

local analysis of areas prone to artificial feeding of underground water resources in the Rozae Chai River catchment of Urmia

Received: 02 September 2024, Accepted: 07 January 2025

Mehdi Hasanzadeh^{1*}, Noorali Haghdoost Ghahramanlou², Behzad Hessari³

¹ M.Sc. Student of Hydraulic Structures Engineering, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

² Ph.D. in irrigation and drainage, Assistant Professor of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

³ Ph.D in Hydrology, Associate professor of Water Engineering Department, Urmia University, Urmia, Iran

***Corresponding Author:**
me.hasanzadeh@urmia.ac.ir

How to Cite This Article:

Hasanzadeh M, Haghdoost Ghahramanlou N, Hessari B. Spatial Analysis of Areas Suitable for Artificial Recharge of Groundwater Resources in the Rozeh Chai River Catchment, Urmia Lake Basin (ULB). Journal of Environmental Health Engineering. 2025; 12(2):152-70.

ABSTRACT

Background: In recent decades, the growing population, increasing human needs, and changing consumption patterns necessitate more effective planning and management of water resources. Key strategies for managing groundwater include artificial recharge and sustainable exploitation of aquifers. The aim of this study was to local analysis of areas prone to artificial feeding of underground water resources in the Rozae Chai River catchment of Urmia According to the Analytic Hierarchy Process (AHP), there were 8 layers, namely surface permeability, unsaturated zone thickness, aquifer transport capacity, groundwater quality, slope, land use, distance from the river, and distance from the village.

Materials and Methods: After preparing the relevant layers, the layers were fuzzified and weighted using the AHP. A pairwise comparison matrix of various factors was created for this purpose. In the output of this model, the highest weights were respectively assigned to surface permeability, unsaturated zone thickness, and aquifer transmissivity. Finally, the potential areas were identified and evaluated using the ROC curve.

Results: In the final weights, the highest values were assigned to surface permeability, unsaturated zone thickness, and aquifer transport. The final zoning map indicated that the central areas of the plain were most conducive to groundwater recharge due to the influence of these three primary factors, exhibiting high weights and gentle slopes of 0 to 2%. Conversely, the western and lowland areas had the least recharge potential due to low aquifer transportability, high slopes, and thick unsaturated zones. The area under the ROC curve of susceptible regions is 0.98, indicating high accuracy of the results.

Conclusion: It can be stated that the use of multi-criterion decision-making methods for designing, evaluating, and prioritizing options for decisions, along with the application of GIS for analyzing large volumes of geographic data, combined with fuzzy logic, can assist us in implementing artificial feeding locations accurately and precisely

Keywords: local analysis, Hierarchical analysis process, Artificial feeding of underground water sources, Urmia plain

DOI:
[10.61186/juhe.12.2.152](https://doi.org/10.61186/juhe.12.2.152)

تحلیل مکانی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی در حوضه آبریز رودخانه

روضه چای ارومیه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۲ تاریخ بذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

مهدی حسن‌زاده^{۱*}، نور علی حق دوست قهرمانلو^۲، بهزاد حصاری^۳^۱دانش آموخته کارشناسی ارشد سازه های آبی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران^۲دکترای تخصصی آبیاری و زهکشی، استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران^۳دکترای تخصصی هیدرولوژی، دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

چکیده

زمینه و هدف: در دهه‌های اخیر افزایش روزافرون جمعیت و تغییر الگوهای مصرف آب جوامع منجر به برخانه‌ریزی و مدیریت مدرن منابع آب شده است. از مهمترین راهکارهای مدیریتی منابع آب زیرزمینی می‌توان به جریان این منابع از طریق تغذیه مصنوعی و بهره‌برداری با توجه به ظرفیت آبخوانها اشاره نمود. هدف این پژوهش تحلیل مکانی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی در حوضه آبریز رودخانه روضه چای ارومیه به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتی (AHP) از ۸ لایه با عنوانین نفوذپذیری سطحی، ضخامت ناحیه غیراشباع، قابلیت انتقال آبخوان، کیفیت آب زیرزمینی، شبیب، کاربری اراضی، فاصله از رودخانه و فاصله تا روستا بوده است.

مواد و روش‌ها: پس از تهیه لایه‌های مرتبط، لایه‌ها فازی شده و وزن دهنی به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتی انجام گرفت و ماتریس دوبعدی عوامل مختلف برای این منظور ایجاد گردید. در خروجی این مدل، بیشترین وزن‌ها به ترتیب به نفوذپذیری سطحی، ضخامت ناحیه غیراشباع، قابلیت انتقال آبخوان اختصاص داده شد. درنهایت مناطق مستعد شناسایی و با منحنی ROC ارزیابی گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد براساس نقشه‌های پهنه‌بندي، مستعدترین نواحی به منظور تغذیه آب زیرزمینی متعلق به نواحی مرکزی دشت می‌باشد، همچنین علت تأثیر، ۳ عامل اولیه شامل نفوذپذیری سطحی، ضخامت ناحیه غیراشباع، قابلیت انتقال آبخوان با وزن‌های بالا و شبیب کم آن نواحی (شبیب ۰ تا ۲ درصد) می‌باشد، نواحی غربی و ورودی دشت به علت قابلیت انتقال آبخوان خیلی کم و شبیب زیاد و همچنین بالا بودن ضخامت ناحیه غیراشباع در پهنه‌بندي نهایی کمترین پتانسیل تغذیه را نشان داد. سطح زیر منحنی ROC مناطق مستعد، برابر ۹۸/۰ بود و نشانگر دقت بالای نتایج است.

نتیجه گیری: درنهایت می‌توان بیان کرد که استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای طراحی ساختار، ارزیابی و اولویت‌بندی گرینه‌های تصمیم و به کارگیری GIS برای تجزیه و تحلیل حجم بالای داده‌های جغرافیایی در کنار منطق فازی می‌تواند ما را در اجرای صحیح و دقیق مکانیابی محل‌های تغذیه مصنوعی کمک کند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل مکانی، فرآیند تحلیل سلسله مراتی، تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی، دشت ارومی

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

me.hasanzadeh@urmia.ac.ir

نحوه استناد به این مقاله:

Hasanzadeh M, Haghdoost Ghahramanlou N, Hessari B. Spatial Analysis of Areas Suitable for Artificial Recharge of Groundwater Resources in the Rozeh Chai River Catchment, Urmia Lake Basin (ULB). Journal of Environmental Health Engineering. 2025; 12(2):152-70.

DOI:

10.61186/jehc.12.2.152

مقدمه

براساس آنالیز داده‌های تراز سطح آب زیرزمینی، آزمایش پمپاژ، نقشه زمین‌شناسی، داده‌های منابع آب و همچنین بازدیدهای متعدد میدانی به بررسی مکان مناسب جهت تغذیه مصنوعی و همچنین روش مناسب آن در آبخوان میناب پرداخته شد. بدین منظور ابتدا لایه‌های اطلاعاتی مربوط به ۷ پارامتر شامل ضخامت آبرفت، قابلیت انتقال آبخوان، عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی، توپوگرافی منطقه، فاصله از رودخانه، لیتوژوئی سطحی زمین و تراکم منابع آب زیرزمینی در محیط نرم‌افزار GIS ایجاد شد. سپس براساس روش AHP وزن هر یک از لایه‌ها با کمک قضاوت مهندسی و روش مقایسه زوجی مشخص شد. درنهایت، محدوده آبخوان میناب به ۳ بخش با پتانسیل خوب، متوسط و ضعیف تقسیم شد. در ادامه با بررسی وضعیت کاربری اراضی و انجام مطالعات متعدد میدانی بهویژه در مناطق با پتانسیل بالا، تعدادی شن چاله قدیمی در بستر رودخانه میناب شناسایی گردید که برای اهداف تغذیه مصنوعی پیشنهاد گردید. با استفاده از نتایج این پژوهش، ۶٪ از مساحت آبخوان جهت تغذیه مصنوعی مناسب تشخیص داده شد. مقدم و همکاران^{۱۰} مکانیابی پتانسیل آب‌های زیرزمینی تجدیدشونده آبخوان‌های غرب دریاچه ارومیه با تحلیل AHP و تکنیک فازی فضایی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که در مدل تحلیل سلسله مراتبی و مدل ترکیبی منطق فازی به ترتیب حدود ۱۸/۹ درصد و ۲۵/۳۳ درصد از سطح منطقه دارای پتانسیل بالایی بوده و مناسب حفر چاه می‌باشند. در نهایت برای تعیین صحت نقشه‌های نهایی از منحنی (Receiver Operating Characteristic) ROC استفاده گردید که میزان دقت نقشه‌های نهایی تهیه شده با روش تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی- تحلیل سلسله مراتبی به ترتیب ۰/۷۷۵ و ۰/۸۱۲ بوده و روش منطق فازی- تحلیل سلسله مراتبی نسبت به روش تحلیل سلسله مراتبی دارای عملکرد بهتری در پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی بود. برای انتخاب مناطق مناسب جهت اجرای پروژه‌های

