



تنوع زیستی سواحل صخره‌ای طبیعی و ساختارهای مصنوعی در خطوط ساحلی جنوب جزیره قشم

مرضیه رزاقی^{۱*}، علی نصرالهی^۲، احسان کامرانی^۳، محمد شریف رنجبر^۱، امیر وزیری زاده^۴

^{۱*} - گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنونی دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

^۲ - گروه زیست‌شناسی جانوری، دریا و آبزیان، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

^۳ - گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

^۴ - گروه زیست‌شناسی دریا، مرکز پژوهش‌های خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

نوع مقاله:

چکیده

پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۱

پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۴

کلمات کلیدی:

تنوع زیستی

چشم اندازهای ساحلی

زیستگاه‌های مصنوعی

جوامع اپی‌بیوتیک

مناطق جزرومدی

مقدمه: چشم‌اندازهای ساحلی در نتیجه افزایش تقاضا جهت ایجاد سازه‌هایی به‌منظور فعالیت‌های اقتصادی، مسکونی و گردشگری همواره در حال تغییر هستند. تنوع ساخت و سازه‌های دست بشر همچون موج‌شکن، اسکله‌ها و دیوارهای ساحلی جزو ویژگی‌های همراه با زیستگاه‌های کم‌عمق نواحی زیر جزرومدی و بین جزرومدی شده است. این تغییر و تحول در پاسخ به رشد نمایی جمعیت بشر و تغییرات آب و هوایی همچون بالا آمدن تراز آب دریا و افزایش نیاز برای مقابله با حوادث طبیعی همچون طوفان‌های دریایی شتاب بیشتری خواهد گرفت. با افزایش نگرانی‌های به وجود آمده درباره ارزش اکولوژیک محیط‌های ایجاد شده، تلاش‌هایی برای ایجاد زیستگاه‌های جدید به‌منظور افزایش تنوع زیستی در حال جریان هستند. از این‌رو این مطالعه با هدف مقایسه بین الگوهای تنوع زیستی بین سطوح بسترهای مصنوعی و طبیعی و همچنین نقش ویژگی‌های شیب و ارتفاع جزرومدی در تعیین الگوهای تنوع زیستی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها: نمونه‌برداری از ۴ زیستگاه طبیعی (سواحل صخره‌ای جزیره ناز، مسن، نقاشه و رمچاه) و ۴ زیستگاه مصنوعی (بسترهای صخره‌ای موج‌شکن‌های جزیره ناز، پودر فراوری ماهی، سلخ و رمچاه) در سواحل جنوبی جزیره قشم، به‌طور فصلی از تابستان ۱۳۹۵ تا بهار ۱۳۹۶ انجام پذیرفت. طی این مطالعه از نمونه‌برداری جوامع اپی‌بیوتیک در دو نوع بستر طبیعی و مصنوعی در هشت ایستگاه و سه سطح جزرومدی طی چهار دوره نمونه‌برداری ۹۶۰ عکس تهیه گردید.

نتایج: پس از بررسی عکس‌ها و شناسایی نمونه‌های جمع‌آوری شده، ۱۰۵ گونه شناسایی گردید که از این میان ۶۵ گونه در بسترهای طبیعی و ۴۲ گونه در بسترهای مصنوعی مشاهده گردید. بسترهای طبیعی در مقایسه با بسترهای مصنوعی دارای فراوانی (درصد پوشش) بالاتر جوامع اپی‌بیوتیک بودند. درصد پوشش اکثر گروه‌های تاکسونومی شناسایی شده در بسترهای طبیعی بالاتر بود بجز سه گروه تاکسونومی هیدروبیدها، بریوزوا و شکمپایان که در بسترهای مصنوعی فراوانی (درصد پوشش) بیشتری را به خود اختصاص داده بودند. در مقایسه تعداد گونه نیز همین مدل مشاهده گردید و ایستگاه مسن، رمچاه و نقاشه به ترتیب بیشترین تعداد گونه را به خود اختصاص داده بودند. نتایج حاکی از تنوع گونه‌ای

بالاتری در بسترهای طبیعی (۱۴/۹۹) در مقایسه با بسترهای مصنوعی (۹/۹۸) بود. آزمون PERMANOVA تفاوت معناداری در ساختار جوامع اپی بیوتیک بین بسترهای سخت طبیعی و مصنوعی و همچنین سطوح جزرومدی متفاوت در سواحل جنوبی جزیره قشم نشان داد ($p < 0.05$).
 بحث: در مقایسه بین تعداد گونه در سطوح جزرومدی متفاوت تقریباً یک روند منظم افزایشی در تعداد گونه همراه با ارتفاع جزرومدی مشاهده گردید و تخته سنگ‌های ناحیه پایین جزرومدی در مقایسه با دو سطح دیگر جزرومدی دارای غنای گونه‌ای بالاتری بودند. هیچ‌یک از افراد جمعیت خارپوستان بر روی سطوح صاف زیستگاه‌های مصنوعی مشاهده نشدند که این امر می‌تواند به دلیل شیب تند بسترهای مصنوعی و عدم وجود خردزیستگاه باشد که سبب شده است که این جوامع محیط مناسبی جهت استقرار پیدا نکنند. در بررسی گونه‌های تمیز دهنده دو زیستگاه طبیعی و مصنوعی مشخص شد که در مقایسه با بسترهای طبیعی، وسعت گسترش و رشد جلبک *Padina sp.* بر روی بسترهای مصنوعی به‌طور قابل توجهی کاهش داشته است و این ماکرو جلبک یکی از گونه‌های مؤثر در تفاوت ساختار جمعیتی بین این دو زیستگاه بوده است. به نظر می‌رسد که شیب تند و بالا بودن قدرت امواج در بسترهای مصنوعی سبب شده است که این گونه نتواند به خوبی بر روی بسترهای مصنوعی گسترش یابد. در مقابل ماکرو جلبک *Centroceras clavulatum* بخوبی توانسته بود با ساختارهای مصنوعی سازگار شود و گسترش قابل توجهی بر روی این ساختارها ایجاد کرده بود به طوری که بعد از *Padina sp.* به عنوان یکی از گونه‌های مؤثر در تفاوت ساختار جمعیت بین این دو زیستگاه معرفی شد. مطالعه حاضر نشان داد که ایجاد سطوحی با شیب کم، دامنه بیشتری از زیستگاه‌ها ایجاد می‌کند و با افزایش ناهمگنی بستر، چندین آشیانه اکولوژیک برای چندین گونه ایجاد می‌شود و در نهایت تنوع زیستی منطقه‌ای افزایش می‌یابد.

مقدمه

شهرسازی اکوسیستم‌های سراسر جهان را تغییر شکل داده است. این امر به مشکلی جدی تبدیل شده است به طوری که با رشد جمعیت‌های انسانی، توسعه فعالیت‌ها و ساخت و سازهایشان به درون زیستگاه‌های طبیعی هم وارد شده است (Vitousek *et al.*, 1997; Bulleri & Chapman, 2010; Airoidi *et al.*, 2005).

بسیاری از زیستگاه‌های ساحلی طبیعی با ساختارهای حفاظت ساحلی^۱ همچون دیوارهای ساحلی^۲، موج شکن^۳ و خاکریزها که پاسخی رایج در مقابله با فرسایش ساحل و خطر سیل‌گرفتگی مناطق ساحلی می‌باشند، جایگزین شده‌اند. از این رو تعداد بسیاری از آن‌ها در چشم اندازهای ساحلی مشاهده می‌گردند. آن‌ها فرآیندهای طبیعی را تغییر می‌دهند و زیستگاهی بیگانه و با ایستایی بیشتر درون زیستگاه پویای قبل ایجاد می‌کنند. عدم پیچیدگی و ناهمگنی بستر (Moschella *et al.*, 2005) تغییر ارتفاع جزرومدی (Burcharth *et al.*, 2007) و افزایش دیوارهای

شیب‌دار و کاهش منطقه بین جزرومدی (Chapman, 2003) از تفاوت‌های ساختارهای تازه تأسیس با بسترهای طبیعی منطقه می‌باشند. تفاوت‌های ذکر شده بین سواحل صخره‌ای طبیعی و مصنوعی منجر به تفاوت‌های بارزتر در فاکتورهای بیولوژیک همچون نشست و ریکروتمنت (Bulleri, 2005)، رقابت و شکار (Marzinelli *et al.*, 2011) می‌شود.

