

استراتژی گونه‌های غالب فیتوپلانکتون با تأکید بر طبقه‌بندی اندازه آنها در سواحل ایرانی حوزه‌ی جنوبی دریای خزر

حسن نصراله‌زاده ساروی^{۱*}، آسیه مخلوق^۲، رضا پورغلام^۳، رحیمه رحمتی^۴

- ۱- استادیار و عضو هیئت علمی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، فرح‌آباد، ساری، ایران، پست‌الکترونیکی: hnsaravi@yahoo.com
۲- کارشناس ارشد آزمایشگاه پلانکتون پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، فرح‌آباد، ساری، ایران، پست الکترونیکی: asieh_makhlough@yahoo.com
۳- استادیار و عضو هیئت علمی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، فرح‌آباد، ساری، ایران، پست الکترونیکی: r_pourgholam@yahoo.com
۴- کارشناس ارشد آزمایشگاه پلانکتون پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، فرح‌آباد، ساری، ایران، پست الکترونیکی: rahimehrahmati@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۱۰

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۲۸

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۱، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

الگوی زندگی گونه‌های فیتوپلانکتونی بر اساس اندازه، شکل، منابع مواد مغذی قابل دسترس و مدت زمان پایداری این شرایط در سه راهبرد 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 لایه‌بندی آب و کاهش مواد مغذی) جای می‌گیرد. نمونه‌های آب در سال ۱۳۸۸ به‌صورت فصلی به‌وسیله‌ی نمونه‌بردار نسکین در ۸ نیم خط عمود بر ساحل در اعماق ۵ تا ۱۰۰ متر در لایه‌های سطحی ۱۰ و ۲۰ متری در سواحل ایرانی حوزه‌ی جنوبی دریای خزر جمع‌آوری گردید. این مطالعه با هدف تعیین راهبرد گروه‌های غالب فیتوپلانکتون با تکیه بر ریخت‌شناسی (مرفولوژی) یعنی اندازه (سطح/حجم) آنها انجام گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در بهار گونه‌های *Exuviaella cordata*، *Chrysochromulina* sp. (C- استراتژی) و *Oscillatoria* sp. (R- استراتژی)، در تابستان *Oscillatoria* sp. (R- استراتژی)، در پاییز *Thalassionema nitzschioides* و *Oscillatoria* sp. (R- استراتژی) و در زمستان گونه‌های *Pseudonitzschia seriata*، *Cerataulina pelagica* و *Dactyliosolen fragilissima* (R- استراتژی) اهمیت گونه‌ای بیشتری نسبت به سایر فیتوپلانکتون‌ها دارا هستند. آزمون چند متغیره تناظر متعارف‌کننده (CCA) نیز علاوه بر ارتباط متقابل بین شرایط محیطی و حضور گونه‌ای، نقش ریخت‌شناسی گونه‌ها را در اجتماعات فیتوپلانکتون بدون در نظر گرفتن ارتباطات فیلوژنیک آنها نشان داد. این مطالعه با بیان اهمیت کاربردی خصوصیات ریخت‌شناختی (مرفولوژیکی) فیتوپلانکتون در تعیین وضعیت بوم‌شناختی (اکولوژیکی) و مدیریت منابع آبی، اولین گام را در این زمینه در دریای خزر برداشته است.

¹ Niskin

۱. مقدمه

تبادلات مواد از طریق سطح سلول، جذب نور و توانایی رشد سریع است (Lewis, 1976). اهمیت بوم‌شناختی اندازه و شکل فیتوپلانکتون در ارتباط با نقل و انتقالات سلولی، موجب شده که وضعیت تروفیکی بوم‌سامانه نیز با بررسی اندازه و شکل فیتوپلانکتون مورد ارزیابی قرار گیرد. از سوی دیگر با توجه به اثر اندازه در میزان رشد و از بین رفتن فیتوپلانکتون بر اثر ته‌نشینی^۲ و یا چرای علفخواران^۳ جمعیت و زی‌توده (بیوماس) فیتوپلانکتون کل نیز با اندازه گونه‌های حاضر در ترکیب فیتوپلانکتونی مربوط می‌گردد (Duarte et al., 1990). در تقسیم‌بندی که Grime (1979) بر روی گیاهان خشکی به عمل آورد، آنها را بر اساس استراتژی اتخاذ شده در دوره‌ی زندگی در یکی از گروه‌های R, C و S استراتژی جای داد. این تقسیم‌بندی با توجه به اندازه، شکل، منابع مغذی در دسترس و مدت زمان پایداری این شرایط صورت گرفت. Reynold در سال ۲۰۰۲ این تقسیم‌بندی را به گیاهان میکروسکوپی ساکن در آب (فیتوپلانکتون) تعمیم داد. بر اساس تعاریف وی و بر پایه‌ی تقسیم‌بندی Grime (1979) سه استراتژی عمده‌ای که توسط فیتوپلانکتون‌ها اتخاذ می‌شود بدین شرح هستند: گونه‌های دارای C - استراتژی معمولاً "گروه‌های مهاجمی را در بر می‌گیرند که اگرچه دارای توان رقابتی زیاد با سایر گونه‌های فیتوپلانکتون برای رشد و تکثیر سریع در محیط‌های کم تنش و دارای میزان مطلوبی از نور و نوترینت هستند، اما بسیاری از آنها به دلیل دارا بودن اندازه مناسب مورد چرای زئوپلانکتون قرار می‌گیرند و از جمعیت آنها کاسته می‌شود. در این گروه معمولاً گونه‌ها با اندازه کوچک ولی دارای S/V بالا جای می‌گیرند. گونه‌های R- استراتژی با آن‌که معمولاً دارای ابعاد کشیده و بزرگ هستند ولی S/V بالایی دارند که به آنها توان رشد و غالبیت را در آب‌های دارای تلاطمات عمودی که شدت نفوذ نور کاهش یافته و کدورت افزایش می‌یابد را می‌دهد. این گونه‌ها معمولاً با محیط‌های اغتشاش‌یافته^۴ سازگاری دارند، اما نسبت به افزایش فشار و تنش در محیط چندان مقاوم نیستند. بعضی از گونه‌های R- استراتژی

بشر در عصر کنونی فشار و تنش بی‌سابقه‌ای را بر بوم‌سامانه‌های آبی وارد نموده است. ورود بسیاری از گونه‌های غیر بومی و گاهی مهاجم در سطوح مختلف ریخت‌شناختی به محیط‌های جدید از جمله تغییرات مهم با منشا انسانی است که بر زیست‌شناسی و بوم‌شناسی محیط‌های آبی تحمیل گردیده است (Karpinsky, 2010؛ مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰). از آنجایی که فیتوپلانکتون نقش عمده و اساسی در ساختار زیست‌شناختی و غذایی هر بوم‌سامانه‌ی آبی دارد، شناخت فرآیندهای بوم‌شناختی آنها به منظور حفظ و نگهداری مناسب از بوم‌سامانه‌ی آبی ضروری است. مقالات و تحقیقات گوناگونی صورت گرفته است که نوسانات زمانی و مکانی گروه‌های مختلف فیتوپلانکتون، تغییرات ساختاری، جمعیتی و زی‌توده در شرایط مختلف محیطی و طبقه‌بندی کیفی (مقایسه نتایج با طبقه‌بندی‌های گوناگون کیفیت آب) را در قلمرو ایرانی دریای خزر مورد بررسی قرار داده‌اند (Roohi et al., 2010; Nasrollahzadeh et al., 2008a; Nasrollahzadeh et al., 2011a; فضلی و همکاران، ۱۳۸۹؛ فارابی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین در تعداد معدودی از مطالعات برآورد مقیاس^۱ کیفیت آب با محاسبه شاخص ساپروبی و سطح تروفیکی (بر اساس مدل تجربی در دریای خزر) صورت گرفته است (مخلوق و همکاران، ۱۳۸۹؛ خسروی، ۱۳۷۸؛ Nasrollahzadeh et al., 2008b). شاخص‌هایی نظیر ساپروبی و تروفیکی مطالعه را بر روی اجتماعات فیتوپلانکتون دارای مفهومی کاربردی تر و قابل درک تر (نسبت به اطلاعات اولیه) می‌نمایند (Padisak et al., 2006). علی‌رغم اهمیت ریخت‌شناختی گونه‌ها در زمینه‌ی فوق، تاکنون مطالعه‌ای در این قسمت از دریای خزر انجام نشده است. مطالعات نشان داده که اندازه (نسبت سطح به حجم، S/V)، و حداکثر طول خطی، (MLD) و شکل نقش مهمی در عملکردهای زیست‌شناختی بوم‌سامانه دارد (Greisberger et al., 2007). بخشی از عملکردهای زیست‌شناختی شامل فرآیندهای فیزیولوژیکی نظیر

