

مدلسازی پراکنش گونه‌های ماکروبتنیک منطقه‌ی جزر ومدی رودخانه‌ی بهمنشیر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور

- عاطفه عباسی کسبی*: گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
- علی داداللهی سهراب: گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
- حسین محمد عسگری: گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
- سید محمدباقر نبوی: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
- هیوا علمی‌زاده: گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

تاریخ پذیرش: مرداد 1395

تاریخ دریافت: اردیبهشت 1395

چکیده

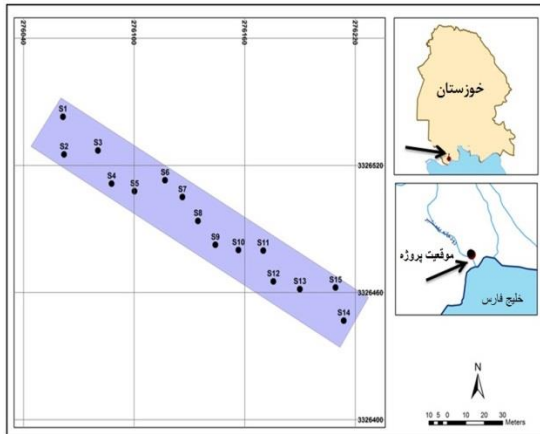
در این مطالعه، ارائه‌ی یک مدل پیش‌بینی برای حضور و عدم حضور چند گونه‌ی غالب ماکروبتنیک در یک ناحیه‌ی جزر و مدی مصب رودخانه‌ی بهمنشیر مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌برداری از منطقه به منظور شناسایی و شمارش گونه‌ها و همچنین اندازه‌گیری میزان TOM و دانه‌بندی رسوبات انجام شد. پس از شناسایی و شمارش گونه‌های ماکروبتنیک، نقشه‌ی فراوانی برای چند گونه‌ی غالب منطقه ساخته شد. به منظور دستیابی به نقشه‌ی ارتفاعی، منطقه‌ی مورد مطالعه، با استفاده از دوربین نیوو نقشه‌برداری گردید. براساس همبستگی فاکتورهای محیطی بدست آمده، مدل پیش‌بینی رگرسیونی برای چند گونه بدست آمد. نقشه‌های فاکتورهای محیطی، ارتفاع، شیب، جهت شیب، درصد مواد آلی، درصد رسوبات دانه‌ریز، فاصله از خط پایین جزر و مدی و اطلاعات دو باند 1 و 6 ماهواره‌ی landst8 به عنوان ورودی‌های این مدل در محیط GIS وارد شدند و نقشه‌ی پیش‌بینی حضور و عدم حضور برای این گونه‌ها تهیه گردید. نتایج بدست آمده از این مدل به وسیله‌ی آزمون آماری کاپا ارزیابی شد. نتایج بدست آمده از این آزمون نشان داد این روش، روش مناسبی جهت مدلسازی پیش‌بینی برای پراکنش بلقوه‌ی گونه‌های ماکروبتنیک خواهد بود.

کلمات کلیدی: ماکروبتنوز، سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور، رگرسیون لجستیک، رودخانه‌ی بهمنشیر

مختلف بیانگر وجود گروهی از فاکتورهای زیست‌محیطی معین است، می‌توان یک زیستگاه را مطالعه نمود (Kostylev و همکاران، 2001). در نواحی جزر و مدی اجتماعات ماکروبتنیکی عمدتاً بر اساس متغیرهای محیطی شکل می‌گیرند (Van der wal و همکاران، 2008). ترکیب رسوبات ممکن است ترکیبات و نوع جوامع بنتیک را تعیین کند (Holland و همکاران، 1987). توزیع بسیاری از گونه‌ها مستقیماً به اندازه‌ی دانه‌ی رسوبات بستگی دارد در حالی که در گونه‌های دیگر عوامل دیگری چون رژیم جریانات هیدرولیکی به همراه دانه‌بندی رسوبات اثرگذار است (Snelgrov و Butman، 1994). ترکیب دانه‌بندی رسوبات، فاکتور مهمی است که علاوه بر تأثیر بر پارامترهای محیطی در پخش و پراکنش بنتوزها نقش مهمی را ایفا می‌کند (Gray و همکاران، 2002).

