مجله علوم و فنون شیلات
دوره ۱۰ شماره ۴، پاییز ۱۴۰۰، صفحات ۴۹۵ تا ۵۱۰

ارزیابی مزارع موجود آبزی‌پروری دریایی استان مازندران بر مبنای معیارهای مکانی

الهام حق‌شناس[۱]، مهدی غلامعلی‌فرد [۱*]، نعمت الله محمودی[۲]

۱- گروه محیطزیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

چکـــــیده

با توجه به افزایش جمعیت جهانی تقاضا برای مصرف آبزیان در جهان رو به افزایش است، بنابراین بهره‌گیری از روش‌های نوین مانند آبزی‌پروری دریایی می‌تواند منبع مطمئنی برای تهیه و تأمین آبزیان در جهان باشد. هدف از مطالعه‌ی حاضر آنالیز و تحلیل مکانی مزارع آبزی‌پروری دریایی موجود در سواحل استان مازندران می‌باشد. در این مطالعه، سه دسته معیار (کیفیت آب، اقتصادی- اجتماعی و فیزیکی- محیطی) برای آنالیز و تحلیل مکانی مزارع آبزی‌پروری موجود در سواحل مازندران در نظر گرفته شد که از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، بر اساس تعریف قانون تصمیم بهره‌گیری شده است و در پایان به تحلیل مزارع آبزی‌پروری موجود (۹ مزرعه) با استفاده تابع Extract پرداخته می‌شود. نتایج نشان می‌دهد، موقعیت مزارع حاضر می‌تواند به مناطق مطلوب‌تر با ریسک کمتر انتقال یابد. از بین مزارع موجود، مزرعه‌ی ۱ و ۲ واقع در سواحل جویبار و بابلسر، دارای مناسبترین وضعیت و بالاترین مقدار مطلوبی ت می‌باشند. همچنین نتایج وزن‌دهی بین سه گروه پارامترهای کیفیت آب، فیزیکی و اجتماعی-اقتصادی نشان می‌دهد؛ گروه کیفیت آب با توجه به اهمیت معیارهای دما، کدورت و کلروفیل در آبزی‌پروری دریایی دارای وزن بیشتر نسبت به سایر گروه‌ها می‌باشد (۰/۴۰۳۴) و سپس به گروه فاکتورهای فیزیکی (۰/۳۸۰۸) نسبت به فاکتورهای اجتماعی (۰/۲۱۶۸) وزن بیشتری داده شده است. یافته‌های این تحقیق، توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی و نیز تصاویر ماهواره‌ای را در ارزیابی و مکانیابی آبزی‌پروری دریایی نشان می‌دهد.

کـــلید واژه‌ها: آبزی‌پروری دریایی، تحلیل مکانی از سیستم اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، سواحل مازندران

نوع مقـاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۸

تاریخ چاپ الکترونیکی: ۱۴۰۰/۰۹/۳۰

***نویسنده مسول:**
m.gholamalifard@modares.ac.ir

مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت جهانی تقاضا برای مصرف آبزیان در جهان رو به افزایش است و صید جهانی آبزیان به حدی رسیده که دیگر نمی‌توان به شیوه‌های کنونی، ذخایر دریاها را بیش از این برای تأمین غذا تحت فشار قرار داد. بنابراین بهره‌گیری از روش‌های نوین مانند آبزی‌پروری دریایی می‌تواند منبع مطمئنی برای تهیه و تأمین آبزیان و جایگزینی مناسبی برای روش‌های سنتی نظیر صید و ماهیگیری در جهان باشد [۲،۱].

بر اساس گزارش منتشر شده فائو (FAO) در سال ۲۰۱۸، تولید آبزیان از دو منبع «صید» و «آبزی‌پروری» تأمین می‌شود که در هفت دهه اخیر به‌صورت مستمر افزایش داشته و از حدود ۲۰ میلیون تن در اوایل دهه ۱۹۵۰ میلادی، به مرز ۱۷۰ میلیون تن در سال ۲۰۱۶ رسیده است که سهم تولیدات به روش صید معادل ۹۳/۴ میلیون تن و سهم آبزی‌پروری ۷۶/۶ میلیون تن می‌باشد. همچنین سرانه جهانی مصرف آبزیان از مقدار ۹/۹ کیلوگرم در دهه ۱۹۶۰، به بیش از ۲۰ کیلوگرم در سال ۲۰۱۶ رسیده است [۳]. این میزان در ایران و اغلب کشورهای خاورمیانه، آفریقا و آمریکای جنوبی کمتر از ۱۰ کیلوگرم در سال می‌باشد، در صورتی که کشورهای صنعتی دارای مصرفی معادل ۲۷/۴ کیلوگرم در سال هستند. در ایران بر اساس آخرین آمار تا پایان سال ۱۳۹۸میزان تولیدات آبزی پروری ۵۲۶ هزار تُن معادل ۴۱ درصد و ۷۵۹ هزار تُن معادل ۵۹ درصد از طریق صید و صیادی از مجموع کل یک میلیون و ۲۸۵هزار تُن انواع ماهی، میگو و سایر آبزیان در کل کشور به ویژه در استان‌های ساحلی بوده است. این در حالی است که ایران از ظرفیت‌های مناسبی جهت رشد و توسعه‌ی آبزی‌پروری دریایی برخوردار است که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به وجود سواحل گسترده با پتانسیل مناسب در شمال و جنوب کشور اشاره کرد. از طرفی پرورش ماهی در آب‌های شیرین داخلی کشور نیز دارای محدودیت بوده است چرا که ایران با متوسط بارندگی حدود ۲۴۰ میلی‌متر در سال، جزء کشورهای خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌گردد [۳، ۴].

آبزی‌پروری دریایی اگرچه دارای مزایا بسیار است ولی از طرف دیگر نیز دارای اثرات منفی محیطزیستی مخرب مانند کاهش کیفیت اکوسیستم‌های آبی و نیز تخریب ذخایر طبیعی خواهد بود [۵] بنابراین با توجه به این محدودیت‌ها، برنامه‌ریزی دقیق و انتخاب مکان مناسب آبزی‌پروری در مرحله‌ی اول به منظور آبزی‌پروری پایدار راه حل مناسبی خواهد بود [۶]. مکان‌یابی مناسب مزارع پروش آبزیان می‌تواند هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه برای ساخت مزارع و هزینه‌های بهره‌برداری را کاهش داده و همچنین آلودگی‌های محیطزیستی ناشی از مزارع را به حداقل رسانده و موجبات رشد وضعیت اقتصادی- اجتماعی را فراهم سازد [۷]. به همین منظور استفاده از ابزارها و مدل‌های مکانی مناسب به منظور انتخاب مکان مناسب جهت آبزی‌پروری دریایی امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

سواحل دریای خزر با ۸۷۳ کیلومتر و استان مازندران با ۴۸۷ کیلومتر طول نوار ساحلی جهت سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری‌های صنعت آبزی‌پروری مورد توجه سازمان شیلات ایران همچنین بخش خصوصی می‌باشد. در ایران، چند مطالعه (در قالب طرح‌های کلان ملی شیلاتی) در زمینه توان تولید و امکان سنجی آبزی‌پروری دریایی در خزر جنوبی انجام شده است که از مهمترین آن‌ها می‌توان به مطالعات شرکت Refa (نروژ در سال ۱۳۸۳ و شرکت جهاد تحقیقات آب و انرژی در سال ۱۳۹۴) اشاره کرد که بر اساس نتایج آن اعلام گردیده است بخش مرکزی این سواحل (استان مازندران) از نظر توپوگرافی بستر و عمق از مطلوبیت بیشتری برخوردار است. علاوه بر این، در مطالعه انجام شده توسط شرکت جهاد تحقیقات آب و انرژی نشان داده شده است که مناطقی که عمق ۳۰ تا ۵۰ متر و در فاصله ۵ تا ۷/۴ کیلومتری از ساحل قرار دارند، مناسب‌ترین مناطق به جهت آبزی‌پروری بوده و اولویت اول توسعه آبزی‌پروری است [۸].

در همین راستا، هم‌اکنون ۹ مزرعه پرورش ماهی (۷۲ قفس) در مناطق جویبار(۱)، بابلسر(۱)، نوشهر(۲)، تنکابن (۴)، رامسر(۱) در سواحل این استان در عمق ۲۰-۳۰ متر به منظور پرورش ماهیان سردآبی (قزل‌آلای رنگین‌کمان) و گرم‌آبی (خاویاری و کپور دریایی) درحال بهره‌برداری است که در حال حاضر در اکثر این مزارع قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchs mykiss*) پرورش داده می‌شود [۸].

با توجه به گستردگی عوامل محیطزیستی و اکولوژیکی تأثیرگذار بر خزر جنوبی، به نظر می‌رسد در مطالعات اخیر به‌دلیل درنظرگرفتن تعداد محدودی از فاکتورها و مشاهدات کم مکانی و زمانی و همچنین استفاده از روش‌های ساده تحلیلی، ارزیابی مطلوبی از مکان‌های پرورش صورت نگرفته است. در نتیجه لازم است ابتدا کلیه فاکتورهای تاثیرگذار در نظر گرفته شود و سپس با استفاده از مدل‌های مکانی به تعیین سایت‌های مناسب پرداخته شود.

از تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی مکان‌یابی آبزی‌پروری دریایی می‌توان به مطالعات صورت گرفته توسط پریز [۹، ۱۰] و همکاران در سواحل جزیره‌ی Tenerife (یکی از مجموعه جزایر قناری در اسلند)، با استفاده از ابزار GIS و تشکیل پایگاه مکانی از متغیرهای مؤثر کیفیت آب به تعیین مکان مناسب جهت پرورش ماهی باس و سی‌باس در قفس‌های دریایی پرداخته اند. نتایج آنالیز حساسیت در این پروژه بیانگر آن بود که دو

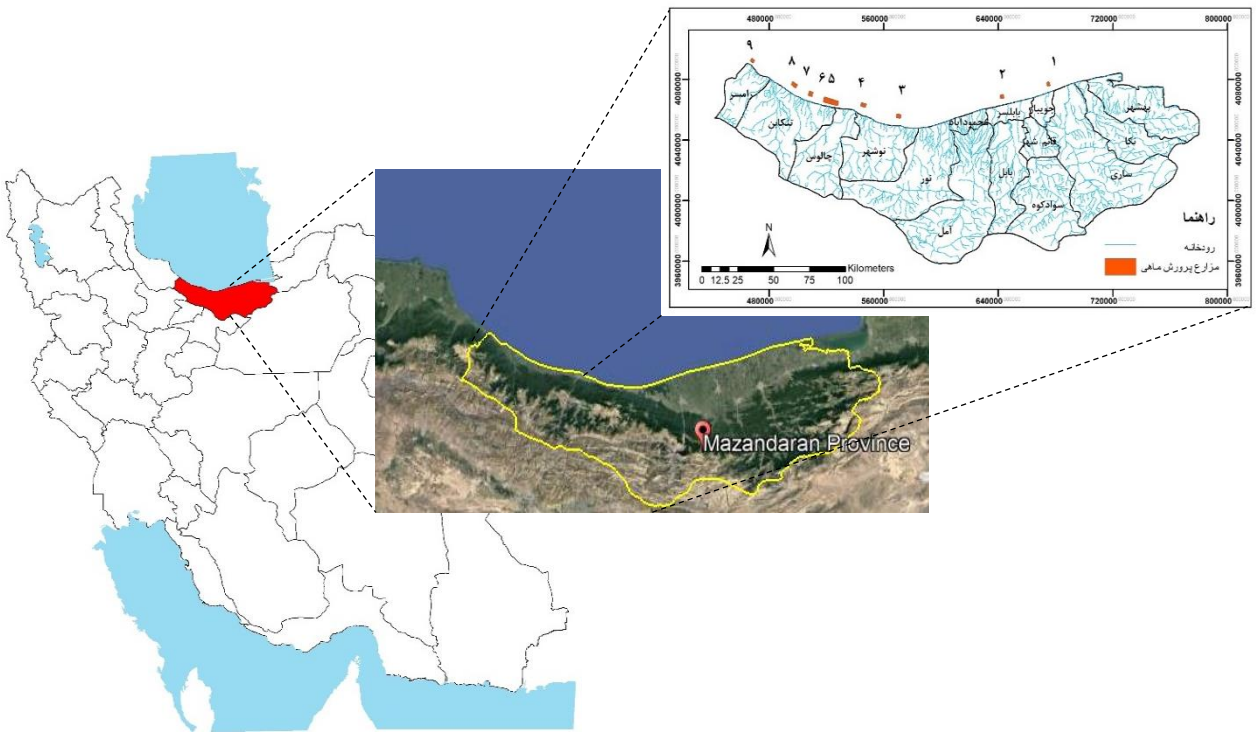
متغیر دما و شفافیت آب مؤثرترین عوامل در این مکان‌یابی هستند رادیارتا [۷، ۱۱] و همکاران با هدف تعیین مناطق مناسب جهت پرورش گوش‌ماهی در خلیج Funka در ژاپن انجام گرفت. این مطالعه در محیط GIS با استفاده از مدل ارزیابی چند متغیره (MCE) و رویه ترکیب خطی وزنی (WLC) انجام شده است و در پایان خروجی نهایی به منظور تایید نتایج حاصل از مدل با منطقه مورد مطالعه مقایسه شدند. فالکونر [۱۲] و همکاران در جزایر واقع در سواحل شمال غربی اسکاتلند که در این مطالعه فقط متغیرهای فیزیکی- محیطی (عمق، جنس بستر، ارتفاع موج، سرعت جریان آب) به منظور طراحی مهندسی نوع قفس با توجه به محدودیت‌ها و شرایط محیطی در نظر گرفته شده‌اند که ابزار مورد استفاده GIS و روش مورد استفاده WLC بوده است. داپتو [۵] و همکاران در مناطق دور از ساحل در دریایی Ligurian ایتالیا، میکل [۲] و همکاران در مجمع‌الجزایر Azores (اطلس شمالی) و فالکونر [۱۵] و همکاران که به تعیین مناطق مناسب آبزی‌پروری در آب شیرین دلتای Mekong در جنوب بریتانیا اشاره کرد. همچنین مطالعات انجام شده در این زمینه در داخل کشور، به غیر از دو مطالعه ذکر شده می‌توان به پژوهش انجام شده توسط هادی پور [۱۴] در منطقه ساحلی هرمزگان اشاره کرد. این مطالعه با در نظرگرفتن معیارهایی مانند پارامترهای آب و خاک، امکانات زیربنایی و وضعیت اقلیمی مناطق مناسب به منظور پرورش میگو در ساحل را شناسایی کردند که روش مورد استفاده در این تحقیق روش ترکیب خطی وزنی (WLC) است که نتایج حاصل نشان داد که مناطق بخش شرقی از مطلوبیت بیشتری به این منظور برخوردار است.

در مطالعه حاضر، سه دسته معیار (کیفیت آب، اقتصادی- اجتماعی و فیزیکی- محیطی) برای انتخاب محل مناسب به منظور آبزی‌پروری دریایی در نظر گرفته شد. در ادامه با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System - GIS) و بر اساس تعریف قانون تصمیم [۱۶] به تحلیل مزارع آبزی‌پروری موجود (۹ مزرعه) پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه سواحل استان مازندران می‌باشد که بین ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی واقع شده است. طول نوار ساحلی دریای خزر ۸۷۳ کیلومتر (استان مازندران با ۴۸۷ کیلومتر) بدون هیچ خلیج و یا دماغه‌ای که برای قفس‌های پرورش پناهگاه تلقی شود. شکل ۱ سواحل استان مازندران و نیز موقعیت مزارع موجود آبزی‌پروری دریایی در این استان را نشان می‌دهد. به منظور سهولت در بررسی و آنالیز نتایج در منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های Index سازمان نقشه برداری کشور استفاده می‌شود.



شکل ۱. موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه همراه با موقعیت مزارع آبزی‌پروری موجود

تشکیل پایگاه داده‌های مکانی

در این مرحله بر اساس مطالعات گذشته و بررسی‌های مختلف، داده‌های مورد نیاز برای مکان‌یابی آبزی‌پروری دریایی شناسایی و در قالب ۱۸ پارامتر (۱۴ فاکتور و ۴ محدودیت) و در سه گروه اصلی به شرح زیر تعیین گردید (جدول ۱).