کشور ایران با میانگین بارش سالانه (بلغمدت: ۲۵۴ میلی‌متر، دوره خشک‌سالی: ۲۱۰ میلی‌متر)، میانگین سالانه تبخیر پتانسیل بیش از ۲۰۰۰ میلی‌متر و تسلط اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک بر ۸۵ درصد مساحت آن دریکی از کم آب‌ترین مناطق دنیا قرار گرفته است.^۱ امروزه تخلیه آب‌های زیرزمینی و عدم جایگزین شدن آب این منابع، یکی از بزرگ‌ترین مشکلات محسوب می‌شود. خشک شدن تعداد زیادی از قنات‌ها و چاه‌ها باعث شده است که بخش زیادی از سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده از بین برود. تغذیه مصنوعی یکی از روش‌هایی است که می‌تواند بخشی از آب خارج شده از زیرزمین را جایگزین کند.^{۳۲} تغذیه آب‌های زیرزمینی، هم به صورت طبیعی (از طریق چرخه آب) و هم از طریق فرآیندهای انسان - محیطی به عنوان مثال، تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی که در آن آب باران و یا آب تصفیه‌شده به سطوح زیرین زمین هدایت می‌شود، صورت می‌گیرد.^۴ GIS (Geographic Information System) AHP (Analytic Hierarchy Process) در شناسایی و اولویت‌بندی مناطق مستعد برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شوند.^۵ برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، روش AHP، یکی از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی شده به حساب می‌آید.^۶ زیرا امکان در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی را فراهم کرده و با ایجاد یک ماتریس نسبت به مقایسه دو بهدوی معیارها می‌پردازد.^۷ GIS یک ابزار تحلیلی داده‌های مکانی است که مهم‌ترین ویژگی این سیستم امکان شناسایی روابط فضائی میان عوارض مختلف روی نقشه بوده و به منظور کسب، ذخیره، بهنگام سازی، پردازش، تحلیل و ارائه کلیه اشکال اطلاعات جغرافیایی طراحی و ایجاد شده است.^۸ در این زمینه مطالعه ای توسط جمور و ایل بیگی^۹ درخصوص مکان یابی محل و تعیین روش مناسب تغذیه مصنوعی در دشت میناب براساس روش AHP صورت گرفته است، در این پژوهش

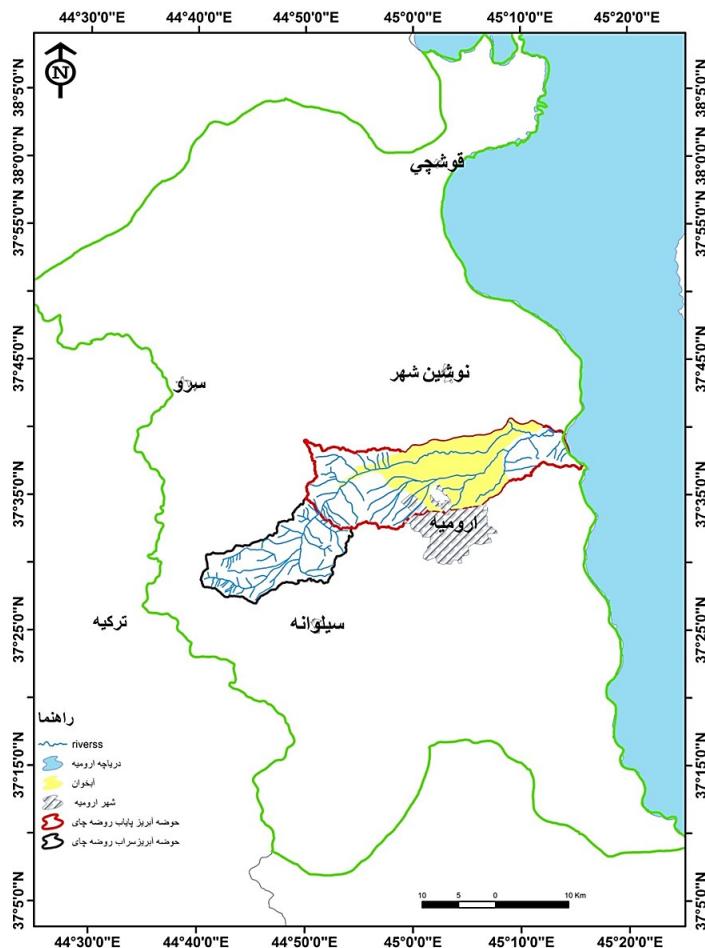
شرق حرکت کرده و در مسیر حرکت خود آب موردنیاز کشاورزی برخی روستاهای را تأمین کرده و درنهایت به دریاچه ارومیه متهمی می‌شود. سیالب‌های لوی اصلاح وارد اراضی با تلاقی طریق مسیل گویجه این رودخانه را از نظر تأمین آب جهت دریاچه ارومیه می‌شود. این منطقه از نظر تأمین آب جهت مصارف کشاورزی با کمبود مواجه هست. با توجه به افزایش فعالیت‌های کشاورزی در منطقه، احتمال آن می‌رود که در آینده‌ای نه‌چندان دور شاهد کاهش ذخیره آبخوان‌های موجود باشیم. به همین منظور، ابتدا تمام پارامترهای موردنیاز جهت گزینش مکان مناسب اجرای طرح تغذیه مصنوعی شناسایی و موردنرسی قرار گرفت. حوضه آبریز روضه چای به دو بخش سراب و پایاب تقسیم می‌شود لذا با توجه به اینکه هدف مطالعه حاضر، ارزیابی پتانسیل تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی در دشت ارومیه است، تمرکز مطالعه در بخش پایاب حوضه بوده و آبخوان ارومیه هم در بخش پایاب قرارگرفته است. این منطقه مشابه اکثر آبخوان‌ها و سفره‌های آبریززمینی حوضه آبریز دریاچه ارومیه با مشکل اضافه برداشت برای آبیاری و افت شدید آب زیرزمینی مواجه است و در این تحقیق به عنوان یک راهکار پایدار، آبخوانداری با تغذیه مصنوعی آبهای مازاد در خارج فصل زراعی مدنظر هست و برای این هدف لازم است مناطق با شرایط هیدرولیمیابی و هیدرودینامیکی سفره، شناسایی و مورد اولویت بندی قرار گیرد و مناسبترین و مستعدترین مکانها و ترجیحاً بدون معارض تعیین گردد. در استان آذربایجان غربی تجربیات موفق تغذیه مصنوعی بصورت حوضچه‌ای نفوذی در اطراف رودخانه‌ها وجود دارد^{۱۱} لذا در تحقیق این روش مد نظر بوده است.

تغذیه مصنوعی بایستی زیرمعیارهای مختلف مؤثر در انتخاب بهترین مکان در نظر گرفته شوند. با ایجاد ارتباط بین زیرمعیارها می‌توان عمل اولویت بندی را انجام داده و تصمیم‌گیری به منظور انتخاب مستعدترین مکان برای منطقه‌ی موردنظر را سریع‌تر و دقیق‌تر انجام داد. با توجه به توسعه و رونق کشاورزی و تمرکز بالای چاههای بهره‌برداری در دشت ارومیه، علی‌الخصوص حوضه آبریز رودخانه روضه چای، شناسایی و پتانسیل یابی مکان‌های مستعد تغذیه مصنوعی، صحبت سنجدی و پیش‌بینی مناطق مناسب تغذیه آب زیرزمینی و تأثیر آن در احیاء تعادل بهم خورده آبخوان، امری ضروری هست به این ترتیب هدف از این مطالعه تحلیل مکانی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی در حوضه آبریز رودخانه روضه چای ارومیه می‌باشد که یافته‌های این مطالعه می‌تواند در مدیریت مناسب منابع آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

