

## به کارگیری روش تصمیم‌گیری چندمعیاره در تعیین اراضی مناسب به منظور استفاده از منابع آب شور در اجرای طرح‌های پرورش آرتمیا در محیط‌های خشک و بیابانی (مورد مطالعه: پلایای سیاه‌کوه یزد)

امیررضا کشتکار\* - عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان، دانشگاه تهران  
مهدی پاک‌طینت- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران  
هادی پاک‌طینت- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۲۸ تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۰۹/۱۲

### چکیده

مناطق خشک و بیابانی به دلیل دارا بودن منابع گوناگون از جمله منابع فراوان و بدون استفاده آب‌های بسیار شور و نامتعارف، در سال‌های اخیر در کانون توجه برای اجرای طرح‌های توسعه‌ای و کسب منافع اقتصادی قرار گرفته است. اجرای هرگونه طرحی در این مناطق، بدون توجه به شرایط خاص محیطی حاکم و ضرورت نگاه ویژه به اجرای این‌گونه طرح‌ها در اراضی مناسب، به گونه‌ای که از آثار و پیامدهای مخرب آنها جلوگیری کند، اجتناب‌ناپذیر است. این تحقیق با هدف تعیین اراضی مناسب استفاده از منابع آب شور در پرورش آرتمیا، در پلایای سیاه‌کوه یزد انجام گرفته است. به همین منظور و برای تعیین عوامل مهم، ارزش‌گذاری و اولویت‌بندی آنها و تعیین اراضی مناسب از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به‌منابۀ یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد. بر اساس نتایج حاصل از پرسش‌نامه، معیارهای محیط‌زیستی، فنی و اقتصادی و اجتماعی معیارهای اصلی در نظر گرفته شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در مناطق بیابانی، بهترین و مناسب‌ترین عرصه‌ها از دیدگاه کارشناسان، لحاظ کردن رخصاره‌های ژئومورفولوژی مناسب به‌منابۀ اراضی پایه ارزیابی دیگر معیارها و شاخص‌هاست و دیگر معیارها از جمله فنی و اقتصادی و اجتماعی، در درجه‌های بعدی اهمیت قرار گرفت.

کلیدواژه‌ها: پرورش آرتمیا، پلایای سیاه‌کوه، تحلیل سلسله‌مراتبی، منابع آب شور، مناطق خشک و بیابانی، یزد.

### مقدمه

محیط‌های بیابانی مانند دیگر بوم‌سازگان‌ها، ظرفیت‌ها و منابعی دارد که بر مبنای آن، طی قرن‌های متمادی خاستگاه بزرگ‌ترین تمدن‌های بشری بوده است؛ اما به دلیل تغییرات اقلیمی، عدم شناخت صحیح و به‌ویژه بهره‌برداری‌های ناآگاهانه، بی‌رویه و فراتر از ظرفیت بیابان‌ها، نه تنها بسیاری از این عرصه‌ها خالی از سکنه شده، بلکه بوم‌سازگان‌های دیگر را نیز تهدید کرده است. یکی از منابع موجود در این بوم‌سازگان‌ها، منابع آب‌های شور و نامتعارف است که در

رخساره‌های انتهایی واحد پلایا ذخیره شده است و به دلیل زیاد بودن درجه حرارت محیط، تبخیر شده، از دسترس خارج می‌شود. بنابراین، با شناخت، برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح می‌توان برای استفاده بهینه از این منابع در جهت توسعه پایدار در این مناطق اقدام کرد.

در سال‌های اخیر، با توجه به وجود منابع فراوان و بدون استفاده آب‌های شور در مناطق بیابانی، این زیست‌بوم‌ها به‌منظور دستیابی به اهداف اقتصادی و درآمدزایی، به‌مثابه یکی از عرصه‌های مناسب پرورش برخی آبزیان از جمله آرتمیا، کانون توجه محققان و فعالان بخش آبزی‌پروری شده است. آرتمیا<sup>۱</sup> موجودی آبزی و دارای تحمل دمایی و شوری زیادی است و گونه‌های مختلفی از آن حاوی مقادیر متنوع و شایان توجهی از پروتئین و اسیدهای چرب بلندزنجیره غیراشباع است و برای تغذیه مراحل اولیه رشد دیگر گونه‌های آبزی، از جمله لارو ماهیان خاویاری و ماهیان زینتی و نیز در تولید لاروهای میگو استفاده می‌شود (نظریور و همکاران، ۱۳۹۰: ۸). اما با توجه به شکننده بودن بوم‌سازگان‌های بیابانی، مدیریت صحیح و پایدار این نواحی بدون شناخت کامل از روابط متقابل و پیچیده موجودات زنده و عوامل غیرزنده و محیطی، ناممکن است و اجرای هرگونه طرح توسعه‌ای، آثار مخرب و جبران‌ناپذیری را در این مناطق در پی خواهد داشت؛ به‌طوری که نه تنها اشتغال‌زایی و کسب درآمد برای ساکنان را سبب نخواهد شد، بلکه با تخریب منابع موجود، موجب تشدید فقر اقتصادی و در نهایت مهاجرت آنها خواهد شد. به استناد بررسی‌ها، مکان‌یابی‌هایی که محققان آبزی‌پروری برای توسعه طرح‌های مورد نظر در این عرصه‌ها انجام داده‌اند، تنها بر اساس معیارهای فنی و به‌طور مشخص وجود منابع کافی آب شور بوده است که این امر در طولانی‌مدت مشکلات جبران‌ناپذیر فراوانی را در پی خواهد داشت. بنابراین، تعیین مناطق مناسب پرورش در این بوم‌سازگان‌ها باید با بررسی و دقت بیشتر و با در نظر گرفتن تمام عوامل حیاتی، مهم و تأثیرگذار صورت پذیرد.

