

برآورد دبی سیلابی زیرحوضه‌های دره‌رود در استان اردبیل با استفاده از خصوصیات فیزیوگرافی حوضه

یاسر حسینی*

دانشیار دانشگاه محقق اردبیلی - دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی مغان، ایران

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۱۵

وصول مقاله ۱۳۹۹/۰۶/۰۷

چکیده

در تحقیقات منابع آب، تعیین دبی سیلاب حوضه‌های مختلف اهمیت بسیار زیادی دارد. بنابراین، این مطالعه با هدف تعیین حداکثر سیلاب با دوره‌ی بازگشت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال با استفاده از مدل رگرسیونی و خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌های حوضه‌ی دره‌رود با مساحت ۱۲۹۰۰ کیلومتر مربع در استان اردبیل، انجام شده است. در این پژوهش، داده‌های دبی ۱۶ ایستگاه هیدرومتری جمع‌آوری و تکمیل گردید و سیلاب با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS و WMS مشخصات فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها، شامل مساحت، شیب، ضریب شکل و ارتفاع متوسط، زمان تمرکز و شماره‌ی منحنی زیرحوضه‌ها استخراج گردید و مدل رگرسیونی سیلاب‌ها محاسبه گردید. نتایج کالیبراسیون مدل نشان داد که میزان حداکثر دبی سیلاب برآورد شده توسط مدل رگرسیونی برای دوره‌ی بازگشت‌های مختلف به خوبی با سیلاب مشاهده شده مطابقت دارد. به طوری که میزان ضریب تبیین در دوره‌ی بازگشت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال به ترتیب برابر ۹۷، ۹۶/۶، ۹۵/۸ و ۹۴/۷ درصد برآورد گردید. نتایج نشان داد مدل رگرسیون خطی با دقت بسیار خوبی قادر به پیش‌بینی میزان سیلاب زیرحوضه‌های دره‌رود با استفاده از پارامترهای فیزیوگرافی حوضه می‌باشد و با افزایش دوره‌ی بازگشت به میزان جزئی از دقت مدل کاسته می‌شود. همچنین نمودارهای پراکندگی نشان داد که کلیه‌ی مدل‌ها بسیار جزئی از حالت کم‌برآورد برخوردار بودند و پراکندگی نقاط حول محور یک به یک برای تمام دوره‌ی بازگشت‌ها، بسیار مناسب بود. بر اساس آزمون تی-استیودنت، تفاوت بین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در سطح اطمینان یک درصد معنی‌دار نگردید.

کلمات کلیدی: رگرسیون، تخمین، زیرحوضه، GIS، WMS، دوره‌ی بازگشت، دره‌رود، استان اردبیل

۱- مقدمه

سیل از جمله مخاطرات طبیعی است که فراوانی وقوع آن در سال‌های اخیر روند افزایشی داشته و خسارت‌های ناشی از آن همه ساله بخشی از کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در ۵۰ سال اخیر حدود ۳۷۰۰ واقعه سیل در کشور گزارش شده است که حدود ۵۳ درصد آن در سال‌های اخیر روی داده است. بررسی عوامل زیست‌محیطی نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه‌ی طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در مناطق گوناگون از عرصه‌های آبریز، کاربری غیراصولی اراضی، توسعه‌ی سطوح غیرقابل نفوذ و امثال آن پتانسیل سیل‌خیزی را افزایش داده است (شعبانی بازنشین و همکاران، ۱۳۹۵: ۲۲). امروزه استفاده از مدل در شبیه‌سازی بارش-رواناب برای دسترسی به خصوصیات سیلاب متداول شده است. در این ارتباط ارزیابی این مدل‌ها و روش‌های مختلف برآورد سیلاب، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر گشته است. ثقفیان و همکاران^۱ (۱۳: ۲۰۱۶) در یک مدل جدید ریاضی بارش-رواناب ورودی-جریان را با استفاده از مدل‌های ترکیبی بارش-رواناب مادکلارک و نفوذ SCS ارائه نمودند. نتایج نشان داد که در همه‌ی مواردی که جریان ورودی مؤثر بوده، حجم رواناب سطحی و دبی پیک پایین‌تر بوده‌اند، به ویژه در مناطق با شماره منحنی کم تفاوت‌های اساسی بین هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده با و بدون جریان ورودی، وجود داشته است. حسینی و همکاران^۲ (۳۴: ۲۰۱۷) در تحقیقی روش‌های TR-20، TR55 و HEC-1 موجود در مدل WMS را برای تعیین حداکثر سیلاب در حوضه‌ای واقع در استان خوزستان، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد استفاده از روش TR55 در مدل WMS بیشترین تطابق را با مقادیر تجربی دارد. مطالعات دیل و اسنیریواسان^۳ (۲۰۱۴: ۱۲۳۰) و حجازی و مزبانی^۴ (۸۰: ۱۳۹۴) نشان داد که سطح حوضه و میزان بارش می‌توانند به عنوان مهم‌ترین عامل در میزان دبی رواناب باشند. مطالعات غفاری و همکاران (۱۶۲: ۱۳۹۵) نشان داده است که استفاده از یک الگوی توزیع بارش واحد به تنهایی نمی‌تواند نتایج قابل قبولی از شبیه‌سازی دبی حداکثر لحظه‌ای و هیدروگراف را سبب شود و ویژگی‌های مربوط به بارش را نیز می‌بایست در نظر گرفت. شیروی و همکاران (۳۰۵: ۱۳۹۴)، در پژوهشی در حوضه‌ی آبریز گاش در شمال استان خراسان رضوی، با استفاده از مدل HEC- HMS تأثیر احداث سازه‌های اصلاحی بر زمان تمرکز و کاهش دبی اوج سیل را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که با احداث سازه‌های پیش‌بینی شده بین ۷۵ تا ۹۷ درصد دبی اوج و ۷۳ تا ۹۸ درصد حجم سیل کاهش می‌یابد. در تحقیقی که توسط جنا و نات^۴ (۵: ۲۰۲۰) انجام شد و حداکثر دبی سیلاب با استفاده از روابط تجربی مبتنی بر مساحت حوضه بر روی رودخانه ماهانادی در کشور هندوستان انجام دادند، نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن مساحت حوضه بالادست بر روی رودخانه می‌توان با دقت قابل قبولی سیلاب را پیش‌بینی نمود. رسول‌زاده و همکاران (۲۶۴: ۱۳۹۴)، در پژوهشی در نواحی مرکزی

1- Saghafian et al.
 2- Hoseini et al.