² Sedimentation³ Grazing⁴ disturbance¹ Scaling

توجه به شرایط محیطی می‌توان تا حد زیادی گروه‌های عامل را پیش‌بینی کرد و یا بالعکس با توجه به گروه‌های عامل، شرایط بوم‌سامانه را از نظر سطح تروفیکی، لایه‌بندی و کدورت آب تخمین زد. برای مثال در تابستان افزایش داینوفلاژل دارای استراتژی S بیانگر آب لایه‌بندی شده است که میزان نوترینت آن در هیپولیمیون کاهش یافته است، در حالی که غالبیت سیانوفیتای دارای استراتژی R در آب لایه‌بندی شده در فصل تابستان بیانگر افزایش مواد مغذی به‌خصوص با وجود منابع فسفاتی است (Reynolds et al., 2002). لذا این نوع بررسی نقش مهمی در مدیریت منابع آبی در راستای حفظ بوم‌سامانه‌ی آبی خواهد داشت. این مطالعه تلاش دارد که با مروری بر جمعیت و تنوع گونه‌ای فیتوپلانکتون‌های لایه‌ی نوری (فوتیک)، نگاه عمیق‌تری به گونه‌های غالب در بوم‌سامانه داشته باشد و با در نظر گرفتن اندازه (حجم و سطح) و استراتژی زندگی آنها تا حد امکان عوامل محیطی موثر بر حضور و نیز جایگزینی فصلی و مکانی فیتوپلانکتون را در قلمرو ایرانی دریای خزر تعیین نماید.

۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری به‌صورت فصلی و به‌وسیله‌ی نمونه‌بردار نسکین در ۴۰ ایستگاه و در ۸ نیم خط (آستاره، انزلی، سفید رود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیرآباد و بندر ترکمن) در سواحل ایرانی حوزه‌ی جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸ انجام شد. نمونه‌ها از لایه‌ی نوری^۱ یعنی از لایه‌های سطح، ۱۰ و ۲۰ متر در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر (شکل ۱) و در بطری‌های شیشه‌ای جمع‌آوری گردیدند. نمونه‌ها سپس با فرمالین تا حجم نهایی ۲/۵٪ فیکس گردیدند و به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها در آزمایشگاه استاندارد ISO17025 مورد آزمایش قرار گرفتند. به این ترتیب که پس از ۲ هفته رسوب‌گذاری در جای تاریک و ساکن به روش سانتریفوژ آماده‌سازی گردیده و با میکروسکوپ نوری Nikon مورد آنالیز کیفی (ترکیب گونه‌ای) و کمی (شمارش به تفکیک گونه‌ای و اندازه‌گیری ابعاد هندسی) قرار گرفتند (APHA, 2005; Kasimov, 2004). نمونه‌برداری جهت تعیین پارامترهای محیطی (اکسیژن محلول، DO، درجه حرارت آب، pH، WT،

مورد چرای زئوپلانکتون نیز قرار می‌گیرند و بعضی از آنها در محیط آلوده و دارای مواد آلی در حال تجزیه نیز رشد می‌کنند (Reynolds, 2006). گونه‌های مقاومی در S-استراتژی جای می‌گیرند که توانایی رشد در محیط‌های دارای تنش و کمبود نوترینت‌های ضروری را دارند. معمولاً گونه‌های S-استراتژی دارای اندازه بزرگ و S/V کوچک هستند و قادرند که در تابستان و آب لایه‌بندی شده رشد کنند. ولی از آنجایی که از نظر Reynold بسیاری از گونه‌ها دقیقاً در هیچ یک از استراتژی‌های سه‌گانه (R,C,S) جای نمی‌گرفتند و دارای وضعیت بینابینی بوده‌اند، وی با گسترش طبقه‌بندی Grime، تعداد استراتژی‌ها را به ۳۱ افزایش داد و برای هر کدام از این کلاس‌های تعریفی از میزان نوترینت‌ها، اختلاط و یا لایه‌بندی آب به‌عمل آورد. وی با قرار دادن گونه‌های فیتوپلانکتون در این استراتژی‌ها حساسیت‌ها و مقاومت‌های موثر در جمعیت آنها را نیز برشمرد (Reynolds et al., 2002). بر اساس مطالعات گوناگون در نقاط مختلف این طبقه‌بندی با نتایج حاصله در رودخانه، دریاچه، استخر و دریا سازگار بوده است و برای تعیین وضعیت بوم‌سامانه و نیز توضیح تغییرات زمانی و مکانی فیتوپلانکتون به‌کار رفته است (Huszar, Smayda and Reynolds, 2003; Alves- and Caraco, 1998; DE-Souza et al., 2008; Padisak and Reynolds, 1998). در ترکیب فیتوپلانکتونی موجود در بوم‌سامانه معمولاً گونه‌هایی وجود دارند که یا سهم جمعیتی آنها از فیتوپلانکتون کل بسیار پایین است و یا فراوانی بسیار اندکی را دارا هستند که از آنها به‌عنوان گونه‌های نادر^۱ نام برده می‌شود. مطالعه‌ی گونه‌های نادر، محقق را در دریافت پتانسیل‌های موجود در محیط آبی نظیر شکوفایی و آلودگی راهنمایی می‌کند (Hutchinson, 1957). اما آنچه که مطالعه‌ی حاضر بر آن تأکید دارد، گونه‌های غالب (از نظر سهم جمعیتی از فیتوپلانکتون کل و نیز فراوانی در نیم خط‌ها) را در برمی‌گیرد. زیرا وقتی گروه‌های غالب تعیین می‌گردند، می‌توان فرض کرد که این گونه‌ها دارای ویژگی‌های ریخت‌شناختی مشابه‌ای هستند و اجتماع آنها تعیین‌کننده‌ی گروه‌های عامل در بوم‌سامانه‌ی مورد مطالعه است. در این گروه‌های عامل خصوصیات مشابه‌ای نظیر تمایل به جذب فسفر و کربن (وقتی غلظت این مواد در آب کم است) وجود دارد، حتی اگر از شاخه‌های مختلف فیتوپلانکتون باشند. بنابراین با

² Euphotic layer

¹ rare species

سیلیس محلول، DSi، ازت آمونیمی، NH_4^+ ، ازت نیتراتی، NO_3^- ، ازت آلی، DON، ازت معدنی، DIN، فسفر معدنی، DIP و فسفر آلی، DOP) همانند فیتوپلانکتون، در ایستگاه‌هایی مشابه صورت گرفت. نمونه‌های جمع‌آوری شده در ظروف یک لیتری پلاستیکی بلافاصله پس از جمع‌آوری به فریزر منتقل گردیدند و در آزمایشگاه آنالیز شدند (Sapozhnikov, et al., 2005; APHA, 2005). تعیین گونه‌های غالب با محاسبه ISI^1 و طبق فرمول زیر صورت گرفت (Rushforth and Brock, 1991).

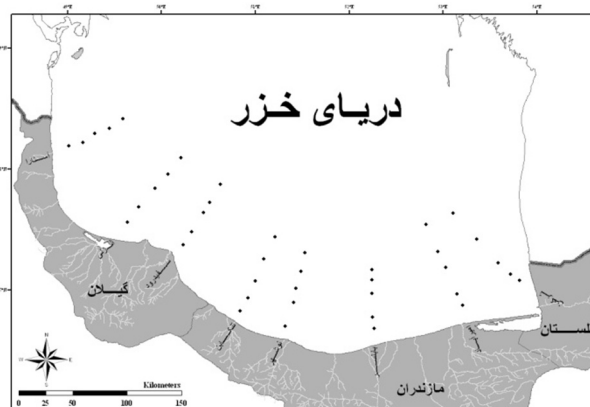
۳. نتایج

۳-۱. الگوی ساختاری فیتوپلانکتون

به‌طورکلی ۱۹۱ گونه فیتوپلانکتون در لایه‌ی نوری طی یک سال مطالعه شناسایی گردیدند که در شاخه‌های باسیلاریوفیتا^۳ (۸۰ گونه)، پیروفیتا^۴ (۳۲ گونه)، سیانوفیتا^۵ (۲۸ گونه)، کلروفیتا^۶ (۳۶ گونه)، اوگلوئوفیتا^۷ (۱۱ گونه)، کریزوفیتا^۸ (۲ گونه) هاپتوفیتا^۹ (۱ گونه) و گزانوفیتا^{۱۰} (۱ گونه) جای داشته‌اند. نمودار ۱ میزان شاخص‌های شانون - ویور (H')، یکنواختی^{۱۱} و نیز تعداد گونه‌ها را در نیم‌خطها و فصول مختلف سال نشان می‌دهد. محدوده‌ی تغییرات شاخص تنوع گونه‌ای (شانون) از ۰/۴ (نیم‌خط بندرترکمن در تابستان) تا ۲/۸ (نیم خط نوشهر در بهار) متغیر بوده است. محدوده‌ی تغییرات شاخص شانون - ویور در فصل تابستان از دیگر فصول پایین‌تر بود. همچنین در این فصل، نیم‌خط‌های 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 کم تری را نسبت به سایر نیم خط‌ها نشان داد. روند تغییرات یکنواختی نیز به میزان زیادی به تغییرات شاخص شانون - ویور شباهت داشت. لذا محدوده‌ی پایین از یکنواختی (۰/۱۱۳-۰/۱۴۱) نیز از تنکابن تا بندر ترکمن (بجز نوشهر) و بالاترین میزان آن در نوشهر (۰/۷۵) در فصل بهار مشاهده شد. مقایسه بین نیم خط‌ها نشان داد که کمترین میزان از غنای گونه‌ای (۳۸) در آستارا و بندر ترکمن به‌ترتیب در فصول بهار و تابستان بوده است. بیشترین تعداد گونه‌ها نیز مربوط به فصل بهار و در نیم خط انزلی (۷۷) بود.

