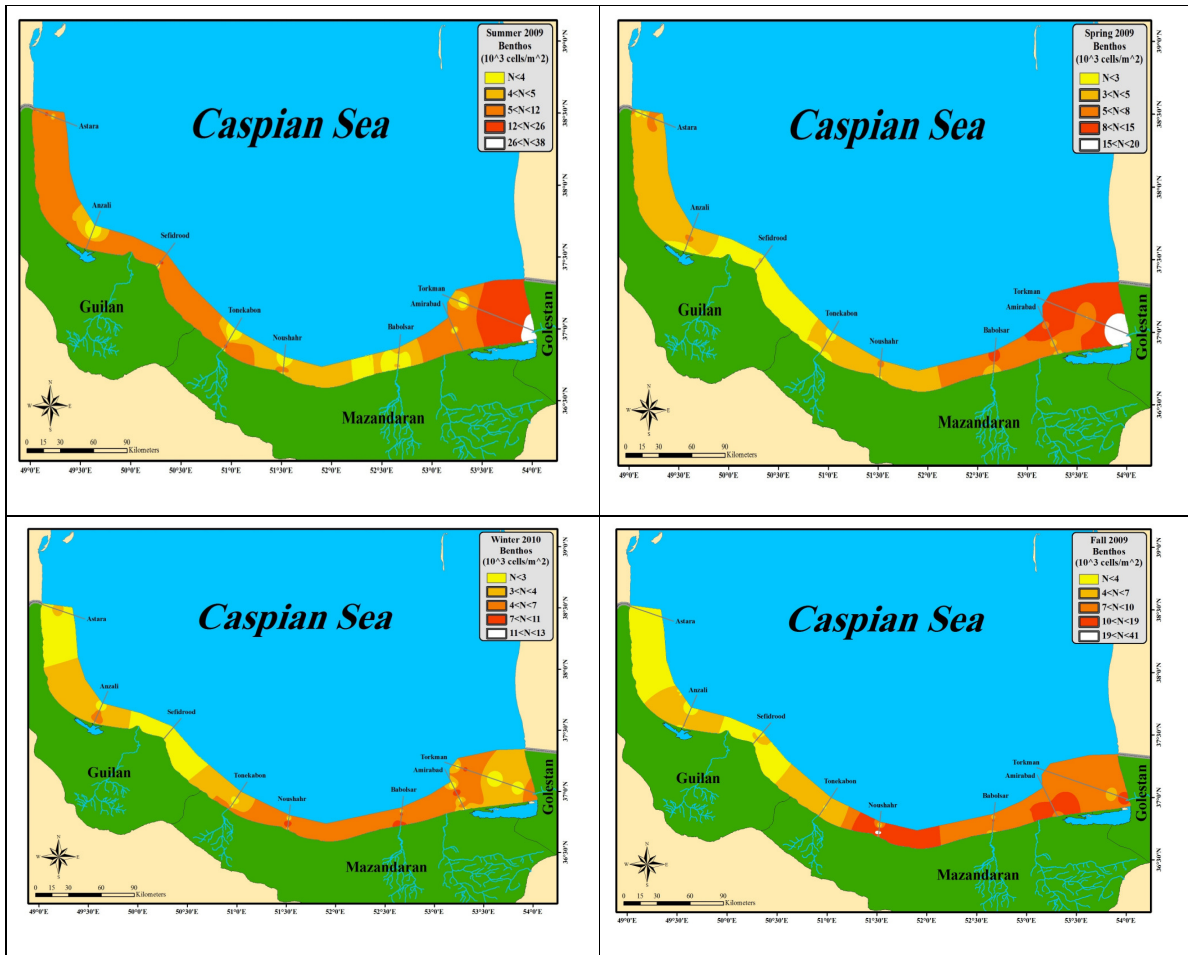
سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	گروه طولی (میلی متر)	گروه وزنی (گرم)
146	40	40	40	26	0-5	0.01
135	30	37	40	28	6-10	0.14
106	9	27	40	30	11-15	0.44
77	1	19	32	25	16-20	0.95
60	-	13	27	20	21-25	1.69
35	-	10	19	6	26-30	2.68
14	-	3	8	3	31-35	3.93
6	-	-	5	1	36-40	5.47
1	-	-	1	-	41-45	7.31

بررسی جمعیت گروه های طولی فوق در لایه ۰-۲۰ متر نشان داد که بیش از ۸۰ درصد از جمعیت شانۀ دار در فصول تابستان، پاییز و زمستان مربوط به گروه طولی ۰-۵ mm بود. در فصل بهار گروه طولی ۰-۵ mm به همراه ۶-۱۰ mm بیش از ۸۰ درصد از جمعیت شانۀ دار را به خود اختصاص داد. درصد توزیع زی توده در بین گروه

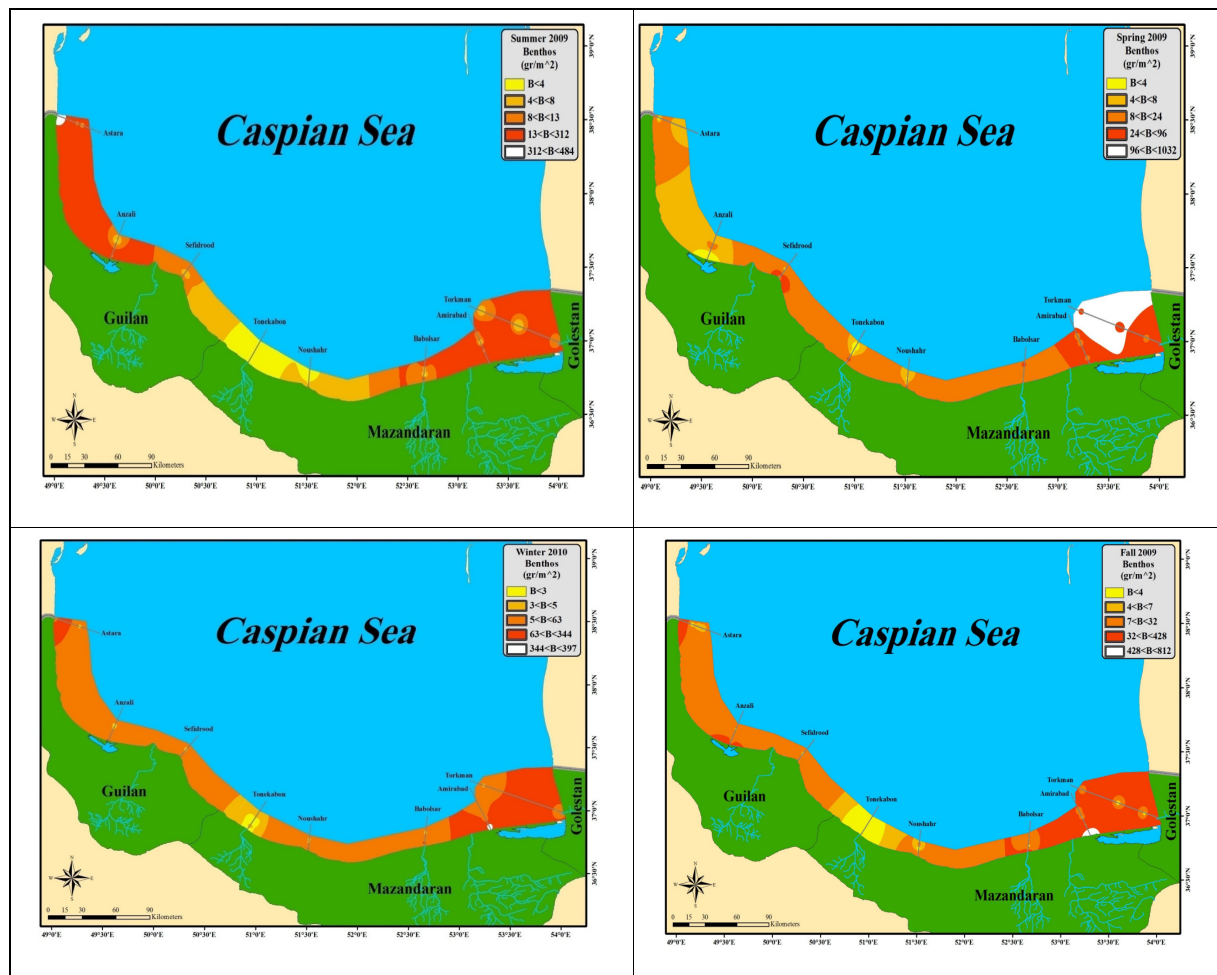
های طولی به نحوی بود که در بهار گروه طولی ۱۱-۱۵ mm (با وزن gr ۰.۴۴) با ۲۴ درصد، در تابستان گروه طولی ۲۱-۲۵ mm (با وزن gr ۱.۶۹) با ۲۲ درصد بیشترین درصد از زی توده شانه دار را تشکیل دادند. در پاییز کوچکترین گروه طولی یعنی ۰-۵ mm (با وزن gr ۰.۰۱) بیشترین درصد از زی توده (۲۴ درصد) را شکل بخشید. در زمستان گروه های طولی ۰-۵ mm و ۶-۱۰ mm هر یک با ۴۲ درصد عمده زی توده شانه دار را تشکیل دادند.

۸-۳- ماکروبتوزها

تغییرات افقی تراکم و زی توده ماکروبتوزها در فصول مختلف در شکل ۳.۳ و ۳-۴ نشان داده شده است. این شکل ها نشان می دهد که حداکثر جمعیت و زی توده عموماً در نیم خط های ناحیه غربی نبوده است (به استثنای زی توده در فصل زمستان در ناحیه غربی).

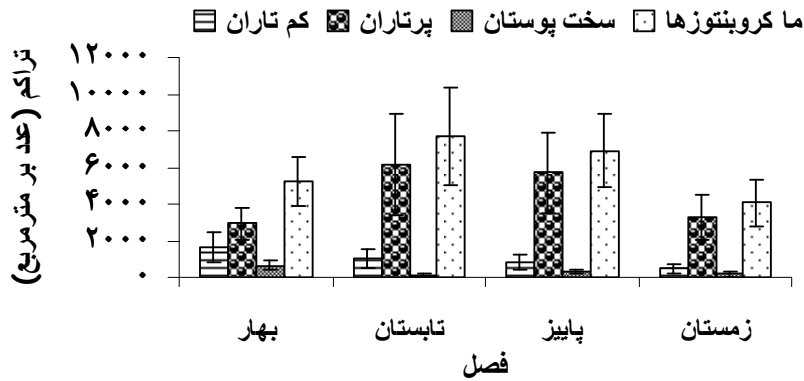


شکل ۳.۳: پراکنش افقی تراکم ماکروبنطوزها در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

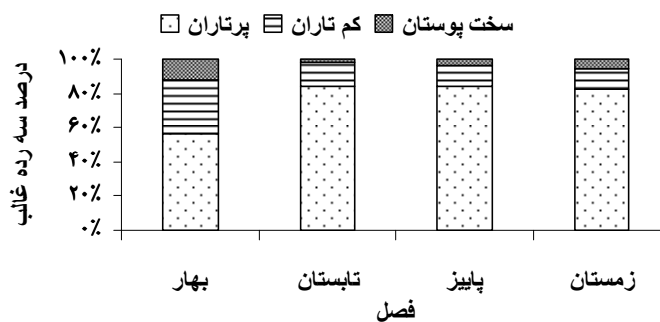


شکل ۴-۳: پراکنش افقی زی توده ماکروبتنوزها در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

تغییرات تراکم ماکروبتنوزها و سه رده غالب پرتاران (Polychaeta)، کم تاران (Oligochaeta) و سخت پوستان (Crustacea) در فصول مختلف سال در نمودار ۳-۴۷ نشان داده شده است. همانطوریکه این نمودار نشان می دهد در فصول تابستان، پاییز و زمستان تراکم ماکروبتنوزها تحت تاثیر رده پرتاران بوده است اما در فصل بهار تراکم ماکروبتنوزها تحت تاثیر هر دو رده ی پرتاران و کم تاران بوده است.



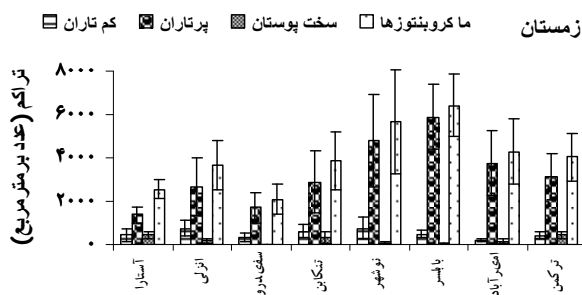
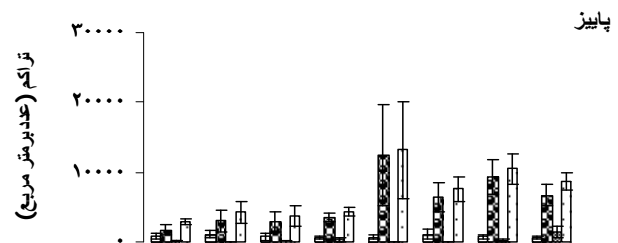
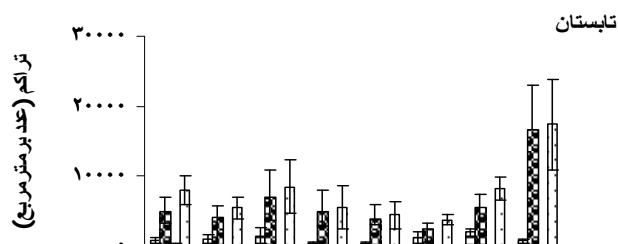
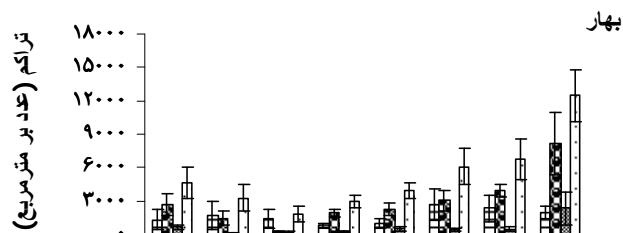
نمودار ۳-۴۷: تغییرات میانگین تراکم ما کروبتوزها و سه رده غالب (عدد بر متر مربع) به همراه SE در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)



نمودار ۳-۴۸: درصد سه رده غالب ما کروبتوزها (تراکم) در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

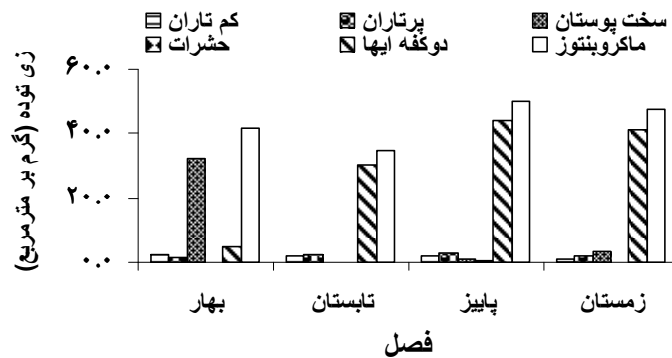
تغییرات تراکم ما کروبتوزها و سه رده غالب پرتاران، کم تاران و سخت پوستان در فصول و نیم خط های مختلف در نمودار ۳-۴۹ نشان داده شده است. همانطوریکه این نمودار نشان می دهد در فصل بهار تراکم ما کروبتوز در نیم خط های ناحیه شرقی تحت تاثیر رده پرتاران و نیم خط های نواحی غربی و مرکزی تابع تراکم هر سه رده بوده است. در فصل تابستان در تمامی نیم خط ها تراکم ما کروبتوزها بیشتر تحت تاثیر پرتاران بوده است. در فصل پاییز در بیشتر نیم خط ها تراکم ما کروبتوزها تحت تاثیر پرتاران بوده اما در نیم

خط های ناحیه غربی تراکم دو رده دیگر نیز بی تاثیر نبوده است. فصل زمستان تراکم ماکروبتوزها در تمامی نیم خط ها کاملاً تابع رده پرتاران بوده است.

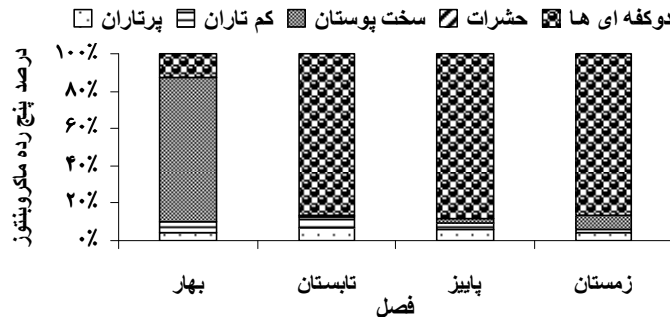


نمودار ۳-۴۹: تغییرات میانگین تراکم ماکروبتوزها و سه رده غالب (عدد بر متر مربع) به همراه SE در فصول و نیم خط های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

تغییرات زی توده ماکروبتوزها و پنج رده آن را در فصول مختلف سال در نمودار ۳-۵۰ نشان داده شده است. همانطوریکه این نمودار نشان می دهد در فصول تابستان، پاییز و زمستان زی توده ماکروبتوزها تحت تاثیر رده دو کفه ایها بوده اما در فصل بهار تابع رده سخت پوستان بوده است.



نمودار ۳-۵۰: تغییرات میانگین زی توده ماکروبتوزها و سه رده غالب (عدد بر متر مربع) به همراه SE در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)



نمودار ۳-۵۱: درصد پنج رده ماکروبتوزها (زی توده) در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

تغییرات درصدی تراکم رده های غالب ماکروبتوزها (پرتاران، کم تاران و سخت پوستان) در فصول مختلف در نمودار ۳-۴۸ نشان داده شده است. همانطوریکه این نمودار نشان می دهد در فصول تابستان، پاییز و زمستان بیش از ۸۰ درصد تراکم ماکروبتوزها مربوط به رده پرتاران بوده است و این روند در بهار تغییر کرده و این رده با

حدود ۶۰ درصد در تراکم ماکروبتوزها سهم بیشتری را دارا بود. کم تاران و سخت پوستان به ترتیب ۳۰ و ۱۰ درصد مشارکت را در تراکم ماکروبتوزها داشته اند.

تغییرات درصدی زی توده رده های ماکروبتوزها (پرتاران، کم تاران، سخت پوستان، حشرات و دوکفه ای ها) در فصول مختلف در نمودار ۵۱-۳ نشان داده شده است. همانطوریکه این نمودار نشان می دهد در فصول تابستان، پاییز و زمستان بیش از ۸۰ درصد زی توده ماکروبتوزها مربوط به رده دوکفه ای ها بوده است. این روند در بهار تغییر کرده و سخت پوستان تقریباً ۸۰ درصد از زی توده ماکروبتوزها را تشکیل دادند و رده دوکفه ای ها رتبه دوم را در زی توده ماکروبتوزها بدست آوردند.

سخت پوستان با ۲۷ گونه بیشترین تنوع گونه ای را در ماکروبتوزها دارا گردیدند. پرتاران و دو کفه ایها به ترتیب با ۴ و ۲ گونه در رتبه های بعدی از نظر تعداد گونه قرار گرفتند. این رتبه بندی بدون در نظر گرفتن رده های اولیگوکیت ها و حشرات (شناسایی در حد گونه ای در آن ها انجام نشد) می باشد. بررسی درصد جمعیت

فصلی گروههای ماکروبتوزها نشان داد که در فصل بهار *Hypaniola* ، *Oligochaeta*، *Streblospio* spp.

، *Oligochaeta*، *Streblospio* spp. در فصل تابستان ، *Hypania invalida* و *Balanus improvisus kowalewskii*

، *Streblospio* spp. فصل پاییز *Hypania invalida* و *Cerastoderma lamarcki* ، *Hypaniola kowalewskii*

، *Oligochaeta*، *Hypaniola kowalewskii* و *Stenocuma grasilis* در فصل زمستان *Streblospio* spp. ، *Oligochaeta*،

Hypaniola kowalewskii ، *Balanus improvisus*، *Schizorhynchus edorelloides* و *Nereis diversicolor* دارای بیشترین

درصد بوده اند. بررسی در زی توده فصلی گروهها نیز نشان داد که در بهار *Balanus improvisus* ، *Cerastoderma*

، *Oligochaeta* و *lamarcki* در تابستان *Cerastoderma lamarcki* و *Oligochaeta*، در پاییز *Cerastoderma lamarcki* ،

Oligochaeta و *Nereis diversicolor* و در زمستان *Cerastoderma lamarcki* و *Oligochaeta* بیشترین درصد را از زی

توده کل بدست آوردند. جدول فراوانی حضور (frequency) گروههای ماکروبتوزها نیز نشان می دهد که تنها ۹

گونه به همراه اولیگوکیت در طی فصول مختلف سال بیشترین فراوانی حضور را دارا بودند و بقیه گونه ها از فراوانی حضور و یا جمعیت بسیار پایینی برخوردار بودند (جدول ۱۵-۳).

جدول ۱۵-۳: فراوانی حضور مهم ترین گروههای ماکروبتنوزها در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	ماکروبتنوزها
146	38	35	38	35	Oligochaeta
142	37	34	36	35	Streblospio spp.
86	21	17	24	24	Hypaniola kowalewskii
59	13	13	13	20	Hypaniaia valida
138	36	34	34	34	Nereis diversicolor
60	15	6	15	24	Stenocuma diastylodes
7	2	5	0	0	Stenocuma grasilis
63	9	13	15	26	Schizorhynchus eudorelloides
41	13	9	2	17	Balanus improvisus
50	14	15	16	5	Cerastoderma lamarcki

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) و آزمون Wilks' Lambda بر اساس تراکم رده های ماکروبتنوزها در فصول مختلف در جداول ۱۶-۳ و ۱۷-۳ نشان داده شده است. در جدول ۱۶-۳ مقدار ویژه، واریانس، مجموع واریانس ها و ضریب همبستگی در آنالیز آماری CDFA آورده شده است.

جدول ۱۶-۳: آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده، مقدار ویژه، واریانس و همبستگی متغیر های تراکم رده های غالب ماکروبتنوزها در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

توابع	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس	همبستگی متعارف کننده
۱	(a)0.2	78.8	78.8	0.4۰
۲	(a)0.1	20.1	98.9	0.22
۳	(a)0.00	1.1	100	0.05

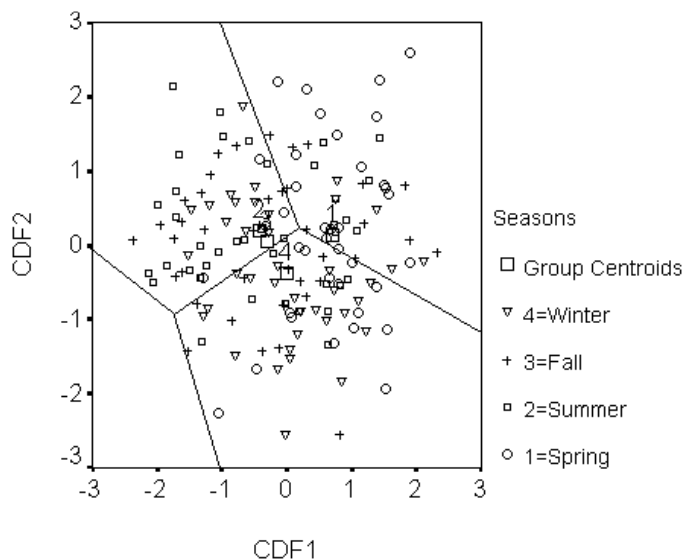
a First 3 canonical discriminant functions were used in the analysis

نتایج آزمون Wilks' Lambda در CDFA نشان می‌دهد که دو تابع بوجود آمده به طور معنی داری از هم تفکیک شده اند (جدول ۳-۱۷).

جدول ۳-۱۷: آنالیز توابع متعارف تفکیک کننده و آزمون Wilks' Lambda مربوط به متغیرهای تراکم رده های ماکروبتوزها در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

معنی دار بودن	درجه آزادی	مربع کای	ویلیک لامبا	آزمون توابع
۰.۰۰	9	35.69	0.8	تابع ۱ به ۳
0.05	4	7.98	0.95	تابع ۲ به ۳
0.52	1	0.41	1	۳

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) در فصول مختلف نشان میدهد که بر اساس متغیرهای تراکم رده های ماکروبتوزها، این فصول به سه گروه بهار، تابستان- پاییز و زمستان بدون همپوشانی تفکیک شده است (نمودار ۳-۵۲). این نمودار نشان می‌دهد که اولین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF1، خط عمودی) با واریانس ۷۹٪ بهار و زمستان را با فصول دیگر جدا می‌کند و دومین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF2، خط افقی) با واریانس ۲۰٪ زمستان را با فصول بهار، تابستان و پاییز تفکیک می‌کند.

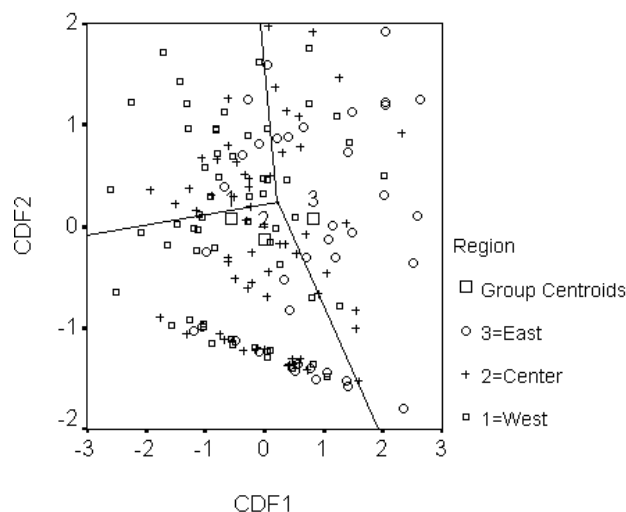


نمودار ۳-۵۲: نقشه منطقه ای (Territorial map) توابع متعارف تفکیک کننده فصول مختلف بر اساس تراکم رده های اصلی ماکروبتوزها در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

ضرایب زمانی آزمون CDF برای دو تابع بدست آمده براساس تراکم سه رده اصلی ماکروبتوزها نشان می دهد که رده سخت پوستان و کم تاران در تابع اول و دوم دارای واریانس بیشتری بوده است و به بیان دیگر نقش اصلی در تفکیک زمانی (فصول) این منطقه را به عهده داشته اند.

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) در نیم خط های مختلف نشان میدهد که بر اساس متغیرهای تراکم رده های غالب ماکروبتوزها، این ۸ نیم خط به دو گروه ۱، ۲، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۳ بدون همپوشانی تفکیک شده است. نتایج نشان داد که رده های پرتاران و سخت پوستان با واریانس بیشتر نقش اصلی در تفکیک نیم خط ها داشته اند.

آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده در نواحی مختلف نشان میدهد که بر اساس متغیرهای تراکم رده های اصلی ماکروبتوزها، این سه ناحیه به دو گروه غربی- مرکزی و شرقی بدون همپوشانی تفکیک شده است (نمودار ۵۳-۳). این نمودار نشان می دهد که اولین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF1، خط عمودی) با واریانس ۹۷٪ ناحیه شرقی را از نواحی دیگر جدا می کند و دومین تابع متعارف تفکیک کننده (CDF2، خط افقی) با واریانس ۳٪ ناحیه مرکزی را از نواحی غربی و شرقی تفکیک می کند.



نمودار ۵۳-۳: نقشه منطقه ای (Territorial map) توابع متعارف تفکیک کننده نواحی مختلف بر اساس تراکم رده های اصلی ماکروبتوزها در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

ضرایب مکانی (نواحی) آزمون CDF برای دوتابع بدست آمده براساس تراکم سه رده اصلی ماکروبتوزها نشان داده است که رده پرتاران و کم تاران در تابع اول دارای واریانس بیشتری بوده است و به بیان دیگر نقش اصلی در تفکیک مکانی (نواحی) را به عهده داشته اند.

۹-۳- پارامترهای زیستی و غیر زیستی

۱-۹-۳- موجودات زیستی و ارتباط با پارامترهای محیطی

ارتباط فیتوپلانکتون با پارامترهای محیطی

در بررسی سالانه تراکم و زی توده فیتوپلانکتون با پارامترهای محیطی در آنالیز مولفه های اصلی (PCA) تغییرات شاخص KMO برابر ۰.۴۴ بوده است. در نتایج آزمون Bartlett نیز اختلاف معنی دار بود. در آنالیز مولفه های اصلی ۱۴ متغیر فیتوپلانکتون و پارامترهای محیطی بر اساس منحنی سنگریزه ای (Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بیشتر از واحد، به شش مولفه (PC) با ۷۲.۳ درصد از کل واریانس کاهش یافته است. مولفه یک به تنهایی ۱۵.۷ درصد از کل واریانس را شامل شده است. در این مولفه تراکم و زی توده فیتوپلانکتون با بار عاملی قوی (> 0.80) به همراه دما، شوری و درصد اشباعیت مشارکت داشته است. واریانس مولفه های دو تا شش به ترتیب ۱۵.۰ ، ۱۱.۱ ، ۱۱.۰ ، ۱۰.۶ و ۹.۰ از کل واریانس را شامل شده است. در این پنج مولفه بقیه متغیرهای محیطی مشارکت داشته اند.

جدول ۱۸-۳ آنالیز CCA در فصل بهار را نشان می دهد که در فصل بهار VIF تمام متغیرها کمتر از ۱۰ بوده است. در ضمن بالاترین وزن مربوط به متغیر DO% و کمترین مربوط به فسفر معدنی (DIP) بوده است.

جدول ۱۸-۳: امتیاز مقیاسی (SS^{۴۷}) شاخه های فیتوپلانکتون و ضرایب واریانس تورمی (VIF^{۴۸}) برای متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	ضریب واریانس تورمی (VIF)	انحراف معیار وزن (WSD ^{۴۹})	وزن میانگین (WM ^{۵۰})
Temp.	4.08	0.71	1.84
Salin.	3.27	0.31	1.38
pH	2.9	0.02	1.16
DO%	10.3	0.75	1.24
NH4+	1.44	0.51	1.41
NO3-	1.15	0.38	1.18
DON	5.27	1.38	1.2
DIP	0.43	0.09	1.15
DOP	0.9	0.24	1.38
DSi	2.63	0.64	1.12
SD	0.85	1.09	1.57

آنالیز CCA در فصل بهار نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیرهای آمونیم ($r=-0.50$)، نترات ($r=0.37$) و سیلیس محلول ($r=0.59$) بر تغییرات شاخه های فیتوپلانکتون نقش داشته اند و متغیرهای دما ($r=-0.79$)، شوری ($r=-0.59$) و ازت آلی ($r=-0.53$) در محور دوم (Axis2) دارای ضریب بالا بوده است. همبستگی بین گروهها و متغیرهای محیطی در محورهای اول ($Axis1=0.55$) و دوم ($Axis2=0.32$) بالا بوده است (جدول ۱۹-۳).

⁴⁷ SS=Scores Scaled

⁴⁸ VIF= Variance Inflation Factors

⁴⁹ WSD= Weighted SD

⁵⁰ WM= Weighted mean

جدول ۱۹-۳: مقدار ویژه، درصد، همبستگی و ضرایب متعارف کننده فیتوپلانکتون با متغیرهای محیطی در آنالیز CCA در فصل بهار در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

محور اول	محور دوم	
0.01	۰/۰۰	مقدار ویژه ^{۵۱}
18.4	4.04	درصد ^{۵۲}
18.4	22.44	جمع درصد ^{۵۳}
0.55	0.32	همبستگی شاخه ها و پارامترهای محیطی ^{۵۴}
متغیرها	ضرایب متعارف کننده ^{۵۵}	
Temp.	-0.06	0.79
Salin.	-0.06	-0.59
pH	0.22	0.27
DO%	0.02	-0.16
NH4+	-0.5	0.01
NO3-	0.37	0.14
DON	-0.19	0.53
DIP	-0.04	-0.09
DOP	0.23	0.12
DSi	0.59	0.17
SD	-0.15	0.32

آنالیز CCA بر روی سه شاخه غالب فیتوپلانکتون در فصل بهار نشان داد که شاخه سیانوفیتا بیشتر تحت تأثیر شوری و فسفر معدنی قرار گرفته است. شاخه باسیلاروفیتا با شفافیت، سیلیس محلول، فسفر آلی و ترکیبات ازتی همبستگی نشان داد. شاخه پیروفیتا با هیچکدام از متغیرهای محیطی ارتباط مستقیم نداشت (نمودار ۳-۵۴).

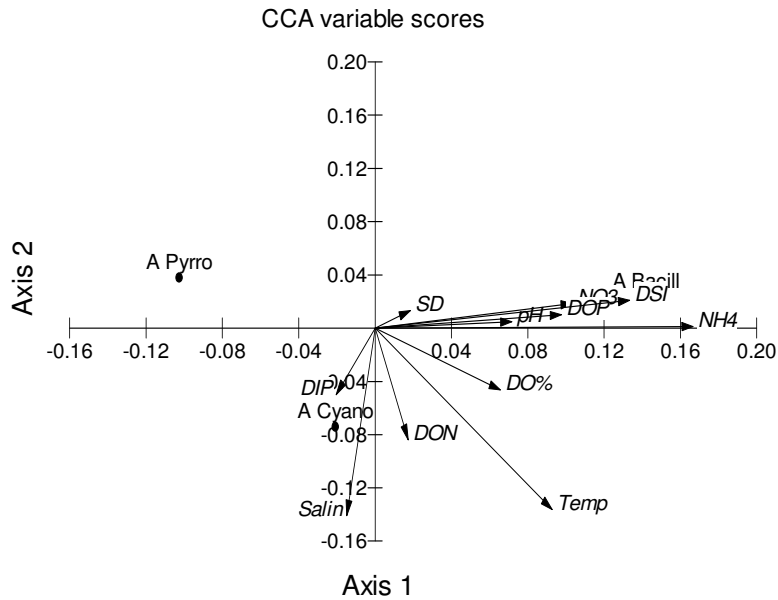
⁵¹ Eigenvalues

⁵² Percentage

⁵³ Cum. Percentage

⁵⁴ Spec.-env. correlations

⁵⁵ Canonical coefficient (Spec. Axis)



Vector scaling: 0.25
فصل بهار

نمودار ۳-۵۴ : آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای شاخه های فیتوپلانکتون در فصل بهار در ارتباط با متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (Cyano.=Cyanophyta; Pyro=Pyrophyta; Bacill=Bacillariophyta)

جدول ۳-۲۰ آنالیز CCA در فصل تابستان را نشان می دهد که تمام متغیرها در این فصل دارای VIF کمتر از ۱۰

بوده اند. در ضمن بالاترین وزن مربوط به متغیر DO% و کمترین مربوط به فسفر معدنی (DIP) بوده است.

جدول ۲۰-۳: امتیاز مقیاسی (SS) شاخه های فیتوپلانکتون و ضرایب واریانس تورمی (VIF) برای متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

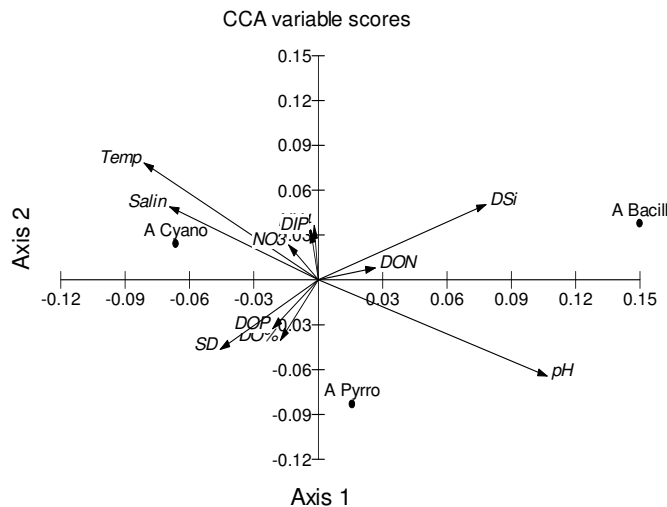
متغیرها	ضریب واریانس تورمی (VIF)	انحراف معیار وزن (WSD)	وزن میانگین (WM)
Temp.	2.04	0.09	5.11
Salin.	1.38	0.46	3.35
pH	1.27	0.03	2.9
DO%	1.42	0.76	11.53
NH4+	1.83	0.5	1.88
NO3-	1.4	0.33	0.96
DON	1.22	1.03	5.38
DIP	1.42	0.1	0.53
DOP	1.15	0.13	0.72
DSi	1.84	0.78	2.95
SD	1.44	0.95	0.82

آنالیز CCA در فصل تابستان نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیرهای pH ($r=0.57$)، آمونیم ($r=0.60$)، ازت آلی ($r=0.41$) و سیلیس محلول ($r=0.76$) بر تغییرات شاخه های فیتوپلانکتون نقش داشته اند و متغیرهای دما ($r=-0.68$)، درصد اشباعیت ($r=-0.46$) و شفافیت ($r=-0.51$) در محور دوم (Axis2) دارای ضریب بالا بوده است. همبستگی بین گروهها و متغیرهای محیطی در محورهای اول ($Axis1=0.48$) و دوم ($Axis2=0.38$) نسبتاً بالا بوده است (جدول ۲۱-۳).

