نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iranian Journal of Watershed
Management Science & Engineering

سال چهاردهم- شماره ۴۹- تابستان ۱۳۹۹ Vol. 14, No. 49, Summer 2020

مکان‌یابی سیستم‌های جمع‌آوری آب باران برای مصارف شرب و کشاورزی با استفاده از مسأله پوششی هاب(الگوریتم PR)

خلیل آبخیزی[۱]، حسن خسروی[۲]، شهرام خلیقی سیگارودی[۳]، علیرضا مقدم نیا[۴] و مرجان طالبی‌نیا[۵]

تاریخ دریافت: ۰۲/ ۰۱/ ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: ۳۰/ ۰۶/ ۱۳۹۹

چکیده

رواناب سطحی که نتیجه پاسخ‌های بارش در یک حوضه می‌باشد منبع آب بالقوه‌ای است که اگر به صورت صحیح مدیریت شود می‌تواند برای تامین تقاضای آب مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش جهت شناسایی مناطق دارای پتانسیل جمع‌آوری آب باران در دشت بیرجند از روش پوشش هاب با الگوریتم[۶](PR) و سامانه اطلاعات جغرافیایی[۷] استفاده شد. بر این اساس ۱۸ شاخص برای تصمیم‌گیری مکان‌یابی استحصال آب انتخاب شدند. پرسش‌نامه‌ای متشکل از شاخص‌ها طراحی و اولویت هر شاخص با توجه به چهار معیار و به کمک طیف لیکرت برآورد شد. در نهایت شش شاخص به عنوان مؤثرترین شاخص‌های مکان‌یابی انتخاب شدند. نقشه‌های این شش شاخص جهت مکان‌یابی پتانسیل استحصال آب باران در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.3 تهیه شد. سپس برای تهیه نقشه نهایی، ۲۲۰ نقطه به‌عنوان بهترین نقاط مکان‌یابی انتخاب و با استفاده از روش پوشش هاب و کدنویسی در محیط متلب، از میان این نقاط، ۲۰ نقطه به‌عنوان مکان‌های مناسب(هاب) تعیین شدند. نتایج نشان دادند که شمال و شمال‌غرب بیرجند با بافت شنی- سنگ‌ریزه، نفوذپذیری بالا، بارش متوسط و کاربری مسکونی، خاک ظرفیت بالایی برای جمع‌آوری آب باران دارد.

کلیدواژه‌ها: *استحصال آب باران، آنتروپی شانون، روش تاپسیس، کدنویسی، متلب، بیرجند*

مقدمه

آب در کنار مسائلی چون حفظ محیط‌زیست و ریشه‌کنی فقر و گرسنگی یک مسئله اساسی در توسعه پایدار محسوب شده و امری ضروری برای بقا و سلامتی بشر است. ریلما[۸] [۲۳] و فائو [۷]، کشاورزی را به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب معرفی می‌کنند که در حدود ۷۵ درصد آب شیرین جهان را به خود اختصاص می‌دهد. نوسانات گسترده در مقدار آب در دسترس یک محدودیت بزرگ برای تولید و سودبخشی در کشاورزی است که با خود فقر را به همراه می‌آورد [۷، ۲۵]. کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهانی قرار دارد و میانگین بارندگی سالیانه آن حدود ۲۵۵ میلی‌متر است. این مقدار بارش کم‌تر از یک سوم متوسط بارندگی سالیانه جهان است [۸، ۳۰]. از طرفی توزیع بارندگی در ایران از نظر زمانی و مکانی یکنواخت نمی‌باشد و از این رو بیشتر نقاط کشور با مشکل فرسایش و کم آبی مواجه هستند. از طرف دیگر رشد جمعیت، افزایش نیاز به مواد غذایی، نابسامانی محیط زیست و افزایش مصرف سرانه آب، لزوم تأمین آب برای این جمعیت رو به رشد را به مسئله‌ای مهم و حیاتی تبدیل می‌کند [۳۳، ۳۷]. راهکارهای مقابله با کم آبی در دو استراتژی مدیریت صحیح منابع آب و استحصال از منابع جدید آب خلاصه می‌شود [۱۱]. توجه به محدودیت منابع آب‌های زیرزمینی، افت سطح ایستابی و گاهی شورشدن آب سفره‌ها به ویژه در مناطق نیمه‌خشک، ما را به سمت بهره‌برداری از آب‌های سطحی ترغیب می‌کند. آب سطحی که نتیجه پاسخ بارش- رواناب در یک حوزه آبخیز است منبع آب بالقوه‌ای است که اگر به‌طور صحیح مدیریت شود می‌تواند برای تأمین تقاضا مفید واقع گردد. تأمین آب مورد نیاز مردم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و شناسایی محل‌های مناسب برای احداث سیستم‌های جمع آوری آب باران، گامی مهم در این راستا می‌باشد [۳۱]. جمع‌آوری آب باران گزینه‌ای مناسب برای انحصار و ذخیره رواناب سطحی جهت کاربردهای بعدی به‌ویژه در طول دوره‌هایی که محدودیت دسترسی

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد بیابانزدایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲- نویسنده مسئول و دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. پست الکترونیک: hakhosravi@ut.ac.ir
۳- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۴- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۵- دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

6. Path Ranking
7. Geographic Information System(GIS)
8. RELMA

بـه آب وجـود دارد، است [۳۵]. در این راستا یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین مراحل به‌کارگیری سیستم‌های جمع‌آوری آب باران، مکان‌یابی و شناسایی محل‌های مناسب برای اجرای آن است که با شناسایی محل‌های مناسـب، صرفه‌جویی قابل‌ملاحظه‌ای در زمان و هزینه صورت می‌گیرد [۵، ۱۰]. استحصال آب باران(RWH[1]) در واقع سیستم جمع‌آوری آب باران است که از طریق آن آب می‌تواند برای استفاده مستقیم ذخیره شود، یا می‌تواند برای پرکردن منابع آب زیرزمینی استفاده شود. امروزه جمع‌آوری آب باران برای اهداف امنیت آب به دلیل تقاضای روزافزون آب نه‌تنها برای کشاورزی بلکه برای اهداف صنعتی و خانگی نیز اهمیت دارد [۳۲]. این سیستم یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های جمع‌آوری آب شیرین و افزایش سطح سفره آب‌های زیرزمینی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. برای افزایش عرضه در حال حاضر و آینده نزدیک، جمع‌آوری آب باران استراتژی کم‌هزینه و یکی از بهترین گزینه‌ها محسوب می‌شود [۲۴]. لذا شناسایی مکان‌هایی که بتوان سامانه جمع‌آوری آب باران را در آن اجرا کرد، از اولین چالش‌های مدیران اجرایی، طراحان و پژوهشگران است. فرآیند رو به رشد صنعتی شدن، شهرنشینی و کشاورزی باعث کاهش پتانسیل نفوذ آب باران و تغذیه آب‌های زیرزمینی شده است. از این رو با توجه به نتایج سایر محققان در سراسر جهان مبنی بر اینکه افزایش راندمان و بهره‌وری آب در گرو شناسایی مکان‌های جمع‌آوری آب باران است، مکان‌یابی مناطق مستعد جمع آوری آب باران برای مقابله با کمبود آب و مدیریت هرچه بهتر منابع آب کشور امری ضروری به نظر می‌رسد [۳۱]. تکنیک‌های ذخیره نزولات جوی عمدتاً در مناطقی با خاک‌هایی با نفوذپذیری بالا و اراضی قابل‌دسترس کـه سـایر شرایط هیدرولوژیکی برای نفوذ جریان سطحی به داخل زمین مهیا باشد، کاربرد دارند. پژوهش‌های داخلی و خارجی صورت گرفته در زمینه مکان‌یابی سامانه‌های جمع‌آوری آب باران به شرح زیر است:

