نشریه علمی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال هجدهم- شماره ۶۵- تابستان ۱۴۰۳ Vol. 18, No. 65, Summer 2024

برآورد آستانه بارش مؤثر بر شروع رواناب در مناطق خشک ایران مرکزی (مطالعه موردی حوزه آبخیز سانیج-یزد)

مهتاب علیمرادی[۱]، محمدرضا اختصاصی[۲*]، آرش ملکیان[۳] و فرشید جهانبخشی[٤]

تاریخ دریافت:۲۶/ ۰۲/ ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: ۳۰/ ۰۶/ ۱۴۰۲
https://doi.org/10.22034/18.65.15

چکیده مبسوط

مقدمه

یکی از ویژگی‌های بسیار مهم هر حوزه آبخیز، آستانه شروع رواناب آن است که می‌تواند منعکس‌کننده خصوصیات مختلف حوضه و عامل مهم در شناخت و تعیین وضعیت سیل‌خیزی حوضه باشد. برآورد دقیق مقدار و مدت‌زمان شروع رواناب ناشی از رخدادهای باران و به دنبال آن نقطه آغاز سیل از موارد اساسی موردتوجه در مطالعات آب‌شناسی حوزه‌های آبخیز است. آستانه رواناب مقدار بارش مؤثری است که طی یک مدت زمان معین در سطح حوضه مشخصی برای شروع سیلاب در خروجی آبراهه زهکشی آن سطح موردنیاز است هدف از پژوهش حاضر، تعیین حداقل بارش و یا به‌عبارت‌دیگر بارش مؤثر بر شروع رواناب، در حوزه آبخیز سانیج در استان یزد است. با تعیین ارتفاع حداقل بارش برای شروع رواناب در حوضه مذکور و یا سایر حوضه‌ها، یکی از مؤلفه‌های اصلی و مؤثر در مطالعات مربوط به سیل‌خیزی و پهنه‌بندی خطرات سیل تأمین می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی در تحقیق حاضر حوزه آبخیز سانیج در ۳۰ کیلومتری شهر یزد در شهرستان تفت، استان یزد با مساحت ۱۵۳/۱۷۳ کیلومترمربع و مختصات جغرافیایی ″۴۸ ′۳۲ °۳۱ تا ″۱۸ ′۴۲ °۳۱ عرض شمالی و ″۳۶ ′۵۴ °۵۳ تا ″۵۴ ′۰۳ °۵۴ تا طول شرقی است. بارندگی سالانه آن ۲۲۰ میلی‌متر، میانگین دمای سالیانه ۱۱/۲ درجه سانتی‌گراد و متوسط رطوبت نسبی حوضه ٤۲ درصد است، ارتفاع حداکثر حوضه ٤۰۳٦ متر و پست‌ترین نقطه آن ۲۰۲۰ متر ارتفاع دارد. زمان تمرکز حوزه (Tc) به روش برانسبی-ویلیامز ۵,۱۸ ساعت است. ایستگاه‌های مورد نظر در این تحقیق، ایستگاه هیدرومتری فیض‌آباد در خروجی حوزه آبخیز سانیج برای تهیه داده‌های دبی سیلاب، ایستگاه باران‌سنجی بیدآخوید برای داده‌های بارش ساعتی و ایستگاه کلیماتولوژی فیض‌آباد به منظور تهیه داده‌های بارش ٢٤ ساعته (روزانه) است که داده‌های آن برای دوره زمانی از سال ۱۳۷۰تا ۱٤۰۰ در دسترس بود. برای دست‌یابی به هدف تحقیق روابط بین حداکثر بارش‌های ٢٤ ساعته و آستانه رواناب بررسی شد. همچنین انطباق هیدروگراف‌ها و هیتوگراف‌های متناظر به منظور برآورد حداقل بارش جهت شروع رواناب مورد مطالعه قرار گرفت و شدت بارش در پایه زمانی یک ساعت بررسی شد. سپس از نرم افزار EXCEL به منظور تجزیه تحلیل آمار و اطلاعات استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج بررسی روابط بین آستانه رواناب و حداکثر بارش‌های ٢٤ ساعته که داده‌های آن از ترکیب بارش‌های ٢٤ ساعته و بارش‌های رگباری بود نشان داد که تابع آن‌ها به صورت $y=0.9131x+14.01$ و مقدار حداقل بارش با R^2 ٪۸۲ برابر ۱٤/۰۱ میلی‌متر است. همچنین در بخش انطباق آب‌نمودها و باران‌نگارهای متناظر نتایج نشان داد؛ میانگین ارتفاع بارش برای شروع رواناب برابر ۱۸/۹ میلی‌متر است. در نهایت مقدار میانگین برای حداقل ارتفاع بارش در هر دو روش مطالعاتی نیز ٤۵/ ۱٦میلی‌متر به دست آمد. همچنین شدت بارش در پایه زمانی یک ساعت برابر ۱۳ میلی‌متر برآورد شد؛ بنابراین درصورتی‌که شدت بارش در پایه‌های زمانی بالاتر از یک ساعت بیش‌تر از ۱٦ میلی‌متر باشد، انتظار می‌رود رواناب در خروجی حوضه تولید شود.

نتیجه‌گیری

هدف تحقیق حاضر تعیین آستانه بارش مؤثر است که منجر به جاری شدن و شروع رواناب در یک حوزه کامل در مناطق خشک ایران مرکزی می‌شود. با شناخت آستانه شروع رواناب در حوزه‌های آبخیز، یکی از مؤلفه‌های اصلی در مطالعات آب‌سنجی و مدیریت بهینه سیلاب تأمین می‌شود. نتایج نشان داد درصورتی‌که مدت بارش حوضه بیش از یک ساعت و مقدار آن بیش از ۱٦ میلی‌متر باشد رواناب در خروجی حوزه جاری خواهد شد. همچنین اطلاع از آستانه بارش مؤثر در شروع رواناب در طرح‌های آبخیزداری، استفاده بهینه و مدیریت نزولات جوی و همچنین طراحی سطوح آبگیر باران جهت جذب بارش حائز اهمیت است. لازم

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد
۲- نویسنده مسئول و استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد Mr_Ekhtesasi@yazd.ac.ir
۳- استاد،گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
٤- پژوهشگر پسادکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد

به ذکر است نتایج این تحقیق تا حد زیادی به جهت ورود سامانه‌های بارانزا و همچنین فاصله آن از خروجی حوضه بستگی دارد که پیشنهاد می‌شود این مورد در پژوهش‌های بعدی موردبررسی قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: *آب‌نمود، آستانه، بارانگار، بارش ۲۴ ساعته، رواناب.*

