نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و دوم، شماره دوم، ۱۳۹٤
http://jwsc.gau.ac.ir

گزارش کوتاه علمی

تعیین مکان‌های مناسب استفاده از آب مازاد قنوات جهت تغذیه آبخوان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)

*نرجس قهرمانی[۱]، رسول دخیلی[۲] و عباس خاشعی‌سیوکی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری زمین‌شناسی مهندسی گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، [۲]کارشناس زمین‌شناسی و GIS،
[۳]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/٤/۱٤

چکیده

سابقه و هدف: لزوم شناخت و بهره‌برداری بهینه از آب‌های زیرزمینی از آنجا ناشی می‌گردد که این منابع ۹۹ درصد از کل آب‌های شیرین قابل استفاده را تشکیل می‌دهند (۱۷). مشکلات ناشی از بروز خشکسالی‌ها و سیلاب‌های مخرب از سوی دیگر، لزوم مدیریت صحیح منابع آب را نمایان می‌سازد. در این رابطه، جمع‌آوری آب‌های سطحی، تغذیه آب‌های زیرزمینی و تنظیم بهره‌برداری صحیح آب، مهم‌ترین راهکارهای مدیریت منابع آب به‌شمار می‌روند (۸). تغذیه مصنوعی عبارت از وارد کردن آب به یک سازند نفوذپذیر با هدف تغذیه سفره آب زیرزمینی در شرایط طبیعی منطقه است (۲). بدین ترتیب با وارد شدن آب مازاد منابع به زمین، ضمن تقویت سفره آب زیرزمینی، سطح آب بالا آمده و مشکلات ناشی از این افت از جمله نشست زمین، کاهش ظرفیت آبخوان به حداقل خواهد رسید (۲۰). مکانیابی سیستم‌های تغذیه مصنوعی از اصول اساسی ایجاد این سیستم‌هاست. روش‌های مختلف و پارامترهای بسیاری برای مکانیابی عرصه‌ها و بسترهای تغذیه مصنوعی وجود دارد (۵). در هر روشی، باید اطلاعات حاصل از مطالعات مختلف به‌صورت تلفیقی و در کنار هم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و منطقه مناسب تعیین شود (۷). هدف از این پژوهش مکانیابی بهترین منابع جهت تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها طی دو مرحله استفاده از تکنیک AHP می‌باشد.

مواد و روش‌ها: محدوده مورد مطالعه، استان خراسان رضوی با مرکزیت شهر مشهد می‌باشد. بر اساس آخرین تقسیم‌بندی‌ها، این استان دارای ۳۵ محدوده مطالعاتی (دشت) می‌باشد (۱۵). در این پژوهش، تمامی این مناطق مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در این پژوهش به این ترتیب عمل شده است که در نهایت به تعیین وزن لایه‌های مربوط به معیارهای مختلف با استفاده از روش AHP و همچنین تعیین بهترین مکان‌های استفاده از آب مازاد قنات پرداخته شد.

یافته‌ها: در این پژوهش با توجه به گستردگی منابع موجود (بالغ بر ۱٤۰۰۰ منبع) و همچنین گستردگی محدوده مورد مطالعه (۳۵ دشت استان) سعی گردید تا با بهترین روش در زمانی معقول به بهترین نتیجه ممکن دست یافت. بنابراین پیشنهاد استفاده از دو مرحله تحلیل سلسله مراتبی ارائه و مورد اجرا قرار گرفت. ابتدا بر اساس خروجی قابل استحصال در سه ماه از سال تعدادی از منابع غربال گردید، سپس بر اساس وزن‌دهی اولیه تعداد منابع به ٦٦ نقطه

* مسئول مکاتبه: na.ghahremani@gmail.com

کاهش یافت. در مرحله بعد هر یک از پارامترهای یاد شده برای این منابع باقی‌مانده در ماتریس‌های تحلیل قرار گرفته و بر اساس نظرات کارشناسی و بازدیدهای میدانی امتیازدهی گردید و نقاط به ۲٦ نقطه نهایی کاهش یافت.

در نهایت، با تلفیق نقشه‌های پهنه‌بندی شده براساس وزن اکتسابی از روش AHP نقشه نهایی در سه کلاس رده‌بندی گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که ۰/۳٦ درصد از قنوات و ۰/۰۱ درصد از چشمه‌ها دارای پتانسیل تغذیه‌پذیری آبخوان می‌باشند.

نتیجه‌گیری: در این پژوهش نیز بر اساس همه محاسبات و تحلیل نقشه‌ها، تعداد ۲٦ منبع نهایی در سه رده کلاس‌بندی شده و اولویت‌های استفاده از آن‌ها مشخص گردید، بر این اساس منابعی که در اولویت ۱ و ۲ قرار گرفته‌اند منابع مناسب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان محسوب می‌شوند. مهم‌ترین نتیجه این پژوهش تطابق بالای مدل ارائه شده با واقعیت موجود منطقه بوده است به‌نحوی‌که نقاطی که در بازدیدها مد نظر کارشناسان قرار گرفتند، در تحلیل سلسله مراتبی نیز در اولویت قرار گرفت. این منابع انتخابی به لحاظ شرایط و حجم آب قابل استحصال جهت تغذیه آبخوان، در بهترین شرایط قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: آب مازاد قنوات، تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، خراسان رضوی

