

بررسی ضریب و آستانه شروع جریان در آبخیزهای پشت بام جهت استحصال آب باران

پریسا پهلوانی^۱ تقی دستورانی^۲ جواد طباطبایی یزدی^۳ مهدی وفاخواه^۴ علی اکبر عباسی^۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد دانشگاه فردوسی مشهد dastorani@um.ac.ir

۳- استادیار سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی tabatabaee_j@yahoo.com

۴- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریابینور vafakhah@modares.ac.ir

۵- دانشیار سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی ak_abbasi@yahoo.com

چکیده

امروزه تامین آب در کشورهای در حال توسعه یک مسئله حیاتی و مهم به شمار می رود. از آنجا که باران جز پاکترین منابع آب موجود در طبیعت است، چنانچه رواناب حاصل از آن جمع آوری و مورد استفاده قرار بگیرد باعث صرفه جویی در مصرف آب و مدیریت بهتر در منابع آب کشور خواهد شد. تعیین و برآورد حجم رواناب، خصوصا در محدوده سطوح آبگیر شهری، از پارامترهای اصلی می باشد که به علت نبود یا کمبود آمار و اطلاعات، برآورد این پارامترها با دقت کافی امکان پذیر نمی باشد. در این تحقیق که در محل ساختمان شماره ۲ مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی به اجرا درآمده است با نصب باران نگار و لیمنوگراف در داخل مخزن جمع آوری کننده رواناب ناشی از بارندگی، در مدت اجرای طرح اقدام به ثبت و اندازه گیری مقادیر همزمان بارش و رواناب شده است. با استفاده از تجزیه و تحلیل های آماری مقادیر ضریب رواناب، حجم رواناب ناشی از بارش تعیین گردیده است. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق بیشترین ضریب رواناب مربوط به بهمن ماه ۱۳۸۸ که حدود ۷۳ درصد است و کمترین ضریب رواناب مربوط دی ماه ۱۳۸۸ و آبان ماه ۱۳۸۹ می باشد که حدود ۳۹ درصد است. همچنین آستانه ظهور جریان در محدوده مورد مطالعه بین ۰/۲ تا ۰/۶ میلی متر می باشد.

واژه های کلیدی: آبخیز شهری، بارش، جمع آوری آب باران، حجم رواناب، ضریب رواناب، عایق پشت بام

^۱ نویسنده مسئول: پریسا پهلوانی p.pahlevani1389@gmail.com

مقدمه

یکی از تهدیدات اصلی برای نوع بشر در طول این قرن کمبود آب خواهد بود (prinz, ۲۰۰۰). استفاده از آب باران می تواند به عنوان یکی از بهترین راه های در دسترس جهت بازیابی چرخه های طبیعی هیدرولوژیکی و کمک به توسعه پایدار شهری مطرح گردد (Kim et al, ۲۰۰۶ a). استحصال آب روشی برای توسعه بهره برداری از منابع آب سطحی است که به وسیله آن میتوان آب مورد نیاز مصارف خانگی، دام، آبیاری فضای سبز و کشاورزی را در مقیاس کوچک تامین نمود. از طریق اجرای سیستم های استحصال آب که گاهی از آن به عنوان یک روش غیر معمول تامین آب یاد می شود، می توان بارندگی ها را به صورت مستقیم جمع آوری و ذخیره نمود و سپس به صورت های مختلفی به مصرف رساند (عباسی و همکاران، ۱۳۹۲). در کشور ایران هرچند در حال حاضر استفاده از رواناب بام ساختمان ها به عنوان منبع آب شرب به طور گسترده مطرح نمی باشد، لکن باتوجه به کمبود آب در مناطق مختلف کشور این روش می تواند به عنوان یک راهکار جهت کاهش مصارف آب غیر شرب از منابع آب شرب باشد.

