جغرافیا و توسعه شماره ۴۱ زمستان ۱۳۹۴
وصول مقاله : ۱۳۹۲/۰۲/۰۹
تأیید نهایی : ۱۳۹۲/۱۱/۱۷
صفحات : ۱۰-۱

شبیه‌سازی بارش– رواناب و تخمین سیل در حوضه‌ی آبریز خرم‌آباد با مدل HEC–HMS

دکتر احمد مزیدی[۱]، سمیرا کوشکی[۲]

چکیده

فرآیند بارش- رواناب یک حوضه‌ی آبریز عمدتاً تحت تأثیر شرایط هیدرولوژیکی، ژئومورفولوژی و اقلیم منطقه می‌باشد. یکی از عمومی‌ترین روش‌ها برای شناخت فرآیند بارش رواناب شبیه‌سازی آن با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی و تجزیه و تحلیل نتایج حاصله می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از مدل HEC–HMS فرآیند بارش– رواناب حوضه آبریز خرم‌آباد شبیه‌سازی شد و مورد واسنجی قرار گرفت نتایج نشان داد که سازگاری خوبی بین هیدروگراف‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده در خروجی حوضه وجود دارد، مقادیر شاخص کارایی مدل در مرحله اعتبارسنجی با ضریب ناش– ساتکلیف و ضریب واریانس شبیه‌سازی شده به ترتیب برابر با ۰/۶۸ و ۰/۰۹ بوده است، که نشان‌دهنده‌ی کارایی بالای مدل در برآورد دبی پیک در حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه بوده است. سپس با استفاده از پارامترهای بهینه‌شده، هایتوگراف بارش طرح در دوره بازگشت‌های مختلف وارد مدل شد و هیدروگراف سیل در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف به‌دست آمد، اجرای مدل در دوره‌ی بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به ترتیب منجر به وقوع دبی‌های اوج سیلاب با میزان ۷۶۲، ۱۰۲۰، ۱۴۴۲،۱۹۵۵ و ۲۲۴۸ متر مکعب بر ثانیه شده است. نتایج نشان می‌دهد می‌توان رواناب را با استفاده از مدل با دقت بالا پیش‌بینی نمود.

کلیدواژه‌ها: رواناب، مدل HEC-HMS، بارش طرح، تخمین سیلاب، حوضه‌ی آبریز خرم‌آباد.

۱- دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد (نویسنده مسؤول) mazidi@yazd.ac.ir
۱- کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد Khoshkys@yahoo.com

مقدمه

سیلاب یکی از اصلی‌ترین بلایای طبیعی شناخته شده در جهان است که خسارات زیادی را به جوامع انسانی، تأسیسات، مراکز صنعتی و اراضی کشاورزی به ویژه در مجاورت رودخانه‌ها تحمیل می‌کند، ولی نکته‌ی نگران‌کننده، روند افزایشی تلفات سیلاب در جهان در دهه‌های اخیر است که بیشتر به دلیل دخالت‌های بشر در طبیعت و برهم زدن تعادل آن می‌باشد *(رحیمی، ۱۳۸۸: ۸۵)*. افزایش جمعیّت همراه با ضعف برنامه‌ریزی برای بهره‌وری از زمین باعث شده تا جنگل‌ها و مراتع تخریب شده یا به زمین زراعی تبدیل شوند، به این ترتیب سیل‌ها فراوان‌تر، ناگهانی‌تر و شدیدتر شده‌اند *(برخورداری، ۱۳۸۶: ۷۷)*. سالانه سیل در دنیا بطور میانگین، جان ۲۶۰۰۰ نفر انسان را می‌گیرد و بر زندگی ۷۵میلیون‌نفر دیگر تأثیر اقتصادی بسیار بدی می‌گذارد *(سرحدی و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۰)*. در ایران نیز موقعیت جغرافیایی و وضعیت بارش و شرایط فیزیکی حوضه‌ها باعث ایجاد جریان‌های شدیدی می‌شود، که خسارات ناشی از آنها بطور فزاینده‌ای در حال افزایش است. در استان لرستان به دلیل شرایط خاص از جمله بسترهای تنگ رودخانه‌ها و وجود روستاها و مناطق کشاورزی در حاشیه‌ی رودها، سیل باعث تلفات مالی و جانی زیادی می‌شود. انجام پروژه‌های کنترل سیل و آبخیزداری نیز مستلزم داشتن اطلاعات نسبتاً دقیق از حداکثر سیلاب قابل وقوع است. لذا پیش‌بینی سیلاب می‌تواند در کنترل و استفاده‌ی بهینه از آن نقش مؤثری داشته باشد. چنانچه آمار قابل قبول و دراز مدتی از دبی رودخانه در دسترس نباشد تخمین زمان و مقدار سیلاب جهت ارائه‌ی راه‌حل‌های مناسب و استفاده‌ی بهینه از آن اهمیت زیادی پیدا می‌کند. لذا سعی شده است تا با شبیه‌سازی بارش رواناب با استفاده ازمدل HEC-HMS در حوضه‌ی خرم‌آباد و در صورت مثبت بودن مدل، در حوضه‌های فاقد آمار از آن استفاده نمود. سوان وراکامتورن (۱۹۹۴) با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-1 و سیستم اطلاعات جغرافیایی، اثرات تغییر کاربری اراضی بالادست حوضه را روی الگوی سیلاب در نواحی پایین دست حوضه، مورد ارزیابی قرار داد، هدف وی توسعه و اصلاح مدل هیدرولوژیکی و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی کمی تغییرات کاربری اراضی روی هیدروگراف سیل خروجی بود. لانگ و موهانتی (۱۹۹۷) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه‌ی ماهاناری واقع در اوراسیای هندوستان، اقدام به پهنه‌بندی سیل کرده‌اند.

