

## انتخاب سایت مناسب پرورش میگو با استفاده از رویکرد ارزیابی چند معیاره (مطالعه موردی: ساحل جنوبی بوشهر)

فاضل امیری<sup>۱\*</sup>، عبدالرحمان مرادزاده<sup>۲</sup>، اسماعیل کوه گردی<sup>۱</sup>

\*famiri@iaubushehr.ac.ir

۱- گروه مهندسی، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

۲- گروه شیلات، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۵

تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۶

### چکیده

انتخاب سایت یک عامل کلیدی در هر گونه عملیات آبی پروری است که باعث استفاده پایدار از اراضی می‌شود. هدف تحقیق، مکانیابی مناطق مناسب توسعه پرورش میگو در سواحل جنوبی استان بوشهر با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و ارزیابی چند معیاره با ایجاد پایگاه لایه های اطلاعاتی معیارها و گزینه‌های موثر شامل معیار احداث استخر (شیب، ارتفاع، کاربری اراضی و ضخامت خاک)، کیفیت خاک (نوع، بافت و اسیدیته خاک)، دسترسی به آب دریا (فاصله تا دریا و نوع منبع آبی) و زیر ساخت‌های اقتصادی-اجتماعی (فاصله تا هجری، فاصله تا بازار محلی، فاصله تا جاده و تراکم جمعیت) تهیه شده از تصاویر لندست ۸ در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پردازش گردید. لایه محدودیت نیز از مکان‌هایی که مجاز به آبی پروری نیستند، حذف شد. وزن معیارها و گزینه‌های با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تعیین گردید. تصاویر لندست و ۱۳ لایه موضوعی در محیط ENVI و GIS تجزیه و تحلیل شدند. با تلفیق و همپوشانی لایه های اطلاعاتی، نقشه نهایی مکان های مناسب پرورش میگو در چهار طبقه (بسیار مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب) تهیه گردید. نتایج نشان داد که ۱۸۷۸۱ هکتار (۱۶ درصد) اراضی منطقه در پهنه بسیار مناسب، ۴۶۸۹۹ هکتار (۴۰ درصد) در طبقه مناسب، ۴۷۷۸۴ هکتار (۴۰/۷ درصد) و ۳۸۱۸ هکتار (۳/۳ درصد) از مناطق به ترتیب با ارزیابی میدانی در طبقه نسبتاً مناسب و نامناسب قرار گرفتند. صحت نقشه مکانیابی با استفاده از روش منحنی عامل نسبی (ROC) ارزیابی گردید که نتایج مقدار ROC، ۰/۷۴۹ نشان دهنده صحت مدل ارائه شده می‌باشد. نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر به توسعه مزارع پرورش میگو و تنوع فعالیت‌های اقتصادی در منطقه ساحلی کمک می‌نمایند.

**کلمات کلیدی:** پرورش میگو، مکانیابی، ارزیابی اراضی، مناطق ساحلی، بوشهر

\* نویسنده مسئول

## مقدمه

با توجه به اهمیت اقتصادی و اجتماعی مناطق ساحلی، مدیریت مناسب این مناطق در راستای توسعه پایدار آن اهمیت خاصی دارد. با در نظر گرفتن خصوصیات و ویژگی‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و اقلیمی مناطق ساحلی بوشهر می‌توان کاربری‌های مختلفی را در این مناطق ایجاد کرد. استان بوشهر با داشتن سواحل گسترده از موقعیت مکانی و اقلیمی مناسبی برای پرورش آبزیان برخوردار می‌باشد.

امروزه با پیشرفت روش‌های مکانی و کامپیوتری در مطالعات ارزیابی اراضی و استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی مکانیابی مناطق مستعد آبی‌پروری با صحت و دقت بیشتر نسبت به روش‌های سنتی فراهم شده است (Arnold *et al.*, 2000; Dadhdouh-Guebas *et al.*, 2002; De Groot, 2006; Longdill *et al.*, 2007; Islam *et al.*, 2009). از جمله این مطالعات می‌توان به Kapetsky & Aguilar-Manjarrez (2007) کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در توسعه و مدیریت آبی‌پروری دریایی، Longdill و همکاران (2008) بررسی رسوب زیستگاه‌های مختلف جهت منطقه‌بندی آبی‌پروری، Nath و همکاران (2000) کاربردهای GIS در تصمیم‌گیری‌های مکانی در آبی‌پروری، Perez و همکاران (2005) مکانیابی سایت‌های مناسب پرورش آبزیان در جزایر قناری، دریانبرد و همکاران (1396) جانمایی مکان‌های مناسب برای استقرار قفس‌های پرورش ماهیان در توسعه آبی‌پروری در نوار ساحلی دریای خزر با استفاده از GIS، هادی پور و همکاران (1387) مکان یابی مزارع پرورش میگو با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چند معیاره فازی در استان هرمزگان با در نظر گرفتن معیارهای آب، خاک، وضعیت زیر ساختها و پارامترهای مهندسی و Gupta و همکاران (2001) از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در انتخاب مکان مناسب پرورش آبزیان با در نظر گرفتن معیارهای کاربری اراضی، زهکشی، حمل و نقل، زیستگاهها و جمع‌آوری و تشکیل بانک اطلاعات مهندسی، زیرساختها، اکولوژی، جمعیت‌شناسی و هواشناسی، اشاره نمود. Salam & Ross (2000) و Salam و همکاران (2003) به بررسی مطلوبیت انتخاب محل در جنوب غرب بنگلادش و ارزیابی مکانهای پرورش میگو موجود برای توسعه پرورش میگو با در نظر گرفتن معیارهای خصوصیات فیزیکوشیمیایی

آب، زیرساختهای اقتصادی اجتماعی، ویژگیهای خاک، میزان تولیدات لارو و موانع طبیعی پرداختند. Giap و همکاران (2005) در ویتنام با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و معیارهای ساخت و ساز استخر (شیب، کاربری اراضی و تراکم خاک)، معیارهای خاکشناسی (ذرات، نوع و اسیدیته خاک)، معیارهای کیفیت آب (فاصله تا دریا و منابع آب) و معیارهای اقتصادی اجتماعی (فاصله از جاده، تراکم جمعیت، فاصله از بازار و فاصله از هجری) به ارزشگذاری مناطق پرورش میگو پرداختند. Karthik و همکاران (2005) در هند به بررسی نواحی دارای پتانسیل پرورش میگو پرداختند. در این تحقیق معیارهایی مهندسی، آب، خاک، امکانات زیربنایی و وضعیت اقلیمی در نظر گرفته شدند و لایه‌های وزن دار شده با استفاده از روش ترکیب خطی ترکیب و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه اولویت منطقه تهیه گردید. Rajitha و همکاران (2007) با تهیه لایه معیارهای منابع آبی، کاربری اراضی، زیرساختها، مناطق حفاظت شده، خصوصیات زیست محیطی و منابع آلاینده از تصاویر ماهواره‌ای و پردازش آنها در سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه سایت‌های مناسب پرورش میگو را تعیین کردند. Hossain و همکاران (2009) با تلفیق لایه‌های معیارهای (آب، خاک و زیرساختهای اقتصادی اجتماعی) توسعه مناطق آبی‌پروری شهری را بررسی کردند. نتیجه آنها نشان داد که از سطح منطقه مورد مطالعه به ترتیب 77% مناسب، 10% نسبتاً مناسب و 13% نامناسب برای توسعه است. Hossain & Das (2010) با در نظر گرفتن معیارهای کیفیت آب (دما، اسیدیته آب، اکسیژن محلول، نیتريت، فسفات، ذرات معلق جامد و ذرات معلق محلول)، کیفیت خاک (بافت خاک، شیب، نوع کاربری، نیتريت و فسفات) زیرساختها (فاصله تا جاده، منبع برق، بازار و تولید لارو) در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی به مکانیابی سایت‌های مناسب پرورش میگوی آب شیرین در کامپاجیلا بنگلادش پرداختند. نتیجه این مطالعه نشان داد که 11999 هکتار مناطق بسیار مناسب (52%)، 10219 هکتار مناطق نسبتاً مناسب (45%) و 781 هکتار نامناسب می‌باشد (3%). این تحقیق با هدف مکانیابی مناطق مستعد پرورش میگو در سواحل جنوبی استان بوشهر با در نظر گرفتن معیارهای مکانی موثر بر این نوع کاربری (کاربری اراضی، شیب، ضخامت خاک، ارتفاع، نوع خاک، اسیدیته خاک، بافت خاک، فاصله از

