

کلید واژه‌ها: مکانیابی، وزن‌دهی، سنگ‌شناسی، نرخ سازگاری.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی برای مصارف انسانی و کشاورزی به افت قابل توجه سطح آب زیرزمینی در قسمت‌های وسیعی از جهان انجامیده، به طوریکه افت منطقه‌ای منابع آب زیرزمینی به یک مسئله جهانی تبدیل شده است. منابع آب زیرزمینی نقش حیاتی در زندگی انسان‌ها ایفا می‌کند، بنابراین کشف مکان آبخوان‌های جدید برای تقویت منابع آب زیرزمینی و مصارف شرب و کشاورزی ضروری می‌باشد [۳]. تکنیک‌های زیادی برای تغذیه آب‌های زیرزمینی ارائه شده است که هرکدام قوت و ضعف خود را دارند. در صورتی که بتوان مناطق مناسب برای تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی را تشخیص داد می‌توان مدیریت بهینه منابع آب در منطقه را اعمال نمود. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نیز می‌توان مناطق دارای پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی را تشخیص داد. در صورتی که بتوان با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS، استفاده از سیستم سنجش از دور و تبیین روش ارزش‌گذاری مناسب، مکان‌یابی آب زیرزمینی را انجام داد، هدایت برنامه‌های تغذیه مصنوعی و مدیریت بهینه منابع آب در منطقه مورد مطالعه تسهیل می‌گردد.

ملکی و همکاران [۷] برای مکانیابی تغذیه مصنوعی آبخوان حوضه آبخیز مرگ از تعداد پانزده لایه اطلاعاتی و سه مدل AHP، بولین و Multi class maps استفاده کردند. نتایج نشان داد مدل AHP با داشتن بیشترین درصد همپوشانی و کمترین مساحت، بعنوان بهترین مدل مکانیابی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. موسوی و همکاران [۹] با استفاده از روش‌های سنجش از دور و GIS به مطالعه مناطق مناسب جهت تغذیه آب زیرزمینی در جنوب دشت ایذه واقع در جنوب غرب ایران پرداختند. نتایج نشان داد که مناطق دارای شکستگی در آهکها، دارای بیشترین پتانسیل تغذیه می‌باشند. محمدی قلعه نی و همکاران [۸] مطالعه‌ای جهت بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی در دو آبخوان ساوه و اراک در شرایط متفاوت اقلیمی انجام دادند. نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی در جهت ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی تراز و کیفیت آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفت.

رمضانی مهربان و همکاران [۱۲] جهت مکانیابی عملیات تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در دشت شمیل و آشکارا در استان هرمزگان، دو روش وزن‌دهی تجمعی ساده و فرآیند تحلیل سلسله

تعیین مناطق پتانسیل دار تغذیه آب زیرزمینی با استفاده از روش تلفیقی GIS - AHP (مطالعه موردی شهرستان سمنان)

الهام سلیمانی ساردو^{۱*}، محمدرضا یزدانی^۲، علی اصغر ذوالفقاری^۳
و علی اکبر دماوندی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۱۲

چکیده:

تعیین مناطق تغذیه‌ای آب زیرزمینی اغلب نیاز به حجم بالایی از اطلاعات و معیارهای فضایی دارد. هدف از این مطالعه تعیین مناطق با پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در شهرستان سمنان با رویکرد تلفیقی GIS-AHP می‌باشد. برای این منظور لایه‌های اطلاعاتی شیب، فاصله از شبکه آبراهه سطحی، رده خاک، اقلیم، پوشش سطحی، کاربری اراضی، سنگ‌شناسی و فاصله از گسل مورد استفاده قرار گرفت. لایه‌های موضوعی در محیط ArcGIS ۹.۳ آماده شد. روش AHP جهت وزن‌دهی معیارها و شاخص‌های مورد بررسی، استفاده گردید. فاکتورها با دقت جهت تهیه نقشه پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه، آنالیز و تلفیق شدند. نقشه‌های مربوط به لایه‌های موضوعی منتخب در محیط ArcGIS تحت تابع Raster Calculator تلفیق و همپوشانی گردید. ادغام نقشه‌های رتبه‌بندی شده با لحاظ وزن‌های به دست آمده در فرآیند AHP، محدوده مورد مطالعه را به پهنه‌هایی در غالب نامناسب، متوسط و مناسب تفکیک نموده است. نتایج نشان می‌دهد مکان‌های تغذیه‌ای انتخاب شده از لحاظ عملی و کاربردی نیز تناسب بالایی داشته، بنابراین استفاده از GIS و روش وزن‌دهی AHP جهت تعیین مناطق با پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی عملکرد خوبی ارائه می‌دهد. همچنین لایه سنگ‌شناسی بعنوان مؤثرترین فاکتور شناخته شد.

۱. *نویسنده مسئول: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیابانزدایی، دانشگاه سمنان. Elham.solaimani7@gmail.com

۲. استادیار گروه بیابانزدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان.

۳. استادیار گروه بیابانزدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان.

۴. عضو هیات علمی موسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی، دانشجوی دکتری، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان.

