

بررسی آماری اثر روش‌های جمع‌آوری آب باران بر کاهش میزان سیل و رواناب در مناطق نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب ایران مرکزی (مطالعه موردی در ۹ زیرحوزه آبخیز در استان اصفهان)

سیامک دخانی^{۱*}، کریم سلیمانی^۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۵

تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۲۵

چکیده

کمبود بارش و به‌دنبال آن کمبود آب، یکی از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک و نیمه‌خشک است. توسعه روش‌های جمع‌آوری آب باران می‌تواند به‌عنوان یکی از روش‌های افزایش سطح کشت، نقش مؤثری ایفا کند. تکنیک‌های جمع‌آوری آب باران علاوه بر اینکه می‌تواند نیازهای آبی را در مناطق خشک برطرف سازد، با توجه به ماهیت خود می‌تواند در کاهش سیل و کنترل رسوب نیز مؤثر واقع گردد. هدف از انجام این مطالعه، بررسی آماری اثربخشی روش‌های مختلف جمع‌آوری آب باران در کاهش میزان سیل و رواناب سطحی در حوزه‌هایی است که در بالادست آن‌ها تیمارهای جمع‌آوری آب باران اجرا شده است. این پژوهش در ۹ زیرحوزه آبخیز در استان اصفهان که همگی در اقلیم نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب قرار داشتند، انجام گرفت. حوزه‌ها از نظر خصوصیات پوشش گیاهی، خاک و زمین‌شناسی تقریباً همگن هستند و در بازه‌های یکسانی از نظر این شرایط قرار دارند. در همه حوزه‌ها تیمارهای مختلف جمع‌آوری آب باران اجرا شده است. با توجه به گوناگونی تیمارها پاسخ‌های هیدرولوژیک مختلفی از نظر تولید رواناب و ایجاد سیلاب در هریک از حوزه‌ها مشاهده می‌شود. سه نوع تیمار شامل پیتینگ، کشت روی خطوط تراز و تراس‌های کنتوری در این حوزه‌ها اجرا شده و اثر آن‌ها بر میزان رواناب و حجم سیلاب طی یک طرح آماری بلوک کامل تصادفی شامل ۳ تیمار و سه تکرار (برای هر حوزه) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج میانگین بارش و رواناب در هر زیرحوزه محاسبه و به روش مقایسه میانگین دانکن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. طی این بررسی‌ها مشخص شد. تیمارهای مذکور می‌توانند به صورت معنی‌داری در کنترل سیل و رواناب مؤثر باشند. همچنین آزمون دانکن این تیمارها را در ۳ گروه مشخص آماری طبقه‌بندی کرد.

کلمات کلیدی: جمع‌آوری آب باران، مناطق خشک و نیمه‌خشک، سیل، پاسخ‌های هیدرولوژیک، بررسی آماری.

۱. استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه کاشان / Email: Siamakdokhani@gmail.com

۲. استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ساری

مقدمه

کمبود بارش و به دنبال آن کمبود آب یکی از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک و نیمه‌خشک است. همچنین با توجه به فقدان یا کمبود پوشش گیاهی، در بیشتر این مناطق مشکل رواناب سطحی و سیلاب زمین‌های کشاورزی و مناطق شهری را تهدید می‌کند. براساس اطلاعات ستاد حوادث غیرمترقبه وزارت کشور، از سال ۱۳۷۰ تاکنون جمع کل خسارت‌های وارده سیل، بالغ بر ۹۹۴۱۱۲ میلیارد ریال است (محقق، ۱۳۹۰).

توسعه و اجرای بهینه روش‌های جمع‌آوری آب باران (Rain Water harvesting) RWH می‌تواند در افزایش سطح کشت کمک مؤثری نماید. برای مثال، در قسمتی از صحرای نقب واقع در فلسطین اشغالی که بارندگی آن فقط ۱۰۰ میلی‌متر در سال است، توانسته‌اند با احیای یک مزرعه قدیمی، به روش ساده‌ای، برای سطح‌های کشت‌شده، رواناب، برابر با ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر بارندگی تأمین کنند (کردوانی، ۱۳۷۴). تحقیقات در سال‌های اخیر نشان می‌دهد تکنیک‌های جمع‌آوری آب باران به عنوان یکی از بهترین روش‌های کنترل سیلاب با توجه به شاخص‌های توسعه پایدار (همه‌جانبه بودن و در نظر گرفتن معیارهای توسعه مسائل زیست‌محیطی) است (شاناک^۱، ۲۰۱۱).

