

بررسی تأثیر توزیع مکانی بارش بر شاخص پتانسیل تولید

سیل

بهرام ثقفیانⁱ، علیرضا نیک بخت شهبازیⁱⁱ

چکیده

وقوع سیلاب‌ها تهدیدی برای جان انسان‌ها و دارائی‌های مجاور رودخانه‌هاست. طراحی عملیات کنترل سیلاب نیازمند اطلاع دقیق از شرایط حوضه آبخیز مولد سیلاب بویژه واحدهای کوچکتر در حوضه‌های وسیع است. شاخص سیل خیزی جهت تعیین کمی سهم هر زیر حوضه در تولید سیلاب پایین دست می‌تواند مبنای تعیین پتانسیل تولید سیل هر زیر حوضه قرار گیرد. در این پژوهش تأثیر توزیع مکانی بارش‌های بحرانی بر شاخص سیل‌خیزی تجزیه و تحلیل می‌گردد، بررسی‌ها در زیرحوضه‌های سد بختیاری با استفاده از مدل هیدرولوژیک HEC-HMS نشان می‌دهد که اثر توزیع مکانی بارندگی در شاخص سیل خیزی چشمگیر است، به ویژه هنگامی که با وقایع بزرگتر و با زیرحوضه‌هایی با مساحت بیشتر مواجه هستیم. از طرف دیگر تقدم مشارکت هر زیرحوضه در روندیابی بر دبی اوج خروجی از حوضه و نهایتاً روی شاخص سیل خیزی مؤثر خواهد بود. روند خاصی با توجه به تغییرات مکانی بارش بین شاخص سیل خیزی و شماره منحنی مشاهده نشد. افزایش عمق بارندگی در زیرحوضه‌هایی که زمان تمرکز کمتری دارند تأثیر بیشتری بر روی شاخص سیل خیزی دارد. در زیر حوضه‌هایی که زمان تمرکز بیشتر و وسعت زیادتر است، توزیع‌های مکانی مختلف تأثیر کمی بر شاخص سیل خیزی دارد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که با صرف نظر کردن از توزیع مکانی، شاخص سیل خیزی با افزایش مساحت زیرحوضه کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: شاخص سیل خیزی، توزیع مکانی بارندگی، حوضه آبریز سد بختیاری، مدل HEC-HMS

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۸/۲۰

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۵/۱۵

ⁱ نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی عمران آب، دانشکده فنی و مهندسی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
ⁱⁱ کارشناس ارشد مهندسی آبیاری

۱- مقدمه

می‌توان با مدیریت آنها، خسارت‌ها را در برابر هزینه‌ها به حداقل رساند. روش‌های مختلفی برای مدیریت سیلاب به کار گرفته می‌شوند. این روش‌ها را می‌توان در چهار دسته کاهش سیلاب، کاهش آسیب پذیری در مقابل سیلاب، کاهش خسارات و ایجاد آمادگی برای تحمل خسارات طبقه بندی نمود [۲]. پروژه‌های تخفیف سیل در بسیاری از مناطق جهان اجرا می‌شود و مطالعات بی شماری برای برآورد دبی سیل و همچنین تأثیر خصوصیات حوضه روی دبی اوج آن انجام شده است. از جمله اقداماتی که محققین برای کاهش خطر سیل در مناطق پائین دست مطرح می‌کنند، مهار سیل در

آمار و اطلاعات موجود از سیل حاکی از روند افزایشی وقوع این پدیده در طی سال‌های اخیر می‌باشد. براساس آخرین آمار منتشر شده، تعداد دفعات سیل در ایران طی سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۰ به ۳۷۰۰ مورد رسیده است. در گذشته، افراد بسیار کمتری در سیلاب‌دشتهای زندگی می‌کردند و فعالیت‌های انسانی این چنین موجب افزایش خسارات سیلاب نمی‌گردید. بر اساس رویکردهای جدید، مهار کلیه سیلاب‌ها امکان پذیر و اقتصادی نیست و تنها

سرمنشأ آن می‌باشد. در این ارتباط شناسایی مناطق سیل خیز در درون حوضه دارای اهمیت بسیاری می‌باشد، زیرا انجام عملیات اجرایی و کنترل سیل در سراسر حوضه نه تنها امکان پذیر نیست، بلکه ممکن است اثرات تشدید کننده در بر داشته باشد. لذا باید مناطقی که پتانسیل بالایی از نظر سیل خیزی دارند شناسایی و اولویت بندی شوند تا امکان بهینه سازی عملیات اجرایی در سطوح بحرانی فراهم شود.

یکی از مهمترین مسائل در علم هیدرولوژی، تحلیل سیلاب‌های طراحی به منظور استفاده در عملیات کنترل سیلاب است. این مسئله نیازمند روشی جامع است که تمامی فاکتورهای مؤثر سیل خیزی را در نظر بگیرد. تغییرات مکانی عوامل هیدرولوژیکی، محدودیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری در سطح حوضه و نیز عدم وجود آمار طولانی مدت و کافی همیشه عامل محدود کننده تحلیل سیلاب‌ها محسوب می‌شود. یکی از راه‌های در نظر گرفتن کامل تغییرات مکانی عوامل هیدرولوژیکی، استفاده از شبیه سازی نیمه توزیعی جهت تعیین پتانسیل سیل خیزی واحدهای هیدرولوژیکی است [۶].