چندین مطالعه در زمینه تنوع اجتماعات بین جزرومدی همراه شده با ساختارهای دفاعی ساحلی مصنوعی صورت گرفته است. در یک مطالعه Firth و همکاران (۲۰۱۳) تنوع‌زیستی بر روی بسترهای از آب بیرون آمده در ارتفاع‌های جزرومدی متفاوت در میان زیستگاه‌های طبیعی و مصنوعی و همچنین در میان حوضچه‌های صخره‌ای و بسترهای از آب بیرون آمده در زیستگاه‌های طبیعی و مصنوعی در سواحل جزایر بریتانیا مورد مقایسه انجام دادند. در این مطالعه اهمیت حوضچه‌ها در بسترهای مصنوعی به‌طور واضحی نمود پیدا می‌کرد به طوری که مشاهده گردید که حوضچه‌های صخره‌ای (۶۸٪) در مقایسه با بسترهای صاف بر روی بسترهای مصنوعی نسبت به زیستگاه طبیعی (۳۷٪)، تاکسون‌های

^۱ Shore protection structures

^۲ Seawall

^۳ Breakwaters

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

جزیره قشم در مدخل ورودی خلیج فارس از دریای عمان بین 20° ، $38'$ ، $15''$ تا 55° ، $15'$ ، $52''$ تا 56° ، $16'$ ، $52''$ طول شرقی و 20° ، $32'$ ، $26''$ تا 27° ، $00'$ ، $00''$ عرض شمالی واقع شده است. این جزیره بزرگترین جزیره خلیج فارس با وسعت حدود $1609/9$ کیلومتر مربع در جنوب استان هرمزگان و در شمال شرق تنگه هرمز واقع شده است و ارتفاع آن از سطح دریا 6 متر می‌باشد (Roozbehi *et al.*, 2009). دو جزر و مد در طول شبانه روز در اطراف جزیره رخ می‌دهد که اختلاف ارتفاع متوسط آن‌ها 2 تا 4 متر است. امواج دریا در اطراف قشم اغلب کمتر از یک متر ارتفاع دارند و از این رو می‌توان دریای اطراف قشم را یک دریای آرام خواند. اما در سواحل جنوبی و شرقی گاه امواج بلندتر از سه متر نیز قابل مشاهده است. جریان‌های دریایی اصلی در اطراف جزیره، حاصل جزر و مد بوده و سریع‌ترین آن در محدوده بین پل و لافت کهنه قابل مشاهده است. جهت جریان در هنگام مد به طرف غرب و در هنگام جزر به طرف شرق است. متوسط شوری در اطراف قشم 35 ppt می‌باشد (Bagherzadeh, 2011) (شکل ۱).

انتخاب ایستگاه‌ها و جمع‌آوری اطلاعات

به منظور مطالعه تنوع زیستی بسترهای سخت سواحل جنوبی جزیره قشم، سه گشت مقدماتی در سواحل صخره‌ای جنوبی و جنوب شرقی جزیره قشم طی دوره زمانی آذرماه 1395 تا اردیبهشت 1396 صورت پذیرفت. ساختارهای حفاظت ساحلی در اطراف جزیره قشم از نوع موج شکن‌های توده سنگی، دیوارهای ساحلی از نوع تخته سنگ و دیوارهای بتنی در منطقه اسکله ذاکری و لافت می‌باشد. به دلیل اینکه تا حد امکان سعی شود که نمونه‌برداری از مناطقی با بار مواد مغذی و آلودگی پایین‌تر صورت پذیرد، ساختارهای ساحلی اسکله ذاکری و لافت که از نوع دیوارهای بتنی هم بودند از مطالعه حذف گردیدند. در نهایت چهار ساختار توده سنگی با وضعیت تقریباً مشابه از نظر میزان بهره‌مندی از جریان‌های اطراف جزیره قشم و بار مواد مغذی انتخاب گردید. همچنین تا حد امکان سعی گردید که در هر موقعیت بسترهای طبیعی در مجاورت بسترهای مصنوعی انتخاب گردد.

بیشتری را در خود جای داده بودند. همچنین در این مطالعه مشخص گردید که اثر ارتفاع جزرومدی در زیستگاه‌های مصنوعی نسبت به زیستگاه‌های طبیعی بیشتر نمایان است و غنای گونه‌ای به‌طور معنی‌داری در منطقه میانه نسبت به سطوح بالای جزرومدی بیشتر است. همچنین در مطالعه دیگری، Aguilera و همکاران (2014) ترکیب جامعه و ساختار مکانی گونه‌های غالب بین موج‌شکن و تخته سنگ‌های طبیعی مجاور در منطقه‌ای در شمال شیلی مورد ارزیابی قرار گرفت و مشاهده گردید که ترکیب گونه‌ای، فراوانی و الگوهای تنوع بین تخته سنگ‌های زیستگاه طبیعی و مصنوعی به‌شکل معنی‌داری طی دوره مورد مطالعه دارای تفاوت هستند و این تفاوت در غنا و تنوع گونه‌ای کلی با پراکنش مکانی و در دسترس بودن خردزیستگاه‌هایی همچون حوضچه‌های صخره‌ای، شکاف، حفره همراه است.

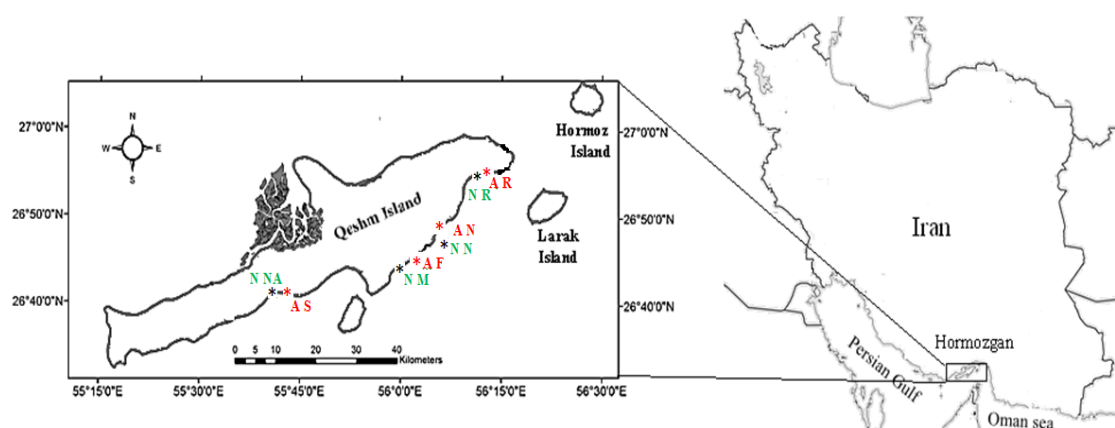
اگر استفاده از ساختارهای حفاظت ساحلی امری اجتناب‌ناپذیر باشد، پس به‌منظور کاهش اثرات زیانبار این ساختارها، باید انتخاب ساختار به‌طور دقیق صورت پذیرد (Bulleri & Chapman, 2010) و بایستی به‌دنبال راه‌هایی برای غلبه بر موانعی که در جلو ساخت و بازگرداندن ویژگی‌های طبیعی در سواحل که در حال حاضر در حال ساخت و توسعه هستند باشیم (Nordstrom, 2008). با توجه به ساخت موج‌شکن‌ها و دیوارهای ساحلی در سواحل جنوبی ایران به‌منظور کاهش انرژی موج و ایجاد آرامش در بندرگاه برای فعالیت‌های صیادی و توریستی و به‌دنبال آن از بین رفتن سواحل طبیعی و کاهش تنوع زیستی، مطالعه و بهبود روش‌هایی برای ساخت ساختارهایی سازگار با محیط‌زیست احساس می‌شود. از این‌رو این مطالعه با هدف بررسی اولیه الگوهای تنوع زیستی اجتماعات بین جزرومدی، با توجه به ترکیب گونه‌ای و فراوانی روی ساختارهای دفاع ساحلی (به‌طور موردی دیوار ساحلی و موج شکن) و زیستگاه‌های طبیعی در منطقه مورد مطالعه اجرا گردید.

بسترهای صاف اطراف در میان زیستگاه‌های طبیعی و مصنوعی از ۴ زیستگاه طبیعی و ۴ زیستگاه مصنوعی به‌طور فصلی از تابستان ۱۳۹۵ تا بهار ۱۳۹۶ (فصل در این مطالعه به عنوان تکرار آزمایش و دستیابی به داده‌های کامل از گونه‌ها می‌باشد) نمونه‌برداری صورت گرفت. در هر ایستگاه به‌طور تصادفی ۵ تخته سنگ در هر ارتفاع جزرومدی انتخاب گردید و بر روی سطح صاف بستر، یک کوادرات (۵۰ سانتی‌متر × ۵۰ سانتی‌متر) مجهز به دوربین قرار داده شد و سپس از جوامع اپی بیوتیک در کوادرات‌ها توسط دوربین عکس تهیه شد. همچنین در هر ایستگاه، نمونه‌هایی از هر گونه جهت شناسایی جمع‌آوری، در فرمالین ۴٪ فیکس و به آزمایشگاه منتقل گردید.