آندرسون و همکاران (۲۰۰۲) به منظور پیشگویی رواناب ۴۸ ساعت قبل از جریان ورودی به مخازن در منطقه‌ی سیرانوادا در کالیفرنیا ترکیبی از مدل‌های اتمسفری و HEC-HMS را استفاده کردند. کنبل و همکاران (۲۰۰۵) به منظور ارائه‌ی مدل منطقه‌ای سیلاب برای حوضه‌ی سن آنتونیو در تگزاس مرکزی آمریکا از ترکیب مدل هیدرولوژیکی HEC–HMS، و مدل HEC-RAS و بارش راداری استفاده و کارایی مدل را بررسی نمودند.

چن و همکاران (۲۰۰۹) و محمدعلی و همکاران (۲۰۱۱) از مدل بارش- رواناب برای کالیبراسیون و واسنجی رویداد سیلاب در چند حوضه به ترتیب در چین و پاکستان استفاده کردند، نتایج نشان‌دهنده‌ی هماهنگی‌خوب بین هیدروگراف‌های مشاهده و محاسبه شده در خروجی حوضه‌هاست و ضریب ناش- ساتکلیف بین ۰/۷۵تا ۰/۹۵است.

باباخانی (۱۳۷۱) عوامل اصلی در وقوع سیلاب‌ها را حداکثر شدت لحظه‌ای رگبارهای کوتاه مدت در رابطه با شیب، پوشش گیاهی و قدرت نفوذ خاک‌ها می‌داند. مرید و ریاضتی (۱۳۸۲) به مقایسه‌ی مدل‌های تحلیل

منطقه‌ای و شبیه‌سازی بارش- رواناب با استفاده از مدل HEC-1 در شرق استان گلستان پرداختند که نتایج نشان داد این مدل عملکرد خوبی داشته است. محمودی (۱۳۸۳) در مطالعه‌ی هیدرو اقلیم حوضه‌ی آبریز سیمینه رود به این نتیجه رسید که ریزدانه بودن سازندهای حوضه در سیل‌خیزی حوضه تأثیر زیادی دارد.

قادری و همکاران (۱۳۸۵) روش واسنجی اتوماتیک مدل بارش- رواناب با استفاده از روش بهینه‌سازی SCE در زیرحوضه گاماسیاب در شمال‌غربی رودخانه‌ی کر مورد آزمون قرار دادند، نتایج حاصل از واسنجی مدل با دبی‌های مشاهداتی، همبستگی بسیار نزدیکی دارد و مقادیر خطا نیز ناشی از خطای مشاهدات و یا در نظر گرفتن نوع خاصی از تابع هدف می‌باشد.

کریمی (۱۳۸۸) به ارزیابی و واسنجی مدل HEC-HMS در برخی از حوضه‌های شمال غرب ایران پرداخت و به این نتیجه رسید که پارامتر شماره منحنی و مقدار جذب اولیه دارای حساسیت بیشتری می‌باشد.

