عوامل موثر در آستانه شروع رواناب در حوضه‌های آبخیز کوچک

علی اکبر عباسی[۱] جهانگیر پرهمت[۲]

۱- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

۲- عضو هیأت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۲

چکیده

آستانه شروع رواناب تابع پارامترهای مختلفی چون خصوصیات بارش، خصوصیات هندسی حوضه، خصوصیات خاک حوضه، پوشش گیاهی و رطوبت اولیه می‌باشد. آستانه شروع رواناب در حوضه‌های بزرگ با استفاده از اطلاعات بارندگی و اطلاعات جریان ثبت شده توسط ایستگاه‌های هیدرومتری تعیین می‌شود. در حوضه‌های کوچک به دلیل فقدان ایستگاه هیدرومتری برآورد آستانه شروع رواناب با مشکل مواجه است. در این تحقیق وقایع بارش توسط یک دستگاه باران‌نگار و رواناب در خروجی حوضه آبخیز سنگانه کلات به مساحت ۶/۲۷ هکتار و خروجی چهار زیرحوضه آبخیز کوچک واقع در این حوضه آبخیز با استفاده از پنج دستگاه لیمنوگراف به مدت دو سال ثبت گردید. عوامل مختلف موثر در آستانه شروع رواناب نظیر شدت بارش، مساحت حوضه، شیب آبراهه و شیب حوضه، تراکم آبراهه، بارندگی چند روز قبل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شدت بارندگی و مساحت حوضه بیشترین نقش را در آستانه شروع رواناب دارند که در بین این دو عامل تأثیر شدت بارندگی بیشتر از مساحت بوده است. رابطه‌ای بین آستانه شروع رواناب و این دو عامل بر قرار شد که از دقت خوبی برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آستانه شروع رواناب، حوضه آبخیز کوچک، سنگانه کلات، شدت بارش، وقایع بارش-رواناب.

مقدمه

با وجود آن که میزان بارندگی در اغلب دشت‌های ایران کم است ولی اکثر مناطق خشک دنیا در زمستان و بهار از بارش‌های با شدت بالا که ویژگی این مناطق می‌باشد، برخوردارند. عدم نفوذپذیری سطح خاک سبب ایجاد رواناب و به راه افتادن سیل می‌شود. استفاده از روانآب‌های سطحی که همه ساله حجم قابل توجهی از نزولات آسمانی را به خود اختصاص می‌دهد، راهی منطقی برای تغذیه آبخوان‌های تهی شده از آب به شمار می‌رود (بنی اسدی و همکاران، ۱۳۸۵).

با توجه به مطالب گفته شده برآورد دقیق آستانه شروع رواناب[۲] نه تنها می‌تواند منجر به برآوردهای دقیق‌تر سیل طراحی و کاهش هزینه‌های ایمن‌سازی و خسارت سیل شود، بلکه در استفاده بهینه و مدیریت نزولات جوی نیز حایز اهمیت است. در این تحقیق منظور از آستانه شروع رواناب مقدار بارشی است که خاک سطحی را به مرحله‌ای از رطوبت می‌رساند که بعد از آن رواناب آغاز می‌شود.

Kirkby (2001)، مطالعه‌ای روی ویژگی‌های خاک و اثر آن روی فرسایش آبی و اثر پستی و بلندی‌های کوچک را در ایجاد رواناب با توجه به آستانه شروع رواناب بررسی کرد و نتیجه گرفت که ویژگی‌های خاک مثل پستی و بلندی-های کوچک و شکل خاکدانه در مقدار و الگوی مکانی رواناب موثر است. Matinez (1998) در مناطق نیمه خشک مدیترانه‌ای اسپانیا نحوه تولید و عوامل موثر بر رواناب را در حوضه‌های کوچک، از دو گروه خاک با عکس العمل‌های هیدرولوژیکی متفاوت بررسی کرده‌اند. بر این اساس خاک‌های ریز بافت با نفوذپذیری کم و مواد آلی کم، ضریب رواناب بالاتر و آستانه شروع رواناب کمتری از خاک‌های درشت بافت با نفوذپذیری بیشتر و مواد آلی متوسط دارند. از طرف

