مکانیابی تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط GIS (مطالعه موردی: دشت بیرجند)

احسان کرباسچی[۱] علی شهیدی[۲] سمیرا منصوری چمه[۳*] زینب کریم زاده مطلق[۴] امیر بسکابادی[۵]

۱- مربی دانشگاه هرمزان

۲- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری وزهکشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیست دانشگاه بیرجند

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران آب وسازه های هیدرولیکی دانشگاه آزادمشهد

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۱

چکیده

دشت بیرجند واقع در استان خراسان جنوبی با مساحت حدود ۳۴۲۵ کیلومتر مربع به دلیل شرایط اقلیمی نامناسب و شدت تبخیر، فاقد منابع آب سطحی قابل توجه بوده و جز تعدادی شاخه رودخانه‌ای کوچک که جریان دائمی دارند در سایر شبکه‌های رودخانه‌ای، جریان آب فصلی و عمدتاً دوره‌ای و کم‌دوام است لذا منابع آب زیرزمینی مهم‌ترین ذخایر آب قابل استحصال در این محدوده به شمار می‌روند. آب‌های زیرزمینی در فعالیت‌های اقتصادی نقش اساسی دارند و ذخیره‌سازی آب در مخازن زیرزمینی از لحاظ اقتصادی سرمایه‌گذاری کمتری را می‌طلبد. با این حال تقاضاهای رو به ازدیاد برداشت‌های بیش از ظرفیت مجاز موجب کسری مخزن در آبخوان‌های آبرفتی در سطح تمام دشت‌های استان گردیده است و منجر به کاهش سطح آب سفره‌های زیرزمینی شده است. از آنجا که در این محدوده بارش‌ها اغلب ناچیز و گاه به صورت سیلاب‌های مخرب ظاهر می‌شوند، می‌توان از عملیات تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی به عنوان یک راهکار مناسب جهت استفاده بهینه از سیلاب‌ها و پایداری سفره‌های آب زیرزمینی استفاده کرد. در انجام عملیات تغذیه مصنوعی، انتخاب معیارها و روش مناسب برای تعیین بهترین مکان‌ها دارای اهمیت بالایی می‌باشد. در این مقاله از دو روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و ترکیب خطی وزنی در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. با انتخاب دشت بیرجند به عنوان مطالعه موردی معیارهای شیب، گسل، پتانسیل سیل‌خیزی، کاربری اراضی، منابع آبی، سکونتگاه‌ها و کیفیت آب جهت انتخاب محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی در نظر گرفته شد. نقشه توانمندی تغذیه مصنوعی بر طبق شکستگی‌های طبیعی به ۵ طبقه تناسب تقسیم شد. نتایج نشان می‌دهد که ۱۴۸/۹۳ کیلومتر مربع در طبقه بسیار نامناسب، ۳۳۹/۷۳ کیلومتر مربع در طبقه نامناسب، ۴۵۳/۴۹ کیلومتر مربع متوسط، ۲۲۲/۸۳ کیلومتر مربع مناسب و ۱۴۲/۵۳ کیلومتر مربع از مساحت محدوده مورد مطالعه بسیار مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ترکیب خطی وزنی، تغذیه مصنوعی، دشت بیرجند، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، مکان‌یابی.

مقدمه

رشد سریع جمعیت و متناسب با آن نیاز فزاینده به منابع آب در کشور موجب بهره برداری بی رویه از آب‌های زیرزمینی و در نتیجه به هم خوردن تعادل طبیعی آن شده و بیلان آب‌های زیرزمینی در آبخوان‌های بسیاری از مناطق کشور را منفی ساخته است و منجر به کاهش کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌شود (نسیمی و زارع، ۱۳۹۴). کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی و کاهش کمیت و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی از پیامدهای خشکسالی