3- Dile & Srinivasan
 4- Jena & Nath

استان اردبیل برای انتخاب بهترین مدل تحلیل منطقه‌ای سیلاب در اقلیم نیمه خشک، چهار مدل مساحت، مساحت - شیب، مساحت - شیب - آبراهه و مدل فولر را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که مدل مساحت، شیب، طول آبراهه‌ها برای دوره بازگشت کمتر از ۵۰ سال دقت قابل قبولی را دارد. اعظم و همکاران^۱ (۱۴:۲۰۱۷) جهت پیش‌بینی سیلاب آبی و سیستم هشدار خطر سیلاب در حوضه‌آبریز موشیم‌آدر کره‌ی جنوبی از مدل هیدرولوژیکی بارش-رواناب HEC- HMS استفاده کردند. نتایج نشان داد که می‌توان با دسترسی به اطلاعات پیش‌بینی آب و هوا با دقت بالا و فاصله‌ی زمانی بیش‌تر امکان دسترسی به سیستم هشدار سیلاب با دقت بهتر فراهم شود. بدری و همکاران (۱۴۸:۱۳۹۵)، با انجام پژوهشی در حوضه‌ی آبریز بهشت‌آباد در استان چهارمحال و بختیاری با کاربرد مدل HEC- HMS به اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز بهشت‌آباد از نظر پتانسیل سیل‌خیزی پرداختند. نتایج روندیابی سیل در آبراهه‌ها نشان داد که میزان مشارکت زیرحوضه‌ها در سیل خروجی متناسب با دبی اوج زیرحوضه‌ها نمی‌باشد. در تحقیقی که توسط ملینسکی و همکاران^۳ (۶۱۰:۲۰۱۹) بر روی رودخانه ویستولا^۴ در کشور لهستان انجام داد، حداکثر آورد سالیانه‌ی رودخانه بوسیله‌ی پارامترهای فیزیوگرافی حوضه بالادست رودخانه برای ۴۱ ایستگاه بررسی گردید. نتایج نشان داد که مهم‌ترین پارامترهای فیزیوگرافی حوضه موثر بر سیل، شامل مساحت زیر حوضه، اختلاف ارتفاع، شبکه‌ی آبراهه‌ای حوضه بودند. رحمان و همکاران^۵ (۷:۲۰۱۵) با انجام پژوهشی در سرشاخه‌های وادی الیث^۶ در شرق عربستان به بررسی تأثیر روندیابی بر مقدار تلفات رواناب سطحی پرداختند. بررسی تأثیر روندیابی نشان داد که بیش‌ترین تلفات بارش کل، مربوط به تلفات روندیابی بوده و مقادیر این تلفات با افزایش مساحت حوضه و کاهش شیب افزایش می‌یابد. با توجه به موارد ذکر شده، جهت برنامه‌ریزی کنترل سیلاب و استفاده‌ی بهینه از منابع آبی، در حله نخست می‌بایست میزان سیل‌خیزی منطقه مشخص شده و تأثیر اقدامات انسانی بر حجم سیلاب مشخص شود (بروور و ون^۷، ۱۹:۲۰۰۴)، تا بدین‌وسیله بتوان برنامه‌های جامع و مشخصی برای کنترل و استفاده از سیلاب تعیین نمود.

۲- مواد و روش

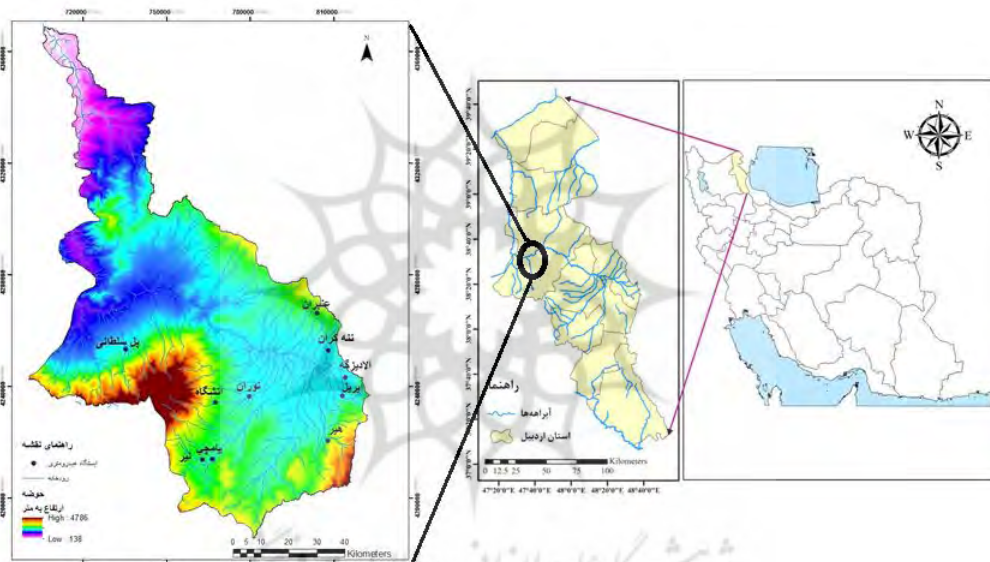
۲-۱- منطقه‌ی مورد مطالعه

این تحقیق در استان اردبیل حوضه‌ی آبریز دره‌رود بین عرض شمالی ۳۷°۴۵' تا ۳۹°۴۲' و طول شرقی ۴۷°۳۰' تا ۴۸°۵۵' در شمال غرب ایران انجام شده است. استان اردبیل دارای حوضه‌های آبریز دره‌رود، بال‌هارود، قزل‌اوزن

1- Azam et al.
2- Mushim
3 - Mlinsky et al.
4- Vistula

5- Rahman et al.
6- Allith
7- Brouwer et al.

و ارس می‌باشد. بزرگ‌ترین حوضه‌ی استان، دره‌رود می‌باشد. حوضه‌ی آبریز دره‌رود با مساحتی بالغ بر ۱۲۹۰۰۰۰ هکتار، دارای ۷۶ رودخانه‌ی دائمی و فصلی به طول ۲۰۶۷ کیلومتر است که در آن جریان دارند. مهم‌ترین رودهای این حوضه عبارتند از: ارس، دره‌رود، بالخلی‌چای، قوری‌چای و قره‌سو. در شکل ۱ موقعیت حوضه و ایستگاه‌های دبی‌سنجی در محدوده‌ی حوضه‌ی مطالعاتی نشان داده شده است.