مراتبی با بکارگیری فن بردار ویژه در محیط GIS را مورد استفاده قرار دادند. مقایسه نتایج حاصل از دو روش نشان دهنده برتری فرایند تحلیل سلسله مراتبی در کنار فن بردار ویژه نسبت به روش دیگر بود. در تحقیق فرجی سبکبار و همکاران [۴] جهت تعیین عرصه مناسب تغذیه مصنوعی دشت گریایگان فسا، سعی گردید تا با تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) مناسبترین عرصه‌ها برای اجرای عملیات پخش سیلاب شناسایی شود. دماوندی و همکاران [۳] تحقیقی جهت پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوزه فیروزکوه سمنان انجام دادند. رحیمی [۱۱] پتانسیل یابی آب زیرزمینی در دشت شهرکرد را مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه سعی شد تا با اتکاء بر مفاهیم مهندسی ارزش، شیوه تحلیل کیفی دلفی و روش ترکیب لایه‌ها، پتانسیل آب‌های زیرزمینی در آبخوان‌های آسیب‌پذیر تعیین گردد. انبازگان و همکاران [۱] طی مطالعه‌ای جهت نقشه‌برداری، تخمین رواناب و مطالعه تغذیه مصنوعی در حوزه ایار در تمیل نادو^۱ در هندوستان، از تکنیک‌های GIS و سنجش از دور استفاده کردند. بررسی پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در بالادست رودخانه لیمپوپو^۲ از منطقه بوتساوانای جنوبی توسط وانگ و همکاران [۱۷] انجام شد. از اطلاعات سنجش از دور با تفکیک بالا برای تخمین پتانسیل توزیع ویژه دبی و تغذیه آبخوان در منطقه نیمه‌خشک استفاده گردید. چاوداری و همکاران [۲] از تکنیک‌های GIS، RS و MCDM جهت مکان‌یابی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی در بنگال غربی در هند استفاده کردند. در نهایت نقشه تغذیه مصنوعی با سه نوع تناسب بدست آمد. سرگانکار و همکاران [۱۴] جهت شناسایی مکان‌های پتانسیلی تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی در زیرآبخیز رودخانه کنهان^۳ در هند مطالعه‌ای انجام دادند. از تکنیک AHP در محیط GIS استفاده کردند. کلیراج و همکاران [۵] در تمیل نادو هند تکنیک AHP در محیط GIS را جهت شناسایی پتانسیل مناطق تغذیه آب زیرزمینی مورد استفاده قرار دادند. ماخرجی و همکاران [۱۰]، جهت توصیف مناطق پتانسیلی آب زیرزمینی در ناحیه خشک هند از تلفیق سنجش از دور و GIS استفاده کردند. سینگ و همکاران [۱۶] برای مکان‌یابی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی در حوزه بیست دواب در پنجاب هند از سنجش از دور، GIS و تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. منطقه بدلیل کشاورزی مفرط دچار کمبود آب شدید بود. لایه‌های موضوعی را نرمال و وزن‌دهی کرده و سپس در محیط ArcGIS تلفیق کردند. نهایتاً منطقه را به چهار قسمت از لحاظ تناسب برای تغذیه مصنوعی تقسیم کردند.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی:

یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، فرایند

تحلیل سلسله مراتبی^۴ است، که اولین بار توسط توماس ال‌ساعتی^۵ [۱۳] در ۱۹۸۰ مطرح شد. این تکنیک بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده که امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. همچنین از این تکنیک برای وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها نیز استفاده می‌شود. این فرایند امکان تحلیل حساسیت روی معیارها را دارد. یکی از محدودیت‌های جدی AHP این است که وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم، یعنی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها را در نظر نمی‌گیرد و ارتباط بین عناصر تصمیم را سلسله مراتبی و یک‌طرفه فرض می‌کند. چرا که AHP فرض می‌کند فاکتورهای حاضر در ساختار سلسله مراتبی مستقل می‌باشند، در صورتی که این فرض در بررسی تأثیرات محیط درونی و بیرونی نمی‌تواند پذیرفتنی باشد [۱۵]. در این روش عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و سپس وزن نسبی آنها محاسبه می‌شود. با توجه به نظرات کارشناسی و منابع در دسترس، وزن نسبی عناصر نسبت به هم تعیین می‌گردد.

اولین و مهم‌ترین مرحله در استخراج و برداشت آب زیرزمینی و احداث سد زیرزمینی، شناسایی مکان‌های با پتانسیل آب زیرزمینی می‌باشد. بر همین اساس و با توجه به کمبود منابع آب (خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک)، در این مطالعه سعی بر شناسایی مناطق با احتمال بالای درصد حضور آب و تعیین درجه اهمیت فاکتورهای تأثیرگذار بر مکان‌یابی، با استفاده از فناوری GIS و روش AHP در شهرستان سمنان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان سمنان با مساحتی برابر با ۲۲۱۹۱ کیلومتر مربع از غرب به شهرستان گرمسار و بخش فیروزکوه، از شرق به شهرستان دامغان، از جنوب به کویر مرکزی ایران در نهایت به شهرستان نائین و استان اصفهان و از شمال به شهرستان ساری در استان مازندران محدود است و ارتفاع شهرستان از سطح دریا ۱۱۷/۱ متر و اختلاف ساعت تهران با آن ۷ دقیقه و ۴۰ ثانیه است. همچنین این شهرستان بین ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۱ دقیقه عرض شمالی و از ۵۲ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۱ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). با توجه به خطوط هم بارش و هم دما حاکم بر منطقه، در قسمت جنوبی شهرستان بارش ۷۵ میلی‌متر و دما ۲۰ درجه سانتیگراد مشاهده می‌شود. برای قسمت‌های شمالی نیز بارش تا ۳۵۰ میلی‌متر و دما تا ۱۰ درجه سانتیگراد متغیر است. بنابراین اقلیم و شرایط جوی شمال شهرستان سمنان برای هدف مورد نظر تناسب بالاتری نشان می‌دهد. بررسی آب زیرزمینی در شهرستان سمنان نشان داد که تعداد ۳۶۱ حلقه چاه عمیق، ۳۱ حلقه چاه نیمه‌عمیق، ۹۲ رشته قنات و ۶۳ چشمه در سطح این شهرستان وجود دارد. مجموع منابع آب قابل برداشت ۹۵/۵۷ میلیون مترمکعب می‌باشد. در سطح