هاولی بلدسو (۲۰۱۱) تغییرات پیک سیلاب و زمان تداوم سیلاب در اثر تغییر در سطوح نفوذ ناپذیر شهری را در جنوب کالیفرنیا مورد مطالعه قرار داده و روابط و نمودارهای ارتباط پیک سیلاب با درصد سطوح نفوذ ناپذیر را ارائه کرده است. ایمیتز و همکاران (۲۰۱۲) پتانسیل استحصال آب را بر اساس یک مدل بیلان روزانه برای جنوب غربی نیجریه مورد مطالعه قرار داده اند. حجم رواناب بر اساس بارندگی روزانه و سطوح نفوذ ناپذیر و ضریب رواناب که در این جا ۸۵ درصد فرض شده برآورد گردیده است.

روستاد و مونتالتو (۲۰۱۲) پژوهشی را در مورد جمع آوری آب باران با استفاده از رواناب پشت بام های شهری برای فلش تانک های توالی مناطق مسکونی انجام دادند. این پژوهش با استفاده از آمار بارندگی منطقه، مساحت کل بام ها، جمعیت و میزان تقاضا برای چهار شهر آمریکا انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که این روش می تواند ۵۰ تا ۹۴ درصد در کاهش میزان مصرف آب شرب کمک کند که خود بستگی به الگوی بارش در منطقه، مساحت سقف و میزان تقاضا دارد.

شریفی و همکاران (۱۳۸۳) در مورد عوامل موثر در تعیین آستانه شروع رواناب در مناطق خشک و نیمه خشک کشور با استفاده از شبیه سازی و داده های بارش- رواناب بررسی هایی انجام داده اند. در این مطالعه برای بررسی عوامل موثر در تعیین آستانه شروع رواناب از یک باران ساز قابل حمل مدل AWBM استفاده شده است. مقایسه نتایج بدست آمده از مدل و شبیه ساز باران نشان داد که آستانه شروع رواناب در مدل و شبیه ساز باران نیز به ترتیب به عوامل ارتفاع، بارش، درصد شن، درصد رس، درصد شیب و شدت بارش بستگی دارد. نشاط و صدقی (۱۳۸۵) میزان رواناب را با استفاده از از روش سازمان حفاظت خاک (SCS) و مدل HEC-HMS در حوزه آبخیز باغ ملک- استان خوزستان برآورد نموده اند. در این مطالعه نتایج حاصل از برآورد مشخصه تبدیل بارندگی به بارندگی مازاد تحت عنوان شماره منحنی CN با دو روش مختلف مورد توجه و مطالعه قرار گرفته است. یکی از روش های برآورد CN استفاده از شاخص های خاک و پوشش گیاهی سطحی و روش دیگر استناد به مشاهدات و شرایط هیدرولوژیکی مرتبط با وقوع سیلاب برآوردی از روش CN می باشد که مورد تحلیل قرار گرفته است. طهماسبی و همکاران (۱۳۸۵) کاربرد مدل AWBM را در برآورد رواناب جهت طراحی سامانه های کوچک مقیاس سطوح آبگیر باران مورد ارزیابی قرار داده اند. در این تحقیق مدل AWBM که مدلی برای شبیه سازی بارش- رواناب می باشد، جهت تعیین مساحت سطوح آبگیر باران روی شیب های مختلف اراضی و با مقادیر متفاوت تراکم گیاهی ارزیابی شده است. نتایج بدست آمده نشان داد که به رغم فاحش مدل AWBM در برآورد رواناب ماهانه، دقت این مدل در برآورد

مقدار رواناب سالانه (با دقت حدود ۹۵ درصد) قابل قبول می‌باشد. رضایی و همکاران (۱۳۸۹) مقدار رواناب ناشی از بارش باران در شهر سنندج را بررسی کرده‌اند. در این تحقیق نتیجه گرفته شده است که به دلیل شیب زیاد سطوح نفوذناپذیر، افزایش این سطوح در اثر توسعه شهر، سبب ایجاد سیلاب های ناگهانی می‌گردد.

