

## مکان‌یابی عرصه‌های مناسب ذخیره بارش آسمانی با استفاده از GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز دشت کاشان)

رضا قضاوی: دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران\*  
یعقوب یزدانی‌مقدم: کارشناس ارشد دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران  
عباسعلی ولی: دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران  
سیدجواد ساداتی‌نژاد: دانشیار دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران، ایران

وصول: ۱۳۹۱/۷/۲۷ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۲۱، صص ۸۵-۹۶

### چکیده

اگرچه بارندگی‌های مناطق خشک از لحاظ میزان و پراکنش دارای میزان کم و پراکنش نامناسبی هستند ولی با توجه به اهمیت آب در این مناطق، ذخیره بارش و تغذیه سفره‌های زیرزمینی با همین میزان از بارندگی نیز دارای اهمیت و توجه اقتصادی و اجتماعی است. روش‌های ذخیره بارش شامل همه روش‌های جمع‌آوری و ذخیره بارش است. هدف اصلی از انجام این مطالعه شناسایی مناطق دارای استعداد و اولویت برای اجرای طرح‌های مختلف ذخیره بارش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی است بطوری که بتوان با استفاده از اطلاعات به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای و اندازه‌گیری‌ها و کنترل‌های زمینی مناطق مستعد برای ایجاد هر یک از روش‌های ذخیره بارش را تعیین کرد. برای انجام این تحقیق ابتدا زیرحوضه‌های حوضه آبخیز مورد مطالعه واقع در دشت کاشان مشخص گردید و در قسمت‌های مختلف هر زیرحوضه پارامترهای موثر در تعیین نوع سازه‌های ذخیره بارش شامل عامل رواناب با دوره بازگشت ۵۰ ساله، بافت خاک، شیب، پوشش زمین و درجه آبراهه‌ها در شبکه زهکشی محاسبه شد. سپس با اولویت‌بندی زیرپارامترها و بر اساس اینکه بهترین منطقه برای انجام هر یک از روش‌های ذخیره بارش دارای چه مشخصاتی است روش مناسب برای هر منطقه مشخص شده و بر این اساس نقشه اولویت‌بندی منطقه از نظر روش ذخیره بارش تهیه شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که با استفاده از این روش می‌توان برای حوضه‌های آبخیز بزرگ بطور یکپارچه برنامه‌ریزی نموده و نتایج حاصل از دقت بالایی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: مکان‌یابی، ذخیره بارش، سیستم اطلاعات جغرافیایی، آبخیز، دشت کاشان

### مقدمه

سودهای جانبی آن بهترین گزینه برای ذخیره آب و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در امر مدیریت رواناب‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک، چنانچه عرصه‌های ذخیره

مدیریت یکپارچه حوضه‌های آبخیز نیازمند جمع‌آوری اطلاعات مربوط به اجزای حوضه آبخیز در ارتباط با یکدیگر است. ذخیره بارش با در نظر گرفتن

اطلاعات ارزشمند و نوین در عرصه‌های منابع طبیعی و پارامترهای فیزیکی زمین است، سیستم اطلاعات جغرافیایی نیز با تلفیق اطلاعات و تجزیه و تحلیل‌های لایه‌های به دست آمده و در ارتباط با علم سنجش از دور به عنوان ابزاری موثر در برنامه‌ریزی‌های حوضه‌ی آبخیز توسعه یافته است (چادوری، ۲۰۰۹).

با توجه به حاکم بودن شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک در ۸۳ درصد از کشور، برای استفاده بیشتر از حداقل بارندگی و نیز کاهش فرسایش و رواناب از روش‌های مکانیکی مانند روشهای ذخیره بارش آسمانی استفاده می‌شود (نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۸۹). این ساختارهای برداشت آب باران برای تقویت ذخایر سطحی و زیرسطحی توسعه پیدا کرده‌اند و ساخت این سازه‌ها باعث کاهش میزان رواناب سطحی، کاهش فرسایش خاک و تغذیه‌ی آبخوان‌ها می‌شود (راماکریشنان<sup>۷</sup>، ۲۰۰۹؛ آلدنولا و آدبوی<sup>۸</sup>، ۲۰۱۰؛ کین کید<sup>۹</sup> و همکاران، ۱۹۶۶؛ کرید و همکاران، ۱۹۶۶).

رواناب‌های سطحی را می‌توان با ایجاد ساختارهای مهار رواناب کنترل کرد و در مواردی نیز با ایجاد تغییر در کاربری زمین می‌توان میزان رواناب را کاهش داد، رویکرد توسعه‌ی حوضه‌های آبخیز کوچک نیازمند یک درک دقیق و تجزیه و تحلیل‌های مختلف مدل‌های بارش و رواناب در ارتباط با پارامترهایی از قبیل کاربری اراضی، خواص هیدرولیکی خاک، بافت خاک، شیب، شدت بارش و سازندهای زمین‌شناسی است و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند به عنوان راهکاری مناسب برای محاسبه و ارزیابی این پارامترها

بارش و نوع ذخیره به درستی انتخاب شوند تاثیر به سزایی بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی خواهند داشت. حال آنکه عدم انتخاب صحیح و علمی می‌تواند منجر به صرف هزینه‌های گزاف و نهایتاً سود کم این پروژه‌ها شود. بسیاری از بهره‌برداران و مصرف‌کنندگان آب در سرتاسر جهان پتانسیل برداشت از آب باران را به منظور افزایش بهره‌وری بیشتر از آب حائز اهمیت می‌دانند (مون و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲؛ ولد و بری<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹؛ عبدالله و الشرف<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹). سیستم‌های ذخیره‌ی بارش به عنوان یک راهکار مهم در استفاده حداکثری از منابع آب و بهره‌برداری مناسب از زمین و توسعه‌ی مناطق کشاورزی است (توماس<sup>۴</sup>، ۲۰۰۸؛ ویز وهاچوم، ۲۰۰۶؛ لاو و پوسن<sup>۵</sup>، ۱۹۹۱؛ امبیلینی<sup>۶</sup>، ۲۰۰۷).

تحقیقات نشان داده است که انتخاب عرصه‌های مناسب جهت ذخیره‌ی بارش نه تنها باعث بهبود شرایط کیفی و کمی منابع آبهای زیرزمینی شده است، بلکه بهبود پوشش گیاهی، اصلاح خاک و نهایتاً بهبود شرایط زیست‌محیطی را به همراه داشته است (قضاوی و همکاران، ۲۰۱۰؛ قضاوی و همکاران، ۲۰۱۲). به منظور تعیین عرصه‌های مناسب جهت ذخیره‌ی بارش نیاز به محاسبه و اندازه‌گیری دقیق پارامترهای فیزیکی و هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز است و هر چه این اطلاعات دقیق‌تر و جامع‌تر محاسبه شود نتایج حاصل نیز علمی‌تر و کاربردی‌تر خواهد بود (قضاوی و همکاران، ۱۳۹۱). علم سنجش از دور قادر به تهیه‌ی

1 Moon

2 Vohland and Barry

3 Abdulla and Al-Shareef

4 Thomas

5 avee and Poesen

6 Mbilyni

7 Ramakrishnan

8 Aladenola and Adeboye

9 Kincaid

بارش را شناسایی کند. ایشان در این تحقیق از پارامترهای بارندگی، شیب، بافت خاک، عمق خاک، کاربری اراضی و پوشش زمین جهت تعیین مکان‌های مناسب ذخیره‌ی بارش استفاده کرد. نتایج حاصله از تحقیق نشان داد که مدل DSS قابلیت بالایی برای تصمیم‌گیری در مورد مناطق مناسب برای ذخیره‌ی بارش است، و توجه به عوامل اقتصادی اجتماعی را به عنوان یک فاکتور مهم پیشنهاد دادند.

ریدا ال ادامت<sup>۶</sup> (۲۰۱۰)، طی تحقیقی که در شمال اردن انجام داد توانست با تلفیق GIS و سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاری، مناطق مناسب جهت ساخت گوراب‌ها را شناسایی کند. معیارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل بارش، خاک، شیب زمین و معیارهای اقتصادی اجتماعی بودند. نتایج این مطالعه نشان داد که ۲۵ درصد از منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل تامین آب با استفاده از گوراب‌ها است.

در شهرستان کاشان، مقدار بارش سالیانه دارای پراکنش زمانی و مکانی نامنظم بوده و اغلب بارش‌های منطقه بصورت سیلاب از دسترس خارج می‌شود و سالانه هزینه زیادی جهت اجرای طرح‌های آبخیزداری در این حوضه و سایر حوضه‌های آبخیز کشور صرف می‌شود ولی کمتر مطالعه‌ای در مورد مدیریت یکپارچه و تعیین مناطق دارای اولویت جهت اجرای طرح‌های ذخیره بارش صورت گرفته است. هدف از انجام این مطالعه مکان‌یابی مناطق مناسب جهت ذخیره‌ی بارش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تهیه نقشه جامع کاربردی ذخیره بارش برای منطقه است.

مورد استفاده قرار گیرد (یوسف<sup>۱</sup> و همکاران؛ پراساد<sup>۲</sup> پراساد<sup>۳</sup> و همکاران؛ کوش<sup>۴</sup> و همکاران ۲۰۰۴).

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور انتخاب عرصه‌های مناسب جهت ذخیره‌ی بارش در کشورهای مختلف جهان مورد آزمون قرار گرفته و نتایج قابل قبولی نیز به دست آمده است. راماکریشنان<sup>۴</sup> راماکریشنان<sup>۴</sup> (۲۰۰۵) طی تحقیقی که در حوضه کالی در منطقه‌ی گجرات هند و در یکی از مناطق خشک و نیمه خشک این کشور انجام داد، توانست با بکارگیری تکنیک GIS و بکارگیری پارامترهای موثر در ذخیره بارش مکان‌ها مناسب برای اجرای روش‌های مختلف ذخیره‌ی بارش را شناسایی کند. پارامترهای مورد استفاده در این تحقیق شامل، نفوذپذیری، مساحت حوضه‌ی آبخیز، شیب و رواناب بوده و در این بین عامل نفوذ پذیری به عنوان مهمترین عامل در افزایش ذخیره‌سازی آب شناخته شده است.

آجی کمار<sup>۵</sup> (۲۰۱۲) طی تحقیقی در هند و منطقه‌ی دکن به کمک تکنیک RS و GIS توانست مناطق مناسب جهت احداث سازه‌های ذخیره‌ی بارش را شناسایی کند، در این تحقیق مکان‌یابی برای سازه‌های کنترل بارش شامل چک‌دم‌ها، گوراب‌ها، پخش سیلاب و سازه‌های حفاظت گالی، انجام گرفت. معیارهای مورد استفاده در این مطالعه شامل کاربری اراضی، شیب، خاک، شبکه زهکشی و رواناب بوده است.

