

Delineation of groundwater potential zones in Madian Roud watershed in Lorestan using Weighted Index Overlay Analysis (WIOA)

Hafez Mirzapour¹, Ali Haghi Zadeh^{*2}

Abstract

Since the surface water resources in many parts of the country are limited, the groundwater is considered as the most appropriate available resource to supply water demands. Identifying the areas with good potential for groundwater recharge has become the most important factor for filling the groundwater resources. The groundwater recharge potential depends on various characteristics from surface features, below ground level and meteorological parameters. In this research, we tried to identify areas with the potential for groundwater recharge in Madian River basin using weighted overlay index analysis (WIOA). In this method, integration of local maps of groundwater, geology, geomorphology, slope, drainage density, land use, rainfall, altitude and soil were discussed using Arc GIS and groundwater resources with very good, good, moderate to good, moderate and poor potential were identified. The 66.55 % of the study area was in the very good, good and, moderate to good groundwater recharge class. The obtained results were validated based on the output level that would reflect the results of the work coincidence with the observed water level.

Keywords: GIS, Groundwater Potential mapping, Madian River, overlay, WIOA.

Received: 2016/05/15
Accepted: 2016/12/17

پتانسیل یابی تغذیه آب های زیرزمینی حوزه آبخیز مادیان رود لرستان با استفاده از تحلیل شاخص همپوشانی وزنی (WIOA)

حافظ میرزاپور^۱، علی حقی زاده^{*۲}

چکیده

از آنجا که منابع آب سطحی در بسیاری از مناطق کشور محدود است، آب های زیرزمینی بعنوان مناسبترین منبع در دسترس جهت تامین آب مورد نیاز به حساب می آید. شناسایی مناطق با پتانسیل آب زیرزمینی برای تغذیه آب های زیرزمینی به مهمترین عامل برای پرکردن منابع آب زیرزمینی تبدیل شده است. پتانسیل تغذیه آب های زیرزمینی به ویژگی های مختلف از سطح، زیرسطح زمین و پارامترهای هواشناسی بستگی دارد. در این پژوهش تلاش شده تا مناطق با پتانسیل تغذیه آب های زیرزمینی حوزه آبخیز مادیان رود با تجزیه و تحلیل شاخص همپوشانی وزنی (WIOA) مشخص شود. در این روش با استفاده از نرم افزار Arc GIS به یکپارچه سازی نقشه های موضعی سطح آب زیرزمینی، سنگ شناسی، ژئومورفولوژی، شیب، تراکم زهکشی، کاربری اراضی، بارندگی، طبقات ارتفاعی و خاک پرداخته شد و آب های زیرزمینی با پتانسیل خیلی خوب، خوب، متوسط به بالا، متوسط و ضعیف مشخص گردید. حدود ۶۶/۵۵ درصد از منطقه مورد مطالعه در دسته های نسبتاً خوب، خوب و خیلی خوب تغذیه آب های زیرزمینی قرار گرفت. نتایج بدست آمده بر اساس خروجی سطح آب چاه ها اعتبار سنجی شد که نشان دهنده انطباق مناسب با سطح آب مشاهداتی می باشد.

واژه های کلیدی: پتانسیل یابی آب های زیرزمینی، مادیان رود، همپوشانی، WIOA، GIS.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۲۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۲۷

1- MSc . Student of Watershed Management Engineering Lorestan University .

2- Assistant Prof . Of .Department of Range and Watershed Management Engineering, Lorestan University.
E-mail: alihaghi20@gmail.com

*- Corresponding Author

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری دانشگاه لرستان.

۲- استادیار و عضو هیات علمی گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه لرستان.

* _ نویسنده مسئول

مقدمه

لندست و ماهواره هندوستان به تفسیر نقشه‌های مختلف حوزه رودخانه وراها کشور هند پرداخت و با تحلیل نقشه‌های موضوعی دیگر در نرم‌افزار GIS، مناطق بالقوه تغذیه آب زیرزمینی را مشخص کرد. اوبی و همکاران (۲۰۰۰)، با تلفیق تکنیک سنجش از دور و تصاویر ماهواره ای، درحوزه آبخیز گیاموخ کشور هند، به ترسیم مناطق با پتانسیل تغذیه آب‌های زیرزمینی پرداختند. پراتاب و همکاران (۲۰۰۰)، در دالا رنوکت کشور هند، با استفاده از سنجش از دور و GIS، پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی را در پنج طبقه بعنوان خروجی ارائه دادند. همچنین روکاده و همکاران (۲۰۰۷) و نگاراژان و سوجیت (۲۰۰۹) مدل‌های تلفیقی سنجش از دور و GIS پتانسیل یابی منابع آب‌های زیرزمینی را توسعه داده‌اند. تاکنون از روش‌های مختلفی برای پتانسیل یابی تغذیه آب‌های زیرزمینی استفاده شده است، از جمله: FR^2 ، دراستیک^۳، MIF^4 و در این میان، مدل $WIOA^5$ با استفاده از تحلیل فضایی در نرم‌افزار GIS کلاس‌های مؤثر در تغذیه آب‌های زیرزمینی را رتبه‌بندی و برای هر نقشه وزنی اختصاص داده می‌شود. سامسون و الانگوان (۲۰۱۵) در پژوهشی در ناماکال هند، با استفاده از مدل $WIOA$ به این نتیجه رسیدند که ۶۲/۲۱ درصد از منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل خوب برای تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌باشد. ماجیش و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از تکنیک‌های GIS و سنجش از دور با کلاس‌بندی لایه‌ها و تخصیص وزن به هر کلاس و نمره دادن به لایه‌ها در منطقه تامیل نادو کشور هند مناطق بالقوه تغذیه آب‌های زیرزمینی را به چهار دسته خیلی خوب، خوب، ضعیف و خیلی ضعیف تقسیم کردند. تیلاگاواسی و همکاران (۲۰۱۵) در منطقه تامیل نادو کشور هند با به‌کارگیری نقشه‌های مختلف مرتبط با آب‌های زیرزمینی با استفاده از GIS و سنجش از دور نقشه خروجی حاصل نشان داد که ۲۲ روستا در مناطق با سطح آب‌های زیرزمینی خوب به بالا، ۱۳ روستای دیگر در مناطق سطح آب‌های زیرزمینی متوسط و ۵ روستا نیز در مناطق ضعیف پتانسیل آب زیرزمینی که نیاز به تغذیه مصنوعی دارند، واقع شده‌اند. سنانایاکه و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی با

ذخیره‌سازی آب‌های زیرزمینی یکی از اجزای اساسی سیستم هیدرولوژیکی است که پس از بارش از اتمسفر در لایه‌های مختلف خاک و سنگ نفوذ می‌کند. مقدار نفوذ در مکان‌های مختلف متفاوت است و بستگی به نوع، مقدار و شدت بارش، جنس خاک، درجه حرارت، کاربری اراضی و رطوبت پیشین خاک دارد. از این رو، در دسترس بودن آب زیرزمینی از جایی به جای دیگر متفاوت است. در بسیاری از مناطق با بارندگی کم، آب‌های سطحی قابل استفاده و در دسترس خیلی کم است. مردم این مناطق برای تأمین نیاز آب برای مصارف خانگی، صنعت و کشاورزی به آب‌های زیرزمینی وابسته هستند. پمپاژ بیش از حد در این مناطق باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی می‌شود. از سوی دیگر، با توجه به توسعه مناطق شهری، مساحت زمین‌های باز برای تغذیه طبیعی کاهش می‌یابد. راقوناز (۲۰۰۹). بنابراین، نیاز به تغذیه مصنوعی برای بهبود تغذیه آب‌های زیرزمینی بیش از پیش احساس می‌شود. در سال‌های اخیر، از GIS^۱ برای تلفیق داده‌های مختلف به منظور مکان‌یابی آب‌های زیرزمینی استفاده شده است. این فن‌آوری مکانی، سریع و مقرون به صرفه است. به منظور پتانسیل یابی منابع آب‌های زیرزمینی، داده‌های مختلف از قبیل زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، شیب و ... به صورت نقشه‌هایی برای استفاده در نرم‌افزار GIS آماده شده و با یکدیگر تلفیق می‌شوند. در دهه‌های گذشته، محققان بسیاری از جمله سارفا و چادری (۱۹۹۸)، گریش کومار و همکاران (۲۰۰۸)، تاکور و راقویانشی (۲۰۰۸)، پرژی و همکاران (۲۰۱۱)، سوریبابو و همکاران (۲۰۱۲)، جونیتا و پاتیل (۲۰۱۲) در روش‌های مبتنی بر سنجش از دور و GIS از لایه‌های موضوعی مختلف استفاده و برای هر کدام از کلاس‌ها و لایه‌ها رتبه و وزن، متناسب با میزان تاثیر آن‌ها اعمال کردند و از این روش‌ها برای تولید نقشه‌های خروجی در ارتباط با اکتشاف و شناسایی آب‌های زیرزمینی استفاده نمودند. کریشناورزی و همکاران (۱۹۹۶)، در مارودیار کشور هند، با استفاده از GIS، مناطق تغذیه آب زیرزمینی را بصورت نقشه خروجی ایجاد و با داده‌های سطح چاه مقایسه کردند. نتایج حاکی از انطباق نقشه‌های بدست آمده با مشاهدات بود. مورزی (۲۰۰۰)، با استفاده از تصاویر ماهواره ای