سلطانی [۳۰]، در پژوهش امکان‌سنجی مناطق مستعد استحصال آب باران با ترکیب لایه‌های پوشش گیاهی، شیب، بارندگی، کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، طبقات ارتفاعی و فرسایش، سه شاخص عوامل بارندگی، شیب و گروه‌های هیدرولوژیک خاک را به عنوان اصلی‌ترین فاکتورها معرفی کرد. اکبرپور و همکاران [۲]، به تعیین مکان‌های مناسب جمع‌آوری آب باران برای استفاده مصارف کشاورزی با استفاده از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[2](AHP) در حوزه آبخیز بیرجند پرداختند. پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و وزن‌دهی به هر کدام، نتایج آن‌ها نشان داد که با قرار دادن استعداد حوزه آبخیز در چهار کلاس ضعیف، متوسط، خوب و بسیار خوب مقدار درصد مشخصی به طبقات اختصاص می‌یابد و به طور کلی از غرب به سمت شرق حوزه آبخیز، بر استعداد آن در جمع‌آوری آب باران افزوده می‌شود. آلبالانه و همکاران[3] [۳] با استفاده از سنجه‌های چشم‌انداز و تحلیل سلسله مراتبی به ارزیابی مکان‌های مناسب جهت استحصال آب باران در کشور اردن پرداختند. آن‌ها از تحلیل سلسله مراتبی جهت رتبه‌بندی سایت‌ها با توجه به سنجه‌های تحلیل چشم‌انداز استفاده کردند.

عمار[4] و همکاران [۴] در حوضه‌ای واقع در جنوب شرقی تونس به طراحی روش علمی و قابل اجرا برای ارزیابی عملکرد روش‌های استحصال آب باران موجود در مناطق خشک و نیمه‌خشک پرداختند. در این پژوهش ارزیابی عملکرد روش‌های استحصال آب باران با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی انجام‌گرفت. نتایج آن‌ها نشان داد که این روش بسیار تاثیرپذیر است و موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها می‌شود و روشی آسان برای انطباق در مناطق خشک می‌باشد. یوگش[5] و همکاران [۳۶] در حوضه‌ای واقع در سنگاپور هند به انتخاب مکان‌های مناسب برای سازه‌های استحصال آب باران با استفاده از سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که، با توجه به اولویت معیارهای مورد بررسی بسیاری از مکان‌ها در حوضه برای احداث سد مناسب می‌باشد، اما در کل ۵ مکان مناسب برای ساخت سد مطرح گردید. پژوهش محمد حامد [۱۵]، در منطقه اربیل کردستان جهت تشخیص مکان‌های مناسب استحصال آب باران با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، سنجش‌ازدور و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره انجام گرفت. با کمک ارزیابی معیارهای موردنظر جهت تعیین مکان مناسب برای جمع‌آوری آب باران و مناطق مناسب برای ساخت سایت‌های سد کوچک و متوسط مشخص شد که مساحت مناطق مناسب برای استحصال آب ۳۶ درصد، مناطقی با پتانسیل متوسط جهت استحصال آب باران ۱۴ درصد و ۳۳ درصد نشان دهنده پتانسیل بسیار کم می‌باشد.

تحویلی و همکاران [۳۲] به مطالعه مکان‌یابی پتانسیل استحصال آب باران در مناطق خشک با استفاده از روش تاپسیس[6]، در دشت انارک پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که در میان ۳۱ شاخص رتبه‌بندی شده، هشت شاخص نفوذپذیری خاک با وزن ۰/۸۲۰ بیش‌ترین تاثیر را در استحصال آب باران دارد و هفت شاخص بافت خاک، هدایت الکتریکی خاک، عمق خاک، کیفیت آب، درصد پوشش، متوسط بارش سالانه و افت سطح آب زیرزمینی به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند.

محمودی [۱۳]، به مطالعه مکان‌یابی ذخیره آب با استفاده از GIS و روش تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس پرداخت. در این تحقیق با در نظر گرفتن نظر کارشناسان و داده‌های موجود معیارهای تعیین

1. Rain Water Harvesting
2. Analytical Hierarchy process(AHP)
3. Albalawneh
4. Ammar
5. Yogesh Bamne
6. TOPSIS: Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution(TOPSIS)

مکان بهینه شامل معیارهای زمین‌شناسی، کاربری اراضی، رسوب، کیفیت آب، فرسایش، آب‌های زیرزمینی و هیدرولوژی انتخاب گردید. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده سد کهیر با امتیاز ۰/۸۵ بهترین گزینه انتخابی و سمت شرق محدوده با ۰/۴۷ بدترین گزینه می‌باشد. محبی تفرشی و همکاران [۱۶] در استان قزوین جهت مکان‌یابی مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی، از روشی مبتنی بر تلفیق GIS و تکنیک‌های سنجش‌ازدور با سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از این مدل به‌عنوان روشی کارا، کم‌هزینه، سریع و با دقت جهت مکان‌یابی سد زیرزمینی مناسب می‌باشد.

در مناطق خشکی همچون خراسان جنوبی بیش‌ترین فشار بر آبخوان‌ها از طریق برداشت مازاد صورت می‌گیرد. استحصال آب باران یکی از مهم‌ترین روش‌های مدیریت بهره‌برداری از آب برای مقابله با کم‌آبی و افت سفره آب زیرزمینی است که با توجه به نیاز روزافزون کشور به آب و منطقه مورد پژوهش، امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در این مطالعه، از روش‌های آنتروپی شانون، مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس و الگوریتم PR برای تعیین و اولویت‌بندی مهم‌ترین شاخص‌های موثر برای مکان‌یابی پتانسیل استحصال آب باران و دسترسی به منابع آبی جدید با صرف هزینه و زمان کم در حوزه آبخیز بیرجند استفاده شد.

روش‌شناسی

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوزه آبخیز کویر لوت است. این محدوده بین ۵۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۴۱ درجه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۳ درجه عرض شمالی واقع شده است. وسعت حوزه آبخیز بیرجند ۳۱۵۵ کیلومترمربع است که ۱۰۴۵ کیلومتر آن دشت و بقیه آن را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. دشت بیرجند با میانگین بارش سالانه ۱۷۷ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۶/۵ درجه سلسیوس، طبق طبقه‌بندی اقلیمی جزء مناطق خشک محسوب می‌شود. شیب حوضه در قسمت شرقی زیاد و در قسمت غرب و انتهای دشت، شیب آن کم شده و سطح زمین تقریباً حالت مسطح دارد. رودخانه شاهرود مهم‌ترین زهکش دشت بیرجند است. این رودخانه از ارتفاعات شرقی دشت، سرچشمه گرفته و با طی مسیر ۱۰۸ کیلومتر آبراهه‌های زیادی به ویژه از شمال و جنوب حوضه به آن می‌پیوندد و به کویر لوت می‌ریزد [۲].