جدول ۱. داده‌های مکانی مورد استفاده در تحقیق

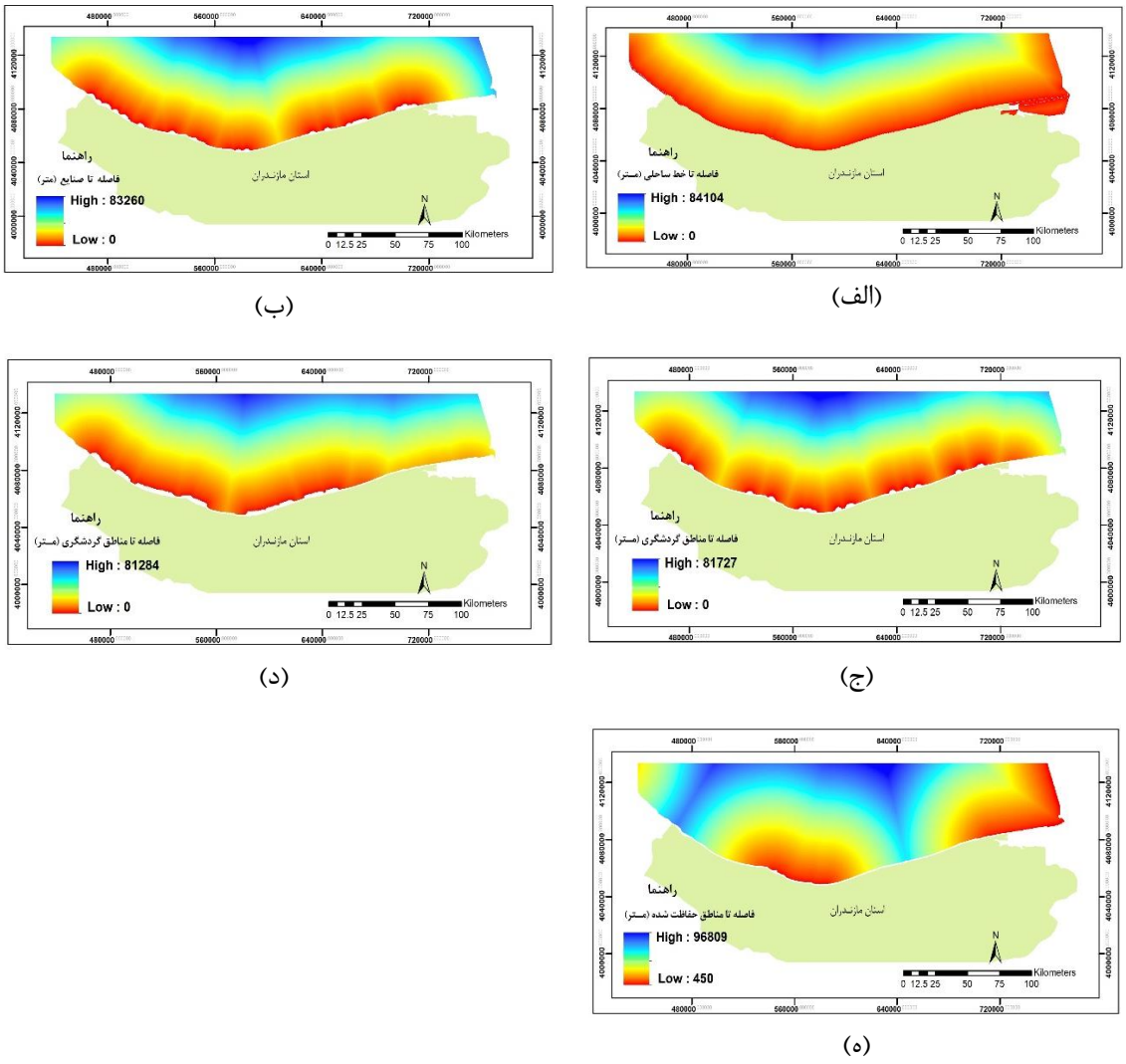
گروه	نام معیار	مقیاس	منبع تهیه
معیارهای کیفیت آب (Water Quality)	دما (حداکثر و حداقل)	رزولیشن: ۴ km	ماهواره‌ی MODIS، سنجنده Aqua، آدرس سایت: http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/
	کدورت	رزولیشن: ۴ km	
	کلروفیل- آ	رزولیشن: ۴ km	
معیارهای فیزیکی و محیطی (Physical-Enviremental)	عمق	۱:۲۵۰۰۰	سازمان نقشه‌برداری
	حداکثر ارتفاع موج	۱:۲۵۰۰۰	سازمان بنادر و دریانوردی (مدل‌سازی امواج دریای‌های ایران (ISWM)
	حداکثر سرعت باد	۱:۲۵۰۰۰	
	شیب بستر	۱:۲۵۰۰۰	(عمق/ فاصله از ساحل) * ۱۰۰
	سرعت جریان	رزولیشن: ۳ km	مدل HYCOM، (Kara و همکاران،۲۰۱۰)
معیارهای اقتصادی و اجتماعی (Social-Economic)	فاصله تا مناطق گردشگری	۱:۲۵۰۰۰	سازمان نقشه برداری کشور سازمان جغرافیایی وزارت دفاع سازمان حفاظت محیطزیست Google Earth 7.1.5.1557
	فاصله تا صنایع	۱:۲۵۰۰۰	
	فاصله تا ساحل	۱:۲۵۰۰۰	
	فاصله تا شهر	۱:۲۵۰۰۰	
	فاصله تا مناطق حفاظت شده ساحلی	۱:۲۵۰۰۰	
محدودیت‌ها (Constrain)	محدوده‌ی بنادر	۱:۲۵۰۰۰	
	دهانه رودخانه‌های اصلی	۱:۲۵۰۰۰	
	فاصله از خط ساحلی	۱:۲۵۰۰۰	
	عمق ۲۰ تا ۵۰ متر	۱:۲۵۰۰۰	

پیش‌پردازش لایه‌های اطلاعاتی

در این مرحله عملیات پیش پردازش روی داده‌ها در محیط ترست (Terrset) نسخه‌ی ۱۸/۱۱ انجام گردید. تمامی لایه‌ها به صورت رستری و با مختصات (WGS-1984-UTM-Zone-39N) و اندازه پیکسل ۳۰ متر در محدوده‌ی سواحل استان مازندران تهیه شدند تا در مراحل بعدی به منظور مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گیرند. پیش‌پردازش داده‌ها که شامل زمین مرجع‌سازی (Geometric Correction and Geocoding)، ایجاد حریم (Buffer)، نقشه فاصله (Distance) و تهیه نقشه میانگین، ماکزیمم و مینیمم از سری تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ می‌باشد.

پیش‌پردازش معیارهای اقتصادی-اجتماعی

معیارهای در نظر گرفته شده در این گروه شامل: فاصله تا خط ساحلی، فاصله تا مراکز صنعتی، فاصله تا مناطق گردشگری، فاصله تا شهر و فاصله تا مناطق حفاظت شده می‌باشد که با استفاده از توابع فاصله پردازش شده است (شکل ۲).

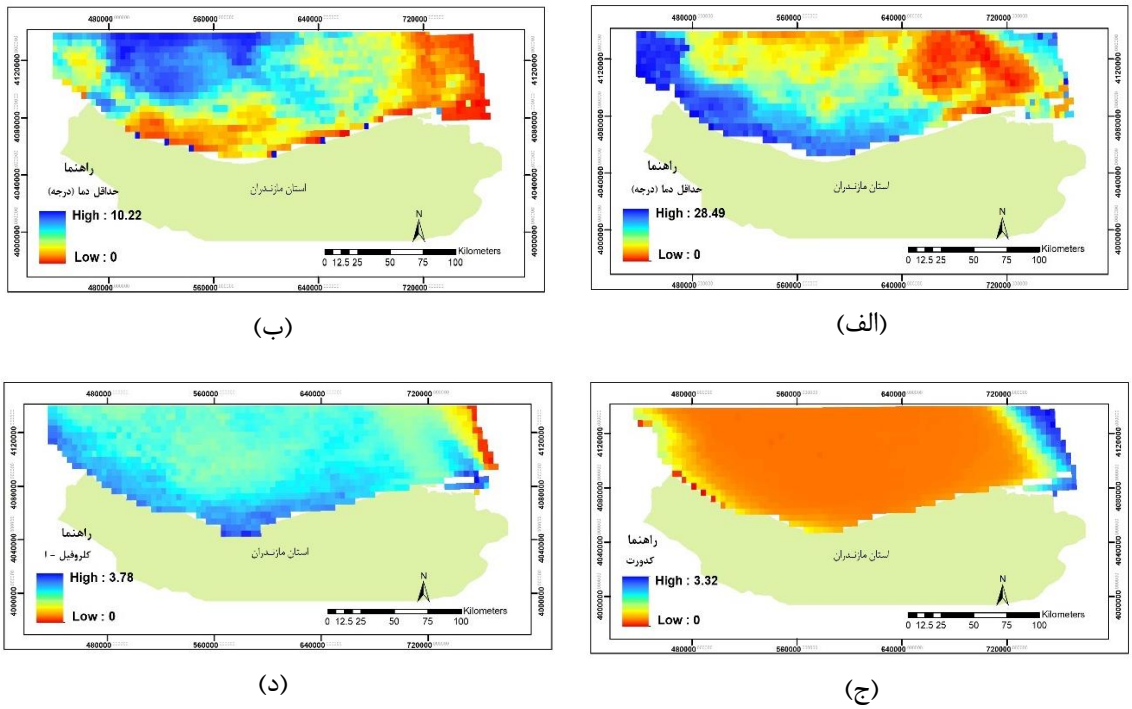


شکل ۲. پیش پردازش معیارهای اجتماعی-اقتصادی الف؛ فاصله تا خط ساحلی ب؛ فاصله تا مراکز صنعتی ج؛ فاصله تا مناطق گردشگری د؛ فاصله تا شهر ه؛ فاصله تا مناطق حفاظت شده

پیش‌پردازش معیارهای کیفیت آب

دما (SST: Ses Surface Water) ، کدورت و کلروفیل، مهمترین عوامل تأثیرگذار در انتخاب مکان مناسب به منظور آبزی‌پروری دریایی در گروه کیفیت آب می‌باشند که هر سه از از ماهواره‌ی MODIS و سنجنده Aqua با رزولیشن ۴ کیلومتر برای سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ به صورت ماهانه تهیه شد. در اکثر مطالعات بررسی شده تصاویر ماهواره به صورت میانگین ماهانه تهیه شده‌اند [۱۱، ۱۳، ۱۸]. اما در این مطالعه دما را به صورت تصویر حداقل و حداکثر دمای سطح آب در این بازه زمانی در نظر گرفته شده است همچنین مطالعات مختلف نشان می‌دهد که همبستگی بالایی بین انعکاس سنجش از دوری طول موج ۵۵۵ نانومتر (SST: Ses Surface Water) و مقدار کدورت وجود دارد [۷، ۱۱، ۱۹].

در این مطالعه از تصاویر مربوط به این طول موج استفاده شده است (شکل ۳).



