

مدل سازی پراکنش گونه‌های ماکروبتیک منطقه جزر ومدی رودخانه بهمنشیر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور

- عاطفه عباسی کسبی*: گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، صندوق پستی: ۶۴۱۹۹-۴۳۱۷۵
- علی داداللهی سهراب: گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، صندوق پستی: ۶۴۱۹۹-۴۳۱۷۵
- حسین محمد عسگری: گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، صندوق پستی: ۶۴۱۹۹-۴۳۱۷۵
- سیدمحمدباقر نبوی: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، صندوق پستی: ۶۴۱۹۹-۴۳۱۷۵
- هیوا علمی زاده: گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، صندوق پستی: ۶۴۱۹۹-۴۳۱۷۵

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۵

چکیده

در این مطالعه، ارائه یک مدل پیش‌بینی برای حضور و عدم حضور چند گونه غالب ماکروبتیک در یک ناحیه جزر و مدی مصب رودخانه 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 ماکروبتیک، نقشه فراوانی برای چند گونه غالب منطقه ساخته شد. به منظور دستیابی به نقشه ارتفاعی، منطقه مورد مطالعه، با استفاده از دوربین نیو نقشه‌برداری گردید. براساس همبستگی فاکتورهای محیطی به‌دست آمده، مدل پیش‌بینی رگرسیونی برای چند گونه به‌دست 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 ۱ و ۶ ماهواره‌ای Landsat ۸ به‌عنوان ورودی‌های این مدل در محیط GIS وارد شدند و نقشه پیش‌بینی حضور و عدم حضور برای این گونه‌ها تهیه گردید. نتایج به‌دست آمده از این مدل به‌وسیله آزمون آماری کاپا ارزیابی شد. نتایج به‌دست آمده از این آزمون نشان داد این روش، روش مناسبی جهت مدل‌سازی پیش‌بینی برای پراکنش بالقوه گونه‌های ماکروبتیک خواهد بود.

کلمات کلیدی: ماکروبتوز، سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور، رگرسیون لجستیک، رودخانه بهمنشیر

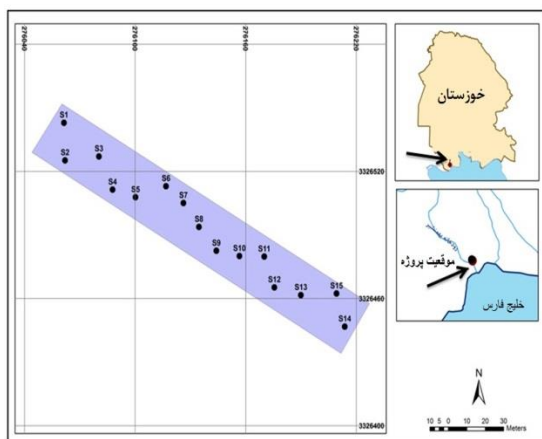


مقدمه

Choi و همکاران (۲۰۱۱)، به تهیه نقشه‌های حضور بالقوه پنج گونه‌ی ماکروبتیک در یک تخت جزر و مدی پرداختند. در این بررسی عوامل کنترل‌کننده پراکنش گونه‌های ماکروبتیک 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 (۲۰۱۳)، به تهیه نقشه بالقوه حضور سه گونه ماکروبتیک در یک منطقه جزر و مدی با استفاده از یک مدل شبکه عصبی مبتنی بر GIS پرداختند، در این بررسی هشت عامل کنترل‌کننده پراکنش گونه‌ها از نمونه‌برداری مستقیم، استفاده از روش‌های سنجش از راه دور و تجزیه و تحلیل داده‌ها در GIS به دست آمد. Van der Wal و همکاران (۲۰۰۸)، با استفاده از تکنیک‌های سنجش از راه دور به بررسی متغیرهای موثر بر توزیع فضایی ماکروبتوزهای یک ناحیه 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 ۲۲۵ متر از یک خط جزر و مدی در نزدیکی مصب رودخانه‌ی بهم‌شیر، به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد این رودخانه در جنوب خوزستان و یکی از شاخه‌های رودخانه کارون است که در امتداد ارون رود به مصب و سپس به خلیج فارس می‌ریزد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ترازیابی منطقه به‌وسیله دوربین نیوو انجام شد. منطقه به شبکه‌ای با ۱۵ خط عرضی به طول ۱۲ متر و ۳ خط طولی به طول ۵ متر تقسیم بندی و محل رؤس نشانه‌گذاری شد سپس با استفاده از GPS با میزان خطای ۱ متر مختصات دقیق نقاط یادداشت شد.