2- Frequency ratio

3- Drastic

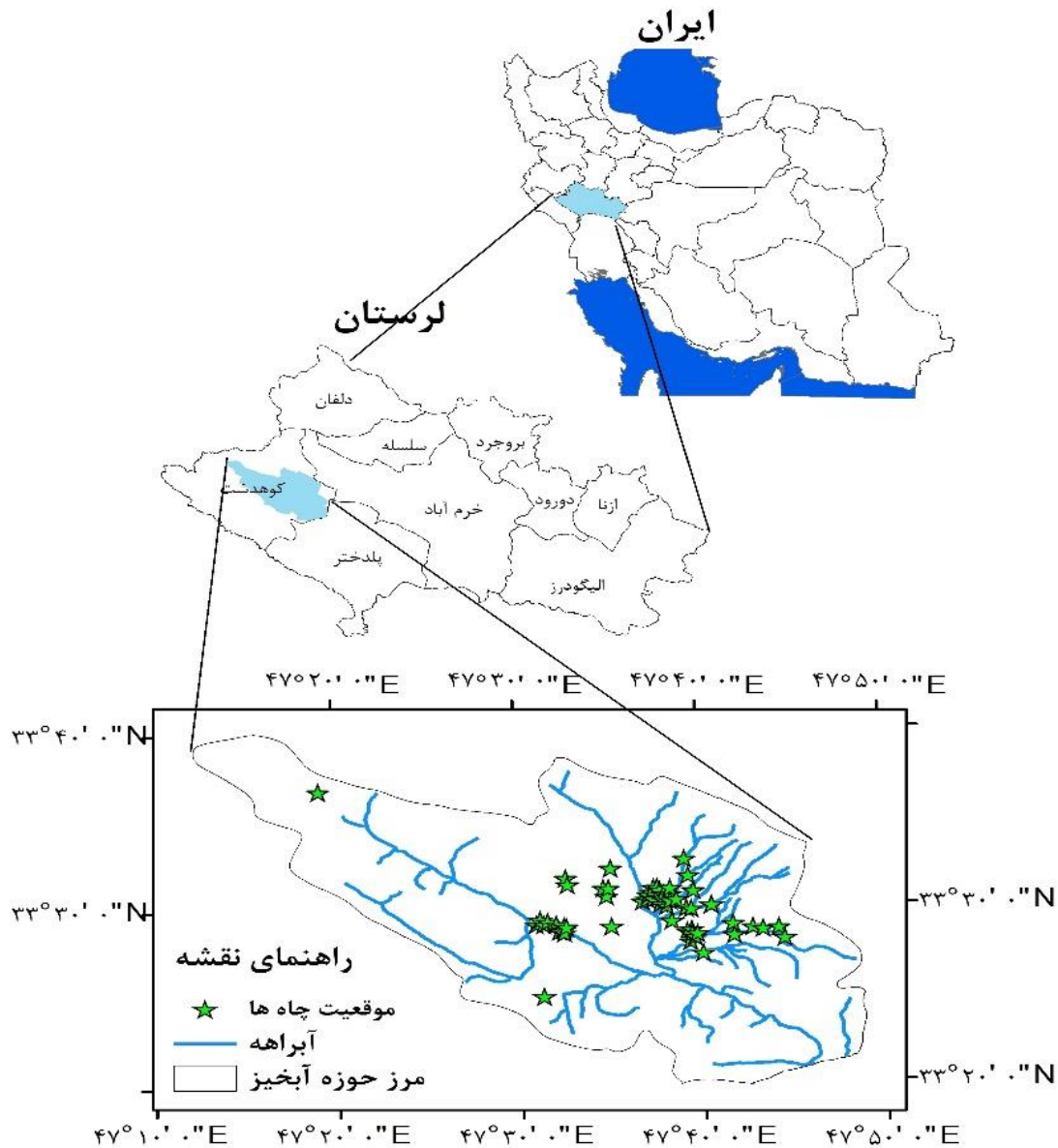
4- Multi influencing factor

5- Weighted index overlay analysis

1- Geographic Information System

روش تحلیل همپوشانی وزنی، با کمک نرم‌افزار GIS بدست آورده و منطقه را از نظر پتانسیل تغذیه آب‌های زیرزمینی به پنج طبقه ضعیف، متوسط، خوب، بسیار خوب، و بسیار عالی تقسیم کردند. هدف از مطالعه حاضر، پهنه‌بندی حوزه مادیان رود شهرستان کوهدشت در استان لرستان، از نظر پتانسیل آب‌های زیرزمینی با استفاده از تحلیل شاخص همپوشانی وزنی (WIOA) می‌باشد.

استفاده از GIS و روش ترکیب خطی وزن ۱ در منطقه امبالوتونتا کشور سریلانکا مناطق بالقوه آب‌های زیرزمینی را شناسایی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد ۴۹ درصد از مساحت منطقه دارای حد متوسط پتانسیل تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌باشد. پالاکا و سانکارب (۲۰۱۵) با توجه به مناسب بودن سطح زمین و عمق خاک منطقه کوسیچی مندل کشور هند، نقشه پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی را با استفاده از



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز مادیان رود در استان لرستان

1- Weighted linear combination

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

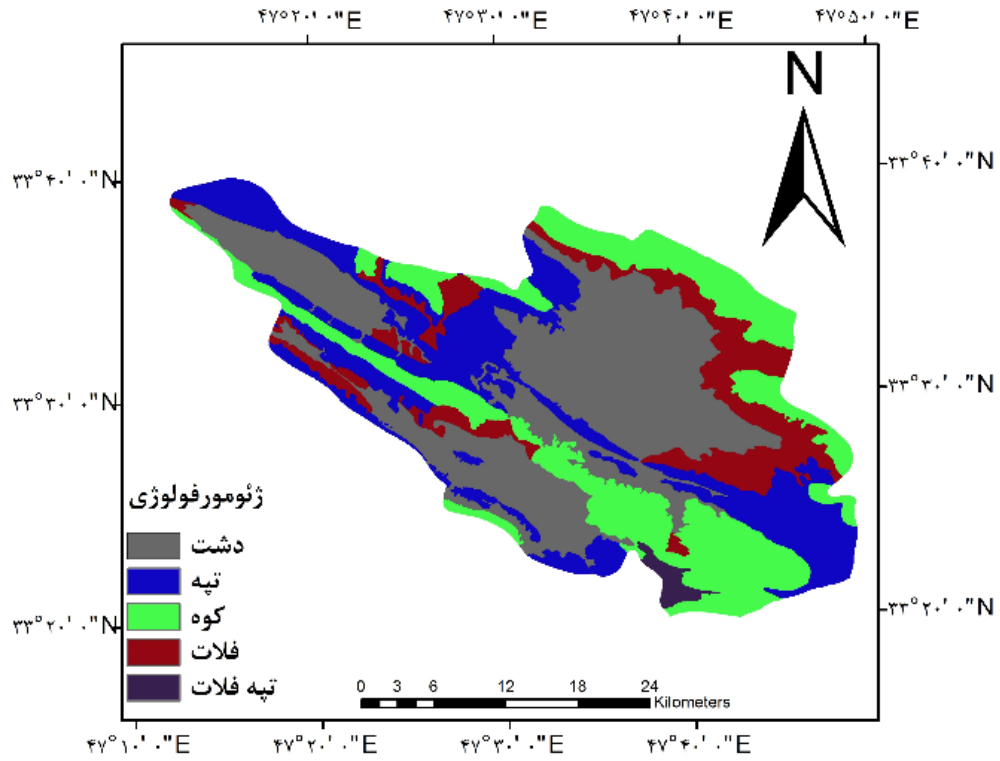
حوزه آبخیز مادیان رود با مساحت ۱۰۷۴۷۶/۷۴ هکتار در شهرستان کوهدشت، استان لرستان، از زیر حوزه‌های بیست و هشت‌گانه حوزه آبخیز کرخه می‌باشد. حوزه آبخیز مادیان رود از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۶۴' ۱۵" ۴۷° تا ۳۳' ۳۳" ۴۷° طول شرقی و ۲۶' ۸۴" ۳۳° تا ۳۲' ۶۶" ۳۳° عرض شمالی در بخش میانی سلسه جبال زاگرس واقع شده است. مادیان رود، از ارتفاعات گاوچال در شمال غربی حوزه سرچشمه گرفته و پس از طی مسافت ۸۰/۲۵ کیلومتری در ارتفاع ۷۰۰ متری از حوزه خارج و به کشکان که از شمال می‌آید، می‌ریزد. محدوده و موقعیت حوزه آبخیز مادیان رود در شکل ۱ نشان داده شده است.