جدول ۲۱-۳: مقدار ویژه، درصد، همبستگی و ضرایب متعارف کننده فیتوپلانکتون با متغیرهای محیطی در آنالیز CCA در فصل تابستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

محور اول	محور دوم	
0.01	۰/۰۰	مقدار ویژه
14.9	4.88	درصد
14.9	19.78	جمع درصد
0.48	0.37	همبستگی شاخه ها و پارامترهای محیطی
متغیرها	ضرایب متعارف کننده	
Temp.	-0.31	0.68
Salin.	-0.13	0.04
pH	0.57	-0.23
DO%	-0.04	-0.46
NH4+	0.6	0.51
NO3-	-0.03	0.13
DON	0.41	-0.16
DIP	-0.14	0.05
DOP	-0.09	-0.03
DSi	0.76	0.74
SD	-0.1	-0.51

در آنالیز CCA بر روی سه شاخه غالب فیتوپلانکتون در فصل تابستان نشان داد که شاخه سیانوفیتا در ناحیه ای قرار گرفت که بیشتر تحت تاثیر شوری، دما، نیترات و فسفر معدنی بوده است. شاخه باسیلاریوفیتا با سیلیس محلول و ازت آلی همبستگی نشان داد. همچنین شاخه پیروفیتا با متغیر pH ارتباط مستقیم داشته است (نمودار



Vector scaling: 0.17

فصل تابستان

نمودار ۳-۵۵: آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای شاخه های فیتوپلانکتون در فصل تابستان در ارتباط با متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (Cyano.=Cyanophyta; Pyrro=Pyrrhophyta; Bacill=Bacillorophyta)

جدول ۳-۲۲ آنالیز CCA در فصل پاییز را نشان می دهد که VIF تمام متغیرها در این فصل کمتر از ۱۰ بوده است. در ضمن بالاترین وزن مربوط به متغیر DO% و کمترین مربوط به فسفر معدنی (DIP) بوده است.

جدول ۳-۲۲: امتیاز مقیاسی (SS) شاخه های فیتوپلانکتون و ضرایب واریانس تورمی (VIF) برای متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	ضریب واریانس تورمی (VIF)	انحراف معیار وزن (WSD)	وزن میانگین (WM)
Temp.	1.78	0.13	4.28
Salin.	1.64	0.08	3.63
pH	1.42	0.41	2.87
DO%	1.5	0.49	11.89
NH4+	1.73	0.6	1.92
NO3-	1.69	0.55	1.12
DON	1.68	1.71	5.27
DIP	1.58	0.13	0.49
DOP	1.28	0.13	0.74
DSi	1.5	0.61	2.67
SD	1.25	0.92	۰/۷۰

آنالیز CCA در فصل پاییز نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیرهای دما ($r=0.41$)، آمونیم ($r=1.08$)، فسفر

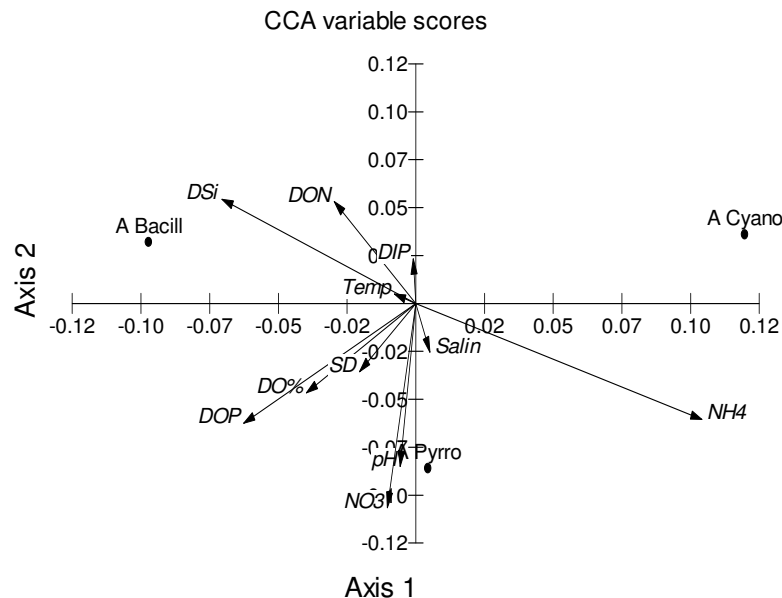
آلی ($r=-0.34$) و سیلیس محلول ($r=-0.39$) بر تغییرات شاخه های فیتوپلانکتون نقش داشته اند و متغیرهای دما،

درصد اشباعیت، نیترات و سیلیس محلول در محور دوم (Axis2) دارای ضریب بالا بوده است. همبستگی بین گروهها و متغیرهای محیطی در محورهای اول (Axis1=0.52) و دوم (Axis2=0.36) نسبتاً بالا بوده است (جدول ۳-۲۳).

جدول ۳-۲۳: مقدار ویژه، درصد، همبستگی و ضرایب متعارف کننده فیتوپلانکتون با متغیرهای محیطی در آنالیز CCA در فصل پاییز در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

محور اول	محور دوم	
0.01	۰/۰۰	مقدار ویژه
15.77	5.48	درصد
15.77	21.25	جمع درصد
0.52	0.36	همبستگی شاخه ها و پارامترهای محیطی
ضرایب متعارف کننده		متغیرها
۰/۴۰	0.27	Temp.
0.19	0.01	Salin.
-0.15	-0.31	pH
-0.01	-0.38	DO%
1.08	-0.11	NH4+
-0.36	-0.58	NO3-
0.29	0.24	DON
-0.14	-0.36	DIP
-0.34	-0.39	DOP
-0.39	0.36	DSi
-0.13	0.07	SD

در آنالیز CCA بر روی سه شاخه غالب فیتوپلانکتون در فصل پاییز نشان داد که شاخه باسیلاروفیتا بیشتر تحت تاثیر دما، سیلیس محلول و ازت آلی قرار گرفته است. شاخه پیروفیتا نیز با شوری و آمونیم همبستگی نشان داد. در ضمن شاخه سیانوفیتا با هیچکدام از متغیرها ارتباط مستقیم نشان نداد (نمودار ۳-۵۶).



Vector scaling: 0.15

فصل پاییز

نمودار ۳-۵۶: آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای شاخه های فیتوپلانکتون در فصل پاییز در ارتباط با متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (Cyano.=Cyanophyta; Pyrro=Pyrrrophyta; Bacill=Bacillariophyta)

جدول ۲۴-۳ آنالیز CCA در فصل زمستان را نشان می دهد که تمام متغیرها در این فصل دارای VIF کمتر از ۱۰

بودند. در ضمن بالاترین وزن مربوط به متغیر DO% و کمترین مربوط به فسفر معدنی (DIP) بوده است.

جدول ۲۴-۳: امتیاز مقیاسی (SS) شاخه های فیتوپلانکتون و ضرایب واریانس تورمی (VIF) برای متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

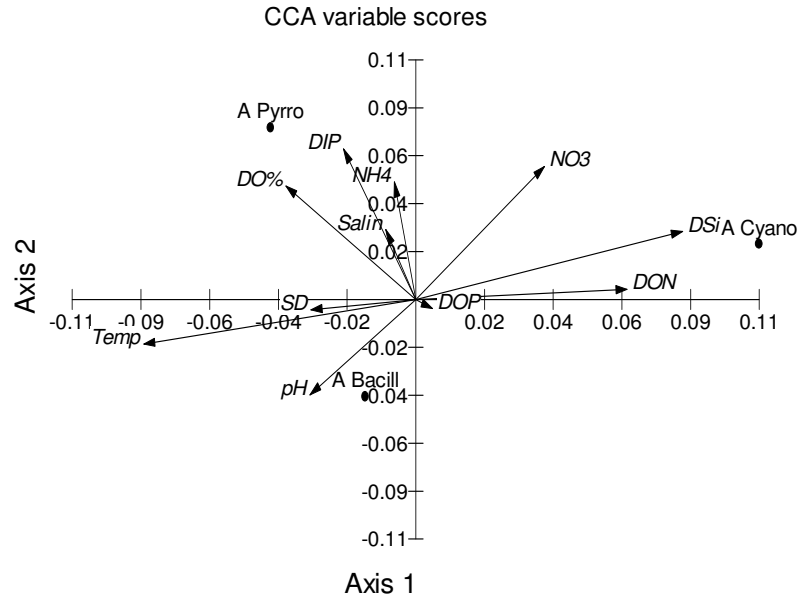
متغیرها	ضریب واریانس تورمی (VIF)	انحراف معیار وزن (WSD)	وزن میانگین (WM)
Temp.	1.81	0.24	3.06
Salin.	۱.۲۰	0.28	3.11
pH	۱.۲۰	0.03	2.9
DO%	۱.۸۰	0.59	11.81
NH4+	1.31	0.59	1.5
NO3-	1.34	0.49	1.34
DON	1.26	۰.۹۰	4.92
DIP	1.24	0.12	0.45
DOP	1.24	0.11	0.69
DSi	1.36	0.62	2.95
SD	1.12	0.93	0.75

آنالیز CCA در فصل زمستان نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیرهای دما ($r=-0.44$)، فسفر آلی ($r=-0.44$) و سیلیس محلول ($r=0.56$) بر تغییرات شاخه های فیتوپلانکتون نقش داشته اند و مابقی متغیرهای اعم از درصد اشباعیت ($r=0.84$) و آمونیم ($r=0.44$) در محور دوم (Axis2) دارای ضریب بالا بوده است. همبستگی بین گروهها و متغیرهای محیطی در محورهای اول ($Axis1=0.36$) و دوم ($Axis2=0.43$) نسبتاً بالا بوده است (جدول ۲۵-۳).

جدول ۲۵-۳: مقدار ویژه، درصد، همبستگی و ضرایب متعارف کننده فیتوپلانکتون و با متغیرهای محیطی در آنالیز CCA در فصل زمستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

محور اول	محور دوم	
۰.۰۰	۰.۰۰	مقدار ویژه
7.26	۷.۷۰	درصد
14.97	۷.۷۰	جمع درصد
0.43	0.36	همبستگی شاخه ها و پارامترهای محیطی
ضرایب متعارف کننده		متغیرها
-0.4	-0.44	Temp.
0.31	-0.23	Salin.
-0.16	-0.27	pH
0.84	-0.17	DO%
0.44	-0.06	NH4+
0.25	0.16	NO3-
0.06	0.22	DON
۰.۵۰	-0.44	DIP
-0.14	-0.05	DOP
-0.05	0.56	DSi
-0.05	-0.17	SD

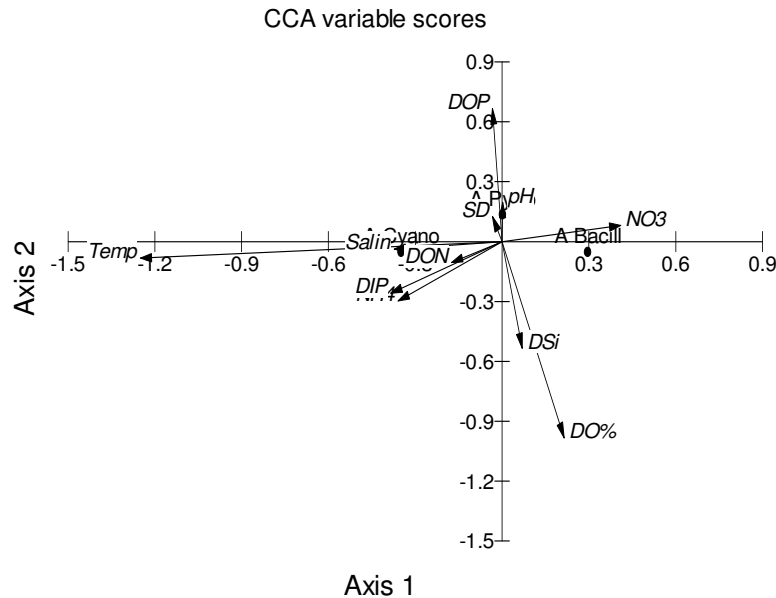
آنالیز CCA بر روی سه شاخه غالب فیتوپلانکتون در فصل زمستان نشان داد که شاخه باسیلاروفیتا بیشتر تحت تاثیر دما و pH قرار گرفته است و شاخه پیروفیتا با شوری، فسفر معدنی، درصد شباعیت و آمونیم همبستگی داشت. همچنین شاخه سیانوفیتا با متغیرهای سیلیس محلول، نترات و ازت آلی ارتباط مستقیم داشته است (نمودار



نمودار ۳-۵۲ : آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای شاخه های فیتوپلانکتون در فصل زمستان در ارتباط با متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (= Bacill = Bacillariophyta; Pyrro = Pyrrophyta; Cyano = Cyanophyta)

آنالیز سالانه CCA نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیر دما با ۵۲ درصد واریانس بیشترین نقش را بر تغییرات شاخه های فیتوپلانکتون داشته اند و متغیرهای درصد اشباعیت ، آمونیم، فسفر آلی و سیلیس محلول در محور دوم (Axis2) با واریانس ۵ درصد تاثیر گذار بوده اند. همبستگی بین گروهها و متغیرهای محیطی در محورهای اول (Axis1=0.82) و دوم (Axis2=0.48) نسبتاً بالا بوده است.

آنالیز سالانه CCA بر روی سه شاخه غالب فیتوپلانکتون نشان داد که شاخه باسیلاروفیتا بیشتر تحت تاثیر درصد اشباعیت و سیلیس محلول قرار گرفته است. شاخه پیروفیتا با بیشتر متغیرها همبستگی نشان داد. همچنین شاخه سیانوفیتا با متغیرهای دما، شوری، فسفر معدنی، نترات و ازت آلی ارتباط مستقیم داشته است (نمودار ۳-۵۸).

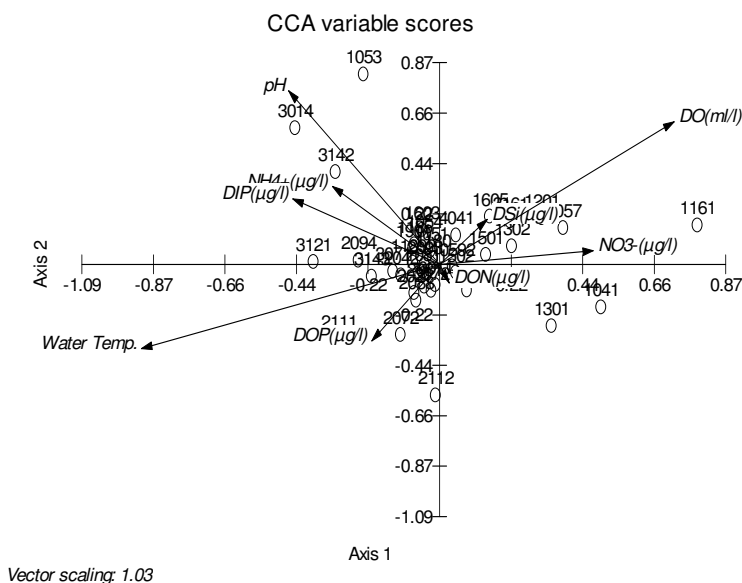


نمودار ۵۸-۳: آنالیز سالانه CCA با دو محور ۱ و ۲ برای شاخه های فیتوپلانکتون در ارتباط با متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (Cyano.=Cyanophyta; Pyrro=Pyrophyta; Bacill= Bacillariophyta)

به منظور درک چگونگی روابط بین جمعیت فیتوپلانکتون و پارامترهای محیطی آزمون چند متغیره CCA بین گونه های غالب و فاکتورهای محیطی (دما، اکسیژن محلول، pH، ازت نیتراتی، ازت آمونیومی، فسفر معدنی، نیتروژن آلی محلول و فسفر آلی محلول) انجام گرفت (جدول ۲۶-۳ و نمودار ۵۹-۳). مقدار ویژه (Eigenvalue) برای دو محور اول (axes) به ترتیب دارای مقادیر ۰.۰۳۸ و ۰.۰۳۱ بوده که حدوداً ۶۰ درصد از تغییرات را توضیح داد. گونه ها و فاکتورهای محیطی در محور اول (axes) به ترتیب دارای ضریب همبستگی ۰.۹۲ و ۰.۸۱ گردیدند. ترکیب محور اول (SPEC AX1) عمدتاً "به فاکتورهای درجه حرارت آب، فسفر معدنی محلول (DIP) و اکسیژن محلول (DO) و محور دوم (SPEC AX2) به pH، DIP و DO بیشترین ارتباط را نشان داد. به این ترتیب به جز pH و درجه حرارت آب بقیه فاکتورها در هر دو محور (axes) مشترک بوده است.

جدول ۲۶-۳: ضریب همبستگی بین گونه های فیتوپلانکتون و متغیرهای محیطی بر اساس آزمون چند

متغیره CCA		
Spec. Axis 2	Spec. Axis 1	Parameter
0.187	-0.488	Temp.
۰.۸۲۰	-0.032	pH
0.167	0.195	NH ₄ ⁺ (μM)
0.109	0.006	NO ₃ ⁻ (μM)
0.311	-0.406	DIP(μM)
0.117	-0.107	DOP(μM)
0.249	0.176	DSi(μM)
0.368	0.421	DO(ml/l)
0.039	0.206	DON(μM)



نمودار ۳-۵۹: ارتباط گونه های فیتوپلانکتون و فاکتورهای محیطی بر اساس آزمون چند متغیره CCA * کد گونه ها در جدول ۷-۳ آورده شده است.

۲-۹-۳- ارتباط زئوپلانکتون با پارامترهای محیطی

در بررسی سالانه گروه های زئوپلانکتون و پارامترهای محیطی در آنالیز مولفه های اصلی (PCA) تغییرات شاخص KMO برابر ۰.۶۹ بوده است و در ضمن آزمون Bartlett دارای اختلاف معنی دار بوده است (جدول ۲۷-۳). در آنالیز مولفه های اصلی ۱۱ متغیر (تراکم زئوپلانکتون و پارامترهای محیطی) بر اساس منحنی سنگریزه ای

(Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بیشتر از واحد، به سه مولفه (PC) با ۶۱.۸ درصد از کل واریانس کاهش یافته است. در هر مولفه، متغیرهای دارای ضرایب بارعاملی (Loading Factor) بیش از ۰.۳۰ با توجه به تعداد نمونه ها در نظر گرفته شده است. مولفه یک به تنهایی ۳۲.۶ درصد از کل واریانس را شامل شده است. در این مولفه گروههای کلادوسرا، روتیفرا، سیرپیدیا و لارو لاملی برانچیاتا با بار عاملی قوی به همراه دما شوری و pH مشارکت داشته است (جدول ۲۸-۳). مولفه های دو و سه به ترتیب با واریانس ۱۶.۲ و ۱۲.۸ از کل واریانس را شامل شده است. در این دو مولفه گروههای کوبه پودا و پروتوزوآ و متغیرهای محیطی شفافیت، اکسیژن و pH مشارکت داشته اند (جدول ۲۸-۳).

جدول ۲۷-۳: آزمون های KMO و Bartlett در آنالیز آماری چند متغیره PCA برای پارامترهای محیطی و زئوپلانکتون در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۰.۶۹۱	آزمون کیزر مایر (اندازه گیری کفایت نمونه برداری)
۴۲۰.۶۴۲	آزمون بارتلت (ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها)
۵۵	درجه آزادی
۰.۰۰	معنی دار بودن

جدول ۲۸-۳: روابط بین پارامترهای محیطی و ژئوپلاتکتون حوزه جنوبی دریای خزر در ماتریکس مولفه ها در آنالیز چند متغیره PCA (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	واریانس (%)	مولفه ها	PC1	PC2	PC3
A Cope.			0.76		0.80
A Clado.			0.86		
A Rota.					0.35
A Proto.					
A Cirri.			0.64	0.53	
A Lamll.			0.83		
Temp.			-0.69		
Salinity			-0.68		
pH			-0.39	0.34	
DO%				0.61	-0.55
SD				-0.78	

Extraction Method: Principale Component Analysis

جدول ۲۹-۳ آنالیز CCA در فصل بهار را نشان می دهد که تمام متغیرها در فصل بهار دارای VIF کمتر از ۱۰ بودند. در ضمن بیشترین و کم ترین وزن به ترتیب مربوط به متغیرهای DO% و عمق شفافیت (SD) بوده است.

جدول ۲۹-۳: امتیاز مقیاسی (SS) گروه های ژئوپلاتکتون و ضرایب واریانس تورمی (VIF) برای متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

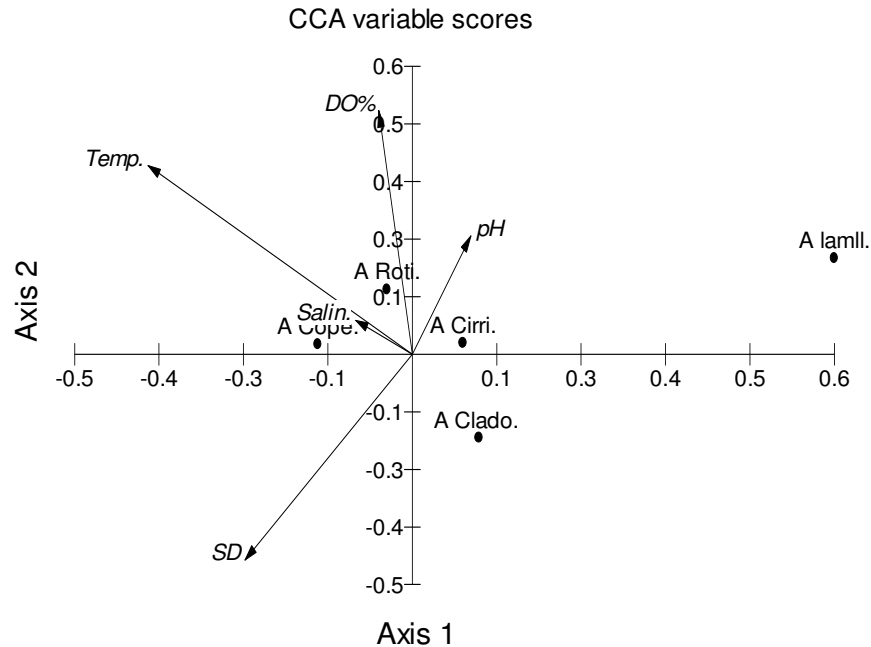
متغیرها	ضریب واریانس تورمی (VIF)	انحراف معیار وزن (WSD)	وزن میانگین (WM)
Temp.	1.48	0.33	4.27
Salin.	1.28	0.25	3.3
DO%	۱.۲۰	0.57	10.35
pH	۱.۲۰	0.02	۲.۹۰
SD	1.48	0.62	2.16

آنالیز CCA در فصل بهار نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیرهای دما ($r=-1.04$) و شفافیت ($r=-0.90$) در تغییرات گروههای زئوپلانکتون نقش داشته اند و متغیر اشباعیت اکسیژن ($r=0.62$) در محور دوم (Axis2) دارای ضریب بالا بوده است. همبستگی بین گروهها و متغیرهای محیطی در محورهای اول ($Axis1=0.80$) و دوم ($Axis2=0.67$) بالا بوده است (جدول ۳-۳۰).

جدول ۳-۳۰: مقدار ویژه، درصد، همبستگی و ضرایب متعارف کننده زئوپلانکتون با متغیرهای محیطی در آنالیز CCA در فصل بهار در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

محور اول	محور دوم	
0.03	0.01	مقدار ویژه
25.93	10.69	درصد
25.93	36.62	جمع درصد
۰.۸۰	0.69	همبستگی شاخه ها و پارامترهای محیطی
ضرایب متعارف کننده	متغیرها	
-1.04	Temp.	0.27
-0.11	Salin.	-0.28
0.14	pH	0.31
-0.01	DO%	0.62
۰.۹۰	SD	0.35

آنالیز CCA بر روی پنج گروه زئوپلانکتون در فصل بهار نشان داد که مروپلانکتون ها (سیرپدیا و لارو لاملی برانچیاتا) بیشتر تحت تاثیرقلیائیت آب (pH) قرارداشت. کوبه پودا و روتیفرا با دما، اکسیژن و شوری همبستگی نشان داد، ولی کلادوسرا با هیچکدام از متغیرهای محیطی ارتباط مستقیم نداشت (نمودار ۳-۶۰).



نمودار ۶۰-۳: آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای گروههای زئوپلانکتون در فصل بهار در ارتباط با متغیرهای

محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (Cope.=Copepoda; Clado.=Cladocera; Roti.=Rotifera;)

(Cirri.=Cirripedia; Lamll.= Lamellibranchiata larvae

جدول ۳۱-۳ آنالیز CCA در فصل زمستان را نشان می دهد که VIF تمام متغیرها در فصل بهار کمتر از ۱۰ بود.

در ضمن بالاترین وزن مربوط به متغیر DO% و کمترین مربوط به عمق شفافیت (SD) بوده است.

جدول ۳-۳۱: امتیاز مقیاسی (SS) گروههای زئوپلانکتون و ضرایب واریانس تورمی (VIF) برای متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

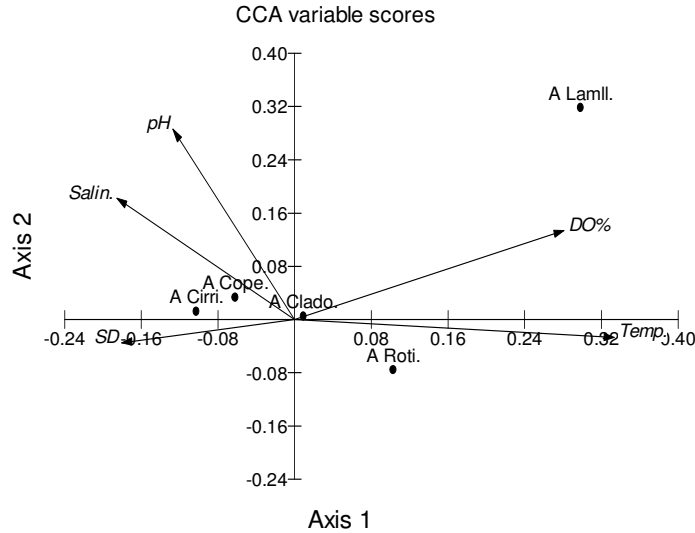
متغیرها	ضریب واریانس تورمی (VIF)	انحراف معیار وزن (WSD)	وزن میانگین (WM)
Temp.	3.87	0.33	3.05
Salin.	1.28	0.23	3.09
DO%	3.27	0.71	11.81
pH	1.18	0.03	2.89
SD	1.18	۰.۶۰	1.48

آنالیز CCA در فصل زمستان نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیرهای دما ($r=0.82$) و شفافیت ($r=-0.55$) بر تغییرات گروههای زئوپلانکتون نقش داشته اند و متغیر اشباعیت اکسیژن ($r=0.74$) و pH ($r=0.74$) در محور دوم (Axis2) دارای ضریب بالا بوده است. همبستگی بین گروهها و متغیرهای محیطی در محورهای اول ($Axis1=0.60$) و دوم ($Axis2=0.51$) بالا بوده است (جدول ۳-۳۲).

جدول ۳-۳۲: مقدار ویژه، درصد، همبستگی و ضرایب متعارف کننده زئوپلانکتون و با متغیرهای محیطی در آنالیز CCA در فصل زمستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

محور اول	محور دوم	
0.01	0.01	مقدار ویژه
15.42	8.53	درصد
15.42	23.95	جمع درصد
۰.۶۰	0.51	همبستگی شاخه ها و پارامترهای محیطی
متغیرها	ضرایب متعارف کننده	
Temp.	0.89	-0.41
Salin.	-0.09	0.33
pH	0.07	0.74
DO%	0.01	0.89
SD	-0.56	-0.23

در آنالیز CCA بر روی پنج گروه زئوپلانکتون در فصل زمستان نشان داد که مروپلانکتون ها (لارو لاملی برانچیاتا) بیشتر تحت تاثیر اکسیژن آب قرار گرفته است. روتیفرا با دما و کوبه پودا و سیرپیدیا با pH و شوری همبستگی نشان دادند. همچنین کلادوسرا با همه متغیرهای محیطی ارتباط داشته است (نمودار ۳-۶۱).



Vector scaling: 0.41
فصل زمستان

نمودار ۶۱-۳: آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای گروههای زئوپلانکتون در فصل زمستان در ارتباط با متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (Cope.=Copepoda; Clado.=Cladocera; Roti.=Rotifera; (Cirri.=Cirripedia; Lamll.= Lamellibranchiata larvae

جدول ۳۳-۳ آنالیز CCA در سال ۱۳۸۸ را نشان می دهد که تمام متغیرها دارای VIF کمتر از ۱۰ بودند. در ضمن بالاترین وزن مربوط به متغیر DO% و کمترین مربوط به عمق شفافیت (SD) بوده است.

جدول ۳۳-۳: امتیاز مقیاسی (SS) گروههای زئوپلانکتون و ضرایب واریانس تورمی (VIF) برای متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	ضریب واریانس تورمی (VIF)	انحراف معیار وزن (WSD)	وزن میانگین (WM)
Temp.	1.11	۰.۸۰	4.06
Salin.	1.12	0.37	3.29
DO%	1.15	0.88	11.36
pH	1.05	0.03	۲.۹۰
SD	1.17	0.66	1.74

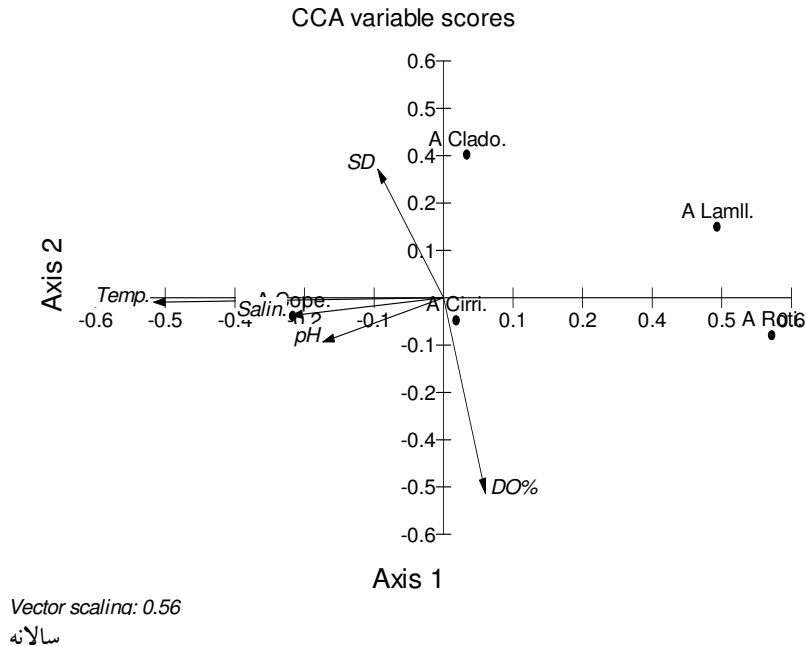
آنالیز CCA در سال ۱۳۸۸ نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیرهای دما ($r=-0.83$) بر تغییرات گروههای زئوپلانکتون نقش داشته اند و متغیر اشباعیت اکسیژن ($r=-0.80$) و شفافیت ($r=0.36$) در محور دوم (Axis2) دارای

ضریب بالا بوده است. همبستگی بین گروه‌ها و متغیرهای محیطی در محورهای اول ($Axis1=0.85$) و دوم ($Axis2=0.69$) بالا بوده است (جدول ۳-۳۴).

جدول ۳-۳۴: مقدار ویژه، درصد، همبستگی و ضرایب متعارف کننده ژئوپلانکتون و با متغیرهای محیطی در آنالیز CCA در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

محور اول	محور دوم	
0.09	0.02	مقدار ویژه
42.31	10.25	درصد
42.31	52.57	جمع درصد
0.85	0.69	همبستگی شاخه‌ها و پارامترهای محیطی
ضرایب متعارف کننده	متغیرها	
-0.84	-0.1	Temp.
-0.21	-0.06	Salin.
-0.26	-0.14	pH
0.08	-0.08	DO%
-0.02	0.36	SD

آنالیز CCA بر روی پنج گروه ژئوپلانکتون در سال ۱۳۸۸ نشان داد که مروپلانکتون (لارو لاملی برانچیاتا) و کلادوسرا همبستگی مستقیمی با متغیرهای محیطی نداشتند. بیشتر تحت تاثیر اکسیژن آب قرار گرفته است. این نمودار نشان داد که روتیفرا با اکسیژن و کوبه پودا با دما، pH و شوری همبستگی معنی دار داشته اند. متغیرهای محیطی بر سیرپدیا اثر یکسان داشته اند (نمودار ۳-۶۲).



نمودار ۶۲-۳: آنالیز CCA سالانه با دو محور ۱ و ۲ برای گروههای زئوپلانکتون در ارتباط با متغیرهای محیطی در حوزه جنوبی دریای خزر (Cope.=Copepoda; Clado.=Cladocera; Roti.=Rotifera; Cirri.=Cirripedia;) (Lamll.= Lamellibranchiata larvae)

ارتباط شانه دار با پارامترهای محیطی

در بررسی سالانه تراکم و زی توده شانه دار و ۱۱ پارامترهای محیطی در آنالیز مولفه های اصلی (PCA) تغییرات شاخص KMO برابر ۰.۶۳ بوده است و در ضمن نتایج آزمون Bartlett بیانگر وجود اختلاف معنی دار بود (جدول ۳-۳۵). بدین ترتیب با توجه به نتایج شاخص KMO و آزمون Bartlett می توان آنالیز مولفه های اصلی را بر روی داده های سالانه انجام داد. در آنالیز مولفه های اصلی ۱۳ متغیر شانه دار و پارامترهای محیطی بر اساس منحنی سنگریزه ای (Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بیشتر از واحد به چهار مولفه (PC) با ۵۹.۰ درصد از کل واریانس کاهش یافته است. در هر مولفه، متغیرهای دارای ضرایب بار عاملی (Loading Factor) بیش از ۰.۳۰ با توجه به تعداد نمونه ها در نظر گرفته شده است. مولفه یک به تنهایی ۲۳.۸ درصد از کل واریانس را شامل شده است. در این مولفه تراکم و زی توده شانه دار بار عاملی قوی به همراه دما، شوری، pH، آمونیم، نترات و فسفر

معدنی مشارکت داشته است (جدول ۳-۳۵). مولفه های دو و سه به ترتیب با واریانس ۱۴.۸ و ۱۱.۹ از کل واریانس را شامل شده است. در این دو مولفه مابقی متغیرهای محیطی (شفافیت، اکسیژن) و سیلیس محلول مشارکت داشته اند (جدول ۳-۳۶). در مولفه چهارم فسفر آلی و آمونیم با واریانس ۸.۶ درصد مشارکت داشتند.

جدول ۳-۳۵: آزمون های KMO و Bartlett در آنالیز آماری چند متغیره PCA برای پارامترهای محیطی و شانه دار در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۰.۶۳۳	آزمون کیزر مایر (اندازه گیری کفایت نمونه برداری)	
۵۳۳.۹۶۹	آزمون مربع کای	آزمون بارتلت (ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها)
۷۸	درجه آزادی	
۰.۰۰	معنی دار بودن	

جدول ۳-۳۶: روابط بین پارامتر های محیطی و شانه دار حوزه جنوبی دریای خزر در ماتریکس مولفه ها در آنالیز چند متغیره PCA (سال ۱۳۸۸)

PC4	PC3	PC2	PC1	مولفه ها	متغیرها
۸.۶%	۱۱.۹%	۱۴.۸%	۲۳.۸%	واریانس (%)	
			0.72		Temp. (°C)
			0.55		Salin.(ppt)
	0.57		0.36		pH
	0.39	0.52			DO%
0.47	0.37		0.44		NH4+ (µM)
0.35	0.47		-0.41		NO3-(µM)
	-0.48				DON(µM)
	-0.4	0.5	0.48		DIP(µM)
0.64		-0.48			DOP(µM)
		0.69			DSi(µM)
-0.35		-0.69			SD (m)
			0.87		A M.leidy (n/m ³)
			0.83		B M.leidy (g/m ³)

Extraction Method: Principale Component Analysis

ارتباط ماکروبتوزها با پارامترهای محیطی و رسوبات

در جدول ۳-۳۷ تراکم ماکروبتوزها، پرتاران و پارامترهای محیطی (در نزدیکی بستر دریا) و رسوبات آورده شده است. آزمون آنالیز واریانس نشان داد که میانگین تمام متغیرها به غیر از متغیر Gravel از ساحل (۵ متر) به دورتر از ساحل (۱۰۰ متر) اختلاف معنی داری داشتند ($p < 0.05$). پارامترهای دما، درصد اکسیژن، pH و sand دارای روند کاهشی از ساحل به دورتر از ساحل بوده در حالی که TOM و silt-clay روند افزایشی داشته اند به بیان دیگر با افزایش عمق درصد silt-clay فزونی یافته بطوریکه به بیش از ۹۵٪ (عمق ۱۰۰ متر) میرسد. رده پرتاران بالاترین تراکم را در ماکروبتوزها دارا بود. بیشترین تراکم پرتاران در مناطق کم عمق و میانی بود و با Gravel ($r=0.27, p < 0.05, n=157$)، دما ($r=0.41, p < 0.05, n=160$) و درصد اشباعیت اکسیژن ($r=0.28, p < 0.05, n=160$) همبستگی معنی داری مثبت داشته است، اما با TOM همبستگی معنی داری نداشته است. همچنین همبستگی تراکم ماکروبتوزها با TOM ($r=0.20, p < 0.05, n=157$)، Gravel ($r=0.18, p < 0.05, n=157$) و دما ($r=0.28, p < 0.05, n=160$) معنی داری و مثبت بوده است.