امبیلینی (۲۰۰۷)، توانست با استفاده از مدل DSS و تلفیق آن با GIS مکان‌های مناسب برای ذخیره‌ی

1 Yusof

2 Prasad

3 Cosh

4 Ramakrishnan

5 Ajaykumar

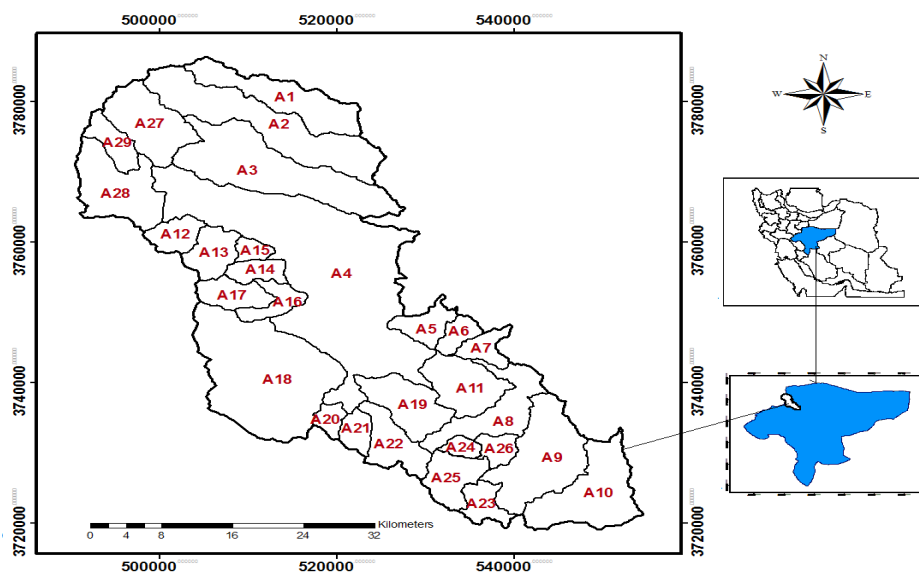
<sup>6</sup> Rida Al-Adamat

## مواد و روش‌ها

## معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

دقیقه و ۳۹ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۱۳ دقیقه و ۸ ثانیه و طول‌های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۳ دقیقه و ۴۴ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۳۵ دقیقه و ۲۰ ثانیه واقع گردیده است (شکل ۱).

حوضه‌ی آبخیز کاشان به مساحت ۱۹۲۴/۸۳ کیلومتر-مربع در فاصله ۱۹۰ کیلومتری شمال شرق استان اصفهان بین عرض‌های جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۶



شکل ۱- موقعیت حوضه مورد مطالعه در استان اصفهان

می‌شود. نتایج حاصل از مطالعات منابع آبی در حوضه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد که در منطقه‌ی دشتی از ۴/۶۹ میلیون متر مکعب حجم بارش، حدود ۹۳/۹ درصد صرف تبخیر و تعرق شده و ۶/۱ درصد بارندگی مفید است. با توجه به شرایط دشت از ۵/۲۸ میلیون متر مکعب بارندگی مفید حدود ۵۴ درصد نفوذ کرده و ۴۶ درصد بقیه جریان سطحی دشت را تشکیل می‌دهد. از ۶/۸۳۰ میلیون متر مکعب حجم بارش در ارتفاعات نیز حدود ۴/۷۹ درصد صرف تبخیر و تعرق شده و ۶/۲۰ درصد بقیه برابر با ۹/۱۷۰ میلیون متر مکعب بارندگی مفید است که ۶۰ درصد از این مقدار به لایه‌های عمقی نفوذ کرده و موجب تغذیه‌ی آبخوان‌های آبرفتی دشت می‌شود و ۴۰ درصد آن

حداکثر ارتفاع حوضه‌ی مورد مطالعه ۳۵۷۹ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۰۲۲ متر از سطح دریا است. دمای متوسط سالیانه در ارتفاعات و دشت به ترتیب برابر با ۱۴/۴ و ۱۸/۶ درجه سانتیگراد و متوسط بارندگی منطقه در ارتفاعات و دشت به ترتیب برابر با ۲۳۳/۹ و ۱۳۸/۱ میلی‌متر بوده و حداکثر بارش منطقه در فصل‌های زمستان و بهار اتفاق می‌افتد. میزان تبخیر و تعرق پتانسیل حوضه‌ی کاشان نیز در منطقه‌ی دشتی و کوهستان به ترتیب برابر با ۲۶۲۳ و ۵/۲۲۳۹ میلی‌متر برآورد شده است (مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار، ۱۳۸۹). اقلیم منطقه براساس روش دومارتن، در مناطق دشتی جزء اقلیم خشک یا بیابانی و در مناطق کوهستانی جزء اقلیم نیمه خشک طبقه‌بندی

معادل ۶۷/۷ میلیون متر مکعب جریان سطحی و آبدهی چشمه‌ها را تامین می‌نماید (مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار، ۱۳۸۹).

### روش انجام کار

جهت انجام این مطالعه، ابتدا کل حوضه بر اساس خصوصیات فیزیوگرافی و شبکه آبراهه‌ها به ۲۹ زیر-حوضه تقسیم شد و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، بازدیدهای صحرائی و نقشه‌های موجود مشخصات فیزیوگرافی، زمین‌شناسی، خاکشناسی و کاربری اراضی برای هر زیرحوضه بطور جداگانه محاسبه گردید و نقشه‌های مربوطه ترسیم گردید. به منظور محاسبه حداکثر دبی سیلاب در هر زیر حوضه از روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) استفاده شد. کلیدی پارامترهای مورد نیاز در این روش‌ها با استفاده از نقشه‌های پایه و بازدیدهای صحرائی تهیه گردید. به منظور محاسبه‌ی حجم و دبی حداکثر سیلاب ایجاد شده در هر زیرحوضه در دوره بازگشت‌های مختلف، ابتدا بر اساس روابط رگرسیونی ارتفاع-بارش، میزان بارش هر زیر حوضه برای دوره بازگشت‌های مختلف به تفکیک محاسبه شد. ضریب تولید رواناب هر زیرحوضه نیز بر اساس نوع کاربری، شیب و نوع سازندهای زمین‌شناسی به تفکیک محاسبه گردید. سپس بر اساس آن حجم و دبی سیلاب هر زیر حوضه به تفکیک محاسبه گردید. به منظور تعیین عرصه‌های مناسب برای اجرای روش‌های مختلف ذخیره‌ی بارش، پخش سیلاب، کنتور فارو، پیتینگ، بانکت‌های ترکیبی و چک‌دم‌ها یا سدهای اصلاحی به عنوان روش‌های مناسب در نظر گرفته شد. با بررسی منطقه‌ی مورد مطالعه و مرور منابع در نهایت ۵ عامل رواناب با دوره بازگشت ۵۰ ساله، بافت خاک، شیب،