[1] نویسنده مسئول: علی اکبر عباسی ak_abbasi@yahoo.com

[2] Runoff threshold

دیگر اثر ویژگی‌های بارش بر عکس العمل هیدرولوژیک خاک متفاوت می‌باشد. شدت بارش پارامتر عمده کنترل کننده رواناب در حوضه‌های با بافت خاک ریزدانه، نفوذ پذیری کم و پوشش گیاهی تنک بود در حالی که در خاک‌های درشت بافت‌تر، نفوذپذیر و با پوشش گیاهی متراکم‌تر مجموع بارش با رواناب ارتباط بیشتری داشت. نتایج تحقیق Moreno et al. (2009) نشان داد که کاهش آستانه شروع رواناب با کاهش پوشش گیاهی مطابق است. همچنین نجفیان و همکاران (۱۳۸۹) نتیجه گرفتند که آستانه شروع رواناب در فرم رویشی گندمیان به طور معنی‌داری نسبت به دو فرم رویشی پهن برگان و بوته‌ای‌ها بیشتر است. آستانه شروع رواناب در درصد پوشش صفر و صد به طور معنی‌داری به ترتیب از همه کمتر و بیشتر است. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از باران‌ساز و پلات‌های آزمایشی، روی عوامل مؤثر در آستانه شروع رواناب کار کرده و نتیجه گرفته‌اند که از پارامترهای اقلیمی مقدار و شدت بارش، از پارامترهای زمین پوشش گیاهی و شیب و همچنین پارامترهای خاکشناسی در ایجاد آستانه رواناب مؤثر بوده‌اند. Aghabeigi et al. (2014)، در مطالعه‌ای تولید رواناب و رسوب را در دو تیپ گیاهی علفزار و بوته‌زار و با استفاده از شبیه‌ساز باران مورد مقایسه قرار دادند. نتایج آزمون دانکن و رگرسیون چند متغیره نشان داد که تیپ گیاهی علفزار رواناب و رسوب بیشتری نسبت به بوته‌زار تولید می‌کند، اما زمان شروع رواناب در علفزار کمتر از بوته‌زار است. همچنین، جهت جغرافیایی، شیب و عوامل هدایت الکتریکی، کلسیم، رس و فسفر تاثیر معنی‌داری بر رواناب، رسوب و زمان شروع رواناب دارند. این عوامل دارای یک رابطه خطی با رواناب و رسوب می‌باشند. نتایج پژوهش Khaledi et al. (2015) نشان داد که رواناب با سپری شدن مدت زمانی پس از شروع بارندگی شکل گرفته و تا حد زیادی وابسته به ویژگی‌های بارندگی، خاک و شیب است. شدت بیشتر باران و کاهش ظرفیت آبگیری لایه‌های سطحی خاک موجب افزایش حجم رواناب شده و در ادامه نیروی بیشتری برای کنش و انتقال ذرات خاک آماده می‌شود. تحقیقات انجام شده قبلی بیشتر مبتنی بر آزمایش‌های باران-ساز و در حد پلات بوده است. از این رو در این پژوهش، هدف اصلی، بررسی پارامترهای موثر در تعیین حد آستانه شروع رواناب در حوضه‌های کوچک است.