با توجه به تنوع معیارها و درجه اهمیت هرکدام از آنها و نیز متفاوت بودن شاخص‌های کمی و کیفی اولویت‌بندی آنها، انتخاب بهترین معیار در مکان‌یابی عرصه‌های مستعد پرورش به مسئله‌ای پیچیده تبدیل شده است؛ بنابراین استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۲</sup> راهگشای مؤثری برای تصمیم‌گیری در این زمینه است. با کمک این روش‌ها می‌توان با مد نظر قرار دادن معیارهای کمی و کیفی متعدد، بهترین گزینه را از میان چندین گزینه انتخاب کرد (قاسمی و دانش، ۱۳۹۱: ۱۰۰). از مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌توان به تخصیص خطی<sup>۳</sup>، روش اولویت‌بندی بر اساس تشابه به راه حل ایده‌آل<sup>۴</sup>، نظریه مطلوبیت چندمعیاره<sup>۵</sup> و تحلیل سلسله‌مراتبی<sup>۶</sup> اشاره کرد. روش‌های مذکور هرچند در زمینه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، صنعتی، کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست (احمدی و همکاران، ۱۳۸۴: ۳؛ اردکانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱؛ داداش‌پور و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۱۱؛ دریجانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۱؛ سلمان‌ماهینی و

1. *Artemia*

2. Multi Criteria Decision Making (MCDM)

3. Linear Assignment (LA)

4. Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS)

5. Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)

6. Analytic Hierarchy Process (AHP)

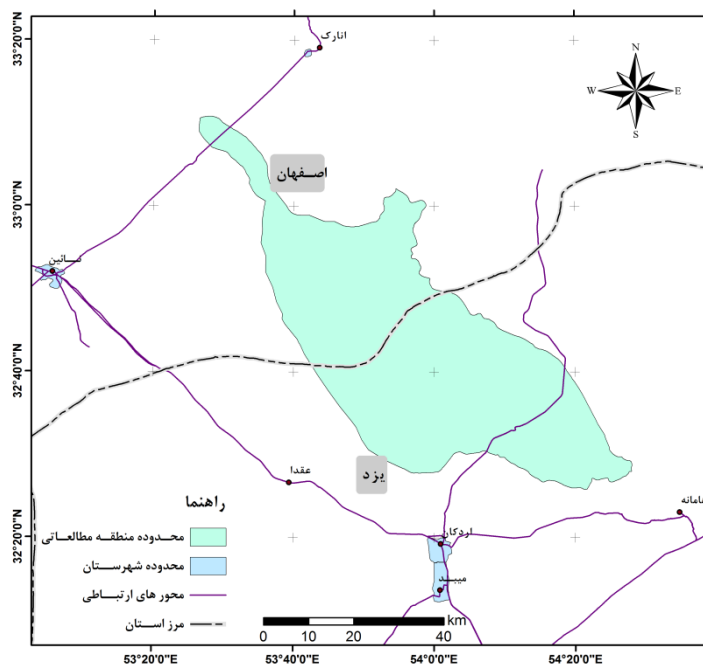
همکاران، ۱۳۸۸: ۱۸۷؛ عشوری و فریادی، ۱۳۸۹: ۱؛ فاتحی و همکاران، ۱۳۸۸: ۴۱۷؛ قاسمی و دانش، ۱۳۹۱: ۹۹۹؛ کریمی و همکاران، ۱۳۸۸: ۲؛ مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۵: ۲؛ نادری و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۱) به طور گسترده‌ای استفاده شده، تحقیقات به نسبت اندکی در زمینه کاربرد آنها در مکان‌یابی و تعیین عرصه‌های مستعد پرورش آبزیان انجام گرفته است (سامانی و دلاور، ۱۳۸۹: ۴۶؛ سلام و همکاران، ۲۰۰۳: ۴۷۷؛ سیلوا و همکاران، ۲۰۱۱: ۱؛ شهادت‌حسین و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۱۹؛ لین، ۲۰۱۰: ۴؛ نیومن رادیارتا و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۲۷). در ایران، نظریور و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی، به ارزیابی و تعیین اراضی مستعد پرورش آرتمیا در استان قم پرداختند. در این تحقیق، شش معیار توپوگرافی، منابع آب، خاک، زیرساخت‌های اجتماعی و اقتصادی و کاربری اراضی، معیارهای اصلی مکان‌یابی بود و با استفاده از آنها مناطق مستعد تعیین شد. نیومن رادیارتا و همکاران (۲۰۰۸: ۱۲۷) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و رویکرد تحلیل چندمعیاره، اقدام به انتخاب مناطق مناسب برای پرورش حلزون‌های دوکفه‌ای در خلیج فونکا در سواحل جنوب غربی ژاپن کردند. در این پژوهش، از رویکرد تحلیل چندمعیاره برای ترکیب لایه‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد و اراضی بر حسب درجه مطلوبیت بین گروه‌های یک (کمترین مطلوبیت) تا هشت (بیشترین مطلوبیت) طبقه‌بندی شد.

این مقاله با مد نظر قرار دادن معیارها و شاخص‌های مختلف در یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیر چندمعیاره، به تعیین اولویت عرصه‌های مناسب ایجاد محل‌های پرورش آرتمیا در پلائیای سیاه‌کوه پرداخته است.

## ۲. مواد و روش

### ۱.۲. منطقه پژوهش

پلائیای (کویر) سیاه‌کوه با مساحتی حدود ۲ هزار و ۷۹۱ کیلومترمربع در محدوده استان‌های یزد و اصفهان، بین عرض‌های  $۳۳^{\circ} ۳۳'$  و  $۳۳^{\circ} ۱۸'$  درجه شمالی و طول‌های  $۴۴^{\circ} ۵۳'$  و  $۴۷^{\circ} ۵۴'$  درجه شرقی، در فاصله ۶۱ کیلومتری شمال شهر یزد واقع شده است. این محدوده عمدتاً در برگیرنده پلائیای سیاه‌کوه و اراضی مجاور پلایا شامل دشت ریگی و اراضی سنگریزه‌ای و بخش‌های کشاورزی و باغ‌های پسته و جنگل‌کاری‌های دست‌کاشت در شمال روستای چاه افضل است. از نظر تقسیمات سیاسی کشوری، بخش‌های جنوبی آن در استان یزد و بخش‌های شمالی آن در استان اصفهان قرار دارد. این منطقه از شمال به دق سرخ، از شرق به ریگ زرین، از غرب به نایین و از جنوب به اردکان محدود می‌شود (شکل ۱). با توجه به اینکه این محدوده نقطه خروجی حوضه آبخیز یزد- اردکان است، در قسمت‌هایی از این پلایا سطح آب‌های زیرزمینی بالاتر از سطح زمین قرار می‌گیرد؛ به طوری که در برخی از بخش‌های منطقه تشکیل دریاچه و مناطق باتلاقی می‌دهد.



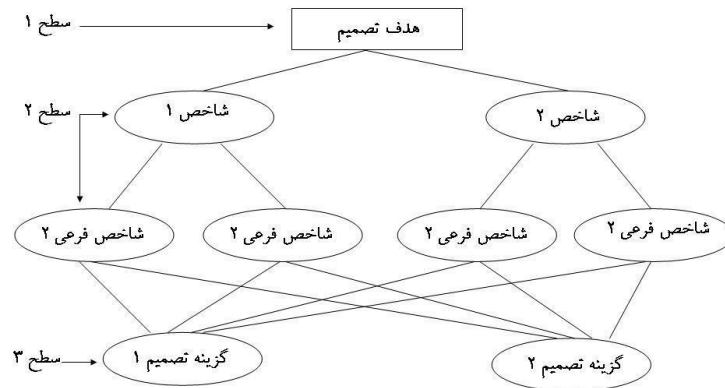
شکل ۱. محدوده و شبکه راه‌های ارتباطی منطقه پژوهش

## ۲.۲. فرایند تعیین اراضی مناسب با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی

برای تعیین اراضی مناسب پرورش در پلایای سیاه‌کوه، از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. این روش را اولین بار توماس. ال. ساعتی عراقی‌الاصل در دهه ۱۹۷۰ ابداع کرد و در ابتدا برای تصمیم‌گیری‌های انفرادی در محیطی متلاطم و فازی به کار رفت (ساعتی، ۱۹۷۷: ۲۳۴). سپس در دهه هشتاد به چگونگی استفاده از آن در تصمیم‌گیری‌های گروهی پرداخته شد. استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی در تصمیم‌گیری‌های گروهی موجب خواهد شد که نه تنها مزایای روش‌های تصمیم‌گیری گروهی حفظ شود، بلکه معایب آنها (همانند سرعت، هزینه و تک‌فکری) برطرف شود. توماس ساعتی (بنیانگذار این روش) چهار اصل شرط معکوسی<sup>۱</sup>، همگنی<sup>۲</sup>، وابستگی<sup>۳</sup> و انتظارات<sup>۴</sup> را اصول روش تحلیل سلسله‌مراتبی دانسته و تمام محاسبات، قوانین و مقررات را بر این اصول بنا نهاده است (ساعتی، ۱۹۸۰: ۴۲۶).

اولین گام در روش تحلیل سلسله‌مراتبی، ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی است. سلسله‌مراتبی نمایشی گرافیکی از مسئله پیچیده واقعی است که در رأس آن هدف کلی مسئله و در سطوح بعدی معیارها، شاخص‌ها و گزینه‌های تصمیم قرار دارد (شکل ۲). در این تحقیق با استفاده از روش پرسش‌نامه دلفی معیارها تعیین شد.

1. Reciprocal Condition
2. Homogeneity
3. Dependency
4. Expectations



شکل ۲. نمونه‌ای کلی از ساختاری سلسله‌مراتبی

مرحله دوم مقایسه زوجی و محاسبه وزن‌ها در روش تحلیل سلسله‌مراتبی است که عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط به خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می‌شود و این وزن، وزن نسبی نامیده می‌شود (قدسی‌پور، ۱۳۸۷: ۱۴) (جدول ۱). سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌شود که آن را وزن مطلق می‌گویند. در این مرحله، بیشترین وزن به لایه‌ای تعلق می‌گیرد که بیشترین تأثیر را در تعیین هدف دارد (سیف و کارگر، ۱۳۹۰: ۷۵). برای تعیین اراضی مناسب و به دست آوردن مقدار اثرگذاری هر کدام از عوامل استفاده‌شده، از مفهوم نرمال‌سازی و میانگین موزون استفاده شد؛ به این معنا که هر کدام از گزینه‌های مختلف را بر اساس نتایج، از نظر هر معیار با یکدیگر مقایسه کرده و سپس از طریق میانگین وزنی نرمال شد و به این صورت اولویت هر گزینه مشخص شد.

گام نهایی نیز بررسی سازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی است. روش تحلیل سلسله‌مراتبی، ناسازگاری کلی قضاوت‌ها را با استفاده از مقدار سازگاری<sup>۱</sup> محاسبه می‌کند. مقدار سازگاری محاسبه‌شده باید ۱۰ درصد یا کمتر باشد. اگر این مقدار از ۱۰ درصد بیشتر باشد، ممکن است قضاوت‌ها به صورت متضاد باشد و باید در آنها تجدید نظر کرد.

جدول ۱. مقادیر ترجیح‌ها و وزن‌دهی به عوامل بر اساس مقایسه‌های زوجی

شرح	تعریف	درجه اهمیت
دو عنصر به طور یکسان در فعالیت سهیم‌اند.	اهمیت یکسان	۱
عنصری به عنصر دیگر تاحدی ترجیح داده می‌شود.	تا حدودی مرجح	۳
عنصری به عنصر دیگر به طور کامل ترجیح داده می‌شود.	اهمیت شدید	۵
عنصری به عنصر دیگر بسیار ترجیح داده می‌شود.	اهمیت بسیار شدید	۷
عنصری به عنصر دیگر بسیار زیاد ترجیح داده شده، در عمل نیز ثابت می‌شود	اهمیت فوق‌العاده زیاد	۹
ارزش‌های بینابین در قضاوت		۲، ۴، ۶، ۸

### ۳. یافته‌های تحقیق

#### ۱.۳. تعیین ساختار سلسله‌مراتبی

به منظور دستیابی به هدف این پژوهش، با استفاده از پرسشنامه، معیارهای محیط‌زیستی، فنی، اقتصادی و اجتماعی، چهار معیار اصلی تحقیق در نظر گرفته شد (جدول ۲). لایه‌های رقومی هریک از شاخص‌ها، با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تهیه و استفاده شد.

جدول ۲. ساختار سلسله‌مراتبی تعیین اراضی مناسب پرورش آرتمیا در پلایای سیاه‌کوه

تعیین اراضی مناسب پرورش				هدف
زیرساخت، اقتصادی و اجتماعی		فنی		معیار
کاربری اراضی	انرژی	راه	اقلیم	معیار
			خاک	معیار
			توپوگرافی	معیار
			آب	معیار
			پوشش گیاهی	معیار
			ژئومورفولوژی	معیار
			شاخص	معیار
اراضی مناسب - اراضی نامناسب				گزینه
				تصمیم

#### ۱.۱.۳. معیار محیط‌زیستی

با توجه به اینکه یکی از اجزای جدایی‌ناپذیر توسعه پایدار، حفظ استانداردهای محیط‌زیستی و تلاش برای کاستن مضرات آن است، شاخص‌های مربوط به این عامل، در صدر نظرسنجی‌ها قرار گرفت.

##### ۱.۱.۱.۳. شاخص ژئومورفولوژی

با توجه به اینکه در پایان دوره پرورش، پس از تبخیر آب، تجمع نمک و املاح را شاهد خواهیم بود، برای جلوگیری از فرسایش بادی املاح به‌جامانده و تخریب مناطق پایین‌دست محل پرورش، بر اساس نظرسنجی به‌عمل‌آمده در این تحقیق، نوع‌ها و رخساره‌های ژئومورفولوژی که دارای سطح ایستایی، کیفیت و کمیت مناسب اجرای این‌گونه طرح‌ها (از جمله نوع جلگه رسی) باشد، به‌مثابه رخساره‌های مناسب تعیین و با استفاده از عکس‌های هوایی و لایه رقومی تولیدشده و نیز کنترل صحرایی، اراضی مناسب مشخص شد.

##### ۲.۱.۱.۳. شاخص پوشش گیاهی

با توجه به اینکه پوشش گیاهی در مناطق بیابانی، کانون‌های سازنده‌ای برای حفاظت و بهبود منابع آب و خاک منطقه است، به‌منظور جلوگیری از تخریب چنین عرصه‌هایی که آنها را تبدیل به کانون‌های مخرب که موجب گسترش شوری آب و خاک و بروز عوامل نامساعد مانند فرسایش بادی و ... خواهد کرد، عرصه‌های فاقد پوشش گیاهی مد نظر قرار گرفت و با استفاده از نقشه رقومی ۱:۵۰۰۰۰ گونه‌های گیاهی موجود در منطقه مشخص شد.

### ۲.۱.۳. معیار فنی

#### ۱.۲.۱.۳. شاخص آب

با توجه به اهمیت و تأثیر شاخص آب در پرورش آبزیان، در این تحقیق بود و نبود (مقدار آب) و نیز در گام بعدی کیفیت آب (شوری ۸۰-۱۲۰ گرم در لیتر) موجود، تعیین و با استفاده از بیلان آبی و آمار و اطلاعات منابع آب منطقه (وزارت نیرو، ۱۳۹۲) بررسی شد.

#### ۲.۲.۱.۳. شاخص توپوگرافی

در زمینه عامل توپوگرافی، دو زیر شاخص شیب و ارتفاع از سطح دریا نظر سنجی شد که با توجه به شرایط موجود در واحد پالایا، شاخص شیب، شاخص تأثیرگذار دانسته شد؛ بنابراین شیب‌های صفر تا دو درصد، عرصه‌های مناسبی برای احداث در نظر گرفته شد که با استفاده از لایه‌های رقومی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ مشخص شد.

#### ۳.۲.۱.۳. شاخص خاک

برای جلوگیری از هدرروی آب، مقدار نفوذپذیری یا نشت آب باید کمینه باشد؛ بنابراین عرصه‌های دارای خاک‌های رسی سنگین با مقدار بسیار کمی شن، بسترهای مناسبی تشخیص داده شد و با استفاده از نمونه‌برداری در واحدها و بررسی نمونه‌ها در آزمایشگاه، بافت خاک در واحدهای منتخب (دارا بودن شرایط معیار محیط‌زیستی) تعیین شد.

#### ۴.۲.۱.۳. شاخص‌های اقلیمی

با توجه به اهمیت شاخص‌های اقلیمی از جمله باران، دما و تبخیر در مقدار آب دسترس‌پذیر و با توجه به نظرسنجی انجام گرفته، این عوامل شاخص‌های اقلیمی تأثیرگذار و مهم دانسته شد و با استفاده از آمار و اطلاعات به‌دست‌آمده از ایستگاه چاه افضل (تنها ایستگاه هواشناسی موجود در منطقه) و نیز ایستگاه‌های موجود در اطراف منطقه و نقشه‌های رقومی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های هم‌باران، هم‌دما و هم‌تبخیر منطقه ترسیم شد و مناطق دارای بیشترین بارش و کمترین تبخیر مشخص شد.

### ۳.۱.۳. معیار زیرساخت، اقتصادی و اجتماعی

در این معیار، شاخص‌های دسترسی به راه و انرژی، سود و هزینه و در نهایت پذیرش و عدم پذیرش ساکنان منطقه (از طریق مصاحبه با بهره‌برداران) شاخص‌های تأثیرگذار دانسته شد و با استفاده از نقشه‌های رقومی توپوگرافی و کاربری اراضی ۱:۵۰۰۰۰، مناطق واقع در محدوده نزدیک به منابع انرژی و راه و نیز مناطق فاقد کاربری مستثنیات، اراضی مناسب در نظر گرفته شد.

### ۲.۳. محاسبه وزن‌ها

برای مقایسه و تعیین وزن هریک از معیارها، ماتریس  $3 \times 3$  به صورت جدول ۳ تعریف شد. سپس با مقایسه دو به دو عناصر ماتریس، مقادیر مربوط به آنها اختصاص یافت. آنگاه میانگین ماتریس‌ها محاسبه شد؛ از این میانگین به مثابه بردار وزن معیار (وزن نسبی) در این سطح استفاده می‌شود. برای محاسبه مقادیر و بردار ویژه، هر سلول ماتریس بر جمع ستون‌ها تقسیم شد تا با این عمل ماتریس نرمال شود (جدول ۴).

در مرحله بعد، با توجه به عوامل مؤثر در تعیین اراضی مناسب پرورش، سطح دو (شاخص‌ها) همانند مراحل قبل با یکدیگر مقایسه شد. ابتدا ماتریسی به ابعاد  $9 \times 9$  تشکیل و سپس عوامل گوناگون، دوتایی با یکدیگر مقایسه شد و مقادیر مربوط به آنها اختصاص یافت (جدول ۵).

جدول ۳. ماتریس وزن‌دهی به معیارها

معیار	محیط‌زیستی	فنی	اقتصادی و اجتماعی
محیط‌زیستی	۱	۹	۹
فنی	۰/۱۱	۱	۷
اقتصادی و اجتماعی	۰/۱۱	۰/۱۴	۱
مجموع ستون‌ها	۱/۲۲	۱۰/۱۴	۱۷

جدول ۴. ماتریس نرمال‌شده معیارها

معیار	محیط‌زیستی	فنی	اقتصادی و اجتماعی	میانگین سطرها
محیط‌زیستی	۰/۸۲	۰/۸۹	۰/۵۳	۰/۷۵
فنی	۰/۰۹	۰/۱	۰/۴۱	۰/۲
اقتصادی و اجتماعی	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۵
مجموع ستون‌ها	۱	۱	۱	۱

جدول ۵. ماتریس وزن‌دهی به زیرمعیارها (شاخص‌ها)

شاخص	ژئومورفولوژی	پوشش گیاهی	آب	توپوگرافی	خاک	اقلیم	انرژی	راه	کاربری اراضی
ژئومورفولوژی	۱	۸	۷	۷	۹	۹	۹	۹	۷
پوشش گیاهی	۰/۱۳	۱	۵	۷	۷	۷	۵	۵	۵
آب	۰/۱۴	۰/۲	۱	۷	۶	۵	۵	۵	۳
توپوگرافی	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۱	۵	۷	۳	۳	۲
خاک	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲	۱	۳	۰/۲	۰/۳۳	۰/۱۴
اقلیم	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۲	۰/۱۴	۰/۳۳	۱	۰/۱۴	۰/۲	۰/۱۴
انرژی	۰/۱۱	۰/۲	۰/۲	۰/۳۳	۵	۷	۱	۵	۰/۳۳
راه	۰/۱۱	۰/۲	۰/۲	۰/۳۳	۳	۵	۰/۲	۱	۰/۱۴
کاربری اراضی	۰/۱۴	۰/۲	۰/۳۳	۰/۵	۷	۷	۳	۷	۱
جمع ستون‌ها	۱/۹۹	۱۰/۲۲	۱۴/۲۴	۲۳/۵	۴۳/۳۳	۵۱	۲۶/۵۴	۳۵/۵۳	۱۸/۷۵



برای محاسبه مقادیر و بردار ویژه، ستون‌ها با هم جمع و هر سلول ماتریس بر مجموع ستون مربوط تقسیم شد. در نهایت، مقدار سازگاری برای عوامل سطح دو (شاخص‌ها) محاسبه شد (جدول ۶). در گام بعدی، به منظور تعیین وزن گزینه‌های نهایی مانند مراحل تشریح‌شده پیشین عمل شد و وزن‌ها برای گزینه‌های موجود محاسبه شد (جدول‌های ۷ و ۸).

جدول ۶. ماتریس نرمال‌شده زیرمعیارها (شاخص‌ها)

میانگین	کاربری اراضی	راه	انرژی	اقلیم	خاک	توپوگرافی	آب	پوشش گیاهی	ژئومورفولوژی	شاخص
۰/۵۰۳	۰/۷۸۳	۰/۴۹۲	۰/۲۹۸	۰/۲۰۸	۰/۱۷۶	۰/۳۳۹	۰/۲۵۳	۰/۳۷۳	۰/۵۰۳	ژئومورفولوژی
۰/۰۶۵	۰/۰۹۸	۰/۳۵۱	۰/۲۹۸	۰/۱۶۲	۰/۱۳۷	۰/۱۸۸	۰/۱۴۱	۰/۲۶۷	۰/۰۶۵	پوشش گیاهی
۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۲۹۸	۰/۱۳۸	۰/۰۹۸	۰/۱۸۸	۰/۱۴۱	۰/۱۶	۰/۰۷	آب
۰/۰۷	۰/۰۱۴	۰/۰۱	۰/۰۴۳	۰/۱۱۵	۰/۱۳۷	۰/۱۱۳	۰/۰۸۴	۰/۱۰۷	۰/۰۷	توپوگرافی
۰/۰۵۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۲	۰/۰۰۹	۰/۰۲۳	۰/۰۵۹	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۷	۰/۰۵۵	خاک
۰/۰۵۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۵۵	اقلیم
۰/۰۵۵	۰/۰۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۱۱۵	۰/۱۳۷	۰/۰۳۸	۰/۱۴۱	۰/۰۱۸	۰/۰۵۵	انرژی
۰/۰۵۵	۰/۰۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۶۹	۰/۰۹۸	۰/۰۰۸	۰/۰۲۸	۰/۰۰۷	۰/۰۵۵	راه
۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱	۰/۱۶۲	۰/۱۳۷	۰/۱۱۳	۰/۱۹۷	۰/۰۵۳	۰/۰۷	کاربری اراضی
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	جمع ستون‌ها