عباسی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه موردی بر روی سطوح آبگیر شهری و بررسی تاثیر پارامتر آستانه شروع رواناب، نتیجه گرفتند که آستانه بارش برای شروع رواناب ۲/۲ میلی‌متر با شدت بیشتر از ۸ میلی‌متر بر ساعت می‌باشد. متولی و همکاران (۱۳۹۱) رابطه تغییر کاربری اراضی و حجم رواناب شهری را در منطقه ۵ شهر تهران مورد مطالعه قرار داده‌اند. آن‌ها برای توسعه شهری تصاویر لندست و برای تحلیل رواناب از روش SCS استفاده کرده و بر اساس نتایج این مطالعه، سهم کاربری شهری در تولید رواناب از ۴۸ درصد تا حدود ۶۰ درصد در دوره مطالعه تغییر داشته است.

عطارزاده حسینی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تاثیر ضریب رواناب بر استحصال آب باران از سطوح عایق پشت بام پرداختند. این مطالعه در حوزه مسکن مهر تربت جام صورت گرفت و سطح پشت بام ها با عایق ایزوگام پوشانده شد. بنابراین دانستن مقدار ضریب رواناب در عایق‌های پشت بام باید مورد توجه قرار گیرد که مقدار آن حدود ۰/۹۰ برآورد شد. با استفاده از بارش کل منطقه و محاسبه سطوح پشت بام‌ها نتایج نشان داد که مقدار آب استحصال شده برای کل شهر ۷۷۵۳۰۳ مترمکعب است. در این تحقیق عایق‌هایی با ضریب رواناب بالاتر نظیر فلزاتی چون آلومینیوم به منظور استحصال بیشتر آب باران در سطوح پشت بام پیشنهاد داده شد.

کومه و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی عملکرد هیدرولوژیک سیستم استحصال آب باران از سطوح پشت بام و بهینه سازی حجم مخزن پرداختند. با استفاده از آمار ۲۲ ساله ایستگاه سینوپتیک بیرجند و تجزیه و تحلیل آماری به بررسی سیستم های شبیه سازی شده با روش آنالیز منحنی جرم پرداختند. نتایج نشان داد که استفاده از روش منحنی جرم برای تعیین حجم بهینه جز در ساختمان‌هایی که منحنی مصرف آن‌ها بالاتر از منحنی ورودی می‌باشد روش مناسبی بوده و در این موارد استفاده از روش آزمون و خطا مناسب‌تر است.

هدف از تحقیق حاضر بررسی بارش‌هایی است که از زمستان ۱۳۸۸ تا زمستان ۱۳۸۹ منجر به ایجاد رواناب شده است. با بررسی ضریب رواناب و آستانه شروع جریان می‌توانیم پتانسیل استحصال آب باران را در حوزه های آبخیز شهری مطالعه کنیم. همچنین با بررسی این تحقیق می‌توانیم از پتانسیل توزیع رواناب فصلی جهت جمع آوری و ذخیره آب برای فصول کم آب و آبیاری فضای سبز استفاده کنیم.

مواد و روش ها

مناطق مورد مطالعه و تجهیزات

پروژه حاضر در شهر مشهد و در محل ساختمان شماره ۲ مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی اجرا گردیده است. سطح مورد نظر برای جمع آوری و ذخیره سازی آب باران، سطوح عایق بام ساختمان در نظر گرفته شده است. این سطوح بستر را برای جمع آوری و انتقال آب به صورت ثقلی به مخازن ذخیره فراهم می‌کنند. پس از بررسی و توپوگرافی عرصه، محل احداث مخزن به نحوی انتخاب گردید که امکان انتقال آب جمع آوری شده به صورت ثقلی به مخزن وجود داشته باشد.