مقدمه

لزوم شناخت و بهره‌برداری بهینه از آب‌های زیرزمینی از آنجا ناشی می‌گردد که مطابق نظر مهدوی و همکاران (۲۰۰٤) این منابع ۹۹ درصد از کل آب‌های شیرین قابل استفاده را تشکیل می‌دهند (۱۷). مشکلات ناشی از بروز خشکسالی‌ها و سیلاب‌های مخرب از سوی دیگر، لزوم مدیریت صحیح منابع آب را نمایان می‌سازد. در این رابطه، قهاری و پاک‌پرور (۲۰۰۷) جمع‌آوری آب‌های سطحی، تغذیه آب‌های زیرزمینی و تنظیم بهره‌برداری صحیح آب، مهم‌ترین راهکارهای مدیریت منابع آب به‌شمار می‌آورند (۸). بر اساس نظر بیز و همکاران (۱۹۸۰) تغذیه مصنوعی عبارت از وارد کردن آب به یک سازند نفوذپذیر با هدف تغذیه سفره آب زیرزمینی در شرایط طبیعی منطقه است (۲). بدین ترتیب و بر اساس مطالعات نخعی (۲۰۰۹) با وارد شدن آب مازاد منابع به زمین، ضمن تقویت سفره آب زیرزمینی، سطح آب بالا آمده و مشکلات ناشی از این افت از جمله نشست زمین، کاهش ظرفیت آبخوان به حداقل خواهد رسید (۲۰). مکانیابی سیستم‌های تغذیه مصنوعی از اصول اساسی ایجاد این سیستم‌هاست. انتخاب محل بر مبنای واقعیت‌های علمی و طبیعی دارای بزرگ‌ترین نقش در جهت استحکام و کاربری این سیستم‌ها در راستای تحقق اهداف مربوطه می‌باشد. روش‌های مختلف و پارامترهای بسیاری برای مکانیابی عرصه‌ها و بسترهای تغذیه مصنوعی وجود دارد (۵). براساس نظر دی و رامچران (۲۰۰۸) در هر روشی، باید اطلاعات حاصل از مطالعات مختلف به‌صورت تلفیقی و در کنار هم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و منطقه مناسب تعیین شود (۷). در این راستا مطالعات افرادی همچون مهدوی و همکاران (۲۰۰٤) و همچنین قومیان و همکاران (۲۰۰۷) به‌دلیل وجود مشخصه‌های متعدد در مکانیابی، تغییرات مداوم عوامل مؤثر و نیاز به بررسی توام معیارهای ارزیابی شده، استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌دلیل ویژگی‌های خاص، می‌تواند در این زمینه بسیار مفید باشد (۱۷ و ۱۰).

عطائی‌زاده و چیت‌سازان (۲۰۰۸) امکان‌سنجی تغذیه مصنوعی در دشت را با استفاده از تکنیک‌های میداود دالون در استان خوزستان بررسی کرده‌اند (۱). دادرسی (۲۰۰۸) به مقایسه مدل منطق فازی با سایر مدل‌های مفهومی سازگار با GIS در مکانیابی مناطق با مستعد گسترش سیلاب پرداخته است (٦). قهرمانی و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مطالعات خود با استفاده از سه روش AHP، منطق فازی FAHP و LNRF نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع لغزش در حوضه النگدره گرگان را تهیه کرده‌اند (۹). خاشعی‌سیوکی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از روش فرآیند سلسله مراتبی فازی (FAHP) ضمن بررسی خصوصیات کمی و کیفی آبخوان نواحی مناسب برداشت آب را مشخص کردند (١٤). همچنین قیومیان و همکاران (۲۰۰۷) برای مکانیابی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در حوضه آبخیز گاوبندی از فاکتورهای مختلفی در محیط GIS استفاده کردند (۱۰). موهان و شانکار (۲۰۰۵) جهت مکانیابی محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی در هند، از سه دسته پارامتر استفاده کردند و هر یک را به‌صورت فایل بولین درآوردند (۱۹). کریشنا مورتی و همکاران (۱۹۹٦) از GIS و سنجش از دور برای پهنه‌بندی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان در نواحی جنوبی هند و سارف و چودری (۱۹۹۸) با استفاده از فناوری سنجش از دور، مناطق مناسب در ناحیه مادیا پرادش در هند تعیین نمودند (١٦ و ۲۲).

بررسی‌ها نشان داد تاکنون مطالعات محدودی برای تعیین مکان‌های استفاده از آب مازاد قنوات ارائه شده است. در این پژوهش هدف تعیین منابع آبی دارای پتانسیل استحصال آب جهت تغذیه آبخوان موجود در منطقه، در فصولی می‌باشد که آب این منابع مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و قابل برنامه‌ریزی می‌باشند. از آنجایی که تاکنون در سطح استان پژوهش جامعی در خصوص انتخاب منابع آبی بر اساس کارکرد در فصول دارای آب مازاد انجام نشده است، بنابراین این پژوهش زمینه استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی را در تعیین مکان‌های مناسب استفاده از آب مازاد را فراهم می‌نماید.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه، استان خراسان رضوی با مرکزیت شهر مشهد می‌باشد. بر اساس آخرین تقسیم‌بندی‌ها، این استان دارای ۳۵ محدوده مطالعاتی (دشت) می‌باشد (۱۵). در این پژوهش، تمامی این مناطق مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. این محدوده تحت عنوان سه محدوده مطالعاتی، قره‌قوم، کویر مرکزی و نمکزار خواف تقسیم‌بندی و مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش به ترتیبی که در زیر آورده شده است به تعیین وزن لایه‌های مربوط به معیارهای مختلف با استفاده از روش AHP و همچنین تعیین بهترین مکان‌های استفاده از آب مازاد قنات پرداخته شد. روال کار در این روش با استفاده از مطالعات چانگا و همکاران (۲۰۰۷) با مشخص کردن عناصر و اولویت دادن به آن‌ها آغاز می‌شود (٤). بنابراین مراحل کار به شرح زیر می‌باشد:

۱- تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی (۱۱)

۲- طرح پرسشنامه و جمع‌آوری نظرات کارشناسان مختلف در مورد میزان اهمیت و ارزش هر کدام از معیارها نسبت به تعیین هدف با توجه به جدول ۹ کمیتی ساعتی (۲۱). جدول ۱ مقیاس ۹ کمیتی ساعتی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مقیاس ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دودویی معیاره.