1. Ayyar basin in Tamil Nadu
2. Limpopo catchment
3. Kanhan River

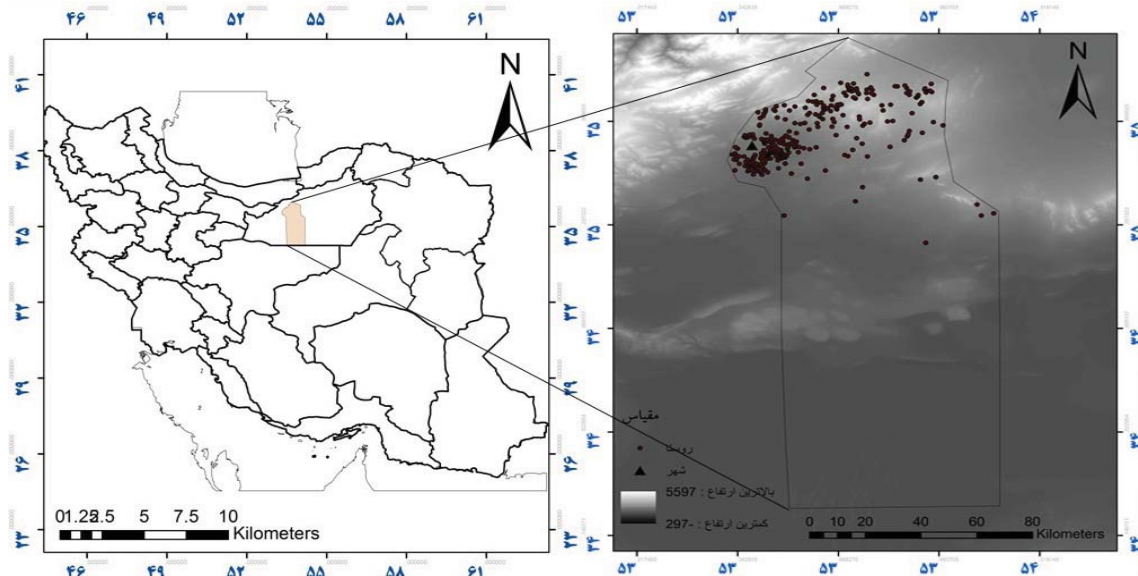
4. Analytical Hierarchy process
5. Saaty, T. L.

آبخوان‌های استان، میانگین نوسانات سطح ایستابی سالانه کاهش ۶۶ سانتی‌متر نشان می‌دهد (شکل ۱).

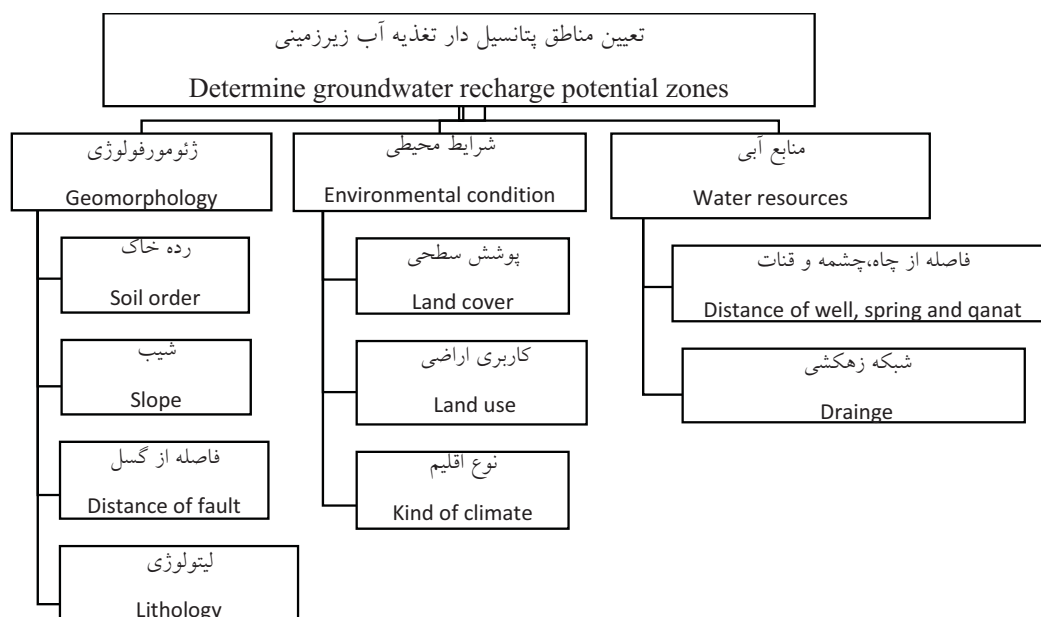
روش تحقیق

در این مطالعه ابتدا با توجه به داده‌های مورد نظر و منابع اطلاعاتی در دسترس، لایه‌های اطلاعاتی: شیب، فاصله از شبکه آبراهه سطحی، رده خاک، اقلیم، پوشش سطحی، کاربری اراضی، سنگ شناسی، فاصله از گسل و فاصله از چاه، چشمه و قنات تهیه گردید. هر کدام از شاخص‌ها به نحوی بر توانمندی هر نقطه برای تغذیه آب زیرزمینی تأثیر می‌گذارد. نقشه‌های مربوط به رده خاک، شبکه زهکشی (آب‌های

سطحی)، کاربری اراضی، پوشش سطحی، گسل‌ها، واحدهای سنگ شناسی، منابع آب زیرزمینی و اقلیم مورد استفاده در این مطالعه از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان سمنان تهیه شد. هم‌چنین نقش مربوط به شیب منطقه از مدل ارتفاعی رقومی ایران (DEM) استخراج گردید. جهت تجزیه، تحلیل و اولویت‌بندی معیارهای شناسایی شده، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. بعد از ساخت نمایش گرافیکی از هدف، معیارها و شاخص‌ها اقدام به تهیه و توزیع فرم نظرات کارشناسی گردید (شکل ۲). سپس با توجه به ساختار سلسله مراتبی، پرسشنامه AHP تنظیم شد که در واقع همان جداول مقایسه زوجی بودند. این پرسشنامه‌ها بین ۱۰



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Location of the study area



شکل ۲- نمایش سلسله مراتب هدف مورد نظر
Figure 2. Shown of Analytical Hierarchy Process (AHP)

نفر از متخصصان و کارشناسان منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و دانشگاه سمنان توزیع شد تا با مقایسه زوجی معیارها و شاخص‌ها نسبت به هم، نمره‌دهی و اهمیت آنها را مشخص نمایند. امتیاز معیار مشخص، می‌تواند به وسیله معیارهای دیگری تعیین شود. بدین ترتیب معیارها در ساختاری درختی قرار می‌گیرند و امتیاز هر رده از سلسله مراتب با در نظر گرفتن وزن‌های رده‌های بالاتر محاسبه شدنی است. امتیازات به دست آمده در ماتریسی مربعی مرتب می‌شوند و وزن هر یک از عناصر با انجام عملیات محاسباتی روی ماتریس مذکور محاسبه می‌گردد. از آنجاییکه تقریباً تمامی محاسبات مربوط به فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر اساس قضاوت اولیه تصمیم گیرنده صورت می‌گیرد و اطمینان از سازگاری مقایسات به راحتی میسر نبوده، می‌توان با محاسبه نرخ سازگاری (رابطه ۱) به این اعتماد دست یافت. تجربه نشان داده که اگر نرخ سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد سازگاری مقایسات قابل قبول بوده و در غیر این صورت مقایسه‌ها باید تجدید نظر شود.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

در صورتیکه:

CR: نرخ سازگاری، CI: شاخص سازگاری، RI: شاخص تصادفی

می‌باشند.