در حوضه‌های وسیع، تفکیک حوضه به قسمت‌های کوچکتر ضروری است. در این راستا، تعیین سیل خیزی واحدهای هیدرولوژیکی و بررسی پتانسیل هر واحد از نظر مشارکت سیلاب در نقطه خروجی اصلی حوضه آبخیز حائز اهمیت است [۳].

ایسلام و سادو [۸] نقشه‌های سیل خیزی برای بنگلادش را با استفاده از داده‌های سنجش از دور از واقعه سیلاب ۱۹۸۸ تهیه نمودند. در این تحقیق از ارتفاع، پوشش سطح زمین، خصوصیات زمین شناسی و فیزیوگرافیک حوضه و داده‌های شبکه زهکشی حوضه استفاده شد. نقشه‌های سیل‌خیزی در واقع نشان دهنده درجه سیل‌خیزی و تخریب ناشی از سیل در هر منطقه می‌باشد. این نقشه‌ها برای تعیین ریسک سیلاب با استفاده از داده‌های سنجش از دور و ارتفاعات رقومی به کار رفته است.

ژوراسیک [۹] از اطلاعات رقومی توپوگرافیک، خاک و کاربری زمین جهت تعیین اولویت مکانی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها در ایالت کانزاس آمریکا استفاده نمود. ترکیبات مختلفی از نفوذپذیری خاک و شاخص‌های رطوبتی، توپوگرافی و کاربری زمین جهت دسته بندی پتانسیل تولید رواناب از زیاد به کم مورد استفاده قرار گرفت. این پژوهش در مقیاس وسیعی در حوضه‌هایی با

مساحت ۱۵۰ تا ۶۶۰۰ کیلومترمربع و با ملاحظه تأثیر توزیع مکانی شدت بارش بارندگی انجام گرفت. نتایج نشان داد که تمایز پتانسیل سیل‌خیزی زیر حوضه‌ها بسیار محدود است.

فروزانی [۴] با استفاده از نقشه مدل ارتفاعی رقومی DEM و نرم افزارهای ILWIS و HEC-GEO HMS، مدل توزیعی شبیه سازی عکس‌العمل زیرحوضه‌های رود زرد را با استفاده از نرم افزار MIKE11 ارائه نمود. در این تحقیق تبدیل بارش- رواناب زیر حوضه‌ها با روش کلارک انجام گرفت. با توجه به حذف انفرادی و متوالی هر یک از سلول‌ها در روندیابی، اولویت بندی زیرحوضه‌های سیل خیز با توجه به شاخص سیل‌خیزی مشخص گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که حساسیت دبی اوج خروجی نسبت به تغییر شماره منحنی بیشتر از زمان تمرکز و ضریب نخیره است. همچنین سناریوهای بیولوژیکی نظیر کاهش شماره منحنی جهت کاهش دبی اوج خروجی به کار گرفته شد.

نان و رینی [۱۱] با استفاده از نرم افزار GIS روشی را برای تعیین سطح سیل‌خیز و خسارت پذیر ارائه نمودند. در این روش با استفاده از نرم افزار HEC-GEO RAS سطح سیل‌خیز و سطح غیر سیل خیز جدا شد و با روش‌های عددی مختلف خسارت برآورد گردید. این روش قابلیت خوبی برای مقابله با سیل و کنترل خسارات ارائه نموده است.

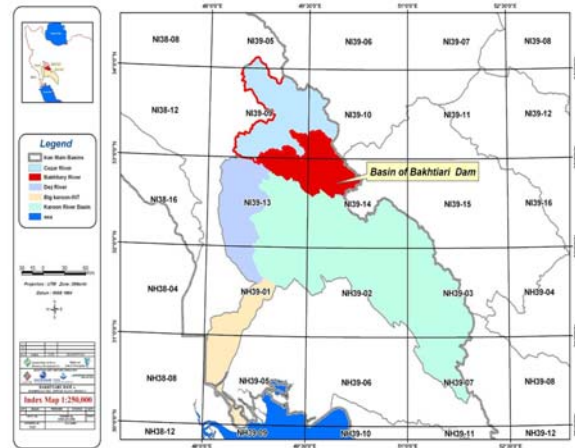
خسروشاهی و ثقفیان [۲] عکس‌العمل هر واحد زیرحوضه در هیدروگراف سیلاب خروجی از حوضه آبریز دماوند را بر مبنای مدل شبیه سازی HEC-HMS مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش سهم هر واحد (زیرحوضه) از طریق روندیابی پس از حذف آن واحد و محاسبه دبی اوج سیلاب خروجی به دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که روندیابی رودخانه‌ها در تعیین شاخص سیل خیزی و اولویت بندی زیرحوضه‌ها بسیار مهم می‌باشد. همچنین هیچگونه رابطه تک متغیره‌ای بین شاخص سیل‌خیزی و سایر خصوصیات زیرحوضه‌ها از قبیل شماره منحنی و شیب زمین مشاهده نشد.