مقدمه

شناخت و مطالعه دقیق ویژگی‌های اکولوژیک و ژئوفیزیکی زیستگاه‌های بنتیک بسیار حائز اهمیت است، زیرا نوع بستر موجود در این زیستگاه‌ها به شکل وسیعی با حضور یا عدم حضور گونه‌های کف‌زی خاص و نیز با نحوه پراکنش آن‌ها در جوامع بنتیک در ارتباط است (Brown و Blondel، 2009). در این راستا، با توصیف اختصاصات یک زیستگاه می‌توان مرزهای فضایی و محدوده‌ی فاکتورهای فیزیکی در پراکنش یک موجود خاص یا گروهی از موجودات با اولویت‌های زیست محیطی مشترک و ساکن در یک زیستگاه مشابه را تعیین نمود. با فرض اینکه موجودات با استفاده از شیب‌های محیطی در یک زیستگاه پراکنده می‌شوند و تقسیم‌شدن آن‌ها به گروه‌های



شکل 1: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ترازیابی منطقه به وسیله‌ی دوربین نیوو انجام شد. منطقه به شبکه‌ای با 15 خط عرضی به طول 12 متر و 3 خط طولی به طول 5 متر تقسیم بندی و محل رئوس نشانه‌گذاری شد سپس با استفاده از GPS با میزان خطای 1 متر مختصات دقیق نقاط یادداشت شد.

بعد از ترسیم شبکه بر روی زمین، کروکی محل تهیه شد. دوربین ترازیب در نزدیکی شبکه طوری که به همه نقاط (حتی الامکان) دید داشته باشد مستقر و تراز گردید سپس با قرار دادن شاخص و قرائت تار وسط به روش ترازیبی شبکه‌ای، ارتفاع رئوس شبکه برداشت گردید. یک ارتفاع به عنوان سطح مبنا در نظر گرفته و با محاسبات لازم میزان ارتفاع نسبی هر یک از نقاط تعیین شد.

نمونه‌برداری همزمان با یک جزر بیشینه بهاره در تاریخ 94/2/10 در ایستگاه‌های تعیین شده توسط نمونه‌بردار گرب Van Veen 0/025m² در سه تکرار صورت گرفت. نمونه هر ایستگاه را در ظروف جداگانه که مشخصات ایستگاه نمونه‌برداری، شماره ایستگاه و تکرار از قبل روی آن نوشته شده، قرار داده شد و آن‌ها را با فرمالین 5% فیکس و جهت بررسی به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه نمونه‌ها توسط الک‌هایی با چشمه 0/5 میلی‌متر شسته شده (Muniz و Pires، 2005) جهت جداسازی کامل، نمونه‌ها را با رزینگال رنگ آمیزی نموده (Simbora، 2004)، شمارش در زیر استریومیکروسکوپ انجام شد. شناسایی گونه‌ای با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر صورت گرفت (Walton، 1974). چهار گروه ماکروبنیتیک به منظور بررسی و مدلسازی زیستگاه انتخاب شدند (شکل 2).

این مطالعه به بررسی اکولوژیکی یک منطقه‌ی جزر و مدی در دهانه‌ی بهم‌شیر پرداخته است تا با استفاده از روش سنجش از دور به همراه نمونه برداری‌های میدانی از رسوب و جانوران منطقه به الگوهای تجمعی موجودات بنیتیک در یک عرض جزر ومدی منطقه دست یابد.

در سال‌های اخیر مدل‌های واکنشی از الگوهای توزیع ماکروبنیتوزها در مقیاس‌های مختلف توسعه یافته‌اند که به تفسیر تغییرات در جوامع کفزی و برای پیش‌بینی پاسخ گونه به تغییرات زیست محیطی می‌پردازند. مدل‌های پیش‌بینی وقوع، فراوانی و بیومس گونه‌ها به عنوان یک تابع از ویژگی‌های زیستگاه مانند بافت رسوبات و عمق است (Thrush و همکاران، 2003؛ Ysebaert و همکاران، 2002). از آنجا که حضور هر گونه‌ی بنیتیک تحت تأثیر عوامل محیطی و روابط بین‌گونه‌ای است و یک یا چند عامل محیطی بیشترین اثر را در حضور یک گونه‌ی خاص دارند، اگر به طریقی بتوان عوامل محیطی اثرگذار در پراکنش هرگونه‌ی کفزی را تعیین کرد و رفتار گونه را نسبت به متغیرهای محیطی بررسی نمود می‌توان به مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌های دست یافت.

Choi و همکاران در سال 2011، به تهیه نقشه‌های حضور بالقوه‌ی پنج گونه‌ی ماکروبنیتیک در یک تخت جزر و مدی پرداختند. در این بررسی عوامل کنترل‌کننده‌ی پراکنش گونه‌های ماکروبنیتیک با استفاده از نمونه‌برداری مستقیم، داده‌های سنجش از راه دور و تجزیه و تحلیل داده‌ها در GIS به یک مدل احتمالی وارد شد. همچنین lee و همکاران در سال 2013، به تهیه‌ی نقشه‌ی بالقوه‌ی حضور سه گونه‌ی ماکروبنیتیک در یک منطقه‌ی جزر و مدی با استفاده از یک مدل شبکه‌ی عصبی مبتنی بر GIS پرداختند، در این بررسی هشت عامل کنترل‌کننده‌ی پراکنش گونه‌ها از نمونه‌برداری مستقیم، استفاده از روش‌های سنجش از راه دور و تجزیه تحلیل داده‌ها در GIS به دست آمد. Van derWal و همکاران در سال 2008، با استفاده از تکنیک‌های سنجش از راه دور به بررسی متغیرهای موثر بر توزیع فضایی ماکروبنیتوزهای یک ناحیه‌ی جزر و مدی و به نقشه‌برداری از زیستگاه در مناطق ساحلی با استفاده از مدل مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پرداختند.