تلفیق لایه‌های اطلاعاتی

جهت آماده‌سازی و تبدیل اطلاعات اولیه، عارضه‌های پلیگونی به فرمت رستری تبدیل شد. سپس برای هر یک از عوارض خطی، حریم مشخص گردید تا محل‌های انتخابی با یک حریم مشخص از این عوارض فاصله بگیرند. بعد از آماده‌سازی لایه‌ها و اعمال روش AHP جهت وزن‌دهی به لایه‌ها، از تابع Raster Calculator برای تلفیق و هم‌پوشانی لایه‌ها استفاده شده است. به این ترتیب لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر معیار به فرمت رستری تبدیل و در محیط تابع Raster calculator، عملیات تلفیق انجام شد. در نهایت نقشه مکان مناسب جهت تغذیه بالقوه آب زیرزمینی بدست آمد.

نتایج

با توجه به لایه‌های اطلاعاتی موجود و هدف مورد مطالعه، سه معیار و نه شاخص تعیین می‌شود (شکل ۲). جدول وزن‌دهی شاخص‌های مورد بررسی با استناد به نظرات کارشناسان و منابع در دسترس و مرتبط با موضوع مورد مطالعه تعیین شدند (جدول ۱ و ۲).

در مورد مسئله مورد نظر نسبت سازگاری در همه معیارها کمتر از

جدول ۱- امتیازدهی شاخص‌های مربوط به زیرمعیارها

Table 1. Rating of indices from sub criteria

* Lithology	فاصله از گسل Distance of fault	رده خاک Soil order	شیب Slope
لیتولوژی Lithology	1	7	4
فاصله از گسل Distance of fault	0.16	2	0.2
رده خاک Soil order	0.14	1	0.16
شیب Slope	0.25	6	1
* Kind of climate	کاربری اراضی Land use	پوشش سطحی Land cover	
نوع اقلیم Kind of climate	1	0.2	
کاربری اراضی Land use	4	0.3	
پوشش سطحی Land cover	5	1	
* Drainage	فاصله از چشمه، قنات و چاه Distance of spring, Qanat and well		
شبکه زهکشی Drainage	1	5	
	0.2	1	

جدول ۲- اوزان معیارها طبق نظرات کارشناسی

Table 2. Weights of criteria obtain from expert opinion

ژئومورفولوژی Geomorphology	شرایط محیطی Environmental condition	منابع آبی Water resources	*
0.5	3	1	منابع آبی Water resources
0.14	1	0.33	شرایط محیطی Environmental condition
1	7	2	ژئومورفولوژی Geomorphology

جدول ۳- مقادیر نرخ سازگاری برای معیارها و شاخص‌ها

Table 3. Content of Consistency Ratio for criteria and indices

شاخص‌های منابع آبی Indices from water resources	شاخص‌های شرایط محیطی Indices from environmental condition	شاخص‌های ژئومورفولوژی Indices from geomorphology	معیارها Criteria	
0	0.08	0.08	0.03	CR

جدول ۴- وزن نسبی معیارها طبق روش AHP

Table 4. Relative weighting of criteria by AHP method

منابع آبی Water resources	شرایط محیطی Environmental condition	ژئومورفولوژی Geomorphology	معیار Criteria
0.29	0.09	0.62	وزن نسبی Relative weight

جدول ۵- وزن نسبی شاخص‌ها طبق روش AHP

Table 5. Relative weighting of indices by AHP method

نوع اقلیم Kind of climate	شیب Slope	رده خاک Soil order	فاصله از چاه، چشمه قنات Distance of well, Qanat, spring	شبکه زهکشی Drainage	فاصله از گسل Distance of fault	سنگ‌شناسی Lithology	پوشش سطحی Land cover	کاربری اراضی Land use	شاخص Index
0.08	0.28	0.05	0.16	0.84	0.08	0.59	0.64	0.28	وزن نسبی Relative weight

Table 6. indices studying of Classification

پوشش سطحی Land cover	کاربری اراضی Land use	نوع اقلیم Kind of climate	زهکشی (m) drainage (m)	فاصله از چاه و ... (m) Distance of well and... (m)	رده خاک order Soil	شیب (درصد) Slope (percent)	گسل (متر) of Distance (m) fault	سنگ شناسی Lithology	ارزش Score
بدون مرتع range No	کویر، اراضی لخت و نمکی، مسکونی، جنگلی Desert ,bare and salt land ,urban, wood land	AA	-	6000-8000	-	16<	15000<	سنگفرش، شیل، توف، گچ، تپه شنی Pavement ,shale, tuff ,gypsum ,sand dune	1
-	دریاچه نمکی، مراتع متوسط، مراتع فقیر Salt like, moderate range, poor range	-	6000-8000	4000-6000	انتی سول Entisol	8-16	10000-15000	دولومیت، شیل سیلتی Dolomite ,silt shale	2
متوسط Moderate	باغ Garden	SSA	4000-6000	2000-4000	اریدی سول Aridisol	5-8	5000-10000	سنگ شنی، کنگلومرا، Sandstone, conglomerate	3
-	کشاورزی Agricultural	-	200-4000	1000-2000	انسیتی سول Inceptisol	2-5	1000-5000	آتشفشانی، آبرفت، پهنه رسی Volcanic ,fluvial, clay flate	4
خوب fine	آبی Watery	MSA	0-200	0-1000	دریاچه فصلی Seasonal lake	0-2	0-1000	سنگ آهکی، سنگ سیلتی، سنگ رسی Lime stone ,silt stone ,clay stone	5

شبکه زهکشی (آب های سطحی)، کاربری اراضی، پوشش سطحی، فاصله از گسل ها، واحدهای سنگ شناسی، فاصله از چاه، چشمه و قنات، اقلیم و شیب که در محیط ArcGIS آماده و طبق روش AHP وزن دهی گردید، ارائه می گردد (شکل ۳ تا ۱۱). و در نهایت نقشه های حاصل از هم پوشانی لایه ها ارائه شد (شکل ۱۲).