برای ثبت آمار بارندگی از دستگاه باران نگار و برای اندازه‌گیرمیزان رواناب از اندازه گیری تغییرات تراز آب توسط لیمنوگراف که در مخزن نصب شده است، استفاده گردید.

نتایج

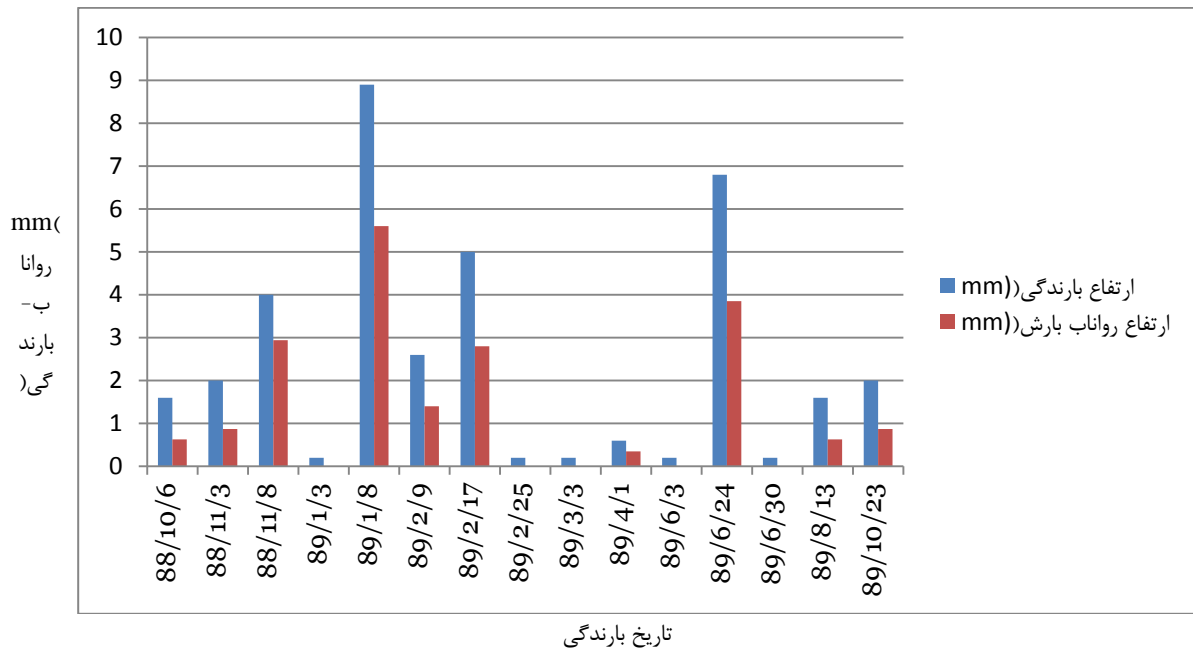
بررسی وقایع بارش رواناب در دوره مورد مطالعه

در دوره مورد بررسی جمعا ۱۲۲ بارش ثبت شده که تعدادی از آن‌ها برای بررسی میزان رواناب و ضریب رواناب مورد استفاده قرار گرفت. نمودار بارش- رواناب در وقایع مختلف در شکل نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود عمده بارندگی های منجر به رواناب در فصل بهار است .

همان گونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، حجم مقدار آب موجود در مخزن را می توان با توجه به اطلاعات بارش-- رواناب و سطح مخزن که ۷۰ مترمربع می باشد، بعد از هر بارش اندازه گیری کرد. بعد از محاسبات مربوط به حجم ذخیره شده آب در مخزن و سطح پشت بام که حدود ۲۰۰۰ مترمربع است می توانیم ارتفاع رواناب بارش در پشت بام را بعد از هر بارندگی بدست آوریم.

