

## رابطه تغییرات فصلی پارامترهای محیطی با تنوع زیستی و زی توده ماکروفولینگ ها در قفس های صیادی در بندر لنگه

- مریم شهبازی: گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
- ایمان سوری نژاد\*: گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
- سعید گرگین: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- گیتی میرمحمد صادقی: دانشکده مهندسی پلیمر و رنگ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
- مرتضی یوسف زادی: گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۷

### چکیده

شناسایی ماکروفولینگ ها اولین قدم در کنترل این موجودات مزاحم چسبنده بر روی ساختارهای موجود در دریاها می باشد. طی چهار مرحله نمونه برداری از تیر ۱۳۹۴ تا خرداد ۱۳۹۵ از قفس های صیادی بندر لنگه، ۸ گونه/جنس متعلق به ۸ خانواده ماکروفولینگ شناسایی و طبقه بندی شدند. پارامترهای آب شامل دما، شوری، اکسیژن محلول و pH در هر چهار فصل اندازه گیری شدند و به منظور بررسی تنوع زیستی از آنالیز تحلیل کاهشی استفاده شد. ماکروفولینگ غالب در این مطالعه بارناکل *Amphibalanus* sp. بود که در تمامی فصول مشاهده شد. بیشترین میانگین زی توده ( $214/62 \pm 39/4$  گرم/سانتی مترمربع) در ماکروفولینگ ها متعلق به آب پاش دریایی *Perophora* sp. در فصل پاییز بود. اختلاف معنی داری بین میانگین وزن ماکروفولینگ ها در فصول مختلف و هم چنین بین میانگین پارامترهای آب در چهار فصل مشاهده گردید ( $p < 0/05$ ). نتایج حاصل از آنالیز تحلیل کاهشی و همبستگی پیرسون نشان داد که دما و اکسیژن محلول آب دو پارامتر محیطی موثر بر تنوع و زی توده بیوفولینگ ها در بندر لنگه بودند.

**کلمات کلیدی:** ماکروفولینگ، دما، قفس صیادی، بندر لنگه

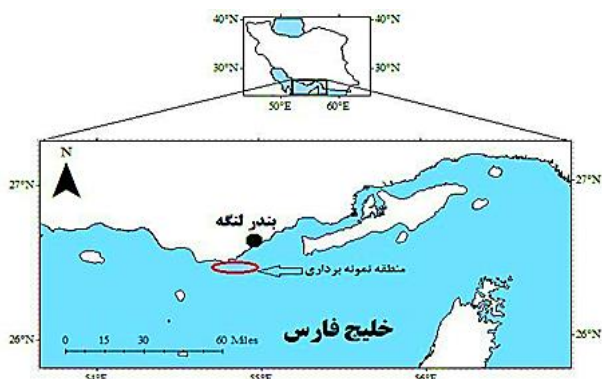


## مقدمه

ناشی از آن‌ها امری ضروری محسوب می‌شود (Hellio و همکاران، ۲۰۰۴) و باید توسط مواد ضدفولینگ از روی این سطوح حذف شوند که این امر مستلزم شناسایی ماکروفولینگها می‌باشد، زیرا هر نوع ماده ضدفولینگ بر طیف خاصی از این جانداران موثر می‌باشد. از این رو در این تحقیق به شناسایی انواع ماکروفولینگهای چسبیده به قفس‌های صیادی در منطقه بندر لنگه پرداخته شد. سپس با آنالیز تحلیل کاهشی (RDA=Redundancy Analysis) و آزمون همبستگی پیرسون، رابطه و همبستگی پارامترهای محیطی از قبیل دما، شوری، pH و اکسیژن محلول در این منطقه با زی توده و تنوع گونه‌ای بررسی شد.

## مواد و روشها

تحقیق حاضر در بندر لنگه (استان هرمزگان، روستای گشه) انجام شد (شکل ۱). فاصله محل نمونه برداری از ساحل حدود ۴ مایل دریایی و عمق منطقه نمونه برداری ۲۰-۱۵ متر متغیر بود.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه نمونه برداری در آب‌های استان هرمزگان

این تحقیق از اول تیر ۱۳۹۴ تا خرداد ۱۳۹۵ در چهار مرحله به صورت فصلی انجام شد. در ابتدای هر فصل ۳۰ عدد پانل توری با ابعاد ۲۵×۲۵ سانتی متر (۰/۰۶ مترمربع) به کمک طناب نایلونی به بدنه سه قفس صیادی متصل شدند. در این تحقیق از قفس‌های نیم کروی با اندازه چشمه: ۳/۵ سانتی متر، ارتفاع: ۱/۵ متر استفاده شد. این قفس‌ها به صورت متوالی به یکدیگر متصل شدند و توسط دو عدد لنگر در عمق ۲۰-۱۵ متری قرار گرفتند. در اول تیرماه ۱۳۹۴، پانل‌های توری بر روی دیواره قفس‌ها نصب شده و به مدت سه ماه در آب قرار گرفتند. پس از سه ماه یعنی در ۳۱ شهریور ۱۳۹۴، ۳۰ عدد پانل توری همراه با فولینگ‌های چسبیده به سطوح‌شان از بدنه آن‌ها جدا و درون سطل‌های حاوی آب دریا و فرمالین چهار درصد قرار گرفتند و به آزمایشگاه منتقل شدند. پارامترهای دما، اکسیژن محلول، شوری و pH به صورت فصلی و در زمان جداسازی پانل‌های توری از بدنه قفس‌ها با سه بار تکرار اندازه‌گیری شدند. در این تحقیق پارامترهای

