

شبیه سازی فرآیند بارش - رواناب در حوضه آبریز قره سو با استفاده از مدل WMS

رسول قبادیان^۱، کامران جهاننده^۲، علی فتاحی چقاگی^۳

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۹/۱۷

مقاله برگرفته از: پایانامه کارشناسی ارشد

چکیده

برآورد رواناب حاصل از بارش‌های جوی اهمیت خاصی در مطالعات هیدرولوژی، مدیریت حوضه‌های آبخیز و حفاظت آب و خاک دارد. استفاده از مدل‌های شبیه‌ساز بارش - رواناب همانند WMS در سال‌های اخیر گسترش فراوانی یافته است. این مدل با تلفیق امکانات GIS و مدل‌های هیدرولوژیکی رایج به ابزاری قدرتمند برای شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز تبدیل شده است. در این مطالعه برای پیش بینی سیلاب حاصل از بارش حوضه آبریز قره‌سو در نرم افزار WMS، مدل HEC HMS انتخاب شد. بدین منظور ابتدا مدل ارتفاعی رقومی در محیط نرم افزار Arc GIS ساخته شده و پس از انجام اصلاحات لازم وارد محیط WMS گردید. سپس با کمک مدل TOPAZ شبکه رودخانه‌ها، مرز حوضه و زیرحوضه‌ها و همچنین خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها تعیین گردید. برای کالیبره کردن مدل سه رگبار مشاهده‌ای در زیرحوضه‌های مورد مطالعه به همراه سه سیل همزمان در خروجی هر زیرحوضه انتخاب شد. با بهینه سازی پارامترهای شماره منحنی، تلفات اولیه و زمان تأخیر بر اساس دو هیدروگراف مشاهده‌ای، مدل واسنجی و با استفاده از هیدروگراف مشاهده‌ای دیگر، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان از برازش مناسب دبی اوج هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده دارد و اختلاف زمانی در رسیدن به اوج نیز مساوی یا کمتر از ۹۰ دقیقه برآورد گردید. نتایج حاصل از آنالیز حساسیت مدل نسبت به تغییرات رطوبت اولیه خاک نیز نشان داد که مقدار دبی اوج حساسیت قابل ملاحظه‌ای نسبت به تغییرات رطوبت اولیه خاک دارد.

واژه‌های کلیدی: بارش - رواناب، حوضه آبریز قره‌سو، شبیه سازی، مدل WMS

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، ۸۳۱-۸۳۲۳۷۲۷

Rsghobadian@gmail.com (نویسنده مسئول)

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، ۰۹۱۷

K_jahandideh@yahoo.com

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، ۰۸۳۱-۸۳۵۹۳۷۰

Ali.Fattahi.ch@gmail.com

مقدمه

خیلی بهم نزدیک هستند. اکبرپور و فلاح تفتی (۲۰۰۴)، مدل WMS را برای حوضه بایگ و رشتخوار در استان خراسان اجرا کردند، نتایج آنالیز حساسیت نشان داد که فاکتور مهم و تأثیرگذار در تخمین دبی پیک شرایط رطوبتی خاک است. موسوی و همکاران (۱۳۸۶)، با استفاده از مدل WMS روش هیدروگراف مصنوعی SCS را در برآورد سیلاب حوضه‌های غرب گیلان مورد ارزیابی قرار دادند و دقت محاسبه مقدار و زمان دبی اوج را مناسب بیان داشتند. ارتورکا و همکاران (۲۰۰۶)، شبیه سازی هیدروگراف سیل را توسط مدل WMS برای تعدادی از حوضه‌های آبخیز در ترکیه مورد ارزیابی قرار دادند. برای محاسبه رواناب زیرحوضه‌ها از روش Rational استفاده شد. استفاده از مدل WMS در این مطالعه نشان داد که از نتایج این مدل می توان برای تعیین استراتژی‌های مدیریت حوضه استفاده کرد.

مواد و روش ها

نرم افزار WMS یک نرم افزار جامع جهت انجام آنالیزهای هیدرولوژیکی است. این نرم افزار توسط دانشگاه برینگهام و با مشارکت مهندسی ارتش آمریکا توسعه داده شده است. نرم افزار WMS با استفاده از نقشه‌های رقومی محاسبات مربوط به فیزیوگرافی حوضه را انجام می‌دهد، در این نرم‌افزار مدل‌های هیدرولوژیکی بسیاری وجود دارد.

HEC-HMS نرم افزاری است که هم به لحاظ برنامه‌نویسی کامپیوتری و هم از نقطه نظر مهندسی هیدرولوژی از نرم افزار HEC-1 پیشرفته‌تر می‌باشد (HEC-HMS User's Manual 2009). مدل HEC-HMS شامل مدل‌های متعددی در تحلیل فرآیند بارش-رواناب برای محاسبه تلفات، رواناب و روندیابی می باشد که در این مطالعه به ترتیب مدل تلفات شماره منحنی SCS، مدل هیدروگراف واحد SCS و روش ماسکینگام در هر مورد انتخاب گردید.