براساس تقسیم بندی فائو (FAO, 1984) در محدوده های بسیار مناسب تا نامناسب تقسیم بندی گردید (جدول ۱). لایه ضخامت خاک از نتایج مطالعات میدانی و آزمایشگاهی و گزارش لایه بندی و مکانیک خاک منطقه تهیه و بر اساس جدول ۱ کلاسه بندی گردید. با توجه به اطلاعات و گزارش های دریافتی از سازمان شیلات و وزارت نیرو، همه منابع آبی از نوع جذر و مدی بوده که امتیاز یکسانی به این لایه ها تعلق گرفت. برای تهیه نقشه فاصله تا دریا ابتدا خط ساحل تهیه و سپس نقشه فاصله از منابع آب تهیه و نقشه حاصل بر اساس جدول ۱ کلاسه بندی گردید. نقشه فاصله از جاده ها از نقشه شیت های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ و به کارگیری توابع تحلیل مکانی در ArcGIS تهیه و سپس با توجه به کلاس های تعریف شده در جدول ۱ طبقه بندی گردید. موقعیت مراکز فروش و عمل آوری در محدوده منطقه با GPS مشخص گردید و نقشه فاصله بر اساس کلاس های جدول ۱ تهیه گردید. لایه تراکم جمعیت با استفاده از مطالعات نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ بر اساس تعداد خانوار و جمعیت تهیه و طبقه بندی گردید. برای تولید لایه های کیفیت خاک از نتایج مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی گزارش لایه بندی و مکانیک خاک منطقه استفاده شد. این اطلاعات به نقشه GIS منتقل و بر اساس جدول ۱ لایه های بافت، اسیدیته و نوع خاک طبقه بندی گردیدند. وزن پارامترها با مقایسه زوجی بین آن ها و استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به دست آمده است (Saaty, 1987). مقایسه زوجی بین پارامترها با توجه به قضاوت کارشناسان و متخصصان صنعت شیلات صورت گرفته و بر اساس آن میزان اهمیت و وزن هر کدام از گزینه ها و معیارها تعیین شد (Malczewski, 1999; Marinoni, 2004; Malczewski, 2006; Hossain et al., 2007). سپس نقشه طبقه بندی شده هر گزینه در وزن آن گزینه ضرب و با جمع نقشه های وزن دهی شده هر گزینه نقشه معیار آن گزینه ها تهیه گردید. در مرحله بعد از حاصل ضرب وزن هر معیار در نقشه آن معیار (نقشه حاصل از ضرب وزن هر گزینه در نقشه آن گزینه و مجموع این نقشه ها) و جمع نقشه معیارهای وزن دهی شده (شکل ۲)، در نهایت درجه شایستگی اراضی با فرمول ۱ محاسبه گردید.

(فرمول ۱)

$$100 \times \frac{(W_1R_1 + W_2R_2 + \dots + W_nR_n)}{n} = \text{امتیاز شایستگی}$$

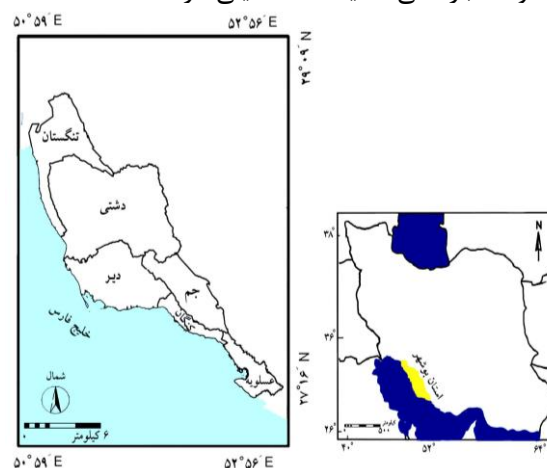
در این رابطه؛

$W_n$ : وزن

دریا، فاصله از منابع آب، فاصله از جاده، تراکم جمعیت، فاصله از بازار، فاصله از محل تهیه لارو میگو) انجام گردید.

## مواد و روش کار

منطقه مورد مطالعه در موقعیت جغرافیائی ۲۷°۱۶' تا ۲۹°۰۹' طول شرقی و ۵۰°۵۹' تا ۵۲°۵۶' عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). میانگین دمای سالیانه منطقه ۲۵/۷ درجه سانتی گراد، میانگین رطوبت نسبی ۶۸ درصد و متوسط بارندگی سالیانه ۲۲۰ میلی متر است.



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه.

Figure 1: Location of the study area.

لایه های اطلاعاتی مورد استفاده در این تحقیق شامل ۴ معیار و ۱۳ گزینه از تصاویر سنجنده OLI (سال ۲۰۱۵)، تصاویر تهیه شده از Google Earth، نقشه های رقومی ۱:۲۵۰۰۰، داده های آماری حاصل از گزارش های منتشر شده و داده های میدانی برداشت شده با موقعیت یاب جهانی (GPS) تهیه گردید. نقشه نهایی مکان های مناسب پرورش میگو از تلفیق نقشه معیارها و گزینه های؛ معیار احداث استخر (کاربری اراضی، شیب، مدل رقوم ارتفاعی و ضخامت خاک)، دسترسی به منبع آب (فاصله تا دریا و نوع منبع آب)، زیر ساخت های اقتصادی-اجتماعی (فاصله تا جاده، فاصله تا بازارهای محلی، فاصله تا مراکز تکثیر و تراکم جمعیت) و کیفیت خاک (نوع، اسیدیته و بافت خاک) تهیه گردید (شکل ۲). نقشه کاربری اراضی از تصویر ماهواره لندست ۸ با ترکیب رنگی ۷۴۲ (سال ۲۰۱۵) در چهار طبقه کشاورزی، جنگل، مرتع، شوره زار و مناطق مسکونی تهیه و با توجه به جدول ۱ کلاسه بندی گردید. نقشه مدل رقوم ارتفاعی و شیب از شیت های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری با استفاده از توابع تحلیل مکانی در ArcGIS تهیه گردید و

رتبه هر معیار (عظیمی حسینی و همکاران، ۱۳۹۲).  
 مراحل انجام تحقیق در شکل ۲ و طبقات امتیاز نقشه  
 نهایی شایستگی در جدول ۲ ارائه شده است. در این  
 جدول هر چه امتیاز شایستگی بیشتر باشد نشان دهنده  
 پتانسیل بالای منطقه برای پرورش میگو می باشد (قدسی  
 پور، ۱۳۹۲).