کلارستاقی و همکاران (۱۳۸۸) مدل دامنه‌ی وپ[1] را در پیش‌بینی رواناب و رسوب کرت‌های مرتعی به کار برده‌اند. نتایج حاکی از آن است که مدل دامنه‌ی وپ مقادیر رواناب و رسوب را بسیار کمتر از مقادیر مشاهده‌ای نشان داده است. استان لرستان به لحاظ شرایط اقلیمی، توپوگرافی، زمین‌شناسی و وجود سازندهای ریزدانه و نفوذناپذیر، از پتانسیل سیل‌خیزی بالایی برخوردار است. بیشترین تعداد وقوع سیل در این استان مربوط به رودخانه‌ی خرم‌آباد بوده است.

بسترهای تنگ رودخانه و زمین‌های کشاورزی و روستاهای حاشیه‌ی رودخانه و وجود برخی مراکز تفرجگاهی، تلفات جانی این رودخانه را بالا برده است. علاوه بر این شیب زیاد و کوهستانی بودن یکی دیگر از عوامل تشدیدکننده‌ی سیلاب در حوضه می‌باشد. بنابراین لازم است که با انجام پژوهش‌هایی، زمان و میزان سیلاب را تعیین کرد تا راه‌حل مناسبی جهت جلوگیری و استفاده‌ی بهینه از آن ارائه نمود.

در این مطالعه سعی شده است با استفاده از مدل آبشناختی[2] HEC–HMS به بررسی رفتار بارش–رواناب و روندیابی جریان در حوضه پرداخته شود و میزان رواناب حوضه در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف بدست آید.

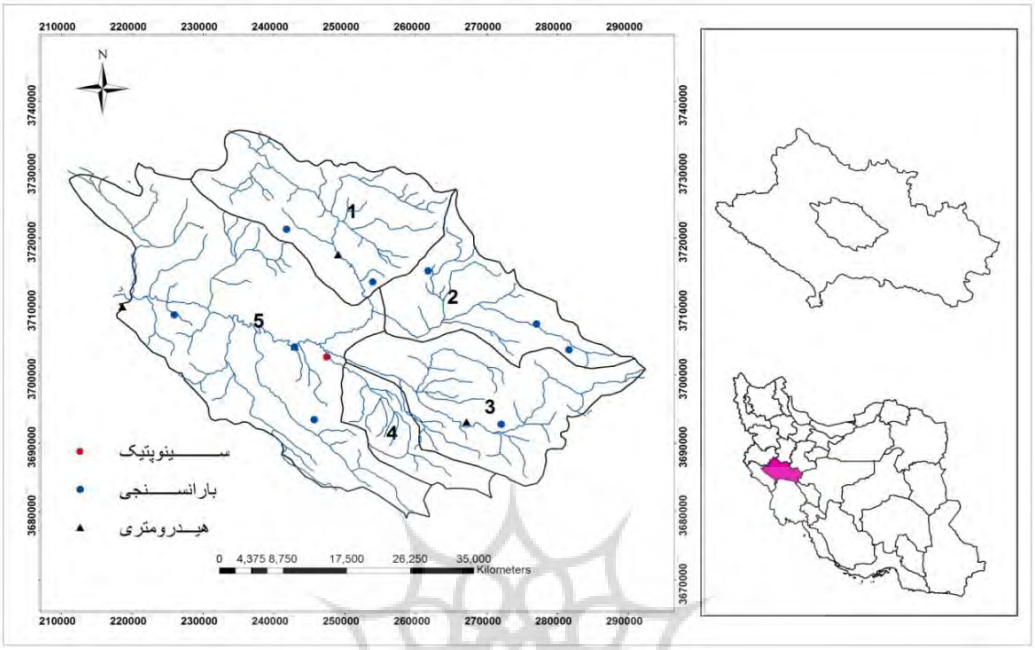
مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی مورد مطالعه، حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی خرم‌آباد واقع در استان لرستان می‌باشد. این حوضه در طول ۴۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۴۸درجه و ۳۶ شرقی و عرض۳۳ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی قرار گرفته و از شاخه‌های مهم رودخانه کشکان می‌باشد. مساحت این حوضه ۲۴۸۱ کیلومترمربع، محیط آن ۷۰۲ کیلومتر و طول آبراهه اصلی ۹۴/۵ کیلومتر است شکل ۱ موقعیت حوضه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