محاسبه تلفات به روش شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا

در مدل مشهور شماره منحنی SCS میزان بارش مازاد را به عنوان تابعی از بارش تجمعی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و رطوبت قبلی خاک حوضه با استفاده از رابطه زیر بیان می کند:

مسائل مربوط به سیلاب و رواناب، گوناگون بوده و طبیعت بسیار پیچیده‌ای دارد. به دلیل وقوع جریان زیاد یا رواناب در حوزه آبریز رودخانه‌ها، فرسایش‌های عظیمی در سطح حوزه اتفاق می‌افتد و نهایتاً مشکلات عدیده‌ای را در پایین‌دست به وجود می‌آورد که ناشی از ته‌نشینی و انباشته شدن رسوب است. سیلاب همچنین خسارت‌هایی را به مجاری زهکش، تکیه‌گاه‌های پل‌ها، مجاری فاضلاب و سازه‌های دیگر وارد می‌کند. علاوه بر موارد فوق، مزاحمت‌هایی را هم برای کشتیرانی و همچنین دستگاه‌های هیدروالکتریکی مولد برق ایجاد می‌کند. رابطه بارندگی - رواناب به خاک، گیاه و خصوصیات توپوگرافی حوضه بسیار وابسته است که این پارامترها در یک حوضه خاص دارای تغییرات مکانی می باشد (جین و همکاران، ۲۰۰۴). تخمین رواناب سطحی برای ارزیابی پتانسیل آب در حوضه، برنامه‌ریزی برای نگهداری آب و خاک، کاهش خطرات سیل و رسوب در مناطق پایین‌دست ضروری می‌باشد (گرایسون و همکاران، ۱۹۹۲). در اواخر دهه ۱۹۸۰ قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در راستای مدل‌سازی بارش-رواناب مورد توجه هیدرولوژیست‌ها قرار گرفت (استابی و داگلاس، ۱۹۹۰).

مربانجی و معروفی (۱۳۸۴)، از GIS و روش SCS برای برآورد رواناب حوضه آبریز قره چای استفاده نمودند. آنها نشان دادند که انطباق بسیار زیادی بین نقشه مدل رقومی و عمق جریان وجود دارد، بطوریکه با حرکت از مناطق مرتفع به طرف مناطق پست حوضه، سطوح با عمق رواناب کمتر افزایش می‌یابند. رادمنش و پرهت (۱۳۸۵)، برای پیش بینی سیلاب حاصل از بارش در حوضه آبریز رود زرد، مدل HEC-HMS را مورد بررسی قرار دادند، نتایج بدست آمده حاکی از برازش مناسب دبی اوج هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده می‌باشد و اختلاف زمانی در رسیدن به اوج نیز مساوی یا کمتر از یک ساعت برآورد گردید. پورکاظمی و همکاران (۱۳۸۷)، از مدل WMS برای حوضه آبریز کامه واقع در شمال تربت حیدریه استفاده نمودند، نتایج این تحقیق حاکی از دقت و سرعت بالای مدل در شبیه‌سازی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی بود. آوردن و همکاران (۱۳۸۶)، در یک مطالعه به ارزیابی نتایج مدل‌های HEC-HMS و WMS پرداختند. ارزیابی‌های انجام شده نشان داد که نتایج محاسبات مدل HEC-HMS و WMS

اوج (که به زمان افزایش نیز شهرت دارد) با زمان تداوم بارش
مازاد واحد به این صورت مرتبط می‌شود:

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \quad (۷)$$

در معادله (۷)، Δt : زمان تداوم بارش مازاد، t_{lag} : زمان
تأخیر حوضه آبریز

وقتی زمان تأخیر معین شد HEC-HMS معادله (۷) را
حل می‌کند و زمان اوج هیدروگراف واحد را به دست می‌آورد
و از رابطه (۶) اوج هیدروگراف واحد پیدا می‌شود. با معلوم
بودن Q_p و T_p فرم بدون بعد هیدروگراف واحد را می‌یابد.

زمان تأخیر بر حسب تعریف فاصله زمانی بین مرکز بارش
(نقطه زمانی وسط بارندگی) تا زمان اوج هیدروگراف است. در
روش SCS زمان تأخیر از فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$t_{lag} = \frac{L^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1900y^{0.5}} \quad (۸)$$

در معادله (۸)، زمان تأخیر حوضه بر حسب ساعت، L :
طول رودخانه اصلی بر حسب فوت، y : متوسط شیب حوضه
(درصد) و S : نمایه نگهداشت آب در داخل حوضه بر حسب
اینچ است که مقدار آن برابر است با دبی پایه می‌باشد.