بحث و نتیجه گیری

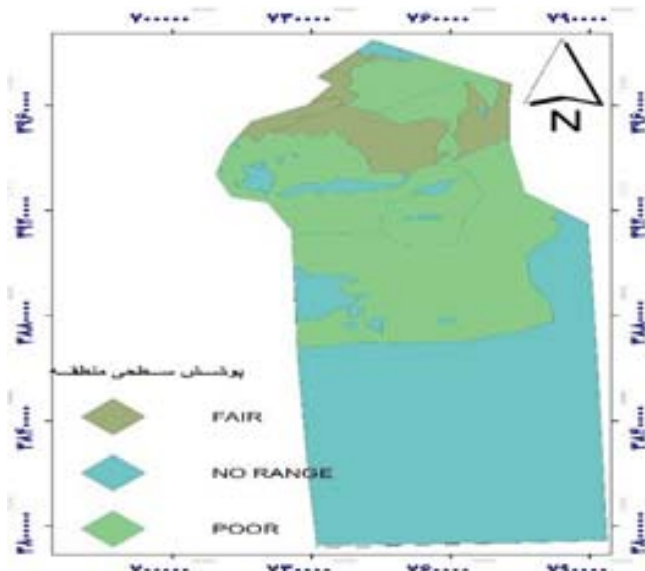
پس از طی مراحل مختلف بیان شده و با توجه به وزن نسبی و درجه اهمیت معیارها و فاکتورهای مورد بررسی، نقشه مکانیابی

۰/۱ بدست آمد که سطح قابل قبولی از توافق را در مقایسه های دو تائی نشان می دهد (جدول ۳).

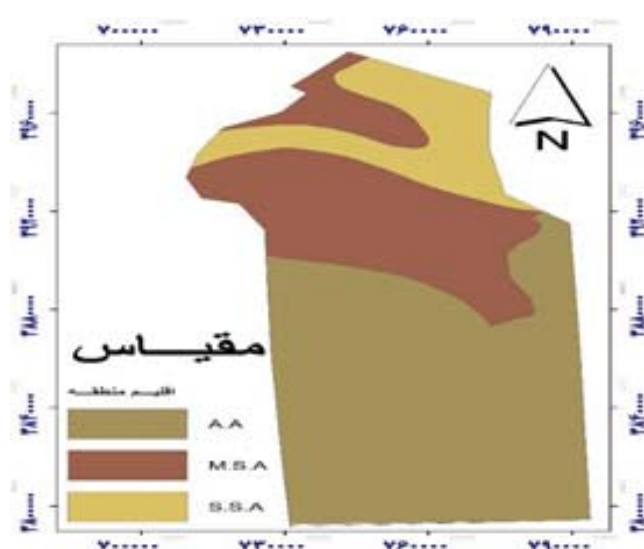
بنابراین مقایسه های انجام شده را پذیرفته و وزن های محاسبه شده استخراج می شود (جداول ۴ و ۵).

امتیازدهی پارامترهای مختلف با استناد به نتایج فرم های پرسشنامه و منابع مورد بررسی که در بخش مقدمه ذکر گردید، بین یک (نامناسب ترین) تا پنج (خیلی مناسب) انتخاب شده است (جدول ۶).

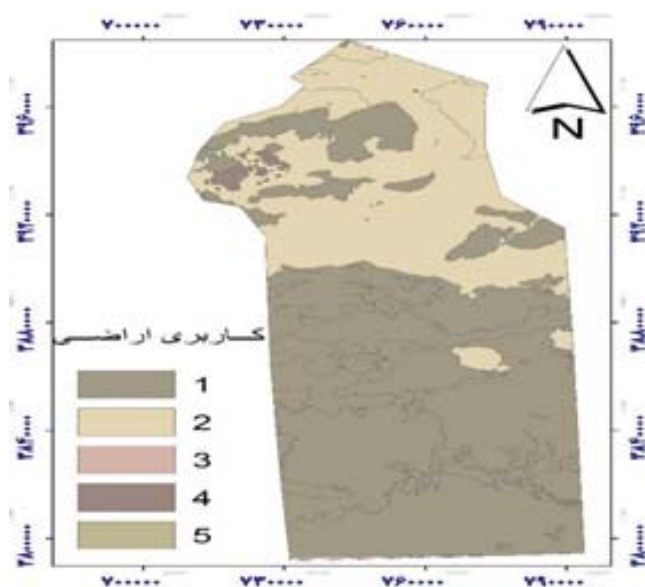
در ادامه نقشه های مربوط به انواع رده های خاک، فاصله از



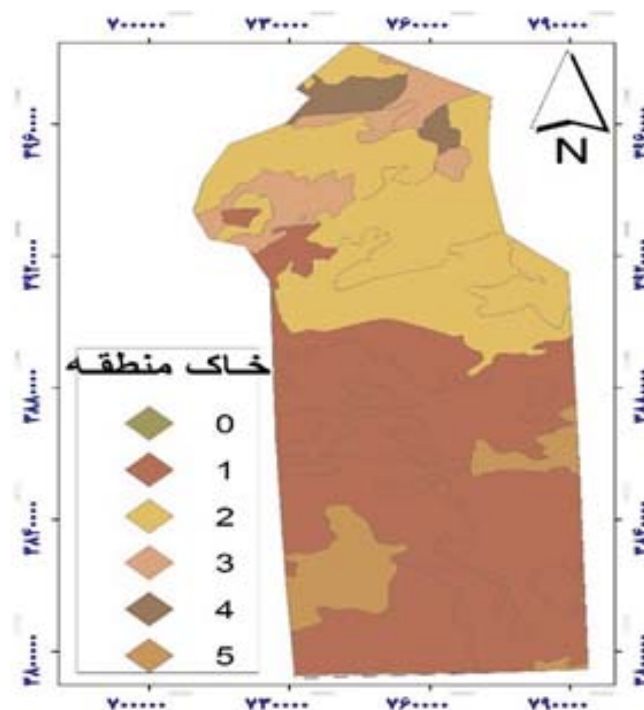
شکل ۴- نقشه پوشش سطحی منطقه
Figure 4. Land cover map of area