در این مطالعه، به منظور شناسایی مناطق با پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی از نقشه‌های سطح آب زیرزمینی، سنگ‌شناسی، ژئومورفولوژی، شیب، تراکم زهکشی، کاربری اراضی، بارش، طبقات ارتفاعی و خاک استفاده شد. تهیه لایه‌های موردنیاز برای پتانسیل‌یابی تغذیه آب‌های زیرزمینی در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.3 به صورت زیر انجام گرفت: لایه سنگ‌شناسی از طریق رقومی کردن نقشه سنگ‌شناسی دریافت شده از سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه شد، لایه طبقات ارتفاعی و شیب از روی مدل ارتفاعی رقومی منطقه تهیه شدند. لایه تراکم زهکشی از طریق رقومی کردن لایه آبراهه‌های اصلی و فرعی از روی نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ کوهدشت تهیه شد. نقشه سطح آب زیرزمینی از درون‌یابی به روش IDW^۱ تراز سطح آب در چاه‌های پیژومتری که از شرکت سهامی آب

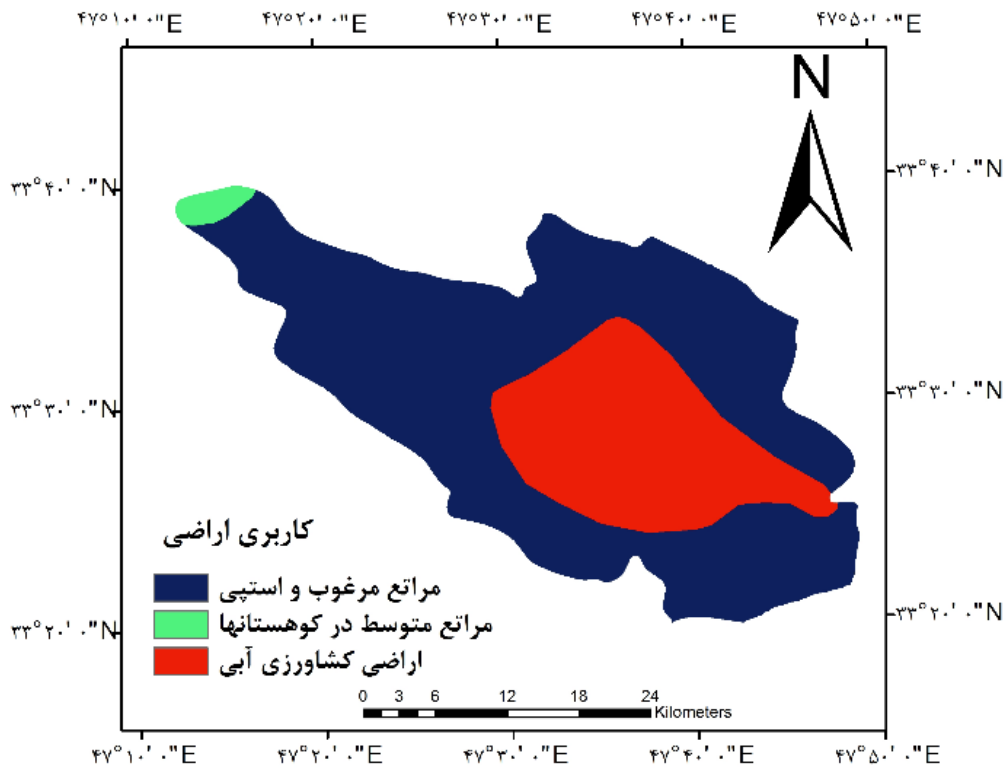
منطقه‌ای لرستان دریافت شده است، تهیه شد. نقشه ژئومورفولوژی از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۱۰۰۰۰۰ دریافت شده از سازمان زمین‌شناسی کشور و با کمک از تصاویر گوگل ارث طبق روش دکتر احمدی تهیه شد، نقشه‌های خاک و کاربری اراضی از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان تهیه و نقشه بارش با استفاده از بارش متوسط سالانه (۱۳۹۲-۱۳۸۵) ایستگاه‌های موجود در اطراف منطقه با روش IDW درون‌یابی و رقومی گردید.

ژئومورفولوژی نشان‌دهنده ویژگی‌ها، ساختار و اشکال زمین است. بسیاری از این ویژگی‌ها مستعد آب‌های زیرزمینی هستند که در پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی به دسته‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شوند. گوما و پولیک (۲۰۱۳)، همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، منطقه دارای واحدهای ژئومورفولوژیکی دشت، تپه، کوه، فلات و تپه-فلات است. واحد دشت عمده مساحت را به خود اختصاص داده که نقش مطلوبی در مطالعه آب‌های زیرزمینی دارد. کاربری اراضی یا تغییرات پوشش که تغییر آب‌وهوا نیز در آن تأثیرگذار است، باعث تغذیه آب‌های زیرزمینی در نتیجه نفوذ پس از بارش می‌باشد. سطح آب قابل‌نفوذ حاصل از بارش، تحت تأثیر کاربری اراضی قرار می‌گیرد. نقشه‌برداری از کاربری اراضی نقش مهمی در برنامه‌ریزی و توسعه منابع آب و زمین دارد. آشوانی و همکاران (۲۰۰۶). همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است، در منطقه مورد مطالعه، سه نوع کاربری شامل مراتع مرغوب و استپی، مراتع متوسط در کوهستان‌ها و اراضی کشاورزی آبی وجود دارد، در این بین، مراتع مرغوب و استپی مساحت بیشتری را به خود اختصاص داده است.