Table 1. 9 quantity scale, saaty to compare binary factors.

امتیاز Point	تعریف Describe
1	اهمیت مساوی در تحقق هدف دو معیار اهمیت مساوی دارند Equal importance in achieving the goal of equal importance are the two criteria
3	اهمیت اندکی بیش‌تر برای تحقق هدف اهمیت i بیش‌تر از j است High little importance to realizing the objective of i is more than j
5	اهمیت بیش‌تر اهمیت i خیلی بیش‌تر از j می‌باشد High importance i is more than j
7	اهمیت خیلی بیش‌تر اهمیت i خیلی خیلی بیش‌تر از j می‌باشد Very High importance i is very very more than j
9	اهمیت مطلق اهمیت خیلی بیش‌تر i نسبت به j به‌طور قطعی به اثبات رسیده است Absolute importance Much more important I than j definitely been confirmed
2,4,6,8	هنگامی که حالت‌های میانه وجود دارد When there is a middle state

۳- تشکیل ماتریس مقایسه زوجی معیارها (برتیلینی و برگلیا، ۲۰۰٦) که ورودی آن همان وزن‌های تعیین شده و خروجی آن وزن‌های نسبی مربوط به معیارها (مالکزوسکی، ۱۹۹۹) است (۳ و ۱۸).

٤- محاسبه میانگین هندسی هر سطر از ماتریس مقایسه زوجی (b_{ij})

$$b_{ij} = \left(\prod_{i=1}^{k} a_{ij} \right)^{1/k} \quad (۱)$$

که در آن، b_{ij}: میانگین هندسی هر سطر از ماتریس مقایسه زوجی، A_{ij}: اهمیت معیار i ام نسبت به معیار j ام و K: تعداد معیارهای تصمیم‌گیری

۵- نرمال کردن میانگین‌های هندسی حاصل از مرحله ٤

$$w_i = \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^{k} b_{ij}} \quad (۲)$$

که در آن، W_i: وزن معیار i ام، K: تعداد معیارهای تصمیم‌گیری

٦- بررسی سازگاری در قضاوت‌ها

۷- در این مرحله با توجه به افزایشی، کاهشی یا افزایشی- کاهشی بودن ارزش معیارها در تعیین هدف مورد نظر با استفاده از نظر کارشناسی به طبقات مختلف آن‌ها ارزشی از ۱ الی ۹ تحت عنوان سطوح برازندگی داده شد.

۸- سپس لایه‌های مختلف را با توجه به وزن‌های محاسبه شده در مراحل قبل در محیط GIS 9.3 با همدیگر ترکیب کرده و مناسب‌ترین مکان‌های استفاده از آب مازاد قنوات مشخص شدند.

۹- بعد از تهیه نقشه مور نظر، فراوانی تجمعی ارزش پیکسل‌های آن رسم و نقاطی را که در آن‌ها شیب نمودار دست‌خوش تغییرات محسوس‌تری شده است را به‌عنوان مرزهای کلاس‌های طبقه‌بندی ارائه شدند.

اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش شامل لایه آبخوان‌های و محدوده‌های محیط زیست استان، همه منابع آبی شامل چشمه‌ها و قنوات، اطلاعات زمین‌شناسی، هواشناسی و کشاورزی می‌باشد که

براساس بازدیدهای میدانی و نظرات کارشناسی لایه‌های رقومی شده هر یک از پارامترها تهیه گردید. در این پژوهش تلاش گردید در ابتدا با بررسی تمامی منابع آبی موجود در ۳۵ دشت استان، منابع آبی بر اساس نوع آن‌ها (چشمه و قنات)، به تفکیک استخراج گردند، سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS (version9.3) مورد تحلیل قرار گیرند. در این راستا، ابتدا همه منابع از نظر دایر بودن بررسی گردید و منابع بایر از آمار حذف گردیدند. سپس با توجه به دبی و درصد مصارف قابل استحصال ماتریس‌های مرحله اول تحلیل سلسله مراتبی تشکیل گردیده و منابع در کلاس‌های مختلفی قرار داده شده‌اند. اگر تغذیه مصنوعی در محلی مناسب صورت پذیرد می‌توان با گذشت زمان و عبور جریانات زیر سطحی در منطقه‌ای نفوذپذیر انتظار داشت که منابع آبی که در پایین‌دست محدوده قرار دارند تغذیه شده و آبدهی آن‌ها افزایش یابد. نمونه‌ای از آن در شهر مشهد و کال چهل‌بازه انجام شده است که پس از وقوع سیلاب و آبگیری سیستم تغذیه مصنوعی طراحی شده، چاه‌های آب موجود در پایین‌دست، آبدهی بیش‌تری پیدا می‌کنند (۱۲). همچنین نمونه دیگری از کاربرد تغذیه آبخوان، در پروژه‌ای در دشت شاهرخت (خراسان جنوبی) مشاهده می‌شود که با ایجاد بندسار سیلاب‌های فصلی را جمع‌آوری کرده و پس از تغذیه آبخوان، چاه‌های موجود در روستاهای پایین‌دست پروژه تغذیه شده و آبدهی بیش‌تری پیدا می‌نمایند (۱۳).