با توجه به اهمیت توزیع مکانی بارش‌ها و اینکه این عامل قبلاً در سایر تحقیقات شاخص سیل خیزی مورد بررسی قرار نگرفته است، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر الگوی توزیع مکانی رگبارهای طراحی بر شاخص سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها می‌باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه تحقیق

حوضه آبخیز رودخانه بختیاری در جنوب غربی ایران، در شمال استان خوزستان و در محدوده ای بین چهار استان لرستان، خوزستان، چهارمحال و بختیاری و اصفهان واقع شده است. حوضه آبریز رودخانه بختیاری در محدوده حوضه آبریز رودخانه دز قرار دارد که خود زیر مجموعه ای از حوضه آبریز رودخانه کارون بزرگ و حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان می باشد. شکل (۱) موقعیت حوضه بختیاری در حوضه کارون بزرگ را نشان می دهد. سد بختیاری روی رودخانه بختیاری و قبل از اتصال با رودخانه سزار پیش بینی شده است.



شکل (۱): موقعیت حوضه رودخانه بختیاری در حوضه کارون بزرگ

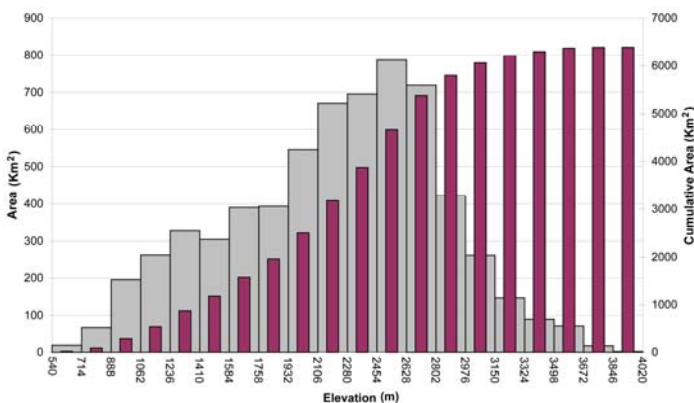
با توجه به اینکه داده های ایستگاه هیدرومتری تنگ پنج بختیاری قابل اعتماد تشخیص داده نشدند، حوضه ابتدا روی ایستگاه تله زنگ سد دز بسته شد تا امکان واسنجی مدل با داده های این ایستگاه فراهم گردد. در ادامه وضعیت عمومی حوضه سد دز بیان می شود، لیکن تأثیر توزیع مکانی بارش تنها بر روی حوضه سد بختیاری مورد بررسی قرار می گیرد.

بر اساس نقشه های پایه توپوگرافی، شبکه رودخانه ها و موقعیت ایستگاههای هیدرومتری، مرز حوضه های رودخانه بختیاری و رودخانه سزار تا محل تلاقی دو رودخانه، حوضه رودخانه بختیاری به شش زیرحوضه و حوضه رودخانه سزار به پنج زیرحوضه به اضافه یک زیرحوضه انتهایی (از محل تقاطع ایستگاه تنگ پنج تا محل ایستگاه تله زنگ) تقسیم شدند. بر اساس نقشه مدل ارتفاعی رقومی (DEM)، توزیع و مشخصه های

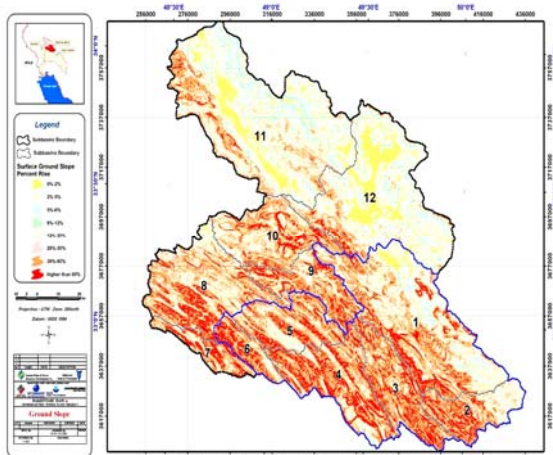
فیزیوگرافی ارتفاعی زیر حوضه ها به شرح جدول (۱) استخراج شدند. نحوه توزیع ارتفاع با مساحت حوضه بختیاری در شکل (۲) نمایش داده شده است. همچنین نقشه شیب کل حوضه سد دز از مدل ارتفاعی زمین (DEM) نیز در شکل (۳) آمده است.

جدول (۱): برخی مشخصات فیزیوگرافی زیرحوضه ها

زیر حوضه	مساحت (کیلومتر مربع)	محیط (کیلومتر)	میانگین ارتفاع (متر)	میانگین شیب (درصد)	حداکثر طول آبراهه (کیلومتر)	عدد منحنی در شرایط متوسط رطوبتی
۱	۲۴۹۰	۳۹۳	۲۵۵۲	۲۶/۶	۱۱۳	۷۶
۲	۶۷۱	۱۹۲	۲۶۷۲	۳۵/۲	۶۳	۷۲
۳	۸۶۶	۲۴۰	۲۲۳۴	۴۳/۸	۵۶	۷۶
۴	۱۲۱۵	۲۸۵	۱۸۷۵	۴۲/۷	۹۴	۷۷
۵	۸۱۹	۲۰۸	۱۶۷۹	۳۷/۱	۵۶	۸۰
۶	۳۲۷	۱۳۲	۱۲۷۹	۴۵/۳	۵۰	۷۸
کل حوضه بختیاری	۶۳۸۸	۷۱۲	۲۲۱۲	۳۵/۲	۲۷۰	۷۶



شکل (۲): نمودار توزیع فراوانی و تجمعی مساحت با ارتفاع حوضه بختیاری



شکل (۳): نقشه طبقه بندی شیب زمین حوضه سد دز

۲-۲- آمادگی سازی مدل

مدل کامپیوتری HEC-HMS با توجه به سوابق طولانی کاربرد در مطالعات برآورد سیلاب و قابلیت‌های نسبتاً متنوع و نیز مقبولیت عام در بین مهندسين هیدرولوژی، جهت شبیه سازی انتخاب گردید. مدل مورد نظر دارای قابلیت شبیه سازی تلفات و نفوذ، ذوب برف، روندیابی زیرحوضه ها و روند یابی شبکه رودخانه ها می باشد [۷].