1-WEPP

2- Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modeling System

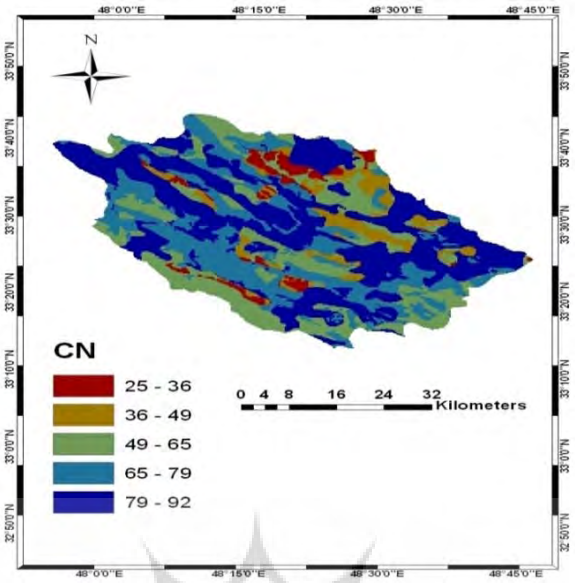


شکل ۱: موقعیت منطقه و ایستگاههای مورد مطالعه

مأخذ : مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

آمار و اطلاعات مورد نیاز

یکی از اطلاعات مورد نیاز این تحقیق داده‌های هواشناسی است شبکه‌ی ایستگاههای هواشناسی در محدوده‌ی مورد مطالعه شامل ۱۴ ایستگاه بارانسنج، یک ایستگاه سینوپتیک و چهار ایستگاه هیدرومتری می‌باشد. طول دوره‌ی آماری ایستگاهها از ۵ تا ۵۷ سال متفاوت بوده است. برای استفاده‌ی بهتر از این آمار ایستگاههایی که دارای آمار کوتاه‌مدت بودند، حذف شدند. در نهایت یک دوره‌ی مشترک ۱۷ ساله از سال آبی ۷۳–۷۲ الی ۱۳۸۹–۱۳۸۸ مورد استفاده قرار گرفت و آمارهای ناقص ایستگاهها با استفاده از روش همبستگی بازسازی شد. موقعیت ایستگاهها در شکل ۱ ارائه شده است. در مرحله‌ی بعد پس از مشخص شدن حوضه، نقشه‌ی توپوگرافی منطقه با استفاده از نرم‌افزار GIS زمین مرجع شده و حوضه‌ی آبریز خرم‌آباد به پنج زیرحوضه تقسیم و مشخصات هیدرولوژیکی زیرحوضه‌ها تعیین گردید. یکی از داده‌های مورد نیاز مدل، مقدار CN یا شماره منحنی می‌باشد جهت تعیین آن نقشه خاک استان از اداره‌ی منابع طبیعی تهیه و مرز حوضه‌ی آبریز در این نقشه مشخص و در نرم‌افزار GIS رقومی شد. سپس نقشه‌ی گروههای هیدرولوژیکی با توجه به عمق و بافت خاک‌های حوضه تهیه شد. در مرحله‌ی بعد نقشه‌ی کاربری اراضی در محیط GIS وارد گردید و با تلفیق این نقشه‌ها، نقشه CN زیرحوضه‌ها تهیه گردید. شکل ۲ نقشه CN حوضه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نقشه شماره منحنی حوضه آبریز خرم آباد

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

با توجه به اینکه حوضه دارای CNهای متفاوتی بود میانگین وزنی آن برای هر زیرحوضه محاسبه گردید و در محاسبات مورد استفاده قرار گرفت.

مدل HEC-HMS

برای اجرای مدل بارش رواناب نیاز به یک‌سری پارامترهای لازم ازجمله: تلفات اولیه، تبدیل بارش مازاد به جریان سطحی، تعیین دبی پایه و واسنجی و اعتبار مدل است که در زیر روش محاسبه‌ی هر کدام شرح داده می‌شود.

تلفات حوضه

برگاب، تبخیر و تعرق و ذخیره‌ی آب در چاله‌ها از جمله عواملی هستند که مانع مستقیم تبدیل بارش به رواناب می‌شوند در مدل HEC-HMS جهت محاسبه‌ی تلفات رواناب حوضه، هفت روش مختلف وجود دارد در این تحقیق از روش SCS استفاده شده است که روابط آن به صورت زیر می‌باشد:

رابطه ۱ $$P_e = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S}$$

رابطه ۲ $$I_a = a.S$$

رابطه ۳ $$S = \frac{25400-254CN}{CN}$$

P_e ارتفاع بارش مؤثر (رواناب) به میلی‌متر، P ارتفاع بارندگی به میلی‌متر، S حداکثر پتانسیل ذخیره حوضه به‌میلی‌متر،CN شماره منحنی متوسط وزنی حوضه، Ia تلفات اولیه به میلی‌متر و a ضریبی است که مقدار آن ۰/۲ می‌باشد *(سلطانی،۱۳۸۹: ۵۵؛ علیزاده، ۱۳۸۷: ۷۹۴)*.