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر، برای شناخت و دستیابی به مناسب‌ترین شاخص‌ها از نقطه نظرات کارشناسان بهره گرفته شد. فهرستی از شاخص‌ها بر اساس نظر کارشناسان تهیه و سپس با توجه به نقش هر شاخص دسته‌بندی گردید. انتخاب مجموعه شاخص‌های مورد استفاده برای مکان‌یابی پتانسیل استحصال باران در این پژوهش، بر اساس شاخص‌های مورد مطالعه در پروژه‌های مکان‌یابی پتانسیل استحصال آب باران و آب زیرزمینی در جهان و ایران، انجام گرفته است. ۱۸ شاخص برای تصمیم‌گیری انتخاب شدند که به منظور تعیین با اهمیت‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی منطقه، پرسشنامه‌ای متشکل از شاخص‌های انتخابی طراحی و بین کارشناسان توزیع شد. از متخصصان درخواست شد که اهمیت و اولویت هر شاخص را با توجه به چهار معیار تناسب با هدف، سهولت و دقت، هزینه و زمان براساس طیف لیکرت در مقیاس یک الی پنج برآورد کنند. سپس با تجزیه و تحلیل کلیه پرسشنامه‌ها با استفاده از روش آنتروپی شانون وزن معیارهای ارزیابی این شاخص‌ها محاسبه و با استفاده از روش تاپسیس اولویت‌بندی شاخص‌ها انجام گرفت [۲۲].

برای مکان‌یابی پتانسیل استحصال آب باران شاخص‌های دارای بیش‌ترین وزن در اولویت قرار گرفتند. نقشه شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 و همچنین جدول نرخ و کلاس‌بندی هر شاخص تهیه گردید. برای تهیه نقشه نهایی پتانسیل استحصال آب باران دشت بیرجند، نقاط مشترک شاخص‌ها که دارای بیش‌ترین وزن هستند استخراج شدند. در پایان ۲۲۰ نقطه به عنوان بهترین نقاط استحصال آب باران از روش تاپسیس استخراج شدند. در آخر با استفاده از روش پوشش هاب با الگوریتم(PR) و کدنویسی در محیط متلب، از میان ۲۲۰ نقطه، ۲۰ نقطه به‌عنوان مکان‌های مناسب(هاب)، جهت مصارف مختلف همچون شرب یا فعالیت‌های کشاورزی استخراج شدند. اگر استحصال آب باران در این مناطق صورت گیرد امید می‌رود که فشار بر آبخوان‌های زیرزمینی این مناطق خشک کم‌تر شود.

جدول طیف لیکرت یکی از رایج‌ترین مقیاس‌های اندازه‌گیری در تحقیقاتی است که بر اساس پرسشنامه انجام می‌شود و توسط لیکرت(۱۹۸۱-۱۹۰۳) ابداع شده است [۲۷]. در این مقیاس معیارهای مورد نظر انتخابی در اختیار کارشناسان قرار گرفت تا بر اساس معیارها و پاسخ‌های جداگانه، میزان گرایش خود را مشخص کنند. معمولا در پرسشنامه‌ها بر اساس مقیاس لیکرت از حالت پنج‌گانه ذکر شده استفاده می‌شود(جدول ۱).

جدول ۱- مقیاس طیف لیکرت

Table 1. Likert spectrum scale

5	4	3	2	1
Very High	High	Medium	Low	Very low

در این پژوهش، از روش آنتروپی شانون به‌عنوان یکی از معروف‌ترین روش‌های محاسبه اوزان شاخص‌ها که روش برگرفته‌شده از تئوری اطلاعات است استفاده شد [۶، ۲۰].

در ادامه برای اولویت بندی شاخص‌ها بر اساس معیارهای انتخابی از روش تاپسیس استفاده شد. روش تاپسیس یکی از مطمن‌ترین روش‌های علمی و مدیریتی فن تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری است.

در این روش با در نظرگرفتن تمامی جوانب از جمله جنس معیارها، اولویت و وزن معیارها نسبت به یکدیگر و گزینه‌ها نسبت به یکدیگر سنجیده شدند. در این روش بردار وزن شاخص‌ها به عنوان ورودی و رتبه‌بندی گزینه‌ها به عنوان خروجی در نظر گرفته شدند [۲۳، ۲۹].

در روش تاپسیس پس از رتبه‌بندی و اولویت‌بندی گزینه‌ها توسط نرم‌افزار از بین ۱۸ شاخص با توجه به شرایط منطقه مطالعاتی شاخص‌های بااهمیت‌تر و مؤثرتر برای مکان‌یابی پتانسیل استحصال آب باران انتخاب شدند. برای تهیه نقشه‌های شاخص انتخابی در منطقه، شاخص‌ها در چهار کلاس طبقه‌بندی و نقشه‌ها با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده تهیه و پهنه‌بندی شدند.

مراحل اجرای الگوریتم(PR)

جهت تهیه نقشه نهایی مناسب‌ترین مکان برای استحصال آب باران با استفاده از الگوریتم(PR) به مکان‌یابی نقاطی که توسط تاپسیس اولویت‌بندی گردید، پرداخته شد. نقاط مورد تایید مدل تاپسیس در نرم‌افزار متلب با کد الگوریتم pr مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، که طی فرموله کردن شرایط زیر بهترین نقاط تعیین شدند: ۱- فاصله نقاط با هاب بیشتر از دو کیلومتر نباشد، ۲- فاصله هاب‌ها با مناطق روستایی یا مسکونی بیشتر از چهار کیلومتر نباشد. الگوریتم(PR) مشابه روش‌های تکاملی دیگر، همچون الگوریتم ژنتیک، در ابتدا تعدادی جواب از بین جواب‌های اولیه طبق برخی اصول انتخاب کرده و مجموعه مرجع(Ref Set) را می‌سازد. در پایان نیز، ref set توسط جواب‌های جدید به‌روزرسانی می‌شود.

در برخی از مطالعات انجام‌شده، به‌منظور تجزیه و تحلیل تأثیر برخی عوامل ازجمله شبکه زهکشی از تکنیک شبکه‌بندی استفاده می‌شود. به همین منظور، سطح منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 به‌صورت یکنواخت شبکه‌بندی شد. با به‌کارگیری سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در نرم‌افزار ArcGIS، مناسب‌ترین نواحی برای استحصال آب باران در محدوده هدف مشخص شدند.

نتایج

محاسبه وزن معیارهای ارزیابی شاخص‌ها با استفاده از روش آنتروپی شانون

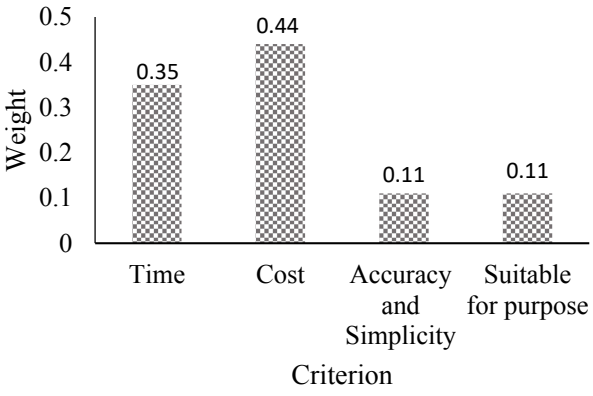
میانگین امتیازات شاخص‌های اولیه مورد مطالعه به عنوان ماتریس تصمیم‌گیری در جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج حاصل از وزن‌دهی با روش آنتروپی شانون در شکل ۱ قابل مشاهده است. همان طور که مشاهده می‌شود در میان چهار معیار ذکر شده، معیار هزینه دارای بالاترین وزن و بعد از آن معیار زمان دارای بیش‌ترین اهمیت است.