جدول ۳-۳۷ : تراکم ماکروبتوزها، پرتاران و پارامترهای محیطی و رسوبات به همراه خطای معیار (SE) از ساحل به دور از ساحل در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

پارامترها	۵ متر	۱۰ متر	۲۰ متر	۵۰ متر	۱۰۰ متر
ماکروبتوزها (n/m^2)	5757 (± 1207)	4996 (± 798)	8611 (± 1505)	6516 (± 646)	3973 (± 466)
پرتاران (n/m^2)	4479 (± 1125)	4084 (± 744)	8274 (± 1522)	4071 (± 612)	1759 (± 368)
TOM (%)	2.12 (± 0.20)	2.06 (± 0.17)	3.31 (± 0.22)	4.26 (± 0.20)	4.62 (± 0.30)
Gravel (%)	1.16 (± 0.70)	1.48 (± 0.69)	0.86 (± 0.27)	2.01 (± 0.93)	0.71 (± 0.24)
Silt-clay (%)	44.4 (± 7.1)	45.5 (± 6.4)	85.7 (± 3.2)	94.5 (± 1.8)	96.5 (± 1.0)
Sand (%)	54.5 (± 7.2)	53.0 (± 6.3)	13.5 (± 3.0)	3.5 (± 1.1)	2.8 (± 0.9)
دما ($^{\circ}C$)	18.61 (± 1.11)	17.66 (± 1.17)	16.72 (± 1.14)	12.39 (± 0.69)	8.42 (± 0.19)
شوری (ppt)	10.75 (± 0.39)	12.26 (± 0.26)	11.74 (± 0.30)	11.57 (± 0.30)	11.40 (± 0.36)
درصد اشباعیت (%)	138 (± 3)	129 (± 4)	120 (± 4)	104 (± 5)	82 (± 4)
pH	8.45 (± 0.03)	8.47 (± 0.02)	8.43 (± 0.03)	8.39 (± 0.03)	8.32 (± 0.03)

در بررسی سالانه ماکروبتوزها و پارامترهای محیطی (نزدیک بستر دریا) و رسوبات در آنالیز مولفه های اصلی (PCA) تغییرات شاخص KMO برابر ۰.۶۳ بوده است و آزمون Bartlett دارای اختلاف معنی دار بوده است (جدول ۳-۳۸). بدین ترتیب با توجه به این شاخص و آزمون می توان آنالیز مولفه های اصلی را بر روی داده های سالانه انجام داد. در آنالیز مولفه های اصلی ۱۰ متغیر ماکروبتوزها و پارامترهای محیطی (در نزدیکی بستر دریا) و رسوبات بر اساس منحنی سنگریزه ای (Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بالای یک، به چهار مولفه (PC) با ۷۲.۵ درصد از کل واریانس کاهش یافته است. مولفه یک به تنهایی ۳۲.۰ درصد از کل واریانس را شامل شده است. در این مولفه دانه بندی رسوبات با درصد اکسیژن و دما با بار عاملی قوی مشارکت داشته است (جدول ۳-۳۹). واریانس مولفه های دو و سه به ترتیب ۱۵.۳ و ۱۳.۶ از کل واریانس بود. در این دو مولفه متغیرهای محیطی و ماکروبتوزها مشارکت داشته اند. مولفه چهار با واریانس ۱۱.۵ شامل متغیر Gravel بود (جدول ۳-۳۹).

جدول ۳-۳۸: آزمون های KMO و Bartlett در آنالیز آماری چند متغیره PCA برای پارامترهای محیطی و ماکروبتوزها در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۰.۶۲۴	آزمون کیزر مایر (اندازه گیری کفایت نمونه برداری)
۹۳۶.۹۰۰	آزمون بارتلت (ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها)
۴۵	درجه آزادی
۰.۰۰	معنی دار بودن

جدول ۳-۳۹: روابط بین پارامتر های محیطی ، رسوبات و ماکروبتوزها حوزه جنوبی دریای خزر در ماتریکس مولفه دوران یافته در آنالیز چند متغیره PCA (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	مولفه ها واریانس (%)	PC1 ۳۲.۰%	PC2 ۱۵.۳%	PC3 ۱۳.۷%	PC4 ۱۱.۵%
Temp.		۰.۴۰	۰.۵۴	۰.۳۷	
Salinity			۰.۷۰		
pH			۰.۷۵		
DO%		۰.۵۷		۰.۳۲	
TOM		-۰.۸۵			
Gravel					۰.۹۲
Sand		۰.۹۴			
Silt-clay		-۰.۹۵			
A Benthos				۰.۷۴	
B Benthos				۰.۷۵	

Extraction Method: Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

جدول ۳-۴۰ آنالیز CCA رده های ماکروبتوزها در فصل بهار را نشان می دهد که VIF تمام متغیرها در فصل بهار کمتر از ۱۰ بود. در ضمن بالاترین وزن مربوط به متغیر DO% و siltclay و کمترین مربوط به gravel بوده است.

جدول ۴۰-۳: امتیاز مقیاسی (SS) رده های ماکروبتوزها و ضرایب واریانس تورمی (VIF) برای متغیرهای فیزیکی و بافت رسوبات در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	ضریب واریانس تورمی (VIF)	انحراف معیار وزن (WSD)	وزن میانگین (WM)
TOM	4.45	0.17	1.29
Gravel	۱.۳۰	0.43	0.65
Siltclay	8.99	0.54	2.83
Sand	8.19	0.85	1.67
Temp	3.79	۰.۲۰	۱.۹۰
Salin	1.66	0.08	1.82
DO%	3.44	0.24	3.05
pH	۱.۸۰	0.01	۱.۷۰

آنالیز CCA رده های ماکروبتوزها در فصل بهار نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیرهای TOM ($r=-0.95$)،

siltclay ($r=2.14$) و اشباعیت اکسیژن ($r=0.61$) بر تغییرات رده های ماکروبتوزها نقش داشته اند و متغیر gravel

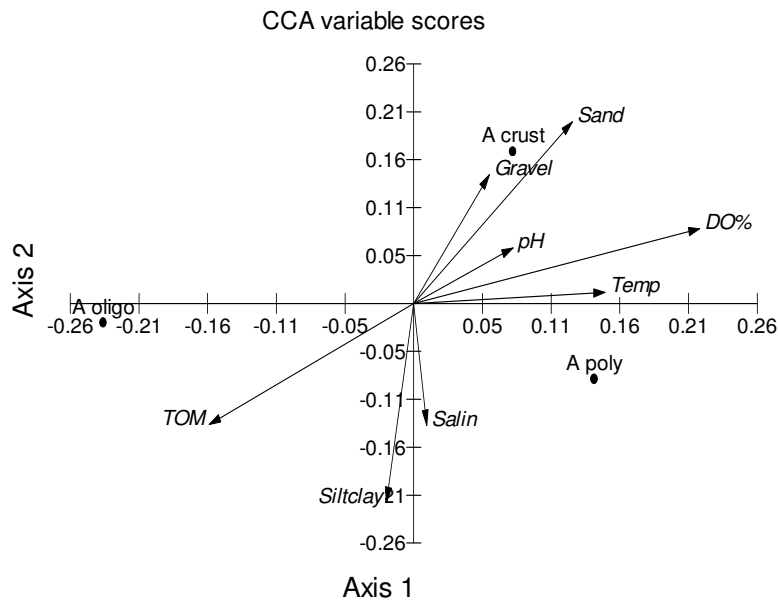
($r=0.65$) و شوری ($r=-0.45$) در محور دوم (Axis2) دارای ضرایب بالا بودند. همبستگی بین رده ها و متغیرهای

محیطی و رسوبات در محورهای اول ($Axis1=0.62$) و دوم ($Axis2=0.46$) بالا بوده است (جدول ۴۱-۳).

جدول ۴۱-۳: مقدار ویژه، درصد، همبستگی و ضرایب متعارف کننده ماکروبتئوزها و با متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در آنالیز CCA در فصل بهار در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

محور اول	محور دوم	
0.03	0.01	مقدار ویژه
23.2	8.35	درصد
23.2	31.55	جمع درصد
0.62	0.46	همبستگی شاخه ها و پارامترهای محیطی
متغیرها	ضرایب متعارف کننده	
TOM	-0.95	0.23
Gravel	-0.23	0.65
Siltclay	2.14	-1.31
Sand	1.32	-0.41
Temp	-0.35	-0.27
Salin	-0.38	-0.45
DO%	0.61	0.29
pH	0.25	0.01

در آنالیز CCA بر روی سه رده غالب ماکروبتئوزها در فصل بهار نشان داد که کم تاران بیشتر تحت تاثیر مواد آلی کل (TOM) و siltclay قرار گرفته است. سخت پوستان در بستر دارای بافت رسوبات gravel و sand حضور داشت و با متغیرهای محیطی DO% ، pH و درجه حرارت ارتباط مستقیم داشت. رده پرتاران بیشتر تحت تاثیر متغیر محیطی شوری قرار داشت (نمودار ۶۳-۳).



Vector scalina: 0.35

فصل بهار

نمودار ۳-۶۳ : آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای سه رده غالب ماکروبتوزها در فصل بهار در ارتباط با متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در حوزه جنوبی دریای خزر (Oligo.= Oligochaeta; Poly.= Polychaeta;) (Crust.= Crustacea

جدول ۳-۴۲ آنالیز CCA رده های ماکروبتوزها در فصل تابستان را نشان می دهد که برای تمام متغیرها در فصل تابستان مقدار کمتر از ۱۰ داشتند. در ضمن بالاترین وزن مربوط به متغیر DO% و کمترین مربوط به gravel بوده است.

جدول ۴۲-۳: امتیاز مقیاسی (SS) رده های ماکروبتنوزها و ضرایب واریانس تورمی (VIF) برای متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در فصل تابستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	ضریب واریانس تورمی (VIF)	انحراف معیار وزن (WSD)	وزن میانگین (WM)
TOM	4.53	0.18	1.36
Gravel	1.11	0.57	0.81
Siltclay	3.96	0.63	2.75
Sand	8.15	0.83	1.81
Temp	3.9	0.24	2.07
Salin	1.47	0.42	1.75
DO%	3.87	0.22	3.21
pH	1.27	0.01	۱.۷۰

آنالیز CCA رده های ماکروبتنوزها در فصل تابستان نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیرهای دما ($r=-1.42$)،

اشباعیت اکسیژن ($r=0.70$)، siltclay ($r=-0.57$) بر تغییرات رده های ماکروبتنوزها نقش داشته اند و متغیر شوری

($r=-0.35$) و gravel ($r=-0.35$) در محور دوم (Axis2) دارای ضریب بالا بوده است. همبستگی بین رده ها و

متغیرهای محیطی و رسوبات در محورهای اول ($CCA1=0.81$) بالا و دوم ($CCA2=0.40$) کم بوده است

(جدول ۴۳-۳).

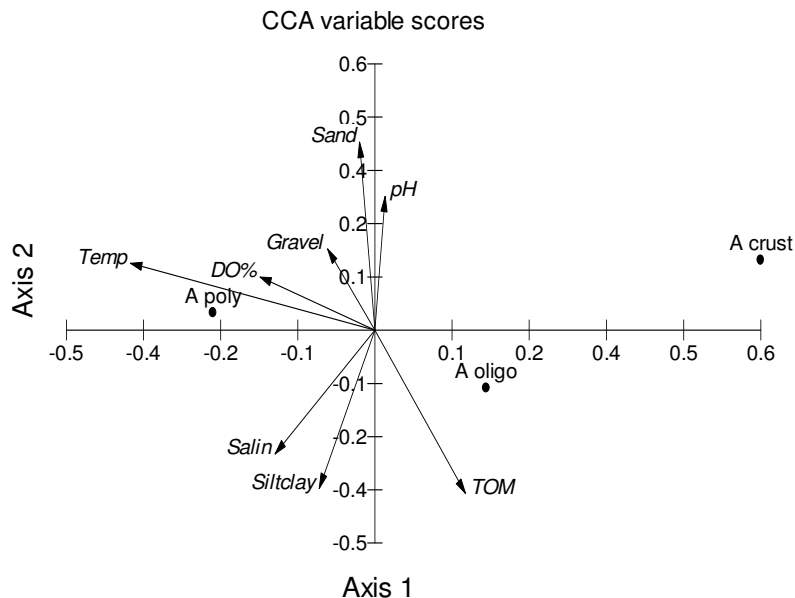
جدول ۴۳-۳: مقدار ویژه، درصد، همبستگی و ضرایب متعارف کننده ماکروبتوزها و با متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در آنالیز CCA در فصل تابستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

محور اول	محور دوم	
۰.۱۰	۰.۰۰	مقدار ویژه
45.5	4.8	درصد
45.5	50.3	جمع درصد
۰.۸۰	۰.۴۰	همبستگی شاخه‌ها و پارامترهای محیطی
ضرایب متعارف کننده		متغیرها
۰.۵۰	۰.۵۰	TOM
-0.14	-0.14	Gravel
-0.57	-0.57	Siltclay
۰.۲۰	۰.۲۰	Sand
-1.47	-1.47	Temp
۰.۱۰	۰.۱۰	Salin
۰.۷۰	۰.۷۰	DO%
۰.۴۰	۰.۴۰	pH

در آنالیز CCA بر روی سه رده غالب ماکروبتوزها در فصل تابستان نشان داد که کم تاران بیشتر تحت تاثیر مواد

آلی کل (TOM) قرار داشت. سخت پوستان تحت تاثیر متغیر pH قرار داشته‌اند. تراکم رده پرتاران متاثر از

بافت رسوبات sand و gravel و برخی از متغیرهای محیطی بوده است (نمودار ۶۴-۳).



نمودار ۳-۶۴: آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای سه رده غالب ماکروبتوزها در فصل تابستان در ارتباط با متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در حوزه جنوبی دریای خزر (Oligo.= Oligochaeta; Poly.= Polychaeta;) (Crust.= Crustacea

جدول ۳-۴۴ نشان می دهد که برای تمام متغیرها در فصل پاییز مقدار VIF کمتر از ۱۰ بوده است. در ضمن بالاترین وزن مربوط به متغیر DO% و Siltclay و کمترین مربوط به gravel بوده است.

جدول ۳-۴۴: امتیاز مقیاسی (SS) رده های ماکروبتوزها و ضرایب واریانس تورمی (VIF) برای متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در پاییز در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

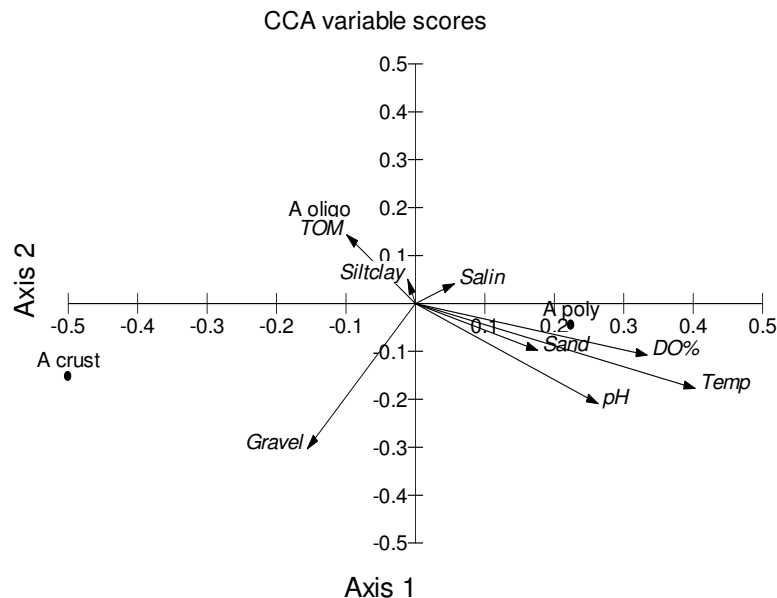
متغیرها	ضریب واریانس تورمی (VIF)	انحراف معیار وزن (WSD)	وزن میانگین (WM)
TOM	1.28	0.35	1.28
Gravel	1.34	0.48	0.69
Siltclay	1.31	0.71	2.76
Sand	1.42	0.88	1.59
Temp	4.42	0.15	1.96
Salin	1.19	0.02	۱.۹۰
DO%	3.75	0.19	3.33
pH	۱.۹۰	0.01	1.71

آنالیز CCA نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیرهای دما ($r=1.08$) و pH ($r=-0.75$) بر تغییرات رده های ماکروبتوزها نقش داشته اند و متغیرهای TOM ($r=0.36$) و gravel ($r=-0.97$) در محور دوم (Axis2) دارای ضرایب بالا بودند. همبستگی بین رده ها و متغیرهای محیطی و رسوبات در محورهای اول ($Axis1=0.81$) بالا و در محور دوم ($Axis2=0.43$) متوسط بوده است (جدول ۳-۴۵).

جدول ۳-۴۵: مقدار ویژه، درصد، همبستگی و ضرایب متعارف کننده ماکروبتوزها و با متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در آنالیز CCA در فصل پاییز در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

محور اول	محور دوم	
0.09	0.02	مقدار ویژه
39.81	6.94	درصد
39.81	46.75	جمع درصد
۰.۸۰	0.43	همبستگی شاخه ها و پارامترهای محیطی
متغیرها	ضرایب متعارف کننده	
TOM	۰.۱۰	0.36
Gravel	-0.42	-0.97
Siltclay	0.33	0.1
Sand	0.18	0.23
Temp	1.08	0.12
Salin	0.35	0.21
DO%	-0.07	-0.06
pH	-0.75	-0.14

در آنالیز CCA بر روی سه رده غالب ماکروبتوزها در فصل پاییز نشان داد که کم تاران تقریباً تحت تاثیر مواد آلی کل (TOM) و siltclay قرار گرفته است. سخت پوستان تحت تاثیر gravel قرار داشتند. تراکم رده پرتاران متأثر از بافت رسوبات sand و برخی متغیرهای محیطی بوده است (نمودار ۳-۴۵).



Vector scaling: 0.52

فصل پاییز

نمودار ۶۵-۳: آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای سه رده غالب ماکروبتوتوزها در فصل پاییز در ارتباط با متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در حوزه جنوبی دریای خزر (Oligo.= Oligochaeta; Poly.= Polychaeta;) (Crust.= Crustacea)

جدول ۴۶-۳ نشان می دهد که مقدار VIF برای تمام متغیرها در فصل زمستان کمتر از ۱۰ بوده است. در ضمن بالاترین وزن مربوط به متغیر DO% و کمترین مربوط به gravel بوده است.

جدول ۶۶-۳: امتیاز مقیاسی (SS) رده های ماکروبتوتوزها و ضرایب واریانس تورمی (VIF) برای متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در زمستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

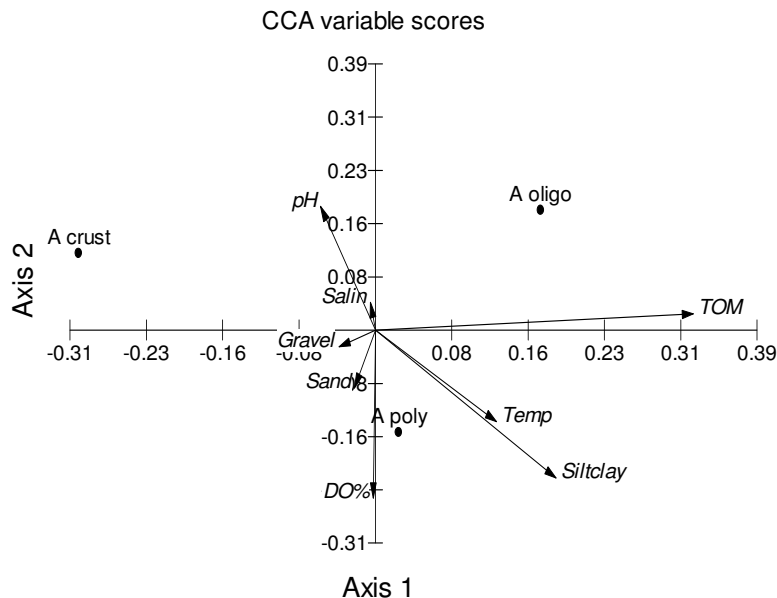
متغیرها	ضریب واریانس تورمی (VIF)	انحراف معیار وزن (WSD)	وزن میانگین (WM)
TOM	2.62	0.15	1.29
Gravel	1.26	0.49	0.57
Siltclay	2.14	0.72	2.75
Sand	2.02	0.83	1.69
Temp	1.91	0.08	1.75
Salin	1.18	0.08	1.78
DO%	۲.۲۰	0.14	3.39
pH	1.38	0.01	۱.۷۰

آنالیز CCA نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیرهای TOM ($r=-1.26$)، sand ($r=-0.73$) و دما ($r=0.68$) بر تغییرات رده های ماکروبتوزها نقش داشته اند و متغیر siltcaly ($r=0.90$)، اشباعیت اکسیژن ($r=-0.73$) و pH ($r=0.61$) در محور دوم (Axis2) دارای ضریب بالا بوده است. همبستگی بین رده ها و متغیرهای محیطی و رسوبات در محورهای اول ($Axis1=0.63$) و دوم ($Axis2=0.55$) بالا بوده است (جدول ۴۷-۳).

جدول ۴۷-۳: مقدار ویژه، درصد، همبستگی و ضرایب متعارف کننده ماکروبتوزها و با متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در آنالیز CCA در فصل زمستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

محور اول	محور دوم	
0.03	0.02	مقدار ویژه
18.33	15.26	درصد
18.33	33.59	جمع درصد
0.63	0.55	همبستگی شاخه ها و پارامترهای محیطی
متغیرها	ضرایب متعارف کننده	
TOM	1.26	0.53
Gravel	-0.26	-0.14
Siltclay	-0.09	0.9
Sand	0.73	0.11
Temp	0.68	0.19
Salin	0.28	0.14
DO%	-0.36	-0.73
pH	0.01	0.61

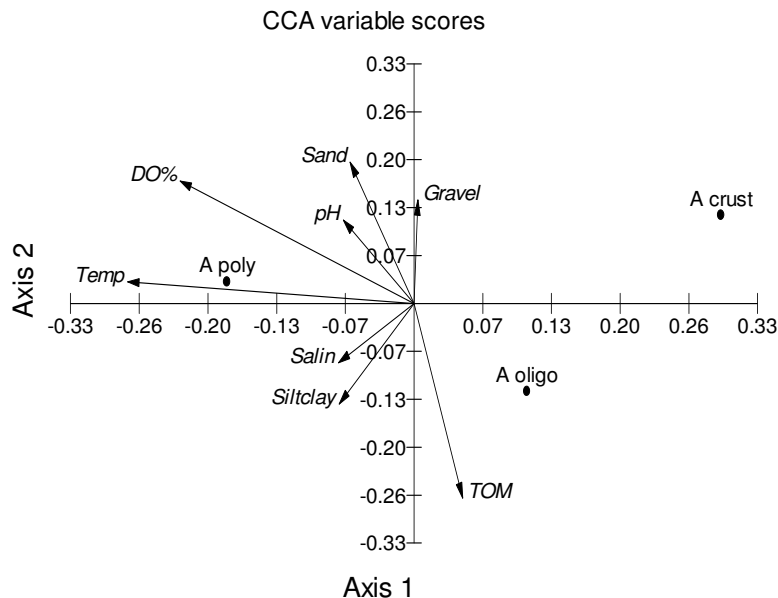
در آنالیز CCA بر روی سه رده غالب ماکروبتوزها در فصل زمستان نشان داد که رده کم تاران تحت تاثیر TOM و رده سخت پوستان تحت تاثیر pH و شوری قرار داشتند. تراکم رده پرتاران متاثر از متغیرهای دما و siltclay بوده است (نمودار ۶۶-۳).



Vector scaling: 0.47
فصل زمستان

نمودار ۳-۶۶: آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای سه رده غالب ماکروبنیتوزها در فصل زمستان در ارتباط با متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در حوزه جنوبی دریای خزر (Oligo.= Oligochaeta; Poly.= Polychaeta; Crust.= Crustacea)

آنالیز CCA سالانه بر روی سه رده غالب ماکروبنیتوزها نشان داد که کم تاران بیشتر تحت تاثیر مواد آلی کل (TOM) و گل ولای (Siltclay) قرار داشت و بر سخت پوستان فقط متغیر Gravel بطور مستقیم بر آن اثر داشت. اما کاهش شوری و siltclay سبب افزایش این رده گردید. رده پرتاران بیشتر تحت تاثیر sand، دما، درصد اشباعیت اکسیژن و pH قرار داشت (نمودار ۳-۶۷).



نمودار ۳-۶۷: آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای سه رده غالب ماکروبتوزها سالانه در ارتباط با متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در حوزه جنوبی دریای خزر (= Crust.= Oligochaeta; Poly.= Polychaeta)

ارتباط فیتوپلاتکتون ها با آلودگیهای آب

در بررسی سالانه آلاینده های آب (OCPS, TPH, LAS) در آنالیز مولفه های اصلی (PCA) تغییرات شاخص KMO برابر ۰.۶۲ بوده است و در ضمن آزمون بارتلت (Bartlett test) دارای اختلاف معنی دار بوده است (جدول ۳-۴۸). در آنالیز مولفه های اصلی ۷ متغیر آلودگیهای آب بر اساس منحنی سنگریزه ای (Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بالای یک به دو مولفه (PC) با ۴۷.۲ درصد از کل واریانس کاهش یافته است. در هر مولفه، متغیرهای دارای ضرایب بارعاملی (Loading Factor) بیش از ۰.۳۰ با توجه به تعداد نمونه ها در نظر گرفته شده است. در مولفه اول با واریانس ۳۰.۷٪ ترکیبات سموم کشاورزی و شوینده ها و در مولفه دوم با واریانس ۱۶.۴٪ ترکیبات نفتی مشارکت داشته اند (۳-۴۹).

جدول ۴۸-۳: آزمون های KMO و بارتلت در آنالیز آماری چند متغیره PCA برای آلودگیهای آب در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۰.۶۱۵	آزمون کیزر مایر (اندازه گیری کفایت نمونه برداری)	
۴۸.۱۳۸	آزمون مربع کای	آزمون بارتلت (ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها)
۲۱	درجه آزادی	
۰.۰۰	معنی دار بودن	

جدول ۴۹-۳: بارهای عاملی آلودگیهای آب حوزه جنوبی دریای خزر در ماتریکس مولفه ها در آنالیز چند متغیره PCA (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	مولفه ها	PC1	PC2
	واریانس (%)		
TPH		۰.۵۲	۱۶.۴%
LAS		0.31	
BHC		0.55	
Heptachl		0.69	
Drins		0.58	
Endosul		0.66	
DDTs		0.56	

Extraction Method: Principal Component Analysis.

در بررسی سالانه، متغیرهای موجود در اولین مولفه (PC1) دارای بار عاملی مثبت گردیدند. این گروه موثرترین متغیرها بر تجمع فیتوپلانکتونی را در برمی گیرد. در این مولفه ترکیبات سموم کشاورزی و شوینده ها قرار گرفتند (جدول ۵۰-۳).

جدول ۳-۵۰: نتایج رگرسیون چندگانه گام به گام برای اثرات فیتوپلانکتونی بر دو مولفه PC1 و PC2. ضرایب رگرسیون غیر استاندارد برای متغیرهای مستقل در مدل نهایی در نظر گرفته شد، تمام متغیرهای وابسته در سطح ۰.۰۵ معنی دار بوده است

گونه ها	عرض از مبدا	PC1	PC2	R ²
A Bacill	-	-	-	-
A Pyrro	-	-	-	-
A Cyano	-	-	-	-
A Phyto	۰.۰۵	-۰.۳۲	-	۰.۱۰

ارتباط ماکروبتوزها با آلودگیهای رسوب

جدول ۳-۵۱ نشان می دهد که مقدار VIF تمام متغیرها در فصل تابستان کمتر از ۱۰ بوده است. در ضمن بالاترین و کم ترین وزن به ترتیب مربوط عنصر جیوه (Hg) و گروه هپتاکلر (Heptachl) و DDTs بوده است.

جدول ۳-۵۱: امتیاز مقیاسی (SS) رده های ماکروبتوزها و ضرایب واریانس تورمی (VIF) برای متغیرهای آلودگیهای رسوب در فصل تابستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	ضریب واریانس تورمی (VIF)	انحراف معیار وزن (WSD)	وزن میانگین (WM)
BHC	2.39	0.78	0.79
Heptachl	8.12	0.04	0.06
Drins	2.19	0.5	0.44
Endosul	8.12	0.06	0.08
DDTs	9.74	0.04	0.06
TPH	1.81	3.22	3.06
Pb	9.54	1.6	2.73
Cd	3.75	0.25	0.09
Hg	3.83	4.13	5.81
Ni	6.68	3.05	5.14

آنالیز CCA نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیرهای Endosul ($r=0.93$) و Cd ($r=-0.52$) بر تغییرات رده های

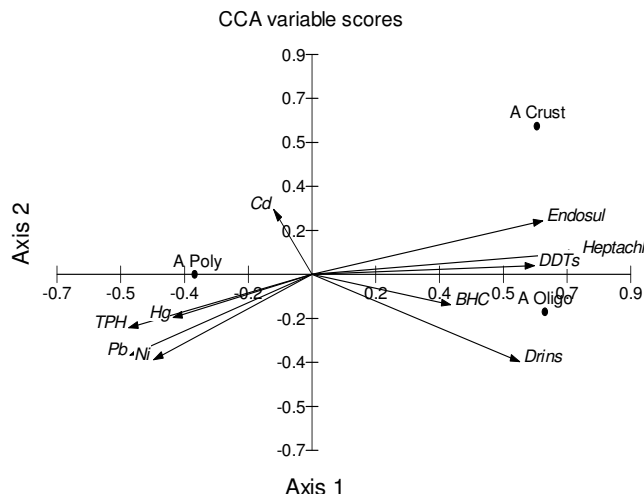
ماکروبتوزها نقش داشته اند و متغیر Drins ($r=-1.10$) و Pb ($r=-1.59$) در محور دوم (Axis2) دارای ضریب بالا

بوده است. همبستگی بین رده ها و متغیرهای آلودگیهای رسوب در محورهای اول ($Axis1=0.87$) و دوم ($Axis2=0.60$) بالا بوده است (جدول ۳-۵۲).

جدول ۳-۵۲: مقدار ویژه، درصد، همبستگی و ضرایب متعارف کننده ماکروبتوزها و با متغیرهای آلودگیهای رسوب در آنالیز CCA در فصل تابستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

محور اول	محور دوم	
0.21	0.03	مقدار ویژه
57.25	8.46	درصد
57.25	65.71	جمع درصد
0.87	0.6	همبستگی شاخه ها و پارامترهای محیطی
ضرایب متعارف کننده	متغیرها	
-0.34	0.24	BHC
0.39	0.21	Heptachl
-0.36	1.05	Drins
0.93	0.59	Endosul
-0.36	-0.56	DDTs
-0.32	0.14	TPH
0.59	-1.59	Pb
-0.52	0.38	Cd
-0.32	۰.۸۰	Hg
-0.19	0.12	Ni

در فصل تابستان، آنالیز CCA بر روی سه رده غالب ماکروبتوزها نشان داد که کم تاران تحت تاثیر دو گروه از سموم کلره (BHC, Drins) بود و سخت پوستان تحت تاثیر سه گروه دیگر از سموم کلره (Endosul, Heptachl,) قرار داشته اند. تراکم رده پرتاران تاثیری از هیچکدام از متغیرها نشان نداد (نمودار ۳-۶۸).



Vector scaling: 0.88
فصل تابستان

نمودار ۳-۶۸: آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای سه رده غالب ماکروبتوزها در فصل تابستان در ارتباط با متغیرهای آلودگیهای رسوب در حوزه جنوبی دریای خزر (Crustacea) (Crustacea)

جدول ۳-۵۳ نشان می دهد که برای تمام متغیرها در فصل زمستان مقدار VIF کمتر از ۱۰ بوده است. در ضمن بالاترین وزن مربوط عنصر جیوه (Hg) و کمترین مربوط به کادمیم (Cd) بوده است.

جدول ۳-۵۳: امتیاز مقیاسی (SS) رده های ماکروبتوزها و ضرایب واریانس تومی (VIF) برای متغیرهای آلودگیهای رسوب در فصل زمستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

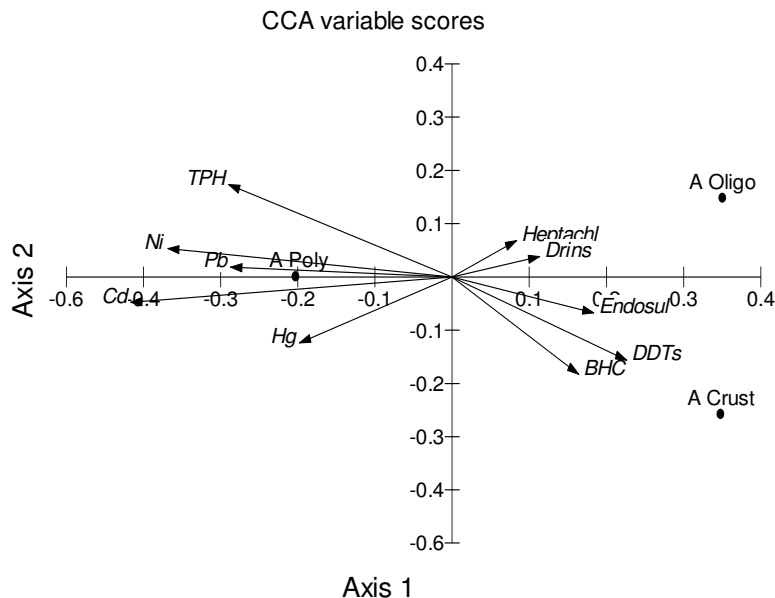
متغیرها	ضریب واریانس تومی (VIF)	انحراف معیار وزن (WSD)	وزن میانگین (WM)
BHC	2.97	0.83	0.89
Heptachl	3.69	۰.۱۰	0.09
Drins	1.99	۰.۷۰	0.61
Endosul	2.54	0.05	0.08
DDTs	1.66	0.09	0.08
TPH	1.53	4.07	4.08
Pb	9.72	1.57	3.12
Cd	9.42	0.02	0.05
Hg	1.45	8.06	8.75
Ni	2.96	3.21	۵.۲۰

آنالیز CCA نشان داد که در محور اول (Axis1) متغیر Pb ($r=0.82$) بر تغییرات رده های ماکروبتوزها نقش داشته اند و متغیرهای Drins ($r=0.51$)، BHC ($r=-1.04$)، TPH ($r=0.56$) و Cd ($r=-1.64$) در محور دوم (Axis2) دارای ضریب بالا بوده است. همبستگی بین رده ها و متغیرهای آلودگیهای رسوب در محورهای اول ($Axis1=0.80$) و دوم ($Axis2=0.37$) بالا بوده است (جدول ۳-۵۴).

جدول ۳-۵۴: مقدار ویژه، درصد، همبستگی و ضرایب متعارف کننده ماکروبتوزها و با متغیرهای آلودگیهای رسوب در آنالیز CCA در فصل زمستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

محور اول	محور دوم	
0.09	0.02	مقدار ویژه
33.06	6.54	درصد
33.06	39.6	جمع درصد
۰.۸۰	0.37	همبستگی شاخه ها و پارامترهای محیطی
ضرایب متعارف کننده	متغیرها	
-1.04	۰.۰۰	BHC
0.11	0.33	Heptachl
0.51	0.15	Drins
0.4	0.21	Endosul
-0.53	0.04	DDTs
0.56	-۰.۲۰	TPH
1.02	0.82	Pb
-1.64	-1.26	Cd
0.02	0.02	Hg
0.22	0.29	Ni

آنالیز CCA بر روی تراکم سه رده غالب ماکروبتوزها در فصل زمستان، بیانگر تاثیر دو گروه از سموم کلره (Heptachl, Drins) بر کم تاران بود. سخت پوستان تحت تاثیر سه گروه دیگر از سموم کلره (Endosul, BHC, DDTs) قرار داشته است. تاثیر واضحی از هیچکدام از متغیرها بر پرتاران دیده نشد.



Vector scaling: 0.54
فصل زمستان

نمودار ۳-۶۹: آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای سه رده غالب ماکروبتوزها در فصل زمستان در ارتباط با متغیرهای آلودگیهای رسوب در حوزه جنوبی دریای خزر (Oligo.= Oligochaeta; Poly.= Polychaeta; Crust.= Crustacea)

۲-۹-۳- ارتباط موجودات زیستی با یکدیگر

ارتباط فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون

به منظور درک روابط بین گونه های زئوپلانکتون و فیتوپلانکتون آزمون های CCA، PCA و رگرسیون گام به گام انجام گردید. در فصل تابستان حضور گونه ای و تراکم زئوپلانکتون برای انجام رگرسیون گام به گام کافی نبود، لذا به CCA بسنده گردید. همچنین برای تعیین روابط بین شاخه های فیتوپلانکتون و راسته های زئوپلانکتون نیز از CCA استفاده گردید.