دبی پایه، جریان پایداری از رواناب است که در اثر بارش-
های قبلی، جریان‌های تأخیری و زیرزمینی در حوضه ذخیره
می‌شود. مدل ثابت ماهانه ساده‌ترین مدل بکار رفته در
HEC-HMS است که دبی پایه را به صورت یک مقدار ثابت
(که می‌تواند بصورت ماهانه تغییر کند) از کاربر دریافت کرده
و در هر گام زمانی به هیدروگراف رواناب مستقیم محاسبه
شده می‌افزاید، لذا تنها پارامتر ورودی به این مدل مقدار ثابت
ماهانه برای دبی پایه است.

روندیابی سیل با روش ماسکینگام

در این روش فرض می‌شود که ذخیره تابعی خطی از دبی
است. البته حجم ذخیره منحصرأ به وسیله دبی خروجی
محاسبه نمی‌شود. چنانچه دبی‌های ورودی و خروجی در
محدوده خاص مورد مطالعه به ترتیب تابع عمق بالادست و
پایین دست باشند، ذخیره کل بستگی به هر دو دبی ورودی و
خروجی خواهد داشت. در روش ماسکینگام معادله ذخیره به
صورت زیر بیان می‌شود:

$$S = f_1(O) + f_2(I - O) \quad (۹)$$

$$S = KO + b(I - O) \quad (۱۰)$$

$$S = bI + (K - b)O \quad (۱۱)$$

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

در رابطه (۱)، P_e : بارش مازاد تجمعی در زمان t ، P :
بارش تجمعی در زمان t ، I_a : جذب اولیه (تلفات اولیه)، S :
حداکثر گیرش بالقوه

تا زمانی که بارندگی تجمعی مازاد بر جذب اولیه غلبه
نکند و بارش مازاد ایجاد نشود، روانابی تولید نمی‌شود. از
تجزیه و تحلیل نتایج چندین حوضه آبریز آزمایشی کوچک
SCS رابطه تجربی بین I_a و S را به این صورت بیان می‌کند:

$$I_a = 0.2S \quad (۲)$$

بنابراین بارش مازاد تجمعی در زمان t برابر است با:

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (۳)$$

افزایش بارش مازاد در بازه زمانی به منزله اختلاف بین
مازاد تجمعی در ابتدا و انتهای بازه محاسبه می‌شود. حداکثر
گیرش S و خصوصیات حوضه آبریز به یک پارامتر میانه به
نام شماره منحنی (CN) بستگی پیدا می‌کند.

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} \quad (۴)$$

مقدار CN در یک حوضه به عنوان تابعی از کاربری
اراضی، نوع خاک و رطوبت قبلی حوضه برآورد می‌شود. در
حوضه‌های بزرگ که معمولاً متشکل از انواع کاربری‌ها و
خاک‌ها می‌باشد لازم است، عدد منحنی مرکب (CN_c) که
توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود، بکار رود (علیزاده، ۱۳۸۲).

$$CN_c = \frac{\sum A_i CN_i}{\sum A_i} \quad (۵)$$

روابط محاسبه رواناب به روش هیدروگراف واحد SCS

نکته عمده مدل هیدروگراف واحد SCS، بدون بعد و تک
اوجی بودن هیدروگراف واحد است. این شکل دبی
هیدروگراف واحد یعنی Q ، را به عنوان تابعی از دبی اوج Q_p
برای زمان t که تابعی از T_p است بیان می‌کند.
SCS رابطه توأم دبی اوج هیدروگراف واحد و زمان اوج را
به صورت زیر پیشنهاد می‌دهد.

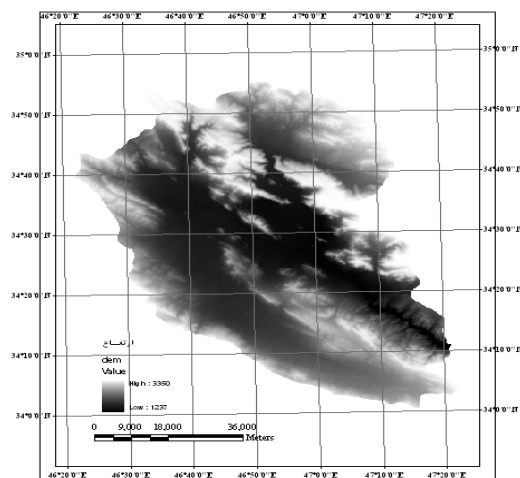
$$Q_p = C \frac{A}{T_p} \quad (۶)$$

در معادله (۶)، A : مساحت حوضه، C : ثابت تبدیل
(۲/۸) در سیستم متریک و ۴۸۴ در سیستم انگلیسی) زمان