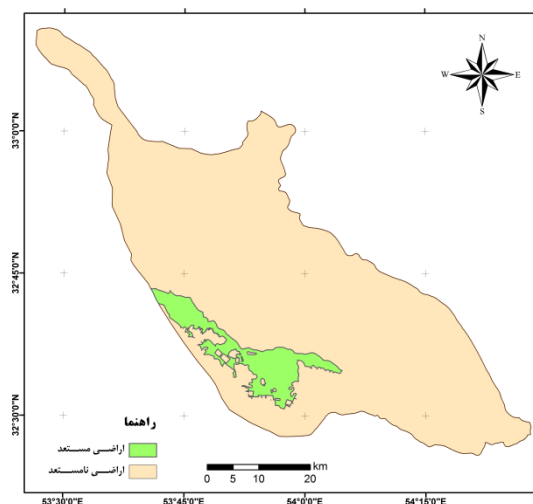
جدول ۷. ماتریس وزن‌دهی اراضی مناسب و نامناسب (گزینه‌ها)

گزینه‌ها	اراضی مناسب	اراضی نامناسب
اراضی مناسب	۱	۹
اراضی نامناسب	۰/۱۱	۱
جمع ستون‌ها	۱/۱۱	۱۰

جدول ۸. ماتریس نرمال‌شده اراضی مناسب و نامناسب (گزینه‌ها)

گزینه‌ها	اراضی مناسب	اراضی نامناسب
اراضی مناسب	۰/۹	۰/۱
اراضی نامناسب	۰/۱	۰/۹
جمع ستون‌ها	۱	۱

در پایان، وزن نهایی هریک از عوامل مؤثر در تعیین اراضی مناسب پرورش بر اساس حاصل ضرب ضرایب محاسبه شده هر عامل در لایه اطلاعاتی محاسبه و اراضی مناسب و مستعد تعیین شد (شکل ۳).



شکل ۳. محدوده اراضی مناسب در منطقه پژوهش

#### ۴. نتیجه گیری

نتایج تحقیق در زمینه استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است، بیان‌کننده این مطلب بود که با در نظر داشتن شرایط شکننده بوم‌سازگان‌های بیابانی، هرگونه ورود به این مناطق باید با اولویت شرایط خاص محیطی این مناطق باشد تا نتایج زیانبار احتمالی آن تحت‌الشعاع سود اقتصادی طرح‌های توسعه‌ای در این مناطق قرار نگیرد و هر توسعه‌ای در این‌گونه مناطق بر اساس ضرورت‌های توسعه پایدار صورت پذیرد.

تجربیات داخلی و خارجی مرتبط با موضوع پرورش و احداث زیستگاه‌های مصنوعی آبزیان، همگی حاکی از وجود دیدگاه غالب فنی و اقتصادی در این‌گونه طرح‌هاست (مانند سامانی و دلاور، ۱۳۸۹: ۴۶؛ سیلوا و همکاران، ۲۰۱۱: ۱؛ شهادت‌حسین و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۱۹؛ نظریور و همکاران، ۱۳۹۰: ۱)؛ اما دستیابی به موفقیت در این‌گونه طرح‌های توسعه‌ای، نیازمند مشارکت مردمی و نیز در نظر داشتن شرایط آینده منابع طبیعی و محیط زیست محل اجرای طرح و به‌طور کلی توجه به تمام عوامل مؤثر و تأثیرگذار در فرایند تصمیم‌گیری و دوری از نگاه یک‌سویه به مسئله است. با توجه به اینکه هدف این تحقیق تعیین اراضی مناسب پرورش آرتمیا در منطقه بیابانی بود، عوامل فنی از جمله عامل توپوگرافی، منابع آب، بافت خاک و عوامل اقلیمی و زیرساخت‌های مورد نیاز و عوامل اقتصادی و اجتماعی (دسترسی به انرژی برق و جاده) در کنار عوامل محیط‌زیستی شامل عدم آثار مخرب محیط‌زیستی ناشی از انتشار املاح و نمک‌ها بر اراضی اطراف طی ماه‌هایی که به دلیل نبود منابع آب شور مورد نیاز، حوضچه‌های پرورش خشک است و نیز عدم آسیب به عرصه‌های دارای پوشش گیاهی بیابانی، از اهمیت و وزن بیشتری نسبت به دیگر عوامل برخوردار است.

نتایج تحقیق حاکی از آن بود که در منطقه پژوهش، محدوده گونه ژئومورفولوژی جلگه رسی به دلیل دریافت جریان‌های سیلابی و امکان تثبیت رسوبات و املاح موجود در این سیلاب‌ها پس از تبخیر و خشک شدن آب شور، دارای

اولویت و محدوده مناسب و پایه ارزیابی و پایش معیارها و شاخص‌های دیگر است. با توجه به گسترش این گونه در سطح منطقه پژوهش و نیز ارزیابی معیارهای فنی و اقتصادی و اجتماعی، محدوده اراضی این گونه واقع در غرب و جنوب غرب منطقه و نزدیک روستای چاه افضل، برای اجرای طرح و توجیه اقتصادی تولید، مستعد و مناسب اجرای طرح توسعه پرورش و احداث زیستگاه‌های مصنوعی آرتمیا در منطقه پلایای سیاه‌کوه، تعیین شد.