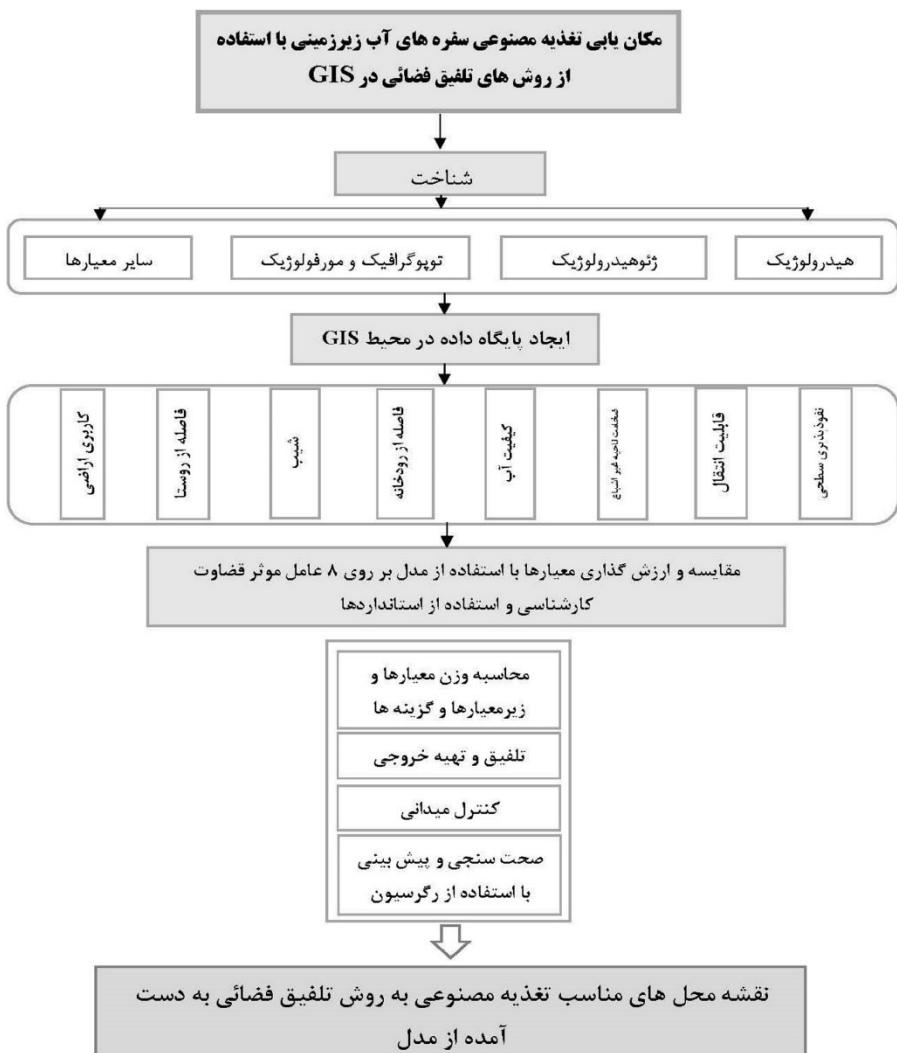
منطقه مورد مطالعه در غرب دریاچه ارومیه و بین مختصات جغرافیایی ۴۴ درجه و ۴۹ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۵ درجه عرض شمالی واقع شده است. حوضه آبریز روضه چای از شمال به محدوده نازلو چای، از جنوب به محدوده شهر چای و شهر ارومیه، از شرق به دریاچه ارومیه و از غرب به مرز سیاسی کشور ترکیه محدود می‌شود (شکل ۱). مهم‌ترین رودخانه منطقه، روضه چای هست که از سمت کوه‌های مرزی ترکیه سرچشمه گرفته و به سمت



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه

محیط نرم‌افزار ArcGIS موردن بررسی قرار گرفت و با استفاده از مدل ترکیبی منطق فازی، تلفیق لایه‌ها انجام شد. درنهایت برای انجام صحت سنجی نقشه‌های نهایی، از بازدیدهای میدانی، ضریب رگرسیون در نرم‌افزار Terrset و منحنی ROC استفاده شده است. در شکل زیر گردش کار مطالعه ارائه شده است.

داده‌های کمی مربوط به هشت لایه اطلاعاتی از سازمان‌های آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی و سازمان جغرافیا ای نیروهای مسلح استان آذربایجان غربی اخذ شده و مکان‌یابی پتانسیل آب‌های زیرزمینی تجدیدشونده آبخوان روضه چای با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در نرم‌افزار Expert Choice و تکنیک فازی فضایی در



شکل ۲-گردش کار مطالعه

است برای دسته‌بندی پهنه‌ها در محیط - ARC GIS از روی طبقه‌بندی پیش‌فرض Arc Map - یعنی Natural Breaks Arc Map است. این ضریب نشان‌دهنده حرکت آب در محیط متخلخل می‌باشد این لایه از درون‌یابی نتایج آزمایش پمپاژ به دست می‌آید.

لایه قابلیت انتقال ناحیه اشباع
این ضریب نشان‌دهنده حرکت آب در محیط متخلخل می‌باشد این لایه از درون‌یابی نتایج آزمایش پمپاژ به دست می‌آید.

تهیه نقشه های موثر در مکان یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی

لایه نفوذپذیری سازندهای زمین شناسی

برای تهیه محدوده نقشه نفوذپذیری، از نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه استفاده شد و با تشکیل لایه لیتوژئو نفوذپذیری هر عنصر در جدول اطلاعات لایه وارد شد و بر اساس نفوذپذیری هر عنصر لایه رستر تهیه شد.

لایه ضخامت ناحیه غیراشباع

برای ایجاد این لایه از اطلاعات پیزومترهای سال ۱۳۹۶ سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان غربی استفاده شده

لایه کیفیت آب زیرزمینی

برای کیفیت آب زیرزمینی از نتایج آنالیزهای سال ۱۳۹۶ استفاده شده ۱۰ نقطه نمونه برداری در داخل ناحیه مطالعاتی قرار دارد ولی از ۱۵ نقطه که در مجاورت ناحیه قرار دارند، به صورت کمکی برای پهنه‌بندی استفاده شده kriging است. پهنه‌بندی در محیط GIS و به طریق kriging درونیابی انجام یافته است. برای دسته‌بندی پهنه‌ها در محیط ARC GIS - Arc Map از روش طبقه‌بندی Natural Breaks پیش‌فرض ARC GIS - Arc Map یعنی Natural Breaks استفاده شده است.

مراحل انجام تحلیل سلسله مراتبی

در تحقیق حاضر، برای وزن دهنده معیارها و قضاوت با ذهن و طبیعت بشری از روش AHP استفاده شده است. اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسئله است که در ابتدا هدف کلی مسئله و در مراحل بعدی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند (شکل ۳). علاوه بر آن در نگاه کلی می‌توان بیان کرد که روش ساختن یک سلسله مراتب به نوع تصمیمی که باید اتخاذ شود بستگی دارد.^{۱۲}

لایه کاربری اراضی

نقشه‌های کاربری اراضی به صورت فایل GIS از سازمان جهاد کشاورزی اخذ و در این تحقیق استفاده شده است. نقشه کاربری اراضی برای استفاده در پهنه‌بندی در محیط GIS مستلزم لحاظ کردن اولویت‌ها و طبقه‌بندی می‌باشد.

لایه فاصله از آب های سطحی

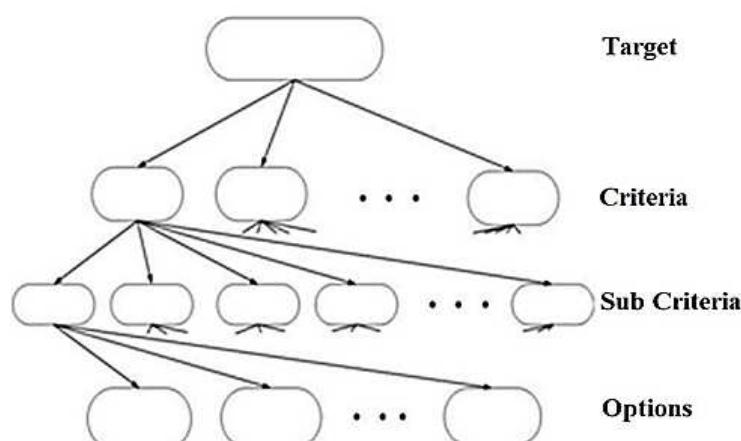
لایه رودخانه‌های حوضه از سازمان آب به صورت فایل GIS اخذ شده است و در محیط GIS حریم‌ها یا فاصله از آبراهه با استفاده از فاصله اقلیدسی ایجاد شده است.

لایه شبیب

از داده‌های توپوگرافی منطقه که از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح اخذ شده است در محیط GIS ایجاد شده‌اند. به این ترتیب که خطوط هم ارزش ارتفاعی (کانتورهای ارتفاعی) به مدل رقومی زمین یا DEM (digital elevation model) تبدیل شده و لایه شبیب از روی لایه DEM در محیط GIS به دست آمده است.

لایه فاصله از روستا

لایه موقعیت روستاهای منطقه از سازمان جهاد کشاورزی استان اخذ و فاصله یا حریم روستاهای در محیط GIS ایجاد شد. نقشه فاصله از روستاهای برای استفاده در پهنه‌بندی در محیط GIS مستلزم لحاظ کردن اولویت‌ها و طبقه‌بندی می‌باشد.



شکل ۳- ساختار سلسله مراتبی

یکدیگر با استفاده از امتیازدهی معیارها و تکمیل پرسشنامه خبرگان توسط کارشناسان آب و مشورت با استادی گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه ارومیه انجام شد و درنهایت وزن هر کدام از معیارها به دست آمد برای مقایسه زوجی متغیرها به صورت طبقه‌بندی کمی بین ۱ تا ۹ از جدول قیاسی که توسط ساعتی^{۱۳} بیان شده است، انجام پذیرفته است (جدول ۱).