شکل (۱): حوضه‌ی دره‌رود و ایستگاه‌های آب‌سنجی محدوده‌ی حوضه
 Fig (1): Darrehrood basin and hydrometric stations of the basin srea

۲-۲- مدل WMS

نرم‌افزار WMS یک نرم‌افزار جامع جهت انجام آنالیزهای هیدرولوژیکی است. این نرم‌افزار توسط دانشگاه بریگام یانگ^۱ و با مشارکت مهندسين ارتش آمریکا توسعه داده شده است. نرم‌افزار WMS با استفاده از نقشه‌های رقمی محاسبات مربوط به فیزیوگرافی حوضه را انجام می‌دهد. در این نرم‌افزار کلیه‌ی محاسبات و خصوصیات فیزیوگرافی یک حوضه با معرفی نقطه‌ی خروجی حوضه و دادن نقشه‌های مربوطه به نرم‌افزار به‌آسانی قابل انجام می‌باشد. نرم‌افزار WMS در تمام آنالیزهای بعدی از مشخصات فیزیوگرافی حوضه برحسب نیاز به‌صورت خودکار استفاده می‌نماید و بنابراین همانند دیگر نرم‌افزارها نیازی به معرفی خصوصیات فیزیوگرافی حوضه ندارد (راهنمای مدل WMS، ۲۰۰۶: ۳۶)

1- Brigham young

۲-۳- مطالعات فیزیوگرافی

فیزیوگرافی یا به عبارتی ریخت‌شناسی حوضه‌ی آبریز از مباحث پایه‌ی هیدرولوژی بوده و پارامترهای مهمی از قبیل مساحت، شیب و زمان تمرکز حوضه به همراه شیب طولی رودخانه‌ی اصلی از نتایج این بخش خواهد بود. جهت انجام مطالعات فیزیوگرافی از نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ حوضه و همچنین نرم‌افزار WMS برای ۱۶ ایستگاه محدوده‌ی حوضه‌ی دره‌رود، استفاده شد. و در جدول ۱ خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌های مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه‌ی دره‌رود ارائه شده است.

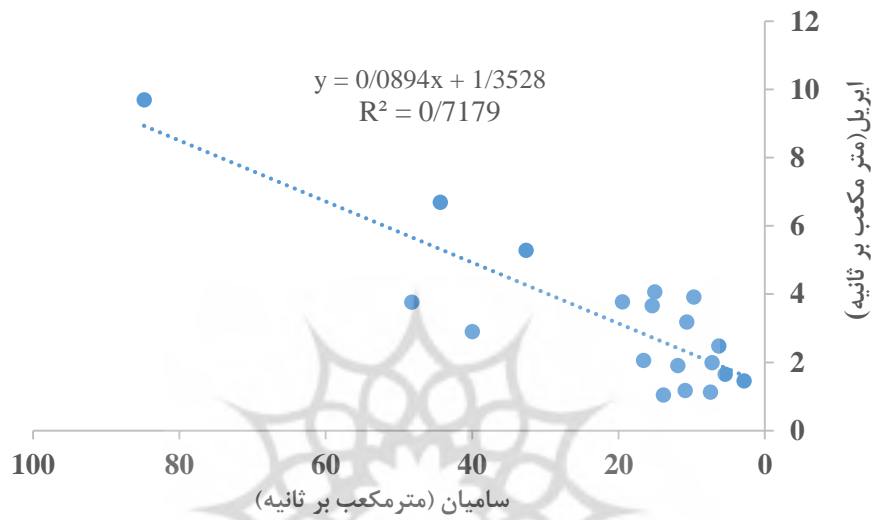
جدول (۱): خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌های دره‌رود

Table (1): Physiographic characteristics of the Sub-basins of Darrehrood

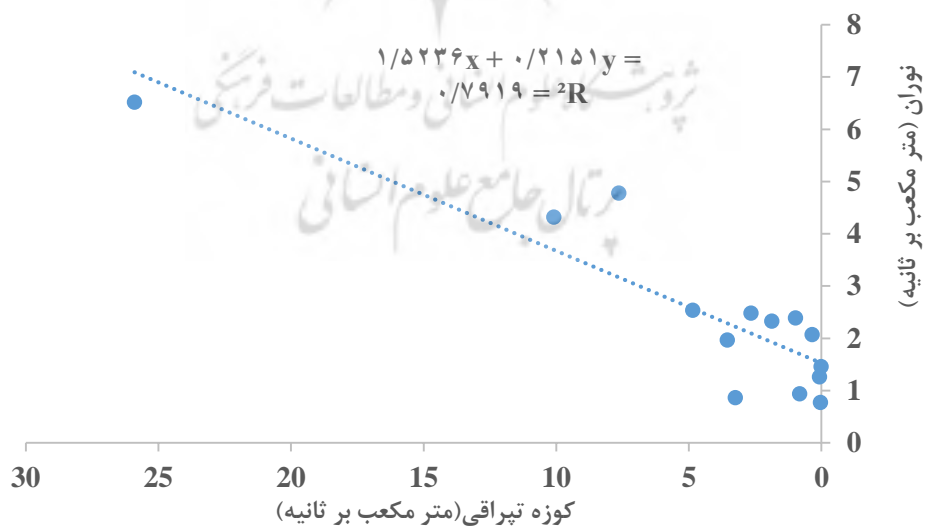
ردیف	نام ایستگاه	مساحت (km ²)	ضریب شکل	ارتفاع متوسط (m)	زمان تمرکز (hr)	شیب آبراهه اصلی (%)	شماره منحنی
۱	ارباب‌کندی	۴۷۴۲/۸۳۴	۰/۷۲۵	۱۷۳۵	۲۲/۷۰۴	۰/۶۲۷	۷۴/۱۷۹
۲	بوران	۱۲۲۰۶/۷۴۴	۰/۳۸۴	۱۴۹۸	۳۵/۳۳۷	۰/۳۸۵	۷۴/۰۰۶
۳	دوست‌بیگلو	۷۴۶۱/۱۸۱	۰/۵۷	۱۶۸۵	۲۴/۹۳۵	۰/۴۷۳	۷۳/۷۷۹
۴	سامیان	۴۰۶۶	۰/۸۹۷	۱۷۸۷	۳۱/۱۱۴	۰/۹۸۴	۷۳/۹۰۹
۵	کوزه تپراقی	۸۰۴/۴۰۲	۰/۴۶	۱۷۴۹	۱۱/۳۳۰	۱/۰۳۱	۷۳/۱۴۴
۶	مشیران	۹۶۰۰/۰۲۴	۰/۶۲۶	۱۶۷۶	۲۷/۷۱۶	۰/۳۹۳	۷۳/۸۷۵
۷	ایریل	۸۲/۳۱۹	۰/۵۷۹	۱۵۵۸	۶/۰۸۴	۲/۰۸۹	۷۰/۳۴۲
۸	آتشگاه	۲۴/۹۷۵	۰/۲۹۵	۲۴۱۶	۶/۲۸۴	۷/۲۱۲	۷۵/۵۲۹
۹	آلادیزگه	۲۵/۸۸۸	۰/۳۵۳	۱۴۱۲	۴/۶۶۸	۲/۳۷	۷۳/۱۱۴
۱۰	پل سلطانی	۱۴۰/۰۲۹	۰/۲۶۷	۲۶۳۴	۱۵/۸	۶/۵۴۲	۷۷/۱۹۲
۱۱	عنبران	۳۸/۱۱۲	۰/۳۶۹	۱۸۹۸	۱/۳۹	۵/۳۱۴	۷۱/۳۰۶
۱۲	ننه‌کران	۷/۳۷۳	۰/۲۰۶	۱۴۰۲	۱/۵۸۸	۱/۷۱۷	۶۵/۲۶۱
۱۳	نیر	۱۶۳/۹۳۳	۰/۲۰۱	۲۴۷۹	۳/۴۵	۵/۸۳۳	۷۴/۱۸۸
۱۴	نوران	۱۳۱/۸۵۸	۰/۲۳۷	۱۹۳۵	۲/۸۷	۵/۰۷۱	۷۶/۵۴۴
۱۵	هیبر	۱۳۱/۲۶۲	۰/۴۲۹	۲۲۲۷	۲/۶۹	۴/۶۴۱	۶۸/۸۲۸
۱۶	یامچی	۵۶۳/۸۷۶	۰/۵۸۸	۲۱۱۷	۳/۹۷۲	۵/۱۱۳	۷۳/۰۰۰