* نویسنده مسئول: سمیرا منصوری چمه samiramansuri20@yahoo.com

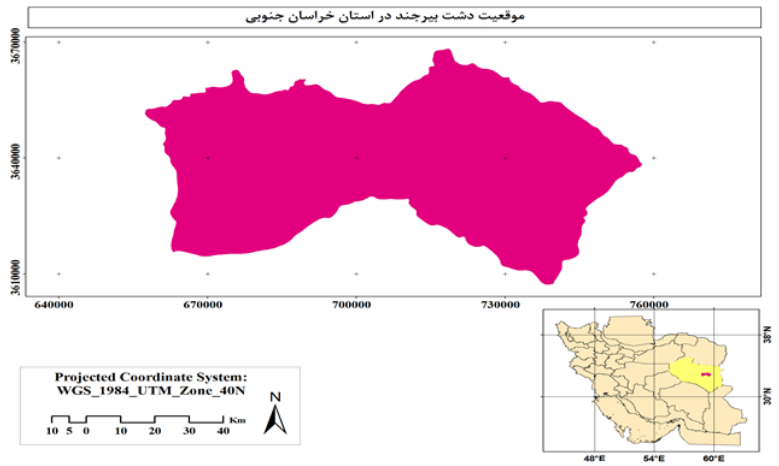
می‌باشد. خشکسالی با کاهش غیر مترقبه بارش در یک دوره آبی و یا چندین سال به صورت پیاپی نقش بسیار کلیدی در تخریب محیطزیست دارد به گونه‌ای که با کاهش بارش‌ها، منابع آب به عنوان یک فاکتور اصلی در شکل‌دهی به اکوسیستم‌های مرتعی، جنگلی، کشاورزی و انسانی با مشکل روبرو شده و این امر اکوسیستم‌ها را تهدید کرده است. در واقع به ازای هر سال ترسالی، یک دوره سه تا پنج ساله مقدار بارندگی‌ها کمتر از میانگین می‌باشد و همین عامل از مهم‌ترین دلایل افزایش خشکی و خشکساالی محسوب می‌گردد (گزارش خشکسالی استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۲). محدودیت بارندگی، ضرورت اتخاذ روش‌های اصولی عملی در زمینه بهره‌برداری و مدیریت منابع آب را بیش از پیش آشکار می‌سازد. جمع‌آوری آب باران و رواناب از جمله اقداماتی است که به ویژه در بهره‌برداری صحیح از آب‌های موجود در مناطق خشک می‌تواند مؤثر باشد (عشقی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). بارش‌های رگباری که در استان خراسان جنوبی رخ می‌دهد باعث می‌شود تا آب حاصل به صورت سیلاب به سرعت از دسترس خارج شده و به سمت مخازنی سرازیر شود که عمدتاً در مناطق کویری است و هیچ استفاده‌ای از آن نمی‌شود. لذا ذخیره این سیلاب‌ها در فصول بارندگی و رهاسازی تدریجی آب در سایر فصول می‌تواند به جلوگیری از افت بیشتر سطح آب‌های زیرزمینی و تغذیه آبخوان‌ها کمک کند. به منظور پیشگیری از رخداد حوادث ناگوار و کنترل روند افت سطح آب در سفره‌های آب زیرزمینی، در جهت استمرار بهره‌برداری پایدار، اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی و تقویت آبخوان‌ها امری الزامی است. تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی راهبردی است برای تقویت و توسعه منابع آب که از دیرباز نیز در ایران مورد توجه بوده است و روشی شناخته شده برای مقابله با کاهش کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌باشد (نسیمی و زارع، ۱۳۹۴). تغذیه مصنوعی با هدف حفاظت خاک، جلوگیری از فرسایش و انتقال رسوب، جلوگیری از سیلاب و خسارات ناشی از آن و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و جبران بخشی از افت سالیانه سطح آبخوان صورت می‌گیرد. مهمترین و اولین قدم در انجام پروژه‌های پخش سیلاب مکان‌یابی مناطق مستعد برای پخش آب و نفوذ دادن آن به داخل سفره‌های آب زیر زمینی است (زکی زاده و ملکی‌نژاد، ۱۳۹۱). در انجام عملیات تغذیه مصنوعی، انتخاب معیارها و روش مناسب برای تعیین بهترین مکان‌ها دارای اهمیت بالایی می‌باشد. به عنوان مثال توجه به میزان آلودگی آب و پیشگیری از ورود آن به سفره‌های آب زیرزمینی از معیارهای مهم در تغذیه مصنوعی آبخوان است، بر این اساس بهتر است که منابع آب زیرزمینی در محل تغذیه مصنوعی از کیفیت بالایی برخوردار باشند. یکی از مطالعات پژوهشی حفاظت محیطزیست خراسان جنوبی (۱۳۸۵)، حاکی از این است که هر چه از سمت غرب به شرق و شمال به جنوب شهر بیرجند می‌رویم بر کیفیت منابع آبی افزوده می‌شود (کارگروه برنامه‌ریزی محیطزیست استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۰). در غرب دشت بیرجند به دلیل نزدیکی به خروجی دشت و همچنین دانه‌ریز بودن رسوبات و بهره‌برداری زیاد، میزان املاح موجود در آب زیرزمینی بالا بوده و در این نواحی آب زیرزمینی از کیفیت خوب به لحاظ شرب برخوردار نمی‌باشد (طرح شناسایی منابع آلاینده آب دشت بیرجند، ۱۳۸۵). در این راستا منصوری و همکاران (۱۳۹۰)، تحقیقی را به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین در آب‌های زیر زمینی دشت بیرجند انجام دادند. رمضانی مهریان و همکاران در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱، به مکان‌یابی محل‌های انجام عملیات تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با به کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[۲] پرداختند. سیف و همکاران (۱۳۹۲)، به کمک روش تاپسیس[۳]، مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی در حوضه رفسنجان را تشخیص دادند. عشقی‌زاده و نورا (۱۳۹۲)، به تعیین مناطق مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی کوچک به منظور تغذیه و کنترل آبدهی قنوات با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اقدام نمودند. جلیلی و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهشی با عنوان "تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی از طریق کانال‌های زهکش سطحی با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[۴] " به اولویت‌بندی کانال‌های زهکشی به منظور تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی پرداختند. گندمکار و دانشور (۱۳۹۴)، مکانیابی

[2] Multi Criteria Decision Making (MCDM)
[3] Technique for order-Preference by Similarity to ideal Solution)TOPSIS
[4] Analitical Hierarchy Process (AHP)

نفوذپذیرترین اراضی برای توسعه طرح‌های تغذیه مصنوعی منابع آب را انجام دادند. رحیمی و همکاران (۲۰۱۴)، با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و الگوریتم ژنتیک، مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب در دشت گربایگان ایران را بررسی نمودند (Rahimi et al, 2014). با توجه به محدودیت‌های روش‌های سنتی، که بسیار وقت‌گیر و هزینه بر بوده و اغلب با خطا همراه هستند، استفاده از GIS و سیستم‌های تصمیم گیری چند معیاره با یک رویکرد تلفیقی، می‌تواند نقش مهمی را در فرآیند مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب و مدیریت آب‌های زیرزمینی ایفا نمایند (فرجی سبکبار و همکاران، ۱۳۹۰). لذا هدف از این مطالعه، تعیین مکان مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی است بدین منظور از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و ترکیب خطی وزنی[5] در محیط GIS استفاده می‌شود.

مواد و روش‌ها

دشت بیرجند با وسعت حدود ۳۴۲۵ کیلومتر مربع در استان خراسان جنوبی قرار دارد. این گستره در مختصات جغرافیایی ´۴۰ °۵۸ تا ´۴۰ °۵۹ طول شرقی و ´۴۰ °۳۲ تا ´۱۰ °۳۳ عرض شمالی قرار گرفته است که ۴۰ درصد آن را (۱۳۸۰ کیلومتر مربع) دشت و مابقی را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. ارتفاع میانگین این محدوده از سطح دریاهای آزاد حدود ۱۸۰۰ متر است. شکل (۱)، موقعیت محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت دشت بیرجند در استان خراسان جنوبی

دشت بیرجند به واسطه شرایط خاص اقلیمی خود یکی از خشک ترین و کم باران ترین مناطق کشور بوده و به همین دلیل تاکنون با بحران خشکی و کم آبی مواجه می‌باشد. خشکسالی به عنوان زلزله خاموش یکی از مخرب ترین بلایای طبیعی بوده که به‌واسطه شرایط اقلیمی کشور همواره تمام یا بخشی از مناطق گرفتار این بحران بوده و می‌باشند. (این مطلب بر اساس گزارش خشکسالی اداره منابع طبیعی استان آورده شده است) رودخانه‌های محدوده عمدتاً فصلی، تعداد سیلاب‌های اتفاقی کم و جریان‌های پایه نسبت به حجم سیلاب‌ها ناچیز می‌باشد. بهره‌برداری از جریانات سطحی رودخانه‌ها عمدتا به روش سنتی و توسط بندسارها و با استفاده از دبی پایه رودخانه‌ها صورت می‌گیرد. در اغلب موارد به علت شوری و یا دشواری استفاده از منابع آب سطحی صورت نمی‌گیرد. بر اساس آخرین آماربرداری از منابع آب‌های زیرزمینی در محدوده بیرجند (۱۳۹۰)، تعداد ۳۹۵ حلقه چاه عمیق، ۱۰۶حلقه چاه نیمه عمیق، ۲۲۵۲ رشته قنات، ۷۷۱ دهنه چشمه وجود دارد. به طور کلی دشت مجموعه‌ای از کویرها و شوره‌زارها با میزان

[5]Weighted Linear Combination (WLC)