بیوفولینگ دریایی، تجمع ناخواسته موجودات زنده بر سطوح مصنوعی زیر آب است و از آن جاکه فضای موجود در محیط دریایی برای تجمع محدود است، در نهایت بر روی تمام سطوح مستقر می‌شوند (Wahl, ۱۹۸۹). بیوفولینگ دریایی به دو گروه میکروبیوفولینگ (Microbiofilm) (۱-۱۰۰ میکرومتر) و ماکروبیوفولینگ (Macrobiofilm) (۱۰ سانتی‌متر-۱۰ میلی‌متر) تقسیم می‌شود. باکتری‌ها، دیاتوم‌ها (Diatoms) و اسپور جلبک‌ها (Alga) جزو میکروبیوفولینگ‌ها می‌باشند. هم‌چنین بارناکل‌ها (Barnacles)، بریوزوا (Bryozoa)، کرم‌های پرتار (Polychaete)، نرم‌تنان (Mussle) و جلبک‌ها مهم‌ترین اعضای ماکروبیوفولینگ‌ها هستند (Phang و همکاران، ۲۰۰۸). در دسترس بودن فضا تنها عامل تعیین‌کننده فولینگ زیستی نمی‌باشد و عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مانند هیدرودینامیک، دما، شوری، عمق، نور و دسترسی به مواد غذایی نیز بر بقاء، رشد و تنوع ماکروبیوفولینگ‌ها موثر می‌باشند (Prendergast, ۲۰۱۰). تغییرات فصلی پارامترهای محیطی از جمله دما و فصل نقش مهمی در ترکیب بیوفولینگ‌ها دارند. فصلی بودن به وضوح در تغییر پارامترهای آب و در نتیجه تغییر ساختار بیوفولینگ‌ها مشاهده می‌شود. کلونیزاسیون باکتریایی در سطوح غوطه‌ور در آب‌های دریایی تحت تاثیر نوسانات فصلی پارامترهای محیطی است. دما به نظر می‌رسد پارامتر مهم و قابل توجهی باشد. افزایش سرعت رشد جمعیت به طور کلی با افزایش دما مشاهده می‌شود (خدابخش و همکاران، ۱۳۸۷). در آب‌های معتدل یاسرد، اغلب تخم‌ریزی و رشد بیوفولینگ‌ها از اردیبهشت تا مهر اتفاق می‌افتد، هر چند که در مکان‌های گرمسیری این اتفاق در تمام طول سال در سطح بالا و پایداری رخ می‌دهد. برخی از گونه‌ها با نرخ رشد و باروری مختلف در فصل‌های مختلف با عوامل محیطی سازگار هستند. این عوامل ممکن است به صورت زمانی و مکانی متفاوت باشند که منجر به تغییرات طبیعی زیادی در ترکیب جوامع ماکروبیوفولینگ می‌شود (Prendergast, ۲۰۱۰). چسبیدن، رشد و تولیدمثل موجودات ماکروبیوفولینگ بر روی سازه‌های دریایی از قبیل کابل‌ها، لوله‌ها، تورهای ماهیگیری، کشتی‌ها و پایه اسکله‌ها مشکلات زیادی را ایجاد کرده است (Piazza و همکاران، ۲۰۱۱). این جانداران بر روی قفس‌های پرورشی و صیادی به طور گسترده‌ای تجمع کرده و سبب بروز مشکلاتی از قبیل افزایش وزن قفس (Milne, ۱۹۷۰)، ایجاد فشارهای هیدرودینامیکی بر بدنه قفس‌ها و در نتیجه کاهش حجم قفس و کاهش بازشدگی دهانه چشمه‌ها، افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری قفس‌ها (Hodson و همکاران، ۱۹۹۷) و هم‌چنین تخریب فیزیکی آن‌ها شده‌اند (Beveridge, ۲۰۰۴). از این رو، کنترل موجودات مزاحم چسبنده بر روی ساختارهای مصنوعی جهت کارآمد کردن عملیات نگهداری و کاهش هزینه‌های

دما، اکسیژن محلول، شوری و pH اندازه‌گیری شدند. نمونه‌های آب توسط بطری از محل قرارگیری قفس‌های صیادی برداشته شد و درون ظرف پلاستیکی قرار داده شد. درون روتنر، دماسنجی تعبیه شده که دمای آب را در همان نقطه اندازه‌گیری می‌کرد. میزان شوری و pH و اکسیژن محلول آب پس از خالی کردن آب درون روتنر، توسط دستگاه دیجیتال و پورتابل سنجش کیفیت چندمنظوره آب (HoribaU-10) سنجیده شد. به منظور بررسی زی‌توده و ترکیب گونه‌ای فولینگ، پانل‌های توری به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه به منظور حذف فرمالین‌ها و گل و لای، تورها با آب شستشو داده شدند. ماکروفولینگ از روی تورها جداسازی و وزن آن‌ها توسط ترازوی دیجیتال AS220.R2 با حساسیت ۰/۰۰۱ میلی‌گرم اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد جانداران توسط استریو میکروسکوپ (Streamicroscope) لوپ بینوکولار مدل NTB-2B و کلیدهای شناسایی (Braune, ۲۰۱۱؛ Jha و همکاران، ۲۰۰۹؛ Trono, ۲۰۰۳؛ De Clerck و Coppejans, ۱۹۹۶؛ Basson, ۱۹۷۸؛ Abbott و Hollenberg, ۱۹۷۶)، اطلس و چک‌لیست‌های موجود از ماکروجلبک‌ها و کفزیان دیگر منطقه و جستجو در پایگاه‌های علمی معتبر تا حد امکان شناسایی شدند (Kassah, ۲۰۱۲). در این تحقیق به منظور به دست آوردن میانگین زی‌توده ماکروفولینگ‌ها، میانگین مقدار پارامترهای آب در فصول مختلف و هم‌بستگی پیرسون بین پارامترهای محیطی و زی‌توده ماکروفولینگ‌ها از نرم‌افزار SPSS ۱۶ استفاده شد. در نرم‌افزار Canoco v.۶ ابتدا به منظور تعیین روش مناسب جهت بررسی ارتباط میان پارامترهای محیطی (شوری، pH، اکسیژن محلول و دما) و شاخص شانون (Shannon index) ماکروفولینگ‌ها در قفس‌های صیادی از آنالیز تطبیقی متعارفی قوس‌گیری شده (DCCA = Detrended Canonical Correspondence Analysis) استفاده گردید. نتایج آزمون نشان دادند که طول گرادیان‌ها (Lengths of gradient) بین ۱-۳ می‌باشد که در این صورت باید آنالیز RDA استفاده شود (Ter Braak و Šmilauer, ۲۰۰۲). شاخص تنوع شانون با استفاده از فرمول شاخص تنوع شانون-وینر (Shannon و Weaner, ۱۹۴۹) برای چهار فصل محاسبه شد که به شرح زیر می‌باشد:

$$H = - \sum_{i=1}^S \left( \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N} \right)$$

در این فرمول H = تابع شانون-وینر، S = تعداد گونه‌ها، Ni = تعداد گونه و N = تعداد کل گونه‌ها بود.

دما، اکسیژن محلول، شوری و pH اندازه‌گیری شدند. نمونه‌های آب توسط بطری از محل قرارگیری قفس‌های صیادی برداشته شد و درون ظرف پلاستیکی قرار داده شد. درون روتنر، دماسنجی تعبیه شده که دمای آب را در همان نقطه اندازه‌گیری می‌کرد. میزان شوری و pH و اکسیژن محلول آب پس از خالی کردن آب درون روتنر، توسط دستگاه دیجیتال و پورتابل سنجش کیفیت چندمنظوره آب (HoribaU-10) سنجیده شد. به منظور بررسی زی‌توده و ترکیب گونه‌ای فولینگ، پانل‌های توری به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه به منظور حذف فرمالین‌ها و گل و لای، تورها با آب شستشو داده شدند. ماکروفولینگ از روی تورها جداسازی و وزن آن‌ها توسط ترازوی دیجیتال AS220.R2 با حساسیت ۰/۰۰۱ میلی‌گرم اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد جانداران توسط استریو میکروسکوپ (Streamicroscope) لوپ بینوکولار مدل NTB-2B و کلیدهای شناسایی (Braune, ۲۰۱۱؛ Jha و همکاران، ۲۰۰۹؛ Trono, ۲۰۰۳؛ De Clerck و Coppejans, ۱۹۹۶؛ Basson, ۱۹۷۸؛ Abbott و Hollenberg, ۱۹۷۶)، اطلس و چک‌لیست‌های موجود از ماکروجلبک‌ها و کفزیان دیگر منطقه و جستجو در پایگاه‌های علمی معتبر تا حد امکان شناسایی شدند (Kassah, ۲۰۱۲). در این تحقیق به منظور به دست آوردن میانگین زی‌توده ماکروفولینگ‌ها، میانگین مقدار پارامترهای آب در فصول مختلف و هم‌بستگی پیرسون بین پارامترهای محیطی و زی‌توده ماکروفولینگ‌ها از نرم‌افزار SPSS ۱۶ استفاده شد. در نرم‌افزار Canoco v.۶ ابتدا به منظور تعیین روش مناسب جهت بررسی ارتباط میان پارامترهای محیطی (شوری، pH، اکسیژن محلول و دما) و شاخص شانون (Shannon index) ماکروفولینگ‌ها در قفس‌های صیادی از آنالیز تطبیقی متعارفی قوس‌گیری شده (DCCA = Detrended Canonical Correspondence Analysis) استفاده گردید. نتایج آزمون نشان دادند که طول گرادیان‌ها (Lengths of gradient) بین ۱-۳ می‌باشد که در این صورت باید آنالیز RDA استفاده شود (Ter Braak و Šmilauer, ۲۰۰۲). شاخص تنوع شانون با استفاده از فرمول شاخص تنوع شانون-وینر (Shannon و Weaner, ۱۹۴۹) برای چهار فصل محاسبه شد که به شرح زیر می‌باشد:

$$H = - \sum_{i=1}^S \left( \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N} \right)$$

در این فرمول H = تابع شانون-وینر، S = تعداد گونه‌ها، Ni = تعداد گونه و N = تعداد کل گونه‌ها بود.

## نتایج

در این تحقیق طی چهار فصل نمونه‌برداری از قفس‌های صیادی، ۸ گونه/جنس ماکروفولینگ متعلق به ۸ خانواده شناسایی شد. در فصل بهار چهار ماکروفولینگ *Paracyathus stokesii* Milne (Anthozoa: Caryophylliidae)؛ *Edwards & Haime, 1848*؛ *Amphibalanus* Pitombo, 2004 (Hexanauplia: Balanidae)



دادند. مقدار شاخص تنوع در فصل تابستان حدود ۰/۳۶ مشاهده گردید که کمترین مقدار شاخص تنوع گونه‌ای در چهار فصل بود. در فصل تابستان مشاهده شد که پارامترها بیشترین ارتباط را با تنوع بارناکل *Amphibalanus sp.* داشتند (شکل ۲).