از آن‌جایی‌که در این پژوهش روش کلی بر این اساس استوار است که ابتدا مناطق نامناسب غربال شده، سپس عملیات تکمیلی بر روی مناطق باقی‌مانده اعمال گردد. بنابراین پارامترهای مهمی چون تخلیه در ایام مازاد و نوع و درصد مصرف منابع، نقاط باقی‌مانده را محدودتر کرده و سپس با استفاده از ماتریس‌های امتیازدهی پارامترها در هر یک از عوامل دخیل در تغذیه اقدام به کلاس‌بندی پارامترها و تهیه نقشه‌ها گردیده و بعد از این مرحله با روی هم انداختن لایه‌های تولید شده (overlay) و عوامل محدودکننده اجرایی نقشه پهنه‌بندی تهیه و محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی مشخص گردید. در این بخش، بر اساس دبی خروجی و زمان کارکرد منبع و همچنین زمان قابل استحصال، میزان تخلیه منابع محاسبه گردید. از آن‌جایی‌که بهترین راه برای مشخص شدن قابلیت استفاده از این منابع میزان دبی مازاد بر مصرف کشاورزی آن‌ها بود، بنابراین بر اساس درصد مصرف منابع دارای برداشت صنعتی، شرب و بعضاً دارویی از سایر منابع جدا گردید. در این مرحله تعداد باز هم کاهش پیدا کرد. سپس وضعیت چشمه و قنوات بر اساس میزان دبی موجود در ساعات کارکرد فصل زمستان و مربوط به مصرف کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفت و میزان تخلیه بر اساس MCM محاسبه گردید (با توجه به این‌که اکثر این منابع دارای مصرف کشاورزی می‌باشند، بنابراین تنها سه ماه زمان جهت استحصال آب مازاد احتمالی در نظر گرفته شده است). بنابراین در هر دشت، مجموع خروجی چشمه و قنات به تفکیک ارائه گردیده است.

$$MCM = \frac{Q * 3600 * 24 * d}{1000} * \%U \qquad (۳)$$

که در آن، Q: دبی، d: تعداد روزهای کارکرد در زمستان و U: مصرف کشاورزی

در این مطالعات آماری دبی‌های بالای ۰/۲۵ مورد انتخاب جهت مطالعات بعدی قرارگرفت. در خصوص قنوات استان خراسان رضوی تعداد ۶۸۱۲

قنات در MCM کم‌تر از ۰/۲۵ قرار گرفته‌اند و تعداد ٥٤ قنات در MCM بیش‌تر از ۰/۲۵ مشاهده می‌شود که این میزان برابر است با ۰/۸ درصد کل قنوات استان خراسان رضوی است. برای چشمه‌های موجود در استان نیز مطابق روشی که در مورد قنوات صورت گرفت، عمل گردید. همان‌طور که در جداول نیز مشاهده می‌گردد تعداد ۷۱۲۷ چشمه در MCM کم‌تر از ۰/۲۵ و تعداد ۱۲ چشمه در MCM بیش‌تر از ۰/۲۵ واقع شده است که این میزان برابر است با ۰/۱۲ درصد کل چشمه‌های استان خراسان رضوی است. بر اساس مطالعات انجام شده بر روی منابع چشمه و قنات در کل استان خراسان رضوی و تعیین میزان MCM این منابع در ساعات کارکرد فصل زمستان و جهت مصرف کشاورزی، تعداد ٦٦ منبع از تعداد کل ۱٤۰۰٥ مورد ارزیابی قرار گرفته انتخاب گردید که این میزان برابر است با ۰/٤۷ درصد کل منابع موجود چشمه و قنوات استان می‌باشد. با توجه به هدف پروژه که تغذیه مصنوعی آبخوان می‌باشد، در این خصوص منابعی که داخل آبخوان و یا حداکثر ۱۰۰۰ متر از آبخوان فاصله داشتند انتخاب شده و مابقی منابع حذف گردیدند. با پیاده‌سازی موقعیت منابع بر روی نقشه‌ها و تعیین محل آبخوان‌ها، تعداد ۲۸ منبع در آبخوان قرار گرفتند (جدول ۲). این منابع انتخابی شامل یک چشمه و ۲۷ قنات می‌باشد. ذکر این نکته ضروری است که همه نقاط منتخب مورد بازدید میدانی قرار گرفتند تا شواهد موجود در محل نیز بررسی گردند.

جدول ۲- کلاسه‌بندی چشمه‌ها و قنوات براساس موقعیت قرارگیری در آبخوان.

Table 2. Classification of qanats based on the location in aquifers.

Class MCM	0-0.25	0.25-0.5	0.5-0.75	0.75-1	1 <	Total
تعداد چشمه‌ها Springs	0	0	1	0	0	1
چشمه‌ها MCM	0	0	0.69	0	0	0.69
تعداد قنوات Qanats	0	23	2	1	1	27
قنوات MCM	0	7.24	1.15	0.96	1.08	10.43
تعداد کل منابع Total source	0	23	3	1	1	28
کل منابع MCM	0	7.24	1.84	0.96	1.08	11.12

جدول ۳ امتیازدهی منابع را بر اساس قرارگیری در محدوده زیست‌محیطی نمایش می‌دهد. جهت تعیین مقدار عددی شاخص‌ها ابتدا، پارامترهای چون هواشناسی، محیط زیست، زمین‌شناسی، شرایط اجتماعی- اقتصادی، کشاورزی و همچنین هیدروژئولوژی انتخاب گردید. این شاخص‌ها توسط ۳۰ کارشناس ارشد در رشته‌های مرتبط امتیازدهی و از آن‌ها میانگین گرفته شد. میانگین به‌عنوان امتیاز اصلی در ماتریکس قرار گرفته و محاسبات شاخص‌ها بر اساس فرمول‌های آماری تعیین گردید. جهت تعیین صحت محاسبات میزان نرخ ناسازگاری، شاخص ناسازگاری و شاخص تصادفی تعیین گردید که مقدار آن کم‌تر از ۰/۱ می‌باشد (جدول ٤).

جدول ۳- کلاسه‌بندی منابع براساس موقعیت قرارگیری در محدوده محیط زیست.

Table 3. Classification of resources based on location within the environment.

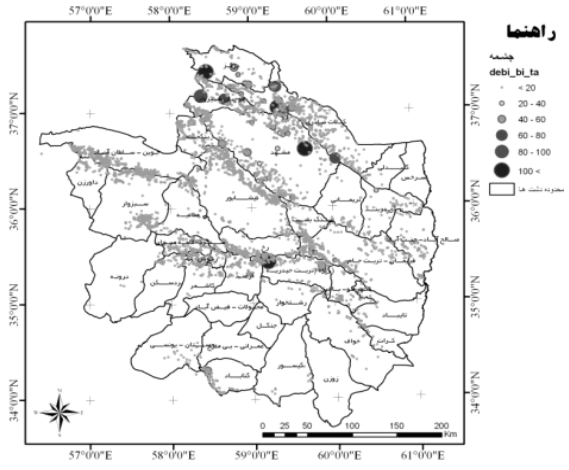
Total	1 <	0.75-1	0.5-0.75	0.25-0.5	0-0.25	Class MCM
1	0	0	1	0	0	تعداد چشمه‌ها
0.69	0	0	0.69	0	0	چشمه‌ها MCM
25	1	1	2	21	0	تعداد قنوات
9.72	1.08	0.96	1.15	6.53	0	قنوات MCM
26	1	1	3	21	0	تعداد کل منابع
10.41	1.08	0.96	1.84	6.53	0	کل منابع MCM

جدول ٤- شاخص‌های هر پارامتر.

Table 4. The parameter Index.

اولویت‌بندی	شاخص
هواشناسی (meteorology)	0.058333
محیط زیست (Environment)	0.14375
زمین شناسی (Geology)	0.18125
اجتماعی و اقتصادی (Socioeconomic)	0.2
کشاورزی (Agriculture)	0.189583
هیدروژئولوژی (Hydrogeology)	0.227083

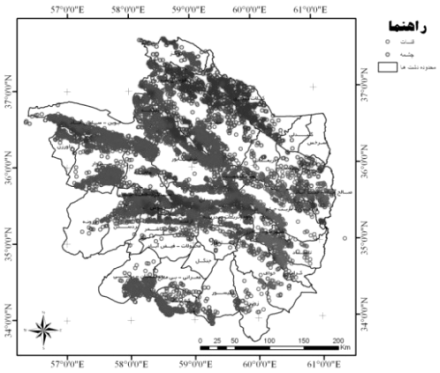
در مرحله بعدی مناطق حفاظت شده توسط سازمان حفاظت و محیط زیست و اداره منابع طبیعی بر روی نقشه‌ها پیاده گردید و منابعی که در داخل این محدوده‌ها قرار می‌گرفت حذف شدند. شکل ٤ از تعداد ۲۸ منبع به‌دست آمده در مرحله قبلی ۲ منبع در داخل منابع حفاظت شده قرار داشت که حذف گردید و تعداد ۲٦ منبع باقی ماند.



شکل ٤- کلاسه‌بندی چشمه‌ها براساس دبی.

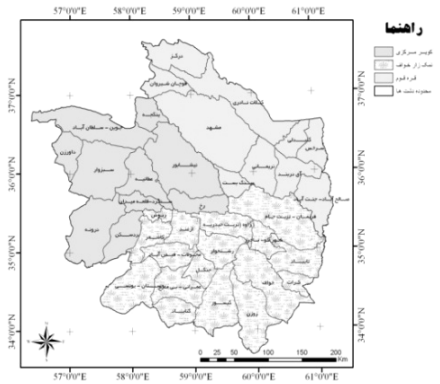
Figure 1. Springs classification base of discharge.

یافته‌ها: در این پژوهش با توجه به گستردگی منابع موجود (بالغ بر ۱٤۰۰۰ منبع) و همچنین گستردگی محدوده مورد مطالعه (۳۵ دشت استان) سعی گردید تا با بهترین روش در زمانی معقول به بهترین نتیجه ممکن دست یافت. بنابراین پیشنهاد استفاده از دو مرحله تحلیل سلسله مراتبی ارائه و مورد اجرا قرار گرفت. ابتدا بر اساس خروجی قابل استحصال در سه ماه از سال تعدادی از منابع غربال گردید، سپس بر اساس وزن‌دهی اولیه تعداد منابع به ٦٦ نقطه کاهش یافت. در مرحله بعد هر یک از پارامترهای یاد شده برای این منابع باقی‌مانده در ماتریس‌های تحلیل قرار گرفته و بر اساس نظرات کارشناسی و بازدیدهای میدانی امتیازدهی گردید و نقاط به ۲٦ نقطه نهایی کاهش یافت. در نهایت، با تلفیق نقشه‌های پهنه‌بندی شده بر اساس وزن اکتسابی از روش AHP نقشه نهایی در سه کلاس رده‌بندی گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که ۰/۳٦ درصد از قنوات و ۰/۰۱ درصد از چشمه‌ها دارای پتانسیل تغذیه پذیری آبخوان می‌باشند. نقاطی که در کلاس یا اولویت یک قرار گرفته‌اند، نقاط مناسب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها می‌باشند و کلاس‌های بعدی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. نکته مهم این پژوهش همخوانی بسیار مناسب تحلیل‌های ریاضی با واقعیت موجود و نظرات کارشناسی در محدوده می‌باشد. اشکال ۱ تا ٦، کلاس‌بندی نهایی برخی از پارامترهای بررسی شده را نمایش می‌دهند.



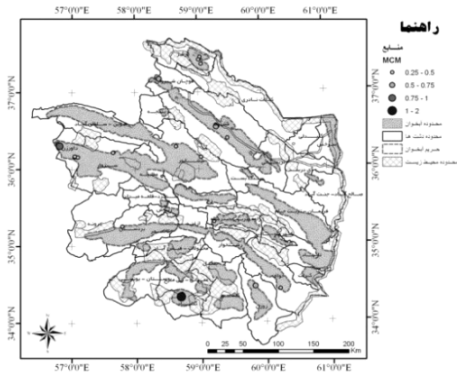
شکل ۱- دشت‌های استان خراسان رضوی.

Figure 1. Khorasan razavi province plains.



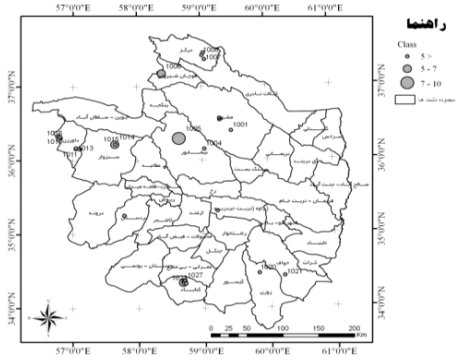
شکل ۲- منابع آبی موجود در استان.

Figure 2. Existing resources of Khorasan razavi province.



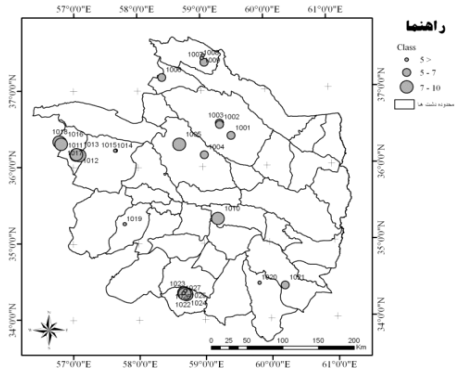
شکل ۳- محدوده آبخوان و زیست‌محیطی.

Figure 3. Aquifer around and environment.



شکل ۵- کلاسه‌بندی پارامترهای اجتماعی و اقتصادی.

Figure 5. Classifieds social and economic parameters.

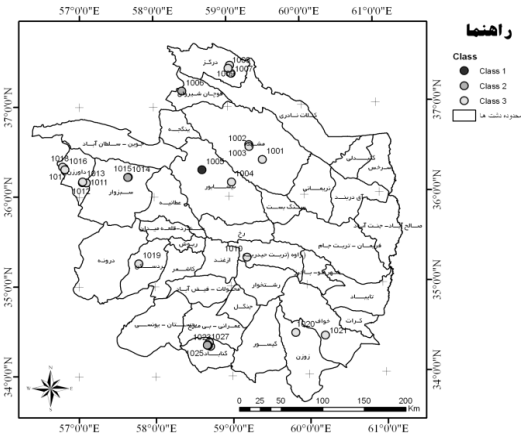


شکل ٦- کلاسه‌بندی پارامترهای کشاورزی.

Figure 6. Classifieds agricultural parameters.

هر یک از این عوامل مؤثر در تغذیه مصنوعی در محیط نرم‌افزار ArcGIS (version9.3) در لایه‌های جداگانه‌ای تهیه و در طبقات و رده‌های قابل بررسی کلاس‌بندی گردیدند. بدین ترتیب در هر یک از عوامل یاد شده تعداد رده‌ها و چگونگی کلاس‌بندی‌ها بر اساس مهم‌ترین پارامتر یعنی حجم آب قابل

استحصال ایجاد گردید. برای هر پارامتر بر اساس بازدیدهای میدانی، نظر کارشناسی و ماتریس‌های میانگین تشکیل شده، شاخصی به‌عنوان وزن برای هر عامل در نظر گرفته شد که در لایه نهایی ایجاد شده ضرب گردیده و وزن نهایی لایه را ایجاد نموده‌اند. در نهایت هم ماتریس میانگینی تهیه گردید تا اعمال سلیقه از میان برداشته شود. بعد از تلفیق لایه‌ها و مشخص شدن محل‌های مناسب جهت تغذیه مصنوعی، باید که از نقطه نظر نزدیک بودن به منابع آب، بررسی شوند. اگر منطقه‌ای از حیث عوامل تأثیرگذار دیگر مناسب تشخیص داده شود ولی هیچ گذرگاه آبی در آن نزدیکی وجود نداشته باشد، در عمل نمی‌توان پروژه را در آن اجرا کرد. بنابراین بر اساس دو مرحله تحلیل سلسله مراتبی و امتیازدهی پارامترها منابع باقی‌مانده (۲٦ منبع) در سه رده اولویت قرار گرفتند که نتایج به‌دست آمده بر واقعیت حاکم بر منابع همخوانی داشته و طبق پیش‌بینی‌ها اولیه اولویت کلاس ۱ و ۲ بهترین نقاط جهت تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها می‌باشند (شکل ۷).



شکل ۷- کلاس‌ندی نهایی منابع بر اساس دو مرحله تحلیل سلسله مراتبی در استان خراسان رضوی.

Figure 7. The final classification of resources based on analytic hierarchy process in Khorasan Razavi province.

نتیجه‌گیری

پژوهش‌های دیگری در خصوص تعیین مکان‌های مناسب تغذیه مصنوعی در جهان صورت گرفته است که در آن‌ها به روش‌های مختلف، مکان‌های مناسب تعیین شده‌اند. از آن میان می‌توان به چندین مورد اشاره کرد. موهان و شانکار (۲۰۰۵)، جهت مکانیابی محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی در هند، از سه دسته پارامتر زمین‌شناسی، ژئومرفولوژی و سطح ایستایی کمک گرفتند. همچنین کریشنا مورتی و همکاران (۱۹۹٦)، از GIS و سنجش از دور برای پهنه‌بندی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در نواحی جنوبی هند با توجه به عوامل زمین‌شناسی، توپوگرافی، گسل‌ها، آب‌های سطحی، تراکم و شیب استفاده نموده و با تلفیق این لایه‌های اطلاعاتی، نقشه عرصه‌های مناسب حاصل گردیده است. نتایج نشان داد که عرصه‌های مناسب دارای شیب کم‌تر از ۵ درصد و اغلب در نهشته‌های کواترنری واقع شده‌اند و یا سارف و چودری (۱۹۹۸)، با استفاده از فناوری سنجش از دور در استخراج لایه‌های مختلفی مانند کاربری اراضی، پوشش گیاهی، ژئومورفولوژی و

زمین‌شناسی و تلفیق آن‌ها با سایر لایه‌های اطلاعاتی مانند شیب، مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در ناحیه مادیا پرادش در نواحی مرکزی هند تعیین نمودند. همچنین در ایران قیومیان و همکاران (۲۰۰۷)، با استفاده از معیارهای شیب، با به‌کارگیری نفوذپذیری، ارتفاع سطح ایستابی، کیفیت رسوبات و کاربری اراضی در منطقه گاوبندی بهترین مناطق را برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌های ساحلی جنوب ایران شناسایی نمودند. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تمامی این موارد تنها به مکانیابی نقاط بر اساس تعدادی پارامتر موجود پرداخته شده است. در این پژوهش نیز بر اساس همه محاسبات و تحلیل نقشه‌ها، تعداد ۲۶ منبع نهایی در سه رده کلاس‌بندی شده و اولویت‌های استفاده از آن‌ها مشخص گردید، بر این اساس منابعی که در اولویت ۱ و ۲ قرار گرفته‌اند منابع مناسب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان محسوب می‌شوند. مهم‌ترین نتیجه این پژوهش تطابق بالای مدل ارائه شده با واقعیت موجود منطقه بوده است به‌نحوی‌که نقاطی که در بازدیدها مد نظر کارشناسان قرار گرفتند، در تحلیل سلسله مراتبی نیز در اولویت قرار گرفت. این منابع انتخابی از نظر شرایط و حجم آب قابل استحصال جهت تغذیه آبخوان، در بهترین شرایط قرار دارند.

منابع

1.Ataiizadeh, S., and Chitsaz, M. 2008. Feasibility of using artificial feeding by GIS techniques. Geomatics conference 22 to 23 May. National Cartographic Center. Tehran. Pp: 53-66.

2.Bizh, Zh.L., Burge and lomanzh. 1980. The groundwater artificial recharging. (Translation by Haidarpour. J. Amirkabir University Press, Tehran.

3.Bertolini, M., and Braghia, M. 2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract. Inter. J. Project Manage. 24: 5. 422-430.

4.Changa, K.F., Chiangb, C.M., and Chouc, P.C. 2007. Adapting aspects of GB tool 200' searching for suitability in Taiwan. Bulding and Environment. 42: 310-316.

5.Charmahal and Bakhtiari Province Regional Water Company. 2007. The first Phase of studding on artificial recharge Shahrekord plain. Sepahan Consulting Co. 3: 149-162.

6.Dadresi-e-sabzevar, A. 2008. Compared the fuzzy models to other conceptual models with GIS in locating the flood prone areas with using Landsat ETM satellite data. Geomatics Conference. 22 to 23 May. National Cartographic Center, Tehran.

7.Dey, P.K., and Ramacharan, E.K. 2008. Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. J. Environ. Manage. 88: 4. 1384-1395.

8.Ghahari, Gh., and Pakparvar, M. 2007. Survey on Effects of Extraction and Distribution Flood on Grbaygan Groundwater. Quarterly J. 390-368 (3) of Range and Desert Research.

9.Ghahremani, N., Khashei-Suki, A., and Dakhili, R. 2012. Investigation on AHP, FAHP and LNRF Methods in zoning land slide hazards (case study: Alandareh watershed). J. Rs and GIS of Iran. Shahid Beheshti University. First year. 7: 65-80.

10.Ghayoumian, J., Mohseni Saravi, M., Feiznia, S., Nouri, B., and Malekian, A. 2007. Application of GIS techniques to determine areas most suitable for artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in southern Iran. J. Asian Earth Sci. 30: 364-374.

11.Godsipour, H. 2006. Topics in Multi Criteria Decision Making (AHP). Tehran University Press.

12.Kavoshpay Mashhad Consulting Engineers Co. 2005. Chehel_bazeh artificial feeding. Technical report. 128p.

13.Kavoshpay Mashhad Consulting Engineers Co. 2011. Sharakht plains artificial feeding with Floods by ponds, (Ahangaran artificial recharging). Technical report. 300p.

14.Khashei-Siuki, A., Ghahraman, B., and Kouchakzadeh, M. 2011. Evaluation of aquifer water harvesting potential by AHP Fuzzy (Case study: Nayshabor plain).
15.Khorasan Razavi Regional Water Authority. 2011. Comprehensive reports of 35 plain of Khorasan Razavi province.
16.Krishnamurthy, J., Kkumar, N.V., Jayaraman, V., and Manivel, M. 1996. An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and geographic information system. Inter. J. Rem. Sens. 17: 1867-1884.
17.Mahdavi, R., Abedi-e-Kopani, J., Rezai, M., and Abdoulhosaini, M. 2004. Locating appropriate sites for artificial recharge of ground water resources. Water resources and soil Conference, 23-24 April. Shiraz University. RS and GIS through.
18.Malczewski, J. 1999. GIS and Multicritria decision analysis. Willy and Son.
19.Mohan, G., and Ravi Shankar, M.N. 2005. A GIS based hydrogeomorphic approach for identification of sitespecific artificial-recharge techniques in the Deccan Volcanic Province. J. Earth Sys. Sci. 114: 5. 505-514.
20.Nakhai, M. 2009. Introduction to groundwater. Arad. Book publishing. Printing.
21.Saaty, T. 1977. A scaling method for priorities in hierarchic strictures. J. Math. Psychol. 15: 234-281.
22.Saraf, A.K., and Choudhury, P.R. 1998. Integrated remote sensing and GIS for groundwater exploration and identification of artificial recharge sites. Inter. J. Rem. Sens. 19: 2595-2616.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(2), 2015
http://jwsc.gau.ac.ir

Short Technical Report

Determine of suitable location use of excess water qanats to aquifers recharge by AHP method (Case study: Khorasan Razavi province)

***N. Ghahremani[1], R. Dakhili[2] and A. Khashei-Siuki[3]**

[1]Ph.D. Student of Engineering Geology Field, Dept. of Geology, Ferdowsi University of Mashhad,
[2]GIS and Geology Bachelor, [3]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, University of Birjand
Received: 06/07/2013; Accepted: 07/05/2014

Abstract

Background and Objectives: Important of knowledge and optimum exploitation of groundwater is because of groundwater are 99 percent of total sweet waters (17) devastating Droughts and floods problems on the other hand, the need for better management water resources represent. In this regard, the collection of surface water, groundwater recharge and suitable operation set of water, are the most important of water resources management strategies (8) The artificial recharge of water infiltration into a permeable formation in order to recharge the groundwater under normal conditions (2). Thus, to infiltration of additional water sources in the ground, while strengthening the groundwater table, the water level rose and the problems caused by the loss of subsidence, reducing the capacity of the aquifer will be minimal (20). Location artificial recharge systems is the basic principles of development of this system. Many different methods and parameters exist to locate areas and artificial recharge grounds (5). In any method, the data from different studies are integrated together and analyzed and determined suitable region (7) the purpose of this study was to locate the best sources for artificial recharge of aquifers in two stages using the AHP technique.

Materials and Methods: The study area, is Khorasan Razavi province with city of Mashhad centered. According to the latest classification, the province has 35 research areas (plain) (15). In this study, all the regions studied. In this study, this procedure is that in the end the weight of different layers of criteria determined using AHP method and the best location determine to use the surplus water qanat.

Results: In this study, considering the extent of available resources (up to 14,000 source) as well as the extent of the study area (35 plain provinces) were tried the best possible results be achieved in a reasonable time. Therefore the use of analytic hierarchy process were proposed and implemented. First, the exploitable output in the three months of the year a number of sources were screened, then weighted based on the initial number of sources was reduced to 66 points. Then each of the above parameters for the remaining resources in the matrices analyzed and on the basis of expert opinions and field visits were scoring the final point was reduced to 26 points. Finally, the combination of spatial analysis based on the weight of the acquired AHP method the final map was classified in three classes. The results obtained showed that 0.36 Percent of Qantas and 0.01 percent of springs have recharging potential aquifers.

Conclusion: In this study, according to all calculations and analysis of Maps, 26 final source in three categories and priority of them use was determined According to sources in the priority of 1 and 2 are suitable for artificial recharge of groundwater resources.The important results was fit of model with the reality of the region, So that where the visits were considered experts, in the AHP were also priority. The choice resources, in condition and volume exploitable for the aquifer recharging, are in the best condition.

Keywords: Excess water aqueducts, Analytical Hierarchy Process (AHP), Khorasan Razavi

* Corresponding Author; Email: na.ghahremani@gmail.com