۲-۴- بازسازی داده‌های سیلاب ۲۴ ساعته

تمام مطالعات هیدرولوژیکی بر اساس آمار مورد قبول پایه‌گذاری شده است و در صورتی که این اطلاعات ناقص باشد، نمی‌توان آنالیز آماری صحیحی انجام داد بنابراین لازم است این نواقص آماری برطرف گردد. همچنین در اشکال ۲ و ۳ معادله‌ی رگرسیونی بین ایستگاه‌های سامیان - ایریل و نوران - کوزه تپراقی نشان داده شده است. در جدول ۲ نیز شاخصه‌های آماری ایستگاه‌های مورد مطالعه پس از تکمیل داده‌ها، نشان داده است.



شکل (۲): رابطه‌ی همبستگی حداکثر سیلاب ایستگاه‌های سامیان و ایریل
Figure (4): Correlation of maximum flood between Samian and Ariel stations



شکل (۳): رابطه‌ی همبستگی حداکثر سیلاب ایستگاه‌های نوران و کوزه تپراقی
Figure (5): Correlation of maximum flood between Koozeh Nooran and Tapraghi stations

جدول(۲): آماره‌های سیلاب ایستگاه‌های حوضه دره‌رود در دوره‌ی آماری (مترمکعب بر ثانیه)

Table (2): Flood statistics of Darrehroud basin stations in the period (cubic meters per second)

نام ایستگاه	یامچی	هیبر	نیبر	ننه کران	کوزه تپراقی	عنبران	سامیان	دوست بیگلو
متوسط	۱۷/۱۰	۲/۱۵	۳/۶۷	۱/۱۴	۷/۶۴	۱۲/۵۴	۲۵/۶۷	۳۰/۷۱
حداقل	۴/۹۵	۰/۱۹	۱/۲۴	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۴	۲/۸۵	۲/۸۳
حداکثر	۷۵/۴۹	۱۹/۴۴	۱۰/۱۲	۲/۳۴	۲۵/۹۰	۷۴/۲۷	۸۴/۸۲	۱۰۸/۵۵
انحراف معیار	۱۵/۱۵	۳/۴۶	۲/۰۲	۰/۴۸	۷/۲۶	۱۸/۲۱	۲۱/۷۸	۲۵/۶۱
نام ایستگاه	پل سلطانی	ایریل	آلادیزگه	ارباب کندی	آتشگاه	نوران	مشیران	بران
متوسط	۶/۴۷	۳/۹۸	۴/۲	۲۹/۶	۱/۷۷	۳/۳۸	۶۴/۸۵	۷۴/۱
حداقل	۰/۹۹	۱/۰۴	۰/۶۵	۲/۵	۰/۲۲	۰/۷۷	۱۰/۹	۱۴/۷
حداکثر	۲۷/۶۲	۹/۷	۹/۶۶	۹۵/۳	۴/۷۹	۶/۵۲	۲۳۲	۲۵۰/۵
انحراف معیار	۶/۱۰	۲/۴	۲/۲۸	۲۱/۶	۱/۰۷	۱/۶۳	۴۶/۹	۴۶/۳

۲-۵- انتخاب تابع توزیع آماری مناسب

در این مطالعه از چندین تابع توزیع آماری مختلف از جمله تعمیم‌یافته - پارتو (G.P)، تابع‌نمایی^۲، گامبل^۳، ویبول^۴، نرمال^۵، لوگ نرمال^۶، لوگ نرمال^۳ پارامتری^۷، تابع توزیع مقدار حدی تعمیم‌یافته (G.EV)^۸، گامای تعمیم‌یافته^۹، گامای تعمیم‌یافته^۴ پارامتری^{۱۰}، گاما^{۱۱}، و لوگ پیرسون تیپ ۳ استفاده گردید برای برآورد ضرایب این توابع توزیع از نرم‌افزار Easy Fit و از روش بیشینه درست‌نمایی (MLE) استفاده گردید. پس از تحلیل فراوانی سیلاب، توابع توزیع آماری ایستگاه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۶- آزمون نکویی برازش

آزمون‌های انتخاب بهترین برازش جهت بررسی نزدیکی نتایج سیلاب اندازه‌گیری شده با یک توزیع تئوری موردنظر به کار می‌رود. در این مطالعه از آزمون برازش کلموگراف-اسمیرونوف^{۱۲} استفاده شد. آماره این آزمون شامل بیش‌ترین اختلاف بین فراوانی مورد انتظار و واقعی در دسته‌های مختلف می‌باشد که از رابطه‌ی 1 محاسبه می‌شود.

1- Gen. Pareto
2- Exponential
3- Gumbel
4- Weibull
5- Normal
6- Log Normal

7- Log Normal (3P)
8- Gen. Extreme Value
9- Gen. Gamma
10- Gen. Gamma (4P)
11- Gamma
12- Kolmogorov-Smirnov

$$D \cong \text{Max} \left| O_{(x)}^0 E_{i(x)} \right| \quad (1)$$

D : عبارتند از اختلاف بین مقادیر توزیع تجمعی داده‌های اندازه‌گیری شده و توزیع موردنظر

$O_{(x)}$: تابع توزیع تجمعی متغیرها

$E_{i(x)}$: تابع احتمال تجمعی توزیع تجمعی موردنظر.

فرض مخالف مناسب نبودن توزیع موردنظر است و فرض صفر در این آزمون این است که میان توزیع تئوری به دست آمده و تجربی اندازه‌گیری شده، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. با انتخاب فرض صفر و سطح اعتماد مورد نظر (α) ، برای مشاهدات، مقادیر برآورد شده از توزیع‌های تئوری و تجربی را محاسبه کرده و سپس قدر مطلق حداکثر تفاوت (D_{\max}) را با مقادیر بحرانی (D) مقایسه می‌کنیم، اگر (D_{\max}) کوچک‌تر از (D) باشد، فرض صفر صحیح بوده و بین داده‌ها و توزیع تئوری داده‌ها، تفاوت معنی‌داری وجود نخواهد داشت.