با توجه به این که هریک از متغیرهای ۸ گانه تأثیر متفاوتی در انتخاب محل مناسب اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی حوضه آبریز رودخانه روضه چای دارند و متغیرهای مؤثر بیش از یک فاکتور بوده و ارجحیت فاکتورها نسبت به هم سنجیده می‌شوند، از روش مقایسه زوجی استفاده شده است. در روش مقایسه زوجی، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و اهمیت آن‌ها نسبت به

جدول ۱- وزن دهی به عوامل بر اساس ارجحیت به صورت مقایسه زوجی

مقدار عددی	ترجیحا (قضاياوت شفاهی)
۹	کاملا مرجع یا کاملا مهم یا کاملا مطلوب
۷	مرجع بالهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	ترجیح بالهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مرجع یا کمی مهم تر یا کمی مطلوب
۱	ترجیح بالهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲,۴,۶,۸	ترجیحاً بین فواصل قوی

اهمیت نسبی پارامترها تجدیدنظر صورت گیرد^{۱۴}. تمامی این فرآیندها در نرمافزار Expert Choice انجام شده و خروجی نهایی لایه‌های ۸ گانه با وزن‌های به دست آمده در Raster GIS-ARC map با دستور محیط calculator وزن دهی شده و نقشه نهایی پهن‌بندی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در دشت ارومیه (حوضه آبریز روضه چای) به دست آمده است.

(1)

$$CR = CI / RI$$

منطق فازی

در تئوری کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر یا عضو مجموعه است یا نیست به عبارتی این تئوری عضویت درجه بندی شده را مطرح می‌کند. یک مجموعه فازی،

بعد از محاسبه وزن هر کدام از معیارها، در ادامه این وزن‌ها را به امتیاز کسب شده ضرب کرده تا وزن هر زیر معیار به دست آید و امتیاز نهایی هر زیر معیار محاسبه می‌شود و در آخر با جمع جبری امتیازهای نهایی زیر معیارها، امتیاز کل برای هر یک از عوامل موثر در رابطه با مکان‌یابی تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی به دست می‌آید. یکی از مزیت‌های روش AHP، برای تعیین ضریب اهمیت معیارها، امکان بررسی سازگاری در قضاوتهای انجام شده هست. سازوکار بررسی این سازگاری، محاسبه ضریبی به نام ضریب سازگاری (CR) هست که در زیر به فرمول آن اشاره شده است^{۱۵}. این معیار بایستی کمتر از ۰/۱ باشد در صورتی که مقدار ضریب بیشتر باشد، می‌بایست در

اراضی، نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که مناطق مسکونی و شهری از نظر پهنه‌بندی پتانسیل تغذیه مصنوعی نامطلوب هستند اما زمین‌های غیر کشاورزی و مراعط ضعیف مطلوب‌ترین مکان برای اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی از لحاظ کاربری اراضی محسوب می‌شوند علاوه بر آن نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که فاصله ۰ تا ۲۰۰ متری از رودخانه یا آبراهه و شیب ۰ تا ۲ درجه مطلوب‌ترین حالت برای اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی به نظر می‌رسد و در فواصل بیشتر از ۲۰۰۰ متری و شیب ۱۸ تا ۲۷ امکان ایجاد تأسیسات بسیار کم بوده و اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی در این شرایط نامناسب می‌باشد. درمورد لایه فاصله از روستا نتایج مطالعه حاضر بیان می‌کند که هرچقدر از روستا دور شویم منطقه مورد نظر برای ایجاد تغذیه مصنوعی مناسب‌تر می‌باشد و به عبارت دیگر فواصل بیشتر از ۸۰۰ متر مطلوب‌ترین مکان در نظر گرفته شده است و فواصل ۰ تا ۲۰۰ متری از روستا نامطلوب‌ترین مکان محسوب می‌گرددند همچنین مکان‌یابی مناطق مستعد اجرای طرح‌های پروژه تغذیه مصنوعی در دشت ارومیه (حوضه آبریز رودخانه روضه چای) با تشکیل لایه‌های مکانی و تلفیق آنها در وزن‌های به دست آمده برای هر کدام از سامانه‌ها بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی اتخاذ گردید (شکل ۴) و با توجه به اهمیت و اولویت هر یک از لایه‌ها، نقشه‌های پهنه‌بندی خروجی نهایی در (شکل ۵) ارائه شد.

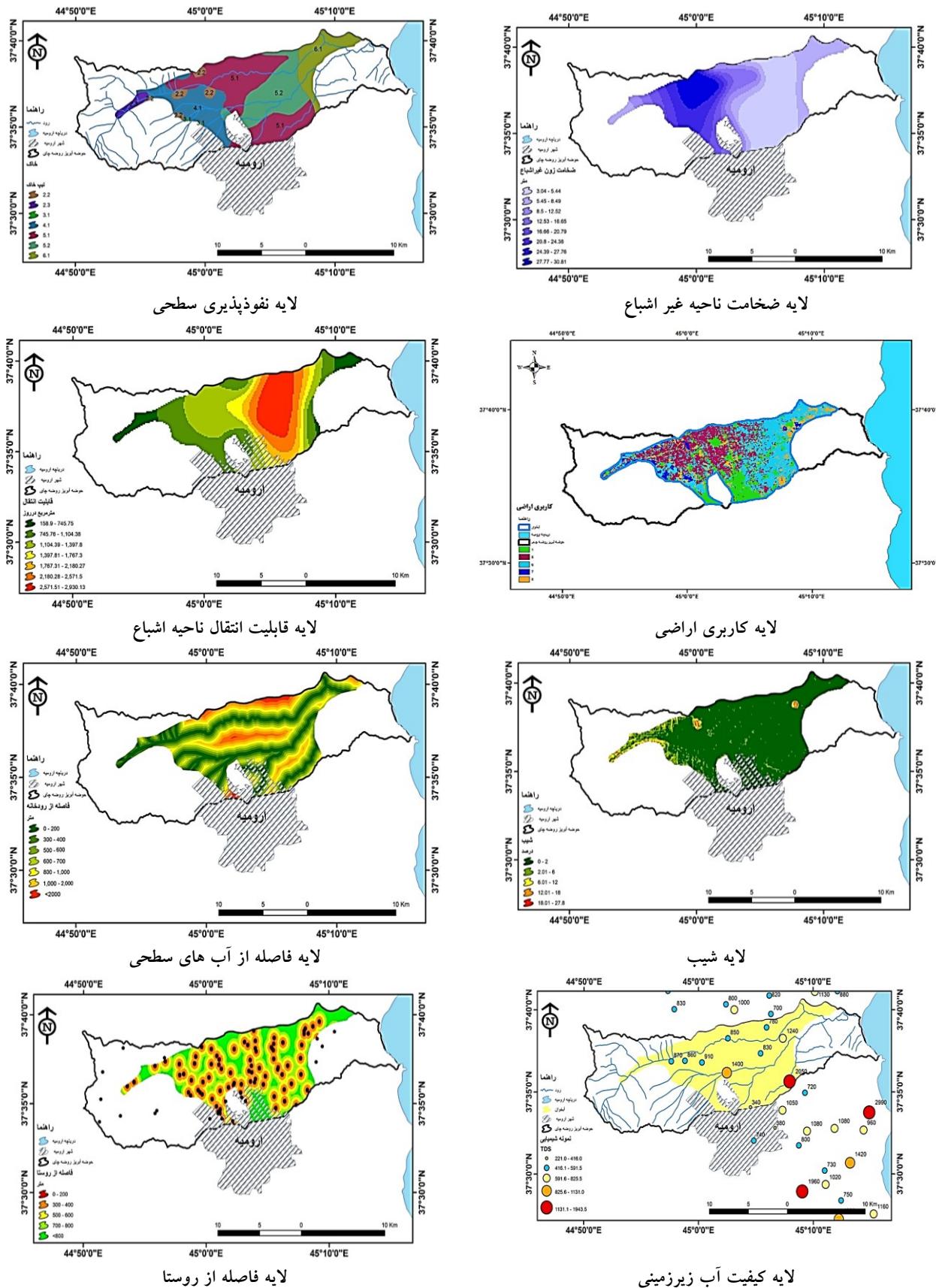
مجموعه ایی از المان‌ها با ویژگی‌های مشابه است که در آن، مجموعه درجه ایی مشخص از صفر تا یک را دارد.^{۱۵} در روش ترکیبی منطق فازی- تحلیل سلسله مراتبی، با استفاده از روش فرایند سلسله مراتبی و با توجه به اهمیت هر پارامتر در پتانسیل منابع آب، وزن آنها محاسبه گردید و با اعمال تابع عضویت فازی خطی به حالت فازی تبدیل و با درنظر گرفتن وزنهای محاسبه شده از روش AHP تمامی لایه‌ها با عملگر جمع فازی با یکدیگر ترکیب و نقشه پتانسیل منابع آب زیرزمینی در دشت ارومیه (حوضه آبریز روضه چای) حاصل گردید.