مدل انتقال

جهت تبدیل فرآیند بارش مازاد به‌جریان سطحی در حوضه از روش هیدروگراف واحد SCS استفاده شده که روابط آن در زیر آمده است *(USACE, 2000:57)*:

رابطه ۴ $$U_p = 2.08\frac{A}{T_p}$$

رابطه ۵ $$T_p = \frac{\Delta t}{2} + T_{lag}$$

رابطه ۶ $$T_{lag} = \frac{L^{0.5}\,(S+1)^{0.7}}{1900 W_S{}^{0.5}}$$

رابطه ۷ $$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

آب پایه

آب پایه، جریان پایداری از رواناب است که در اثر بارش‌های قبلی، جریان‌های تأخیری و زیرزمینی، در حوضه ذخیره می‌شود. در این بخش می‌توان روشی برای تعیین آب پایه به مدل معرفی کرد و یا مدل را بدون آب پایه در نظر گرفت. در این تحقیق در تمام زیرحوضه‌ها از روش مدل ثابت ماهانه استفاده شده است.

واسنجی مدل و بهینه‌سازی نتایج حاصل

واسنجی فرایندی است که مقادیر پارامترهای معرفی‌شده به مدل، با هدف دسترسی به نتایج همگون با داده‌های واقعی و طبیعی تصحیح می‌شود. در این مرحله پارامترهای مدل با یک گروه از داده‌ها، واسنجی می‌گردد. سپس اعتباریابی مدل از طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه شده برای گروه دوم داده‌ها انجام و نهایتاً هیدروگراف شبیه‌سازی با هیدروگراف مشاهده شده مقایسه می‌شود. جهت مشخص نمودن بهترین برازش بین هیدروگراف مشاهده و محاسبه شده از پنج تابع هدف در نرم‌افزار استفاده می‌شود در این مطالعه از تابع درصد خطای دبی‌پیک *(مرید۱۳۸۲: ۱۸۱)*، *(محمودی ۱۳۸۳: ۸۳)* و تابع انحراف معیار وزنی دبی اوج *(موسوی، ۱۳۸۴: ۲۹۶)* استفاده شده است.

نهایتاً کارایی مدل در شبیه‌سازی هیدروگراف سیل در مرحله‌ی اعتبارسنجی، با استفاده از شاخص‌های ناش- ساتکلیف[1] و ضریب واریانس شبیه‌سازی شده (روابط ۸ و ۹) مورد ارزیابی قرار گرفت.

رابطه ۸ $$c_{NS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_{si}-Q_{oi})^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_{oi}-Q_o)^2}$$

رابطه ۹ $$S_v = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_{si}-\overline{Q_O})^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_{oi}-\overline{Q_o})^2}$$

در این فرمول‌ها Q_{oi} و Q_{si} مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده و Q_o مقدار دبی متوسط مشاهداتی می‌باشد. در معیار نش- ساتکلیف مقدار عددی یک نشان‌دهنده‌ی تطابق کامل هیدروگراف شبیه‌سازی‌شده و مشاهداتی است. ولی هر چه ضریب واریانس کمتر باشد کارایی مدل بالاتر خواهد بود *(بهره‌مند، ۲۰۰۶: ۱۲۲؛ بهره مند، ۱۳۸۹: ۴۶)*.

بحث

با استفاده از روابط ذکر شده و نقشه‌ی حوضه، داده‌های مورد نیاز اولیه ورودی مدل محاسبه و در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول۱: داده‌های اولیه‌مدل HEC-HMS در حوضه‌ی آبریزخرم‌آباد

زیرحوضه	مساحتKm2	CN	تلفات اولیه mm	زمان تمرکز دقیقه	زمان تأخیر دقیقه
۱	۴۸۰	۶۷	۱۵۴۴	۲۵۷۹	۱۵۴۴
۲	۳۲۸	۷۰	۷۸۸	۱۳۱۶	۷۸۸
۳	۴۸۴	۷۱	۱۰۸۳	۱۸۰۸	۱۰۸۳
۴	۱۵۵	۶۸	۴۸۳	۸۰۷	۴۸۳
۵	۱۰۳۴	۶۵	۱۳۱۶	۲۰۳۴	۱۳۱۶

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

برای محاسبه‌ی متوسط بارش زیرحوضه‌ها از رابطه‌ی همبستگی بارش و ارتفاع ایستگاهها استفاده شد که با توجه به معنی‌دار بودن ضریب همبستگی گرادیان بارش سالانه در منطقه به شرح زیر به دست آمد:

رابطه ۱۰ $$P = 168.8 + 0.252H$$

1 Nash-Sutcliffe coefficient (CNS)

جهت وارد کردن داده‌های بارش روزانه در زمان وقوع سیل به مدل، از ایستگاه‌های باران‌سنجی و بارش ثبت شده در هر رویداد بارندگی به صورت فایل جدولی به محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده گردید بعد از این فایل، فایل نقطه‌ای تهیه شد که در آن هر ایستگاه در مختصات خود واقع شده و مقدار بارندگی ثبت شده به عنوان مشخصه‌ی ایستگاه در آن تاریخ تلقی شد. سپس با استفاده از روش IDW نقشه رستری توزیع مکانی بارش تهیه گردید. نمونه‌ای از آن برای برخی سیلاب‌های رخ داده در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: مقدار بارش زیرحوضه‌ها در زمان وقوع سیل (mm)

زیرحوضه	۸۶/۱/۲۵	۸۶/۱/۷	۸۴/۱۱/۲۱	۸۴/۱۱/۱۵	۸۳/۱۲/۲۲
۱	۲۴	۵۷/۹	۶۰	۴۴/۶	۵۱/۶
۲	۲۷	۶۳	۵۶	۶۹/۶	۴۹/۱
۳	۳۴	۶۰/۳	۵۳	۵۹/۹	۵۲/۰۲
۴	۴۷	۶۸/۴	۳۵	۵۶	۵۲/۸
۵	۳۴	۵۸/۷	۴۵	۵۴	۴۸,۵

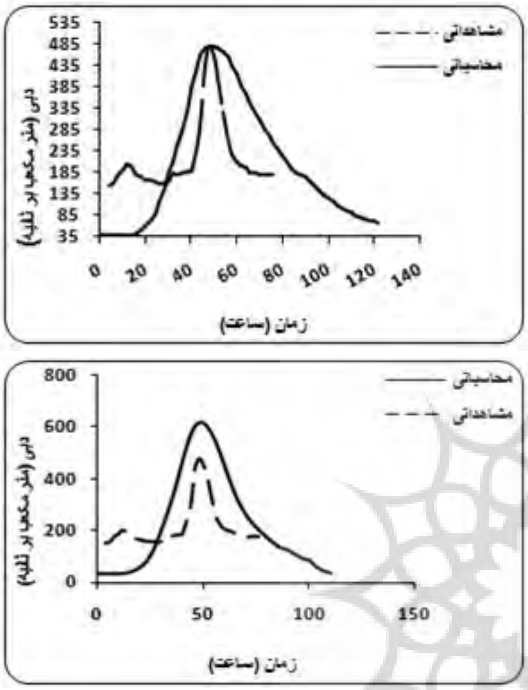
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

برای بارش‌های کوتاه مدت و ساعتی نیز از آمار ایستگاه باران‌سنج ثبات خرم آباد که داده‌های ساعتی آن در دسترس بود با ضریب اصلاحی استفاده و اطلاعات آن وارد نرم‌افزار شد.

پس از ورود داده‌های مورد نیاز، مدل برای رویدادهای سیل اجرا شد در شکل(۳) نمونه‌ای از هیدروگراف مشاهداتی و محاسباتی مدل برای قبل و بعد از واسنجی ارائه شده است که نشان‌دهنده‌ی اختلاف کم مقدار دبی اوج بعد از واسنجی می‌باشد.

شاخص کارایی مدل

مقادیر شاخص کارایی مدل در مرحله‌ی اعتبارسنجی با ضریب ناش- ساتکلیف و ضریب واریانس شبیه‌سازی شده به ترتیب برابر با ۰/۶۸ و ۰/۰۹ بوده است، که نشان‌دهنده‌ی کارایی بالای مدل در برآورد دبی پیک در حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه بوده است.



شکل ۳: هیدروگراف مدل قبل و بعد از واسنجی برای سیل ۸۶/۱/۶ *مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰*

بارش طرح در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف

با استفاده از پارامترهای بهینه شده، هایتوگراف بارش طرح در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف به صورت پروژه‌های جداگانه وارد مدل شد و هیدروگراف سیل در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف به دست آمد. جدول ۳ نتایج حاصل را نشان می‌دهد.