(کاهیندا^۲ و همکاران، ۲۰۰۷). در شمال آفریقا روش‌های جمع‌آوری آب باران خانگی را در مناطق مستعدی مورد بررسی قرار دادند و از مهم‌ترین چالش‌های این روش‌ها را مسائل اقتصادی و اجتماعی خانواده‌های بهره‌بردار عنوان کردند. به اثر تیمارهای RWH بر خصوصیات هیدرولوژیکی نیز در اکثر مقالات اشاره شده است.

ابوزریق^۳ و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی تکنیک‌های تجربی جمع‌آوری آب باران در اردن دریافتند برخی این روش‌ها مانند لایه‌های شنی بر روی خندق‌ها تا ۷۳ درصد از سایر روش‌های جمع‌آوری آب باران مانند ایجاد سطوح عایق

یا ایجاد چاله‌های کوچک کارآمدتر است. وایکو^۴ (۲۰۱۰) در بررسی نقش روش‌های جمع‌آوری آب باران بر کنترل سیلاب و رواناب به کارآمدی این روش‌ها در کاهش سیلاب شهری و اثر بر میزان رواناب حاصل از بارندگی در این مناطق اشاره می‌کند. پرویاتی^۵ و همکاران (۲۰۱۰) در برآورد اثربخشی ذخیره آب در خاک به منظور جمع‌آوری آب باران در دامنه‌های کوچک حوزه‌ها بیان کردند آب جمع‌شده از این مناطق با رطوبت موجود در خاک، رشد کاملاً قابل مشاهده‌ای را نشان می‌دهد. همچنین عنوان کردند دانستن رطوبت پیشین خاک در مدیریت آب در مناطق کشاورزی و پوشش گیاهی بسیار سودمند است.

هان^۶ (۲۰۰۶) در بررسی الگوهای جدید جمع‌آوری آب باران در کره جنوبی مفاهیم چند هدفه در روش‌های جمع‌آوری آب باران را از جمله نقاط قوت این سیستم‌ها و همچنین مؤثر در توسعه پایدار در مناطقی می‌داند که چنین سامانه‌های چند منظوره‌ای اجرا شده است. این اهداف علاوه بر جمع‌آوری آب باران شامل تغذیه منابع آب، کنترل سیلاب و کاهش رواناب‌های سطحی در مناطق شهری و روستایی است.

اندرسون^۷ و همکاران (۲۰۱۱) در تعیین سیستم مناسب جمع‌آوری آب (قابلیت، بازده و در دسترس بودن) از مدل SWAT بر پایه اطلاعات لایه‌بندی شده در GIS استفاده کردند. در این بررسی، علاوه بر لایه‌های معمول شامل بافت خاک و بارندگی و شیب از لایه‌های اطلاعاتی شامل خصوصیات اقتصادی و اجتماعی نیز سود جستند.

هلمریخ^۸ (۲۰۰۹) در بیان رهیافت‌های بین‌المللی جمع‌آوری آب باران، بررسی شده در مؤسسه کنترل کیفیت آب آلمان استفاده از مقیاس‌های محلی در تعیین و پیاده‌سازی این سیستم‌ها به منظور استفاده از آب جمع‌آوری شده برای شرب را توصیه می‌کنند.