مواد و روش‌ها

محدوده‌ای به طول 225 متر از یک خط جزر و مدی در نزدیکی مصب رودخانه‌ی بهم‌شیر، به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شد این رودخانه در جنوب خوزستان و یکی از شاخه‌های رودخانه‌ی کارون است که در امتداد اروندرود به مصب و سپس به خلیج فارس می‌ریزد (شکل 1).



شکل 2: 1: کرم‌های پرتار Phyllococida 2: گونه ی شکم پا *Nerita adenensis* 3: گونه‌ی شکم پا *Tornatina Persiana* 4: دوکفه‌ای جنس *Tellina* sp

حضور گونه را پیش‌بینی کرد (Zimmermann و Guisan، 2000).

بعد از اعمال رابطه‌های بدست آمده بر روی لایه‌های اطلاعاتی مورد نظر در سیستم GIS نقشه‌ی پیش‌بینی برای هر کدام از گونه‌ها تهیه گردید. سپس به منظور ارزیابی نقشه‌های تولیدی از شاخص آماری کاپا استفاده شد. ضریب کاپا بیانگر میزان توافق مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش‌بینی شده می‌باشد (جدول 1). مقدار کاپا از 0 تا 1 تغییر می‌کند هرچه مقدار کاپا به 1 نزدیکتر باشد نشان دهنده‌ی توافق بهتر مدل با مشاهدات زمینی است (luck و همکاران، 2005؛ liu و همکاران، 2002).

جدول 1: طبقه‌بندی ضرایب کاپا

طبقه‌بندی ضرایب	دامنه
ضعیف	0-0/4
خوب	0/0-4/75
عالی	0/1-75

نتایج

نقشه‌های عوامل محیطی مورد بررسی در این تحقیق مطابق (شکل 3) بدست آمد. همچنین نقشه‌ی پراکنش برای 4 گروه ماکروبتیک مطابق (شکل 4) بدست آمد. نقشه‌ی پراکنش کرم‌های پرتار بیشترین پراکنندگی را در ناحیه‌ی نزدیک به پایین جزر و مدی نشان می‌دهد. بر اساس این نقشه با نزدیک شدن به خط ساحلی بالای جزر و مدی فراوانی کرم‌های پرتار به صفر می‌رسد. طبق نقشه‌ی پراکنندگی گونه‌ی شکم‌پا *Nerita adenensis* بیشترین فراوانی این گونه در یک ایستگاه بین جزر و مدی مشاهده گردید. همچنین این نقشه نمایشگر عدم حضور این گونه در ایستگاه‌های نزدیک به خط ساحلی پایین جزر و مدی می‌باشد. گونه‌ی *Tornatina persiana* دارای بیشترین فراوانی در نزدیکی خط ساحلی بالای جزر و مدی را نشان می‌دهد و با فاصله گرفتن از این خط ساحلی به سمت منطقه پایین‌دست از فراوانی گونه کاسته شده به نحوی که در اغلب ایستگاه‌های نزدیک به خط ساحلی پایین جزر و مدی فراوانی به صفر می‌رسد. نقشه‌ای با روند پراکنندگی منظم از دوکفه‌ای جنس *Tellinides* sp بدست آمد که بیشترین فراوانی در ناحیه‌ی جزر و مدی پایین جزر و مدی دیده شد که با یک روند کاهشی در بالاترین خط جزر و مدی به صفر می‌رسد.

مدل پیش‌بینی حضور و عدم حضور گونه‌ها: برای مدل-سازی پیش‌بینی حضور و عدم حضور هر کدام از گونه‌ها از رگرسیون لجستیک استفاده شد در زیر روابط بدست آمده برای هر کدام از 4 گروه ماکروبتوزی آورده شده است:

$$P(\text{Phyllococida}) = \frac{1}{1 + e^{-(90.759 - 0.775(1) - 0.591(2) - 0.335(3) - 0.016(4) + 0.524(5))}}$$

جهت اندازه‌گیری درصد مواد آلی کل رسوبات (TOM) و درصد رسوبات دانه ریز نیز در هر ایستگاه، نمونه‌برداری توسط گرب Van Veen، در 3 تکرار انجام گرفت. نمونه‌ها جهت جلوگیری از تجزیه طبیعی مواد آلی تا قبل از بررسی در فریزر قرار داده شدند. مجموع مواد آلی به روش سوزاندن (Abrantes و Moita، 1999) و دانه‌بندی با استفاده از روش متداول الک (Buchanan، 1984) محاسبه گردید.