آمار و اطلاعات هواشناسی شامل بارندگی و دما از ایستگاه های هواشناسی اخذ گردید. مراحل آمادگی سازی مدل برای حوضه منتهی به تله زنگ به شرح زیر انجام گردید. ورود اطلاعات زیر حوضه ها و اتصال شبکه رودخانه‌ها (از محل خروجی زیر حوضه ها تا خروجی کل حوضه) در محیط مدول BASIN و ورود آمار و اطلاعات هواشناسی شامل بارندگی و دما و نیز برف از طریق مدول METEOROLOGY عملی شد.

۲-۳- واسنجی و اعتباریابی مدل

واسنجی فرآیندی است که در آن پارامترهای هیدرولوژیکی مدل به گونه ای تنظیم می‌شود که مدل تا حد ممکن رفتار حوضه را شبیه سازی کند. برای انجام عمل واسنجی نیاز به اطلاعات پایه استاتیک مانند شاخص های فیزیوگرافی زیر حوضه ها و اطلاعات دینامیک توفان های مرحله واسنجی مانند سری های زمانی بارندگی، سری های زمانی دما، ارتفاع آب معادل برف و نرخ تنزیل دما به ازاء افزایش ارتفاع میباشند. کمیت و کیفیت اطلاعات واسنجی در ادامه تشریح می شود.

برای واسنجی مدل HMS از بین رگبارهای بزرگ ثبت شده، چند توفان که از نظر کمیت و کیفیت داده‌های پایه نسبتاً کامل بودند انتخاب شدند. جدول ۲ تاریخ وقوع توفان‌های انتخابی برای مراحل واسنجی و اعتباریابی و نیز تداوم سیلاب ثبت شده را نشان می‌دهد.

جدول (۲). تاریخ بارش و سیلاب مراحل کالیبراسیون و اعتباریابی

مرحله	تاریخ تداوم سیلاب	دبی اوج (cms)	مدت بارندگی (روز)
واسنجی	۱۷ تا ۷۷/۱/۲۰	۵۶۸۰	۴
واسنجی	۱۲ تا ۷۱/۱۱/۱۷	۴۱۲۹	۳
اعتباریابی	۱۶ تا ۷۱/۱۰/۲۵	۳۶۲۱	۳

توزیع زمانی بارندگی هر توفان در هر زیر حوضه بر

اساس مقادیر بارش اندازه گیری شده در ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی منطقه با فواصل زمانی ۶ ساعته تعیین گردید. مقدار بارندگی هر توفان در هر زیر حوضه از نقشه های توزیع مکانی بارش بر اساس روش عکس مجذور فاصله به دست آمد.

تلفات نفوذ نیز از روش نفوذ SCS شبیه سازی شد که در آن مقادیر عدد منحنی هر زیر حوضه نیز واسنجی شدند. همچنین مقدار تلفات اولیه معادل ۱۰ درصد ظرفیت نگهداشت پتانسیل هر زیر حوضه در نظر گرفته شد تا در مرحله واسنجی در صورت نیاز تغییرات لازم در آن داده شود.

از میان روش‌های موجود روندیابی زیر حوضه در مدل HMS، از روش هیدروگراف واحد مصنوعی کلارک بعنوان متداول‌ترین روش برای روند یابی زیر حوضه ها استفاده شد. در این روش قابلیت خوبی برای انطباق هیدروگراف شبیه سازی با هیدروگراف مشاهده ای به علت استفاده از پارامترهای زمان تمرکز و ضریب ذخیره وجود دارد.

روند یابی جریان سیلاب در رودخانه‌ها از روش هیدرولوژیکی ماسکینگام انجام گردید. در این روش، پارامتر بدون بعد X برای تمام رودخانه‌ها با توجه به دره‌ای بودن مسیر برابر با ۰/۲ در نظر گرفته شد. پارامتر K ماسکینگام به صورت زمان پیمایش موج سیلاب در هر رودخانه با تقسیم طول رودخانه بر سرعت متوسط موج جریان در رودخانه محاسبه شد. همچنین تعداد اولیه بازه‌های هر رودخانه با تقسیم طول رودخانه به طولی که جریان در هر گام زمانی محاسباتی با توجه به سرعت موج طی می‌کند تعیین شد.