جدول ۱: طبقات کاربری اراضی پرورش میگو و میزان مطلوب آن‌ها (FAO, 1984)

Table 1: Land use requirement, land characteristics and suitability levels for shrimp farming (FAO, 1984)

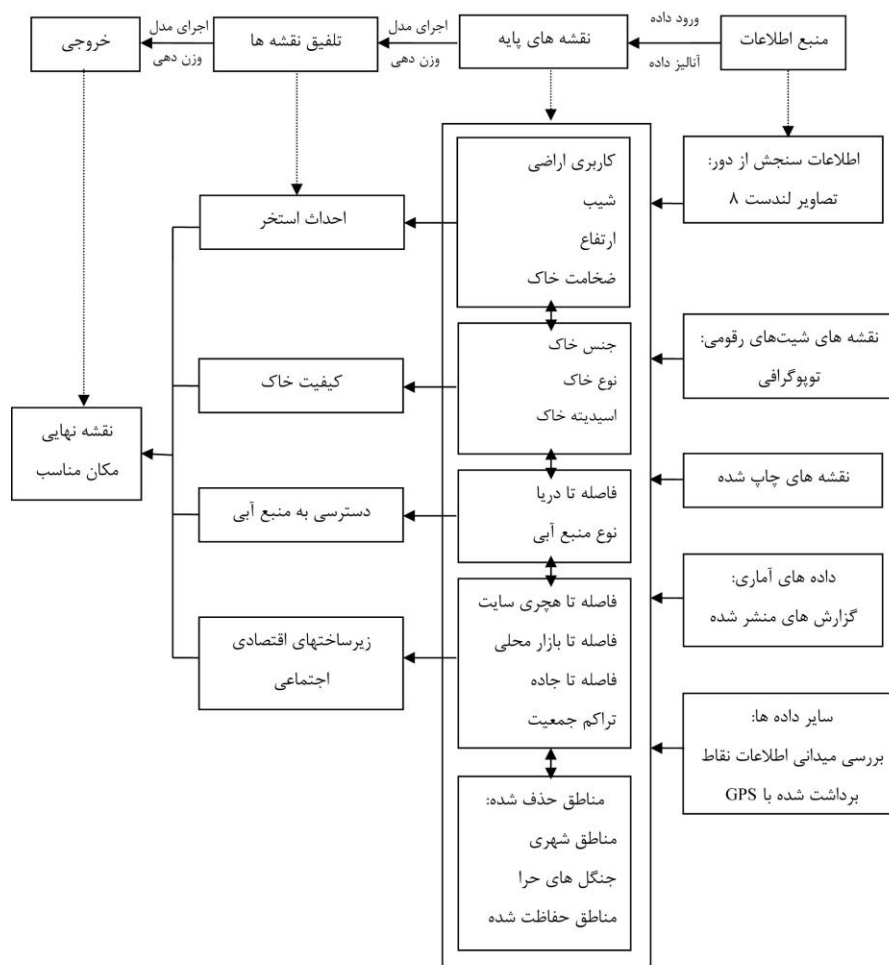
میزان مطلوبیت و امتیاز				طبقات کاربری اراضی بر اساس طبقه بندی FAO
نامناسب <sup>d</sup>	تا حدودی مناسب <sup>c</sup>	مناسب <sup>b</sup>	بسیار مناسب <sup>a</sup>	
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	
مناسب برای احداث استخر				
جنگل های حرا و پوشش درختی و باغی	زمینهای کشاورزی	مرتعی، نمک زار	آبزی پروری	کاربری اراضی
۱۰ <	۵ <	۲-۵	۲ >	شیب
-	۰/۵ >	۰/۵-۱	۱ <	ضخامت خاک (متر)
<۱ یا >۵	>۴-۵	۱-۲ یا ۲/۵-۴	۲-۲/۵	ارتفاع (متر)
کیفیت خاک				
Haplic calcisols	Gleyic solonchaks, gleyic arenosols	Eutric fluvisols	Gley fluvisols	نوع خاک
<۴ یا >۸	۴-۵ یا ۷-۸	۵-۶	۶-۷	خاک pH
-	<۱۸	۱۸-۳۵	>۳۵	بافت خاک (درصد رس)
دسترسی به منابع آبی				
>۳	۲-۳	۱-۲	<۱	فاصله تا دریا (کیلومتر)
-	باران	دریا	جریان جذر و مدی	نوع منابع آبی
زیرساخت های اقتصادی و اجتماعی				
>۲	۱-۲	۰/۵-۱	<۰/۵	فاصله تا جاده (کیلومتر)
>۲۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	<۵۰۰	تراکم جمعیت (نفر در کیلومتر مربع)
-	>۴	<۱ یا ۲-۴	۱-۲	فاصله تا بازار محلی (کیلومتر)
-	>۸	۴-۸	<۴	فاصله تا مراکز تکثیر (کیلومتر)

<sup>a</sup> بسیار مناسب با کمترین زمان و سرمایه گذاری امکان توسعه پرورش میگو در این مناطق وجود دارد.  
<sup>b</sup> مناسب، مناطقی هستند که برای توسعه پرورش میگو نیاز به سرمایه گذاری و زمان متوسط است.  
<sup>c</sup> مناطقی که تا حدودی مناسب است و قبل از شروع پرورش میگو نیاز به عملیات آماده سازی است.  
<sup>d</sup> مناطق نامناسب، این مناطق برای پرورش میگو صرفه اقتصادی ندارد و هزینه و زمان آماده سازی این مناطق بالاست. مناطق شهری، و صنعتی، جنگل های حرا و مناطق حفاظت شده از مناطقی نامناسب هستند که قابلیت پرورش میگو را ندارند (لایه محدودیت) که در ارزیابی حذف می گردند.

جدول ۲: امتیاز نهایی طبقات شایستگی اراضی برای پرورش میگو.

Table 2: Overall suitability rating scores for shrimp farming.

درصد امتیاز	طبقات شایستگی
۸۰-۱۰۰	بسیار مناسب
۶۰-۸۰	مناسب
۴۰-۶۰	نسبتاً مناسب
۰-۴۰	نامناسب



شکل ۲: مراحل تهیه و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در ارزیابی اراضی جهت پرورش میگو.

Figure 2: Schematic model and integration of data layers in land evaluation for shrimp culture.

n: تعداد سناریوها

### نتایج

نتایج طبقات کاربری اراضی نشان داد که مناطق آبی پروری (۹۶۶ هکتار، ۰/۸٪) و ۶۱۹۵۶ هکتار (۵۲/۸٪) از اراضی مرتعی و نمک زار مناسب آبی‌پروری است که این مناطق مناسب در حوالی چاه تلخ، دلوار، جائینک، باشی، بوالخیر، لاور ساحلی، کبگان، اولی جنوبی، سیخی و بیدخون قرار دارند. زمین‌های کشاورزی (۱۴۳۴۶ هکتار، ۱۲/۲٪)، ۱۹۶۷۶ هکتار از اراضی تحت پوشش درختی و باغی (۱۶/۸٪)، و ۲۰۳۳۸ هکتار (۱۷/۳٪) از اراضی مناطق شهری، جنگل های حرا و مناطق حفاظت شده در محدوده مناطقی قرار گرفت که قابلیت پرورش میگو را ندارند که این مناطق در ارزیابی حذف گردیدند (جدول ۳ و شکل ۳). مناطقی با شایستگی بسیار مناسب به لحاظ معیار احداث استخر در امتداد خط ساحل با درصد شیب

### صحت نقشه تولیدی با مدل منحنی عامل نسبی

**Relative operating characteristic (ROC):** صحت نقشه نهایی مکان‌های مناسب پرورش میگو با استفاده از روش منحنی عامل نسبی ارزیابی گردید. راک، یک عامل نسبی است که موقعیت وقوع یک کلاس در مقایسه با نقشه واقعیت زمینی به روش بولین نشان داده می‌شود و درست نمایی آن کلاس را مشخص می‌کند. در این روش سطح زیر منحنی نموداری است که محور عمودی آن درصد مثبت واقعی و محور افقی آن درصد مثبت کاذب را نشان می‌دهد که در این روش میزان صحت از فرمول ۲ (Kungvankij et al., 1988) تعیین می‌گردد.