4. Vaikko

5. Vaikko

1. Han, M.Y

2. Andersson

3. Helmreich

1. Shannak

2. Kahinda

3. Abu-Zreig

سازمان ملل (۱۳۷۳) از مؤسسات بین‌المللی به شیوه سطحی و به شکل اعلام درصد تأثیر، با توجه به بازدیدهای میدانی و دید تجربی کارشناسان اشاراتی به این موارد گردیده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان با مساحت ۱۰۵۹۳۷ کیلومتر مربع، حدود ۶/۴۵ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. این استان در مرکز کشور بین ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی قرار دارد. آب و هوای استان به طور کلی معتدل خشک است، اما با توجه به تأثیر بادها و دوری و نزدیکی به منطقه کوهستانی غرب و دشت کویر در شرق و جنوب شرقی، می‌توان آب و هوای آن را به ۳ بخش متمایز تقسیم کرد: آب و هوای بیابانی (گرم خشک)، آب و هوای نیمه‌بیابانی (نیمه خشک) و آب و هوای نیمه مرطوب سرد. شایان ذکر است در این بررسی، از اقلیم نماهای (کوپن، دومارتن)، استفاده شد. اقلیم در حوزه‌های مورد مطالعه و زیرحوزه‌های مربوط با توجه به شاخص‌های این اقلیم‌نماها از نیمه خشک تا نیمه مرطوب سرد متغیر است. به‌گونه‌ای که حوزه آبخیز خم پیچ و سه زیرحوزه آن عمدتاً دارای اقلیم نیمه‌خشک و در برخی قسمت‌های حوزه اقلیم نیمه مرطوب است و حوزه‌های آبخیز آغچه و بلطاق در اکثر قسمت‌ها دارای اقلیم نیمه مرطوب و در برخی قسمت‌ها دارای اقلیم نیمه‌خشک هستند.

روش بررسی

به‌منظور پیش‌برد اهداف تحقیق حاضر، پس از بررسی‌های مختلف تعداد ۱۰ حوزه آبخیز از مناطق مختلف اقلیمی در استان اصفهان انتخاب گردید. در این حوزه‌ها تیمارهای جمع‌آوری آب باران اجرا و همچنین اندازه‌گیری و محاسبات دبی قبل و بعد از اجرای این تیمارها انجام شده بود. ۳ حوزه آبخیز ۲ حوزه در منطقه داران (آغچه و بلطاق) و یک حوزه در خوانسار (خم پیچ) که با توجه به بررسی‌های آماری در مناطق نیمه خشک تا نیمه مرطوب قرار

فروتا^۱ (۲۰۱۰) در تعیین پتانسیل ساختاری دامنه‌ها در جمع‌آوری آب باران، به‌جای استفاده از لایه اطلاعاتی بارندگی متوسط سالیانه یا یک رگبار در سامانه اطلاعات جغرافیایی از شاخص ۲۲ روزه بارندگی در یک دوره آماری ۷ ساله استفاده کرد و این لایه اطلاعاتی را در تعیین پتانسیل دامنه‌ها در جمع‌آوری آب باران کارآمدتر معرفی می‌کند. سوهامی و راسیاک^۲ (۲۰۱۰) در یک مطالعه موردی در پوتراجایا مالزی، درباره مدیریت جامع و پایدار منابع آب اعلام کرد روش‌های جمع‌آوری آب باران از مهم‌ترین مفاهیم اولیه در مدیریت جامع آب و مؤثر در مدیریت پایدار منابع آب در کشور هستند.

کیم^۳ و همکاران (۲۰۱۲) در تعیین یک مدل تحلیلی احتمالی برای کاهش رواناب از یک سیستم جمع‌آوری آب باران استفاده کردند. این مدل محاسبه کاهش رواناب با توجه به حوزه آبریز، مخزن ذخیره‌سازی و امکانات نفوذ در یک سامانه جمع‌آوری آب باران بود. این محاسبه براساس معادله تعادل آب و توزیع تجمعی چگالی احتمال و به‌طور متوسط بارش - رواناب انجام شده بود. مدل به‌دست‌آمده برای ارزیابی کاهش رواناب و برای طراحی ظرفیت مخزن ذخیره‌سازی مفید بود (یزدانی و دخانی، ۱۳۸۷) در تعیین بهترین مکان‌ها جهت ایجاد نوارهای بافر عمل‌کننده بر رواناب‌های سطحی، این نوارها را در کنترل رواناب و بهبود کیفیت آب مؤثر عنوان کردند. آزاد و همکاران (۱۳۸۸) طی یک بررسی ۱۸ ساله در منطقه‌های پخش سیلاب هفتومان خور و سه در اصفهان برخی تکنیک‌های جمع‌آوری آب باران را در کاهش سیلاب مؤثر دانسته و به لزوم بررسی آماری این روش‌ها اشاره کردند. اگرچه به تأثیر روش‌ها و تیمارهای جمع‌آوری آب باران بر جلوگیری از اثرات مخرب سیلاب و رواناب در کتب و مقالات مختلف اشاره شده است، اما آماری این موضوع به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران بسیار نادر است. در سال‌های اخیر برخی کتب داخلی (علبزاده، ۱۳۸۲) و گزارش‌ها (کمیته برنامه‌ریزی