بر اساس CCA در فصل بهار افزایش گروههای مختلف زئوپلانکتون (Copepoda، Rotifera، Cirripedia و لارو Lamellibranchiata) با کاهش کلروفیتا همراه بود. در تابستان کلروفیتا به میزان ضعیفی توسط Copepoda کاهش یافت. در حالی که در پاییز و زمستان راسته های زئوپلانکتونی اثر معنی داری را بر کلروفیتا نشان ندادند.

در فصل بهار گونه های فیتوپلانکتون در آنالیز مولفه های اصلی (PCA) تغییرات شاخص KMO برابر ۰.۶۳ بوده است و در ضمن آزمون Bartlett اختلاف معنی داری را نشان داد (جدول ۵۵-۳). در آنالیز مولفه های اصلی ۹ متغیر گونه های فیتوپلانکتون، بر اساس منحنی سنگریزه ای (Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بالای یک، به سه مولفه (PC) با ۷۰.۰ درصد از کل واریانس کاهش یافته است (جدول ۵۶-۳).

جدول ۵۵-۳: آزمون های KMO و Bartlett در آنالیز آماری چند متغیره PCA در فصل بهار بر روی گونه های فیتوپلانکتون در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۰.۶۲۳	آزمون کیزر مایر (اندازه گیری کفایت نمونه برداری)	
۱۱۷.۹۰۳	آزمون مربع کای	آزمون بارتلت (ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها)
۳۶	درجه آزادی	
۰.۰۰۰	معنی دار بودن	

جدول ۵۶-۳: بارهای عاملی گونه های فیتوپلانکتونی حوزه جنوبی دریای خزر در فصل بهار در ماتریکس مولفه ها در آنالیز چند متغیره PCA (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	مولفه ها	PC1	PC2	PC3
	واریانس (%)			
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	۰.۷۴			
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	-0.79			
<i>Navicula sp.</i>	0.78			
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0.77			
<i>Nitzschia acicularis</i>	0.78			
<i>Exuviaella cordata</i>	۰.۸۰			
<i>Prorocentrum proximum</i>	0.77			
<i>Prorocentrum scutellum</i>	0.79			
<i>Goniaulax polyedra</i>	0.49			
<i>Peridinium achromaticum</i>	۰.۵۲			
<i>Oscillatoria sp.</i>	۰.۷۴			

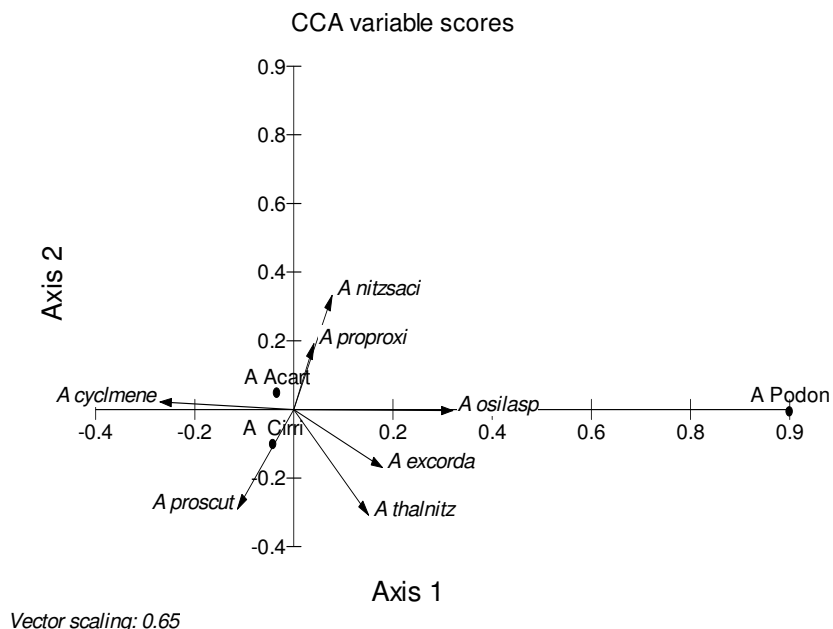
Extraction Method: Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

در فصل بهار گونه های موجود در اولین مولفه (PC1) دارای بار عاملی مثبت گردیدند. این گروه که موثرترین گونه ها را در تجمع فیتوپلانکتونی در برمی گیرد شامل *Navicula* sp.، *Cyclotella meneghiniana*، *Nitzschia acicularis*، *Goniaulax polyedra* و *Oscillatoria* sp. بوده است. PC2 و PC3 به ترتیب با ۴ و ۲ گونه دارای ارتباط معکوس و معنی داری با *Acartia tonsa* بودند. در میان گروههای زئوپلانکتون لارو Lamellibranchiata نیز با PC2 و PC3 رابطه معنی دار ولی مستقیم را نشان داد. بر این اساس افزایش *Acartia tonsa* و Lamellibranchiata larvae به ترتیب با کاهش و افزایش گونه های *Pseudosolenia calcar-avis*، *Exuviaella cordata*، *Prorocentrum scutellum* و *Prorocentrum proximum* همراه بود. همچنین کاهش *Thalassionema nitzschioides* با افزایش جمعیت لارو Lamellibranchiata مشاهده شد (جدول ۳-۵۷).

جدول ۳-۵۷: نتایج رگرسیون چندگانه گام به گام برای اثرات گروه های زئوپلانکتونی فصل بهار بر سه مولفه PC1، PC2 و PC3. ضرایب رگرسیون غیر استاندارد برای متغیرهای مستقل در مدل نهایی در نظر گرفته شد، تمام متغیرهای وابسته در سطح ۰.۰۵ معنی دار بوده است

گونه ها	عرض از مبدا	PC1	PC2	PC3	R ²
<i>Acartia tonsa</i>	۰.۰۰	-	-۰.۵۰	-۰.۳۵	۰.۳۷
<i>Podon polyphemoides</i>	-	-	-	-	-
Balanus larvae	-	-	-	-	-
Lamellibranchiata larvae	۰.۰۴۴	-	۰.۳۵	۰.۲۷	۰.۲۴

در فصل تابستان بر اساس آزمون CCA، افزایش *Acartia tonsa* و Balanus larvae با کاهش *Exuviaella cordata* و *Thalassionema nitzschioides* همراه بود (نمودار ۳-۷۰).



نمودار ۷۰-۳: آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای گونه های مختلف فیتوپلانکتون در ارتباط با گونه های زئوپلانکتون در فصل تابستان در حوزه جنوبی دریای خزر

در بررسی فصل پاییز گونه های فیتوپلانکتون در آنالیز مولفه های اصلی (PCA)، تغییرات شاخص KMO برابر ۰.۶۵ بوده است و در ضمن اختلاف معنی دار در آزمون Bartlett دیده شد (جدول ۵۸-۳). در آنالیز مولفه های اصلی ۱۲ متغیر گونه های فیتوپلانکتون بر اساس منحنی سنگریزه ای (Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بالای یک به چهار مولفه (PC) با ۷۰.۵ درصد از کل واریانس کاهش یافته است. در هر مولفه، متغیرهای دارای ضرایب بارعاملی (Loading Factor) بیش از 0.60 با توجه به تعداد نمونه ها در نظر گرفته شده است (جدول ۵۹-۳).

جدول ۵۸-۳: آزمون های KMO و Bartlett در آنالیز آماری چند متغیره PCA برای گونه های فیتوپلانکتون در فصل پاییز در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۰.۶۵۲	آزمون کیزر مایر (اندازه گیری کفایت نمونه برداری)
۱۶۹.۹۹۵	آزمون بارتلت (ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها)
۶۶	درجه آزادی
۰.۰۰۰	معنی دار بودن

جدول ۵۹-۳: بارهای عاملی گونه‌های فیتوپلانکتونی در فصل پاییز در حوزه جنوبی دریای خزر در ماتریکس مولفه‌ها در آنالیز چند متغیره PCA (سال ۱۳۸۸)

PC4	PC3	PC2	PC1	مولفه‌ها واریانس (%)	متغیرها
۱۴.۳%	۱۴.۷%	۱۷.۴%	۲۴.۰%	0.77	<i>Pseudonitzschia seriata</i>
		0.48			<i>Thalassionema nitzschioides</i>
	0.77				<i>Cyclotella meneghiniana</i>
			۰.۷۰		<i>Chaetoceros peruvianus</i>
		0.72			<i>Chaetoceros convolutus</i>
			۰.۸۰		<i>Nitzschia acicularis</i>
0.73					<i>Exuviaella cordata</i>
	0.83				<i>Prorocentrum proximum</i>
0.69					<i>Goniaulax polyedra</i>
			0.71		<i>Oscillatoria sp.</i>
			۰.۷۰		<i>Binuclearia lauterbornii</i>

Extraction Method: Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

در فصل پاییز گونه‌های فیتوپلانکتونی با اهمیت بر اساس آزمون PCA در چهار گروه قرار گرفتند. آزمون رگرسیون نشان داد که تنها *Acartia tonsa* و *Balanus larvae* با گروه‌های فوق ارتباط معنا داری را نشان دادند. بطوری که افزایش *Acartia tonsa* و *Balanus larvae* با کاهش *Pseudonitzschia seriata*، *Chaetoceros peruvianus*، *Nitzschia acicularis*، *Oscillatoria sp.* و *Binuclearia lauterbornii* و افزایش *Cyclotella meneghiniana* و *Prorocentrum proximum* همراه بود. ضمن آنکه افزایش *Acartia tonsa* با افزایش *Exuviaella cordata* و *Goniaulax polyedra* نیز همراه گردید (جدول ۶۰-۳).

جدول ۳-۶۰: نتایج رگرسیون چندگانه گام به گام برای اثرات گروه های ژئوپلاتکتونی فصل پاییز بر چهار مولفه PC1، PC2، PC3 و PC4. ضرایب رگرسیون غیر استاندارد برای متغیر های مستقل در مدل نهایی در نظر گرفته شد، تمام متغیرهای وابسته در سطح ۰.۰۵ معنی دار بوده است

گونه ها	عرض از مبدا	PC1	PC2	PC3	PC4	R ²
<i>Acartia tonsa</i>	۰.۰۰	-۰.۳۵	-	۰.۳۹	۰.۴۰	۰.۴۴
Balanus larvae	۰.۰۰۵	-۰.۳۱	-	۰.۴۰	-	۰.۲۷

در بررسی فصل زمستان گونه های فیتوپلانکتون در آنالیز مولفه های اصلی (PCA) تغییرات شاخص KMO برابر ۰.۶۸ بوده است و در ضمن آزمون Bartlett اختلاف معنی دار بوده است (جدول ۳-۶۱). در آنالیز مولفه های اصلی ۱۲ متغیر گونه های فیتوپلانکتون بر اساس منحنی سنگریزه ای (Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بالای یک به چهار مولفه (PC) با ۷۳.۳ درصد از کل واریانس کاهش یافته است. در هر مولفه، متغیرهای دارای ضرایب بارعاملی (Loading Factor) بیش از 0.60 با توجه به تعداد نمونه ها در نظر گرفته شده است (جدول ۳-۶۲).

جدول ۳-۶۱: آزمون های KMO و Bartlett در آنالیز آماری چند متغیره PCA برای گونه های فیتوپلانکتون در فصل زمستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۰.۶۸۳	آزمون کیزر مایر (اندازه گیری کفایت نمونه برداری)
۲۰۴.۳۳۲	آزمون بارتلت (ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها)
۶۶	درجه آزادی
۰.۰۰۰	معنی دار بودن

جدول ۶۲-۳: بارهای عاملی گونه های فیتوپلانکتونی در فصل زمستان در حوزه جنوبی دریای خزر در ماتریکس مولفه ها در آنالیز چند متغیره PCA (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	مولفه ها	PC1	PC2	PC3	PC4
	واریانس (%)				
<i>Cerataulina pelagica</i>	0.6	۳۳.۸%			۱۱.۰%
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0.84				
<i>Dactyliosolen fragilissima</i>	0.61				
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	0.74				
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0.59				
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	۰.۸۰				
<i>Nitzschia acicularis</i>	0.86				
<i>Skeletonema costatum</i>	0.79				
<i>Exuviaella cordata</i>	-0.83				
<i>Prorocentrum proximum</i>	۰.۶۰				
<i>Oscillatoria sp.</i>	0.76				
<i>Lyngbya sp.</i>	0.95				

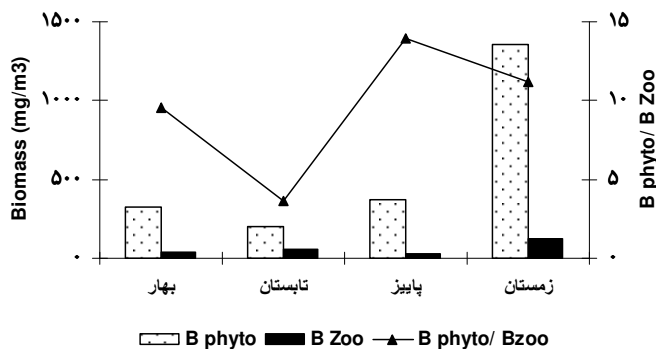
Extraction Method: Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

در فصل زمستان تعداد گروههای زئوپلانکتونی موثر بر فیتوپلانکتون افزایش یافت و علاوه بر *Acartia tonsa* و *Balanus larvae* شامل *Asplanchna sp.* و *Syncheata sp.* نیز گردید. نتایج آزمون نشان داد که افزایش *Acartia tonsa*، *Asplanchna sp.* و *Syncheata sp.* با کاهش گونه های موجود در مولفه اول (PC1) همراه بود. در حالی که همراه با افزایش *Acartia tonsa* و *Balanus larvae* گونه ی *Lyngbya sp.* افزایش یافت (جدول ۶۳-۳).

جدول ۳-۶۳: نتایج رگرسیون چندگانه گام به گام برای اثرات گروه های زئوپلانکتونی فصل زمستان بر چهار مولفه PC1، PC2، PC3 و PC4. ضرایب رگرسیون غیر استاندارد برای متغیر های مستقل در مدل نهایی در نظر گرفته شد، تمام متغیر های وابسته در سطح ۰.۰۵ معنی دار بوده است

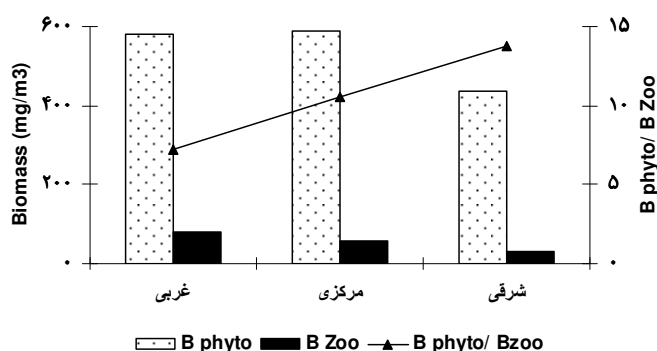
گونه ها	عرض از مبدا	PC1	PC2	PC3	PC4	R ²
<i>Acartia tonsa</i>	۰.۰۰	-۰.۴۱	-	-	۰.۳۰	۰.۲۵
<i>Asplanchna</i> sp.	۰.۰۰	-۰.۴۴	-	-	-	۰.۱۹
<i>Syncheata</i> sp.	۰.۰۱۵	-۰.۳۵	-	-	-	۰.۱۴
Balanus larvae	۰.۰۰	-	-	-	۰.۴۶	۰.۲۲
Lamellibranchiata larvae	-	-	-	-	-	-

نمودار ۳-۷۱ تغییرات زی توده فیتوپلانکتون (میلی گرم بر مترمکعب) و زئوپلانکتون (میلی گرم بر مترمکعب) به همراه نسبت آنها را در فصول مختلف نشان می دهد. همانطوریکه نمودار نشان می دهد زی توده فیتوپلانکتون از بهار (۳۲۶mg/m³) به تابستان (۲۰۲mg/m³) کاهش و سپس تا زمستان (۱۳۵۲mg/m³) به ماکزیمم خود می رسد. نقاط حداکثر در میانگین زی توده زئوپلانکتون در فصول تابستان (۵۵mg/m³) و زمستان (۱۲۱mg/m³) مشاهده گردیدند. نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون از بهار (۱۰) به تابستان (۴) کاهش داشت و لی این نسبت در پاییز (۱۴) و زمستان (۱۱) بیش از دو فصل نخست سال بود.



نمودار ۳-۷۱: تغییرات زی توده فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون و نسبت آنها در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

نمودار ۳-۷۲ تغییرات زی توده فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون به همراه نسبت آنها را در نواحی مختلف نشان می‌دهد. همانطوریکه نمودار نشان می‌دهد زی توده فیتوپلانکتون از ناحیه غربی (۵۸۲) به مرکز (۵۸۸) افزایش کم و سپس تا شرق (۴۳۷) کاهش یافت. ماکزیمم زی توده زئوپلانکتون در ناحیه غربی (۸۱) و مینیمم آن در ناحیه شرقی (۳۲) مشاهده گردید. نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون نیز بیشتر تابع زی توده فیتوپلانکتون بوده است بطوریکه از ناحیه غربی (۷) به مرکزی (۱۱) و شرقی (۱۴) افزایش یافت.

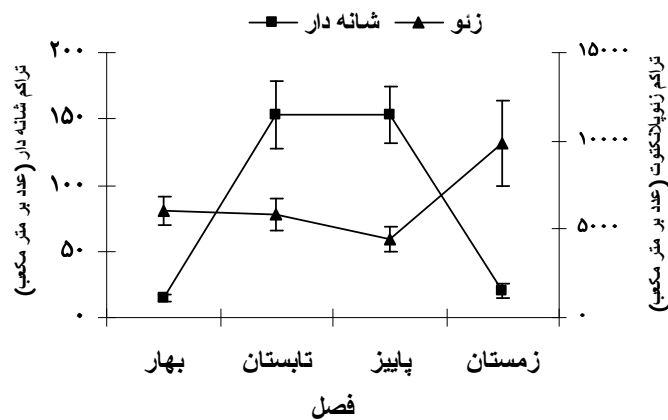


نمودار ۳-۷۲ تغییرات زی توده فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون و نسبت آنها در نواحی مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

این نسبت (زی توده فیتوپلانکتون/زئوپلانکتون) در ۵۵ درصد کمتر از ۱۰ (۳۴ درصد کمتر از ۵ و ۲۱ درصد بین ۵-۱۰) و ۴۵ درصد بیش از ۱۰ بوده است. ۵۱ درصد از نمونه‌های دارای نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون کمتر از ۵ مربوط به فصل بهار بود. نتایج نسبت‌های فوق در لایه نوری نشان داد که ۷۰ درصد از نمونه‌های دارای میزان ۱۰۰-۱۰۰۰ و نیز ۱۰۰۰-۱۰۰۰۰ مربوط به فصول پاییز و زمستان بودند. در زمستان حتی دو مورد نسبت با بیش از ۱۰۰۰ نیز ثبت گردید. به طور کلی این نسبت در لایه نوری برای کل دوره مطالعه دارای میانگین ۹.۱ بود.

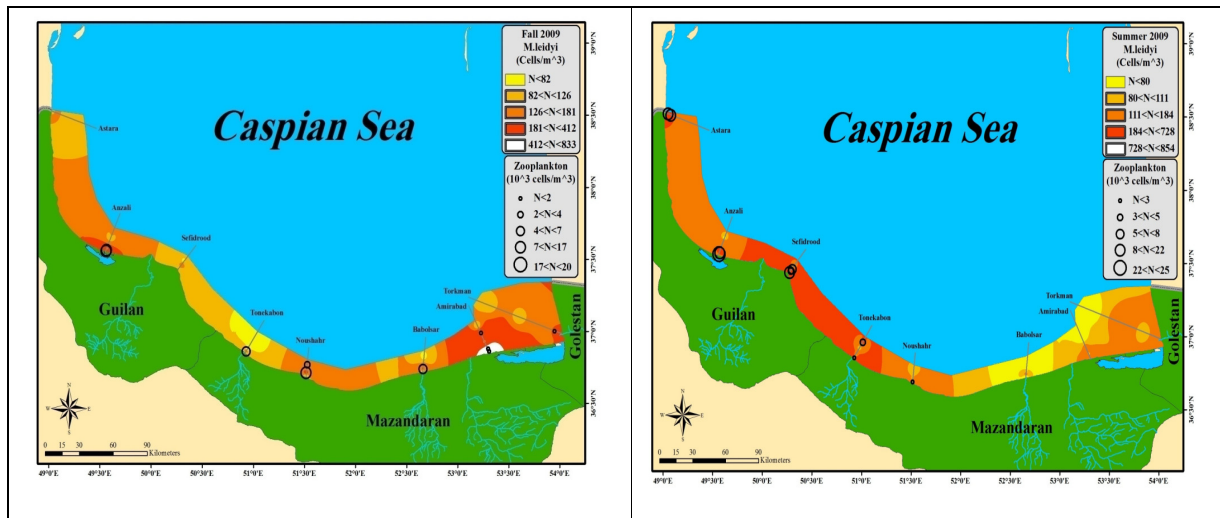
ارتباط زئوپلانکتون و شانه دار

تغییرات میانگین تراکم زئوپلانکتون و شانه دار در فصول مختلف در نمودارهای ۳-۷۳ و ۳-۷۴ آورده شده است. در فصل زمستان همراه با کاهش درجه حرارت تراکم شانه دار بشدت کاهش یافت، در حالیکه تراکم زئوپلانکتون افزایش واضحی را نسبت به تابستان و پاییز نشان داد.

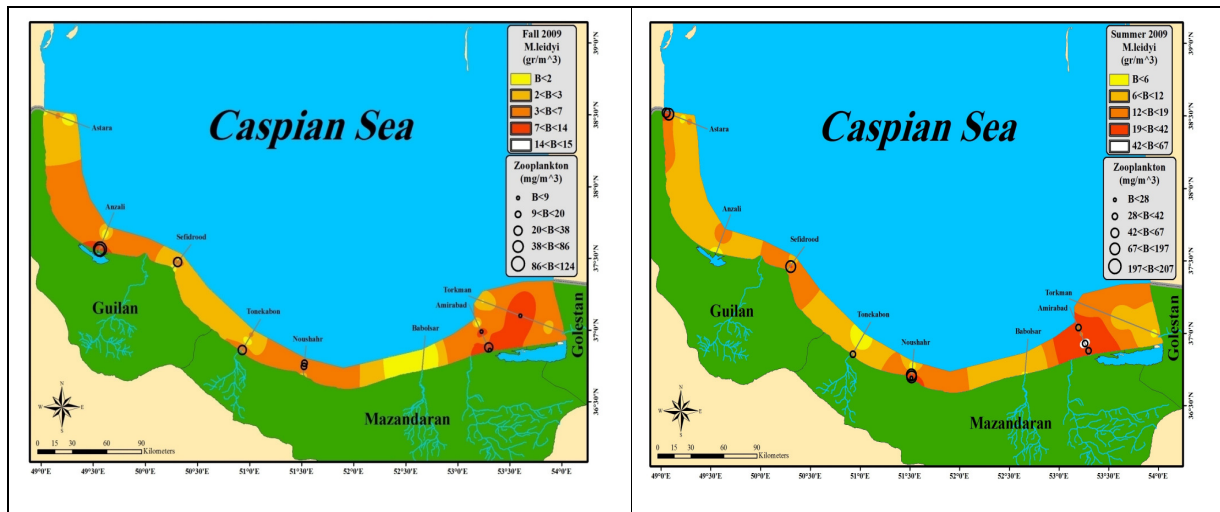


نمودار ۳-۷۳: تغییرات میانگین تراکم شانه دار و زئوپلانکتون به همراه اشتباه معیار (SE) در لایه ۰-۲۰ متر فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

تغییرات افقی تراکم زئوپلانکتون و شانه دار در فصول پاییز و تابستان (بیشترین فراوانی حضور شانه دار) در شکل ۳-۵ آورده شده است. این شکل نشان می دهد که در فصل تابستان نقاطی دارای حداکثر تراکم زئوپلانکتون و شانه دار عموماً "مشترک بوده اند". تغییرات افقی زی توده ی این دو گروه زیستی در دو فصل فوق نشان داد که نقاط حداکثر زی توده شانه دار در هر دو فصل در ناحیه شرقی بوده است که چندان با نقاط حداکثر زی توده ی زئوپلانکتون منطبق نبوده است (شکل ۳-۶).

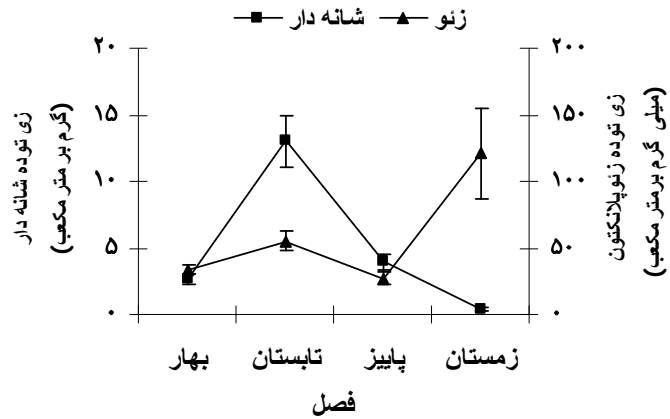


شکل ۵-۳: پراکنش افقی تراکم زئوپلانکتون و شانه دار در فصل تابستان و پاییز در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

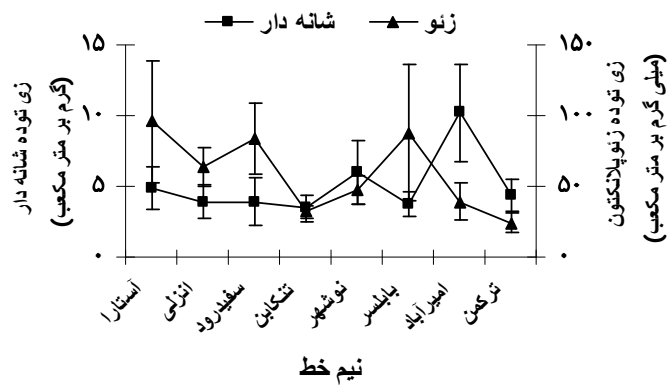


شکل ۶-۳: پراکنش افقی زی توده زئوپلانکتون و شانه دار در فصل تابستان و پاییز در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

تغییرات میانگین زی توده زئوپلانکتون و شانه دار در فصول نیم خط های مختلف در نمودارهای ۳-۷۵ و ۳-۷۴ آورده شده است. در فصل زمستان همراه با کاهش درجه حرارت زی توده شانه دار بشدت کاهش یافت، در حالیکه زی توده زئوپلانکتون افزایش واضحی را نسبت به بهار، تابستان و پاییز نشان داد. در نیم خط ها افزایش زی توده زئوپلانکتون با کاهش زی توده شانه دار همراه بوده است.

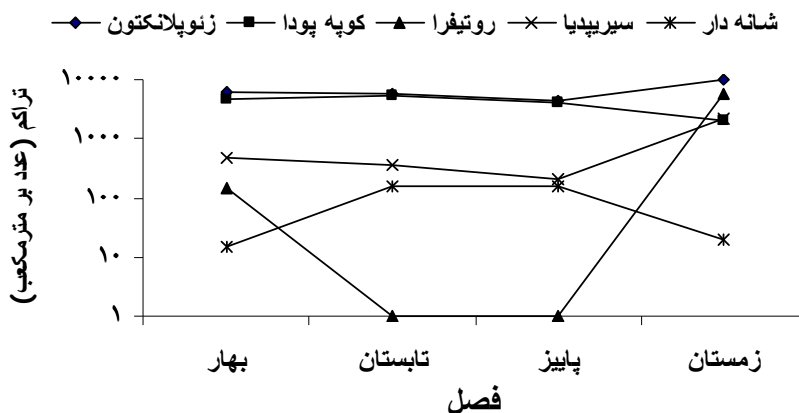


نمودار ۳-۷۴: تغییرات میانگین زی توده شانه دار و زنوپلانکتون به همراه اشتباه معیار (SE) در لایه ۰-۲۰ متر فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)



نمودار ۳-۷۵: تغییرات میانگین زی توده شانه دار و زنوپلانکتون به همراه اشتباه معیار (SE) در لایه ۰-۲۰ متر نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

افزایش تراکم زنوپلانکتون با افزایش همه گروههای زنوپلانکتونی (سیرپدیا، روتیفر، لاملی برانچیاتا و کلادوسرا) بجز کوپه پودا همراه بوده است (نمودار ۳-۷۶).



نمودار ۳-۷۶: تغییرات میانگین تراکم شانه دار، زئوپلانکتون و گروه‌های اصلی (تراکم در مقیاس لگاریتمی) در لایه ۰-۲۰ متر فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

ارتباط فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون و شانه دار

تغییرات متغیرهای زیستی و برخی پارامترهای محیطی در نواحی مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در دو فصل تابستان و پاییز در جدول ۶۴-۳ آورده شده است. از آنجایی که فراوانی حضور شانه دار در فصول زمستان و بهار به منظور انجام آنالیز آماری و چگونگی ارتباطات بین زئوپلانکتون و شانه دار کافی نبود، آنالیز آماری چند متغیره بین این دو گروه زیستی و نیز پارامترهای محیطی تنها برای فصول تابستان و پاییز انجام گرفت.

جدول ۶۴-۳: تغییرات متغیرهای زیستی و برخی پارامترهای محیطی در نواحی مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در دو فصل تابستان و پاییز (سال ۱۳۸۸)

متغیرها	تابستان			پاییز			Mean±SE	
	غرب	مرکز	شرق	غرب	مرکز	شرق		
Temp.	۲۵.۵±۰.۱۱	۲۶.۰۱±۰.۲۷	۲۶.۸۰±۰.۱۲	۱۸.۸۰±۰.۲۴	۱۸.۳۰±۰.۲۴	۱۷.۷۰±۰.۲۷		
Salin.	۱۰.۹۶±۰.۴۵	۱۱.۰۸±۰.۳۷	۱۲.۳۴±۰.۳۰	۱۳.۱۷±۰.۱۴	۱۳.۳۷±۰.۱۶	۱۲.۹۷±۰.۱۵		
SD	۳.۶۱±۰.۴۴	۳.۴۷±۰.۵۱	۳.۵۷±۰.۴۵	۳.۴۸±۰.۷۳	۲.۲۷±۰.۴۸	۳.۴۵±۰.۶۱		
A M.leidy	۲۱۰±۴۹	۱۷۹±۶۵	۹۱±۱۳	۱۳۶±۱۶	۱۱۴±۲۹	۱۹۷±۵۲		
B phyto.	۱۹۶±۵۹	۱۸۷±۵۸	۲۱۷±۳۴	۴۶۶±۱۰۸	۳۷۰±۵۱	۲۸۸±۵۵		
A Zoo.	۱۰۰۷۶±۱۸۰۲	۳۹۳۱±۷۲۸	۲۹۲۶±۵۲۴	۷۵۰۸±۱۴۲۶	۴۵۰۶±۷۳۹	۱۳۱۸±۳۲۸		
A Cope.	۹۴۱۲±۱۷۱۲	۳۷۲۲±۶۸۲	۲۷۳۳±۵۱۳	۶۹۹۹±۱۳۱۲	۴۳۶۰±۷۱۹	۱۲۲۶±۳۰۲		
A Cirri.	۶۶۲±۱۷۵	۱۹۳±۵۹	۱۸۱±۵۴	۳۷۰±۱۱۶	۱۴۵±۳۲	۸۹±۳۰		

جدول ۶۵-۳ ماتریکس همبستگی پیرسون پارامترهای زیستی و برخی پارامترهای محیطی را در لایه نوری دو فصل تابستان و پاییز در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸ را نشان داده است. این جدول نشان می دهد که ارتباط شانه دار (*M. leidy*) با پارامترهای زیستی و برخی پارامترهای محیطی اگرچه چندان قوی نیست اما این ضرایب همبستگی معنی داری دارند. تراکم شانه دار با شفافیت و تراکم زئوپلانکتون همبستگی مثبت معنی داری داشت ($p < 0.05$) ولی با زی توده فیتوپلانکتون همبستگی معنی داری را نشان نداد.

جدول ۶۵-۳: ماتریکس همبستگی تراکم پارامترهای زیستی (شانه دار، زئو و فیتوپلانکتون) و برخی پارامترهای محیطی (دما، شوری و شفافیت) در دوفصل تابستان و پاییز حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

SD	Salin.	Temp.	B Phyto.	A Cirri.	A Cope.	A Zoo.	A <i>M.leidy</i>
-0.27(*)	-0.21	-0.1	0.09	0.21	0.21	0.23(*)	A <i>M.leidy</i>
-0.35(**)	-0.30(**)	0.05	0.18	0.70 (**)	0.99(**)		0.23(*) A Zoo.
-0.33(**)	-0.27(*)	0.03	0.16	0.66 (**)		0.99 (**)	0.21 A Cope.
-0.43(**)	-0.281(*)	0.07	0.15		0.66 (**)	0.70 (**)	0.21 A Cirri.
-0.30 (**)	-0.01	-0.28 (*)		0.15	0.16	0.18	0.09 B Phyto.
0.25(*)	-0.41(**)		-0.28 (*)	0.07	0.03	0.05	-0.1 Temp.
0.09		-0.41(**)	-0.01	-0.28 (*)	-0.27(*)	-0.30(**)	-0.21 Salin.
	0.09	0.25(*)	-0.30 (**)	-0.43 (**)	-0.33(**)	-0.35(**)	-0.27(*) SD

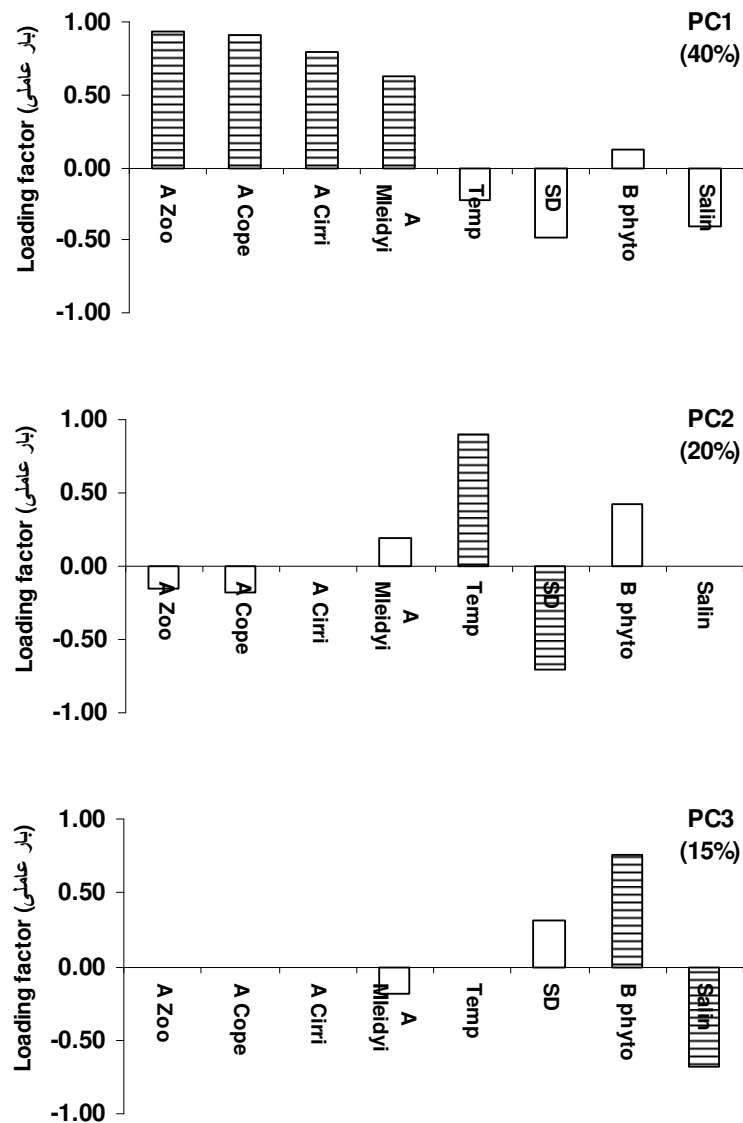
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

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

در بررسی فصل تابستان، متغیرهای زیستی (تراکم شانه دار، زئوپلانکتون، کوبه پودا و سیرپیدیا و زی توده فیتوپلانکتون) و برخی پارامترهای محیطی (دما، شوری و شفافیت) در آنالیز مولفه های اصلی (PCA) دارای تغییرات شاخص KMO برابر ۰.۶۱ بوده است و آزمون Bartlett اختلاف معنی داری را نشان داد (جدول ۶۶-۳). در آنالیز مولفه های اصلی ۸ متغیر مذکور بر اساس منحنی سنگریزه ای (Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بیشتر از واحد به سه مولفه (PC) با ۷۵.۰ درصد از کل واریانس کاهش یافته است. مولفه یک به تنهایی ۴۰.۰ درصد از کل واریانس را شامل شده است. در این مولفه زئوپلانکتون و گروههای کوبه پودا و سیرپیدیا و تراکم شانه دار بار عاملی قوی (>0.60) به همراه شوری و شفافیت (>0.40) مشارکت داشته است (نمودار ۷۷.۳). مولفه های دو و سه به ترتیب با واریانس ۲۰.۰ و ۱۵.۰ از کل واریانس را شامل شده است. در این دو مولفه گروههای دما، شفافیت، شوری و زی توده فیتوپلانکتون با بار عاملی قوی مشارکت داشته اند (نمودار ۷۷-۳).