جدول (۱): خصوصیات بارش و رواناب حاصل از آن برای وقایع بارشی از زمستان ۱۳۸۸ تا زمستان ۱۳۸۹

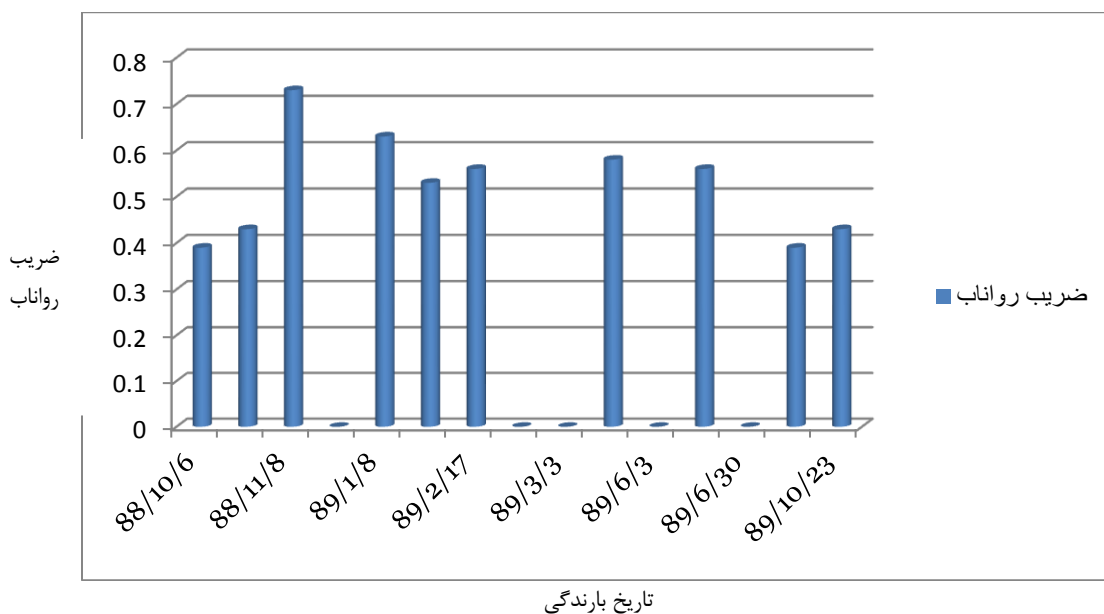
تاریخ بارندگی	ارتفاع بارندگی (میلی متر)	حجم رواناب (مترمکعب)	شدت متوسط بارندگی (میلی متر بر ساعت)	ارتفاع رواناب (میلی متر)	ضریب رواناب
۸۸/۱۰/۱۶	۱/۶	۱/۲۶	۰/۸۷	۱۸	۰/۳۹
۸۸/۱۱/۳	۲	۱/۷۵	۰/۹۵	۲۵	۰/۴۳
۸۸/۱۱/۸	۴	۱/۸۸	۰/۸۹	۸۴	۰/۷۳
۸۹/۱/۳	۰/۲	۰	۰/۰۵	۰	۰
۸۹/۱/۸	۸/۹	۱۱/۲	۱/۴۸	۱۶۰	۰/۶۳
۸۹/۲/۹	۲/۶	۲/۸	۲/۴۶	۴۰	۰/۵۳
۸۹/۲/۱۷	۵	۵/۶	۰/۷۳	۸۰	۰/۵۶
۸۹/۲/۲۵	۰/۲	۰	۰/۱	۰	۰
۸۹/۳/۳	۰/۲	۰	۰/۰۸	۰	۰
۸۹/۴/۱	۰/۶	۰/۷	۰/۲	۱۰	۰/۵۸
۸۹/۶/۳	۰/۲	۰	۰/۰۹	۰	۰
۸۹/۶/۲۴	۶/۸	۷/۷	۲/۰۱	۱۱۰	۰/۵۶
۸۹/۶/۳۰	۰/۲	۰	۰/۰۹۵	۰	۰
۸۹/۸/۱۳	۱/۶	۱/۲۶	۰/۷۸	۱۸	۰/۳۹
۸۹/۱۰/۲۳	۲	۱/۷۵	۰/۹۵	۲۵	۰/۴۳