مقدمه

یکی از ویژگی‌های بسیار مهم هر حوزه آبخیز، آستانه شروع رواناب[1] آن است که می‌تواند منعکس‌کننده خصوصیات مختلف حوضه و عامل مهم در شناخت و تعیین وضعیت سیل‌خیزی حوضه باشد. ازآنجاکه تعیین آستانه شروع رواناب در برآوردهای آب‌شناختی به‌ویژه برآوردهای دقیق‌تر سیلاب طرح، بیلان آبی، طراحی و تخمین پتانسیل تولید رواناب کمک می‌کند و در استفاده بهینه و مدیریت نزولات نقش دارد، حائز اهمیت است [۱۴، ۱۱]. عملیات آبخیزداری نظیر طراحی سازه‌های آبی کوچک‌مقیاس، سازه‌های کنترل رسوب، اعمال مدیریت‌های لازم در زمینه‌های پوشش گیاهی، خاک و بهره‌برداری از اراضی نیازمند آگاهی و غیره نیز به برآورد زمان شروع رواناب‌های نیاز دارند [۱۷]. آستانه شروع رواناب یکی از عوامل مؤثر در دقت برآورد حجم و شدت سیل محسوب شده و اطلاع از میزان آن می‌تواند منجر به مدیریت بهینه منابع حوزه آبخیز شود [۱]. رواناب سطحی، تابعی از مقدار و شدت بارندگی، وضعیت شیب و توپوگرافی زمین [۳] و سایر ویژگی‌ها ازجمله تراکم پوشش گیاهی و نوع کاربری اراضی است [۱۶]. رواناب با سپری شدن مدت‌زمانی پس از بارندگی شکل می‌گیرد. اطلاع از زمان آغاز رواناب کمک شایانی به تخمین رواناب و جریان سطحی، حجم رواناب و میزان تلفات خاک ناشی از یک بارش خواهد کرد [۱۶]. با تعیین آستانه شروع رواناب می‌توان با سرعت و دقت بیشتر و هزینه کم‌تر مقدار بارانی را که سبب وقوع رواناب در شرایط مختلف می‌شود، مشخص کرد [۱۷]. آستانه عبارت است از نقطه‌ای که پس‌ازآن رفتار سامانه تغییر می‌کند و درواقع حداقل میزان بارندگی تولید کننده رواناب سطحی است [۱۳]. آستانه شروع رواناب مقداری از باران است که پس‌ازآن رواناب آغاز می‌شود [۹]. آستانه رواناب مقدار بارش مؤثر یا مازادی که طی یک تداوم معین در سطح حوضه مشخصی برای شروع سیلاب در خروجی آبراهه زهکشی آن سطح موردنیاز است [۷]. آستانه بارندگی، مقدار بارندگی را برای یک مدت‌زمان معین مشخص می‌کند که یک دبی بحرانی را در مقطع عرضی رودخانه ایجاد می‌کند [۱۲]. گیویا و همکاران (۲۰۰۸) به مطالعه بر روی تعدادی حوزه آبخیز در جنوب ایتالیا، نشان دادند که سیل‌های معمولی عمدتاً به دلیل رویدادهای بارندگی بیش از نرخ آستانه نفوذ در یک منطقه رخ می‌دهند که همان شدت بارش آستانه رواناب برای شرایط معین است. درحالی‌که رویدادهای بزرگ که عامل چولگی بالای نمودار توزیع سیل هستند، زمانی ایجاد می‌شود که بارندگی‌های شدید از آستانه نگهداشت (ذخیره) در بخش وسیعی از حوزه آبخیز فراتر رود [۸]. آستانه شروع رواناب تابع پارامترهای مختلفی چون خصوصیات بارش، خصوصیات هندسی حوضه، خصوصیات خاک حوضه، پوشش گیاهی و رطوبت اولیه است و در حوضه‌های بزرگ با استفاده از اطلاعات بارندگی و اطلاعات جریان ثبت‌شده توسط ایستگاه‌های هیدرومتری تعیین می‌شود [۱، ۱۱]. در مطالعات بسیاری آستانه شروع رواناب به‌خصوص با استفاده از شبیه‌ساز باران موردبررسی قرارگرفته است به‌عنوان مثال؛ شریفی و همکاران [۱۹] ؛ سلیمانی و همکاران [۲۰] ؛ کاظمی و همکاران [۱۱]، گیویا و همکاران[۸] ؛ ابراهیمی و همکاران [۵] . آستانه در روابط بارش-رواناب در مطالعات متعدد با استفاده از نمودارهای پراکنده که عوامل هواشناسی و معیارهای پاسخ هیدرولوژیکی را مقایسه می‌کنند، بررسی شده است [۱۵]. با مشخص شدن مقدار بارش مؤثر در هر منطقه می‌توان آستانه بارش- رواناب را تعیین نمود [۶]. تحقیق حاضر باهدف تعیین حداقل بارش و یا به‌عبارت‌دیگر بارش مؤثر بر شروع رواناب مبتنی، بر بررسی ارتباط بارش و رواناب، در حوزه آبخیز سانیج در استان یزد انجام‌شده است. با تعیین ارتفاع حداقل بارش برای شروع رواناب در حوضه مذکور و یا سایر حوضه‌ها، یکی از مؤلفه‌های اصلی و مؤثر در مطالعات مربوط به سیل‌خیزی و پهنه‌بندی خطرات سیل تأمین می‌شود. به‌عنوان‌مثال، پس از تعیین حداقل ارتفاع بارش که منجر به ایجاد رواناب در هر منطقه می‌شود، با استفاده از روش‌های بیولوژیک و عملیات مختلف می‌توان از تبدیل رواناب به سیلاب جلوگیری کرد. تاکنون درزمینه تعیین آستانه رواناب در این منطقه مطالعاتی صورت نگرفته است؛ بنابراین نتایج تحقیق حاضر می‌تواند در جهت مدیریت بهینه رواناب و سیل در حوزه آبخیز مطالعاتی مورداستفاده قرار گیرد.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

منطقه موردمطالعه در تحقیق حاضر حوزه آبخیز سانیج در ۳۰ کیلومتری شهر یزد در شهرستان تفت، استان یزد قرار دارد. این حوضه ۱۵۳/۱۷۳ کیلومترمربع مساحت دارد و در محدوده جغرافیایی ″۴۸ ′۳۲ °۳۱ تا ″۱۸ ′۴۲ °۳۱ عرض شمالی و ″۳۶ ′۵۴ °۵۳ تا ″۵۴ ′۰۳ °۵۴ تا طول شرقی واقع‌شده است. بارندگی سالانه آن ۲۲۰ میلی‌متر، میانگین دمای سالیانه ۱۱/۲ درجه سانتی‌گراد و متوسط رطوبت نسبی حوضه ۴۲ درصد است، ارتفاع حداکثر حوضه ۴۰۳۶ متر و پست‌ترین نقطه آن ۲۰۲۰ متر ارتفاع دارد. زمان تمرکز حوزه (Tc) به روش برانسبی-ویلیامز ۵,۱۸ ساعت است. در روش برانسبی-ویلیامز، متغیر مساحت جزء کلیدی در محاسبه زمان دقیق تمرکز است. در این تحقیق با توجه به مساحت حوزه و شرایط آب و هوایی از روش برانسبی-ویلیامز برای تعیین زمان تمرکز استفاده شد [۱۸]. در این تحقیق از ایستگاه هیدرومتری فیض‌آباد در خروجی حوزه آبخیز سانیج برای جمع‌آوری داده‌های

1. Runoff Threshold

دبی سیلاب موردنیاز برای اهداف تحقیق استفاده شد. به‌منظور تهیه محدوده حوضه، جمع‌آوری داده‌های آب-سنجی و باران‌سنجی در محدوده ایستگاه‌های هیدرومتری و همچنین تهیه نقشه‌های توپوگرافی بازه‌های منتخب (ژئومتری پروفیل طولی و عرضی) از DEM ۱۲/۵ متری ALOS PALSAR، داده‌های شرکت آب منطقه‌ای استان یزد، اداره کل منابع طبیعی استفاده شد. شکل ۱ موقعیت حوزه آبخیز سانیج را در استان یزد نشان می‌دهد. همچنین موقعیت ایستگاه هیدرومتری در خروجی حوزه آبخیز نیز در شکل ۱ ارائه‌شده است.