مواد و روش‌ها

خصوصیات منطقه مورد مطالعه

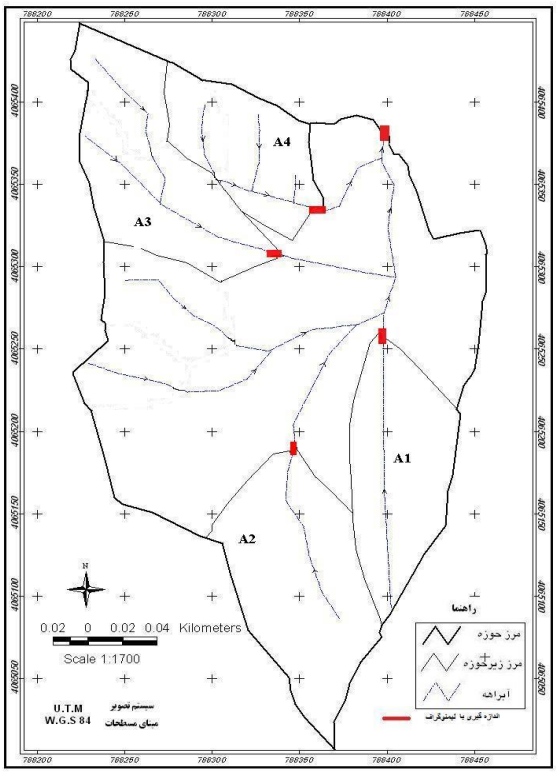
محدوده مورد نظر جزئی از مراتع موسوم به شکرکلات با مختصات جغرافیایی ۶۰ درجه و ۳ دقیقه و ۳۷ ثانیه تا ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه و ۴۶ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه و ۵۹ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه و ۱۰ ثانیه عرض شمالی بوده که در ۱۰۰ کیلومتری شمال شرق مشهد در خراسان رضوی قرار دارد. این محدوده هم‌جوار پایگاه تحقیقات حفاظت آب و خاک سنگانه قرار داشته و ۶/۲۷ هکتار مساحت دارد. ارتفاع متوسط حوضه آبخیز ۶۸۱ متر از سطح دریا است. متوسط میزان بارندگی بر اساس آمار ثبت شده در یک دوره ۱۵ ساله ۱۷۰ میلی‌متر در سال برآورد شده است. نزولات جوی آن عمدتاً به صورت باران و تقریباً بیش از پنج ماه از سال، منطقه فاقد بارندگی است. دمای متوسط سالانه هوا بر اساس گرادیان دمای ایستگاه‌های کمکی برابر ۱۵ درجه سانتی‌گراد، حداکثر مطلق آن ۴۲ و حداقل مطلق آن ۲۳ درجه سانتی‌گراد است. با توجه به میزان بارندگی و دمای متوسط محاسبه شده ضریب دومارتن برای منطقه ۱۰/۲ به دست آمده که بیانگر اقلیم نیمه‌خشک است و این منطقه از لحاظ توپوگرافی تقریباً مسطح، توأم با تپه‌ماهور بوده و اختلاف ارتفاع در آن زیاد نیست. شیب عرصه حدود ۱۶/۴۳ درصد بوده است. بافت غالب خاک منطقه سیلتی-لومی است. کاربری اراضی زیر حوضه‌ها مرتع و پوشش گیاهی، گیاهان یک ساله است. حوضه آبخیز مورد مطالعه مشتمل بر چهار زیر حوضه آبخیز به نام‌های A1، A2، A3 و A4 است. پارامترهای مساحت، شیب آبراهه، شیب حوضه، تراکم آبراهه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در محیط نرم‌افزار استخراج گردید. با توجه به اطلاعات استخراج شده، مساحت هر یک از زیر حوضه‌ها آبخیز کمتر از یک هکتار است. مشخصات حوضه آبخیز و زیر حوضه‌ها در جدول (۱) آمده است.

جدول (۱) مشخصات حوضه مورد مطالعه

نام زیر حوضه	مساحت (هکتار)	ارتفاع متوسط آبخیز (متر)	طول آبراهه (کیلومتر)	ضریب گراولیوس	شیب متوسط آبخیز (درصد)	زمان تمرکز (ساعت)
A1	۰/۷۳	۶۷۹/۹۵	۰/۱۷	۱/۲۸	۸/۵۰	۰/۰۴
A2	۰/۹۷	۶۸۴/۹۶	۰/۱۳	۱/۲۴	۱۲/۹۹	۰/۰۴
A3	۰/۸۷	۶۹۰/۹۲	۰/۱۹	۱/۳۹	۲۲/۲۱	۰/۰۴
A4	۰/۵۶	۶۸۶/۲۹	۰/۱۳	۱/۱۹	۲۳/۸۷	۰/۰۳
کل آبخیز (S)	۶/۲۷	۶۸۱/۴۶	۰/۴۱	۱/۳۰	۱۶/۴۳	۰/۰۸