جدول ۶۶-۳: آزمون های KMO و Bartlett در آنالیز آماری چند متغیره PCA برای پارامترهای زیستی و برخی پارامترهای محیطی در فصل تابستان در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۰.۶۰۸	آزمون کیزر مایر (اندازه گیری کفایت نمونه برداری)
۲۰۶.۳۹۲	آزمون بارتلت (ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها)
۲۸	درجه آزادی
۰.۰۰۰	معنی دار بودن



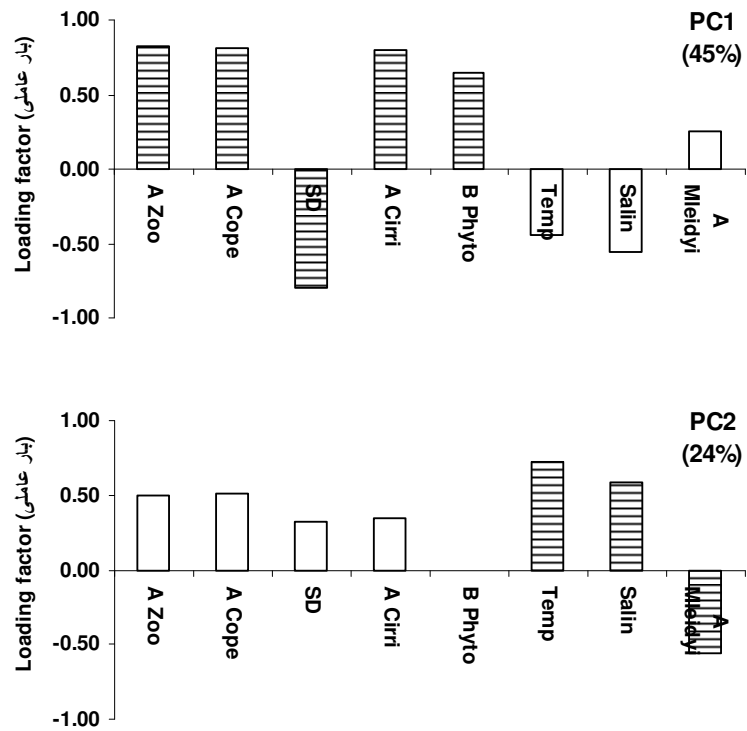
نمودار ۷۷-۳: تغییرات بار عاملی سه مولفه اصلی در آزمون PCA در فصل تابستان حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

در بررسی فصل پاییز، متغیرهای زیستی (تراکم شانه دار، زئوپلانکتون، کوبه پودا و سیرپیدیا و زی توده فیتوپلانکتون) و برخی پارامترهای محیطی (دما، شوری و شفافیت) در آنالیز مولفه های اصلی (PCA) دارای تغییرات شاخص KMO برابر ۰.۷۱ بوده است و در ضمن آزمون Bartlett اختلاف معنی دار بوده است (جدول ۳-۶۷). در آنالیز مولفه های اصلی ۸ متغیر مذکور بر اساس منحنی سنگریزه ای (Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بیشتر از واحد به دو مولفه (PC) با ۶۸.۸ درصد از کل واریانس کاهش یافته است. مولفه یک (PC1) به تنهایی ۴۵.۰ درصد از کل واریانس را شامل شده است. در این مولفه زئوپلانکتون و گروههای کوبه پودا و سیرپیدیا و زی توده فیتوپلانکتون به همراه شفافیت با بار عاملی قوی (>0.60) مشارکت داشته است (نمودار ۳-۷۸). مولفه دو (PC2) واریانس ۲۴.۰ از کل واریانس را شامل شده است. در این مولفه، دما، شوری و تراکم شانه دار با بار عاملی نسبتاً قوی مشارکت داشته اند (نمودار ۳-۷۸).

جدول ۳-۶۷: آزمون های KMO و Bartlett در آنالیز آماری چند متغیره PCA برای پارامترهای زیستی و

برخی پارامترهای محیطی در فصل پاییز در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۰.۷۱۰	آزمون کبزر مایر (اندازه گیری کفایت نمونه برداری)
۲۹۴.۰۱۹	آزمون بارتلت (ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها)
۲۸	درجه آزادی
۰.۰۰۰	معنی دار بودن



نمودار ۳-۷۸: تغییرات بار عاملی دو مولفه اصلی در آزمون PCA در فصل پاییز حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۴- بحث

در دریای خزر تغییرات پارامترهای محیطی و مواد مغذی در فصول مختلف متفاوت می باشد. دمای آب در فصول بهار، تابستان و پاییز از سطح به عمق اختلاف معنی داری را دارند اما در فصل زمستان بدلیل چرخش کامل عمودی آب، تحت تاثیر دانسیته آب این اختلاف معنی دار نمی باشد. اما مقایسه میانگین فصلی دما (آزمون ANOVA) بیانگر چهار فصل مجزا در حوزه جنوبی دریای خزر است. همچنین طبق آنالیز آماری توابع متعارف تفکیک کننده (CDFA) بر اساس پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب، چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان بدون همپوشانی تفکیک گردیدند. در این آنالیز پارامتر دما نقش مهمی در تفکیک فصول داشته است (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۰).

طبقه بندی عمودی آب بر اساس شوری در دریای خزر بسیار ضعیف می باشد بطوریکه تغییرات عمقی شوری در فصول مختلف سال معنی دار نبوده است. 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. نصراله زاده و همکاران (۱۳۹۰) بیان کردند شکست دمایی در ستون آب به ازای هر متر کمتر از ۰.۶ درجه سانتیگراد بود. این شکست در مقایسه با دیگر دریاها (بازای هر متر ۱ درجه شکست دمایی) قوی نبوده است (Hao *et al.*, 2012). بنابراین همانطوریکه در بالا متذکر شدیم در حوزه جنوبی دریای خزر اختلاط بین ستون آبی به خوبی صورت می پذیرد.

نسبت Redfield (C106:N16:P1:Si16) در اصل یک سنگ بنای ژئوشیمی زیستی است که رابطه بین اجزای میکروارگانیزم و شیمی آب را نشان می دهد (Harrison *et al.*, 1976, 1977). انحراف در نسبت های فوق در

اکوسیستم پلاژیک بیانگر محدودیت در تولیدات اولیه (رشد فیتوپلانکتونی) می باشد. به بیان دیگر نسبت استوکیومتری (stoichiometric) مواد مغذی بر آورد خوبی برای نشان دادن محدودیت رشد فیتوپلانکتون در یک اکوسیستم آبی می باشد (Redfield *et al.*, 1963; Brzezinski, 1985). مطالعه روی سنیتیک جذب مواد مغذی نشان داد که اگر نسبت مولی DIN/DIP محیط کمتر از ۱۰ و DSi/DIN بیشتر از یک باشد نشان دهنده محدودیت نیتروژنی است (Parsons *et al.*, 1961; Healey and Hendzel, 1979; Brzezinski, 1985; Levasseur and Therriault, 1987). در مقابل، اگر $DSi/DIP < 10$ و $DSi/DIN < 1$ باشد نشان دهنده محدودیت سیلیسی است (Harrison *et al.*, 1987). اگر DIN/DIP بیش از ۳۰-۲۰ و DSi/DIP بیشتر از ۱۰ باشد نشان دهنده محدودیت فسفری می باشد (Goldman *et al.*, 1979; Healey and Hendzel, 1979).

(Nelson and Brzezinski (1990) و Harrison *et al.* (1976, 1977), Perry and Eppley (1981) عنوان کردند که محدودیت مواد مغذی بر اساس نسبت آنها بایستی با در نظر گرفتن حد آستانه این ترکیبات (ازت، فسفر و سیلیس) باشد. بر اساس مطالعه، جذب سنیتیکی حد آستانه ترکیبات DIN، DIP و DSi به ترتیب برابر ۱۰، ۰.۱ و ۲.۰ میکرومولار می باشد (Dortch and Whitedge, 1992 Rabalais and Turner, 2001; Justic, 1995). در تحقیق حاضر در اکثر فصول مقادیر بدست آمده در مورد DIN (۹۹٪)، DIP (۹۳٪) و DSi (۱۰۰٪) بیش از حد آستانه می باشد بنابراین نسبت مولی این ترکیبات می تواند مورد سنجش محدودیت رشد فیتوپلانکتون قرار گیرد.

۵۶

در دریای خزر نسبت ازت/ فسفر دارای محدوده بسیار باریک است و مقادیر آن چند برابر کمتر از دیگر دریاها می باشد. نسبت سیلیس / فسفر (Si/P) در محدوده ۸ و ۱۰۰ متغیر است. Semenov, 1984 معتقد است که 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. مطالعه Kosarev and Yablonskya (1994) نیز نشان داد که دریای

خزر اکوسیستمی با محدودیت نیتروژنی است مگر در ورودی رودخانه‌ها (رودخانه ولگا) که عامل محدود کننده فسفر می باشد.

مطالعه Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸) بر روی نتایج سالهای قبل از ورود شانه دار نیز مشابه نتایج مطالعه فوق، بیانگر محدودیت نیتروژنی برای رشد فیتوپلانکتون در اکوسیستم دریای خزر بوده است. این وضعیت در سه سال بعد از ورود شانه دار نیز حاکم بود. اما در مطالعه حاضر فیتوپلانکتون کمتر تحت تاثیر محدودیت نیتروژنی بوده است. چنانکه نمودارهای مربوط به نسبت های مولی (نمودار ۱۲-۳) نیز نشان داد تعداد نقاط در ربع چهارم که بیانگر محدودیت نیتروژنی است در تمام فصول کم بود. در سال ۱۳۸۷ اکوسیستم دریای خزر به سمت محدودیت نیتروژنی و فسفوری ($DIN/DIP < 20$) سوق پیدا کرد تا جاییکه در سال ۱۳۸۸ (تحقیق حاضر) شرایط جدیدی حاکم گردید و حوزه جنوبی دریای خزر علاوه بر شرایط محدودیت نیتروژنی و فسفوری، شرایط محدودیت فسفوری ($DIN/DIP > 20$) را در فصول مختلف سال نیز تجربه کرده است (نمودار ۱۳.۳).

میانگین نسبت مولی DSi/DIP باریک و 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 ۱۴.۳) که با گزارش دیگران نیز همسویی دارد (Semenov, 1984; Kosarev and Yablonskya, 1994).

آزمون PCA بر روی داده های فصلی و سالانه این تحقیق نشان داد که حداقل دو متغیر از ترکیبات نیتروژنی در مولفه اول مشارکت داشته است که نشان از اهمیت این متغیرها دارد. همچنین در بررسی سالانه علاوه بر متغیر فسفر معدنی، متغیرهای فیزیکی شامل دما، شوری در مولفه دوم نقش ایفا می کنند. در بررسی فصلی نیز در مولفه های دوم بر اساس نوع فصل دارای متغیرهای مختلف بوده است که نشان دهنده اختلاف بین فصول می باشد. بعنوان مثال در فصل بهار متغیرهای دما، شوری و ازت آلی، در فصل تابستان متغیرهای pH، شوری و ازت

و فسفر آلی، در فصل پاییز متغیرهای دما، DO%، ازت معدنی و در فصل زمستان دما، شفافیت، ازت آلی و سیلیس محلول مشارکت داشتند.

روند تغییرات تراکم فیتوپلانکتون در حوزه جنوبی دریای خزر اگرچه تابع شاخه های غالب باسیلاروفیتا، پیروفیتا و سیانوفیتا بوده است اما میزان اثرات شاخه ها در فصول مختلف یکسان نبود. تراکم فیتوپلانکتون در تابستان تحت تاثیر شاخه گرمادوست سیانوفیتا بوده است و در زمستان بدلیل چرخش عمودی آب و زیاد شدن مواد مغذی شاخه باسیلاروفیتا غالب شده است. در فصول بهار و پاییز تحت عدم وجود شرایط خاص محیطی (بخصوص دما) هر سه شاخه غالب بر تراکم فیتوپلانکتون اثر گزار بوده اند. بررسی نیم خط ها نیز نشان داد که در تمام نیم خط ها در فصول تابستان و زمستان تراکم فیتوپلانکتون به ترتیب تابع شاخه های سیانوفیتا و باسیلاروفیتا بوده است اما در فصل بهار در تمام نیم خط ها (به غیر از نیم خط انزلی که ورود آب تالاب به دریا وجود دارد و تابع شاخه باسیلاروفیتا است) تراکم فیتوپلانکتون تحت تاثیر هر سه شاخه می باشد. اما در فصل پاییز در نیم خط های ناحیه غربی تراکم فیتوپلانکتون تابع باسیلاروفیتا و در نیم خط های منطقه شرق که دما کمی بالاتر از دیگر نواحی است تراکم فیتوپلانکتون تحت تاثیر سیانوفیتا بوده است و در نیم خط های ناحیه مرکزی تابع هر سه شاخه بوده است.

آنالیز آماری CCA نشان داد که بیشتر گونه های فیتوپلانکتونی (۳۷) در سال ۱۳۸۸ تحت تاثیر جمع پارامترهای محیطی و مواد مغذی قرار دارد بطوریکه در نمودار ۵۹.۳ اکثر گونه ها (۳۰) در مرکز مختصات قرار گرفته است. همچنین برخی گونه ها (۷) که از مرکز مختصات دور می باشند تحت تاثیر بعضی از پارامترهای محیطی و مواد مغذی می باشند.

اگر محدوده شاخص شانون-ویور سال ۱۳۷۵ (۱۰۴۱-۱۰۰۱) (Nasrollahzadeh, 2008) را به عنوان شاخص در دوره ی ثبات بیولوژیکی در نظر بگیریم و شاخص شانون-ویور سال ۱۳۸۸ را با آن مقایسه کنیم در میابیم که نزدیک

به ۷۰ درصد از موارد شاخص شانون -ویور بیش از محدوده ی بدست آمده در سال ۱۳۷۵ بوده است. این مقدار در صورت وجود شواهد دیگر می تواند دلیلی بر وجود اغتشاش در اکوسیستم باشد (Washington, 1984). بررسی گونه ای نشان داد که در بهار سال ۱۳۷۵ گونه های *Cyclotella meneghiniana*، *Skeletonema costatum*، در تابستان *Pseudosolenia calcar-avis* و *Exuviaella cordata* و در پاییز و زمستان *Thalassionema nitzschioides* بیشترین ISI را به خود اختصاص دادند. در حالی که در سال ۱۳۸۸ در بهار *Oscillatoria sp.*، *Exuviaella cordata* و *Oscillatoria sp.* در تابستان *Chrysochromulina sp.*، در پاییز *Thalassionema nitzschioides* و *Oscillatoria sp.* و در زمستان گونه های *Pseudonitzschia seriata*، *Dactyliosolen fragilissima*، *Cerataulina pelagica* دارای بیشترین ISI گردیدند. ورود گونه های با پتانسیل تهاجمی (Shiganova et al., 2005) در لیست گونه های غالب دلیلی دیگر بر وجود اغتشاش در اکوسیستم را ارائه می دهد.

امروزه بخش عمده ای از مطالعات جلبک در اکوسیستم به گونه های مهاجم اختصاص یافته است که غالباً بطور تصادفی بر اثر فعالیتهای انسانی به محیط آبی جدید راه می یابند. اثرات گونه های مهاجم بر روی اکوسیستم و ترکیب بومی وقتی قابل اندازه گیری است که تراکم آن به اندازه معینی برسد و بتواند به اندازه کافی توزیع مکانی خود را گسترش دهد و به عبارتی موازنه جمعیتی را در جامعه مورد مطالعه تغییر دهد (Carlton, 2002). بر این اساس روشهای سنجش بیولوژیکی ارائه گردیده است که به میزان گستردگی مکانی گونه ی مهاجم به منطقه ی مورد مطالعه و یا میزان تراکم گونه ی مورد مطالعه به کل تراکم فیتوپلانکتون می باشد. بطوریکه که اگر درصد تراکم گونه مهاجم به فیتوپلانکتون کل به ۵۰-۱۰ درصد برسد شدت اثر تهاجم گونه فوق بر ساختار تراکم فیتوپلانکتون متوسط در نظر گرفته می شود و افزایش این نسبت به بیش از ۵۰ درصد، بیانگر اثر شدید است. در میان گونه های فیتوپلانکتون به اصطلاح مهاجم که بومی دریای خزر نبوده‌اند و در سالهای اخیر عمدتاً " به دلیل تردد کشتی ها و فعالیتهای اقتصادی به آن وارد گردیده اند و در آن سکنی گزیده

اند و احتمالاً" در شرایط مناسب قادر به رشد و تکثیر فراوان خواهند بود، می توان از *Cerataulina pelagica* نام برد. این گونه در کمتر از ۵ درصد از نمونه های آب در تابستان و پاییز مشاهده گردید در حالی که در بهار این میزان ۱۹ درصد بوده است. درصد تراکم *Cerataulina pelagica* نسبت به تراکم فیتوپلانکتون کل در سه فصل بهار، تابستان و پاییز به جز یک مورد کمتر از ۱۰ درصد بوده است، بر طبق این داده ها تراکم این گونه در فصل زمستان چندین برابر نسبت به فصول دیگر افزایش داشته است. اگرچه در ۵۵ درصد از نمونه های فصل زمستان حضور *Cerataulina pelagica* به ثبت رسید ولی تنها در ۷ درصد داده ها، تراکم آنها نسبت به جمعیت کل بالاتر از ۵۰ درصد بوده است که عمدتاً" در لایه ی سطحی نیم خط های غربی (آستارا، انزلی و سفید رود) در عمق ۵ متر بوده است. در ۵۴ درصد از نمونه های فصل زمستان تراکم *Cerataulina pelagica* به تراکم کل بین ۱۰ تا ۵۰ درصد بوده است. گونه بعدی یعنی *Chaetoceros peruvianus* در حدود ۵۰ درصد از نمونه های برداشت شده مشاهده گردید ولی توزیع فراوانی حضور آن در بین فصول یکسان نبوده است. بطوریکه در بهار کمترین (۲۰) و در پاییز و زمستان بیشترین میزان (۶۶) فراوانی حضور این گونه ها ثبت گردیده است. توزیع تراکم نیز در فصول مختلف یکسان نبوده، به نظر می رسد گونه ی *Chaetoceros peruvianus* علاوه بر تفاوت فصلی تراکم، تمایل بیشتری در حضور در لایه های بالایی دارد ($p < 0/05$). آزمون دانکن نیز بر پایه تراکم این گونه، لایه سطح و ۱۰۰ متر را در دو زیر گروه مختلف جای داده است. بررسی ها نشان داد که حدود ۹۳ درصد داده ها، تراکم کمتر از ۱۰ درصد از فیتوپلانکتون کل را شامل گردیده اند (دارای اثرات تهاجمی کم) و ۷ درصد از داده ها دارای تراکمی بین ۱۰ تا ۳۰ درصد از تراکم فیتوپلانکتون کل (اثرات تهاجمی متوسط) بوده اند. این ۷ درصد (به استثنای یک مورد در فصل تابستان) در فصل پاییز، نیم خط های غربی (آستارا و انزلی)، لایه های سطح و ۱۰ متر در اعماق ۵۰ و ۱۰۰ متر ثبت گردید. فراوانی حضور *Chrysochromulina* در سال ۱۳۸۸ حدود ۱۰ درصد از نمونه ها را شامل گردید و در زمستان نسبت به فصول دیگر از فراوانی حضور بیشتری برخوردار بوده است. در

بهار ۳ مورد افزایش تراکم در نیم خط های سفید رود، انزلی و تنکابن از این گونه مشاهده گردید که ۸۰ تا ۹۹ درصد از تراکم فیتوپلانکتون را به خود اختصاص داد. ولی از تابستان تا زمستان تراکم آن در کلیه موارد کمتر از ۱۰ درصد از تراکم کل را شامل گردید. به عبارت دیگر در غالب موارد شدت تهاجم این گونه به ساختار جمعیتی فیتوپلانکتون کم بوده است و افزایش آن در منطقه و زمان محدودی صورت گرفته است. مرفولوژی کریزوکرومولینا طوری است که به آن توانایی مهاجرت عرضی (توانایی شنا کردن) به زیر ناحیه ی آب لایه بندی شده را می دهد از سویی دیگر زیاد بودن نسبت سطح به حجم (تقریباً "۱.۳۳) در این فیتوپلانکتون امکان دسترسی بیشتر و موثرتر به نوترینت را برای آن فراهم می نماید (Reynolds, 2006). با توجه به این خصوصیات و اثرات منفی آن بر ترکیب فیتوپلانکتونی (در صورت افزایش جمعیت و تثبیت و سازگاری) شناسایی و پایش مستمر آن اهمیت فراوانی می یابد. گونه *Pseudonitzschia seriata* هرچند ساکن دریای خزر بوده است ولی ماهیت تهاجمی آن در سال های اخیر بیشتر نمود یافته است (Shiganova et al., 2005; Verzhinin and Orlova, 2008). بطوریکه فراوانی حضور آن از ۷ درصد از نمونه های برداشته شده در سال ۱۳۸۳ به بیش از ۵۰ درصد رسید (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰). ولی فراوانی حضور آن در فصول مختلف یکسان نبوده، بطوریکه تنها در ۱۵ درصد از نمونه های بهار و تابستان دیده شد. در حالی که این رقم در فصول پاییز و زمستان به ترتیب به ۳۰ و ۵۶ درصد رسید. در ضمن تراکم نیز در فصول و نیم خطهای مختلف یکنواخت نبوده است و اختلاف معنی داری را نشان داده است ($p < 0.05$). این اختلاف عمدتاً بر اثر افزایش تراکم شدید در زمستان نسبت به دیگر فصول رخ داده است (متوسط تراکم در زمستان تقریباً "۳۰ برابر متوسط تراکم از بهار تا پاییز بود). به این ترتیب ۸۰ درصد از تراکم این گونه در بهار و تابستان کمتر از ۱۰ درصد از تراکم کل فیتوپلانکتون را شامل شدند (دارای اثرات تهاجمی کم) و ۲۰ درصد از تراکم آن ۱۷-۱۰ درصد از تراکم کل را دارا گردیدند (دارای اثرات تهاجمی متوسط). در پاییز نیز تراکم *Pseudonitzschia seriata* به بیشتر از ۴۴ درصد از جمعیت کل فیتوپلانکتون نرسید،

بطوریکه ۶۶ درصد از داده ها در محدوده ی اثرات تهاجمی کم و ۳۵ درصد در محدوده ی اثرات متوسط تهاجم قرار گرفتند. در حالی که در فصل زمستان تراکم *Pseudonitzschia seriata* به اندازه ای افزایش یافت که تنها در ۷ درصد از موارد کمتر از ۱۰ درصد از تراکم فیتوپلانکتون کل را شامل گردیده است و ۹۳ درصد از نتایج در محدوده ی اثرات متوسط تا اثرات شدید تهاجمی بر روی ساختار جمعیتی فیتوپلانکتون قرار داشتند. از این ۹۳ درصد تقریباً ۴۹ درصد از داده ها دارای تراکم بیشتر از ۵۰ درصد از تراکم فیتوپلانکتون گردیدند. افزایش تراکم این گونه نسبت به فیتوپلانکتون کل مربوط به نیم خط های مرکزی تا شرقی (تنکابن تا بندر ترکمن) در فصل زمستان (۷۳-۵۱ درصد) بوده است. در نیم خط های غربی (آستارا، انزلی و سفید رود) حتی در فصل زمستان نیز نسبت درصد تراکم به فیتوپلانکتون کل نتوانسته مقادیر بیش از ۲۷ درصد را بدست آورد.

بطور کلی در ۸۰ درصد از نمونه ها، همزمان ۱-۳ گونه جدید و یا گونه های با ماهیت تهاجمی وجود داشته اند. در بررسی کلی نسبت درصد مجموع تراکم فیتوپلانکتون های جدید و یا گونه های با ماهیت تهاجمی به فیتوپلانکتون کل در همه فصول یکسان نبوده است. بطوریکه این مقدار در تابستان کمتر از ۱، در پاییز حدود ۷ و در بهار و زمستان تقریباً ۲۰ درصد گردیده است. بنابراین توجه به تغییرات جمعیتی این گونه ها در فصول بهار و زمستان اهمیت زیادی دارد.

تراکم و زی توده زئوپلانکتون در دو لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر در تمام فصول سال همانطور که انتظار می رفت کاملاً معنی دار بوده است ($p < 0.05$). نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که تراکم زئوپلانکتون تابع دو گروه غالب کوبه پودا و سرپیدیا بوده است و میانگین های تراکم این دو گروه همانند تراکم زئوپلانکتون در فصول مختلف و لایه های ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر اختلاف معنی داری را نشان داده است.

تراکم زئوپلانکتون در فصول بهار و زمستان دارای حداکثر بوده و در فصول تابستان و پاییز یعنی در زمان تراکم بالای شانه دار حداقل گردید. همچنین در زمان رشد و تکثیر شانه دار (فصول تابستان و پاییز) نتایج نشان داد که

از شش گروه اصلی تنها دو گروه کوپه پودا و سیرپیدیا غالب بوده و ۴ گروه دیگر از نظر تراکم به حداقل رسیده اند و به بیان دیگر بنظر میرسد تحت تاثیر عوامل محیطی تراکم آنها کاهش پیدا کرد و یا توسط شکارگرهای مختلف مصرف گردیدند.

در آزمون CDFA تراکم سه شاخه غالب زئوپلانکتون به سه گروه بهار، تابستان-پاییز و زمستان تفکیک گردید. به نظر می رسد که این تفکیک فصلی با افزایش و کاهش تراکم شانه دار انطباق دارد. چنانکه دو فصل تابستان و پاییز که تراکم شانه دار زیاد در یک گروه قرار گرفتند در حالی که دو فصل بهار و زمستان که با تراکم کم شانه دار همراه بودند، گروه های متفاوتی را تشکیل دادند. تفکیک مکانی منطقه مورد مطالعه در آزمون CDFA براساس تراکم گروه های زئوپلانکتونی به سه ناحیه غربی، مرکزی و شرقی بیانگر اختلاف بین این سه ناحیه می باشد، در ضمن ۸ نیم خط به دو گروه تفکیک شدند. بطوریکه نیم خط ۷ (تراکم بالای شانه دار) در یک گروه و هفت نیم خط دیگر در گروه دوم قرار گرفته اند. این نتایج نشان می دهد اگر چه بین نیم خط ها اختلاف بارزی مشاهده نگردیده است اما نواحی مختلف که مشکل از نیم خط ها است اختلاف مشخصی را نشان داده است.

آزمون مولفه های اصلی (PCA) داده های سالانه نشان داد که گروههای کلادوسرا، روتیفرا و مروپلانکتون ها (سیرپیدیا و لارو لاملی برانچیاتا) در مولفه اول با واریانس بالا (۳۳٪) همبستگی منفی را با متغیرهای محیطی دما، شوری و pH داشته است و همچنین گروه غالب کوپه پودا و گروه پروتوزآ با درصد اشباعیت اکسیژن در مولفه سوم با واریانس کمتر (۱۳٪) همبستگی منفی داشته است. در آنالیز CCA بر روی پنج گروه زئوپلانکتون در سال ۱۳۸۸ نشان داد که مروپلانکتون ها (لارو لاملی برانچیاتا) و کلادوسرا همبستگی مستقیمی با متغیرهای محیطی نداشته است در حالی که سیرپیدیا با همه متغیرهای محیطی ارتباط نشان داد. گروه روتیفرا بیشتر تحت تاثیر اکسیژن آب قرار داشت و کوپه پودا با دما، pH و شوری همبستگی داشت. در میان این سه متغیر که با کوپه

پودا همبستگی مثبت داشته است متغیر دما (بردار دما در منحنی بلندتر از بردارهای مربوط به دو متغیر دیگر است) با دارا بودن ضریب متعارف کننده بزرگتر از دو متغیر دیگر نقش آفرینی کرده و بر تراکم این گروه موثر بوده است. انعکاس این همبستگی در نواحی مختلف در هر یک از فصول (با توجه به توانایی کوبه پودا برای رشد و تکثیر در محدوده ی وسیع از درجه حرارت) به نحوی بوده است که از تابستان تا زمستان که اختلاف درجه حرارت بین نواحی کمتر از ۳ درجه سانتیگراد رسیده بود، میانگین تراکم کوبه پودا در ناحیه غربی (دارای میزان بالاتری از زی توده فیتوپلانکتون) بیشتر از سایر نواحی بوده است. در حالی که در بهار که اختلاف درجه حرارت بین نواحی به بیش از ۴ درجه سانتیگراد رسید، تراکم کوبه پودا در ناحیه شرقی (دمای بالاتر) بیش از نواحی دیگر گردید. به این ترتیب به نظر میرسد که علاوه بر اختلاف درجه حرارت در بین نواحی میزان غذای در دسترس نقش مهمی در انتخاب مکانی کوبه پودا در هر فصل برای رشد و تکثیر دارد.

تراکم و زی توده شانه دار نیز در دو لایه ۰-۲۰ متر و زیر لایه ۲۰ متر در تمام فصول کاملاً معنی دار بوده است ($p < 0.05$). نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که تراکم شانه دار در فصول تابستان و پاییز و زی توده شانه دار در تابستان حداکثر گردید. این امر نشان می دهد که دمای تابستان برای رشد و افزایش سائز شانه دار مناسب تر بوده است هر چند که میانگین تراکم شانه دار در دو فصل تقریباً یکسان بوده است.

تراکم و زی توده شانه دار به همراه ۱۱ متغیر محیطی در آزمون مولفه اصلی (PCA) نشان داد که همبستگی تراکم و زی توده با متغیرهای دما، شوری، pH، آمونیم و فسفر معدنی در مولفه اول با واریانس ۲۳.۸٪ مثبت بوده است اما با نیترات در همین مولفه منفی بوده است. در مابقی مولفه ها با واریانس ۳.۵٪ متغیرهای ازت و فسفر آلی، شفافیت و سیلیس محلول مشارکت داشته اند. این نتایج بیانگر این است که در دما و شوری بالا، تراکم و زی توده شانه دار بیشتر است. این یافته با تحقیق رستمیان و همکاران (۱۳۸۷) در مطالعه سال ۱۳۸۷ مطابقت دارد.

ارتباط مثبت شانه دار با pH بیانگر این موضوع است که با افزایش همزمان تراکم شانه دارو فیتوپلانکتون (تولیدات بیشتر و مصرف بالای CO₂ آب) میزان pH نیز افزایش می‌یابد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰: نصراله زاده و همکاران، ۱۳۸۹). محققین در سالهای اخیر گزارش کردند که حضور شانه دار در اکوسیستم باعث افزایش میزان مواد مغذی می‌شود (Shiganova *et al.*, 2003, Kremer, 1994) در این مطالعه هم همبستگی مثبت تراکم وزی توده شانه دار با آمونیم و فسفر معدنی موید این موضوع می‌باشد.

در اکوسیستم های مختلف نسبت های مختلف مواد مغذی (نیترژن/فسفر، سیلیس/فسفر و سیلیس/نیترژن) بر شاخه های غالب فیتوپلانکتونی تاثیر گذار می باشد (Teubner and Dokulil, 2002). در این تحقیق روند غلظت نیترژن نسبت به سالهای قبل افزایشی بوده در صورتی که میزان فسفر معدنی روند کاهشی را نشان داد. در نتیجه همانطوریکه در بالا متذکر گردید، سیستم به سمت محدودیت فسفری سوق پیدا کرده است. عدم محدودیت سیلیسی در اکوسیستم خزری سبب گردید که شاخه باسیلاروفیتا در سه فصل رتبه اول را در شاخه های غالب دارا گردد. نتایج همچنین نشان داد که فصل تابستان بالاترین میزان فسفر معدنی در لایه نوری دارد، بنابراین شاخه سیانوفیتا با توانایی در تثبیت نیترژن گازی در گرمای تابستان از فسفر معدنی موجود بهره برده و تراکم خود را بالا بردند بطوریکه رتبه اول را در شاخه های غالب حتی در وضعیت محدودیت فسفری اکوسیستم تابستان بدست آورد.

همانطور که در تقسیم بندی گونه های فیتوپلانکتون بر اساس CCA و PCA مشخص گردید، گونه های عامل در فصول مختلف یکسان نبودند. لذا واکنش شاخه های فیتوپلانکتونی بسته به خواص فیزیولوژیکی گونه ها، فاکتورهای موثر بر ثبات آب (دما، شفافیت و شوری) و مواد مغذی در دسترس تغییر نمود (Proshkina-Lavrenko and Alfimov, 1954; Nurieva, 1979). بروز رابطه منفی بین پارامترهای محیطی و فیتوپلانکتون می تواند بیانگر

حساس بودن گونه های عامل در آن فصل با فاکتور محیطی مورد نظر باشد و بالعکس رابطه مثبت بیانگر مقاوم بودن گونه های عامل به فاکتور محیطی و یا مساعد بودن فاکتور محیطی برای رشد و تکثیر گونه باشد.

در بررسی سالانه، اثر فاکتورهای محیطی بر شاخه ها با ویژگی های عمومی شاخه ها هماهنگی داشت. مثلاً " پیروفیتا و سیانوفیتا به عنوان شاخه های دارای رشد و تکثیر زیاد با افزایش درجه حرارت و نوترینت (با منبع آلی و معدنی) شناخته شده اند. ضمن آنکه پیروفیتا نیز به عنوان شاخه مقاوم به لایه بندی آب و شوری معرفی گردیده اند (Sorokin, 1999; Reynolds et al., 2002). این همبستگی ها بخوبی در جدول ۶۷.۳ نشان داده شده است. غالب بودن جمعیت باسیلاریوفیتا در کلیه فصول بجز تابستان بیانگر پایدار بودن شرایط محیطی مناسب برای این شاخه در اکوسیستم است (Hutchinson, 1957)، لذا عموماً " تغییرات معنی داری بین این شاخه و فاکتورهای محیطی در بررسی سالانه مشاهده نشد.

آزمون CCA همچنین نشان داد که در فصل بهار همراه با افزایش شدت نورو مناسب بودن منابع مواد مغذی، شرایط مناسبی برای شکوفایی باسیلاریوفیتای بهاره، بخصوص در مکان های دارای شوری کم تر (دهانه رودخانه ها) فراهم گردید. در فصل تابستان به نظر می رسد که افزایش لایه بندی آب و فسفر آلی محیط را برای گونه های باسیلاریوفیتا موجود نامساعد نمود. در این فصل باسیلاریوفیتا به علت مصرف شدن مواد مغذی به زیر لایه ترموکلاین فرو می رود و جمعیت آن کم می گردد (Sorokin, 1999). غالبیت سیانوفیتا بعنوان نشانه ای از پرغذایی در فصول تابستان و پاییز در اغلب دریاچه های یوتروف در اروپای مرکزی گزارش گردیده است (Soylu and Gonulol, 2010). بر اساس Kasimov (2004) در دریای خزر نیز سیانوفیتا در تابستان و پاییز دارای افزایش جمعیت هستند. اما غالبیت تام آن در تابستان پدیده ای است که در سال های بعد از تهاجم شانه دار رخ داده است (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰). با وجود آنکه، فصل تابستان شرایط مناسب برای پیروفیتا را نیز دارد (Sorokin, 1999)، اما افزایش شدید جمعیت سیانوفیتا فرصت و شانس تکثیر را برای پیروفیتا کم نمود و بطور غیر

مستقیم سبب بروز اثر کاهشی درجه حرارت (اثر منفی) بر جمعیت پیروفیتا گردید (Low et al., 2010). هر چند که در فصل پاییز همراه با کاهش دما، پیروفیتا توانست در مکان‌های دارای شوری و منبع ازتی (آمونوم) بیشتر رشد و تکثیر نماید.

الگوی زندگی گونه‌های فیتوپلانکتونی بر اساس اندازه، شکل، منابع نوترینتی قابل دسترس و مدت زمان پایداری این شرایط در سه استراتژی عمده R (دارای S/V بالا، مقاوم به اختلاط آب)، C (دارای S/V متوسط تا بالا، رشد تهاجمی و توان رقابتی بالا) و S (دارای S/V کم، مقاوم به لایه بندی آب و کاهش مواد مغذی) جای می‌گیرد. بر اساس مطالعات گوناگون در نقاط مختلف این طبقه بندی با نتایج حاصله در رودخانه، دریاچه، استخر و دریا سازگار بوده است و برای تعیین وضعیت اکوسیستم و نیز توضیح تغییرات زمانی و مکانی فیتوپلانکتون به کار رفته است (Smayda and Reynolds, Huszar and Caraco, 1998; Padisak and Reynolds, 1998;). معمولاً "گروه‌های غالب تعیین کننده گروه‌های عامل در اکوسیستم می‌باشند. گروه‌های عامل می‌تواند گونه‌هایی از شاخه‌های مختلف فیتوپلانکتون را که دارای خصوصیات مشابه اکولوژیکی هستند را در بر گیرد. به عبارتی دیگر عوامل محیطی حضور و نیز جایگزینی فصلی و مکانی فیتوپلانکتون را تعیین می‌نماید.