۷-۲- مطالعات دوره‌ی بازگشت سیلاب

برای محاسبه‌ی دوره‌ی بازگشت‌های مختلف ایستگاه‌های محدوده طرح پس از انتخاب بهترین توزیع آماری، از برنامه CUMfreq استفاده شد و میزان سیلاب احتمالی با دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید بدین صورت که پس از بررسی انواع توزیع‌های آماری و انتخاب مناسب‌ترین توزیع، سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید.

۸-۲- معیارهای ارزیابی مدل

برای ارزیابی مدل از آماره‌های خطای بیشینه (ME^1) ، ریشه‌ی میانگین مربعات خطا $(RMSE^2)$ ، درصد خطای نسبی (ε^3) ، میانگین خطای مطلق (MAE^4) ، ضریب تبیین $(R^2)^5$ ، ضریب باقیمانده جرم (CRM^6) و کارایی مدل (EF^7) استفاده شد. بهترین پیش‌بینی‌ها زمانی رخ می‌دهد که آماره‌های ME ، $RMSE$ ، CRM ، ε و MAE به صفر و EF و R^2 به یک میل نمایند. روابط ۱۰ الی ۱۵ معادلات آماره‌های مذکور را نشان می‌دهند. بهترین پیش‌بینی‌ها زمانی رخ می‌دهد که MAE ، CRM ، ε ، $RMSE$ به صفر میل کند، همچنین EF و R^2 به یک میل نمایند. روابط (۲) الی (۷) معادلات مذکور را نشان می‌دهند.

1- Maximum error
2- Root mean square error
3- Relative percentage error
4- Mean Absolute Error

5- Goodness of Fit
6- Efficient of Residual Mass
7- Model Efficiency

$$RMSE \cong \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_i - P_i)^2} \quad (2)$$

$$\eta \cong \frac{100\%}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{Q_i - P_i}{Q_i} \right| \quad (3)$$

$$MAE \cong \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Q_i - P_i| \quad (4)$$

$$R^2 \cong \frac{\left[\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})(Q_i - \bar{Q}) \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2 \right]} \quad (5)$$

$$EF \cong \frac{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2 - \frac{\left[\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})(Q_i - \bar{Q}) \right]^2}{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2}}{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2} \quad (6)$$

$$CRM \cong \frac{\sum_{i=1}^N Q_i - \frac{\sum_{i=1}^N P_i \sum_{i=1}^N Q_i}{\sum_{i=1}^N Q_i}}{\sum_{i=1}^N Q_i} \quad (7)$$

در روابط فوق، N: تعداد نمونه، P_i: مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل، Q_i: مقادیر واقعی، \bar{P} : میانگین مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل، \bar{Q} : میانگین مقادیر واقعی می‌باشد.

۳- یافته‌ها و بحث

با توجه به آزمون کلموگراف-اسمیرنوف ایستگاه‌های حوضه دره‌رود، بهترین توزیع آماری سیلاب ایستگاه‌ها مشخص شده و در جدول ۳ نشان داده شده است. همچنین در جدول ۴، دوره‌ی بازگشت‌های سیلاب بر اساس بهترین توزیع آماری به‌دست آمده از جدول ۳، نشان داده شده است. در جدول ۵ نتایج مدل رگرسیونی برآورد سیلاب زیر حوضه‌های دره‌رود برای دوره‌های بازگشت مختلف نشان داده شده است. همچنین شاخص‌های آماری عملکرد مدل‌ها در جدول ۶ بیان شده است. نتایج نشان داد که شاخص مساحت و ضریب شکل حوضه بیشترین تأثیر را در میزان سیل زیرحوضه‌ها دارند که با نتایج کتول (۵۹:۲۰۰۳) همخوانی دارد. وجود رابطه‌ی خطی بین پارامترهای تأثیرگذار بر سیل و میزان سیل خیزی حوضه با تحقیقات قائمی و همکاران (۱۵:۱۳۷۵) مطابقت دارد. در تحقیق ایشان نیز پارامترهای مهم تأثیرگذار بر سیل با میزان سیل زیرحوضه‌ها، به صورت

خطی ارتباط داشته و رگرسیون خطی دارای بهترین برازش با داده‌های سیل بود. نتایج نشان داد که برای زیر حوضه‌های کوچک حوضه دره‌رود توزیع واکبی^۱ می‌تواند به عنوان توزیع منتخب در نظر گرفته شود. لیکن در زیرحوضه‌های بزرگ حوضه دره‌رود از جمله بران و مشیران توزیع ویبول^۲ دارای بهترین برازش می‌باشد. البته نتایج توزیع آماری حداکثر سیلاب ۲۴ ساعته منطقه نشان می‌دهد، به علت تفاوت قابل ملاحظه پارامترهای فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها از جمله مساحت و شیب رودخانه‌ی اصلی و شماره منحنی متفاوت زیرحوضه‌ها، از توزیع‌های آماری متنوعی برخوردار می‌باشند. لیکن همانطور که در جدول (۳) مشخص است، توزیع‌های واکبی و ویبول از تکرار بیشتری در میان زیرحوضه‌ها برخوردار می‌باشند.

جدول (۳): نتایج بهترین توزیع آماری حداکثر سیلاب ۲۴ ساعته ایستگاه‌های حوضه دره‌رود

Table (2): Results of the Best statistical Sistribution of Maximum 24-Hour Flood in Darrehroud Basin Stations

نام ایستگاه	یامچی	هیبر	نیبر	ننه کران	کوزه تپراقی	عنبران	سامیان	دوست بیگلو
بهترین توزیع	Log-gama	Dagum	Gama	Wakeby	Dagum	Lognormal	Gen.gamma4P	Wakeby
نام ایستگاه	پل سلطانی	ایریل	آلادیزگه	ارباب کندی	آتشگاه	نوران	مشیران	بران
بهترین توزیع	Gen.pareto	Wakeby	Wakeby	Generalized Gumbel	Logpearson type3	Wakeby	Weibull	Weibull

جدول (۴): سیلاب با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف در ایستگاه‌های حوضه دره‌رود (مترمکعب بر ثانیه)

Table (3): Flood with different return periods in Darhroud basin stations (cubic meters per second)