چهار فصل به منظور تعیین رابطه پارامترهای محیطی و تنوع زیستی ماکروفولینگها انجام شد. در فصل بهار مقدار شاخص تنوع شانون ۱/۲۳ بود. نتایج نشان داد که در فصل بهار پارامترهای محیطی ارتباط محکمی با تنوع ماکروفولینگها دارند. پارامترهای محیطی دما و اکسیژن محلول بیشترین ارتباط را با تنوع اویستر صخره‌ای *S. cucullata*، جلبک سبز *Chladophora sp.* و بارناکل *Amphibalanus sp.* نشان

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار زی توده گروه‌های جانوری شناسایی شده در قفس‌ها در فصول مختلف

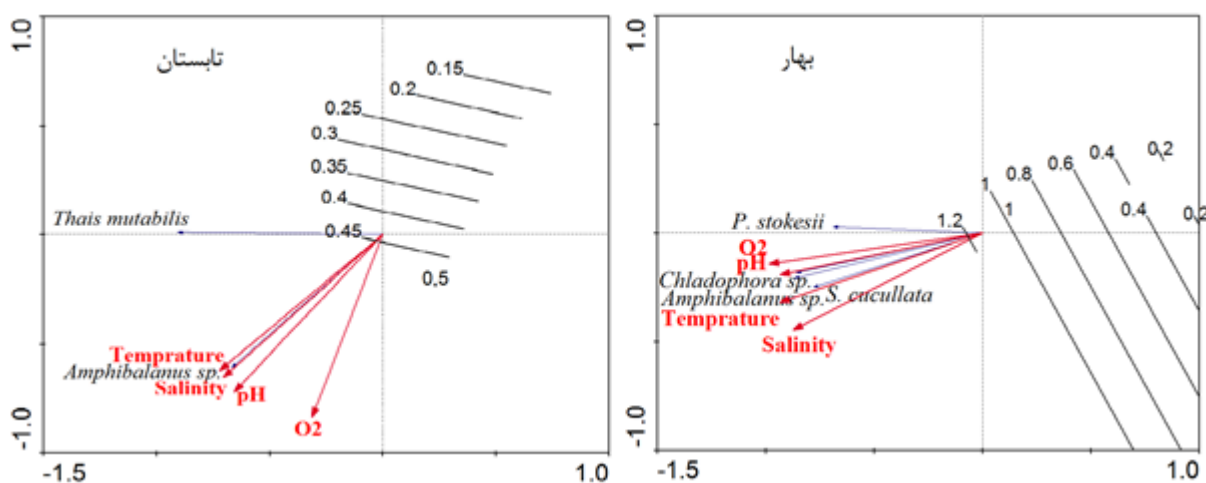
| نام علمی                     | بهار                      | تابستان                    | پاییز                    | زمستان                   |
|------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <i>Paraclyathus stokesii</i> | B۳۶/۶۸±۵/۱۸ <sup>a</sup>  | -                          | -                        | C۳۲/۸۹±۶/۵۵ <sup>b</sup> |
| <i>Amphibalanus sp.</i>      | B۳۵/۷۵±۳/۴۷ <sup>b</sup>  | A۲۰۲/۹۱±۴۹/۰۲ <sup>a</sup> | B۲۰/۵۵±۵/۷۷ <sup>c</sup> | D۲۰/۰۲±۸/۱۲ <sup>c</sup> |
| <i>Chladophora sp.</i>       | B۳۷/۳۷±۴/۷۵               | -                          | -                        | -                        |
| <i>Saccostrea cucullata</i>  | A۱۳۹/۱۵±۳۳/۶ <sup>a</sup> | -                          | -                        | B۵۶/۱۵۹±۲۴ <sup>b</sup>  |
| <i>Pteria sp.</i>            | -                         | -                          | -                        | A۸۵/۵۷±۱۹/۵              |
| <i>Perophora sp.</i>         | -                         | -                          | A۲۱۴/۳۹±۶۲/۴             | -                        |
| <i>Thais mutabilis</i>       | -                         | B۳۹/۷۷±۴/۰۹                | -                        | -                        |
| <i>Ectopleura sp.</i>        | -                         | -                          | -                        | C۳۴/۵۴±۳۴/۲۶             |

"A" (حروف بزرگ) = مقایسه عمودی (مقایسه میانگین زی توده چندین نوع ماکروفولینگ در یک فصل)، "a" (حروف کوچک) = مقایسه افقی (مقایسه میانگین زی توده یک نوع ماکروفولینگ در چهار فصل).

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار برخی پارامترهای آب در فصول مختلف

| پارامتر      | فصل / | بهار                    | تابستان                 | پاییز                   | زمستان                  |
|--------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| دما آب       |       | ۲۷/۳۵±۰/۵ <sup>b</sup>  | ۳۳/۷۹±۰/۸۲ <sup>a</sup> | ۲۷/۱۹±۰/۳۰ <sup>b</sup> | ۲۰/۸۹±۰/۵۸ <sup>c</sup> |
| شوری         |       | ۳۷/۶۶±۰/۴۱ <sup>b</sup> | ۳۸/۱۵±۰/۳۴ <sup>a</sup> | ۳۷/۷۴±۰/۲۷ <sup>b</sup> | ۳۷/۴۱±۰/۰۶ <sup>c</sup> |
| pH           |       | ۸/۲۰±۰/۳۴ <sup>b</sup>  | ۸/۳۳±۰/۱۰ <sup>a</sup>  | ۸/۱۹±۰/۰۵ <sup>b</sup>  | ۶/۹۱±۰/۲۰ <sup>c</sup>  |
| اکسیژن محلول |       | ۴/۹۹±۰/۴۲ <sup>b</sup>  | ۴/۴۹±۰/۳۹ <sup>c</sup>  | ۴/۸۱±۰/۱۰ <sup>b</sup>  | ۷/۰۴±۰/۶۱ <sup>a</sup>  |