1. Frota
2. Suhaimi and Rasyikah
3. Kim

در هر یک از حوزه‌های مورد مطالعه سه زیرحوزه که در آن‌ها یک عملیات RWH مشخص اجرا گردیده است، انتخاب شد و میزان دبی سیلابی مربوط به قبل و بعد از اجرای عملیات RWH که با روش مانینگ محاسبه گردید. برای تجزیه و تحلیل آماری بهره برده شد. به منظور آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری S'AS استفاده گردید.

نتایج

جدول (۱) نتایج مربوط به سه زیرحوزه از هر یک از حوزه‌های معرفی شده است. اعداد مربوط به محاسبات قبل از اجرای عملیات RWH مربوط به مطالعات اجرایی سازمان جهاد کشاورزی قبل از اجرای پروژه است.

| جدول (۱): مقادیر دبی تحت تیمارهای مختلف RWH | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| زیرحوزه | ارتفاع رواناب قبل از اجرای RWH mm | ارتفاع رواناب بعد از اجرای RWH mm |
| A1 | ۳۸۳ | ۲۵۷ |
| A2 | ۱۱۶ | ۰۸۰ |
| A3 | ۲۵۲ | ۱۵۹ |
| B1 | ۰۸۵ | ۰۲۴ |
| B2 | ۰۲۰ | ۰۰۷ |
| B3 | ۰۲۸ | ۰۰۹ |
| C1 | ۰۲۶ | ۰۱۰ |
| C2 | ۳۸۳ | ۱۶۹ |
| C3 | ۱۱۳ | ۰۵۸ |

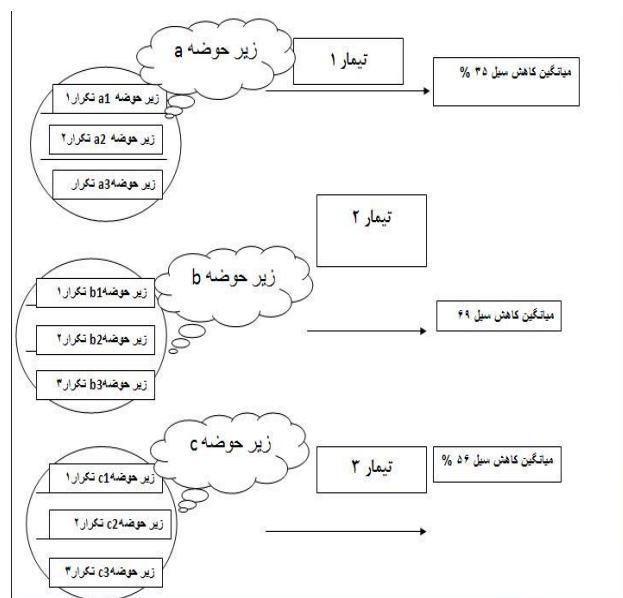
همچنین نتایج تجزیه واریانس و بررسی آماری داده‌های دبی به روش کاملاً تصادفی و مشخصات آماری مدل همراه با منابع تغییرات، درجات آزادی و میانگین مربعات در جدول (۲) آورده شده است.

