

## مکان‌یابی مقایسه‌ای جمع‌آوری آب باران

### (مطالعه موردی: حوضه‌های میخوران و خسروآباد استان کرمانشاه)

میلاذ سلطانی<sup>۱</sup>، کریم سلیمانی<sup>۲\*</sup>، محمود حبیب‌نژاد روشن<sup>۳</sup>، خلیل جلیلی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۹

#### چکیده

تأمین آب مورد نیاز مردم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و شناسایی محل‌های مناسب برای احداث سیستم‌های جمع‌آوری آب باران، گامی مهم در این راستا می‌باشد. هدف از این پژوهش، شناسایی مناطق مستعد به‌منظور احیاء منابع آب استفاده در اکوسیستم‌های مختلف است. در این تحقیق، عوامل تأثیرگذار بر نفوذ و ذخیره آب باران در حوضه‌های آبخیز میخوران و خسروآباد شهرستان سنقر کرمانشاه مشخص و وارد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی شد. شاخص‌های انتخاب‌شده با استفاده از پرسش‌نامه و توسط نظریات کارشناسان و اساتید، طی فرایند مهندسی ارزش‌گذاری شد. ضرایب اهمیت آن‌ها و جداول مقایسات زوجی تکمیل گردید. در این راستا وزن معیارهای یازده‌گانه پوشش گیاهی، تاج‌پوشش، درصد و جهت شیب، بارندگی، سنگ‌شناسی، کاربری‌اراضی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، ژئومورفولوژی، طبقات ارتفاعی و فرسایش با استفاده از MATLAB<sup>R2009a</sup> محاسبه و بر پایه محیط ArcGIS10.3 تهیه گردید که به‌ترتیب اعداد ۰/۰۱۸۸، ۰/۰۲۵۴، ۰/۱۳۶۵، ۰/۰۴۸، ۰/۲۵۰۹، ۰/۰۶۰۸، ۰/۰۵۷۵، ۰/۱۵۳۹، ۰/۰۵۸۹، ۰/۰۸۰۸، ۰/۱۰۸۴ به دست آمد. پس از تعیین وزن هر یک از معیارهای مزبور، مناطق مستعد شناسایی و در محیط GIS به پنج سطح بسیار مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب تقسیم شد. نتایج این تحقیق نشان داد علاوه بر عامل بارندگی، دو عامل شیب و گروه‌های هیدرولوژیک خاک به‌عنوان دیگر عوامل اصلی از بقیه عوامل تأثیر بیشتری دارند.

**واژه‌های کلیدی:** جمع‌آوری آب باران، تحلیل سلسله‌مراتبی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مکان‌یابی، کرمانشاه.

۱. دانش‌آموخته مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،

۲. استاد گروه علوم مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، نویسنده مسئول / solaimani2001@yahoo.co.uk

۳. استاد گروه علوم مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴. استادیار گروه هیدرولیک و منابع آب جهاد دانشگاهی استان کرمانشاه

## مقدمه

آب در کنار مسائلی چون حفظ محیط زیست و ریشه‌کنی فقر و گرسنگی، یک مسئله اساسی در توسعه پایدار محسوب شده و امری ضروری برای بقا و سلامتی بشر است (رلما<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵). آب سطحی که نتیجه فرایند بارش-رواناب در یک حوزه آبخیز است، منبع آب بالقوه‌ای است که اگر به‌طور صحیح مدیریت شود، می‌تواند برای تأمین تقاضا مفید واقع گردد. در این راستا جمع‌آوری آب باران گزینه‌ای مناسب است برای انحصار و ذخیره رواناب سطحی جهت کاربردهای بعدی، به‌ویژه در طول دوره‌هایی که محدودیت دسترسی به آب وجود دارد (وینار<sup>۲</sup>، ۲۰۰۷). بدین منظور یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری برای امکان‌یابی مناطق مستعد جمع‌آوری آب باران، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی است که اولین بار توماس ال‌ساعتی<sup>۳</sup> در سال ۱۹۸۰ مطرح کرد و بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاد و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران داد (احمدی و همکاران، ۲۰۰۵). در زمینه مکان‌یابی سامانه‌های جمع‌آوری آب باران، مطالعاتی مختلف انجام شده که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

عامری و همکاران (۲۰۱۱)، به تعیین مکان‌های مناسب برای آبخیز با استفاده از AHP<sup>۴</sup> پرداختند و از لایه‌های رودخانه، شیب، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و راه‌ها به‌صورت رقومی استفاده کردند. پس از وزن‌دهی نسبی لایه‌ها در محیط GIS<sup>۵</sup>، مکان‌های مناسب آبخیز بر اساس اولویت به ۵ ناحیه طبقه‌بندی شدند. فارزی و همکاران (۲۰۱۲)، در تعیین عوامل مؤثر در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی با استفاده از GIS در سبزوار، مهم‌ترین عوامل مؤثر در مکان‌یابی سایت‌های مناسب احداث سد زیرزمینی در یک رودخانه را با معیار کمی و کیفی طبقه‌بندی کردند. معیارهای کمی شامل داده‌های اقلیمی، هیدرولوژیکی و معیارهای کیفی شامل نقشه‌های توپوگرافی، انتخاب خط القعرهای مناسب، تصاویر

ماهواره‌ای، فاصله از اراضی زراعی و مسکونی و فاصله از گسل‌ها، زمین‌شناسی و مسائل اقتصادی و اجتماعی بودند. جلیلی و همکاران (۲۰۱۴)، در ارزیابی تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی از طریق کانال‌های زهکش سطحی با استفاده از روش AHP در دشت سراب نیلوفر استان کرمانشاه، ۱۳ لایه مختلف اطلاعاتی مستخرج از گزارش‌های فیزیوگرافی، هواشناسی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، هیدرولوژی، آب‌های زیرزمینی، نفوذپذیری، زیست‌محیطی و فرسایش و رسوب تهیه و با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی نسبت به اولویت‌بندی کانال‌ها اقدام کردند. نتایج نشان داد که معیارهای نفوذپذیری، بافت و ضخامت لایه بحرانی بالاترین ضرایب اهمیت را به خود اختصاص داده‌اند. اکبریور و همکاران (۲۰۱۵)، در تعیین مکان‌های مناسب جمع‌آوری آب باران برای استفاده مصارف کشاورزی با استفاده از مدل AHP در حوزه آبخیز بیرجند، پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و برآورد وزن‌دهی به هر کدام به این نتیجه رسیدند که با قرار دادن استعداد حوزه آبخیز در چهار کلاس ضعیف، متوسط، خوب و بسیار خوب مقدار درصد مشخصی به طبقات اختصاص می‌یابد و به‌طور کلی از غرب به سمت شرق حوزه آبخیز، بر استعداد آن در جمع‌آوری آب باران افزوده می‌شود. سلطانی (۲۰۱۷)، در امکان‌سنجی مناطق مستعد استحصال آب باران با ترکیب لایه‌های پوشش گیاهی، شیب، بارندگی، کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، طبقات ارتفاعی و فرسایش، عوامل بارندگی، شیب و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک را به‌عنوان اصلی‌ترین فاکتورها معرفی کرد.

اویس و تایم<sup>۶</sup> (۱۹۹۶)، پس از تجزیه و تحلیل فاکتورهای حوضه که شامل لایه‌های میزان بارش، تبخیر و تعرق، نفوذپذیری آب در خاک و رواناب در سه حوضه کوچک جمع‌آوری آب در منطقه خشک اردن به این نتیجه رسیدند که استفاده از سیستم جمع‌آوری آب منجر به رشد بازده محصول، افزایش تعادل آب خاک در منطقه ریشه و تجمع رواناب در مکان‌های مشخص شده می‌شود. مبلین<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۷)،

1. Relma
2. Winnaar
3. Saaty
4. Analytical Hierarchy Process
5. Geographic Information System

6. Oweis & Taimeh
7. Mbilinyi

آبی جهان امروز، سیستم RWH را پیشنهاد کرد؛ هر چند که اشکالاتی مانند بهینه‌سازی عددی، هزینه بالا و مختص مناطق خاص بودن را داراست. وی فرمولی را برای حجم مخزن بهینه ارائه کرد که نشانگر کاهش هزینه‌های مصرف آب در سیستم مخزن RWH نسبت به حالت عدم وجود چنین ساختاری است. بر اساس نتایج، پیکربندی سیستم RWH توانایی خاصی در کاهش رواناب و هزینه دارد.

شناسایی مکان‌هایی که بتوان این سامانه‌ها را در آن اجرا کرد، از اولین چالش‌های مدیران اجرایی، طراحان و پژوهشگران است. فرایند رو به رشد صنعتی شدن، شهرنشینی و کشاورزی باعث کاهش پتانسیل نفوذ آب باران و تغذیه آب‌های زیرزمینی شده است. از این رو با استناد بر نتایج بسیاری از محققان در سراسر جهان مبنی بر اینکه افزایش راندمان و بهره‌وری آب در گرو شناسایی مکان‌های جمع‌آوری آب باران است، امکان‌یابی جمع‌آوری آب باران برای مقابله با کمبود آب و مدیریت هرچه بهتر منابع آب کشور امری ضروری به نظر می‌رسد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعاتی

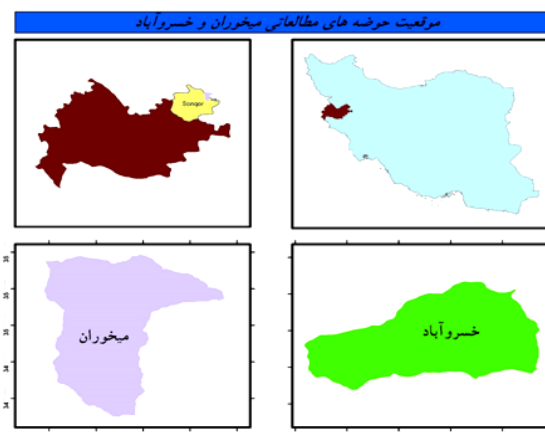
حوزه آبخیز خسروآباد با مساحت ۱۸۵۵/۶۷ هکتار در استان کرمانشاه، در شهرستان سنقر قرار گرفته و از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۴۲'، ۴۴' و ۴۷° تا ۲۰"، ۲۹' و ۴۷° طول شرقی و ۳۴"، ۵۶' و ۳۴° تا ۵۲"، ۵۸' و ۳۴° عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوزه ۲۶۰۲ متر و حداقل ارتفاع در خروجی حوزه برابر ۱۹۵۴ متر از سطح دریاست. از نظر هیدرولوژیکی، حوزه مطالعاتی خسروآباد یکی از سرشاخه‌های رودخانه گاوهرود از زیرحوضه‌های حوزه مرزی غرب کشور است. از لحاظ تقسیمات زمین‌ساختی در زون سنندج- سیرجان واقع شده است. حوزه‌های آبخیز شامل هشت آبادی است (مهندسین مشاور طرح آبریز، ۲۰۱۵). شکل (۱) موقعیت حوضه را در کشور و استان کرمانشاه به تصویر کشیده است.

برای شناسایی محل‌های دارای پتانسیل برای جمع‌آوری آب باران، از سیستم تصمیم‌گیری بر پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. برای این منظور، لایه‌های اطلاعاتی بارش، شیب، بافت خاک، عمق خاک، شبکه زهکشی و کاربری وارد سیستم تصمیم‌گیری بر پایه GIS شد. خروجی حاصل نقشه محل‌های دارای پتانسیل برای جمع‌آوری و ذخیره آب را نشان داد. آنان در این مطالعه قابلیت کاربرد سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در شناسایی مکان‌های مستعد برای جمع‌آوری آب باران را نشان دادند. استورم<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۹)، در بررسی جمع‌آوری آب باران به‌عنوان یک جایگزین برای منبع آب در مناطق روستایی نامی‌بیا، ضمن بررسی دو روش در جمع‌آوری آب باران (RWH)<sup>۲</sup> شامل استفاده از سقف‌ها و همچنین سطوح عایق روی زمین بیان کردند در تعیین مکان‌های مناسب باید از یک سیستم اطلاعاتی مبتنی بر لایه‌های صحیح برای تصمیم‌گیری همراه با دسترسی آسان و سریع استفاده شود. ولدرفیل<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۳)، در بررسی اثرات RWH بر منابع آب در مناطق نیمه‌خشک آفریقای جنوبی به این نتیجه رسیدند که اجرای روش‌های RWH بر بازده سالانه آب و تغذیه منابع آب اثر قابل مشاهده‌ای دارد و استفاده از آب این شیوه‌ها در کشاورزی آبی بر رژیم اراضی پایین دست مؤثر نیست. روسمین<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۵)، در تحقیقی درباره عملکرد تک‌مرحله و دومرحله دو پره توپین کوچک برای برداشت جمع‌آوری آب باران در مالزی، به این نتیجه رسیدند که سیستم RWH یک روش جمع‌آوری و ذخیره‌سازی رایگان آب باران است که با هدف قابلیت تولید برق متمرکز بوده و نتیجه نهایی مشخص کرد که تک‌مرحله‌ها با عملکرد بهتر نسبت به دومرحله‌ها، قادر به تولید نور ۰/۳ وات برای یک چراغ لامپ است. پلاک و پورپورات<sup>۵</sup> (۲۰۱۶)، ضمن تحقیقی با عنوان برآورد مخزن جمع‌آوری آب باران در کنار کاهش هزینه‌ها در ایالات متحده آمریکا، برای حل مشکل کمبود منابع

1. Sturm
2. Rainwater Harvesting
3. Welderufael
4. Rosmin
5. Pelak & Porporato

## گام به گام مراحل پژوهش

۱. بررسی منابع و جمع آوری آمار؛
۲. مراجعه به ادارات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات آب و خاک و جهاد دانشگاهی دانشگاه رازی کرمانشاه؛
۳. تعیین محدوده منطقه پژوهش؛
۴. تهیه، ساخت و ترکیب لایه‌های مورد نیاز منطقه شامل پوشش گیاهی، درصد و جهت شیب، بارندگی، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، طبقات ارتفاعی سنگ‌شناسی و فرسایش منطقه با بهره‌گیری از نرم‌افزار GIS؛
۵. تهیه، تجمیع تکمیل پرسشنامه (توسط اعضای هیئت‌علمی جهاد دانشگاهی دانشگاه رازی و کارشناسان مربوط در اداره کل منابع طبیعی و مرکز تحقیقات آب و خاک استان کرمانشاه) و تجزیه و تحلیل در محیط نرم‌افزار متلب؛
۶. به دست آوردن نرخ ناسازگاری و شروع روند ارزش‌گذاری در لایه‌های مذکور؛
۷. به دست آوردن نقشه نهایی مناطق مستعد جمع‌آوری آب باران در حوضه‌های معرف.

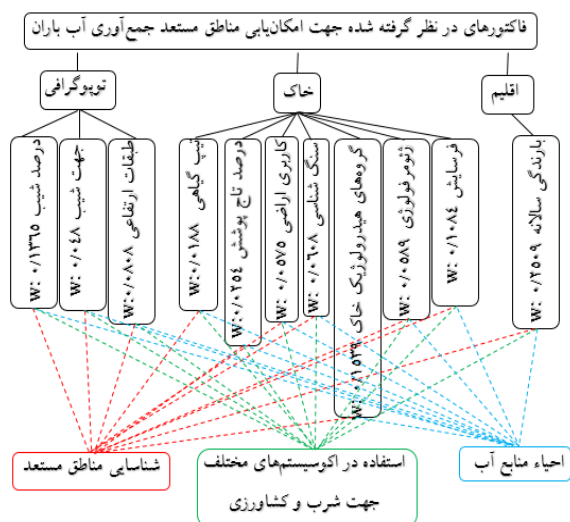


شکل (۱): موقعیت جغرافیایی حوضه مطالعاتی

Figure (1): Geographical location of the study basin

## روش تحقیق

بر اساس نظریات کارشناسان و اساتید، عوامل تأثیرگذار بر نفوذ و ذخیره آب باران در پروفیل خاک در حوضه‌های معرف شهرستان سنقر مشخص و وارد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی شد. شاخص‌های انتخاب‌شده با استفاده از پرسشنامه و توسط نظریات کارشناسان، اساتید و صاحب‌نظران مجرب به روش گروهی، طی فرایند مهندسی ارزش و به روش انفرادی و مقایسه دو به دو ارزش‌گذاری شد. سپس ضرایب اهمیت آن‌ها تعیین و جداول مقایسات زوجی تکمیل گردید. جداول تکمیل‌شده نیز به روش بردار ویژه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مجموعه عوامل مختلف مؤثر بر تعیین اولویت مکان‌یابی جمع‌آوری آب باران در منطقه سنقر و کلیایی که با بررسی منابع خارجی و داخلی و همچنین بر اساس نظریات کارشناسان و اساتید مجرب تأیید گردید و شامل پوشش گیاهی (چهار شاخص)، درصد تاج پوشش (پنج شاخص)، درصد شیب (شش شاخص)، جهت شیب (پنج شاخص)، بارندگی (پنج شاخص)، سنگ‌شناسی (پنج شاخص)، کاربری اراضی (چهار شاخص)، گروه‌های هیدرولوژیک خاک (چهار شاخص)، ژئومورفولوژی (سه شاخص)، طبقات (شش شاخص) و فرسایش (پنج شاخص) می‌باشند، نیز اولویت‌بندی گردید. ابتدا با استفاده از نظریات متخصصان، اساتید مربوط و صاحب‌نظران به روش مقایسات زوجی و مطابق با روش ساعتی، جداول ارزش تکمیل گردید و سپس به روش بردار ویژه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.



نمودار (۱): ساختار سلسله‌مراتبی تحقیق نشان‌دهنده سطوح هدف،

معیارها به همراه وزن معیارها

Chart (1): The structure of Analytical Hierarchy Process of research showing the levels of objective, criteria along with criteria weigh

### نتایج

بعد با بهره‌گیری از جدول ساعتی به‌صورت کمی ارائه می‌شوند. در این فرایند نسبت ناسازگاری تعیین می‌شود و اگر میزان آن کمتر از ۰/۱ باشد، دلالت بر سطح قابل قبول سازگاری مقایسه‌های جفتی دارد که در این مطالعه، میزان ناسازگاری برای هریک از معیارهای اصلی و زیرمعیارهای آن به‌تفکیک در جداول زیر نشان داده شده است. جداول تکمیل‌شده نیز به روش بردار ویژه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. سپس با تهیه و ترکیب نقشه‌های شیب، بارندگی، کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، طبقات ارتفاعی و فرسایش منطقه مورد مطالعه نقشه نهایی مناطق مستعد حوضه معرف نیز به دست آمد که در شکل (۲) نمایان است. جداول به‌دست‌آمده به شرح زیر است.

در این تحقیق، عوامل تأثیرگذار بر نفوذ و ذخیره آب باران در حوزه آبخیز خسروآباد شهرستان سنقر استان کرمانشاه مشخص شده و وارد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گردید. ۵۹ معیار به‌صورت کلی بیان شد که از این تعداد، ۱۱ معیار اصلی و ۴۸ زیرمعیار در نظر گرفته شد شاخص‌های انتخاب‌شده با استفاده از پرسش‌نامه و توسط نظریات کارشناسان، اساتید و صاحب‌نظران مجرب به روش گروهی طی فرایند مهندسی ارزش و به روش انفرادی و مقایسه دو به دو ارزش‌گذاری شد. جداول (۱ تا ۹) نتایج مقایسه زوجی پارامترها و وزن‌های به‌دست‌آمده بعد از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی را نشان می‌دهد. در روش AHP، معیارها ابتدا به‌صورت کیفی بوده و

جدول (۱): ارزش‌گذاری معیار فرسایش و شاخص‌های مربوط به آن

Table (1): Estimation of the erosion criterion and its related indicators

فرسایش	ارزش معیار	تعداد زیرشاخص	ارزش زیرشاخص	ضریب نرمال	ارزش نرمال زیرشاخص	ارزش کل زیرشاخص	ضریب ۱۰۰۰
	۰/۱۰۸۴	۶		۰/۱۰۴۱۶			
فرسایش سطحی		۱	۰/۴۶۳		۰/۰۴۸۲	۰/۰۰۵۲۲	۵/۲۲
فرسایش شیبی		۲	۰/۲۸۱۷		۰/۰۲۹۳	۰/۰۰۳۱۸	۳/۱۸
فرسایش واریزه‌ای		۳	۰/۱۰۷۲		۰/۰۱۱۱	۰/۰۰۱۲۱	۱/۲۱
فرسایش لغزشی		۴	۰/۰۶۷۳		۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۷۵۹	۰/۷۵۹
فرسایش اراضی کشاورزی		۵	۰/۰۸۰۸		۰/۰۰۸۴	۰/۰۰۰۹۱۲	۰/۹۱۲
							۰/۰۹۰۶
							نرخ ناسازگاری

جدول (۲): ارزش‌گذاری معیار طبقات ارتفاعی و شاخص‌های مربوط به آن

Table (2): Evaluation of the Elevation Class Criterion and its Indicators

طبقات ارتفاعی (متر)	ارزش معیار	تعداد زیرشاخص	ارزش زیرشاخص	ضریب نرمال	ارزش نرمال زیرشاخص	ارزش کل زیرشاخص	ضریب ۱۰۰۰
	۰/۰۸۰۸	۶		۰/۱۲۵			
۱۸۰۰-۲۰۰۰		۱	۰/۰۵۴۵		۰/۰۰۸۲	۰/۰۰۰۵۶	۰/۵۶
۲۰۰۰-۲۲۰۰		۲	۰/۰۸۳۱		۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۷۷	۰/۷۷
۲۲۰۰-۲۴۰۰		۳	۰/۳۸۹۶		۰/۰۱۴۷	۰/۰۰۳۶۹۳	۳/۶۹
۲۴۰۰-۲۶۰۰		۴	۰/۲۵۹۵		۰/۰۲۰۱	۰/۰۰۲۴۲	۲/۴۲
۲۶۰۰-۲۸۰۰		۵	۰/۱۷۲		۰/۰۲۸۶	۰/۰۰۱۶۱۰	۱/۶۱
>۲۸۰۰		۶	۰/۰۴۱۳		۰/۰۴۲۲	۰/۰۰۰۳۴۱۲	۰/۳۴۲
							۰/۰۳۲۵۲
							نرخ ناسازگاری

جدول (۳): ارزش گذاری معیار ژئومرفولوژی و شاخص های مربوط به آن

Table (3): Valuation of Geomorphic Criteria and Related Indicators

ژئومرفولوژی	ارزش معیار	تعداد زیرشاخص	ارزش زیرشاخص	ضریب نرمال	ارزش نرمال زیرشاخص	ارزش کل شاخص	ارزش کل زیرشاخص ضربدر ۱۰۰۰
کوهستان	۰/۰۵۸۹	۳		۰/۰۶۲۵			
(دامنه های منظم و نامنظم)		۱	۰/۶۲۷		۰/۰۳۹۱	۰/۰۰۲۳۰۸	۲/۳۰
تپه ماهور (دامنه های نامنظم)		۲	۰/۲۷۹۳		۰/۰۱۷۴	۰/۰۰۱۰۲۸	۱/۰۲
دشت سر و تراس های آبرفتی رودخانه ای		۳	۰/۰۹۳۷		۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۰۳۳۴	۰/۳۴۴
	نرخ ناسازگاری				۰/۰۷۱۹۹		

جدول (۴): ارزش گذاری معیار گروه های هیدرولوژیک خاک و شاخص های مربوط به آن

Table (4): Valuation of the criteria for hydrological groups of the soil and its related indicators

گروه های هیدرولوژیک خاک	ارزش معیار	تعداد زیرشاخص	ارزش زیرشاخص	ضریب نرمال	ارزش نرمال زیرشاخص	ارزش کل شاخص	ارزش کل زیرشاخص ضربدر ۱۰۰۰
	۰/۱۵۳۹	۴		۰/۰۸۳۳			
A		۱	۰/۰۶۳۳		۰/۰۰۵۲	۰/۰۰۰۸۱۱	۰/۸۱۱
B		۲	۰/۱۳۱۵		۰/۰۱۰۹	۰/۰۰۱۶۸	۱/۶۸
C		۳	۰/۲۶۳۶		۰/۰۲۱۹	۰/۰۰۳۳۸	۳/۳۸
D		۴	۰/۵۴۱۶		۰/۰۴۵۱	۰/۰۰۶۹۴	۶/۹۴
	نرخ ناسازگاری				۰/۰۵۲۲۰		

جدول (۵): ارزش گذاری معیار کاربری اراضی و شاخص های مربوط به آن

Table (5): Valuation of Land Use Criteria and Related Indicators

کاربری اراضی	ارزش معیار	تعداد زیرشاخص	ارزش زیرشاخص	ضریب نرمال	ارزش نرمال زیرشاخص	ارزش کل شاخص	ارزش کل زیرشاخص ضربدر ۱۰۰۰
	۰/۰۵۷۵	۴		۰/۰۸۳۳			
مرتع		۱	۰/۵۴۲۲		۰/۰۴۵۱	۰/۰۰۲۵۹۸	۲/۵۹
زراعت آبی		۲	۰/۰۸۵۲		۰/۰۰۷۱	۰/۰۰۰۴۰۸۲	۰/۴
زراعت دیم		۳	۰/۲۱۳۲		۰/۰۱۷۷	۰/۰۰۱۰۲۱	۱/۰۲۱
باغ		۴	۰/۱۵۹۳		۰/۰۱۳۲	۰/۰۰۰۷۶۳۳	۰/۷۶
	نرخ ناسازگاری				۰/۰۵۲۲۰		

جدول (۶): ارزش‌گذاری معیار سنگ‌شناسی و شاخص‌های مربوط به آن

Table (6): Estimation of linguistic criteria and related indicators

ارزش کل زیرشاخص ضربدر ۱۰۰۰	ارزش کل شاخص	ارزش نرمال زیرشاخص	ضریب نرمال	ارزش زیرشاخص	تعداد زیرشاخص	ارزش معیار	سنگ‌شناسی
			۰/۱۰۴۱۶۶		۵	۰/۰۶۰۸	
۲/۵۸	۰/۰۰۲۵۸۷	۰/۰۴۲۵		۰/۴۰۸۵	۱		آندزیت دیوریت،
۱/۶۸	۰/۰۰۱۶۸۰	۰/۰۲۷۶		۰/۲۶۵۳	۲		گرانودیوریت، سینیت
۱/۰۲	۰/۰۰۱۰۲۴۱	۰/۰۱۶۸		۰/۱۶۱۷	۳		دگرگونی آهکی، مرمر، شیست
۰/۶۲	۰/۰۰۰۶۲۲	۰/۰۱۰۲		۰/۰۹۸۳	۴		میکاشیست، شیست سبز و گروندادار و
۰/۴۱	۰/۰۰۰۴۱۸۶	۰/۰۰۶۸		۰/۰۶۶۱	۵		آندالوزیت پادگانه‌های آبرفتی
	۰/۰۲۲۱۵						نرخ ناسازگاری

جدول (۷): ارزش‌گذاری معیار بارندگی سالانه و شاخص‌های مربوط به آن

Table (7): Estimation Annual precipitation criteria and related indicators

ارزش کل زیرشاخص ضربدر ۱۰۰۰	ارزش کل شاخص	ارزش نرمال زیرشاخص	ضریب نرمال	ارزش زیرشاخص	تعداد زیرشاخص	ارزش معیار	بارندگی سالانه (میلی متر)
			۰/۱۰۴۱۶۶		۵	۰/۲۵۰۹	
۰/۹۸۲۶	۰/۰۰۰۹۸۲۶۹۱۶	۰/۰۰۳۹		۰/۰۳۷۶	۱		کمتر از ۱۰۰
۱/۷۹۵۵	۰/۰۰۱۷۹۵	۰/۰۰۷۱		۰/۰۶۸۷	۲		۱۰۰-۲۰۰
۳/۵۲۳۰	۰/۰۰۳۵۲۳۰۵	۰/۰۱۴		۰/۱۳۴۸	۳		۲۰۰-۳۰۰
۷/۰۴۳۴	۰/۰۰۷۰۴۳	۰/۰۲۸		۰/۲۶۹۵	۴		۳۰۰-۴۰۰
۱۲/۷۹۰۶	۰/۰۱۲۷۹۰۶	۰/۰۵۰		۰/۴۸۹۴	۵		>۴۰۰
	۰/۰۴۶۴۱۷						نرخ ناسازگاری

جدول (۸): ارزش‌گذاری معیار جهت شیب و شاخص‌های مربوط به آن

Table (8): Valuation of the gradient for the slope and its related indicators

ارزش کل زیرشاخص ضربدر ۱۰۰۰	ارزش کل شاخص	ارزش نرمال زیرشاخص	ضریب نرمال	ارزش زیرشاخص	تعداد زیرشاخص	ارزش معیار	جهت شیب
			۰/۱۰۴۱۶۶		۵	۰/۰۴۸	
۲/۵۴	۰/۰۰۲۵۴	۰/۰۵۲۹		۰/۵۰۸	۱		شمال
۰/۶۸۵۵	۰/۰۰۰۶۸۵۵	۰/۰۱۴۲		۰/۱۳۷۱	۲		غرب
۱/۱۰۳۵	۰/۰۰۱۱۰۳۵	۰/۰۲۲		۰/۲۲۰۷	۳		شرق
۰/۴۰۷۵	۰/۰۰۰۴۰۷۵	۰/۰۰۸۴		۰/۰۸۱۵	۴		جنوب
۰/۲۶۳	۰/۰۰۰۲۶۳	۰/۰۰۵۴		۰/۰۵۲۶	۵		بدون جهت
	۰/۰۱۲۳۲۳۴۶۶						نرخ ناسازگاری

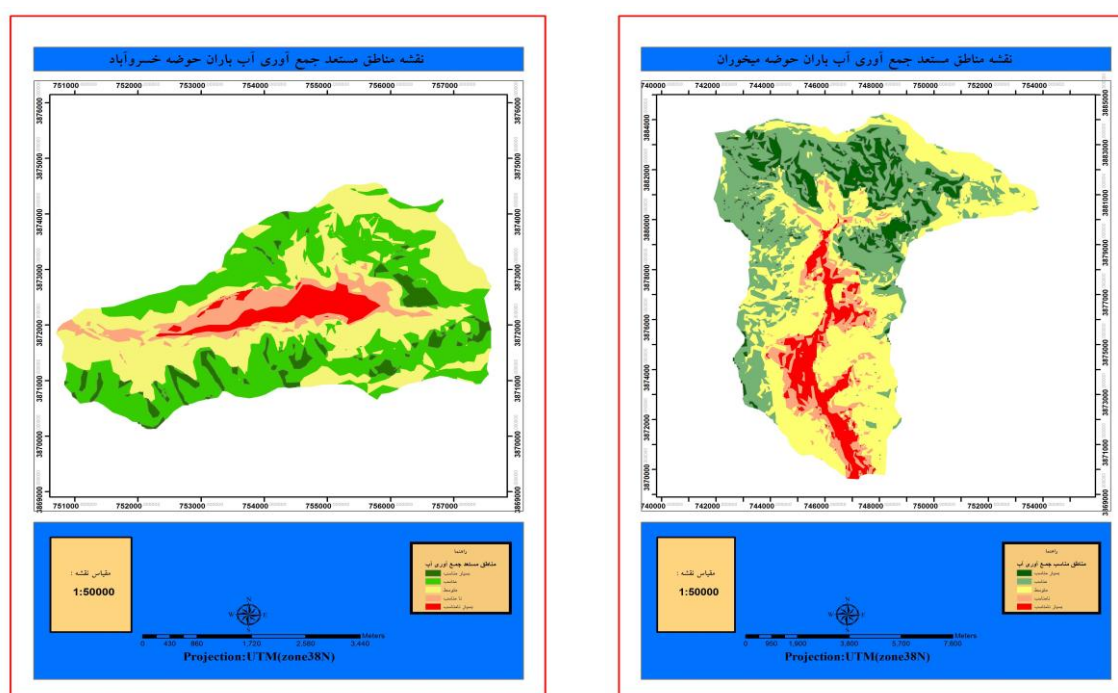
جدول (۹): ارزش گذاری معیار درصد شیب و شاخص های مربوط به آن

Table (9): Valuation of the criterion of gradient percent and its related indexes

درصد شیب	ارزش معیار	تعداد زیر شاخص	ارزش زیر شاخص	ضرب نرمال	ارزش نرمال زیر شاخص	ارزش کل شاخص	ارزش کل زیر شاخص ضربدر ۱۰۰۰
۰-۵	۰/۱۳۶۵	۶	۰/۴۷۱	۰/۱۲۵	۰/۰۰۵۱۳۸	۰/۰۰۰۷	۰/۷
۵-۱۰		۲	۰/۰۷۲۵		۰/۰۰۸۸۱	۰/۰۰۱۲۰۲	۱/۲۰۲
۱۰-۲۰		۳	۰/۴۰۸		۰/۰۱۱۳۵	۰/۰۰۶۳۰	۶/۳۰
۲۰-۳۰		۴	۰/۲۷۰۹		۰/۰۱۵۱۱	۰/۰۰۴۲۶۲۸۵۶	۴/۲۶۲۸
۳۰-۶۰		۵	۰/۱۹۰۹		۰/۰۲۳۶۳	۰/۰۰۲۷۵۷	۲/۷۵۷
>۶۰		۶	۰/۰۳۵۹		۰/۰۶۰	۰/۰۰۰۵۹۰۶۶	۰/۵۹۰

نرخ ناسازگاری

۰/۰۳۹۲۸۱۸۴۶



شکل (۲): نقشه مناطق مستعد جمع آوری آب باران در حوزه های آبخیز میخوران و خسروآباد

Fig (2): Map areas prone to Rainwater harvesting two case Meykhoran and Khosroabad Watershed

۰/۰۵۷۵، ۰/۱۵۳۹، ۰/۰۵۸۹، ۰/۰۸۰۸، ۰/۱۰۸۴ به دست آمد. پس از تعیین وزن هریک از معیارهای مزبور مناطق مستعد ذخیره آب باران شناسایی و در محیط GIS به پنج سطح بسیار مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب تقسیم شد که در حوضه خسروآباد به ترتیب ۳/۶۴، ۴۳/۸۴، ۳۸/۲۸، ۸/۴۷ و ۵/۷۵ درصد از مساحت حوضه را به خود اختصاص دادند که در واقع نشان دهنده ظرفیت بسیار بالای این حوضه برای ذخیره و جمع آوری آب باران است. در پژوهش های انجام شده توسط خیرخواه و همکاران (۲۰۱۵)، در تحقیقی درباره تعیین

طبق نتایج به دست آمده و جداول نشان داده شده، کمترین نرخ ناسازگاری مربوط به جهت شیب که معادل ۰/۱۲۳ (جدول ۸) و بیشترین آن مربوط به فرسایش است که معادل ۰/۰۹۰۶ (جدول ۱) می باشد. وزن یازده گانه پوشش گیاهی، تاج پوشش، درصد و جهت شیب، بارندگی، سنگ شناسی، کاربری اراضی، گروه های هیدرولوژیک خاک، ژئومورفولوژی، طبقات ارتفاعی و فرسایش با استفاده از MATLAB<sup>2009a</sup> محاسبه و بر پایه محیط ArcGIS 10.3 تهیه گردید که به ترتیب اعداد ۰/۰۱۸۸، ۰/۰۲۵۴، ۰/۱۳۶۵، ۰/۰۴۸، ۰/۲۵۰۹، ۰/۰۶۰۸،



پهنه‌هایی در قالب عرصه‌های نامناسب و مناسب (بسیار مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب) شد که به‌طور کلی با توجه به توانایی GIS در الگوسازی و کمک به مکان‌یابی استحصال رواناب در مدل‌های مختلف و طیف وسیع کلاس‌بندی در روش AHP، قدرت تصمیم‌گیری کارشناسان بالاتر بوده و می‌توان از هر گونه اقدامی که سبب تصمیم‌گیری نادرست شده جلوگیری کرده و سبب کاهش هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی شود. بنابراین، نتیجه می‌شود علاوه بر فاکتور بارندگی که جزء عوامل اصلی و پایه در بحث ذخیره آب باران است، عامل شیب و بافت خاک بیش از سایر عوامل مؤثر است. به‌طور کلی می‌توان این‌گونه بیان کرد که نتایج تحقیق با گاموس<sup>۱</sup> (۲۰۰۲)، قدسی‌پور (۲۰۰۵)، هاتی‌بو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۶)، جلیل و همکاران (۲۰۰۶)، جوزی‌پراکاش و ماندر<sup>۳</sup> (۲۰۰۹)، یزدانی و دخانی (۲۰۰۷)، حسن‌لو و همکاران (۲۰۰۹)، پارسامهر و همکاران (۲۰۱۱)، خاشعی‌سیوک و همکاران (۲۰۱۱)، عامری و همکاران (۲۰۱۱)، صادقی و همکاران (۲۰۱۱)، کشاورز و همکاران (۲۰۱۲)، یونگلی<sup>۴</sup> (۲۰۱۲)، جلیلی و همکاران (۲۰۱۴)، لی و گونگ<sup>۵</sup> (۲۰۰۲)، الشمیری و زیادت<sup>۶</sup> (۲۰۱۲)، کادم<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۱۲) خیرخواه زرکش (۲۰۰۷ و ۲۰۱۵) و گویزانی<sup>۸</sup> (۲۰۱۶) هم‌خوانی دارد و با نتایج نامی (۲۰۱۳)، آراستگی و معدل (۲۰۰۲) و قدسی<sup>۹</sup> (۲۰۰۱) مطابقت ندارد. در مطالعاتی که مورد بررسی قرار گرفت، عوامل بارندگی بیشترین تأثیر را در مکان‌یابی مناطق مستعد استحصال و تولید رواناب داشته و بعد از بارندگی، اثر نفوذپذیری از بقیه عوامل بیشتر بوده است. ذکر یک نکته ضروری به نظر می‌رسد که اثر بارندگی در حوضه‌هایی بیشتر تأثیرگذار است که تفاوت فاحشی بین میزان بارش در نقاط مختلف حوضه شاهد باشیم. با توجه به نقشه به‌دست‌آمده شکل (۲)، از کل مساحت حوضه

مناطق مستعد استحصال و ذخیره‌سازی آب باران با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه آبخیز رود سراب خراسان رضوی بعد از تلفیق لایه‌های شیب، بافت خاک، عمق خاک، کاربری اراضی، بارندگی و نفوذپذیری، به این نتیجه رسیدند که از بین معیارهای استفاده‌شده برای تولید رواناب، عامل کاربری و برای ذخیره رواناب، عامل بافت خاک بیشترین تأثیر را دارند. علاوه بر عامل بارندگی که جزء عوامل اصلی است، عوامل شیب زمین و خاک از لحاظ گروه‌های هیدرولوژیک خاک از میان بقیه فاکتورها تأثیر و اهمیت بیشتری دارد. فارزی و همکاران (۲۰۱۲)، در تعیین عوامل مؤثر در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی با استفاده از GIS در سبزوار، مهم‌ترین عوامل مؤثر در مکان‌یابی سایت‌های مناسب احداث سد زیرزمینی در یک رودخانه را با معیار کمی و کیفی طبقه‌بندی کردند. معیارهای کمی شامل داده‌های اقلیمی، هیدرولوژیکی و معیارهای کیفی شامل نقشه‌های توپوگرافی، انتخاب خط القعرهای مناسب، تصاویر ماهواره‌ای، فاصله از اراضی زراعی و مسکونی و فاصله از گسل‌ها، زمین‌شناسی و مسائل اقتصادی و اجتماعی بودند. محمودی (۲۰۱۲)، در شناسایی مکان‌یابی مناطق مناسب برای ذخیره آب باران که در حوضه آبخیز درخت سنجد انجام گرفت، نشان داد که به‌ترتیب نفوذپذیری خاک، پوشش سطحی خاک و شیب بعد از بارندگی دارای بیشترین اثر هستند. عشقی‌زاده و همکاران (۲۰۱۰)، نیز در تحقیقی محل‌های مناسب جمع‌آوری رواناب به‌منظور تغذیه قنوات در حوضه آبخیز کلات گناباد را با در نظر گرفتن پارامترهایی چون خاک، کاربری اراضی، بارندگی و شیب مناطق مستعد جمع‌آوری باران در استان شناسایی کردند. نتایج نشان می‌دهد که مکان‌هایی با میزان بارندگی بیشتر و شیب‌های بین ۲۰ تا ۳۰ درجه، برای جمع‌آوری آب باران مناسب‌اند. بنابراین مناطق با پتانسیل استحصال بالا عرصه‌هایی را شامل می‌شود که از لحاظ فاکتورهای در نظر گرفته‌شده دارای بهترین وضعیت برای جمع‌آوری نزولات جوی هستند.

## بحث و نتیجه‌گیری

ترکیب پارامترها با وزن‌های اختصاص داده‌شده منجر به ایجاد

1. Gomes
2. Hatibu
3. Jothiprakash & Mandar
4. Young Lee
5. Li Gong
6. Al-Shamiri & Ziadat
7. Kadam
8. Guizani
9. Ghodosi

این مطالعه مبین این مطلب است که روش مورد استفاده از اعتبار بالایی در پهنه‌بندی مناطق مناسب برای اجرای پروژه‌های استحصال آب باران برخوردار بوده و به‌کارگیری فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان یک سیستم تصمیم‌یار مکانی مؤثر در مکان‌یابی مناطق مستعد استحصال آب باران می‌باشد.

آبخیز خسروآباد (۱۸۱۹/۶۸ هکتار) در مجموع ۶۶/۲۶ هکتار دارای پتانسیل بسیار مناسب، ۷۶۹/۷۹ هکتار مناسب، ۶۹۶/۵۹ هکتار متوسط، ۱۵۴/۲۷ هکتار نامناسب و ۱۰۴/۷۷ هکتار بسیار نامناسب برای ذخیره جمع‌آوری آب باران است. پیشنهاد می‌گردد که از روش‌های عملگرهای فازی مانند TOPSIS و تصمیم‌سازی گروهی و حتی الگوریتم‌های تکامل چندهدفی، برای مدل‌سازی بهتر مکان‌یابی استفاده شود. نتایج حاصل از

## منابع

- Ahmadi, H., Mohammad Khani, Sh., Feyznia, S. And holy, C., 2005. Construction of a regional model of mass motion risk using qualitative features and hierarchical analysis of the AHP system. Case study: Taleghan watershed. *Journal of Natural Resources of Iran*, 58 (1).
- Akbarpour, A., Shahezi Siyuki, A., Farmer, 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.
- Al-Shamiri, A. and F. M. Ziadat., 2012. Soil-landscape modeling and land suitability evaluation. the case of rainwater harvesting in a dry rangeland environment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*. 18. 157-164.
- Ameri Ekhtearabadi, A. Nikpour, M. And Shojaa Talatpa, F., 2011. Determination of Proper Places for the Basin Using Analytical Hierarchy Process. Case Study: Hamedan Province. First International Conference and 3rd National Conference on Dam and Hydroelectric Power Plants, Tehran.
- Arastegi R and Moadel, E., 2002. Investigating the attractiveness of fuel cell compared to other technologies used in the automotive industry. *Sharif*, (24): 49-57.
- Eshghizadeh, M., Noah, N. and Heydari H., 2010. Selection of suitable runoff sites for feeding Qanats (Case study: Kalat watershed, Gonabad). *Journal of Watershed Research*, No. 89, pp. 36 - 27.
- Ghodosi Shahrzaie, H., 2001. Improvement of irrigation network performance by sensitivity analysis in DEA data envelopment analysis models. *Tarbiat Modares University*. Master thesis, 115 p.
- Ghodsipur, H., 2005. Analytical Hierarchy Process AHP, Amir Kabir Industrial University Publication Center. fourth edition.
- Gomes E.G. and Lins M. P. E., 2002. Integrating geographical information systems and multicriteria methods A case study. *Annals of Operations Research*, 116(1-4): 243-269.
- Guizani M., 2016. Storm Water Harvesting in Saudi Arabia: a Multipurpose Water Management Alternative. *Journal of Water Resour Manage*. 11269-016-1255-4.
- Hassan Lo, M; Khalfi, J. And Hashemi, M., 2009. Location of suitable areas for the construction of underground dams in Zanjan plain using satellite imagery, second national congress of sedimentation, Zanjan, Islamic Azad University, Zanjan Branch.
- Hatibu N., Mutabazi K., Senkondo E.M and Msangi A.S.K., 2006. Economics of rainwater harvesting for crop enterprises in semi-arid areas of East frica. *gricultural Water Management*, 80(1): 74-86.
- Jalili, J., Jalili, H., H. And Hadidy, M., 2014. Artificial feeding of groundwater aquifers through surface drainage canals using AHP method, *Journal of Watershed Management Sciences and Engineering*. Eighth year. No. 24, Spring. Pages 29-36.
- Jalili, J; Jebli, S. Q; Qamarnaia, e. And Monaam, M, j. C., 2006. Using Analytical Hierarchy Process and Value Engineering in Determining the Importance of Performance Evaluation Indicators for Irrigation Networks.

- Second Water Resources Management Conference. 11 p.
15. Jothiprakash V. and Mandar V.S.A.T.H.E., 2009. Evaluation of rainwater harvesting methods and structures using analytical hierarchy process for a large scale industrial area. *Journal of Water Resource and Protection*, 1: 427-438.
  16. Kadam ajaykumar K., Sanjay S. Kale., Nagesh N. Pande., N. J. Pawar and R. N. Sankhua., 2012. Identifying Potential Rainwater Harvesting Sites of a Semi-arid, Basaltic Region of Western India, Using SCS-CN Method. *Journal of Water Resour Manage.* 26:2537-2554.
  17. Keshavarz, A., khasheai seuki, AS. And Najafi, M., 2012. The proper location of drinking water by using the FAHP fuzzy hierarchy analysis. Case study: Birjand Plain. Master thesis, Water Engineering Department, Agricultural Hospital of Birjand University, 91 p.
  18. Khairkhan 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.
  19. Khairkhan Zarkesh, M, Nasser, M. And Khalilpour H., 2007. Zoning suitable areas for artificial nutrition in Varamin Plain with the help of GIS and DSS decision support system. *Environmental Quarterly*, (42): 1-8.
  20. khasheai seuki, AS; Ghahreman, b. Kochaczadeh, M., 2011. Evaluation of Water Extraction Potential by Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP), Case Study: Neyshabour Plain. *Iranian Journal of Water Research*, 5 (9): 171-180.
  21. Li X V., Gong. 2002. Compacted Microcatchments with local earth materials for rainwater harvesting in the semi arid region of china, *Journal of Hydrology*. 257, 134 144.
  22. Mahmoudi, N., 2012. Locating suitable areas for storing rain water, Case study: Catchment area. First National Conference on Rainfall Rainwater Levels System.
  23. Mbilinyi B.P., Tumbo S.D., Mahoo H.F., Senkondo E.M. and Hatibu. N. 2007. Indigenous knowledge as decision support tool inrainwater harvesting. *Physics and Chemistry of the Earth*, 30:792-798.
  24. 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.
  25. Oweis T.Y and Taimeh A.Y., 1996. Evaluation of a Small Basin Water Harvesting System in the Arid Region of Jordan. *Journal of Water Resources Management*. 10: 21-34,1996.
  26. Parsamehr, A., Khosravani, Z, Mohammadi, B. And Heidari, M., 2011. Application of Geographic Information System for Integrated Surface Water Management, Case Study of Alamdar Watershed, 5th Iranian Conference on Watershed Management and Water Resources Management, Kerman, Iran Irrigation and Water Engineering Association.
  27. Pelak N and Porporato A., 2016. Sizing a rainwater harvesting cistern by minimizing costs. *Journal of Hydrology*. 541: 1340-1347.
  28. RELMA in ICRAF and UNEP., 2005. Potential for rainwater harvesting in Ten African Cities, A GIS overview.
  29. Rosmina N., Safwan Jauharib A., Hatib Mustamalc A, Husind F and Yusri Hassan M., 2015. Experimental study for the single-stage 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.
  30. Saaty T.L., 1980. The analytic hierarchy process, planning, priority setting, resources allocation. New York: McGraw.
  31. Sadeghi, S.; Akbarpour, A. Foroughi Far, H. And Shahidi, as., 2011. Determination of areas susceptible to rainwater harvesting, based on the production capacity of rowan production in the basin, with the help of the GIS-based DSS decision support system. Case study: Birjand Plain, 11th Irrigation and Evaporation Reduction Seminar, Kerman, Shahid Bahonar University.
  32. Soltani A. Feasibility of susceptible areas for rainwater harvesting, based on AHP in GIS environment (a case Study: Khosroabad watershed, Iran). *Journal of Rainwater*

- Catchment Systems., 2017; 5 (2) :65-76.
33. Sturm M., M. Zimmertann. K. Schdtz. W. Urban, H. Hartung., 2009. Rainwater harvesting as an alternative water resource in rural sites in central northern Namibia, *Journal of Physics and Chemistry of the Earth*, 34: 776-785.
  34. Watershed management of Kermanshah Natural Resources Bureau, Kermanshah Provincial Consultation Engineers, Detailed Exploration Studies of Ghiran Basins and Khosrowabad., 2015. Integration plan.
  35. Welderufael W.A., Woyessa Y.E and 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.
  36. Winnaar G., Jewitt G.P.W. and 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.
  37. Yazdani, M. And Dokhani, S., 2007. Study of vegetation and green space of Zayandehrood margin and effect of buffer strips, National conference on green space and environment, Tehran.
  38. Young Lee, J., Bak, G. & Han, M., 2012. Quality of roof harvesting rainwater e Comparison of different roofing materials. *Journal of Environmental Pollution*. Elsevier Lid 162, 422- 429.

## Comparative site selection of rainwater harvesting (RWH) (Case Study; Meykhoran And Khosroabad Watershed, Iran)

Milad Soltani<sup>1</sup>, Karim Solaimani<sup>2</sup>, Mahmoud Habibnejad Roshan<sup>3</sup>, Khalil Jalili<sup>4</sup>

Received: 30/07/2017

Accepted: 30/05/2018

### Extended abstract

**Introduction:** Water, along with issues such as preserving the environment and eradicating poverty and hunger, is a fundamental issue in sustainable development and is an essential element of human survival and well-being. The lack of water in the arid and semi-arid regions of the world has caused the environmental conditions to be fragile. Therefore, the purpose of this research is to identify areas susceptible to rainwater harvesting in order to rehabilitate water resources in different ecosystems using a hierarchical decision making method based on spatial analysis in the GIS environment.

**Materials and methods:** In this research, the factors affecting rainwater penetration and storage in the soil profile of the Ghiran and Khosrowabad watersheds of the city of Sangar, Kermanshah Province, were identified and entered the hierarchical analysis process. At first, by using expert opinions, relevant faculty members and experts, by means of paired comparison and in accordance with the method of time, the tables of value were completed and then analyzed by special vector method. For each matrix, the result of the division of the inconsistency index into the random matrix inconsistency matrix, then the matrix, is a suitable criterion for judging the incompatibility, which is called incompatibility rate. If this number is less than 0.1, the system compatibility is acceptable. Then, their importance coefficients were determined and the paired comparison tables completed. In this regard, the weight of 11 variables of vegetation, canopy, percentage and direction of gradient, rainfall, lithology, land use, soil hydrologic groups, geomorphology, elevation and erosion classes were calculated using MATLABR2009a software and based on the ArcGIS10.3 environment. Which were respectively 0188/0, 0254/0, 1365/0, 048/0, 2509/0, 0608/0, 0575/0, 1539/0, 0589/0, 0808/0, 1084/0 Came out. After determining the weight of each of these criteria, the susceptible areas of rainwater storage were identified and in the GIS environment, five levels were classified as very suitable, appropriate, moderate, unsuitable, and unsuitable, respectively, for the areas of beer and Khosrowabad, respectively (% 33, 32/41, 46/8, 47/7 and 47/5, 08/41, 53/37, 31/8, and 64/5 of the area of the basin. 59 benchmarks were expressed in general, of which 11 were the main criteria and 48 sub-criteria were considered. The selected indicators were used by the questionnaire and by experts, experts and experienced experts by group method during the process of engineering value and Individual and comparative method was double-valued. Tables (1 to 9) show the results of pairwise comparison of the parameters and weights obtained after the formation of a pair comparison matrix. In the AHP method, the criteria are first qualitatively and then are presented quantitatively using the table. In this process, the ratio of incompatibility is determined and if its value is less than 0.1, then there is an indication of the acceptable level of compatibility of the pairwise comparisons. In this study, the degree of inconsistency for each of the main criteria and its sub-criteria is indicated separately in the tables below given.

1. M.Sc graduated in watershed management engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University,
2. Professor, Dept.of watershed management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University Corresponding Author; solaimani2001@yahoo.co.uk
3. Professor, Dept.of watershed management, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
4. Assistant Professor, Dept. of Hydraulic and Water Resources, Kermanshah University, Iran

**Result:** The results of this study showed that, in addition to the rainfall factor which is the main factor, two slope factors and soil hydrological groups as the other main factors for collecting rainwater from the rest of the factors have more and more impact. According to the results obtained and the tables shown, the lowest inconsistency rate related to the gradient direction, which is equal to 0.123 (Table 8), and the highest is related to erosion, which is equal to 0.906 (Table 1). The results also showed that slopes of 20-30%, which are mostly pasture and pastures, are suitable places for storing runoff. Areas with Ptanicycle have a very good harvest area that is best suited to store atmospheric precipitation in terms of coverage, slope and permeability. According to the obtained map of Figure 2, the total area of Khosrow Abad watershed (1819.68 hectares) has a total of 26.26 hectares, has a very suitable potential, 769.79 hectares suitable, 696.59 hectares average, 154.27 hectares inappropriate and 77/104 hectares are very inappropriate for collecting rainwater.

**Discussion and Conclusion:** The results of this study indicate that the method used has high credibility in zoning the suitable areas for implementing rainwater harvesting projects and using the process of analyzing hierarchy in the GIS environment as an effective spatial decision system in the location of areas susceptible to rainwater harvesting.

**Keywords:** Rainwater harvesting, AHP, GIS, site selection and Kermanshah.