

بررسی نقش مشارکت زیر حوضه‌های آبریز در شدت سیل خیزی؛ مطالعه موردی حوضه آبریز دالکی

رضا محمدی مطلق^۱، نوید جلال کمالی^۲، امیر جلال کمالی^۳

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۸/۰۷

چکیده

یکی از راه‌هایی که می‌توان خسارت ناشی از سیلاب را کاهش داد، تعیین مناطق مولد سیلاب و اعمال روش‌های مناسب کنترل آن می‌باشد. در این پژوهش، با تلفیق GIS و شبیه‌آشناسی HEC-HMS، میزان مشارکت زیر حوضه‌های بالادست ایستگاه آب‌سنجی چم‌چیت واقع در حوضه آبریز دالکی در سیل خروجی کل حوضه بر اساس دوره برگشت‌های ۲، ۵۰ و ۱۰۰ ساله تعیین می‌شود. بدین منظور با استفاده از روش تکرار حذف انفرادی زیر حوضه‌ها و در محیط شبیه HEC-HMS، زیر حوضه‌های آبریز بالادست ایستگاه آب‌سنجی چم‌چیت از نظر سیل‌خیزی اولویت‌بندی می‌شوند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که میزان مشارکت زیر حوضه‌ها در بده خروجی کل حوضه تنها تحت تاثیر مساحت و بده اوج زیر حوضه نمی‌باشد و عواملی مانند موقعیت مکانی زیر حوضه‌ها، فاصله تا خروجی، ضریب CN و نقش روندیابی در رودخانه اصلی تاثیر بسزایی در سیل‌خیز بودن زیر حوضه‌ها دارند. علاوه بر این تغییری در اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیر حوضه‌ها در دوره برگشت‌های مختلف دیده نشد.

واژه‌های کلیدی: اولویت‌بندی سیل‌خیزی، حوضه آبریز، واکنش سیل واحد، HEC-HMS، GIS.

^۱- نویسنده مسئول و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، عضو باشگاه پژوهشگران جوان

Email: mohammadimotlagh_reza@yahoo.com

^۲- عضو هیات علمی گروه مهندسی آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان Email: njalalkamali@iauk.ac.ir

^۳- عضو هیات علمی گروه مهندسی آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان Email: njalalkamali@iauk.ac.ir

مقدمه

مشخص شده است که همیشه زیر حوضه‌هایی که به خروجی نزدیک هستند و یا مساحت بیشتری دارند، سهم بیشتری در بده خروجی ندارند و همچنین لزوماً زیرحوضه‌هایی با مساحت بالا و با بدهی اوج زیاد تاثیر بیشتری در سیل‌خیزی حوضه ندارند، بلکه اثر متقابل عوامل موثر مانند موقعیت مکانی زیر حوضه‌ها و نقش روندیابی در رودخانه اصلی نیز می‌تواند نقش مهمی داشته باشند. در مطالعه‌ای که توسط آرناد و همکاران در سال ۲۰۰۱ میلادی در کشور مکزیک به انجام رسید، حساسیت شبیه‌های آبشناسی توزیعی نسبت به توزیع بارش به صورت متوسط مکانی و یا سطوح هم بارش مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها خاطر نشان کردند که کاربرد متوسط بارش یکنواخت حوضه به همراه مفهوم ضریب کاهش سطح، جهت تخمین احتمال سیل‌های بزرگ می‌تواند کافی باشد. همچنین حجم رواناب و بده آن به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به الگوی مکانی بارش یکنواخت تغییر می‌کند، زیرا با افزایش مساحت حوضه، تغییرات بارش زیاد می‌شود.

هدف از انجام این پژوهش، بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و شبیه آب‌شناسی HEC-HMS در تعیین میزان مشارکت زیر حوضه‌های بالادست ایستگاه آب‌سنجی چم‌چیت واقع در حوضه آبریز دالکی، در سیل خروجی کل حوضه دالکی و شناسایی و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر پتانسل سیل‌خیزی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

۱- منطقه مورد بررسی

حوضه آبریز دالکی یکی از زیر حوضه‌های خلیج فارس و دریای عمان است که مابین استان‌های فارس و بوشهر واقع شده است. این حوضه از طرف شمال به حوضه آبریز شاپور، از غرب به ادامه حوضه دالکی (در استان بوشهر) از جنوب به رودخانه شور فیروزآباد و از شرق به حوضه آبریز قره آغاج محدود شده است. مساحت سطح آبریز این حوضه تا بالادست ایستگاه آب‌سنجی چم‌چیت (واقع در استان فارس) در حدود ۳۹۰۰ کیلومتر مربع است که مرتفع‌ترین نقطه آن با ارتفاع ۲۹۰۰ متر در کوه باهیم و پست‌ترین نقطه آن با ارتفاع ۵۴۵ متر از سطح دریا در

به دلیل وسعت زیاد حوضه‌های آبریز و محدودیت‌های اقتصادی و اجرایی، احیاء آبریزها از دیدگاه کنترل سیل در یک پروژه واحد نه تنها عملی نیست، بلکه ممکن است اثرات معکوس داشته باشد. انتخاب اولویت مناطق برای اجرای پروژه‌های کنترل سیل، یک تصمیم‌گیری مدیریتی است که باید به وسیله مطالعه شرایط فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی منطقه و برآورد تاثیرات حاصل از انجام برنامه‌ها، تایید گردد. با توجه به این که در اغلب حوضه‌های آبریز کشور، وقوع سیل و خسارت‌های ناشی از آن روند افزایشی دارد، تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها از نظر پروژه‌های کنترل سیل و مدیریت جامع آبریزها ضرورت دارد. اولین فرمول‌های تجربی محاسبه بدهی سیل براساس برخی خصوصیات فیزیکی حوضه از جمله مساحت، شیب و زمان تمرکز بنا شده‌اند. در این نوع برآورد سیل، توزیع مکانی بارش و سایر خصوصیات حوضه در سطح حوضه در نظر گرفته نمی‌شود. بنابراین مدل‌های یکپارچه برای توزیع‌های مکانی مختلف بارش مازاد، نتایج یکسانی به دست می‌دهند. به تدریج با معرفی منابع جدید داده‌های زمینی مانند عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و نیز نرم‌افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی، شبیه‌سازی پاسخ حوضه به یک بارش با خصوصیات معین با روش‌های ارتقاء یافته توزیعی و با دقت نسبتاً بالایی انجام گرفت. این نوع شبیه‌ها که در آن خصوصیات مکانی بارش و حوضه آبریز در آن لحاظ می‌گردد، به شبیه‌های آبشناسی توزیعی معروف هستند و نیازمند تعیین دقیق شبکه آبراهه‌های داخل حوضه می‌باشند. در زمینه تعیین مناطق سیل‌خیزی یک حوضه آبریز نیز پژوهش‌هایی صورت گرفته است، اگر چه تعداد آن‌ها محدود می‌باشد. مانند جوکار در سال ۱۳۸۱ در مطالعه سیل‌خیزی زیرحوضه‌های رودخانه شاپور در استان فارس، خسرو شاهی و ثقفیان در سال ۱۳۸۴ در اولویت‌بندی مناطق سیل‌خیزی حوضه آبریز دماوند و ثقفیان و فرازجو در سال ۱۳۸۶ برای اولویت‌بندی سیل‌خیزی واحدهای آبشناسی حوضه سد گلستان از شبیه HEC-HMS استفاده نموده‌اند. نتایج این پژوهش‌ها نشان داده است که میزان مشارکت زیرحوضه‌ها در تولید سیل خروجی کل حوضه، صرفاً به یک عامل بستگی ندارد و اثرات متقابل عوامل، تعیین کننده سهم مشارکت آن‌ها در سیل‌خیزی حوضه می‌باشد. همچنین

رایانه‌ای مناسب جهت ارائه سیستم آب‌شناسی است که توسط گروه مهندسی ارتش آمریکا عرضه شده است. این شبیه حوضه آبریز را به عنوان یک سیستم به هم پیوسته با مولفه‌های آب‌شناسی و هیدرولیکی نمایش می‌دهد. ساختار شبیه HEC-HMS، شامل ۳ بخش اصلی می‌باشد که عبارتند از (الف) شبیه حوضه، (ب) شبیه هواشناسی، (ج) شاخص کنترل زمانی.