ایران جزء حوضه آبریز کرخه علیا می‌باشد و از نظر تقسیمات کشوری در استان کرمانشاه واقع گردیده است. منطقه مورد مطالعه در ناحیه‌ای بین عرض جغرافیایی شمالی ۳۴ درجه و ۰ دقیقه و ۲۲ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۵۵ دقیقه و ۱۰ ثانیه طول جغرافیایی شرقی و ۴۶ درجه و ۲۲ دقیقه و ۱۲ ثانیه تا ۴۷ درجه و ۲۲ دقیقه و ۱۲ ثانیه واقع شده است.

بررسی خصوصیات فیزیکی حوضه آبریز

با استفاده از Shape file های ۱/۵۰۰۰۰ سازمان نقشه- برداری کشور، مدل رقومی ارتفاعی حوضه قره‌سو در محیط Arc Gis بدست آمد که در شکل (۳) نشان داده شده است. سپس با استفاده از مدل TOPAZ، محدوده حوضه و زیرحوضه‌ها و شبکه آبراهه‌ها با توجه به نقطه خروجی که توسط کاربر تعیین می‌شود در مدل WMS بدست آمد که در شکل (۴) آورده شده است. در نهایت مشخصات فیزیوگرافی حوضه از قبیل مساحت، محیط، شیب متوسط و ... با استفاده از مدل WMS/TOPAZ محاسبه گردید (جدول ۱).



شکل (۳): نقشه رقومی ارتفاع

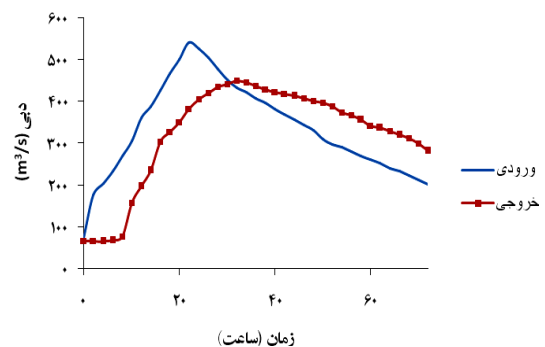


$$S = K[(b/K)I + (1-b/K)O] \quad (12)$$

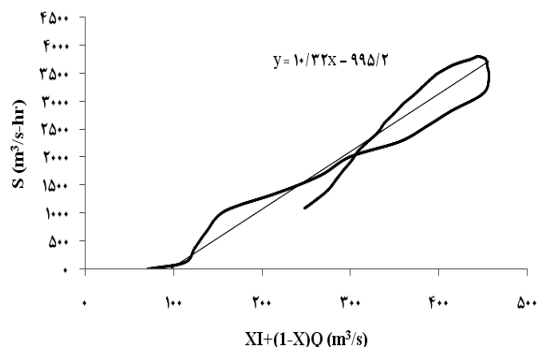
$$S = K[XI + (1-X)O] \quad (13)$$

در معادله (۱۳)، S: ذخیره رودخانه، I: دبی ورودی، Q: دبی خروجی، K: ضریب تناسب یا ثابت ذخیره می‌باشد که دارای بعد زمان بوده و معادل زمان انتقال موج است، X: عامل وزنی است که اثر مقدار نسبی دبی ورودی و خروجی را بصورت بی بعد بیان می‌کند و حدود آن $(0 < X < 0.5)$ است (علیزاده، ۱۳۸۲).

به منظور محاسبه مقادیر K و X در بازه مورد مطالعه لازم است حداقل برای یک رخداد هیدروگراف ورودی و خروجی به بازه اندازه‌گیری شده باشد. هیدروگراف ورودی و خروجی در بازه مورد نظر در شکل (۱) آورده شده است. همچنین تغییرات S تجمعی در برابر $XI + (1-X)O$ در شکل (۲) مشخص می‌باشد. به ازای $X = 0.4$ مقدار K برابر $10/32$ ساعت بدست آمد که از این مقادیر به عنوان مقادیر اولیه استفاده شد.