$$ISI = (f_i) \times (D_i)$$

f_i = درصد فراوانی گونه i و D_i = تراکم نسبی گونه i



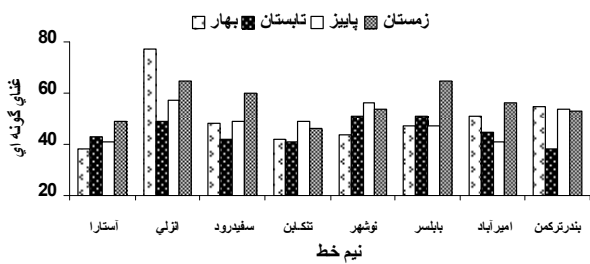
شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در ۸ نیم خط سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

پس از تعیین گونه‌های غالب، سطح (S) و حجم (V) هر یک از گونه‌ها محاسبه شده و از مقادیر سطح، حجم، نسبت سطح به حجم (S/V)، حداکثر طول خطی (MLD) و حاصل ضرب (S/V) $\times MLD$ به‌عنوان پارامترهای ریخت‌شناختی به‌کار برده شد و سپس با استفاده از منابع، گروه‌بندی (R, C, S) انجام شد (Reynolds, 2006; Sigeo, 2004). نرم‌افزارهای آماری مورد استفاده در این مطالعه شامل MVSP و SPSS11.5 هستند. محاسبات مربوط به شاخص‌های ساختار ترکیب فیتوپلانکتون (تنوع گونه‌ای شانون، یکنواختی و غنای گونه‌ای) و نیز آزمون CCA^2 (ارتباط عوامل زنده و غیرزنده) در MVSP انجام شد و طبقه‌بندی فصلی و مکانی (Classify) از طریق آزمون $CDFA$ (Canonical Discriminate)

³ Bacillariophyta
⁴ Pyrrophyta
⁵ Cyanophyta
⁶ Chlorophyta
⁷ Euglenophyta
⁸ Chrysophyta
⁹ Haptophyta
¹⁰ Xantophyta
¹¹ Evenness

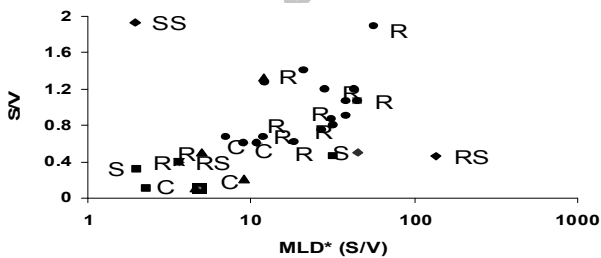
¹ Important Species Index

² Canonical Correspondence Analysis



نمودار ۱- چگونگی تغییرات فصلی شاخص‌های شانون - ویور، یکنواختی و تعداد گونه‌ها در لایه‌ی نوری در نیم خط‌های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در سال - استراتژی فیتوپلانکتون‌های غالب

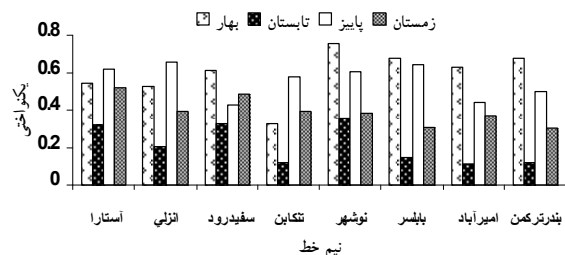
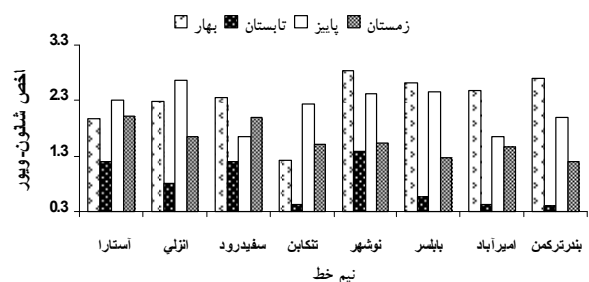
گونه‌های فیتوپلانکتون غالب فهرست شده در جدول ۱ بر اساس استراتژی اتخاذ شده طی دوره زندگی در سه گروه R, S, C تقسیم‌بندی گردیدند. نمودار ۲ چگونگی توزیع این گونه‌ها را بر اساس سطح، حجم و حداکثر طول خطی سلول نشان می‌دهد. با طبقه‌بندی S/V به دست آمده از گونه‌های غالب در این مطالعه سه گروه S/V پیشنهاد گردید: گونه‌های دارای S/V کوچکتر از ۰/۴، بین ۰/۴-۱/۴ و بزرگتر از ۱/۴. گروه اول عمدتاً شامل پیروفیتا بود، در حالی که در گروه سوم ترکیبی از باسیلاریوفیتا و سیانوفیتا وجود داشت. گروه دوم که حدود ۶۷ درصد گونه‌های غالب را در برگرفت شامل ترکیبی از انواع گونه‌ها ولی عمدتاً گونه‌های باسیلاریوفیتا و R-استراتژی بوده است (نمودار ۲). بر اساس جدول (۱) این فهرست شامل ۲۰ گونه از R - استراتژی، ۷ گونه C - استراتژی و ۶ گونه S- استراتژی است. گروه‌های فرعی دیگر (RS و SS) به ترتیب شامل ۳ و ۱ گونه هستند. نمودار ۲ و جدول ۱ همچنین نشان می‌دهند که تقسیم‌بندی گونه‌ها در کلاس‌های استراتژی بدون توجه به شاخه‌ای که به آن متعلق هستند، صورت گرفته است.



نمودار ۲- چگونگی توزیع استراتژی فیتوپلانکتون‌های غالب

MLD ، S و V به ترتیب حداکثر طول خطی، سطح و حجم گونه‌ها را نشان می‌دهد.

بررسی فصلی نشان داد که غنای گونه‌ای در پاییز و زمستان تفاوت چندانی با هم نداشته است (۱۱۲ و ۱۱۵) و بیشترین کمترین غنای گونه‌ای نیز به ترتیب در بهار و تابستان (۱۰۴ و ۱۲۹) دیده شد. محاسبه شاخص اهمیت گونه‌ها (ISI) نشان داد که ۱۰ تا ۲۰ گونه در هر فصل و نیز طی دوره یک ساله (با توجه به جمعیت و فراوانی) بیش از ۸۰ درصد اهمیت را به خود اختصاص داده‌اند. میزان شاخص ISI نشان داد که در فصل تابستان، میزان ISI بجز برای *Oscillatoria sp.* در بین سایر گونه‌های غالب چندان متفاوت نبوده است. به همین ترتیب در فصل پاییز گونه‌های *Thalassionema nitzschioides* و *Pseudonitzschia* و در زمستان گونه‌های *Oscillatoria sp.* *Dactyliosolen fragilissima* و *Cerataulina pelagic seriata* که دارای ISI بالاتری نسبت به بقیه بوده‌اند، میزان شاخص فوق در بقیه بسیار متفاوت نبوده است. به عبارت دیگر تنها ۱ تا ۴ گونه‌ی عمده ISI را به خود اختصاص داده‌اند. اما در بهار به دلیل بالا بودن شاخص یکنواختی، روند تغییر ISI بین گونه‌ها به آرامی صورت گرفته است. آنچه که در این مقاله دنبال می‌گردد شامل ۳۷ گونه فیتوپلانکتون است که از کنار هم قرار دادن گونه‌هایی که بیش از ۶۰ درصد از ISI را در هر فصل و نیز در سال به خود اختصاص داده بودند، حاصل گردیده است. از ۳۷ گونه‌ی غالب، ۲۰ گونه به شاخه باسیلاریوفیتا، ۹ گونه به شاخه پیروفیتا، ۶ گونه به شاخه سیانوفیتا، یک گونه به شاخه کلروفیتا و یک گونه به شاخه هاپتوفیتا تعلق داشته است.