شکل۳. پیش پردازش معیارهای کیفیت آب الف؛ حداکثر دما ب؛ حداقل دما ج؛ کدورت د؛ کلروفیل-آ

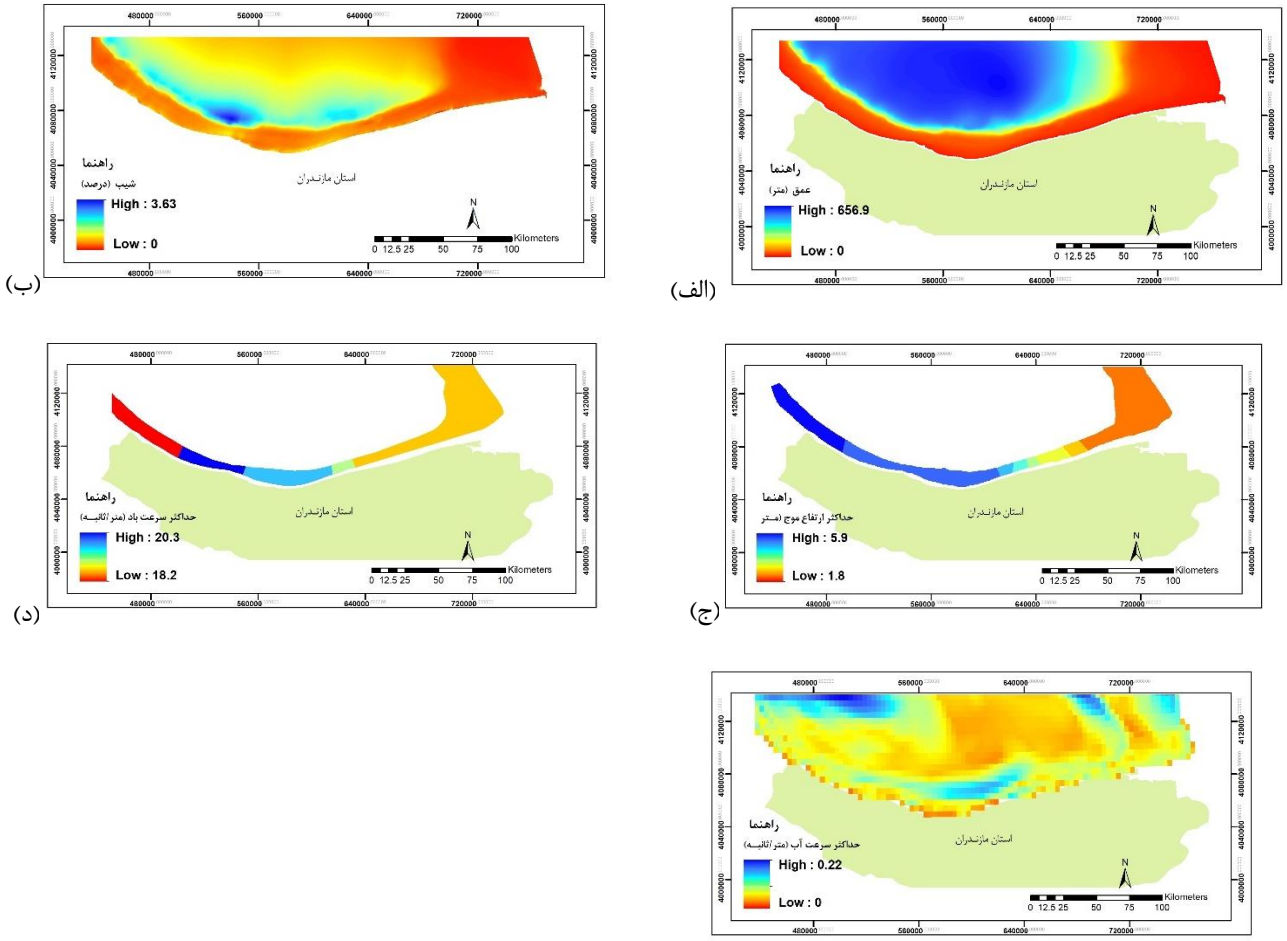
پیش‌پردازش معیارهای فیزیکی- محیطی

عمق مناسب، شیب بستر، سرعت جریان، حداکثر ارتفاع موج و حداکثر سرعت باد از معیارهای مهم و تأثیرگذار در بخش فیزیکی و محیطی است. این گروه از معیارها در مکان استقرار قفس‌ها، ساختار آن‌ها و همچنین هزینه و مشکلات مهار کردن قفس‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور تهیه عمق، خطوط هیدروگرافی تهیه شده از سازمان نقشه برداری را با استفاده از نرم‌افزار GIS ۱۰/۰۲ توسط تابع Topo to raster به نقشه‌ی رستری تبدیل گردید و شیب بستر نیز از طریق تقسیم عمق بر فاصله (۱۰۰×) از ساحل تهیه گردید و نیز برای بررسی و تحلیل امواج و نیز حداکثر سرعت باد از اطلاعات پروژه‌ی مدل‌سازی امواج دریای‌های ایران (Iranian Sea Wave Modelling, ISWM) بهره گرفته شده است. این پروژه به مدل‌سازی و پیش‌یابی مشخصات امواج و تحلیل حدی سرعت باد در دریای خزر طی بازه زمانی ژانویه ۱۹۹۲ تا آگوست ۲۰۰۲ میلادی پرداخته است (مدل‌سازی امواج دریاهای ایران، ۱۳۸۷). سرعت جریان به عنوان مهم‌ترین داده مورد نیاز، از طریق نتایج شبیه‌سازی جریان دریای خزر توسط مدلHYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) تهیه گردید [۲۰]. (شکل ۴)

تهیه نقشه‌های محدودیت

تصاویر تهیه شده در این بخش به دو طبقه صفر و یک (بولین) تقسیم بندی شده است. بر اساس قوانین اداره ایمنی و حفاظت دریایی ادارات بنادر و دریانوردی ایران، هر بندر دارای حریم دریایی به اندازه ۳ مایل دریایی (هر مایل دریایی معادل ۱۸۵۲متر) برابر با ۵/۵ کیلومتر از محل موجشکن است که در این محدوده احداث هیچ سازه‌ای امکانپذیر نبوده و به شدت مورد حفاظت قرار می‌گیرد. رودخانه‌های متعددی در سواحل مازندران سرازیر می‌شوند. مقدار حجم آبی که توسط این رودخانه‌ها به دریای خزر می‌ریزد از عوامل محدودکننده در انتخاب محل مناسب برای استقرار قفس‌های پرورش ماهیان است. به همین علت بر اساس اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری؛ ۱۹ رودخانه اصلی با بیشترین دبی و حجم آب انتخاب گردید. پس از انتخاب رودخانه‌های اصلی، موقعیت جغرافیایی دهانه هر رودخانه با گوگل ارث چک شد و سپس حریم ۵ کیلومتری آن‌ها به عنوان حریم محدود کننده با ارزش صفر جدا گردید. همچنین عمق مورد نظر برای قفس‌های دریایی در دریای خزر حداقل۲۰ متر و حداکثر ۵۰ متر محاسبه گردید. لذا مساحت بین این دو خطوط هم عمق، به عنوان مناطق مناسب آبزی‌پروری دریایی، مورد تأیید قرار می‌گیرد. دسترسی به

سایت‌های آبزی‌پروری یکی از عوامل مهم در موفقیت این صنعت است، در حالی که هیچ تعریف جهانی برای این فاصله در نظر گرفته نشده است با این حال فاصله ۳ تا ۲۰ کیلومتر به عنوان فاصله مناسب برای این منظور در نظر گرفته می‌شود [۲۱]. (شکل ۵)

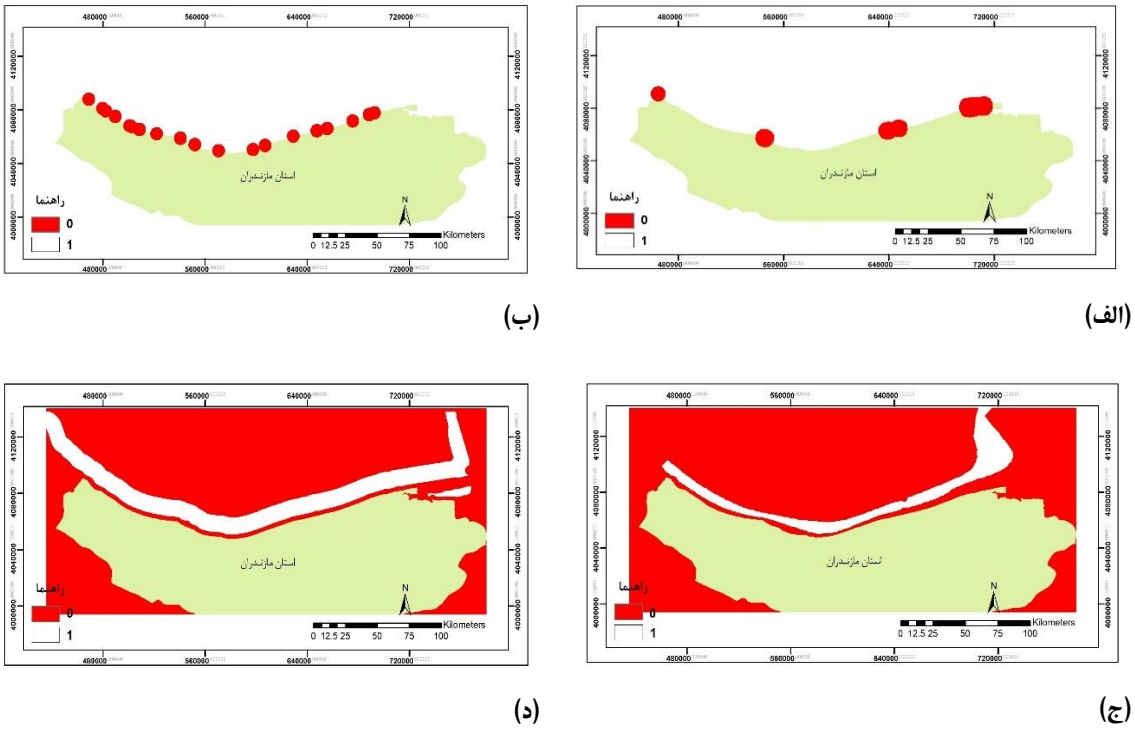


شکل۴. پیش پردازش معیارها فیزیکی-محیطی الف؛ عمق ب؛ شیب بستر ج؛ حداکثر ارتفاع موج د؛ حداکثر سرعت باد ه؛ سرعت جریان آب