بسترهای مصنوعی شامل موج‌شکن جزیره ناز، اسکله پودر فراوری ماهی، موج‌شکن سلخ و موج‌شکن رمچاه انتخاب گردیدند و بسترهای طبیعی هم سواحل صخره‌ای جزیره ناز، سواحل صخره‌ای مسن (مجاور با موج‌شکن پودر فراوری ماهی)، سواحل صخره‌ای نقاشه (مجاور با موج‌شکن سلخ) و سواحل صخره‌ای مجاور موج‌شکن رمچاه در نظر گرفته شد (شکل ۱ و جدول ۱). نمونه‌برداری از ایستگاه‌های مورد مطالعه در شرایط جزر بیشینه صورت پذیرفت. به‌منظور استانداردسازی در معرض موج بودن بین زیستگاه‌های طبیعی و مصنوعی، تنها از طرف روبه دریای زیستگاه‌های مصنوعی نمونه‌برداری گردید. به‌منظور بررسی تنوع‌زیستی بر روی بسترهای صاف در ارتفاع‌های جزرومدی متفاوت و مقایسه تنوع بر روی پیچیدگی و ناهمگنی بستر نسبت به

جدول ۱- موقعیت مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه در سواحل جنوبی جزیره قشم

26°53'55.9"N	56°09'49.5"E	سال ۲۰-۲۵	موج‌شکن رمچاه	
26°41'05.3"N	55°42'53.9"E	سال ۲۰-۲۵	موج‌شکن سلخ	بسترهای مصنوعی
26°46'05.5"N	56°03'12.8"E	سال ۱۵	اسکله پودر فراوری ماهی	
26°49'48.2"N	56°07'14.7"E	سال ۳-۵	موج‌شکن مجاور جزیره ناز	
26°53'49.5"N	56°09'42.4"E	طبیعی	رمچاه	
26°43'48.2"N	55°50'28.6"E	طبیعی	نقاشه	بسترهای طبیعی
26°44'15.9"N	56°00'06.1"E	طبیعی	مسن	
26°48'49.4"N	56°06'39.5"E	طبیعی	جزیره ناز	



شکل ۱- انتخاب ایستگاه در سواحل جنوبی جزیره قشم؛ N N = طبیعی جزیره ناز، A N = مصنوعی جزیره ناز، N M = طبیعی مسن، A F = مصنوعی پودر فراوری ماهی، N N A = طبیعی نقاشه، A S = مصنوعی سلخ، N R = طبیعی رمچاه و A R = مصنوعی رمچاه.

N : حجم یا اندازه نمونه یا تعداد کل افراد در نمونه.

$\ln N$: لگاریتم طبیعی N^6 یا $\log_e N$

شاخص تنوع شانون- وینر^۵ جهت توصیف تنوع گونه‌ای در جوامع بیولوژیک با استفاده از فرمول ۲ محاسبه شد:

(۲)

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \log_e P_i$$

در این فرمول P_i فراوانی نسبی گونه i ام و H' شاخص شانون است.

شاخص یکنواختی پیلو، یکنواختی حضور افراد در میان گونه‌های مختلف را نشان می‌دهد. H'_{max} بیشترین رقم ممکن برای شاخص شانون است که تنها در صورتی حاصل می‌شود که کلیه گونه‌ها دارای فراوانی یکسان باشند. این شاخص معمولاً با افزایش استرس محیطی کاهش می‌یابد و با استفاده از فرمول ۳ محاسبه شد.

(۳)

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

در این معادله S تعداد کل گونه‌ها و H' شاخص شانون است.

فراوانی (درصد پوشش)، غنای گونه‌ای، ساختار جمعیت و ترکیب گونه‌ای جوامع اپی‌بیوتیک: به منظور بررسی تفاوت در فراوانی، غنای گونه‌ای، ساختار جمعیت^۹ و ترکیب گونه‌ای بین ایستگاه‌های مختلف در دو نوع زیستگاه از آنالیز واریانس جایگشتی سه طرفه (PERMANOVA) در سطح ۹۹۹ در نرم افزار PRIMER نسخه ۶ استفاده شد (Anderson *et al.*, 2015). بدین منظور از انتقال داده‌ها به شکل ریشه دوم داده‌های فراوانی برای فراوانی، غنای گونه‌ای و ساختار جمعیت و انتقال داده به شکل حضور و عدم حضور برای داده‌های ترکیب گونه‌ای بر پایه ترسیم ماتریس عدم شباهت Binomial deviance استفاده شد. لازم به توضیح است به علت وجود داده‌ها دارای مقادیر زیاد صفر از ماتریس عدم شباهت Binomial Deviance بجای ماتریس شباهت Bray- Curtis استفاده شد.

عملیات آزمایشگاهی: برای بررسی خصوصیات مورفولوژیک نمونه‌ها از فتومیکروسکوپ Olympus مدل SQF 301 و فتواستریو میکروسکوپ Axiom مدل SQF 301 استفاده شد و شناسایی گروه‌های مختلف تا پایین‌ترین سطح ممکن با استفاده از منابع معتبر و همچنین مکاتبه با اساتید مختلف صورت گرفت.

Barnacle:(Chan *et al.*, 2009; Shahdadi *et al.*, 2014)
Bivalve & Gastropod:(Bosch *et al.*, 1994)
Algae:(Trono 1997; Kokabi & Yousefzadi, 2015)
Crab:(Naderloo & Tuerkay, 2012)
Coral:(Carpenter *et al.*, 1997)

عکس‌های گرفته شده از کوارت‌ها با استفاده از نرم افزار CPCe^۴ نسخه ۴/۱ (Kohler & Gill, 2006) تجزیه و تحلیل شدند و درصد پوشش و حضور و عدم حضور گونه‌ها گزارش گردید. لازم به توضیح است که در حالتی که بیش از یک لایه از گونه‌های بنتیک بر روی صخره‌ها وجود داشت درصد پوشش ممکن بود بیش از ۱۰۰ درصد باشد (Canning-Clode & Sugden, 2009).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تعیین شاخص‌های تنوع زیستی جوامع اپی‌بیوتیک: فراوانی، غنای گونه‌ای و تنوع جوامع اپی‌بیوتیک با استفاده از شاخص‌های تک متغیره تنوع زیستی همچون شاخص تنوع شانون- وینر، شاخص غنای گونه‌ای مارگالف و شاخص یکنواختی پیلو در برنامه PRIMER 5 محاسبه گردید. به منظور سنجش شاخص‌های تنوع زیستی جوامع اپی‌بیوتیک، از میانگین فراوانی (درصدپوشش) هر گونه (در مجموع چهار فصل) در هر ایستگاه استفاده گردید (Moreira, 2006).

شاخص غنای گونه‌ای مارگالف بیان کننده تعداد کل گونه‌های حاضر در یک جامعه زیستی است. این شاخص معیار است برای سنجش این که تعداد مشخصی از افراد متعلق به چند گونه هستند و با استفاده از فرمول ۱ محاسبه شد.

(۱)

$$D_{Mg} = (S - 1) / \ln N$$

که در آن:

S : تعداد کل گونه‌ها.

^۹ Assemblage structure

Coral Point Count with Excel extensions^۴

استفاده قرار گرفت. در این روش سهم مشارکت هر یک از گونه‌ها در تغییرات بین دو زیستگاه به صورت درصد ارائه می‌شود. در این مطالعه، از فراوانی هر گونه در هر تکرار (هر سطح جزرومدی در هر ایستگاه در هر نوع بستر طبیعی و یا مصنوعی) به عنوان داده‌های ورودی جهت آنالیز SIMPER استفاده گردید (Anderson *et al.*, 2015).

ترسیم نمودارهای فراوانی و غنای گونه‌ای توسط نرم‌افزار Excel 2013 صورت پذیرفت.