نتایج

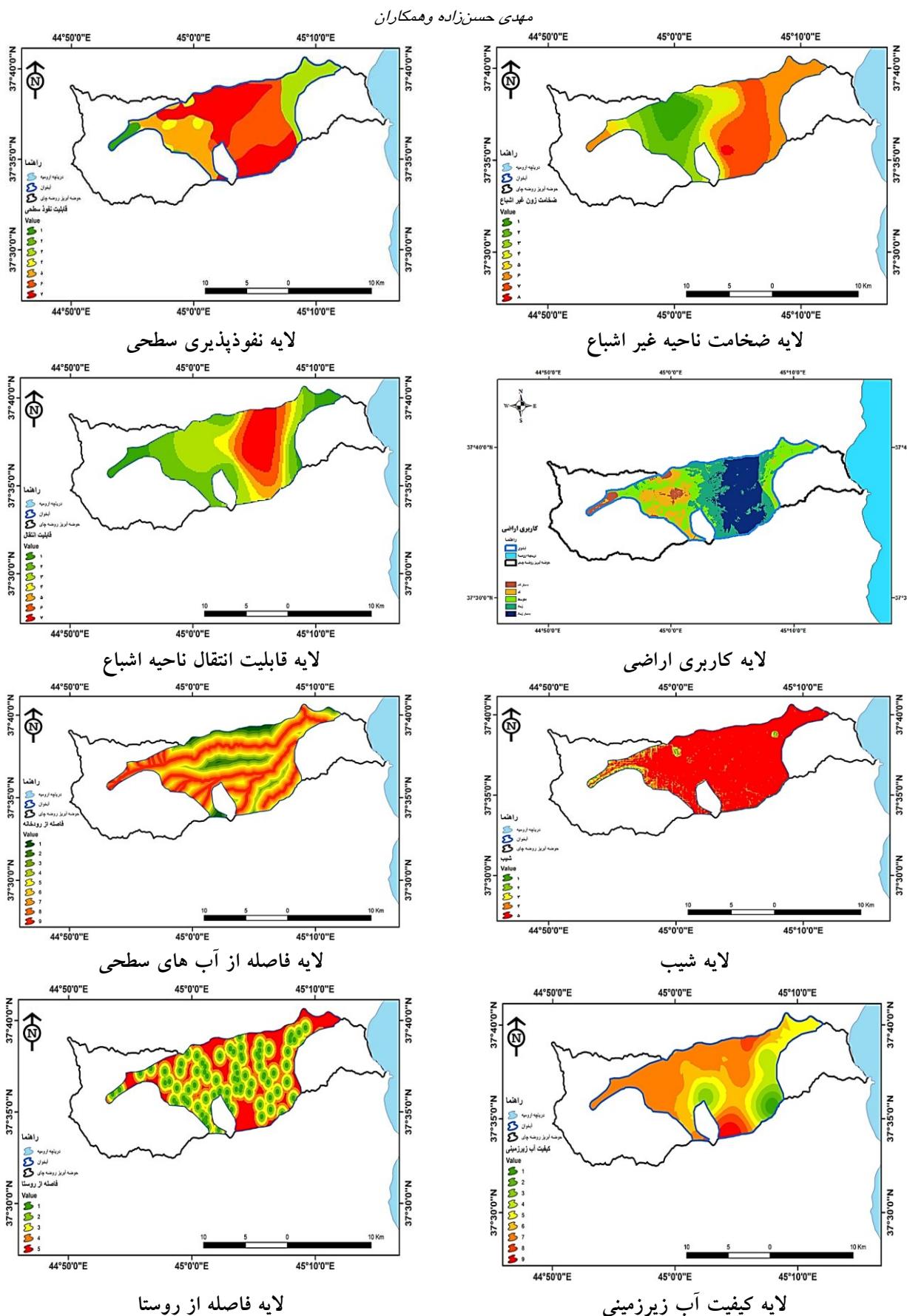
نتایج ۸ لایه اطلاعاتی در محیط GIS

در مطالعه حاضر از هشت لایه اطلاعاتی شامل نفوذپذیری سطحی، ضخامت ناحیه غیراشباع، قابلیت انتقال آبخوان، کیفیت آب زیرزمینی، شیب، کاربری اراضی، فاصله از رودخانه و فاصله تا روستا استفاده شده است و نتایج نقشه پهنه‌بندی در محیط GIS مطالعه حاضر نشان می‌دهد که نواحی مرکزی دشت به دلیل این که نفوذپذیری سطحی خاک و قابلیت انتقال از ناحیه اشباع بیشتر و ضخامت ناحیه غیراشباع و میزان TDS (Total dissolved solids) این ناحیه کمتر از نواحی دیگر است در نتیجه نواحی مرکزی دشت مستعدترین ناحیه به منظور ایجاد تغذیه مصنوعی محسوب می‌گردد. درخصوص لایه کاربری

تحلیل مکانی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی در حوضه آبریز رودخانه روضه چای ارومیه



شکل ۴ - هشت لایه ورودی مؤثر در تغذیه مصنوعی رودخانه روضه چای



شکل ۵- نقشه های امتیازدهی شده منطقه مورد مطالعه

شکل گرفت. نتایج حاصل از وزن دهی، ماتریس‌های مقایسه زوجی و عوامل مؤثر در پهنگ‌بندی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در منطقه موردمطالعه به صورت (جدول ۲) (ماتریس‌های مقایسه زوجی خروجی نرمافزار) و (شکل ۶) آورده شده است. البته محاسبات لازم در محیط نرمافزار Expert Choice به عمل آمده است. استفاده از این نرمافزار به منظور صرفه‌جویی در وقت و اجتناب از بروز خطاهای انسانی صورت گرفته است.

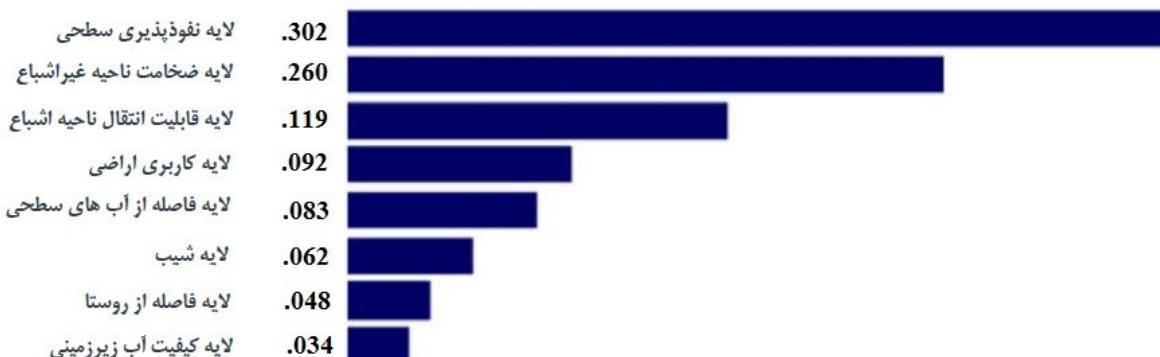
نتایج وزن دهی لایه‌های اطلاعاتی

پس از تشخیص عوامل مؤثر در پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در منطقه موردمطالعه، وزن دهی به لایه‌های اطلاعاتی (برای اولویت‌بندی عوامل نسبت به یکدیگر با در نظر گرفتن پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی منطقه) طی پرسشنامه‌ای از ۱۲ متخصص نظرسنجی شد و ماتریس‌های مقایسه زوجی بر اساس ویژگی‌های منطقه، مطالعات تطبیقی و نظرات متخصصین برای معیارها و زیرمعیارها

جدول ۲ - ماتریس‌های مقایسه زوجی خروجی نرمافزار Expert Choice

	نفوذپذیری سطحی	ضخامت ناحیه غیراشباع	قابلیت انتقال آبخوان	کاربری اراضی	فاصله از رودخانه	شیب	فاصله از روستا	کیفیت آب زیرزمینی
نفوذپذیری سطحی	۱	۲	۳	۵	۶	۴	۷	۹
ضخامت ناحیه غیراشباع		۱	۳	۴	۲	۵	۷	۸
قابلیت انتقال آبخوان			۱	۲	۳	۵	۵	۶
کاربری اراضی				۱	۲	۳	۲	۴
فاصله از رودخانه					۱	۲	۳	۴
شیب						۱	۲	۳
فاصله از روستا							۱	۲
کیفیت آب زیرزمینی								۱

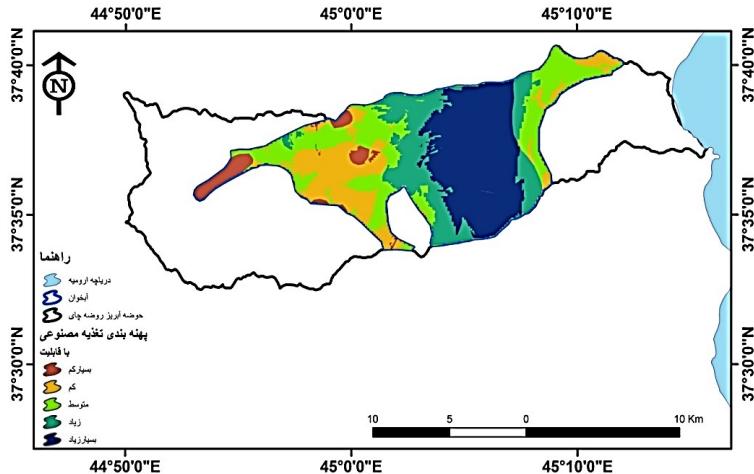
Overall Inconsistency = 0.4



شکل ۶ - وزن‌های نهایی برای عوامل ۸ گانه پهنگ‌بندی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی (خرجی نرم افزار Expert Choice) نتایج نقشه نهایی پهنگ‌بندی پتانسیل تغذیه لایه‌های ۸ گانه با وزن‌های بدست‌آمده در محیط ARC با دستور Raster calculator ARC map-GIS وزن آب زیرزمینی