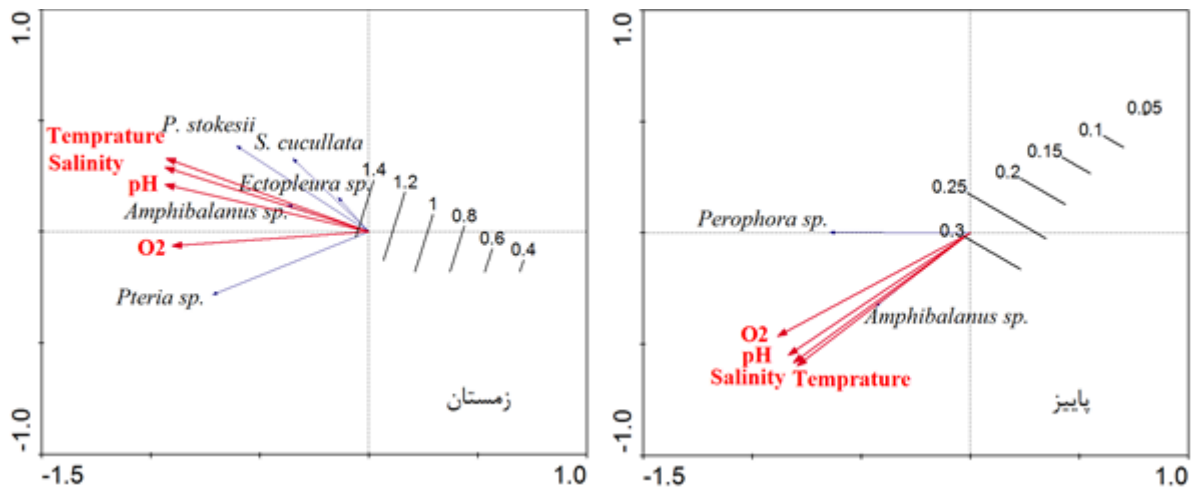
"a" (حروف کوچک) = مقایسه افقی (مقایسه میانگین یک پارامتر محیطی در چهار فصل)



شکل ۲: مقایسه میزان شاخص تنوع شانون برای ماکروفولینگ‌های مختلف در فصول بهار و تابستان

بیشترین مقدار تنوع گونه‌ای را به خود اختصاص داد. دما و شوری دو عامل مرتبط با شاخص تنوع اویستر صخره‌ای *S. cucullata* و مرجان *P. stokesii* بودند، در حالی که دو پارامتر دما و شوری ارتباط منفی با تنوع صدف دوکفه‌ای *Pteria sp.* داشتند (شکل ۳).

در فصل پاییز، ارتباط محکمی بین پارامترهای محیطی با تغییرات تنوع جنس بارناکل *Amphibalanus sp.* و آب‌پاش دریایی *Perophora sp.* مشاهده نگردید و مقدار شاخص تنوع شانون در این فصل ۰/۵۹ بود. در فصل زمستان مقدار شاخص شانون ۱/۵۵ بود که



شکل ۳: مقایسه میزان شاخص تنوع شانون برای ماکروفولینگ‌های مختلف در فصول پاییز و زمستان

## بحث

در این مطالعه نوسانات فصلی قابل توجهی در پارامترهای محیطی دما و اکسیژن محلول در بندر لنگه مشاهده شد به طوری که میانگین مقدار این پارامترها در فصول مختلف تفاوت معنی‌داری داشتند ( $P \leq 0.05$ ). در محیط‌های آبی میزان اکسیژن متغیر و دارای ارتباط محکمی با پارامترهایی هم‌چون حرارت، شوری، تنفس و فتوسنتز می‌باشد (Riley و Chester، ۱۹۷۱). در این تحقیق، بیشینه و کمینه مقدار اکسیژن به ترتیب در فصول زمستان و تابستان ثبت شد. بیشینه مقدار اکسیژن در زمستان احتمالاً به دلیل سرد شدن هوا و حلالیت بیش‌تر اکسیژن می‌باشد. طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده در این مطالعه شاهد حداکثر و حداقل میزان دما به ترتیب در تابستان و زمستان بودیم. بی‌شک محدوده حرارتی، محدوده پراکندگی هرگونه را تعیین می‌کند. عوامل مختلفی در تعیین محدوده حرارتی موثر هستند که جانداران خود را با شرایط موجود تطبیق می‌دهند و به سازگاری می‌رسند (Allan و Castillo، ۲۰۰۷). طی این چهار فصل، تفاوت معنی‌داری در زی‌توده فولینگ‌ها رویت گردید. حداکثر میانگین زی‌توده ماکروفولینگ‌ها در فصل تابستان (۱۲۱/۳۴۰ گرم/سانتی‌متر مربع) مشاهده شد که این مقدار در فصول پاییز ۱۱۷/۴۷۳ گرم/سانتی‌متر مربع، بهار ۶۲/۲۴۱ گرم/سانتی‌متر مربع و زمستان ۴۵/۸۴۰ گرم بر سانتی‌متر مربع بود. این میانگین زی‌توده با یک سیر نزولی قابل توجهی به حداقل مقدار خود رسید و فقیرترین مقدار زی‌توده ماکروفولینگ در