شکل (۱): هیدروگراف ورودی و خروجی در بازه رودخانه



شکل (۲): تغییرات S تجمعی در برابر $XI + (1-X)Q$

موقعیت حوضه آبریز مورد مطالعه

حوضه آبریز مورد مطالعه بخشی از حوضه آبریز رودخانه قره‌سو می‌باشد که از نظر تقسیمات کلی حوضه‌های آبریز

شکل (۴): ترسیم محدوده زیرحوضه ها در مدل WMS

جدول (۱): مشخصات فیزیوگرافی حوضه های آبریز مورد مطالعه

حوضه آبریز				پل کهنه	حجت آباد	خرس آباد	دوآب مرگ	خصوصیات فیزیوگرافی
۱۲۱۴/۷۲	۱۴۵۶/۰۶	۱۵۲۶/۷۲	۵۳۳۹/۲					
۲۸۵/۸۷	۳۶۴/۴۲	۲۸۱/۶۷	۵۹۱/۸۷	محیط حوضه آبریز به کیلومتر				
۲/۲۹	۲/۶۷	۲/۰۱	۲/۲۶	ضریب گراویلیوس				
۷۴/۳۰۲	۱۲۱/۸۵	۹۶/۱۱	۱۷۲/۹۸	طول آبراهه اصلی				
۱/۶۵	۳/۸۳	۲	۱/۳۳	ضریب شکل				
۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۲۴	۰/۱۹	نسبت دایره ای				
۰/۵۲	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۴۷	نسبت کشیدگی				
۱۳۳/۸۶	۱۷۳/۸۳	۱۲۹	۲۷۶/۶۳	طول مستطیل معادل به کیلومتر				
۹/۰۷	۸/۳۷	۱۱/۸۳	۱۹/۳	عرض مستطیل معادل به کیلومتر				
۱۳/۵۳	۷/۹۷	۱۸/۱۶	۱۳/۳۴	شیب متوسط حوضه آبریز به درصد				
۱۳/۹۹	۲۲/۶۶	۱۲/۴۲	۲۴/۶۶	زمان تمرکز حوضه آبریز به ساعت				
۱۵۴۷/۷	۱۵۱۹/۱	۱۶۵۱/۵	۱۵۶۱/۹۷	ارتفاع متوسط حوضه از سطح دریا به متر				
۲۷۰۹	۲۷۶۴	۳۰۰۰	۳۳۵۰	حداکثر ارتفاع حوضه از سطح دریا به متر				
۱۳۰۸	۱۳۱۰	۱۲۹۸	۱۲۳۷	حداقل ارتفاع حوضه از سطح دریا به متر				

تعیین الگوی بارش به روش ترسیمی پیلگریم

تعیین الگوی زمانی بارش به شیوه الگوی احتمالاتی، روش میانگین یا ترسیمی و روش رتبه بندی از الگوهای قابل قبول و معمول می باشند [هاف، ۱۹۶۷]. ابتدا مجموعه ای از بارش های شدید ثبت شده در ایستگاه بارانسنجی مرکز پژوهشی در ۵ پایه زمانی (۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۸ ساعته) انتخاب شد. تعداد رگبار انتخابی در هر پایه زمانی بترتیب ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۴ و ۴ رگبار بود. رگبارهای موجود در هر تداومی به صورت بی بعد درآمد، و مقادیر بارندگی تجمعی بی بعد برای تمام رگبارهای هر تداوم در فاصله های ۱۰ درصد زمانی از طریق درونیایی به دست آمد. در پی آن (در هر تداوم بطور مجزا) میانگین بارندگی تمام رگبارها از صفر درصد زمانی تا ۱۰۰ درصد زمانی در بازه های ۱۰ تایی محاسبه شد. سپس

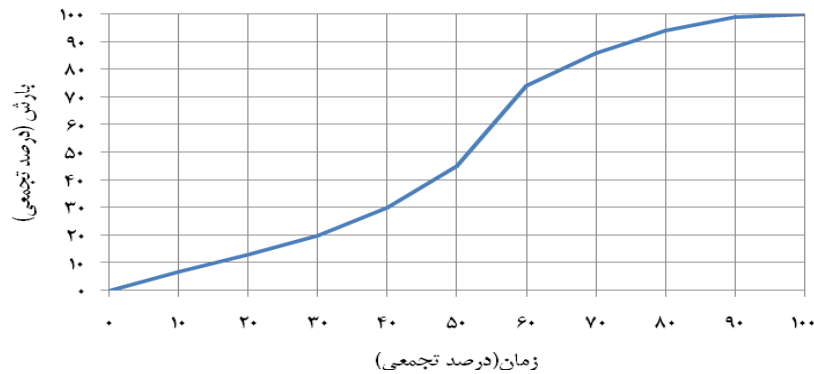
برای اجرای مدل از سه بارش در تاریخ های ۷۶/۱۲/۲۶، ۸۴/۸/۲۶ و ۸۴/۱/۹ استفاده شد. مقدار بارش در هر ایستگاه در تاریخ های فوق در جدول (۲) آمده است. از آمار دبی مربوط به ایستگاه های هیدرومتری دوآب مرگ، خرس آباد، سراسیاب و پل کهنه برای اجرای مدل استفاده شد.