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 (Blondel و Brown، ۲۰۰۹). در این راستا، با توصیف اختصاصات یک زیستگاه می‌توان مرزهای فضایی و محدوده 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 مختلف بیانگر وجود گروهی از فاکتورهای زیست‌محیطی معین است، می‌توان یک زیستگاه را مطالعه نمود (Kostylev و همکاران، ۲۰۰۱). در نواحی جزر و مدی اجتماعات ماکروبتیکی عمدتاً براساس متغیرهای محیطی شکل می‌گیرند (Van der wal و همکاران، ۲۰۰۸). ترکیب رسوبات ممکن است ترکیبات و نوع جوامع بنتیک را تعیین کند (Holland و همکاران ۱۹۸۷). توزیع بسیاری از گونه‌ها مستقیماً به اندازه دانه رسوبات بستگی دارد درحالی‌که در گونه‌های دیگر عوامل دیگری چون رژیم جریان‌ات هیدرولیکی به‌همراه دانه‌بندی رسوبات اثرگذار است (Butman و Snelgrove، ۱۹۹۴). 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، ۲۰۰۲).

این مطالعه به بررسی اکولوژیکی یک منطقه‌ی جزر و مدی در دهانه بهم‌شیر پرداخته است تا با استفاده از روش سنجش از دور به همراه نمونه‌برداری‌های میدانی از رسوب و جانوران منطقه به الگوهای تجمع‌ی موجودات بنتیک در یک عرض جزر ومدی منطقه دست یابد. در سال‌های اخیر مدل‌های واکنشی از الگوهای توزیع ماکروبتوزها در مقیاس‌های مختلف توسعه یافته‌اند که به تفسیر تغییرات در جوامع کفزی و برای پیش‌بینی پاسخ گونه به تغییرات زیست‌محیطی می‌پردازند. مدل‌های پیش‌بینی وقوع، فراوانی و بیوماس گونه‌ها به عنوان یک تابع از ویژگی‌های زیستگاه مانند بافت رسوبات و عمق است (Thrush و همکاران، ۲۰۰۳؛ Ysebaert و همکاران، ۲۰۰۲). از آن‌جاکه حضور هر گونه بنتیک تحت تأثیر عوامل محیطی و روابط بین‌گونه‌ای است و یک یا چند عامل محیطی بیش‌ترین اثر را در حضور یک گونه خاص دارند، اگر به طریقی بتوان عوامل محیطی اثرگذار در پراکنش هرگونه کفزی را تعیین کرد و رفتار گونه را نسبت به متغیرهای محیطی بررسی نمود می‌توان به مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌ای دست یافت.

جداگانه که مشخصات ایستگاه نمونه برداری، شماره ایستگاه و تکرار از قبل روی آن نوشته شده، قرار داده شد و آن‌ها را با فرمالین ۵٪ فیکس و جهت بررسی به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه نمونه‌ها توسط الک‌هایی با چشمه ۰/۵ میلی‌متر شسته شده (Pires و Muniz، ۲۰۰۵) جهت جداسازی کامل، نمونه‌ها را با رزینگال رنگ‌آمیزی نموده (Simboura، ۲۰۰۴)، شمارش در زیر استریومیکروسکوپ انجام شد. شناسایی گونه‌ای با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر صورت گرفت (Walton، ۱۹۷۴). چهار گروه ماکروبتیک به منظور بررسی و مدل سازی زیستگاه انتخاب شدند (شکل ۲).