۲۷/۴ کیلومترمربع می‌باشد و در قسمت‌های غربی دشت، نواحی باقابیلیت تغذیه مصنوعی بسیار کم و کم مورد تلفیق قرار گرفته است، به طوری که کمترین قابلیت تغذیه مصنوعی در متنهای علیه غربی دشت قرار دارد. (شکل ۷)

دهی شده و نتایج نقشه نهایی پهنه‌بندی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در دشت ارومیه (حوضه آبریز روضه‌چای) نشان می‌دهد که در مرکز حوضه آبریز روضه‌چای وسعت ناحیه باقابیلیت تغذیه مصنوعی بسیار زیاد حدود ۴۶ کیلومترمربع بوده و وسعت ناحیه باقابیلیت تغذیه مصنوعی زیاد حدود

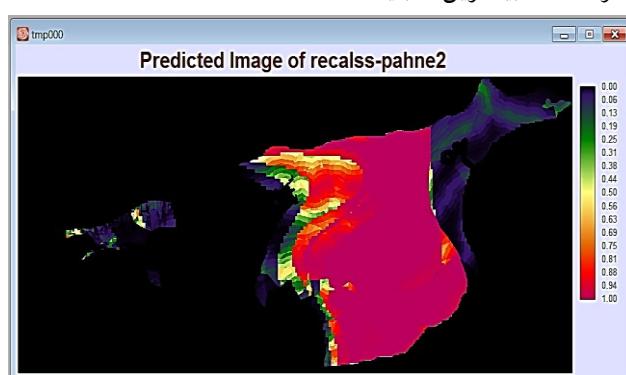


شکل ۷ - نقشه نهایی پهنه‌بندی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در دشت ارومیه (حوضه آبریز روضه‌چای) به روش AHP

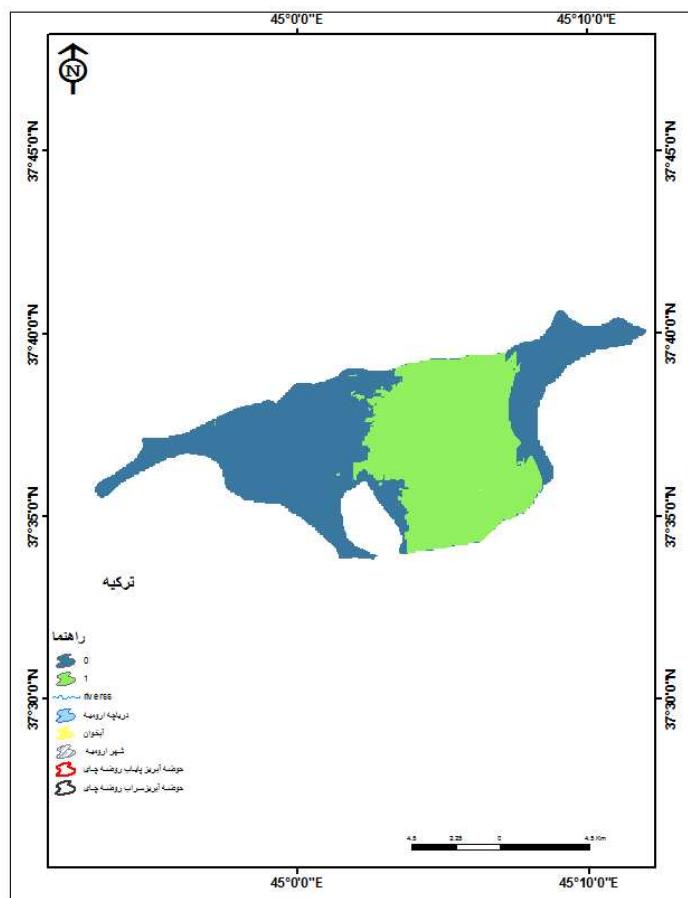
تغذیه مصنوعی باقابیت‌های بسیار زیاد و زیاد را در ناحیه مرکز دشت مطابق (شکل ۹) نشان می‌دهد. بیانگر نزدیک بودن و موفقیت‌آمیز بودن کار تحقیقاتی با پژوهش انجام شده است.

نتایج خروجی نرم‌افزار Terrset

با توجه به نتایج خروجی نرم‌افزار Terrset (شکل ۸) که محدوده‌ی AUC (Area Under the Curve) ۰.۹۸ را نشان می‌دهد، پهنه‌بندی انجام گرفته که بیشترین قابلیت



شکل ۸ - خروجی نرم‌افزار Terrset



شکل ۹ - نقشه پهنه‌بندی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در دشت ارومیه (حوضه آبریز روضه‌چای) با نرم‌افزار Terrset

داخل زمین و نهایتاً تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی اولین مرز، خاک سطحی می‌باشد و خاک‌ها براساس بافت مصالح متسلکه قابلیت نفوذپذیری متفاوتی دارند به این دلیل قابلیت نفوذپذیری سطحی یکی از عوامل مهم در پروسه نفوذ آب به زیرزمین و تغذیه مصنوعی به حساب می‌آید.^{۱۶} که در مرکز دشت ارومیه مقدار آن زیادتر می‌باشد. در ادامه آب نفوذیاته برای پیوستن به سفره‌های آب زیرزمینی مستلزم عبور از ناحیه غیر اشبع بوده و بدیهی است که هرچقدر ضخامت این ناحیه کمتر باشد قابلیت اراضی برای ایجاد تغذیه مصنوعی بیشتر می‌باشد در نهایت آب زیرزمینی بعد از عبور از ناحیه غیر اشبع به سفره آب زیرزمینی می‌رسد، قابلیت انتقال ناحیه اشبع یا قابلیت انتقال سفره نقش مهمی در انتقال افقی آب نفوذ یافته به سایر نقاط سفره را دارد که مقدار آن در نواحی مرکزی دشت ارومیه زیادتر می‌باشد. در

بحث

این مطالعه با هدف تحلیل مکانی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی در حوضه آبریز رودخانه روضه چای ارومیه صورت پذیرفت و برای پهنه‌بندی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در دشت ارومیه (حوضه آبریز روضه‌چای) به روش AHP از ۸ لایه با عنوانین نفوذپذیری سطحی، ضخامت ناحیه غیراشبع، قابلیت انتقال از ناحیه اشبع، کیفیت آب زیرزمینی، شبیب، کاربری اراضی، فاصله از رودخانه و فاصله تا روستا استفاده شد. یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که در نواحی مرکزی دشت ارومیه میزان نفوذپذیری سطحی خاک و قابلیت انتقال از ناحیه اشبع زیادتر و ضخامت ناحیه غیر اشبع از نواحی دیگر کمتر می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده است که در روند نفوذ آب به

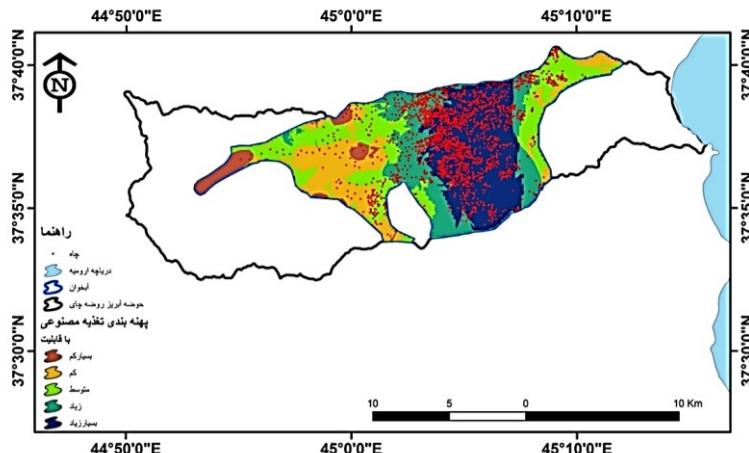
حساب می‌آیند ولی زمین‌های غیر کشاورزی و مراتع ضعیف همانند نواحی مرکزی دشت ارومیه مطلوب‌ترین مکان برای اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی از لحاظ کاربری اراضی محسوب می‌شوند. صادقی و همکاران در سال ۱۴۰۰ درمورد مکانیابی محلهای مناسب تغذیه مصنوعی آبخوان دشت شریف آباد قم با تأکید بر ویژگیهای هیدروژئومرفولوژیکی منطقه، مطالعه ایی انجام دادند. منطقه مورد مطالعه شامل زمینهای فاقد پوشش درشت دانه، خاک فاقد پوشش ریزدانه، زمین کشاورزی و مناطق شهری و روستایی می‌باشد. لذا مناطقی با پوشش گیاهی ضعیف و فاقد فعالیتهای انسانی و پوشش درشت دانه مناطقی مناسب جهت تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی می‌باشند^{۱۸}. علاوه بر آن برای تغذیه آبهای زیرزمینی از منابع آبهای سطحی به ویژه آب رودخانه‌ها و سیلاب‌های احتمالی استفاده می‌شود لذا انتقال این آب‌ها به محل مورد نظر مستلزم احداث کanal یا سایر ملزمومات انتقال می‌باشد درنتیجه هر چقدر محل موردنظر (تأسیسات تغذیه مصنوعی) به رودخانه یا منابع تأمین آب سطحی نزدیک‌تر باشد از لحاظ اقتصادی مقرن به صرفه تر می‌باشد چون هزینه احداث ملزمومات انتقال و همچنین تملک اراضی برای این ملزمومات کاهش می‌یابد و نتایج مطالعه حاضر هم فاصله ۰ تا ۲۰۰ متری از رودخانه یا آبراهه را مطلوب‌ترین محل برای اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی را نشان داده است همچنین می‌توان بیان کرد که هرچقدر شیب کمتر باشد آب سطحی فرصت بیشتری برای نفوذ به زیر زمین دارد برای همین منظور شیب ۰ تا ۲ درصد بیشترین مطلوبیت را برای پهنه‌بندی مناطق مستعد برای تغذیه مصنوعی را دارد که نواحی مرکزی دشت ارومیه بیشترین امتیاز را دارا می‌باشد. در پهنه‌بندی مناطق مستعد برای تغذیه مصنوعی داشتن فاصله از مناطق مسکونی به ویژه روستاهای که دارای سیستم دفع فاضلاب نیستند معقول به نظر می‌رسد چون سپتیک‌های جذبی سرویس‌های بهداشتی در روستاهای تواند آلودگی را به آب زیرزمینی منتقل کنند و نتایج مطالعه نشان داد که داشتن فاصله بیشتر از ۸۰۰ متر از