جدول (۲): مقدار بارش در هر ایستگاه بر حسب میلیمتر

تاریخ بارش	ایستگاه بارانسنجی			
	مرکز پژوهشی	ماهیدشت	حجت آباد	روانسر
۷۶/۱۲/۲۶	۲۱/۹	۳۱	۴۵	۴۷/۳
۸۴/۸/۲۶	۳۰	۳۰	۴۰	۲۷
۸۴/۱/۹	۱۴	۱۵	۳۳	۳۲/۴

میانگین توزیع زمانی بارندگی در هر تداوم بدست آمد. در مرحله بعد، الگوی میانگین تمام تداوم‌ها ترسیم شد (شکل ۵).

در یک نمودار، مقادیر میانگین بارندگی بی‌بعد بر حسب مقادیر بارندگی بی‌بعد ترسیم شد. بدین ترتیب الگوی



شکل (۵): الگوی بارندگی منتخب در محدوده مورد مطالعه به روش پیلگریم

تخمین تلفات اولیه و زمان تأخیر از روش SCS استفاده شد. بعد از پایان مرحله شبیه‌سازی هیدروگراف محاسبه شده با هیدروگراف مشاهده‌ای مورد مقایسه قرار گرفت چنانچه برازش مناسب باشد، مقادیر پارامترهای بدست آمده مورد قبول واقع می‌شود در غیر اینصورت عملیات شبیه‌سازی تکرار می‌گردد، در پایان این مرحله برای هر رگبار مقادیر پارامترهای واسنجی شده تعیین گردید که نتایج آن در جدول (۳) آورده شده است.

واسنجی مدل

جهت واسنجی مدل از میان سه رگبار مشاهده‌ای، دو رگبار مورخ ۲۶ اسفند ۷۶ و ۹ فروردین ۸۴ انتخاب گردید. سپس با یک تخمین اولیه از پارامترهایی که باید در واسنجی مدل مورد استفاده قرار گیرند برای کم کردن دامنه جستجو، مدل واسنجی اجرا گردید. پارامترهای مورد واسنجی عبارتند از: شماره منحنی، تلفات اولیه و زمان تأخیر که جهت تخمین اولیه شماره منحنی همان طور که قبلاً اشاره شد از نقشه شماره منحنی تهیه شده برای حوضه استفاده شد، برای

جدول (۳): مقایسه نتایج هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و محاسبه شده و مقادیر پارامترهای مورد واسنجی

تاریخ وقوع رگبار	نام زیرحوضه	شماره منحنی	زمان تأخیر (min)	تلفات اولیه (mm)	دبی مشاهده شده m^3/s	دبی محاسبه شده m^3/s	حجم رواناب مشاهده شده m^3	حجم رواناب محاسبه شده m^3	اختلاف تا زمان پیک (min)
	حجت آباد	۷۸/۹	۴۶۱/۸۸	۱۳/۵۸	۳۳۵	۳۳۵/۶	۵۳۹۳۵/۲	۲۴۹۵۰/۹	۹۰
۲۶ اسفند ۱۳۷۶	دوآب مرگ	۷۳	۵۱۷/۲۶	۱۸/۷۸	۱۴۶	۱۴۶	۲۶۳۶۸/۲	۸۸۰۰/۶	۳۰
	خرس آباد	۸۱/۳	۷۸۱/۷۴	۱۱/۶۸	۹۶/۶	۹۶/۶	۲۱۱۲۴/۲۲	۷۳۸۰/۸	۰
	پل کهنه	۸۰	۴۳۳/۲	۱۲/۷	۵۴۲	۵۴۲	۸۹۵۱۰/۴	۴۳۷۲۹/۵	۳۰
	حجت آباد	۸۰/۹	۴۳۳/۹۲	۱۱/۹۹	۱۹۰	۱۸۹/۶	۲۷۷۹۲	۱۲۱۵۵/۳	۶۰
۹ فروردین ۱۳۸۴	دوآب مرگ	۷۲	۵۳۱/۸۴	۱۹/۷۵	۴۰/۱	۴۰/۱	۵۱۲۲/۸	۳۶۰۱/۷	۰
	خرس آباد	۸۲/۳	۷۵۸/۰۴	۱۰/۹۲	۸/۹۳	۹	۶۷۵/۸۶	۹۲۱/۸	۳۰
	پل کهنه	۷۸	۴۶۹/۸	۱۴/۳۲	۲۴۹/۴	۲۴۹/۲	۴۰۶۷۲/۹۸	۲۵۲۷۱/۷	۶۰