استانداردسازی (نرمال‌سازی) فاکتورهای قانون تصمیم تحقیق

استانداردسازی (Fuzzy) ، به منظور تبدیل واحدهای محاسباتی متفاوت فاکتورها به ارزش‌های قابل مقایسه انجام می‌شود. انتخاب توابع عضویت مورد نیاز برای استانداردسازی، به اطلاعات کاربر درباره چگونگی تغییر مطلوبیت برای هر فاکتور وابسته است. در این روش تمام فاکتورها در مقیاس پیوسته مطلوبیت استاندارد می‌شوند و امکان ترکیب تمام تصاویر مربوط به فاکتورها ممکن می‌شود [۲۲، ۲۳]. در این مطالعه استانداردسازی بر اساس میزان مطلوبیت فاکتورهای معرفی شده برای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شده است. برای این کار از توابع عضویت فازی (استانداردسازی) در مقیاس بایت (۰ تا ۲۵۵) استفاده شد. عدد ۲۵۵ دارای بالاترین مطلوبیت و عدد صفر فاقد مطلوبیت می‌باشد و طیفی از این مقادیر بین این دو عدد قرار می‌گیرند که هرچه به ۲۵۵ نزدیکتر می‌شود، مطلوبیت افزایش می‌یابد [۲۴]. علاوه بر مسأله انتخاب مقیاس جهت تهیه

نقشه‌های فازی می‌بایست نوع تابع فازی را نیز مورد بررسی قرار داده و تابع مناسب‌تر را برای معیار مورد نظر انتخاب نمود. از توابع مشهور می توان به توابع سیگموئیدی (S شکل)، خطی (L شکل) و J شکل اشاره کرد[۱۷]. به‌منظور استانداردسازی فاکتورهای ذکر شده از توابع عضویت فازی اشاره شده در جدول ۲ استفاده شده است.

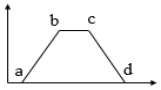
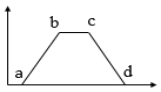
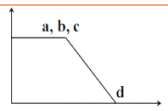
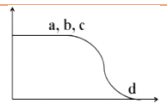
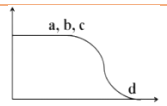
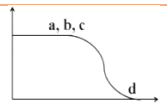
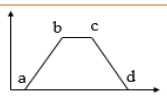
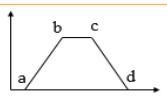
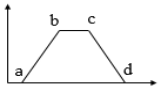
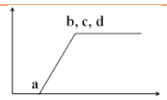
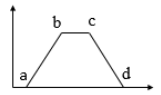
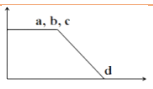
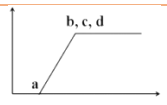
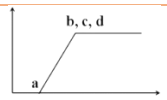


شکل۵. تصاویر محدودیت را به منظور آبزی‌پروری دریایی در سواحل استان مازندران. الف) محدوده نامناسب بنادر، ب) محدوده نامناسب رودخانه‌ها، ج) عمق مناسب ۲۰ تا ۵۰ متر، د) محدده مناسب فاصله تا ساحل (۳ تا ۲۰ کیلومتر)

وزن‌دهی فاکتورها

وزن‌دهی معیارها در واقع همان تعیین اهمیت نسبی شاخص‌های تأثیرگذار در یک فرایند تصمیم‌گیری است که می‌تواند به شیوه‌های مختلف صورت پذیرد [۲۳]. فرایند سلسله مراتبی تحلیلی (Analytical Hierarchy Process (AHP)) معمول‌ترین روش تحلیل تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد و امکان استفاده مستقیم از نظر کارشناسان را فراهم می‌آورد. AHP با ساختاردهی مسائل در قالب سلسله مراتبی به حل آن‌ها می‌پردازد. این روش برای ارزش‌دهی، یا رتبه‌بندی یک دسته از گزینه‌ها استفاده می‌شود و بدین‌ترتیب انتخاب شایسته‌ترین گزینه‌ها ممکن می‌شود[۲۳]. از این‌رو روش وزن‌دهی معیارها در تحقیق حاضر، روش مقایسه‌های دو به دو (Comparisons Pairwise) می‌باشد. در این روش وزن‌دهی در یک مقیاس پیوسته شامل ۹ نقطه صورت می‌گیرد و هر کدام از این اعداد نشان‌دهنده‌ی یک درجه‌ی اهمیت هستند. به طوری که مقدار "۱"، نشان دهنده‌ی "اهمیت بسیار کم" و مقدار "۹" نشان‌دهنده‌ی "اهمیت بسیار زیاد" یک شاخص نسبت به شاخص دیگر است [۲۴]. جدول ۳ مقیاس درجه‌بندی پیوسته به منظور وزن‌دهی فاکتورها بر اساس روش AHP را نشان می‌دهد.

جدول ۲. نوع و شکل توابع فازی معیارهای مورد استفاده در این مطالعه

معیار	نوع و شکل تابع عضویت فازی	نقاط کنترل				فرمول تابع
		D	C	b	a	
حداکثر دما		خطی و متقارن				$Xi=\left(\frac{Ri-c}{d-c}\right)\times 255$ + $Xi=1-\left(\frac{Ri-a}{b-a}\right)\times 255$
		۳۰	۲۵	۲۵	۲۰	
حداقل دما		خطی و متقارن				
		۱۵	۱۲	۱۰	۶	
کدورت		خطی و به طور یکنواخت کاهشی				$Xi=1-\left(\frac{Ri-a}{b-a}\right)\times 255$
		۳/۵	۰/۱	۰	۰	
کلروفیل- آ		سیگموئیدی و به طور یکنواخت کاهشی				$\mu=\cos^2\alpha\times 255$ $\alpha=\frac{(x-c)}{(d-c)}\times\frac{pi}{2}$
		۱۰	۰	۰	۰	
حداکثر ارتفاع موج		سیگموئیدی و به طور یکنواخت کاهشی				
		۴	۰	۰	۰	
حداکثر سرعت باد		سیگموئیدی و به طور یکنواخت کاهشی				
		۲۷	۰	۰	۰	
شیب بستر		خطی و متقارن				
		۱۰	۱	۰/۵	۰	
سرعت جریان		خطی و متقارن				
		۰/۳	۰/۲	۰/۱۵	۰/۰۲	
عمق		خطی و متقارن				
		۱۰۰	۵۰	۳۰	۰	
فاصله تا صنایع		خطی و به طور یکنواخت افزایشی				$Xi=\left(\frac{Ri-c}{d-c}\right)\times 255$
		۰	۰	۱۲۰۰۰	۰	
فاصله تا ساحل		خطی و متقارن				
		۲۰۰۰۰	۷۵۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	
فاصله تا شهر		خطی و به طور یکنواخت کاهشی				
		۴۵۰۰	۰	۰	۰	
مناطق حفاظت شده ساحلی		خطی و به طور یکنواخت افزایشی				
		۰	۰	۵۰۰۰۰	۰	
فاصله تا مناطق توریستی		خطی و به طور یکنواخت افزایشی				
		۰	۰	۷۵۰۰	۰	

جدول ۳. مقیاس درجه‌بندی پیوسته به منظور وزن‌دهی فاکتورها بر اساس روش AHP

۹	۷	۵	۳	۱	۱/۳ (یک سوم)	۱/۵ (یک پنجم)	۱/۷ (یک هفتم)	۱/۹ (یک نهم)
Extremely	Very Strongly	Strongly	Moderately	Equally	Moderately	Strongly	Very Strongly	Extremely
فوق العاده	خیلی قوی	قوی	بطور میانه	مساوی	بطور میانه	قوی	خیلی قوی	فوق العاده
More important اهمیت بیشتر					Less important اهمیت کمتر			

همچنین شاخص عددی نسبت پایندگی یا سازگاری((Consistency Ratio (CR) ، برای بررسی استحکام (ناسازگاری) ماتریس مقایسه‌ی دو به دو استفاده می‌شود که پس از محاسبه آن، ماتریس‌هایی که نرخ CR آن‌ها بیشتر از حد قابل قبول باشد (CR≥ 0.1) باید مورد ارزیابی مجدد قرار گیرد و در نهایت ماتریس‌هایی که دارای نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ شود، در روند تعیین وزن معیارها شرکت داده می‌شوند [۲۴].