(الف) شبیه حوضه: این بخش شبیه HEC-HMS شامل عناصر و فرانسج‌های آب‌شناسی است و عبارتند از (۱) بخش عناصر حوضه مانند زیرحوضه، بازه‌های روندیابی، محل اتصال آبراهه، مخازن، چشمه، منبع و ... (۲) بخش تلفات، در این شبیه روش‌های متعددی برای برآورد تلفات وجود دارد که در این پژوهش از شبیه تلفات شماره منحنی SCS استفاده شده است. مقدار تلفات اولیه از روش SCS با توجه به روابط زیر بدست می‌آید.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (1)$$

$$I_a = a \times S \quad (2)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3)$$

که در آنها P_e ارتفاع بارش موثر (رواناب به میلی‌متر)، P ارتفاع بارندگی به میلی‌متر، S حداکثر پتانسیل انباشت حوضه به میلی‌متر و a ضریبی است که در هر شرایط متفاوت است و نیاز به واسنجی کردن این ضریب در هر منطقه جهت دستیابی به نتایج مطلوب می‌باشد. اما برای برآورد اولیه آن را 0.2 در نظر می‌گیرند. CN^y یا شماره منحنی با استفاده از نقشه‌های موجود از جمله کاربری اراضی و پوشش گیاهی و جداول موجود در کتب هیدرولوژی برآورد اولیه می‌شود. (۳) شبیه در بخش تبدیل بارش به رواناب مستقیم و انتقال آن در حوضه دارای گزینه‌های انتخابی متعدد است که بر پایه ۲ روش اساسی قرار گرفته‌اند (۱) روش آب نگار واحد (۲) روش موج سینماتیک. در این پژوهش، از روش آب نگار واحد SCS استفاده شده است. آب نگار واحد SCS بدون بعد می‌باشد. این آب نگار نسبت بین بدهی U_t در هر زمان به بدهی U_p آب نگار واحد در زمان رسیدن به اوج، در برابر

ایستگاه آب‌سنجی چم‌چیت واقع می‌باشد. رودخانه اصلی آن، رودخانه دالکی می‌باشد که یکی از دو شاخه عمده رودخانه حله بوده و بخش خاوری حوضه آبریز رودخانه حله را تشکیل می‌دهد. وقتی رودخانه جره و شاخه دیگری به نام شور جره در دشت جره به یکدیگر پیوستند و کمی بعد رودخانه فراشبند به آن‌ها ملحق گردید، رودخانه بنام دالکی تشکیل می‌شود.

۲- خصوصیات فیزیوگرافیک زیر حوضه‌ها

در این پژوهش، حوضه آبریز دالکی تا ایستگاه آب‌سنجی چم‌چیت براساس پستی و بلندی و شبکه آبراهه‌ها به ۲۱ زیرحوضه کوچکتر تقسیم شده است که شکل (۱) محدوده و موقعیت آن‌ها را نسبت به ایستگاه آب‌سنجی منطقه نشان می‌دهد. شبیه ارتفاعی رقومی (DEM) حوضه بر مبنای نقشه رقومی توپوگرافی حوضه در محیط GIS تهیه گردید. سپس خصوصیات فیزیوگرافی مورد نیاز از DEM استخراج شد.

۳- داده‌های بارش - رواناب و تعیین توزیع مکانی و زمانی رگبارها

برای واسنجی شبیه HEC-HMS لازم است که داده‌های واقعی بارش و سیلاب متناظر آن آماده گردند. بدین منظور آب نگار سیلاب‌های ایستگاه آب‌سنجی چم‌چیت، از سازمان آب منطقه‌ای استان فارس تهیه و تعدادی از آن‌ها که در ایستگاه باران‌سنج ثابت بوشیگان کازرون دارای بارش همزمان بودند، تفکیک گردید. سپس در زمان وقوع هر سیل، با استفاده از بارش روزانه ثبت شده در ایستگاه‌های داخل و اطراف حوضه آبریز دالکی، توابع مکانی رگبارها با استفاده از روش عکس مربع فاصله^۵ در محیط GIS استخراج شد. توزیع زمانی رگبارها نیز با استفاده از داده‌های ثبت شده باران نگار بوشیگان کازرون در زمان وقوع سیل تعیین شد.

۴- انتخاب شبیه ساز بارش - رواناب و برآورد اولیه فرانسج‌های آن

یک شبیه شامل روابطی است که رفتار اجزاء سیستم آب‌شناسی را ارائه می‌کند و شبیه HEC-HMS یک شبیه

7 - Curve Number

5 - Digital Elevation Model

6 - Inverse Distance Squared Method

۵- واسنجی و اعتباریابی شبیه HEC-HMS

در این پژوهش، برای واسنجی و اعتباریابی شبیه HEC-HMS از روش Simple-Split Sample Test استفاده شد. در این روش، سیلاب‌های مشاهده‌ای به دو گروه تقسیم می‌شوند. فراسنج‌های شبیه با یک گروه از داده‌ها و با استفاده از توابع هدف حداقل‌سازی خطا واسنجی می‌گردد. سپس اعتباریابی شبیه از طریق اجرای شبیه با فراسنج‌های واسنجی شده برای گروه دوم انجام می‌شود و آب نگار مشاهده‌ای و آب نگار شبیه‌سازی شده با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

۶- تعیین الگوی توزیع زمانی رگبارها

در این پژوهش، با استفاده از داده‌های ایستگاه باران نگار بوشیگان کازرون، الگوهای توزیع زمانی بارش برای تداوم ۱۸ ساعته (تقریباً برابر با زمان تمرکز حوضه آبریز دالکی (۱۷/۷۰ ساعت)) و به روش میانگین ترسیمی استخراج شد. برای استخراج الگوی توزیع زمانی به روش میانگین ترسیمی مراحل زیر انجام شد:

- ۱- تهیه رگبارها: مقادیر رگبارها به صورت ۱۵ دقیقه‌ای از سازمان آب و برق فارس تهیه گردید.
- ۲- تجزیه و تحلیل رگبارها: با بررسی داده‌های رگبارها از نظر منفرد بودن، پیوستگی و با توجه به مدت واقعی رگبار اتفاق افتاده و محدوده زمانی قابل قبول برای پایه زمانی مورد نظر که در جدول (۵) ذکر شده است، رگبارها در پایه زمانی ۱۸ ساعت (تقریباً برابر با زمان تمرکز حوضه آبریز مورد مطالعه در این پژوهش) استخراج و طبقه‌بندی شد.
- ۳- انتخاب بارش شدید: در تداوم مورد نظر با توجه به مقدار میانگین بارش‌ها، رگبارهایی با مجموع بارش بیش از میانگین به عنوان بارش شدید انتخاب شد.
- ۴- بی‌بعد کردن تمامی رگبارهای انتخاب شده در تداوم مورد نظر به صورت مجزا.
- ۵- محاسبه مقادیر بارندگی تجمعی بی‌بعد تمام رگبارها در تداوم مورد نظر برای فاصله‌های ۵ درصد زمانی از طریق درون‌یابی.
- ۶- محاسبه میانگین بارندگی تمامی رگبارها (در تداوم مورد نظر) از صفر درصد زمانی تا ۱۰۰ درصد زمانی.

نسبت، بین زمان‌های آن‌ها T ، و زمان رسیدن به آبدهی اوج T_p نشان می‌دهد. ارتباط بین آبدهی اوج و زمان رسیدن به این آبدهی در روابط زیر تعیین شده است.

$$U_p = 2.08 \frac{A}{T_p} \quad (۴)$$

$$T = \frac{\Delta t}{2} + T_{lag} \quad (۵)$$

در رابطه فوق A مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع، T_{lag} و T_c برابر با زمان تاخیر و زمان تمرکز حوضه بر حسب ساعت هستند که به ترتیب از طریق روابط (۶) و (۷) زیر محاسبه می‌شود.

$$t_l = \frac{L^{0.8} [(1000 / CN) - 9]^{0.7}}{1900 S^{0.5}} \quad (۶)$$

$$T_c = 1.66 \times T_{lag} \quad (۷)$$

L برابر با طول آبراهه اصلی در امتداد و مسیر آبراهه اصلی بر حسب متر و S حداکثر پتانسیل انباشت حوضه به میلی‌متر و S شیب متوسط سطح اراضی بر حسب درصد می‌باشد. در بخش روندیابی نیز روش‌های متعددی وجود دارد که در این پژوهش از روش ماسکینگهام^۸ استفاده شده است. دو عامل مورد نیاز برای روندیابی با این روش شامل K و X می‌باشد. K بعد زمان داشته و معادل زمان انتقال موج سیل از ابتدا تا انتهای بازه روندیابی است و X یک ضریب بدون بعد بین صفر تا ۰/۵ بوده و مشخص کننده تاثیر نسبی دبی‌های ورودی و خروجی در میزان انباشت است.