در این تحقیق آزمون هم‌بستگی پیرسون به منظور بررسی همبستگی قوی و معنی‌دار بین زی‌توده ماکروفولینگ‌ها با پارامترهای محیطی آب انجام شد. در فصل بهار همبستگی مثبت و معنی‌داری بین زی‌توده بارناکل *Amphibalanus sp.* و دما مشاهده شد ( $r = 0.47, P = 0.03$ ). زی‌توده جلبک سبز *Chladophora sp.* با دما ( $r = 0.5, P = 0.03$ ) و اکسیژن محلول ( $r = 0.5, P = 0.01$ ) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. هم‌چنین همبستگی مثبت و معنی‌داری در زی‌توده اویستر صخره‌ای *S. cucullata* با پارامترهای محیطی دما ( $r = 0.4, P = 0.025$ ) و اکسیژن محلول ( $r = 0.4, P = 0.044$ ) در فصل بهار مشاهده گردید. در فصل تابستان عامل محیطی دما با زی‌توده بارناکل *Amphibalanus sp.* ارتباط مثبت و معنی‌داری داشت ( $r = 0.4, P = 0.008$ ) و اکسیژن دارای ارتباط منفی و معنی‌داری با زی‌توده ماکروفولینگ مذکور بود ( $r = -0.7, P = 0.000$ ). تنها عامل محیطی مرتبط با میزان زی‌توده ماکروفولینگ آب‌پاش دریایی *Perophora sp.* اکسیژن می‌باشد ( $r = 0.3, P = 0.037$ ). در فصل زمستان، شوری با زی‌توده مرجان *P. stokesii* دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود ( $P = 0.018, r = 0.4$ ) و دما ( $r = -0.3, P = 0.045$ ) و شوری ( $r = -0.5, P = 0.004$ ) دارای همبستگی منفی و معنی‌داری با زی‌توده صدف دوکفه‌ای *Pteria sp.* بودند. نتایج همبستگی بین شاخص تنوع و پارامترهای محیطی نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص شانون با دما وجود دارد ( $r = 0.3, P = 0.038$ ).



هستند. در مطالعه Mosavi Dehmordi و همکاران (۲۰۱۱)، این ماکروفولینگ به عنوان فراوان ترین و غالب ترین جاندار در بندر دیلم مشاهده شد. در مطالعه Pudota (۲۰۱۱) نیز بارناکل *Amphibalanus sp.* در تمامی فصول حضور داشت. گلی نیا و نصرالهی (۱۳۹۶) گزارش دادند که کشتی چسب *Amphibalanus improvises* در سواحل جنوبی دریای خزر گونه غالب بوده و در تمام طول سال حضور داشت. جلبک سبز تنها در فصل بهار مشاهده شد و دارای همبستگی مثبت و معنی داری با دو پارامتر دما و اکسیژن بود. گلی نیا و نصرالهی (۱۳۹۶) نیز روند افزایشی درصد پوشش جلبک های سبز را به سمت فصل بهار مشاهده کردند. حضور جلبک های سبز تنها در فصل بهار احتمالاً به دلیل وجود مواد مغذی و دمای مطلوب برای آن هاست (Duran و همکاران، ۲۰۱۶). آب پاش دریایی *Perophora sp.* تنها در فصل پاییز مشاهده شد و دارای همبستگی مثبت و معنی داری با اکسیژن محلول بود و همان طور که از نتایج حاصله مشخص است اکسیژن دارای رابطه مثبت با تنوع این جاندار است. در مطالعه Kassah (۲۰۱۲) نیز اسیدین ها در فصل پاییز با زی توده بالایی در ترکیب گونه ای مشاهده شدند که با نتایج مطالعه اخیر هم خوانی دارد. جنس *Ectopleura sp.* تنها در فصل زمستان مشاهده شد و هیچ گونه همبستگی معنی داری بین زی توده این ماکروفولینگ با پارامترهای محیطی مشاهده نشد. هم چنین در نمودار تنوع نیز مشاهده شد که این ماکروفولینگ با پارامترهای محیطی رابطه معنی داری ندارد. در مطالعه Kassah (۲۰۱۲)، این گونه در تمامی فصول مشاهده شد، اما بیشترین زی توده این جاندار متعلق به فصول پاییز و زمستان بود. صدف دو کفه ای *Pteria sp.* در فصل زمستان دارای زی توده غالب بود. زی توده این ماکروفولینگ همبستگی منفی با دما و شوری داشت که کاهش دما و شوری هماهنگ با افزایش زی توده این جاندار است و به طور کلی می توان بیان کرد که زی توده این ماکروفولینگ با دما و شوری رابطه عکس دارد. هم چنین با توجه با نمودار تنوع ارتباط منفی این دو پارامتر با صدف دو کفه ای *Pteria sp.* کاملاً مشهود است.

نتایج حاصل از آنالیزهای انجام شده در این مطالعه نشان داد که دما و اکسیژن مهم ترین پارامترهای محیطی هستند که با تنوع اکثر بیوفولینگها در فصول مختلف همبسته بوده اند و ممکن است نقش مهمی در افزایش یا کاهش زی توده و تنوع بیوفولینگها ایفا کنند. افزایش سرعت رشد جمعیت به طور کلی با افزایش دما مشاهده می شود (Lehaitreet و همکاران، ۲۰۰۸). الگوی توالی و تجمع بیوفولینگها در نواحی نیمه گرمسیری به شدت تحت تاثیر نوسانات فصلی پارامترهای محیطی می باشد که این عامل سبب ایجاد تغییراتی در ترکیب و تنوع بیوفولینگها می شود. در طول زمستان کاهش دما و نور آب موجب کاهش نرخ متابولیسم و دسترسی کم تر به مواد