جدول ۲- میانگین امتیازات داده شده به شاخص‌ها به عنوان ماتریس تصمیم‌گیری [۱]

Table 2. Average scores given to the indicators as a decision matrix

Criterion / Index	Time	Cost	Suitable for purpose	Ease and accuracy	Points
Distance from the road	3.4	1.6	3.6	3.5	0.722
Formation	3.4	3.5	3.4	2.7	0.519
Electrical conductivity	3.5	4.1	3.4	3.8	0.381
Impenetrable areas	3.3	3.2	3.8	3.6	0.601
Fault	4.6	4.4	4.7	4.6	0.505
Precipitation more than 10 mm	4.2	4.8	4.8	4.6	0.193
Evaporation	3.5	3.8	4.6	3.5	0.458
Slope percentage	2.2	2.7	4.5	4.7	0.813
Ruggedness	2.8	2.8	3.9	3.6	0.731
Permeability	2.4	2.5	4.2	3.5	0.842
Runoff coefficient	2.7	3.8	4.1	4.2	0.549
Amount of Discharge	3.5	3.2	4.2	3.5	0.576
Average annual rainfall	2.4	2.5	3.2	3.6	0.801
Texture	2.1	2.4	4.2	3.6	0.850
Distance to wate*r* resources	1.9	3.7	4.3	4.2	0.620
Land use	1.8	2.6	3.4	3.3	0.808
Depth of soil	1.8	2.2	3.2	3.7	0.861
Percentage of cover	2.2	2.8	3.4	3.7	0.771



شکل ۱- نمودار وزن معیارها با روش آنتروپی شانون [۱]

Fig 1. Diagrams of criteria weighted using Shannon Entropy method

نتایج اولویت‌بندی شاخص‌های پتانسیل استحصال آب باران با استفاده از روش تاپسیس

جدول ۲ موثرترین شاخص‌ها و رتبه‌بندی آن‌ها بر اساس چهار معیار زمان، هزینه، سهولت و دقت و تناسب با هدف را نشان می‌دهد که با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مدل تاپسیس برآورد شده است. پس از رتبه‌بندی توسط نرم‌افزار تاپسیس از بین ۳۱ شاخص شش شاخص عمق خاک با وزن ۰/۸۶۱، بافت با وزن ۰/۸۵۰، نفوذپذیری با وزن ۰/۸۴۲، درصد شیب با وزن ۰/۸۱۳، کاربری اراضی با وزن ۰/۸۰۸ و متوسط بارش سالانه با وزن ۰/۸۰۱ به عنوان بااهمیت‌ترین و مؤثرترین شاخص‌ها برای استحصال آب باران، در چهار گروه اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و هیدرولوژی تقسیم‌بندی شدند. این شاخص‌ها از جهت اینکه بیش‌ترین نزدیکی نسبی را در رتبه‌بندی به دست آورده‌اند، بالاترین اهمیت را دارا می‌باشند.

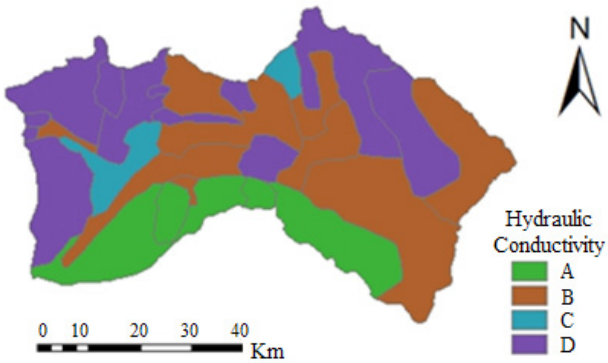
شاخص وضعیت بافت خاک

جدول ۴ نرخ طبقه‌بندی بافت خاک منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۲ قسمت‌های مرکزی و شمال شرق و غربی منطقه مورد مطالعه در نرخ یک و کلاس کم قرار دارند و قسمت محدودی از جنوب منطقه که دارای بافت رسی و رسی سیلتی است در نرخ چهار و کلاس بسیار زیاد قرارگرفته است.

جدول ۴- نرخ طبقه‌بندی بافت

Table 4. Classification rate of soil texture

Hydraulic Conductivity	Rate	Soil texture class
D	1	Sandy - Slate - Rubble
C	2	Loam Sandy – Sandy Loam
B	3	Silty loamy-loamy-silty clayey loamy-sandy clayey loamy
A	4	Clay – Clay Silty

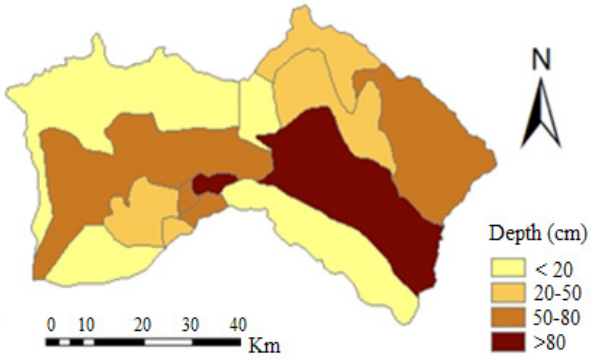


شکل ۲- نقشه هدایت هیدرولیکی بر اساس بافت خاک [۱]

Fig 2. Hydraulic status map based on soil texture

شاخص وضعیت عمق خاک

نقشه طبقات عمق خاک نشان می‌دهد که عمق خاک در قسمت‌های جنوب شرقی و تا حدی قسمت‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه زیاد است و در نرخ یک و کلاس کم قرار دارد. همچنین عمق خاک در قسمت‌های جنوب و شمال غرب کم می‌باشد که با نرخ چهار در کلاس بسیار زیاد قرار می‌گیرد (جدول ۵ و شکل ۳).



شکل ۳- نقشه عمق خاک [۱]

Fig 3. Soil depth map

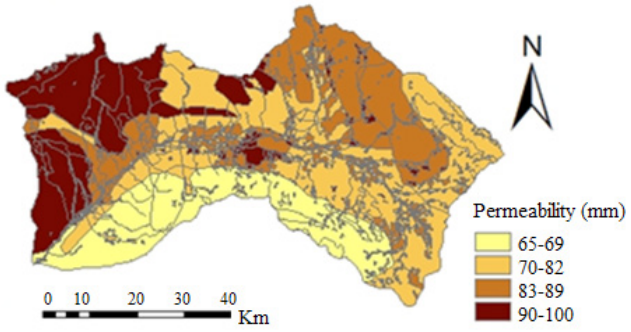
شاخص وضعیت نفوذپذیری خاک

جدول ۶ کلاس‌های نفوذپذیری و نرخ مربوط به هر کلاس را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر مناطق دارای نفوذپذیری بالا با نرخ یک، دارای کم‌ترین پتانسیل تولید رواناب هستند. طبق نقشه بدست آمده بخش‌های جنوبی منطقه با کم‌ترین میزان نفوذپذیری، دارای بالاترین پتانسیل تولید رواناب هستند(شکل ۴).