جدول ۴. میانگین مقدار و عدد فازی ۱۴ فاکتور در هر ۹ مزرعه‌ی آبزی‌پروی موجود در سواحل مازندران

نوع پارامتر		MaxT	MinT	Bath	SSC	Chl-a	WH	WS	SlS	CV	DI	DT	DC	DB	DP
مزرعه ۱	مقدار پارامتر	۲۵/۶	۹/۴	۲۰	۰/۵۰	۲/۷	۵/۹-۶/۴	۱۸/۵	۰/۳	۰/۱	۴/۳	۱۰/۰	۱۱/۶	۵/۲	۳۵/۱
	عدد فازی	۱۵۱	۲۰۰	۹۷	۱۷۲	۱۸۶	۱۴۰	۱۹۰	۲۲۱	۱۶۳	۱۱۰	۲۵۵	۱۸۹	۲۴۱	۲۰۳
مزرعه ۲	مقدار پارامتر	۲۷/۱	۸/۳	۲۸	۰/۴۷	۲/۹	۵/۹-۶/۴	۲۰/۱	۰/۵	۰/۱۱	۲/۹	۳/۸	۲/۵	۵/۵	۶۰/۶
	عدد فازی	۱۵۴	۱۶۱	۲۳۰	۱۸۰	۱۷۹	۱۴۰	۱۳۰	۲۳۸	۱۸۸	۷۴	۱۲۲	۲۴۰	۲۵۰	۲۵۵
مزرعه ۳	مقدار پارامتر	۲۷/۰	۷/۶	۳۱	۰/۶۸	۳/۰	۲/۶	۱۹/۲	۰/۴	۰/۰۶	۶/۱	۳/۸	۱۳/۴	۶/۴	۷/۰
	عدد فازی	۱۶۵	۹۵	۲۴۸	۱۱۶	۱۷۶	۲۳۰	۱۸۵	۲۴۶	۸۵	۱۵۶	۱۲۳	۱۷۸	۲۴۶	۱۲
مزرعه ۴	مقدار پارامتر	۲۷/۲	۷/۷	۴۴	۰/۵۴	۲/۷	۴/۸-۳/۵	۱۹/۲	۰/۸	۰/۰۷	۵/۵	۳/۳	۲/۹	۵/۵	۶/۶
	عدد فازی	۱۴۸	۱۰۱	۲۵۵	۱۶۱	۱۸۵	۱۹۰	۱۸۵	۱۶۶	۱۱۱	۱۴۱	۱۰۵	۲۳۸	۲۵۰	۱۰
مزرعه ۵	مقدار پارامتر	۲۶/۱	۷/۵	۲۸	۰/۷۰	۲/۹	۵/۹-۶/۴	۱۹/۶	۰/۸	۰/۰۷	۱/۶	۱/۰	۰/۶	۳/۲	۱۴/۵
	عدد فازی	۱۹۲	۸۶	۲۰۱	۱۰۹	۱۸۱	۱۴۰	۱۵۰	۱۵۵	۱۱۲	۴۲	۳۲	۲۵۲	۵۵	۴۹
مزرعه ۶	مقدار پارامتر	۲۷/۲	۷/۲	۲۶	۰/۶۹	۲/۷	۵/۹-۶/۴	۲۰/۱	۰/۷	۰/۰۷	۳/۱	۴/۹	۰/۸	۳/۶	۱۹/۴
	عدد فازی	۱۱۵	۸۴	۱۹۰	۱۱۴	۱۸۴	۱۴۰	۱۳۰	۱۸۶	۱۰۳	۷۹	۱۵۶	۲۵۱	۹۲	۸۳
مزرعه ۷	مقدار پارامتر	۲۷/۲	۷/۴	۲۹	۰/۷۸	۲/۹	۵/۹-۶/۴	۲۰/۱	۰/۵	۰/۰۹	۳/۱	۱۷/۲	۱/۹	۵/۱	۳۱/۸
	عدد فازی	۱۴۶	۷۱	۲۳۲	۸۷	۱۸۰	۱۴۰	۱۳۰	۲۲۳	۱۳۹	۸۰	۲۵۵	۲۴۳	۲۸۲	۱۸۰
مزرعه ۸	مقدار پارامتر	۲۷/۰	۷/۸	۳۱	۰/۹۷	۲/۹	۵/۹-۶/۴	۲۰/۱	۰/۵	۰/۰۹	۳/۴	۱۴/۰	۳/۳	۵/۸	۴۴/۵
	عدد فازی	۱۶۶	۱۱۲	۲۵۳	۳۸	۱۸۰	۱۴۰	۱۳۰	۲۳۳	۱۵۱	۸۷	۲۵۵	۲۳۲	۲۵۲	۲۴۷
مزرعه ۹	مقدار پارامتر	۲۶/۶	۶/۷	۲۱	۰/۵۳	۳/۰	۵/۵	۱۸/۵	۰/۶	۰/۰۷	۰/۹	۰/۵	۰/۵	۳/۱	۷۵/۱
	عدد فازی	۱۹۰	۷۴	۱۱۳	۱۵۸	۱۷۷	۱۶۰	۱۹۰	۱۹۶	۱۱۳	۲۳	۱۷	۲۵۲	۳۲	۲۵۵

حداکثر دما (MaxT)، حداقل دما (MinT) ، عمق (Bath)، کدورت (SSC)، کلروفیل (Chl-a)، ارتفاع موج (WH)، سرعت باد (WS)، شیب‌بستر (SlS)، سرعت جریان آب (CV)، فاصله تا صنایع (DI)، فاصله تا مناطق گردشگری (DT)، فاصله تا شهر (DC)، فاصله تا ساحل (DB)، فاصله تا مناطق حفاظت شده ساحلی (DP).

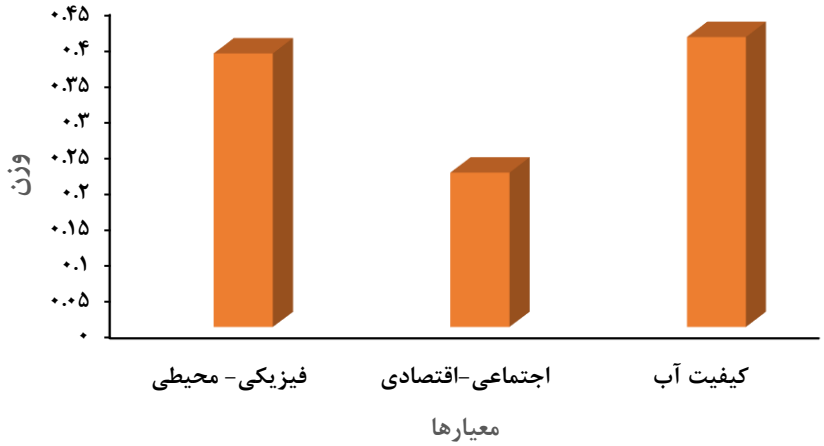
نتایج و بحث

در ابتدا ۱۴ معیار مورد استفاده برای تحلیل وضعیت مزارع آبزی‌پروری، استاندارد شدند. سپس با استفاده از تابع Extract میانگین مقدار هر پارامتر و نیز میزان مطلوبیت (عدد فازی) در هر ۹ مزرعه‌ی موجود محاسبه گردید. نتایج حاصل از این تابع در جدول ۴ نمایش داده شده است.

بر اساس نتایج به دست آمده در جدول۴ مزرعه‌ی شماره ۱ واقع در سواحل جویبار از نظر همه پارامترها در وضعیت مطلوبی قرار دارد و عدد فازی به جز در فاکتور عمق در بقیه بیش از ۱۰۰ می‌باشد که پیشنهاد می‌شود محل استقرار این مزرعه به فاصله دورتر از ساحل درعمق مناسب‌تر انتقال یابد.

مزرعه‌ی شماره ۲ واقع در سواحل بابلسر نیز از نظر همه فاکتورها دارای وضعیت مطلوب است ولی به دلیل نزدیکی به دو منطقه‌ی دفن زباله در فریدون‌کنار و بابلسر دارای مطلوبیت ۷۴ است که لازم از این مزرعه هم در فاصله‌ی دورتر از ساحل قرار گیرد. مزرعه‌ی شماره ۳ واقع در سواحل نوشهر است دارای پایین‌ترین مطلوبیت در فاکتور فاصله تا مناطق حفاظت شده است. این مزرعه در فاصله ۷ کیلومتری از منطقه‌ی حفاظت شده البرز قرار دارد. علاوه بر آن دو فاکتور سرعت و حداقل دما پایین‌تر از حد استاندارد تعیین شده است که به ترتیب برابر با ۰/۰۶ متر بر ثانیه و ۷/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و عدد مطلوبیت در آن‌ها به ترتیب برابر با ۸۵ و ۹۵ می‌باشد. بر اساس تصاویر محدودیت مزرعه‌ی شماره ۴ در محدوده بندر نوشهر با ارزش صفر و مزرعه ۹ در محدوده‌ی تعیین شده حفاظتی بندر رامسر قرار دارد که این محدوده در تصاویر محدودیت با ارزش صفر در نظر گرفته شده است. مزرعه‌ی شماره ۵، ۶ واقع در سواحل چالوس و تنکابن به دلیل قرار گرفتن در سواحل غربی از نظر فاکتور حداقل دما دارای مطلوبیت پایینی می‌باشد و نیز فاکتورهای اجتماعی- اقتصادی مانند فاصله تا مناطق حفاظت شده، فاصله تا ساحل و فاصله تا صنایع دارای مطلوبیت بسیار کمی می‌باشد ولی مزرعه شماره ۶ در وضعیت مناسبتری از لحاظ رعایت فاصله تا مناطق گردشگری دارد. مزرعه‌ی ۷ و ۸ در سواحل تنکابن هر دو از نظر همه‌ی پارامترها به جز کدورت و فاصله تا صنایع عدد مطلوبیت پایینی داشته و باید این مزارع به مناطقی با وضعیت بهتر از لحاظ این دو پارامتر انتقال یابد. مزرعه‌ی ۱ و ۲ دارای مناسبترین وضعیت و بالاترین مقدار مطلوبیت را نسبت به سایر مزارع دارند.