روش کار

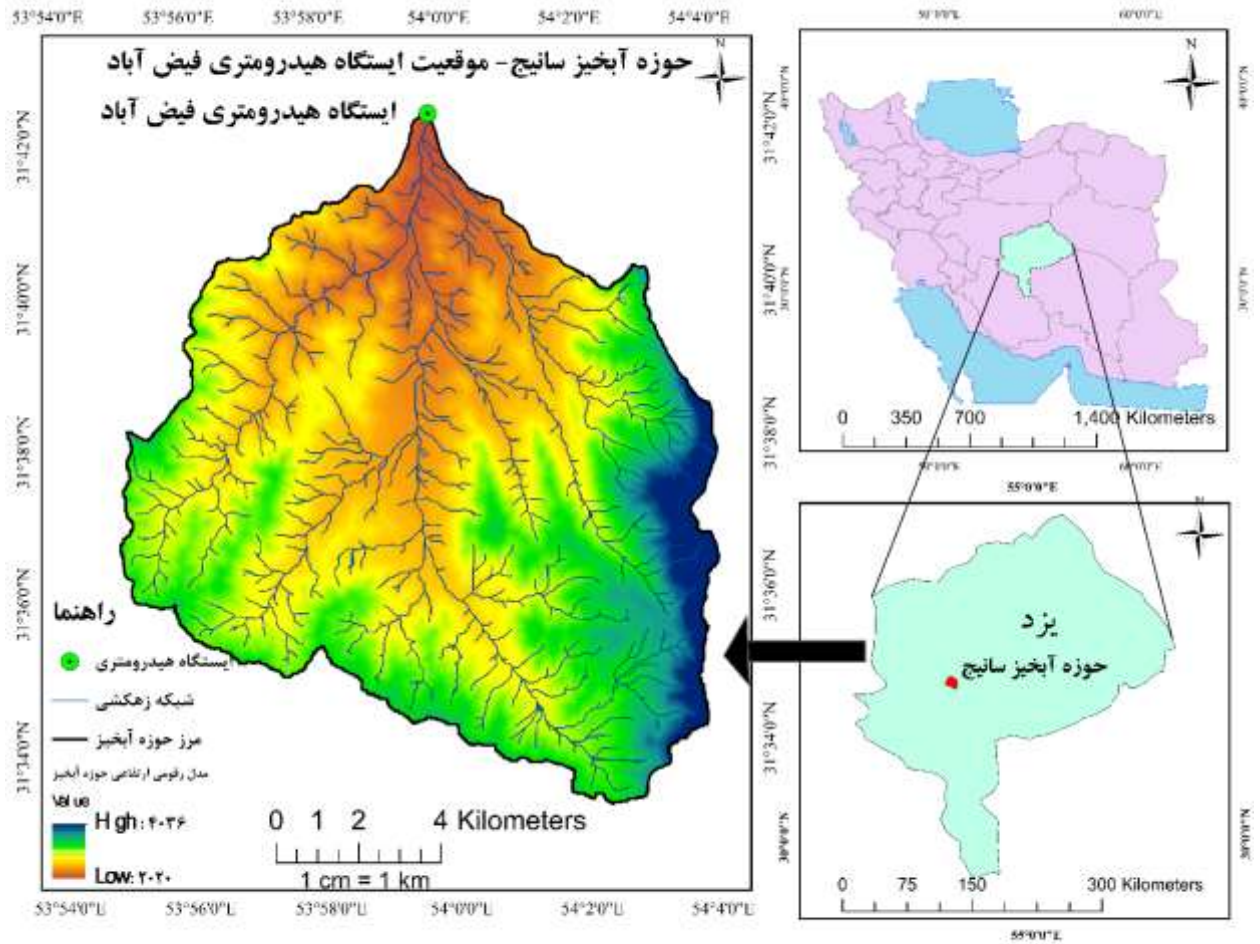
همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، هدف از این تحقیق برآورد آستانه بارش مؤثر برای شروع رواناب با استفاده از داده‌های هیدرومتری و باران‌سنجی است. برای این منظور از داده‌های ساعتی بارش ثبت‌شده از ایستگاه باران‌سنجی بیدآخوید متعلق به اداره آب منطقه‌ای استان یزد در بالادست حوزه آبخیز سانیج، داده‌های بارش ۲۴ ساعته (روزانه) ایستگاه کلیماتولوژی فیض‌آباد متعلق به سازمان هواشناسی و همچنین داده‌های دبی حداکثر ایستگاه هیدرومتری فیض‌آباد متعلق به اداره آب منطقه‌ای استان یزد استفاده شد.

روش‌های برآورد ارتفاع بارش آستانه به شرح زیر است:

استفاده از داده‌های بارش ۲۴ ساعته و دبی‌های حداکثر در روزهای متناظر

برای انجام این بخش از پژوهش نیاز به تهیه سال‌های مشترک آماری در هر دو ایستگاه و همچنین تهیه آمار دبی و بارش متناظر در یک روز است. پس از تحلیل داده‌ها مشخص شد که تعداد سال‌های مشترک آماری و علاوه بر آن روزهای مشترک آماری در ایستگاه‌ها به‌صورت زیر است.

ایستگاه فیض‌آباد دارای ۳۱ سال آمار حداکثر بارش ۲۴ ساعته از سال ۱۳۷۰ تا سال ۱۳۹۹ است و ایستگاه هیدرومتری سانیج دارای ۳۲ سال آماری دبی حداکثر لحظه‌ای از سال ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰ است؛ که با توجه به تاریخ‌های ثبت‌شده دبی و بارندگی، تنها در ۵ رخداد داده‌های بارندگی و دبی حداکثر لحظه‌ای دارای زمان‌های متناظر یا با اختلاف کم‌تر از یک روز (کم‌تر از زمان تمرکز حوضه) هستند که لیست آمار آن استخراج شد.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز سانیج در کشور ایران/ استان یزد/ موقعیت ایستگاه هیدرومتری

Fig 1. Location of Sanij watershed in Iran/Yazd province/Fizabad hydrometric station

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مطالعاتی در حوزه آبخیز سانیج

Table 1. Characteristics of the study stations in Sanij watershed

کد ایستگاه Station Code	رودخانه River	ایستگاه station	مشخصات جغرافیایی Geographical characteristics			سال تأسیس Established year	نوع ایستگاه Station type
			طول Longitude	عرض latitude	ارتفاع Height		
42-966	بیدآخوید BidAkhavid	بیدآخوید BidAkhavid	53 90 00	31 50 00	2487	1997	باران‌سنجی Rain gauge
46-055	سانیج Sanij	فیض‌آباد Fizabad	53 59 48	31 42 16	2000	1991	هیدرومتری Hydrometry
46-649		فیض‌آباد Fizabad	53 59 25	31 42 51	2000	1991	کلیماتولوژی Climatology

جدول ۲- حداکثر بارش‌های ۲٤ ساعته (روزانه) و مقادیر دبی حداکثر در رخدادهای متناظر با آن در ایستگاه‌های موردبررسی (دوره آماری ۱۳۹۹-۱۳۷۰)

Table 2. Maximum 24-hour (daily) rainfall and maximum discharge values in the corresponding events in the studied stations (statistical period 1992-2020)

ردیف Row	بارش ۲٤ ساعته (mm) 24 Hour rain	دبی حداکثر (M^3/s) Maximum Discharge
1	8	0
2	13.5	0
3	15	4.3
4	19	8.6
5	26.5	11.5
6	35	25.5

جدول ۳- ارتفاع بارش‌های ساعتی و مقادیر دبی در رخدادهای متناظر با آن (دوره آماری ۱۳۹۹-۱۳۸۱)

Table 3. Hourly precipitation height and discharge values in corresponding events (statistical period 2002-2020)

ردیف Row	بارش ساعتی (mm) Hourly rainfall	دبی حداکثر (m^3/s) Maximum Discharge
1	20.5	4.4
2	18.2	7.2
3	26.2	8.6
4	32.7	9.7
5	43.8	34.3

استفاده از داده‌های بارش ساعتی (رگباری) و دبی‌های حداکثر ایستگاه هیدرومتری در روزهای متناظر

برای این بخش از پژوهش پس از بررسی موقعیت ایستگاه و به دلیل همگن بودن شرایط برای مطالعه بارش حوضه از ایستگاه باران‌سنجی بیدآخوید در بالادست حوزه آبخیز سانیج استفاده شد. ایستگاه بیدآخوید بر طبق آمار دریافت شده از اداره آب منطقه‌ای یزد دارای ۱۹ سال آمار روزانه و ساعتی بارش است. در اینجا نیز تهیه آمار سال‌های مشترک آماری موردنیاز است. ازآنجاکه تاریخ ثبت داده‌های حداکثر دبی لحظه‌ای در بسیاری از موارد با آمار بارش همخوانی نداشت تنها پنج سال آماری مشترک در بین آمار دریافتی در جدول ۳ مشاهده شد. به‌منظور عدم دخالت بارش روزهای قبل از سیل و همچنین تأثیر دبی پایه در انتخاب دبی‌های خالص ناشی از رواناب، رخدادهای فاقد بارش در روزهای قبل و همچنین سیلاب‌های فاقد دبی‌های پایه انتخاب شد.

پس از پایش و بررسی آمار بارش‌های ساعتی مشخص شد بارش‌های مطالعاتی که دبی متناظر آن نیز موجود بود دارای مدت زمان کم‌تر از ۲٤ ساعت بوده به همین جهت هر دو مجموعه داده (بارش‌های ساعتی و بارش‌های ۲٤ ساعته) به‌عنوان بارش‌های ۲٤ ساعته در نظر گرفته‌شده و ارتباط این مقادیر بارش با دبی‌های متناظر با استفاده از نرم‌افزار Excel بررسی شد.

انطباق بارانگارها و آب‌نمودهای متناظر

در این روش ابتدا بارانگارها[1] و آب‌نمودهای[2] متناظر که زمان و مقادیر آن‌ها در روزهای مشخص در دسترس بود بررسی شد. ازآنجاکه داده‌های ثبت‌شده دارای نواقصی بود تنها در چند مورد امکان یافتن هیدروگراف‌ها و هیتوگراف‌هایی که دقیقاً متناظر باشند فراهم شد. به‌گونه‌ای پس از بررسی و تحلیل داده‌ها مشخص شد که تنها برای ٤ مورد از رخدادهای ثبت‌شده می‌توان نمودارهای هیدروگراف و هیتوگراف متناظر را مشخص و مقادیر آستانه که نقطه صفر رواناب و در واقع شروع رواناب روی نقطه مشخصی پس از شروع بارش قرار گیرد. در این نقطه بارش تجمعی از روی نمودار به مقداری رسیده بود که دبی شروع‌شده بود (شکل ۲).

پس از بررسی و تحلیل داده‌ها مشخص شد که تنها برای ٤ مورد از رخدادهای ثبت‌شده می‌توان نمودارهای هیدروگراف و هیتوگراف

1. Hyetograph
2. hydrograph

متناظر را مشخص و مقادیر آستانه بارش برای شروع رواناب به روش رسم و تطبیق زوجی نمودارها را به دست آمد که در جدول ٤ نتایج ارائه شده است.

در جدول ٤، ملاحظه می‌شود در چهار رخداد موردبررسی، آستانه شروع رواناب سطحی به‌طور متوسط در شدت بارش ١/٧ میلی‌متر بر ساعت و ارتفاع میانگین ١٨/٩ میلی‌متر اتفاق می‌افتد.

بررسی شدت بارش

باهدف بررسی شرایط بارش منطقه، شدت بارش در طول سال‌های آماری موجود که داده‌های آن به‌صورت رگبار (ارتفاع بارش برحسب دقیقه) در دسترس بود بررسی شد. به‌این‌ترتیب که ابتدا همه داده‌های موجود در پایه‌های زمانی یک، ١٥، ٣٠، ٤٥ ، ٦٠ دقیقه بررسی شد و حداکثر ارتفاع بارش برحسب میلی‌متر در پایه‌های زمانی مذکور برآورد شد (جدول٥).

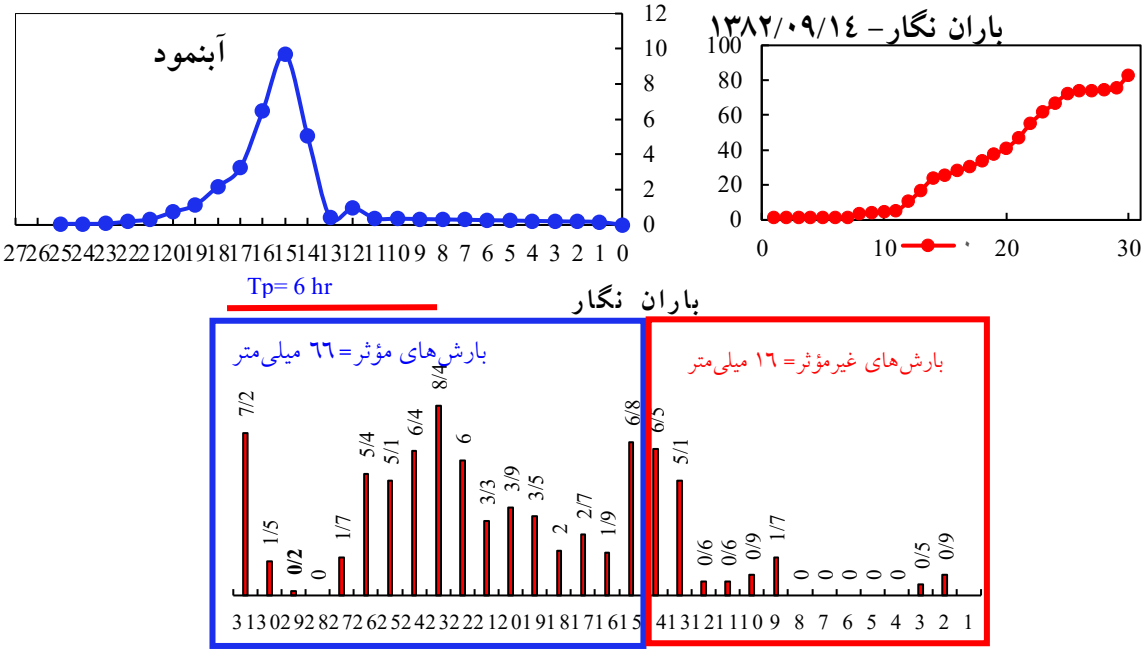
با توجه به برآوردهای انجام‌شده برای حداکثر شدت بارش در پایه‌های زمانی مختلف، مشاهده شد که حداکثر شده بارش در پایه‌های زمانی ١، ١٥، ٣٠، ٤٥، ٦٠ و ١٢٠ دقیقه به ترتیب معادل ٣/٤، ٦/٥، ٨/٥، ٩/٧، ١٣ و ٢١ میلی‌متر است.

نتایج

به‌طورکلی، کاربرد روش‌های آماری و تجزیه‌وتحلیل روابط بین حداقل ارتفاع بارش و شروع رواناب از بحث‌های مهم و کاربردی در مطالعات هیدرولوژی است. نتایج حاصل از بررسی حداقل بارش برای شروع رواناب در بخش‌های ادامه ارائه‌شده است.

بررسی روابط بین حداکثر بارش‌های ٢٤ ساعته و آستانه رواناب

همان‌طور که در بخش‌های قبل توضیح داده شد مجموع بارش‌های رگباری و بارش‌های ٢٤ ساعته به‌صورت یک مجموعه داده در ارتباط با دبی حداکثر لحظه‌ای به‌منظور بررسی آستانه بارش برای شروع رواناب در نظر گرفته شد (جدول ٦).



شکل ٢- یک نمونه از انطباق هیدروگراف‌ها و هیتوگراف‌های متناظر آن

Fig 2. An example of the adaptation of hydrographs and its corresponding hytographs

جدول ٤- مقادیر حداقل بارش برای شروع رواناب با استفاده از انطباق هیدروگراف‌ها و هیتوگراف‌ها در رخدادهای انتخاب‌شده و متوسط شدت بارش (میلی‌متر در ساعت) برای هر رخداد (دوره آماری ١٣٨١-١٣٩٩)

Table 4. The minimum rainfall values for the start of runoff using the adaptation of hydrographs and hytographs in selected (events and the average rainfall intensity (mm / hr) for each event (statistical period 2019-2021)

ردیف Row	حداقل بارش تجمعی (mm) Minimum Cumulative Precipitation (mm)	کل بارش Total precipitation	تداوم Continuity	میانگین شدت بارش Precipitation intensity
82/09/14	16.8	82	30	2.73
82/01/06	19.5	20.5	17	1.2
91/01/09	16	21.5	19	1.13
95/01/15	23.3	81/6	45	1.81

جدول ۵- حداکثر شدت بارش در پایه‌های زمانی ۱، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه.

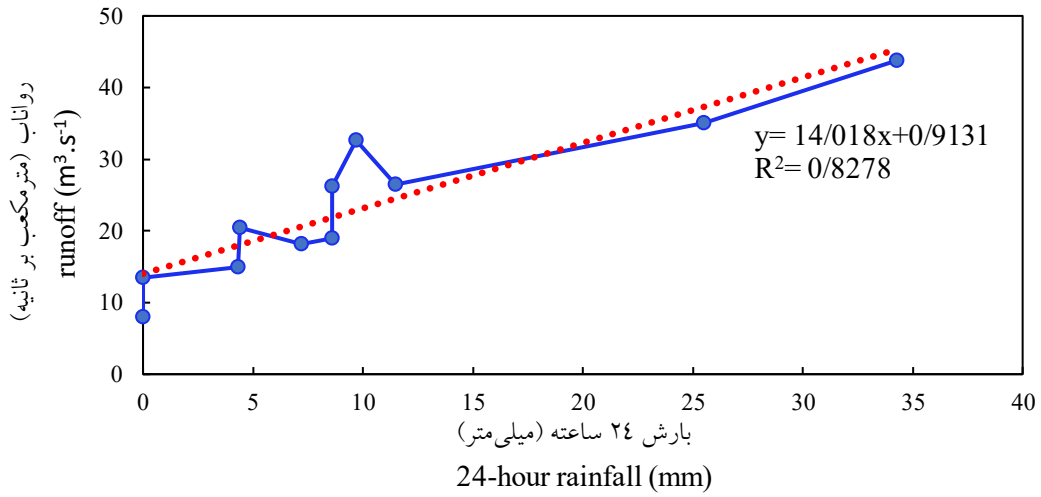
Table 5. The maximum intensity of precipitation in the time bases of 1, 15, 30, 45, 60 and 120 minutes

سال Year / زمان (دقیقه) Time (min)	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	94	96	97	98	99	MAX
1									1.5	1.5	0.9	0.6	0.5	0.4	1	3.3	3.4	3.4
15	3.6	3.7	1.8	1.6	1.3	3	2.8	6.5	5		3.5	1.4	2.3	1.5	3.5	5.9	5	6.5
30	6.5	6.8	2.8	3	2.1	5	5	8.5	6.7		5.2	2.5	3.2	2.8	5.5	6.8	5	8.5
45	7.5	7.2	3.9	4.2	2.7	6.8	5.7	9.7	7.7		3.6	3.3	4.1	3.6	6.8	8.3	5.2	9.7
60	8.2	8.6	4.8	5.5	3	7.6	5.8	13	8.2		7.9	3.6	4.6	4.5	8.2	10	7.2	13
120	9.4	15.6	6.1	10	3.2	11	6.1	21			10.8	4.7	7.3	7.4	12.4	19.3	9.7	21

جدول ٦- ارتفاع بارش ٢٤ ساعته (میلی‌متر) و دبی (مترمکعب در ثانیه) متناظر با آن

Table 6. 24-hour rainfall height (mm) and flow rate (M^3/s) corresponding to it

ردیف Row	بارش ٢٤ ساعته (mm) 24 Hour rain	دبی حداکثر (m^3/s) Maximum Discharge
1	8	0
2	13.5	0
3	15	4.3
4	20.5	4.4
5	18.2	7.2
6	19	8.6
7	26.2	8.61
8	32.7	9.7
9	26.5	11.5
10	35	25.5

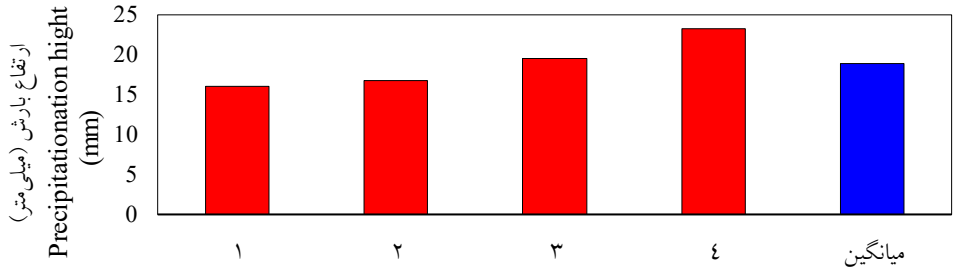


شکل ۳- نمودار تغییرات بارش ٢٤ ساعته نسبت و دبی متناظر با آن

Fig 3. Chart of 24-hour rainfall changes and its corresponding flow rate

در شکل ۳ نیز نمودار تغییرات بارش ٢٤ ساعته نسبت به دبی متناظر با آن در حوزه آبخیز سانیج ارائه‌شده است.