مختصات نقاط به همراه ارتفاع مربوط به هر کدام وارد نرم-افزار EXCEL و سپس در نرم‌افزار ARC GIS فراخوانی شدند. به روش درونیابی¹ Kriging نقشه‌ی مدل رقومی زمین² (DEM) منطقه بدست آمد، در این روش فرض بر این است که فاصله و جهت بین نقاط نمونه بر روی همبستگی مکانی تأثیر می‌گذارد. این روش بر پایه مدل‌ها و روابط آماری پایه‌ریزی گردیده است. نتیجه‌ی این روش یک سطح بسیار دقیق است. مدل ریاضی که برای این نوع درونیابی استفاده می‌شود عبارت است از:

$$Z(\text{so}) = \sum \lambda_i \times Z(\text{Si})$$

$Z(\text{so})$: موقعیت نقاط مجهول

(λ_i) : فاصله و خود همبستگی مقدار اندازه‌گیری شده در نقطه $Z(\text{so})$

$Z(\text{si})$: مقادیر اندازه‌گیری شده در نقطه $Z(\text{so})$

سپس، با استفاده از نقشه‌ی DEM، نقشه‌های ارتفاع، شیب و جهت تهیه شد.

نقشه پراکنش دیگر فاکتورهای محیطی بدست آمده از نمونه‌برداری به روش‌های درونیابی Spline نیز تهیه گردید. در این روش مقادیر مجهول از طریق یک تابع ریاضی تخمین زده می‌شود. این تابع با عبور دادن یک منحنی از نقاط معلوم این عمل را انجام می‌دهد.

به منظور اعمال مدل و تهیه نقشه‌ی پیش‌بینی بر اساس معادلات بدست آمده از روش Map Algebra و تابع Power استفاده شد.

تصویر ماهواره‌ای Landsat8 با تاریخ تصویربرداری، 22 April 2015 که همزمان با تاریخ نمونه‌برداری بود تهیه شد. دو باند ماهواره‌ای 1 و 6 ماهواره Landsat8 در این مدل‌سازی استفاده گردید. باند 1 معروف به باند ساحلی آبی در مطالعات کیفی آب توسط متخصصان به‌کار می‌رود. همچنین باند 6 (مادون قرمز طول موج کوتاه) در مطالعات زمین‌شناسی به منظور تفکیک زمین مرطوب از خشک به‌کار می‌رود.

رگرسیون لجستیک، روش مناسبی برای مدل‌سازی داده‌های وقوع و عدم وقوع است که متغیر وابسته‌ی دوگانه برای پیش‌بینی نیز نامیده شده است و حضور و عدم حضور گونه‌های گیاهی را نیز شامل می‌شود (Franklin، 1995). رگرسیون لجستیک امکان برقراری یک ارتباط رگرسیونی چند متغیره را بین یک متغیر وابسته و چندین متغیر مستقل فراهم می‌کند. گفتنی است که قبل از انجام رگرسیون لجستیک، وجود هم خطی بین متغیرهای مختلف بررسی شد. در رگرسیون لجستیک می‌توان احتمال

2- Digital Elevation Models (DEM)

1- Interpolation



6. باند 1 ماهواره‌ی landsat 8

7. باند 6 ماهواره landsat 8

عوامل ارتفاع و فاصله از پایینترین خط جزر و مدی با اختصاص ضرایب بالاتر به خود بیشترین ارتباط با پراکنش گونه‌ها را نشان دادند. از آنجا که آماره‌ی والد برای عامل جهت در این بررسی برای هیچ کدام از گونه‌ها معنی‌دار نبود، این عامل در معادلات وارد نشد.

$$P(Nerita adenensis) = \frac{1}{1 + e^{-(835.613 - 2.473(1) - 26.021(2) - 27.6(3) + 30.372(5) - 0.06(7))}}$$

$$P(Tellina \text{ sp}) = \frac{1}{1 + e^{-(948.631 - 8.912(1) + 3.086(2) - 27.36(3) + 21.065(5) - 1.331(4))}}$$

$$P(Tornatina persiana) = \frac{1}{1 + e^{-(1952.086 + 18.13(1) - 23.434(2) + 31.475(3) - 25.915(5) + 0.036(6))}}$$