پوشش زمین و درجه‌ی شبکه آبراهه به عنوان عوامل اصلی تعیین‌کننده روش مناسب جهت ذخیره بارش در هر منطقه مشخص گردید و پس از وزن‌دهی به هر یک از عوامل و مقایسه آن با شرایط مناسب برای اجرای هر روش بر اساس شرایط مستخرج از منابع و دستورالعمل اجرای طرح‌های آبخیزداری، مکان‌های مناسب اجرای هر یک از این روش‌ها تعیین و نهایتاً این مکان‌ها روی نقشه نشان داده شد. روش محاسبه هر یک از این پارامترها به شرح ذیل بوده است.

شیب: جهت تعیین شیب منطقه، ابتدا با زمین مرجع کردن نقشه‌های توپوگرافی که شامل ۶ شیت نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ است خطوط توپوگرافی محدوده‌ی مورد نظر رقومی گردید، سپس با تعریف مقادیر خطوط ارتفاعی به هر خط نقشه DEM محدوده‌ی مورد مطالعه با استفاده از ابزار 3D Analyst در نرم افزار Arc Gis<sup>9.3</sup> تهیه گردید و سپس نقشه‌ی شیب منطقه از روی DEM ایجاد شده و ابزار 3D Analyst به دست آمد.

پوشش زمین: جهت ترسیم نقشه‌ی پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM<sup>+</sup> و شاخص NDVI در نرم‌افزار ENVI 4.5 نقشه مربوطه ترسیم شد. با استفاده از شاخص NDVI و با توجه به میزان ارزش پیکسل‌های تشکیل شده در دامنه +۱ تا -۱ پوشش تشکیل دهنده زمین تفکیک گردید، و همچنین با اعمال طبقه بندی نظارت شده و انتخاب نمونه‌های تعلیمی مناسب از پوشش‌های مختلف زمین در نرم افزار ENVI 4.5 در نهایت نقشه‌های حاصل مورد بررسی و تفکیک قرار گرفت، و نقشه پوشش زمین تهیه گردید.

رواناب است. میزان رواناب در خاک در درجه‌ی اول وابسته به نوع کاربری اراضی و شرایط رطوبتی خاک منطقه است. از بین روش‌های مختلف برآورد رواناب مدل SCS به عنوان یک روش ساده که نتایج قابل قبولی را ارائه می‌دهد، به عنوان یک روش قابل اطمینان در پژوهش‌های محققین مختلف به اثبات رسیده است (میشل (Michel) و همکاران، ۲۰۰۵؛ پونس و هاوکین (Ponce and Hawkins)، ۱۹۹۶؛ ساهو و همکاران (Sahu)، ۲۰۰۷، وینار (Winnar)، ۲۰۰۷). در این پژوهش نیز از SCS جهت برآورد رواناب استفاده گردید. روش محاسبه پارامترهای مختلف موثر در روش SCS مطابق جدول (۱) خلاصه گردیده است.

جدول (۱): پارامترهای تاثیرگذار در مدل SCS

پارمترها	رابطه	شماره رابطه	ردیف
$p$ حداکثر بارش ۲۴ ساعته به میلی‌متر، $Q$ ارتفاع رواناب (میلی‌متر): $S$ عامل مربوط به نگهداشت آب در خاک بر حسب میلی‌متر	$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$	۱	۱
$S$ : عامل مربوط به ضریب نگهداشت آب در خاک بر حسب میلی‌متر	$S = \frac{25400}{CN} - 254$	۲	۲
$A$ : سطح حوضه به کیلومتر مربع، $T_p$ : زمان پیک بر حسب ساعت	$Q_{max} = \frac{0.2083 \times A \times Q}{T_p}$	۳	۳
$T_c$ : زمان تمرکز بر حسب ساعت	$T_p = \sqrt{7T_c} + 0.67T_c$	۴	۴

منطقه‌ی مورد مطالعه شامل، گروه‌های هیدرولوژیکی  $D$  و  $C$  است، در هر زیر حوضه عوامل موثر در ضریب  $CN$  با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای، نقشه‌ها و بازدیدهای محلی تعیین شد و با توجه به مساحت هر زیر حوضه ضریب  $CN$  وزنی به دست آمد. پس از تعیین ارتفاع رواناب سطحی مطابق رابطه (۱) دبی اوج سیلاب با استفاده از رابطه‌ی (۳) به دست آمد. در رابطه‌ی (۱) برای محاسبه مقدار ( $P$ ) در هر زیر حوضه از رابطه گرادیان بارش و ارتفاع استفاده شد. گرادیان بارش و ارتفاع بر اساس رابطه رگرسیونی بین حداکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره‌ی بازگشت ۵۰ ساله در

شبکه آبراهه: نقشه‌ی شبکه آبراهه و رتبه‌بندی آن با توجه به نقشه‌ی خطوط ارتفاعی (DEM) و با کمک الحاقیه‌ی Arc SWAT در نرم‌افزار Arc Gis 9.3 به دست آمد. از روش استراهلر (۱۹۶۴) جهت تعیین رتبه آبراهه‌ها استفاده شد.

بافت خاک: به طور کلی بافت یک منطقه نشان دهنده‌ی میزان نفوذپذیری آن منطقه است، هر چه بافت ریز دانه‌تر باشد، نفوذپذیری کمتر و هر درشت دانه‌تر باشد، نفوذ بیشتر است. نقشه‌ی بافت خاک نیز با توجه به نقشه‌ی کاربری اراضی تهیه گردید.

رواناب: از پارامترهای مهم در شناسایی مناطق مناسب ذخیره‌ی بارش، پیش بینی توان بالقوه منطقه در تولید

محاسبه‌ی ارتفاع رواناب با دوره‌ی بازگشت ۵۰ ساله از رابطه (۱) انجام گرفت و از حاصل ضرب ارتفاع رواناب و مساحت هر یک از زیرحوضه‌ها حجم رواناب با دوره‌ی بازگشت ۵۰ ساله محاسبه شد. ضریب  $CN$  (شماره منحنی) که در روش SCS برای تعیین تلفات اولیه و زمان تأخیر به کار می‌رود و تحت تاثیر، نقشه کاربری اراضی منطقه، نوع کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیکی و رطوبت پیشین خاک است (وانیلیستا، ۱۹۹۰). گروه‌های هیدرولوژیکی برای

۱۹۹۳؛ وینار ۲۰۰۷؛ گتا (Geetha) و همکاران، ۲۰۰۷؛ هاتیبو (Hatibu) و همکاران، ۱۹۹۹؛ امبلینی، ۲۰۰۷) و دستورالعمل‌های اجرایی فعالیت‌های آبخیزداری و مرتعداری (ضوابط و دستورالعمل‌های فنی مرتع، ۱۳۸۷)، شرایط مناسب برای اجرای هر یک از روش‌های ذخیره‌ی بارش تعیین شد (جدول ۲). سپس نقشه‌ی تغییرات هر یک از پارامترها برای همه‌ی زیر حوضه‌ها محاسبه گردید.

ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه و ارتفاع هر ایستگاه با ضریب تبیین ۰/۹۴ محاسبه شد، سپس با قرار دادن لایه اطلاعاتی مدل رقومی ارتفاع (DEM) هر زیر حوضه در رابطه‌ی رگرسیونی حاصل، تغییرات میزان بارش بر حسب ارتفاع برای هر زیر حوضه محاسبه شد.

### نتایج

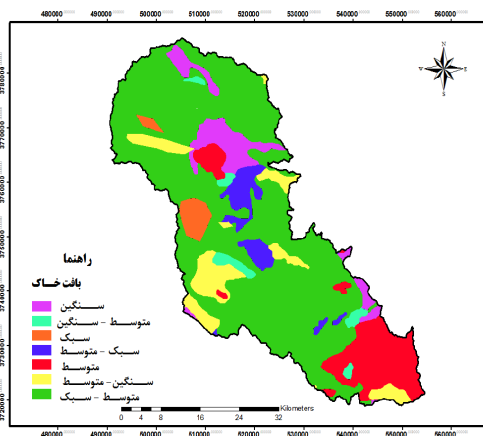
از تلفیق نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در سایر نقاط جهان (IMSD, 1995)؛ پادماواتی و همکاران،

جدول ۲- شرایط مناسب جهت عملیات ذخیره‌ی بارش

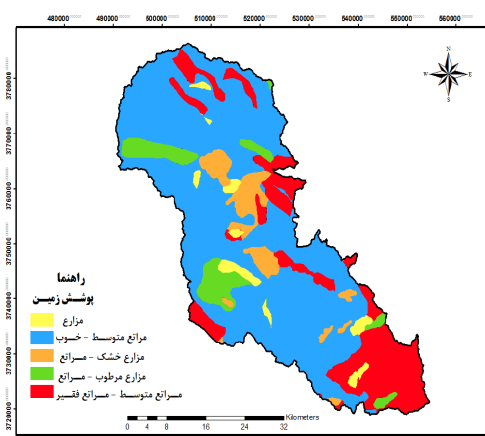
عملیات ذخیره‌ی بارش	پوشش	شیب	خاک	رتبه ابراهه	حجم رواناب ویژه
پیتینگ	ضعیف تا متوسط	۸ تا ۳	بافت ریز و متوسط	۲ تا ۱	کم
کنتور فارو	متوسط	۲۰ تا ۰	بافت متوسط تا سنگین	۲ تا ۱	کم و متوسط
بانکت ترکیبی	ضعیف تا متوسط	۳۰ تا ۲۰	متوسط تا سبک	۲ تا ۱	متوسط و کم
پخش سیلاب	بالا و متوسط	۵ تا ۱	متوسط	۶ تا ۵	زیاد
چک‌دم	ضعیف تا متوسط	۱۵ <	متوسط	۵ تا ۱	متوسط

بافت خاک (شکل ۳) نشان می‌دهد که بافت سبک-متوسط (بافت سبک غالب‌تر است)، بیشترین مساحت را در منطقه به خود اختصاص داده است مساحت این طبقه از بافت خاک ۱۲۸۳۳۴ هکتار است و معادل ۶۶ درصد از حوضه‌ی مورد مطالعه است.