1- Inverse distance weighted



(الف)

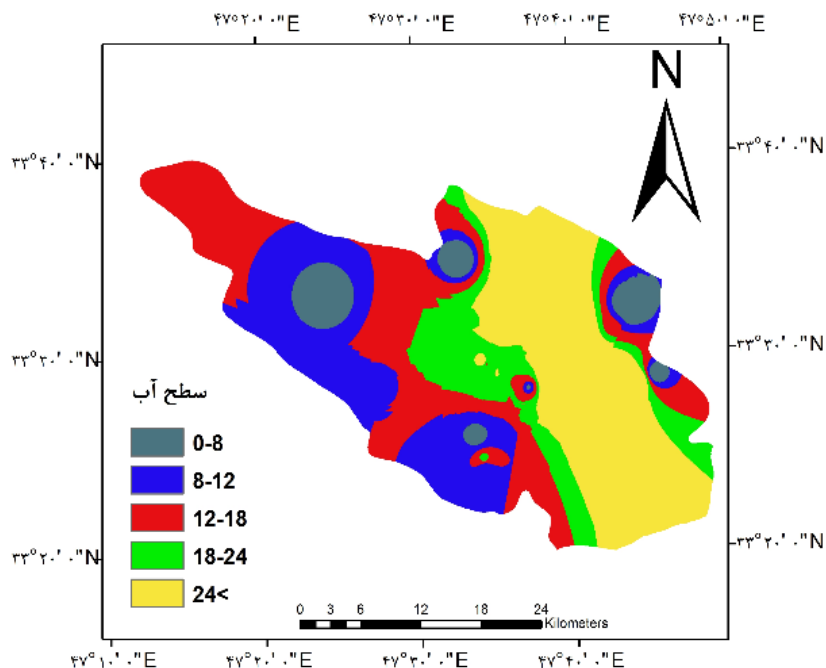


(ب)

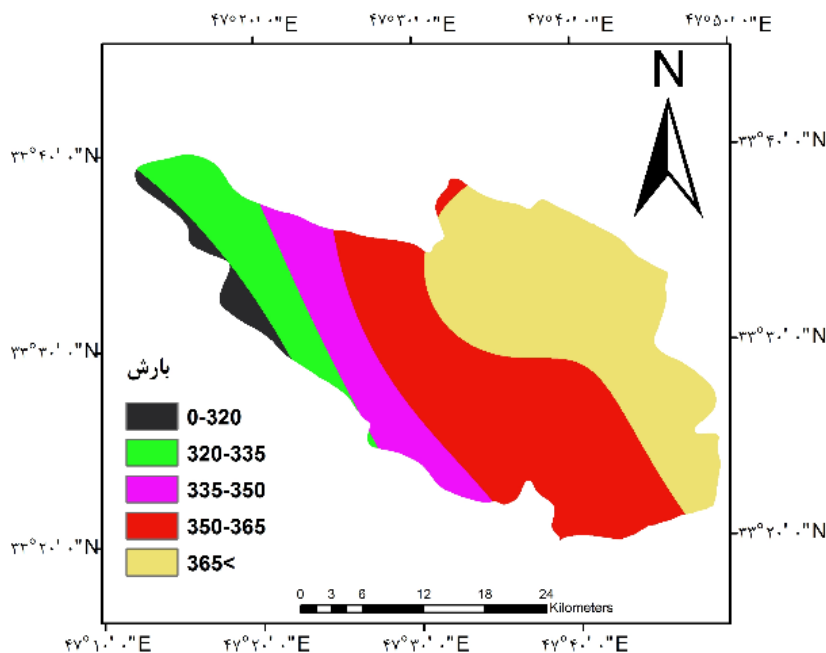
شکل ۲- الف) نقشه ژئومورفولوژی (ب) نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز مادیان رود

هوازدگی، شیب عمومی سنگ به سمت کانال زهکشی بستگی دارد. سامسون و الانگوان (۲۰۱۴)، در شکل ۳ نقشه‌های بارش و سطح آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ارائه شده‌اند.

در دوره خشک‌سالی سطح آب زیرزمینی کاهش می‌یابد و در فصل بارانی، سطح آب زیرزمینی شروع به صعود می‌کند تا در پایان فصل به سطح بالایی برسد، بالا و پایین رفتن سطح آب زیرزمینی به میزان، شدت و مدت بارندگی،



(الف)

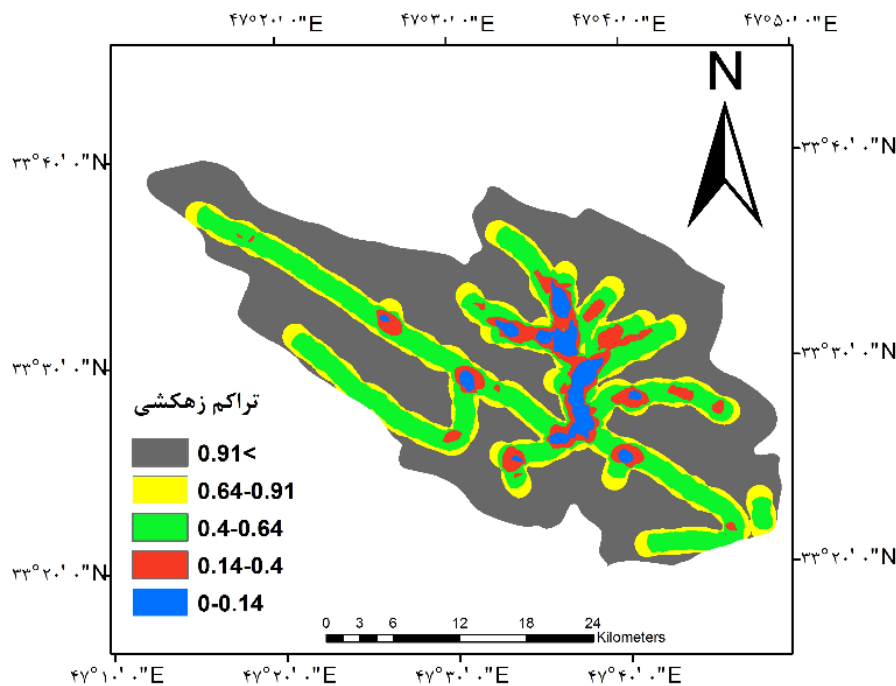


(ب)

شکل ۳- الف) نقشه سطح آب زیرزمینی ب) نقشه بارش حوزه آبخیز مادیان رود

سریع تر بوده و جریان های سطحی با سرعت بیشتری تشکیل می شوند و لذا سیلاب بیشتری را به دنبال خواهند داشت. از این رو، هرچه تراکم زهکشی کمتر شود، شدت نفوذ بیشتر می شود و احتمال تغذیه آب های زیرزمینی افزایش می یابد. سنایاناکه و همکاران (۲۰۱۴). شکل ۴ نمایانگر نقشه تراکم زهکشی منطقه مورد مطالعه می باشد.

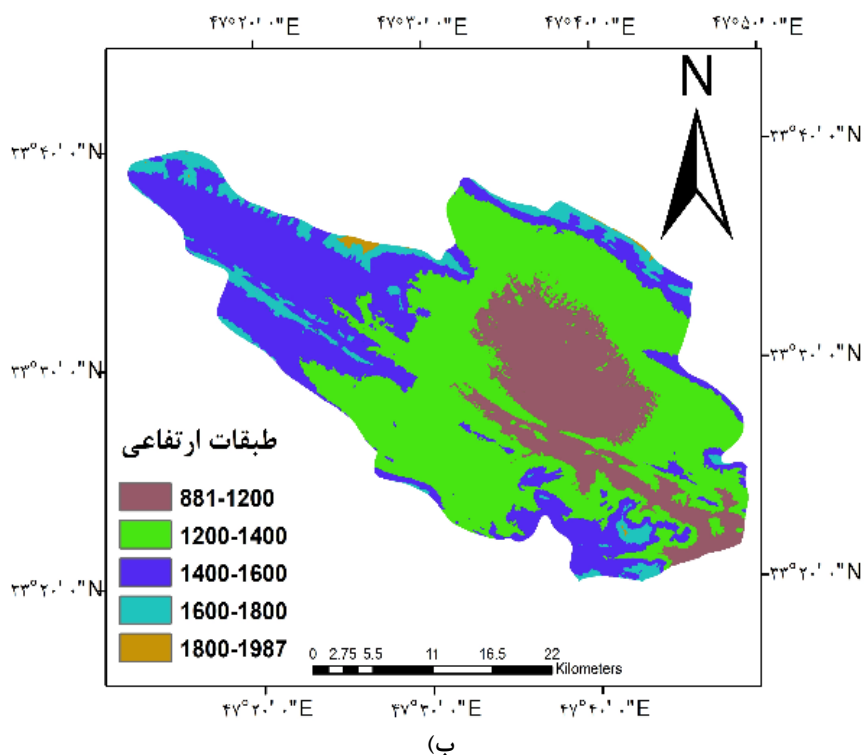
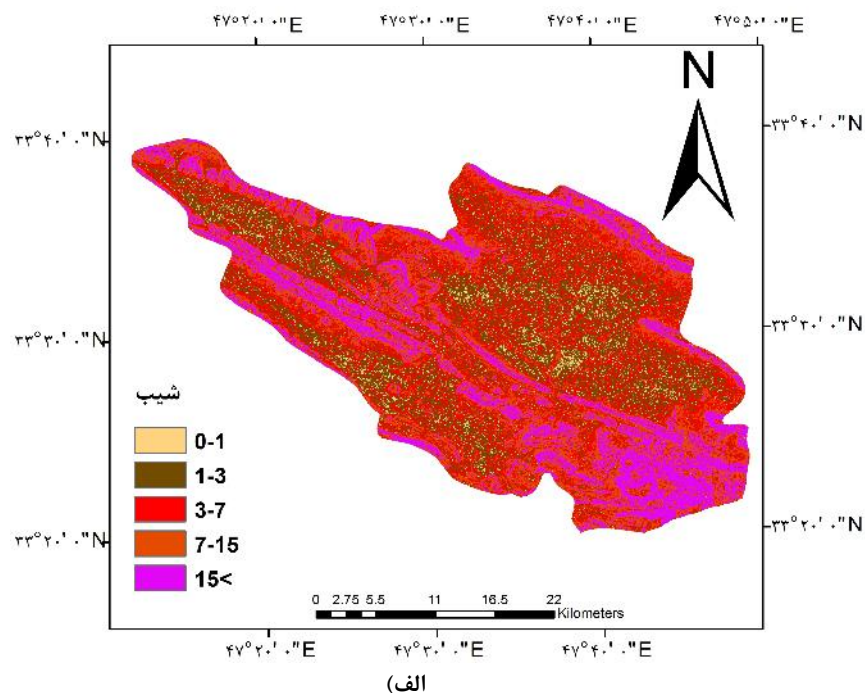
الگوی زهکشی نشان دهنده ویژگی های سطح و همچنین تشکیلات زیرسطحی است. تراکم زهکشی (برحسب کیلومتر به کیلومتر مربع) فاصله از کانال و همچنین ماهیت مواد سطحی را نشان می دهد. هرچه تراکم زهکشی بالاتر رود، رواناب نیز بیشتر می شود. بنابراین تراکم زهکشی مشخصه رواناب در منطقه و یا به عبارت دیگر در حوزه هایی که تراکم زهکشی بیشتر است، عکس العمل حوزه در برابر بارندگی نیز