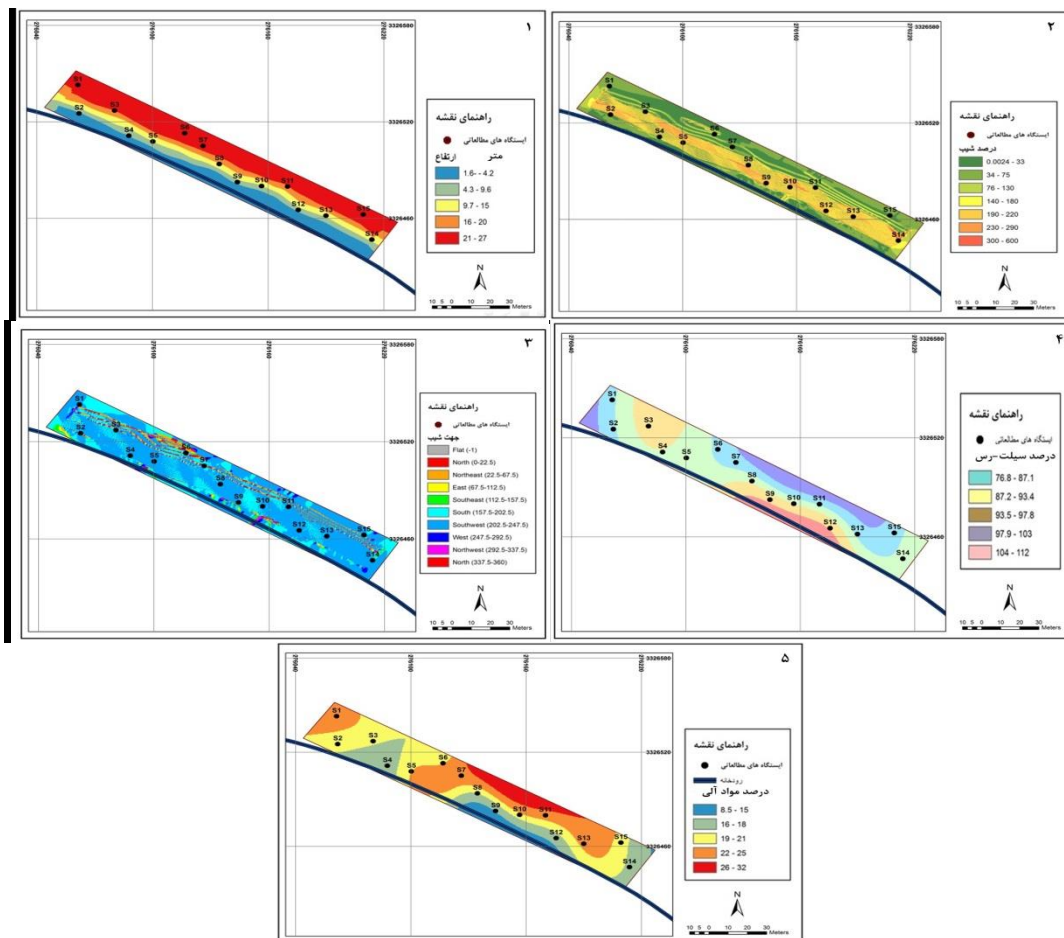
1. درصد سیلت-رس

2. درصد مواد آلی

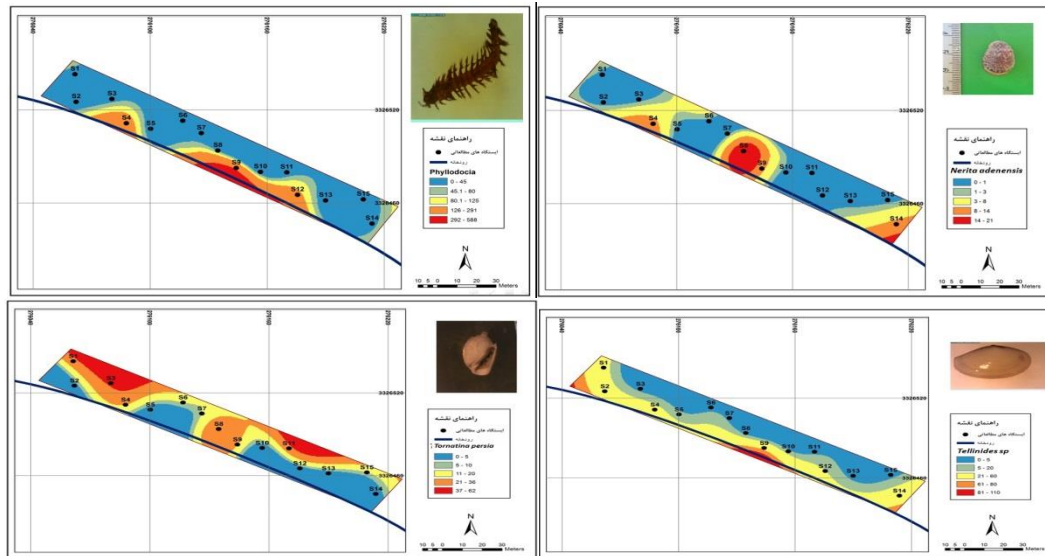
3. ارتفاع(متر)