۲-۴- شاخص سیل خیزی

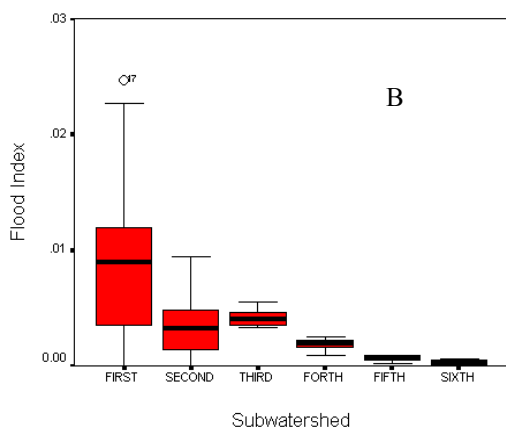
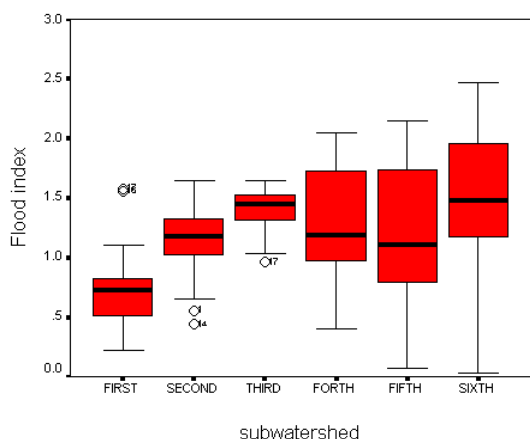
در این تحقیق یک شاخص سیل خیزی جهت تعیین مقدار سهم هر زیر حوضه در تولید سیلاب خروجی در نظر گرفته شد. ثقفیان و خسروشاهی [۱۰] شاخص سیل‌خیزی را به صورت زیر پیشنهاد نمودند:

$$F = \frac{Q_{\max} - Q_i}{Q_{\max}} \times 100 \quad (1)$$

که در آن Q_{\max} دبی اوج شبیه سازی شده در محل خروجی حوضه و Q_i دبی اوج خروجی پس از حذف زیرحوضه آم می‌باشد. شاخص سیل‌خیزی F به صورت درصد بیان می‌شود.

توزیع مکانی، معادل $6 \times 5 \times 20$ یا 600 شبیه سازی را بوجود آورد.

تغییرات شاخص سیل خیزی (f_i) برای توزیع‌های مکانی مختلف (۲۰ توزیع) و بارش‌های m A ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۳۰۰ میلی‌متر به دست آمد. پس از بررسی مشاهده می‌شود زیرحوضه‌های ۱ و ۲ بیشترین شاخص سیل خیزی و زیرحوضه‌های ۵ و ۶ کمترین شاخص سیل خیزی را به خود اختصاص می‌دهند.



شکل (۴): نمودار باکس و ویسکر شاخص سیل خیزی برای بارش (A) ۱۰ و (B) ۳۰۰ میلی‌متر (f_1 تا f_6 شاخص‌های سیل خیزی زیرحوضه‌های اول تا ششم می‌باشد)

جهت بررسی تفاوت شاخص‌های سیل خیزی حاصل از توزیع‌های مکانی مختلف برای دو بارش حدی پایین و بالای ۱۰ و ۳۰۰ میلی‌متر، رابطه‌ی خطی f_i با توزیع‌های مکانی مختلف ترسیم شد. اختلاف شیب و عرض از مبدأ این دو خط از آزمون F معنی‌دار بود. از نمودار باکس و ویسکر جهت بررسی تغییرات شاخص سیل خیزی حول میانه و حد پایین و بالای توزیع‌های مکانی استفاده شد. شکل (۴) مبین پراکندگی خارج از محدوده (۲۵ درصد) برای f_i های زیرحوضه‌های ۴ تا ۶ و بارش کوچکتر از ۵۰ میلی‌متر است که حاکی از تأثیر چشمگیر

شاخص دیگری با نرمال کردن اثر مساحت هر زیرحوضه بدست می‌آید [۱۰]:

$$f_i = \frac{Q_{\max} - Q_i}{A_i} \quad (2)$$

که در آن f_i شاخص سیل خیزی زیر حوضه A_i بر حسب $m^3/s/km^2$ و مساحت زیرحوضه A_i (بر حسب km^2) است.

توزیع مکانی بارش بر دبی اوج سیلاب حوضه و شاخص سیل خیزی مؤثر است. بنظر می‌رسد این موضوع در حوضه‌های بزرگ اهمیت بیشتری دارد. جهت بررسی اثر توزیع مکانی بارش‌ها، توزیع مکانی بدون بعد ۲۰ توفان مهم تاریخی حوضه ترسیم شدند. توزیع‌های بدون بعد با اعمال مقادیر میانگین وزنی بارش ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌متر به خطوط همباران مطلق تبدیل شدند. مقادیر بارش میانگین انتخاب شده بارش‌های کم تا زیاد را پوشش می‌دهد، لذا می‌توان حساسیت نتایج شاخص سیل خیزی را به ازای عمق رگبارهای مختلف در ازای ۲۰ توزیع مکانی مشاهده‌ای سنجید.

۳- نتایج

در مرحله واسنجی، عملکرد مدل با مقایسه هیدروگراف سیل شبیه سازی شده و اندازه گیری شده در ایستگاه هیدرومتری تله زنگ بررسی گردید. با ترکیب روش‌های دستی سعی و خطا و اتوماتیک، فرآیند کالیبراسیون برای هر یک از توفان‌ها تکمیل شد. مقایسه بین هیدروگراف‌ها در مراحل کالیبراسیون و اعتباریابی نشان می‌دهد که تطابق قابل قبولی بین هیدروگراف‌های شبیه سازی و مشاهده‌ای وجود دارد. جدول (۴) مقادیر نهایی پارامترهای حاصل از کالیبراسیون مدل را نشان می‌دهند [۱].