دوره‌ی بازگشت	یامچی	هیبر	نیبر	ننه کران	کوزه تپراقی	عنبران	سامیان	دوست بیگلو
۱۰	۳۲/۲	۵/۲	۳/۸۸	۶/۳۳	۵/۲۸	۹/۷	۶۶	۷۴/۶
۲۵	۴۷/۹	۸/۵	۵/۰۱	۱۰	۸/۵۴	۱۵/۶۳	۸۷	۱۰۵/۱
۵۰	۶۲/۷	۱۲/۱	۵/۸۳	۱۴/۱۴	۱۲/۱۶	۲۱/۱۹	۱۰۰/۵	۱۲۸/۴
۱۰۰	۸۰/۷	۱۷/۲	۶/۶۳	۲۰	۱۷/۲۶	۲۷/۸۳	۱۱۲/۷	۱۵۱/۹
دوره‌ی بازگشت	پل سلطانی	ایریل	آلادیزگه	ارباب کندی	آتشگاه	نوران	مشیران	بران
۱۰	۱۷/۰۳	۷/۲۷	۷/۸۴	۴۲/۹۹	۳/۰۸	۶/۳۲	۱۱۲	۱۲۲
۲۵	۲۱/۵	۹/۰۶	۱۰/۵۹	۵۷/۲۶	۴/۹۴	۱۰	۱۴۱	۱۵۰
۵۰	۲۴/۴	۱۱/۰۴	۱۲/۶۶	۶۶/۶۷	۷/۰۳	۱۴/۱۴	۱۶۱	۱۶۸
۱۰۰	۲۷/۱	۱۳/۰۱	۱۴/۷۴	۷۷/۷۹	۹/۹۷	۲۰	۱۸۰	۱۸۶

* توضیح اینکه، دوره‌های بازگشت براساس توزیع آماری منتخب در اساس جدول ۳ می‌باشد.

جدول (۵): مدل‌های پیش‌بینی سیلاب در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف

Table (4): Flood prediction models in different return periods

مدل خطی	ضریب همبستگی (درصد)	دوره‌ی بازگشت (سال)
$T_{10} = 65.3 + 0.00933 A + 30.8 FF - 0.0165 Elev + 0.654 Tc + 5.81 S - 0.89 CN$	۹۷	۱۰
$T_{25} = 67 + 0.0121 A + 49.5 FF - 0.0179 Elev + 0.563 Tc + 6.82 S - 0.98 CN$	۹۶/۶	۲۵
$T_{50} = 64 + 0.0142 A + 66.1 FF - 0.0177 Elev + 0.29 Tc + 7.32 S - 0.97 CN$	۹۵/۸	۵۰
$T_{100} = 63 + 0.0166 A + 83.6 FF - 0.0173 Elev - 0.11 Tc + 7.85 S - 0.99 CN$	۹۴/۷	۱۰۰

A = سطح حوضه (کیلومتر مربع)، FF = ضریب شکل حوضه، Elev = ارتفاع متوسط حوضه (متر)، Tc = زمان تمرکز حوضه (ساعت)، S = شیب حوضه (درصد)، CN = شماره‌ی منحنی حوضه

جدول (۶): شاخص‌های عملکردی مدل‌ها

Table (5): Performance indicators of models

R ²	ε	MAE (%)	RMSE (%)	CRM	EF	دوره بازگشت (سال)
۰/۹۷	۵۷/۸۱	۰/۵۸	۸/۹۶	۰/۰۴	۰/۹۵	۱۰
۰/۹۶	۴۴/۴۷	۰/۴۴	۱۹/۸۹	۰/۳۸	۰/۸۴	۲۵
۰/۹۵	۴۷/۰۱	۰/۴۷	۳۰/۰۵	۰/۶۴	۰/۷۳	۵۰
۰/۹۴	۵۲/۱۲	۰/۵۲	۴۰/۷۵	۰/۹۲	۰/۶۲	۱۰۰

مطالعه‌ی نمودار پراکنندگی که در واقع نشان‌دهنده‌ی کیفیت توزیع منتخب و میزان دقت آن در محدوده‌ی داده‌های سیل هر ایستگاه می‌باشد و نشان می‌دهد که توزیع‌های منتخب هر ایستگاه اکثراً در مقادیر کم سیلاب دارای دقت بیشتری می‌باشد و با افزایش میزان سیلاب در ایستگاه مربوطه از دقت آن کاسته می‌شود. این مسئله در زیرحوضه‌های با مساحت بیش‌تر بهتر مشخص می‌شود. به طور مثال در ایستگاه یامچی به عنوان یکی از زیرحوضه‌های بزرگ دره‌رود، برای دبی سیلابی کمتر از ۴۰ مترمکعب بر ثانیه، توزیع لوگ-گاما^۱ به کار گرفته شده مقادیر سیلاب را به خوبی برآورد نموده است ولیکن با افزایش بیش‌تر مقادیر سیلاب تخمین سیلاب با دقت کمتری انجام شده است. این مسئله را می‌توان در ایستگاه هیر، دوست بیگلو، آلدیزگه، مشیران و بران نیز مشاهده نمود. به نظر می‌رسد در حوضه‌ی دره‌رود و در زیرحوضه‌های کوچک که انحراف معیار مقادیر سیلاب ۲۴ ساعته ثبت شده در آن‌ها کم می‌باشد، توزیع‌های آماری نظیر واکبی بهتر می‌توانند مقادیر سیل را در دوره آماری برآورد نمایند البته مقادیر سیلاب محاسبه شده توسط توزیع‌های آماری دارای بیش‌تر برآوردی بود که با تحقیق اظهار^۲ (۵۵۶:۲۰۱۷) بر روی رودخانه‌ی کارینگود در هند مطابقت می‌نماید. در این مطالعه نیز برای مقادیر

کم سیلاب پیش‌بینی شده توسط توزیع گامبل بیش برآوردی در نتایج دیده شد و همچنین برای مقادیر با دوره‌های بازگشت ۱۰۰ سال به بالا نیز توزیع لوگ-پیرسون بیش برآورد نشان داد.