جدول ۱- درصد جمعیت هر یک از گونه‌های غالب به فیتوپلانکتون کل در نواحی و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸

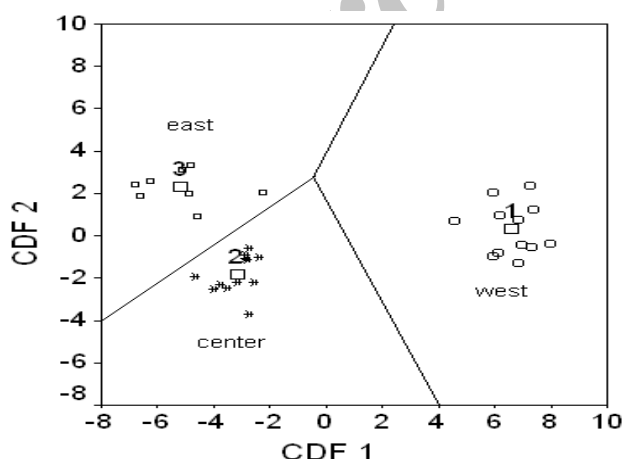
| سالانه | زمستان | پاییز | تابستان | بهار | غربی | مرکزی | شرقی | کد گونه | گونه |
|--------|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|---|
| 11.39 | 22.41 | 0.03 | 0.01 | 0.63 | 11.78 | 16.71 | 1.13 | 1041 | <i>Cerataulina pelagica (R)</i> |
| 0.37 | 0.31 | 1.75 | 0.07 | 0.13 | 0.68 | 0.27 | 0.25 | 1051 | <i>Chaetoceros convolutus(R)</i> |
| 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 1053 | <i>Chaetoceros mirabilis(R)</i> |
| 0.78 | 0.44 | 4.74 | 0.12 | 0.24 | 1.26 | 0.48 | 0.87 | 1054 | <i>Chaetoceros peruvianus (R)</i> |
| 0.34 | 0.39 | 0.57 | 0.00 | 0.97 | 0.32 | 0.37 | 0.32 | 1057 | <i>Chaetoceros socialis (R)</i> |
| 0.26 | 0.39 | 0.04 | 0.07 | 0.43 | 0.17 | 0.40 | 0.10 | 10592 | <i>Chaetoceros thronsenii(R)</i> |
| 0.78 | 0.64 | 0.70 | 0.53 | 2.61 | 1.34 | 0.54 | 0.68 | 1081 | <i>Cyclotella meneghiniana(C)</i> |
| 8.05 | 15.73 | 0.35 | 0.02 | 0.74 | 14.12 | 7.50 | 2.98 | 1302 | ¹ <i>Dactyliosolen fragilissima(R)</i> |
| 0.06 | 0.11 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.16 | 1161 | <i>Melosira moniliformis(C)</i> |
| 2.72 | 2.79 | 8.31 | 0.34 | 3.72 | 3.46 | 2.47 | 2.48 | 1180 | <i>Nitzschia acicularis(R)</i> |
| 0.23 | 0.06 | 0.43 | 0.03 | 1.62 | 0.14 | 0.10 | 0.57 | 1185 | <i>Nitzschia reversa(R)</i> |
| 0.24 | 0.02 | 0.29 | 0.02 | 2.23 | 0.10 | 0.03 | 0.78 | 11892 | <i>Nitzschia tenirustris(R)</i> |
| 24.74 | 46.73 | 10.06 | 0.00 | 0.60 | 12.28 | 27.52 | 33.12 | 1201 | <i>Pseudonitzschia seriata(R)</i> |
| 0.33 | 0.49 | 0.00 | 0.01 | 0.98 | 0.61 | 0.27 | 0.19 | 1301 | ² <i>Pseudosolenia calcar-avis(RS)</i> |
| 1.18 | 2.07 | 0.37 | 0.11 | 0.77 | 1.71 | 0.36 | 2.25 | 1501 | <i>Sceletonema costatum(R)</i> |
| 0.32 | 0.05 | 0.23 | 0.02 | 3.09 | 1.14 | 0.03 | 0.03 | 1502 | <i>Sceletonema subsalsum(R)</i> |
| 1.17 | 0.01 | 0.70 | 0.00 | 12.65 | 4.45 | 0.00 | 0.00 | 1603 | <i>Stephanodiscus hantzschii(R)</i> |
| 0.43 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 5.00 | 1.64 | 0.01 | 0.00 | 1604 | <i>Stephanodiscus socialis(R)</i> |
| 0.08 | 0.02 | 0.01 | 0.22 | 0.00 | 0.25 | 0.01 | 0.01 | 1605 | <i>Stephanodiscus sp.(R)</i> |
| 4.03 | 1.44 | 27.48 | 0.99 | 0.97 | 8.92 | 2.14 | 2.65 | 1901 | <i>Thalassionema nitzschioides(R)</i> |
| 2.21 | 0.78 | 1.11 | 1.29 | 15.32 | 4.14 | 1.10 | 2.39 | 2021 | <i>Exuviaella cordata(C)</i> |
| 0.29 | 0.04 | 0.70 | 0.32 | 1.15 | 0.48 | 0.24 | 0.18 | 2042 | <i>Gonialaux polyedra(S)</i> |
| 0.09 | 0.02 | 0.02 | 0.07 | 0.71 | 0.20 | 0.07 | 0.02 | 2072 | <i>Heterocapsa triquetra(C)</i> |
| 0.26 | 0.11 | 0.18 | 0.10 | 1.83 | 0.47 | 0.16 | 0.24 | 2081 | <i>Peridinium achromaticum(S)</i> |
| 0.07 | 0.05 | 0.02 | 0.11 | 0.15 | 0.10 | 0.05 | 0.08 | 2088 | <i>Peridinium trochoideum(S)</i> |
| 2.56 | 2.20 | 6.90 | 1.23 | 4.14 | 3.63 | 2.27 | 2.09 | 2093 | <i>Prorocentrum proximum(C)</i> |
| 0.47 | 0.07 | 1.59 | 0.41 | 1.70 | 1.25 | 0.19 | 0.20 | 2094 | <i>Prorocentrum scutellum(C)</i> |
| 0.12 | 0.02 | 0.07 | 0.05 | 1.04 | 0.12 | 0.13 | 0.09 | 2111 | <i>Protoperidinium sp.(S)</i> |
| 0.10 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 1.16 | 0.03 | 0.20 | 0.01 | 2112 | <i>Protoperidinium spp.(S)</i> |
| 0.25 | 0.04 | 0.27 | 0.36 | 1.11 | 0.40 | 0.22 | 0.17 | 3071 | <i>Lyngbya limnetica(RS)</i> |
| 2.37 | 0.52 | 0.60 | 6.80 | 0.51 | 0.73 | 3.94 | 1.16 | 3072 | <i>Lyngbya sp.(RS)</i> |
| 0.02 | 0.00 | 0.04 | 0.04 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 3121 | <i>Nodularia spumigena(S)</i> |
| 1.46 | 0.00 | 2.52 | 4.04 | 0.00 | 0.01 | 2.60 | 0.85 | 3142 | <i>Oscillatoria limosa(R)</i> |
| 27.44 | 0.79 | 24.03 | 80.77 | 7.57 | 18.57 | 25.35 | 41.46 | 3143 | <i>Oscillatoria sp.(R)</i> |
| 0.19 | 0.10 | 0.09 | 0.42 | 0.00 | 0.44 | 0.09 | 0.11 | 3161 | <i>Synechococcus-type(SS)</i> |
| 0.37 | 0.24 | 1.75 | 0.04 | 0.58 | 0.66 | 0.20 | 0.40 | 4041 | <i>Binuclearia lauterbornii(R)</i> |
| 1.99 | 0.05 | 0.07 | 0.59 | 20.64 | 1.67 | 3.22 | 0.03 | 6011 | <i>Chrysochromulina sp.(C)</i> |

۱- نام قبلی آن *Rhizosolenia calcaravis* بود.

۲- نام قبلی آن *Rhizosolenia fragilissima* بود.

- حروف داخل پرانتز بعد از نام گونه‌ها نشان‌دهنده استراتژی گونه است.

- اعداد bold شده بیانگر گونه غالب در ناحیه، فصل و سال بر اساس Important Species Index (ISI) است.