جدول (۴): پارامترهای مدل کلارک پس از واسنجی

زیر حوضه	زمان تمرکز (ساعت)	ضریب ذخیره (ساعت)
۱	۱	۴/۹
۲	۴/۲	۱۰/۸
۳	۲/۶	۷/۶
۴	۵/۷	۱۹/۸
۵	۲/۸	۸
۶	۲/۸	۵/۱

سپس شاخص سیل خیزی برای هر یک از حالات توزیع مکانی و میانگین بارش محاسبه شد. در مجموع، حاصلضرب تعداد زیرحوضه در مقدار بارش در وضعیت

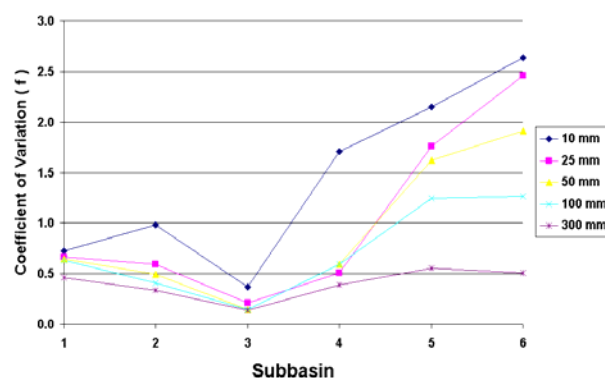
توزیع مکانی بارندگی در این زیرحوضه‌ها روی شاخص سیل خیزی است. از طرف دیگر با افزایش بارندگی (۱۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتر) پراکندگی f ها در زیرحوضه‌های ۱ تا ۳ بیشتر مشاهده می‌شود. از نظر مشارکت در روندیابی زیرحوضه‌های ۱ تا ۳ نسبت به ۴ تا ۶ در روندیابی تأخیر دارند که به نظر می‌رسد با در نظر گرفتن توزیع مکانی، از تغییرات شاخص سیل خیزی حول میانه آن برای وقایع بارندگی بزرگتر (در زیر حوضه‌های ۱ تا ۳) کاسته می‌شود.

در شکل (۴) ملاحظه می‌شود که هر چه وقایع بارندگی بزرگتر باشد شاخص های سیل خیزی بدست آمده تغییرات کمتری را نشان می‌دهد یعنی با توجه به توزیع های مکانی مختلف بارش ها، تأثیر این توزیع ها روی شاخص سیل خیزی کاهش چشمگیری داشته و شاخص سیل خیزی زیرحوضه به عدد ثابتی میل می‌کند. این مسئله برای زیرحوضه های ۴، ۵ و ۶ در شکل (۴) (B) مشهود است.

در شکل (۴) ملاحظه می‌شود که هر چه وقایع بارندگی بزرگتر باشد شاخص های سیل خیزی بدست آمده تغییرات کمتری را نشان می‌دهد یعنی با توجه به توزیع های مکانی مختلف بارش ها، تأثیر این توزیع ها روی شاخص سیل خیزی کاهش چشمگیری داشته و شاخص سیل خیزی زیرحوضه به عدد ثابتی میل می‌کند. این مسئله برای زیرحوضه های ۴، ۵ و ۶ در شکل (۴) (B) مشهود است.

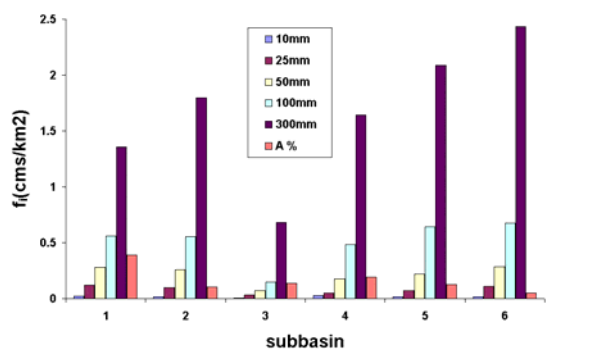
در شکل (۴) ملاحظه می‌شود که هر چه وقایع بارندگی بزرگتر باشد شاخص های سیل خیزی بدست آمده تغییرات کمتری را نشان می‌دهد یعنی با توجه به توزیع های مکانی مختلف بارش ها، تأثیر این توزیع ها روی شاخص سیل خیزی کاهش چشمگیری داشته و شاخص سیل خیزی زیرحوضه به عدد ثابتی میل می‌کند. این مسئله برای زیرحوضه های ۴، ۵ و ۶ در شکل (۴) (B) مشهود است.

در شکل (۴) ملاحظه می‌شود که هر چه وقایع بارندگی بزرگتر باشد شاخص های سیل خیزی بدست آمده تغییرات کمتری را نشان می‌دهد یعنی با توجه به توزیع های مکانی مختلف بارش ها، تأثیر این توزیع ها روی شاخص سیل خیزی کاهش چشمگیری داشته و شاخص سیل خیزی زیرحوضه به عدد ثابتی میل می‌کند. این مسئله برای زیرحوضه های ۴، ۵ و ۶ در شکل (۴) (B) مشهود است.