شکل ۲: ۱: کرم‌های پرتار *Phyllococida* ۲: گونه شکم‌پا *Nerita adenensis* ۳: گونه شکم‌پا *Tornatina Persiana* ۴: دوکفه‌ای جنس *Tellina sp*

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 نقشه پیش‌بینی براساس معادلات به دست آمده از روش Map Algebra و تابع Power استفاده شد.

تصویر ماهواره‌ای Landsat ۸ با تاریخ تصویربرداری، ۲۲ April ۲۰۱۵ که هم‌زمان با تاریخ نمونه برداری بود تهیه شد. ۲ باند ماهواره‌ای ۱ و ۶ ماهواره Landsat ۸ در این مدل سازی استفاده گردید. باند ۱ معروف به باند ساحلی آبی در مطالعات کیفی آب توسط متخصصان به کار می‌رود. هم‌چنین باند ۶ (مادون قرمز طول موج کوتاه) در مطالعات زمین‌شناسی به منظور تفکیک زمین مرطوب از خشک به کار می‌رود. رگرسیون لجستیک، روش مناسبی برای مدل سازی داده‌های وقوع و عدم وقوع است که متغیر وابسته دوگانه برای پیش‌بینی نیز نامیده شده است و حضور و عدم حضور گونه‌های گیاهی را نیز شامل می‌شود (Franklin، ۱۹۹۵). رگرسیون لجستیک امکان برقراری یک ارتباط رگرسیونی چندمتغیره را بین یک متغیر وابسته و چندین متغیر مستقل فراهم می‌کند. گفتنی است که قبل از انجام رگرسیون لجستیک، وجود هم‌خطی بین متغیرهای مختلف بررسی شد. در رگرسیون لجستیک می‌توان احتمال حضور گونه را پیش‌بینی کرد (Zimmermann و Guisan، ۲۰۰۰). بعد از اعمال رابطه‌های به دست آمده بر روی لایه‌های اطلاعاتی مورد نظر در سیستم GIS نقشه پیش‌بینی برای هر کدام از گونه‌ها تهیه گردید. سپس به منظور ارزیابی

بعد از ترسیم شبکه بر روی زمین، کروکی محل تهیه شد. دوربین تراز یاب 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 تراز یابی 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.

نمونه برداری هم‌زمان با یک جزر بیشینه بهاره در تاریخ ۹۴/۲/۱۰ در ایستگاه‌های تعیین شده توسط نمونه بردار گرب Van Veen ۰/۰۲۵ مترمربع در سه تکرار صورت گرفت. نمونه هر ایستگاه را در ظروف

جهت اندازه‌گیری درصد مواد آلی کل رسوبات (TOM) و درصد رسوبات دانه ریز نیز در هر ایستگاه، نمونه برداری توسط گرب Van Veen در ۳ 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، ۱۹۹۹) و دانه‌بندی با استفاده از روش متداول الک (Buchanan، ۱۹۸۴) محاسبه گردید. مختصات نقاط به همراه ارتفاع مربوط به هر کدام وارد نرم افزار EXCEL و سپس در نرم افزار ARC GIS فراخوانی شدند. به روش درونیابی (Kriging (Interpolation) نقشه مدل رقمی زمین (Digital Elevation Models) یا منطقه به دست 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. نتیجه این روش یک سطح بسیار دقیق است. مدل ریاضی که برای این نوع درونیابی استفاده می‌شود عبارت است از:

$$Z(so) = \sum \lambda_i \times Z(Si)$$

$Z(so)$ موقعیت نقاط مجهول

(λ_i) فاصله و خود همبستگی مقدار اندازه‌گیری شده در نقطه A_m

$Z(Si)$: مقادیر اندازه‌گیری شده در نقطه A_m

سپس، با استفاده از نقشه DEM، نقشه‌های ارتفاع، شیب و جهت تهیه شد. نقشه پراکنش دیگر فاکتورهای محیطی به دست آمده از نمونه برداری به روش‌های درونیابی Spline نیز تهیه گردید. در این



کاپا به ۱ نزدیک‌تر باشد نشان دهنده توافق بهتر مدل با مشاهدات زمینی است (luck و همکاران، ۲۰۰۵؛ Liu و همکاران، ۲۰۰۲).