جدول ۳ : برآورد دبی اوج و حجم سیلاب طرح

دوره‌ی بازگشت	دبی اوج	حجم سیلاب
۲	۷۶۲	۱۰۹۰۰۶
۵	۱۰۲	۱۳۹۸۷۴
۱۰	۱۴۴۲	۱۸۸۷۰۳
۲۰	۱۶۶۲	۲۱۳۸۶۷
۵۰	۱۹۵۵	۲۴۷۲۷۸
۱۰۰	۲۲۴۸	۲۸۰۰۳۸

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۰

بر اساس ایستگاههای هیدرومتری موجود در منطقه، بیشترین میانگین دبی ماهانه در فروردین و اسفند و بیشترین دبی مشاهده شده در دوره‌ی آماری مورد مطالعه در ایستگاه چم انجیر ۱۶۲ مترمکعب در ثانیه رخ داده است. رابطه‌ی بارش روزانه با سیلاب‌های به وقوع پیوسته در ایستگاههای مختلف نیز محاسبه که بطور مثال در ایستگاه آبسنجی دوآب ضریب همبستگی بارش و سیلاب ۰/۵۹ و در سطح ۹۹٪ معنی‌دار بوده است و رابطه‌ی آنها به صورت زیر بوده است:

رابطه ۱۱ $$Q = -9.46 + 2.04R$$

نتیجه

در این‌مطالعه به شبیه‌سازی بارش- رواناب در حوضه‌ی آبریز خرم‌آباد با مدل هیدرولوژیکی HMS–HEC پرداخته شد. برای اجرای این مدل نیاز به اطلاعاتی مانند زمان تأخیر، مقدار CN و تلفات اولیه می‌باشد. نتایج نشان‌داد که سازگاری خوبی بین هیدروگراف‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده در خروجی حوضه وجود دارد و می‌توان با استفاده از آمار بارش و مدل HEC-HMS میزان رواناب حوضه را برآورد نمود. علاوه بر این با استفاده از پارامترهای بهینه‌شده که از واسنجی مدل به دست آمد، هایتوگراف بارش طرح در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف وارد مدل شد و هیدروگراف سیل در دوره‌ی بازگشت‌های مختلف به دست آمد. اجرای مدل در این مرحله در دوره‌ی بازگشت‌های ۲، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰سال به ترتیب منجر به وقوع دبی‌های اوج سیلاب با میزان ۷۶۲، ۱۴۴۲، ۱۹۵۵ و ۲۲۴۸ مترمکعب بر ثانیه شد.

شاخص کارایی مدل با ضریب ناش- ساتکلیف و ضریب واریانس شبیه‌سازی شده به ترتیب برابر با ۰/۶۸ و ۰/۰۹ بوده است، که نشان‌دهنده‌ی کارایی بالای مدل در برآورد دبی پیک در حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه می‌باشد.

نتایج همچنین نشانگر این موضوع است که زیرحوضه ۵ بیشترین تاثیر را در دبی اوج دارد که دلیل آن مساحت زیاد می‌باشد در مرحله‌ی دوم بیشترین تأثیر مربوط به زیرحوضه ۴ به علت زمان تأخیر کمتر نسبت به دیگر زیرحوضه‌هاست. با حذف تأثیر مساحت بر سیلاب، بیشترین اثر مربوط به زیرحوضه ۴ بوده که حتی کمترین مساحت را داراست که با نتایج حاصل از کار آذری و همکاران (۱۳۸۷) مطابقت دارد.

منابع

- آذری، محمود؛ سیدحمیدرضا صادقی؛ عبدالرسول تلوری (۱۳۸۷). تعیین مشارکت زیر حوضه‌های آبخیز جاعرق در دبی اوج و حجم رواناب به منظور اولویّت‌بندی در دبی اوج، جغرافیا و توسعه. شماره ۱۲. صفحات ۲۱۲- ۱۹۹.
- باباخانی، علی (۱۳۷۱). ریزش‌های جوی کوتاه مدت و شدید در دامنه غربی البرز مرکزی، مجموعه مقالات بلایای طبیعی در مناطق شهری.
- برخورداری، جلال؛ محمد خسروشاهی (۱۳۸۶). بررسی اثرات تغییرات پوشش اراضی و اقلیم بر جریان رودخانه (مطالعه موردی: حوضه‌ی آبخیز میناب)، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. شماره ۴. صفحات ۱۹۹-۱۹۱.
- بهره‌مند، عبدالرضا؛ رئوف مصطفی‌زاده (۱۳۸۹). مقایسه‌ی کارایی روش‌های تخمین پارامترهای مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای نش در شبیه‌سازی هیدروگراف جریان در حوزه‌ی آبخیز جعفرآباد، پژوهش‌های آبخیزداری. شماره ۸۶. صفحات ۵۱-۴۲.