| جدول (۲): تجزیه واریانس تیمارها | | |
|---------------------------------|------------|----------------|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات |
| مدل | ۲ | ۹۰۷/۴۴ |
| خطا | ۶ | ۲۲/۵۵ |
| تیمار | ۲ | ۹۰۷/۴۴ |

داشتند، در نظر گرفته شدند که با نام‌های اختصاری A، B و C در ادامه به آن‌ها اشاره شده است. در این حوزه‌ها تیمارهای RWH اجرا شده و دارای خصوصیات اکولوژیکی، هیدرولوژیکی، خاک‌شناختی، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، اقلیم‌شناسی و ملاحظات فرسایشی یکسان هستند؛ این خصوصیات همیشه به صورت بازه تعریف می‌شوند. (مثلاً برای بارندگی ۲۵۰-۳۰۰ میلی‌متر) و خصوصیات نقطه‌ای مطرح نیست. علاوه بر این در این حوزه‌ها آمار دبی مربوط به قبل از اجرای عملیات‌های جمع‌آوری آب باران موجود بود. محاسبه دبی هر یک از زیرحوزه‌ها با توجه به شرایط، با استفاده از رابطه سطح مقطع و سرعت محاسبه شد. سرعت با استفاده از روش مانینگ مطابق با رابطه (۱) است.

$$V = \frac{1}{N} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

که در آن V سرعت متوسط متر بر ثانیه N ضریب مانینگ (مستقل از واحد) R شعاع هیدرولیکی به متر S شیب افقی کانال متر بر متر است (علیزاده ۱۳۸۲). برای محاسبه ارتفاع رواناب از روش استدلالی استفاده شد (مهدوی، ۱۳۸۵). تیمارهای RWH اجرا شده شامل پیتینگ (تیمار ۱)، تراس‌های کتوری (تیمار ۲) و کشت روی خطوط تراز (تیمار ۳) بودند. پس از اندازه‌گیری دبی‌ها و ارتفاع رواناب و میزان کاهش آن با توجه به شرایط موجود از طرح کاملاً تصادفی که در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): شمای کلی طرح آماری اجرا شده

این تیمارهای به صورت کاملاً معنی‌داری (ضریب تبیین برابر با ۰.۹۳۰) بر میزان سیلاب خروجی زیرحوزه‌ها مؤثرند. براساس تحقیق (هیونگ کی و مونگ لی، ۲۰۱۴) و بررسی‌های انجام‌شده در ۹ زیرحوزه مورد مطالعه به نظر می‌رسد عواملی نظیر افزایش زمان تمرکز، افزایش ذخیره چالابی و تراکم و افزایش درصد پوشش گیاهی حاصل از اجرای RWH بر پاسخ‌های هیدرولوژیک حوزه آبخیز مؤثر بوده و باعث کاهش میزان سیلاب خروجی شده است. همچنین نتایج حاصل از آزمون دانکن برای داده‌های سیلاب نشان می‌دهد این تیمارها در ۲ گروه با میانگین‌های مختلف قرار می‌گیرند. گروه نخست شامل تیمارهای تراس و کشت روی خطوط نواری هستند و گروه دوم شامل پیتینگ است (جدول ۳). با توجه به مطالعات ابوزریق و هامشا (۲۰۰۰)، یزدانی و دخانی (۱۳۸۶) و وایکو (۲۰۱۰) درباره اثر عملیات RWH بر خصوصیات هیدرولوژیک حوزه و انجام بررسی‌های میدانی در این تحقیق می‌توان گفت که گروه نخست (تراس‌های کتوری و کشت روی خطوط تراز) شامل تیمارهایی هستند که علاوه بر تأثیر بر روند سیلاب با توجه به تغییر در میزان شیب و اثر بر درصد پوشش گیاهی به میزان بیشتری بر کاهش سیلاب مؤثرند. درحالی‌که عملیات پیتینگ تنها با افزایش ذخیره چالابی به کاهش میزان کمتری از سیلاب می‌انجامد. همان‌گونه که در خصوصیات این عملیات نیز وجود دارد، اولاً در دامنه‌هایی با پوشش گیاهی کمتر صورت می‌گیرد و همچنین درصد کلی پوشش گیاهی را در چند سال اول استقرار کاهش می‌دهد. با اینکه اندازه‌گیری‌ها نشان از کاهش میزان ارتفاع رواناب در اثر اجراع عملیات RWH دارد، ولی این اختلافات با توجه به بررسی آماری داده‌ها در مدل کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن معنی‌دار نیستند و نتایج ضریب تبیین بسیار پایینی را نشان می‌دهند. به‌نظر می‌رسد به‌دلیل اینکه محاسبه ارتفاع رواناب در روش استدلالی مبتنی بر اعمال ضریب رواناب می‌باشد و این ضریب حاصل از نوع پوشش و کاربری کل حوزه آبخیز بالادست است، انجام تیمارهای RWH که در بخشی از حوزه آبخیز اجرا می‌گردد، تأثیر معنی‌داری بر ضریب رواناب