بارندگی کم و تبخیر زیاد است که وجود نهشته های تبخیری باعث گردیده تـأمین آب در ایـن منطقـه از نظـر کمـی و کیفی با محدودیت و مشکلات جدی مواجه باشد. تأثیر آن بر اجتمـاع مراکـز انسـانی، اقتصـاد کشـاورزی و تـأمین آب جوامع شهری و روستایی و گسترش صنایع به روشنی مشهود است. به علت ضـعف منـابع آب سـطحی تقریبـاً تمـامی تقاضای آب در بخش‌های اقتصادی و اجتماعی از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شـود و سـهم روان‌آب‌هـای سـطحی در تأمین تقاضای سالیانه آب بسیار ناچیز و منحصر به تعدادی رودخانه دارای دبی پایه می‌باشد که به علت کیفیـت پـایین برای کشاورزی مصرف می‌شود. دشت‌های اسـتان خراسـان جنـوبی شـامل سـه نـوع آزاد، ممنوعـه و ممنوعـه بحرانـی می‌باشند که دشت بیرجند جزء دشت‌های ممنوعه است. میزان تخلیه سالانه چاه، چشـمه و قنـات بـه ترتیـب ۷۸/۲۴، ۵/۵۴، ۲۶/۳۴ و در مجموع ۱۱۰/۱۲ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. بـا افـزایش جمعیـت و توسـعه فعالیـت‌هـای اقتصادی و اجتماعی طی سالیان اخیر تعداد چاه‌های حفر شده در محدوده مـورد مطالعـه دارای سـیر صـعودی بـوده و حجم استحصال آب از طریق چاه‌ها به ۳ برابر کل آبدهی قنـوات رسـیده اسـت. از ایـن رو منـابع آب در بخـش عمیـق آبخانه‌های محدوده که طی قرن‌ها محفوظ بوده به شدت مورد تهدید قرار گرفته است. روند رو به رشـد بهـره‌بـرداری از آبخانه‌ها توسط چاه‌ها باعث افت سطح ایستابی و کاهش مخزن دشت‌هـا و پیامـد آن کـم‌آب شـدن و حتـی خشـکیدن تعداد زیادی از قنوات بوده است. برای جلوگیری از ادامه این روند یکی از از اهداف پـیش‌بینـی شـده در برنامـه پـنجم، افزایش بهره‌برداری از منابع آب‌های سطحی و کاهش استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی می‌باشد. با توجـه بـه کـاهش شدید بارندگی، بافت و ساختمان خاک و بالا بودن درصد املاح در دشت بیرجند یکـی از تبعـات خشکسـالی گسـترش شوری است که باعث شده برخی از چاه های آب شیرین بـه آب شـور تبـدیل شـده و عمـلاً غیـر قابـل اسـتفاده باشـد. خشکسالی به عنوان یک زلزلـه خـاموش فراتـر از یـک بحـران سـاده بـوده و بـا پیچیـدگی خـود تـأثیرات مخربـی بـر محیط‌زیست دارد (کارگروه برنامه‌ریزی محیط‌زیست استان خراسان جنوبی، ۱۳۹۰).

در این پژوهش جهت انتخـاب محـل هـای مناسـب تغذیـه مصـنوعی معیارهـای شـیب، منـابع آب، گسـل، توانمنـدی سیل‌خیزی، کاربری اراضی و مراکز مسکونی در نظر گرفته می‌شود. لایه‌های اطلاعاتی مربوط بـه هـر کـدام از معیارهـا، تهیه و در محیط GIS طبقه بندی، و با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی وزندهی و با روش ترکیـب خطـی وزنی تلفیق می‌شوند، سپس نقشه توانمندی تغذیه مصنوعی بدست می‌آید. مقادیر لایـه اطلاعـاتی خروجـی بـر اسـاس امتیاز مربوطه در پنج طبقه طبقه‌بندی می‌شود. لایه‌ها و اطلاعات مورد نیاز شامل مدل رقومی ارتفاع (برای تهیه نقشـه شیب)، آب‌های سطحی (رودخانه‌ها) و زیرزمینی (چاه، چشـمه و قنـات)، زمـین شناسـی (گسـل‌هـا)، کـاربری اراضـی، سیل‌خیزی و سکونتگاه‌ها است، در ادامه روش‌های مذکور شرح داده می‌شود.

روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

مدل AHP اغلب دارای سه سطح سلسله مراتبی است. سطح اول، بیان کننده هدف تصمیم گیری است. سطح دوم، شاخص‌های تصمیم‌گیری است که با همدیگر مقایسه می‌شوند. بر اساس هدف تصمیم‌گیری، مکان‌یابی محل‌های انجـام عملیات تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در سطح اول و عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری در سطح دوم قرار می‌گیرنـد. در مقایسه زوجی برای تعیین ارزش نسبی عامل‌ها از مقایسه‌های زوجی استفاده می‌شود. عوامل اصلی با یکدیگر به صورت زوجی مقایسه می‌شوند و امتیاز دریافت می‌کنند. سپس ماتریس وزن جهت مقایسه زوجی تشکیل می‌گردد. مقایسه دو به دو عوامل با استفاده از مقیاسی که از مطلوبیت یکسان تا کاملاً مطلوب تر طراحی شده، انجام می‌گیرد. تجربـه نشـان داده است که استفاده از ۱/۹ تا ۹، تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا مقایسه‌ها را به گونه‌ای مطلوب انجام دهد. به همین علت استفاده از جدول (۱) در امتیازدهی مقایسه‌ای به صورت یک مقیاس استاندارد در آمده اسـت. در ایـن مقایسـه‌هـا تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد به‌گونه‌ای که اگر عنصر i با j مقایسه شود تصـمیم‌گیرنـده خواهد گفت که اهمیت i بر j یکی از حالات کیفی جدول (۱) است که توسط ساعتی (۱۹۸۰) به مقـادیر کمـی بـین ۱ الی ۹ تبدیل شده‌اند (چابک بلداجی و همکاران، ۱۳۸۹).