مطالعه ایی که جمور و همکاران در سال ۱۳۹۸ در مورد مکان یابی محل و تعیین روش مناسب تغذیه مصنوعی در دشت میتاب بر اساس روش AHP انجام دادند، مقدار قابلیت انتقال ناحیه اشباع براساس داده‌های دانه بندی لوگ زمین شناسی چاه‌های پیزومتری و بازدیدهای صحراوی برآورد شد. نتایج این مطالعه نشان داده است که در بخش‌های شرقی و مرکزی آبخوان که رسوبات از نوع دانه درشت و گرد شده می‌باشند، قابلیت انتقال آبخوان بالا و در بخش‌های غربی آبخوان که رسوبات دانه ریزتر می‌باشند مقدار هدایت هیدرولیکی و به تبع آن مقدار قابلیت انتقال کاهش می‌یابد^۹. همچنین طبق نتایج مطالعه حاضر میزان کیفیت آب نفوذیافته در نواحی مرکزی دشت ارومیه به دلیل پایین بودن میزان TDS نسبت به سایر نواحی دیگر بالاتر است، لایه کیفیت آب زیرزمینی یکی از عوامل مهم اثر گذار در تعیین محل مناسب برای تغذیه مصنوعی محسوب می‌گردد که برای بیان آن از پارامترهای مختلفی من جمله نیترات و فلزات سنگین استفاده می‌شود اما در این مطالعه به علت عدم دسترسی به این مواد از پارامتر شیمیایی دیگر مانند TDS استفاده شده است. در مطالعه ایی که ایمانی و همکاران در سال ۱۴۰۲ درخصوص ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی قابل شرب روستایی با استفاده از تحلیلهای زمین آمار و سامانه اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردي: شهرستان اردبیل انجام داده است بیان می‌کند که TDS، مجموع کل مواد آلی و غیرآلی محلول در آب می‌باشد و همچنین یکی از مهمترین فاکتورها در استانداردسازی کیفیت مطلوب آب شرب محسوب می‌شود که زیاد یا کم بودن مقدار آن در آب اثراتی را در سلامتی بدن انسان به وجود می‌آورد^{۱۷}. در ادامه در مدل‌های پهنه‌بندی، کاربری اراضی یکی از فاکتورهای مهم به حساب می‌آید و در مطالعه حاضر نیز نقش کاربری‌های مختلف به لحاظ اقتصادی و تملک زمین برای تأسیسات و حوضچه‌های تغذیه مصنوعی می‌تواند حائز اهمیت باشد و نواحی مسکونی و شهری از نظر پهنه‌بندی پتانسیل تغذیه مصنوعی نامطلوب‌ترین منطقه به

نسبت به سایر مناطق مناسب‌تر باشد زیرا تخلیه آب زیرزمینی در این ناحیه بیشتر از سایر نواحی است. نقشه پهن‌بندی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه و محل چاههای بهره‌برداری در (شکل ۱۰) نشان داده شده است. همچنین مطابق (شکل ۷) در نواحی شرقی بهویژه نواحی غربی منطقه مورد مطالعه که قابلیت تغذیه مصنوعی کمی بر آب آبخوان برآورده شده است تعداد چاههای بهره‌برداری به مرتب کمتر از نواحی مرکزی می‌باشد.

روستا مطلوب‌ترین مکان برای احداث تغذیه مصنوعی در نظر گرفته می‌شود.

نتایج پهن‌بندی انجام‌گرفته مطالعه حاضر نشان داد که در مرکز حوضه آبریز روضه چای وسعت ناحیه با قابلیت تغذیه مصنوعی بسیار زیاد حدود ۴۶ کیلومترمربع بوده و وسعت ناحیه با قابلیت تغذیه مصنوعی زیاد حدود $\frac{27}{4}$ کیلومترمربع می‌باشد و با در نظر گرفتن تمرکز بالای چاههای بهره‌برداری در مرکز داشت به نظر می‌رسد تغذیه مصنوعی در این نواحی

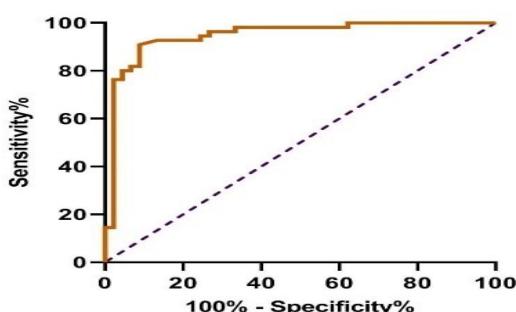


شکل ۱۰ - نقشه پهن‌بندی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه و محل چاههای بهره‌برداری

که داده‌ها عموماً در بالای خط نیمساز قرار گرفته‌اند و میزان نرخ مثبت صحیح بالا است. مقدار عددی ROC خروجی نرم‌افزار Terrset برابر 0.98 ± 0.01 است که با توجه به (جدول ۳) از نظر قدرت تشخیص آزمون، در رتبه‌ی عالی قرار گرفته است.

در نهایت برای تعیین صحت نقشه‌های نهایی از منحنی ROC استفاده گردید نتیجه $ROC = 0.998 \pm 0.001$ در نرم‌افزار Tersset مشخص می‌شود، عددی بین صفرتا یک را نشان می‌دهد. که این عدد هرچقدر به یک نزدیک‌تر باشد، به این معنی است

ROC curve



شکل ۱۱ - منحنی ROC

جدول ۳ - مقادیر AUC

قدرت تشخیص تست	اندازه عددی AUC در منحنی راک
عالی	۱-۰/۹
خوب	۰/۹-۰/۸
نسبتاً خوب	۰/۸-۰/۷
ضعیف	۰/۷-۰/۶
بی فایده	۰/۶-۰/۵
غیرقابل استناد	<۰/۵

سطح آب‌های زیرزمینی شده است. در چندین مناطقی تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی از مهم‌ترین راهکارهای مدیریتی است. موقیت طرح‌های تغذیه مصنوعی مستلزم شناسایی مکان مناسب برای احداث آن‌ها می‌باشد. استفاده از نظریه مجموعه فازی در مکان‌یابی پروژه‌ها، امکان استفاده از اطلاعات کیفی و غیرقطعی را به تصمیم‌گیری می‌دهد. بر این اساس در تحقیقات جدید مکان‌یابی پروژه‌ها به روش تصمیم‌گیری چندمعیاره با استفاده از منطق فازی موردنویجه قرار گرفته است. در مناطق خشک، تغذیه مصنوعی برای: ۱) تقویت تغذیه طبیعی ناشی از باران و رواناب، ۲) جلوگیری از کاهش سطح آب آبخوان، ۳) کنترل آلودگی ذخایر آب به‌وسیله پساب و ۴) جلوگیری از تداخل آب‌شور به آب شیرین در سواحل دریاها انجام می‌شود. موقیت طرح‌های تغذیه مصنوعی مستلزم جمع‌آوری و تکمیل داده‌ها و اطلاعات بسیار زیادی است و نخستین پیش‌شرط برای احداث طرح تغذیه، شناسایی محل مناسب است.