جدول۶- نرخ طبقه‌بندی نفوذپذیری خاک

Table 6. Permeability classification rate

(R)	Soil permeability class
1	Very High



شکل ۴- نقشه نفوذپذیری [۱]

Fig 4. Permeability map

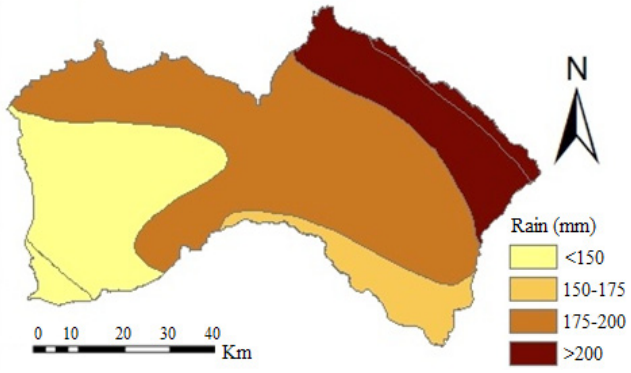
شاخص وضعیت بارندگی

در جدول ۷، نرخ طبقه بندی متوسط میزان بارش و رتبه‌بندی صورت گرفته را نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۵، وضعیت بارندگی در قسمت غرب منطقه با نرخ یک در کلاس کم قرار گرفته است. در قسمت شمال شرق منطقه بارش زیاد است و در نرخ چهار و کلاس بسیار زیاد قرار می‌گیرد که تأثیر بیشتری در پتانسیل استحصال آب باران منطقه دارد.

جدول ۷- نرخ طبقه‌بندی متوسط بارش سالانه

Table 7. Average annual precipitation classification rate

(R)	Average annual precipitation(mm)
1	<150
2	150-175
3	175-200
4	>200



شکل ۵- نقشه میزان بارندگی [۱]

Fig 5. Rainfall map

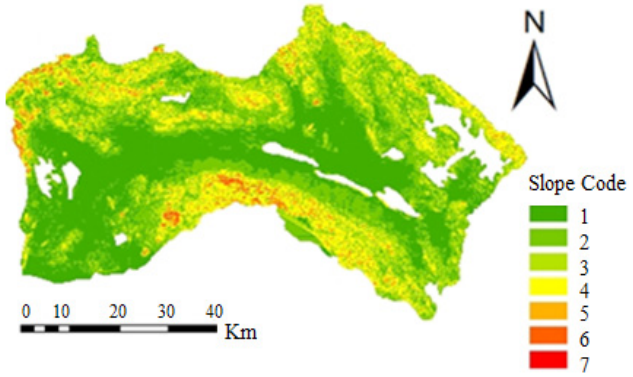
شاخص وضعیت شیب منطقه

در جدول ۸ ویژگی کلاس‌های شیب منطقه دشت بیرجند نشان داده شده است. نقشه شیب نشان می‌دهد که، در قسمت مرکزی منطقه مورد مطالعه شیب کم است و در نرخ یک و کلاس کم قرارگرفته است. در قسمت شمالی و جنوبی منطقه شیب زیاد می‌شود و در نرخ چهار، سه و کلاس بسیار زیاد قرار می‌گیرد و تأثیر بیشتری در پتانسیل استحصال آب باران دارد(شکل ۶).

جدول ۸- نرخ طبقه‌بندی متوسط شیب

Table 8. Average Slope Classification Rate

(R)	Slope Class
1	0-8
	8-12
2	12-15
	15-20
3	20-25
	25-30
4	>30



شکل ۶- نقشه شیب [۱]

Fig 6. Slope map

شاخص وضعیت کاربری اراضی

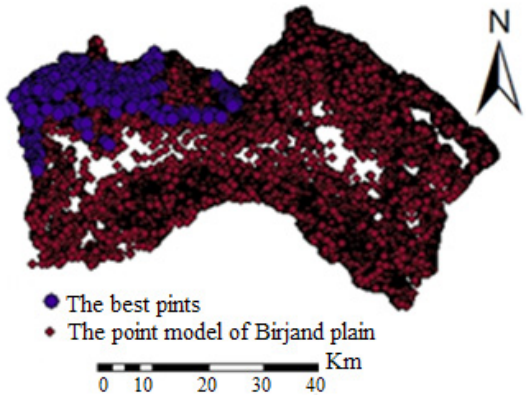
نقشه کاربری اراضی نشان می‌دهد که مناطق مسکونی و توده‌های سنگی بیش‌ترین تأثیر را در جمع‌آوری آب باران داشته که بیشتر مناطق مرکزی، شمال و شمال‌غربی دشت بیرجند را در برگرفته است(شکل ۷). این مناطق دارای بیش‌ترین امتیاز می‌باشند و کم‌ترین امتیاز به جنگل و بیشه‌زار تعلق می‌گیرد(جدول ۹).

شکل ۸ نقشه مدل نقطه‌ای نهایی استحصال آب باران منطقه

جدول۹- نرخ طبقه‌بندی کاربری اراضی

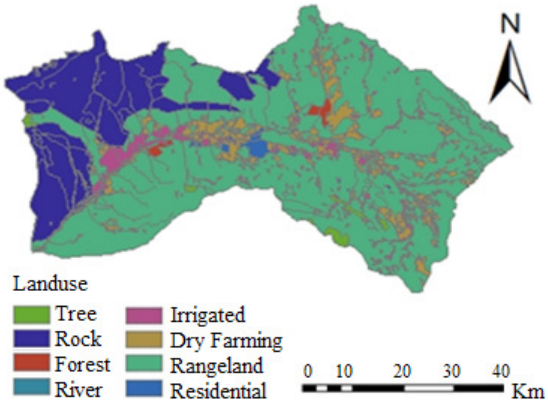
Table 9. Land Use Classification Rate

(R)	Landuse Class
1	Forest Meadow
2	Rangeland River
3	Irrigated Agriculture Dry Farming
4	Rock Masses Residential Areas



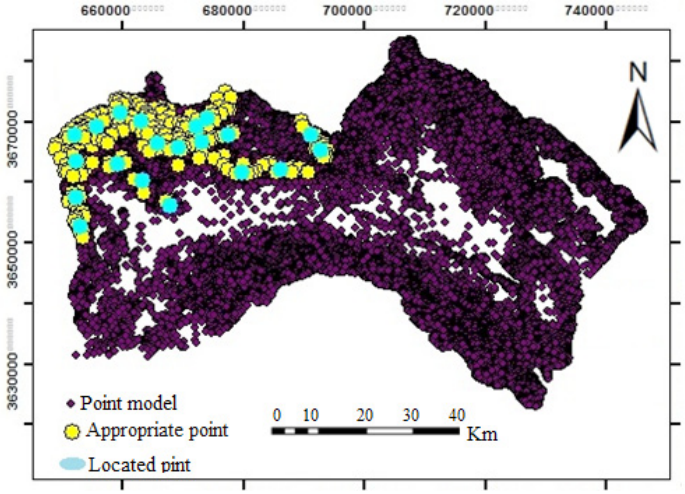
شکل ۹- نقشه مدل نقطه‌ای نهایی استحصال آب باران توسط تاپسیس [۱]

Fig 9. The final point model map of TOPSIS rainwater harvesting



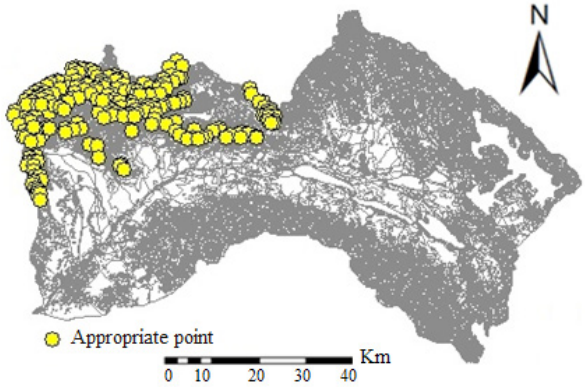
شکل ۷- نقشه کاربری اراضی [۱]

Fig 7. Land use map



شکل ۱۰- نقشه نهایی پتانسیل استحصال آب باران توسط پوشش هاب با الگوریتم pr [۱]

Fig 10. Final map of rainwater harvesting potential by hub coating with pr algorithm



شکل ۸- نقشه مناطق مستعد جمع‌آوری آب باران [۱]

Fig 8. The map of rainwater harvesting potential area

و شمال غربی منطقه دارای بالاترین اولویت و پتانسیل استحصال آب باران هستند که این قسمت‌ها به‌عنوان نقاط کاربردی برای مکان‌یابی در الگوریتم مورد استفاده قرار گرفتند.

شکل ۱۰ نقشه نهایی پتانسیل استحصال آب باران توسط پوشش هاب با الگوریتم PR را نشان می‌دهد. جهت تعیین نقاطی که بالاترین اولویت برای استحصال آب باران را دارند، ابتدا نقاطی که توسط تاپسیس به‌عنوان مناطق مناسب استحصال آب باران انتخاب شدند در الگوریتم PR به عنوان نقاط مورد نظر در کد الگوریتم وارد شدند. سپس این نقاط در نرم‌افزار متلب با کد الگوریتم pr مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفت و طی فرموله کردن بهترین نقاط به دست آمد.

بحث و نتیجه‌گیری

تعیین محدوده و مکان‌های مناسب استحصال آب باران می‌تواند نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی داشته باشد. تعیین مکان‌های مناسب برای استحصال آب باران با استفاده از روش‌های سنتی کاری پیچیده، زمان‌بر و پرهزینه و همراه با خطا و اشتباه می‌باشد. در این راستا استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره در کنار سامانه اطلاعات جغرافیایی موجب تسهیل، کاهش هزینه و زمان و افزایش دقت نتایج می‌گردد. که در تایید این مطلب، می‌توان به مطالعه روسمین [1][۲۵]، نیم [۱۹]، میرمحمد صادقی [۱۸]، صادقی [۲۶] و زبردست [۳۸] در مورد کاربرد تکنیک سامانه تصمیم‌گیری چند معیاره اشاره نمود.

دشت بیرجند جزء مناطق خشک لوت شرقی ایران به شمار می‌آید و تأمین آب جهت مصارف مختلف از اهمیت بالا برخوردار است. بنابراین در این منطقه استحصال آب باران امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. به‌منظور مکان‌یابی پتانسیل استحصال آب باران دشت بیرجند از معیارهای تناسب باهدف، سهولت و دقت، هزینه و زمان استفاده شد. همچنین از ۱۸ شاخص بهره گرفته شد که شاخص‌های بافت خاک، عمق خاک، نفوذپذیری خاک، متوسط بارش سالانه، کاربری اراضی و شیب منطقه با نظر کارشناسان و روش تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس برای مکان‌یابی انتخاب شدند.

کاربرد روش تاپسیس در مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که، این مدل روشی انعطاف‌پذیر و مقرون به صرفه است و ابزاری برای معرفی، انتخاب و وزن‌دهی شاخص‌ها در مطالعات مختلف به منظور بررسی‌های بیشتر محسوب می‌شود و در مواجه با تصمیمات مدیریتی پیچیده کارآمد و مفید است که این یافته‌ها با نتایج پژوهش خیرخواه [۱۱] در مطالعه روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در مکان‌یابی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی در منطقه نطنز، تحویلی و همکاران [۳۲] در دشت انارک، مولینا [۱۷] درمورد مدیریت منابع آب در اسپانیا و پژوهش ولدرفیل[2] [۳۴] در بررسی منابع آب مناطق خشک آفریقای جنوبی مطابقت دارد.

نتایج نشان می‌دهد که معیار هزینه با وزن ۰/۴۳۵ دارای بیش‌ترین اهمیت می‌باشد و معیارهای زمان با وزن ۰/۳۴۹، تناسب با هدف با وزن ۰/۱۰۸ سهولت و دقت با وزن ۰/۱۰۶ به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. معیار هزینه در این مطالعه بالاترین وزن را به خود اختصاص داده و مهم‌ترین عامل ارزشیابی شاخص‌ها با توجه به هدف این پژوهش می‌باشد و معیارهای سهولت و دقت کم‌ترین وزن را دارند. با توجه به این نتایج بدست آمده در بررسی و انتخاب شاخص‌های مناسب استحصال آب باران، معیارهای مذکور برای ارائه یک سامانه جامع و مناسب شاخص‌ها برای ارزیابی یک منطقه از نظر استحصال آب باران حائز اهمیت است که البته ممکن است با توجه به عوامل و مناطق مختلف معیارهای متنوع‌تری مورداستفاده قرار گیرند و اهمیت آن‌ها متفاوت باشد. سپهر [۲۸] در مطالعه خود برای تعیین سامانه‌ای برای شاخص‌های بیابان‌زایی از معیارهای سهولت، میزان اعتبار محلی و قابلیت پایش و ارزیابی استفاده نمودند که نتایج آن‌ها با پژوهش حاضر همخوانی دارد.

نتایج حاصل از مدل تاپسیس ترتیب رتبه‌بندی شاخص‌ها از بالاترین رتبه تا کم‌تری‌ن رتبه را نشان داد که شاخص‌های نفوذپذیری، بافت و عمق خاک، درصد پوشش، متوسط بارش سالانه، کاربری اراضی دارای بالاترین امتیاز در منطقه مطالعاتی هستند. خاک یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار بر استحصال آب باران است. در این پژوهش نیز به‌عنوان یکی از شاخص‌های مؤثر تعیین گردید که در مطالعات نیم [۱۹]، تحویلی و همکاران [۳۲]، مبلینا[3] [۱۷] و گویزانی[4] [۸] خصوصیات خاک به‌عنوان عامل مؤثر در استحصال آب باران انتخاب گردید.