مطالعه Dahl و همکاران در سال ۲۰۰۵ نشان داد که نسبت بالای N/P، لایه بندی آب، همراه با کاهش شوری در لایه‌ی بالایی در تابستان و غلظت پایین فسفات (مثلاً به علت شکوفایی بهاره‌ی دیاتومه‌ها) از دلایل مهم و مطلوب برای افزایش جمعیت *Chrysochromulina* می‌باشد. کمتر بودن فشار تغذیه‌ای از سوی زئوپلانکتونها بر روی آن، توانایی رشد در نور کم در بعضی از گونه‌های آن و نیز توانایی بلع (ذره‌خواری) دتریت، باکتری‌ها و جلبک‌های در سایز نانومتر از دیگر خصوصیات است که منجر به افزایش توان رقابتی آن در محیط‌های اولیگوتروف، مزو-یوتروف و نیز آب لایه بندی شده می‌گردد (Reynolds et al., 2002). این خصوصیات همراه

به نسبت مناسب از S/V آن را در گروه C- استراتژی قرار داده است. این بدان معنا است که به محض فراهم شدن محیطی مناسب (نور و غذا) به شدت رشد و تکثیر می کنند و جمعیت بالایی را در حد غالبیت دارا می گردند. به این ترتیب در بهار ۱۳۸۸ گونه های C (*Exuviaella cordata* و *Chrysochromulina* sp.) و در سایر فصول گونه های R- استراتژی شرایط مناسبی جهت رشد و تکثیر داشته اند. در مطالعه ی Moncheva و همکاران (۲۰۰۱) در دریای سیاه گونه های C- استراتژی حدود ۶۸ درصد از جمعیت کل را تشکیل دادند و گروه R- استراتژی تقریباً "بطور یکنواخت در کل دریا توزیع شده بود. در حالی که در دریای اژه گونه های R- استراتژی حداکثر درصد مشارکت (۶۸ درصد) را شامل شدند. در دریای خزر نیز گروه R- استراتژی بیشترین سهم را دارا گردید (۷۷ درصد). بررسی فصلی نشان داد که گروه R- استراتژی در دریای خزر در فصول زمستان و تابستان به ترتیب با ۸۷ و ۸۱ درصد حداکثر مشارکت را در جمعیت کل دارا بود (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۰). با در نظر گرفتن استراتژی هر یک از این گونه های غالب در نواحی سه گانه معلوم می شود که گونه های R- استراتژی در هر سه ناحیه از حوزه جنوبی دریای خزر زمینه مساعدی برای رشد و تکثیر دارند.

مطالعه ی نصراله زاده و همکاران (۱۳۸۹) اثر شرایط محیطی را بر حضور گونه ای در آزمون CCA نشان داد. این مطالعه بیانگر ارتباط مثبت *Oscillatoria* با فسفر معدنی محلول (DIP) و آمونیوم، بعضی از گونه های پیروفیتا (*Heterocapsa triquetra*، *Protoperidinium*) با فسفر آلی محلول (DOP) و درجه حرارت آب بوده است. تعدادی از باسیلاریوفیتا (*Melosira moniliformis*، *Stephanodiscus* sp.، *Skeletonema costatum*)، *Pseudosolenia calcar-avis* نیز با سیلیس محلول (DSi) و نترات ارتباط مستقیم داشتند. به نظر می رسد که تغییر شرایط محیطی در گونه های باسیلاریوفیتی موجود در گروه سایزی، دارای S/V بین ۰.۴ و ۱.۴ بیشتر انعکاس یافته است. در ضمن مشخص گردید که افزایش درجه حرارت آب و نیز کاهش منابع نیتراتی و سیلیسی، گونه های باسیلاریوفیتی وابسته به این دو فاکتور را کاهش می دهد که این امر تا حد زیادی با افزایش پیروفیتا همراه

می باشد. بررسی های مختلف انجام شده در این مطالعه (ناحیه ای ، فصلی در CCA) نشان داد که تا چه حد اثرات متقابل بین مرفولوژی و شرایط محیطی در تعیین اجتماعات فیتوپلانکتونی نقش دارد و فیتوپلانکتونهای (از شاخه‌های مختلف) با نیازهای مشابه را در کنار هم قرار می دهد. این مطالعه همچنین ضرورت بررسی استراتژی و الگوی زیستی گونه ها را در توجیه وضعیت اکوسیستم نشان داد.

نتایج آزمون آماری نشان داد که تراکم شانه دار در فصول مختلف سال دارای اختلاف معنی دار بود ($p < 0.05$). اگرچه تراکم زئوپلانکتون در فصول مختلف معنی دار نبود ($p > 0.05$)، اما میانگین برخی گروه های تشکیل دهنده زئوپلانکتون در فصول مختلف معنی دار بوده است ($p < 0.05$). بطوریکه تراکم شانه دار نیز با برخی گروه های زئوپلانکتونی همبستگی معنی دار نشان داد. بر اساس نتایج آنالیز همبستگی پیرسون تراکم شانه دار با گروه های کوبه پودا ($r = 0.26, p < 0.05, n = 158$) و پروتوزوآ ($r = 0.18, p < 0.05, n = 158$) همبستگی مثبت و معنی داری داشته است اما با گروه های کلادوسرا ($r = -0.69, p < 0.05, n = 158$) ، روتیفرا ($r = -0.52, p < 0.05, n = 158$)، سیرپیدیا ($r = -0.27, p < 0.05, n = 158$) و لارو لاملی برانچیاتا ($r = -0.66, p < 0.05, n = 158$) همبستگی منفی و معنی داری داشته است. این همبستگی ها نشان می دهد که با افزایش تراکم شانه دار در محیط تراکم دو گروه کوبه پودا و پروتوزوآ افزایش و گروه های دیگر کاهش می یابد. افزایش تراکم شانه دار در فصول تابستان و پاییز به همراه افزایش گروه کوبه پودا بوده است که با نتایج همبستگی بالا که مثبت بوده است مطابقت داشته است (نمودار ۳-۷۳). اما تراکم شانه دار و زئوپلانکتون همبستگی معنی دار نشان ندادند. احتمالاً " وجود عوامل دیگر مانع ظهور رابطه معنی دار بین تراکم رثوپلانکتون و شانه دار بوده است. بطور کلی روند تغییرات تراکم شانه دار و زئوپلانکتون معکوس بود، بطوریکه با افزایش شانه دار در تابستان و پاییز تراکم زئوپلانکتون در همین فصول کاهش میابد و با کاهش آن در فصول بهار و زمستان تراکم زئوپلانکتون افزایش داشته است (نمودار ۳-۷۳).

نتایج Kideys و همکاران (۲۰۰۵) و Roohi و همکاران (۲۰۰۸) در حوزه جنوبی دریای خزر مشاهدات بالا را تایید می کنند بطوریکه تراکم زئوپلانکتون در تابستان و اوایل پاییز به شدت کاهش یافته و پس از آن در فصل زمستان با سرد شدن هوا، کاهش شدید تراکم شکارگر زئوپلانکتون (شانه دار) مشاهده شد. در نتیجه افزایش تراکم زئوپلانکتون بخصوص با همراهی گروه های زئوپلانکتونی سازگار با شرایط زمستان یعنی سیرپیدیا و روتیفر صورت می پذیرد (نمودار ۷۴-۳).

بر اساس مطالعه Bagheri et al., 2004 گونه ی *Acartia tonsa* از گروه کوبه پودا و *Podon polyphemoides*، از کلادوسرا، لارو دو کفه ایها و لارو بالانوس جزو غذاهای اصلی *M.leidy* بوده اند. نتایج آزمون آماری سال ۱۳۸۸ نیز نشان داد که زی توده شانه دار، زئوپلانکتون و گروه های آن در فصول مختلف سال معنی دار بوده است ($p < 0.05$). همبستگی سالانه زی توده شانه دار و گروه های مختلف زئوپلانکتون نشان داد که زی توده شانه دار با گروه های کوبه پودا ($r=0.36, p<0.05, n=158$) رابطه مثبت و معنی دارو با گروه های کلادوسرا ($r=-0.17, p<0.05, n=158$) و لارو لاملی ($r=0.45, p<0.05, n=158$)، روتیفر ($r=-0.60, p<0.05, n=158$)، سیرپیدیا ($r=-0.17, p<0.05, n=158$) و لارو لاملی برانچیاتا ($r=-0.55, p<0.05, n=158$) همبستگی منفی و معنی داری داشته است. این همبستگی ها نشان می دهد که با افزایش زی توده شانه دار در محیط زی توده گروه کوبه پودا افزایش و گروه های دیگر کاهش یافت. *Acartia tonsa* همانند بسیاری از گونه های غیر بومی توان تکثیر بالایی دارد، چنانکه جمعیت آن بعد از ورود شانه دار افزایش قابل توجهی را پس از کاهش شدید *Eurytemora* یافته است (Roohi et al., 2010; Zaitsev and Ozturk, 2001). بنابراین با وجود آنکه احتمالاً توسط *M.leidy* به مصرف می رسد، همراه با افزایش *M.leidy* افزایش معنا داری را نشان داد. مصرف لارو مرو پلانکتون ها توسط *M.leidy* که در این تست آماری نیز نشان داده شده است در نهایت سبب کاهش جمعیت ماکروبتوزها می گردد. این روند از سال ۱۳۸۰ (سال ورود شانه دار به دریای خزر) به شدت بر تجمع ماکروبتوزها اثر منفی گزارده است (Zaitsev and Ozturk, 2001).

زی توده شانه دار با پروتوزوآ و زئوپلانکتون همبستگی معنی دار با هم نشان نداده اند. روند تغییرات زی توده شانه دار و زئوپلانکتون در برخی فصول و نیم خط ها معکوس بود، بطوریکه با کاهش شانه دار در زمستان زی توده زئوپلانکتون بدلیل بالا بودن زی توده روتیفرا (ضریب همبستگی منفی با شانه دار) افزایش یافت. با افزایش شانه دار در تابستان زی توده زئوپلانکتون افزایش نشان داده است که این ارتباط مستقیم بدلیل بالا بودن زی توده گروه غالب کوبه پودا (ضریب همبستگی مثبت با شانه دار) بوده است (نمودار ۷۵-۳). این روند در نیم خط ها نیز مشاهده گردیده است (نمودار ۷۶-۳). باید بخاطر داشته باشیم که تغییرات جمعیتی زئوپلانکتون در اکوسیستم به غیر از شکارگر مهاجم عمده یعنی *M.leidy* تحت تاثیر شکارگران دیگر نیز می باشد. روشن طبری و همکاران (۱۳۸۸) و جانباز و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند، در فصل بهار که افزایش جمعیت مروپلانکتون به دلیل تکثیر بالانوس رخ می دهد، سهم این گروه در سفره غذایی کیلکا افزایش می یابد. در این مطالعات در تابستان نیز بیش از ۹۰٪ معده کیلکای معمولی را نوزاد و لارو بالانوس تشکیل داده بود. در حالی که با سرد شدن هوا کوبه پودا در معده آنها افزایش یافت. به این ترتیب بر کاهش کوبه پودا و سیرپیدیا به ترتیب در فصول زمستان و تابستان تاثیر گزار بوده است.

با وجود آنکه تغذیه شدید *M.leidy* از زئوپلانکتون بر قوانین کلاسیک حاکم بر افزایش و کاهش گونه ها و دینامیک جمعیت زئوپلانکتون بشدت تاثیر گزارده است و چهره ی تجمعات پلانکتونی را متفاوت نموده است، ولی اثر آب و هوا و درجه حرارت بر افزایش و کاهش تراکم گونه ها و جایگزینی فصلی گونه ها نباید در توضیح تغییرات تراکم نادیده گرفته شود. به عنوان مثال آزاد شدن لارو مروپلانکتون ها عموماً "همزمان با شکوفایی فیتوپلانکتون (هنگامی که حداکثر میزان منابع غذایی در دسترس است) صورت می گیرد. این همزمانی سبب می شود که در تجمعات زئوپلانکتون لارو مروپلانکتون غالب گردند. چنانکه در خلیج Blanes در شمال غربی مدیترانه در بررسی سالانه مروپلانکتون تنها ۱۳ درصد از زئوپلانکتون را تشکیل داد، ولی در یک

زمان محدود و معین درصد مشارکت آنها به ۶۰ درصد رسید (Andreu and duarte, 1996) یا آنکه افزایش تراکم Cirripedia در اوایل بهار همزمان با افزایش دمای سطحی آب و کاهش آن در اواخر بهار در بالتیک نیز بیانگر نقش درجه حرارت بر تغییرات جمعیتی مروپلانکتون است (Pollupuu et al., 2010). در دریای خزر در سال ۱۳۸۸ نیز مروپلانکتون در فصل بهار و زمستان به ترتیب با ۱۱ و ۲۳ درصد حداکثر مشارکت را در طی فصول سال بدست آورد، در حالی که در تابستان با ۶.۲ درصد مشارکت شروع به کاهش نمود و در پاییز با ۴.۷ درصد از تراکم زئوپلانکتون به حداقل میزان خود رسید. Highfield et al., 2010 بیان داشتند که افزایش تراکم بهاره مروپلانکتون ممکن است بخاطر شکار شدن توسط سایر گروهها به شدت تظاهر نکند. به نظر می رسد که Cirripedia در سال ۱۳۸۸ شرایط مشابه با مطالعه فوق را داشته است. اما افزایش جمعیت بهاره *Podon polyphemoides* (از گروه کلادوسرا) که تحت تاثیر درجه حرارت صورت می گیرد (Egloff et al., 1997) در سال ۸۸ بسیار واضح و مشخص بود. اما در تابستان علی رغم درجه حرارت مناسب شکارگری شدید بر آن سبب کاهش شدید تراکم *Podon polyphemoides* گردید. این نوع تغییرات در بسیاری از اکوسیستم های ساحلی مشاهده می گردد (Pollupuu et al., 2010). *Acartia tonsa* نیز با وجود آنکه در سراسر سال تراکم قابل ملاحظه ای را در تجمعات زئوپلانکتونی تشکیل می دهد، بهترین رشد و تکثیر آن در بهار و تابستان (درجه حرارت ۲۰-۲۲ درجه سانتیگراد) است (Sazhina, 1971). چنانکه در سال ۸۸ نیز بیشترین تراکم آن در بهار و تابستان ثبت گردید. در فصل پاییز همراه با کاهش دما تراکم آن کاسته شد و این روند با افزایش سرما (کاهش دما) در زمستان نیز ادامه پیدا کرد، بطوریکه در زمستان کم ترین جمعیت را دارا گردید.

بنابراین هر چند دینامیک جمعیت *M.leidy* بعنوان نخستین توضیح برای تغییرات در اکوسیستم خزر جلوه می نماید ولی در واقع برابند بین فاکتورهای مختلف و موثر از جمله درجه حرارت، شوری، مواد مغذی، شکارگری و شکار شدن است که سبب تغییر در جمعیت می گردد (Atienza et al., 2008).

کنترل Top-down زئوپلانکتون بر فیتوپلانکتون از طریق چرا (Grazing) و چرخه مواد مغذی کنترل می شود (Deason and Smayda, 1981). این فرایند به گونه زئوپلانکتون، شکل، اندازه و مکانیسم فیزیولوژیکی (تولید سم، ایجاد کلنی و پوشش ژلاتینی) فیتوپلانکتون بستگی دارد (Sigeo, 2004). رد یابی و شناسایی کنترل Top-down زئوپلانکتون بر فیتوپلانکتون در شرایط خاص محیطی بخصوص افزایش درجه حرارت و افزایش غلظت مواد مغذی بسیار مشکل است. لذا توجیه و تفسیر اطلاعات بدست آمده از آزمون های آماری باید منطبق بر شواهد محیطی و اکوسیستم باشد. در یک تحقیق ایده آل فرضیه های بدست آمده از اطلاعات اکولوژیکی در محیط های بسته و آزمایشگاه مورد بررسی قرار می گیرد و صحت و سقم آن سنجیده می شود (Sommer et al., 2003). اولین تحقیق بر روی نقش فیتوپلانکتون ها در تغذیه سخت پوستان پلانکتونی در دریای خزر توسط Bening (1938) انجام گرفت. وی در این مطالعه دیاتومه ها، داینوفلاژل ها و دتریت ها (ذرات ریز) را غذای اصلی زئوپلانکتون معرفی نمود.

بررسی اطلاعات در سال ۱۳۸۸ نشان داد که در هر فصل تنها ۲-۳ گونه از ۲ راسته (عمدتاً "کوپه پودا و روتیفرا) و ۱-۲ گونه از مروپلانکتون ها بیش از ۹۰ درصد از تراکم و زی توده را به خود اختصاص دادند. بنابراین آنچه که تحت عنوان تغییرات *Acartia tonsa* sp.، *Asplanchna* sp.، *Syncheata* sp.، *Balanus* larvae و *Lamellibranchiata* در هر فصل ارائه گردیده، در واقع عمده تغییرات تراکمی و زی توده زئوپلانکتون را در برمی گیرد. اگرچه جایگزینی فصلی فیتوپلانکتون بر جایگزینی فصلی زئوپلانکتون اثر می گذارد،(بعنوان مثال در دریای خزر غالب بودن دیاتومه نقش مهمی در تامین غذا برای کالانویید کوپه پودا در کلیه فصول دارد) اما بسیاری از گروه های زئوپلانکتونی قادرند که بر حسب گونه های فیتوپلانکتونی در دسترس منبع غذایی خود را تغییر دهند (Sigeo, 2004). چنانکه بر اساس نتایج CCA، PCA و رگراسیون، رفتارهای تغذیه ای گونه های زئوپلانکتون در فصول مختلف یکسان نبود و بشدت به ترکیب گونه ای و تراکم فیتوپلانکتون بستگی داشت. به

عبارت دیگر مرزبندی کلاسیک گونه های فیتوپلانکتون به ۱- گونه های ماکول و حساس (کاهش تراکم گونه فیتوپلانکتونی همراه با افزایش زئوپلانکتون) ۲- غیر ماکول و غیر حساس (عدم تغییر تراکم همراه با افزایش و کاهش زئوپلانکتون) ۳- گونه غیر ماکول و حساس (افزایش تراکم گونه فیتوپلانکتونی همراه با افزایش زئوپلانکتون) (Hellawell, 1986) امکان پذیر نبود. این رویداد تفسیر روابط بین فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون را پیچیده ترمی نماید.

گونه های کلروفیتا که دارای ابعاد کشیده، پوشش ژلاتین دار و بزرگتر از ۴۰ میکرون هستند معمولاً مورد چرا واقع نمی شوند (Sigeo, 2004) اما گونه های کوچک سایز و بدون پوشش ژلاتین دار مورد استفاده گونه های دارای تغذیه فیلتری و زئوپلانکتون نابالغ قرار می گیرند (Sorokin, 1999; Canale, et al., 1976) در تحقیق حاضر کلروفیتا (عمدتاً "گونه *Binuclearia lauterbornii*) در فصل بهار توسط بیشتر گروههای زئوپلانکتون (Copepoda, Rotifera, Cirripedia و Lamellibranchiata larvae) مورد تغذیه قرار گرفت. در فصل پاییز نیز این گونه توسط *Acartia tonsa* و *Balanus larvae* خورده شود. در زمستان گروههای زئوپلانکتونی رابطه واضحی را با کلروفیتا و *Binuclearia lauterbornii* بروز ندادند. در مطالعه Kasimov, 2004 نیز *Binuclearia lauterbornii* جزو غذاهای *Acartia tonsa* آورده شده است.

از شاخه سیانوفیتا، *Oscillatoria* sp. در فصل بهار اگرچه در PC1 قرار گرفت، ولی دو گروه زئوپلانکتونی *Acartia tonsa* و *Lamellibranchiata larvae* نسبت به آن بی تفاوت بودند (رابطه معنی دار افزایشی و یا کاهشی بین آنها دیده نشد). به نظر می رسد که این گونه سیانوفیتی در بقیه فصول توسط گروههای زئوپلانکتونی مطرح در اکوسیستم استفاده گردید. اما *Lyngbya* sp. که تنها در فصل زمستان در PC4 وارد گردید نه تنها مورد استفاده قرار نگرفت، بلکه افزایش نیز یافت.

مصرف *Exuviaella cordata* (پیروفیتا) توسط *Acartia tonsa* تنها در فصول بهار و تابستان مشخص گردید. در مطالعاتی انجام شده در دریای خزر این گونه بعنوان یکی از غذاهای اصلی سخت پوستان (crustacean) پلانکتونی در خزر جنوبی معرفی گردید (پورغلام و همکاران، ۱۳۷۴؛ Kasimov, 2004). *Peridinium achromaticum* (پیروفیتا) نیز به میزان کم در فصل بهار استفاده گردید. بر طبق مطالعات انجام شده توسط محققین مختلف، داینوفلاژل های بدون کپسول و کوچک معمولاً "مورد تغذیه *Acartia* قرار می گیرد و *Peridinium* بدلیل کپسول دار بودن و سختی هضم و جذب در سفره غذایی آن جا ندارد (Goldyn and Kowalczewsk, 2007; Turner, and Graneli, 1992). آنها کاهش همزمان *Peridinium* با افزایش *Acartia* را به شرایط فیزیکوشیمیایی آب بیش از تغذیه شدن توسط زئوپلانکتون مربوط نمودند. به عبارت دیگر کنترل down-top (مواد مغذی) بر روی *Peridinium* را قوی تر از top-down (زئوپلانکتون) دانستند. اما بررسی گونه های مورد تغذیه *Acartia* در غرب دریای خزر (قلمرو غیر ایرانی) نشان داد که نه تنها پیروفیتای کپسول دار مانند *Peridinium* بلکه گونه سمی از سیانوفیتا (*Microcystis aeruginosa*) نیز مورد تغذیه *Acartia* قرار گرفت (جدول ۱-۴) (Kasimov, 2004).

جدول ۱-۴: محتویات غذایی زئوپلانکتون در غرب دریای خزر در تابستان ۲۰۰۱-۲۰۰۰ (برگرفته

از Kasimov, 2004).

Phytoplankton	<i>Acartia tonsa</i>	<i>Calanipeda aquaedulcis</i>
<i>Merismopedia glauca</i>	+	+
<i>Microcystis aeruginosa</i>	+	+
<i>Gloeocapsa limnetica</i>	+	+
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	+	+
<i>Thalassiosira coronifera</i>	+	-
<i>Skeletonema costatum</i>	+	+
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	+	+
<i>Chaetoceros mulleri</i>	-	-
<i>Chaetoceros wighmii</i>	+	+
<i>Prorocentrum cordata</i>	+	+
<i>Glenodinium behningi</i>	-	+
<i>Glenodinium capsicum</i>	+	-
<i>Peridinium subsalsum</i>	+	-
<i>Goniaulax digitale</i>	+	+
<i>Goniaulax polyedra</i>	+	+
<i>Pediastrum sp.</i>	-	+
<i>Scenedesmus sp.</i>	-	-
<i>Binuclearia lauterborni</i>	+	+

گونه های bold شده بیانگر تشابه نتیجه با مطالعه حاضر است.

در سال ۱۳۸۸، مصرف گونه های با سایز بزرگ و یا زنجیره ای شکل از شاخه باسیلاریوفیتا مانند *Pseudosolenia*

calcar-avis، *Dactyliosolen fragilissima*، *Cerataulina pelagica* و *Pseudonitzschia seriata* نیز بخصوص در فصل

زمستان دیده شد. هرچند که گونه های تک سلولی و کوچک سایزتر مربوط به باسیلاریوفیتا مانند

Thalassionema nitzschioides نیز خورده شدند. احتمالاً وجود گونه های بزرگ سایز در اولین مولفه اصلی

(گروه های عامل فیتوپلانکتون) زئوپلانکتون را ناچار به استفاده از آن ها نموده است، زیرا شانسی انتخاب گزینه

مناسب کم بود. اما رشد و تکثیر بسیاری از گونه های فوق بیشتر از مصرف آن توسط زئوپلانکتون بود، لذا

جمعیت آنها در محیط کاهش چشمگیر نیافت. استفاده از گونه های بزرگ سایز فیتوپلانکتون توسط زئوپلانکتون

در مطالعه Sommer *et al.*, 2003 نیز گزارش گردید. وی اظهار داشت که ادامه این روند موجب افزایش پیکوپلانکتون و نانوپلانکتون های با سایز کوچک می شود. در سال ۱۳۸۸ نیز در فصل بهار چند مورد افزایش ناگهانی پیکوپلانکتون و نانوپلانکتون (*Synechococcus* type و *Chrysochromulina*) ثبت گردید (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰).

گونه های موجود در گروه کلادوسرا در هیچ فصلی نتوانستند رابطه معنی داری را با گونه های فیتوپلانکتون نشان دهند. احتمالاً "سایز مناسب از گونه های فیتوپلانکتونی چندان در دسترس گونه های موجود در گروه کلادوسرا نبوده است. با توجه به نوع تغذیه در کلادوسرا که عمدتاً "فیلتری است، دوره زندگی، طول و سایز نقش مهمی در انتخاب غذا با سایز معین دارد (Sommer *et al.*, 2003). بطور کلی از آنجایی که بیشتر زئوپلانکتون ها در چرخه زندگی خود مراحل نابالغ (نوزاد و ناپلی) و بالغ را طی می کنند، اندازه گیری طولی به هنگام شمارش میکروسکوپی، بخصوص برای گونه های عامل کمک موثری را در تفسیر روابط غذایی ارائه خواهد نمود (Karin, and Geller, 1986). لذا در فصول پاییز و زمستان همزمان با حضور محدود دافنی که *Oscillatoria* sp. رشته ای، دیاتومه های زنجیره ای و یا دارای تارهای بلند و کشیده (*Chaetoceros peruvianus*) در PC1 قرار گرفتند، شانس بدست آوردن غذا با سایز مناسب برای گونه های دارای تغذیه ی فیلتری کم بوده است (Karin and Geller, 1986). به نظر می رسد که سایز فیتوپلانکتون برای *Podon polyphemoides* نیز دارای اهمیت بود. به هر حال عدم حضور و یا حضور بسیار کم کلادوسرا بخصوص در فصل تابستان بطور غیرمستقیم فاکتور مناسب دیگری را برای رشد و تکثیر گونه های P-limited (گونه های محدود شونده به فسفات) مهیا نموده است. زیرا خصوصیات فیزیولوژیکی کلادوسرا به نحوی است که میزان فسفر خارج شده از آن بسیار کم تر از نیتروژن است. لذا حضور آن در محیط به نفع گونه هایی است که توانایی تثبیت نیتروژن ندارند (گروه های غیر سیانوفیتا). در مقابل، عدم حضور کلادوسرا سبب می شود که یکی از موانع رشد و تکثیر سیانوفیتا برداشته شود (Low *et al.*,

2010). اما در همین شرایط کوپه پودا قادر به تغذیه بودند. اگرچه تغذیه از سیانوفیتا نوترینت ضروری را به اندازه کافی برای آنها فراهم نمی کند. کوپه پودا با توان دو گانه تغذیه یعنی فیلتراسیون و شکارگری نسبت به کلادوسرا (عموما" دارای توان فیلتراسیون و گاهها" شکارگری) و روتیفرا (عموما" تغذیه از ذرات ریز و گاهها" شکارگری) دارای فرصت و شانس بیشتر برای بدست آوردن غذا و حفظ جمعیت خود هستند. بنابراین تفاوت در روش های تغذیه ای (متاثر از نوع گونه، طول خطی و دوره زندگی زئوپلانکتون) سبب تفاوت در انتخاب غذا، میزان چرا (Burns, 1969; Knoechel and Holtby, 1986) و نهایتا" اثرات متفاوت اکولوژیک بر اکوسیستم میگردد (Reynolds, 2006).

پروتوزوا از مصرف کنندگان مهم محیط های آبی محسوب می گردند. آنها قادر به رقابت غذایی با سایر چراکنندگان (حسینی و جلالی، ۱۳۸۸) و تغذیه از سیانوفیتا و داینوفلاژل های تاژک دار هستند (Sorokin, 1999). به این ترتیب حذف داینوفلاژل ها بطور غیر مستقیم سبب کاهش شکارگران (سایر گروههای زئوپلانکتونی) آنها می شوند (Kagami et al., 2002). در واقع بررسی روابط غذایی بدون در نظر گرفتن پروتوزوا کامل نمی باشد. در حالی که در مطالعات چندان توجهی به آنها نمی شود. زیرا عموما" کراستاسه و روتیفرا بعنوان مهم ترین عوامل تولید جمعیت، زی توده، میزان چرا و چرخه مواد مغذی در نظر گرفته می شود. لذا در بسیاری از نمونه برداری ها از جمله مطالعه حاضر که از تورهای با چشمه بزرگتر از ۶۴ میکرون برای نمونه برداری استفاده می گردد، اطلاعات دقیقی از جمعیت پروتوزوا بدست نمی آید. اگرچه عده ای معتقدند که بعضی از گونه های مربوط به روتیفرا نیز با این چشمه تور قابل جمع آوری و مطالعه نیستند. به هر حال آگاهی از جمعیت واقعی پروتوزوا بخصوص به هنگام اختلاط عمودی آب (up-welling) و نیز لایه بندی آب که جمعیت آن ها افزایش می یابد، به حل قسمتی از معمای روابط غذایی تولیدکننده- مصرف کننده کمک خواهد نمود (Sigeo, 2004).

بالتر بودن شاخص شانون زئوپلانکتون در سال های پیش از هجوم شانه دار نشان می دهد که کنترل top-down از سوی زئوپلانکتون بر فیتوپلانکتون بیشتر بود. چنانکه بر اساس گزارش فضلی و همکاران (۱۳۸۹)، در تابستان افزایش چرای زئوپلانکتون موجب کاهش جمعیت فیتوپلانکتون گردید، اما در شرایط کنونی با واقعیت حضور *M.leidy* و کاهش شاخص شانون در زئوپلانکتون و افزایش شاخص شانون در فیتوپلانکتون، توان فیتوپلانکتون در مقابل کنترل top-down افزایش یافته است و کنترل down-top بر روی فیتوپلانکتون مشهودتر است. چنانکه Lampman and Makarewicz, 1999; Goldyn and Kowalczyk, 2007 نیز مشابه نتایج بدست آمده از این مطالعه بیان نمودند که در اکوسیستم با سطح تروفیکی بالا اثر واضحی از شکارگری و چرای زئوپلانکتون بر روی فیتوپلانکتون مشهود نمی باشد.

فشار فعالیت های آنتروپوژنیک و نیز یوتریفیکاسیون سبب تغییر در ساختار و عملکرد تجمعات پلانکتونی می گردد. یکی از رویدادهای متاثر از تغییرات فوق، روند افزایشی نسبت زی توده دو حلقه اول زنجیره غذایی است. در سال ۱۳۸۸ در طی فصول مختلف اگرچه گروههای مختلف زئوپلانکتون افزایش طبیعی و تدریجی جمعیت را (بدلیل سیکل چرخه زندگی) بروز دادند ولی عموماً "افزایش جمعیت فیتوپلانکتون در مقایسه با زئوپلانکتون بیشتر بود بطوریکه در سه فصل اول سال نسبت فوق به ترتیب مقادیر ۱۰، ۴ و ۱۴ را بدست آورد. در تابستان با لایه بندی آب و غالب شدن سیانوفیتا میزان چرا به حداقل خود در دوره مطالعه می رسد (Sigeo, 2004). از پاییز به زمستان بدلیل شدیدتر شدن افزایش جمعیت زئوپلانکتون این نسبت با ۱.۳ برابر کاهش به ۱۱ رسید. فراهم شدن شرایط محیطی مناسب برای افزایش جمعیت *Pseudonitzschia seriata* و *Cerataulina pelagica* در زمستان سبب گردید که حتی با وقوع افزایش جمعیت زئوپلانکتون، توازن بین زی توده حلقه اول و دوم بیش از این بهبود نیافت. افزایش زیاد زی توده فیتوپلانکتون نسبت به زئوپلانکتون بیانگر کاهش میزان چرا و کم بودن میزان تبدیل زی توده فیتوپلانکتون است (McCauley and Kalf, 1981). در دریای سیاه در ایستگاههای دارای کیفیت آب

(Water Quality) متوسط ، نسبت فوق از ۲۸-۹ متغیر بود. اما در ایستگاههای در معرض آلودگی های شیمیایی ، فاضلاب های کشاورزی و صنعتی با کیفیت آب بد-بسیار بد بین ۳۳ تا ۱۱۰۰، قرار داشت (et al., 2002). Moncheva). مقایسه اطلاعات اکوسیستم در هر زمان (بخصوص بعد از تحمیل عامل مزاحم) با اطلاعات زمان ثبات اکوسیستم (پیش از تحمیل عامل مزاحم) برآورد جامع تر و اختصاصی تری را در رابطه با همان اکوسیستم ارائه خواهد داد. در جدول ۲-۴ مقایسه نسبت فوق در سال های پیش از حمله شانه داربه دریای خزر و مطالعه حاضر ارائه گردیده است. این مقایسه نشان داد که در سال ۱۳۷۴ ، ۱۳۷۵ و ۱۳۸۸ در کل ستون آبی نسبت فوق به ترتیب دارای مقادیر ۳.۶ ، ۱.۷ و ۱۱.۸ بود. در این سه سال شاخص شانون به ترتیب برای فیتوپلانکتون نیز مقادیر ۲.۱ ، ۱.۷۵ و ۲.۴ و برای زئوپلانکتون مقادیر ۱.۷ ، ۱.۳۵ و ۱.۱ بود. مقادیر بدست آمده در مطالعه حاضر فرضیه عدم ثبات و وجود اغتشاش در محیط را شدت می بخشد (Stoyanova and Stefanova, 2001).

جدول ۲-۴: نسبت زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون در اعماق مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر

اعماق(متر)	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
قبل از هجوم <i>M.leidyi</i>	۱.۹۳	۳.۴	۴.۴	۲.۵	۳
سال ۱۳۸۸	۵	۱۰.۹	۱۰.۶	۱۹	۲۱.۹

کاهش زی توده زئوپلانکتون در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال های پیش از هجوم شانه دار سبب گردید که میانگین زی توده فیتوپلانکتون به زئوپلانکتون از "کمتر از 5" به "بیشتر از ۱۰" برسد. به این ترتیب نگاهی دیگر به اثرات ورود *M.leidyi* به دریای خزر مشخص می کند که ورود این گونه با کاهش کمی (جمعیت) و کیفی (تعداد گونه ها) زئوپلانکتون و نهایتاً "کاهش توازن بین دو حلقه اول زنجیره غذایی همراه بوده است.

توازن بین موجودات معمولاً با افزایش گروه‌های شرکت کننده در ترکیب ساختاری که با افزایش انرژی نیز همراه باشد، افزایش می‌یابد. در حالی که در مطالعه حاضر نسبت به مطالعه قبلی ساده تر شدن ساختار زئوپلانکتون (کاهش گونه و شاخص شانون) صورت گرفته است. این فرایند کارایی مصرف و انتقال انرژی را از تولیدات فیتوپلانکتونی را کاهش داده و موجب افزایش مواد آلی و آهسته تر شدن جریان تجزیه و چرخه مواد می‌گردد (Stoyanova and Stefanova, 2001).

Kremer (1994) گزارش کرد که رشد شانه دار در دمای بالا و شوری پایین صورت می‌پذیرد. لذا با وجود آنکه این موجود در مناطقی مانند آتلانتیک (دارای شوری اقیانوسی) نیز زیست می‌کند، به نظر می‌رسد که در مکان های دارای شوری پایین تر از اقیانوس (مانند شوری دریای خزر) رشد بهتری دارد. در مطالعه حاضر حداکثر تراکم و زی توده در فصول دارای دما و شوری بالا (تابستان و پاییز) بیشتر بود. به این ترتیب از زمان ورود به حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۷۹ تا زمان انجام این مطالعه در سال ۱۳۸۸ شانه دار در آب لب شور دریای خزر زمان های دارای دمای بالاتر و شوری نسبتاً بیشتر را برای رشد ترجیح داده است. اما با توجه به توان سازگاری بالای این موجود، مطالعات سال های آینده نشان خواهد داد که آیا *M.leidy* خواهد توانست با دمای پایین تر از حداقل دمای پاییز (یعنی کمتر از ۶ درجه سانتیگراد) و شوری کم تر از حداقل شوری تابستان (یعنی کمتر از ۸ ppt) علاوه بر زیستن، رشد و تکثیر نماید. برخلاف انتظار، در آزمون واریانس متغیرهای بیولوژیک (تراکم شانه دار، زئوپلانکتون، کوبه پودا و سیرپدیا و زی توده فیتوپلانکتون) ارتباط معنی داری را با متغیرهای غیر زیستی (دما، شوری و شفافیت) نشان ندادند. بنابراین برای تعیین هر چه بیشتر این همبستگی ها (بین متغیرهای زیستی و غیر زیستی) از آزمون مولفه اصلی (PCA) استفاده گردید (Shiganova et al., 2004). با توجه به این که شانه دار در فصول تابستان و پاییز دارای فراوانی حضور و تراکم مناسب برای آزمون های آماری بود، لذا فقط این دو فصل مورد بررسی قرار گرفت.

در فصل تابستان حداکثر میانگین تراکم شانه دار در ناحیه ای (غرب) که دما و شوری پایین تری نسبت به نواحی دیگر دارد ثبت گردید که این تغییرات در مولفه اول (PC1) با واریانس ۴۰٪ با بارهای عاملی مثبت تراکم شانه دار، دما و شوری قابل مشاهده است.

در فصل پاییز در مولفه اول بار عاملی تراکم شانه دار با زئوپلانکتون، کوبه پودا و سیرپیدیا همبستگی منفی داشتند. با بیان دیگر افزایش تراکم شانه دار با کاهش زئوپلانکتون ها همراه بوده است که این نتیجه با تغییرات آنها در ناحیه شرقی مطابقت دارد. حداکثر میانگین تراکم شانه دار در ناحیه ای (شرق) با دما و شوری پایین تر نسبت به دیگر نواحی مشاهده گردید. آزمون مولفه اصلی در فصل پاییز نیز موارد بالا را تایید می کند بطوریکه این تغییرات در مولفه دوم (PC2) با واریانس ۲۴٪، علامت بار عاملی تراکم شانه دار با دما و شوری مخالف هم بوده است.