- رحیمی، داریوش (۱۳۸۸). تأثیر رگبارهای منفرد بر مدیریت بحران سیل (نمونه موردی حوضه فارسان)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی مشهد، شماره ۳. صفحات ۹۵- ۸۵.
- سرحدی، علی؛ سعید سلطانی؛ سیدجمال‌الدین خواجه‌الدین؛ رضا مدرس (۱۳۸۷). آنالیز سیل‌خیزی منطقه جیرفت با استفاده از مدل دبی آستانه، مجله علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، شماره ۳. صفحات ۳-۲.
- سلطانی، محبوبه (۱۳۸۹). ارزیابی اقدامات آبخیزداری بر سیل‌خیزی با استفاده ازمدل HEC-HMS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز منشاد)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه یزد.
- علیزاده، امین (۱۳۸۷). اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد.
- قادری،کوروش؛ جمال سامانی؛ حمیدرضا اسلامی و بهرام ثقفیان (۱۳۸۵). واسنجی اتوماتیک مدل بارش- رواناب با استفاده از روش بهینه‌سازی SCE، تحقیقات منابع آب. شماره ۲. صفحات ۵۰-۳۹.
- کریمی، محمد (۱۳۸۸). ارزیابی و واسنجی مدل HEC-HMS در برخی از حوضه‌های شمال‌غرب ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه یزد.
- کلارستاقی، عطاالله؛ حسن احمدی؛ محمد جعفری؛ زینب جعفریان جلودار؛ جمال قدوسی؛ علی گلکاریان (۱۳۸۸). ارزیابی کارایی مدل دامنه وپ در پیش‌بینی رواناب و رسوب‌های کرتهای مرتعی، مجله علمی پژوهشی مرتع، شماره ۲. صفحات ۳۲۹-۳۱۷.
- مرید، سعید؛ داود ریاضتی (۱۳۸۲). مقایسه مدل‌های تحلیل منطقه‌ای سیلاب و بارش- رواناب در شرق استان گلستان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. شماره ۲. صفحات ۱۹۴-۱۸۱.
- محمودی،لقمان (۱۳۸۳).بررسی و مطالعه هیدرواقلیم حوضه‌ی آبریز سیمینه رود با تأکید بر سیل‌خیزی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی با تأکید بر سیل‌خیزی. دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- موسوی‌ندوشنی، سید سعید؛ علی داننده‌مهر (۱۳۸۴). سیستم‌های‌مدل‌سازی هیدرولوژیکی (HEC–HMS)، تهران. انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران.
- مطالعات نیمه تفضیلی خرم‌آباد (۱۳۸۷). برگرفته از شرکت آب منطقه‌ای استان لرستان. صفحه ۳۸.
- Anderson, M.L. Z.Q. Chen, M.L. Kawas and A. Feldman (2002). Coupling HEC-HMS with atmospheric models for prediction of watershed runoff. ASCE Journal of Hydrologic, Vol. 7, Issue. 4, PP:312-318.
- Bahremand, A (2006). Simulation the effects of reforestation on floods using spatially distributed hydrologic modeling and GIS. PhD thesis, Vrije University Brussel,Belgium, 122p.
- Chen, Ying. Youpeng Xu., Yixing Yin (2009). Impacts of land use change scenarios on storm-runoff generation in Xitiaoxi basin, China. Quaternary International. 208. 121-128.
- Knebel, M.R, Yang, z. l., Hutechison, K., Maidment, D.R (2005). Regional scale flood modeling using NEXRAD, rainfall, GIS and HEC-HMS/RAS:A case study for the sanAntonio river basin summer 2002 storm event, journal of environmental management,75:325-336.
- Liang, S & C. R. C. Mohanty (1997). Optimization of GIS-Based Flood Hazard Zoning- A Case Study at the Mahanady Command Area in Cuttack District, Orrisa, India. Journal of Chinese Soil and Water Conservation 28(1), PP:11-20.
- Muhammad Ali., Sher Jamal Khan, Irfan Aslam, Zahiruddin Khan (2011). Simulation of the impacts of land-use change on surface runoff of Lai Nullah Basin in Islamabad, Pakistan. Landscape and Urban Planning. 1- 9.
- Suwanwerakamtorn, R (1994). GIS and hydrologic modeling for management of small watersheds. ITC Journal, No. 4, PP: 343-349.
- USACE(US Army Corps of Engineers) (2000). HEC-HMS Technical Reference Manual. HydrologicEngineering Center,Davis,CA,157p.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی