

مقدمه

منابع آبی در دسترس یکی از بزرگ‌ترین پشتوانه‌های تأمین منابع غذایی، پیشرفت صنعتی و رشد اقتصادی اجتماعی یک کشور است. از این‌رو تلاش برای ارائه راهکارهای تحقیقاتی مؤثر و اقتصادی برای شناسایی، مدیریت و استفاده بهینه از پتانسیل بهره‌برداری آبی اراضی طبیعی از اهمیت به سزایی برخوردار است [۸،۳۲]. کشور ایران عمدتاً در کمربند جهانی بیابانی قرار دارد و براساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن-گایگر به دلیل کم بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن، در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان به شمار می‌رود [۲۴]. از طرفی کشور به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی توسعه‌ی بخش‌های کشاورزی و صنعت پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه است. این امر خاصه در استان‌هایی همانند استان خراسان رضوی که بنا به دلایل اقلیمی-کشاورزی و یا توریستی تمرکز جمعیتی بالاتری دارند و سالانه حجم زیادی از جمعیت سیار را تحمل می‌کنند، بارزتر است و باعث شده تا مراتع و منابع آبی به‌خصوص منابع آب زیر زمینی تحت فشار زیادی قرار گیرند [۸،۱۲،۱۴]. در نتیجه در دو دهه‌ی اخیر قسمت‌های مختلف استان به‌خصوص اطراف کلان شهر مشهد، دچار تنش آب و فرسایش خاک شده‌اند [۱۴،۲۱،۲۲]. با توجه به مسائل ذکر شده، توجه جدی به مبانی برنامه‌ریزی اقتصادی منابع آب و اجرای پروژه‌های بهینه جمع‌آوری آب امری ضروری برای بقای منابع طبیعی منطقه محسوب می‌شود [۸،۹]. استفاده یکپارچه و ادغام کردن سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با تجزیه و تحلیل تصمیمی‌گیری چندمعیاره^۴ (MCDA) رویکردی ضروری و مؤثر است که به توسعه چهارچوبی برای تعیین و شناسایی مناطق مناطق بالقوه^۵ (RWH) و سایت‌های مستعد تغذیه آب زیرزمینی کمک شایانی می‌کند [۱،۱۰،۱۱]. موفقیت سیستم‌های RWH تا حد زیادی به طراحی فنی آنها و شناسایی مکان‌های مناسب بستگی دارد. به همین دلیل، بسیاری از محققان روش‌ها و معیارهای مختلفی را برای شناسایی مکان‌ها و تکنیک‌های مناسب برای برداشت آب باران ایجاد و به کار گرفته‌اند [۱۳،۱۵،۲۶]. آدامت و همکاران [۴]، در شمال اردن و جها و همکاران [۱۳]، در حوزه‌ی بین‌پوریک ایالت بنگال از تلفیق تصمیم‌گیری چندمعیاره با GIS برای مکان‌یابی آبگیرهای ذخیره‌ی کشاورزی استفاده کردند. در نتیجه منطقه مورد مطالعه در شمال اردن به چهار منطقه دارای پتانسیل بسیار زیاد (۲۹ درصد)، زیاد (۲۶/۴

کارایی تحلیل چند معیاره و مدل سازی GIS جهت شناسایی مکان‌های مناسب استحصال آب باران حوزه دهبار شهرستان طبرقه-شاندیز

بنفشه کوهزاد^۱، محمدرضایزدانی^۲ و محمدتقی دستورانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۲۹

چکیده

هدف از انجام این مطالعه پتانسیل سنجی دقیق حوزه برای احداث سازه‌های جمع‌آوری آب می‌باشد. برای انجام این تحقیق از لایه مدل رقومی-ارتفاعی DEM برای تهیه نقشه‌های شیب، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و کاربری اراضی در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.3، استفاده شد. نقشه‌ی تراکم زهکشی از تلفیق لایه‌ی DEM، نقشه‌ی توپوگرافی، اطلاعات تراکم زهکشی و هیدروگرافی تهیه شد. با استفاده از روش هم باران، نقشه سطوح هم‌بارش تهیه گردید. با تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش گیاهی با گروه‌های هیدرولوژیک خاک، نقشه CN تهیه شد. از محاسبات رواناب در تهیه نقشه‌های پتانسیل و ضریب رواناب استفاده گردید. از تلفیق این نقشه‌ها با نقشه‌های تراکم زهکشی، شیب و با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نقشه‌ی پتانسیل تولید رواناب تهیه گردید. نقشه نوسان آب زیر زمینی با استفاده از اطلاعات پایه تهیه و نقشه‌ی نیاز آبی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تولید شد. از تلفیق این نقشه با نقشه‌ی پتانسیل تولید رواناب در نهایت نقشه تقاضای آب تهیه شد. طبق نتایج به دست آمده حدود ۷۲ درصد حوزه پتانسیل متوسط را برای اجرای سازه‌های استحصال آب دارا است. همچنین حدود ۲۲ درصد سطح حوزه پتانسیل کم و حدود شش درصد پتانسیل خوب را نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: پتانسیل تولید رواناب، پتانسیل یابی، جمع‌آوری آب باران، نقشه تقاضای آب حوزه‌ی دهبار، نقشه نیاز آبی

۱- دانشجوی دکتری، گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، ایران.

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، ایران. پست الکترونیک: m_yazdani@semnan.ac.ir

۳- استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

4. Multiple Criteria Decision Analysis

5. Rain Water Harvesting

درصد)، متوسط (۲۱/۳ درصد) و کم (۲۳/۶ درصد) طبقه‌بندی شد. و منطقه مورد مطالعه در حوزه‌ی بینپوریک به سه منطقه خوب، متوسط و فقیر تقسیم‌بندی شد. در مطالعاتی مشابه، کرایس و همکاران [۱۵]، در حوزه‌ی آبخیز رونکیلو در شمال پرو، ناپولی و همکاران [۱۹]، در حوزه‌ی آبخیز چپاتی در توسکانی ایتالیا و نسیف و توماس [۲۰]، در شمال مصر نقشه‌ی تناسب حوزه‌ی موردنظر را تعیین نمودند. نتایج نشان‌دهنده این بود که ۴۴ درصد از حوزه آبخیز رودخانه رونکیلو برای اجرای ترانس‌بندی و ۲۴ درصد از حوزه برای اجرای بندهای خاکی مناسب است. ۳۸ درصد از حوزه‌ی آبخیز چپاتی نیز برای اجرای چکدم، ۳۴ درصد برای اجرای بندهای خاکی و ۲۸ درصد از حوزه برای اجرای ترانس‌بندی مناسب است. در شمال مصر نیز ۳۷ درصد از کل مساحت برای احداث چکدم، هفت درصد برای استخر کشاورزی، چهار درصد برای حوضچه نفوذ و حدود دو درصد برای دایک زیرسطحی مناسب ارزیابی شد. محمود و همکاران [۱۷]، در غرب خارطوم و آبیجیت و همکاران [۱]، در جنوب هندوستان جهت پتانسیل سنجی منطقه برای احیای مجدد آب‌های زیرزمینی از آنالیز مکانی ArcGIS استفاده کردند. نقشه‌ی پتانسیل جمع‌آوری رواناب تعیین و منطقه‌ی مورد مطالعه در غرب خارطوم به چهار دسته بسیار زیاد (۱۲/۲ درصد)، زیاد (۳۶/۹ درصد)، متوسط (۳۱/۶ درصد) و کم (۱۹/۳ درصد) طبقه‌بندی و جنوب هندوستان به پنج دسته خیلی خوب (۱۴ درصد)، خوب (۱۷/۵ درصد)، متوسط (۳۷/۷ درصد) ضعیف (۲۲/۴ درصد) و خیلی ضعیف (هشت و چهاردهم درصد) طبقه‌بندی شد. در مطالعاتی مشابه، سایل و همکاران [۲۶]، در بیابان غربی عراق و رانا و همکاران [۲۳]، در جنوب غربی هند برای انتخاب مناطق مناسب برای احداث سدهای مخزنی از GIS و مدل تصمیم‌گیری چند جانبه استفاده کردند. نتایج نشان داد در غرب عراق از مساحت منطقه‌ی مورد مطالعه ۱۵ درصد دارای تناسب عالی، ۱۳ درصد خوب، ۲۱ متوسط، ۲۷ درصد ضعیف و ۲۴ درصد اصلاً مناسب نبودند. در جنوب غربی هند نیز حوزه به سه دسته مناسب (۱۷ درصد)، نسبتاً مناسب (۳۳/۲ درصد)، نسبتاً نامناسب (۳۳/۱ درصد) و کاملاً نامناسب (۱۸/۷ درصد) تقسیم‌بندی شد. سلمان و همکاران [۲۵]، در شمال اردن، ادهم و همکاران [۲]، در جنوب شرقی تونس و مسعود و همکاران [۱۸]، در جنوب مصر با استفاده از آنالیز مکانی GIS، تحلیل سلسله مراتبی AHP و مدل تصمیم‌گیری چند جانبه MCDA، نقشه پتانسیل آب زیرزمینی را برای منطقه مورد خود مطالعه تهیه کردند. نتایج حاصله در در شمال اردن نشان‌دهنده این بود که ۵۴ درصد از سطح منطقه‌ی مورد مطالعه پتانسیل متوسط، ۲۶ درصد دارای پتانسیل ضعیف و ۲۰ درصد نامناسب می‌باشد. در شرق تونس ۴۴ درصد پتانسیل مناسب، ۴۶ درصد دارای پتانسیل ضعیف و ۱۰ درصد اصلاً مناسب نمی‌باشد. در جنوب مصر ۴۱ درصد پتانسیل خوب و ۵۹ درصد پتانسیل متوسط ارزیابی شد. سینگ و همکاران [۲۸، ۲۹]، در دو مطالعه‌ای موردی در حوزه‌های ناحیه‌ی غربی ایالت راجستان و شرق بمپور از آنالیز مکانی ArcGIS جهت تولید نقشه‌های پتانسیل تولید رواناب استفاده کردند.

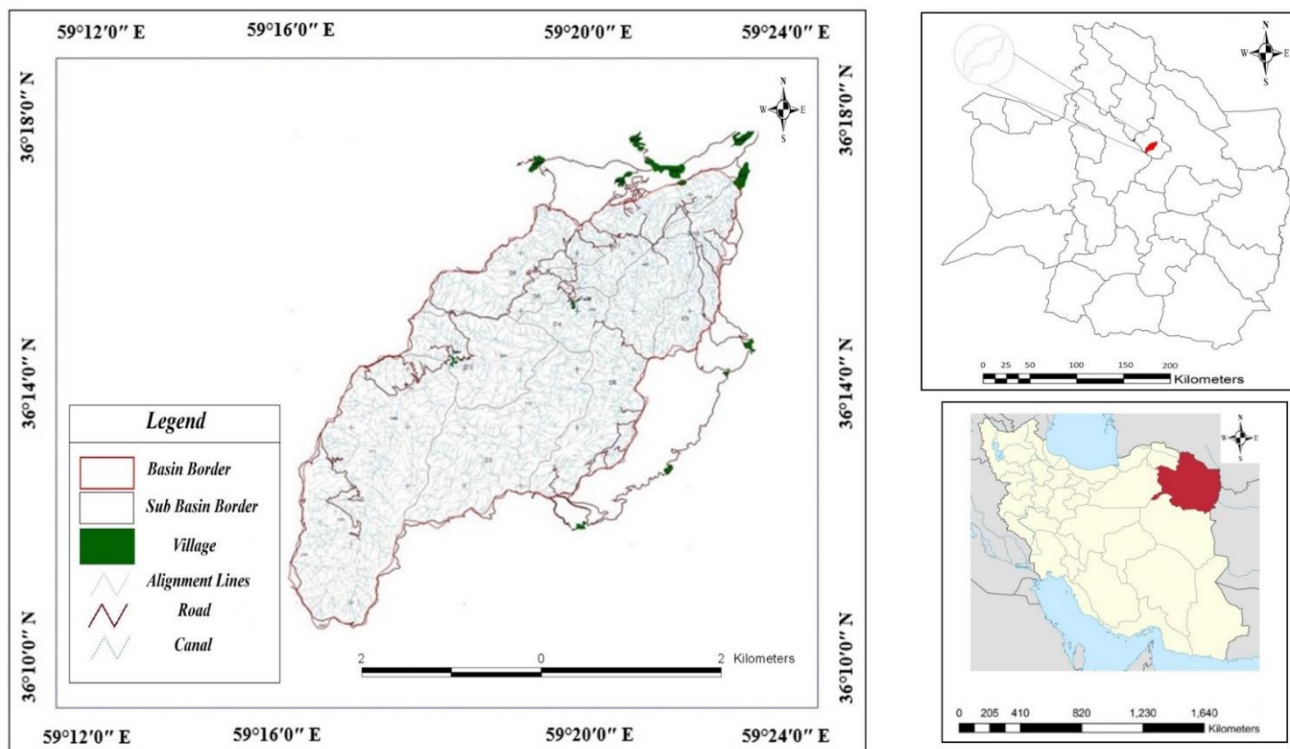
در نهایت حوزه‌ی غرب ایالت راجستان از نظر پتانسیل تولید رواناب به چهار دسته خیلی خوب (۲۰/۲ درصد)، خوب (۶۶ درصد)، متوسط (۱۳/۵ درصد) و ضعیف (سه دهم درصد) تقسیم‌بندی شد. حوزه‌ی شرق بمپور نیز به شش دسته بسیار خوب (۱۹ درصد)، خوب (۴۹ درصد)، متوسط (۲۸ درصد) و فقیر (چهار درصد) تقسیم‌بندی شد. شادمهری طوسی و همکاران [۳۱]، در مطالعه‌ای در حوزه دشت مشهد از تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر GIS برای شناسایی مناطق بالقوه RWH استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه به سه منطقه بالقوه خوب (۳۱ درصد)، متوسط (۴۳ درصد) و ضعیف (۲۶ درصد) تقسیم می‌شود. با بررسی مطالعات گذشته می‌توان چنین استنباط کرد استفاده مناسب از تکنیک‌های تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره و اتخاذ معیارهای مناسب و واقعی برای انتخاب مکان کلید کاربرد موفقیت‌آمیز تکنیک‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره و مکانی MCDA در شناسایی مناطق دارای پتانسیل RWH هستند. هدف از انجام این پژوهش، ارائه روشی کاربردی برای ارزیابی پتانسیل استحصال آب باران بر روی یک حوزه کوچک آبخیز به‌منظور شناسایی مکان‌های مناسب برای اجرای روش‌های جمع‌آوری آب باران و تغذیه مصنوعی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS مبتنی بر تجزیه و تحلیل تصمیمات چند معیاره MCDA و تحلیل سلسله مراتبی AHP می‌باشد. با توجه به این که بانک اطلاعاتی اکثر حوزه‌های آبخیز محلی بسیار ضعیف است نتایج این تحقیق می‌تواند تصویر واقعی‌تری از منطقه و پتانسیل‌های طبیعی آن را نشان دهد و اجرای طرح‌های پژوهشی با ریسک کمتر و راندمان بالاتری همراه شود. با شناسایی محل‌های مناسب صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در زمان و هزینه صورت می‌گیرد هم‌چنین با اولویت‌بندی نقاط از لحاظ میزان تولید رواناب می‌توان بر روی نقاطی که اولویت بالاتری دارند متمرکز شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

با توجه به اینکه شهرستان طرqbه - شاندیز در اقلیم نیمه خشک قرار گرفته است، حوزه آبخیز دهبار که در حدود ۱۰ کیلومتری جنوب غربی مشهد و در جنوب شهر طرqbه واقع شده است برای انجام تحقیق انتخاب شد [۸، ۱۲، ۲۴]. شکل یک موقعیت محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد. این مطالعه در منطقه‌ای به مساحت تقریبی ۳۳۷۵ متر مربع در مختصات جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۵۹ درجه و ۲۴ دقیقه و ۱۳ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۰ دقیقه و ۱۲ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۱۸ دقیقه و ۴۴ ثانیه عرض شمالی انجام گرفت. بر اساس بانک اطلاعات حوزه، میانگین بارندگی سالانه تقریباً ۲۵۵ میلی‌متر است. خاک منطقه کم عمق با بافت سنگین است. نمونه‌برداری صحرایی شباهت و همگنی را در سطح کرت مورد مطالعه نشان داد و نوع خاک لوم به لوم رسی بود. نوع اراضی غالب در این حوزه مرتع است [۵].

نقشه شیب حوزه با استفاده از لایه مدل رقومی-ارتفاعی DEM



شکل ۱ - موقعیت حوزه آبخیز دهبار در استان خراسان رضوی
Fig 1. Location of Dehbar watershed in Khorasan Razavi Province

$$R = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (2)$$

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) 25.4 \quad (3)$$

جهت محاسبه شماره منحنی از جداول ارائه شده در منابع هیدرولوژی استفاده شده و با تلفیق نقشه‌های گروه‌های هیدرولوژیکی خاک‌ها و کاربری اراضی نقشه CN حاصل گردید. گروه‌های هیدرولوژیکی خاک‌های حوزه بر اساس بافت خاک‌های سطحی، میزان عمق خاک و نوع لایه محدودکننده تعیین شده و در جدول یک مساحت گروه‌ها ارائه گردیده است.

جدول ۱ - مساحت گروه‌های هیدرولوژیک خاک در حوزه دهبار

درصد مساحت Area Percentage	مساحت به هکتار Area in Hectares	گروه‌های هیدرولوژیکی خاک Hydrological Soil Groups
5.4	622.55	A
17.1	1983.52	B
72.1	8339.17	C
5.4	627.49	D
100	11572.72	جمع Total

و بانک اطلاعات میدانی اداره‌ی منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی [۵]، تهیه شد. تراکم زهکشی از تقسیم طول کل شبکه هیدروگرافی شامل رودخانه‌ها و شاخه‌های فرعی آنها و آبراهه‌های کوچک و بزرگ، به مساحت حوزه به دست می‌آید و همبستگی مستقیمی با دبی حداکثر در حوزه‌های مختلف دارد.

$$D_d = \frac{\sum L}{A} \quad (1)$$

D_d : تراکم زهکشی (Km/Km^2)

L : طول شبکه آبراهه‌ها به (Km)

A : مساحت حوزه به (Km^2)

از قطع دادن شبکه آبراهه‌ها با نقشه محدوده حوزه آبخیز محیط Arc map تراکم آبراهه‌ها برای حوزه محاسبه شد و نقشه نهایی شبکه هیدروگرافی تولید گردید. از تلفیق شبکه آبراهه‌ها با نقشه محدوده حوزه آبخیز در محیط Arc map تراکم زهکشی برای حوزه محاسبه شد. تعداد ۲۱ ایستگاه که از نظر اقلیمی و ارتفاع به منطقه مورد مطالعه شباهت بیشتری دارد جهت تعیین پارامتر بارندگی انتخاب شده‌اند. سپس بارش متوسط ماهانه و سالانه محاسبه و سپس با استفاده از گرادیان بارش ارتفاع میزان بارندگی بخش‌های مختلف حوزه محاسبه شد. در نهایت نقشه سطوح هم باران برای حوزه تهیه گردید. با توجه به روش ارائه شده توسط سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS) [۱۶]، ارتفاع رواناب حاصل از بارندگی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

نتایج

شکل شماره دو نقشه شیب در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. تنوع شیب‌ها در هشت دسته طبقه‌بندی گردید. در بررسی نقشه شیب به دست آمده برای حوزه و با توجه به هشت دسته طبقه‌بندی شیب و موقعیت جغرافیایی شمال شرقی - جنوب غربی حوزه، بیشتر سطح حوزه را شیب دسته ۴۰ تا ۶۰ درصد پوشش داده است. از سمت مرکز به جنوب غرب حوزه شیب حوزه افزایش چشمگیر داشته و بیشترین شیب‌ها دسته ۴۰ تا ۶۰ درصد را شامل می‌شود. اشکال سه و چهار به ترتیب نقشه شبکه هیدروگرافی و تراکم زه‌کشی را نشان می‌دهند. با توجه به موقعیت جغرافیایی شمال شرقی - جنوب غربی حوزه، بخش اعظم حوزه در دسته دو تا سه قرار دارد. بیشترین تراکم زه‌کشی در شمال شرقی در دو دسته بالای سه و دسته دو تا سه قرار دارد. در جنوب غربی تراکم زه‌کشی به کمترین حد خود رسیده و دسته یک تا دو بیشتر سطح را در بر گرفته است. شکل پنج نقشه سطوح هم باران را نشان می‌دهد. سطح حوزه به هفت سطح بارشی تقسیم شد که سطح بارشی ۲۶۵-۲۷۵ میلی‌متری در شمال شرق حوزه کم‌ترین سطح و ۳۲۵ تا ۳۳۵ در جنوب غرب حوزه بیش‌ترین سطح را در بر گرفته است. شکل شش نقشه عدد CN را نشان می‌دهد. حوزه دهبار در شرایط رطوبتی متوسط دارای ۱۰ دسته رطوبتی CN می‌باشد. عدد CN ۸۱-۸۵ بیشترین سطح حوزه را در بر گرفته است. نقشه پراکنش گروه‌های هیدرولوژیکی خاک در شکل هفت ارائه شده است. طبق نقشه تولید شده از چهار گروه هیدرولوژیک A, B, C, D بیشترین سطح حوزه مربوط به دسته C می‌باشد. شکل هشت کاربری اراضی در حوزه آبخیز دهبار را نشان می‌دهد. با توجه به نقشه حدود ۷۲ درصد بیش‌ترین سطح حوزه آبخیز را مراتع تشکیل می‌دهد. در شمال شرق حوزه پس از مرتع بیش‌ترین سطح حوزه را زراعت آبی، باغات و زراعت دیم تشکیل می‌دهد. از شمال شرق هرچه به مرکز حوزه نزدیکتر می‌شویم پس از پوشش مرتعی غالب، جنگل ارغوان و در سطح بسیار کم بادام دیم و جنگل سماق مشاهده می‌شود. در مرکز حوزه بیشترین سطح حوزه اراضی مرتعی بوده و پس از آن در بخش‌هایی رخنمون سنگی مشاهده می‌شود. نقشه‌های پتانسیل رواناب و ضریب رواناب سالانه در اشکال نه و ۱۰ ارائه گردیده است، در هر دو نقشه پنج دسته طبقه‌بندی برای حوزه نظر گرفته شده است، بر اساس این دو نقشه در شمال شرق حوزه ضریب رواناب غالب به ترتیب یک‌دهم تا دو دهم و صفر تا یک‌دهم و پتانسیل رواناب غالب منطقه ۶۰-۴۰ میلی‌متر می‌باشد، در مرکز و جنوب غرب حوزه بخش اعظم مساحت حوزه دارای ضریب رواناب دو دهم تا سه دهم و پتانسیل رواناب ۸۵-۶۰ میلی‌متر می‌باشد. شکل ۱۱ نقشه پتانسیل تولید رواناب در حوزه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. طبق نقشه حوزه در سه دسته ضعیف، متوسط و خوب طبقه‌بندی شده است. بیشترین سطح حوزه ظرفیت متوسط را دارا می‌باشد. این نقشه با نقشه‌های کاربری اراضی، ضریب رواناب و پتانسیل رواناب هم‌خوانی کامل دارد. نقشه نوسان آب زیرسطحی

با استفاده از اطلاعات خاک، پوشش گیاهی، کلاس‌بندی مرتعی و نقشه‌ی اولیه کاربری اراضی اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی [۵]، نقشه‌های گروه‌های هیدرولوژیک خاک و کاربری اراضی تهیه گردید. جدول دو پراکنش کاربری در حوزه آبخیز دهبار را نشان می‌دهد. پس از تعیین میانگین بارندگی ماهانه و سالانه در یک دوره آماری ۲۵ ساله (۷۰-۱۳۶۹ الی ۹۴-۱۳۹۳) از طریق روابط سرویس حفاظت خاک آمریکا رواناب ماهانه و سالانه در طول دوره آماری مورد نظر برای حوزه محدوده مطالعاتی دهبار محاسبه گردیده است. با استفاده از محاسبات رواناب نقشه‌های پتانسیل رواناب و ضریب رواناب سالانه توسط نرم افزار ArcGIS 10.3 محاسبه و تهیه گردید. سپس توسط فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP نقشه‌ها به فرمت رستری تبدیل گشته و کلاس‌بندی می‌شوند، در جدول سطوح برازندگی طبقات، طبقات هر نقشه بر اساس اهمیتشان در تعیین عرصه‌های مناسب رواناب، بر اساس نظر کارشناسی، وزن دهی شده‌اند. با استفاده از داده‌های نوسان آب (سطح ایستایی) به روش کریجینگ در نرم افزار ArcGIS 10.3، نقشه نوسان آب زیرسطحی در حوزه آبخیز دهبار به دست آمد. بیشترین آب مصرفی در حوزه به بخش کشاورزی تعلق دارد. بخش اندکی نیز به تأمین نیاز شرب دام‌های موجود منطقه، شرب و صنعت اختصاص می‌یابد. براین اساس نقشه نیاز آبی حوزه مذکور تهیه گردید. از تلفیق این نقشه با نقشه‌ی پتانسیل تولید رواناب در نهایت نقشه تقاضای آب تهیه شد.

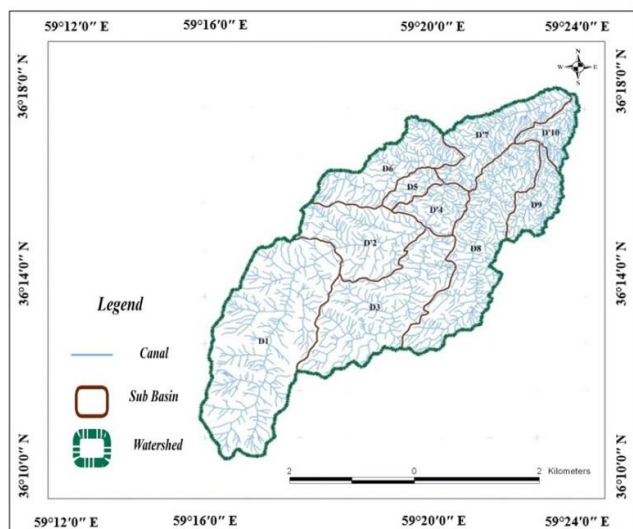
جدول ۲ - مساحت کاربری های اراضی حوزه دهبار

in Dehbar district Table 2. Area of land use

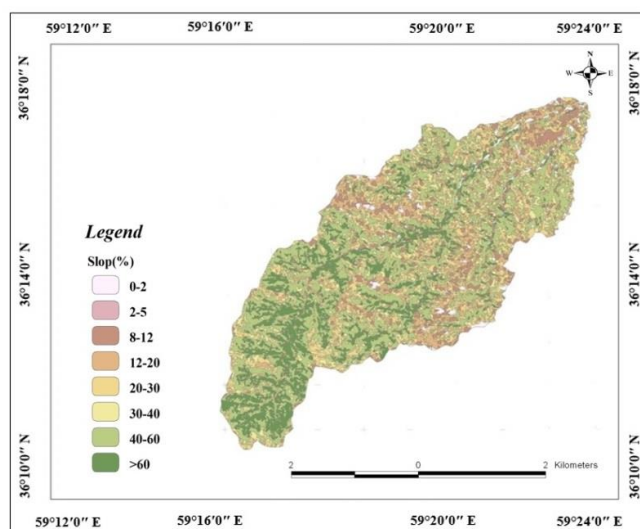
نوع کاربری Usage Type	مساحت به هکتار Area in Hectares	درصد از کل حوزه Total Percentage of the Watershed
مرتع Grassland	17.833	72.06
توده سنگی Rock Mass	49.627	5.42
بادام دیم Rainfed Almond	75.147	1.28
زراعت دیم Rainfed Agriculture	72.04	0.62
زراعت آبی Irrigated Agriculture	325.97	2.82
جنگل ارغوان Cercis Forest	1797.05	15.53
جنگل ارس Juniper Forest	49.23	0.43
جنگل سماق Rhus Forest	65.2	0.56
مسیل Floodway	148.83	1.29
جمع Total	11572.72	100

دارا می‌باشد. که با نتایج نقشه‌های کاربری اراضی، ضریب و پتانسیل رواناب، پتانسیل تولید رواناب و نیاز آبی مطابقت دارد. پس از آن در شمال شرقی حوزه و بخش‌های کوچکی از مرکز و جنوب غربی حوزه در حدود ۲۲ درصد، اراضی با پتانسیل استحصال آب کم و حدود شش درصد رخنمون‌های سنگی پراکنده در سطح حوزه طبق نقشه‌های ذکر شده پتانسیل استحصال خوب را نشان می‌دهند.

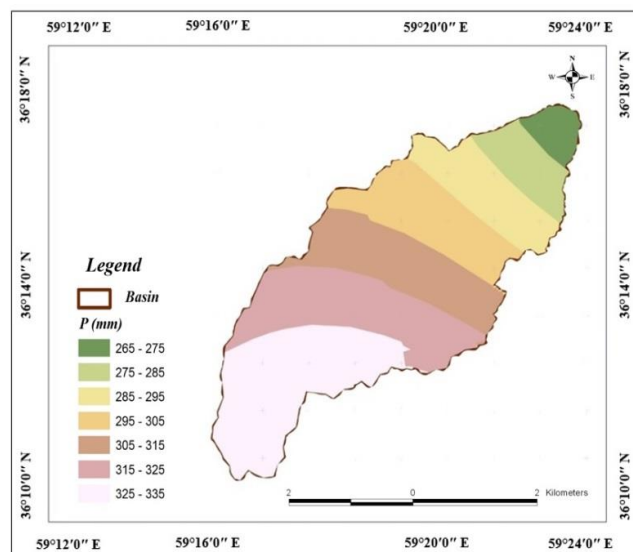
در حوزه آبخیز دهبار در شکل ۱۲ ارائه شده است. در این نقشه سطح حوزه به نه دسته از نظر سطح آب زیر سطحی طبقه‌بندی شده است. این نقشه با نقشه تراکم زهکشی مطابقت دارد. نقشه نیاز آبی حوزه در شکل ۱۳ ارائه شده است. این نقشه با نقشه کاربری اراضی، تراکم زهکشی و پتانسیل رواناب مطابقت کامل دارد. مطابق شکل ۱۴ نقشه میزان تولید رواناب تهیه و سطح حوزه به سه گروه با پتانسیل کم، متوسط و زیاد تقسیم‌بندی گردید. طبق این نقشه بیشتر سطح حوزه در حدود ۷۲ درصد مرتعی بوده و پتانسیل استحصال متوسطی را



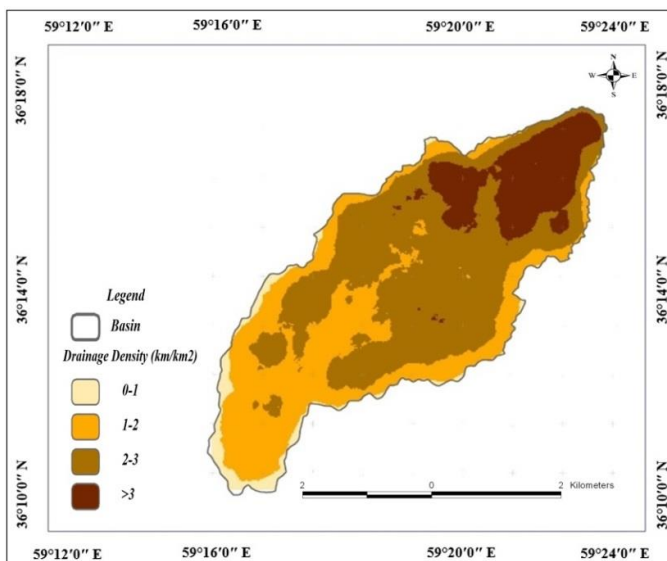
شکل ۳ - نقشه هیدروگرافی حوزه آبخیز دهبار
Fig 3. Drainage net of Dehbar watershed



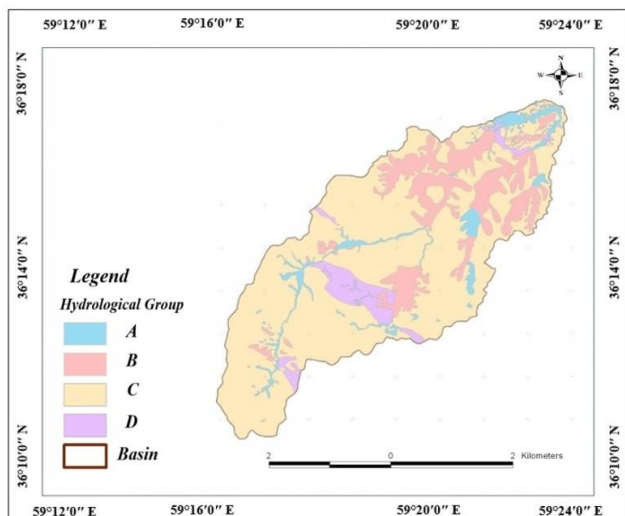
شکل ۲ - نقشه شیب حوزه آبخیز دهبار
Fig 2. Slop map of Dehbar watershed



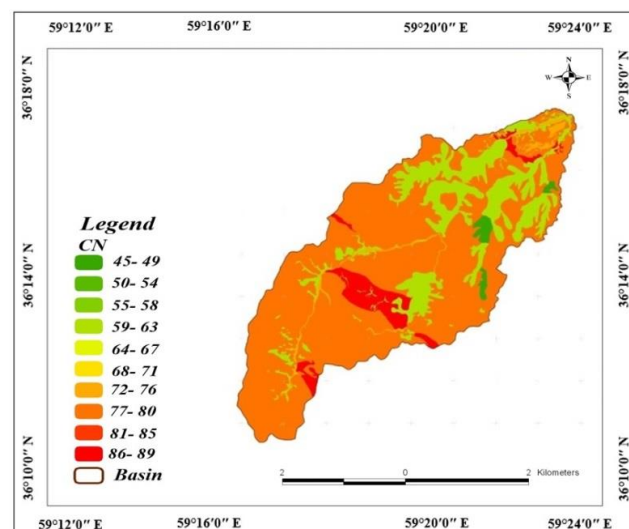
شکل ۵ - نقشه سطوح هم‌باران حوزه آبخیز دهبار
Fig 5. Rainfall Level map of Dehbar watershed



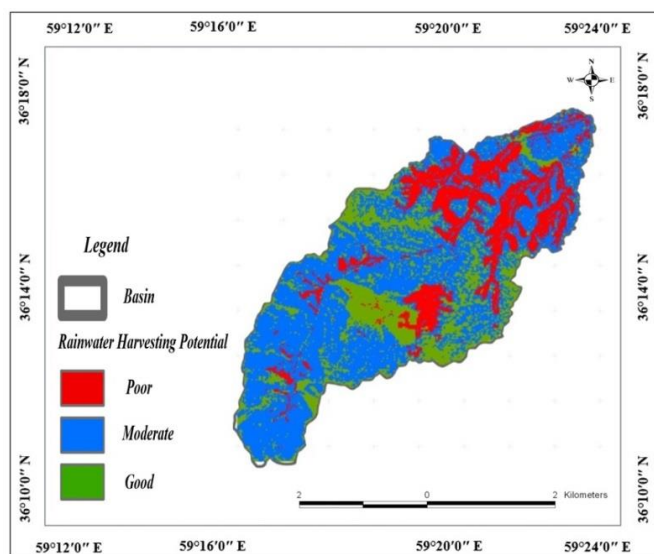
شکل ۴ - نقشه تراکم زهکشی حوزه آبخیز دهبار
Fig 4. Drainage Density map of Dehbar watershed



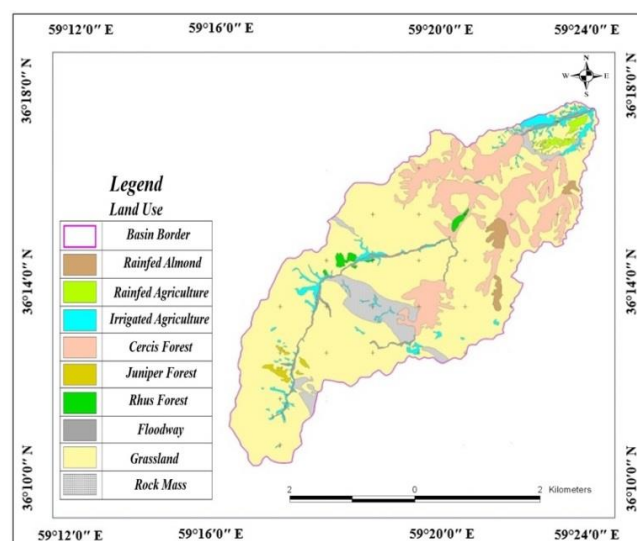
شکل ۷ - نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک
Fig 7. Hydrologic Group map of Dehbar watershed



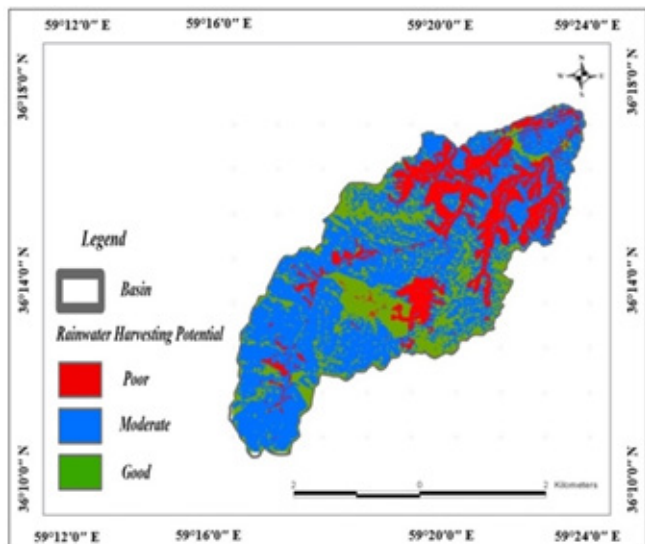
شکل ۶ - نقشه CN حوزه آبخیز دهبار
Fig 6. CN map of Dehbar watershed



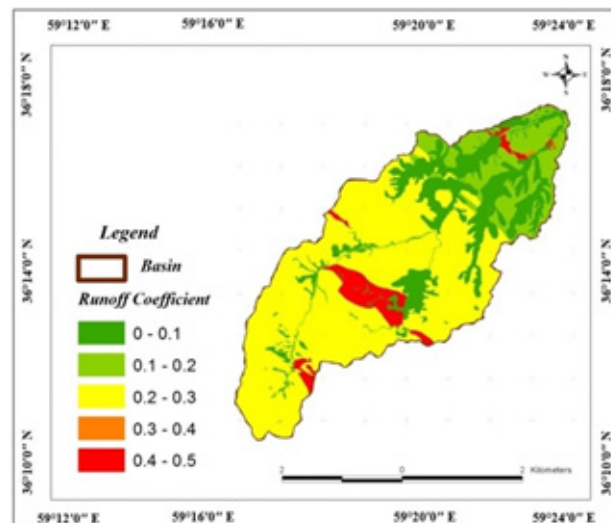
شکل ۹ - نقشه پتانسیل رواناب حوزه آبخیز دهبار
Fig 9. Runoff Potential map of Dehbar watershed



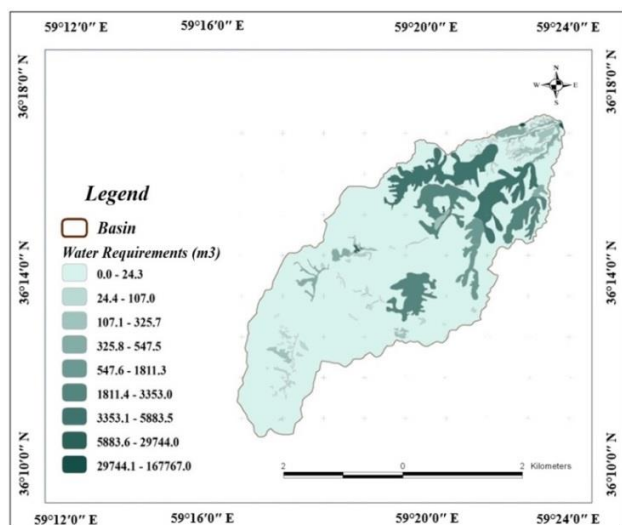
شکل ۸ - نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز دهبار
Fig 8. Land use map of Dehbar watershed



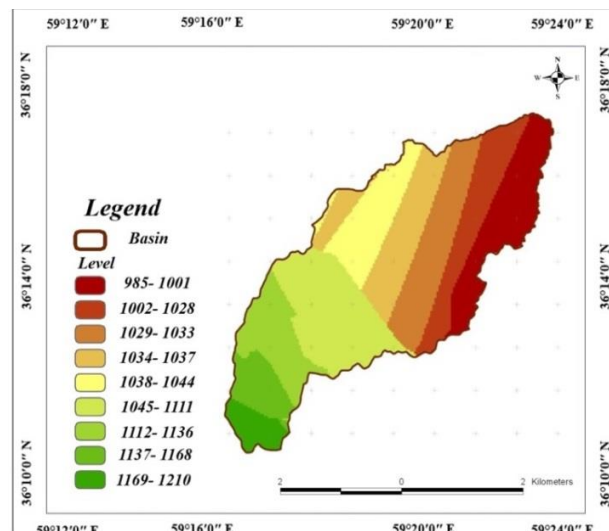
شکل ۱۱ - نقشه پتانسیل تولید رواناب حوزه آبخیز دهبار
Fig 11. Potential of runoff generation map in Dehbar watershed



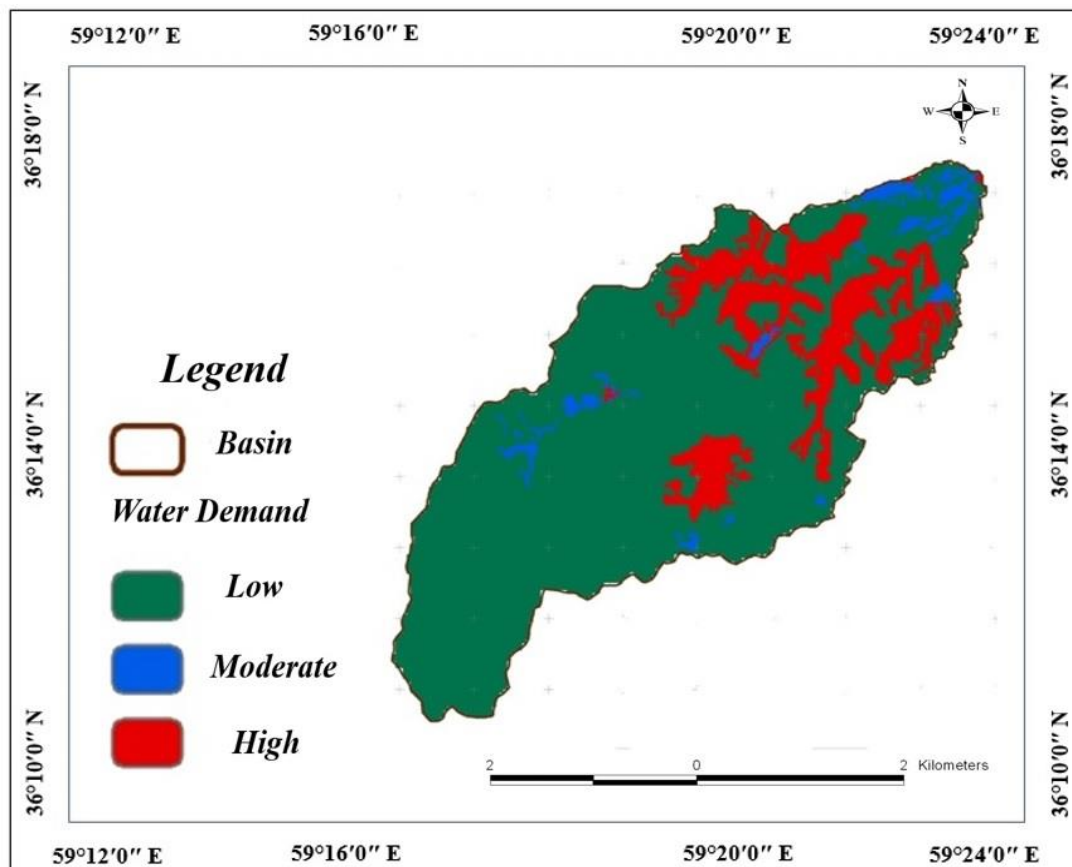
شکل ۱۰ - نقشه ضریب رواناب حوزه آبخیز دهبار
Fig 10. Runoff Coefficient map of Dehbar watershed



شکل ۱۳ - نقشه نیاز آبی بخش‌های کشاورزی و شرب حوزه آبخیز دهبار (مترمکعب در سال)
Fig 13. Water requirement map of agriculture and drinking sections



شکل ۱۲ - نقشه تراز آب زیرسطحی حوزه آبخیز دهبار (متر از سطح دریا)
Fig 12. Map of underground water level in Dehbar watershed (meter of Dehbar watershed (m³/year) from sea level)



شکل ۱۴ - نقشه تقاضای آب حوزه دهبار (مترمکعب در سال)
Fig 14. Water demand map of Dehbar watershed(m3/year)

بحث و نتیجه گیری

با این حال نکته مهم تطابق نقشه تهیه شده با شرایط طبیعی می باشد. برخی مواقع در یک منطقه مطالعاتی مناطق پتانسیل یابی شده خوب صرفاً نقاط غیرقابل استفاده هستند. هم چنین در نقاط با پتانسیل کم می توانند صرفاً مناطقی با استفاده های قبلی (مانند مناطق مسکونی، اراضی صنعتی و غیره) باشند. همگام سازی نتایج با واقعیت می تواند چشم انداز کلی پژوهش را داده های به دست آمده فراتر برده و قابل اجرا کند. در پژوهش انجام شده، نقشه های نیاز آبی و تقاضای آب نشان می دهند که در یک حوزه آبخیز مانند دهبار، توزیع جمعیت و نحوه کاربری اراضی در سطح حوزه همسان نیست. عمده روستاها و اراضی زراعی و باغات در شمال شرق و کمی در مرکز قرار دارند و وسعت زیادی از حوزه مراتع در شیب زیاد و غیرقابل سکونت هستند. بنابراین بخش محدودی از حوزه فشار زیادی را بر منابع خود احساس می کند که خارج از این نقشه ها در محاسبات اولیه محسوس و قابل بررسی نیست. همین امر باعث شده در حوزه هایی که آمار اولیه مشکلی را نشان نمی دهد، کمبودهای آبی تجربه شود. بعلاوه جمع آوری این قبیل داده ها کمک شایانی به سایر مطالعاتی که نیازمند مطالعات پایه هستند می کند. این پژوهش با هدف پتانسیل یابی منطقه برای مکان یابی علمی سازه های جمع آوری آب انجام شده است. با تحلیل نتایج به دست آمده می توان مناسب ترین مکان یابی برای سازه ها جهت بهینه سازی عملکرد سیستم تعبیه شده

هدف از انجام این مطالعه پتانسیل سنجی دقیق حوزه و موقعیت یابی جهت احداث سازه های جمع آوری آب با حداکثر کارکرد می باشد. نتایج این مطالعه نزدیکی زیادی با مطالعات آدامت و همکاران [۴]، جها و همکاران [۱۳]، ناپولی و همکاران [۱۹]، محمود و همکاران [۱۷]، کرایس و همکاران [۱۵]، نسیف و توماس [۲۰]، ادهم و همکاران [۲]، سایل و همکاران [۲۶]، سلمان و همکاران [۲۵] و سینگ و همکاران [۲۸] دارد. در کلیه این مطالعات نقشه های نیاز آبی و تقاضای آب برای پتانسیل سنجی، مکان یابی و در مواردی احداث سازه های جمع آوری آب جهت استفاده کشاورزی یا انسانی استفاده شده است. نتایج سایل و همکاران [۲۶]، سلمان و همکاران [۲۵]، و سینگ و همکاران [۲۹]، رانا و همکاران [۲۳]، آبیجیت و همکاران [۱]، شادمهری طوسی و همکاران [۳۱]، و مسعود و همکاران [۱۸]، نشان داد که مقایسات نقشه های پتانسیل استحصال آب و تقاضای آب روش مناسبی برای مکان یابی نقاط مناسب احداث سیستم های جمع آوری آب برای تأمین نیاز کشاورزی دیم بوده است. وجه مشترک کلیه این پژوهش ها در دسته بندی منطقه مورد مطالعه می باشد و اینکه در تمامی پژوهش های ذکر شده، فارغ از روش آنالیز همواره بخش اعظم منطقه مطالعاتی پتانسیل متوسط را نشان می دهد. و بخش های کوچک تری پتانسیل ضعیف و خوب را نشان می دهد.

5(19): 70-84. Doi:10.22034/jest.2019.10464 (In Persian)

9. Biswas, A.K. Tortajada, C. and Izquierdo, R. (Eds.), 2009. Water Management in 2020 and beyond. Springer, Berlin.

10. Chowdary, V.M. (2009) Integrated Water Resource Development Plan for Sustainable Management of Mayurakshi Watershed, India Using Remote Sensing and GIS. Water Resources Management, 23, 1581-1602

11. De Winnar, G. Jewiitt, G.P.W. and Horan, M. 2007. A GIS-based approach for identifying potential runoff harvesting sites in the Thukela River, South Africa. Physics and Chemistry of Earth. 32(18): 1057-1067

12. Haghayeghi Moghaddam, A and Dehghani Sanich, H. 2018. Agricultural water productivity in Razavi Khorasan province (current situation, improvement methods, development prospects). Journal of water management in agriculture. V2(3): 23-48 (In Persian)

13. Jha, M. Chowdary, V M. Kulkarni, Y. and Mal, BC. 2014. Rainwater harvesting planning using geospatial techniques and multicriteria decision analysis. Resources, Conservation and Recycling. 83(2): 96-111

14. Kamyabi, S. 2016. Applying the climatic classification system to the architecture of the cities of Razavi Khorasan province. The Geographical Quarterly of the land. V 13(50): 91-105 (In Persian)

15. Krois, J. and Schulte, A. 2014. GIS-based multi-criteria evaluation to identify potential sites for soil and water conservation techniques in the Ronquillo watershed, northern Peru. Applied Geography. 51(7): 131-142

16. Mahdavi, M. 2011. Applied hydrology. 7th ed. Tehran University Publication. Pp. 147-148 (In Persian)

17. Mahmoud, W. Elaghib, N. Gaese, H. and Heinrich, J. 2014. Rainfall conditions and rainwater harvesting potential in the urban area of Khartoum. Resources, Conservation and Recycling. 91 (9): 89-99

18. Masoud, A. Pham, Q. Alezabawy, A. and Abu El Majd, S. 2022. Efficiency of Geospatial Technology and Multi-Criteria Decision Analysis for Groundwater Potential Mapping in a Semi-Arid Region. Journal of water. 14(22): 24-42

19. Napoli, M., Cecchi, S., Orlandini, S and Zanchi, C. 2014. Determining potential rainwater harvesting sites using a continuous runoff potential accounting procedure and GIS techniques in central Italy. Agricultural Water Management. 141 (7): 55-65

20. Nassif, A. and Thomas, R. 2016. Identification of Suitable Sites for Water Harvesting Structures in Kecheri River. Procedia

را انتخاب کرد. پیشنهاد می‌شود برای بررسی و مدیریت بهینه منابع آبی و طبیعی در سطح هر حوزه کوچک از این قبیل مطالعات انجام شود. این امر علاوه بر اینکه بانک داده‌های منطقه که داده‌های اندکی دارد را اغنا می‌کند و بستر مناسبی برای برنامه‌ریزی دقیق و بر پایه واقعیت فراهم می‌آورد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی به دلیل همکاری در تأمین داده‌های اولیه مورد نیاز برای انجام پروژه تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

1. Abijit, D. Saravanan, S. Singh, L. Jennifer, J. Sarayana, T and Parthasarathy, K. 2020. GIS-based multi-criteria analysis for identification of potential groundwater recharge zones - a case study from Ponnaniyaru watershed, Tamil Nadu, India. Journal of Hydro Research. 3(2): 1-14

2. Adham, A. Wesseling, J. Ricksen, M. Ouassar, M and Ritsema, C. 2016. A water harvesting model for optimizing rainwater harvesting in the wadi Oum Zessar watershed, Tunisia. Agricultural Water Management. 176(10): 191-202

3. Akhter, A. and Ahmed, S. 2015. Potentiality of rainwater harvesting for an urban community in Bangladesh. Journal of Hydrology. 542(9): 84-93

4. Al-Adamat, R. Diabat, A. and Shatnawi, G. 2010. Combining GIS with multicriteria decision making for siting water harvesting ponds in Northern Jordan. Journal of Arid Environments. 74(11): 1471-1477

5. Alkouti, N., Mirzaie, S., Heidarshahi, B., Lesani, M and Kahrobayi, M. 2015. Comprehensive and detailed executive studies of Dehbar area of Targaba Shandiz city. Department of Natural Resources and Watershed Management of Razavi Khorasan Province, Iran. (In Persian)

6. Al-Ali, M. 2012. Soil water conservation and water balance model for micro catchments water harvesting system. Ms. Thesis. Department of Civil and Building Engineering, Loughborough University

7. Al Saaty, T. 1982. Decision Making for Leaders: The Analytical Hierarchy Process for Decisions in a Complex World, ISBN 0-534-97959-9, Wadsworth. 1988, Paperback, ISBN 0-9620317-0-4, RWS

8. Boroghani, M., Moradi, H and Zangene Asadi, M.A. 2015. Zoning and determination of the best drought index in Razavi Khorasan province. Journal of Geographical studies of dry areas. V

27. Shahnooshi, N., Fatemi, M., Taherpoor, H and Alame, A.A. 2019. Evaluating the impact of pressurized irrigation schemes on increasing productivity in the agricultural sector, a case study: Razavi Khorasan Province. *Journal of Agricultural Economics*. V4(13). (In Persian)
28. Singh, L.K. Jha, M.K. and Chowdary, V.M. 2017. Multi-criteria analysis and GIS modeling for identifying prospective water harvesting and artificial recharge sites for sustainable water supply. *Journal of Cleaner Production*. 142(2): 1436-1456
29. Singh, L.K. Jha, M.K. and Chowdary, V.M. 2018. Assessing the accuracy of GIS-based Multi-Criteria Decision Analysis approaches for mapping groundwater potential. 91(8): 24-37
30. Steinel, A. Schelkes, K. Subah, A. and Himmelsbach, T. 2016. Spatial multi-criteria analysis for selecting potential sites for aquifer recharge via harvesting and infiltration of surface runoff in north Jordan. *Hydrogeology Journal*. 24(7): 53-67.
31. Shadmehri Toosi, A. Ghasemi Tousi, E. Ghassemi, A. Cheshomi, A. and Alaghmand, S. 2020. A multi-criteria decision analysis approach towards efficient rainwater harvesting. *Journal of Hydrology*. 58(2): 45-58. (In Persian)
32. UNCCD, United Nations Convention to Combat Desertification. 2020. United Nations Decade for deserts and the fight against desertification convention for 2010-2020. Decade report
- Technology. 24(1): 7-14
21. Nazarian, S. Najafinejad, A. and Noura, N. 2014. Spatial evaluation of surface water collection potential in Agh Imam watershed system of Golestan province. *Journal of Water and Soil* 29 (1): 11-1 (In Persian)
22. Rahnema, H., Ganbarpoor, M., Habibnejad Roshan, M and Dadresi Sabzevar, A. 2012. Investigating the quantitative and qualitative status of underground water resources - case study: Dasht Jovin, Razavi Khorasan province). *Journal of geography and urban-regional planning*. V 3(4). (In Persian)
23. Rana, V.K. and Suryanarayana, T. 2020. GIS-based multi criteria decision making method to identify potential runoff storage zones within watershed. *Annals of GIS*. 26(2): 149-168
24. Razei, T. 2017. Köppen-Geiger climate classification of Iran and investigation of its changes during 20th century. *Journal of the Earth and Space Physics (JESP)*. V 43(2): 419-439. Doi:10.22059/jesphys.2017.58916
25. Salman, M. Abu Khalaf, M. and Moore, B. 2016. Assessment of the water harvesting sector in Jordan Comprehensive studies. 12: 3-43.
26. Sayl, Kh. Muhammad, N. Ahmed, E. and Dahham, A. 2018. GIS based for Preselection of suitable sites for Water Harvesting in arid areas, Case Study: West of Iraq. *ZANCO Journal of Pure and Applied Science*. 28(2): 169-177. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.07.003>

The Effectiveness of Multi-Criteria Analysis and GIS Modeling to Identify Suitable Places for Rainwater Extraction in Dehbar Area of Torqabeh-Shandiz City

B. Kouhzad¹, M.R. Yazdani² and M.T. Dastorani³

Received: 07-06-2022 Accepted: 20-11-2022

Abstract

The purpose of this study is to accurately measure the watershed potential for constructing rainwater harvesting structures. To carry out this research, the DEM digital-elevation model layer was used to prepare slope, hydrological soil groups and land use maps in the Arc GIS 10.3 software. The drainage density map was prepared by combining the DEM layer, topographic map, drainage density and hydrography data. A map of precipitation levels was prepared by using the pluvial method. CN map was prepared by combining land use and vegetation maps with hydrological soil groups. Runoff calculations were used to prepare runoff potential and coefficient maps. By combining them with the maps of drainage density, slope, and using analytical hierarchy process (AHP), a map of potential runoff production was prepared. The underground water fluctuation map was prepared using the base data and the water demand map was produced using (AHP). By combining this map with runoff production potential map, a water demand map was prepared. According to the obtained results, about 72 percent of the area has medium potential for the implementation of water extraction structures. It also shows about 22 percent of the area of low potential and about 6 percent of good potential.

Keywords: *Dehbar watershed, Potential identification, Rainwater harvesting, Runoff production potential, Water demand Map, Water requirement map.*

-
1. Ph.D student, Department of Combat Desertification, Faculty of Desert studies, Semnan University, Iran.
 2. Corresponding Author and Associate Professor, Department of Combat Desertification, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Iran. email: m_yazdani@semnan.ac.ir
 3. Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad. Iran.