نقشه‌های تولیدی از شاخص آماری کاپا استفاده شد. ضریب کاپا بیانگر میزان توافق مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش‌بینی شده می‌باشد (جدول ۱). مقدار کاپا از ۰ تا ۱ تغییر می‌کند هرچه مقدار

جدول ۱: طبقه‌بندی ضرایب کاپا

طبقه‌بندی ضرایب	دامنه
ضعیف	۰-۰/۴
خوب	۰/۴-۰/۷۵
عالی	۰/۷۵-۱

جزر و مدی می‌باشد. گونه *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 پایین دست 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 پراکنده منظم از دوکفه‌ای جنس *Tellinides sp* به دست آمد که بیش‌ترین فراوانی در ناحیه 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 به دست آمده برای هر کدام از ۴ گروه ماکروبنیتوزی آورده شده است:

$$P(\text{Phyllodocida}): \frac{1}{1 + e^{-(90.709 - 0.770(1) - 0.091(2) - 0.330(3) - 0.016(4) + 0.244(5))}}$$

$$P(\text{Nerita adenensis}): \frac{1}{1 + e^{-(830.613 - 2.473(1) - 26.021(2) - 27.6(3) + 30.372(5) - 0.06(7))}}$$

$$P(\text{Tellina sp}): \frac{1}{1 + e^{-(948.631 - 8.912(1) + 3.086(2) - 27.36(3) + 21.060(5) - 1.331(4))}}$$

$$P(\text{Tornatina persian}): \frac{1}{1 + e^{-(1902.086 + 18.13(1) - 23.434(2) + 31.470(3) - 20.910(5) + 0.36(6))}}$$

۷. باند ۶ ماهواره Landsat ۸

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 آن‌جاکه آماره والد برای عامل جهت در این بررسی برای هیچ کدام از گونه‌ها معنی‌دار نبود، این عامل در معادلات وارد نشد.