شکل ۳- نقشه اقلیم منطقه
Figure 3. Climate map of area



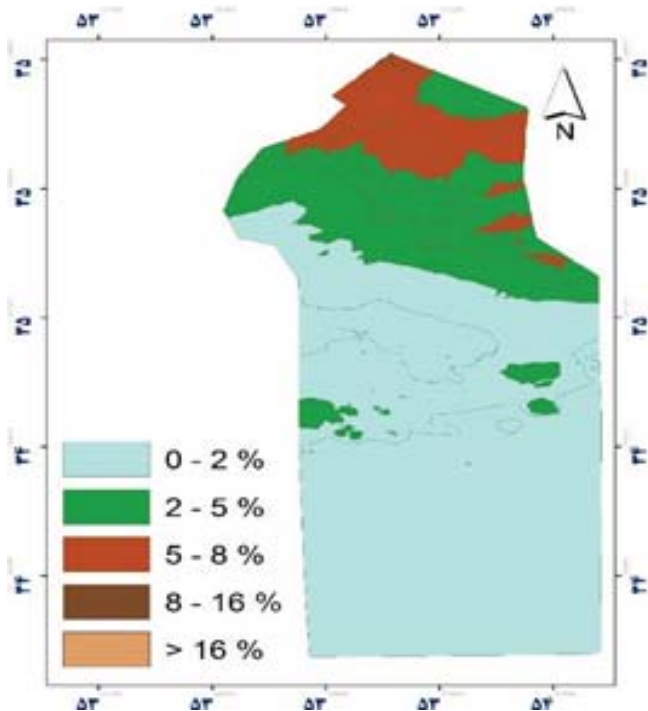
شکل ۶- نقشه کاربری اراضی منطقه
Figure 6. Land use map of area



شکل ۵- نقشه رده بندی خاک منطقه
Figure 5. Soil order map of area

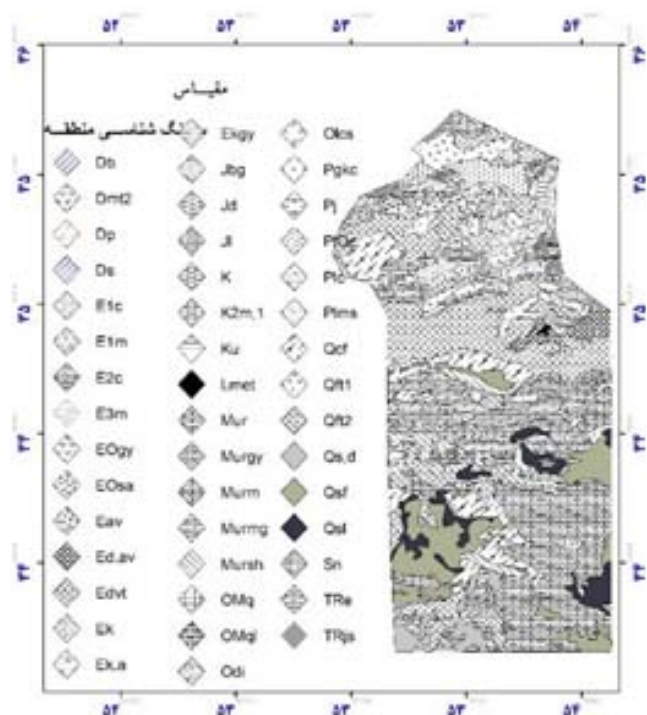
به اینکه شاخص سنگ‌شناسی در مقایسه زوجی با سه شاخص فاصله از گسل، رده خاک و شیب سنجیده می‌شود، می‌توان گفت بیشترین وزن نسبی را نسبت به سایر شاخص‌های مورد مطالعه به خود اختصاص داده است. به این ترتیب شاخص رده خاک نسبت به سایر شاخص‌ها کمترین ارزش را از لحاظ تغذیه آب زیرزمینی دارد. این منطقه از نظر سنگ‌شناسی شامل سنگ آهکی، سیلتی، رسی، شنی و کنگلومرا می‌باشد. این نوع سنگ‌شناسی از

مناطق با پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی تهیه شد. بطوریکه قسمت‌های سبز رنگ نقاط با پتانسیل تغذیه بالا، قسمت‌های زرد رنگ پتانسیل متوسط و در نهایت قسمت قرمز رنگ مناطق با پتانسیل پایین را نشان می‌دهد. در این نقشه قسمت‌های سفید رنگ ارزش صفر داشته و از نتایج حذف گردید. شاخص سنگ‌شناسی با وزن نسبی ۰/۵۹ در تعیین مکان مناسب پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه بیشترین تأثیر را دارد. طبق جدول وزن نسبی و با توجه