شکل (۱): نمودار بارش - رواناب و قایع بارش (زمستان ۱۳۸۸ - زمستان ۱۳۸۹)

تعیین مقدار ضریب رواناب

با توجه به اطلاعات بارش-رواناب، ضریب رواناب مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۲ ضریب رواناب را در فصول مختلف سال نشان می‌دهد. بیشترین مقدار ضریب رواناب مربوط به دی ماه ۱۳۸۸ و کمترین آن مربوط به بهمن ماه ۱۳۸۸ و آبان ماه ۱۳۸۹ است. متوسط ضریب رواناب در فصول بهار و تابستان حدود ۰/۵۷، در فصل زمستان ۰/۵۱ و در فصل پاییز حدود ۰/۴۱ است.



شکل (۲): نمودار ضریب رواناب (زمستان ۱۳۸۸ - زمستان ۱۳۸۹)

آستانه ظهور رواناب

در زمستان ۸۸ هر سه رگبار منجر به رواناب شده‌اند. در فصل بهار ۸۹ از مجموع ۶ رگبار محاسبه شده تنها سه رگبار منجر به رواناب شده است به عبارتی بارش‌های حدود ۰/۲ میلی‌متر به پایین منجر به ظهور رواناب نشده است. همچنین در فصل تابستان از مجموع ۴ رگبار ثبت شده تنها دو رگبار منجر به رواناب شده و بارش‌های کمتر از ۰/۲ میلی‌متر منجر به رواناب نشده است. در پاییز ۸۹ هر دو رگبار محاسبه شده منجر به رواناب گردیده است. به جز مقادیر ۰/۲ میلی‌متر کمترین مقدار ارتفاع بارش ثبت شده حدود ۰/۶ میلی‌متر است. در نتیجه احتمال آستانه ظهور رواناب در محدوده مورد مطالعه بین ۰/۲ تا ۰/۶ میلی‌متر است. به عبارتی بارندگی‌هایی که بیشتر از این حد هستند منجر به تولید رواناب می‌شوند.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج تحلیل وقایع بارش- رواناب، نمودار و شکل ۱ حدود ۶۲/۵ درصد بارندگی‌ها منجر به تولید رواناب گردیده و ۳۷/۵ درصد از وقایع منجر به تولید رواناب نگردیده است. با توجه به شکل ۲ در دوره زمانی مورد مطالعه بیشترین ضریب رواناب در بهمن ماه ۱۳۸۸ حدود ۷۳ درصد و کمترین آن مربوط به دی ماه ۱۳۸۸ و آبان ماه ۱۳۸۹ می‌باشد که حدود ۳۹ درصد است. همچنین بیشترین مقدار رواناب تولید شده مربوط به بهار ۱۳۸۹ می‌باشد که حدود ۱۱/۲ مترمکعب است. با توجه به بارش‌های ثبت شده و رواناب‌های ایجاد شده آستانه ظهور جریان در محدوده ۰/۲ تا ۰/۶ میلی‌متر است. ضریب رواناب پشت بام به طور متوسط در ۴ فصل سال حدود ۰/۵۱ برآورد شده است. در حالی که عطارزاده حسینی و همکاران (۱۳۹۳) ضریب رواناب را برای سطوح عایق پشت بام حدود ۰/۹۰ و ایمیتز و همکاران (۲۰۱۲) ضریب رواناب را برای سطوح عایق پشت بام حدود ۸۵ درصد بیان کرده‌اند که بیش از مقادیری است که در تحقیق حاضر بدست آمده است. این تفاوت می‌تواند ناشی از تفاوت رژیم بارندگی و نوع عایق پشت بام و مسائلی از این قبیل باشد. توزیع فصلی پتانسیل رواناب تولید شده از این جهت مهم است که در مواردی که آبجمع آوری شده قرار باشد برای آبیاری فضای سبز استفاده شود و از آن جا که بارندگی در فصول پاییز و زمستان نمی‌تواند در این فصول مورد استفاده قرار گیرد و باید ذخیره گردد، از اهمیت زیادی برخوردار است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۲).