۱. درصد سیلت-رس

۲. درصد مواد آلی

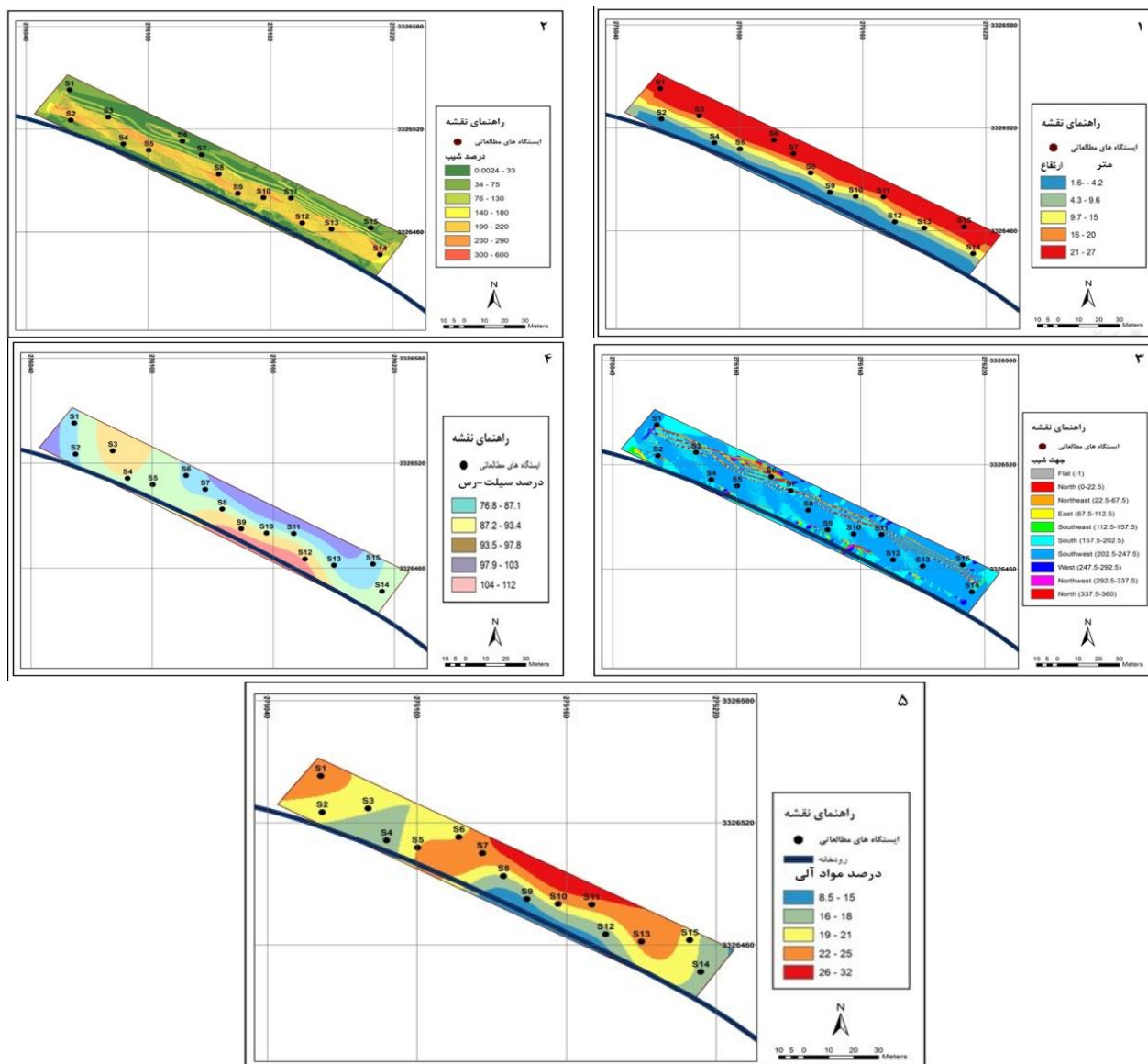
۳. ارتفاع (متر)

۴. شیب (درجه)

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

۶. باند ۱ ماهواره Landsat ۸





شکل ۳: نقشه عوامل محیطی ۱: ارتفاع، ۲: شیب، ۳: جهت شیب، ۴: پراکندگی درصد رسوبات دانه ریز و ۵: درصد مواد آلی

به منظور آزمون نکویی برازش، شاخص‌های آماری Nagelkerke R Square و هوسمر-لمشو در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: آماره‌های مربوط به رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی حضور و عدم حضور گونه‌های ماکروبنیتیک

جدول ۲: آماره‌های مربوط به رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی حضور و عدم حضور گونه‌های ماکروبنیتیک

مقدار HL^*	R^2	نام گونه / جنس / رده
۰/۸۷	۰/۷۲	Phyllodocida
۱	۱	<i>Nerita adenensis</i>
۱	۱	<i>Tellina sp</i>
۱	۱	<i>Tornatina persiana</i>