با توجه به نقشه‌ی پوشش زمین (شکل ۲) مراتع با پوشش متوسط و خوب با مساحتی برابر با ۱۲۲۳۰۷ هکتار بیشترین مساحت را دارا است و حدود ۶۳ درصد از محدوده‌ی مورد نظر را تشکیل داده است که می‌تواند به عنوان اراضی مناسب جهت اجرای عملیات پیتینگ و کنتور فارو به حساب آید. نقشه‌ی



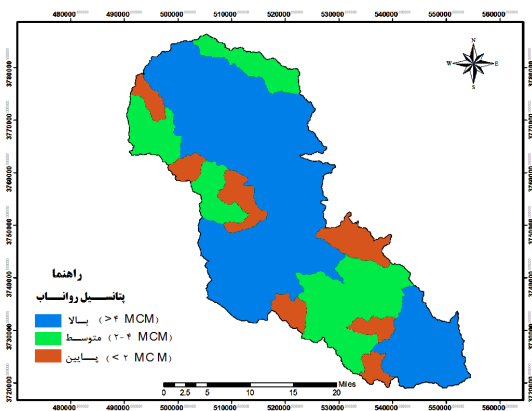
شکل ۳- نقشه بافت خاک



شکل ۲- نقشه پوشش زمین

دارد و طبقه‌ی کمتر از ۲ میلیون متر مکعب نیز دارای مساحتی برابر با ۲۵۰۸۰ هکتار است.

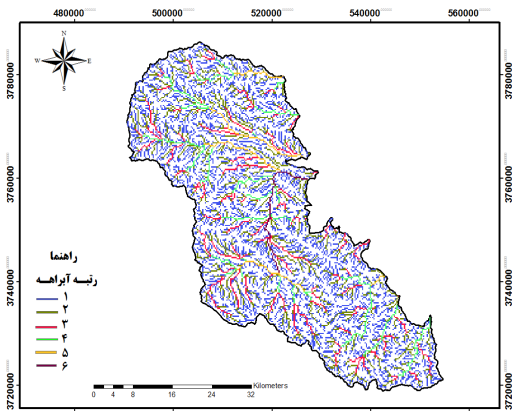
بر اساس نقشه‌ی شیب (شکل ۶)، طبقه‌ی شیب ۰ تا ۵٪ دارای مساحتی برابر ۲۹۹۲۶ هکتار بوده و ۱۵/۵۴ درصد از مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است. این منطقه در صورت دارا بودن سایر شرایط می‌تواند به عنوان منطقه‌ی مناسب جهت پخش سیلاب مورد استفاده قرار گیرد. طبقه ۵ تا ۸ درصد دارای مساحتی برابر با ۴۱۱۷۲ هکتار است و ۲۱ درصد از مساحت کل حوضه را تشکیل می‌دهد که در صورت مناسب بودن شرایط جهت انجام عملیات پیتینگ مناسب است. طبقه‌ی ۲۰ تا ۳۰ درصد نیز دارای ۳۳۹۶۷ هکتار (۱۷ درصد از مساحت کل حوضه) مساحت است.



شکل ۵- نقشه پتانسیل رواناب

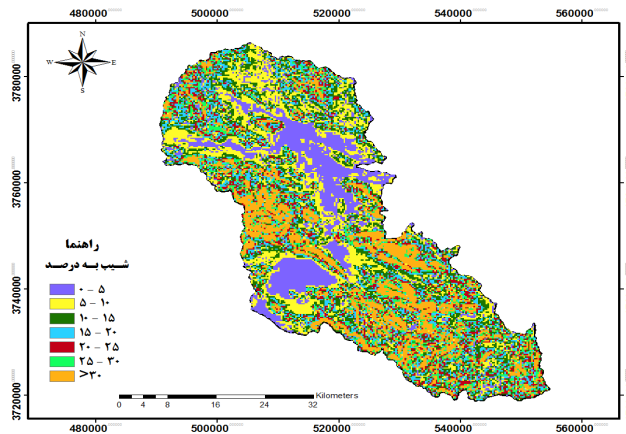
نقشه‌ی شبکه آبراهه (شکل ۴)، نشان دهنده‌ی وجود ۶ رده شبکه آبراهه مطابق با روش استراهلر در منطقه است، بالاترین درجه آبراهه در منطقه دشتی منطقه‌ی مورد مطالعه قرار دارد، که رواناب جریانی در این آبراهه می‌تواند جهت اجرای عملیات پخش سیلاب مناسب باشد. کنتور فارو و بانکت‌های ترکیبی و پیتینگ نیز در آبراهه‌های درجه ۱ و ۲ قابل اجرا هستند.

نقشه‌ی پتانسیل تولید رواناب (شکل ۵) نشان می‌دهد که طبقه رواناب < ۴ میلیون متر مکعب با دوره‌ی بازگشت ۵۰ ساله دارای بیشترین فراوانی است، مساحت این طبقه برابر با ۱۱۸۶۷۰ هکتار است، که ۶۱ درصد از مساحت حوضه‌ی را شامل می‌گردد و بعد از آن طبقه‌ی ۲ تا ۴ میلیون متر مکعب به عنوان طبقه‌ی متوسط با مساحتی برابر با ۴۸۸۲۰ هکتار قرار