شکل (۵): ضریب تغییرات شاخص سیل خیزی f در ۶ زیرحوضه بر اساس توزیع‌های مکانی مختلف

در شکل (۵) ملاحظه می‌شود که تفاوت ضریب تغییرات شاخص سیل خیزی محاسبه شده برای هر زیر حوضه (۱ تا ۶) برای بارش های ۱۰، ۲۵ و ۵۰ میلی متری زیاد است. بطوریکه ضریب تغییرات زیرحوضه ۶ بالای ۱/۷ درصد ولی برای بارش ۳۰۰ میلی متر ۰/۵ درصد است و به نظر می‌رسد برای بارش های بزرگتر از ۱۰۰ میلی متر ضریب تغییرات شاخص سیل خیزی های بدست آمده از توزیع های مکانی مختلف به عدد ثابتی میل می‌کند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش عمق بارندگی تأثیر توزیع مکانی بارش روی شاخص سیل خیزی کاهش یافته و به عدد ثابتی میل می‌کند. به عبارت دیگر، در سیلاب‌های استثنایی تأثیر توزیع مکانی بارش بر شاخص سیل خیزی هر زیر حوضه نسبت به بارش یکنواخت ناچیز است.

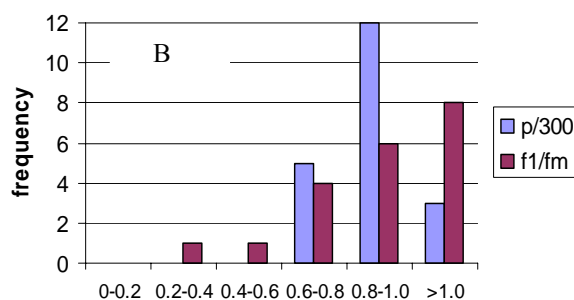
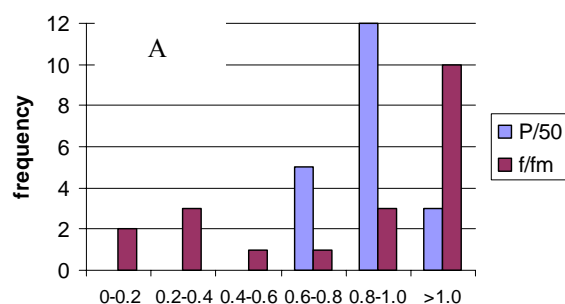


شکل (۶): درصد مساحت هر زیر حوضه و میانگین f های بدست آمده

زیرحوضه‌هایی که زمان تمرکز کمتری دارند، افزایش عمق بارندگی تأثیر زیادی روی حداکثر شاخص سیل خیزی خواهد داشت. از طرفی در زیر حوضه اول که زمان تمرکز و وسعت زیادی دارد، توزیع های مکانی مختلف تأثیر کمی روی شاخص سیل خیزی دارد. روند خاصی با

احتمالی توزیع‌های مکانی بارش اجرا شد و نحوه مشارکت واحدهای حوضه در سیل خروجی حوضه بالا دست رودخانه بختیاری با توجه به توزیع‌های مکانی بارندگی حاصل از توفانهای مهم این حوضه بررسی گردید. توزیع‌های مکانی مختلف تعدادی از توفانهای بزرگ بصورت بدون بعد تهیه گردید و بارش‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌متر در این توزیع‌ها اعمال شد. با تعیین شاخص سیل خیزی برای هر توزیع مکانی و هر زیر حوضه، به شاخص سیل خیزی زیر حوضه‌ها با عمق بارش‌ها همبستگی خوبی نشان داد.

با افزایش عمق بارندگی تأثیر توزیع مکانی بارش بر شاخص سیل خیزی ناچیز بوده و به عدد ثابتی میل می‌کند به عبارت دیگر هر چه وقایع بارندگی بزرگتر باشد، ضریب تغییرات شاخص سیل خیزی کاهش می‌یابد. با توجه به توزیع‌های مکانی مختلف بارش‌ها، تأثیر این توزیع‌ها بر روی شاخص سیل خیزی کاهش چشمگیری می‌یابد.

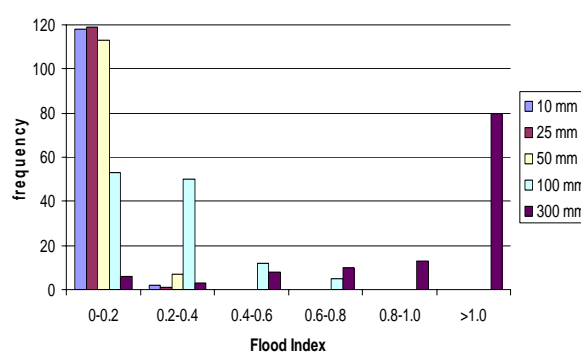


شکل (۸): توزیع‌های فراوانی بارندگی و شاخص سیل خیزی بازای عمق بارش کوچکتر از ۵۰ میلی‌متر (A) و کوچکتر از ۳۰۰ میلی‌متر (B)

رابطه مشخصی بین شاخص سیل خیزی برای توزیع‌های مکانی مختلف در زیر حوضه‌ها از یک طرف و پارامترهای شماره منحنی، زمان تمرکز، طول آبراهه اصلی و نسبت مساحت زیرحوضه به کل حوضه به دست نیامد. اگر چه زیرحوضه‌هایی که زمان تمرکز کمتری

توجه به تغییرات مکانی بارش روی شاخص سیل خیزی با زمان تمرکز زیرحوضه‌ها و همچنین CN زیرحوضه‌ها مشاهده نشد.