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

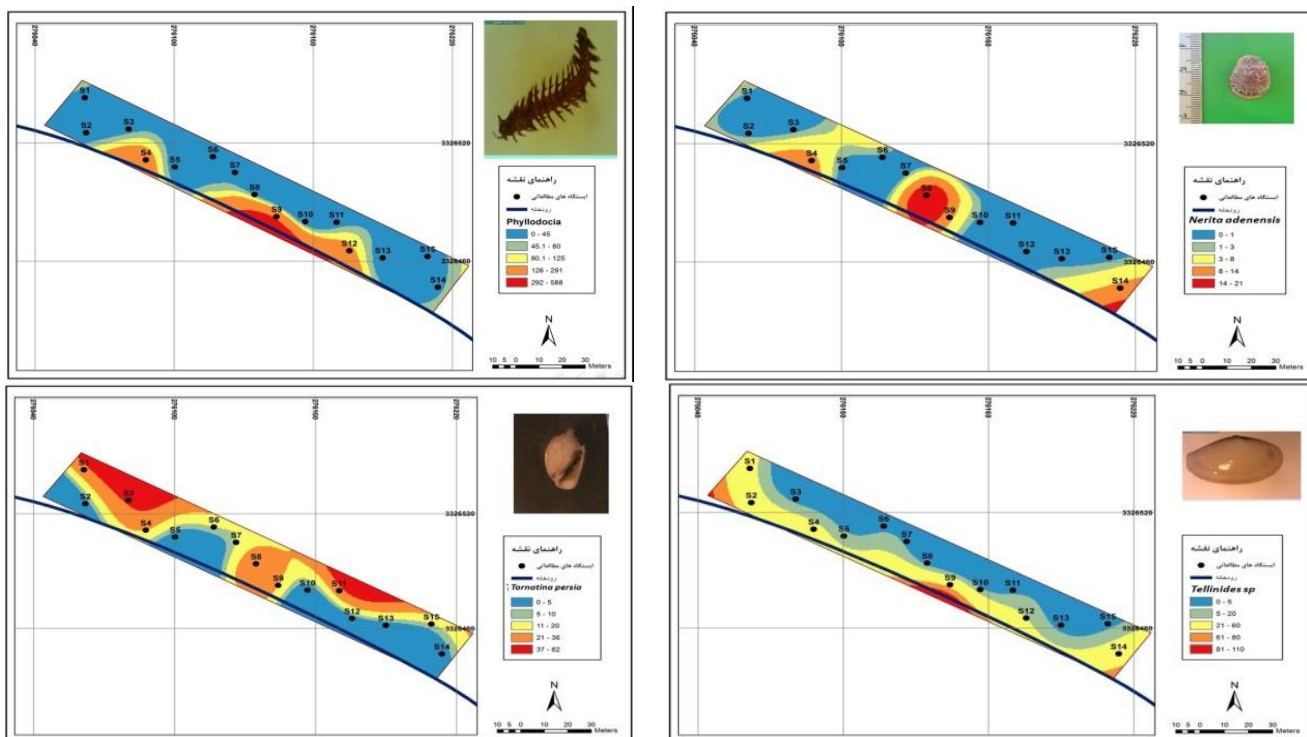


محیطی، نقشه پیش‌بینی حضور و عدم حضور این گونه‌ها مطابق شکل ۴ به‌دست آمد.