نتایج

طی این مطالعه از نمونه‌برداری جوامع اپی‌بیوتیک در دو نوع بستر طبیعی و مصنوعی در هشت ایستگاه و سه سطح جزرومدی طی چهار دوره نمونه‌برداری ۹۶۰ عکس تهیه گردید. پس از بررسی عکس‌ها و شناسایی نمونه‌های جمع‌آوری شده، ۱۰۵ گونه شناسایی گردید که از این میان ۶۵ گونه در بسترهای طبیعی و ۴۲ گونه در بسترهای مصنوعی مشاهده گردید. بسترهای طبیعی (ناز، مسن، نقاشه و رمچاه) در مقایسه با بسترهای مصنوعی (ناز، پودر فرآوری ماهی، سلخ و رمچاه) دارای فراوانی (درصد پوشش) بالاتر جوامع اپی‌بیوتیک بودند (جدول ۲ و شکل ۲). درصد پوشش اکثر گروه‌های تاکسونومی شناسایی شده در بسترهای طبیعی بالاتر بود بجز سه گروه تاکسونومی هیدروبیدها، بریوزوا و شکمپایان که در بسترهای مصنوعی فراوانی (درصد پوشش) بیشتری را به خود اختصاص داده بودند (شکل ۲). در مقایسه تعداد گونه نیز همین مدل مشاهده گردید و ایستگاه مسن، رمچاه و نقاشه به ترتیب بیشترین تعداد گونه را به خود اختصاص داده بودند (شکل ۳).

از فراوانی هر گونه در هر تکرار (هر سطح جزرومدی در هر ایستگاه در هر نوع بستر طبیعی و یا مصنوعی) به عنوان داده‌های ورودی جهت آنالیز PERMANOVA استفاده گردید. در آزمون PERMANOVA سه فاکتور مورد بررسی قرار گرفت.

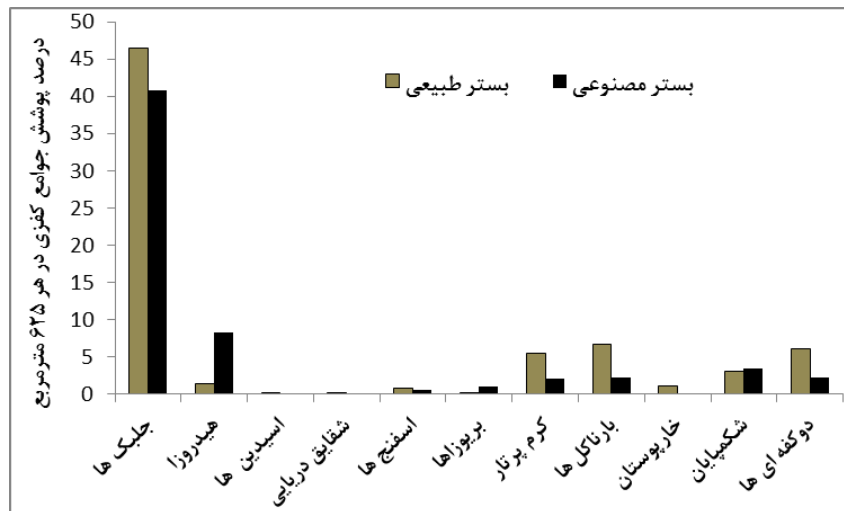
۱- نوع بستر (Habitat): به‌عنوان فاکتور ثابت (Fixed) با دو سطح (طبیعی و مصنوعی)

۲- ایستگاه (Station): به‌عنوان فاکتور ثابت (Fixed) با چهار سطح و Nested در نوع بستر

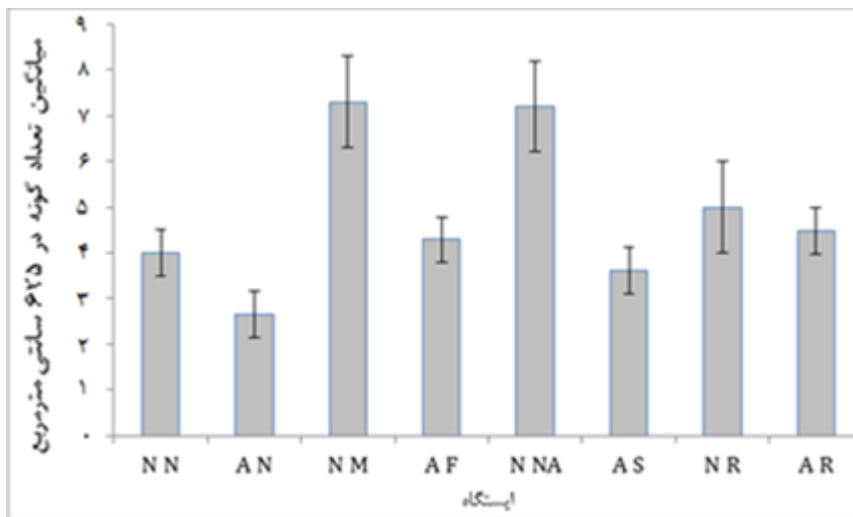
۳- سطح جزرومدی (Tidal Level): به‌عنوان فاکتور ثابت (Fixed) با سه سطح و Nested در نوع بستر و ایستگاه

الگوی پراکنش مکانی جوامع اپی‌بیوتیک ساکن بر روی سطوح صخره‌ای: به منظور بررسی تأثیر نوع زیستگاه، وجود یا عدم وجود خردزیستگاه و اثر سن بر میزان نشست جوامع اپی‌بیوتیک از دسته‌بندی غیرمتریک داده‌ها (n-MDS: Non-Metric Multidimensional Scaling) استفاده گردید. آزمون n-MDS بر پایه‌ی ماتریس عدم شباهت Binomial Deviance بر اساس ریشه دوم داده‌های فراوانی بررسی گردید و آنالیز خوشه‌ای با استفاده از میانگین گروه‌ها در نرم‌افزار PRIMER نسخه ۶ رسم شد (Anderson *et al.*, 2015).

گونه‌های مؤثر در الگوی تغییرات پراکنش مکانی جوامع اپی‌بیوتیک سطوح صخره‌ای: در نهایت با استفاده از آزمون SIMPER در نرم‌افزار PRIMER نسخه ۶ گونه‌هایی که در مجموع بیشتر از ۹۰٪ در ایجاد عدم شباهت در ترکیب جوامع اپی‌بیوتیک بین دو نوع زیستگاه نقش داشتند با ارائه درصد مشارکتشان در این عدم شباهت مشخص شدند. آزمون SIMPER بر اساس ریشه دوم فراوانی جوامع اپی‌بیوتیک با مقایسه دو نوع زیستگاه مورد



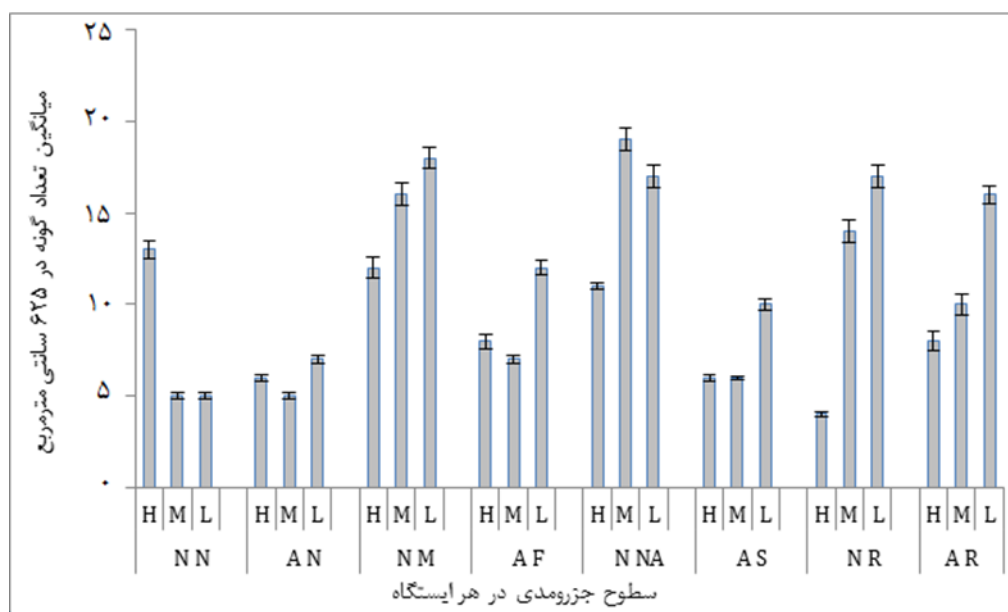
شکل ۲- فراوانی (درصد پوشش) گروه‌های تاکسونومی شناسایی شده در بسترهای طبیعی و مصنوعی سواحل جنوبی جزیره قشم ۱۳۹۵-۱۳۹۶



شکل ۳- غنای گونه ای جوامع اپی بیوتیک بر روی بسترهای سخت طبیعی و مصنوعی سواحل جنوبی جزیره قشم ۱۳۹۵-۱۳۹۶؛ آنتنک‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند؛ NN = طبیعی ناز، AN = مصنوعی ناز، NM = طبیعی مسن، AF = مصنوعی پودر فراوری ماهی، NNA = طبیعی نقاشه، AS = مصنوعی سلخ، NR = طبیعی رمچاه و AR = مصنوعی رمچاه.