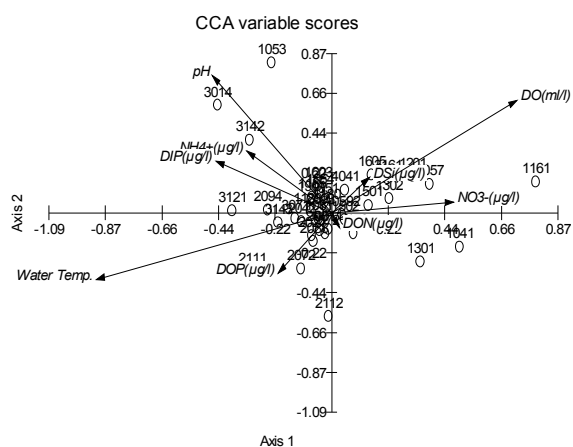
نمودار ۳- نواحی مختلف (شرقی، مرکزی و غربی) بر اساس آزمون چند متغیره CDFA بر روی تراکم فیتوپلانکتون در لایه فوتیک حوزه جنوبی دریای خزر (۱۳۸۸)

برای مثال در C- استراتژی ترکیبی از باسیلاریوفیتا، پیروفیتا و هاپتوفیتا وجود دارد. منطقه تحت مطالعه در حوزه جنوبی دریای خزر به دلیل تفاوت‌های توپوگرافی و آب‌شناختی (هیدرولوژیکی) همواره به سه ناحیه شرقی، غربی و مرکزی تقسیم گردیده است (پورغلام و کاتونین، ۱۳۷۴). در این مطالعه نیز با انجام آزمون چندمتغیره کلاسه‌بندی CDFA اطلاعات گونه‌های غالب فیتوپلانکتون بر این تقسیم‌بندی صحه گزارده شده است و این منطقه به سه ناحیه غربی (آستارا، انزلی و سفیدرود)، مرکزی (تنکابن، نوشهر و بابلسر) و شرقی (امیرآباد و بندر ترکمن) تقسیم‌بندی گردید (نمودار ۳). آزمون چند متغیره CDFA بر روی تراکم فیتوپلانکتون وجود تمایز فصلی را نیز در اطلاعات سال ۱۳۸۸ نشان داد (نمودار ۴).

گونه‌ها و عوامل محیطی در محورهای اول و دوم به‌ترتیب دارای ضریب همبستگی ۰/۹۱ و ۰/۸۳ هستند. ترکیب محور اول (SPEC AX1) به‌طور عمده به عواملی مانند درجه حرارت آب، فسفر معدنی محلول (DIP) و اکسیژن محلول (DO) و محور دوم (SPEC AX2) به pH، DO و DIP بیشترین ارتباط را نشان داد. به این ترتیب به جز pH و درجه حرارت آب بقیه عوامل در هر دو محور مشترک بوده‌اند (جدول ۲).

جدول ۲- ضریب همبستگی بین مولفه‌های آنالیز و متغیرهای محیطی براساس آزمون چند متغیره CCA

| | Spec. Axis 1 | Spec. Axis 2 |
|-------------------------------------|--------------|--------------|
| Eigenvalues | 0.043 | 0.032 |
| Percentage | 14.4 | 10.0 |
| Species-env. correlations | 0.914 | 0.832 |
| Water Temp. | -0.488 | 0.187 |
| pH | -0.032 | 0.820 |
| NH ₄ ⁺ (μg/l) | 0.195 | 0.167 |
| NO ₃ ⁻ (μg/l) | 0.006 | 0.109 |
| DIP (μg/l) | -0.406 | 0.311 |
| DOP (μg/l) | -0.107 | 0.117 |
| DSi (μg/l) | 0.176 | 0.249 |
| DO (ml/l) | 0.421 | 0.368 |
| DON (μg/l) | 0.206 | 0.039 |



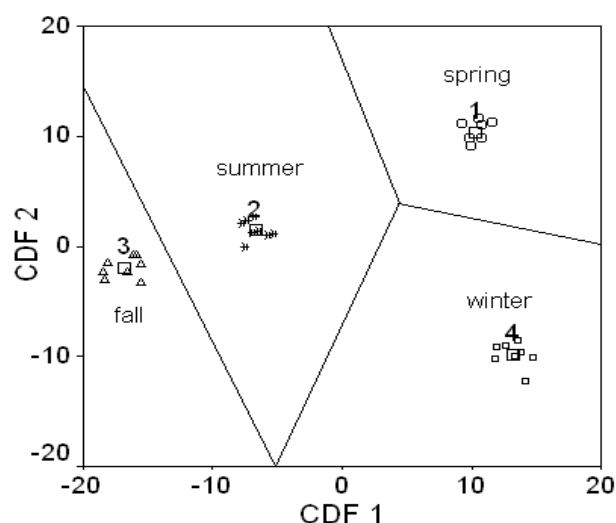
Vector scaling: 1.03

نمودار ۵ - ارتباط گونه‌های فیتوپلانکتون و عوامل محیطی بر اساس آزمون چند متغیره CCA

* کد گونه‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه فیتوپلانکتون لایه‌ی نوری بین قبل از ورود و حدوداً ۴ سال پس از ورود شانه‌دار مهاجم (سال ۱۳۸۴) در حوزه‌ی



نمودار ۴- فصول مختلف بر اساس آزمون چند متغیره CDA بر روی تراکم فیتوپلانکتون در لایه فوتیک حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

درصد جمعیت هر یک از گونه‌های غالب نسبت به فیتوپلانکتون کل در فصول و سه ناحیه در جدول ۱ آورده شده است.

این جدول نشان می‌دهد که اگرچه تعداد زیادی از گونه‌ها در هر سه ناحیه مشترک هستند، ولی چند گونه در هر یک از نواحی، دارای مشارکت (نسبت درصد جمعیت به فیتوپلانکتون کل) بارزتری نسبت به

سایر گونه‌ها هستند، که به عبارتی شاخص گردیده‌اند. چنان‌که در ناحیه شرق، گونه‌های *Pseudonitzschia seriata* و *Oscillatoria sp.* در ناحیه مرکزی گونه‌های *Pseudonitzschia seriata* و *Oscillatoria sp.* و در ناحیه غرب

گونه‌های *Dactyliosolen fragilissima*, *Oscillatoria sp.*

درصد *Cerataulina pelagica* و *Pseudonitzschia seriata*

بالاتری از جمعیت فیتوپلانکتون کل را تشکیل می‌دهند. ضمن آنکه میزان

درصد گونه‌های فوق نیز در سه منطقه‌ی غربی، میانی و شرقی تفاوت

قابل ملاحظه‌ای دارد، به‌طوری‌که درصد جمعیت *Cerataulina*

pelagica در شرق و *Pseudonitzschia seriata* در غرب از دو

ناحیه دیگر کم‌تر است. همچنین *Dactyliosolen fragilissima* در

غرب و *Oscillatoria sp.* در شرق از درصد جمعیت بیشتری نسبت

به دو ناحیه دیگر برخوردار است. به‌منظور درک چگونگی روابط بین

جمعیت فیتوپلانکتون و پارامترهای محیطی، آزمون چند متغیره CCA

بین گونه‌های غالب و عوامل محیطی (دما، اکسیژن محلول، pH، نیترات،

آمونوم، ارتوفسفات، نیتروژن آلی محلول و فسفر آلی محلول) صورت

گرفت (جدول ۲ و نمودار ۵). مقدار ویژه (Eigenvalue) برای دو

محور اول (axes) به‌ترتیب دارای مقادیر ۰/۴۳ و ۰/۰۳۲ بوده است.

صورت وجود شواهد دیگر می‌تواند دلیلی بر وجود اغتشاش در بوم‌سامانه باشد (Washington, 1984). میزان شاخص شانون - ویور و یکنواختی در تابستان (چند ساعت پس از شکست شکوفایی سیانوفیتا) در نیم‌خط تنکابن پایین بوده است، زیرا به هنگام شکوفایی و غالب شدن یک گونه‌ی شاخص شانون - ویور به شدت کاهش می‌یابد (Hellawell, 1986). جالب است که در فصل بهار (پیش از شکوفایی سیانوفیتهای در تابستان) نیز نیم‌خط تنکابن با دارا شدن مقادیر کم از شاخص شانون - ویور و یکنواختی چهره‌ای متفاوت از سایر نیم‌خطها نشان داد. در حقیقت شرایطی که منجر به ایجاد شکوفایی تابستان در دریای خزر می‌گردد (Nasrollahzadeh et al., 2011a)، باید در زمستان و بهار پیش از وقوع نیز مورد بررسی قرار گیرد. همان‌طور که در شروع بحث عنوان شد، مقایسه و مطالعه در الگوی ساختاری فیتوپلانکتون در سطح شاخه برای شناخت بوم‌سامانه کافی نیست و مطالعات عمیق و همه‌جانبه در سطح گونه‌ای جهت درک نوع تغییرات محیطی و زیست‌شناختی ضروری می‌نماید (Alves-de-Souza et al., 2008). در این مطالعات جایگزینی فصلی گونه‌ها و غالبیت آنها با توجه به خصوصیات فیزیولوژیکی و بوم‌شناختی در هر سال و یا مقایسه با سال‌های پیشین از ابزارهای مهم محسوب می‌گردد. برای مثال در بهار سال ۱۳۷۵ گونه‌های *Cyclotella* *Skeletonema costatum meneghiniana*، در تابستان *Exuviaella cordata* و *Pseudosolenia calcar-avis* 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 *Chrysochromulina* sp. در تابستان *Oscillatoria* sp. و *Thalassionema nitzschioides* پاییز *Pseudonitzschia seriata*، در زمستان *Cerataulina pelagica*، *Dactyliosolen fragilissima* دارای بیشترین ISI گردیدند. همان‌طور که مشخص است از سال ۱۳۷۵ به ۱۳۸۸ در هر فصل گونه‌هایی با پتانسیل تهاجمی (Shiganova et al., 2005) در فهرست گونه‌های غالب جای گرفته‌اند. مطالعه Dahl و همکاران در سال ۲۰۰۵ نشان داد که نسبت بالای N/P، لایه‌بندی 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