(فرمول ۲)

$$ROC = \sum_{i=1}^n [xi + 1 - xi] \left[ yi + yi + 1 - \frac{yi}{2} \right]$$

در این رابطه؛

$X_i$ : میزان مثبت کاذب برای سناریو  $i$

$Y_i$ : میزان مثبت واقعی برای سناریوی  $i$  و

ساحلی دریا (۱۱۷۲۸۲ هکتار) که تحت پوشش جزر و مد آب دریا است، مناسب پرورش میگو است. حدود ۵۰/۵ درصد از منطقه جذر و مدی و در دسترس منابع آب، مناسب پرورش میگو است. نتایج طبقات فاصله تا دریا نشان داد که مناطق نزدیک به ساحل از چاه تلخ، دلوار، رستمی، بوالخیر، عامری، خورشهاب، لاورساحلی، زیرود، بردخون کهنه، دیر کنگان، طاهری، عسلویه پارک ملی دریایی نایبند در محدوده بسیار مناسب و مناسب قرار گرفتند. نوع منبع آبی با توجه نوع منبع آب در کل سواحل جنوبی استان بوشهر از نوع جزر و مدی می باشد لذا این گزینه در تلفیق لایه‌ها یکسان و امتیاز بسیار مناسب برای این لایه در نظر گرفته شد (شکل ۳). مهم-ترین عامل محدودکننده شایستگی در معیار اقتصادی-اجتماعی عامل فاصله تا مراکز تکثیر می باشد. لذا توسعه مراکز تکثیر موجب افزایش قابل ملاحظه پتانسیل منطقه برای پرورش میگو می شود (شکل ۳).

کمتر از ۲ درصد و ارتفاع ۲-۲/۵ متر قرار دارند. این مناطق در اراضی با کاربری آبی پروری، مرتعی و نمک زار واقع شده اند. نتایج کلاس بندی شیب نشان می دهد که اکثر مناطق در محدوده شیب بسیار مناسب قرار دارند. طبقات ضخامت خاک نشان داد که حوالی قلعه میان، برکه چوپان، سیخی و اختر در کلاس نامناسب قرار گرفتند. طبقات ارتفاع نشان داد که مناطق نسبتاً مناسب در حوالی بردخون و بیدخون قرار دارند و سایر مناطق در کلاس نامناسب قرار دارند (جدول ۳). مناطقی که در اراضی کشاورزی، پوشش درختی و باغی واقع شده اند، از نظر معیار احداث استخر در طبقه شایستگی نسبتاً مناسب و نامناسب قرار گرفتند. ۵۵/۹ درصد از اراضی منطقه واقع در سطوح آبی پروری، مراتع و نمک زارهای ساحلی به لحاظ کیفیت خاک در طبقه شایستگی بسیار مناسب قرار گرفتند (جدول ۳ و شکل ۳). اراضی که در فاصله بسیار کم از دریا قرار گرفته اند (فاصله کمتر از ۱ کیلومتر) ۲۵/۱ درصد از سطح منطقه را شامل می شوند. خط

جدول ۳: مساحت و درصد مساحت طبقات شایستگی کاربری اراضی پرورش میگو و میزان مطلوب آن‌ها

Table 3: Areas (ha) and different suitability levels (%) of land for shrimp farming in the study area

معیار	بسیار مناسب		مناسب		نسبتاً مناسب		نامناسب		محدودیت	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
احداث استخر کاربری اراضی شیب ضخامت خاک ارتفاع تلفیق گزینه‌ها	۹۶۶	۰/۸	۶۱۹۵۶	۵۲/۸	۱۴۳۴۶	۱۲/۲	۱۳۶۳۶	۱۶/۸	۲۰۳۳۸	۱۷/۳
کیفیت خاک	۶۱۵۰۷	۵۲/۴	۱۳۵۲۴	۱۱/۵	۸۳۵۰	۷/۱	۳۳۹۰۱	۲۸/۹	۰	۰
نوع خاک pH بافت خاک تلفیق گزینه‌ها	۶۹۱۰۸	۵۸/۹	۶۱۲۳	۵/۲	۳۶۴۵۳	۳۱/۱	۵۵۹۸	۴/۸	۰	۰
	۵۹۸۳	۵/۱	۴۵۰۱	۳/۸	۸۳۳۲	۷/۱	۹۸۴۶۶	۸۴	۰	۰
	۵۶۸۱	۴/۸	۴۰۳۷۸	۳۴/۴	۴۳۶۸۴	۳۷/۲	۷۲۰۱	۶/۱	۲۰۳۳۸	۱۷/۳
	۱۷۱۰	۱/۵	۰	۰	۶۳۶۶۱	۵۴/۳	۵۱۹۱۱	۴۴/۳	۰	۰
	۱۱۴۸۲۲	۹۷/۹	۰	۰	۰	۰	۲۴۶۰	۲/۱	۰	۰
	۶۳۷۳۸	۵۴/۳	۱۱۰۳۷	۹/۴	۴۲۰۳۷	۳۵/۸	۴۷۰	۰/۴	۰	۰
	۲۹۹۲	۲/۶	۶۲۵۵۴	۵۳/۳	۹۳۲۷	۸	۴۲۴۰۹	۳۶/۲	۲۰۳۳۸	۱۷/۳

ادامه جدول ۳:									
دسترسی									
به منابع									
آبی									
فاصله تا دریا									
نوع									
منابع									
آبی									
تلفیق									
گزینه‌ها									
۰	۰	۲۴/۵	۲۸۷۲۰	۲۵	۲۹۳۷۵	۲۵/۴	۲۹۸۰۳	۲۵/۱	۲۹۳۸۴
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۱۷۲۸۲
۱۷/۳	۲۰۳۳۸	۲۴/۵	۲۸۷۲۰	۲۵	۲۹۳۷۵	۲۵/۴	۲۹۸۰۳	۲۵/۱	۲۹۳۸۴
اقتصادی									
و									
اجتماعی									
فاصله تا جاده									
تراکم جمعیت									
فاصله تا بازار محلی									
فاصله تا مراکز تکتیر (هچری)									
تلفیق									
گزینه‌ها									
۰	۰	۹/۴	۱۰۹۷۵	۳۹/۳	۴۶۱۰۱	۲/۶	۳۰۶۱	۴۸/۷	۵۷۱۴۵
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۱۷۲۸۲
۰	۰	۰	۰	۴۴	۵۱۵۹۱	۳۳/۱	۳۸۷۹۹	۲۲/۹	۲۶۸۹۲
۰	۰	۵۳/۵	۶۲۷۹۳	۳۴/۵	۴۰۴۵۱	۴/۵	۵۲۷۸	۷/۵	۸۷۶۰
۱۷/۳	۲۰۳۳۸	۱۸/۲	۲۱۳۱۷	۲۷	۳۱۶۶۳	۱۵/۴	۱۸۰۷۷	۲۲/۱	۲۵۸۸۷

درجه اهمیت ۰/۶۲ از بین گزینه‌های معیار اقلیم، فاصله تا هچری با درجه اهمیت ۰/۵۷ بیشترین اهمیت را در بین گزینه‌ها در معیارهای موثر در مکانیابی داشتند. مقایسه زوجی معیارها نشان داد که احداث استخر و معیار اقتصادی-اجتماعی به ترتیب بیشترین و کمترین اهمیت را در بین معیارهای موثر در مکانیابی پرورش میگو در منطقه مورد مطالعه دارند (جدول ۴).