منابع

- ۱- شریفی، ف.، ش. صفاپور، س.ع. ایوب زاده و ج. وکیل پور (۱۳۸۳). بررسی عوامل موثر در تعیین آستانه شروع رواناب در مناطق خشک و نیمه خشک کشور به کمک استفاده از شبیه سازی و داده‌های بارش-رواناب، مجله منابع طبیعی ایران ۵۷(۱):۳۳-۴۵.
- ۲- طهماسبی، ر.، ف. شریفی، ف. کاوه، و ا.توسلی (۱۳۸۵). ارزیابی کاربرد مدل AWBM در برآورد رواناب جهت طراحی سامانه‌های کوچک مقیاس سطوح آبگیر باران، پژوهش و سازندگی ۱۹(۳) (پایه آینه ۷۳) در منابع طبیعی، ۱۶۱-۱۷۰.
- ۳- کومه، ز.، معماریان، ه.، تاج بخش، م. (۱۳۹۲). بررسی عملکرد هیدرولوژیک سیستم استحصال آب باران از سطح پشت بام و بهینه سازی حجم مخزن در شهرستان بیرجند، سومین همایش بین المللی سامانه‌های سطوح آبگیر باران. دانشگاه بیرجند. بهمن ماه ۹۳.
- ۴- متولی، ص.، م. حسین زاده، ر. اسماعیلی و خ. ب. درفش (۱۳۹۱). رابطه تغییر کاربری اراضی و حجم رواناب شهری مطالعه موردی: منطقه ۵ شهر تهران، دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران.

- ۵-عباسی، ع.، ج. طباطبایی یزدی و ر. غفوریان(۱۳۹۰). بررسی رابطه بارش و آستانه ایجاد رواناب در سطوح آبگیر شهری، مجموعه مقالات هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی، ۷ تا ۸ اردیبهشت، اصفهان.
- ۶-نشاط، ع. و ح. صدقی(۱۳۸۵). برآورد میزان رواناب با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک(SCS) و مدل HEC-HMS در حوضه آبخیز باغ ملک- استان خوزستان، علوم کشاورزی، ۱۲(۴): ۷۹۸-۷۸۷.
- ۷-رضایی، ر.، ا. محوی و ف. امینی(۱۳۸۹). بررسی و تعیین مقدار رواناب ناشی از بارش باران در شهر سنندج، اولین کنفرانس ملی مدیریت سیلاب های شهری.
- ۸-عباسی، ع.، ج. طباطبایی یزدی و ح. توکلی(۱۳۸۸). بررسی پتانسیل استحصال آب باران در حوزه های آبخیز شهری، فصلنامه علمی-ترویجی سامانه های سطوح آبگیر باران. سال دوم. تابستان ۱۳۹۳. ش ۲. ۱۷-۲۴.
- ۹- عطارزاده حسینی، و.، خالقی، م.ر.، طباطبایی یزدی، ج. (۱۳۹۳). بررسی تاثیر ضریب رواناب بر استحصال آب باران از سطوح پشت بام در حوزه مسکن مهر تربت جام، سومین همایش بین المللی سامانه های سطوح آبگیر باران. دانشگاه بیرجند. بهمن ماه ۹۳.
- ۱۰-Rostad, N. , Montalto, F.(2012). Rainwater harvesting: using urban roof runoff for residential toilet flushing. Published by Woodhead Publishing Limited..
- ۱۱-Hawley R. J. and Bledose B. P. (2011). "How do flow peaks and durations change in suburbanizing for southwest Nigeria using daily water balance model, Resources, conservation and Recycling, 62, 51-55.