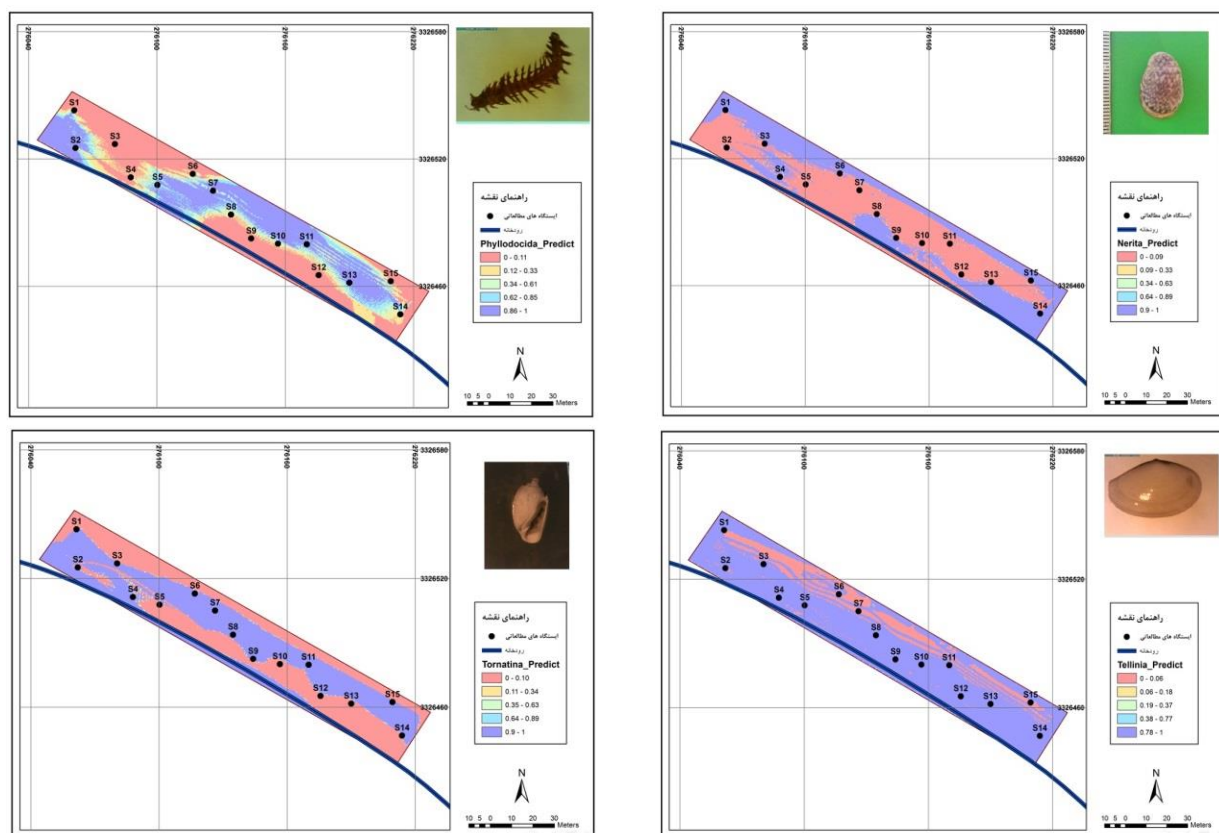
با اعمال معادلات پیش‌بینی رگرسیونی تهیه شده برای ۴ گروه ماکروبنیتیک در محیط GIS براساس ورودی‌های نقشه‌های فاکتورهای

جدول ۳: 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	۰/۳۲	Phyllodocida
خوب	۰/۵۲	<i>Nerita adenensis</i>
خوب	۰/۷۲	<i>Tellina sp</i>
عالی	۰/۷۵	<i>Tornatina persiana</i>



شکل ۴: نقشه پراکنش گونه‌های ماکروبنیتیک



شکل ۴: نقشه پیش‌بینی حضور و عدم حضور گونه‌های ماکروبنطیک

بحث

بنتیک 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 به‌دست آمده در این پژوهش این عامل به‌همراه عوامل درصد رسوبات دانه‌ریز، درصد TOM و ارتفاع از مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار به‌شمار می‌روند. استفاده از اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای و وارد شدن آن‌ها به معادلات پیش‌بینی به‌منظور نقشه‌سازی از زیستگاه‌های موجودات ماکروبنطیک نشان داد می‌توان از این ابزار به‌عنوان منبع اطلاعات بسیاری از متغیرهای محیطی استفاده کرد. هم‌چنان که lee و همکاران (۲۰۱۳) و Choi و همکاران (۲۰۱۱)، از تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات خود بدین منظور استفاده کردند. اگرچه ضرایب پایین به‌دست آمده باندهای ماهواره‌ای در معادلات لجیت در این بررسی متأثر از قدرت تفکیک پایین این نوع تصاویر به نسبت وسعت کم منطقه مورد مطالعه است اما استفاده متناسب از این ابزار می‌تواند منبع بسیار دقیق از اطلاعات متغیرهای محیطی در این‌گونه مطالعات را به‌دست دهد.