همان‌طور که در جدول ٤ و شکل ۳ نمایش داده‌شده است در بین داده‌های ثبت‌شده برای مقدار بارش حداکثر ٢٤ ساعته با ارتفاع ۸ و ۱۳/۵ میلی‌متر مقدار دبی حداکثر لحظه‌ای برابر صفر است. درحالی‌که برای دبی ٤/۳ مترمکعب در ثانیه مقدار بارش ٢٤ ساعته با ارتفاع ۱۵ میلی‌متر ثبت‌شده است؛ که این موارد می‌تواند به دلیل خطای ثبت و اندازه‌گیری داده در حین آماربرداری رخ‌داده باشد. به همین دلیل از مجموعه داده‌ها به‌منظور بررسی مقدار آستانه بارش برای شروع رواناب استفاده شد. با رسم خط برازش بر روی نمودار



شکل ٤- نمودار ارتفاع حداقل بارش (میلی‌متر) برای شروع رواناب (مترمکعب در ثانیه) بر اساس انطباق هیدروگراف‌ها و هیتوگراف‌های متناظر در حوزه سانیج یزد (دوره آماری ۱۳۸۱-۱۳۹۹)

Fig 4. Chart of height of minimum precipitation (mm) for the start of runoff (M^3/s) based on the matching of hydrographs and corresponding hytographs in the Sanij area of Yazd (statistical period 2002-2020)

و تعیین تابع آن مشخص شد که رابطه بارش ٢٤ ساعته و دبی حداکثر لحظه‌ای برابر y=0.9131x+14.01 است و با مساوی قرار دادن آن با صفر (نقطه شروع رواناب)، مقدار حداقل بارش برابر ١٤/٠١ میلی‌متر می‌شود. همچنین مقدار R^2 برابر ٠/٨٢ درصد است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت رابطه ارائه‌شده بیان‌گر معنی‌دار بودن نتایج بین آستانه بارش و شروع رواناب است [٢]. همچنین با توجه به اینکه زمان تمرکز حوزه ٥/١٨ ساعت بوده؛ می‌توان بیان نمود برای بارش‌های بیش از زمان تمرکز تا ٢٤ ساعت حداقل ١٤/٠١ میلی‌متر نیاز است تا رواناب شروع شود.

بررسی نتایج انطباق هیدروگراف‌ها و هیتوگراف‌های متناظر

با توجه به شکل ٤ و پس از تجزیه‌وتحلیل نتایج انطباق هیدروگراف‌ها و هیتوگراف‌های نظیر، مقادیر آستانه بارش برای شروع رواناب برای هرکدام از آن‌ها به دست آمد.

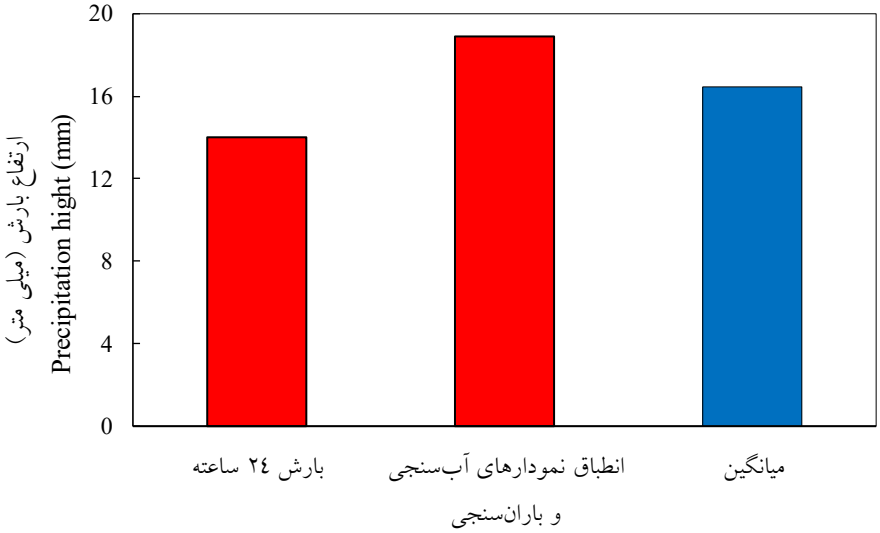
همانگونه که در شکل ٤ مشخص شد بر اساس انطباق هیدروگراف‌ها و هیتوگراف‌های مختلف ارتفاع بارش برای شروع رواناب (در نقطه‌ای که رواناب آغاز می‌شود) در رخدادهای مطالعاتی، متفاوت است و میانگین آن برابر ١٨/٩ میلی‌متر برآورد شد. بنابراین بر اساس روش انطباق هیدروگراف‌ها و هیتوگراف‌ها به طور میانگین ١٨/٩ میلی‌متر بارش باید رخ دهد که رواناب در خروجی حوضه جاری شود. درواقع تا قبل از رسیدن ارتفاع بارش به ١٨/٩ میلی‌متر رواناب در حوزه جاری نمی‌شود. همچنین برای هر یک از رخدادها میانگین شدت بارش برحسب میلی‌متر در ساعت برآورد شد که می‌تواند بیانگر علت تفاوت مقادیر آستانه بارش تجمعی در رخدادهای مختلف برای شروع رواناب باشد و میانگین کل آن‌ها با توجه به جدول ٤ برابر ١/٧١ میلی‌متر در ساعت به دست آمد. البته واضح است که هر چه تعداد رخدادهای مورد بررسی بیشتر باشد نتایج حاصل قابل استنادتر است. همچنین با توجه به این‌که اقلیم منطقه خشک و نیمه‌خشک است در فصول مختلف سال ارتفاع بارش مؤثر برای شروع رواناب متفاوت خواهد بود؛ بنابراین برای اظهارنظر در مورد آستانه شروع رواناب باید رخدادهای فصول مختلف به‌طور جداگانه موردبررسی قرار گیرد. با این وجود به دلیل محدودیت در رخدادهای ساعتی ثبت شده، در این تحقیق امکان بررسی بیشتر از ٤ رخداد امکان‌پذیر نبود. لازم به ذکر است در پژوهش‌هایی از قبیل فرهنگی و همکاران، ١٣٩٧ [٦] با هدف تعیین آستانه بارش- رواناب در مناطق خشک و نیمه خشک روش مشابهی استفاده شده است. نتایج آن‌ها نشان داد آستانه رواناب در رخدادهای مختلف به طور میانگین برابر ٢/٨ میلی‌متر در ساعت و ارتفاع بارش معادل ٦/٤ میلی‌متر بود. به‌این‌ترتیب پس از انجام مراحل تحقیق مقادیر به‌دست‌آمده حداقل بارش برای شروع رواناب با استفاده از روش‌های موردمطالعه به دست آمد و نتایج در جدول ٧ ارائه‌شده است. با توجه به جدول میانگین مقدار آستانه بارش برای شروع رواناب برابر ١٦/٤٥ میلی‌متر به دست می‌آید که مقدار قابل‌قبول‌تری خواهد بود.

جدول ٧- نتایج برآورد حداقل بارش برای شروع رواناب با استفاده از دو روش مطالعاتی

Table 7. The results of estimating the minimum rainfall for the start of runoff using two study methods

ردیف Row	روش برآورد Method	ارتفاع بارش (mm) Precipitation
1	بارش ٢٤ ساعته 24 Hour rain	14.01
2	انطباق نمودارهای آب‌سنجی و بارانسنجی Adaptation of hydrometer and rain gauge charts	18.9
3	میانگین Average	16.45

شکل ٥، نمودار میله‌ای آستانه بارش برای شروع رواناب را در هر دو روش مطالعاتی نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشخص است، کم‌ترین مقدار به‌دست‌آمده مربوط به بارش‌های ٢٤ ساعته (معادل ١٤/٠١) و مقدار بیشتر مربوط به روش انطباق نمودارهای آب‌سنجی و بارانسنجی (معادل ١٨/٩ میلی‌متر) است.