شکل ۴- نقشه شبکه آبراهه

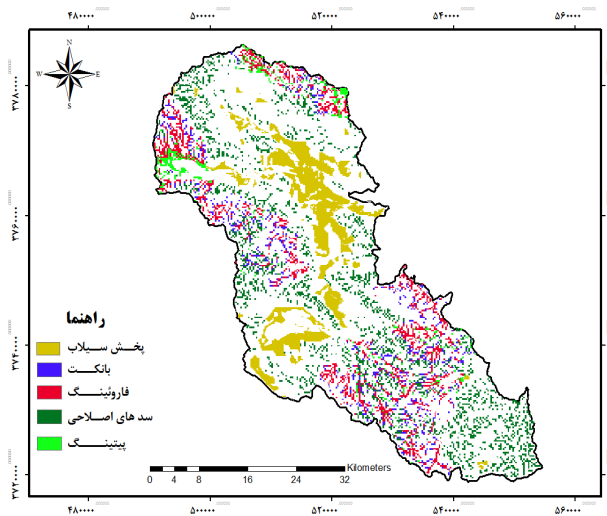




شکل ۶- نقشه شیب

مطابق با شکل (۷) به دست آمد. مطابق با جدول ارائه شده، تمام لایه‌های مناسب در هر عملیات به عنوان اولویت اول انتخاب شدند، و بقیه لایه‌ها در اولویت بعدی قرار گرفتند. و در نهایت اولویت اول برای هر عملیات ذخیره‌ی بارش مناسب‌ترین مناطق تشخیص داده شد. در این تحقیق به تمام پارامترهای شیب، حجم رواناب، پوشش زمین، شبکه آبراهه، وزن یکسانی از لحاظ میزان تاثیرگذاری داده شد.

جهت تعیین نقشه‌ی نهایی جهت تعیین مکان‌های مناسب برای اجرای پخش سیلاب، کنتور فارو، پیتینگ، بانکت‌های ترکیبی و چک‌دم‌ها یا سدهای اصلاحی با روی هم‌گذاری (overlay) وزنی لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده با فرمت رستری، مناطق مناسب برای عملیات ذخیره‌ی بارش تشخیص داده شد. پس از وزن‌دهی هر یک از پارامترها و تلفیق آن با شرایط بهینه در نظر گرفته شده برای هر یک از روش‌ها (جدول ۱)، مکان‌های مناسب جهت اجرای هر روش



شکل ۷- مکان‌های مناسب برای انواع عملیات ذخیره‌ی بارش

در نهایت با توجه به نقشه‌ی نهایی به دست آمده مساحت مربوط به هر کدام از عملیات ذخیره بارش تعیین شده بر حسب هکتار مطابق با جدول (۳)، تعیین شد.

جدول ۳- مساحت مربوط به عملیات ذخیره بارش

ردیف	روش ذخیره بارش	مساحت (ha)
۱	بانکت ترکیبی	۳۸۹۹٫۸۴۹
۲	پیتینگ	۳۸۴۶٫۵۷
۳	سدهای اصلاحی	۱۹۱۰۰٫۹۴
۴	کتور فارونینگ	۹۲۹۴٫۱۱
۵	پخش سیلاب	۱۶۸۶۰٫۰۹

بنابراین باید آنها را جزء مناطق حذفی به حساب آورد، در این مطالعه مساحت مناطق حذفی برابر با ۱۱۷۹۹/۱۷ هکتار که معادل ۶/۱۳ درصد از مساحت کل منطقه است. با توجه به جدول (۱)، سدهای اصلاحی در مناطقی با شیب‌های  $< 15^\circ$  درصد قابل اجرا است، که این طبقه شیب دارای مساحتی برابر با ۹۱۵۷۵ هکتار است، و با در نظر گرفتن سایر شرایط ۴۸ درصد از این مساحت جهت اجرای سدهای اصلاحی مناسب تشخیص داده شد. طبقات کم و متوسط رواناب جهت انجام عملیات ذخیره‌ی بارش به روش‌های کتور فارو و بانکت‌های ترکیبی مناسب است، که مجموع مساحت این دو طبقه برابر با ۷۳۹۰۰ هکتار است که ۳۸ درصد از مساحت کل حوضه را تشکیل داده است. همچنین مناطق دارای بافت سبک - متوسط به عنوان اراضی مناسب جهت اجرای بانکت‌های ترکیبی و پخش سیلاب دارای اولویت می‌باشند. که ۶۶ درصد از مساحت حوضه مربوط به این طبقه از بافت خاک است.

#### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل قسمتی از نتایج اجرای طرح پژوهشی شماره ۹۰۰۴۸۴۷ مصوب صندوق حمایت از

طبق نتایج جدول (۳) مجموع مساحت‌های به دست آمده برای کل عملیات ذخیره بارش برابر با  $53001/3$  هکتار است. بنابراین طبق این مقدار ۲۸ درصد از سطح حوضه‌ی مورد مطالعه مناسب برای انواع عملیات ذخیره‌ی بارش مورد بحث در این تحقیق است.

#### بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از نقشه‌ی نهایی تعیین مکان‌های مناسب سازه‌های ذخیره‌ی بارش، سدهای اصلاحی با مساحتی برابر با ۱۹۱۰۰ هکتار (معادل ۹/۹ درصد از مساحت کل حوضه) بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است. بعد از سدهای اصلاحی، مکان‌های مناسب برای عملیات پخش سیلاب با مساحتی برابر با ۱۶۸۶۰ هکتار (معادل ۸/۷ درصد از مساحت کل حوضه)، دارای بیشترین مقدار است. عملیات کتور فارو، بانکت ترکیبی و پیتینگ نیز به ترتیب دارای مساحتی برابر با ۳۸۹۹، ۹۲۹۴ و ۳۸۴۶ هکتار است. با توجه به اینکه وجود انواع کاربری‌ها از جمله وجود مناطق شهری، اراضی کشاورزی و باغات، و اراضی تحت مالکیت افراد عملیات اجرای طرح پخش بارش را مختل می‌سازد،