جنوبی دریای خزر نشان داد که در سال قبل از ورود شاندار (۱۳۷۵) باسیلاریوفیتهای و پیروفیتهای به ترتیب دو رتبه نخست جمعیتی را دارا بودند، در حالی که در سال ۱۳۸۴ با آنکه گونه‌ی باسیلاریوفیتهای همچنان گروه غالب را تشکیل داد ولی گونه‌ی سیانوفیتهای به خصوص در فصول تابستان و پاییز به شدت افزایش یافت (Nasrollahzadeh, 2008). مطالعه در سه نیم‌خط انتخابی واقع در سه ناحیه‌ی غربی (انزلی)، مرکزی (نوشهر) و شرقی (امیرآباد) در لایه‌ی نوری نشان داد که از سال ۷۵ تا سال ۱۳۸۸ تعداد گونه‌ها در ۴ شاخه‌ی عمده یعنی باسیلاریوفیتهای، پیروفیتهای، سیانوفیتهای و کلروفیتهای افزایش یافته است. در ضمن در هر سه سال (۱۳۷۵، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۸) روند تغییرات تعداد گونه از غرب به شرق الگوی تقریباً یکسانی داشته است، به طوری که شاخه‌های باسیلاریوفیتهای، سیانوفیتهای و کلروفیتهای از ایستگاه غربی به شرقی کاهش داشته است، در حالی که تعداد گونه‌های پیروفیتهای از غرب به شرق افزایش نشان داده است. بررسی جمعیت شاخه‌های عمده در لایه‌ی نوری در سال‌های مختلف بیانگر آن است که شاخه‌ی باسیلاریوفیتهای در سال ۱۳۸۴ و ۱۳۸۸ با آنکه توانسته است همانند سال ۱۳۷۵ روند کاهشی خود را از زیر ناحیه‌ی غربی به شرقی حفظ کند، ولی در هر سه نیم‌خط نسبت به سال‌های پیشین به شدت افزایش نشان داده است. اما پیروفیتهای بعد از افزایش جمعیت در سال ۱۳۸۴ در نیم‌خط‌های منتخب در غرب و مرکز روند کاهشی داشته است (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰). همانند سایر شاخه‌ها (Makhlough, 2009) به شاخه‌ی پیروفیتهای نیز گونه‌های جدید (حتی با ماهیت انگلی) افزوده شد (Doustdar, 2009). کلروفیتهای نیز چنین الگویی را جز در نیم‌خط منتخب غرب (انزلی) نشان داده است، در حالی که سیانوفیتهای همانند باسیلاریوفیتهای از سال ۱۳۷۵ به ۱۳۸۸ به شدت روند افزایشی در نیم‌خط‌های منتخب نشان داد. بنابراین همان‌طور که عنوان شد، بررسی گونه‌های غالب مربوط به شاخه‌های مختلف به خصوص باسیلاریوفیتهای، سیانوفیتهای و پیروفیتهای، راهنمای بسیار خوبی در شناخت بوم‌سامانه‌ی دریای خزر محسوب می‌شود.

اگر محدوده‌ی شاخص شانون - ویور در سال ۱۳۷۵ (۱/۰۱-۱/۴۱) (Nasrollahzadeh, 2008b) را به عنوان شاخص در دوره‌ی ثبات زیست‌شناختی در نظر بگیریم و شاخص شانون- ویور سال ۱۳۸۸ را با آن مقایسه کنیم، می‌توان دریافت که نزدیک به ۷۰ درصد از موارد شاخص شانون- ویور بیش از محدوده‌ی به دست آمده در سال ۱۳۷۵ بوده است. این مقدار در

غالبیت تام گردید، بلکه در پاییز نیز همچنان به‌عنوان یکی از دو گونه غالب باقی ماند. غالبیت سیانوفیتا در فصل تابستان بیانگر افزایش سطح تروفیکی با دخالت انسانی است (Soylu and Oscillatoria sp. (Gonulol, 2010) دارای توانایی گوناگونی است که به او اجازه می‌دهد که نور را به بهترین صورت جذب کند، لذا نه تنها در آب کدر و یوتروف توان رشد و تکثیر فراوان دارد، حتی در آب لایه‌بندی شده نیز توان رقابتی زیاد با دیگر گونه‌ها دارد (Romo and Villena, 2005). خصوصیات بیان شده (توان رشد و تکثیر زیاد، مهاجم بودن، رشد در محیط بوتروف و کدر و یا در آب لایه‌بندی شده) در هر یک از گونه‌های غالب بر اساس استراتژی اتخاذ شده توسط آنها نیز قابل پیش‌بینی است. به این ترتیب در بهار ۱۳۸۸ گونه‌های C، و در سایر فصول گونه‌های R - استراتژی شرایط مناسبی جهت رشد و تکثیر داشته‌اند. در مطالعه Moncheva و همکاران (۲۰۰۱) در دریای سیاه گونه‌های C - استراتژی حدود ۶۸ درصد از جمعیت کل را تشکیل دادند و گروه R - استراتژی تقریباً به‌طور یکنواخت در کل دریا توزیع شده بود. در حالی که در دریای اژه گونه‌های R - استراتژی حداکثر درصد مشارکت (۶۸ درصد) را تشکیل دادند. 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 به‌ترتیب با ۸۷ و ۸۱ درصد حداکثر مشارکت را در جمعیت کل دارا بود. در حالی که گروه R - استراتژی در دریای اژه در پاییز و زمستان حداکثر مشارکت را در جمعیت کل داشت. در دریای سیاه و اژه برخلاف دریای خزر، در فصل تابستان با افزایش ورود نوترینت با منابع انسانی گروه C - استراتژی غالب گردیدند. در دریای خزر شرایط افزایش جمعیت برای C - استراتژی در فصل بهار بوده است. در دریای خزر نظیر دریای سیاه و اژه غالبیت R و C - استراتژی بر عکس هم بود (Moncheva et al., 2001) به عبارتی دیگر در فصول متفاوت غالب گردیدند. در تقسیم‌بندی فیتوپلانکتون‌ها بر اساس پیشنهاد Reynold و همکاران (۲۰۰۲)، گونه‌ها بر اساس اندازه، شکل و استراتژی در شرایط بوم‌شناختی مشابه (بدون در نظر گرفتن وابستگی شاخه‌ای) در کنار هم قرار می‌گیرند. برای مثال همان‌طور که (Smayda and Reynold, 2001; Alves-de-Souza et al., 2008) بیان کرده‌اند و در این مطالعه نیز مشخص گردید، چند گونه از پیروفتا در S - استراتژی جای گرفتند و گونه‌ای از آن در C-