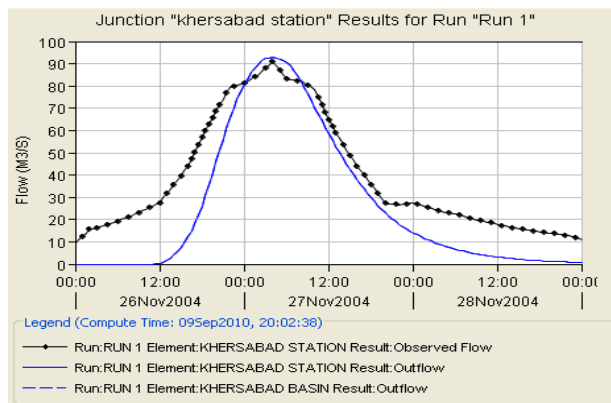
هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسبه‌ای، برنامه اجرا گردید. در شکل (۶) هیدروگراف سیلاب محاسباتی و مشاهده‌ای مربوط به تاریخ مذکور در ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه آورده شده است. مقایسه بین دبی اوج، حجم رواناب و زمان رسیدن به نقطه اوج هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسبه‌ای در مرحله ارزیابی مدل در جدول (۴) آورده شده است.

ارزیابی مدل

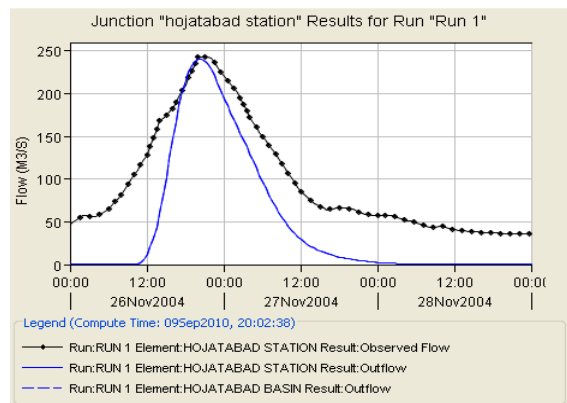
برای بررسی نتایج بدست آمده از واسنجی مدل و ارزیابی آنها رگبار مشاهده‌ای مورخ ۲۶ آبان ۱۳۸۴ که در واسنجی مورد استفاده قرار نگرفت در نظر گرفته شد سپس متوسط پارامترهای مورد واسنجی قرار گرفته را به عنوان مقادیر بهینه به مدل معرفی گردید و جهت بررسی چگونگی برازش

جدول (۴): مقایسه نتایج هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و محاسبه شده و مقادیر پارامترهای مدل در ارزیابی

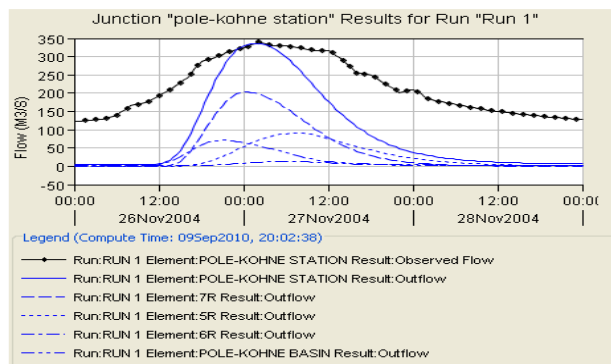
تاریخ وقوع رگبار	نام زیرحوضه	شماره منحنی	زمان تأخیر (min)	تلفات اولیه (mm)	دبی مشاهده شده m^3/s	دبی محاسبه شده m^3/s	حجم رواناب مشاهده شده m^3	حجم رواناب محاسبه شده m^3	اختلاف تا زمان پیک (min)
	حجت آباد	۷۹/۹	۴۴۷/۸۴	۱۲/۷۷	۲۴۳	۲۴۰/۲	۲۵۲۲۷/۷۲	۱۲۱۴۶/۷	۳۰
۲۶ آبان	دوآب مرگ	۷۲/۵	۵۲۴/۵۲	۱۹/۲۶	۱۳/۲	۱۳/۷	۲۴۸۹/۷۶	۱۱۵۷/۷	۳۰
۱۳۸۴	خرس آباد	۸۱/۸	۷۶۹/۲۶	۱۱/۳	۹۰/۹	۹۲/۸	۱۰۱۰۳/۰۴	۶۷۴۰	۰
	پل کهنه	۷۹	۴۴۷/۱۲	۱۳/۵	۳۳۹/۶	۳۳۶/۴	۵۶۱۸۴/۸۴	۲۴۴۶۲/۹	۳۰



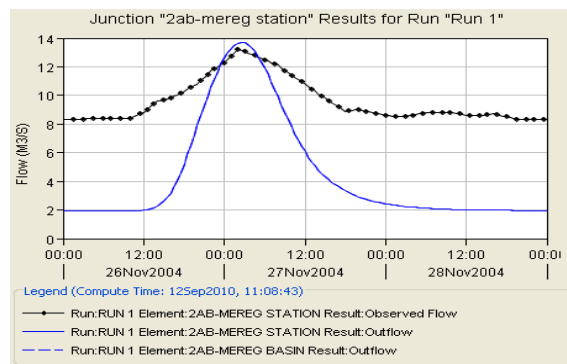
ب: هیدروگراف سیلاب ایستگاه خرس آباد در تاریخ ۲۶/۸/۸۴