نتایج نشان داد که عامل مساحت و محیط حوضه رابطه‌ی مثبت و معنی‌داری با میزان دبی سیلابی زیرحوضه‌های حوضه دره رود دارد و این موضوع با تحقیقات اسدی (۱۳۹۳:۱۰۵) مطابقت دارد. از نظر شاخص ضریب شکل حوضه که نشان‌دهنده‌ی عرض متوسط حوضه می‌باشد و هر چه قدر حوضه، به شکل مستطیل نزدیک‌تر باشد، مقدار این ضریب کوچک‌تر می‌شود. با کاهش میزان ضریب شکل حوضه‌ی میزان دبی سیلابی در زیرحوضه‌های با مساحت تقریباً برابر، افزایش نشان می‌دهد. زیرا با افزایش طول حوضه‌ها و افزایش زمان تمرکز آن‌ها، زمان پایه هیدروگراف سیل افزایش یافته و میزان حداکثر سیل افزایش می‌یابد. این موضوع در زیرحوضه‌های نوران و هیر مشاهده می‌شود، این دو زیرحوضه از مساحت تقریباً برابری برخوردار می‌باشند، لیکن ضریب شکل حوضه‌ی هیر برابر ۰/۴۲ کیلومتر و ضریب شکل نوران برابر ۰/۲۳۷ کیلومتر می‌باشد، این درحالی است که متوسط حداکثر سیلاب حوضه‌ی نوران تقریباً ۱/۶ برابر حوضه‌ی هیر می‌باشد که این موضوع با تحقیقات و شریفی پیچون و همکاران (۱۳۹۸:۸۱) مطابقت دارد. از میان زیرحوضه‌های کوچک دره‌رود، زیرحوضه‌ی عنبران با انحراف معیار ۱۸/۲۱ مترمکعب بر ثانیه، دارای بیشترین انحراف معیار می‌باشد که علت آن می‌تواند به دلیل زمان تمرکز کمتر نسبت به سایر ایستگاه‌ها و ضریب شماره‌ی منحنی کم این حوضه باشد، زیرا این دو عامل می‌تواند سبب اختلاف نتایج سیلاب و حجم سیلاب در بارش‌های مختلف گردد و ضریب حساسیت سیل‌خیزی زیرحوضه را به مقادیر بارش افزایش دهد که با نتایج ثقفیان و همکاران (۲۰۱۶: ۵۵) مطابقت دارد ایشان در تحقیق خود بیان نمودند که اختلاف مقادیر پیش‌بینی شده و شبیه‌سازی شده توسط توزیع‌های آماری، در حوضه‌های با مقادیر کم شماره منحنی می‌تواند تفاوت زیادی داشته باشد. در میان زیرحوضه‌های دره‌رود، عنبران با زمان تمرکز ۱/۵ ساعت، و شماره‌ی منحنی ۶۵/۲۶ دارای کمترین زمان تمرکز و شماره‌ی منحنی در میان سایر زیرحوضه‌های دره‌رود می‌باشد.

با افزایش سطح زیر حوضه‌ها، میزان انحراف معیار سیلاب ۲۴ ساعته افزایش می‌یابد به‌طوری‌که زیرحوضه مشیران و بران به ترتیب بیشترین انحراف معیار را بین زیرحوضه‌های دره‌رود دارا می‌باشند. نتایج آنالیز واریانس مدل رگرسیونی خطی نشان داد که برای دوره‌ی بازگشت‌های مختلف، میزان سیلاب با دقت بسیار خوبی برآورد شده است به‌طوری‌که آزمون مقایسه‌ی میانگین‌ها در سطح اعتماد یک‌درصد برای دوره‌ی بازگشت‌های مختلف معنی‌دار نگردید. استفاده از چندین پارامتر تأثیرگذار برای رسیدن به دقت بیش‌تر در تخمین رابطه‌ی رگرسیونی با دقت مناسب، با تحقیق بدری و همکاران (۱۳۹۵: ۱۴۸) مطابقت دارد ایشان نشان دادند که میزان تأثیر زیرحوضه‌ها در سیلاب حوضه اصلی، دقیقاً متناسب با مساحت زیرحوضه‌ها نمی‌باشد.

با بررسی مدل‌های رگرسیونی در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف مشاهده می‌شود که میزان اهمیت پارامترهای فیزیوگرافی تأثیرگذار در برآورد سیلاب زیرحوضه‌ها در دوره‌ی بازگشت ۱۰ سال به ترتیب از مساحت حوضه، شیب آبراهه‌ی اصلی، ضریب شکل، ارتفاع متوسط حوضه، زمان تمرکز و شماره‌ی منحنی رواناب کاهش می‌یابد. لیکن در دوره‌ی بازگشت ۲۵ سال، اهمیت پارامترهای تأثیرگذار به ترتیب به صورت، مساحت، ضریب شکل، شیب رودخانه‌ی اصلی، ارتفاع متوسط حوضه، شماره منحنی و زمان تمرکز می‌باشد. در دوره‌ی بازگشت ۵۰ سال نیز ترتیب عوامل تأثیرگذار به صورت مساحت، ضریب شکل، شیب آبراهه‌ی اصلی، ارتفاع متوسط حوضه، شماره‌ی منحنی و زمان تمرکز می‌باشد. همچنین برای دوره‌ی بازگشت ۱۰۰ سال، به ترتیب اهمیت عوامل به صورت مساحت، ضریب شکل، شیب آبراهه‌ی اصلی، ارتفاع متوسط، شماره‌ی منحنی و زمان تمرکز می‌باشد. که با نتایج رسولزاده (۱۳۹۴: ۲۶۴) و حجازی و مزبانی (۱۳۹۴: ۸۰) مطابقت دارد. در تحقیق ایشان نیز مدل‌های مبتنی بر مساحت حوضه‌ی آبریز از نتایج دقیق‌تری برخوردار بودند.

نتایج نشان داد که در مدل‌های رگرسیونی، در حوضه‌های با دبی سیلابی کمتر و همچنین دوره‌های بازگشت کمتر، نتایج مدل رگرسیونی به مقادیر واقعی نزدیک‌تر است که با نتایج تحقیقات زارع ایبانه و ورکشی (۱۳۹۰: ۳۷۰) و اسمعیلی و همکاران (۱۳۹۶: ۱۸۷) مطابقت دارد. نتایج شاخص‌های عملکردی مدل در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف نشان می‌دهد اگرچه میزان کارایی (EF) و ضریب تبیین (R^2) و ریشه‌ی میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب جرم باقیمانده (CRM) برای دوره‌ی بازگشت ۱۰ سال بهتر از مدل‌های با دوره‌ی بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال می‌باشد، لیکن در شاخص‌های میانگین خطای مطلق (MAE) و درصد خطای نسبی (ε)، مدل رگرسیونی با دوره‌ی بازگشت ۱۰ سال خطای بیشتری را نشان می‌دهد. لذا با در نظر گرفتن کلیه شاخص‌های عملکردی مدل، می‌توان دقت مدل‌های رگرسیونی را به ترتیب به صورت مدل رگرسیونی با دوره‌ی بازگشت ۲۵، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ سال در نظر گرفت. البته مدل رگرسیونی ۱۰ و ۲۵ ساله از نظر دقت بسیار به هم نزدیک هستند.