نصب تجهیزات ثبت بارش و رواناب

به منظور ثبت وقایع بارش، یک دستگاه باران‌نگار در محل روستای سنگانه که در مجاورت محدوده مورد مطالعه قرار دارد نصب گردید. برای ثبت وقایع رواناب نیز چهار دستگاه لیمنوگراف در خروجی زیرحوضه‌ها و یک دستگاه لیمنوگراف در خروجی حوضه اصلی نصب گردید. موقعیت نصب لیمنوگراف‌ها و باران‌نگار ثبات در شکل ۱ نشان داده‌شده است. وقایع بارش و رواناب که به صورت تک واقعه بوده ثبت گردید و به همین صورت مورد تحلیل قرار گرفتند. در تحلیل وقایع رواناب از اطلاعات رواناب ثبت شده توسط لیمنوگراف‌ها که به صورت تغییرات تراز سطح آب در داخل فلوم است و با استفاده از منحنی دبی – اشل فلوم به هیدروگراف رواناب جاری شده تبدیل می‌شود، استفاده گردید. با توجه به کوچک بودن حوضه‌ها، تغییرات تراز سطح آب در فواصل زمانی یک دقیقه ثبت گردیده است. داده‌های حاصل از باران‌سنج ثبات نیز به صورت تجمعی با فاصله زمانی ده دقیقه استخراج و در تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. در مدت ثبت اطلاعات، از تاریخ ۸۷/۸/۱۸ تا ۸۹/۱۱/۱۹ در مجموع ۱۲۸ واقعه بارش ثبت گردید که در ۹ واقعه رواناب جاری شده است. آستانه شروع رواناب با توجه به زمان شروع رواناب که توسط لیمنوگراف‌ها ثبت شده، تعیین گردید.



شکل (۱): نقشه محدوده مطالعاتی و محل نصب لیمنوگراف‌ها و باران‌نگار ثبات

نتایج و بحث

تعیین مشخصات بارش و رواناب

از تاریخ ۸۷/۸/۱۸ تا ۸۹/۱۱/۱۹ در مجموع ۱۲۸ واقعه بارش ثبت گردید که از این تعداد ۹ واقعه منجر به جاری شدن رواناب در زیر حوضه‌های مختلف شد. واکنش زیر حوضه‌های مختلف در مقابل بارندگی متفاوت بوده است به نحوی که در بعضی از بارندگی‌ها تمامی زیرحوضه‌ها رواناب داشته و در بعضی از بارندگی‌ها بعضی از زیر حوضه‌ها رواناب داشته است. ارتفاع بارش و رواناب در وقایع مختلف در جدول (۲) نشان می‌دهد.

جدول (۲): بارندگی و آستانه شروع رواناب در دوره مورد مطالعه

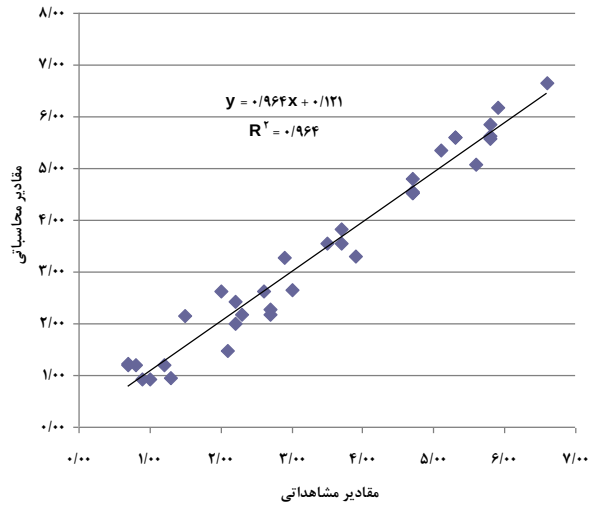
ردیف	تاریخ	ارتفاع بارندگی (میلی‌متر)	آستانه شروع رواناب (میلی‌متر)				
			A1	A2	A3	A4	S
۱	۱۳۸۸/۱/۳۱	۶/۸	-	-	۵/۶	۰/۹	۵/۹
۲	۱۳۸۸/۶/۲۹	۹/۷	۵/۳	۵/۸	۵/۸	۵/۱	۶/۶
۳	۱۳۸۸/۹/۱۲	۳	۰/۷	۰/۷	-	۵/۸	۲/۷
۴	۱۳۸۸/۱۲/۱۴	۶/۶	۲/۷	۲/۳	۰/۸	۲/۱	-
۵	۱۳۸۹/۱/۱۲	۴/۲	۳/۷	۴/۷	۱/۵	۲/۲	-
۶	۱۳۸۹/۲/۲۱	۷	۴/۷	-	۳/۵	۳/۷	۵/۳
۷	۱۳۸۹/۲/۳۱	۸/۲	۳/۹	-	۴/۷	۴/۷	-
۸	۱۳۸۹/۱۱/۱۴	۳/۴	۲/۶	۳/۰	۲/۹	-	۲/۲
۹	۱۳۸۹/۱۱/۱۴	۲/۸	۱/۰	۱/۳	۲/۰	-	-