همچنین پارامتر بارش از مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تعیین مکان مناسب استحصال آب باران است که در پژوهش حاضر جز پارامترهای مهم معرفی‌شده است. مناطق دارای بارندگی بیشتر، پتانسیل استحصال آب باران بیشتری دارند و بالعکس. هرچندکه میزان تغییرات میانگین بارندگی در حوضه مطالعاتی کم است، ولی شمال‌غرب دشت بیرجند دارای بارش بیشتر و پتانسیل استحصال آب باران در این قسمت بیشتر است. این نتایج با یافته‌های پژوهش پلاک و پورپورات[5] [۲۱] با عنوان برآورد مخزن جمع آوری آب باران در کنار کاهش هزینه‌ها در ایالت متحده آمریکا، برای حل مشکل کمبود منابع آبی جهان امروز مطابقت دارد.

نتایج روش تاپسیس نشان داد که در قسمت شمال و شمال‌غرب منطقه که عمدتاً دارای بافت خاک شنی و سنگریزه، نفوذپذیری بالای خاک، بارش متوسط و کاربری‌اراضی مناطق مسکونی را دارد خاک ظرفیت بالایی برای جمع‌آوری آب دارد. لذا برای توسعه طرح‌های آبخوان‌داری در اولویت قرار می‌گیرند. و مکان مناسبی

1. Rosmin
2. Welderufael
3. Mbilinyai
4. Guizani
5. Pelak & Porporato

جهت استحصال آب باران هستند.

در این تحقیق با به‌کارگیری روش الگوریتم تاپسیس در نرم‌افزار GIS تعداد ۲۲۰ نقطه به‌عنوان مکان‌های مناسب استحصال آب باران در دشت بیرجند شناسایی شدند سپس با استفاده از کد متلب مکان‌یابی پوشش هاب توسط الگوریتم pr این نقاط مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بنابراین از بین ۲۲۰ نقطه به‌دست‌آمده تعداد ۲۲ نقطه که شرایط را دارا بودند به‌عنوان نقاط هاب و مناسب‌ترین مکان‌ها جهت ایجاد سیستم‌های استحصال آب باران انتخاب شدند. از مزایای استفاده از روش الگوریتم pr این است که در بدست آوردن نقاط مناسب می‌توان با کم‌ترین هزینه و صرف زمان کم‌تر به منطقه موردنظر دسترسی پیدا کرد.

سیستم‌های طراحی‌شده حاضر انعطاف‌پذیر بوده و می‌تواند با تغییرات آتی در خصوصیات حوضه خود را هماهنگ کند، به‌علاوه مدیران می‌توانند استراتژی‌های موردنظر خود را در این سیستم‌ها اعمال کنند. لذا پیشنهاد می‌شود استفاده تلفیقی از مکان‌یابی پوشش هاب با الگوریتم pr و سامانه اطلاعات جغرافیایی در ادارات منابع‌طبیعی کل کشور به‌صورت یک تفکر مدیریتی و اجرایی صورت گیرد تا بتوان از آن برای نیل به اهداف و انجام پروژه‌های ملّی و منطقه‌ای در مناسب‌ترین زمان و کم‌ترین هزینه بهره گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت، در روش استحصال آب باران به روش مساله پوششی هاب(الگوریتم pr)، در شمال غرب منطقه مطالعاتی، مکان‌هایی با استعداد و پتانسیل بالا جهت احداث سامانه‌های جمع‌آوری آب باران می‌باشند که سایر بخش‌های منطقه مطالعاتی فاقد چنین پتانسیلی هستند. روش‌کار این تحقیق در مقایسه با روش‌های مورد استفاده در پژوهش‌های دیگر قابلیت شناسایی مناطق ضعیف را بیشتر دارا می‌باشد. این روش از انعطاف‌پذیری و اعتبار بالایی جهت مکان‌یابی مناطق مستعد برای اجرای پروژه‌های استحصال آب باران در مناطق خشک و نیمه‌خشک برخوردار می‌باشد و می‌تواند با تغییرات آتی در خصوصیات حوضه خود را هماهنگ کند، به علاوه مدیران می‌توانند استراتژی‌های مورد نظر خود را در خصوص تغییر شاخص‌ها و...، در این سیستم اعمال نمایند.

منابع

1.Abkhizi,Kh.Khosravi,H.Khalighi,Sh.Moghaddamniya, A. 2017. Suitable Site Selection for Rainwater Harvesting using Hub Coating Problem(PR Algorithm),(case study: Birjand plain). Master Thesis, University of Tehran.

2. Akbarpour, A. Shahezi Siyuki, A. Keshavaez, A. Foroughi Far, H. 2015. Determination of appropriate rainwater harvesting locations for use in agricultural uses using the AHP model. Water Management Issue, Sixth Year. No. 12. P. 65.

3. Albalawneh, A. Chang, K. Huang, W. Mazahreh, S. 2015. Using Landscape Metrics Analysis and Analytic Hierarchy Process to Assess Water Harvesting Potential Sites in Jordan. Environments, 2(3), 415-434.

4. Ammar, M. Mohamed, O. Coen, R. 2015. A Methodology to Assess and Evaluate Rainwater Harvesting Techniques in(Semi-)Arid Regions.

5. Arasti, M. Moadel, R. 2003. Investigating the Attractiveness of Fuel Cell Compared to Other Usable Technologies in the Iranian Automotive Industry. Sharif(24): 57-49.

6. Azare, A. 2002. Development of Shannon entropy method for data processing in content analysis. Al-Zahra University Humanities Quarterly, Volume 11, Issues 37 and 38, pp. 18-1.

7. F.A.O., Water harvesting.(www.fao.org)

8. Guizani M., 2016. Storm Water Harvesting in Saudi Arabia: a Multipurpose Water Management Alternative. Journal of Water Resour Manage. 11269-016-1255-4.

9. Hatibu, N. Mutabazi, K. Senkondo, M. and Msangi, K. 2006. Economics of rainwater harvesting for crop enterprises in semi-arid areas of East Africa, Agricultural Water Management, 80(1): 74-86.

10. Jafari, M. Azarnivand, H. Sori, M. Mahdavi, Kh. 2015. Locating the implementation of the pitting and forging projects(Case Study: Kermanshah Provinc). Journal of Iranian Rangeland and Desert Research, Volume 21, Number 1.

11. Khairkhah Zarkesh, M. 2009. Using Analytical Hierarchy Process to Prioritize Suitable Locations for Underground Dam Construction. Journal of Research and Construction, No. 79.

12. Khairkhah Zarkesh, A. Mohammadi, F. and Meamarian, e. 2015. Determine areas prone to harvesting and storing rainwater using hierarchical analysis in the GIS environment. Journal of Rainwater Basin Systems. P. 14.

13. Mahmodi, N. 2013. Locating suitable areas for rainwater storage. First National Conference on Rainwater Surface System.

14. Mbilinyai, P. Tumbo, D. Mahoo, F. Senkondo, M. and Hatibu, N. 2007. Indigenous knowledge as decision support tool in rainwater harvesting.

15. Mohammed Hameed, H. 2013. Water harvesting in Erbil Governorate, Kurdistan regionIraq Detection of suitable sites using Geographic Information System and Remote Sensing.

16. Mohebi Tafrashi, A. Kheirkhah Zarkesh, M. Mohebi Tafreshi, Gh. 2015. Application of GIS and RS Techniques to Decision Support System in Locating Suitable Areas for Underground Dam Construction(Case Study: Qazvin Province), Iranian Journal of Watershed Management

Science and Engineering, No. 26.