4. شیب(درجه)

5. فاصله از پایین‌ترین خط جزر و مدی(متر)



شکل 3: نقشه‌ی عوامل محیطی 1: ارتفاع، 2: شیب، 3: جهت شیب، 4: پراکندگی درصد رسوبات دانه ریز و 5: درصد مواد آلی



شکل 4: نقشه‌ی پراکنش گونه‌های ماکروبنیتیک

با اعمال معادلات پیش‌بینی رگرسیونی تهیه شده برای 4 گروه ماکروبنیتیک در محیط GIS بر اساس ورودی‌های نقشه‌های فاکتورهای محیطی، نقشه‌ی پیش‌بینی حضور و عدم حضور این گونه‌ها مطابق شکل 4 بدست آمد.

به منظور آزمون نکویی برازش، شاخص‌های آماری Nagelkerke R Square و هوسمر-لمشاو در جدول 2 آورده شده است.

جدول 3: تعیین توافق بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی برای نقشه‌های پیش‌بینی با استفاده از ضریب کاپا

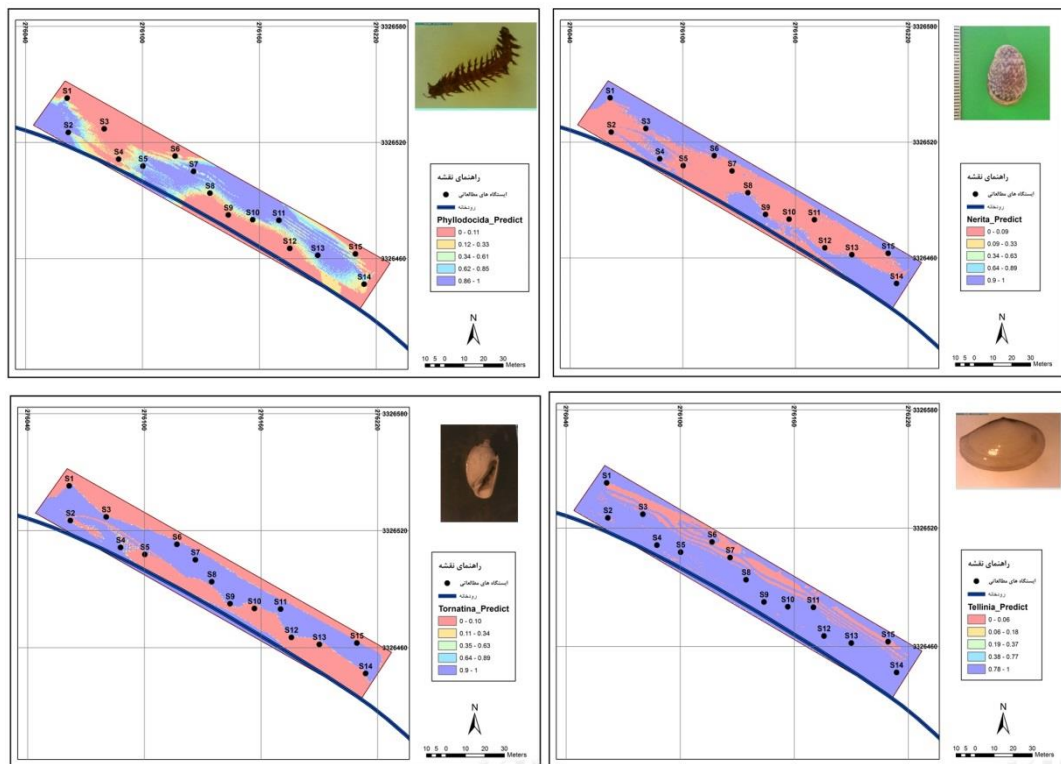
توافق بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی	ضریب کاپا	نام گونه/جنس/ارده
ضعیف	0/32	Phyllodocida
خوب	0/52	Nerita adenensis
خوب	0/72	Tellina sp
عالی	0/75	Tornatina persiana

جدول 2: آماره‌های مربوط به رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی حضور و عدم حضور گونه‌های ماکروبنیتیک

مقدار * HL	R ²	نام گونه /جنس/ ارده
0/87	0/72	Phyllodocida
1	1	Nerita adenensis
1	1	Tellina sp
1	1	Tornatina persiana

* آماره هوسمر-لمشاو (Lemshow و Hosmer) برای آزمون تطابق تعداد موارد مشاهده‌ای و پیش‌بینی به کار می‌رود و بالا بودن مقادیر آن نشان دهنده‌ی تطابق بیشتر است.