نتایج مقایسه زوجی معیارها و گزینه‌های موثر در انتخاب سایت‌های مناسب پرورش میگو توسط تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که معیار احداث استخر در نرخ ناسازگاری ۰/۰۲، گزینه کاربری اراضی با ۰/۵۳ و شیب ۰/۰۸ به ترتیب بیشترین و کمترین درجه اهمیت را داشتند. فاصله تا دریا با درجه اهمیت ۰/۸ بیشترین اهمیت را در معیار دسترسی به منابع آب، بافت خاک با

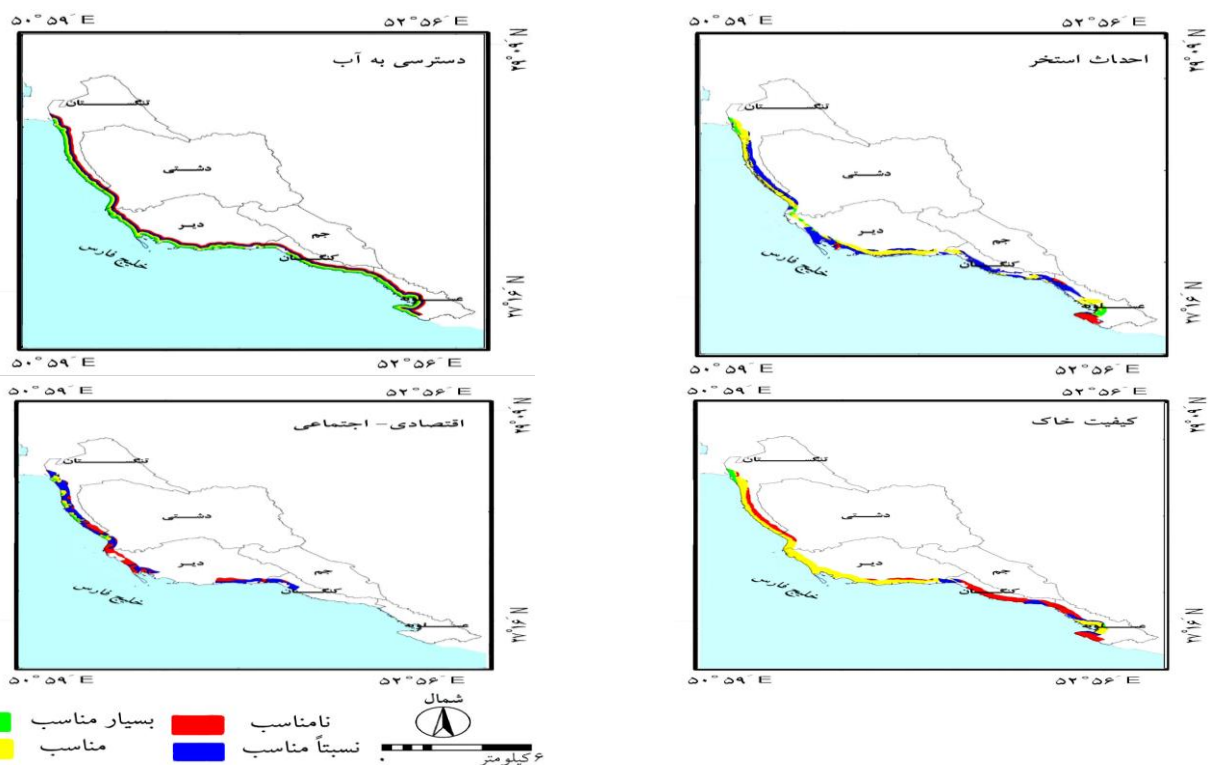
جدول ۴: نتایج ماتریس مقایسه زوجی و وزن گزینه‌ها و معیارهای مکان‌یابی استخر پرورش میگو.

Table 4: A pair-wise comparison matrix for assessing the relative importance of land characteristic factors for each land use requirement.

معیارها/گزینه‌ها	گزینه‌ها				وزن
احداث استخر	شیب	ضخامت خاک	ارتفاع	کاربری اراضی	-
شیب	۱	۰/۵۰	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۰۸
ضخامت خاک	۲	۱	۴	۰/۲۰	۰/۲۵
ارتفاع	۳	۰/۲۵	۱	۲	۰/۱۴

ادامه جدول ۳:

کاربری اراضی CR=۰/۰۲	۴	۵	۰/۵۰	۱	۰/۵۳
دسترسی به منبع آب	منبع آب		فاصله تا دریا		وزن
منبع آب	۱		۰/۲۵		۰/۲۰
فاصله تا دریا	۴		۱		۰/۸۰
CR=۰/۰۰					
کیفیت خاک	نوع خاک	اسیدیته خاک	بافت خاک		وزن
نوع خاک	۱	۰/۵۰	۰/۲۵		۰/۱۴
اسیدیته خاک	۱	۱	۰/۳۳		۰/۲۴
بافت خاک	۳	۲	۱		۰/۶۲
CR=۰/۰۲					
اقتصادی-اجتماعی	فاصله تا جاده	تراکم جمعیت	فاصله تا بازار محلی	فاصله تا هجری سایت	وزن
فاصله تا جاده	۱	۲	۱	۰/۲۵	۰/۱۵
تراکم جمعیت	۰/۵۰	۱	۱	۰/۲۵	۰/۱۴
فاصله تا بازار محلی	۱	۲	۱	۰/۲۵	۰/۱۴
فاصله تا هجری سایت	۱	۲	۲	۱	۰/۵۷
CR=۰/۰۳					
احداث استخر	احداث استخر	اقتصادی-اجتماعی	دسترسی به آب	کیفیت خاک	وزن
اقتصادی-اجتماعی	۱	۴	۱	۲	۰/۵۴
دسترسی به آب	۱	۱	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۰۵
کیفیت خاک	۲	۲	۱	۲	۰/۱۵
CR=۰/۰۹	۰/۵۰	۱	۱	۱	۰/۲۶



شکل ۳: نقشه شایستگی معیارهای مؤثر در پرورش میگو.

Figure 3: Suitability maps of different land use requirements for shrimp farming.



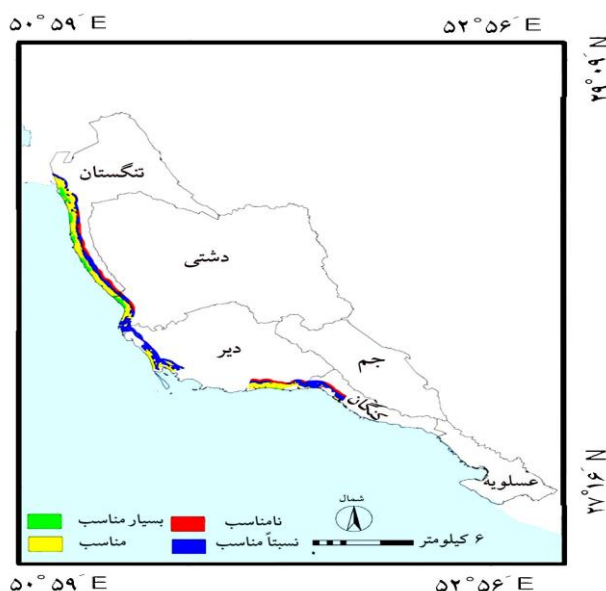
نشان می دهند که مناطقی از تنگستان، دشتی و دیر در کلاس مناسب و بسیار مناسب قرار گرفتند. در جدول ۵ مساحت و درصد شایستگی مکان‌های مناسب برای مزارع پرورش میگو مشخص شده است.