شکل ۴- نقشه تراکم زهکشی حوزه آبخیز مادیان رود

زیرزمینی بهتر صورت می گیرد و در مناطق با شیب زیاد شدت نفوذ کاهش یافته و ممکن است نفوذ صورت نگیرد. بنابراین انتظار می رود در مناطق مسطح آب های زیرزمینی بیشتری وجود داشته باشد. سولومن (۲۰۰۳). نقشه شیب و طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه در شکل ۵ نشان داده شده است.

شیب و طبقات ارتفاعی یک منطقه می تواند شاخص سرعت نفوذ آب باشد. اگر شیب زیاد باشد، مدت زمان برخورد آب با سطح کاهش می یابد و اگر شیب کم باشد، مدت زمان برخورد آب با سطح افزایش می یابد. در نتیجه نفوذ و تغذیه آب های زیرزمینی بیشتر انجام می شود. به طور کلی در مناطق با شیب کم و آرام نفوذ آب بیشتر و در نتیجه تغذیه آب های

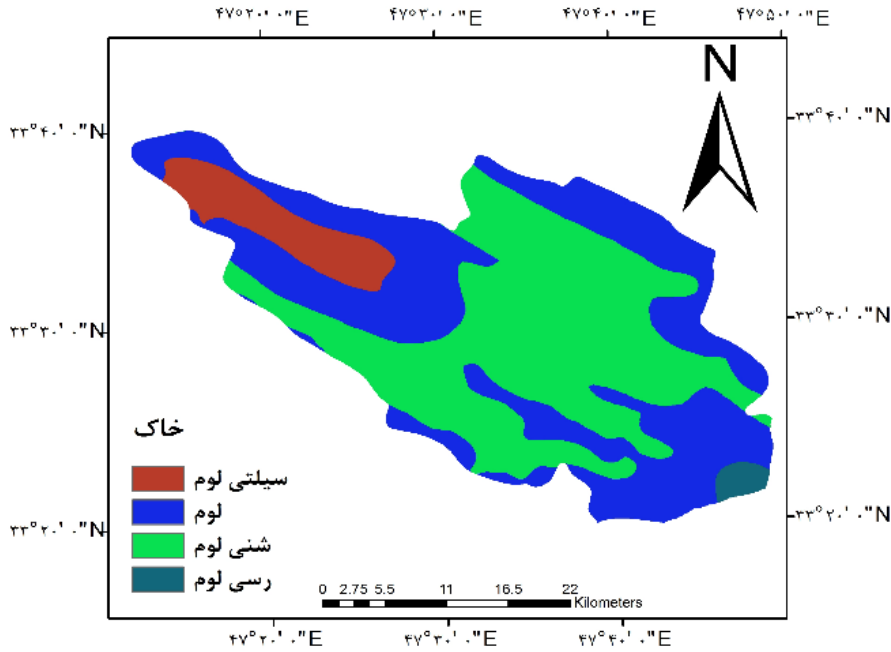


شکل ۵- (الف) نقشه شیب، (ب) نقشه طبقات ارتفاعی حوزه آبخیز مادیان رود

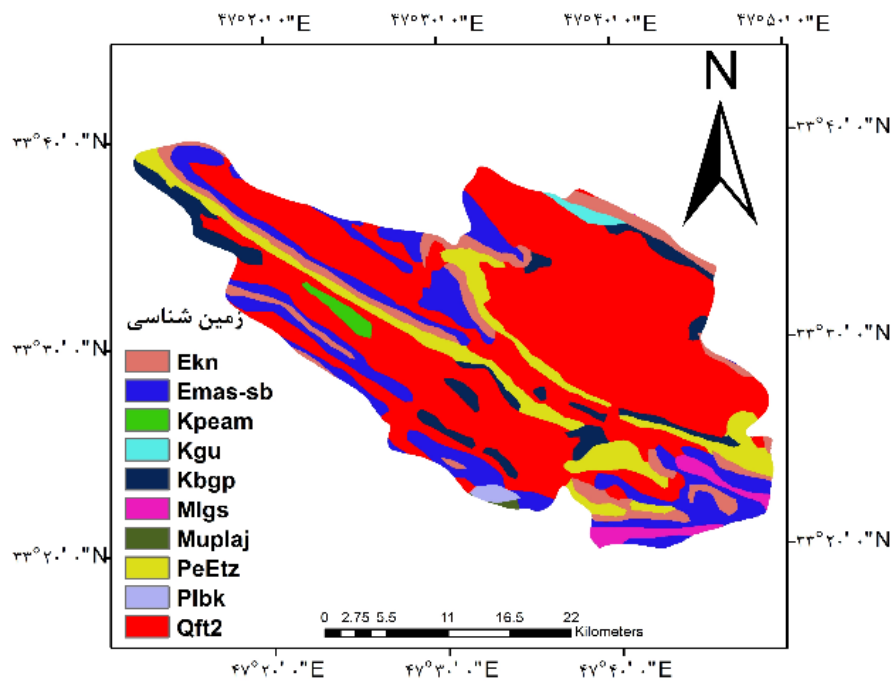
سرعت نفوذ آب به بافت خاک منطقه بستگی دارد (جاسروتیا ۲۰۰۷). در منطقه مورد مطالعه، چهار نوع خاک شامل سیلتی لوم، لوم، شنی لوم و رسی لوم دیده می‌شود که شنی لوم بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است. لایه زمین‌شناسی به دلیل تأثیر سازندهای زمین‌شناسی، لیتولوژی، بافت و درجه خلوص سنگ‌ها در تخلخل، نفوذپذیری اولیه و

و آهک (Kgu)، سیلتستون و ماسه‌سنگ (Kpeam)، آهک و آهک ماسه‌ای (PeEtz) می‌باشد. آبرفت به دلیل نفوذپذیری زیاد دارای بیشترین وزن و تأثیرگذاری می‌باشد. نقشه زمین‌شناسی و بافت خاک در شکل ۶ نشان داده شده است.