شکل 4: نقشه‌ی پیش‌بینی حضور و عدم حضور گونه‌های ماکروبنیتیک

بحث

استفاده از اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای و وارد شدن آن‌ها به معادلات پیش‌بینی به منظور نقشه‌سازی از زیستگاه‌های موجودات ماکروبنیتیک نشان داد می‌توان از این ابزار به عنوان منبع اطلاعات بسیاری از متغیرهای محیطی استفاده کرد. همچنان که Lee و همکاران، 2013 و Choi و همکاران در سال 2011، از تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات خود بدین منظور استفاده کردند. اگرچه ضرایب پایین بدست آمده باند‌های ماهواره‌ای در معادلات لوجیت در این بررسی متأثر از قدرت تفکیک پایین این نوع تصاویر به نسبت وسعت کم منطقه‌ی مورد مطالعه است اما استفاده متناسب از این ابزار می‌تواند منبع بسیار دقیق از اطلاعات متغیرهای محیطی در اینگونه مطالعات را بدست دهد.

نتایج اعتبارسنجی مدل‌های آماری حاصل از رگرسیون لجستیک به صورت آماره‌های هوسمر-لمشاو و آماره‌ی Nagelkerke R Square بیان شد. آماره‌ی هوسمر-لمشاو بدست آمده برای سه گونه‌ی *Nerita adenensis*، *Tellina sp* و *Tornatina persiana* مقدار (1) بدست آمد که با توجه به جدول 3 مدل‌های بدست آمده برآزش قابل قبولی را نشان می‌دهند.

برای تجزیه و تحلیل رابطه‌ی بین حضور و عدم حضور گونه‌ها با عوامل محیطی مدل رگرسیون لجستیک می‌تواند به کار رود. در این روش متغیر کیفی حضور یا عدم حضور گونه‌ها به عنوان متغیر وابسته انتخاب می‌شود که رابطه‌ی آن با متغیرهای محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. از آنجا که شکل این تابع سیگموئیدی بوده و بر اساس تحقیقات اکثر محققین رابطه‌ی بین گونه‌ها با عوامل محیطی به صورت غیرخطی و

این بررسی نشان می‌دهد تغییرات فاکتورهای محیطی بستر ناحیه جزر و مدی از الگوی خاصی برخوردار است. بنابراین هرگونه از موجودات بنیتیک بسته به احتیاجات محیطی خاص خود از این تغییرات تبعیت می‌کنند.

نتایج حاصل از آزمون همبستگی نشان می‌دهد رابطه‌ی معناداری بین عوامل، ارتفاع و فاصله از خط ساحلی low tide و درصد رس و درصد TOM وجود دارد. این امر نشان‌دهنده‌ی الگوی نسبتاً منظم تغییرات در عرض منطقه‌ی جزر ومدی است. این الگوی تغییرات منظم می‌تواند الگوهای پراکنش و منطقه‌بندی مشخصی از گونه‌های مختلف ماکروبنیتوز بسته به نیازهای زیستگاهی هر کدام را القا نماید.

پارامترهای دانه‌بندی رسوبات و درصد مواد آلی به عنوان مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر انتشار و تنوع گونه‌های کفزیان توسط بسیاری از محققین (Amptaw و همکاران، 2014؛ Pires و Vanin و همکاران، 2013) مورد تأیید قرار گرفته است. همچنین فاکتور دوری از خط ساحلی می‌تواند یک عامل بسیار تعیین‌کننده در پراکنش گونه‌ها به حساب آید زیرا تمامی خصوصیات زیستگاهی موجودات بنیتیک از قبیل زمان در معرض خشکی قرار گرفتن، تغییرات دمایی، درصد TOM، دانه‌بندی رسوبات و بسیاری دیگر از متغیرهای محیطی متأثر از این عامل است. بنابراین مشاهده می‌شود در معادلات بدست آمده در این پژوهش این عامل به همراه عوامل درصد رسوبات دانه‌ریز، درصد TOM و ارتفاع از مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار به شمار می‌روند.