آستانه شروع رواناب برای وقایع بارندگی در چهار زیر حوضه کوچک که کمتر از یک مساحت و کل حوضه که کمتر از هفت هکتار مساحت دارد مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه وقایع بارش و رواناب حوضه آبخیز سنگانه کلات، ارتباط آستانه شروع رواناب و عوامل بارش نظیر شدت و عوامل حوضه‌ای نظیر مساحت، شیب آبراهه، شیب حوضه، تراکم آبراهه، بارندگی چند روز قبل بررسی شد که در آن شدت بارندگی و مساحت حوضه نقش عمده را داشته‌اند. بین آستانه شروع رواناب و این عوامل رابطه‌ای به شرح زیر برقرار گردید.

$$Pi = 19.57 - 12I + 2.787I^2 - 0.25I^3 + 9.3I^4 - 1.2I^{52} - 2.31A^{-1} + 0.93A^{-2} \; R^2 = 0.96 \qquad (۱)$$

در این رابطه Pi آستانه شروع رواناب بر حسب میلی‌متر، I شدت بارندگی بر حسب میلی‌متر بر ساعت و A مساحت حوضه بر حسب هکتار است. با توجه به ضریب همبستگی این رابطه از دقت خوبی برخوردار است. مقایسه مقادیر مشاهده‌ای آستانه شروع رواناب و مقادیر برآوردی از رابطه فوق در شکل (۲) نشان داده شده است.

یکی از دلایل این که سایر عوامل نقش کمتری در آستانه ایجاد رواناب داشته و در رابطه شرکت نکرده‌اند می‌تواند ناشی از کوچک و مجاور هم بودن زیرحوضه‌ها و تغییرات کم پارامترها نسبت به هم باشد. Aghabeigi et al. (2014) که با یک شدت ثابت بارندگی کار کرده‌اند، نتیجه گرفتند که شیب نیز از عوامل مؤثر در آستانه وقوع رواناب است. (Khaledi et al., 2015) نیز اعلام داشته‌اند که شدت بارندگی از عوامل تأثیرگذار بر پاسخ هیدرولوژیکی حوضه است. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۴) نیز نتیجه گرفته‌اند که شدت بارش یکی از عوامل مؤثر در ایجاد آستانه رواناب مؤثر بوده است. بر این اساس رابطه‌ای بین آستانه شروع رواناب و این عوامل برقرار گردید که از دقت خوبی برخوردار است. از آنجا که رابطه بارش رواناب در حوضه‌های خیلی کوچک به دلیل نبود اطلاعات اندازه‌گیری بارش رواناب همیشه با مشکل مواجه است، نتایج این بررسی برای تعیین آستانه شروع رواناب در حوضه‌های کوچک قابل کاربرد است.



شکل (۲): مقایسه مقادیر مشاهده‌ای و مقادیر محاسبه‌ای آستانه شروع رواناب

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج و بحث‌های صورت گرفته، موارد زیر به عنوان نتیجه‌گیری تحقیق حاضر قابل ذکر است.