تمرکز جریان‌های آب‌های زیرزمینی در داخل سنگ‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. لایه‌های زمین‌شناسی منطقه شامل ماسه‌سنگ و مارن (Muplaj)، مارن، گچ، ماسه‌سنگ و آهک (Mlgs)، کنگلومرا (Plb)، آبرفت (Qft2)، آهک (Emas-sb)، کنگلومرا- ماسه‌سنگ و شیل (Ekn)، آهک و شیل (Kbgp)، مارن



(الف)



(ب)

شکل ۶- الف) نقشه بافت خاک (ب) نقشه زمین‌شناسی حوزه آبخیز مادیان رود

نتایج و بحث

مناطق دارای پتانسیل ذخیره‌سازی آب زیرزمینی توسط عوامل مختلف کنترل می‌شوند. به هر عامل بسته به سهم خود در نفوذ و تغذیه آب‌های زیرزمینی وزنی اختصاص داده می‌شود. سنگ‌شناسی و ژئومورفولوژی نقش برجسته‌ای در ذخیره‌سازی آب‌های زیرزمینی دارند. الانگو و موهان (۱۹۹۷). سطح آب‌های زیرزمینی بالاترین وزن را دارد، زیرا فضای مناسب را برای ذخیره کردن فراهم می‌کند. نقش خاک بستگی به فاکتورهای مختلف ذخیره‌سازی دارد که وزن کمتری به آن اختصاص داده می‌شود. ساراف و همکاران (۲۰۰۷). در جدول ۱ روابط اصلی و جزئی بین لایه‌ها مشخص و نمره مربوط به هر لایه نیز تعیین شده است.

با توجه به متفاوت بودن تأثیرگذاری هر کلاس از لایه‌های موجود و تأثیر آن‌ها بر تغذیه آب‌های زیرزمینی، به هر کلاس با توجه به میزان تأثیر آن در تغذیه و نفوذ آب به سفره‌های آب زیرزمینی نمره‌ای بین ۱ تا ۹ اختصاص داده شد. سنایانکه و همکاران (۲۰۱۵) که نمرات هر کلاس در جدول ۲ آورده شده‌اند.

واحدهای مختلف بر اساس شناخت و تجربه به ۵ طبقه تقسیم و رتبه‌بندی شده‌اند. این طبقه‌بندی بر اساس اهمیت و مقدار نفوذ برای شناسایی مناطق تغذیه آب زیرزمینی انجام می‌شود. سوکومار و سانکار (۲۰۱۰). در این رتبه‌بندی ۱ نشان‌دهنده طبقه ضعیف، ۲ نشان‌دهنده طبقه نسبتاً مطلوب، ۳ نشان‌دهنده طبقه متوسط تا خوب، ۴ نشان‌دهنده طبقه خوب و ۵ نشان‌دهنده طبقه بسیار خوب برای شناسایی مناطق تغذیه آب‌های زیرزمینی است. در جدول ۳ میزان تأثیر هر لایه با توجه به نمره حاصل از روابط جزئی و اصلی بین لایه‌ها ارائه شده است.

به منظور همپوشانی وزنی نقشه‌ها، از مدل WIOA در نرم‌افزار GIS استفاده و نقشه نهایی پتانسیل آب‌های زیرزمینی تهیه شد. در مدل WIOA برای هر نقشه رتبه‌بندی انجام می‌شود و با توجه به مشخصات و ویژگی‌های آب-زمین شناسی منطقه مورد مطالعه، به هر پارامتر وزنی اختصاص داده می‌شود. شابان و همکاران (۲۰۰۶). آنالیز شاخص همپوشانی وزنی یا WIOA یک روش ساده برای تجزیه و تحلیل ترکیب لایه‌های چندطبقه است. وزن نسبی لایه‌ها و کلاس‌ها بر اساس سهم نسبی خود در خروجی هستند که هیچ مقیاس استاندارد در روش همپوشانی وزنی وجود ندارد. سارفا و چادوری (۱۹۹۸). تعیین وزن هر کلاس بخش مهم تجزیه و تحلیل لایه‌هاست. انتساب وزن مناسب به ورودی‌ها در روش شاخص همپوشانی وزنی، در نظر گرفتن اهمیت نسبی بین پارامترها منجر به بهتر شدن نمایشی از وضعیت واقعی زمین می‌شود چادوری (۱۹۹۹). مدل تجزیه تحلیل شاخص همپوشانی وزنی امکان ترکیب نقشه‌های مختلف را فراهم می‌کند. در این مطالعه از روش چندمعیاره استفاده شد و مدل بصورت فرمول ۱ تعریف گردید موری (۲۰۰۳):

$$s = \sum_i^n \frac{S_{ij} W_i}{W_i} \quad [1]$$

که در آن، S_{ij} نمره هر کلاس در لایه مربوطه و W_i وزن هر لایه می‌باشد. در این مدل هر طبقه از لایه‌های مختلف را می‌توان وزن خاص اختصاص داد و با توجه به اهمیت هر لایه نسبت به لایه دیگر می‌توان به هر لایه وزنی اختصاص داد که این از ویژگی‌های مدل است.

جدول ۱- تخصیص نمره به هر لایه برای شناسایی لایه‌های تغذیه

نقشه	رابطه اصلی (۱)	رابطه جزئی (۰/۵)	نمره
سطح آب	طبقات ارتفاعی زمین‌شناسی شیب بارندگی ژئومورفولوژی	تراکم زهکشی کاربری اراضی خاک	۶/۵
	سطح آب تراکم زهکشی ژئومورفولوژی	شیب خاک کاربری اراضی طبقات ارتفاعی	۵
شیب	تراکم زهکشی سطح آب	طبقات ارتفاعی کاربری اراضی خاک زمین‌شناسی	۴
	طبقات ارتفاعی شیب زمین‌شناسی	کاربری اراضی	۳/۵
کاربری اراضی	خاک	شیب سطح آب طبقات ارتفاعی بارندگی زمین‌شناسی	۳/۵
	سطح آب زمین‌شناسی	خاک طبقات ارتفاعی	۳
بارش	سطح آب	طبقات ارتفاعی کاربری اراضی شیب خاک	۳
	کاربری اراضی	تراکم زهکشی سطح آب بارندگی ژئومورفولوژی	۳
طبقات ارتفاعی	کاربری اراضی	کاربری اراضی خاک سطح آب ژئومورفولوژی زمین‌شناسی	۲/۵

جدول ۲- تخصیص نمره به هر لایه برای تعیین مناطق تغذیه.

نقشه	تعداد کلاس	کلاس‌ها	نمره
سطح آب	۵	۰-۸	۹
		۸-۱۲	۶
		۱۲-۱۸	۴
		۱۸-۲۴	۲
		>۲۴	۱
زمین‌شناسی	۱۰	Emas-sb	۶
		Ekn	۴
		KPeam	۵
		Kbgp	۵
		Kgu	۳
		Mlgs	۲
		Muplaj	۳
		PeEtz	۶
		Plbk	۴
Qft2	۸		
شیب	۵	۰-۱	۹
		۱-۳	۵
		۳-۷	۳
		۷-۱۵	۱
		>۱۵	۱
تراکم آبراهه	۵	۰-۰/۱۴	۷
		۰/۱۴-۰/۴	۵
		۰/۴-۰/۶۴	۳
		۰/۶۴-۰/۹۱	۲
		>۰/۹۱	۱
کاربری اراضی	۳	مراغ مرغوب و استپی	۲
		مراغ متوسط در کوهستان‌ها	۳
		اراضی کشاورزی آبی	۴
		دشت	۵
		تپه	۱
ژئومورفولوژی	۵	کوه	۱
		فلات و تراس	۲
		فلات و تپه	۲
بارش	۵	۰-۳۲۰	۱
		۳۲۰-۳۳۵	۱
		۳۳۵-۳۵۰	۲
		۳۵۰-۳۶۵	۲
		۳۶۵<	۴
خاک	۴	لوم	۵
		شنی لوم	۳
		سیلتی لوم	۲
		رسی لوم	۲
طبقات ارتفاعی	۵	۸۸۱-۱۲۰۰	۵
		۱۲۰۰-۱۴۰۰	۴
		۱۴۰۰-۱۶۰۰	۳
		۱۶۰۰-۱۸۰۰	۲
		۱۸۰۰-۱۹۷۸	۱

جدول ۳- وزن اختصاص یافته به کلاسهای هر واحد بر اساس تأثیرشان در تغذیه آب زیرزمینی.