همچنین براساس آزمون دانکن تیمارهای اجراشده در ۲ گروه آماری A و B قرار دارند. جدول (۳) مقایسه میانگین‌ها را به روش دانکن نشان می‌دهد.

| تیمار | گروه‌بندی دانکن | میانگین | تکرار |
|----------------|-----------------|---------|-------|
| تراس‌های کتوری | A | ۶۸,۰۰ | ۳ |
| کشت روی خطوط | A | ۵۵,۶۶ | ۳ |
| پیتینگ | B | ۳۳,۶۶ | ۳ |

ارتفاع رواناب در هر یک از زیرحوزه‌ها به روش استدلالی محاسبه شد. این داده‌ها همراه با نتایج حاصل از محاسبه ارتفاع رواناب در هر یک از زیرحوزه‌ها در مطالعات اجرایی قبل از اجرای پروژه‌های RWH در نرم‌افزار مورد بررسی آماری قرار گرفتند. در جدول (۴) نتایج حاصل از محاسبات فعلی ارتفاع رواناب در دوره بازگشت دو ساله همراه با محاسبات قبلی آورده شده است.

| زیرحوزه | دبی اوج قبل از اجرای RWH m3/s | دبی اوج بعد از اجرای RWH |
|---------|-------------------------------|--------------------------|
| A1 | ۸.۰۱ | ۵.۳۷ |
| A2 | ۲۶.۲۳ | ۱۸.۱۰ |
| A3 | ۶۹.۹۰ | ۴۴.۰۴ |
| B1 | ۷۸.۲۶ | ۲۱.۹۱ |
| B2 | ۱۴.۲۴ | ۵.۱۳ |
| B3 | ۳۹.۴۳ | ۱۲.۶۲ |
| C1 | ۳۳.۱۴ | ۱۲.۵۹ |
| C2 | ۸.۲۲ | ۳.۶۲ |
| C3 | ۱۱.۳۷ | ۵.۸۰ |

بررسی آماری داده‌های رواناب و مقایسه میانگین‌ها تحت تیمارهای مختلف نشان می‌دهد تفاوت‌های معنی‌داری حاصل از نتایج تجزیه و تحلیل آماری در نرم‌افزار وجود ندارد. بنابراین جداول مربوط به تجزیه واریانس این داده‌ها و همچنین جدول مقایسه میانگین دانکن مربوط به آن آورده نشده است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی آماری مقادیر دبی اندازه‌گیری‌شده در دو زمان قبل و بعد از اجرای تیمارهای RWH نشان می‌دهد.

معنی دار بر میزان سیلاب خروجی زیرحوزه‌های مورد بررسی بود، اما بسط دادن کل این موضوع در تمام مناطق خشک و نیمه خشک ایران مرکزی نیازمند بررسی‌های فراگیرتر با میزان آمارهای بیشتر است و از سوی دیگر، علاوه بر استفاده از مدل تصادفی می‌توان با استفاده از مدل‌های رگرسیون چندمتغیره روابط کاربردی جهت محاسبه و پیاده‌سازی سیستم‌های چندمنظوره RWH در استحصال آب و کنترل سیلاب ارائه کرد.