نقشه نهایی تلفیق معیارها: طبقه‌بندی مناطق مساعد پس از تلفیق لایه‌های وزن دهی شده احداث استخر، دسترسی به منبع آب، کیفیت خاک و زیرساختهای اقتصادی اجتماعی نقشه مکانهای مناسب مزارع پرورش میگو بدست آمد که در شکل ۴ آورده شده است. نتایج

جدول ۵: مساحت (هکتار) و درصد شایستگی (%) مناطق مساعد برای پرورش میگو.

Table 5: Areas (ha) and different suitability levels (%) of land for shrimp farming.

شایستگی	بسیار مناسب	مناسب	نسبتاً مناسب	نامناسب	دارای محدودیت
مساحت	۱۸۷۸۱	۴۶۸۹۹	۴۷۷۸۴	۳۸۱۸	۲۰۳۳۸
درصد	۱۶/۰	۴۰/۰	۴۰/۷	۳/۳	۱۷/۳



شکل ۴: نقشه نهایی مکان‌های مناسب پرورش میگو سواحل جنوبی استان بوشهر.

Figure 4: Overall potential land suitability map for shrimp farming in the southern coast of Bushehr.

مند غربی در موقعیت جغرافیایی  $51^{\circ}20'$  طول شرقی و  $28^{\circ}50'$  عرض شمالی، واقع شده است. نزدیک‌ترین روستای شمال شرقی سایت، روستای زیارت ساحلی به فاصله ۷ کیلومتر است. نزدیک‌ترین روستا تا جنوب شرقی سایت، روستای بردخون به فاصله ۱۰ کیلومتر است. فاصله سایت مند غربی تا بندر بوشهر ۱۰۵ کیلومتر است. سایت بردستان در موقعیت جغرافیایی  $52^{\circ}00'$  طول شرقی و  $52^{\circ}51'$  عرض شمالی، واقع شده است. نزدیک‌ترین روستا تا شمال غربی سایت، روستای بردستان به فاصله ۲ کیلومتر و نزدیک‌ترین روستا تا شمال شرقی سایت، روستای بنک به فاصله ۲ کیلومتر است. همچنین فاصله سایت بردستان تا بندر بوشهر ۱۹۵ کیلومتر است.

ارزیابی صحت نقشه مکانیابی: جهت تعیین صحت نقشه‌های تولید شده از منحنی ROC استفاده گردید. نتایج نشان داد که صحت نقشه نهایی مکانیابی  $0/749$  می‌باشد. نتایج میزان مطلوبیت مجتمع‌های در حال بهره برداری سواحل جنوبی استان بوشهر در جدول ۶ آورده شده است. سایت دلووار ۱۴ و ۱۸ در موقعیت جغرافیایی  $51^{\circ}03'$  طول شرقی و  $28^{\circ}46'$  عرض شمالی، واقع شده است. نزدیک‌ترین شهر تا شمال شرق سایت، شهر دلووار به فاصله ۱ کیلومتر و نزدیک‌ترین روستا تا شرق سایت، فاصله سایت دلووار ۱۴ و ۱۸ تا بندر بوشهر ۳۵ کیلومتر است. سایت مند شرقی در موقعیت جغرافیایی  $51^{\circ}20'$  طول شرقی و  $28^{\circ}10'$  عرض شمالی، واقع شده است. فاصله این سایت تا بندر بوشهر ۱۹۰ کیلومتر است. سایت

جدول ۶: نتایج صحت شایستگی اراضی سایت‌های پرورش میگو با روش منحنی عامل نسبی.

Table 6: Results of the accuracy of the land suitability of shrimp sites by relative operating characteristic.

مطلوبیت	بسیار مناسب		مناسب		نسبتاً مناسب		نامناسب	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
دلوار ۱۴	۲۷۰/۷۲	۹۰/۲۰	۲۹/۲۵	۹/۸۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
دلوار ۱۸	۴۲۱/۹۲	۸۲/۱۰	۳۰/۰۶	۱۷/۹۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
مندشرقی	۰/۰۰	۰/۰۰	۶۳/۷۲	۷۸/۶۰	۲۱/۴۰	۱۷/۳۷	۰/۰۰	۰/۰۰
مندغربی	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۲۳/۸۴	۳۰/۸۰	۶۹/۲۰	۲۷۷/۹۲	۰/۰۰	۰/۰۰
بردستان	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۳/۵۶	۱۶/۳۰	۸۳/۷۰	۲۲۲/۵۷	۰/۰۰	۰/۰۰

## بحث

در مکانیابی سایت‌های مناسب پرورش میگو باید توجه نمود که در هر منطقه‌ای با توجه به شرایط معیارهای ساخت و ساز استخر (شیب، ارتفاع، کاربری اراضی و ضخامت خاک)، معیارهای کیفیت (بافت، نوع و اسیدیته خاک)، معیارهای دسترسی به منبع آب (فاصله تا دریا و نوع منابع آب) و معیارهای زیرساخت‌های اقتصادی اجتماعی (فاصله از جاده، تراکم جمعیت، فاصله از بازار محلی و فاصله از هجری)، عوامل مؤثر بر انتخاب مکان متفاوت خواهند بود (Alonso-Pérez *et al.*, 2003).

هدف از این مطالعه، شناخت عوامل تأثیرگذار بر مکانیابی و تعیین میزان محدودیتی که ایجاد می‌کنند از موارد مهم در ارزشگذاری مناطق پرورش میگو است. در مناطق ساحلی که دارای شیب ملایم به طرف دریا می‌باشند، ایجاد استخرها با سرمایه‌گذاری کمتر و سهولت بیشتری انجام می‌شود. وضعیت توپوگرافی باید به نحوی باشد که میزان خاکبرداری به حداقل رسیده و تامین ثقلی آب مورد نیاز کانال‌های انتقال و توزیع آب به سهولت انجام شود (امیری و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین تخلیه ثقلی استخرها به منظور خشک کردن، حذف رسوبات و ضدعفونی اراضی امکانپذیر باشد (Karthik *et al.*, 2005). جهت انتخاب و ساخت استخرهای مناسب پرورش میگو وضعیت توپوگرافی دارای اهمیت است. مناطق کم ارتفاع دارای مشکل تخلیه و زهکشی آب در دوره جزر هستند و در مناطق بسیار مرتفع نیز عملیات خاکبرداری مشکل می‌باشد (Chen & Ramos, 1989).

در تعیین مناطق مناسب آبی پروری بررسی وضعیت کاربری موجود اهمیت زیادی دارد و بایستی کاربری‌هایی را به این فعالیت اختصاص داد که برای این فعالیت مناسب بوده و همچنین به لحاظ اقتصادی ارزش کمی را دارا باشند. بدین منظور مراتع فقیر، اراضی بایر و شوره زارها در اولویت قرار دارند (هادی پور و همکاران، ۱۳۸۷؛

در Hossain *et al.*, 2010; Hossain *et al.*, 2009).