- ✓ آستانه شروع رواناب تابع پارامترهای مختلفی چون خصوصیات بارش، خصوصیات هندسی حوضه، خصوصیات خاک حوضه، پوشش گیاهی و رطوبت اولیه می‌باشد.
- ✓ در حوضه مورد مطالعه شدت بارندگی و مساحت حوضه بیشترین نقش را در آستانه شروع رواناب داشته‌اند که در بین این دو عامل نیز تأثیر شدت بارندگی بیشتر از مساحت حوضه بوده است.
- ✓ رابطه‌ی توسعه یافته بین آستانه شروع رواناب و دو عامل شدت بارندگی و مساحت حوضه از دقت خوبی برخوردار می‌باشد.

فهرست منابع

۱- ابراهیمی، ن.، اسلامی، ع. و شریفی، ف. (۱۳۹۴). مدل برآورد آستانه شروع رواناب با استفاده از شبیه‌ساز باران در کرت‌های صحرایی، نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۷، شماره ۲، صفحه ۲۱۱-۲۲۲

۲- بنی اسدی، م.، معدنچی، پ. و آ. مهدی‌پور (۱۳۸۵). سال مقایسه تأثیر روش‌های ذخیره نزولات آسمانی و رواناب بر پوشش گیاهی، نشریه علمی ترویجی حفاظت آب و خاک، ۴: ص.

۳- نجفیان، ل. کاویان، ع. قربانی، ج. و ر. تمرتاش (۱۳۸۹). اثر فرم رویشی و مقدار پوشش گیاهی بر تولید رواناب و رسوب اراضی مرتعی منطقه سوادکوه مازندران، مجله علمی پژوهشی مرتع، ۴(۲): ص.

4- Aghabeigi Amin S., Moradi H.R. and Fattahi B. *(2014). Sediment and Runoff Measurement in Different Rangeland Vegetation Types using Rainfall Simulator*, Ecopersia, *Vol. 2, No. 2, pp. 525-538.*

5- Khaledi Darvishan A., Banasik K., Sadeghi S.H.R., Gholami L. and Hejduk L. *(2015). Effects of rain intensity and initial soil moisture on hydrological responses in laboratory conditions, Int.* Agrophys., *29, pp. 165-173.*

6- Pan Ch. and Shangguan Zh. *(2006). Runoff Hydraulic characteris and sediment generation in Sloped grassplots under Simulated Rainfall condition*. Journal of Hydrology *331: 178-185.*

7- Moreno D.H., Merino M.L. and Nicolau J.M. *(2009). Effect of vegetation Cover on the Hydrology of reclaimed mining soils under Mediterranean- Continental Climate*. Catena, *77: 39-47.*

8- Matinez M. *(1998). Factors Influencing Surface Runoff Generation in a Mediteranean Semi-arid Environment*. Chicamp Watershed Spain. *12(5): 741-745*.
9- Kirkby M. *(2001). Modeling the Interactions between Soil Surface Properties and water*. Elsevier Catena *89-102*.

Factors Influencing the Runoff Generation Threshold in Small Basins

Abbasi A.k., Porhemmat J.
Email: ak_abbasi@yahoo.com

Received: 2016/01
Accepted: 2016/05

Abstract

Runoff generation threshold dependent on the different parameters such as rainfall features, geometric characteristics of the basin, soil characteristic basin, vegetation and primary humidity. Runoff outbreak in big basins is determined by using the rainfall data and the recorded data by hydrometric stations. In small basins, estimating the runoff outbreak is challenging due to the lack of hydrometric station. In this research, the rainfall events and runoff were measured in Sanganeh Kalat watershed (the studied sub basins are small and their area is about 1 ha and the whole area is about 7 ha). The rainfall was recorded by a rain gauge system and runoff were recorded by five lymonograph systems which four of them were installed in the output of sub basins and the remaining one was installed in the main output basin to record data for two years. Different effective factors in runoff outbreak were studied including rainfall intensity, basin area, channel slope and basin slope, channel density and rainfall in some days ago. Results show that the rainfall intensity and basin area play the most in runoff outbreak. There is a relationship between runoff outbreak and these two factors which have high precision.

Keywords: Runoff outbreak, Small basins, Sanganeh Kalat, Rainfall intensity.