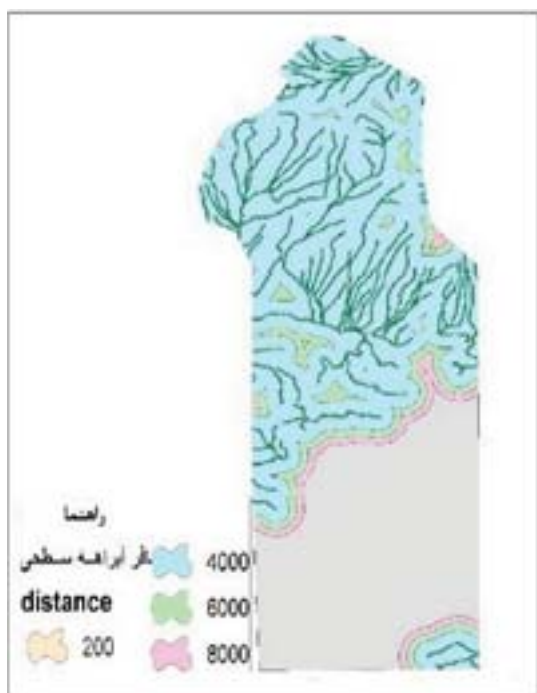
شکل ۸- نقشه شیب منطقه

Figure 8. Slope map of area



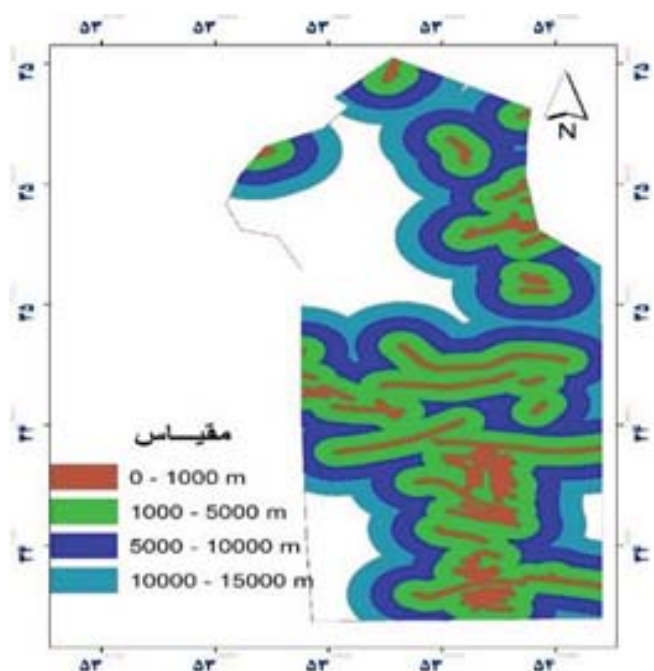
شکل ۷- نقشه سنگ‌شناسی منطقه

Figure 7. Lithology map of area



شکل ۱۰- فاصله از شبکه زهکشی

Figure 10. Distance of drainage

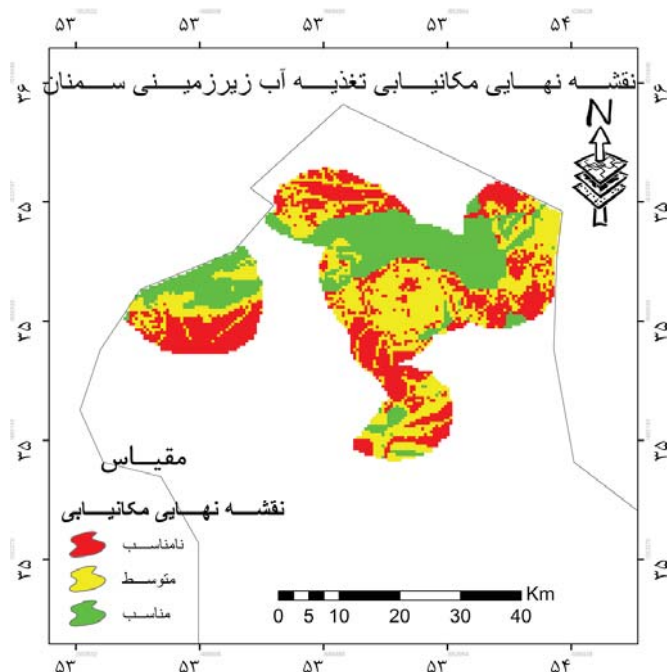


شکل ۹- نقشه فاصله از گسل‌ها

Figure 9. Distance of faults map

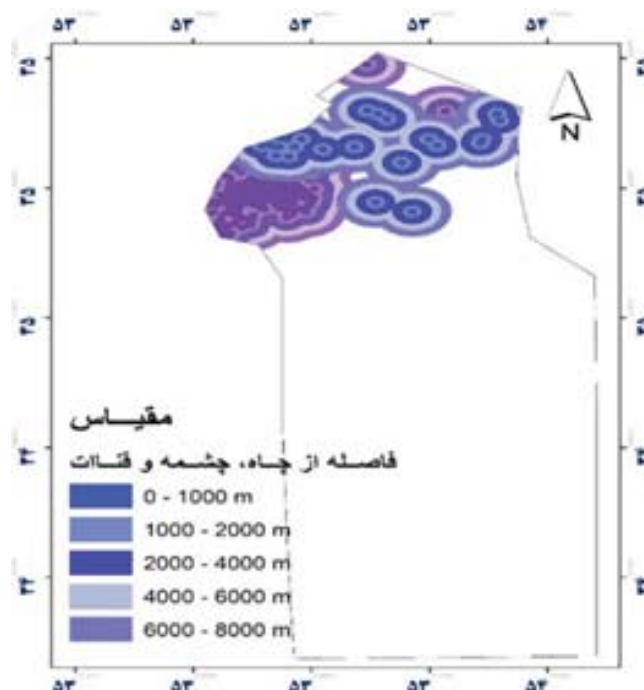
سر نهاده‌اند. بررسی اجمالی پژوهش‌های به عمل آمده و تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که در موارد بسیاری بین وضعیت منابع آب و ساختارهای زمین‌شناسی مناطق، ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. از لحاظ زمین‌شناسی سازند لار، شمشک، کرج و دلیچای، شمال

لحاظ نفوذپذیری و تغذیه آب زیرزمینی اهمیت دارد [۶]. واحدهای سنگی این ناحیه بسیار کهن بوده و تقریباً تمام فازهای تکتونیکی موثر بر فلات ایران همچون حرکات زمین‌ساختی بایکالین، سیمین (کیمرین) پیشین و پسین، لارامید (لارامین)، پیرنه و آلپ را پشت



شکل ۱۲- نقشه مکانیابی تغذیه آب زیرزمینی

Figure 12. Site selection for Groundwater recharge map



شکل ۱۱- فاصله از چاه، چشمه و قنات

Figure 11. Distance of well, spring and qanat

Tamil Nadu, India. Environ GEOL. 48:158-170.

2. Chowdhury, A. Jha, M. K. and Chowdhury, V. M. 2010. Delineation of groundwater recharge zones and identification of artificial recharge sites in West Medinipur district, West Bengal, using RS, GIS and MCDM techniques. Environ Earth SCI. 59:1209-1222.

3. Damavandi, A. Panahi, M. Maazallahi, M. and Rezaie, F. 2011. Assessment of Ground water potential Exploration using remote sensing and Geographic Information System (Case study: Sele-bon Watershed). 2th Convention Earth Science, Azad Ashtian University. (In Persian)

4. Faraji Sabokbar, H. A. Nasiri, H. Hamze, M. Talebi, S. and Rafiei, Y. 2012. Identification of suitable areas for artificial groundwater recharge using integrated ANP and pair wise comparison methods in GIS environment, (Case Study: Garbaygan Plain of FASA). Geography and Environmental Planning Journal. 22th Year, vol. 44, No.4. 143-166.