(ب) شبیه هواشناسی: این بخش از شبیه شامل مجموعه اطلاعات مورد نیاز برای تعیین بارش تاریخی یا طراحی است و با شبیه حوضه در اتصال است. روش‌های محاسباتی بارش در این شبیه متفاوت است که در این پژوهش، از روش تعیین هایتوگراف بارش توسط کاربر استفاده شده است.

(ج) شاخص کنترل: در این بخش از شبیه مشخصات زمانی وارد می‌شود که شامل تاریخ، زمان شروع و خاتمه بارش و همچنین گام زمانی برای محاسبات می‌باشد.

۳ فراسنجی، گامای ۲ فراسنجی، پیرسون تیپ III، لوگ پیرسون تیپ III و گامبل) استفاده شد. جهت محاسبه فراسنج های توزیع از روش گشتاور (Moment) استفاده شد و بهترین توزیع آماری منطبق بر داده‌ها بر اساس حداقل مقدار میانگین انحرافات نسبی و مقایسه برازش توزیع بر داده‌های مشاهداتی به تفکیک هر تداوم انتخاب شدند. سپس بارندگی برای هر بازه زمانی و دوره برگشت مورد نظر محاسبه شد. در مرحله بعد، نسبت مقادیر حداکثر رگبار در تداوم های مختلف به حداکثر رگبار روزانه برای دوره برگشت مورد نظر محاسبه و پس از آن رابطه همبستگی بین نسبت‌های فوق و زمان تداوم بارندگی مطابق رابطه (۸) تعیین گردید. توجه شود که بارش حداکثر روزانه با بارش حداکثر ۲۴ ساعته به هم تفاوت دارند و تفاوت آن در نحوه‌ی اندازه‌گیری و استخراج این دو فراسنج می‌باشد.

$$R_m^T = at^b \quad (8)$$

که در آن، R_m^T نسبت مقادیر حداکثر رگبار در تداوم مختلف به حداکثر رگبار روزانه در دوره برگشت T و t زمان تداوم بارندگی و a و b ضرایب تجربی می‌باشند. رابطه (۸) را به صورت رابطه (۹) نیز می‌توان نوشت:

$$R_m^T = P_t^T / P_{day}^T \quad (9)$$

$$P_t^T = P_{day}^T \times R_m^T$$

$$P_t^T = P_{day}^t \times at^b$$

که در آن P_t^T مقدار حداکثر بارش در زمان t و دوره برگشت T ، P_{day}^T مقدار حداکثر بارش روزانه در دوره برگشت T است. همچنین می‌توان از رابطه (۹) به طور مشابه برای بدست آوردن شدت بارندگی t ساعته با دوره برگشت T ساله مطابق رابطه (۱۰) استفاده نمود.

$$I_t^T = P_{day}^t \times at^b \quad (10)$$

جدول (۷) روابط بین حداکثر بارش در تداوم‌های ۱۵ دقیقه تا ۲۴ ساعت را با حداکثر بارش روزانه در دوره برگشت‌های ۲، ۵۰ و ۱۰۰ سال نشان می‌دهد. ضریب تبیین بالای ۰/۹۵ در رابطه بدست آمده نشان دهنده

۷- رسم نمودار میانگین بارندگی بی‌بعد برحسب مقادیر زمانی بی‌بعد (۰، ۵، ۱۰، ...، ۱۰۰) برای تداوم مورد نظر.

جدول (۶) الگوهای توزیع زمانی برای تداوم ۱۸ ساعته بارش حوضه آبریز دالکی را نشان می‌دهد.

۷- تعیین روابط شدت- مدت- فراوانی رگبارها

برای تعیین منحنی‌های IDF^۹، ابتدا داده‌های بارندگی ایستگاه بوشیگان کازرون مورد بررسی قرار گرفت و سپس یک دوره آماری ۲۸ ساله (از سال آبی ۱۳۶۲ الی ۱۳۸۹) که داده‌های مناسب داشته را انتخاب و با استفاده از داده‌های ۱۵ دقیقه‌ای بارندگی موجود، برای هر بارندگی مقادیر حداکثر بارندگی برای تداوم زمانی ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۹۰ دقیقه و ۲، ۶، ۱۲، ۱۸، ۲۴ ساعته بدست آمد. بدین ترتیب در هر سال آبی یک مقدار عددی بیشینه برای حداکثر بارندگی در تداوم مورد نظر بدست می‌آید. علاوه بر این، مقادیر حداکثر بارش روزانه نیز بصورت جداگانه تعیین شد. برای تکمیل خلاء آماری به دو صورت عمل شد: (۱) در حالتی که برخی از سال‌ها و برای بعضی از تداوم‌ها ایستگاه فاقد آمار یا دارای آمار غیر قابل قبول بود، با ایجاد همبستگی بین دو ردیف زمانی مجاور اقدام به تخمین مقدار مربوط به آن فاصله زمانی گردید. (۲) در سالهایی که به علت نقص دستگاه باران سنج ثبات مقادیر حداکثر بصورت کامل ثبت نگردیده است، از میانگین نسبت بارندگی‌های کوتاه مدت به بارندگی حداکثر یک روزه ایستگاه در سال‌های داری آمار استفاده شد و برای سال‌های فاقد آمار با ضرب این نسبت‌ها به مقدار حداکثر رگبار یک روزه ایستگاه، اقدام به بازسازی و برآورد مقدار بارش آن سال گردید. در مرحله بعد مقادیر حداکثر عددی هر تداوم و بارش روزانه، تحت آزمون‌های آماری از قبیل تصادفی بودن، همگن بودن و آزمون داده‌های پرت قرار گرفت. سپس جهت تعیین روابط شدت، مدت و فراوانی بارندگی و ترسیم منحنی آن به شیوه زیر عمل شد: با استفاده از نرم‌افزارهای تحلیل فراوانی آبشناسی (HYFA و SMADA) برای هر گروه از داده‌ها در بازه‌های زمانی مختلف تحلیل فراوانی صورت گرفت. برای این منظور از ۷ توزیع آماری (نرمال، لوگ نرمال ۲ فراسنجی، لوگ نرمال

مناسب بودن آن در برآورد حداکثر بارش در تداوم‌های مختلف می‌باشد. از این روابط در تعیین هایتوگراف بارش طراحی استفاده گردیده است.

$$f = \frac{\Delta QP}{A} \quad (12)$$

که در آن‌ها، F سهم مشارکت زیرحوضه در بده خروجی کل حوضه به درصد، ΔQP مقدار کاهش در بدهی خروجی کل حوضه در اثر حذف زیر حوضه مورد نظر بر حسب متر مکعب بر ثانیه، QP بده خروجی کل حوضه بر حسب متر مکعب بر ثانیه، f سهم مشارکت زیرحوضه در بده خروجی کل حوضه به ازای واحد سطح و A مساحت زیرحوضه به کیلومتر مربع می‌باشد.

نتایج و بحث

۱- واسنجی و اعتباریابی شبیه بارش - رواناب

خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌های آبریز حوضه دالکی که محدوده آن‌ها در شکل (۱) نشان داده شده از DEM استخراج گردید. همچنین به دلیل در دسترس نبودن نقشه شماره منحنی آن منطقه، مقدار اولیه‌ای برای هر یک از زیرحوضه‌های آبریز در نظر گرفته شد که نتایج فوق در جدول (۱) ارایه شده است. شیب متوسط کل حوضه برابر ۲۴/۶۵ درصد، ارتفاع متوسط وزنی آن در حدود ۱۲۳۹/۰۶ متر و طول آبراهه اصلی آن ۱۱۵/۸۶ کیلومتر می‌باشد. در راستای تعیین توزیع مکانی و زمانی رگبارها و بررسی آب نگارهای سیلاب ثبت شده در ایستگاه‌های آب‌سنجی موجود در منطقه مشخص گردید که علی‌رغم وجود تعدادی وقایع سیل ثبت شده، به دلیل ضعف شبکه باران‌سنج‌های ثبات منطقه، تعداد رویدادهای بارش - رواناب جهت واسنجی شبیه بسیار محدود است. نهایتاً در ایستگاه آب‌سنجی چم‌چیت چهار رویداد مناسب تشخیص داده شد. جدول (۲) مشخصات این رویدادها را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در بخش مواد و روش‌ها ذکر شد برای واسنجی و اعتباریابی مدل، سیلاب‌ها به دو گروه تقسیم شدند که در این پژوهش، سه رویداد برای واسنجی و یک رویداد برای اعتباریابی شبیه مورد استفاده قرار گرفت. نتایج مربوط به بهینه‌سازی فراسنج‌های ورودی به شبیه و اعتباریابی آن به ترتیب در جداول (۳) و (۴) ارایه شده‌اند. که با توجه به خطای هشت درصد در برآورد بدهی اوج و ۱۶ درصد در برآورد حجم سیلاب مورد قبول واقع شدند.