نقشه	نمره	خیلی خوب	خوب	متوسط به بالا	متوسط	ضعیف	درصد تأثیر
سطح آب	۶/۵	۳۲/۵	۲۶	۱۹/۵	۱۳	۶/۵	۱۹/۱۲
زمین شناسی	۵	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۱۴/۷
شیب	۴	۲۰	۱۶	۱۲	۸	۴	۱۱/۷۶
تراکم زهکشی	۳/۵	۱۷/۵	۱۴	۱۰/۵	۷	۳/۵	۱۰/۲۹
کاربری اراضی	۳/۵	۱۷/۵	۱۴	۱۰/۵	۷	۳/۵	۱۰/۲۹
ژئومورفولوژی	۳	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۸/۸۳
بارندگی	۳	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۸/۸۳
خاک	۳	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۸/۸۳
طبقات ارتفاعی	۲/۵	۱۲/۵	۱۰	۷/۵	۵	۲/۵	۷/۳۵
مجموع							۱۰۰

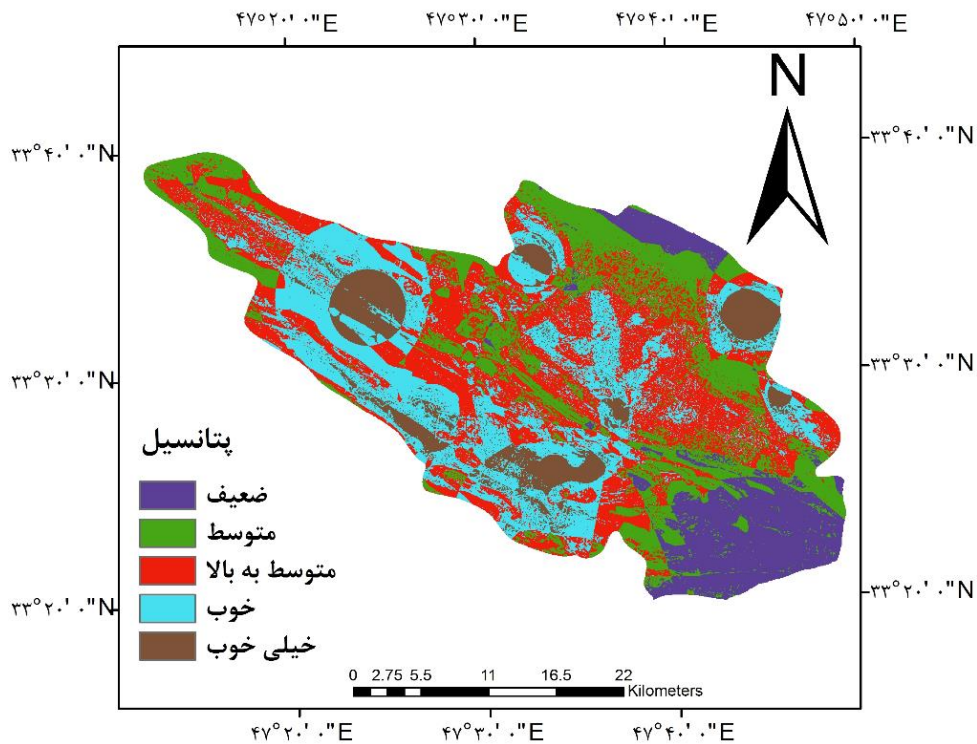
استفاده از آب سطح چاه های منطقه ناماکال هند دقتی در حد بسیار مطلوب داشتند.

در سراسر حوزه ۱۰ حلقه چاه به منظور اعتبار سنجی روش استفاده شده انتخاب شد. این چاهها به صورت تصادفی به طوری که سراسر دشت را پوشش دهند، انتخاب شده اند. مکان چاهها در شکل ۸ نشان داده شده است. داده های سطح آب چاههای انتخاب شده، از شرکت سهامی آب منطقه ای استان لرستان اخذ و مورد بررسی قرار گرفت.

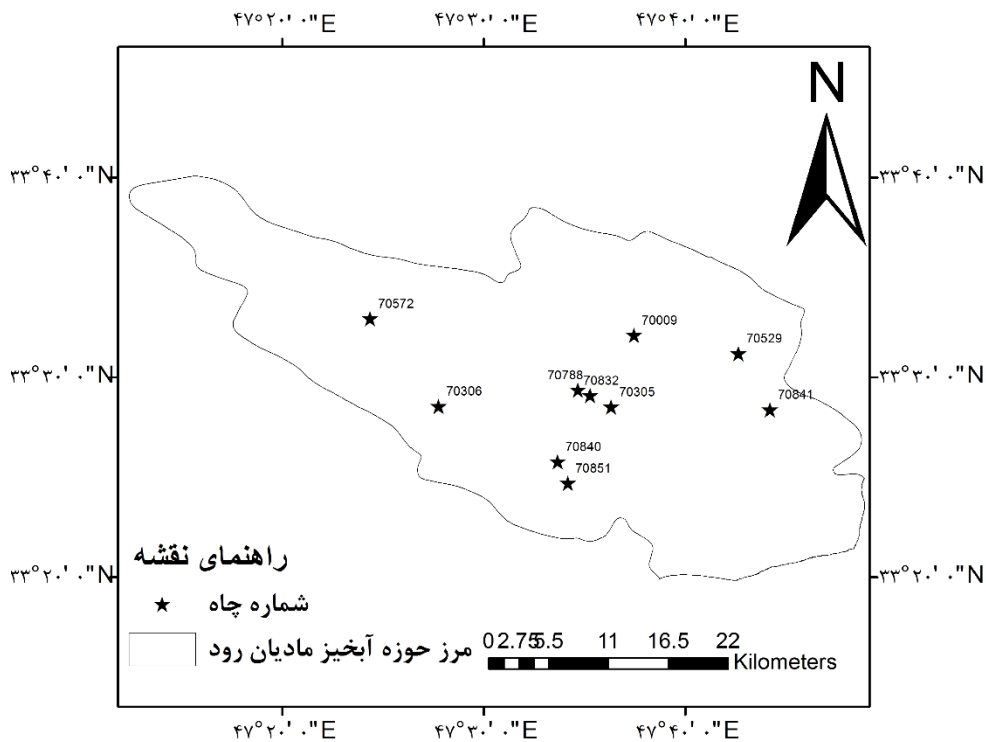
همان طور که در جدول ۴ مشاهده می شود رتبه بندی

تمام ۱۰ نقطه انتخابی منطبق با سطح آب مشاهده شده می باشد.

درصد نفوذ و وزن دهی در ورودی WIOA برای نرم افزار Arc GIS از ویژگی های مختلف نقشه های موضعی می باشد. خروجی به عنوان نقشه پتانسیل تغذیه آب های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ایجاد شد که در شکل ۷ نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۷ دیده می شود، ۶۶/۵۵ درصد از منطقه شامل مناطق با پتانسیل نسبتاً خوب، خوب، و بسیار خوب می باشد که مناطق با پتانسیل خوب و خیلی خوب بیشتر در بخش غرب و جنوب غربی منطقه مورد مطالعه گسترش یافته است. نتایج این پژوهش با نتایجی که سامسون و الانگوان (۲۰۱۵) در ناماکال هند به دست آوردند بسیار نزدیک بود به طوری که چاه های اعتبار سنجی در روش WIOA با



شکل ۷- نقشه پتانسیل آب‌های زیرزمینی حوزه آبخیز مادیان رود در استان لرستان.