۴- نتیجه‌گیری

همانطور که نتایج نشان می‌دهد، با افزایش دوره‌ی بازگشت سیلاب‌ها، مقدار ضریب همبستگی تاحدودی کاهش می‌یابد. با انجام آزمون مقایسه‌ی میانگین‌ها و آزمون T- استیودنت مشخص شد که در همه‌ی دوره‌ی بازگشت‌ها، مدل رگرسیونی قادر به برآورد سیلاب در زیرحوضه‌های دره‌رود می‌باشد و اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی و مقادیر به‌دست آمده از توزیع‌های آماری زیرحوضه‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار نمی‌باشد. نتایج نشان داد که با

افزایش دوره بازگشت سیل در منطقه میزان ضریب رگرسیونی مدل به دست آمده به مقدار جزئی کاهش می‌یابد. لیکن پراکنش نقاط به گونه‌ای است که نزدیک به خط یک به یک می‌باشد. نتایج تحقیق نشان داد که سیلاب‌های حوضه دره رود اکثراً از توزیع‌های واکبی و ویبول برخوردار هستند که در این میان توزیع واکبیدر میان توزیع‌های آماری، از دقت قابل قبولی برخوردار است. نتایج نشان داد مدل رگرسیونی خطی در این پژوهش برای دوره‌های بازگشت مختلف با داشتن ضریب تبیین بالا، از دقت مناسبی برخوردار بوده و می‌تواند میزان سیل را در زیرحوضه‌های مختلف این حوضه بزرگ، که تقریباً نیمی از مساحت استان اردبیل را شامل می‌شود، به خوبی محاسبه نماید. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در تخمین سیلاب با دوره‌ی برگشت‌های مختلف در زیر حوضه‌های مختلف استان که ایستگاهی برای ثبت سیلاب ندارند مورد استفاده قرار گیرد. خصوصاً این که در بیشتر مناطقی که در محل خروجی زیرحوضه‌های کشور قرار دارند آمار ثبت شده‌ای برای برآورد سیلاب با دوره‌ی بازگشت‌های مختلف وجود ندارد. لذا در صورتی که برآوردها براساس خصوصیات فیزیوگرافی هر حوضه انجام شده باشد، می‌تواند در تعیین حداکثر سیلاب ممکن مفید باشد.

تقدیر و تشکر

این مقاله با حمایت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شده است و به این وسیله از آن معاونت قدردانی می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۵-منابع

- Asadi, D.A. (2014). *Study of Flooding Potential and Its Zoning in the Karoon 4 Basin Using GIS*, Dissertation Master of Science, University of Abarkooh PayameNoor. [In Persian]
- Azam, M., Hyung, S.K., & Seung, J.M. (2017). Development of Flood Alert Application in Mushim Stream Watershed Korea. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 21: 11-26.
- Azhar, H (2017). Estimation of Design Flood Discharge for Kakkadavu Dam in Kariangode River Basin, *Int J Environ Sci Nat Res*. 4(1), 555-560.
- Badri, B., Zare Bidaki, R., Honarbakhsh, A., & Atashkhar, F. (2016). Prioritization of Flooding Potential in Beheshtabad Subbasins. *Physical Geography Research Quarterly*, 48(1), 143-158. [In Persian]
- Brouwer, R., & Van, E.K. (2004). Reintegrated Ecological, Economic and Social Impact Assessment of Alternative Flood Control Policies in the Netherlands. *Ecological Economics*, 50:1-21.
- Dile, Y. T., & Srinivasan, R. (2014), Evaluation of CFSR Climate data for Hydrologic Prediction in Data-scarce Watersheds: an Application in the Blue Nile River Basin. *J Am Water Resource Assoc*. 50, 1226–1241.
- Esmaeili, h., Akhond Ali, A., Zarei, H., & Taghian, M. (2018). Regional Flood Analysis Via Comparison of the M5 Decision Tree Algorithm and Regression Models. *Irrigation Sciences and Engineering*. 40(4):183-195. [In Persian]
- Ghaemi, H., & Morid, S. (1996). *Flood model of Karkkeh sub-basins*. *Nivar Magazine*, No. 30, Meteorological Organization Publications. [In Persian]
- Ghaffarie, A., Behruz, S., & Ostadibabakandi, E. (2016). Estimation of Curve Number and Runoff Height in Arc-GIS, Case Study, Meshkinshahr City. *Hydrogeomorphology*. 3(9), 159-175. [In Persian]
- Hejazi, A., & Marzbani, M. (2015). Estimation of Maximum Runoff Height and Discharge Using Curve Number Method Case Study: Sarab Darehshahr Watershed. *Hydrogeomorphology*. 2(5), 63-81. [In Persian]
- Hoseini, Y., Azari, A., & Pilpayeh, A. (2017). Flood modeling using WMS Model for Determining Peak Flood Discharge in Southwest Iran case study: Simili basin in Khuzestan Province. *Applied Water Science*, 7, 33-55.
- Jena, J., & Nath, S. (2020). An Empirical Formula for Design Flood Estimation of Un-Gauged Catchments in Brahmani Basin, Odisha. *J. Inst. Eng. India Ser. A* 101, 1–6.

- Saghafian, B., Noroozpour, S., Kiani, M., & Rafiee Nasab, A. (2016). Coupled Modclark-curve Number Rainfall-runon-runoff Model. *Arabian Journal of Geosciences*, 9 (4), 2–13.
- Mlinsky, D., Walega, A., Stachura, T., & Kaczor, G., (2019). A New Empirical Approach to Calculating Flood Frequency in Ungauged Catchments: A Case Study of the Upper Vistula Basin, Poland. *Water*. 11(3), 601-622.
- Rahaman, S.A., Ajeez, S.A., Aruchamy, S., & Jegankumar, R. (2015). Prioritization of Sub Watershed Based on Morphometric Characteristics Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process and Geographical Information System – A Study of Kallar Watershed, Tamil Nadu. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3(1), 1-9.
- Rasoulzadeh, A., Azartaj, A., Farzi, E., & Farzi, P. (2016). Derivation and investigation of regional flood analysis models as a function of return period (Case study: Ardabil province). *Journal of Water and Soil Conservation*. 22(4), 261-268. [In Persian]
- Shaabani Bazneshin, A., Emadi, A., & Fazlouloula R. (2017). Investigation the Flooding Potential of Basins and Determination Flood Producing Areas (Case Study: NEKA Basin). *Journal of Watershed Management*. 7 (14): 28-20[In Persian]
- Sharifi Paichoon, M., Omidvar, K., & Motazaker, K. (2019). Assessment of flooding using cluster analysis and multivariable regression methods with emphasis on hydro geomorphological parameters (Case study: Maroon catchment). *Journal of Natural Environmental Hazards*. 8(21):75-92. [In Persian]
- Shiravi, B., Golkarian, A., & Abotalebi pirnaeemi, A. (2015). Effect of check dams on time of concentration and reduction of flood peak (Case study: Gash watershed). *Journal of Rangeland and Watershed Management*, 68(2), 307-322. [In Persian]
- WMS7.1. 2006. User Manual. Bringham Young University, p. 250.
- Zare Abyaneh, H., & Bayat Varkeshi, M. (2011). Evaluation of artificial intelligent and empirical models in estimation of annual runoff. *Journal of Water and Soil*. 25(2): 365-379. [In Persian]