سپس وزن‌دهی ۳ گروه معیارها با استفاده از روش سلسله مراتبی و برگرفته از مرور منابع انجام شده است. در جدول ۵ وزن هر گروه از معیارها و وزن هر زیرمعیار در هر گروه مشخص شده است. شکل ۶ و ۷ نمودارهای مربوط به وزن هر معیار و زیر معیار نشان داده شده است.



شکل ۶. وزن محاسبه شده معیارهای اصلی

جدول ۵. ماتریس مقایسه زوجی وزن زیر معیارها در هر گروه از معیارهای تحقیق

حداکثر دما (MaxT)، حداقل دما (MinT) ، عمق (Bath)، کدورت (SSC)، کلروفیل (Chl-a)، ارتفاع موج (WH)، سرعت باد (WS)، شیب-بستر (SlS)، سرعت جریان آب (CV)، فاصله تا صنایع (DI)، فاصله تا مناطق گردشگری (DT)، فاصله تا شهر (DC)، فاصله تا ساحل (DB)، فاصله تا مناطق حفاظت شده ساحلی (DP).

Weight: 0.2158

ماتریس زوجی برای معیارهای اجتماعی- اقتصادی

معیارها	(DB)	(DP)	(DI)	(DT)	(DC)	Weight Criteria
(DB)	1					**0.1992**
(DI)	1/2	1				**0.3195**
(DT)	1/2	1	1			**0.2808**
(DP)	1/3	1/2	1/2	1		**0.1365**
(DC)	1/3	1/3	1/3	1/3	1	**0.0746**
						CR= 0.02

Weight: 0.3808

ماتریس زوجی برای معیارهای فیزیکی- محیطی

معیارها	(Bath)	(SlS)	(WH)	(CV)	(WS)	Weight Criteria
(Bath)	1					**0.2575**
(SlS)	2	1				**0.3183**
(WH)	1/2	1/2	1			**0.2011**
(CV)	1/3	1/2	1/2	1		**0.0956**
(WS)	1/3	1/2	1/3	1/2	1	**0.1275**
						CR= 0.03

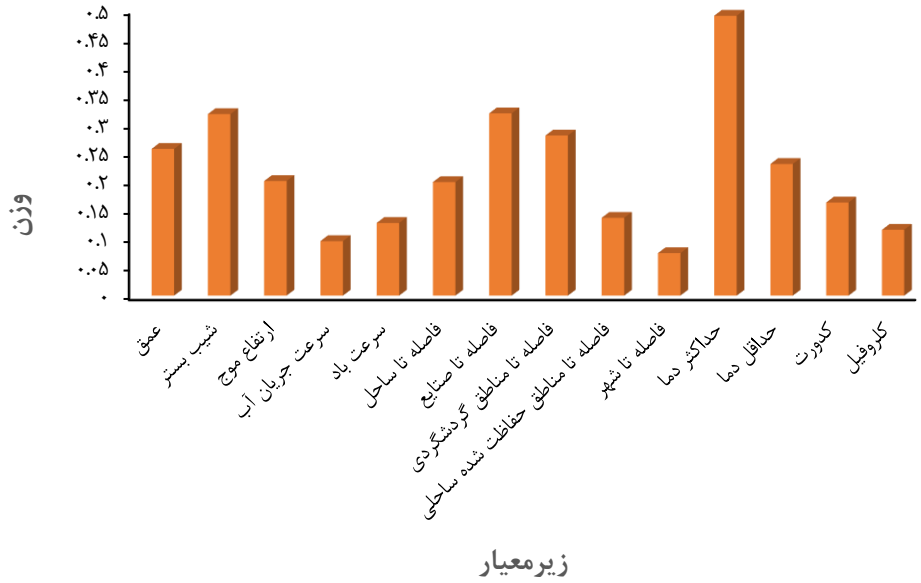
Weight: 0.4034

ماتریس زوجی برای معیارهای کیفیت آب

معیارها	(MaxT)	(MinT)	(SSC)	(Chl-a)	Weight Criteria
(MaxT)	1				**0.4901**
(MinT)	1/3	1			**0.2310**
(SSC)	1/3	1/2	1		**0.1634**
(Chl-a)	1/3	1/2	1/2	1	**0.1155**
					CR= 0.04

وزن نهایی هر معیار

(MaxT)	0.1977	(SlS)	0.0461
(MinT)	0.0931	(CV)	0.0364
(Chl-a)	0.0980	(DI)	0.0689
(Bath)	0.0465	(DT)	0.0605
(SSC)	0.0659	(DC)	0.0160
(WH)	0.0765	(DB)	0.0429
(WS)	0.0485	(DP)	0.0294



شکل ۷. وزن محاسبه شده زیرمعیارها

وزن‌دهی در این مطالعه بر اساس مرور منابع انجام شده است. بر اساس جدول ۵ و شکل ۶ و ۷ در بین فاکتورهای کیفیت آب بیش‌ترین وزن به ترتیب به دما (حداقل و حداکثر)، کدورت و کلروفیل با مقادیر (۰/۴۹، ۰/۲۳، ۰/۱۶ و ۰/۱۱) اختصاص یافته است. مطالعات مختلفی از جمله مطالعه‌ی پریز و همکاران [۱۰]، رادیارتار و همکاران [۷، ۱۱] نیز بالاترین وزن را در بین فاکتورهای محیطی به دمای آب اختصاص داده‌اند. در بین فاکتورهای اجتماعی- اقتصادی بیشتر مقادیر وزن را به ترتیب به فاکتورهای فاصله تا مناطق صنعتی، فاصله تا مناطق توریستی، فاصله تا ساحل، فاصله تا مناطق حفاظت شده‌ی ساحلی و مناطق شهری با مقدار (۰/۳۱، ۰/۲۸، ۰/۱۹، ۰/۱۳ و ۰/۰۷) داده شده است[۵، ۱۱، ۲۵]. در بین فاکتورهای فیزیکی بیشترین وزن فاکتور به ترتیب به شیب بستر، عمق، ارتفاع موج، سرعت باد و سرعت جریان آب (۰/۳۱، ۰/۲۵، ۰/۲۰، ۰/۱۲ و ۰/۰۹) اختصاص یافته است [۵].

همانطور که در شکل ۷ مشخص است، بین سه گروه پارامترهای (کیفیت آب، فیزیکی و اجتماعی-اقتصادی) نیز وزن دهی صورت گرفته است. در این وزن‌دهی گروه کیفیت آب با توجه به اهمیت معیارهای دما، کدورت و کلروفیل در آبزی‌پروری دریایی دارای وزن بیشتر نسبت به سایر گروه‌ها می‌باشد (۰/۴۰۳۴) و سپس به گروه فاکتورهای فیزیکی (۰/۳۸۰۸) نسبت به فاکتورهای اجتماعی (۰/۲۱۶۸) وزن بیشتری داده شده است. این نتیجه با مطالعه‌ی رادیارتار و همکاران [۷، ۱۱] که منظور مکان‌یابی مناطق مناسب به منظور پرورش نرمتنان از جمله صدف انجام گرفته است تا حدودی برای برخی از پارامترها مطابقت دارد. در این مطالعه وزن معیارهای بیوفیزیکی دما، کلروفیل، کدورت و عمق به ترتیب برابر با ۰/۴، ۰/۳، ۰/۲ و ۰/۱ و وزن معیارهای اجتماعی- زیرساختی فاصله تا شهر، فاصله تا اسکله و فاصله تا تسهیلات به ترتیب برابر با ۰/۴۶، ۰/۳۱ ۰/۲۳ می‌باشد. در مطالعه‌ی [۱۱] تنها چهار معیار به منظور مکان‌یابی مناطق مناسب آبزی‌پروری دریایی در نظر گرفته شد که بیشترین وزن به ترتیب به فاکتور دما (۰/۴۶)، کدورت (۰/۲۸)، عمق (۰/۱۶) و شیب (۰/۱) اختصاص یافته است که با مطالعه‌ی حاضر مطابقت دارد. در مطالعه‌ی لیو و همکاران [۲۵] که در جنوب Hakkaido (ژاپن) انجام شد فاکتورهای محیط‌زیستی مانند دما و کدورت به ترتیب وزن ۰/۴۲ و ۰/۲۶ و بعد از آن به فاکتورهای فیزیکی آب مانند عمق و شیب وزن کمتری (۰/۱۶ و ۰/۱۰) اختصاص یافت و سپس کمترین وزن به معیارهای اجتماعی- زیرساختی مانند فاصله تا شهر و فاصله تا بنادرداده شد. همچنین در مطالعه‌ی میکل و همکاران [۲] از دو گروه معیارهای در نظر گرفته شده بیشتر وزن به گروه فاکتورهای فیزیکی (عمق و ارتفاع موج) و کمترین وزن به گروه معیارهای اجتماعی- زیرساختی داده شده است. در مطالعه‌ی فالکونر و همکاران [۱۵] بیشترین وزن به گروه معیارهای کیفی آب (۰/۳۸۹۹)، پس از آن معیارهای فیزیکی (۰/۱۵۲۴) و در نهایت کمترین وزن به معیارهای اجتماعی مانند فاصله تا شهر و فاصله تا جاده (۰/۰۶۷۹) اختصاص یافته است. معیارها به منظور آبزی‌پروری دریایی در مطالعات مختلف با توجه به نوع گونه مورد پرورش و نیز ویژگی منطقه مورد مطالعه متفاوت می‌باشد اما در مجموع مرور مطالعات نشان می‌دهد که معیارهای کیفی آب و پس از آن معیارهای فیزیکی نسبت به سایر فاکتورها از اهمیت بیشتری برخوردار هستند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این تحقیق، توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی و نیز تصاویر ماهواره‌ای را در مکان‌یابی آبزی‌پروری دریایی نشان می‌دهد. معیارهای در نظرگرفته شده در این مطالعه به سه گروه، کیفیت آب، فیزیکی-محیطی و اجتماعی-اقتصادی تقسیم بندی شده که تلاش شده است تمامی معیارهای تأثیرگذار برای این منظور در نظر گرفته شود. بررسی وضعیت مزارع آبزی‌پروری موجود در سواحل مازندران بر این اساس نشان می‌دهد که مزرعه‌ی ۱ و ۲ واقع در سواحل جویبار و بابلسر، دارای مناسبترین وضعیت و بالاترین مقدار مطلوبیت می‌باشند.