تغییرات فراوانی شاخص‌های سیل خیزی در هر زیرحوضه در شکل (۷) ترسیم شده است. همانطورکه مشاهده می‌شود بازه تغییرات شاخص سیل خیزی برای اکثر بارندگی‌ها (۱۰ تا ۱۰۰ میلیمتری) کمتر از ۰/۲ است. هرچه عمق بارش افزایش می‌یابد، شاخص سیل خیزی فراوانی بیشتری در مقادیر زیاد دارد. در شکل (۸) فراوانی نسبت عمق بارش به ۵۰ میلیمتر برای بارش‌های کوچکتر از ۵۰ میلی‌متر و برای بارش‌های کوچکتر از ۳۰۰ میلی‌متر در کنار فراوانی شاخص سیل خیزی رسم شده است. توزیع فراوانی شاخص سیل خیزی در بارش‌های کمتر با توزیع فراوانی بارندگی هماهنگی ندارد.



شکل (۷): توزیع‌های فراوانی شاخص سیل خیزی برای بارش‌های مختلف

۴- نتیجه گیری

یکی از مهمترین پیش نیازهای پروژه‌های کنترل سیلاب در سر منشأ بویژه در روش‌های غیر سازه‌ای، شناسایی مناطق سیل خیز در سطح حوضه می‌باشد. از این رو ارائه یک روش جهت تعیین مناطقی که پتانسیل سیل خیزی بیشتری در حوضه آبریز دارند بنحوی که جلوگیری یا مهار سیل در این نقاط منجر به کاهش خسارات در پایین دست حوضه گردد از اهمیت بسیاری برخوردار است. یکی از معهود روش‌های مطرح در این رابطه روش عکس العمل سیل واحد است که در آن با حذف متوالی واحدهای داخل حوضه، روندیابی رواناب ناشی از بارش طرح و تعیین اثر هر کدام از این واحدها در سیل خروجی از کل حوضه انجام می‌گیرد. بر مبنای این راهکار اولویت بندی مناطق سیل خیز میسر می‌شود.

در تحقیق حاضر روش پیشنهادی فوق با توجه به تأثیر

قائمى، ه. ۱۳۷۳. مطالعات مرحله شناسائى تکمىلى طرح آبخيزدارى حوضه کرخه. معاونت آبخيزدارى وزارت جهاد سازندگى.

صادقى، ح. ۱۳۷۴. تهيه مدل توزيع مکانى توليد رواناب در حوضه هاى آبريز. سمینار بررسى راهکارهاى مقابله با بحران آب. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۰ صفحه.

Hydrologic Engineering Center. 2000 HEC-HMS Technical reference manual. U.S. Army Corps of Engineers, Davis, Calif.

Islam, M. M. and Sado, K. 2000. "Development of Flood hazard maps of Bangladesh using NOAA-AVHRR images with GIS." Hydrolic Science Journal, 45(3), 337-355.

Juracek, K. E. 2000. "Estimation and comparison of potential runoss contributing areas in Kansas using topographic, soil, and land use information." USGS Water Resources Investigations Ref. 00-417, 28.

Saghafian, B. and Khosroshahi, M., 2005. Unit response approach for priority determination of flood source areas, Journal of Hydrologic Engineering, ASCE.

Reyni, L., Nan, L. 2002. Flood area and damage estimation in Zhejiang, China. Journal of Environmental Management. 66. 1-8.

- [۵] دارند، افزایش عمق بارندگى تأثیر بیشتری روی حداکثر شاخص سیل خیزی دارد. توزیع مکانی بارندگى در شاخص سیل خیزی بویژه زمانی مؤثر است که با وقایع بزرگتر و با زیرحوضه‌هایی با مساحت بیشتر همراه است.
- [۶] در مجموع اگر چنانچه طراحی‌ها بر اساس وقایع بارش یا دور بازگشت کمتر (عمق کمتر) انجام گیرد باید بنحوی تأثیر توزیع مکانی بویژه در حوضه متوسط و بزرگ نیز از طریق روشهای تحلیل حساسیت و یا تعیین دامنه تغییرات شاخص سیل خیزی انجام پذیرد. لیکن توزیع مکانی اهمیت خود را در وقایع بزرگ و نادر با عمق بارندگى زیاد بر شاخص سیل خیزی از دست می‌دهد.

۵- منابع

- [۱] شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، ۱۳۸۶. مطالعات حداکثر سیلاب محتمل سد و نیروگاه بختیاری، ۱۲۰ صفحه.
- [۲] کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ۱۳۸۵. پیش بینی و هشدار سیل، کار گروه رهیافت های فراگیر مدیریت سیلاب، ۲۵۰ صفحه.
- [۳] خسروشاهی، م. ۱۳۸۰. تعیین نقش زیرحوضه‌های آبخیز در شدت سیل خیزی حوضه، مطالعه موردی در حوضه آبخیز دماوند. پایان نامه دکتری آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس.
- [۴] فروزانی، ع. ۱۳۸۲. ارزیابی تأثیر زیرحوضه‌ها بر هیدروگراف سیلاب خروجی و انتخاب سناریوی مناسب کنترل سیل. پایان نامه کارشناسی ارشد تأسیسات آبیاری. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۲۰ صفحه.
- [۹]
- [۱۰]
- [۱۱]