همچنین باید توجه داشت که هرچند محدوده گونه ژئومورفولوژی جلگه رسی به دلیل داشتن شرایط شاخص‌های معیار محیط‌زیستی مناسب توسعه در مناطق بیابانی است و محدوده اراضی این گونه واقع در غرب و جنوب غرب منطقه و نزدیک روستای چاه افضل، بر اساس ارزیابی معیارهای فنی، اقتصادی و اجتماعی، مناطق مستعد و مناسب اجرای طرح توسعه پرورش و احداث زیستگاه‌های مصنوعی آرتمیا در منطقه پژوهش تعیین شد، با توجه به توسعه نامناسب اراضی کشاورزی در محدوده اراضی ملی به دلایل واگذاری در قالب طرح مشارکتی منابع طبیعی و مردم (۸۰ درصد مرتعکاری و ۲۰ درصد کشاورزی که مشاهدات میدانی حاکی از عدم اجرای صحیح طرح مذکور و افزایش سطح زیرکشت کشاورزی نسبت به مرتعکاری بود) و نیز کاهش بارندگی و تشدید خشکسالی در حوضه‌های آبخیز بالادست مشرف، عدم قطعیت مقدار منابع آب شور سطحی را افزایش داده، نیازمند آماربرداری دقیق در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر طی فصول آبیگری در محدوده مورد نظر است تا اطمینان کافی از کمیت منابع آب مورد نیاز اجرای طرح حاصل شود و خطرپذیری سرمایه‌گذاری کاهش یابد.

## سیاسگزاری

نویسندگان این مقاله از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، برای حمایت مالی از این پژوهش کمال سپاس را داشته، قدردانی می‌کنند.

## منابع

- احمدی، ح.، محمدخان، ش.، فیض‌نیا، س. و قدوسی، ج. (۱۳۸۴). «ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکت توده‌ای با استفاده از ویژگی‌های کیفی و تحلیل سلسله‌مراتبی سیستم‌ها، مطالعه موردی حوضه آبخیز طالقان». مجله منابع طبیعی ایران. ش ۵۸. ج ۱. ص ۳-۱۴.
- اردکانی، ط.، دانه‌کار، ا.، کرمی، م.، عقیقی، ح.، رفیعی، غ. و عرفانی، م. (۱۳۹۰). «زون‌بندی خلیج چابهار با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمتغیره جهت کاربری تفرج متمرکز». فصلنامه جغرافیا و آمایش سرزمین. ش ۱. ص ۱-۲۰.
- داداش‌پور، ه.، خدابخش، ح.ر. و رفیعیان، م. (۱۳۹۱). «تحلیل فضایی و مکانی مراکز اسکان موقت با استفاده از تلفیق فرایند تحلیل شبکه‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی». مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی. ش ۱. ص ۱۱-۱۳۱.
- دریجانی، ع.، شاه‌حسینی دستجردی، س. و شاهنوشی، ن. (۱۳۹۰). «تعیین اولویت‌های مدیریت ریسک خشکسالی در بخش کشاورزی شهرستان گنبدکاووس با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی». اقتصاد کشاورزی. ج ۵. ش ۱. ص ۳۱-۵۹.
- سامانی، ج.م.و. و دلاور، م. (۱۳۸۹). «کاربرد فرایند تحلیل شبکه‌ای در اولویت‌بندی ساختگاه‌های پرورش میگو». تحقیقات منابع آب ایران. ص ۴۶-۵۶.
- سلمان ماهینی، ع.ر.، ریاضی، ب.، نعیمی، ب.، بابایی کفایی، س. و جوادی لاریجانی، ع. (۱۳۸۸). «ارزیابی توان طبیعت‌گردی شهرستان بهشهر بر مبنای روش ارزیابی چندمعیاره با استفاده از GIS». علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۱۱. ش ۱. ص ۱۸۷-۱۹۸.