مورد اراضی کشاورزی در صورتی که بازده اقتصادی فعلی آنها مناسب نبوده و در صورت تبدیل به مزارع میگو بازده اقتصادی بهبود یابد، می‌توان این اراضی را به مزارع پرورش میگو تبدیل نمود (Chen & Ramos, 1989). Giap و همکاران (۲۰۰۵)، Hossain و همکاران (۲۰۰۹) و (۲۰۱۰) بیان داشتند که توسعه سایت‌های پرورش میگو در مناطق تپه‌ای، اراضی جنگلی شامل جنگ‌های حرا، مناطق شهری و اراضی مسکونی و شهری مناسب نمی‌باشد. مزارع پرورش میگو بایستی در نزدیکی دریا و یا منبع آبی دیگر قرار داشته باشد تا آبیگری با سهولت و هزینه کم انجام شود. منبع تأمین آب باید دارای شرایطی باشد که در صورت عدم تأمین این شرایط، میگوی پرورشی دچار کاهش رشد و در صورت تداوم دچار تلفات می‌شود. مکان‌های انتخاب شده برای مزارع میگو باید در فاصله مناسبی از منابع آب قرار داشته باشند (جلالی جعفری و برزگر دولت‌آبادی، ۱۳۸۲). در مطالعاتی که به منظور تعیین مکان مناسب پرورش میگو، توسط Giap و همکاران (۲۰۰۵) صورت گرفت، گزینه‌های بافت، نوع و اسیدیته خاک گزینه‌های معیار کیفیت خاک را تشکیل می‌دادند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکها تأثیر قابل ملاحظه‌ای در انتخاب مکان‌های مناسب پرورش میگو دارند. این عامل با توجه به خاکی بودن دیواره استخرها در هزینه‌های پروژه نقش زیادی دارد. خاک‌هایی که قابلیت تراکم خوب، مقاومت برشی بالا و نفوذ پذیری کم داشته باشند از شرایط مطلوبی برای خاکریزی برخوردارند. با توجه به اینکه دیواره‌های استخر از خاکبرداری زمین‌تأمین می‌شود، بافت خاک تا عمق یک متر مد نظر می‌باشد. خاک مورد استفاده برای احداث استخرها باید دارای رس کافی باشد تا خاکریزهای ساخته شده توانایی نگه‌داری آب را داشته و نفوذ آب به حداقل برسد. برای ساخت استخرها پرورش میگو نباید از خاک‌های شنی

## منابع

امیری، ف.، طباطبایی، ط. و فقیه، ح.، ۱۳۹۵. تعیین اراضی مناسب پرورش میگو به منظور استفاده از منابع آب شور در محیط‌های خشک و بیابانی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و ارزیابی چند معیاره مکانی، ۶: ۶۸-۵۵.

جلالی جعفری، ب. و برزگر دولت‌آبادی، م.، ۱۳۸۷. مدیریت بهداشتی پرورش میگو. انتشارات نوربخش. ۲۵۶ صفحه.

حکمت شعار، م.، درخشان، ر.ب.، اصغری، ا.ر.، آقا احمدی، ا.، عسگری، ص. و معدنی، و.، ۱۳۸۹. زمینه‌های سرمایه‌گذاری آبی‌پروری (پرورش میگو). معاونت آبی‌پروری سازمان شیلات ایران. ۲۸ صفحه. دریانبرد، غ.ر.، فارابی، و.، فضلی، ح.، متین فر، ع. و غرا، ک.، ۱۳۹۶. جانمایی مکان‌های مناسب برای استقرار قفس‌های پرورش ماهیان در آب‌های ایرانی دریای خزر، مجله علمی شیلات ایران، ۲۶(۳): ۱۶۹-۱۵۹.

DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113557

راسخی، ص.، ۱۳۷۴. بیماری‌های میگوی خانواده پنائیده. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان شیلات ایران. ۵۴ صفحه.

عظیمی حسینی، م.، نظری فر، م. ه. و مومنی، ر.، ۱۳۹۲. کاربرد GIS در مکان‌یابی. انتشارات مهرگان قلم. ۳۰۴ صفحه.

قدسی پور، ح.، ۱۳۹۲. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. ۲۲۴ صفحه.

هادی پور، ا.ب.، وفایی، ف. و احمدی، س.، ۱۳۸۷. مکانیابی مزارع پرورش میگو با استفاده از GIS و تصمیم‌گیری چند معیاره فازی. هشتمین کنفرانس بین‌المللی سواحل، بندر و سازه‌های دریایی، سازمان بندر و کشتیرانی، تهران، ۶-۴ آذرماه. ۱۳۸۷.

Alonso-Pérez, F., Ruiz-Luna, A., Turner, J., Berlanga-Robles, C.A. and Mitchelson-Jacob, G.. 2003. Land cover changes and impact of shrimp aquaculture on the landscape in the Ceuta coastal lagoon system, Sinaloa, Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 46(6-7): 583-600. Doi: 10.1016/S0964-5691(03)00036-X

استفاده نمود چرا که تخلخل شن، نفوذ مواد دفعی به عمق خاک را تسهیل نموده و مشکلات زیادی ایجاد خواهد نمود (Chen & Ramos, 1989). بالا بودن اسیدیته خاک از حد مطلوب آن نیز باعث بروز بیماری‌هایی نظیر سندرم مزمن نرمی پوسته خواهد شد. نمونه‌های خاک باید ترجیحاً تا عمق نیم متری مورد آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی قرار گرفته و متغیرهایی مانند اسیدیته، مواد آلی، میزان باروری و ترکیب فیزیکی آن تعیین گردد. وجود گل رس یا شن و رس در کف استخر باعث رشد و تولید بیشتر میکروارگانیسم‌های غذایی گردیده که افزایش مصرف اکسیژن محلول آب را در بر دارد. به علاوه استفاده از خاک‌های متشکل از گیاهان تجزیه نشده در رسوبات باعث کاهش اکسیژن محلول و افزایش مواد آلی می‌شوند، که برای ساخت خاکریز مناسب نمی‌باشند (راسخی، ۱۳۷۴).

گزینه‌های زیرساخت اقتصادی اجتماعی در این مطالعه شامل فاصله تا هجری، فاصله تا جاده، فاصله تا بازار محلی و تراکم جمعیت معیار زیرساخت‌های اقتصادی اجتماعی است. نزدیکی مزارع میگو به مراکز تکثیر نیز دارای اهمیت است. در صورتیکه مزرعه در فاصله زیادی از مراکز تکثیر واقع شده باشد، حمل و نقل لارو‌ها در فاصله طولانی تری انجام شده و موجب ایجاد استرس به لارو می‌گردد. این امر علاوه بر تحمیل هزینه مضاعف، تلفات قبل و بعد از ذخیره‌سازی را افزایش می‌دهد (حکمت شعار و همکاران، ۱۳۸۹). با توجه به نتایج بدست آمده از گزینه فاصله تا هجری عامل محدود کننده در این گزینه تعداد کم هجری سایت‌های سواحل جنوبی استان بوشهر می‌باشد که با توسعه تعداد هجری سایت‌های استان مکان‌های مناسب پرورش میگو توسعه می‌یابد. مزارع پرورشی میگو بایستی در نزدیکی راه‌های اصلی و فرعی و خطوط انتقال نیرو و همچنین فاصله مناسب از مراکز شهری و استانی واقع شوند. دسترسی به مزارع از طریق جاده زمینی و یا راه آبی اهمیت زیادی دارد. نزدیکی به جاده، حمل و نقل مواد اولیه مورد نیاز و همچنین محصولات و فرآورده‌ها، دسترسی به آب شیرین و مراکز شهری و خدماتی را تسهیل می‌کند. حمل محصول میگو به بازار و کارخانه عمل‌آوری نباید بیش از ۱ ساعت طول بکشد تا به این ترتیب علاوه بر کاهش هزینه‌های بالاسری، کیفیت میگوها در بالاترین حد ممکن حفظ شود.