پایین جزرومدی در مقایسه با دو سطح دیگر جزرومدی دارای غنای گونه‌ای بالاتری بودند (شکل ۴).

در مقایسه بین تعداد گونه در سطوح جزرومدی متفاوت تقریباً یک روند منظم افزایشی در تعداد گونه همراه با ارتفاع جزرومدی مشاهده گردید و تخته سنگ‌های ناحیه



شکل ۴- میانگین تعداد گونه جوامع اپی بیوتیک بر روی بسترهای سخت طبیعی و مصنوعی سواحل جنوبی جزیره قشم ۱۳۹۵-۱۳۹۶؛ آنتنک‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند؛ H= بالای جزرومدی، M= میان جزرومدی و L= پایین جزرومدی؛ NN= طبیعی ناز، AN= مصنوعی ناز، NM= طبیعی مسن، AF= مصنوعی پودر فراوری ماهی، NNA= طبیعی نفاشه، AS= مصنوعی سلخ، NR= طبیعی رمچاه و AR= مصنوعی رمچاه.

شاخص‌های تنوع زیستی

نتایج شاخص‌های تنوع زیستی بسترهای مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود بیش‌ترین تعداد گونه و فراوانی در بسترهای طبیعی

بدست آمده‌است. بالاترین مقدار شاخص غنای گونه‌ای مارگالف و شاخص تنوع شانون نیز در بسترهای طبیعی بدست آمد. میزان شاخص یکنواختی پیلو تقریباً در هر دو نوع بستر برابر بود.

جدول ۲- مقادیر شاخص‌های تنوع جوامع اپی بیوتیک در سطوح صاف بسترهای طبیعی و مصنوعی سواحل جنوبی جزیره قشم ۱۳۹۵-۱۳۹۶

نوع بستر	تعداد کل گونه‌ها	تعداد کل افراد	شاخص غنای گونه‌ای مارگالف	شاخص یکنواختی پیلو	شاخص شانون
بستر طبیعی	۶۵	۷۱٪	۱۴/۹۹	۰/۷۴	۳/۰۹
بستر مصنوعی	۴۲	۶۱٪	۹/۹۸	۰/۷۵	۲/۸۲

مقایسه فراوانی و تعداد کل گونه‌ها در بسترها، ایستگاه‌ها و سطوح جزرومدی متفاوت: نتایج آنالیز پرمانوا به منظور نشان دادن تفاوت در فراوانی (درصد پوشش) و تعداد کل گونه‌های جوامع اپی بیوتیک منطقه مورد مطالعه در بسترها، ایستگاه‌ها و سطوح جزرومدی متفاوت، حاکی از عدم تفاوت معنادار در فراوانی کل جوامع اپی بیوتیک بین

بستر، ایستگاه‌های مختلف و سطوح جزرومدی متفاوت بود ($p > 0.05$) (جدول ۳). همچنین، تفاوت معناداری در تعداد کل گونه‌ها بین بسترها و ایستگاه‌های مختلف بدست نیامد ($p > 0.05$) (جدول ۳) ولی تعداد کل گونه‌ها در سطوح جزرومدی متفاوت، اختلاف معناداری را نشان داد ($p < 0.05$) (جدول ۳).

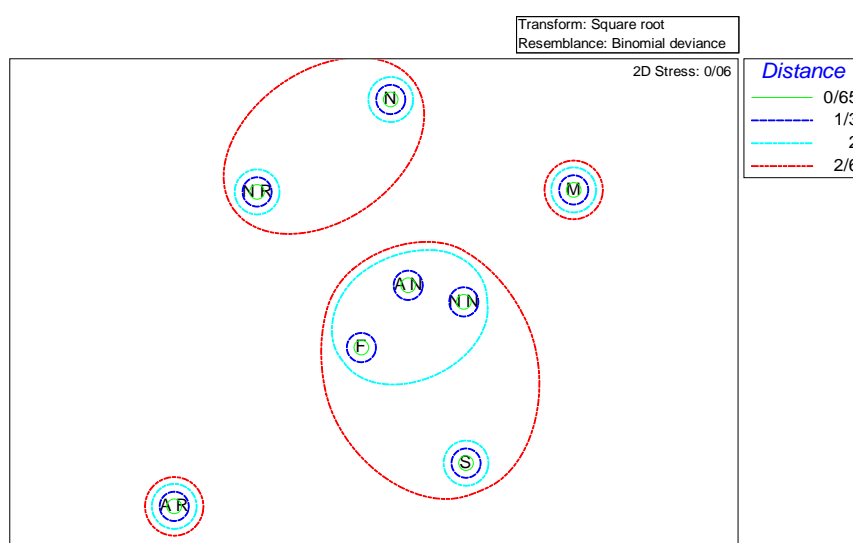
جدول ۳- نتایج آنالیز پرمانوا به منظور نشان دادن تفاوت در فراوانی و غنای گونه‌ای جوامع اپی‌بیوتیک در بسترها، ایستگاه‌ها و سطوح جزرومدی متفاوت در بسترهای سخت سواحل جنوبی جزیره قشم ۱۳۹۵-۱۳۹۶

فراوانی (درصد پوشش)						
	P	F	MS	SS	df	منبع تغییرات
۹۹۹	۰/۱۵	۴/۰۹	۲/۶۷	۲/۶۷	۱	نوع بستر
۹۹۹	۰/۴۷	۰/۷۷	۰/۰۱۱	۰/۱۱	۶	ایستگاه
۹۹۹	۰/۰۸	۲/۰۱	۰/۰۴۱	۰/۳۷	۱۵	سطح جزرومدی
			۰/۰۴۳	۱/۷۴	۱۴۲	باقیمانده
				۲/۱۹۲	۱۶۴	کل

تعداد گونه						
	P	F	MS	SS	df	منبع تغییرات
۷۵۶	۰/۲۵	۲/۱۵	۱/۶۴	۱/۶۴	۱	نوع بستر
۹۹۶	۰/۲۷	۱/۴۱	۰/۷۷	۴/۶۶	۶	ایستگاه
۹۹۸	۰/۰۰۱	۳/۰۳	۰/۵۵	۸/۸۸	۱۶	سطح جزرومدی
			۰/۱۸۳	۲۶/۹۳	۱۴۷	باقیمانده
				۴۲/۸۵۲	۱۷۰	کل

بقیه ایستگاه‌های دارای بستر مصنوعی جدا شده بود. همچنین ساختار جمعیت ایستگاه طبیعی ناز به‌طور تقریبی در کنار بسترهای مصنوعی خود قرار گرفت (شکل ۵).

الگوی پراکنش جوامع اپی‌بیوتیک در بسترهای طبیعی و مصنوعی: آزمون دسته‌بندی غیرمتریک تا حد قابل قبولی توانسته بود زیستگاه‌های طبیعی را از زیستگاه‌های مصنوعی جدا کند (شکل ۵). ایستگاه موج‌شکن رمچاه که دارای بستر مصنوعی بود و بیش از ۳۵ سال سن داشت از



شکل ۵- الگوی پراکنش جوامع اپی‌بیوتیک در بسترهای طبیعی و مصنوعی سواحل جنوبی جزیره قشم ۱۳۹۵-۱۳۹۶

مقایسه ساختار جوامع اپی بیوتیک بر روی بسترها، ایستگاه‌ها و سطوح جزرومدی متفاوت: آزمون PERMANOVA تفاوت معناداری در ساختار جوامع اپی بیوتیک بین بسترهای سخت طبیعی و مصنوعی و همچنین سطوح جزرومدی متفاوت در سواحل جنوبی جزیره قشم نشان داد ($p < 0.05$) (جدول ۴). ولی اختلاف معناداری بین ایستگاه‌های تحت مطالعه در هر نوع بستر مشاهده نگردید ($p > 0.05$) (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج آنالیز پرمانوا به منظور نشان دادن تفاوت در ساختار جوامع اپی بیوتیک در بسترها، ایستگاه‌ها و سطوح جزرومدی متفاوت در بسترهای سخت سواحل جنوبی جزیره قشم ۱۳۹۵-۱۳۹۶

ساختار جمعیت						
منبع تغییرات	df	SS	MS	F	P	
نوع بستر	۱	۷۹۰/۴۶	۷۹۰/۴۶	۱/۷۹	۰/۰۳	۹۵۱
ایستگاه	۶	۲۶۸۱/۵	۴۴۶/۹۲	۱/۱۵	۰/۲۳	۹۹۷
سطح جزرومدی	۱۶	۶۲۴۴/۵	۳۹۰/۲۸	۴/۰۹	۰/۰۱	۹۹۸
باقیمانده	۱۴۲	۱۳۵۳۷	۹۵/۳۳۳			
کل	۱۶۵	۲۳۲۹۱				

درصد عدم شباهت ۹۳/۹۵ بیشترین سهم را در ایجاد عدم شباهت بین دو نوع بستر به خود اختصاص داده بودند. از این رو می توان نتیجه گرفت که تغییرات ساختار جوامع اپی بیوتیک در منطقه مورد مطالعه بین دو نوع بستر بیش از سایر گونه‌ها تحت تأثیر این دو گونه بوده است. *Padina sp.* دارای فراوانی بالاتری در بسترهای طبیعی و *C. clavulatum* بر روی بسترهای مصنوعی درصد پوشش بیشتری از سطح را به خود اختصاص داده بود (جدول ۵).