فصل زمستان مشاهده شد. تصور بر این است که نوسانات فصلی پارامترهای محیطی دریا بر ترکیب و ساختار گونه ها تاثیر دارد (Martins و Jenkins، ۲۰۱۰). این کاهش میزان زی توده بیوفولینگها در این تحقیق احتمالاً به دلیل پاسخ بیوفولینگها به شرایط محیطی و فصلی بوده است. در مطالعات Kassah (۲۰۱۲)، در فصل زمستان کاهش قابل توجهی در زی توده فولینگهای موجود بر تورها مشاهده شد و در تحقیق Pudota (۲۰۱۱) بیشترین میزان زی توده ماکروفولینگ (۲۱/۲ کیلوگرم/مترمربع) در آبان ماه بود. در مطالعه Mosavi Dehmordi و همکاران (۲۰۱۱) مشخص شد که فقیرترین میزان فولینگ در بندر دیلم در فصل زمستان بوده است که احتمالاً به دلیل وقوع تغییرات دمایی در فصل زمستان می باشد. گلی نیا و نصرالهی (۱۳۹۶) بیان کردند که میزان درصد پوشش گونه های فولینگ به سمت زمستان روند کاهشی داشته است که نتایج این مطالعات با نتایج تحقیق اخیر در یک راستا می باشند. کاهش زی توده فولینگ در زمستان می تواند به دلیل پاسخ به کاهش دما، مرگ و میر، افزایش شکار و دسترسی کم تر به مواد غذایی باشد. با توجه به این که در این مطالعه، مقدار شاخص تنوع شانون در فصول مختلف تفاوت معنی داری داشت و بیشترین و کم ترین مقدار این شاخص به ترتیب در فصول زمستان و تابستان مشاهده گردید، می توان گفت که با تغییر فصل و به طبع تغییر شرایط محیطی، فراوانی و تنوع گونه ای جانداران تغییر می کند (بهروزی راد و احمدی، ۱۳۸۷). در آب های ساحلی تنوع جانوران در تابستان، نسبت به بهار و پاییز کم تر می باشد (Jegadeesan و Ayyakkannu، ۱۹۹۲). افزایش تعداد یک گونه در یک فصل بدان معنا می باشد که در آن فصل شرایط زیست و تولیدمثل بهتری داشته و در سایر فصول شرایط برای آن جاندار نامساعد بوده است (Belal و همکاران، ۲۰۱۶). هم چنین وجود همبستگی مثبت و معنی دار شاخص شانون با پارامترهای محیطی دما و اکسیژن محلول گویای رابطه محکم بین آن ها می باشد. به طوری که می توان گفت که نوسانات فصلی این پارامترهای محیطی بر تغییرات تنوع جانداران فولینگ موثر می باشد. فراوانی، زی توده و تعداد گونه های ماکروفولینگ به شدت با نوسانات پارامترهای محیطی مانند دما و اکسیژن محلول ارتباط دارند (Mayer و Pinto، ۲۰۰۰).

جنس بارناکل *Amphibalanus sp.* در تمامی فصول حضور موثری داشت و به عنوان گونه غالب در این تحقیق شناخته شد. در فصول تابستان و بهار حداکثر مقدار زی توده این ماکروفولینگ مشاهده شد که در فصول بهار و تابستان شاهد همبستگی مثبت و معنی دار پارامتر دما با میزان زی توده بارناکل *Amphibalanus sp.* بودیم. با توجه به نتایج حاصل از آنالیزهای انجام شده می توان به این نتیجه رسید که پارامتر دما با میزان زی توده و تنوع این ماکروفولینگ مربوط و معنی دار



- NCWCD, Riyadh and Senckenberg Research Institute, Frankfurt. pp: 199-289.
۱۱. **Duran, A.; Collado-Vides, L.E. and Burkepile, D., 2016.** Seasonal regulation of herbivory and nutrient effects on macroalgal recruitment and succession in a Florida coral reef. PeerJ, 4: e2643. DOI: 10.7717/peerj.2643.
  ۱۲. **Hellio, C.; Marechal, J.P.; Veron, B.; Bremer, G.; Clare, A.S., and Gal, Y.L., 2004.** Seasonal Variation of Antifouling Activities of Marine Algae from the Brittany Coast (France). Marine Biotechnology. Vol. 6, pp: 67-82. DOI: 10.1007/s10126-003-0020-x.
  ۱۳. **Hodson, S.L.; Lewis, T.E. and Burke, C.M., 1997.** Biofouling of fish-cage netting: efficacy and problems of in situ cleaning. Aquaculture. Vol. 152, pp: 77-90. DOI: 10.1016/S0044-8486(97)00007-0.
  ۱۴. **Jegadeesan, P. and Ayyakkannu, K., 1992.** Seasonal variation of benthic fauna in marine zone of Coleroon estuary and inshore waters, south east coast of India. Indian Journal Marine Science. Vol. 21, pp: 67-69.
  ۱۵. **Jenkins, S.R. and Martins, G.M., 2010.** Succession on Hard Substrata. In: Dürr, S., Thomason, J.C., (ed) Biofouling, Chapter 4. Blackwell Publishing Ltd. pp: 60-72.
  ۱۶. **Jha, B.; Reddy, C.R.K.; Thakur, M.C. and Rao, M.U., 2009.** Seaweeds of India. Springer: The diversity and distribution of seaweeds of Gujarat Coast.
  ۱۷. **Kassah, J.E., 2012.** Development of biofouling on salmon cage nets and the effects of anti-fouling treatments on the survival of the hydroid (*Ectopleura larynx*). Dissertation. Department of Biology, Norwegian University of Science and Technology (NTNU).
  ۱۸. **Lehaitre, M.; Delauney, L. and Compère, C., 2008.** Biofouling and underwater measurement. In: Babin, M.; Roesler, C.S. and Cullen, J.J., (ed) Real-Time Coastal Observing Systems for Marine Ecosystem Dynamics and Harmful Algal Blooms: Theory, instrumentation and modeling, Edition: Oceanographic Methodology series. Unesco publishing, Chapter. Vol. 12, pp: 463-493.
  ۱۹. **Mayer-pinto, M.; Viana, M.S.; Lavrado, H.P.; Silva, T.A. and Silva, S.H.G., 2000.** Epibiosis on barnacles at Angra dos, R.J: Eutrophication Effects. Nauplius. Vol. 8, No. 1, pp: 55-61.
  ۲۰. **Milne, P.H., 1970.** English, Book, Illustrated edition: Fish farming: a guide to the design and construction of net enclosures. H.M.S.O, Edinburgh. 31 p.
  ۲۱. **Mosavi Dehmordi, L.; Karami, L.; Safarpor, N. and Alesadi, B., 2011.** Taxonomic identification and distribution of biofouling organisms in Deilam port in Iran. Ecology and the Natural Environment. Vol. 3, No. 14, pp: 441-445. DOI: 10.5897/JENE11.035.
  ۲۲. **Piazza, V.; Roussis, V.; Garaventa, F.; Greco, G.; Smyrniotopoulos, V.; Vagias, C. and Faimali, M., 2011.** Terpenes from the red alga *Sphaerococcus coronopifolius* inhibit the settlement of barnacles. Marine