۸- تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها

پس از واسنجی شبیه بارش - رواناب، با استفاده از داده‌های حداکثر بارش روزانه ایستگاه‌های باران‌سنج معمولی داخل و خارج از محدوده مطالعاتی، نقشه توزیع مکانی بارش ۲۴ ساعته با دوره برگشت ۲، ۵۰ و ۱۰۰ سال در سطح حوضه تهیه گردید. سپس با قرار دادن آن در روابط شدت-مدت-فراوانی (IDF) ایستگاه باران‌نگار ثبات بوشیگان کازرون با دوره برگشت ۲، ۵۰ و ۱۰۰ سال و تداوم ۱۷/۷۰ ساعت (معادل زمان تمرکز حوضه)، نقشه عمق بارش طراحی کل حوضه به روش عکس مربع فاصله در محیط GIS تهیه شد. سپس سهم هر یک از زیرحوضه‌ها از مقدار بارش طراحی برای هر یک از دوره برگشت‌ها مشخص شد. در ادامه برای تهیه هایتوگراف‌های ۱۷/۷۰ ساعته زیرحوضه‌ها، از الگوی توزیع بارش ۱۸ ساعته حوضه آبریز دالکی استفاده شد و آب نگار سیل در خروجی هر زیرحوضه بدست آمد. سپس با استفاده از روش واکنش سیل واحد^۱ در محیط شبیه HMS، زیرحوضه‌های آبریز دالکی از نظر سیل‌خیزی و براساس دوره برگشت‌های ۲، ۵۰ و ۱۰۰ سال اولویت‌بندی شدند. در این روش، با حذف متوالی و یک به یک زیرحوضه‌ها در هر بار اجرای مدل، بده خروجی کل حوضه پس از روندیابی سیل در رودخانه اصلی بدون اثر زیرحوضه مورد نظر تعیین می‌شود. بدین ترتیب میزان تاثیر هر یکی از زیرحوضه‌ها در تولید سیل خروجی بدست می‌آید. زیرحوضه‌ای که بیشترین سهم مشارکت در تولید سیل خروجی حوضه را به عهده داشته باشد، در گام نخست به عنوان سیل‌خیزترین زیر حوضه شناخته می‌شود. سپس سایر زیرحوضه‌ها به ترتیب میزان مشارکت آن‌ها در سیل خروجی اولویت‌بندی می‌گردند. دو نمایه سیل‌خیزی مورد استفاده به صورت روابط (۱۱) و (۱۲) تعریف می‌شوند.

$$F = \left(\frac{\Delta QP}{QP} \right) \times 100 \quad (11)$$

خروجی کل حوضه تاثیر بیشتری ندارد. به طور مثال در این پژوهش، زیرحوضه شماره ۲۱ که از لحاظ مساحت در رده نخست و از لحاظ بدهی اوج در رده دوم قرار دارد، از نظر مشارکت در سیل خروجی کل حوضه در رده پانزدهم قرار می‌گیرد که در دوره برگشت‌های ۲، ۵۰ و ۱۰۰ سال، تفاوتی بین اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها دیده نشد. این امر نشان دهنده اثرات متقابل روندیابی سیل در رودخانه، موقعیت مکانی و خصوصیات زیرحوضه‌ها در تعیین سهم مشارکت در بدهی اوج کل حوضه می‌باشد که این اثرات بدون شبیه‌سازی توسط شبیه و تنها بر مبنای عواملی مانند مساحت قابل تعیین نیست. بنابراین اولویت‌بندی نهایی زیرحوضه‌های آبریز در این پژوهش بر اساس مشارکت آن‌ها در بدهی خروجی کل حوضه به ازای واحد سطح انجام پذیرفت. شکل (۴) نقشه اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها را براساس نمایه (f) و دوره برگشت ۵۰ سال نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که زیر حوضه شماره ۳ اولین رتبه و زیرحوضه شماره ۱۵ آخرین رتبه را به خود اختصاص می‌دهند. شایان ذکر است که زیرحوضه شماره ۳ در تمامی موارد، در اولویت نخست قرار دارد که نشان دهنده پتانسیل سیل‌خیزی زیاد این منطقه می‌باشد. که دلیل اصلی آن، شدت و عمق بارندگی و همچنین بالابودن شیب و شماره منحنی است که باعث کاهش زمان تمرکز آن زیرحوضه گردیده است. نتایج حاصل نشان می‌دهند که سهم مشارکت زیرحوضه‌ها در سیل‌خیزی کل حوضه، تنها تحت تاثیر مساحت آن‌ها نیست و عواملی مانند موقعیت مکانی زیرحوضه‌ها و تاثیر روندیابی سیل در رودخانه اصلی نیز در رژیم سیلابی حوضه تاثیر مهمی دارند. همچنین مشخص گردید که زیرحوضه شماره ۳ با توجه به شدت بارندگی در این زیرحوضه سهم قابل توجهی در سیل خروجی کل حوضه دارد و زیرحوضه شماره ۱۵ دارای کم‌ترین شدت سیل‌خیزی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

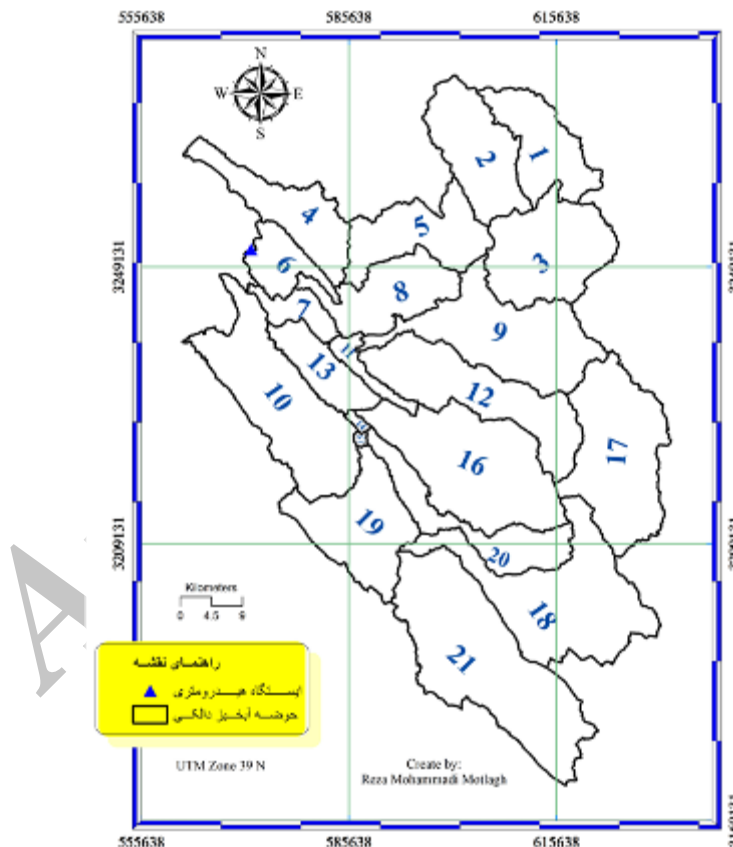
در غالب روش‌هایی که برای شناسایی، تفکیک و اولویت‌بندی مناطق دارای پتانسیل بالای تولید سیل به کار گرفته شده‌اند، کل حوضه به صورت یک پارچه در نظر گرفته می‌شد و یا به صورت منطقه‌ای و بدون در نظر گرفتن مرزهای فیزیکی حوضه‌ها و یا زیرحوضه‌ها صورت

۲- تعیین بدهی خروجی و اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها

با استفاده از شبیه‌سازی واسنجی شده و الگوی توزیع زمان بارش ۱۸ ساعته و همچنین رابطه بدست آمده از منحنی شدت - مدت - فراوانی حوضه آبریز دالکی، مقدار بدهی اوج سیلاب ناشی از بارش به ازای دوره برگشت‌های مختلف و تداوم ۱۷/۷۰ ساعت (معادل زمان تمرکز حوضه) استخراج شد. سپس به روش واکنش سیل واحد، شدت سیل‌خیزی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل از اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس دوره برگشت ۵۰ سال در جدول (۸) و شکل‌های (۲) و (۳) ارائه شده است. براساس نتایج جدول ۸ (ستون ۳ و ۸)، زیرحوضه شماره ۳ با تولید بده اوج ۵۱۵/۹۰ متر مکعب بر ثانیه در محل خروجی زیرحوضه، بیشترین مقدار و زیرحوضه شماره ۱۵ با بده اوج ۲/۷۰ متر مکعب بر ثانیه، کمترین مقدار بدهی اوج را به خود اختصاص می‌دهند. در مطالعاتی که اولویت‌بندی تنها براساس بدهی اوج زیرحوضه بدون روندیابی آب نگار سیل از محل زیرحوضه تا خروجی کل حوضه انجام می‌گیرد، موضوع اولویت‌بندی در همین جا پایان یافته تلقی می‌گردد و بدین ترتیب میزان مشارکت زیرحوضه‌ها در سیل خروجی کل حوضه مشخص نمی‌گردد. بنابراین حوضه‌ای که بدهی بیشتری داشته باشد، اولویت اول را به خود اختصاص می‌دهد و بالعکس. در ستون ۹ جدول (۸) و شکل (۲)، اولویت‌بندی پس از روندیابی آب نگار سیل زیرحوضه در آبراهه اصلی و براساس میزان مشارکت هر یک از زیرحوضه‌ها در سیل خروجی حوضه نشان داده شده است. در مواردی که مساحت زیرحوضه‌ها اولویت‌بندی سیل‌خیزی را تحت تاثیر قرار می‌دهند، می‌توان این اولویت‌بندی را به ازای واحد سطح زیرحوضه انجام داد (ستون ۱۰ جدول ۸ و شکل ۳). در بخش اجرایی کنترل سیلاب نیز میزان کاهش سیل خروجی به ازای واحد سطح زیرحوضه، اهمیت بیشتری دارد. زمانی که میزان تاثیر بدهی زیرحوضه‌ها پس از حذف در روندیابی در بدهی اوج خروجی کل حوضه در نظر گرفته می‌شود، نسبت تاثیر آن‌ها تنها به مساحت و بدهی اوج زیرحوضه بستگی ندارد، بلکه اثر متقابل عوامل موثر مثل موقعیت مکانی زیرحوضه‌ها، می‌تواند نقش مهمی داشته باشد. بنابراین لزوماً زیرحوضه‌ای که مساحت بزرگ‌تر و یا بدهی اوج بیشتری داشته باشد در سیل

نشان می‌دهد که میزان مشارکت زیرحوضه‌ها در بده خروجی کل حوضه تنها تحت تاثیر مساحت و بده اوج زیرحوضه نمی‌باشد و عواملی مانند موقعیت مکانی زیرحوضه‌ها، فاصله تا خروجی و نقش روندیابی در رودخانه اصلی، ضریب شماره منحنی و میزان بارش دریافتی هر زیرحوضه تاثیر بسزایی در سیل‌خیز بودن زیرحوضه دارد. از نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان در برنامه‌ریزی عملیات کنترل سیلاب از نوع سازه‌های کوچک و یا تقویت و مدیریت پوشش گیاهی در منطقه مورد بررسی استفاده نمود. همچنین در تعیین مکان نصب ادوات اندازه‌گیری و هشدار سیل در زیرحوضه‌های سیل‌خیز نیز می‌توان از نتایج این پژوهش بهره برد.

می‌پذیرفت. در موارد نادری که سیل‌خیزی در سطح زیر حوضه‌ها مورد بررسی قرار گرفته، معمولاً رفتار آشناسی زیرحوضه‌ها خطی فرض شده است و صرفاً بده‌های خروجی هر یک از زیرحوضه‌ها بدون اثرات روندیابی آبراهه‌ای و با فرض همزمانی رسیدن بده‌ها به خروجی حوضه ملاک عمل بوده است. در این پژوهش، با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و شبیه‌های آشناسی، اثر متقابل عوامل فیزیوگرافیک و اقلیمی بر پتانسیل سیل‌خیزی زیر حوضه‌های حوضه آبریز دالکی مورد مطالعه قرار گرفت و با در نظر گرفتن همزمانی بده‌ی اوج زیر حوضه‌ها و نقش روندیابی سیل در رودخانه‌ها، اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها انجام پذیرفت. نتایج این پژوهش



شکل (۱): موقعیت زیر حوضه‌های حوضه آبریز دالکی نسبت به ایستگاه هیدرومتری چم چیت

جدول (۱): خصوصیات فیزیوگرافیک و شماره منحنی زیر حوضه های آبریز دالکی

| نام زیرحوضه | مساحت (KM ²) | ارتفاع متوسط وزنی به متر | شیب متوسط وزنی حوضه (%) | طول آبراهه اصلی به (KM) | شماره منحنی در حالت ۱ |
|-------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| ۱ | ۱۴۹/۳۸ | ۲۰۷۹/۱۴ | ۳۰/۴۰ | ۳۱/۸۰ | ۷۳/۴۰ |
| ۲ | ۱۸۲/۴۰ | ۲۳۴۶/۵۸ | ۳۷/۳۷ | ۲۹/۳۱ | ۸۳/۵۰ |
| ۳ | ۲۲۸/۰۶ | ۱۸۶۸/۷۹ | ۳۹/۲۴ | ۳۱/۰۲ | ۷۷/۴۰ |
| ۴ | ۱۵۱/۱۲ | ۸۹۲/۲۰ | ۲۳/۹۷ | ۳۵/۵۵ | ۸۳/۹۰ |
| ۵ | ۱۶۷/۰۸ | ۱۳۳۲/۷۸ | ۲۹/۹۷ | ۳۳/۲۰ | ۶۲/۰۰ |
| ۶ | ۷۶/۵۳ | ۶۷۳/۴۷ | ۲۶/۰۵ | ۱۹/۸۴ | ۷۲/۸۰ |
| ۷ | ۵۰/۰۰ | ۷۳۹/۴۷ | ۲۱/۴۷ | ۱۲/۸۷ | ۸۲/۱۰ |
| ۸ | ۱۵۵/۷۹ | ۲۲/۸۳ | ۱۳/۴۲ | ۳۷/۹۴ | ۵۶/۳۰ |
| ۹ | ۲۸۱/۲۶ | ۱۴۰۹/۳۴ | ۳۱/۶۱ | ۳۹/۹۲ | ۷۰/۶۰ |
| ۱۰ | ۳۱۲/۱۵ | ۸۵۸/۹۲ | ۱۶/۰۹ | ۳۷/۰۶ | ۷۸/۳۰ |
| ۱۱ | ۳۴/۱۹ | ۷۵۱/۷۲ | ۱۲/۳۲ | ۱۹/۰۷ | ۶۹/۶۰ |
| ۱۲ | ۲۴۹/۴۶ | ۱۱۱۴/۶۵ | ۲۴/۱۲ | ۵۳/۴۰ | ۷۳/۲۰ |
| ۱۳ | ۹۴/۳۱ | ۷۶۴/۴۳ | ۱۲/۲۷ | ۱۷/۱۶ | ۶۸/۹۰ |
| ۱۴ | ۵/۸۶ | ۷۰۸/۸۰ | ۱۲/۲۰ | ۵/۵۵ | ۷۰/۸۰ |
| ۱۵ | ۳/۶۴ | ۷۲۳/۷۹ | ۱۰/۲۲ | ۲/۹۰ | ۶۶/۴۰ |
| ۱۶ | ۳۳۵/۰۲ | ۱۰۴۹/۱۵ | ۲۲/۳۲ | ۴۴/۴۷ | ۶۱/۴۰ |
| ۱۷ | ۲۹۴/۳۸ | ۱۷۹۸/۷۶ | ۳۲/۲۳ | ۲۳/۱۸ | ۵۶/۹۰ |
| ۱۸ | ۳۴۴/۸۰ | ۱۳۳۷/۴۵ | ۲۴/۳۰ | ۵۲/۴۹ | ۶۰/۴۰ |
| ۱۹ | ۲۰۷/۶۵ | ۸۵۹/۵۰ | ۲۲/۹۹ | ۳۷/۶۰ | ۷۶/۲۰ |
| ۲۰ | ۱۴۵/۳۹ | ۹۶۹/۳۷ | ۲۳/۳۷ | ۴۷/۸۲ | ۷۷/۶۰ |
| ۲۱ | ۴۳۱/۵۷ | ۸۸۸/۵۹ | ۱۵/۹۹ | ۵۳/۵۹ | ۸۰/۱۰ |
| کل حوضه | ۳۹۰۰/۰۴ | ۱۲۳۹/۰۶ | ۲۴/۶۵ | ۱۱۵/۸۶ | ۷۱/۰۹ |

جدول (۲): مشخصات وقایع بارش - رواناب واقعی برای واسنجی و اعتباریابی شبیه HEC-HMS

| ایستگاه آب سنجی | تاریخ وقوع سیلاب | شرایط رطوبتی خاک | دبی اوج سیل (M ³ /S) |
|-----------------|------------------------|------------------|---------------------------------|
| چم چیت | ۲۳ تا ۲۴ دی ماه ۱۳۷۶ | خشک | ۹۷/۴۰ |
| | ۲۰ تا ۲۲ آذرماه ۱۳۷۹ | خشک | ۱۵۰/۸۰ |
| | ۱۶ تا ۱۷ بهمن ماه ۱۳۸۱ | خشک | ۳۲۱/۵۰ |
| | ۲۵ تا ۲۶ آبان ماه ۱۳۸۴ | متوسط | ۴۰۳/۷۰ |

جدول (۳): نتایج متوسط فراسنج های ورودی به شبیه پس از مرحله واسنجی

| زیر حوضه | فراسنج های واسنجی ورودی به شبیه | | فراسنج های واسنجی ورودی به شبیه | | زیر حوضه | فراسنج های واسنجی ورودی به شبیه | |
|----------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|----------|---------------------------------|-----------------------|
| | شماره | گیرش اولیه (میلی متر) | شماره | گیرش اولیه (میلی متر) | | شماره | گیرش اولیه (میلی متر) |
| ۱ | ۷۹/۹۸ | ۱۷/۹۱ | ۱۲ | ۶۵/۰۰ | ۱۸/۶۰ | ۱/۶۶۱ | ۰/۳۵۵ |
| ۲ | ۷۸/۳۴ | ۹/۷۰ | ۱۳ | ۶۰/۷۰ | ۲۲/۹۳ | ۷/۵۸۵ | ۰/۳۲۶ |
| ۳ | ۸۶/۲۰ | ۱۲/۵۰ | ۱۴ | ۶۱/۶۷ | ۲۰/۹۵ | ۱۳/۸۵۶ | ۰/۳۰۰ |
| ۴ | ۸۶/۴۵ | ۵/۶۱ | ۱۵ | ۵۷/۳۲ | ۲۵/۷۱ | ۴/۱۲۹ | ۰/۳۶۷ |
| ۵ | ۵۲/۹۸ | ۳۱/۱۴ | ۱۶ | ۵۳/۲۰ | ۳۱/۹۴ | ۱/۱۶۶ | ۰/۲۰۴ |
| ۶ | ۸۲/۰۷ | ۱۹/۲۹ | ۱۷ | ۴۸/۷۰ | ۳۸/۴۸ | ۰/۴۰۸۸ | ۰/۲۰۸ |
| ۷ | ۸۵/۱۷ | ۱۸/۸۳ | ۱۸ | ۵۲/۲۰ | ۳۳/۳۱ | ۵/۴۲۶ | ۰/۲۳۵ |

ادامه جدول (۳): نتایج متوسط فراسنج های ورودی به شبیه پس از مرحله واسنجی

| فراسنج های واسنجی ورودی به شبیه | | نام بازه رودخانه | فراسنج های واسنجی ورودی به شبیه | | زیر حوضه | فراسنج های واسنجی ورودی به شبیه | | زیر حوضه |
|------------------------------------|----------|---------------------|------------------------------------|----------------|-------------|------------------------------------|----------------|-------------|
| X | K (ساعت) | | گیرش اولیه (میلی متر) | شماره منحنی | | گیرش اولیه (میلی متر) | شماره منحنی | |
| .۲۴۵ | ۰/۳۵۵ | Reach-8 | ۱۵/۸۷ | ۶۸/۰۰ | ۱۹ | ۳۹/۴۳ | ۴۸/۱۰ | ۸ |
| .۳۵۵ | .۸۱۶ | Reach-9 | ۱۴/۶۶ | ۷۶/۴۵ | ۲۰ | ۲۱/۱۶ | ۶۹/۸۴ | ۹ |
| .۴۱۱ | ۳/۷۸۸ | Reach-10 | ۱۲/۶۲ | ۷۸/۲۰ | ۲۱ | ۱۴/۰۸ | ۷۵/۹۷ | ۱۰ |
| .۳۲۵ | ۱/۹۵۶ | Reach-11 | - | - | - | ۲۲/۱۹ | ۶۰/۴۸ | ۱۱ |

جدول (۴): مقایسه نتایج آب نگار واقعی و محاسبه شده در مرحله اعتباریابی

| تاریخ وقوع سیلاب | ۲۶ تا ۲۵ آبان ماه ۱۳۸۴ |
|----------------------------|---------------------------|
| دبی اوج واقعی | ۴۰۳/۷۰ |
| دبی اوج محاسبه شده | ۳۷۰/۲۵ |
| حجم رواناب واقعی | ۱۱۶۲۵/۳۰ |
| حجم رواناب محاسبه شده | ۱۳۵۲۰/۳۸ |
| اختلاف زمان تا اوج (دقیقه) | ۱۲۰ |
| درصد خطای اوج سیلاب | ۸/۲۹ |
| درصد خطای حجم سیلاب | ۱۶/۳۰ |

جدول (۵): محدوده زمانی قابل قبول [۳]

| | |
|-------------------------|-----------|
| تداوم بارش (ساعت) | ۱۲ |
| محدوده قابل قبول (ساعت) | ۱۰/۵ - ۱۴ |

جدول (۶): الگوهای توزیع زمانی برای تداوم ۱۸ ساعته (T/TR): زمان (درصد)، P/PT: بارش (درصد)

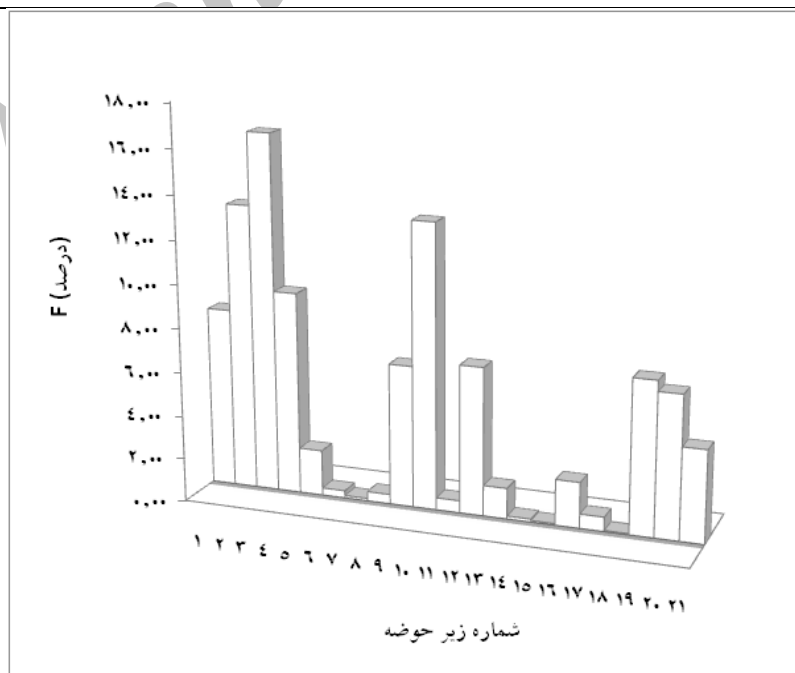
| P/PT | T/TR | P/PT | T/TR | P/PT | T/TR |
|--------|------|-------|------|-------|------|
| ۶۹/۴۳ | ۷۰ | ۲۸/۵۸ | ۳۵ | ۰/۰۰ | ۰ |
| ۷۶/۳۲ | ۷۵ | ۳۲/۵۷ | ۴۰ | ۱/۴۰ | ۵ |
| ۸۲/۴۹ | ۸۰ | ۳۵/۴۸ | ۴۵ | ۴/۰۷ | ۱۰ |
| ۸۸/۷۷ | ۸۵ | ۴۲/۰۲ | ۵۰ | ۶/۷۸ | ۱۵ |
| ۹۳/۶۲ | ۹۰ | ۴۸/۴۳ | ۵۵ | ۱۱/۷۸ | ۲۰ |
| ۹۷/۰۸ | ۹۵ | ۵۴/۹۲ | ۶۰ | ۱۷/۹۲ | ۲۵ |
| ۱۰۰/۰۰ | ۱۰۰ | ۶۲/۶۲ | ۶۵ | ۲۴/۰۸ | ۳۰ |

جدول (۷): ضرایب ثابت و روابط حداکثر بارش روزانه و حداکثر بارش در تداوم کوتاه مدت

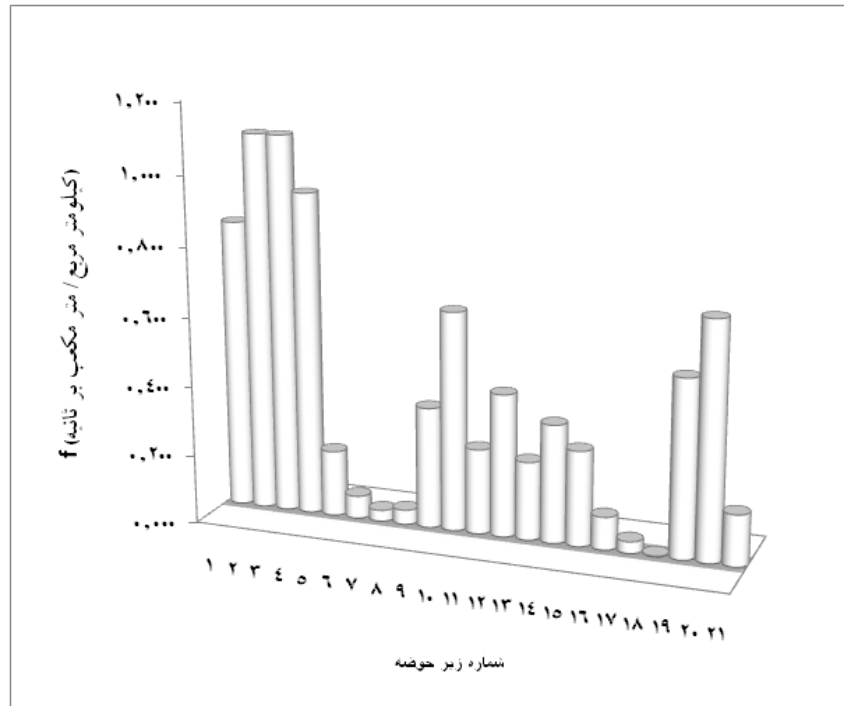
| R ² | رابطه | B | a | دوره بازگشت (سال) |
|----------------|--|-------|--------|-------------------|
| ۰/۹۶۹ | $P_t^2 = P_{day}^2 \times 0.2318t^{0.473}$ | ۰/۴۷۳ | ۰/۲۳۱۸ | ۲ |
| ۰/۹۵۲ | $P_t^{0.5} = P_{day}^{0.5} \times 0.2911t^{0.467}$ | ۰/۴۶۷ | ۰/۲۹۱۱ | ۵۰ |
| ۰/۹۷۳ | $P_t^{1.0} = P_{day}^{1.0} \times 0.3018t^{0.432}$ | ۰/۴۳۲ | ۰/۳۰۱۸ | ۱۰۰ |

جدول (۸): اولویت بندی سیل خیزی زیر حوضه‌ها بر اساس دوره برگشت ۵۰ سال

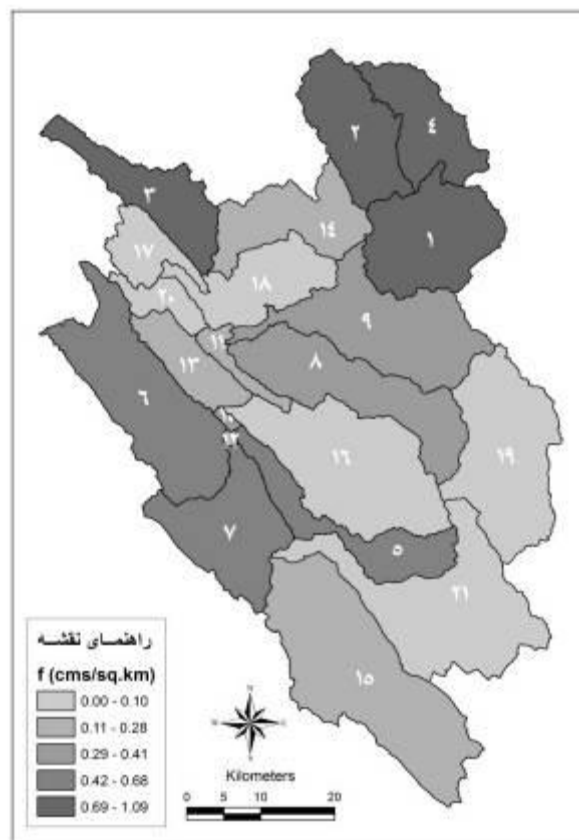
| اولویت بندی | اولویت بندی | اولویت بندی بر | f | F% | مقدار کاهش | دبی خروجی | دبی خروجی | مساحت | زیر حوضه |
|-------------|-------------|----------------|-------------|-------|------------|------------|--------------|--------------------|----------|
| بر اساس f | بر اساس F | اساس دبی | (cms/sq.km) | (۶) | در دبی | کل حوضه با | دبی زیر حوضه | (km ²) | (۱) |
| (۱۰) | (۹) | زیر حوضه | (۷) | | خروجی | حذف زیر | (۳) (cms) | (۲) | |
| | | (۸) | | | (۵) (cms) | حوضه | (۴) (cms) | | |
| ۴ | ۵ | ۶ | ۰/۸۳۵ | ۸/۲۷ | ۱۲۴/۷۰ | ۱۳۸۸/۹۰ | ۲۳۰/۰۰ | ۱۴۹/۳۸ | ۱ |
| ۲ | ۲ | ۳ | ۱/۰۸۹ | ۱۳/۱۳ | ۱۹۸/۷۰ | ۱۳۱۴/۹۰ | ۳۳۹/۹۰ | ۱۸۲/۴۰ | ۲ |
| ۱ | ۱ | ۱ | ۱/۰۹۰ | ۱۶/۴۲ | ۲۴۸/۶۰ | ۱۲۶۵/۰۰ | ۴۶۳/۱۰ | ۲۲۸/۰۶ | ۳ |
| ۳ | ۴ | ۵ | ۰/۹۳۲ | ۹/۳۱ | ۱۴۰/۹۰ | ۱۳۷۲/۷۰ | ۳۰۱/۵۰ | ۱۵۱/۱۲ | ۴ |
| ۱۴ | ۱۱ | ۱۶ | ۰/۱۹۰ | ۲/۱۰ | ۳۱/۸۰ | ۱۴۸۱/۸۰ | ۳۷/۶۰ | ۱۶۷/۰۸ | ۵ |
| ۱۷ | ۱۷ | ۱۰ | ۰/۰۶۵ | ۰/۳۳ | ۵/۰۰ | ۱۵۰۸/۶۰ | ۱۱۶/۸۰ | ۷۶/۵۳ | ۶ |
| ۲۰ | ۱۹ | ۱۲ | ۰/۰۳۲ | ۰/۱۱ | ۱/۶۰ | ۱۵۱۲/۰۰ | ۱۰۴/۶۰ | ۵۰/۰۰ | ۷ |
| ۱۸ | ۱۶ | ۱۹ | ۰/۰۴۲ | ۰/۴۳ | ۶/۵۰ | ۱۵۰۷/۱۰ | ۷/۴۰ | ۱۵۵/۷۹ | ۸ |
| ۹ | ۹ | ۷ | ۰/۳۵۰ | ۶/۵۰ | ۹۸/۴۰ | ۱۴۱۵/۲۰ | ۱۹۰/۰۰ | ۲۸۱/۲۶ | ۹ |
| ۶ | ۳ | ۴ | ۰/۶۳۲ | ۱۳/۰۳ | ۱۹۷/۲۰ | ۱۳۱۶/۴۰ | ۳۰۹/۰۰ | ۳۱۲/۱۵ | ۱۰ |
| ۱۲ | ۱۵ | ۱۸ | ۰/۲۴۶ | ۰/۵۵ | ۸/۴۰ | ۱۵۰۵/۲۰ | ۱۴/۲۰ | ۳۴/۱۹ | ۱۱ |
| ۸ | ۷ | ۱۱ | ۰/۴۱۲ | ۶/۷۹ | ۱۰۲/۸۰ | ۱۴۱۰/۸۰ | ۱۱۲/۳۰ | ۲۴۹/۴۶ | ۱۲ |
| ۱۳ | ۱۳ | ۱۵ | ۰/۲۲۶ | ۱/۴۱ | ۲۱/۳۰ | ۱۴۹۲/۳۰ | ۴۲/۳۰ | ۹۴/۳۱ | ۱۳ |
| ۱۰ | ۱۸ | ۲۰ | ۰/۳۴۱ | ۰/۱۳ | ۲/۰۰ | ۱۵۱۱/۶۰ | ۴/۶۰ | ۵/۸۶ | ۱۴ |
| ۱۱ | ۲۰ | ۲۱ | ۰/۲۷۵ | ۰/۰۷ | ۱/۰۰ | ۱۵۱۲/۶۰ | ۲/۵۰ | ۳/۶۴ | ۱۵ |
| ۱۶ | ۱۲ | ۱۳ | ۰/۰۹۵ | ۲/۰۹ | ۳۱/۷۰ | ۱۴۸۱/۹۰ | ۷۱/۹۰ | ۳۳۵/۰۲ | ۱۶ |
| ۱۹ | ۱۴ | ۱۴ | ۰/۰۳۴ | ۰/۶۵ | ۹/۹۰ | ۱۵۰۳/۷۰ | ۴۶/۱۰ | ۲۹۴/۳۸ | ۱۷ |
| ۲۱ | ۲۱ | ۱۷ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۵ | ۰/۷۰ | ۱۵۱۲/۹۰ | ۳۰/۲۰ | ۳۴۴/۸۱ | ۱۸ |
| ۷ | ۶ | ۸ | ۰/۵۱۱ | ۷/۰۲ | ۱۰۶/۲۰ | ۱۴۰۷/۴۰ | ۱۶۹/۲۰ | ۲۰۷/۶۵ | ۱۹ |
| ۵ | ۸ | ۹ | ۰/۶۸۰ | ۶/۵۳ | ۹۸/۸۰ | ۱۴۱۴/۸۰ | ۱۵۳/۱۰ | ۱۴۵/۳۹ | ۲۰ |
| ۱۵ | ۱۰ | ۲ | ۰/۱۴۸ | ۴/۲۲ | ۶۳/۹۰ | ۱۴۴۹/۷۰ | ۳۷۹/۱۰ | ۴۳۱/۵۷ | ۲۱ |
| - | - | - | - | - | - | - | ۱۵۱۳/۶۰ | ۳۹۰۰/۰۴ | کل حوضه |