شکل ۸- موقعیت چاه‌های مشاهداتی انتخابی حوزه آبخیز مادیان رود به منظور اعتبار سنجی روش

جدول ۴- اعتبارسنجی سطح آب زیرزمینی و پتانسیل تغذیه حوزه آبخیز مادیان رود در استان لرستان

شماره چاه	نام مکان	UTMx	UTMy	سطح آب	رتبه وزن‌ها	رتبه‌بندی از نقشه WIOA
۷۰۵۷۲	ناوه چنگیزی (ناوه شیراوند)	۷۲۳۳۹۶	۳۷۱۴۷۲۲	۴	۵	خیلی خوب
۷۰۳۰۶	سپیده گل گل	۷۲۸۸۴۲	۳۷۰۶۷۱۶	۱۰	۴	خوب
۷۰۸۴۰	هفت چشمه	۷۳۸۱۲۴	۳۷۰۱۸۰۸	۶	۵	خیلی خوب
۷۰۸۵۱	تنگ هاله (کمره میشان)	۷۳۸۹۵۴	۳۶۹۹۸۲۸	۲۳	۲	متوسط
۷۰۷۸۸	کوتوله	۷۳۹۵۱۹	۳۷۰۸۴۸۰	۱۹	۲	متوسط
۷۰۸۳۲	آزاد بخت	۷۴۰۴۷۲	۳۷۰۷۹۹۳	۲۳	۲	متوسط
۷۰۳۰۵	ساری گوچکه	۷۴۲۱۲۲	۳۷۰۶۹۷۵	۱۵	۳	متوسط به بالا
۷۰۰۰۹	آب باریک	۷۴۴۷۰۲	۳۷۱۳۶۷۴	۵۰	۱	ضعیف
۷۰۵۲۹	آب باریک	۷۵۱۷۷۱	۳۷۱۲۲۰۵	۱۳	۳	متوسط به بالا
۷۰۸۴۱	سید محمد	۷۵۴۳۲۸	۳۷۰۷۰۴۷	۴۵	۱	ضعیف

منابع

نتیجه‌گیری

احمدی، ح. ۱۳۷۷. "ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱" انتشارات دانشگاه تهران، ۶۱۶

Srivastava, K., Sinha, A., & Upadhyay, R., 2006. *Monitoring land use/land cover of Maharajganj District of Uttar Pradesh using digital remote sensing technique*. Remote Sensing Applications Centre, UP, Lucknow, Indian Cartographer, 188-190.

Choudhury P., 1999. *Integrated remote sensing and GIS techniques for groundwater studies in part of Betwa basin*. Unpublished PhD Thesis.

Elango, K., Mohan, S., 1997. *Technical report on effectiveness of percolation ponds*. Indian Institute of Technology, Madras, Submitted to Department of Science and Technology, New Delhi.

Gumma MK, Pavelic P., 2013. *Mapping of groundwater potential zones across Ghana using remote sensing, geographic information systems, and spatial modeling*. Environmental monitoring and assessment. 185(4), 3561-79.

Gontia, N. K., & Patil, P. Y., 2012. *Assessment of groundwater recharge through rainfall and water harvesting structures in Jamka micro watershed using remote sensing and GIS*. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 40(4), 639-648.

Girish Kumar, M., Agarwal, A. K., & Bali, R., 2008. *Delineation of potential sites for water harvesting structures using remote sensing and GIS*. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 36(4), 323-334.

Murray, J. O. A. T., O'Geen, A. T., & McDaniel, P. A., 2003. *Development of a GIS database for ground-water recharge assessment of the Palouse Basin*. Soil science, 168(11), 759-768.

مناطق دارای پتانسیل در منطقه مورد مطالعه توسط ویژگی‌های سطحی عوامل هواشناسی و ویژگی‌های مختلف جغرافیایی کنترل می‌شود. نقشه‌های سطح آب زیرزمینی، سنگ‌شناسی، ژئومورفولوژی، شیب، تراکم زهکشی، کاربری اراضی، بارش، طبقات ارتفاعی و خاک در آماده‌سازی نقشه پتانسیل آب‌های زیرزمینی بسیار مؤثر است. نتایج حاصل از سطح آب‌های زیرزمینی در چاه‌های مشاهداتی حفر شده در مناطق دارای پتانسیل نشان می‌دهد که استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و روش تحلیل شاخص همپوشانی وزنی (WIOA) بسیار مؤثر است. نتایج نشان‌دهنده دقت بالای مدل می‌باشد و می‌توان برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی از آن استفاده کرد. نقشه پتانسیل آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که ۶۶/۵۵ درصد سطح منطقه دارای پتانسیل نسبتاً خوب، خوب، و بسیار خوب می‌باشد. برای تعادل بخشی به سفره آب زیرزمینی می‌توان از تغذیه مصنوعی در منطقه استفاده کرد. مدل WIOA می‌تواند به‌عنوان روشی قدرتمند جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی پتانسیل منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه مورد استفاده قرار گیرد.

- Raghunath, H. M., 2009. *Ground water*. New Delhi: New Age International (P) Limited, Publishers.
- Saraf, A. K., & Choudhury, P. R., 1998. *Integrated remote sensing and GIS for groundwater exploration and identification of artificial recharge sites*. *International journal of Remote sensing*, 19(10), 1825-1841.
- Solomon, S., & Quiel, F., 2006. *Groundwater study using remote sensing and geographic information systems (GIS) in the central highlands of Eritrea*. *Hydrogeology Journal*, 14(5), 729-741.
- Shaban, A., Khawlie, M., & Abdallah, C., 2006. *Use of remote sensing and GIS to determine recharge potential zones: the case of Occidental Lebanon*. *Hydrogeology Journal*, 14(4), 433-443.
- Jasrotia, A. S., Kumar, R., & Saraf, A. K., 2007. *Delineation of groundwater recharge sites using integrated remote sensing and GIS in Jammu district, India*. *International Journal of Remote Sensing*, 28(22), 5019-5036.
- Sukumar, S., & Sankar, K., 2010. *Delineation of potential zones for artificial recharge using GIS in Theni district, Tamilnadu, India*. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 1(3), 639.
- Samson, S., & Elangovan, K., 2015. *Delineation of groundwater recharge potential zones in Namakkal District, Tamilnadu, India using remote sensing and GIS*. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 43(4), 769-778.
- Senanayake, I. P., Dissanayake, D. M. D. O. K., Mayadunna, B. B., & Weerasekera, W. L., 2016. *An approach to delineate groundwater recharge potential sites in Ambalantota, Sri Lanka using GIS techniques*. *Geoscience Frontiers*, 7(1), 115-124.
- Thilagavathi, N., Subramani, T., Suresh, M., & Karunanidhi, D., 2015. *Mapping of groundwater potential zones in Salem Chalk Hills, Tamil Nadu, India, using remote sensing and GIS techniques*. *Environmental monitoring and assessment*, 187(4), 1-17.
- Thakur, G. S., & Raghuwanshi, R. S., 2008. *Perspect and assessment of groundwater resources using remote sensing techniques in and around Choral river basin, Indore and Khargone districts, MP*. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 36(2), 217-225.
- Jasrotia, A. S., Kumar, R., & Saraf, A. K., 2007. *Delineation of groundwater recharge sites using integrated remote sensing and GIS in Jammu district, India*. *International Journal of Remote Sensing*, 28(22), 5019-5036.
- Krishnamurthy, J. N., Venkatesa, K., Jayaraman, V., & Manivel, M., 1996. *An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and geographical information system*. *international Journal of Remote Sensing*, 17, 1867-1884.
- Murthy, K. S. R., 2000. *Groundwater potential in a semi arid region of Andhra Pradesh. A geographical information system approach*. *International Journal of Remote Sensing*, 21(9), 1867-1884.
- Magesh, N. S., Chandrasekar, N., & Soundranayagam, J. P., 2012. *Delineation of groundwater potential zones in Theni district, Tamil Nadu, using remote sensing, GIS and MIF techniques*. *Geoscience Frontiers*, 3(2), 189-196.
- Nagarajan, M., & Singh, S., 2009. *Assessment of groundwater potential zones using GIS technique*. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37(1), 69-77.
- Palaka, R. and G. J. Sankar, 2015. *"Identification of Potential Zones for Groundwater Recharge in Kosigi Mandal, Kurnool District, using Remote Sensing and GIS"*. Article published in *International Journal of Current Engineering and Technology*, Vol.5, No.1 (Feb-2015).
- Pratap, K., Ravindran, K. V., & Prabakaran, B., 2000. *Groundwater prospect zoning using remote sensing and geographical information system: a case study in Dala-Renukoot area, Sonbhadra district, Uttar Pradesh*. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 28(4), 249-263.
- Preeja, K. R., Joseph, S., Thomas, J., & Vijith, H., 2011. *Identification of groundwater potential zones of a tropical river basin (Kerala, India) using remote sensing and GIS techniques*. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 39(1), 83-94.
- Rokade, V. M., Kundal, P., & Joshi, A. K., 2007. *Groundwater potential modelling through remote sensing and GIS: a case study from Rajura Taluka, Chandrapur district, Maharashtra*. *Journal geological society of India*, 69(5), 943-948.