در فصل تابستان زی توده فیتوپلانکتون به همراه متغیرهای محیطی (دما، شوری و شفافیت) در مولفه های دوم و سوم مشارکت داشتند که این نتیجه بیانگر اثر بیشتر این متغیرها بر زی توده فیتوپلانکتون نسبت به چرای زئوپلانکتون بوده است. در فصل پاییز بر عکس فصل تابستان زی توده فیتوپلانکتون به همراه متغیرهای چرا کننده (زئوپلانکتون، کوبه پودا و سیرپیدیا) در مولفه های دوم مشارکت داشتند که این نتیجه نشان می دهد که در فصل پاییز، چرای زئوپلانکتون بر زی توده فیتوپلانکتون اثر بیشتری نسبت به متغیر های محیطی داشت. اختلاف بین این دو فصل را می توان به شرایط حاکم بر این اکوسیستم مربوط دانست. در فصل تابستان وجود ترموکلاین، شرایط جوی و محیطی اکوسیستم را بسوی شکوفایی سیانوفیتی و پس از آن غالبیت کامل سیانوفیتا هدایت نمود به نحوی که ساختار و ترکیب گونه های غالب فیتوپلانکتون را بسیار ساده نمود. ضمن آنکه این ساختار ساده گونه های عامل فیتوپلانکتون توسط رشته های سیانوفیتی (فاقد شکل و ارزش غذایی مناسب برای زئوپلانکتون) شکل گرفته بود. از طرفی افزایش کنترل بالا به پایین (Top-down) از شانه دار به زئوپلانکتون

در تابستان سبب کاهش فشار چرا بر فیتوپلانکتون گردید. بنابراین تغییرات افزایشی و کاهش فیتوپلانکتون بیشتر تحت تاثیر متغیرهای محیطی بود. اما در فصل پاییز شکست لایه ترموکلاین و افزایش مواد مغذی در دسترس برای شاخه های مختلف فیتوپلانکتون بخصوص باسیلاریوفیتا فرصت مناسب برای افزایش جمعیت و ترمیم ساختار گونه ای که در تابستان دچار اختلال شده بود فراهم نمود. احتمالاً افزایش تنوع گونه ای و جمعیت در شاخه غیر سیانوفیتی از فیتوپلانکتون، امکان دستیابی زئوپلانکتون را به منابع غذایی بیشتر نمود، بطوریکه اثرات چرای زئوپلانکتون را بر فیتوپلانکتون در آزمون مولفه اصلی بیشتر از فصل تابستان نمود.

در هر دو فصل تابستان و پاییز علامت بار عاملی شفافیت و تراکم شانه دار مخالف هم بوده است که این نتیجه بیانگر افزایش کدورت و کاهش شفافیت آب بدلیل حضور شانه دار و موکوس مترشحه از آن است.

در تحقیق حاضر نیز بر اساس آزمون CCA، شانه دار از سیرپیدیا تغذیه نموده است. چنانکه در دریای سیاه نیز بر اساس گزارش Dumont و همکاران (۲۰۰۴) شانه دار در فصل تابستان به مقدار ۳۰٪ از سیرپیدیا استفاده کرده است.

معمولاً عدم ثبات و یا افزایش سطح تروفیکی سبب می گردد که جمعیت گونه های دارای چرخه زندگی کوتاه و دارای قدرت سازگاری بالا، بخصوص در نزدیکی سواحل و مکان های دارای امواج متلاطم افزایش یابد و یا غالب گردد (Sigeo, 2004; Grizzle, 1984). در مطالعه ی Cyrus et al., 2011 دو گونه ی پرتار *Capitella capitata* و *Prionospio sexoculata* و در مطالعه ی Boesch, 1973 گونه ی دیگری از پرتاران یعنی *Neries succinea* بعنوان گونه های فرصت طلب و دارای خصوصیات فوق یاد شده است. در مطالعه حاضر نیز *Streblospio* و *Nereis diversicolor* (پرتاران) احتمالاً در گروه فوق قرار می گیرند. چنانکه بر اساس نتایج بدست آمده *Streblospio* در کلیه فصول حداکثر جمعیت را نسبت به سایر ماکروبنتوزها بدست آورد، ضمن آنکه دو گونه فوق در اعماق ۲۰ و کمتر از ۲۰ متر (بخصوص در تابستان) دارای میانگین جمعیت بیشتر از اعماق ۱۰۰-۵۰ متر بودند. همچنین

در فصل تابستان با آنکه *Streblospio* و *Cerastoderma lamarcki* به ترتیب بعنوان نمایندگان اصلی جمعیت و زی توده بالاترین درصد جمعیت را نسبت به سایر فصول دارا بودند، حداقل زی توده ماکروبتوزها ثبت گردید. این امر بیانگر کم شدن گروه وزنی رده های پرتاران و دوکفه ایها در فصل تابستان می باشد و از نگاهی دیگر وجود اغتشاش را بخصوص در فصل تابستان نشان می دهد. یاد آور می شود که *Roohi et al., 2010* با مقایسه جمعیت و زی توده ماکروبتوزها در قبل از ورود شانه دار (۱۳۷۵) با بعد از ورود شانه دار (۸۵-۱۳۸۰) نشان دادند که در این تجمعات *Neries diversicolor* (رده ی پرتاران) و نیز رده کم تاران (تغذیه از رسوب) جایگزین خانواده گاماریده از رده کراستاسه (تغذیه از مواد معلق) گردیده اند. ادامه این وضعیت در سال ۱۳۸۸ نیز بدان معنا است که در رسوبات میزان قابل توجهی مواد آلی وجود دارد. یعنی سطح تروفیکی اکوسیستم به یوتروفی متمایل است. در این آب ها مواد آلی حتی اگر در زیر لایه رسوب قرار گیرند دارای ترکیب ناپایدار قابل هضم توسط ماکروبتوزی موجود یعنی رسوب خواران است (Sokolova, 1972). تحقیقات بر روی رسوبات سواحل دریای خزر در قلمرو آذربایجان بیانگر کاهش جمعیت و تنوع آمفی پودا (از عمده ترین راسته های کراستاسه در دریای خزر) بوده است. مطالعات آزمایشگاهی نیز بیانگر حساسیت آمفی پودا به هیدروکربن ها بوده است. بنابراین حضور آمفی پودا بیانگر میزان کم آلودگی های صنعتی در رسوبات است (CEP, 1998). در این مطالعه نظیر آنچه *Roohi et al, 2010* نشان دادند جمعیت آمفی پودا بسیار کم بوده است که احتمالاً بدلیل افزایش بار مواد آلی و آلاینده های مختلف در رسوبات این منطقه می باشد.

همان طور که عنوان شد حداکثر تراکم ماکروبتوزها در فصول تابستان و حداقل آن در زمستان بوده است. بر اساس تراکم سه رده غالب (پرتاران، کم تاران و سخت پوستان)، رده ی پرتاران در فصول مختلف دارای بالاترین سهم در ماکروبتوزها بوده است با این تفاوت که در فصول تابستان، پاییز و زمستان با ۸۰ درصد ولی در فصل بهار با ۶۰ درصد در تراکم ماکروبتوزها مشارکت داشت. بررسی ها نشان داد که بستر عمق ۲۰ متر در

فصل بهار، بیشترین درصد siltclay (۹۱.۸۶٪)، و کمترین میزان TOM (۲.۹۳٪) را در مقایسه با بستر همین عمق در سایر فصول داشته است. احتمالاً همین دو عامل یعنی بالا بودن درصد siltclay و کاهش میزان TOM، باعث کاهش تراکم رده Polychaeta شده است.

تراکم ماکروبتوزها در عمق میانی (۲۰ متر) حداکثر بود. با توجه به بافت رسوب در این عمق به نظر می‌رسد که ماکروبتوزها به بافت رسوبی با دانه بندی متوسط (siltclay=85% و sand=15%) تمایل بیشتری دارند. آزمون همبستگی نشان داد که ضرایب مربوط به متغیرهایی که همبستگی معنی داری داشته است کمتر از ۰.۳ بوده است و این احتمالاً بدلیل اثر بیشتر سایر متغیرها بوده است.

از نظر اکولوژیکی، تغییرات ماکروبتوزها بوسیله مجموعه ای از پارامترهای دما، شوری، اکسیژن، نوع بافت رسوب کنترل می‌گردد و تعیین یک پارامتر بعنوان کنترل کننده امکان پذیر نیست (Harkantra and Parulekar, 2002; Joydas, 1991). نتایج نشان می‌دهد که سه رده غالب در فصول مختلف رفتار متفاوتی را نسبت متغیرهای محیطی و بافت بستر نشان داده است. رده کم تاران در بیشتر فصول رابطه مستقیم با بافت بستر (بطور مثال TOM) داشته است و با متغیرهای محیطی رابطه عکس داشته است. بر خلاف رده کم تاران، رده پرتاران در اکثر فصول با متغیرهای محیطی رابطه مستقیم داشته است. رده سخت پوستان نیز در فصول مختلف با بافت بستر و متغیرهای محیطی رابطه مستقیم داشته است. بر اساس مطالعه Dittmann (2000a,b) شوری فاکتور موثر بر توزیع رده ها و گونه های ماکروبتوز می باشد چنانکه در مطالعه حاضر نیز پرتاران و سخت پوستان در برخی فصول این رابطه را نشان دادند.

در آزمون سالانه همبستگی پیرسون، تراکم رده پرتاران با Gravel، دما و DO% همبستگی معنی دار مثبت نشان داد ولی با TOM همبستگی نداشته است. در آزمون PCA نیز رده پرتاران با متغیرهای محیطی دما، شوری، DO% و

pH هم گروه شده است. در آزمون CCA رده پرتاران با دما، Sand، DO% و pH رابطه مستقیم داشته است. نتایج آزمون CCA ترکیبی از دو آزمون PCA و پیرسون بوده است.

نتایج تحقق حاضر نشان می دهد که سه رده غالب ماکروبتوزها در دو فصل گرما (تابستان) و سرما (زمستان) بر خلاف متغیرهای محیطی و بافت بستر رفتار یکسانی را نسبت به متغیرهای آلودگیها نشان داده است. بطوریکه در آنالیز CCA، کم تاران و سخت پوستان تحت تاثیر پنج گروه از سموم کلره (BHC، Endosul، Heptachl، DDTs)، اما تراکم رده پرتاران تاثیری از متغیرهای مختلف نشان نداد. Rawson و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که برخی از رده های ماکروبتوزها رابطه مستقیمی با آلاینده ها نشان نمی دهند. آنها عقیده داشتند که متغیرهای مهم دیگر (پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و تنوع زیستگاه) بر تراکم ماکروبتوز اثر می گذارند. در تحقیق حاضر نیز در خصوص تراکم پرتاران به نتایج مشابه بالا دست پیدا کردیم بطوریکه این رده بیشتر تحت تاثیر متغیرهای محیطی است تا آلودگی ها. اما در خصوص دو رده دیگر که از تراکم بسیار کمتری نسبت به رده پرتاران دارا می باشند وضعیت متفاوت می باشد بطوریکه در تحقیق حاضر این دو رده علاوه بر ارتباط با متغیرهای محیطی با ترکیبات آلی سموم کلره ارتباط مستقیم داشتند. همچنین نتایج نشان داد که دو رده کم تاران و سخت پوستان ارتباط معکوس با ترکیبات نفتی و فلزات داشته اند به بیان دیگر افزایش این دو متغیر (ترکیبات نفتی و فلزات) سبب کاهش تراکم این دو رده ماکروبتوزها می شود.

پیشنهادها

هدایت نمونه برداری در جهت تهیه مدل های اکولوژیک کارآمد که هم درک ما را از چگونگی تغییرات اکوسیستم بالا برد و هم با عددی کردن فاکتورهای موثر در اکوسیستم از قبیل فعالیتهای انسانی (تخلیه فاضلاب ها، فعالیتهای تفریحی و بندرگاهها) مهاجمین بیولوژیکی، تغییرات آب و هوایی امکان پیش گویی رویدادهای اکولوژیکی را فراهم نماید. در این راستا افزایش فاکتورهای مورد اندازه گیری و نیز تعداد نمونه برداری از فصلی به ماهانه بخصوص از تیر تا آبان و بهمن تا اسفند پیشنهاد می گردد.

۱) بررسی ویژگیهای فیزیولوژیک و اکولوژیک گونه های عامل در گروه زیستی (فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون و ماکروبتوز) در آزمایشگاه و مزوکروم

۲) در بسیاری از نمونه برداری ها از جمله مطالعه حاضر که از تورهای با چشمه بزرگتر از ۶۴ میکرون برای نمونه برداری استفاده می گردد، اطلاعات دقیقی از جمعیت پروتوزوآ بدست نمی آید. اگرچه عده ای معتقدند که بعضی از گونه های مربوط به روتیفران نیز با این چشمه تور قابل جمع آوری و مطالعه نیستند. به هر حال آگاهی از جمعیت واقعی پروتوزوآ، به حل قسمتی از معمای روابط غذایی تولیدکننده- مصرف کننده کمک خواهد نمود

۳) بیشتر زئوپلانکتون ها در چرخه زندگی خود مراحل نابالغ (نوزاد و ناپلی) و بالغ را طی می کنند، اندازه گیری طولی به هنگام شمارش میکروسکوپی، بخصوص برای گونه های عامل کمک موثری را در تفسیر روابط غذایی ارائه خواهد نمود

۴) جهت درک هرچه بهتر روابط اکولوژیک نمونه برداری شبانه پارامترهای زیستی و غیر زیستی در حداقل در سه نیم خط (انزلی، نوشهر و امیرآباد) لازم و ضروری می باشد

۵) بررسی تغییرات *M.leidy* در دمای پایین تر از حداقل دمای پاییز (یعنی کمتر از ۶ درجه سانتیگراد) و

شوری کم تر از حداقل شوری تابستان (یعنی کمتر از ۸ ppt) جهت درک کامل رفتار این موجود در ارتباط

بازیستن، رشد و تکثیر آن

تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر مطلبی ریاست محترم موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور و معاونین محترم ایشان و ریاست محترم بخش اکولوژی که حمایت مالی این طرح را بعهدہ داشتند کمال تشکر را دارم. از جناب آقای دکتر پورغلام ریاست محترم پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، جناب آقای دکتر نگارستان ریاست محترم بخش اکولوژی موسسه، از مشاورین، مجریان و همکاران محترم پروژه در بخش تحقیقاتی که پشتیبانی علمی خوب و شایسته ای را داشتند سپاسگزاری می نمایم. همچنین از پرسنل پشتیبانی و همکارانی که در کشتی گیلان زحمت کشیده اند تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

- پورغلام، ر. ۱۳۷۴. پروژه پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر با همکاری انستیتو تحقیقات کاسپنریخ (روسیه) و مرکز تحقیقات شیلات گیلان و مازندران، ۷۴-۱۳۷۳، ۱۳۷۳. مرکز تحقیقات شیلات مازندران، ۰۸-۰۷۱۰۲۴۲۰۰۰-۷۳.
- برشتین، یا. آ.، ل. ج. وینوگرادوف، ن. ن.، کانداکووا، م. س. کان، ت. و. آستاخوا و ن. ن. رومانووا. ۱۹۶۸. اطلس بی مهرگان دریای خزر. مسکو
- جانباز، ع. ا.، کر، د.، مقیم، م.، افراپی، م. ع.، عبدالملکی، ش.، دریانبرد، غ. ر.، خدمتی، ک.، شعبانی، خ.، باقری، س.، نهرو، م. ر.، راستین. ر.، رستمیان، م. ت. ۱۳۸۹. پروژه بررسی خصوصیات زیستی کیلکا ماهیان (سن، رشد، تغذیه و تولید مثل) در حوزه جنوبی دریای خزر. موسسه تحقیقات شیلات ایران، ساری: پژوهشگاه اکولوژی دریای خزر. ۸۶۰۰۱-۸۶۰۱-۰۲-۲۰۰۰۰۰-۱۰۰-۰.
- حسینی، س. ع. و جلالی، م. ع. ۱۳۸۸. کاربرد غذای زنده در پرورش آبزیان، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۸۹ صفحه.
- حسینی، ع.، گنجیان، ع.، مخلوق، آ.، کیهان ثانی، ع. ر.، تهامی، ف.، محمد جانی، ط.، حیدری، ع.، مکارمی، م.، مخدومی، ن. م.، روشن طبری، م.، تکمیلیان، ک.، روحی، ا.، رستمیان، م. ت.، فلاحی، م.، سبک آرا، ح.، خسروی، م.، واردی، ا.، هاشمیان، م.، واحدی، ف.، نصرالله زاده ساروی، ح.، نجف پور، ش. ۱۳۹۰. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی حوضه جنوبی دریای خزر (۷۶-۱۳۷۵). ساری: پژوهشگاه اکولوژی دریای خزر، ۱۳-۰۷۱۰۲۴۲۰۰۰-۷۵.

- رستمیان، م.ت.، مکرمی رستمی، ع.، خداپرست، ن.، کیهان ثانی، ع.ر.، نصراله تبار، ع. ۱۳۸۷. پروژه بررسی فراوانی و بیوماس شانه دار *M. leidy* در حوزة جنوبی دریای خزر. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۸۶۹۰-۸۶۰۵-۱۲-۷۶-۲.
- روشن طبری، م.، تکمیلیان، ک.، رستمیان، م. ت.، باقری، س.، کیهان ثانی، ع.ر.، نصراله تبار، ع.، حسن زاده کیایی، ب.، G.Finenko، ۱۳۸۸. پروژه بررسی محتویات معده کیلکا ماهیان و مقایسه آن با محتویات معده شانه دار *Menemopsis leidy* در سواحل ایرانی دریای خزر. موسسه تحقیقاتی شیلات ایران. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۴۵ صفحه.
- روشن طبری، م.، فارابی، س.م.و.، رحمتی، ر.، خداپرست، ن.، رستمیان، م.ت. رضوانی، غ.، اسلامی، ف.، سلیمانی رودی، ع.، کیهان ثانی، ع.ر.، مکرمی، ع.، سبک آرا، ج.، دوستدار، م.، گنجیان، ع.، گل آقایی، م.، مخلوق، ا.، ۱۳۹۰. پروژه بررسی تنوع، بیوماس و فراوانی زئوپلانکتون در منطقه جنوبی دریای خزر. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۸۸۰۳۸-۸۶۰۵-۱۲-۷۶-۱۲.
- سلیمانی رودی، ع.، هاشمیان، ع.، سالاروند. رئیسیان، ا.، نصراله زاده ساروی، ح.، فارابی، س.م.و.، مخلوق، آ.، نادری، م.، اسلامی، ف.، الیاسی، ف.، نظران، م.، دشتی، ع.، رضایی نصرآبادی، ع.، سلمانی، ع.، کاردر رستمی، م.، ۱۳۹۰. پروژه بررسی تنوع، پراکنش، فراوانی و زی توده ماکروبتنوزها در منطقه جنوبی دریای خزر. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۸۸۰۳۸-۸۶۰۵-۱۲-۷۶-۱۲.
- غیاثوند، ا. ۱۳۸۷. کاربرد آمارو نرم افزار SPSS در تحلیل داده ها. تهران: نشر لویه.
- فارابی، م.و. فضلی، ح.، واردی، ا.، واحدی، ف.، روشن طبری، م.، هاشمیان، ع.، گل آقایی، م. و رستمیان، م. ۱۳۸۷. طرح پروژه هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلودگیهای زیست محیطی حوزة جنوبی دریای خزر. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، شماره مصوب، ۸۶۰۵-۱۲-۷۶-۱

- فضل، ح.، فارابی، م.و.، درینبرد، غ.ر.، گنجیان، ع.، واحدی، ف.، واردی، ا.، هاشمیان، ع.، روشن طبری، م.، روحی، ا. ۱۳۸۹. پروژه تجزیه و تحلیل داده های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۸۶۰۸۹-۸۶۰۵-۱۲-۷۶-۲.
- لالوئی، ف.، پیری، م.، نگارستان، ح.، شفیع پور، م.م. و زلفی نژاد، ک. ۱۳۸۳. بررسی هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلودگیهای زیست محیطی مناطق با ارزش شیلاتی حوزه جنوبی دریای خزر (منطقه ساحلی کمتر از ۱۰ متر) (۷۸-۱۳۷۷). ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۷۷-۲۱۴۰۰۰-۰۷۱۰۶-۰۶.
- مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، فارابی، س.م.و.، روشن طبری، م.، اسلامی، ف.، رحمتی، ر.، تهامی، ف.، کیهان ثانی، ع.ر.، دوستدار، م.، خداپرست، ن.، گنجیان، ع.، مکرمی، ع.، ۱۳۹۰. پروژه بررسی تنوع، بیوماس و فراوانی فیتوپلانکتون در منطقه جنوبی دریای خزر ۱۳۸۸. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۸۸۰۳۶-۸۸۰۱-۱۲-۷۶-۱۲.
- مکرمی، ع.، نصراله زاده ساروی، ح.، نادری، م.، اسلامی، ف.، فارابی، م.و.، رستمیان، م.ت.، روشن طبری، م.، دوستدار، م.، کیهان ثانی، ع.ر.، قانع، م.، آذری، ح.، سلیمانی رودی، ع.، پورغلام، ر.، روحی، ا. ۱۳۹۰. بررسی فراوانی و بیوماس شانه دار *Mnemiopsis leidyi* در منطقه جنوبی دریای خزر. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۸۸۰۳۹-۸۸۰۱-۱۲-۷۶-۲.
- نجف پور، ش.، نصراله زاده ساروی، ح.، واردی، ا.، یونسی پور، ح.، فریبا واحدی، غلامی پور، س.، رضایی، م.، علوم، ی.، نصراله تبار، ع.، احمد نژاد، ا.، ۱۳۹۰. پروژه بررسی آلاینده های زیست محیطی (سموم ارگانوکلره، فلزات سنگین، هیدروکربورهای نفتی و سورفاکتانت) در سواحل منطقه جنوبی دریای خزر. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر ۸۸۰۳۴-۸۸۰۱-۱۲-۷۶-۱۲.

• نصراله زاده ساروی، ح.، یونسی پور، ح.، علومی، ی.، نصراله تبار، ع.، الیاسی، ف.، نوروزیان، م.، دلیناد، غ. ح.، واحدی، ف.، گل آقایی، م.، مکرمی، ع.، مخلوق، آ.، کاردر، م. ۱۳۸۹. پروژه بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در منطقه جنوبی دریای خزر. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۸۸۰۳۷-۸۸۰۱-۱۲-۷۶-۲.

• واردی، ا.، نصراله زاده ساروی، ح.، نجف پور، ش.، واحدی، ف.، غلامی پور، س.، یونسی پور، ح.، علومی، ی.، طالبیان، ح.، احمد نژاد، ا.، ۱۳۹۰. پروژه بررسی آلاینده‌های زیست محیطی (فلزات سنگین، هیدرکربورهای نفتی، سورفاکتانت ها و سموم کشاورزی) در سواحل جنوبی دریای خزر. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۸۶۰۸۸-۸۶۰۵-۱۲-۷۶-۲.

• هاشمیان، ع.، روشن طبری، م.، روحی، ا.، مخلوق، ا.، گنجیان، ع.، تهامی، ف.، رستمیان، م.ت.، کیهان ثانی، ع.ر.، سالاروند، غ.ر.، افراپی، م.ع.، شیخ الاسلامی، ع.، فراخی، ع.، امانی، ق.ع.، واحدی، ف.، علومی، ی.، نصراله تبار، ع.، واردی، ا.، نجف پور، ش.، سلمانانی، ع.، غلامی پور، س.، یونسی پور، ح. ۱۳۸۵. بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلودگیهای زیست محیطی اعماق کمتر از ۱۰ مترحوضه جنوبی دریای خزر (۱۳۸۳). ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۸۲-۰۷۱۰۲۴۲۰۰۰-۱۳.

- Aladin, N. and I. Plotnikov. 2004. The Caspian Sea. Lake Basin Management Initiative Thematic Paper. (www.vliz.be/imisdocs/publications/133415.pdf).
- Alves-de-Souza, C., M.T. Gonzalez and J. Iriarte. 2008. Functional groups in marine phytoplankton assemblages dominated by diatoms in fjords of southern Chile. *Journal of plankton research*, 30(11):1233-1243.
- Andreu P. and C. M. Duarte. 1996. *Zooplankton Seasonality in Blanes Bay (northwest Mediterranean)*. *Publicaciones Especiales. Instituto Espanol de Oceanografia*; p. 47-54. Art. #291, 13 pages. DOI: 10.4102/sajs.v107i3/4.291
- APHA (American Public Health Association). 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. American Public Health Association.
- Atienza, D., E. Saiz, and A. Skovgaard. 2008. Life history and population dynamics of the marine cladoceran *Penilia avirostris* (Branchiopoda: Cladocera) in the Catalan Sea (NW Mediterranean). *Journal of Plankton Research*, 30:345-357.
- Bagheri, S., A., D. Kideys, Sabkara and B. Anzali. 2004. Studying Ctenophora (*Mnemiopsis leidyi*) at the Iranian seashore of the Caspian Sea: *In material of the first international scientific and practical conference of young scientists "complex research of the biological resources of the south seas and rivers"*, Astrakhan, pp. 28-31.
- Bening, A.L. 1938. Main food of the Caspian Sea pelagialia. *Journal Priroda*, 9:33-36.

- Bluman, A.G.1998. Elementary statistics: a step by step approach. USA : Tom Casson publisher, 3rd edition.
- Boeseh, D.F. 1973. Classification and Community Structure of Macrobenothos in the Hampton Roads Area, Virginia, *Marine Biology*, 21:226-244.
- 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.
- 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.
- Burns, C.1969. Relation between filtering rate, temperature and body size in four species of Daphnia. *Limnology and Oceanography* 14: 693-700.
- Canale, R.1976. A plankton-based food web model for Lake Michigan. In *Modeling Biochemical Processes in Aquatic Ecosystems*, Ann Arbor Science publisher, 33-74.
- Carlton, J. 2002. Bioinvasion ecology: assessing invasion impact and scale. In: Leppakoski, E., Gollasch, S. and Olenin, S. (Eds.), *Invasive Aquatic Species of Europe – Distribution, Impacts and Management*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publications.
- CEP, 1998. Priority Habitats and Indicator Species, [www.caspianenvironment.org/newsite/INFORMATION SYSTEM and MONITORING PROGRAMME/ RER/98/G32/A/1G/31](http://www.caspianenvironment.org/newsite/INFORMATION%20SYSTEM%20and%20MONITORING%20PROGRAMME/RER/98/G32/A/1G/31). Pp.24.
- Cyrus, D., H. Jerling and F. Mackay. 2011. Lake St Lucia, Africa's largest estuarine lake in crisis: Combined effects of mouth closure, low levels and hypersalinity, *The South African Journal of Science*, 107(3/4):1-13.
- Dahl, E., E. Bagøien, B. Edvardsen and N.C. Stenseth. 2005. The dynamics of *Chrysochromulina* species in the Skagerrak in relation to environmental conditions. *Journal of Sea Research*, 54(1): 15-24.
- Deason, E.E. and T. J. Smayda. 1981. Ctenophore-zooplankton-phytoplankton interactions in Narragansett Bay, Rhode Island, USA, during 1972-1977, *Journal of Plankton Research*, 4 (2): 203-217.
- Dittmann, S. 2000a. Zonation of benthic communities in a tropical tidal flat of north-east Australia. *Journal of sea Research*, 43: 33-51.
- Dittmann, S. 2002b. Benthic fauna in tropical tidal flats of Hinchinbrook Channel, NE Australia: diversity, abundance and their spatial and temporal variation. *Wetlands Ecology and Management*, 10: 323-333.
- Dortch, Q. and T.E. Whittedge. 1992. Does nitrogen or silicon limit phytoplankton production in the Mississippi River plume and nearby regions? *Continent Shelf Research*, 12:1293-1309.
- Dumont, H.J. 1998. The Caspian Lake: history, biota, structure, and function. *Limnology and Oceanography*, 43: 44-52.
- Dumont, H. J., T. A. Shiganova and U. Niermann. 2004. Aquatic invasions in the Black, Caspian, and Mediterranean Seas (E-Book), NATO Science Series, IV. Earth and Environmental Sciences. 35, 314 pp. (books.google.com/books?isbn=140201869X)
- EPA, 1995. US Environmental Protection Agency. Pesticides Module Method # 508, Washington, DC
- Egloff D. A., P. W. Fofonoff and T. Onbé. 1997. Reproductive biology of marine cladocerans, *Advances in Marine Biology*. 31:79-168
- 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 Cenozoic Era Part I. Russia: USSR.
- 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.
- Goldyn, R. and K.M. Kowalczywska. 2007. Interactions between phytoplankton and zooplankton in the hypertrophic Swarzędzkie Lake in western Poland, *JPR Advance, Plankton Oxford Journal*.
- Grizzle, R.E. 1984. Pollution indicator species of macrobenthos in a coastal lagoon, *Marine Ecology*, 18: 191-200.
- Hair, J. F., R. E. Anderson and R. L. Tatham, 1998. *Multivariate Data Analysis*, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., USA.
- Hao, J., Y. Chen and P. Lin, 2012. Seasonal thermocline in the China Seas and northwestern Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 117: 14 PP. doi:10.1029/2011JC007246
- Harkantra, S. N. and A. H. Parulekar. 1991. Interdependence of environmental parameters and sand dwelling benthic species abundance: a multivariate approach. *Indian Journal of Marine Sciences*, 20: 232-234.
- Harrison, P. J., H. L. Conway and R. C. Dugdale. 1976. Marine diatoms grown in chemostats under silicate or ammonium limitation. I. Cellular chemical composition and steady state growth kinetics of *Skeletonema costatum*. *Marine Biology*, 35:177-186.

- Harrison, P. J., H. L. Conway, R. W. Holmes and C. O. Davis. 1977. Marine diatoms grown in chemostats under silicate or ammonium limitation. III. Cellular chemical composition and morphology of three marine diatoms. *Marine Biology*, 43:19–31.
- Hayward, T. L. 1987. The nutrient distribution and primary production in the central North Pacific. *Deep-Sea Research I*, 34:1593–1627.
- Healey, F.P. and L.L. Hendzel. 1979. Fluorometric measurement of alkaline phosphatase activity in algae. *Freshwater Biology*, 9:429– 439.
- Hellowell, J.M. 1986. Biological indicators of freshwaters pollution and environmental management. London and New York: Elsevier Applied Science Publishers.
- Highfield, J., D. Eloire. D.V.P. Conway. P.K. Lindeque. M.J. Atrtrill and P.J. Somerfield. 2010. Seasonal dynamics of meroplankton assemblages at station L4. *Journal of Plankton Research*, 32(5): 681- 691.
- Huszar, V.L.M. and N. Caraco.1998 . The relationship between phytoplankton composition and physical-chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological-functional descriptors in six temperate lakes. *Freshwater Biology*. 40:679–696.
- Hutchinson, G.E. 1957. A treatise on limnology. INC.USA: John Wiley & Sons.
- Joydas, T. V. 2002. Macrobenthos of the shelf waters of the west coast of India. Ph.D thesis submitted to Cochin University of Science and Technology.
- 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.
- Kagami, M., T.Yoshida. T.B. Gurung and J.Urabe. 2002.Direct and indirect effects of zooplankton on algal composition in in situ grazing experiments, *Oecologia*,133:356–363
- Karin, K. and W. Geller. 1986. Selective feeding of four zooplankton species on natural lake phytoplankton, Berlin, *Oecologia*, 69:86-94.
- Karpinsky, M. G. 2010. On Peculiarities of Introduction of Marine Species into the Caspian Sea. *Russian Journal of Biological Invasions*,1(1): 7–10.
- Karpjuk, M.I., A.Yu. Mazhnik and N.G. Degtyarova. 2002. Main results of researches of institute in Fishery researches in the Caspian. Russia: Astrakhan.
- Kasimov, A. 2004. Ecology of the Caspian Sea plankton. Exxon Azerbaijan Operating Company. Baku, Azerbaijan: Publisher Adiloglu printing House.
- Katunin, D.N. and V.V. Sapozhnikov. 1997. Okeanologiya. Moscow, Russia.
- Kideys, A. E., A. Roohi, E. Eker-Develi, F. Mélin and D. Beare. 2008. Increased Chlorophyll Levels in the Southern Caspian Sea Following an Invasion of Jellyfish, *Research Letters in Ecology*, 2008: 1-4.
- Kideys, A.E., A. Roohi., S. Bagheri, G. Finenko and L. Kamburska. 2005. Impacts of invasion ctenophore on the fisheries of the Black Sea and Caspian Sea. *Oceanography-Black Sea Special Issue*, 18 (2): 76-85.
- Knoechel, R. and L. Holtby.1986. Cladoceran filtering rate: body length relationships for bacterial and large algal particles. *Limnology and Oceanography*, 31: 195– 200.
- Kosarev, A.N. and E.A. Yablonskaya. 1994. The Caspian Sea. The Netherlands: SPB Academic Publishing, The Hague.
- Kremer, P., 1994. Patterns of abundance for *Mnemiopsis* in US coastal waters: a comparative overview. *ICES Journal of Marine Science*. 51: 347-354.
- Lampman, G.G. and J.C. Makarewicz. 1999. The phytoplankton zooplankton link in the lake Ontario food web, *Journal Great Lake Research*,25(2):239-249.
- 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.
- Low, E.W., E. Clews. P.A. Todd. Y.C. Tai and P.K.L. Ng. 2010. Top-down control of phytoplankton by zooplankton in tropical reservoirs in Singapore? *The Raffles Bulletin of Zoology*, 58(2):311-322.
- Ludwig, J.A. and J.F. Rynolds.1988. *Diversity indices*. Statistical ecology: A primer on method and computing. New York: John Wiley & Sons.
- Mamedov, R.M. and K.A. Korotenko. 2005. The ecological problems of transportation of the Caspian Sea oil to Black Sea region oil spill modelling. Workshop Clean Black Sea Working Group, 2nd – 5th June, Varna, Bulgaria PP.99.P.146.
- McCauley, E. and J. Kalf. 1981. Empirical relationships between phytoplankton and zooplankton biomass in lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 38: 458–463.
- 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.

- Moncheva, S., V. Dontcheva. G. Shtereva. L. Kamburska. A. Malej and S.Gorinstein. 2002. Application of eutrophication indices for assessment of the Bulgarian Black Sea coastal ecosystem ecological quality, *Water Science and Technology*, 46(8):19–28 .
- Nasrollahzadeh, H. S., Z. B. Din. S. Y. Foong and A. Makhloogh. 2008a. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Continental Shelf Research*, 28:1153– 1165.
- Nasrollahzadeh, H. S., Z. B. Din. S. Y. Foong and A. Makhloogh. 2008b. Spatial and temporal distribution of macronutrients and phytoplankton before and after the invasion of the ctenophore, *Mnemiopsis leidyi*, in the Southern Caspian Sea. *Chemistry and Ecology*, 24(4): 233–246.
- Nasrollahzadeh, H.S. 2008. Ecological modeling on nutrient distribution and phytoplankton diversity in the southern of the Caspian Sea. Doctoral dissertation, University Science Malaysia.
- Nasrollahzadeh, H.S., A. Makhloogh. R. Pourgholam. Z.B. Din and S.Y. Foong. 2011. Multivariate analysis of water quality parameters and phytoplankton composition in the southern of Caspian Sea, *International Aquatic Research*, 3: 205-216.
- 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.
- Nurieva, M.A. 1979. On impact of water salinity on distribution of blue-green algae (cyanophyta) in northern part of the Caspian Sea. *Material of the V conference on lower plants of the Transcaucasus*. Baku:Elm.
- Padisak, J. and C.S. Reynolds. 1998 . Selection of phytoplankton associations in Lake Balaston, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to cyanoprokaryotes. *Hydrobiologia*, 384:403–416.
- Padro, R., E., Y. Barrado, M.A. Castrillejo, 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.
- Pamplin, P.A.Z., T.C.M. Almeida and O. Rocha. 2006. Composition and distribution of benthic macroinvertebrates in Americana Reservoir (SP, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 18(2):121-132
- 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.
- Patin, S.A. 1997. Ecological problems of the off-shore oil-gas resources development. Public house of Vniro. Moscow. Russia.
- Petipa, T.S. 1957. On average weight of the main zooplankton forms in the Black Sea. Proc. Sevastopol. *Biological Station*, 9:39-57 .
- 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.
- Pletenev, S.S., V.B. Lapshin, V.V. Gonchruk, M.V. Kolesnikov, A.N. Smirnov and A.V. Syroeshkin. 2005. The global novel transboundary source of coastal ecosystem pollution and methods of monitoring and minimization of damage to human health of the Sea Megapolises.
- Pollupuu, M., M. Simm and H. Ojaveer. 2010. Life history and population dynamics of the marine cladoceran *Pleopsis polyphemoides* (Leuckart) (Cladocera, Crustacea) in a shallow temperate Pärnu Bay (Baltic Sea), *Journal of Plankton Research*, 32(10):1459-1469.
- Proshkina-Lavrenko, A.I. and N.N. Alfimov. 1954. On using of diatomaceous algae in estimation of sanitary state of sea waters. *Botanical Journal*, 39(1):15-18.
- Psarra, S., A. Tselepides and L. Ignatiades. 2000. Primary productivity in the oligotrophic Cretan Sea (NE Mediterranean): seasonal and interannual variability. *Progress Oceanography*, 46:187-204.
- Raftery, A., 1993. Bayesian model selection in structural equation models. In K. Bollen & J. Long (Eds.), *Testing structural equation models* (pp. 163-180): Newbury Park, California.
- Rabalais, N. N. and R. E. Turner. 2001. Coastal Hypoxia: Consequences for Living Resources and Ecosystems. Coastal and Estuarine Studies. American Geophysical Union: USA.
- Redfield. A. C., B. H. Ketchum and F. A. Richards. 1963. The influence of organisms on the composition of sea water, In: THE SEA, Hill. M. N. , Ed., Wiley- Interscience: New York. USA.
- Reynolds, C. S. 2006. The Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press: UK.
- Reynolds, C. S., V. Huszar, C. Kruk, L.N. Flores and S. Melo. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of plankton research*, 24(5):417-428.