17. Molina, J. Bromley, J. Garcia-Arostegui, J. Sullivan, C. Benavente, J. 2010. Integrated water resources management of overexploited hydrological system using objected-oriented Bayesian network. Environml Modeling & Software, 25(4). PP: 383- 397.

18. Mirmohammad Sadeghi, A. Nabaviyan Pour, M. Sadeghi, H. 2019. Identification of Areas of Predictability of Rainwater Collection Using Analytical Hierarchy Process(AHP) and Network Analysis Process(ANP),(Case Study: Isfahan Province). 7th National Conference on Water Resources Management, Yazd University.

19. Name, m H. 2013. Identification of suitable places for collecting heavenly deserts using Geographic Information System(Case Study: Birjand Plain). Geographic Quarterly of the Land, the tenth year. No. 39.

20. Oliyaye, A. Fatehi, J. Gholami, V. Hamdamjo, M. 2013. Locating suitable areas for rainwater harvesting(Case study: Sage et al basin). First National Conference on Sustainable Development Solutions, Tehran - Ministry of Interior.

21. Pelak, N. Porporato, A. 2016. Sizing a rainwater harvesting cistern by minimizing costs. Journal of Hydrology. 541: 1340–1347.

22. Pishyar, S., Khosravi, H., Tavili, A., Malekian, A., & Sabourirad, S.(2020). A Combined AHP-and TOPSIS-Based Approach in the Assessment of Desertification Disaster Risk. Environmental Modeling & Assessment, 25(2), 219-229

23. Ramesht, M. Arabameri, A. 2012. Prioritizing Urban Areas for Establishing Fire Stations Using Two Linear Approaches and TOPSIS Using GIS Technique(Case Study, Maku City). Specialized Journal of Spatial Planning, Vol. 1, No. 1, pp. 16-1.

24. RELMA in ICRAF and UNEP.2005. Potential for rainwater harvesting in Ten African Cities, A GIS overview.

25. Rosmina, N. Safwan Jauharib, A. Hatib Mustaamalc, A. Husind, F. and Yusri Hassan, M. 2015. Experimental study for the singlestage and double-stage two-bladed Savonius micro-sized turbine for rain water harvesting(RWH) system. 2nd International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application, ICSEEA. ScienceDirect. Energy Procedia. 68: 274 – 281.

26. Sadeghi, Sh. Akbarpoor, A. 2011. Comparing two different strategies in locating prone area water harvesting using decision support system(DSS) based on GIS Case study: Birjand splain). 11th Seminar of Irrigation and reduce evaporation. Kerman. 8 -10 February

27. Sadeghiravesh, M. Zehtabian, Gh. Khosravi, H. 2014. Application of AHP and ELECTERE models for assessment of de-desertification alternatives. Desert. 19(2): 141-153.

28. Sepehr, A. Ekhtesasi, M. Almodaresi, A. 2013. Development of Desertification Indicators System Based on DPSIR(Using Fuzzy TOPSIS Method), Journal of Geography and Environmental Planning, No. 1, pp. 89-35.

29. Shamahi, A. mosivand, J. 2012. Ranking of Isfahan Province Cities in terms of Tourism Infrastructure Using AHP and TOPSIS Models. Urban and Regional Studies and Research, Third Year, 10: 40-23.

30. Soltani, A. 2017. Feasibility of susceptible areas for rainwater harvesting, based on AHP in GIS environment(a case Study: Khosroabad watershed, Iran). Journal of Rainwater Catchment Systems, 5(2) :65-76.

31. Soltani, M. Soleimani, K. Habibnejhad, M. Jalili, Kh. 2019. Comparative Location of Rainwater Collection(Case Study: Mikhoran and Khosroabad Basins of Kermanshah Province). Journal of Desert Ecosystem Engineering Research 18: 62-49.

32. Tahvili, Z. Malekian, A. Khosravi, H. Khalighi, Sh. 2018. Study of Locating Rainwater Harvesting Potential in Dry Areas Using TOPSIS Method, Case Study: Anarak Plain. Journal of Irrigation and Water Engineering. Seventh Year, No. 27.

33. Vitousek, P. Mooney, H. Lubchenco, J. Melillo, J. 1997. Human domination of Earth's ecosystems, Science, 277(5325): 494-499.

34. Welderufael, W.A. Woyessa, Y.E. Edossa, D.S. 2013. Impact of rainwater harvesting on water resources of the modder river basin, central region of South Africa. Journal of Agricultural Water Management. 116: 218– 227.

35. Winnaar, G. Jewitt, G. P. Horan, M. 2007. A GIS-based approach for identifying potential runoff harvesting sites in the Thukela River basin, South Africa, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 32(15): 1058-1067.

36. Yogesh, B. Patil, S. Vikhe, D.2014. Selection of Appropriate Sites for Structures Water Harvesting in a Watershed using Remote Sensing and Geographical System.

37. Yousefi, M. Nourmohammadi, S. Memarian, H. 2016. Locating water harvesting projects in arid and semi-arid watersheds using hierarchical multi-criteria decision making in GIS(Case Study: Sarab River Basin, Khorasan Razavi Province). Rainwater Surface Systems. Year Three, Volume 8.

38. Zebardast, A. Mohammadi, A. 2006. Locating relief centers in earthquake situations using GIS system and multi-criteria decision making methods. beautiful arts. Volume 21, 21: 16-5

نشریه علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iranian Journal of Watershed
Management Science & Engineering

Vol. 14, No. 49, Summer 2020
سال چهاردهم- شماره ۴۹- تابستان ۱۳۹۹

Suitable Site Selection for Rainwater Harvesting for Drinking and Agricultural Purposes Using Hub Coating Problem (PR Algorithm)

Kh. Abkhizi[1], H. Khosravi[2], Sh. Khalighi Sigaroodi[3], A. Moghaddamnia[4] and M.Talebiniya[5]

Received: 21-03-2020 Accepted: 20-09-2020

Abstract

Surface water resulted from rainfall-runoff responses in a basin is a potential water source that if it is managed properly can be useful to demand secure. In this study, hub coating algorithm(PR) and geographic information system(GIS) were used to identify areas with potential in Birjand plain for rainwater harvesting. The weight of 18 decision-making indices was calculated and prioritized using TOPSIS method. After determining the weight of each of these indices for locating rainwater harvesting potential, indices maps were prepared in Arc GIS 10.3 software and then for final mapping of rainwater harvesting potential of Birjand plain, points having common characteristics of 6 highest weight indices were determined. In total, 220 points were extracted as the best points from the TOPSIS method. Using the hub overlay method with algorithm(pr) and coding in Matlab environment, out of 220 points, 20 points were identified as suitable locations(hubs). Finally, the final map was drawn by inserting these points into ArcGIS software. The results showed that in the north and northwest of Birjand, the soil has a high capacity for rainwater harvesting, these areas mainly have sandy-pebbly soil texture, high permeability, moderate rainfall and residential land use.

Keywords: Rain water harvesting, Shannon entropy, TOPSIS method, Birjand, Coding, matlab

1. Graduate of Combating Desertification, Faculty Natural Resources, University of Tehran
2. Corresponding Author and Associate Professor, Faculty Natural Resources, University of Tehran, Email: hakhosravi@ut.ac.ir
3. Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
4. Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
5. Ph.D student, Desert Management and Control, Faculty of Natural Resources, University of Tehran