جمعیت *Chrysochromulina* هستند. کمتر بودن فشار تغذیه‌ای از سوی زئوپلانکتون‌ها بر روی آن، توانایی رشد در نور کم در برخی از گونه‌های آن و نیز توانایی بلع (ذره خواری) دتریت، باکتری‌ها و جلبک‌های در اندازه‌ی نانومتر از دیگر خصوصیات است که منجر به افزایش توان رقابتی آن در محیط‌های اولیگوتروف، مزو - یوتروف و نیز آب لایه‌بندی شده می‌گردد (Reynolds et al., 2002). این خصوصیات همراه با نسبت مناسب از S/V آن را در گروه C - استراتژی قرار داده است. این بدان معنا است که به‌محض فراهم شدن محیطی مناسب (نور و غذا) به‌شدت رشد و تکثیر می‌کنند و جمعیت بالایی را در حد غالبیت دارا می‌گردند. چنان‌که در مطالعه‌ی حاضر این گونه علاوه بر بهار در تابستان نیز توانست جمعیت قابل ملاحظه‌ای را ایجاد کند. نمونه‌برداری در تابستان تقریباً با مرحله‌ی شکست شکوفایی *Nodularia spumigena* مصادف گردید. افزایش جمعیت این گونه و دیگر فیتوپلانکتون‌های ریز و ناشناخته پس از مرحله‌ی شکوفایی بیانگر آن است که بوم‌سامانه مرحله‌ی رشد را طی کرده و به مرحله تجزیه‌ی^۱ توده‌ی شکوفا شده در مرحله‌ی قبل رسیده است. بنابراین جمعیت بالای آن شاخص مناسبی برای پی بردن به مرحله‌ای است که بوم‌سامانه در آن قرار دارد (Hajdu et al., 2007). اگر چه *Cerataulina pelagica* به‌عنوان گونه‌ی سمی معرفی نشده است، ولی از جهت اثراتی که می‌گذارد جزو گونه‌های مضر محسوب می‌شود. کاهش غلظت‌های زئوپلانکتون‌ها، کاهش رشد و تکثیر دوکفه‌ای‌ها و مرگ صدف‌های بتتیک و ماهیان استخوانی بعد از بلوم *Cerataulina pelagica* توسط محققین در نقاط مختلف دنیا گزارش شده است (Taylor et al., 2007). لذا افزایش جمعیت آن در مطالعه‌ی حاضر (در فصل زمستان)، می‌تواند زنگ خطری محسوب گردد. *Pseudonitzschia seriata* نیز که جزو گونه‌های با پتانسیل تولید سم نورو توکسینی (Domic Acid) قرار دارد (Gulland et al., 2002)، عواملی نظیر فراجوشی^۲ و ورودی رودخانه‌ها می‌توانند شکوفایی آن را تسریع کنند، چنان‌که در زمستان ۱۳۸۸ چنین فرصتی را برای افزایش شدید جمعیت به‌دست آورد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰). گونه *Oscillatoria sp.* نه تنها در تابستان ۱۳۸۸ موجب تغییر الگوی ساختار فیتوپلانکتونی نسبت به سال ۱۳۷۵ گردید و دارای

¹ Decomposition

² Upwelling

بعضی از گونه‌های پیروفتا (*Heterocapsa Proto-peridinium*) و فسفرآلی محلول (DOP) و درجه حرارت آب بوده است. تعدادی از باسیلاریوفیتا (*Melosira moniliformis*)، *Stephanodiscus* sp.، *Skeletonema costatum* و *Pseudosolenia calcar-avis* نیز با سیلیس محلول (DSi) و نیترات ارتباط مستقیم داشتند. به نظر می‌رسد که تغییر شرایط محیطی در گونه‌های باسیلاریوفیتی موجود در گروه دوم از نظر اندازه (دارای S/V بین ۰/۴ و ۱/۴) بیشتر انعکاس یافته است. در ضمن مشخص گردید که با افزایش درجه حرارت آب و کاهش منابع نیتراتی و سیلیسی، گونه‌های باسیلاریوفیتی وابسته به این دو عامل کاهش می‌یابند که این امر تا حد زیادی با افزایش پیروفتا همراه است. ارتباط تنگاتنگ ریخت‌شناسی گونه (S/V) و شرایط محیطی (بدون در نظر گرفتن ارتباطات فیلوژنتیکی) سبب گردید که گونه‌های *Chaetoceros mirabilis* ($S/V > 1$) و *Nodularia spumigena* در یک مجموعه کنار هم ظاهر گردند. این به این دلیل است که در سیانوفیتای رشته‌ای بسته به شرایط محیطی طول رشته (MLD) و در نتیجه S/V در حال تغییر است که به سیانوفیتا توانایی رقابت با سایر فیتوپلانکتون‌ها را می‌دهد (Lewis, 1976). به جز گونه‌های ذکر شده، سایر گونه‌ها جمعیت آنها با عوامل محیطی ارتباط واضح و روشنی را نشان ندادند. بررسی‌های مخلف انجام شده در این مطالعه (ناحیه‌ای، فصلی و CCA) نشان داد که تا چه حد اثرات متقابل بین ریخت‌شناسی و شرایط محیطی در تعیین اجتماعات فیتوپلانکتونی نقش دارد و فیتوپلانکتون‌های (از شاخه‌های مختلف) با نیازهای مشابه را در کنار هم قرار می‌دهد و نیز ضرورت بررسی استراتژی و الگوی زیستی گونه‌ها را در توجیه وضعیت بوم‌سامانه مشخص کرد. این مقاله می‌تواند شروع خوبی برای مطالعات فیتوپلانکتونی از این دیدگاه باشد. مطالعات آتی به‌منظور شناخت هر چه بیشتر فیزیولوژی و مرفولوژی گونه‌های می‌تواند نقاط مبهم در چگونگی ظهور و تکثیر گونه‌ها را روشن‌تر نماید.

۵. سپاسگزاری

بدین‌وسیله از موسسه تحقیقات شیلات ایران که کلیه حمایت‌های مالی، آزمایشگاهی و علمی این تحقیق را در قالب پروژه "بررسی تنوع، بیوماس و فراوانی فیتوپلانکتون در منطقه‌ی

استراتژی طبقه‌بندی گردید. زیرا عواملی نظیر تغذیه هترتروفیکی و متحرک بودن به پیروفتا توانایی حضور در شرایط مختلف (بعد از اختلاط عمودی آب، قبل از اختلاط عمودی آب) و سطح تروفیکی مختلف (اولیگو تروف و یوتروف) را می‌دهد (Smayda, 2002). در ضمن همان‌طور که (Reynold et al., 2002) نیز عنوان کرده بود و در نمودار ۲ نیز نشان داده شده است گونه‌هایی نظیر *Synechococcus-type* (SS - استراتژی) و *Pseudosolenia calcar-avis* (R-استراتژی) کاملاً نتوانستند در گروه‌های سه‌گانه‌ی استراتژی (S و C, R) جای گیرند و ناگزیر در گروه‌های حد واسط مانند RS (دارای خصوصیات ترکیبی از R و S که بسته به شرایط محیطی گاهی تمایل بیشتر به R یا S استراتژی نشان می‌دهند) جای گرفتند. اگرچه *Synechococcus-type* به‌عنوان SS-استراتژی (حضور در محیط اولیگو تروف و دارای کمبود منابع فسفاتی) مطرح گردیده است، اما گزارشاتی از بلوم آن در محیط دارای سطح بالای مواد مغذی و نیز اواسط تابستان و دریاچه‌ی لایه‌بندی شده وجود داشته است (Sigeo, 2004). چنان‌که در مطالعه‌ی حاضر نیز چنین وضعیتی در تابستان مشاهده گردید. با در نظر گرفتن استراتژی هر یک از این گونه‌های غالب در نواحی سه‌گانه معلوم می‌شود که گونه‌های R-استراتژی در هر سه ناحیه دارای زمینه مساعدی برای رشد و تکثیر هستند، توجه به گونه‌های شاخص در هر یک از نواحی نشان می‌دهد که در شرق یک گونه (*Pseudonitzschia seriata*)، در مرکز دو گونه (*Pseudonitzschia seriata* و *Cerataulina pelagica*) و در غرب سه گونه (*Cerataulina Pseudonitzschia seriata*، *pelagica* و *Dactyliosolen fragilissima*) از گروه R-استراتژی دارای جمعیت زیاد گردیدند. به عبارت دیگر از شرق به غرب به‌تعداد گونه‌های R-استراتژی در فهرست گونه‌های غالب افزوده شده و توزیع جمعیت بین گونه‌ها متعادل‌تر گردید. بررسی شاخص یکنواختی در نیم‌خط‌ها نیز بیانگر تفاوت زیاد بین این شاخص در نیم‌خط‌های شرقی با نیم‌خط‌های دو ناحیه‌ی مرکزی و غربی است، به‌طوری‌که حداقل میانگین این شاخص را در ناحیه شرقی سبب گردیده است.