این بررسی نشان می‌دهد تغییرات فاکتورهای محیطی بستر ناحیه جزر و مدی از الگوی خاصی برخوردار است. بنابراین هرگونه از موجودات بنتیک بسته به احتیاجات محیطی خاص خود از این تغییرات تبعیت می‌کنند. نتایج حاصل از آزمون همبستگی نشان می‌دهد رابطه معنی‌داری بین عوامل، ارتفاع و فاصله از خط ساحلی low tide و درصد رس و درصد TOM وجود دارد. این امر نشان‌دهنده الگوی نسبتاً منظم تغییرات در عرض منطقه جزر و مدی است. این الگوی تغییرات منظم می‌تواند الگوهای پراکنش و منطقه‌بندی مشخصی از گونه‌های مختلف ماکروبنطوز بسته به نیازهای زیستگاهی هر کدام را القا نماید.

پارامترهای دانه‌بندی رسوبات و درصد مواد آلی به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر انتشار و تنوع گونه‌ای کف‌زیان توسط بسیاری از محققین (Ampiaiw و همکاران، ۲۰۱۴؛ Vanin Pires و همکاران، ۲۰۱۳) 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



۹. 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.
۱۰. 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, surficial geology and sea floor photographs. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 219, pp: 121-137.
۱۱. 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.
۱۲. 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.
۱۳. 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.
۱۴. McCune, B., 2011. Nonparametric multiplicative regression for habitat modeling. Oregon State University, USA. 58 p
۱۵. 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.
۱۶. 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.
۱۷. Simbaura, N., 2004. Bentix Index vs. Biotic Index in monitoring: an answer to. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 48, pp: 403-404.
۱۸. Snelgrove, P. and butman, C., 1994. Animal-sediment relationships revisited: cause versus effect. *Oceanogr Mar Boil Annu rev*, Vol. 32, pp: 111-177.
۱۹. 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.
۲۰. 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 microphyto benthos and environment. *Marine Ecology Progress Series*. 367 p.
۲۱. Walton, S.G., 1974. Hand book of marine science. CRC Press. Cleveland. Vol. 1, pp: 117-126.
۲۲. 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.

نتایج اعتبارسنجی مدل‌های آماری حاصل از رگرسیون لجستیک به‌صورت آماره‌های هوسمر- لمشاو و آماره Nagelkerke R Square بیان شد. آماره هوسمر- لمشاو به‌دست آمده برای سه گونه *Nerita adenensis* و *Tornatina persiana* مقدار (۱) به‌دست آمد که با توجه به جدول ۳ مدل‌های به‌دست آمده برازش قابل قبولی را نشان می‌دهند.

برای تجزیه و تحلیل رابطه‌ی بین حضور و عدم حضور گونه‌ها با عوامل محیطی مدل رگرسیون لجستیک می‌تواند به‌کار رود. در این روش متغیر کیفی حضور یا عدم حضور گونه‌ها به‌عنوان متغیر وابسته انتخاب می‌شود که رابطه آن با متغیرهای محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. از آن‌جاکه شکل این تابع سیگموئیدی بوده و براساس تحقیقات اکثر محققین رابطه بین گونه‌ها با عوامل محیطی به‌صورت غیرخطی و سیگموئیدی یا گوسی است، بنابراین استفاده از این مدل متناسب با این نوع تحقیقات می‌باشد (McCune, ۲۰۱۱).

نتایج به‌دست آمده از این مدل به‌وسیله آزمون آماری کاپا ارزیابی شد. براساس نتایج به‌دست آمده از این آزمون و براساس جدول ۳، مدل ارائه شده برای گونه *Tornatina persiana* عالی، برای دو گونه *Nerita adenensis* و *Tellina sp* خوب و برای پلی‌کت‌ها در این بررسی ضعیف ارزیابی شد.

منابع

۱. 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.
۲. Ampiw, 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.
۳. 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.
۴. 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.
۵. 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.
۶. 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
۷. 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.
۸. Guisan, A. and Zimmermann, N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modeling*. Vol. 135, pp: 147-186.