سطحی کل حوزه نمی‌گذارد. این تحقیق با استفاده از بررسی‌های آماری برای نخستین بار در منطقه وسیعی از ایران مرکزی نشان داد استفاده از سیستم‌های RWH نه تنها در دستیابی به راندمان بهتری از بارش در تولید و استفاده از آب کمک می‌رساند، بلکه در یک بازدهی چندمنظوره در کاهش میزان سیلاب خروجی حوزه‌های آبخیز تحت تیمار نیز مؤثر است. در پایان، ذکر این نکته لازم است که اگرچه این تحقیق به صورت آماری بیانگر تأثیر تیمارهای RWH به صورت

مراجع

1. Abu-Zreig M., Attom M., Hamasha N., 2000. Rainfall harvesting using sand ditches in Jordan, *Journal of Agricultural Water Management*, 183-192, 46.
2. Alizadeh, A., 2002. Principle of applied hydrology. University of Emam reza, Mashhad, Iran
3. Andersson J. C. M., Zehnder A. J. B., Jewitt G. P. W., Yang H., 2009, Water availability, water demand, and reliability of in situ water harvesting in Smallholder rain-fed agriculture in the Thukela River Basin, South Africa *Hydrol, Journal of Earth System*, 4919-4959, 6.
4. Azad, M., 2008. report of Haftoman Khor flood spreading project. Esfahan, deputy of watershed management of department of natural resources of Esfahan province.
5. Frota E., Wesemaela B., Benetb A.S., Housec M.A., 2008., Water harvesting potential in function of hillslope characteristics: A case study from the Sierra de Gador (Almeria province, south-east Spain), *Journal of Arid Environments*, 1213-1231, 72.
6. Han, M.Y., 2006. "Rainwater Harvesting: A new paradigm to meet MDG and Sustainability, the 1st Rainwater Harvesting Workshop Proceedings", Marakech, Morocco.
7. Helmreich B., Horn H., 2009. Opportunities in rainwater harvesting, *Journal of Desalination*, 118-124, 248..
8. Hyoungjun, K., Mooyoung H., Ju, Y.L., 2012. The application of an analytical probabilistic model for estimating the rainfall-runoff reductions achieved using a rainwater harvesting system, *Science of The Total Environment*, 213-218, Vol 424.
9. Kahinda M.J., Lillie E.S.B., Taigbenu A.E., Taute M., Boroto R.J., 2008. Developing suitability maps for rainwater harvesting in South Africa, *Journal of Physics and Chemistry of the Earth*, 788-799, N33.
10. Kardovani, p., 1995. Arid area. University of Tehran. Tehran, Iran.
11. Kim H., Han M., Lee J.Y., 2012. The application of an analytical probabilistic model for estimating the rainfall-runoff reductions achieved using a rainwater harvesting system, *Sci Total Environ.* (1) 424: 213-8. In: Yazdani, m., Dokhani, s., 2007. "Review of land cover and landscape of Zayanderood merge and effect of buffer band "national conference of landscape and environment, Tehran, Iran.
12. Mahdavi, m., 2000. Applied hydrology, university of Tehran, Tehran, Iran.
13. Mohaghegh, s., 2011. *Srgh newspaper*, 1412, Tehran, Iran.
14. Previati M., Bevilacqua I., Canone D., Ferraris S., Haverkamp R., 2010. Evaluation of soil water storage efficiency for rainfall harvesting on hillslope micro-basins built using time domain reflectometry measurements, *Journal of Agricultural Water Management*, 449-456 97.
15. Shannak, S., 2011. "Rainwater Harvesting as a Stormwater Best Management Practice", 26th International Rainwater Harvesting, BMPs, Urban Runoff, Stormwater, Flood Control, and Irrigation Conference, Dallas, TX.
16. Suhaimi A., Rahman) Rasyikah M., 2010. "Sustainable water management a case study of Putrajaya Malaysia", International Sustainable Development and Research Conference, Malaysia.
17. Vaikko A., 2010., "Rainwater Harvesting and Recharge Techniques for Flood Control and Improved Storm water Quality, How Will Institutions Evolve to Meet Our Water Needs in the Next Decade? " 55th Annual NM Water Conference, USA.