شکل (۲): مقایسه مشارکت زیر حوضه‌ها در دبی خروجی کل حوضه (F) و بر اساس دوره برگشت ۵۰ سال



شکل (۳): مقایسه مشارکت زیر حوضه‌ها در دبی خروجی کل حوضه به ازای واحد سطح (f) و براساس دوره برگشت ۵۰ سال



شکل (۴): نقشه اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیر حوضه‌های آبریز دالکی بر اساس دوره برگشت ۵۰ سال (شماره‌ها اولویت سیل‌خیزی را نشان می‌دهند)

منابع

۱. ثقفیان، ب. و ح. فرازجو. ۱۳۸۶. تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی سیل‌خیزی واحدهای هیدرولوژیک حوضه سد گلستان. مجله علمی پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. سال اول. شماره ۱. بهار ۱۳۸۶. ۱-۱۱.
۲. جوکار، ج. ۱۳۸۱. بررسی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های رودخانه شاپور با استفاده از شبیه‌سازی بارش - رواناب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبریزداری، دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی نور. ۱۳۲ ص.
۳. خاک سفیدی، ع. ن. نورا، ن. بیرویدیان. و ع. نجفی نژاد. ۱۳۸۹. الگوی توزیع زمانی بارش در استان سیستان و بلوچستان. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد هفدهم، شماره اول، ص ۴۵-۶۱.
۴. خسروشاهی، م. و ب. ثقفیان. ۱۳۸۴. تعیین حساسیت اثر برخی از عوامل موثر بر سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبریز با استفاده از تحلیل هیدروگراف خروجی حوضه و کاربرد مدل HEC-HMS. فصلنامه علمی - اقتصادی - اجتماعی سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبریزداری کشور. شماره ۶۷. ۲۸-۳۷.
۵. قنبرپور، م. مهدوی. و ع. تلوری. ۱۳۷۹. مطالعه روابط بارندگی‌های حداکثر روزانه و کوتاه مدت در ایران، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۴۹، صص ۲۲-۲۶.
۶. محمدی مطلق، ر. ۱۳۹۰. بررسی نقش مشارکت زیرحوضه‌های آبریز در شدت سیل‌خیزی (حوضه آبریز دالکی). پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان. ۱۷۷ ص.
۷. یزدانی، م. ۱۳۷۹. تخمین دبیس حداکثر در حوضه‌های آبریز کوچک با استفاده از روش گرافیکی SCS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
8. Arnaud, P., C. Bouvier, L. Cisneros & R. Dominguez. 2001. Influence of rainfall spatial variability on flood prediction. *Journal of Hydrology*, 260: 216-230.
9. Djordjevic, B. and S. Bruck. 1998. System Approach to the Selection of Priority Areas of Erosion Control With Implications of the Water Resources Subsystem, Proc. 4th Int. Sym. River Sedimentation Beijing, China, 1547-1554.
10. Ewen, J. and G. Parkin. 1996. Validation of Catchment Models for Prediction Land Use and Climate Change Impacts: 1. Method, *Journal of Hydrology*, 175: 583-564.
11. Turcotte, R., J.P. Fortin, A.N. Rousseau, S. Massicotte & J.P. Villeneuve. 2000.
12. US Department of Agriculture, Soil Conservation Service (USDA, SCS), 1972, *Hydrology, National Engineering Handbook, Section 4*.
13. Wang, G.T. & S. Chen. 1995. A linear spatially distributed model for a surface rainfall-runoff system. *Journal of Hydrology*, 185: 183-198.

Study of contribution role of sub-basin in intense flooding; Case Study: Dalaki basin in Fras Province

R. Mohammadi Motlagh¹ , N. Jalalkamali² A. Jalalkamali³

Abstract

One method of decreasing loss resulted from flooding is to determine flood productive regions and applying appropriate methods to control flooding. In this study, by using HEC-HMS model accompanied by GIS technology the contribution rate of different sub-basins located upstream of Chamchit hydrometry station in Dalaki basin based on 2,50 and 100 years return period is determined. In this research upper sub-basins of Chamchit hydrometry station ranked due to flooding using Single Successive Subwatershed Elimination method in HEC-HMS environment. Results of this study showed that sub-basin contribution rate in whole output not only affected by area and peak discharge of sub-basin but also factors like location of sub-basin, distance from output, CN, and Flood Routing role in main river have significant impact on the portion of sub-basin in production of the whole basin flood (sub-basin flooding). Except above mentioned, it was found that there is no significant change in sub-basin flooding priority in different return periods.

Key words: flooding priority, HEC-HMS, unit flood response, GIS, basin.

Former M.Sc. Student, Water Resource Engineering, Islamic Azad University , Kerman Branch.

Email: mohammadimotlagh_reza@yahoo.com

2 Faculty member, Water Engineering, Islamic Azad University Kerman Branch.

Email: njalalkamali@iauk.ac.ir

3 Faculty member, Water Engineering, Islamic Azad University Kerman Branch.

Email: ajalalkamali@iauk.ac.ir