تعیین گونه‌های مؤثر در الگوی تغییرات پراکنش مکانی جوامع اپی بیوتیک ساکن در بسترهای طبیعی و مصنوعی: با استفاده از آنالیز SIMPER گونه‌هایی که در مجموع بیش تر از ۹۰٪ در ایجاد عدم شباهت بین دو بستر مختلف نقش داشتند با ارائه درصد مشارکتشان در این عدم شباهت مشخص شدند (جدول ۵). در بین گونه‌های بررسی شده، *Padina sp.* و *Centroceras clavulatum* به ترتیب با درصد مشارکت ۹/۲۴ و ۸/۷۰ و با میانگین

جدول ۵- نتایج آزمون SIMPER بمنظور تعیین گونه‌های مؤثر در الگوی تغییرات پراکنش مکانی جوامع اپی بیوتیک ساکن در بسترهای طبیعی و مصنوعی سواحل جنوبی جزیره قشم ۱۳۹۵-۱۳۹۶

تاکسون	بستر طبیعی (میانگین فراوانی)	بستر مصنوعی (میانگین فراوانی)	درصد مشارکت
	میانگین عدم شباهت = ۹۳/۹۵		
<i>Padina sp.</i>	۱/۹۸	۰/۵۸	۹/۲۴
<i>Centroceras clavulatum</i>	۰/۹۱	۱/۵۱	۸/۷۰

ساحلی باتوجه به طبیعت زیستگاه (های) اطراف تغییر می کند (Bulleri, 2005) برخی اوقات احداث و قراردادن سنگ‌های مصنوعی بر روی بسترهای صخره‌ای به‌طور اساسی طبیعت زیستگاه را تغییر نمی‌دهد به‌ویژه زمانی که از سنگ‌های طبیعی در ایجاد این ساختارها استفاده شده باشد. در حقیقت اینگونه فرض می‌شود که ساختار و عملکرد اجتماعات که بر روی این سطوح جدید نشست

بحث

موج‌شکن‌ها به عنوان یکی از نمایندگان بزرگ و فراگیر اکوسیستم‌های مهندسی شده در مناطق شهری ساحلی می‌باشند و توسعه جوامع کفزی بر روی این ساختارها می‌تواند پیامدهای مثبت یا منفی برای مدیریت مناطق دریایی به‌همراه داشته باشد (Burt et al., 2011). اثرات اکولوژیک زیرساخت‌های ساحلی در آب‌های کم‌عمق

کاهش دهد و سبب تفاوت در ترکیب جوامع همراه گردد (Virgilio *et al.*, 2006; Vaselli *et al.*, 2008; Knott *et al.*, 2004; Glasby, 2000). در این مطالعه، نتایج آزمون پرمانوا حاکی از تفاوت معنادار در ساختار جمعیت میان بسترهای طبیعی و مصنوعی بود (جدول ۴). دسته‌بندی غیرمتریک نیز تا حد قابل قبولی زیستگاه‌های مصنوعی را از زیستگاه‌های طبیعی جدا کرده بود (شکل ۵). هیچ یک از افراد جمعیت خارپوستان بر روی سطوح صاف زیستگاه‌های مصنوعی مشاهده نشدند (شکل ۱) که این امر می‌تواند به دلیل شیب تند بسترهای مصنوعی و عدم وجود خردزیستگاه باشد که سبب شده است که این جوامع محیط مناسبی جهت استقرار پیدا نکنند. در بررسی صخره‌های دارای خردزیستگاه (همچون حوضچه‌های صخره‌ای، شکاف، حفره) نیز مشاهده شد که گونه‌های *Aquilonastra iranica* و *Linckia multifora* از غایبین دائمی زیستگاه‌های مصنوعی می‌باشند و حتی در موج شکن‌های قدیمی که تاحدودی دارای خردزیستگاه‌های همچون حفره و شکاف شده بودند نیز مشاهده نگردید. گونه *Holothuria scabra* در اکثر زیستگاه‌های مصنوعی غایب بود و تنها در موج‌شکن رمچاه که جزو قدیمی‌ترین ساختارهای مصنوعی جزیره قشم می‌باشد در برخی از حفره‌های ایجاد شده در صخره‌ها مشاهده گردید. البته از نظراندازه بدن، افراد مشاهده شده در تخته‌سنگ‌های موج‌شکن رمچاه در مقایسه با افرادی که در بسترهای طبیعی مشاهده شده بودند، بسیار کوچک‌تر بودند. در مقایسه صخره‌های دو نوع بستر، از بین جمعیت خارپوستان فقط گونه‌های *Echinodermata mathai* و *Ophiocoma scolopendrina* توانسته بودند با برخی ساختارهای احداث شده و آن هم پس از گذشت چندین سال سازگار شوند. چرا که ساختارهای تازه احداث شده دارای شیب تند و فاقد هر نوع ناهمواری مناسب جهت نشست و زیست این گروه جانوری می‌باشد. شیب تند صخره‌ها سبب می‌شود که تخته‌سنگ‌های مصنوعی بیشتر از صخره‌های طبیعی در معرض موج باشند. در این هنگام، گونه‌های ساکن بر روی شیب ملایم صخره‌ها در زیستگاه‌های طبیعی قادر به استقرار و بقاء روی سطوح عمودی به‌ویژه درجایی که فعالیت موج بالاست، نمی‌باشند و این امر سبب شده است که برخی

می‌کنند مشابه ساکنین سواحل صخره‌ای طبیعی مجاور باشند (Thompson *et al.*, 2002; Hawkins *et al.*, 1983; Branch *et al.*, 2008). با این حال، شواهد و دلایل محکمی نشان می‌دهد که اپی‌بیوتا ساکن و اجتماعات ماهی همراه شده با ساختارهای مصنوعی همچون موج‌شکن، دیوارهای ساحلی و پل‌های شناور متفاوت از بسترهای طبیعی هستند. از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعات Benayahu و Rilov (۲۰۰۰)، Clynick و همکاران (۲۰۰۸)، Lam و همکاران (۲۰۰۹) و Lincoln-Smith و همکاران (۱۹۹۴) اشاره کرد که نتایج آن‌ها حاکی از عدم شباهت ساختار اجتماعات ساکنین بسترهای مصنوعی با بسترهای طبیعی مجاورش بود. مطالعه حاضر هم در ادامه تحقیقات گذشته این عدم شباهت را تأیید می‌کند، در این مطالعه مشاهده شد که با وجود این که سنگ‌های استفاده شده برای ایجاد ساختارهای مصنوعی مشابه با سنگ‌های بسترهای طبیعی (ترکیبات آهکی) بودند و از معادن مستقر در خود جزیره هم تأمین می‌شدند، تفاوت معنی‌داری در تنوع گونه‌ای (جدول ۳) و ساختار اجتماعات میان بسترهای طبیعی و مصنوعی حاصل شد (جدول ۴). از این رو می‌توان نتیجه گرفت استفاده از سنگ‌های مشابه سواحل طبیعی برای رفع اثرات منفی ساختارهای مصنوعی به‌تنهایی کافی نمی‌باشد و فاکتورهای دیگری همچون میزان خردزیستگاه و شیب و دامنه جزرومدی اثرگذار می‌باشند که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود.