شکل ۵- مقایسه حداقل بارش برای شروع رواناب روش‌های مطالعاتی و میانگین آن‌ها

Fig 5. Comparison of the minimum rainfall for the start of runoff of the study methods and their average

نتایج بررسی شدت بارش

با استفاده از نتایج جدول ۵ حداکثر شدت بارش در پایه زمانی ٦۰ دقیقه معادل ۱۳ میلی‌متر برآورد می‌شود، همچنین میانگین بارش برای شروع رواناب معادل ١٦/٤٥ میلی‌متر است؛ بنابراین بارش‌های کم‌تر از این مقدار در پایه زمانی بیش از یک ساعت تا ٢٤ ساعت قادر به تولید رواناب در خروجی حوزه نیست.

بحث و نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر باهدف تعیین آستانه بارش مؤثر انجام شد که منجر به جاری شدن و شروع رواناب در یک حوزه کامل در مناطق خشک ایران مرکزی می‌شود، لذا با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی حوزه سانیج در استان یزد در دوره زمانی از سال ۱۳۷۰تا ۱٤۰۰ انجام شد. از بین رخدادهای متعدد مناسب‌ترین و متناطرترین رخدادها انتخاب شد. قابل‌ذکر است که با شناخت آستانه شروع رواناب در حوزه‌های آبخیز، یکی از مؤلفه‌های اصلی در مطالعات آب‌سنجی و مدیریت بهینه سیلاب تأمین می‌شود. نتایج نشان می‌دهد مقدار آستانه بارش برای شروع رواناب با استفاده از روش‌های بارش ٢٤ ساعته و انطباق نمودارهای آب‌سنجی و باران‌سنجی به ترتیب برابر ١٤/٠١ میلی‌متر و ۱۸/۹ میلی‌متر است. مقدار میانگین به‌دست‌آمده برای حداقل ارتفاع بارش نیز ١٦/٤٥ میلی‌متر به دست آمد. زینی‌وند [۲۱] در مطالعات خود نشان داد حوزه آبخیز واکنش متفاوتی نسبت به مقادیر مختلف بارش داد. همچنین نتایج نشان داد با توجه به مقدار حداکثر شدت بارش یک‌ساعته در حوضه که برابر ۱۳ میلی‌متر است. همچنین مقدار بارش موردنیاز برای شروع رواناب که ١٦/٤٥ میلی‌متر برآورد شد، به‌طورکلی می‌توان بیان نمود درصورتی‌که مدت بارش حوضه بیش از یک ساعت و مقدار آن بیش از ١٦ میلی‌متر باشد رواناب در خروجی حوزه جاری خواهد شد.

در مطالعات و پژوهش‌های بسیاری از قبیل عسگری و همکاران [٤] و شریفی و همکاران [۱۹] آستانه رواناب و بارش با استفاده از داده‌های شبیه‌سازی صورت موضعی و با کمک باران‌ساز و یا پلات‌های ثابت با در نظر گرفتن عوامل هواشناسی و هیدرولوژیکی بر روی دامنه‌ها انجام گرفته است که بیانگر آستانه بارش برای شروع رواناب در بخش محدودی از حوزه آبخیز است. در حالی که تحقیق حاضر به بررسی آستانه بارش مؤثر بر رواناب با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری با تأکید بر ارتفاع بارش در یک حوضه کامل انجام شده است. اطلاع از آستانه بارش مؤثر در شروع رواناب در طرح‌های آبخیزداری، استفاده بهینه و مدیریت نزولات جوی و همچنین طراحی سطوح آبگیر باران جهت جذب بارش حائز اهمیت است.؛ لازم به ذکر است نتایج این تحقیق تا حد زیادی به جهت ورود سامانه‌های بارانزا و همچنین فاصله آن از خروجی حوضه بستگی دارد که پیشنهاد می‌شود این مورد در پژوهش‌های بعدی موردبررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود واجب دانسته تا از آب منطقه‌ای استان یزد تشکر نمایند.

تضاد منافع نویسندگان

«نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.»

دسترسی به داده‌ها

«داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.»

مشارکت نویسندگان

مهتاب علیمرادی: انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماری، نگارش نسخه اولیه مقاله

محمدرضا اختصاصی: مفهوم‌سازی، راهنمایی، کنترل نتایج، ویرایش و بازبینی مقاله

آرش ملکیان: راهنمایی، ویرایش و بازبینی مقاله، کنترل نتایج

فرشید جهانبخشی: مشاوره، بازبینی متن مقاله

منابع مورد استفاده

1.Abbasi A A, por hemat J. Factors Influencing the Runoff Generation Threshold in Small Basins. Journal of Rainwater Catchment Systems 2016; 4 (2) :33-38. (In Persian)

2.Afshani,A., (2000), Applied SPSS training in social and behavioral sciences, Yazd University, 4th edition, pp. 145-146. (In Persian)

3.Amanian,N , M.Geranian , A. Talebi and M. & Hadian, R. (2017), The Effect of Plan and Slope Profile on Runoff Initiation Threshold, Iran-Watershed Management Science & Engineering, Vol. 11, No. 39, Winter 2018. (In Persian)

4.Asgari, E., Esmali-Ouri, A., Mostafazadeh, R., & Ahmadzadeh, G. (2018). Spatial variations of runoff, sediment and runoff threshold of Gharehshiran watershed in Ardabil Province. Journal of the Earth and Space Physics, 44(3), 697-713. doi: 10.22059/jesphys.2018.253440.1006980. (In Persian)

5.Ebrahimi, N.,Eslami, A., & Sharifi, F. (2015). Runoff threshold estimation using rainfall simulator in field plots, watershed engineering and management, Volume 7, Issue 2 August 2015, Pages 211-222, https://doi.org/10.22092/ijwmse.2015.101263. (In Persian)

6.Farhangi, M., Khayyat Khoghi, M and Chavoshian, S.A., (2016), Determination of Rainfall-Runoff Threshold in Hydrological Modelling of Arid and Semi Arid Regions, Journal of Dam and Hydroelectric PowerPlant / Vol. 3 / No. 8. (In Persian)

7.Georgakakos, K. P., Carpenter, T. M., Cramer, J. A., Sperfslage, J. A., Sweeney, T. L., & Fread, D. L. (1993, July). A national system for threshold runoff estimation. In Engineering Hydrology (pp. 952-957). ASCE.

8.Gioia, A., Iacobellis, V., Manfreda, S., & Fiorentino, M. (2008). Runoff thresholds in derived flood frequency distributions. Hydrology and Earth System Sciences, 12(6), 1295-1307.

9.Henderson, A. 2000. II. 9. Ffg-Runoff threshold run off the mount of run off needed over an area toinitiate flooding is the threshold runoff, (www.nws.noaaa.gov/oh/nwrfs-man...ml)/ ffg run off.htm.

10.Huang, J., Wu, P., & Zhao, X. (2011). Experimental study on the nonlinear multi-parameter rainfall-runoff threshold model. Journal of Beijing Forestry University, 33(1), 84-89. (In Persain(

11.Kazemi. R. Parhamat. C and Sharifi. F, (2017), zoning of the runoff threshold using simulation in the seven-level watersheds of Kerman province, the third national conference on soil protection and watershed management with the focus on “monitoring and evaluation of resources and their management in watersheds, soil protection research institute and Abkhizdari, June 29 and 30, 2017.

12.Montesarchio, V., Ridolfi, E., Russo, F., & Napolitano, F. (2011). Rainfall threshold definition using an entropy decision approach and radar data. Natural Hazards and Earth System Sciences, 11(7), 2061-2074. (In Persian)

13.Phillips, J.D. 2006. Evolotionary geomorphology: thresholds and nonlinrarity in landform response to environmental change. Tobaco road team department of geolography. University of kentuchy Lexington. KY 40506-0027 USA, 84p.