- Arnold, W.S., White, M.W., Norris, H.A. and Berrigan, M.E., 2000.** Hard clam (*Mercenaria* spp.) aquaculture in Florida, USA: geographic information system applications to lease site selection. *Aquacultural Engineering*, 23(1-3): 203-231. Doi: 10.1016/S0144-8609(00)00042-X
- Chen, K.J. and Ramos, S.L., 1989.** Prawn farming: hatchery and grow-out operations. West Point Aquaculture Corporation. metro manila Philippines, 186P.
- Dahdouh-Guebas, F., Zetterström, T., Rönnbäck, P., Troell, M., Wickramasinghe, A. and Koedam, N., 2002.** Recent changes in land-use in the Pambala-Chilaw lagoon complex (Sri Lanka) investigated using remote sensing and GIS: conservation of mangroves vs. development of shrimp farming. *Environment, Development and Sustainability*, 4(2): 185-200. Doi: 10.1023/A:1020854413866
- De Groot, R., 2006.** Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landscape and urban planning*, 75(3): 175-186. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2005.02.016
- FAO. 1984.** Aquaculture development and coordination programme, Inland Aquaculture Engineering (trans: Department FaA). Lectures presented at the ADCP Inter-regional Training Course, Budapest, 220P.
- Giap, D.H., Yi, Y. and Yakupitiyage, A., 2005.** GIS for land evaluation for shrimp farming in Haiphong of Vietnam. *Ocean & Coastal Management*, 48(1):51-63. (doi: 10.1016/j.ocecoaman.2004.11.003)
- Gupta, M.C., Krishnarajan, V.P. and Nayak, S., 2001.** Brackish water aquaculture site selection in coastal track of kannanore (Kerala) using remote sensing and GIS techniques. *Journal Indian Society Remote Sensing*, 29(1-2): 79-83. Doi: 10.1007/BF02989917
- Hossain, M.S., Chowdhury, S.R., Das, N.G. and Rahaman, M.M., 2007.** Multi-criteria evaluation approach to GIS-based land-suitability classification for tilapia farming in Bangladesh. *Aquaculture International*, 15(6): 425-443. Doi: 10.1007/s10499-007-9109-y)
- Hossain, M.S., Chowdhury, S.R., Das, N.G., Sharifuzzaman, S.M. and Sultana, A., 2009.** Integration of GIS and multicriteria decision analysis for urban aquaculture development in Bangladesh. *Landscape and Urban Planning*, 90(3-4): 119-133. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2008.10.020
- Hossain, M.S. and Das, N.G., 2010.** GIS-based multi-criteria evaluation to land suitability modelling for giant prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming in Companigonj Upazila of Noakhali, Bangladesh. *Computers and Electronics in Agriculture*, 70(1): 172-186. Doi: 10.1016/j.compag.2009.10.003
- Islam, M.M., Ahmed, M.K., Shahid, M.A., Hoque, S. and Islam, D., 2009.** Determination of land cover changes and suitable shrimp farming area using remote sensing and GIS in Southwestern Bangladesh. *International Journal of Ecology & Development*, 12(W09): 28-41.
- Kapetsky, J.M. and Aguilar-Manjarrez, J., 2007.** Geographic Information Systems, remote sensing and mapping for the development and management of marine

- aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 125P.
- Karthik, M., Suri, J., Saharan, N. and Biradar, R.S., 2005.** Brackish water aquaculture site selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India, using the techniques of remote sensing and geographical information system. *Aquacultural Engineering*, 32(2): 285-302. Doi: 10.1016/j.aquaeng.2004.05.009
- Kungvankij, P., Chua, T.E., Pudadera, Jr.B., Corre, K., Borlongan, E., Tiro, Jr.L., Potestas, I. and Talean, G., 1988.** Shrimp culture: pond design, operation and management, 76P.
- Longdill, P.C., Healy, T.R. and Black, K.P., 2008.** An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection. *Ocean & Coastal Management*, 51(8): 612-624. Doi: 10.1016/j.ocecoaman.2008.06.010
- Longdill, P.C., Healy, T.R., Black, K.P. and Mead, S.T., 2007.** Integrated sediment habitat mapping for aquaculture zoning. *Journal of Coastal Research*, 50: 173-179.
- Malczewski, J., 2006.** GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7): 703-726. Doi: 10.1080/13658810600661508
- Malczewski, J., 1999.** GIS and multicriteria decision analysis. illustrated edn. John Wiley & Sons, 392P.
- Marinoni, O., 2004.** Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. *Computers & Geosciences*, 30(6): 637-646. Doi:10.1016/j.cageo.2004.03.010
- Nath, S.S., Bolte, J.P., Ross, L.G. and Aguilar-Manjarrez, J., 2000.** Applications of geographical information systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 23(1): 233-278. Doi:10.1016/S0144-8609(00)00051-0
- Perez, O.M., Telfer, T.C. and Ross, L.G., 2005.** Geographical information systems-based models for offshore floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands. *Aquaculture Research*, 36(10): 946-961. Doi:10.1111/j.1365-2109.2005.01282.x
- Rajitha, K., Mukherjee, C.K. and Vinu Chandran, R., 2007.** Applications of remote sensing and GIS for sustainable management of shrimp culture in India. *Aquacultural Engineering*, 36(1): 1-17. Doi:10.1016/j.aquaeng.2006.05.003
- Saaty, R.W., 1987.** The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3-5): 161-176. Doi:10.1016/0270-0255(87)90473-8
- Salam, M.A. and Ross, L.G., 2000.** Optimising site selection for development of shrimp (*Penaeus monodon*) and mud crab (*Scylla serrata*) culture in South-western Bangladesh. Paper presented at the 14 rd annual conference on geographic information systems, Proceedings of the GIS, March 2000, Toronto, Canada. Santos, 2000.
- Salam, M.A., Ross, L.G. and Beveridge, C.M., 2003.** A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in southwestern Bangladesh, using GIS modelling. *Aquaculture*, 220(1): 477-494. Doi:10.1016/S0044-8486(02)00619-1

## Suitable site selection of shrimp farming using Multi-criteria evaluation approach (Case study: Southern coast of Bushehr)

Amiri F.<sup>1\*</sup>; Moradzadeh A.R.<sup>2</sup>; Kouhgardi E.<sup>1</sup>

\*famiri@iaubushehr.ac.ir

1- Department of Engineering, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran

2- Department of Fisheries, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran

### Abstract

Site selection is a key factor in any aquaculture operation which makes land use sustainable. This study was conducted to identify the appropriate sites for development of shrimp culture in the southern cost of Bushehr Province using geographical information systems (GIS) and Multi Criteria Evaluation (MCE) by creating a database of information layers, criterias and effective alternatives including pond construction (slope, elevation, land use types and soil thickness), soil quality (type, texture and pH of soil), sea water availability (distance to sea and type of water source), and social and economic infrastructure (population density and distance to roads, local markets, and hatcheries) were obtained from the Landsat 8 satellite images and processed in GIS environment. The constraint layer was excluded from the areas that were not allowed to implement shrimp farming. An Analytical hierarchy model was developed to identify and prioritize the most suitable areas for shrimp farming. The Landsat images and 13 thematic layers were analyzed using ENVI and GIS. By consolidating and overlaying the data layers, the final map of the appropriate places for shrimp farming was prepared and classified the area of study in four various zones (most suitable, suitable, moderately suitable and not suitable). The study revealed that 18781 ha (16%) was categorized in the most suitable group, 46899 ha (40%) was suitable, 47784 ha (40.7%) was moderately suitable and 3818 ha (3.3%) was not suitable. These results were consistent with field verification. The map accuracy was evaluated by the method of Relative Operating Characteristic (ROC). The result of ROC (0.749) indicated the validity of the presented model. The results of the present study can help to develop shrimp farms and increase diversity of the economic activities in the coastal zone.

**Keywords:** Shrimp farming, Site selection, Land evaluation, Coastal area, Bushehr

\*Corresponding author