در مناطقی که سواحل طبیعی دارای شیب آرامی هستند، سطوح تند یا عمودی ساختار مصنوعی زیستگاه منطقه بین جزرومدی را تا حد زیادی کاهش می‌دهد و فاصله بین خط کمینه تا بیشینه آب از ده‌ها متر به تنها چند متر تقلیل می‌یابد (Bulleri & Chapman, 2010; Bulleri *et al.*, 2010) و در نتیجه بر اثر برهمکنش سطح - گونه، تعداد گونه‌ها کاهش خواهد یافت. در این مطالعه نیز مشاهده شد که بسترهای طبیعی از تنوع زیستی بالاتری نسبت به بسترهای مصنوعی برخوردار بودند (شکل ۳، جدول ۲). شیب تند مناطق بین جزرومدی علاوه بر کاهش منطقه در دسترس موجودات ممکن است کیفیت زیستگاه هم

مطالعه تنوع زیستی بسترهای مصنوعی و طبیعی سواحل جنوبی قشم نشان داد که شیب بستر بیشترین اثر را در تفاوت ساختار میان زیستگاه‌های طبیعی و مصنوعی داشته است و بهتر است در پروژه‌های پیشرفت ساحلی در آینده، همکاری نزدیک و کارشناسانه میان مهندسی سازه‌های دریایی و محیط زیست صورت گیرد تا سازه‌های جدیدی که ساخته می‌شوند ضمن حفظ ارزش از دیدگاه مهندسی و مهار موج‌های اطراف ساحل و ایجاد پناهگاه امن جهت فعالیت‌های توریستی و ماهیگیری، بتواند تا حد قابل قبولی توان ایجاد زیستگاهی مشابه با بسترهای طبیعی مجاور را داشته باشد.

تشکر و قدردانی

از کارشناسان و پرسنل محترم شرکت پل پی ساحل به‌ویژه آقای مهندس سیدعلی باقری‌موسوی به جهت همکاری صمیمانه آن‌ها در انجام این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را دارم.

منابع

1. **Aguilera, M.A., Broitman, B.R. and Thiel, M., 2014.** Spatial variability in community composition on a granite breakwater versus natural rocky shores: Lack of microhabitats suppresses intertidal biodiversity. *Marine Pollution Bulletin*. 87: 257–268.
2. **Airoldi, L., Abbiati, M., Beck, M.W., Hawkins, S.J., Jonsson, P.R., Martin, D., Moschella, P.S., Sundelf, A., Thompson, R.C. and Berg, P., 2005.** An ecological perspective on the deployment and design of low crested and other coastal defences. *Coastal Engineering*. 52: 1073–1087.
3. **Anderson, M.J., Gorley, R.N. and Clarke, K.R., 2015.** "PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods". PRIMER-E.
4. **Bagherzadeh, R., 2011.** Bioaccumulation of heavy metals (nickel and cadmium) in the skeletal tissues and sediments of dominant scleractinian corals in southern Qeshm Island, Persian Gulf. Master's thesis in Marine Biology, Faculty of Basic Sciences, Hormozgan University.
5. **Bosch, D.T., Dance, S.P., Moolenbeek, R.G. and Oliver, P.G., 1994.** Seashells of eastern Arabia.

گونه‌های جلبکی در سطح بستر مصنوعی یا غایب باشند و یا نتوانند به رشد واقعی خود نزدیک شوند (Bulleri et al., 2010; Chapman & Bulleri, 2003). جلبک‌های دریایی به عنوان اولین تولیدکنندگان نقش محوری اصلی را در گردش مواد در زنجیره غذایی زیست بوم‌های دریا بازی می‌نمایند و منبع غذایی مهمی برای موجودات دریایی از جمله ماهی‌ها و نرم‌تنان به‌شمار می‌روند (Yousefzadi & Kokabi, 2015; Trono, 1997). *Padina sp.* یکی از این جلبک‌های ماکروسکوپی است که به‌طور معمول در مناطق جزرومدی رشد می‌کند و توسط خرچنگ، ماهی و بی‌مهرگان مورد تغذیه قرار می‌گیرد (Kokabi & Yousefzadi, 2015; Trono, 1997). بررسی گونه‌های تمیز دهنده دو زیستگاه طبیعی و مصنوعی مشخص شد که در مقایسه با بسترهای طبیعی، وسعت گسترش و رشد *Padina sp.* بر روی بسترهای مصنوعی به‌طور قابل توجهی کاهش داشته است (جدول ۵) و این ماکرو جلبک یکی از گونه‌های مؤثر در تفاوت ساختار جمعیتی بین این دو زیستگاه بوده است. به‌نظر می‌رسد که شیب تند و بالا بودن قدرت امواج در بسترهای مصنوعی سبب شده است که این گونه نتواند به‌خوبی بر روی بسترهای مصنوعی گسترش یابد. در مقابل ماکرو جلبک *Centroceras clavulatum* به‌خوبی توانسته بود با ساختارهای مصنوعی سازگار شود و گسترش قابل توجهی بر روی این ساختارها ایجاد کرده بود به‌طوری که بعد از *Padina sp.* به‌عنوان یکی از گونه‌های مؤثر در تفاوت ساختار جمعیت بین این دو زیستگاه معرفی شد (جدول ۵). *C. clavulatum* بر روی صخره‌ها و سنگ‌های آهکی بین جزرومدی در بخش پایین ناحیه میان جزرومدی و نیز در حوضچه‌های بین جزرومدی رشد می‌کند. این گونه اغلب به‌صورت اپی‌فیت بر روی سایر جلبک‌ها دیده می‌شود و به حدود ۳-۴ سانتی‌متر می‌رسد (Kokabi & Yousefzadi, 2015; Trono, 1997). علی‌رغم گسترش قابل توجه *C. clavulatum* بر روی بسترهای مصنوعی، مشاهدات میدانی در مطالعه حاضر نشان داد که میزان رشد این گونه نسبت به افراد مشابه خود بر روی بسترهای طبیعی کاهش رشد داشته است که این امر احتمالاً به دلیل فعالیت بالای موج در زیستگاه‌های مصنوعی می‌تواند باشد.

- Keelung, Taiwan: National Taiwan Ocean University
17. **Chapman, M.G. and Bulleri, F., 2003.** Intertidal seawalls e new features of landscape in intertidal environments. *Landscape Urban planner* . 62: 159-172.
 18. **Chapman, M.G., 2003.** Paucity of mobile species on constructed seawalls: effects of urbanization on biodiversity. *Marine Ecology Progress Series*. 264: 21–29.
 19. **Clynick, B.G., Chapman, M.G. and Underwood, A.J., 2008.** Fish assemblages associated with urban structures and natural reefs in Sydney, Australia. *Austral Ecology*, 33, 140–150.
 20. **Firth, L.B., Thompson, R.C., White, F.J., Schofield, M., Skov, M.V., Hoggart, S.P.G., Jackson, J., Antony, M., Knights, A.M. and Hawkins, S.J., 2013.** The importance of water-retaining features for biodiversity on artificial intertidal coastal defence structures. *Diversity and Distributions*, (Diversity Distrib.). 19: 1275–1283
 21. **Glasby, T.M., 2000.** Surface composition and orientation interact to affect subtidal epibiota. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 248: 177–190.
 22. **Glasby, T.M. and Connell, S.D., 1999.** Urban structures as marine habitats. *Ambio*, 28, 595–598.
 23. **Hawkins, S.J., Southward, A.J. and Barrett, R.L., 1983.** Population structure of *Patella vulgata* L. during succession on rocky shores in Southwest England. *Oceanologica Acta*, Special volume, 103–107.
 24. **Iveša, L., Chapman, M.G., Underwood, A.J. and Murphy, R.J., 2010.** Differential patterns of distribution of limpets on intertidal seawalls: experimental investigation of the roles of recruitment, survival and competition. *Marine Ecology Progress Series*. 407: 55–69.
 25. **Knott, N.A., Underwood, A.J., Chapman, M.G. and Glasby, T.M., 2004.** Epibiota on vertical and on horizontal surfaces on natural reefs and on artificial structures. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*. 84: 1117–1130.
 26. **Kohler, K.E. and Gill, S.M., 2006.** Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers & Geosciences*, 32(9), 1259–1269
 6. **Branch, G.M., Thompson, R.C., Crowe, T.P., Castilla, J.C., Langmead, O. and Hawkins, S.J., 2008.** Rocky intertidal shores: prognosis for the future. *Aquatic Ecosystems. Trends and Global Prospects* (ed. N.V.C. Polunin), pp. 209– 225. Cambridge University Press, Cambridge.
 7. **Bulleri, F. and Airoidi, L., 2005.** Artificial marine structures facilitate the spread of a nonindigenous green alga, *Codium fragile* ssp. *tomentosoides*, in the north Adriatic Sea. *Journal of Applied Ecology*. 42, 1063–1072.
 8. **Bulleri, F. and Chapman, M.G., 2010.** The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments. *Journal of Applied Ecology*. 47: 26–35.
 9. **Bulleri, F., 2005.** The introduction of artificial structures on marine soft- and hard-bottoms: ecological implications of epibiota. *Environmental Conservation*, 32, 101–102.
 10. **Bulleri, F., Chapman, M.G. and Underwood, A.J., 2004.** Patterns of movement of the limpet *Cellana tramoserica* on rocky shores and retaining seawalls. *Marine Ecology Progress Series*, 281, 121–129.
 11. **Burcharth, H.F., Hawkins, S.J., Zanuttigh, B. and Lamberti, A., 2007.** Environmental design guidelines for low-crested coastal defence structures. Elsevier, Amsterdam. pp. 448
 12. **Burta, J., Bartholomew, A. and Salea, P.F., 2011.** Benthic development on large-scale engineered reefs: A comparison of communities among breakwaters of different age and natural reefs. *Ecological Engineering* 37, 191–198.
 13. **Canning-clode, J. and Sugden, H., 2014.** Section 1 Assessing fouling assemblages. *Biofouling Methods*, 252.
 14. **Canning-Clode, J.; Bellou, N.; Kaufmann, M.J. and Wahl, M., 2009.** Local–regional richness relationship in fouling assemblages – Effects of succession. *Basic and Applied Ecology*, 10(8), 745–753
 15. **Carpenter, K.E., Harrison, P.L., Hodgson, G., Alsaffar, A.H. and Alhazeem, S.H., 1997.** The corals and coral reef fishes of Kuwait
 16. **Chan, B.K.K., Prabowo, R.E., Lee, K.S., Chan, T.Y., Xue, G. li T. hai yang da, and Kramer, A.H., 2009.** Crustacean fauna of Taiwan: barnacles, volume 1: Cirripedia: Thoracica excluding the Pyrgomatidae and Acastinae. (Vol. 2).