- surficial geology and sea floor photographs. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 219, pp: 121-137.
11. Lee, S.; Park, I.; Koo, B.J.; Ryu, J.H.; Choi, J.K. and Woo, H.J., 2013. Macrobenthos habitat potential mapping using GIS-based artificial neural network models. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 67, pp: 177-186.
 12. Liu, C.; Berry, P.M.; Dawson, T.P. and Pearson, R.G., 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, Vol. 28, pp: 385-393.
 13. Luck, M. and Wu, J., 2002. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. *Landscape Ecology*, Vol. 17, pp: 327-339.
 14. McCune, B., 2011. Nonparametric multiplicative regression for habitat modeling, Oregon State University, USA, 58 p
 15. Muniz, P.; Venturini, N.; Pires-Vanin, A.M.; Tommasi, L.R. and Borja, A., 2005. Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities, in the South America Atlantic region. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 50, pp: 624-637.
 16. Pires-Vanin, A.M.S.; Arasaki, E. and Muniz, P., 2013. Spatial pattern of benthic macrofauna in a sub-tropical shelf, São Sebastião Channel, Southeastern.
 17. Simboura, N., 2004. Benthic Index vs. Biotic Index in monitoring: an answer to. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 48, pp: 403-404.
 18. Snelgrove, P. and butman, C., 1994. Animal-sediment relationships revisited: cause versus effect. *Oceanogr Mar Biol Annu rev*, Vol. 32, pp: 111-177.
 19. Thrush, S.F.; Hewitt, J.E.; Norkko, A.; Nicholls, P.E.; Funnell, G.A. and Ellis, J.I., 2003. Habitat change in estuaries: predicting broad-scale responses of intertidal macrofauna to sediment mud content. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 263, e112 p.
 20. Van der Wal, D.; Herman, P.; Forster, R.; Ysebaert, T.; Rossi, F.; Knaeps, E.; Plancke, Y. and Ides, S., 2008. Distribution and dynamics of intertidal macrobenthos predicted from remote sensing: response to microphytobenthos and environment. *Marine Ecology Progress Series*, 367 p.
 21. Walton, S.G., 1974. Hand book of marine science. CRC Press, Cleveland. Vol. 1, pp: 117-126.
 22. Ysebaert, T.; Meire, P.; Herman, P.M. and Verbeek, H., 2002. Macrobenthic species response surfaces along estuarine gradients: prediction by logistic regression. *Marine Ecology Progress Series* 225.

سیگموتیدی یا گوسی است، بنابراین استفاده از این مدل متناسب با این نوع تحقیقات می‌باشد (McCune, 2011). نتایج بدست آمده از این مدل به وسیله‌ی آزمون آماری کاپا ارزیابی شد. بر اساس نتایج بدست آمده از این آزمون و بر اساس جدول 3، مدل ارائه شده برای گونه‌ی *Tornatina persiana* عالی، برای دو گونه‌ی *Tellina sp* و *Nerita adenensis* خوب و برای پلی‌کت‌ها در این بررسی ضعیف ارزیابی شد.

منابع

1. Abrantes, F. and Moita, T., 1999. Water column and recent sediment data on diatoms and coccolithophorids, off Portugal, confirm sediment record as a memory of upwelling events. *Oceanol. Acta*, Vol. 22, pp: 319-336.
2. Ampaw, E.; Amoamah, M.; Abdul, I. and Dadzie, J., 2014. Application of macrobenthic faunal in assessing the ecological quality status of Lalo Lagoon of Ghana. *Journal of Environment and Earth Science*. Vol. 4, No. 3, pp: 31-40.
3. Brown, C.J. and Blondel, P., 2009. Developments in the application of multibeam sonar backscatter for seafloor habitat mapping. *Applied Acoustics*, Vol. 70, pp: 1242-1247.
4. Buchanan, J.B., 1984. Sediment analysis. In: *Methods for the study of marine benthos*. Holme, N.A and McIntyre, A.D.(eds). Blackwell Scientific Publication. Oxford, pp: 41-64.
5. Choi, J.K.; Oh, H.J.; Koo, B.J.; Lee, S. and Ryu, J.H., 2011. Macrobenthos habitat mapping in a tidal flat using remotely sensed data and a GIS-based probabilistic model. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 62, pp: 564-572.
6. Franklin, J., 1995. Predictive vegetation mapping: geographic modelling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Progress in Physical Geography*, Vol. 19, pp: 474-499
7. Gray, J.S.; Wu, R.S.S. and Or, Y.Y., 2002. Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 238, pp: 249-279.
8. Guisan, A. and Zimmermann, N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modeling*, Vol. 135, pp: 147-186.
9. Holland, A.; Shaughnessy, A.T. and Hiegel, M.H., 1987. Long-term variation in mesohaline Chesapeake Bay macrobenthos: spatial and temporal patterns. *Estuaries*, Vol. 10, pp: 227-245.
10. Kostylev, V.E.; Todd, B.J.; Fader, G.B.; Courtney, R.; Cameron, G.D. and Pickrill, R.A., 2001. Benthic habitat mapping on the Scotian Shelf based on multibeam bathymetry,