5. Kaliraj, S. Chandrasekar, N. and Magesh, N. S. 2014. Identification of potential groundwater recharge zones in Vaigai upper basin, Tamil Nadu, using GIS-based analytical hierarchical process (AHP). J Geo

منطقه مورد مطالعه را می‌پوشاند. سازند شمشک تغذیه ضعیفی دارد. سازند دلیچای و لار سنگ‌شناسی آهکی و دولومیتی دارد، بنابراین مناطق با این سازند پتانسیل تغذیه بالاتری خواهند داشت. سازند کرج چشمه‌های فراوانی دارد. نتیجه مطالعه رحیمی [۱۱] نیز معیار ژئومورفولوژی و شاخص سنگ‌شناسی را به عنوان ارجح‌ترین فاکتور در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی نشان داد. هم چنین نتیجه تحقیق موسوی و همکاران [۹] در دشت ایزه نشان داد که مناطق دارای شکستگی در آهکها، دارای بیشترین پتانسیل، سازندهای متشکل از مواد دانه‌ریز، دارای نفوذپذیری کم و مناطق فاقد شکستگی دارای کمترین پتانسیل تغذیه می‌باشند.

نتایج این تحقیق تناسب استفاده از روش AHP در وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی را برای مکانیابی محل‌های با پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی، نشان می‌دهد، نتایج مطالعات رضوانی مهربان و همکاران [۱۲]، ماخرجی و همکاران [۱۰] و سرگانکار و همکاران [۱۴] نیز تأییدی بر این مدعا است. همچنین بازدید از منطقه نشان می‌دهد مکان‌های تغذیه‌ای انتخاب شده از لحاظ عملی و کاربردی نیز تناسب بالایی دارد، بنابراین استفاده از GIS جهت تعیین مناطق با پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی عملکرد خوبی ارائه می‌دهد [۱، ۱۶، ۳].

منابع

1. Anbazhgan, S. Ramasamy, S. M. and Das Gupta, S. 2005. Remote Sensing and GIS for artificial recharge study, runoff estimation and planning in Ayyar basin,

5th year, No. 14. (In Persian)

13. Saaty, T. L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill Publication USA.

14. Sargaonkar, A. P. Rathi, B. and Baile, A. 2011. Identifying potential sites for artificial groundwater recharge in sub-watershed of River KANHAN, India. Environ Earth SCI. 62:1099-1108.

15. Sehat, S. and Parizadi, A. 2009. Application Network Analysis Technic for strength, weaknesses, opportunities and treats estimate (Case study Iran Insurance Company). Industrial management journal. Vol, 1. No. 2. 105-120. (In Persian)

16. Singh, A. Panda, S. N. Kumar, K. S. and Shekhar Sharma, Ch. 2013. Artificial Groundwater Recharge Zones Mapping Using Remote Sensing and GIS: A Case Study in Indian Punjab. Environmental Management. 52:61-71.

17. Wang, H. Kgotlhang, L. and Kinzelbach, W. 2008. Using Remote Sensing data to model Groundwater recharge potential in KANYE region, BOTSWANA. The international archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII, Part B8.

SCI. 7:1385-1401.

6. Kazemi, R. Ghayoumian, J. and Jalili, N. 2006. Investigation the effect of structural elements on the karst water resource abundance in the LAR catchment's using RS and GIS. Pajouhesh & Sazandegi, No: 73, 33-41. (In Persian)

7. Maleki, A. Hesadi, H. and Naderian, p. 2007. Site selection artificial Ground water in Marg Aquifer. Geographical research seasonal Journal, No. 92, paper No. 751, pp: 53-78. (In Persian)

8. Mohammadi Ghaleni, M. Ebrahimi, K. and Araghinejad, Sh. 2010. Ground water Quantity and Quality Evaluation: A Case study for Saveh and Arak Aquifers. Journal of water and soil science, Vol, 21, No. 2. 93-108. (In Persian)

9. Mousavi, F. Chitsazan, M. and Mirzaie, E. 2008. Determine appropriate zones for ground water recharge by using remote sensing and GIS, Case study, south Izeh plain. 12th convention of Geological society, Iran-Ahvaz. (In Persian)

10. Mukherjee, P. Kumar Singh, Ch. and Mukherjee, S. 2012. Delineation of Groundwater Potential Zones in Arid Region of India A Remote Sensing and GIS Approach. Water Resource Manage. 26:2643-2672.

11. Rahimi, D. 2012. Potential ground water resources: (Case study: Shahrekord plain). Geography and Environmental Planning Journal, 22th Year, Vol. 44, No.4. 127-142. (In Persian)

12. Ramazani Mehraban, M. Malek Mohammadi, B. jafari, H. R. and Rafie, E. 2011. Site selection for artificial groundwater recharge by using Multi Criteria Decision Making method and GIS (Case study: Hormozgan state, Shemil and Ashekara plain). Journal Iran-Watershed Management science and engineering.

**Abstract****Determination of Ground Water Recharge Potential Zones by Using Integrated AHP-GIS Method (Case Study of SEMNAN Township)**E. Soleimani Sardoo*¹, M. R. Yazdani², A.A. Zolfaghari³ and A.A. Damavandi⁴

Received: 2015/05/20 Accepted: 2016/05/01

A large amount of spatial information and criteria is required to determine zones with groundwater recharge potential. The objective of this research is an application of integrated AHP-GIS approach for determination of groundwater recharge potential. Therefore, thematic layers in the field of slope, distance from drainage, soil order, climate, land cover, land use, lithology and distance from fault have been used. The thematic layers have been prepared in ArcGIS9.3 environment. The AHP method has been used to weigh the criteria and indices being investigated. The factors have been carefully analyzed and integrated so that the groundwater recharge potential map of the study area is prepared. Maps of selected thematic layers have been integrated according to Raster Calculator function, in ArcGIS environment. By integrating rated maps with resulting weights in AHP procedure, the study area has been divided into inadequate, intermediate and adequate classifications. The results show that all the selected recharge sites are significantly appropriate from the scientific and applied point of view; thus using GIS and AHP weighting method present a desirable performance in determining zones with groundwater recharge potential. Also, the lithology theme has been determined as the most efficient factor.

Keywords: *Site selection, Weighting, lithology, Consistency ratio.*

-
1. M.Sc. Graduate of Combat Desertification, University of Semnan, Iran. * Corresponding Author E-mail: (elham.solaimani67@gmail.com)
 2. Assistant Professor, Faculty of Desert science, University of Semnan, Iran.
 3. Assistant Professor, Faculty of Desert science, University of Semnan, Iran.
 4. Academy staff of ITVHE, Ph.D. Student of Semnan University, Iran.