در مطالعه ای مشابه مطالعه حاضر، که در دشت شهرکرد توسط مهدوی و همکاران در سال ۱۳۸۹ در استان چهارمحال و بختیاری برای مکان‌یابی عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی سفره‌های زیرزمینی به روش منطق فازی صورت گرفته بود نتایج نشان می‌دهد که شب، نفوذپذیری، ضخامت لایه آبرفتی و کیفیت آب‌های زیرزمینی به ترتیب اولویت بیشتری نسبت به سایر فاکتورها در انتخاب محل مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان دارند.^{۱۹} در مطالعه مشابه دیگر پوردشت بزرگ و همکاران اقدام به مطالعه مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلان جهت تغذیه مصنوعی در شمال اندیمشک در سال ۱۳۹۰ نمودند آن‌ها در این تحقیق با تلفیق روش بولین و همپوشانی وزنی، پارامترهای قابلیت انتقال و شب را به عنوان مهم‌ترین پارامترها در نظر گرفتند و بر این اساس حوضه آبریز جارمه اندیمشک را به عنوان مستعدترین مکان برای اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی مشخص نمودند.^{۲۰} مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت خاصی برخوردار است. عوامل مختلف طبیعی و انسانی در چند دهه اخیر باعث ایجاد شرایط بحرانی و افت

جغرافیایی در کنار منطق فازی می تواند ما را در اجرای صحیح و دقیق مکانیابی محل های تغذیه مصنوعی کمک کند.

سپاسگزاری

نویسنده از جناب آقای دکتر بهزاد حصاری و جناب آقای دکتر نورعلی حقدوست قهرمانلو به دلیل راهنمایی ها و حمایت های ارزشمندانه در انجام این پژوهش صمیمانه قدردانی می نماید.

تعارض منافع

نویسنده اعلام می دارند که هیچ گونه تعارض منافعی در این پژوهش وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش بدون دریافت هیچ گونه حمایت مالی از نهادهای دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی انجام شده است.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه نیاز به ملاحظات اخلاقی و دریافت کد طرح نداشته است.

مشارکت نویسندها

-راهنمایی در طراحی مطالعه: بهزاد حصاری

-طراحی مطالعه: نورعلی حقدوست قهرمانلو

-اجرای مطالعه: مهدی حسن زاده

-تجزیه و تحلیل داده ها: مهدی حسن زاده

-تجزیه و تحلیل آماری: بهزاد حصاری

-تصمیم کیفیت و صحت نتایج مطالعه: نورعلی حقدوست قهرمانلو

-مسئول اصلی تحقیق و نگارش مقاله: مهدی حسن زاده

-پاسخ به نظرات داوران: مهدی حسن زاده

-بررسی و اصلاح محتوا: بهزاد حصاری

-بازبینی مقاله: نورعلی حقدوست قهرمانلو

نتیجه گیری

با توجه به اینکه در سالهای اخیر حوضه آبخیز دریاچه ارومیه با تغییرات زیادی همانند وقوع خشکسالی، کاهش منابع آب سطحی، خشک شدن رودخانه های فصلی و درنتیجه خشک شدن سطح تالاب های حوضه و افت سطح آب زیرزمینی رو به رو بوده است، پژوهشگران صنعت آب بر آن شدند که محدودیت ها و روند تغییرات سطح سفره های آب زیرزمینی حوضه کوچکی از محدوده آبریز دریاچه ارومیه را بررسی نمایند و با توجه به روند موجود، تغییرات آنها را در آینده با تأکید بر بررسی علل افت کمی و باهدف کنترل و سازماندهی آنها پیش بینی کنند. بنابراین در این مطالعه، به منظور شناسایی محل مناسب تغذیه مصنوعی حوضه آبریز رودخانه روضه چای، از نرم افزار GIS استفاده گردید. همچنین برای پنهان بندی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی AHP در دشت ارومیه (حوضه آبریز روضه چای) به روش AHP از ۸ لایه با عنوانی نفوذ پذیری سطحی، ضخامت ناحیه غیر اشباع، قابلیت انتقال آبخوان، کیفیت آب زیرزمینی، شبکه کاربری اراضی، فاصله از رودخانه و فاصله تا روستا استفاده شده است. در نهایت خروجی وزن های نهایی به ترتیب به نفوذ پذیری سطحی، ضخامت ناحیه غیر اشباع، قابلیت انتقال آبخوان اختصاص داده شد. مطابق نتایج پنهان بندی نهایی مستعدترین نواحی به منظور تغذیه آب زیرزمینی نواحی مرکزی دشت می باشد، به نظر می رسد علت آن تأثیر ۳ عامل اولیه (نفوذ پذیری سطحی، ضخامت ناحیه غیر اشباع، قابلیت انتقال آبخوان) با وزن های بالا و شبکه کم آن نواحی باشد، نواحی غربی و ورودی دشت نیز به علت قابلیت انتقال آبخوان خیلی کم و شبکه زیاد و همچنین بالا بودن ضخامت ناحیه غیر اشباع در پنهان بندی نهایی کمترین استعداد را در اجرای پروژه های تغذیه مصنوعی نشان می دهدند. در نهایت می توان بیان کرد که استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره برای طراحی ساختار، ارزیابی و اولویت بندی گزینه های تصمیم و به کار گیری GIS برای تجزیه و تحلیل حجم بالای داده های

References

1. Bazrafshan J, Khalili A, Zad-Parsa S, et al. Documentary Study of the Situation of Agricultural Water Resources and Uses in Iran: Analysis of the Current Situation, Pathology and Solutions to the Challenges. *Strategic Research J Agric Sci Nat Resour* 2021;6(1): 35-50 [In Persian].
2. Shafa NS, Babazadeh H, Aghayari F, Saremi A. Optimal utilization of groundwater resources and artificial recharge system of Shahriar plain aquifer, Iran. *Phys Chem Earth Parts A/B/C* 2023;129: 103358 [In Persian].
3. Rani M, Pande A, Kumar K, et al. Investigation of groundwater recharge prospect and hydrological response of groundwater augmentation measures in Upper Kosi watershed, Kumaun Himalaya, India. *J Groundw Sustain Dev.* 2022;16: 100720.
4. Karimi H EN, Rostami N, Azami A. The use of geographic information system in locating suitable places for flood spreading (case study of Mehran plain, Ilam province). The first conference of new ideas and technologies in geographical sciences 2016 [In Persian].
5. Azareh A. Evaluating Groundwater Resources Potential in Herat-Marvast Plain Using a Combined Method of Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Logic. *J Irrig Water Eng.* 2023;13(3): 234-50 [In Persian].
6. CHabok BM, Hassanzadeh NM, Ebrahimi KZ. Site Selection Of Flood Water Spreading Project Using Analytical Hierarchical Processing (AHP) Model (Case Study: Eshghabad Watershed-Tabas). 2011;4(13):31-38 [In Persian].
7. Saaty T. The analytical Hierarchy process. McGraw-Hill, Inc; 1980.
8. Pourrazavi Vali H. Application of geographic information system (GIS) in route design. 2016.
9. Jamour R, Eilbeigy M. Site Selection and Determination of the Most Suitable Artificial Recharge Method in the Minab Plain Based on AHP Method. *J Environ Water Eng.* 2019;5(2): 166-73 [In Persian].
10. Moghaddam S, Ahmadi H, Zeynalzadeh K, Hessari B. Potential location of renewable groundwater in Urmia Lake basin by AHP analysis and spatial fuzzy technique (case study: Urmia plain). *J Hydrogeol* 2020;5(2): 142-53 [In Persian].
11. Khodaiaari M, Hessari B, Ahmadi H, Mohammadpour M. Evaluation of artificial recharge project efficiency for groundwater recovery with mathematical modeling (A case study on Firuraq of Khoy Plain in West Azerbaijan province). *Hydrogeology*. 2023;8(1): 170-86 [In Persian].
12. Saaty TL. Applications of analytical hierarchies. *Math Comput Simulate.* 1979;21(1): 1-20
13. Saaty TL. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *J Math Psychol.* 1977;15(3): 234-81.
14. Qudsipour H. AHP Hierarchical Analysis Process. Amir Kabir University of Technology 2012. 200p [In Persian].
15. Duman T, Can T, Gokceoglu C, et al. Application of logistic regression for landslide susceptibility zoning of Cekmece Area, Istanbul, Turkey. *Environ Geol.* 2006;51: 241-56
16. Nassimi A, Zare M. Site selection of basins for artificial recharge of groundwater in Boushan Catchment based on analytical hierarchical process (AHP). *Water Soil Sci.* 2015;25(1): 125-41 [In Persian].
17. Imani B, Jafarzadeh J. Investigating the quality of potable groundwater in rural areas using geostatistical analysis in geographic information system - Case study: Ardabil City. *Geogr Data.* 2023;32(127) [In Persian].
18. Sadeghi A-R, Hosseini SM, Yamani M, Jafa-Beiglou M. Site-selection of groundwater artificial recharge in Sharif-Abad aquifer with emphasis on hydrogeomorphological characteristics. *Res Earth Sci.* 2022;13(1): 100-16 [In Persian].
19. Mahdavi A IM, Najafabadi Ram, Tabatabai S. Locating suitable areas for artificial feeding of underground aquifers by fuzzy logic method in Shahrekord plain watershed. *Water and soil science . (Isfahan University of Technology)* 2011;15(56): 63-78.
20. Nizam A MRS, Farideh A, Zainab Z. Site Selection Flood Spreading For Artificial Recharge In The North Of Andimeshk. *Quarterly Geogr J Territory.* 2012;8(32): 99-112 [In Persian].