35. **Perkol-Finkel, S. and Benayahu, Y., 2004.** Community structure of stony and soft corals on vertical unplanned artificial reefs in Eilat (Red Sea): comparison to natural reefs. *Coral Reefs*, 23, 195–205.
36. **Rilov, G. and Benayahu, Y., 2000.** Fish assemblage on natural versus vertical artificial reefs: the rehabilitation perspective. *Marine Biology*, 136, 931–942.
37. **Roosbehi, M., Fatehmi, M.R., Danekar, A. and Javanshir Khoei, A., 2009.** Ecological sensitivity mapping and assessment of the coastal areas of Qeshm Island. *Environmental Science and Technology*, 11(4), 237-249.
38. **Shahdadi, A., Sari, A. and Naderloo, R., 2014.** A checklist of the barnacles (Crustacea: Cirripedia: Thoracica) of the Persian Gulf and Gulf of Oman with nine new records. *Zootaxa*, 3784(3), 201–223.
39. **Thompson, R.C., Crowe, T.P. and Hawkins, S.J., 2002.** Rocky intertidal communities: past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years. *Environmental Conservation*, 29, 168–191.
40. **Trono, G.C., 1997.** Field guide and atlas of the seaweed resources of the Philippines. Bookmark
41. **Vaselli, S., Bulleri, F. and Benedetti-Cecchi, L., 2008.** Hard coastal-defence structures as habitats for native and exotic rocky-bottom species. *Marine Environmental Research*. 66: 395–403
42. **Virgilio, M., Airoidi, L. and Abbiati, M., 2006.** Spatial and temporal variations of assemblages in a Mediterranean coralligenous reef and relationships with surface orientation. *Coral Reefs* 25: 265–272.
43. **Vitousek, P., Mooney, H. and Lubchenco, J., 1997.** Human domination of earth ecosystems. *Science*. 277: 494–499.
27. **Kokabi, M. and Yousefzadi, M., 2015.** Checklist of the marine macroalgae of Iran. *Botanica Marina*, 58(4), 307–320.
28. **Lam, N.W.Y., Huang, R. and Chan, B.K.K., 2009.** Variations in intertidal assemblages and zonation patterns between vertical artificial seawalls and natural rocky shores: a case study from Victoria Harbour, HongKong. *Zoological Studies*, 48, 184–195
29. **Lincoln-Smith, M.P., Hair, C.A. and Bell, J.D., 1994.** Man-made rock breakwaters as fish habitats: comparisons between breakwaters and natural reefs within an embayment in southeastern Australia. *Bulletin of Marine Science*, 55, 1344.
30. **Marzinelli, E.M., Underwood, A.J. and Coleman, R.A., 2011.** Modified habitats influence kelp epibiota via direct and indirect effects. *Plos One*. 6 e21936
31. **Moreira, J., Chapman, M.G. and Underwood, A.J., 2006.** Seawalls do not sustain viable populations of limpets. *Marine Ecology Progress Series*. 322: 179–188.
32. **Moschella, P.S., Abbiati, M., Berg, P., Airoidi, L., Anderson, J.M., Bacchiocchi, F., Bulleri, F., Dinesen, G.E.M., Frost, F., Gaciag, E., Granhag, L., Jonsson, P.R., Satta, M.P., Sundelof, A., Thompson, R.C. and Hawkins, S.J., 2005.** Low-crested coastal defence structures as artificial habitats for marine life: Using ecological criteria in design. *Coastal Engineering*. 52: 1053–1071.
33. **Naderloo, R. and Tuerkay, M., 2012.** Decapod crustaceans of the littoral and shallow sublittoral Iranian coast of the Persian Gulf: faunistics, biodiversity and zoogeography. *Zootaxa*, 3374, 1–67
34. **Nordstrom, K.F., 2008.** Beach and Dune Restoration. Cambridge University Press, Cambridge, UK.





Biodiversity Patterns of Rocky Coastal and Human-Made Structures in Gheshm Shorelines; Role of Slope and Tidal Levels Characteristics in Determining Patterns of Biodiversity

Marzieh Razaghi^{1*}, Ali Nasrolahi², Ehsan Kamrani³, Mohammad Sharif Ranjbar¹, Amir Vazirizadeh⁴

1^{*}- Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

2- Department of Marine Biology, Faculty of Biology Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

3- Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

4- Department of Marine Biology, Persian Gulf Researches Center, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

Original Article

Received:
2024.07.22

Accepted:
2024.09.04

Keywords:
Biodiversity,
Coastal
Landscapes,
Artificial Habitats,
Epibiotic
Communities,
Tidal Zones,
Ecological Niches

Abstract

Introduction: The coastal landscapes are constantly changing due to the increasing demand for structures aimed at economic, residential, and tourism activities. Human-made constructions such as breakwaters, piers, and seawalls have become characteristic features alongside shallow habitats in intertidal and subtidal zones. This transformation accelerates in response to exponential population growth and climate change impacts, such as rising sea levels and the need to mitigate natural disasters like storm surges. Concerns about the ecological value of these created environments have sparked efforts to establish new habitats to enhance biodiversity. Therefore, this study aimed to compare biodiversity patterns between artificial and natural substrates, as well as to investigate the role of slope and tidal height characteristics in determining biodiversity patterns.

Materials and Methods: Sampling was conducted in four natural habitats (rocky shores of Naz Island, Mosen, Naqashah, and Ramchah) and four artificial habitats (rocky substrates of Naz Island breakwaters, fish processing waste, Selakh, and Ramchah) along the southern shores of Qeshm Island, seasonally from summer 2016 to spring 2017. During this study, 960 photographs were taken of epibiotic communities from two types of substrates across eight stations and three tidal levels over four sampling periods.

Results: After analyzing the photographs and identifying the collected samples, 105 species were identified, of which 65 species were found in natural substrates and 42 species in artificial substrates. Natural substrates

exhibited a higher abundance (percentage cover) of epibiotic communities compared to artificial ones. Most taxonomic groups identified had higher percentage cover in natural substrates, except for three groups: hydroids, bryozoans, and sponge-like organisms, which were more abundant in artificial substrates. A similar trend was observed in the number of species, with the stations of Mosen, Ramchah, and Naqashah hosting the highest species counts. The results indicated greater species diversity in natural substrates (14.99) compared to artificial ones (9.98). PERMANOVA tests revealed significant differences in the structure of epibiotic communities between natural and artificial hard substrates, as well as across different tidal levels on the southern shores of Qeshm Island ($p < 0.05$).

Discussion: A nearly regular increasing trend in species count was observed with rising tidal height, with lower intertidal areas hosting higher species richness compared to the other two tidal levels. No echinoderm individuals were found on the flat surfaces of artificial habitats, likely due to the steep slope and lack of microhabitats, which prevented these communities from establishing. In examining the cleaner species in both natural and artificial habitats, it was found that the distribution and growth of the algae *Padina* sp. on artificial substrates had significantly decreased compared to natural ones. This macroalga was one of the key species influencing the population structure differences between the two habitats. The steep slopes and high wave energy in artificial substrates likely hindered the successful spread of this species. In contrast, the macroalga *Centroceras clavulatum* successfully adapted to artificial structures and established significant coverage on these substrates, making it one of the key species influencing the differences in population structure between the two habitats, following *Padina* sp. This study demonstrated that creating low-slope surfaces leads to a broader range of habitats, increasing substrate heterogeneity and thereby providing multiple ecological niches for various species, ultimately enhancing regional biodiversity.