- سیف، ع. و کارگر، ا. (۱۳۹۰). «پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و سیستم جغرافیایی، مطالعه موردی: حوضه آبریز سیرجان». فصل‌نامه جغرافیای طبیعی. س ۴. ش ۱۲. ص ۷۵-۹۰.
- عشوری، پ. و فریادی، ش. (۱۳۸۹). «ارزیابی توانایی مناطق طبیعت‌گردی با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل چندمعیاره (مطالعه موردی: دهستان لواسان کوچک)». محیط‌شناسی. سال ۳۶. ش ۵. ص ۱-۱۲.
- فاتحی، پ.، نمیرانیان، م.، درویش‌صفت، ع.ا. و فتاحی، م. (۱۳۸۸). «بررسی الگوی مناسب سازماندهی مکانی جنگل در زاگرس شمالی». نشریه جنگل و فراورده‌های چوب. دوره ۶۲. ش ۴. ص ۴۱۷-۴۲۸.
- قاسمی، س.ع. و دانش، ش. (۱۳۹۱). «کاربرد روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی در تعیین گزینه بهینه نمک‌زدایی از آب‌های لب شور». نشریه آب و خاک. ج ۲۶. ش ۴. ص ۹۹۹-۱۰۰۹.
- قدسی‌پور، س.ح. (۱۳۸۷). فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی. تهران: انتشارات دانشگاه امیرکبیر.
- کریمی، ع.، مهردادی، ن.، هاشمیان، س.، نبی‌بیدهندی، غ. و توکلی‌مقدم، ر. (۱۳۸۹). «انتخاب فرایند بهینه تصفیه فاضلاب با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی». آب و فاضلاب. ش ۴. ص ۲-۱۲.
- مرتضوی، م.، زارعی، ع. و رعنائی، ح. (۱۳۸۵). «اولویت‌بندی طرح‌های تحقیقات کشاورزی با تأکید بر فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی». پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ش ۷۲. ص ۲-۱۴.
- نادری، ن.، محسنی ساروی، م.، ملکیان، آ. و قاسمیان، د. (۱۳۹۰). «فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی تکنیکی برای تصمیم‌گیری در حوضه‌های آبخیز». محیط زیست و توسعه. س ۲. ش ۴. پاییز و زمستان. ص ۴۱-۵۰.
- نظرپور، ع.ر.، نعمت‌الهی، م.ع. و دانه‌کار، ا. (۱۳۹۰). «مکان‌یابی زمین‌های مناسب برای پرورش آرتمیا با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره مکانی در شهرستان قم». پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته تکثیر و پرورش آبزیان. دانشگاه تهران.
- Ahmadi, H., Mohammadkhan, Sh, Feiznia, S. and Ghoddousi, J. (2006). "A Modeling of Mass Movement Hazard, Case Study: Taleghan Drainage Catchment". Iranian Natural Resources Journal. 58. pp. 3-14. (In Persian).
- Ardakani, T., Danehkar, A., Karami, M., Aghighi, H. Rafiei, Gh.R. and Erfani, M. (2012). "Chahbahar gulf zoning using multi criteria decision making model for promenade use". Makan Journal. 1. pp. 1-20. (In Persian).
- Ashouri, P. and Fariadi, Sh. (2011). "Ecotourism region potential assessment using multi criteria analysis (Case study: Lavasan-e-Kouchak)". Environment Journal. 55. pp. 1-12. (In Persian).
- Dadashpour, H., Khodabakhsh, H.R. and Rafieian, M. (2013). "Special analysis and temporary habitancy site selection using network analysis process and GIS hybrid method". Journal of Geography and Environmental Risks. 1. pp. 111-131. (In Persian).
- Darijani, A., Shahhoseini, S. and Shahnoushi, N. (2012). "Drought risk management priorities determination in agricultural part of Gonbad-e-kavous using Analytical Hierarchy Process". Agricultural Economy. 5. pp. 37-59. (In Persian).
- Fatehi, P., Namiranian, M., Darvish-sefat, A.A. and Fattahi, M. (2011). "The study of suitable forest territorial organization in the northern Zagros". Journal of Forest and Wood Productions. 62. pp. 417-428. (In Persian).
- Ghassemi, S.A. and Danesh, Sh. (2013). "Application of Fuzzy Analytical Hierarchy Process in Determining the Optimum Alternative of Brackish water Desalination". Journal of Water and Soil. 26. pp. 999-1009. (In Persian).
- Ghodsipour S.H. (2009). Analytical Hierarchy Process. Tehran: Amirkabir University of Technology Press Center. (In Persian).
- Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making methods and application. New York: Springer-Verlag.
- Karimi, A., Mehrdadi, N., Hashemian, S.J., Nabi-Bidhendi, Gh. and Tavakoli-Moghadam, R. (2011). "Optimal process selection of wastewater treatment using AHP model". Water and Wastewater. 4. pp. 2-12. (In Persian).
- Lin, S. (2010). "GIS-based Multi-criteria Analysis for Aquaculture Site Selection". B.Sc. thesis. University of Gavle. P. 51.

- Mortazavi, M., Zeraei, A. and Ranaei, H. (2007). "Priority setting in agriculture program and projects research by analytic hierarchy process (AHP)". Pajouhesh & Sazandegi. 72. pp. 2-14. (In Persian).
- Naderi, N., Mohseni-Saravi, M., Malekian, A. and Ghasemian, D. (2012). "Analytic hierarchy process, a technic for decision making in watersheds". Environment and Development. 4. pp. 41-50. (In Persian).
- Nazar-pour, A.R., Nematollahi, M.A. and Daneh-kar, A. (2011). "Site selection for Artemia culture using spatial multi criteria method in Qom province". M.Sc. Thesis of reproduction and aquaculture. University of Tehran. (In Persian).
- Nyoman Radiarta, I., Saitoh, S. and Miyazono, I. (2008). "GIS-based multi-criteria evaluation models for identifying suitable sites for Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) aquaculture in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan". Aquaculture. 284. pp. 127-135.
- Saaty, T.L. (1977). "A Scaling method for priorities in hierarchical structures". Journal of Mathematical Psychology. 13. pp. 234-281.
- \_\_\_\_\_ (1980). The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill.
- Salam, M.A., Lindsay, G.R. and Beveridge, M.C.M. (2003). "A Comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in south-western Bangladesh, using GIS modeling". Aquaculture. 220. pp. 477-494.
- Samani, J.M.V. and Delavar, M. (2011). "Application of Analytical Network Process (ANP) for prioritize shrimp culture sites". Iranian Water Resources Research. 2. pp. 46-56. (In Persian).
- Salman-Mahini, A., Riazi, B., Naeimi, B., Babaie-Kafaei, S. and Javadi-Larijani, A. (2010). "Behshahr ecotourism evaluation base on multi criteria assessment using GIS". Environment Technology and Science. 11. pp. 187-198. (In Persian).
- Seif, A. and Kargar, A. (2012). "Groundwater potential using analytical hierarchy process and GIS, Case study: Sirjan catchment". Natural Geography. 12. pp. 75-90. (In Persian).
- Shahadat-Hossain, M., Chowdhury, S.R., Das, N.G., Sharifuzzaman, S.M. and Sultana, A. (2009). "Integration of GIS and multi criteria decision analysis for urban aquaculture development in Bangladesh". Landscape and Urban Planning. 90. pp. 119-133.
- Silva, C., Ferreira, J.G., Bricker, S.B., DelValls, T.A., Martín-Díaz, M.L. and Yáñez, E. (2011). "Site selection for shellfish aquaculture by means of GIS and farm-scale models, with an emphasis on data-poor environments". Aquaculture. Vol. 318. Issues 3-4. pp. 444-457.