14.Porhemmat,R , Porhemmat.J & Naseri.H.R., (2012), Evaluation of Threshold Run Off in Karstic Area: a Case Study in Delibajak Karstic Catchment of Sepidar, Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, Volume:6 Issue: 19, P,46. (In Persian)

15.Ross, C. A., Ali, G. A., Spence, C., & Courchesne, F. (2021). Evaluating the ubiquity of thresholds in rainfall-runoff response across contrasting environments. Water Resources Research, 57(1), e2020WR027498.

16.Saeediyan, H & Morady, H.R,. (2022). Determining the type of relationship between the erosion and runoff simultaneous threshold with soil physical properties, Volume 9, Issue 2 September 2021 Pages 43-64. (In Persain)

17.Saeediyan, H & Morady, H.R., (2022), Comparison of runoff and erosion simultaneous threshold in the soil of different land uses, watershed engineering and management, Volume 15, Issue 1 March 2023 Pages 68-79. (In Persain)

18.Salimi, E. T., Nohegar, A., Malekian, A., Hoseini, M., & Holisaz, A. (2017). Estimating time of concentration in large watersheds. Paddy and Water Environment, 15, 123-132. (In Persian)

19.Sharifi, F., Safarpour, Sh, Ayoubzadeh, S.A. & Vakilpour, J., (2004), An Investigation of Factors Affecting Runoff Generation In Arid and Semi-Arid Area Using Simulation and Rainfall Runoff Data, Journal: IRANIAN JOURNAL OF Naturl Resources, Volume:57, Issue:1 Page(s): 33-45. (In Persain(

20.Soleimani, F., Kavian, A., Solaimani, K.,Sharifi, F. & Shahedi, K. (2018),Effect of Application of Several Amendments on Threshold and Coefficient of Runoff in Various Conditions under

Rainfall Simulation, watershed engineering and management, Volume 10, Issue 2 June 2018 Pages 214-230. (In Persian)

21. Zainiwand, Hossein. (2013). Analysis of the effect of different amounts of daily rainfall on the amount of runoff in Qarasu watershed in Kermanshah province. Ecohydrology, 1(2), 143-152. SID. https://sid.ir/paper/254232/fa. (In Persian) .

نشریه علمی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 18, No. 65, Summer 2024
سال هجدهم- شماره ۶۵- تابستان ۱۴۰۳

Estimation of Effective Rainfall Threshold on the Start of Runoff in Arid Zone of Central Iran (Case Study: Sanij watershed-Yazd)

Mahtab Alimoradi[1], Mohammad Reza Ekhtesasi[2]*, Arash Malekian[3] and Farshid Jahanbakhshi[4]
Received: 16-05-2023 Accepted: 21-09-2023

Abstract

Introduction

One of the most important features of any watershed is the threshold of the start of runoff, which can reflect the different characteristics of the watershed and is an important factor in identifying and determining the flood status of the watershed. Accurate estimation of the amount and duration of runoff due to rain events, followed by the starting point of the flood, is one of the main points of interest in hydrological studies of watersheds. The runoff threshold is the amount of effective precipitation that is required during a certain period of time at the level of a certain watershed to start a flood at the outlet of the drainage channel of that level. The purpose of this research is to determine the minimum rainfall, or in other words, the effective rainfall on the start of runoff, in the Sanij watershed in the province of Yazd. By determining the height of the minimum rainfall for the start of runoff in the mentioned basin or other basins, one of the main and effective components in studies related to flooding and flood risk zoning is provided.

Materials and methods

The study area in the current research is the Sanij watershed, 30 km from Yazd city in Taft city, Yazd province, with an area of 153.173 square kilometers and geographic coordinates 31°32°48 to 31°18°42 north latitude and 36°54° north latitude. 53 to ″54 ′03 ° to east longitude. Its annual rainfall is 220 mm, the average annual temperature is 11.2 degrees Celsius and the average relative humidity of the basin is 42%, the maximum height of the basin is 4036 meters and the lowest point is 2020 meters high. The concentration time of the area (Tc) according to the Bransby-Williams method is 5.18 hours. The stations targeted in this research are the Faizabad hydrometric station at the outlet of the Sanij watershed to provide flood discharge data, the Bidakhoud rain gauge station for hourly rainfall data and the Faizabad climatology station to provide 24-hour rainfall data. daily) whose data was available for the period from 1370 to 1400. To achieve the goal of the research, the relationships between maximum 24-hour rainfall and runoff threshold were

1.Ph.D. cand idate of Watershed Science and Engineering / Rangeland and Watershed Department / Faculty of Natural Resources and Desert Studies / Yazd University
2. * Professor/ Rangeland and Watershed Management Department/ Faculty of Natural Resources and Desert Studies / Yazd University mr_ekhtesasi@yazd.ac.ir
3. Professor/ Department of Reclamation of Arid and Mountainous Areas/ Faculty of Agriculture and Natural Resources/ Faculty of Natural Resources/ University of Tehran
4. Researcher/Pasture and Watershed Management Department/Faculty of Natural Resources and Desert Studies /Yazd University

investigated. Also, the compatibility of the corresponding hydrographs and hyetographs was studied in order to estimate the minimum rainfall for the start of runoff, and the intensity of rainfall was checked in the time base of 1 hour. Then EXCEL software was used to analyze statistics and information.

Results and discussion

The results of investigating the relationship between the runoff threshold and the maximum 24-hour rainfall, whose data was a combination of 24-hour rainfall and torrential rainfall, showed that their function is y=0.9131x+ 14.01 and the minimum amount of precipitation with 82% of R2 is equal to 14.01 mm. It also showed the results in the adaptation section of water patterns and corresponding rain charts; The average height of precipitation for the start of runoff is 18.9 mm. Finally, the average value for the minimum precipitation height in both study methods was 16.45 mm. Also, the intensity of precipitation in the time base of 1 hour was estimated as 13 mm; Therefore, if the intensity of precipitation is more than 16 mm in the time bases above 1 hour, it is expected that runoff will be produced at the outlet of the basin.

Conclusion

The aim of the present research is to determine the threshold of effective precipitation that leads to the flow and start of runoff in a complete basin in the arid regions of central Iran..By knowing the threshold of the start of runoff in watersheds, one of the main components in hydrometric studies and optimal flood management is provided. The results showed that if the duration of rainfall in the basin is more than one hour and its amount is more than 16 mm, the runoff will flow at the outlet of the basin. It is also important to know the threshold of effective precipitation in the beginning of runoff in watershed plans, optimal use and management of precipitation, as well as the design of rain catchment surfaces to absorb precipitation. It should be noted that the results of this research depend to a large extent on the direction of the entry of rain-producing systems as well as its distance from the outlet of the basin, which is suggested to be investigated in future researches.

keywords: *Hydrograph, Threshold, Hyetograph, 24-hour rainfall, Runoff.*

Acknowledgement

The authors of the article would like to thank the regional water of Yazd province.

Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Data Availability Statement:

The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Authors' Contribution

Mahtab Alimoradi: Statistical analyses, Writing the first version of the manuscript

Mohammad Reza Ekhtesasi: Conceptualization, Supervision, Control result, Editing and revising the manuscript

Arash Malekian: Supervision, Editing and revising the manuscript, Control result

Farshid Jahanbakhshi: Supervision, Revision of the manuscript text