آزمون CCA نیز به خوبی اثر شرایط محیطی را بر روی حضور گونه‌ای نشان می‌داد (Nasrollahzadeh et al., 2011b). در مطالعه‌ی حاضر این آزمون بیانگر ارتباط مثبت *Oscillatoria limosa* و فسفر معدنی محلول (DIP) و آمونیوم،

- W.DC. P.424.
- Dahl, E.; Bagoien, E.; Edvardsen, B. and Stenseth, N.C., 2005. The dynamics of *Chrysochromulina* species in the Skagerrak in relation to environmental conditions. *Journal of Sea Research*. 54(1):15-24.
- Doustdar, M., 2009. IFRO Newsletter, ISSN:1028-5156.
- Duarte, C.M., 1990. Size plasticity of freshwater phytoplankton: implications for community structure. *Limnology and Oceanography*, 35:1846-1851.
- Greisberger, S.; Dokulil, M.T. and Teubner, K.A., 2007. Comparison of phytoplankton size-fractions in Mondsee, an alpine lake in Austria: distribution, pigment composition and primary production rates. *Aquatic Ecology*. 43(6): 1108-1119.
- Grime, J.P., 1979. Plant strategies and vegetation processes. John Wiley and Sons. New York. 222 p.
- Gulland, F.M.; Fauquier, D.; Langlois, G.; Lander, M.E.; Zabka, T. and Duerr, R., 2002. Domoic acid toxicity in Californian sea lions (*Zalophus californianus*): clinical signs, treatment and survival. *Veterinary Record*. 150: 475-480.
- Hellawell, J.M., 1986. Biological indicators of freshwaters pollution and environmental management. Elsevier Applied Science Publishers London and New York, 518p.
- Hajdu, S.; Hoglander, H. and Larsson, U., 2007. Phytoplankton vertical distributions and composition in Baltic Sea cyanobacterial blooms. *Harmful Algae*. 6: 189-205.
- Huszar, V.L.M. and Caraco, N., 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. John Wiley and Sons. INC.USA, 1132P.
- Kasimov, A., 2004. Ecology of the Caspian Sea plankton. جنوبی دریای خزر" فراهم آورده و نیز از کلیه همکاران و دست اندارکاران محترم در بخش اکولوژی، پرسنل و نمونه برداران محترم کشتی قدردانی فراوان به عمل می‌آید.
- منابع**
- پورغلام، ر. و کاتونین، د.، ۱۳۷۴. پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی حوزه جنوبی دریای خزر ساری، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. خسروی، م.، ۱۳۷۸. تعیین میزان آلودگی آب در خلیج گرگان با استفاده از فیتوپلانکتون. هشتمین کنفرانس زیست‌شناسی کرمانشاه، صفحه ۸۲
- فارابی، م.و؛ فضل‌ی، ح.؛ واردی، س.ا.؛ واحدی، ف.؛ روشن‌طبری، م.؛ هاشمیان، ع.؛ گل‌آقائی، م.؛ رستمیان، م.ت.، ۱۳۹۰. طرح پروژه هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلودگی‌های زیست محیطی حوزه جنوبی دریای خزر. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر.
- فضل‌ی، ح.؛ فارابی، م.و؛ دریانبرد، غ.ر.؛ گنجیان، ع.؛ واحدی، ف.؛ واردی، ا.؛ هاشمیان، ع.؛ روشن‌طبری، م.؛ روحی، ا.، ۱۳۸۹. پروژه تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر.
- مخلوق، آ.؛ نصراله‌زاده، ح.؛ فارابی، م.و. و واحدی، ف.، ۱۳۸۹. تغییرات فصلی کیفیت آب دریای خزر براساس ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون. چهارمین سمینار ملی شیمی و محیط زیست بندرعباس، ۳۵۶ صفحه.
- مخلوق، آ.؛ نصراله‌زاده، ح.س.؛ پورغلام، ر. و رحمتی، ر.، ۱۳۹۰. معرفی گونه‌های سمی و مضر جدید فیتوپلانکتون در آب‌های سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر، مجله علوم زیستی واحد لاهیجان، سال پنجم، شماره دوم. صفحه ۹۳-۷۷.
- مخلوق، آ.؛ نصراله‌زاده، ح.س.؛ فارابی، س.م.و؛ روشن‌طبری، م.؛ اسلامی، ف.؛ رحمتی، ر.؛ تهامی، ف.؛ کیهان‌ثانی، ع.ر.؛ دوستدار، م.؛ خداپرست، ن.؛ گنجیان، ع.؛ مکرمی، ع.، ۱۳۸۸. پروژه بررسی تنوع، پراکنش و فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در حوزه جنوبی دریای خزر.
- Alves-de-Souza, C.; Gonzalez, M.T. and Iriarte, J., 2008. Functional groups in marine phytoplankton assemblages dominated by diatoms in fjords of southern Chile. *Journal of plankton research*, 30(11):1233-1243.
- APHA., 2005. Standard Method .America Public Health.

- International Aquatic Research. 3: 205-216.
- Nasrollahzadeh, H.S.; Makhloogh, A.; Pourgholam, R.; Vahedi, F.; Qanqwerme, A. and Foong, S.Y., 2011b. The study of *Nodularia spumigena* bloom event in the southern Caspian Sea. Applied Ecology And Environmental Research. 9:141-155.
- Padisak, J.; and Reynolds, C.S., 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.
- Padisak, J.; Borics, G.B.; Grigorszky, I.G. and Soroczki-Pinter, E., 2006. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. Hydrobiologia. 553: 1-14.
- Reynolds, C.S.; Huszar, V.; Kruk, C.; Flores, L.N. and Melo, S., 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. Journal of plankton research. 24(5):417-428.
- Reynolds, C.S., 2006. The ecology of phytoplankton. Cambridge University Press. UK. 551p.
- Romo, S. and Villena, M.A.J., 2005. Phytoplankton strategies and diversity under different nutrient levels and planktivorous fish densities in a shallow Mediterranean lake. Journal of plankton research. 27(12):1273-1286.
- Roohi, A.; Kideys, A.E.; Sajjadi, A.; Hashemian, A.; Pourgholam, R.; Fazli, H.; Ganjian Khanari, A.; Develi, E.E., 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.
- Rushforth, S.R.; and Brock J.T., 1991. Attached diatom communities from the lower Truckee River. summer and fall 1986. Hydrobiologia. 224: 49-64.
- Sapozhnikov, V.V., 1988. Handbook of Chemical in Sea. Adiloglu. Baku. 540p.
- Karpinsky, M.G., 2010. On Peculiarities of Introduction of Marine Species into the Caspian Sea, Russian Journal of Biological Invasions, vol.1:1, 7-10 pp.
- Krebs, C.J., 1999. Ecological Methodology. Second Edition. England: Benjamin/Cumming an imprint of Addison Wesley Longman, 624p.
- Lewis Jr, W.M., 1976. Surface to volume ratio implications for phytoplankton morphology. American Association for the advancement of science. 192: 885-887.
- Makhloogh, A., 2009. IFRO Newsletter, ISSN:1028-5156.
- Moncheva, S.; Gotsis-Skretas, O.; Pagou, K. and Krastev, A., 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.
- Nasrollahzadeh, H.S., 2008. Ecological modeling on nutrient distribution and phytoplankton diversity in the southern of the Caspian Sea. PhD thesis, University Science Malaysia.
- Nasrollahzadeh, H.S.; Din, Z.B.; Foong, S.Y.; and Makhloogh, A., 2008a. 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.; Zubir, B.D.; Foong S.Y. and Makhloogh, A., 2008b. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. Continental Shelf Research. 28:1153- 1165.
- Nasrollahzadeh, H.S.; Makhloogh, A.; Pourgholam, R.; Zubir, B.D.; Swee Yeok, F., 2011a. Multivariate analysis of water quality parameters and phytoplankton composition in the southern of Caspian Sea.

- frontal zones as 'pelagic seed banks'. *Harmful Algae*. 1: 95-112.
- Smayda, T.J. and Reynolds, C.S., 2003. Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. *Journal Sea Research*. 49: 95-106.
- Soylu, E.N. and Gonulol, A., 2010. Functional classification and composition of phytoplankton in Liman Lake. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 10: 53-60.
- Taylor, F.J.; Taylor, N.J. and Walsby, J.R., 2007. A Bloom of the Planktonic Diatom, *Cerataulina pelagica*, off the Coast of Northeastern New Zealand in 1983 and its Contribution to an Associated Mortality of Fish and Benthic Fauna *International Review of Hydrobiology*. 70: 773-795.
- Washington, H.G., 1984. Diversity, Biotic and Similarity Indices, A Review with special relevance to Aquatic Ecosystems. *Water Research* 18: 653-694.
- Russian Publication. Moscow, Russia, 118 p.
- Shiganova, T.A.; Musaeva, E.I.; Pautova, L.A. and Bulgakova, Yu.V., 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*. 1:78-87.
- Sigeo, D.C., 2004. Freshwater microbiology, biodiversity and dynamic interaction of microorganisms in the aquatic environment. University of Manchester. UK: John Wiley and Sons. LTD. 524p.
- Smayda, T.J. and Reynolds, C.S., 2001. Community assembly in marine phytoplankton: application of recent models to harmful dinoflagellate blooms. *Journal of Plankton Research*. 23: 447-62.
- Smayda, T.J., 2002. Turbulence, watermass stratification and harmful algal blooms: an alternative view and