جدول (۱): مقادیر توصیفی ترجیح و اولویت (Saaty, 1980)

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر	۹
اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	۷
اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵
کمی مطلوب‌تر یا کمی مهم‌تر	۳
اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱
اولویت‌های بین فواصل	۲،۴،۶،۸

روش ترکیب خطی وزنی (WLC)

در ابتدا مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی که شامل فاکتورها و محدودیت‌ها می‌باشند، مشخص می‌شوند. فاکتورها شامل شیب، گسل، پتانسیل سیل‌خیزی، پوشش اراضی، منابع آبی، سکونتگاه‌ها و کیفیت آب می‌باشند. در مطالعه حاضر، بر اساس تحقیقات انجام گرفته در این زمینه و شرایط محلی منطقه، ۳ لایه شیب، گسل و پوشش اراضی به عنوان لایه‌های دارای محدودیت شناسایی گردیدند. در لایه شیب، شیب بیشتر از ۸ درصد، در لایه گسل، فاصله کمتر از ۱۰۰ متر و در لایه پوشش اراضی نواحی شهری، بستر رودخانه و اراضی کشاورزی و جنگلی، به عنوان محدودیت در نظر گرفته شدند و به این شیوه، اراضی نامناسب حذف گردید. سپس هر لایه نقشه معیار به صورت استاندارد آورده می‌شود، استانداردسازی فاکتورها بر اساس منطق فازی در مقیاس بایت (۰ تا ۱) صورت می‌گیرد. یک مجموعه فازی، مجموعه‌ای است از درجات عضویت که می‌تواند به طور پیوسته از صفر تا یک اختیار شود. این مجموعه توسط یک تابع عضویت مشخص می‌شود (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۰). در این پژوهش از نرم‌افزار الحاقی Arc sdm جهت فازی کردن لایه‌ها استفاده شد. قبل از فازی کردن لایه‌ها، ابتدا تابع Distance را برای تمام لایه‌ها اعمال کرده سپس لایه‌های حاصل از این تابع را بر اساس نظرات متخصصین طبقه‌بندی کرده و طبقات، منطبق بر نظریه فازی بین ارزش ۱۰-۰ ارزش‌گذاری شدند. پس از طبقه‌بندی لایه‌های حاصل از تابع Distance، بر اساس توابع فازی نرم‌افزار Arc sdm لایه‌های مذکور فازی گردید. هدف از تعریف تابع عضویت برای یک فاکتور، وزن دهی تدریجی و پیوسته به آن فاکتور است. در این حالت وزن هر پیکسل بر اساس مقدار تابع عضویت آن پیکسل در مجموعه فازی مورد نظر به دست می‌آید. با توجه به ماهیت هر فاکتور، نحوه تغییر اوزان نقاط موجود در محدوده مطالعاتی و نظرات کارشناسان، برای هر فاکتور یک تابع عضویت فازی تعریف می‌گردد. جهت مشخص کردن اهمیت نسبی فاکتورهای مختلف در ارزیابی توان، برای هر یک از آن‌ها وزنی در نظر گرفته می‌شود. پس از مشخص نمودن فاکتورهای مورد استفاده، امتیاز (وزن) هر یک از فاکتورها با استفاده از روش میانگین‌گیری از آرای گروهی از افراد متخصص تعیین می‌گردد. نهایتاً در نرم افزار ایدریسی وزن آن عوامل از طریق مقایسه زوجی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محاسبه می‌گردد (جدول ۲).

جدول (۲): وزن نهایی فاکتورها به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

هدف	معیار	زیرمعیار	فاکتور	وزن
		شکل زمین	شیب	۰/۲۵۳
	عوامل		گسل	۰/۱۰۳
مکان‌یابی تغذیه	زیست‌محیطی	فاصله تا عوامل طبیعی	منابع آبی	۰/۲۶۴
مصنوعی آبهای			سیل‌خیزی	۰/۲۴۹
زیرزمینی		کاربری اراضی	پوشش اراضی	۰/۱۲۵
	عوامل زیربنایی		فاصله از مراکز مسکونی	۰/۰۹۷
		CR = ۰ /۰۲		$\sum =$۱

در پایان مرحله آماده‌سازی معیارها، با ضرب لایه‌های نقشه استاندارد شده در وزن‌های متناظر بر آن‌ها، لایه‌های نقشه استاندارد شده وزنی ایجاد می‌شوند. با اعمال عملیات همپوشی جمعی بر روی لایه‌های نقشه استاندارد شده وزنی، طبقه‌بندی لایه رستری بهترین مکان‌ها بر اساس مطلوبیت پیکسل‌ها به‌دست می‌آید؛ برای تلفیق لایه‌ها از روش ترکیب خطی وزنی استفاده می‌شود. در این مرحله لایه‌های رستری وزنی بر اساس فرمول (۱) جمع می‌شوند تا نقشه نهایی تناسب به دست آید (کریم‌زاده مطلق و همکاران، ۱۳۹۳).

$$S = \sum_{i=1}^{n} W_i X_i \prod C_i \qquad (۱)$$

در این رابطه: S: تناسب ، W_i: وزن فاکتور، X_i :ارزش فاکتور و C_i :امتیاز معیار محدودیت می‌باشد.

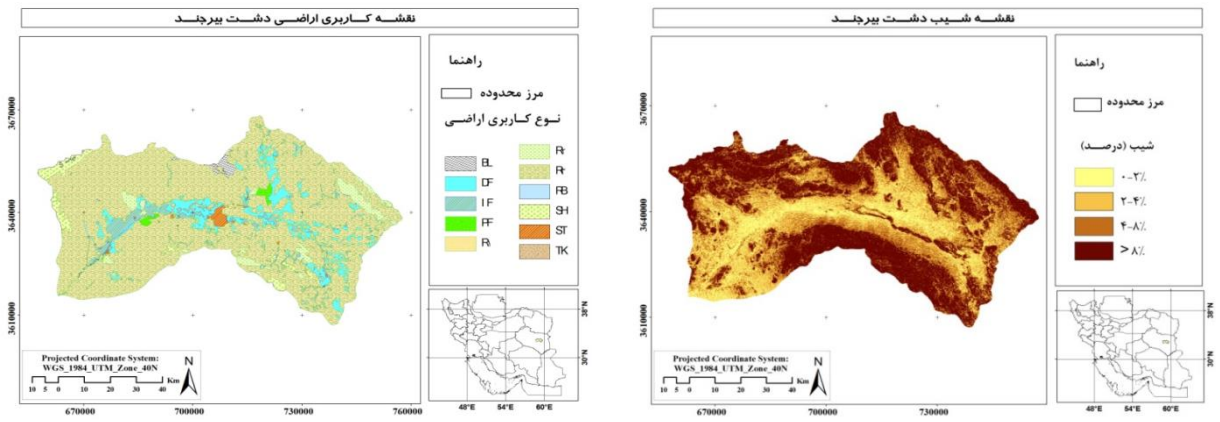
بحث و نتایج

در این پژوهش، پهنه‌بندی تناسب دشت بیرجند جهت انجام عملیات تغذیه مصنوعی با به کارگیری دو روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و ترکیب خطی وزنی مبتنی بر منطق فازی انجام شد. هر کدام از معیارها به نحوی بر توانمندی هر نقطه برای تغذیه مصنوعی تأثیر می‌گذارد، از جمله این معیارها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

شیب و کاربری اراضی: عامل تأثیر گذار در سرعت رواناب بوده و باعث افزایش میزان فرسایش نیز می‌شود، بنابراین می‌توان گفت مناطق با شیب کم برای تغذیه مصنوعی مناسب‌ترند. مناطق بایر و مراتع، قابلیت بیشتری برای انجام عملیات تغذیه مصنوعی دارند. شکل (۲)، نقشه شیب و کاربری اراضی و جدول (۳)، طبقات پوشش اراضی را نشان می‌دهد.

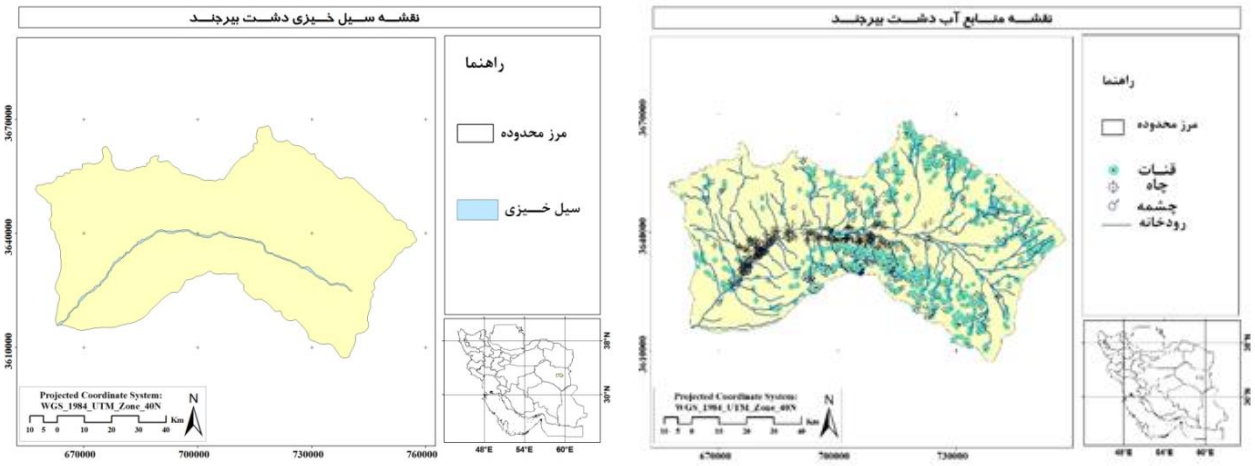
جدول (۳): طبقات کاربری اراضی

طبقات پوشش اراضی	نام طبقه در لایه اطلاعاتی	نوع پوشش
اراضی جنگلی و بیشه زار	SH	بیشه‌زار و درختچه‌زار
	PF	جنگل‌های دست‌کاشت
اراضی مرتعی	R1	مراتع متراکم
	R2	مراتع نیمه متراکم
	R3	مراتع کم تراکم
پدیده‌های بیابانی فاقد پوشش گیاهی	BL	اراضی بدون پوشش و بیرون زدگی سنگی
	TK	دق‌های رسی
اراضی زراعی	IF	زراعت آبی و باغات
	DF	زراعت دیم
منابع آبی	RB	بستر رودخانه
مناطق مسکونی	ST	مناطق مسکونی



شکل (۲): سمت راست: شیب محدوده مورد مطالعه و سمت چپ: کاربری اراضی

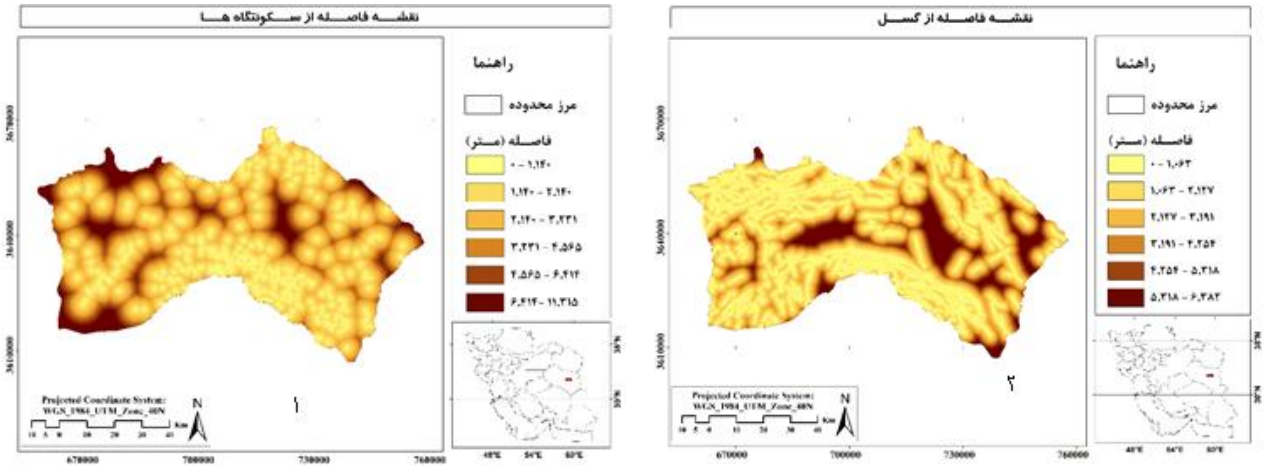
آب: منابع آبی حوضه مورد مطالعه شامل چاه، چشمه، قنات و آبراهه‌ها می‌باشد که در شکل (۴) نقشه منابع آبی نشان داده شده است. فاصله محل‌های تغذیه از قنات در میزان تغذیه و در نتیجه تأثیر بر آبدهی آن اثر مستقیمی دارد. بدین ترتیب، هر چه فاصله محل تغذیه از قنات کمتر باشد، اثر تغذیه بر روی آبدهی آن قنات بیشتر است. رودخانه شور در منطقه بیرجند جریان داشته و در قسمتی از مسیر خود به نام شاهرود خوانده می‌شود. تنها رود دائمی حوضه آبریز کویر لوت می‌باشد که به چاله رود شور از چاله‌های لوت می‌ریزد. حوضه آبگیر آن وسیع بوده و از ارتفاعات شمال بیرجند تا دامنه‌های شرقی ارتفاعات کرمان گسترده شده است. آب این رودخانه و شعبات آن به‌علت عبور از طبقات نمکزار زمین شور و تلخ بوده و از نظر کشاورزی قابل استفاده نمی‌باشد. رودخانه شاهرود که نام دیگر آن رودخانه بیرجند می‌باشد، از شاخه‌های مهم رودخانه شور می‌باشد (احمدی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). توانمندی سیل‌خیزی وابسته به میزان بارندگی و مورفولوژی زمین است و می‌تواند به عنوان یک معیار مهم در مکانیابی برای تغذیه مصنوعی باشد چرا که نزدیکی آب سطحی به محل تغذیه منجر به کاهش هزینه می‌شود (شکل ۳).



شکل (۳): نقشه منابع آب و سیل‌خیزی محدوده مورد مطالعه

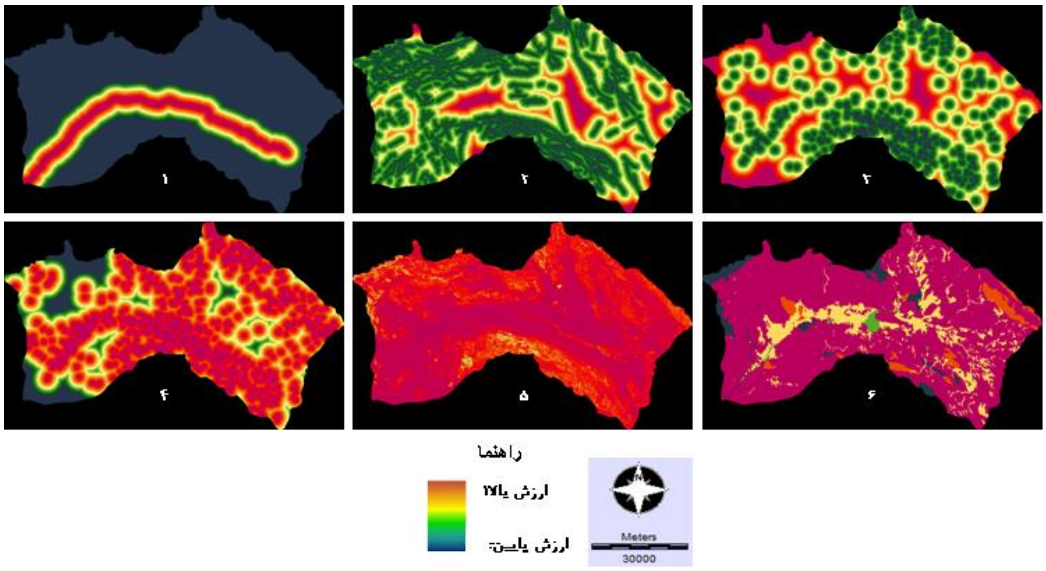
فاصله از گسل و مناطق مسکونی: در صورتی که کاربری سطح مخازن ذخیره آب مسکونی باشد، احتمال آلودگی آب در اثر فاضلاب‌های خانگی بسیار بالا می‌رود، لذا محل‌های مسکونی مناسب نیست. محل‌هایی که گسل در طول قنات و یا به موازات آن در طول بستر رودخانه واقع است به دلیل فرار و نشتی آب از محل گسل و شکستگی، آن قسمت از قنات محل مناسبی برای انجام عملیات تغذیه مصنوعی نمی‌باشد (شکل ۴).

آلودگی و کیفیت آب: توجه به میزان آلودگی آب و پیشگیری از ورود آن به سفره‌های آب زیرزمینی از دیگر معیارهای مهم در تغذیه مصنوعی آبخوان است، بر این اساس بهتر است که منابع آب زیرزمینی در محل تغذیه مصنوعی از کیفیت بالایی برخوردار باشند. از آنجا که هدایت الکتریکی نمایانگر میزان املاح در آب است می‌توان از آن به عنوان نمایانه کیفی آب استفاده کرد. آغشته شدن آب‌های سطح الارضی شهرها با فاضلاب شهری و عدم وجود شبکه جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی موجب شده مشکلات ناشی از وجود آب‌های سطح الارضی و مانداب‌های سطح شهر و وقوع سیلاب در مواقع بارندگی از جمله عمده‌ترین مشکلات زیست‌محیطی محسوب گردد.



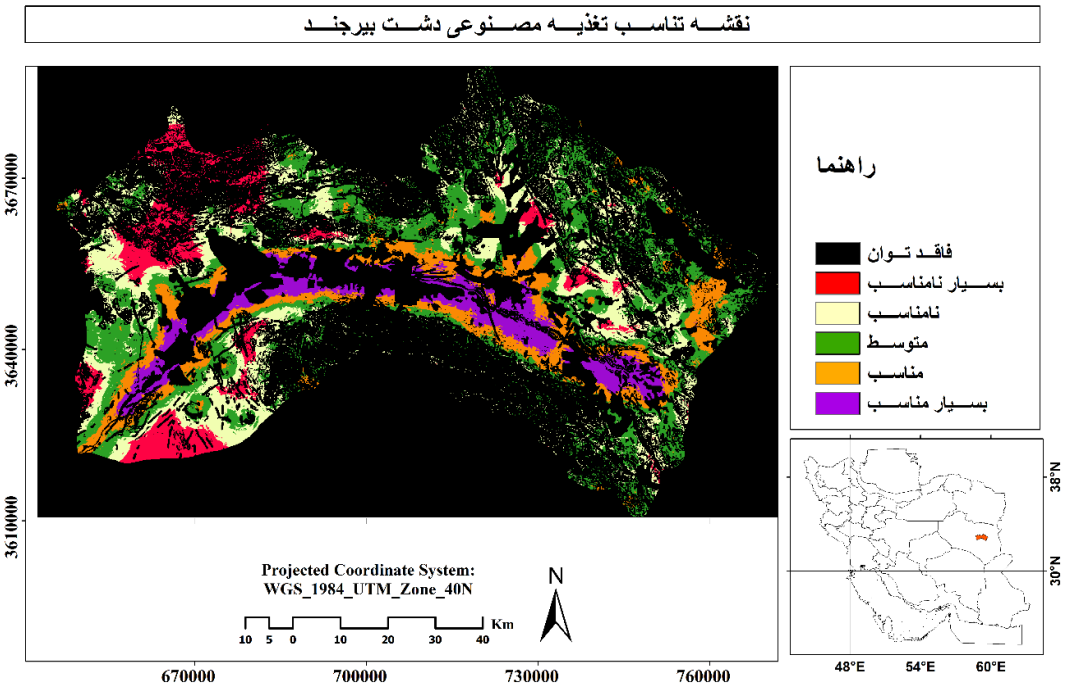
شکل (۴): سمت راست: فاصله از گسل و سمت چپ: فاصله از سکونتگاه‌ها

به منظور ارزیابی تناسب اراضی برای پهنه‌بندی تغذیه مصنوعی، تمامی پارامترها در مدل ارزیابی هم وزن نیستند. درصد شیب اهمیت کلیدی در مکانیابی دارد. افزایش شیب منطقه مورد مطالعه از یک روند خطی کاهشی تبعیت نموده است. منابع آبی به عنوان مهم‌ترین معیار مکانیابی بسیار مهم و ارزشمند می‌باشند. با دور شدن از منابع آبی، مطلوبیت محدوده برای مکانیابی کاهش می‌یابد. نقشه‌های فازی‌سازی شده در شکل (۵) ارائه شده است.

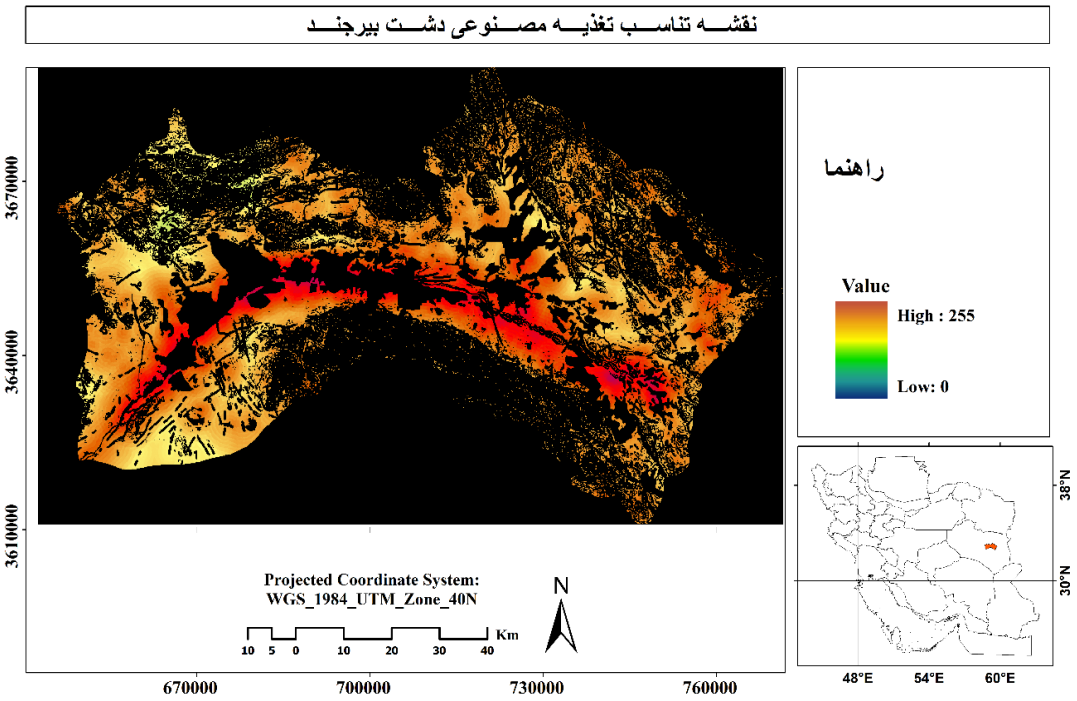


شکل (۵): لایه‌های فازی شده ۱) سیل‌خیزی ۲) فاصله از گسل ۳) فاصله از سکونتگاه‌ها ۴) فاصله از منابع آبی ۵) شیب ۶) پوشش اراضی

شکل (۶)، نقشه پهنه‌بندی تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی دشت بیرجند به روش ترکیب خطی وزنی را نشان می‌دهد.



شکل (۶): نقشه تناسب تغذیه مصنوعی دشت بیرجند



شکل (۷): نقشه نهایی تناسب تغذیه مصنوعی دشت بیرجند

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش انجام شده توسعه یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری چند معیاره برای ارزیابی تناسب اراضی جهت توانمندی تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی را نشان می‌دهد و چارچوبی را برای تجزیه و تحلیل ترکیب فرآیند تحلیل

سلسله مراتبی و GIS و منطق فازی ارائه می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که ۱۴۸/۹۳ کیلومتر مربع در طبقه بسیار نامناسب، ۳۳۹/۷۳ کیلومتر مربع در طبقه نامناسب، ۴۵۳/۴۹ کیلومتر مربع متوسط، ۲۲۲/۸۳ کیلومتر مربع مناسب و ۱۴۲/۵۳ کیلومتر مربع از مساحت محدوده مورد مطالعه بسیار مناسب می‌باشد. بنابرین محدودهٔ مورد مطالعه برای تغذیه مصنوعی نسبتاً مناسب است. در این تحقیق، ارزیابی تناسب اراضی دشت بیرجند بر اساس روش WLC مبتنی بر منطق فازی انجام شد. همان طور که ذکر شد با وارد کردن محدودیت‌ها، مناطق فاقد ارزش با منطق بولین حذف شده و سایر مناطق در بازه‌ای از طبقات پیوسته تعیین گردید. با توجه به فراوانی متغیرها در ارزیابی تناسب اراضی، روابط میان متغیرها و تأثیر متقابل آن‌ها وزندهی را دشوار و پیچیده می‌کند. لذا برای وزندهی پارامترها از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد و ضمن تأیید روش منطق فازی مشخص شد که بهترین روش‌های ارزیابی روش‌هایی هستند که عمل ارزیابی را با استفاده از مدل ارزیابی چند عامله و استفاده از عوامل مؤثر اکولوژیکی و اقتصادی-اجتماعی انجام می‌دهند. در روش فازی ترکیب خطی وزنی، به واسطه طیف گسترده دسته‌بندی مناطق (۲۵۵-۰) قدرت تصمیم‌گیری بالاتر از منطق بولین است. نتایج حاصل نشان می‌دهد همانند سایر مطالعات صورت گرفته با GIS برای تعیین محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی، سیستم اطلاعات جغرافیایی ابزاری مفید و کارآمد در تعیین محل‌های مناسب تغذیه قنوات است و گسترش دانش و تکنولوژی‌های امروزی می‌تواند در احیا و افزایش کارآیی سیستم‌های بهره‌برداری هوشمندانه از آب‌های زیرزمینی (قنات) نقش بسزایی داشته باشد.

فهرست منابع

۱. احمدی‌زاده، س.، ا. اکبرپور و ب. اعتباری (۱۳۸۵). مطالعات مکانیابی محل دفع و دفن پسماندهای ویژه در استان خراسان جنوبی. اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان خراسان جنوبی.

۲. جلیلی، ج.، خ. جلیلی، ح. حصادی و م. حدیدی (۱۳۹۳). تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی از طریق کانال‌های زهکش سطحی با استفاده از روش AHP. مجله علمی پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال هشتم، شماره ۲۴، صص ۳۷-۲۹.

۳. چابک بلداجی،م.، م. حسن‌زاده نفوتی و ز. ابراهیمی خوسفی (۱۳۸۹). مکانیابی عرصه پخش سیلاب با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی ((AHP، مطالعه موردی: حوزه آبخیز عشق آباد طبس. مجله علمی پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال چهارم، شماره ۱۳، صص ۳۸-۳۱.

۴. رمضانی‌مهریان، م.، ب. ملک محمدی، ح. جعفری و ی. رفیعی (۱۳۹۰). مکانیابی محل‌های انجام عملیات تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با به کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی: استان هرمزگان، دشت شمیل و آشکارا. مجله علمی پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال پنجم، شماره ۱۴، صص ۱۰-۱.

۵. رمضانی‌مهریان، م.، ب. ملک محمدی و ی. رفیعی (۱۳۹۱). استفاده از منطق فازی در مکانیابی محل‌های تغذیه مصنوعی آبخوان با تلفیق روشهای AHP و "FTOPSIS. محیط‌شناسی، سال سی و هشتم، شمارهٔ ۳، صفحهٔ ۱۰۸-۹۹.

۶. زکی زاده ف. و ح. ملکی نژاد (۱۳۹۱). مکان‌یابی مناطق مناسب برای اجرای پخش سیلاب با استفاده از GIS و مدل ریاضی بولین. اولین کنفرانس ملی سامانه های سطوح آبگیر باران، مشهد مقدس.

۷. سیف،ع.، س. صلحی، م. عرفان و م. صلحی (۱۳۹۲). تعیین منطقه مناسب برای تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی با استفاده از روش (TOPSIS) در محیط GIS، مطالعه موردی: حوضه آبی رفسنجان. فصلنامه علمی پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، سال پنجم، شماره دوم، صص ۲۵۲-۲۳۹.

۱. طرح شناسایی منابع آلاینده آب دشت بیرجند و تهیه نقشه‌های پراکنش منابع آلاینده (۱۳۸۵). سازمان حفاظت محیط‌زیست استان خراسان جنوبی.
۲. عشقی‌زاده، م. و ن. نورا (۱۳۹۲). تعیین مناطق مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی کوچک به منظور تغذیه و کنترل آبدهی قنوات با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی. مجله علمی پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال هفتم، شماره ۲۲، صص ۵۲-۳۹.
۳. عشقی‌زاده، م.، ن. نورا و ح. حیدری (۱۳۸۹). انتخاب محلهای مناسب جمع‌آوری رواناب به منظور تغذیه قنوات، مطالعه موردی: حوزه آبخیز کلات گناباد. پژوهش‌های آبخیزداری، شماره ۸۹، صص ۳۶-۲۷.
۴. فرجی سبکبار، ح.، ح. نصیری، م. حمزه، س. طالبی و ی. رفیعی (۱۳۹۰). تعیین عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی بر پایه‌ی تلفیق روش‌های ANP و مقایسه زوجی در محیط GIS، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره ۴، صص ۱۶۶-۱۴۳.
۵. کارگروه برنامه‌ریزی محیط‌زیست استان خراسان جنوبی (۱۳۹۰). اصلاحیه سند توسعه محیط زیست استان خراسان جنوبی در برنامه پنجم توسعه اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، اداره کل حفاظت محیط‌زیست خراسان جنوبی، ۲۴۸ صفحه.
۶. کریم‌زاده مطلق، ز.، س. احمدی‌زاده و ع. اشرفی (۱۳۹۳). ارزیابی توان اکولوژیک بخش مرکزی بیرجند بر اساس روش ترکیب خطی وزنی در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه بیرجند، ۱۱۰ صفحه.
۷. گزارش خشکسالی استان خراسان جنوبی (۱۳۹۲). اداره کل منابع طبیعی استان خراسان جنوبی.
۸. گندمکار، ا. و ف. دانشور (۱۳۹۴). مکانیابی نفوذپذیرترین اراضی برای توسعه طرح‌های تغذیه مصنوعی منابع آب. جغرافیا (فصلنامه علمی- پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران)، سال سیزدهم، شماره ۴۴، صص ۱۴۴-۱۵۹.
۹. مهدوی، ع.، م. نوری امامزاده‌یی، ر. مهدوی نجف‌آبادی و س.ح. طباطبائی (۱۳۹۰). مکانیابی عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی سفره‌های زیرزمینی به روش منطق فازی در حوضه آبریز دشت شهرکرد. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال پانزدهم، شماره ۵۶، صص ۷۶-۶۳.
۱۰. نسیمی، ع. و م. زارع (۱۳۹۴). مکان‌یابی حوضچه‌های تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در حوضه آبخیز بوشکان بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۵، شماره ۱، صص ۱۴۱-۱۲۵.

11. Mansouri B., Salehi J., Etebari B. And Moghaddam H.K. *(2012). Metal concentrations in the groundwater in Birjand flood plain, Iran.* Bulletin of environmental contamination and toxicology, *89(1), 138-142.*
12. Rahimi S., Shadman Roodposhti M. and Abbaspour R.A. *(2014). Using combined AHP-genetic algorithm in artificial groundwater recharge site selection of Gareh Bygone Plain, Iran*. Environmental Earth Sciences, *72(6), 1979-1992.*
13. Saaty T. *(1980). The Analytical Hierarchy Process*. New York, McGraw Hill. Site selection for artificial feeding of ground water using MCDM6 in GIS environment (Case study: Birjand plain)

[6] Multi criteria decision making

Site Selection for Artificial Feeding of Ground Waters Using MCDM In GIS Environment (Case Study: Birjand Plain)

Karbaschi A., Shahidi A., Mansouri S., Karimzadeh Z., Boskabadi A.
Email: samiramansuri20@yahoo.com

Received: 2015/02
Accepted: 2015/04

Abstract

The Birjand plain is located in the south Khorasan province and its area is about 3425 square Kilometers. This plain has no significant surface water resources due to the inappropriate climatic conditions and evaporation intensity. The flow of water flow is seasonal or periodic and weak and there are some narrow rivers with a constant flow in other parts of the river network. Therefore, groundwater resources are the most important water resources that maybe used in this region. Groundwater has a substantial role in economic activities and saving water in underground reservoirs requires a lower economic investment. However, the increasing demand and excessive extraction of water has caused shortages in the alluvial aquifers in all plains of the province and consequently this has led to a substantial drop in the level of water in the aquifers. Since the rain in this is negligible and at times it leads to destructive floods, the operation of artificial feeding of ground water can be an appropriate method for optimum usage of floods and ground water stability. Selecting the criteria and suitable method is of great importance for the operation of artificial feeding. In this study, the analytical hierarchical process and weighted linear combination has been used. By choosing the Birjand plain as a case study, the slope, fault, flooding potential, land use, settlements and water quality criteria have been considered for selecting the appropriate places for artificial feeding. The artificial feeding ability map is divided into 5 categories according to natural features. The results indicated that 148.93 square Kilometers are in the very unsuitable category, 339.73 square Kilometers are in the unsuitable category, 453.49 square Kilometers are in the medium suitable category, 222.83square Kilometers are in the suitable category and 142.53 square Kilometers are in the very suitable part of the studied area.

Keywords: Weighted linear combination, Artificial feeding, Birjand plain, GIS, Analytical hierarchy process, Site selection.