- Roohi, A., A. E. Kideys, A. Sajjadi, A. Hashemian, R. Pourgholam, H. Fazli, A. Ganjian Khanari and E. E. Develi. 2010. Changes in biodiversity of phytoplankton, zooplankton, fishes and macrobenthos in the Southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore *Mnemiopsis Leidyi*. *Biology Invasions*, 12:2343-2361.
- Roohi, A., Y. Zulfigar, A. Kideys, T. Aileen, E. Eker-Develi and A. Ganjian. 2008. Impact of a new invasive ctenophore (*Mnemiopsis leidy*) on the zooplankton community of the southern Caspian sea. *Marine Ecology : an evolutionary perspective*, 29:421-434.
- 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.
- Sazhina, L.I., 1971. Fecundity of mass pelagic Copepoda of the Black Sea. *Zoological Journal*. 4: 586-589 (in Russia)
- Schoer, J. 1985. Iron-oxo-hydroxides and their significance to the behavior of heavy metals in estuaries. *Environmental Technologies Letters*, 6:189-202.
- Semenov, Y. 1984. DIN/DIP and DSi/DIP ratios in the central and southern Caspian Sea. *Hydrobiologia*, 3:71-73.
- Shiganova T.A., H.J. Dumont, A. Mikaelyan, D.M. Glazov, Yu.V. Bulgakova, E.I. Musayeva, P.Y. Sorokin, L.A. Pautova, Z.A. Mirzoyan and E.I. Studenikina. 2004. Interactions between the invading Ctenophores *Mnemiopsis leidy* (A. Agassiz) and *Beroe cf ovata* Mayer 1912, and their influence on the Pelagic Ecosystem of the Northeastern Black Sea. In: H. Dumont *et al.* (eds.) Aquatic invasions in the Black, Caspian, and Mediterranean Seas, NATO ASI Series: Kluwer Academic Publishers. Netherland.
- Shiganova, T.A., A.M. Kamakin, O.P. Zhukova, V.B. Ushivtsev, A.B. Dulimov and E.I. Musaeva, 2001, The invader into the Caspian Sea ctenophore *Mnemiopsis* and its initial effect on the pelagic ecosystem. *Oceanology*, 41(4): 517-524.
- Shiganova, T.A., E.I. Musaeva, L.A. Pautova and Yu.V. Bulgakova. 2005. The Problem of Invaders in the Caspian Sea in the Context of the Findings of New Zoo- and Phytoplankton Species from the Black Sea. *Biology Bulletin*, 32(1): 65-74. Translated from *Izvestiya Akademii Nauk, Seriya Biologicheskaya*, No. 1, pp. 78-87.
- Shiganova, T.A., V.V. Sapozhnikov, E.I. Musaeva, M.M. Domanov, Y.V. Bulgakova, A.A. Belov, N.I. Zazulya, V.V. Zernova, A.F. Kuleshov, A.F. Sokol'skii, R.I. Imirbaeva and A.S. Mikuiza, 2003. Factors determining the conditions of distribution and quantitative characteristics of the ctenophore *Mnemiopsis leidy* in the North Caspian. *Oceanology*, 43(5):676-693.
- Siapatis, A., M. Giannoulaki, V. D. Valavanis, A. Palialexis, E. Schismenou, A. Machias and S. Somarakis. 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidy* in Aegean Sea. *Hydrobiologia*, 612:281-295.
- Sigeo, D. C. 2004. Freshwater microbiology: biodiversity and dynamic interactions of microorganisms in the freshwater Environment. UK: University of Manchester, John Wiley & Sons Inc.
- Smayda, T.J. and C.S. Reynolds. 2001. Community assembly in marine phytoplankton: application of recent models to harmful dinoflagellate blooms. *Journal of Plankton Research*, 23: 447-62.
- Sodergren, A., R. Djirasari, M. Gharibzadeh and A. Moinpour. 1978. Organochlorine residues in aquatic environments in Iran, 1974. *Pesticides Monitoring Journal*. 12: 81-86.
- Sokolova, M. N. 1972. Trophic Structure of Deep-Sea Macrobenthos, *Marine Biology*, 6: 1-12.
- Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by phenolhypochlorite method, *Limnology and Oceanography*, 14: 799-801.
- Sommer, U., F. Sommer, B. Santer, E. Z. Ilnert, K. J. rgens, C. Jamieson, M. Boersma and K. Gocke. 2003. Daphnia versus copepod impact on summer phytoplankton: functional compensation at both trophic levels, *Oecologia*, 135:639-647
- Sorokin, Y. 1999. Aquatic microbial ecology, a textbook for students in environmental sciences. Netherlands: Backhuys publishers, Leiden.
- Sournia, A. 1978. *Phytoplankton Manual Unesco*, Paris: B.Biblio. Publisher, : Paris : Unesco .
- Soylu, E. N. and A.Gonulol. 2010. Functional classification and composition of phytoplankton in Liman Lake, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10: 53-60.
- Stevenson, J.R., X. T. Irz, R.G. Alcalde, J. Petit and P. Morissens, 2003. *Coastal aquaculture systems in the Philippines: A Typology of brackish water pond aquaculture systems in the Philippines*. The university of Reading publisher, Philippines.

- Stoyanova, A. and K. Stefanova. 2001. Dynamics in phytoplankton-zooplankton relationship under conditions of increased Eutrophication, Institute of Oceanology, *Academy Bulgare of Sciences*.79-81
 - Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167-1179.
 - Ter Braak, C. J. F. and I. C. Prentice .1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research*, 18: 271-317.
 - Teubner, K. and M.T. Dokulil. 2002. Ecological stoichiometry of TN: TP: SRSi in freshwaters: *Arch Hydrobiology*. 625- 646.
 - Turner J. T. and E.Graneli. 1992. Zooplankton feeding ecology: grazing during enclosure studies of phytoplankton blooms from the west coast of Sweden. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*.157:19-31.
 - 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. Germany.
 - Tuzhilkin, V. S., D. N. Katunin, and Y. R. Nalbandov. 2005b. Natural Chemistry of Caspian Sea Waters. In: Kostianov, A. G. and Kosarev, A. N. (Ed.), The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry). Springer. Germany.
 - Vershinin, A.O. and Tu. Orlova. 2008. Toxic and Harmful Algae in the Coastal Waters of Russia. *Oceanology*, 48(4) :524–537.
 - Washington, H.G. 1984. Diversity, Biotic and Similarity Indices, A Review with special relevance to Aquatic Ecosystems. *Water Research*, 18(6): 653-694.
 - Wetzel, R.G. and G.E. Likens. 2000. Limnological Analyses. New York: Springer-Verlag. Workshop Clean Black Sea Working Group, 2nd – 5th June, Varna, Bulgaria PP.46.P.146.
 - 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.
 - Zabelina, M.M., I.A. Kisselev, A.I. Proshkina-Lavrenko and V.S. Sheshukova, 1951. Diatoms. In: Inventory of freshwater algae of the USSR. Sov. Nauka Moscow, Russia.
 - Zaitsev, Y. and B. Ozturk, 2001. Exotic species in the Aegean, Marmara, Black, Azov and Caspian Seas.
- Published by Turkish Marine Research Foundation Istanbul Turkey: Turkey
- Zonn, I., A. Kostianoy, A. Kosarev and M. Glantz. 2010. The Caspian Sea encyclopedia, e- book, ISBN 978-3-642-11523-3 e-ISBN 978-3-642-11524-0, DOI 10.1007/978-3-642-11524-0. New York: Springer Heidelberg Dordrecht London. UK.

پیوست

جدول ضمیمه ۱: تغییرات پارامترهای محیطی و مواد مغذی در لایه نوری و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

سالانه		زمستان		پاییز		تابستان		بهار		فاکتورها
Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	
17.88	0.32	9.44	0.16	18.32	0.11	26.01	0.09	17.76	0.44	Temp.
11.35	0.10	9.83	0.18	13.20	0.06	11.64	0.18	10.74	0.19	Salinity
8.43	0.01	8.38	0.02	8.57	0.01	8.40	0.01	8.39	0.01	pH
3.76	0.19	3.10	0.39	3.17	0.38	3.56	0.26	5.20	0.41	SD
129.61	1.04	139.38	1.46	141.19	1.18	131.69	1.82	106.18	1.58	DO%
3.17	0.11	2.65	0.20	4.11	0.23	3.74	0.20	2.19	0.16	NH ₄ ⁺ (μM)
1.55	0.07	2.07	0.15	1.66	0.17	1.02±	0.07	1.46	0.09	NO ₃ ⁻ (μM)
4.81	0.13	4.84	0.26	5.83	0.31	4.83	0.22	3.72	0.20	DIN (μM)
28.98	0.66	25.04	0.74	30.56	1.70	30.23	1.12	30.09	1.48	DON (μM)
0.24	0.01	0.22	0.01	0.25	0.01	0.29	0.01	0.19	0.01	DIP (μM)
0.62	0.02	0.49	0.02	0.58	0.02	0.54	0.02	0.86	0.05	DOP (μM)
8.22	0.22	9.16	0.40	7.40	0.37	9.22	0.53	7.11	0.37	DSi (μM)
26.43	1.30	28.19	2.38	35.37	4.00	19.04	1.16	23.12	1.59	DIN/DIP
2.56	0.13	2.83	0.25	1.91	0.18	2.83	0.30	2.67	0.24	DSi/DIN
40.77	1.26	50.15	2.75	37.29	2.72	34.45	2.12	41.20	2.18	DSi/DIP

جدول ضمیمه ۲: تغییرات غلظت پارامترهای آلاینده ها (زیست محیطی) در آب فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

سالانه		زمستان		پاییز		تابستان		بهار		فاکتورها
SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE		
12.33	1.76	4.01	0.55	8.11	2.70	19.39	5.12	18.09	3.31	(μg/l) W TPH
0.46	0.12	0.34	0.09	0.22	0.01	0.31	0.04	0.96	0.45	(μg/l) W BHC
0.57	0.14	0.65	0.31	0.25	0.02	0.32	0.06	1.06	0.47	(μg/l) W Endosul
0.58	0.15	0.41	0.18	0.17	0.02	0.27	0.08	1.46	0.52	(μg/l) W Drins
0.83	0.43	0.17	0.04	0.11	0.01	0.12	0.02	2.90	1.68	(μg/l) W Heptachl
0.42	0.12	0.35	0.11	0.18	0.02	0.17	0.02	0.97	0.47	(μg/l) W DDTs
2.85	0.90	1.92	0.62	0.92	0.05	1.20	0.17	7.36	3.41	(μg/l) W OCPs
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(mg/l) W Cd
0.015	0.00	0.012	0.00	0.015	0.00	0.017	0.00	0.017	0.00	(mg/l) W Pb
0.64	0.01	0.48	0.00	1.02	0.01	0.45	0.01	0.59	0.01	(μg/l) W Hg
0.004	0.00	0.004	0.00	0.004	0.00	0.004	0.00	0.004	0.00	(mg/l) W Ni
0.043	0.003	0.072	0.007	0.044	0.008	0.027	0.004	0.047	0.004	(mg/l) LAS

نوری و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

سالانه		زمستان		پاییز		تابستان		بهار		فاکتورها
Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	
6548	697	9869	2369	4437	710	5858	885	6027	780	A Zoo
4129	351	2001	491	4175	659	5485	837	4747	666	A Cope
123.96	22.27	67.09	13.75	0.05	0.05	6.13	3.59	419.73	68.07	A Clado
1445.91	452.83	5860	1707	0.80	0.80	0.83	0.72	143.21	89.04	A Roti
14.27	7.69	3.29	3.24	0.00	0.00	0.43	0.25	1.16	0.53	A Proto
806.84	160.73	2240	599	51.66	29.69	364.88	78.07	485.07	108.26	A Cirri
110.93	20.50	217.48	54.71	208.80	49.12	1.25	1.08	229.97	52.20	A Lamll
59.27	9.17	120.81	33.91	27.31	4.18	55.14	7.28	33.84	3.17	B Zoo
29.25	2.55	9.44	2.22	26.68	4.13	53.50	7.17	27.37	2.70	B Cope
0.75	0.13	0.39	0.08	0.00	0.00	0.03	0.02	2.59	0.41	B Clado
26.54	8.73	105.27	32.11	0.00	0.00	.00	0.00	0.88	0.26	B Roti
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.00	0.00	0.00	0.00	B Proto
2.19	0.33	4.67	1.17	.63	0.11	1.62	27	1.86	0.35	B Cirri
0.55	0.10	1.03	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	0.26	B Lamll

جدول ضمیمه ۶: تراکم (عدد بر مترمربع) و زی توده (گرم بر مترمربع) رده های اصلی ماکروبتوتوزها در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

سالانه		زمستان		پاییز		تابستان		بهار		فاکتورها
Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	
5970.68	458.44	4071.57	489.62	6912.77	1047.50	7662.33	1195.28	5236.04	677.65	A Benth
995.59	108.27	502.62	96.16	796.70	139.62	1039.89	214.00	1643.15	313.99	A Oligo
4533.63	457.27	3273.20	487.07	5729.72	1092.96	6173.45	1225.61	2958.15	515.71	A Poly
306.75	63.39	209.72	49.00	280.49	123.77	129.37	35.91	607.42	207.70	A Crust
33.29	5.80	25.17	9.71	40.80	13.84	40.84	13.14	26.35	9.16	A Insect
101.70	50.05	61.19	29.26	65.31	26.90	279.07	195.28	1.25	0.63	A Bival
43.67	9.90	47.79	14.44	50.27	22.64	34.86	14.75	41.75	25.60	B Benth
1.82	0.32	0.78	0.15	1.74	0.48	2.02	0.65	2.73	0.95	B Oligo
2.23	0.28	1.97	0.54	2.91	0.85	2.44	0.37	1.60	0.26	B Poly
9.27	6.40	3.67	1.45	1.22	0.71	.07	0.03	32.10	25.46	B Crust
0.22	0.04	0.18	0.07	0.35	0.12	0.18	0.06	0.15	0.08	B Insect
30.14	7.65	41.19	13.96	44.05	22.52	30.15	14.84	5.17	2.69	B Bival

جدول ضمیمه ۷: پارامترهای بافت رسوبات در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

سالانه		زمستان		پاییز		تابستان		بهار		فاکتورها
Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	
3.29	0.13	3.08	0.21	3.54	0.29	3.65	0.29	2.90	0.22	(%) TOM
1.25	0.28	0.91	0.61	1.27	0.56	2.05	0.70	0.74	0.29	(%) Gravel
73.52	2.74	76.48	5.21	75.27	5.38	70.56	5.60	71.92	5.84	(%) Siltclay
25.23	2.72	22.61	5.19	23.45	5.29	27.39	5.54	27.34	5.83	(%) Sand

جدول ضمیمه ۸: تراکم (عدد بر مترمکعب) و زی توده (گرم بر مترمکعب) شانه دار در لایه نوری و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

سالانه		زمستان		پاییز		تابستان		بهار		فاکتورها
Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	
86.32	10.06	20.68	5.39	153.45	21.81	157.82	25.84	15.12	2.60	A M.leidy
76.76	9.60	19.26±	5.11	145.08	20.53	132.28	25.50	9.89	1.95	A M.leidy (-5)
6.31	0.71	1.27	0.34	6.58	1.58	14.25	1.65	3.15	0.66	A M.leidy (6-10)
2.16	0.29	0.15	0.06	1.08	0.25	5.92	0.82	1.50	0.28	A M.leidy (11-15)
0.23	0.03	0.00	0.00	0.10	0.02	0.69	0.10	0.14	0.02	A M.leidy (>15)
5.06	0.65	0.43	0.11	3.91	0.58	13.31	1.99	2.65	0.42	B M.leidy
0.72	0.09	0.18	0.05	1.36	0.19	1.25	0.24	0.09	0.02	B M.leidy (-5)
0.90	0.10	0.18	0.05	0.94	0.23	2.03	0.24	0.45	0.09	B M.leidy (6-10)
0.96	0.13	0.07	0.03	0.48	0.11	2.36	0.37	0.67	0.12	B M.leidy (11-15)
0.36	0.04	0.00	0.00	0.16	0.03	1.06	0.14	0.22	0.04	B M.leidy (>15)

جدول ضمیمه ۹: آزمون نرمال کردن پارامترهای محیطی و مواد مغذی در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TEMP (C)	.063	157	.200(*)	.993	157	.646
SALIN (ppt)	.025	157	.200(*)	.998	157	1.000
pH	.043	157	.200(*)	.995	157	.891
DO%	.036	157	.200(*)	.994	157	.716
DO (ml/l)	.047	157	.200(*)	.992	157	.517
NH4 (µM)	.048	157	.200(*)	.996	157	.921
NO3 (µM)	.043	157	.200(*)	.997	157	.982
DIN (µM)	.029	157	.200(*)	.997	157	.993
DON (µM)	.046	157	.200(*)	.992	157	.529
DIP (µM)	.095	157	.001	.987	157	.159
DOP (µM)	.050	157	.200(*)	.994	157	.764
DSI (µM)	.039	157	.200(*)	.996	157	.954
SD (m)	.069	157	.064	.993	157	.647

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

جدول ضمیمه ۱۰: آزمون نرمال کردن پارامترهای آلاینده‌ها (زیست محیطی) در حوزه جنوبی دریای خزر

در سال ۱۳۸۸

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BHC	.066	31	.200(*)	.988	31	.973
HEPTCHLO	.153	31	.062	.963	31	.356
DRINS	.087	31	.200(*)	.980	31	.823
ENDOSUL	.157	31	.051	.947	31	.131
DDTS	.124	31	.200(*)	.945	31	.112
OCPS	.069	31	.200(*)	.991	31	.993
TPH	.055	31	.200(*)	.993	31	.999
Pb	.078	31	.200(*)	.987	31	.964
Cd	.537	31	.000	.276	31	.000
Hg	.074	31	.200(*)	.980	31	.819
Ni	.056	31	.200(*)	.994	31	1.000

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

جدول ضمیمه ۱: آزمون نرمال کردن داده های شاخه های فیتوپلانکتون در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
A BACILL	.022	381	.200(*)	.996	381	.512
A PYRRO	.025	381	.200(*)	.996	381	.483
A CYANO	.031	381	.200(*)	.995	381	.332
A CHLORO	.352	381	.000	.770	381	.000
A EUGLENO	.476	381	.000	.553	381	.000
A HAPTO	.523	381	.000	.391	381	.000
A XANTO	.533	381	.000	.090	381	.000
A TOTAL	.023	381	.200(*)	.998	381	.895
B BACILL	.015	381	.200(*)	.997	381	.635
B PYRRO	.021	381	.200(*)	.997	381	.679
B CYANO	.023	381	.200(*)	.996	381	.480
B CHLORO	.351	381	.000	.770	381	.000
B EUGLENO	.476	381	.000	.554	381	.000
B HAPTO	.523	381	.000	.391	381	.000
B XANTO	.533	381	.000	.090	381	.000
B TOTAL	.030	381	.200(*)	.995	381	.240

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

جدول ضمیمه ۱۲: آزمون نرمال کردن داده های گروه های مختلف ژئوبلاتکتون در حوزه جنوبی دریای خزر در

سال ۱۳۸۸

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
A COPE	.015	154	.200(*)	.999	154	1.000
A CLADO	.296	154	.000	.823	154	.000
A ROTA	.373	154	.000	.745	154	.000
A PROTO	.505	154	.000	.465	154	.000
A CIRRIP	.022	154	.200(*)	.994	154	.734
A LAMELL	.366	154	.06	.748	154	.07
A ZOO	.018	154	.200(*)	.994	154	.764
B COPE	.018	154	.200(*)	.997	154	.977
B CLADO	.338	154	.000	.781	154	.000
B ROTi	.392	154	.000	.718	154	.000
B PROTO	.539	154	.000	.173	154	.000
B CIRRIP	.020	154	.200(*)	.993	154	.717
B LAMELL	.390	154	.000	.715	154	.000
B ZOO	.019	154	.200(*)	.993	154	.605

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

جدول ضمیمه ۱۳: آزمون نرمال کردن داده های شانه دار در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
A M.LEIDYI	.027	160	.200(*)	.992	160	.558
B M.LEIDYI	.027	160	.200(*)	.992	160	.556

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

جدول ضمیمه ۱۴: آزمون نرمال کردن داده های رده های ماکروبتوزها در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
A OLIGO	.048	160	.200(*)	.985	160	.077
A POLY	.010	160	.200(*)	1.000	160	1.000
A CRUST	.163	160	.000	.928	160	.000
A INSEC	.436	160	.000	.640	160	.000
A BIVAL	.421	160	.000	.667	160	.000
ATOTAL	.006	160	.200(*)	1.000	160	1.000
B OLIGO	.067	160	.078	.977	160	.009
B POLY	.010	160	.200(*)	.999	160	1.000
B CRUST	.207	160	.000	.900	160	.000
B INSEC	.439	160	.000	.635	160	.000
B BIVAL	.421	160	.000	.667	160	.000
B TOTAL	.006	160	.200(*)	1.000	160	1.000

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

جدول ضمیمه ۱۵: آزمون نرمال کردن پارامترهای بافت رسوبات در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TOM	.010	155	.200(*)	1.000	155	1.000
GRAVEL	.129	155	0.07	.947	155	.08
SILTCLAY	.013	155	.200(*)	.999	155	1.000
SAND	.013	155	.200(*)	.999	155	1.000

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

جدول ضمیمه ۱۶: آزمون تی (Independent Samples Test) پارامترهای محیطی آب و مواد مغذی بین لایه نوری و زیر لایه نوری در فصل بهار حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

		t	df	Sig. (2-tailed)
NORMAL of TEMP	Equal variances assumed	11.270	117	0.000
	Equal variances not assumed	10.159	31.701	0.000
NORMAL of SALIN	Equal variances assumed	.875	118	0.383
	Equal variances not assumed	1.074	48.813	0.288
NORMAL of pH	Equal variances assumed	2.835	118	0.005
	Equal variances not assumed	3.046	38.968	0.004
NORMAL of DO%	Equal variances assumed	10.018	118	0.000
	Equal variances not assumed	8.913	31.236	0.000
NORMAL of NH ₄ (μM)	Equal variances assumed	1.637	118	0.104
	Equal variances not assumed	1.980	47.483	0.054
NORMAL of NO ₃ (μM)	Equal variances assumed	.432	118	0.667
	Equal variances not assumed	.384	31.190	0.704
NORMAL of DIN(μM)	Equal variances assumed	1.488	118	0.139
	Equal variances not assumed	1.548	37.220	0.130
NORMAL of DON(μM)	Equal variances assumed	.390	118	0.697
	Equal variances not assumed	.400	36.573	0.691
NORMAL of DIP(μM)	Equal variances assumed	.509	118	0.612
	Equal variances not assumed	.487	33.645	0.630
NORMAL of DOP(μM)	Equal variances assumed	-.074	118	0.941
	Equal variances not assumed	-.068	32.320	0.946
NORMAL of DSi (μM)	Equal variances assumed	-3.842	118	0.000
	Equal variances not assumed	-4.126	38.920	0.000

جدول ضمیمه ۱۷: آزمون تی (Independent Samples Test) پارامترهای محیطی آب و مواد مغذی بین لایه نوری و زیر لایه نوری درفصل تابستان حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

		t	df	Sig. (2-tailed)
NORMAL of TEMP	Equal variances assumed	17.274	118	0.000
	Equal variances not assumed	13.399	27.988	0.000
NORMAL of SALIN	Equal variances assumed	-.918	115	0.361
	Equal variances not assumed	-1.112	41.333	0.272
NORMAL of pH	Equal variances assumed	1.830	118	0.070
	Equal variances not assumed	1.450	28.399	0.158
NORMAL of DO%	Equal variances assumed	9.813	118	0.000
	Equal variances not assumed	13.614	64.535	0.000
NORMAL of NH ₄ (μM)	Equal variances assumed	1.036	118	0.303
	Equal variances not assumed	1.047	35.908	0.302
NORMAL of NO ₃ (μM)	Equal variances assumed	.076	118	0.939
	Equal variances not assumed	.077	35.796	0.939
NORMAL of DIN(μM)	Equal variances assumed	.625	118	0.533
	Equal variances not assumed	.653	37.437	0.518
NORMAL of DON(μM)	Equal variances assumed	.361	118	0.718
	Equal variances not assumed	.336	32.658	0.739
NORMAL of DIP(μM)	Equal variances assumed	1.490	117	0.139
	Equal variances not assumed	1.674	38.990	0.102
NORMAL of DOP(μM)	Equal variances assumed	-.840	117	0.403
	Equal variances not assumed	-.754	29.844	0.457
NORMAL of DSI(μM)	Equal variances assumed	-.891	117	0.375
	Equal variances not assumed	-.826	30.780	0.415

جدول ضمیمه ۱۸: آزمون تی (Independent Samples Test) پارامترهای محیطی آب و مواد مغذی بین لایه نوری و زیر لایه نوری در فصل پائیز حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

		t	df	Sig. (2-tailed)
NORMAL of TEMP	Equal variances assumed	9.514	118	0.000
	Equal variances not assumed	5.377	23.948	0.000
NORMAL of SALIN	Equal variances assumed	-.888	118	0.376
	Equal variances not assumed	-1.029	43.928	0.309
NORMAL of pH	Equal variances assumed	4.252	117	0.000
	Equal variances not assumed	4.192	34.920	0.000
NORMAL of DO%	Equal variances assumed	8.624	118	0.000
	Equal variances not assumed	7.922	32.220	0.000
NORMAL of NH ₄ (μM)	Equal variances assumed	2.798	118	0.006
	Equal variances not assumed	2.680	33.668	0.011
NORMAL of NO ₃ (μM)	Equal variances assumed	-.567	118	0.572
	Equal variances not assumed	-.597	37.844	0.554
NORMAL of DIN(μM)	Equal variances assumed	1.925	118	0.057
	Equal variances not assumed	1.974	36.554	0.056
NORMAL of DON(μM)	Equal variances assumed	.773	116	0.441
	Equal variances not assumed	.784	36.300	0.438
NORMAL of DIP(μM)	Equal variances assumed	-.569	118	0.570
	Equal variances not assumed	-.571	35.576	0.571
NORMAL of DOP(μM)	Equal variances assumed	-.117	118	0.907
	Equal variances not assumed	-.117	35.348	0.908
NORMAL of DSI(μM)	Equal variances assumed	-3.132	118	0.002
	Equal variances not assumed	-2.761	30.977	0.010

جدول ضمیمه ۱۹: آزمون تی (Independent Samples Test) پارامترهای محیطی آب و مواد مغذی بین لایه نوری و زیر لایه نوری در فصل زمستان حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

		t	df	Sig. (2-tailed)
NORMAL of TEMP	Equal variances assumed	.779	118	0.438
	Equal variances not assumed	.712	32.060	0.482
NORMAL of SALIN	Equal variances assumed	-1.204	118	0.231
	Equal variances not assumed	-1.308	39.619	0.198
NORMAL of pH	Equal variances assumed	1.498	118	0.137
	Equal variances not assumed	1.767	45.334	0.084
NORMAL of DO%	Equal variances assumed	5.255	118	0.000
	Equal variances not assumed	6.425	48.487	0.000
NORMAL of NH ₄ (μM)	Equal variances assumed	-.709	118	0.480
	Equal variances not assumed	-.642	31.773	0.526
NORMAL of NO ₃ (μM)	Equal variances assumed	.033	118	0.974
	Equal variances not assumed	.040	47.621	0.968
NORMAL of DIN(μM)	Equal variances assumed	-.315	118	0.753
	Equal variances not assumed	-.307	34.296	0.761
NORMAL of DON(μM)	Equal variances assumed	.598	117	0.551
	Equal variances not assumed	.692	44.068	0.492
NORMAL of DIP(μM)	Equal variances assumed	-.056	118	0.956
	Equal variances not assumed	-.061	40.100	0.952
NORMAL of DOP(μM)	Equal variances assumed	-1.440	118	0.153
	Equal variances not assumed	-1.435	35.254	0.160
NORMAL of DSI(μM)	Equal variances assumed	.422	118	0.674
	Equal variances not assumed	.383	31.806	0.704

Abstract:

The project investigates the relationship between the biological parameters (phytoplankton, zooplankton, Macrobenthic and the comb jelly *Mnemiopsis leidyi*) and environmental parameters, nutrients and environmental pollutant (oil, pesticides, heavy metals, and detergents) in water and sediment, at the southern part of Caspian Sea in 2009-2010. Sampling was performed in four seasons (spring, summer, autumn and winter) and in eight transects perpendicular to the coast in Astara, Anzali, Sefidroud, Tonekabon, Noshahr, Babolsar, Amir Abad and Turkmen. Samples were collected from depths of 5, 10, 20, 50 and 100 meters and the different layers. The relationship between biological and environmental parameters surveyed through parametric and multivariate methods.

Based on the result, the annual mean of environmental parameters and nutrients concentration at euphotic layer such as water temperature, salinity, pH, transparency, DO%, ammonium, nitrate, inorganic nitrogen (DIN), organic nitrogen (DON), inorganic phosphorus (DIP), organic phosphorus (DOP) and soluble silicon (DSi) were 17.82 ± 0.32 (°C), 11.35 ± 0.10 (g/l), 8.43 ± 0.01 (m), 126 ± 1 (%), 3.76 ± 0.19 (μM), 1.55 ± 0.07 (μM), 4.81 ± 0.13 (μM), 29.88 ± 0.66 (μM), 0.24 ± 0.01 (μM), 0.62 ± 0.02 (μM), 8.22 ± 0.22 (μM), respectively. Meanwhile, annual

mean of environmental pollutant such as TPH, OCPs and LAS in water were 12.33 ± 1.76 ($\mu\text{g/l}$), $2.85.0.90$ ($\mu\text{g/l}$), 0.048 ± 0.003 (mg/l), respectively and for TPH and OCPS in sediment were recorded 33.07 ± 9.36 ($\mu\text{g/g}$) and 2.64 ± 0.34 ($\mu\text{g/g}$), respectively. In addition, annual mean of heavy metals such as Ni, Hg, Pb and Cd at water were 4.01 ± 0.01 ($\mu\text{g/l}$), 0.64 ± 0.01 ($\mu\text{g/l}$), 15.0 ± 0.1 ($\mu\text{g/l}$) and ND respectively, and in sediment were obtained 43.77 ± 3.55 ($\mu\text{g/g}$), 0.13 ± 0.29 ($\mu\text{g/g}$), 14.14 ± 1.07 ($\mu\text{g/g}$) and 0.07 ± 0.06 ($\mu\text{g/g}$), respectively. Abundance annual mean of biological parameters such as phytoplankton, zooplankton and *M. leidyi* were 143 ± 12 (million cells/ m^3), 6548 ± 700 (individuals/ m^3) and 86 ± 10 (individuals / m^3) respectively, and for biomass were 548 ± 41 (mg/ m^3), 60 ± 9 (mg/ m^3), 5.06 ± 0.65 (g/ m^3). Abundance and biomass annual mean of macrobenthic were 5970 ± 460 (individuals / m^2) and 44 ± 10 (g/ m^2), respectively.

The stratification of water column was strongly based on gradient of water temperature and the rule of salinity was low in this area. According to mono and multivariate statistical analysis, the southern of Caspian Sea experienced four seasons without any overlapping based on environmental parameters and nutrients. In 2009-10, the nitrogen concentration was higher than previous years and showed a decrease in the amount of inorganic phosphorus in the study area. Therefore, the system has been lead to phosphorus limitation. No limitations of the DSi in the Caspian ecosystem had caused the dominance of bacillriophyta phylum during spring, autumn and winter. However in summer (highest seasonal mean temperature) which held the most DIP, the cyanophyta was dominant phylum.

During spring and winter, the abundance of zooplankton was maximized and conversely the minimum values observed during summer and autumn with growth increasing of *M. leidyi*. By now, *M. leidyi* has been preferred the time with highest temperature or salinity during year. However with considering PCA analysis result and high ability of the organism to adaptation, the *M. leidyi* will probably to growth and reproduce at lower temperature and salinity than now in this area.

Result showed that during summer and autumn only abundance of two of six main zooplankton groups namely Copepoda and Cirripedia were noticeable. The other zooplankton groups were low due to high consumption by different predators or were influenced by environmental factors. The dynamics population of *M. leidyi* is used to consider as first explanation of the Caspian ecosystem happening, however the interaction of different factors such as temperature, salinity, nutrients and predators determine the dynamic of biological parameters.

Based on statistical analysis, feeding behavior of zooplankton species was not same in different seasons and was strongly dependent on the phytoplankton structure (species diversity and population). In other words, the classical boundary of phytoplankton species to, edible and suppressed, non-edible and unaffected and finally non-edible, enhanced species was not possible. Copepoda can act as filter-feeder and raptorial-feeder. So Copepoda compare to Cladocera (generally filter- feeder and sometimes raptorial feeder) and Rotifera (mostly suspension feeding and sometimes raptorial feeder) had more chances and opportunities for the achievement food and it support them for dominant in all seasons.

Anthropogenic and eutrophication affect on the structure and function of plankton community and it reflected on ratio of phyto/zoo biomass. Seasonal increasing of different groups of zooplankton were done through their life cycles in 2009-10, but mostly phytoplankton abundance increased several folds than zooplankton populations. This trend made the ratio of phyto/zoo biomass at 10, 4, and 14 during spring, summer and autumn, respectively. In summer, with stratification of water column and dominant of Cyanophyta, grazing pressure by herbivores zooplankton was low. However in winter due to the zooplankton population growth, the ratios reached to 11, and declined with 1.3 folds compare to autumn. Because of severe decreasing of zooplankton biomass in 2009-10 compare to years before introduction of *M. leidyi* in to the Caspian Sea, the ratio of phyto/zoo biomass increased from "less than" 5 "to more than 10"

Top-down control of zooplankton grazing on phytoplankton populations was clear in the years before the introduction of *M.leidyi* in to the Caspian Sea. But in 2009-10 zooplankton Shannon index reduced and phytoplankton Shannon index increased. In other word higher functional diversity at the lower trophic level (phytoplankton) increased the probability of successful defense against top-down control from zooplankton and phytoplankton abundance controlled mainly by nutrients materials (down-top control).

Seasonal macrobenthos abundance showed the maximum values in summer and minimum in the cold season (winter). The polychaeta had the highest proportion of abundance compare to others main orders (oligochaeta and crustacea). The dominance of deposit feeder species of polychaeta indicates to high level of organic matter in sediment and trophic status of ecosystem. Result of CCA analysis showed that three dominant orders had different behavior respect to environmental and sediments characteristics. The oligochaeta order was directly related to sediments characteristics (TOM) and inverse relationship with environmental parameters at most seasons. In contrast, polychaeta order was linked with environmental parameters in most seasons. Crustacea order was related to the both of them. Two orders of oligochaeta and crustacea were also related directly to OCPs and inverse relationship with TPH and heavy metals. In the other words, the two orders were more affected by TPH and heavy metals in this area.

As a last point, increasing of trophic level from oligotrophic to the meso–eutrophic status, an increase of DO% from 105 percent to 120 percent, phytoplankton Shannon index increasing, zooplankton Shannon index decreasing, entrance of the potentially invasive species to the list of dominant phytoplankton species, increasing of phyto/zooplankton biomass ratio from less than 5 to more than 10 and also increasing of deposit feeder species abundance of macrobenthos are some evidences that indicate to disturbance and stress condition of the Caspian Sea.

Keywords: Environmental parameters and nutrients; Environmental pollutions; Phytoplankton; Zooplankton; Ctenophore; Macrobenthic; Caspian Sea

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

Project Title : Hydrology, Hydrobiology and environmental pollution in the southern of Caspian Sea

Apprpved Number: 1-76-12-8801

Author: Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Project leader : Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Collaborator(s) : S.M.V.Farabi,R.Porgholam,N.Porang,Sh.Najafpoor,M.Naderi, M.Yosefian

Advisor(s): Gh.Aminiranjbar

Supervisor: -

Location of execution : Mazandaran province

Date of Beginning : 2009

Period of execution : 2 Years & 10 Months

Publisher : *Iranian Fisheries Research Organization*

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 & EXTENSION ORGANIZATION
IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION - Caspian Sea Ecology
Research Center

Project Title :
Hydrology, Hydrobiology and environmental pollution in
the southern of Caspian Sea

Project leader :
Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Register NO.

42194