مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره بیست و هفت، شماره نه، آذرنماه ۱۴۰۴ (۲۹-۴۶)

مکان‌یابی مناطق مناسب جهت پرورش آرتمیا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و به کارگیری روش AHP و FAHP (مطالعه موردی استان البرز – دشت اشتهارد)

سید زین العابدین حسینی [1*]
zhosseini@yazd.ac.ir
سید علی الحسینی المدرسی [2]
محبوبه بهرامی [3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۹ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۸**

چکیده

زمینه و هدف: یکی از مهم‌ترین دغدغه‌ها در مدیریت شیلاتی، یافت مناطق و پهنه‌های مناسب به‌منظور سرمایه‌گذاری در بخش آبزی پروری با رویکرد توسعه پایدار است. کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) یکی از مهم ترین عوامل موفقیت در توسعه آبزی پروری است .با توجه به اقلیم مناسب و دارابودن منابع آبی با شوری مناسب، شناسایی پهنه‌های مناسب آرتمیا به‌منظور بازسازی ذخائر آن در استان البرز (دشت اشتهارد) ضروری می‌باشد.

روش بررسی: در این تحقیق استفاده از سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی جهت مکان‌یابی مناطق مناسب برای پرورش آرتمیا (مطالعه موردی استان البرز – منطقه اشتهارد) ارائه می‌شود. به‌منظور ایجاد مدل، در ابتدا با توجه به نظرات کارشناسی، معیارهای موثر شناسایی و برای هر کدام از معیارها، نقشه مربوطه در محیط GIS تهیه گردید. سپس برای هر کدام از معیارها طبقات مناسبت تعریف و بر اساس آن لایه‌های اطلاعاتی طبقه‌بندی می‌شوند. در مرحله بعد به هر کدام از معیارها با استفاده از روش AHP و با توجه به میزان اطمینان تصمیم گیران در مورد قضاوت خود (مقادیر مختلف) وزنی تعلق می‌گیرد. پس از اعمال امتیاز کلاس یک از معیارها و وزن خود معیار و استفاده از عملگرهای مدل منطق فازی، لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS با یکدیگر تلفیق شده و مطلوبیت مناسبت نهایی پیکسل‌ها در نقشه خروجی به دست آمد و نتایج حاصل از اجرای مدل‌ها مقایسه و مدل مناسب ارایه گردید و در نهایت نقشه مناطق مناسب جهت پرورش آرتمیا تولید شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بر اساس نظر سنجی‌های کارشناسی انجام شده معیارهای زمین شناختی و هیدرولوژیکی که شامل جنس خاک و منابع آب می‌باشد، از سایر معیارها مهمتر و جایگاه بالاتر و ویژه ای برخودار بوده اند.

بحث و نتیجه‌گیری: دستاوردهای این پژوهش نشان داد که با استفاده از از سیستم اطلاعات جغرافیایی و به کارگیری روش AHP, FAHP می‌توان مکان یابی مناطق مناسب جهت پرورش آرتمیا انجام داد.

واژه‌های کلیدی: مکان یابی، تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، FAHP، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، دشت اشتهارد.

[1] دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران *(مسوول مکاتبات)
[2] استاد گروه جغرافیاو برنامه ریزی شهری، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران
[3] کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

J. Env. Sci. Tech., Vol. 27, No. 9, November, 2025

Site selection of suitable plane for breeding Artemia using GIS, AHP, FAHP (Case study: albourz province-eshtehard plain zone)

Seyed Zeynalabedin Hosseini[1]*
zhosseini@yazd.ac.ir
Seyed Ali Alhosseni Almodaresi [2]
Mahboubeh bahrami [3]

Accepted Date: June 19, 2025 Date Received: August 19, 2025

Abstract
Background and Objective: One of the primary concerns in fisheries management is identifying suitable areas for investment in the aquaculture sector with a focus on sustainable development. The use of Geographic Information Systems (GIS) is crucial for successful aquaculture development. Given the suitable climate and availability of water resources with appropriate salinity, it is essential to identify optimal areas for Artemia to help restore its reserves in Alborz Province (Eshtehard Plain).
Method: In this study, the use of a spatial decision support system is presented to locate suitable areas for Artemia cultivation (case study Alborz province - Eshtehard region). In order to create a model, effective criteria were initially identified according to expert opinions, and a relevant map was prepared for each criterion in the GIS environment. Then, suitability classes were defined for each criterion, and information layers were classified based on them. In the next step, different weight values were assigned to each criterion using the AHP method and according to the decision-makers' confidence in their judgment. After applying the class score of the criteria and the weight of the criterion itself, and using the fuzzy logic model operators, the information layers were combined in the GIS environment, and the final suitability desirability of the pixels in the output map was obtained. The results of the model execution were compared, and the appropriate model was presented. Finally, a map of suitable areas for Artemia cultivation was produced.
Results: The results indicated that, based on expert surveys, geological and hydrological criteria—including soil type and water resources—were more important than other criteria and held a higher significance.
Conclusion: This research demonstrated that by utilizing a geographic information system and applying the AHP and FAHP methods, it is possible to identify suitable areas for Artemia cultivation.

[1] Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Desertification, Yazd University, Yazd, Iran *(Correspondence Officer)
[2] Professor, Department of Geography and Urban Planning, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran
[3] Master of Science in Remote Sensing and Geographic Information Systems, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran

Keywords: location, Analytical Hierarchy Process (AHP), FAHP, Geographic Information System (GIS), plain Eshtehard.

مقدمه

در صنایع مختلف آبزی پروری تکثیر و پرورش ماهیان و سخت پوستان آرتمیا دامنه استفاده وسیعی دارد .این موجود تحمل دمای بالا و شوری بالا دارد. امروزه میگوی آب شور (آرتمیا) و تخم مقاوم آن به‌عنوان یک نقش مهمی برای تغذیه مراحل مختلف پرورش و تکثیر انواع آبزیان بعهده دارد. آرتمیا حاوی مقادیر متنوع از پروتئین – چربی و کربوهیدرات جهت تغذیه مراحل اولیه رشد گونه‌های مختلف ماهی و میگو و نوزادان تاس، ماهی قزل آلا و ماهیان زینتی استفاده فراوانی می‌شود. آرتمیا در برخی شرایط نامناسب قادر به تولید تخم در حالت نهفته است که به آن "سیست" اطلاق می‌شود. امروزه بیش از ۲۰۰۰ تن سیست خشک آرتمیا در بازار آبزی پروری تجارت می‌شود. آرتمیا خود به تنهایی قادر به پراکنش خود نمی‌باشد. عواملی چون باد،پرندگان آبزی و کنار آبزی از جمله فلامینگوها مهمترین عامل انتقال این موجود هستند .اگر چه آرتمیا در آب دریا خوب رشد می‌کند ولی از طریق دریا نمی‌تواند به دریاچه شور دیگری منتقل گردد. زیرا بشدت از فشار شکارگری و رقابت پرهیز می‌کند و در شوری‌هایی یافت می‌شود که فشار شکارگری وجود نداشته باشد. آرتمیا علاوه بر آبزی پروری به دلیل کوتاه بودن دوره زندگی‌اش در امور تحقیقاتی ومطالعاتی نظیر مطالعات زیست‌شناسی، بررسی اثرات سموم و آزمایشات سم‌شناسی و همچنین در مزارع تولید نمک،جهت بدست آوردن نمک مرغوب و خالص استفاده می‌گردد. بنابراین مناطق شوره زارهای دشت اشتهارد پتانسیل خوبی برای پرورش آرتمیا دارند. در این پژوهش عوامل مهمی را در انتخاب مکان مناسب برای پرورش آرتمیا اهمیت دارد .یک عامل مناسب بودن زیستگاه‌ها و بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی حاکم بر منطقه می‌باشد .عامل دیگر فاکتورهایی اعم از بافت خاک که در میزان نفوذ اثر دارد. عامل توپوگرافی شامل پستی بلندی‌های منطقه و شیب و ارتفاع از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. عامل دیگر شوری آب و رودخانه و قنات و چاه‌های موجود و کاربری اراضی و نیز عوامل جانبی ولی مهم مانند امکان دسترسی به برق و جاده و ...می‌باشند .به دلیل حساس بودن احداث زیستگاه‌های مصنوعی جهت پرورش آرتمیا، مکان‌یابی اصولی قبل از احداث زیستگاه ضروری می‌باشد. زیرا موفقیت و یا عدم موفقیت می‌تواند سرنوشت پروژه‌ای را تغییر دهد. احتمال اینکه زیستگاه‌های مصنوعی قدیمی جهت پرورش آبزیان مکان‌یابی نامناسبی داشته باشد زیاد بوده به همین دلیل با نا موفقیت‌هایی روبه رو می‌شدند و ضررهای مالی زیادی صورت می‌گرفت. امروزه با توجه به توسعه علم در زمینه سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) و استفاده از روش‌هایی همچون تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و منطق فازی (FAHP) در مکان‌یابی زیستگاه‌های مصنوعی جهت پرورش آبزیان صورت شاهد دقت خوبی در مکان‌یابی زیستگاه‌ها می‌باشیم. روخانه شور (ابهر رود) رودخانه‌ای فصلی است که در شمال شهرستان اشتهارد از غرب به شرق جریان دارد. این رودخانه از کوه‌های جنوب غربی آوج (استان قزوین) سرچشمه می‌گیرد و پس از مشروب کردن دشت‌های ابهر، قزوین، شمال شهرستان اشتهارد و جنوب ساوجبلاغ به رودخانهٔ کرج می‌پیوند. در این منطقه در واقع بر اثر فرسایش رود در ارتفاعات شمالی اشتهارد (ارتفاعات حلقه دره) باتلاق نمکزار به این قسمت زهکشی می‌شود و از این پس رود شور یک مسیر غربی – شرقی را طی کرده است و به علت شیب بسیار کم زمین ، از سرعت این رود کاسته و عمدتاً در زمین نفوذ می‌کند و زمینه ایجاد کویر اشتهارد را باعث می‌شود. با عبور رود شور از این نمکزار بر شوری این آب افزوده شده و در پل آصف الدوله در نزدیکی پلیس راه ماهدشت کاملاً شور شده و به طرف جنوب شرقی جریان می‌یابد و نهایتاً به حوضه آبریز دریاچه مسیل قم می‌ریزد. برای اولین بار در سال ۱۹۳۰ از ناپلیوس آرتمیا در تغذیه بچه ماهیان تازه به تغذیه افتاده استفاده گردید. در پی آن در سال ۱۹۵۰ اولین برداشت از سیست آرتمیا در دریاچه بزرگ نمک در آمریکا آغاز شد و پس از آن با توسعه صنعت پرورش میگو در جهان تقاضای روزافزون برای این آبزی با ارزش رو به فزونی نهاد. بطوریکه استحصال سیست از دریاچه نمک در آمریکا نمی‌توانست پاسخگوی نیاز این صنعت باشد. همین مسئله سبب شد تا تولید سیست در استخرهای خاکی از سال ۱۹۷۲ در کشورهایی چون استرالیا ، برزیل ، آرژانتین و کلمبیا رواج پیدا کند. به دنبال آغاز این فعالیت امروزه کشورهایی چون مصر، ویتنام، چین، ونزوئلا و ... نیز به تولید و صادرات سیست مبادرت ورزیدند. ولی در ایران اولین بار شخصی به نام گونتر در سال ۱۸۹۹ میلادی وجود گونه‌ای از آرتمیا را گزارش نمود و پس از آن، این گونه را به نام آرتمیا ارومیه نامگذاری نمود. استفاده از این گونه اولین بار درسال ۱۳۵۱ توسط آقای دکتر آذری و همکاران جهت تغذیه ماهیان خاویاری در مرکز شهید دکتر بهشتی (کارگاه سد سنگر، رشت) صورت گرفت. در سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۸۰ برای اولین بار برداشت سیست آرتمیا از دریاچه ارومیه به‌منظور استفاده در مراکز تکثیر ماهیان خاویاری انجام شد. در سال ۱۳۷۳ نیز قراردادی با شرکت شیلات دانشگاه گنت بلژیک در رابطه با ارزیابی ذخایر، مطالعات بیولوژی آرتمیای دریاچه ارومیه، آموزش پرسنل واحداث یک مرکز بهره‌برداری سیست و بیوماس منعقد گردید. مطالعات بسیاری با استفاده از توانایی‌های این علم در این زمینه صورت

گرفته است (۱،۲و۳). کشتکار و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به‌کارگیری روش تصمیم‌گیری چند معیاره در تعیین اراضی مناسب به‌منظور استفاده از منابع آب شور در اجرای طرح‌های پرورش آرتمیا در محیط‌های خشک و بیابانی پرداختند. به‌همین منظور و برای تعیین عوامل مهم، ارزش‌گذاری و اولویت‌بندی آنها و تعیین اراضی مناسب از فرایند تحلیل سلسله مراتبی به‌مثابهٔ یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در مناطق بیابانی، بهترین و مناسب‌ترین عرصه‌ها از دیدگاه کارشناسان، لحاظ کردن رخساره‌های ژئومورفولوژی مناسب به‌مثابهٔ اراضی پایهٔ ارزیابی دیگر معیارها و شاخص‌هاست و دیگر معیارها از جمله فنی و اقتصادی و اجتماعی، در درجه‌های بعدی اهمیت قرار گرفت (۴).

حسین جانی و همکاران (۱۳۹۷) به پهنه‌بندی مناطق مناسب جهت احداث کارگاههای پرورش ماهیان سردآبی با استفاده از تلفیق روش AHP/GIS پرداختند. دراین مطالعه شاخص‌ها و ضوابط انتخاب مناطق مناسب پرورش ماهیان سردآبی شامل شاخص‌های زیستی، اقتصادی- اجتماعی و بوم شناختی شناسایی گردیدند. سپس شاخص‌ها در قالب تهیه پرسشنامه و توزیع در بین ۳۶ نفر از کارشناسان و خبرگان شیلاتی براساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و مقایسه زوجی مورد ارزیابی و وزن‌دهی قرار گرفتند. نتایج نشان داد در محدوده مطالعاتی ۰/۴۷ از اراضی حاشیه رودخانه چلوند در استان گیلان به‌عنوان پهنه‌های مناسب احداث کارگاه‌های پرورش ماهیان سردآبی تعیین گردید (۵). بساک و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای به مکان یابی احداث کارگاه های پرورش ماهیان خاویاری با استفاده از روش AHP/ GIS در استان خوزستان پرداختند. پنج دسته معیار اصلی که عبارتند از عوامل اکولوژیکی، عوامل اقلیمی، عوامل طبیعی و محیطی، عوامل اقتصادی و اجتماعی، موانع و محدودیت‌ها و زیستگاه‌های حساس مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد مناسب‌ترین مناطق برای توسعه پرورش ماهیان خاویاری در مناطق شمالی، شمال شرق و شرق و نا مناسب‌ترین در مناطق جنوبی استان می‌باشند (۶).

در این مطالعه به مکان‌یابی مناطق مناسب جهت پرورش آرتمیا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و به کارگیری روش AHP ,FAHP در دشت اشتهارد استان البرز پرداخته شد.

روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP)

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یک روش ریاضی جهت تعیین اهمیت و تقدم معیارها در فرآیند ارزیابی وتصمیم گیری است (۷). این روش به‌عنوان یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند منظوره برای وضعیت‌های پیچیده‌ای که سنجه‌های چندگانه و متضادی دارند، ابزار تصمیم‌گیری نرمش پذیر و در عین حال قوی به شمار می‌رود که اولین بار توسط توماس ال ساعتی در دهه ۱۹۷۰ ابداع شد. کاربرد فضایی این مدل در قالب سیستم اطلاعات جغرافیایی توسط اوسوالد مارینون در نرم افزار ArcGIS به کار گرفته شد. مدل ترکیبی چند شاخصه و GIS نه تنها مبنایی را در بعد فضایی در مرحله شناخت وضع موجود بلکه جهت تصمیم‌گیری برای چگونگی مداخله در فضای جغرافیایی فراهم می‌آورد. در این روش با توجه به سادگی، انعطاف‌پذیری به کارگیری معیارهای کمی و کیفی به طور هم زمان و نیز توانایی بررسی سازگاری در قضاوت‌ها می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به مکان‌یابی کاربرد مطلوبی داشته باشد (۸). مدل تحلیل سلسله مراتبی امکان فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسأله دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را درتصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌بخشد، همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز مدل AHP در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. از این گذشته این مدل بر مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و براساس اصول بدیهی بنا نهاده شده است.

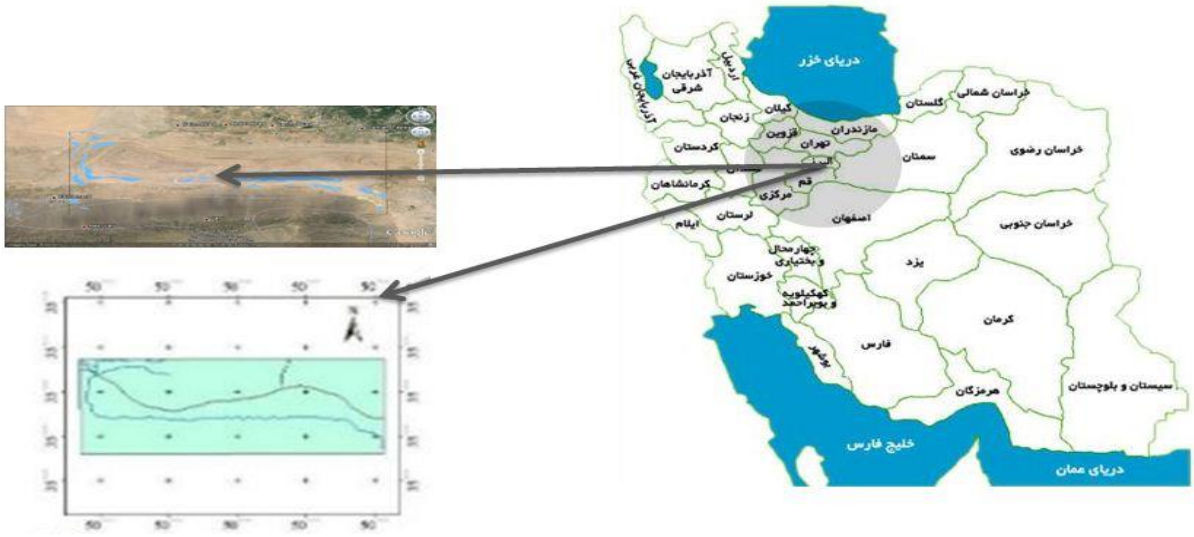
روش منطق فازی

منطق فازی نامی رسمی در علوم است و عبارت است از حالت چند ارزشی مخالف حالت فازی حالت دو ارزشی است که در آن برای هر سؤالی در پاسخ می‌تواند دو جواب وجود داشته باشد، درست یا نادرست یا یک و صفر، فازی بودن به معنای چند ارزشی است که در پاسخ به هر سؤال سه انتخاب یا بیشتر وجود دارد و شاید طیف نامحدودی از انتخاب‌ها را داریم. به این معنی که به جای حالت دودوئی یا باینری از حالت آنالوگ استفاده می‌کنیم و سایه‌های نامحدودی از خاکستری بین سیاه و سفید داریم. اهل منطق در دهه‌های ۱۹۲۰ و۱۹۳۰ اولین بار منطق چند ارزشی را برای کار با اصل عدم قطعیت هایزنبرگ در مکانیک کوانتومی پیش کشیدند. در سال ۱۹۶۵ پروفسور لطفی‌زاده مقاله مجموعه‌های فازی را در مجله اطلاعات و کنترل منتشر ساخت. در این مقاله لطفی‌زاده چیزی را که برتراند راسل، جان لوکاسیه ویچ، ماکس بلک و دیگران آن را ابهام یا چند ارزشی نامیده بودند، فازی نامید. منطق فازی در واقع یک تعمیم ارزشی است این تعمیم صرفاً مشتمل بر

بحث‌های محض و مجرد نیست بلکه این منطق به دلیل توانایی در صورت بندی وجوه تقریبی استدلال، موارد استفاده بسیاری یافته است به صورتی که دراین زمینه ها نقشی کاملاً متفاوت با منطقه‌ای دو ارزشی و چند ارزشی ایفا کرده است (۹).

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه منطقه اشتهارد واقع در استان البرز است و بخشی از شهرستان‌های کرج، ساوجبلاغ و نظرآباد می‌باشد. وسعت این محدوده در محیط نرم افزار GIS برابر با ۴۹۰ کیلومتر مربع محاسبه شده است. شکل (۱) گستره جغرافیایی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. شهر اشتهارد در ۱۲۰ کیلومتری غرب تهران و ۶۳ کیلومتری جنوب کرج قرار دارد. فاصله اشتهارد از شهرستان بویین زهرا نیز در حدود ۲۵ کیلومتر است. اشتهارد به دو ناحیه کوهستانی و دشت تقسیم شده است که بخش عمدهٔ اراضی مسطح آن را دشت‌های شوره‌زار آن تشکیل می‌دهند.



شکل (۱) محدوده مورد مطالعه

Figure (1) Study area

ویژگی‌های زمین‌شناسی

محدوده تحقیق بخشی از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اشتهارد می‌باشد که توسط سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه شده است. این منطقه در قسمت جنوبی البرز واقع شده است و شمالی‌ترین فرونشست ایران مرکزی می‌باشد (۱۰). از نظر سنگ‌شناسی سازندهای کهن‌تر از ائوسن در آن دیده نمی‌شود، به نظر می‌رسد این منطقه در اثر فازهای کوهزایی پیرنه در ائو-الیگوسن تحت تاثیر بالا امدگی البرز شکل گرفته باشد. رسوبات تبخیری دوران سوم به ویژه دوره میوسن در آن دیده می‌شود. شهر اشتهارد روی رسوبات کواترنری ناشی از فرسایش شدید دامنه‌های شمالی و جنوبی و عمل آب‌های جاری قرار گرفته است (۱۱). جنس سنگ کف منطقه از نوع نهشته‌های رسوبی پلیوکواترنری و از کنگلومرای سست با میان لایه‌های ماسه، سیلت و رس است که با دگر شیبی بر روی رسوبات نئوژن (از جنس مارن قرمز،میان لایه های ژیپس و نمک،ماسه سنگ و سیلت و آهک نازک لایه) قرار دارد. نهشته های نئوژن سست و زودفرسا هستند و شرایط آب و هوایی نیز با سرعت دادن به فرآیند هوازدگی و فرسایش بر روی واحدهای زودفرسا ریخت‌شناسی منطقه را در دراز مدت شکل داده‌اند به همین دلیل سنگ‌های نئوژن در مناطق پست دیده می‌شوند (۱۰)، شکل (۲) ساختارهای اصلی زمین‌شناسی در منطقه رانشان می‌دهد.

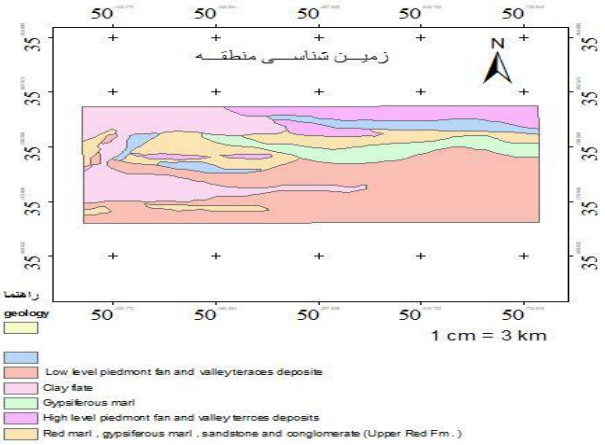
ساختارهای ژئومورفولوژیک منطقه

این محدوده از دو واحد متفاوت ژئومورفولوژیک تشکیل شده است.این دو واحد شامل ارتفاعات شمالی و جنوبی و دشت‌های مسطح در بخش مرکزی تشکیل شده است. ساختمان ژئومورفولوژیک اصلی محدوده اشتهارد شامل دشت باریک و کشیده اشتهارد است که در ضلع شمالی آن راندگی مردآباد و تاقدیس‌هایی هم قابل مشاهده می‌باشد (۱۲). در بخش جنوبی گسل‌های راست‌لغز و معکوس هم قابل مشاهده هستند. بخش میانی آن توسط رودخانه‌ها و شبکه‌های زهکش فرعی و اصلی زهکشی می‌شود و سبب ایجاد زمین‌هایی به صورت پلایا در این محدوده شده است. قدرت حمل بار رسوبی از ارتفاعات به سوی دشت به دلیل عدم پوشش گیاهی مناسب در این منطقه سبب

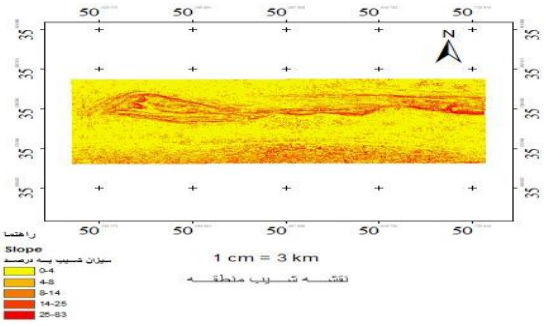
انباشت رسوبات ریزدانه تا متوسط دانه شده است که به دلیل شوری سازندهای نئوژن به صورت پلایا در آمده‌اند.

توپوگرافی

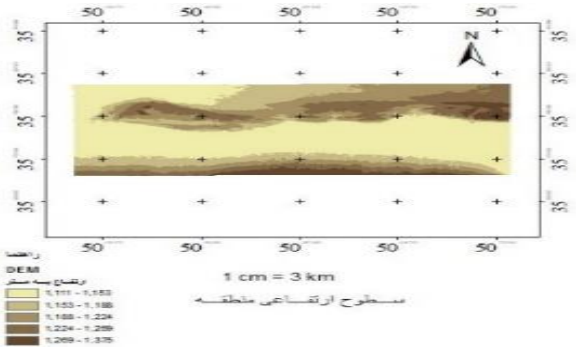
شیب و ارتفاع از پارامترهای موثر در توپوگرافی هر منطقه‌ای می‌باشد. این محدوده بین ارتفاع ۱۱۰۰ تا ۱۳۷۵ متر از سطح دریا قرار گرفته است (شکل ۳) که در مقابل ارتفاعات شمالی آن منطقه کم ارتفاعی به حساب می‌آید. با توجه به شرایط منطقه به نظر می‌رسد که افت این ارتفاع نسبت به قسمت‌های شمالی به سبب وجود گسل‌های جنوبی البرز باشد که به صورت پلکانی به دشت اشتهارد مسلط می‌باشند. از دیگر شاخص‌های توپوگرافیک شیب می‌باشد. شیب در این محدوده به صورت یک روند کاهشی از شمال به جنوب عمل می‌کنند و میزان آن بین صفر تا ۸۳ درصد در نوسان می‌باشد (شکل ۴).



شکل (۲) ساختار زمین‌شناسی در محدوده مورد مطالعه
Figure (2) Geological structure in the study area



شکل (۳) سطوح شیب‌دار در محدوده مورد مطالعه
Figure (3) Sloping surfaces in the study area



شکل (۴) طبقه‌بندی سطوح ارتفاعی در محدوده مورد مطالعه
Figure (4) Classification of elevation levels in the study area

خاک

منطقه مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های خاک و نوع آن به سه نوع تقسیم می‌شود. تمام این خاک‌ها مختص مناطق شور بوده و در آب و هوای گرم و خشک ایجاد شده است. این خاک‌ها به سه نوع تقسیم می‌شوند که عبارتند از آریدی سول‌ها، آنتی‌سول‌ها و خاک‌های پلایا (۱۳).

اریدی سول‌ها (خاک‌های مناطق خشک)

اگر خاکی بیش از نیم سال خشک باشد و بدون اپی پدون مالیک باشد را خاک اریدی سول می‌نامند و به معنی خاک‌های بیابانی، خاک‌های بیابانی قرمز رنگ، سیرزوم، سولونچاک، بعضی از خاک‌های قهوه‌ای یا قهوه‌ای متمایل به قرمز و خاک‌های سولونتز است و در زبان لاتین به معنی خشک است (نقشه ۵).

آنتی سول‌ها (خاک‌هایی که به تازگی تشکیل شده‌اند)

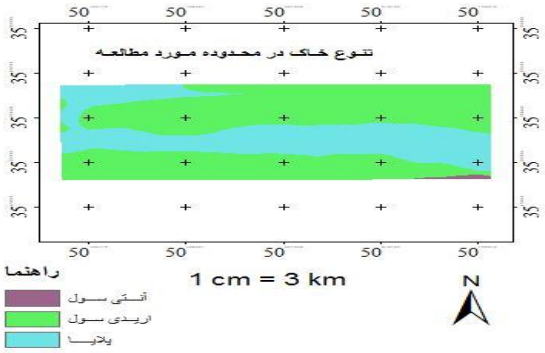
اگر خاکی نشانه‌ای از تکامل افق‌های پیدایش درآن دیده نشود ویا بسیار کم باشد را خاک انتی سول می‌نامند و به معنی خاک‌های آزونال و بعضی از خاک‌های low homic gley است و منشا و ریشه لغتی ندارد.

پلایا

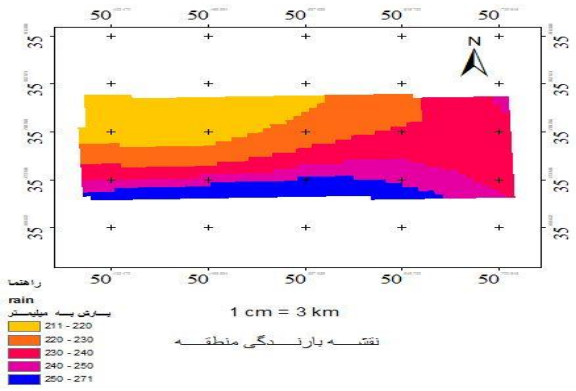
این پهنه‌ها در گروه خاک‌ها قرار نمی‌گیرد بلکه بیشتر پهنه‌هایی هستند که از رس و شن‌هایی با بافت ریز در شرایط آب و هوایی خشک و مرطوب تشکیل شده‌اند و ویژگی اصلی آنها شور بودن آنها می‌باشد.

ویژگی‌های اقلیمی

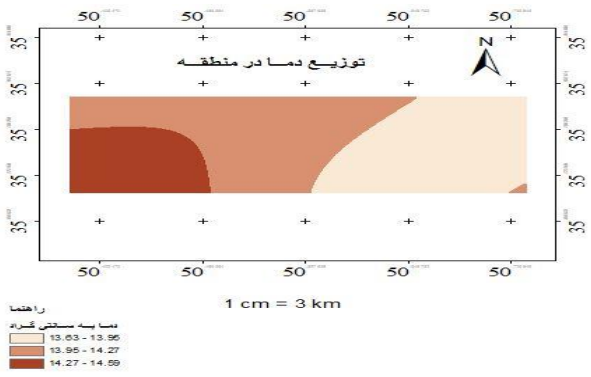
در طبقه‌بندی اقلیمی که انجام گرفت، محدوده مورد مطالعه در اقلیم خشک قرار گرفت. اقلیم های خشک دارای خصوصیاتی می‌باشند که تا حدود زیادی باعث تفاوت آنها با سایر نواحی می‌شود. منطقه اشتهارد نیز یکی از این مناطق می‌باشد. در مورد این محدوده ذکر این نکته ضروری می‌باشد که اقلیم خشک آن مانند اکثر نواحی ایران تحت تاثیر ارتفاع می‌باشد. در نتیجه قرارگیری ارتفاعات البرز در شمال و ارتفاعات پراکنده در جنوب باعث ایجاد یک دشت محصور و خشک شده است. ارتفاعات شمالی سبب جلوگیری از ورود توده‌های مرطوب شمالی می‌شود. برسی‌های هواشناسی در محدوده اشتهارد نشان داد که مقدار بارندگی از نواحی شمال به جنوب سیر کاهشی داشته و ارتباط تنگاتنگی با توپوگرافی دارد (شکل ۶). متوسط بارندگی سالانه در محدوده اشتهارد ۲۷۱ میلیمتر و پرباران‌ترین ماه‌های سال، اسفند و فروردین است. بارندگی در فصل سرد به حدی است که هر ساله سیلاب‌های زمستانه و بهاره اتفاق می‌افتد. متوسط روزانه دما در بهار ۱۷ درجه و در پاییز ۱۰ درجه است که متوسط سالانه آن در حدود ۱۵ درجه سانتیگراد است (شکل۷).



شکل (۵) پراکندگی گونه های خاک در محدوده مورد مطالعه
Figure (5) Distribution of soil types in the study area



شکل(۶)پراکندگی میزان بارش در محدوده مورد مطالعه
Figure (6) Distribution of precipitation in the study area



شکل(۷)توزیع میزان دما(سالیانه) در محدوده مورد مطالعه
Figure (7) Distribution of temperature (annual) in the study area

روش‌های مورد استفاده در تحقیق

در این تحقیق از روش‌های مختلفی برای تهیه داده‌ها و همچنین تجزیه و تحلیل آنها استفاده شده است. روش گردآوری داده‌ها شامل استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی منطقه، بازدیدهای میدانی و استفاده از تصاویرافزار گوگل ارث بوده است. برای تحلیل اطلاعات نیز از روش‌های تجربی برای میزان آبدهی منطقه و برای مکان‌یابی از روش‌های مبتنی بر نرم افزار شامل Arc Gis هم چنین مدل‌های مکان‌یابی شامل مدل تحلیل سلسله مراتبی و فازی استفاده شده است.

روش جاستین

این روش نیز یکی از روش‌های موثر برای تخمین میزان رواناب سالانه در حوضه می‌باشد که برای این کار احتیاج به یک حداقل داده‌هایی وجود دارد و از رابطه (۱) به‌دست می‌آید (۱۴).

- ✓ (A): مساحت حوضه برحسب کیلومترمربع
- ✓ (H max): حداکثر ارتفاع حوضه بر حسب کیلومتر
- ✓ (H min): حداقل ارتفاع حوزه بر حسب کیلومتر
- ✓ (P): متوسط بارش سالانه در حوضه بر حسب سانتی‌متر
- ✓ (T): متوسط دمای سالیانه بر حسب سانتی گراد
- ✓ (S): شیب حوضه(اختلاف ارتفاع بخش بر مساحت

$$K = \frac{R(1.8T+32)^{\wedge}2}{S^{0.155}\,(P^2)}$$ رابطه (۱)

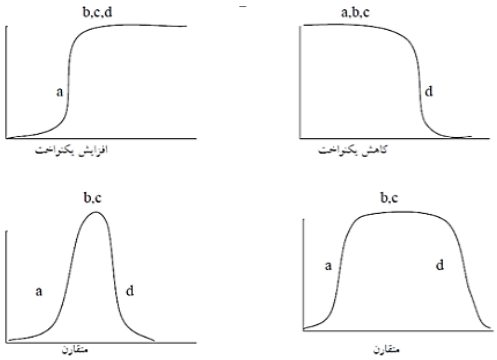
توابع عضویت

برای تعریف دقیق یک تابع عضویت برای یک مجموعه خاص وجود ندارد و در این زمینه بیشتر به تجربه و شهود متکی هستیم. در عین حال فازی ساز باید بتواند در ساده‌تر کردن محاسبات فازی نقش داشته باشد.

چهار توابع عضویتی که معمولاً بیشتر استفاده می‌شوند عبارتنداز: S شکل، J شکل،خطی و تعریف شده توسط کاربر است که در زیر مختصراً به آنها می‌پردازیم:

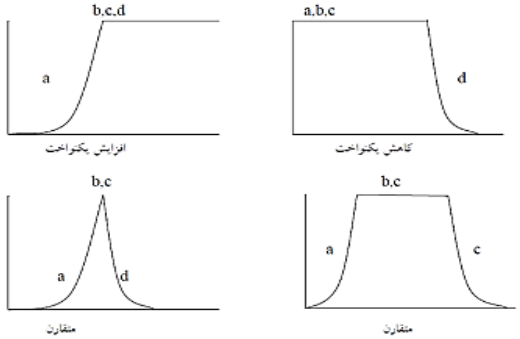
۱) تابع s شکل: از رایجترین توابع مورد استفاده در تئوری مجموعه‌های فازی تابع s شکل است این تابع با استفاده از توابع کسینوسی ایجاد می‌شود. تابع عضویت S شکل به چهار صورت افزایش یکنواخت، کاهش یکنواخت و دو نوع متقارن وجود دارد (شکل ۸).

۲) تابع عضویت J: تابع J شکل همانندS شکل نیز یکی از توابع مرسوم منطق فازی است که در چهار حالت مختلف وجود دارد (شکل۹).



شکل (۸) توابعs شکل

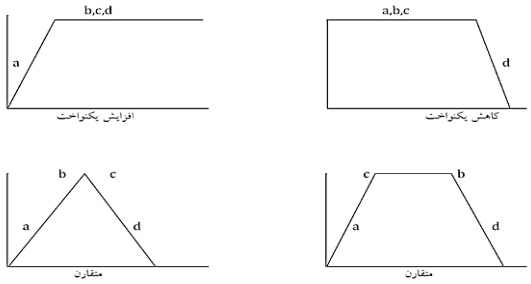
Figure (8) Functions of the figure



شکل (۹) توابع J شکل

Figure (9) J-shaped functions

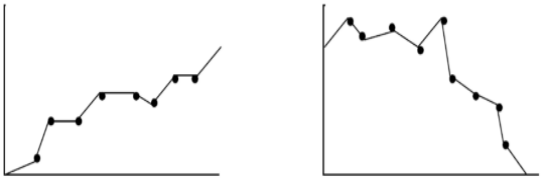
۳) تابع عضویت خطی توابع خطی و متغیرهای آن در زیر نشان داده شده است که از این تابع بیشتر دردستگاه‌های الکترونیک استفاده می‌شود (شکل ۱۰).



شکل(۱۰) توابع خطی و گوسین

Figure (10) Linear and Gaussian functions

۴) تابع عضویت تعریف شده توسط کاربر: اگر رابطه بین ارزش‌ها و عضویت فازی از هیچ کدام از سه تابع قبل پیروی نکرد از تابع تعریف شده توس کاربر استفاده می‌کنیم. شکل (۱۱) برای تعیین منحنی عضویت فازی می‌توان از تعداد کافی نقاط کنترل استفاده کرد. عضویت فازی بین دو نقطه کنترل به صورت خطی میان یابی می‌شود.



شکل (۱۱) توابع تعریف شده توسط کاربر
Figure (11) User-defined functions

تحلیل یافته‌ها با مدل AHP

فرآیند شناسایی عناصر و ارتباط بین آنها منجر به ایجاد یک ساختار سلسله مراتب می‌شود. در بالاترین سطح سلسله مراتب هدف وجود دارد که در این تحقیق ارزیابی پهنه‌بندی زمین جهت تعیین نقاط مناسب برای پرورش گونه آرتمیا با استفاده از پارامترهای موردنظر است. در مدل سلسله مراتبی ابتدا باید معیارهای مورد استفاده در تحقیق را به صورت دو به دو که در اصطلاح مقایسه زوجی نامیده می‌شود با هم مقایسه کنیم برای این کار اقدام به تشکیل جدول سلسله مراتبی کرده و سپس با هم مقایسه می‌کنیم (جدول ۱).

جهت مقایسه زوجی معیارها در نرم‌افزار Expert Choice سه روش کلامی، ماتریسی و گرافیکی وجود دارد که از روش ماتریسی برای مقایسه زوجی معیارها استفاده شده است. به این گونه که برتری هر معیار نسبت به معیار دیگر در بازه‌ای بین ۱ تا ۹ تعریف می‌شود (شکل ۱۲).

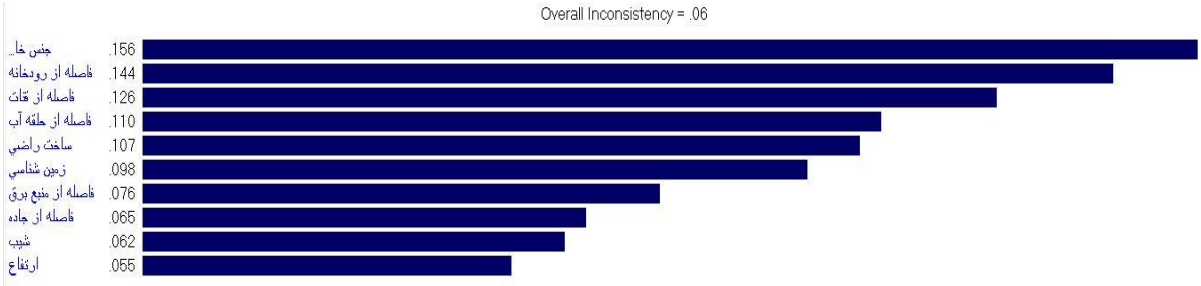
مقادیر ترجیحی در مقایسه دو به دوئی بر اساس نظر کارشناسی مبتنی بر شناخت عوامل در ارتباط با هدف و شناخت منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. بعد از مرحله وزن‌دهی و قبل از به کارگیری وزن‌ها بایستی نسبت به سازگاری مقایسات اطمینان حاصل شود و نرخ سازگاری محاسبه شود. در تحلیل شاخص سازگاری این مقدار باید کمتر از۰/۱ باشد که در این صورت از سازگاری قابل قبولی برخوردار است، در غیر این صورت باید در مقایسات تجدید نظر به عمل آید. نرخ سازگاری مربوط به وزن‌های نسبی معیارها در این تحقیق ۰/۰۶ می‌باشد که وضعیت قابل قبولی را نشان می‌دهد (شکل ۱۳).

جدول (۱) مقایسه زوجی بین معیارهای مورده استفاده در تحقیق
Table (1) Pairwise comparison between the criteria used in the research

	ارتفاع	شیب	فاصله از جاده	فاصله از رود	فاصله از منبع برق	فاصله از چاه	فاصله از قنات	زمین‌شناسی	خاک	کاربری زمین
ارتفاع	۱	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۲
شیب		۱	۲	۲	۲	۳	۲	۱	۳	۲
فاصله از جاده			۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
فاصله از رودخانه				۱	۲	۲	۲	۲	۲	۱
فاصله از منبع برق					۱	۲	۲	۲	۲	۲
فاصله از چاه اب						۱	۱	۲	۱	۲
فاصله از قنات							۱	۲	۲	۲
زمین شناسی								۱	۱	۲
خاک									۱	۲
کاربری زمین										۱

high	slop	dis way	dis river	dis bargh	dhs chah	dis ganat	geology	soil	landuse
	1.0	2.0	3.0	1.0	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0
		2.0	2.0	2.0	3.0	2.0	1.0	3.0	2.0
			2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
				2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0
					2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
						1.0	2.0	1.0	2.0
							2.0	2.0	2.0
								1.0	2.0
									2.0
Incon: 0.06									

شکل (۱۲) مقایسه زوجی معیارها با استفاده از روش ماتریس درنرم افزارEC.
Figure (12) Pairwise comparison of criteria using the matrix method in EC software.



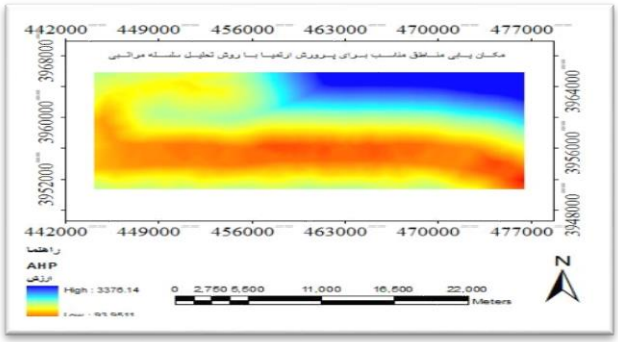
شکل(۱۳) محاسبه وزن نسبی معیارها و نرخ سازگاری آن در نرم افزارEC.

Figure (13) Calculating the relative weight of criteria and its compatibility rate in EC software.

با توجه به نظر کارشناسی و شناخت محیط شاخص نوع خاک بیشترین وزن نسبی ۰/۱۵۶وشاخص ارتفاع کمترین وزن نسبی یعنی ۰/۰۵۵ را شامل می‌شود. به همین دلیل ارزش این لایه‌ها به ترتیب کمترین و بیشترین تاثیر را در اعمال مدل فازی و(عملگرهای مربوطه شامل جمع، ضرب و مقادیر مختلف گامای فازی) تحلیل سلسله مراتبی خواهند داشت.

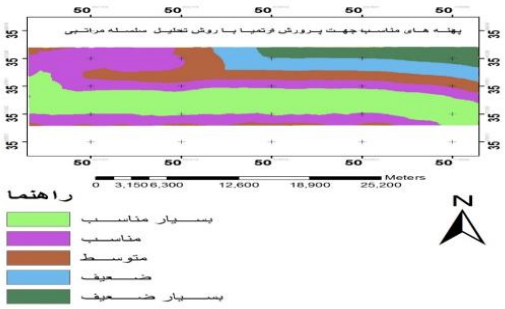
تهیه نقشه ارزیابی و پهنه‌بندی مناطق مستعد پرورش آرتمیا به روش (AHP)

پس از بدست آوردن ضریب هر معیار در محیط Arc map و با استفاده از دستور Raster calculator ضرایب مربوط به هر معیار در نقشه امتیازبندی شده همان معیار، ضرب و سپس همه این نقشه‌های ضرب شده در ضرایب با هم overlay یا همپوشانی و جمع شده ویک نقشه نهایی بدست آمد که هر پیکسل دارای ارزش خاصی است. ارزشهای بالاتر مناطق نامناسب و ارزشهای پایین‌تر مناطق مناسب را نشان می‌دهد (شکل ۱۴). در نتیجه با کلاس‌بندی نقشه طیفی نقشه اصلی به دست می‌آید (شکل ۱۵).



شکل (۱۴) مکان یابی مناطق مستعد پرورش ارتمیا با روش تحلیل سلسله مراتبی.

Figure (14) Locating areas suitable for Artemia cultivation using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method.



شکل (۱۵) نقشه (AHP)کلاس بندی شده محدوده مورد مطالعه.

Figure (15) AHP classified map of the study area.

تحلیل اطلاعات بر اساس مدل منطق فازی

بر اساس این مدل تمام لایه‌ها باید در بازه‌ای بین صفر و یک قرار بگیرند. برای این کار باید برای هر کدام از آنها یک تابع عضویت تعریف شود. در این تحقیق از توابع خطی و گوسین بیشتر استفاده شده است. معیارهای مورد استفاده در تحقیق شامل ارتفاع، شیب، ساختار زمین شناسی، خاک، کاربری زمین، فاصله از چاه آب، فاصله از رودخانه، فاصله از خطوط ارتباطی، فاصله از خطوط برق و فاصله از قنات های منطقه می‌باشد.

معیارها و توابع مربوط به آنها

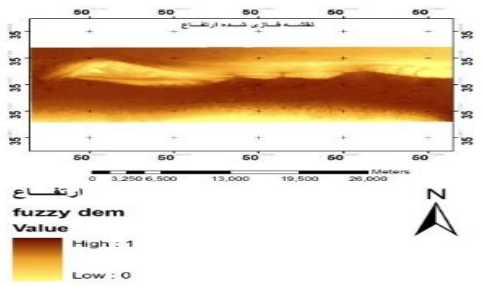
ارتفاع

ارتفاع محدوده با استفاده از نرم افزار Arc Gis از نقشه ارتفاعی ایران استخراج شد.این لایه ارتفاعی که مدل رقومی ارتفاع نیز خوانده می‌شود دارای دقت ۱۰ متر می‌باشد. بر اساس این نقشه ارتفاع محدوده مورد مطالعه بین ۱۱۱۱ متر تا ۱۳۷۵ متر در نوسان می‌باشد. بر طبق نظر کارشناسی ارتفاعات کم علاوه بر دلایل اقتصادی، زیستگاه‌های مناسبی برای پرورش ارتمیا نیز

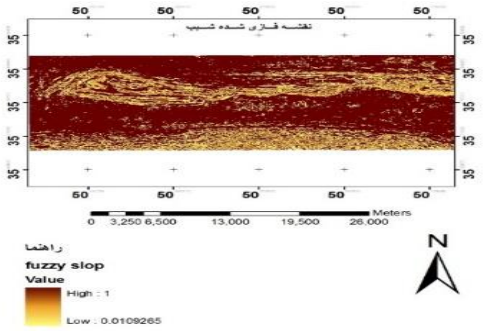
می‌باشند. به همین دلیل برای این تحقیق ارتفاعات کم در اولویت می‌باشند (شکل ۱۶).

شیب

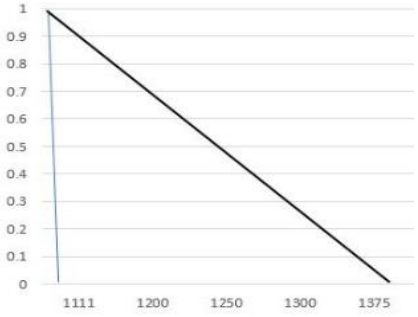
برای به دست آوردن شیب منطقه نیز از توابع فضایی استفاده شد. به این شکل که شیب محدوده از نقشه ارتفاع استخراج شد. بر اساس نقشه شیب، شیب منطقه بین ۰ تا ۸۵ درصد متغییر می‌باشد. برای ساخت و ساز یک حداقل شیب لازم می‌باشد. در اینجا نیز چون هدف ساخت استخر می‌باشد برای تخلیه آب به موقع آن احتیاج به یک میزان شیب مهندسی شده داریم که در این تحقیق میزان آن ۱ درصد در نظر گرفته شده است. بنابراین برای انجام این تابع نیز از تابع خطی استفاده شد (تابع ۲) و سپس نقشه مربوط به میزان شیب مورد نظر فازی سازی شد (شکل ۱۷).



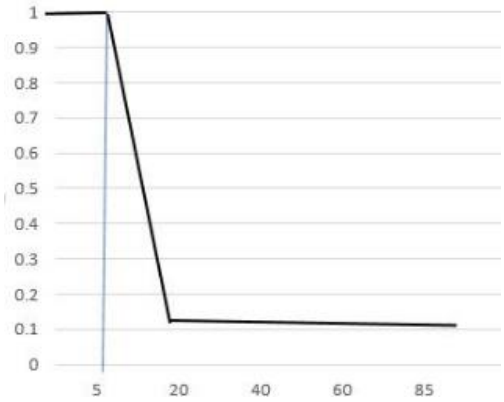
شکل(۱۶) نقشه فازی شده ارتفاع
Figure (16) Fuzzy elevation map



شکل(۱۷) نقشه فازی سازی شده شیب منطقه
Figure (17) Fuzzy map of the area's slope



تابع (۱) متناسب با ارتفاع
Function (1) proportional to height



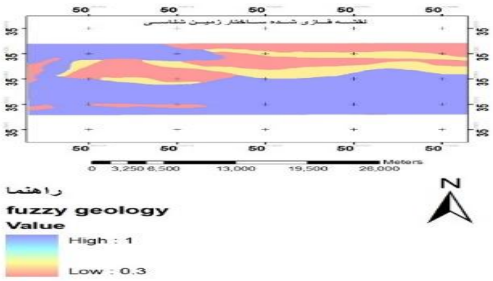
تابع (۲) تابع متناسب با شیب منطقه
Function (2) Function proportional to the slope of the area

ساختار زمین شناسی

اصولاً پرورش گونه آرتمیا در زمین‌های شور امکان‌پذیر می‌باشد. بنابراین از لحاظ ساختار زمین‌شناسی، این گونه می‌تواند در زمین‌هایی با سازندهای شور رشد و نمو پیدا کند (۱۵). محدوده مورد مطالعه بر اساس سازندهای موجود که شامل زمین‌های نمکی و غیرنمکی است تقسیم‌بندی شد و برای هر کدام یک کد خاص تعریف شد. بنابراین منطقه به پنج سازند زمین‌شناسی تقسیم شده و تابع متناسب با آن نیز رسم گردید (تابع ۳). بعد از رسم تابع نقشه نهایی با استفاده از تحلیلگر مربوط به توابع فضایی فازی‌سازی شد و مناطق مناسب و نامناسب تعیین شد (شکل ۱۸).

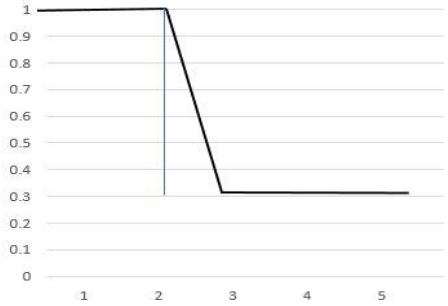
خاک

از معیارهای اصلی و مهم در امر پرورش آرتمیا خاک است.خاک این محدوده رابطه مستقیمی با سازندهای زمین شناسی منطقه دارد. هرجا که این سازندها نمکی و شور بودند خاک نیز شور بوده است. خاک این قسمت به سه طبقه تقسیم شد که همه آنها مختص مناطق خشک می‌باشند. بنابراین این طبقات شامل پلایا، اریدیسول‌ها و انتی سول‌ها می‌باشد. اهمیت پلایا به خاطر شور بودن از بقیه بیشتر است بنابراین در تابع خطی افزاینده بیشترین ارزش یعنی ۱ را به خود گرفت (تابع۴). بعد از رسم تابع نقشه خاک محدوده نیز به صورت فازی در آمد (شکل۱۹).



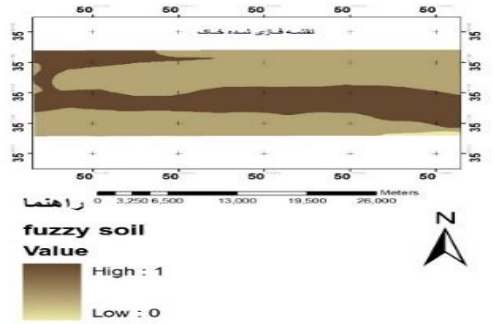
شکل(۱۸) نقشه فازی شده ساختار زمین شناسی.

Figure (18) Fuzzy map of geological structure.



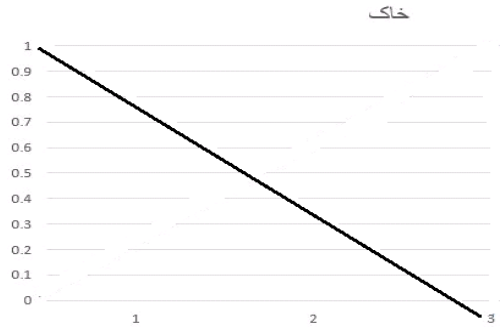
تابع(۳) مربوط به ساختار زمین شناسی محدوده مورد مطالعه.

Function (3) related to the geological structure of the study area.



شکل (۱۹) نقشه فازی سازی شده خاک.

Figure (19) Fuzzy soil map.



تابع (۴) تابع مربوط به نوع خاک منطقه.

Function (4) Function related to the soil type of the region.

فاصله از رودخانه

یکی از معیارهای مهم و حیاتی در پرورش تمامی گونه‌های آبزیان اب کافی می‌باشد. نزدیکی به منابع آبی دائمی مانند رودخانه‌ها باعث به وجود آمدن شرایط ایدآل برای تغذیه و زندگی می‌شود. بنابراین در محدوده مورد مطالعه نزدیکی به این منابع با رعایت حریم قانونی در اولویت قرار می‌گیرد. برای این کار از تابع گوسی استفاده شده است (تابع ۵) و متناسب با آن نیز نقشه مربوط به فاصله مناسب از رودخانه به صورت فازی ترسیم شد (شکل۲۰).

فاصله از راه‌های ارتباطی

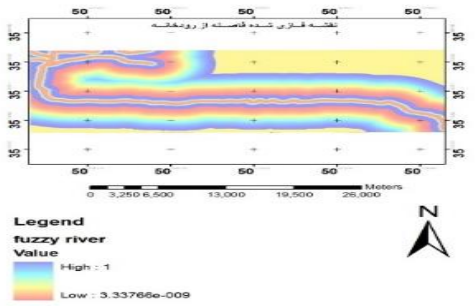
این معیار از لحاظ اقتصادی ارزش بالایی دارد. به این نحو که در صورت وجود راه‌های ارتباطی مناسب در محدوده ایجاد استخر، امکان حمل و نقل و رفت و آمد به این مناطق و همچنین ایجاد ارتباط با بازارهای مصرف در شرایط مساعدی قرار می‌گیرد. بنابراین هر چه که مناطق احداث شده جهت پرورش آبزیان به راه‌های ارتباطی نزدیکتر باشد امکان بهره‌برداری بهتر از آنها فراهم می‌شود. برای این منظور نیز از تابع لارج استفاده شد (تابع۶) و سپس نقشه محدوده مناسب از لحاظ دسترسی به جاده مشخص شد (شکل۲۱).

فاصله از خطوط برق

خطوط هوایی برق یک دیگر از معیارهای اساسی در این تحقیق بوده است. رعایت فاصله مناسب برای احداث سازه‌ها از این معیار ضروری می‌باشد. بنابراین در صورت نزدیکی به این منبع انرژی از هزینه‌های اضافی تا حدود زیادی ازجلوگیری می‌شود. به این منظور از تابع لارج استفاده شده است (تابع۷) و فاصله نزدیکتر به منبع برق به‌عنوان معیار مناسب در نظر گرفته شد (شکل۲۲).

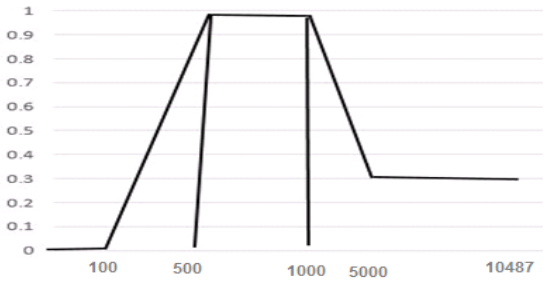
فاصله از چاه‌ها و قنات‌های محدوده مطالعه

در محدوده مورد مطالعه تعداد ۹ قنات با ۱۳ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق شناسایی شد. این لایه‌ها به صورت نقطه‌ای بوده است و شامل اطلاعاتی در مورد میزان شوری و سختی آب آنها بوده است. این لایه‌ها با توجه به میزان شوری قابل استفاده برای پرورش آرتمیا به روش کریجینگ درون‌یابی شده است و برای فازی‌سازی آنها از توابع لارج استفاده شده است (تابع ۸ و ۹). پس از رسم توابع عضویت با استفاده از تحلیلگر raster calculate مراحل فازی‌سازی هر کدام از این لایه‌ها انجام شد (شکل ۲۳ و ۲۴).



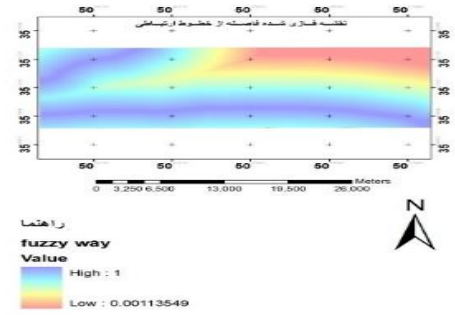
شکل (۲۰) نقشه فازی شده فاصله از رودخانه.

Figure (20) Fuzzy map of distance from the river.



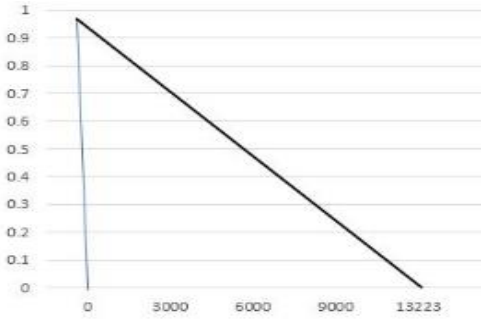
تابع (۵) تابع متناسب با فاصله از رودخانه.

Function (5) Function proportional to distance from the river.



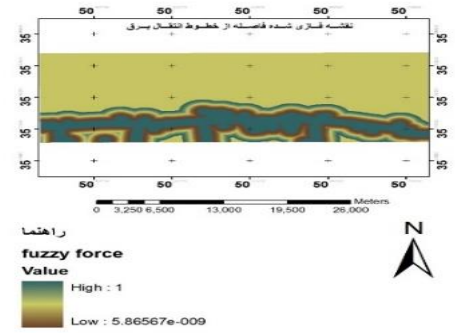
شکل (۲۱) نقشه فازی شده فاصله از راه‌های ارتباطی.

Figure (21) Fuzzy map of distance from communication routes.



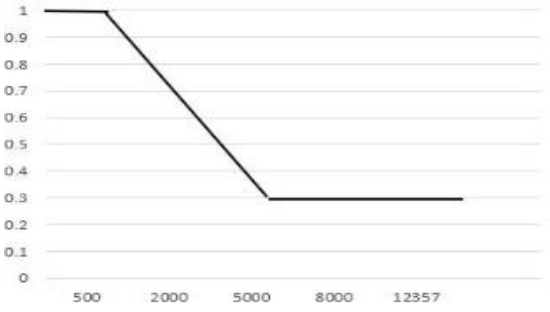
تابع (۶) فاصله از راه‌های ارتباطی.

Function (6) Distance from communication routes.



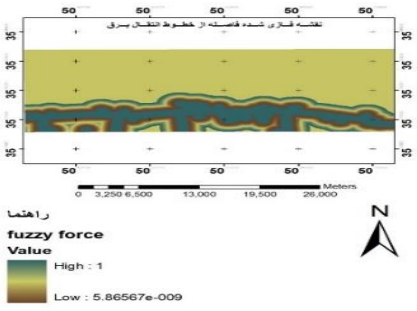
شکل (۲۲) نقشه فازی فاصله از خطوط برق.

Figure (22) Fuzzy map of distance from power lines.



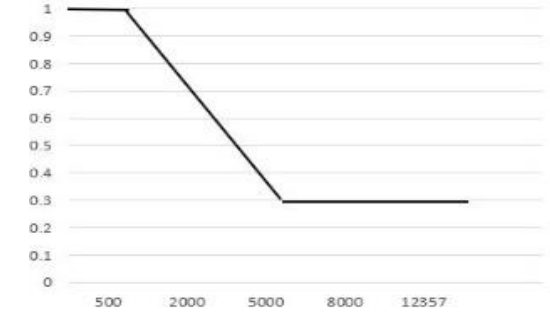
تابع (۷) مربوط به فاصله از خطوط انتقال برق.

Function (7) related to distance from power lines.



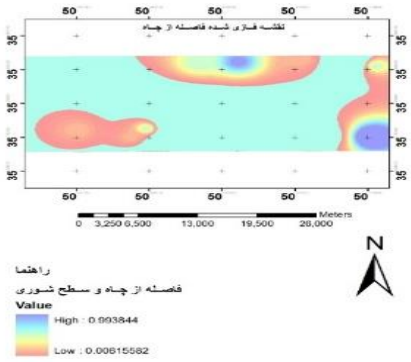
شکل (۲۲) نقشه فازی فاصله از خطوط برق.

Figure (22) Fuzzy map of distance from power lines



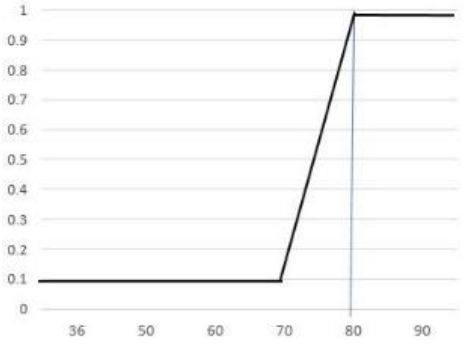
تابع (۷) مربوط به فاصله از خطوط انتقال برق.

Function (7) related to distance from power lines



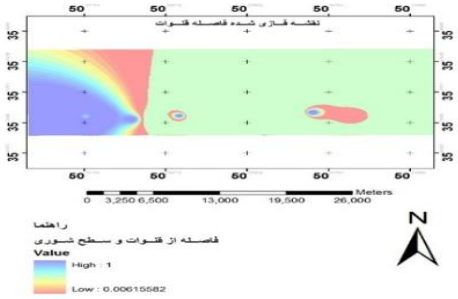
شکل(۲۳) نقشه فازی شده فاصله از چاه‌های شور در محدوده

Figure (23) Fuzzy map of distance from saline wells in the area



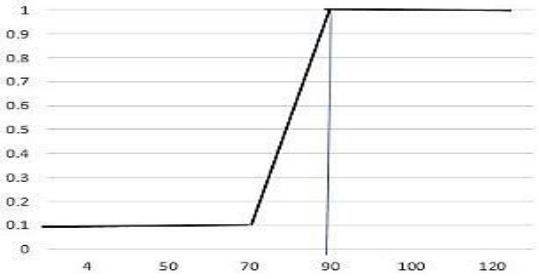
تابع(۸) مربوط به فاصله از چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در منطقه

Function (8) related to the distance from deep and semi-deep wells in the area



شکل(۲۴) نقشه فازی شده فاصله و تعیین شوری قنوات در محدوده

Figure (24) Fuzzy map of distance and salinity determination of canals in the area

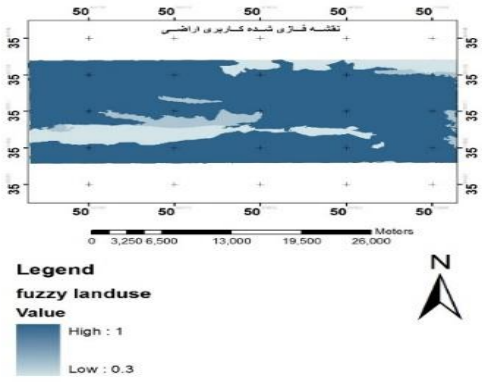


تابع(۹) مربوط به شوری و فاصله از قنوات

Function (9) related to salinity and distance from canals

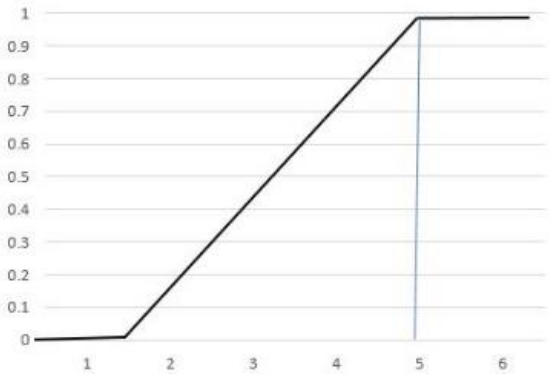
کاربری اراضی

با توجه به واقع شدن محدوده مورد مطالعه در زمین‌های خشک و کمی زمین‌های مرغوب جهت کشاورزی، در نتیجه باید تا حد امکان از احداث این مراکز در داخل زمین‌های مرغوب جلوگیری شود. منطقه به لحاظ کاربری به شش رده تقسیم شد و در اخر با تابع لارج (تابع۱۰) و انتخاب مناسب‌ترین ناحیه از لحاظ معیار کاربری، اقدام به فازی‌سازی محدوده شد و نقشه نهایی کاربری اراضی ترسیم شد (شکل ۲۵).



شکل (۲۵) نقشه فازی شده کاربری اراضی.

Figure (25) Fuzzy land use map.



تابع (۱۰) مربوط به کاربری اراضی.

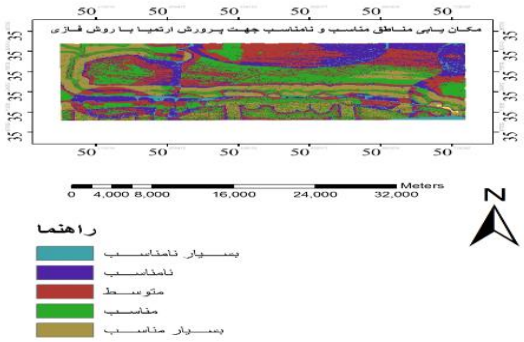
Function (10) related to land use.

همپوشانی لایه‌ها و ایجاد نقشه نهایی با استفاده از اپراتور گامای فازی

برای تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم عملگر جمع فازی، عملگر معرفی دیگری به نام گامای فازی معرفی شده است. که حد فاصل ضرب و جمع جبری فازی می باشد. این عملگر بر حسب حاصل ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی بر اساس رابطه زیرتعریف می‌شود.

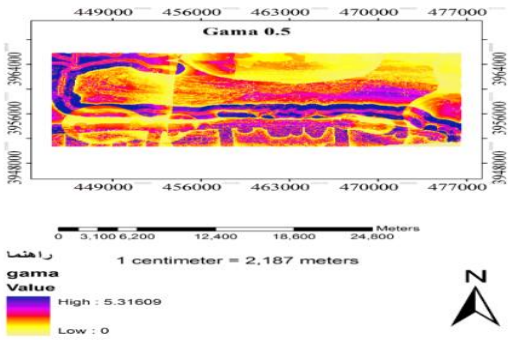
$$\mu_{COMBINATION} = (\text{Fuzzy Algebraic Sum} \times \text{Fuzzy Algebraic Product})^{1-Y}$$

در لایه حاصل از گامای فازی بستگی به انتخاب صحیح توان گاما دارند. مقادیری کهγ می‌تواند اختیار کند از صفر تا یک بوده که معمولاً از ۰/۵ تا ۰/۹ برای آن در نظرگرفته می‌شود. در این تحقیق از مقادیر ۰/۵ جهت شناسایی پهنه‌های مستعد برای پرورش آرتمیا استفاده شده است (شکل ۲۷ و ۲۶).



شکل (۲۶) نقشه نهایی و کلاس بندی شده نواحی مناسب جهت پرورش ارتمیا با روش منطق فازی.

Figure (26) Final and classified map of areas suitable for Artemia cultivation using fuzzy logic method.



شکل (۲۷) نقشه طیفی پهنه‌های مناسب جهت پرورش گونه آبزی ارتمیا.

Figure (27) Spectral map of suitable areas for breeding the aquatic species Artemia.

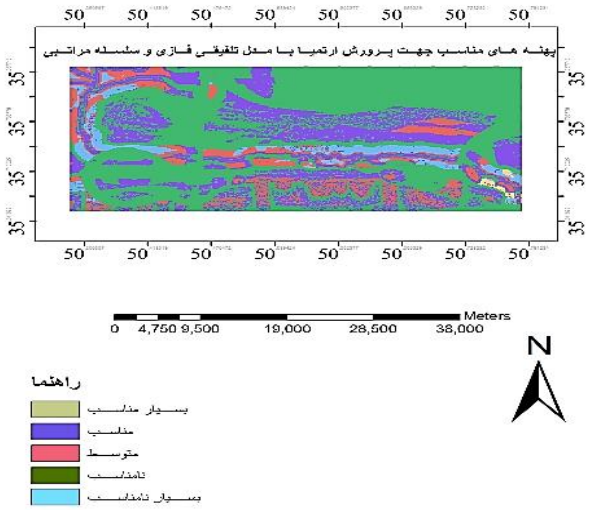
مکان‌یابی نواحی مناسب جهت پرورش گونه آبزی آرتمیا با استفاده از روش F-AHP

برای ارزیابی مکان‌های مستعد پرورش آرتمیا با استفاده از مدل تلفیقی مذکور در این تحقیق ابتدا معیارهای مورد بررسی در این تحقیق تهیه شده و سپس ماتریس زوجی آنها را تشکیل داده و بعد از به دست آوردن ضریب هر کدام از معیارها توسط نرم افزار Expert choice (جدول ۱) و فازی‌سازی نقشه معیارهای مورد استفاده در تحقیق توسط نرم‌افزار Arc Gis، ضرایب را در لایه‌های فازی ضرب کرده و سپس تمام لایه‌ها را با دستور گامای فازی با هم همپوشانی می‌کنیم و نقشه نهایی بر اساس مدل FAHP-AHP به دست می‌آید (جدول ۲).

جدول(۲) ضرایب به دست آمده معیارها توسط نرم افزار EC

Table (2) Coefficients obtained for the criteria by EC software

معیارها	ضرایب
ارتفاع	۰/۰۵۵
شیب	۰/۰۶۲
خاک	۰/۱۵۶
فاصله از جاده	۰/۰۶۵
فاصله از رودخانه	۰/۱۴۴
فاصله از خطوط برق	۰/۰۷۶
فاصله از چاه آب	۰/۱۱۰
فاصله از قنوات	۰/۱۲۶
کاربری زمین	۰/۱۰۷
ساختار زمین شناسی	۰/۰۹۸



شکل (۲۸) مکان یابی پهنه‌های مناسب با روش تلفیقی FAHP-AHP.

Figure (28) Locating suitable areas using the combined FAHP-AHP method.

تحلیل نتایج و بحث

در این تحقیق از دو روش تلفیقی FAHP-AHP برای تحلیل اطلاعات استفاده شد و نتایج هر کدام از آنها جهت مشخص کردن نقاط مناسب و نامناسب جهت پرورش گونه آبزی آرتمیا به دست آمد. معیارهای مورد بررسی در این تحقیق شامل معیارهای توپوگرافی، زمین شناسی، هیدرولوژیکی و انسانی بوده است که شامل زیر معیارهای ارتفاع، شیب، نوع خاک، فاصله رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از خطوط برق، فاصله از چاه‌های متناسب با شرایط پرورش آرتمیا، فاصله از قنوات، ساختار زمین‌شناسی و معیار کاربری زمین می‌باشند. در ابتدا با استفاده از نرم افزار EC و تشکیل ماتریس زوجی برای معیارها وزن هر کدام از آنها همراه با نرخ ناسازگاری (۰/۰۶) که نرخ قابل قبولی است به دست آمد و سپس تمام این لایه با هم جمع شده و نقشه نهایی پهنه بندی توسط مدل AHP به دست آمد. نتایج به دست آمده از این نقشه در جدول (۳) آمده است.

جدول (۳) مساحت هر کدام از پهنه‌های به دست آمده با استفاده از مدل AHP

Table (3) Area of each area obtained using the AHP model

ارزش	کلاس	مساحت (درصد)	مساحت (کیلومتر مربع)
۱	بسیار خوب	۳۲/۷۳	۱۶۰
۲	خوب	31	۱۵۲
۳	متوسط	۱۷/۲۹	۸۳
۴	ضعیف	۱۰/۷۷	۵۲
۵	بسیار ضعیف	۸/۲۱	۴۰

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول (۳) و مشخص شدن پهنه‌های مناسب و نامناسب جهت پرورش آرتمیا ۳۲ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه برابر با ۱۶۰ کیلومتر مربع در پهنه بسیار مناسب قرار گرفت در نتیجه محدوده مورد مطالعه دارای توان بالایی در این زمینه می‌باشد. پهنه‌های خوب شامل ۳۱ درصد برابر با ۱۵۲ کیلومتر مربع، پهنه‌های متوسط شامل ۱۷ درصد برابر با ۸۳ کیلومتر، پهنه‌های ضعیف شامل ۱۰ درصد برابر با ۵۲ کیلومتر مربع و پهنه‌های بسیار ضعیف شامل ۸ درصد برابر با ۴۰ کیلومتر مربع می‌باشد. به طور کلی بر اساس نتایج به دست آمده توسط این مدل بیشتر قسمت‌های نزدیک رودخانه که از خاک‌های مناسب برای پرورش گونه مورد مطالعه، نزدیکی به خط ارتباطی و همچنین قنوات و ساختار زمین‌شناسی مناسب تشکیل شده است در طیف بسیار مناسب قرار گرفت که بیشتر شامل قسمت‌های مرکزی دشت بوده است و هر چه که از قسمت‌های مرکزی فاصله بگیریم از مطلوبیت کاسته می‌شود که این امر در گوشه شمال شرقی به پایین‌ترین میزان مطلوبیت می‌رسد. روش مورد استفاده دیگر که در این تحقیق از آن استفاده شد مدل منطق فازی بود. برای نیل به این هدف تمام لایه‌های مورد استفاده در تحقیق ابتدا با تعریف تابع مناسب و رسم آن فازی‌سازی شد. سپس تمام این لایه‌ها توسط عملگر گامای فازی با هم همپوشانی شده و نقشه نهایی به دست آمد. بر اساس نتایج به دست آمده از این مدل در جدول (۴) میزان ۱۵ درصد از مساحت منطقه برابر با ۷۴ کیلومتر مربع در پهنه بسیار مناسب قرار گرفت پهنه‌های ضعیف فقط در حدود ۳ درصد مساحت منطقه برابر با ۱۸ کیلومتر مربع را تشکیل دادند. قسمت‌های خوب شامل ۲۹

درصد، قسمت‌های متوسط ۳۰ درصد و قسمت‌های ضعیف ۲۱ درصد مساحت منطقه را تشکیل داده است.

جدول (۴) مساحت طبقات مختلف بر اساس مدل منطق فازی
Table (4) Area of different floors based on fuzzy logic model

ارزش	کلاس	مساحت (درصد)	مساحت (کیلومتر مربع)
۱	بسیار خوب	۱۵/۸	۷۴/۳۸۲
۲	خوب	۲۹	۱۴۲/۱
۳	متوسط	۳۰/۲۰	۱۴۷/۹۸
۴	ضعیف	۲۱/۹۰	۱۰۷/۳۱
۵	بسیار ضعیف	۳/۷۲	۱۸/۲۲۸

مقایسه نتایج به دست آمده از دو مدل AHP و Fuzzy

بر اساس نتایج به دست آمده از این مدل‌ها مشخص شد که در مدل AHP مساحت پهنه‌های بسیار مناسب نزدیک به دو برابر مدل فازی می‌باشد. مساحت پهنه‌های مناسب در دو مدل شبیه به هم بوده است. در یک تفاوت دیگر میزان پهنه‌های ضعیف در مدل فازی دو برابر پهنه‌های ضعیف در مدل AHP بوده است.با توجه به این تفاوت‌ها می‌توان نتیجه گرفت که در مدل فازی به خاطر تحلیل‌ها دقیق‌تر و قرار گرفتن هر کدام از معیارها بین فازهای صفر تا ۱ (۱/. تا ۹/.) میزان انعطاف در تعریف توابع و تصمیم‌گیری بالا می‌رود و به همین دلیل در این مورد نسبت به مدل AHP دارای مزیت می‌باشد زیرا در مدل تحلیل سلسله مراتبی نظر کارشناسی بیشترین تاثیر را دارد و نظرات اتخاذ شده محدود می‌باشد ولی در مدل فازی امکان تعریف توابع و حالت‌های مختلف وجود دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر برای تعیین معیارهای موثر و مناسب مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پرورش آرتمیا، پس از بررسی مطالعات انجام شده و نیز لحاظ نمودن شرایط منطقه مطالعاتی، معیارهای اقتصادی، انسانی و طبیعی که هر معیار زیر معیار متفاوتی را شامل می‌شدند، در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که بر اساس نظر سنجی‌های کارشناسی انجام شده معیارهای زمین شناختی و هیدرولوژیکی که شامل جنس خاک و منابع آب می‌باشد، از سایر معیارها مهمتر و جایگاه بالاتر و ویژه‌ای برخودار بوده‌اند. این مهم را می‌توان به اهمیت شوری در بافت و جنس خاک، منابع آبی این منطقه، شکنندگی، شرایط خاص منطقه و اکوسیستم‌های بیابانی مرتبط دانست. با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر (با توجه به معیارهای مورد مطالعه) مشاهده می‌شود که پهنه‌های مستعد زیادی برای پروش آرتمیا مشخص شده است، اما نباید به این امر بی‌تفاوت بود که هر گونه دخالت در این محیط‌ها (محیط‌های خشک) می‌تواند به طور جدی اندک حیات ناچیز در آن را به مخاطره بیندازد. حتی در مکان‌های مستعدی که برای ایجاد استخر مشخص شده‌اند، در صورت عدم شناخت صحیح از اکوسیستم منطقه نتایج مخربی به بار می‌آید که ترمیم آن به زمانی بس طولانی نیاز دارد. در آخرنتایج حاصل از تحقیق با تحقیقات مشابه انجام شده نظیر (۱۶ و ۱۷) به منظور مکان‌یابی پهنه‌های مناسب پرورش آرتمیا مطابقت نداشت. بنابراین در تحقیقی که به‌وسیله نظر پور انجام شد اولاً از مدل سلسله مراتبی استفاده شده بود و میزان معیارهای مورد استفاده نیز کمتر از تحقیق حاضر می‌باشد. دوم در مورد میزان شوری آب تصویر واضحی ارائه نشده بود در صورتی که در تحقیق حاضر میزان شوری به وسیه تجزیه و تحلیل عناصر موجود در آب چاه‌ها و قنوات منطقه (۱۳ مورد چاه و قنات) و مشخص کردن دو ترکیب (NA و CL) به دست آمده است و سوم در تحقیق مربوط به نظرپور (۱۳۹۰) توجهی به سازندهای زمین‌شناسی در منطقه نشده است در صورتی که نقش اصلی در میزان شوری آب و خاک را عوامل زمین شناختی تعیین می‌کنند (۱۶). در تحقیق دیگر که توسط ارس (۱۳۹۲) صورت گرفته است در مورد نتیجه یافته‌ها و مکان‌یابی از مدل تاپسیس استفاده شده است و این مدل انعطاف مدل‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر را ندارد چرا که نتیجه تحقیق را در دو پهنه مناسب و نامناسب نشان داده است در صورتی که از مزایای این تحقیق مکان‌یابی پهنه‌ها به صورت ۵ کلاس بین صفر و یک می‌باشد (۱۷). بنابراین در تحقیق مقابل نتیجه بدون انعطاف و بازه ای شامل یا صفر و یا یک است بنابراین اهمیت مقادیر میانی در نظر گرفته نشده است.

منابع:

[1] 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), pp.946-961.

[2] Arnold, W.S., White, M.W., Norris, H.A. and Berrigan, M.E., 2000. Hard cla (Mercenaria spp.) aquaculture in Florida USA: geographic information system applications to lease site selection. Aquacultural Engineering, 23(1-3), pp.203-231

[3] Bacher, C., Grant, J., Hawkins, A.J., Fang, J., Zhu, M. and Besnard, M., 2003. Modelling the effect of food depletion on scallop growth in Sungo Bay (China). Aquatic Living Resources, *16*(1), pp.10-24.

[4] Kashtkar Amirreza, Paktainat Mehdi, & Paktainat Hadi. (2015). Applying multi-criteria decision-making method in determining suitable lands for using saline water resources in implementing Artemia culture projects in arid and desert environments (Case study: Siahkooh Playa, Yazd).

[5] Hossein Jani, Adel, Khara, Jamalzad Fallah, & Haghighi Khommami. (2019). Zoning suitable areas for the construction of cold-water fish farming workshops using the combination of GIS/AHP method (Case study: Chalvand River-Gilan Province). Journal of Aquaculture Development, 12(4), 17-27.

[6] Basak Amir, Yavari Vahid, & Mohammad Asgari Hossein. (2023). Locating the construction of sturgeon breeding workshops using the AHP/GIS method in Khuzestan province.

[7] Karam, A., 2005, Land suitability analysis for physical development in the northwest axis of Shiraz using a multi-criteria evaluation approach in a geographic information system environment, Geographical Research, No. 54, 93-106.

[8] Ghodsipour S. H. (2009). Analytical Hierarchy Process. Tehran: Amirkabir University of Technology Press Center. (In Persian).

[9] Moradi, Issa, The role of geomorphological factors on passive defense with emphasis on locating urban areas and facilities, Master's thesis, Kharazmi University, 2014

[10] Nabati, A., 1993, Soil geomorphology, vegetation cover in the Soltan Pond beach. University of Tehran, Faculty of Natural Resources.

[11] Yousefi, Mehdi; Emami, Mohammad Hashem; Alavi, Mehdi, 1990, Geological map and report, 1:100,000 Eshtehard Quadrangle, Geological and Mineral Exploration Organization of the Country.

[12] Ebadati, N. Khamisabadi, S. (2014); A Study of Quantitative and Qualitative Potential of Malard Regional Potable Groundwater Sources (Iran) , Journal of MAGNT Research Report Vol.2 (7). PP: 102-115

[13] Boyd.C.F., water Quality in warm fish ponds.Alabama Aquaculture Experiment station, Auburn University.Auburn,Alabama,1988.

[14] Alizadeh, A., 2011, Principles of Applied Hydrology, 31st edition, Quds Razavi Province Publications, Mashhad.

[15] Browen R. A, Salee, S. E. Partitioning.genetic and environmental components of reproduction and lifespan In Artemia.Ecology, 1984.

[16] 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)

[17] Aras, Zohra, 2013, Comprehensive management of saline water resources for use in aquaculture development projects in desert environments, University of Tehran, Desert Areas Management Group

[18] Pettine, M., Casentini, B., Fazi, S., Giovanardi, F., 2007. A revisitation of TRIX for trophic status assessment in the light of the European Water .