تشکر و قدردانی: نگارش حاضر بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد گروه محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس می باشد (کد ایران داک ۱۲۴۲۳۳۳) که بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی از دانشگاه تربیت مدرس، اداره کل شیلات مازندران و همچنین جناب آقای مهندس جعفری که نهایت همکاری‌های لازم جهت پیشبرد تحقیق را مبذول داشتند، ابراز می‌گردد.

تاییدیه‌های اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان این مقاله وجود ندارد.

سهم نویسندگان در مقاله: الهام حق‌شناس (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی/نگارنده مقدمه/تحلیگر/نگارنده بحث (۵۰٪)؛ مهدی غلامعلی‌فرد (نویسنده دوم)، روش‌شناس/پژوهشگر اصلی (۳۰٪)، نعمت محمودی (نویسنده سوم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۲۰٪).

منابع مالی: پژوهش حاضر با حمایت مالی دانشگاه تربیت مدرس در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد انجام شده است.

منابع

1- Beveridge MC. Cage aquaculture. John Wiley & Sons; 2008 Apr 15. https://doi.org/10.1002/9781118394380.ch55

2- Micael J, Costa AC, Aguiar P, Medeiros A, Calado H. Geographic information system in a multi-criteria tool for mariculture site selection. Coastal Management. 2015 Jan 2;43(1):52-66. https://doi.org/10.1080/08920753.2014.985178

3- Stankus A. State of world aquaculture 2020 and regional reviews: FAO webinar series. FAO Aquaculture Newsletter. 2021 May 1(63):17-8.

4- Haghshenas E, Gholamalifard M, Mahmoudi N. Applied introduction of ecosystem service modeling of marine aquaculture: Approach for estimation of production and net present value (NPV).

5- Dapueto G, Massa F, Costa S, Cimoli L, Olivari E, Chiantore M, Federici B, Povero P. A spatial multi-criteria evaluation for site selection of offshore marine fish farm in the Ligurian Sea, Italy. Ocean & Coastal Management. 2015 Nov 1;116:64-77. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.06.030

6- Mokhtari A, Chizari M, Salehi H. Perceptions of Iranian fisheries experts toward sustainable aquaculture. 2006. 87-97.

7- Radiarta IN, Saitoh SI, Yasui H. Aquaculture site selection for Japanese kelp (Laminaria japonica) in southern Hokkaido, Japan, using satellite remote sensing and GIS-based models. ICES Journal of Marine Science. 2011 Mar 1;68(4):773-80. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq163

8- Study of the main framework of aquaculture development in sea cages in Iran. Report of Rafa-Norway Company, Translation: Research Unit of Saz Abapardazan Consulting Engineering Company, Publishing Unit of Saz Abab Pardazan Consulting Engineering Company. 2004; Volume 1 and Volume II.

9- Pérez OM, Ross LG, Telfer TC, del Campo Barquin LM. Water quality requirements for marine fish cage site selection in Tenerife (Canary Islands): predictive modelling and analysis using GIS. Aquaculture. 2003 Jun 30;224(1-4):51-68. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00274-0

10- Perez OM, Telfer TC, Ross LG. Geographical information systems-based models for offshore floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands. Aquaculture Research. 2005 Jul;36(10):946-61. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01282.x

11- Radiarta IN, Saitoh SI, Miyazono A. GIS-based multi-criteria evaluation models for identifying suitable sites for Japanese scallop (Mizuhopecten yessoensis) aquaculture in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan. Aquaculture. 2008 Nov 1;284(1-4):127-35.https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.048

12- Falconer L, Hunter DC, Scott PC, Telfer TC, Ross LG. Using physical environmental parameters and cage engineering design within GIS-based site suitability models for marine aquaculture. Aquaculture Environment Interactions. 2013 Oct 31;4(3):223-37.https://doi.org/10.3354/aei00084

13. Falconer L, Telfer TC, Ross LG. Investigation of a novel approach for aquaculture site selection. Journal of environmental management. 2016 Oct 1;181:791-804. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.018
14. Hadipour A, Vafaie F, Hadipour, V. Land suitability evaluation for brackish water aquaculture development in coastal area of Hormozgan, Iran. Aquaculture international. 2015; 23.1: 329-343.
15. Eastman, J. R. 2015. "TerrSet Manual." TerrSet Version 15. 18, 1–390. https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/10/Terrset-Manual.pd.
16. Sandoval M, Parada C, Torres R. Proposal of an integrated system for forecasting Harmful Algal Blooms (HAB) in Chile. Latin american journal of aquatic research. 2018;46(2):424-51.17- Lau, Winnie wy. Beyond carbon: conceptualizing payments for ecosystem services in blue forests on carbon and other marine and coastal ecosystem services. Ocean & Coastal Management. 2013; 83: 5-14. https://doi.org/10.1080/2150704X.2019.1704304
18- Kara AB, Wallcraft AJ, Metzger EJ, Gunduz M. Impacts of freshwater on the seasonal variations of surface salinity and circulation in the Caspian Sea. Continental Shelf Research. 2010 Jun 15;30(10-11):1211-25. https://doi.org/10.1016/j.csr.2010.03.011
19- Eastman JR. IDRISI guide to GIS and image processing. Accessed in IDRISI Selva. 2001;17:354.
20- Eastman JR. IDRISI help system. Accessed in IDRISI Selva. 2012;17.
21- Mahini AS, Gholamalifard M. Siting MSW landfills with a weighted linear combination methodology in a GIS environment. International Journal of Environmental Science & Technology. 2006 Sep;3(4):435-45.
22- Liu Y, Saitoh SI, Radiarta IN, Isada T, Hirawake T, Mizuta H, Yasui H. Improvement of an aquaculture site-selection model for Japanese kelp (Saccharina japonica) in southern Hokkaido, Japan: an application for the impacts of climate events. ICES Journal of Marine Science. 2013 Nov 1;70(7):1460-70. https://doi.org/10.1093/icesjms/fst108.
23- Makhdom, Majid et al. Environmental Assessment and Planning with Geographic Information Systems, Tehran, Tehran University Press. (in Persian). 2001.
24- Saaty RW. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. Mathematical modelling. 1987 Jan 1;9(3-5):161-76.

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume10, Issue 4, Fall 2021
Pages: 495-510

Evaluation of Current Marine Aquaculture Sites of Mazandaran Province based on Spatial Criteria

Elham Haghshenas [1], Mehdi Gholamalifard[1]*, Nemat Mahmoudi [2]

1- Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, PO Box 46414-356, Noor, Mazandaran, Iran
2- Department of Aquaculture, Faculty of Marine Science, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran

A B S T R A C T

Fish consumption is increasing due to the global population growth. Therefore, taking advantage of new methods such as marine aquaculture can be areliable source for the production of fish in the world. The purpose of this study is the spatial analysis of marine aquaculture farms in the coasts of Mazandaran province. In this study, three categories of criteria (water quality, economic-social and physical-environmental) were considered for spatial analysis of aquaculture farms in the coasts of Mazandaran, which are based on the Geographic Information System (GIS) and hierarchical analysis process (AHP), is used according to the definition of the decision law, and at the end, the existing aquaculture farms (9 farms) are analyzed using the Extract function. The results show that the location of the present farms can be transferred to more favorable areas with less risk. Among the existing farms, farms 1 and 2, located on the coasts of Joibar and Babolsar, have the most suitable condition and the highest amount of desirability. Also, the results of weighting between the three groups of water quality parameters show physical and socio-economic; Due to the importance of temperature, turbidity and chlorophyll criteria in marine aquaculture, water quality group has more weight than other groups (0.4034) and then the group of physical factors (0.3808) than social factors. (0.2168) more weight is given. The findings of this study show the ability of GIS as well as satellite imagery to locate and evaluate marine aquaculture.

KEYWORDS: Marine aquaculture, spatial analysis, Geographic Information System (GIS), Analytic Hierarchy Process (AHP), Mazandaran Coast

ARTICLE TYPE

Original Research

ARTICLE HISTORY

Received: 19 February 2021

Accepted: 25 June 2021

ePublished: 23 August 2021

* Corresponding Author:
Email address: m.gholamalifard@modares.ac.ir
Tel: +(98) 44998107
© Published by Tarbiat Modares University
eISSN:2476-6887 pISSN:2322-5513