- spatial stability of soil moisture and its role in validating satellite estimates; *Remote Sensing of Environment* 92 427–435.
- Geetha K, Mishra S K, Eldho T I, Rastogi A K and Pandey R P 2007 Modifications to SCS-CN Method for Long-Term Hydrologic Simulation; *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 133(5) 475–486.
- Hatibu, N., and H.Mahoo. 1999. Rain water harvesting technologies for agriculture production: a case for Dodoma, Tanzania. Kaumbutho p g and simalenga t e (eds)(conservation tillage with animal traction): 161-171.
- IMSD 1995. Technical guidelines, integrated mission for sustainable development, national remote sensing center (NRSC) Department of Space, Government of India.
- Kincaid david R. and Gerald williams, Rainfall Effects on Soil Surface Characteristics Following Range Improvement Treatments, *Journal of Range Management*, 1966: 346-351.
- Lavee, H., Poesen, J., 1991. Overland flow generation and continuity on stone-cover soil surfaces. *Hydrological Processes* 5, 345–360.
- Mbilinyi B.P., S.D. Tumbo, H.F. Mahoo, F.O. Mkiramwinyi. 2007. GIS-based decision support system for identifying potential sites for rainwater harvesting. *Physics and Chemistry of the Earth* 32 (2007) 1074–1081.
- Michel C, Vazken A and Perrin C 2005 Soil Conservation Service Curve Number Method: How to mend a wrong soil moisture accounting procedure; *Water Resources Research* 41 W02 011, 1–6.
- Oweis, T., Hachum, A., 2006. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. *Agricultural Water Management* 80, 57–73.
- Pachpute JS, Tumbo SD, Sally H, Mul ML (2009) Sustainability of rainwater harvesting systems in rural catchment of Sub-Saharan Africa. *Water Resour Manage* 23:2815–2839.
- Padmavathy A S, Ganesha Raj K, Yogarajan N and Thangavel P 1993 Check dam site پژوهشگران و فناوران کشور است که بدینوسیله از حمایت مالی صندوق نیز تشکر و قدردانی می‌شود.
- ### منابع
- ضوابط و دستورالعمل‌های فنی مرتع، دستورالعمل اصلاح مراتع با استفاده از روشهای ذخیره بارش آسمانی، ۱۳۸۷، سازمان جنگل‌ها مراتع و آبخیزداری کشور، معاونت آبخیزداری، دفتر طرح‌ریزی و هماهنگی، نشریه شماره ۴۱۹.
- مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار، ۱۳۸۹، مطالعات بهنگام سازی بیلان منابع آب محدوده‌های مطالعاتی حوضه‌ی آبریز دریاچه نمک، گزارش بیلان آب محدوده‌ی مطالعاتی دشت کاشان.
- نوحه‌گر، احمد، فرشته، شیرگاهی و پیمان، رضایی، ۱۳۸۹، اقدامات آبخیزداری برای مدیریت آب‌های زیرزمینی حوضه ایسین، دومین کنفرانس سراسری مدیریت جامع منابع آب.
- Ajaykumar K. Kadam & Sanjay S. Kale & Nagesh N. Pande & N. J. Pawar & R. N. Sankhua, 2012, Identifying Potential Rainwater Harvesting Sites of a Semi-arid, Basaltic Region of Western India, Using SCS-CN Method. *Jurnal of Water Resour Manage*. 26:2537–2554.
- Aladenola OO, Adeboye OB, 2010, Assessing the potential of rainwater harvesting. *Water Resour Manage* 24:2129–2137.
- Caird R.W. and J. S. McCorkle, Contour furrow studies near Amarillo, Texas. *Journal Forest*, 1946: 587-592.
- Chowdary V. M. Ramakrishnan D.. Srivastava. Vinu Chandran. · Y. K. Jeyaram, A. , 2009. Integrated Water Resource Development Plan for Sustainable Management of Mayurakshi Watershed, India using Remote Sensing and GIS. *Journal Water Resour Manage* (2009) 23:1581–1602.
- Cosh M H, Jackson T J, Bindlish R and Prueger J H 2004 Watershed scale temporal and

- hydrology, Sections 4–11. Mc Graw Hill, New York.
- Thomas, R.J., 2008. Opportunities to reduce the vulnerability of dryland farmers in Central and West Asia and North Africa to climate change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 126, 36–45. doi:10.1016/j.agee.2008.01.011.
- Wanielista M.P. 1990. *Hydrology and Water Quantity Control*, John Wiley & Sons, Inc, 565pp.
- Winnar, 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* 32: pp 1058-1067.
- Yusof K W, Serwan M and Baban J 2000. Identifying optimum sites for locating reservoirs employing remotely sensed data and geographical information systems; Proc. 21st Asian Conference on Remote Sensing, December 4–8, 2000, Taipei, Taiwan.
- selection using GIS approach, *Adv. Space Res.* 13(11) 123–127.
- Prasad K S S, Gopi S and Rao R S 1993 Watershed prioritization using remote sensing techniques – A case study of the Mahabubnagar District, Andhra Pradesh, India; *Int. J. Remote Sensing* 14 3239–3247.
- Ponce V M and Hawkins R H 1996 Runoff curve number: Has it reached maturity? *J. Hydrol. Engg. – ASCE* 1(1) 11–19.
- Ramakrishnan D, Bandyopadhyay A, Kusuma KN ,2009. SCS-CN and GIS-based approach for identifying potential water harvesting sites in the Kali Watershed, Mahi River Basin. *India J Earth Syst Sci* 118 (4):355–368.
- Sahu R K, Mishra S K, Eldho T I and Jain M K. 2007 An advanced soil moisture accounting procedure for SCS curve number method; *Hydrol. Process.* 21. 2872–2881.
- Strahler AN ,1964 Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Chow VT (ed) *Handbook of applied*