غذایی و در نهایت کاهش نرخ رشد و کاهش تجمع جوامع فولینگ و زی توده آن‌ها می‌شود (Railkin, ۲۰۰۳). این احتمال وجود دارد که دو پارامتر محیطی اکسیژن و دما بر تولیدمثل، رشد و تجمع بیوفولینگ‌های قفس‌های صیادی در بندر لنگه بسیار موثر بوده باشند. با وجود این که ماکروفولینگ‌ها در زنجیره مواد غذایی نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند و برای محیط دریایی بسیار ضروری محسوب می‌شوند، اما چسبندگی ماکروفولینگ‌ها همواره به‌عنوان معضلی جهت سازه‌های دریایی و ادوات صید مطرح می‌شوند. حل مشکل بیوفولینگ نیازمند مطالعه و تحقیق بیش تر در خصوص شناسایی انواع بیوفولینگ‌های موجود در منطقه خلیج فارس و حصول نتایج پایه‌ای در مورد سیکل زندگی آن‌ها و به کار بردن ضدفولینگ موثر و دوستدار محیط زیست می‌باشد.

## منابع

۱. **بهروزی‌راد، ب. و احمدی، م.ر. ۱۳۸۷.** بررسی مقایسه‌ای کفزیان بزرگ تالاب‌های بین‌المللی کلاهی و تیاب در سواحل خلیج فارس. مجله محیط شناسی. دوره ۲۳، شماره ۴، صفحات ۲۱ تا ۳۸.
۲. **خدابخش، ا.؛ نبوی، س.م.ب.؛ قبادی، ش.؛ خدابخش، ا. و خدابخش، ح. ۱۳۸۷.** بررسی تاثیر پارامترهای محیطی بر تنوع بیوفولینگ‌ها در اسکله بندر امام خمینی. مجله علمی شیلات ایران. سال ۲، شماره ۲، صفحات ۳۵ تا ۴۶.
۳. **گلی‌نیا، پ. و نصرالهی، ع. ۱۳۹۶.** اثر سطح بستر بر جوامع چسبنده زیستی سواحل جنوب‌غربی دریای خزر. فصلنامه علوم محیطی. دوره ۱۵، شماره ۱، صفحات ۱۲۷ تا ۱۴۰.
۴. **Abbott I.A. and Hollenberg, G.J., 1976.** Marine algae of California. Stanford University Press. Stanford, CA. 827 p.
۵. **Allan, J.D. and Castillo, M.M., 2007.** Stream ecology: Structure and function of running waters (2<sup>st</sup> edn). Springer Netherlands. 436 p.
۶. **Basson, P.W., 1978.** Marine algae of the Arabian gulf coast of Saudi Arabia (first half). Bot. Mar. Vol. 22, pp: 47-64.
۷. **Belal, A.A.; El-Sawy, M. and Dar, M.A., 2016.** The effect of water quality on the distribution of macro-benthic fauna in Western Lagoon and Timsah Lake, Egypt. I. The Egyptian Journal of Aquatic Research. Vol. 42, pp: 437-448.
۸. **Beveridge, M., 2004.** Cage Aquaculture (3<sup>st</sup> edn). Blackwell. 380 p.
۹. **Braune, W. and Guiry, M.D., 2011.** Seaweeds: a colour guide to common benthic green, brown and red algae of the world's oceans. Koeltz Scientific Books, Germany. 601 p.
۱۰. **De Clerck, O. and Coppejans, E., 1996.** Marine algae of the Jubail Marine Wildlife Sanctuary, Saudi Arabia. In: (Krupp, F.; Abuzinad, A.H. and Nader, I.A., eds) A marine wildlife sanctuary for the Arabian Gulf. Environmental research and conservation following the 1991 Gulf War Oil Spill.



- Biotechnology. Vol. 13, No. 4, pp: 764-772.  
DOI: 10.1007/s10126-010-9337-4.
۲۳. **Phang, I.Y.; Aldred, N.; Clare, A.S. and Vancso, G.J., 2008.** Towards a nanomechanical basis for temporary adhesion in barnacle cyprids (*Semibalanus balanoides*). The royal society Interface. Vol. 5, pp: 397-401.
۲۴. **Prendergast, G.S., 2010.** Settlement and behavior of marine fouling organism. In: Dürr, S. and Thomason, J.C., (ed) Biofouling, Chapter 3. Blackwell Publishing Ltd. pp: 30-5۹.
۲۵. **Pudota, J., 2011.** Seasonal variations in biofouling and plankton community connected to a large scale salmon farm. Dissertation. Norwegian University of Science and Technology Department of Biology. 51 p.
۲۶. **Railkin, A.I., 2003.** Marine befoiling: colonization processes and defenses. CRC Press, United States. 300 p.
۲۷. **Riley, J.P. and Chester, R., 1971.** Introduction to marine chemistry. Academic Press, London, New York. 465 p.
۲۸. **Shannon, C.E. and Weaver, W., 1949.** The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
۲۹. **Ter Braak, C.J.F. and Smilauer, P., 2002.** CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power.
۳۰. **Trono, G.C., 2003.** Field Guide and Atlas of the seaweed resources of the Philippines. Bookmark Inc Makati City Philippines
۳۱. **Wahl, M., 1989.** Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. Marine Ecology Progress Series. Vol. 58, pp: 175-189.