الف: هیدروگراف سیلاب ایستگاه حجت آباد در تاریخ ۲۶/۸/۸۴



د: هیدروگراف سیلاب ایستگاه پل کهنه در تاریخ ۲۶/۸/۸۴



ج: هیدروگراف سیلاب ایستگاه دوآب مرگ در تاریخ ۲۶/۸/۸۴

شکل (۶): هیدروگراف سیلاب محاسباتی و مشاهداتی در ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه در تاریخ ۲۶/۸/۸۴

مقادیر حداکثر بارش ۲۴ ساعته بر اساس الگوی بارندگی منتخب به های توگراف بارندگی تبدیل شد و با استفاده از این مدل هیدروگراف سیلاب با دوره برگشت های مختلف بدست آورده شد (جدول ۶).

بر آورد هیدروگراف سیلاب با دوره برگشت های مختلف برای بر آورد هیدروگراف سیلاب با دوره برگشت های مختلف از آمار حداکثر بارش ۲۴ ساعته بر حسب میلیمتر که از توزیع پیرسون تیپ ۳ بدست آمده استفاده شد (جدول ۵).

جدول (۵): حداکثر بارش ۲۴ ساعته ایستگاه های منتخب به ازاء دوره های برگشت مختلف بر حسب میلیمتر

ایستگاه	دوره برگشت (سال)								
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰
مرکز پژوهشی	۲۲/۲۴	۲۶/۰۴	۲۸/۳۷	۳۵/۱۶	۴۸/۱۵	۵۶/۵	۷۱/۹۷	۹۴/۴۳	۱۱۵/۲۹
حجت آباد	۲۷/۱۵	۳۲/۴۳	۳۷/۵۹	۴۵/۹۳	۵۲/۰۵	۶۲/۹۷	۷۶/۷۴	۹۷/۱۲	۱۱۹/۸
روانسر	۳۴/۲	۴۱/۴۲	۴۸/۸۲	۵۸/۳۶	۶۶/۶	۷۴/۵۷	۷۴/۵۷	۱۰۴/۴۸	۱۲۲/۹۶
ماهیدشت	۲۳/۶۲	۲۷/۶۶	۳۱/۲۸	۳۶/۴۹	۴۱/۸۳	۵۱/۱۳	۶۶/۴۱	۷۸/۴۵	۹۷/۷۷

جدول (۶): پیک سیلاب ایستگاه های منتخب به ازاء دوره های برگشت مختلف بر حسب متر مکعب بر ثانیه

ایستگاه	دوره برگشت (سال)								
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰
حجت آباد	۸۷/۵	۱۵۱	۱۸	۳۶۳	۴۷۶	۶۹۶/۵	۹۹۸	۱۴۸۰	۲۰۴۲
دوآب	۵۰/۵	۱۴	۱۳	۱۳	۱۸	۱۴	۱۷	۱۹	۳
مرگ	۴۷/۲	۷۸/۲	۱۷	۱۶۵	۳۶۳	۴۶۷	۶۸۵	۹۰۹	۱۲۱۳
خرس آباد	۴۷/۲	۷۸/۲	۱۷	۱۶۵	۳۶۳	۴۶۷	۶۸۵	۹۰۹	۱۲۱۳
پل کهنه	۱۸۲	۳۲۷	۱۹	۷۹۳	۱۱۴۴	۱۶۱۴	۲۴۴۲	۳۵۱۰	۴۸۳۴

آنالیز حساسیت

بطور کلی هدف از آنالیز حساسیت عبارت است از اختلاف پاسخ های مدل به ازاء پارامترهای خاص در صورت ثابت بودن سایر پارامترها (لی و همکاران، ۲۰۰۳). در این مطالعه برای شرایط رطوبتی مختلف خاک این آنالیز انجام و

تأثیر آن در میزان دبی پیک مورد بررسی قرار گرفت که نتایج در جدول (۷) آمده است.

نتایج حاصل از آنالیز حساسیت مدل نسبت به تغییرات رطوبت اولیه خاک نشان داد که مقدار دبی اوج حساسیت قابل ملاحظه ای نسبت به تغییرات رطوبت اولیه خاک دارد.

جدول ۷- نتایج آنالیز حساسیت دبی پیک در شرایط رطوبتی مختلف

شرایط رطوبتی خاک	شرایط رطوبتی خاک		
	خشک	معمولی	مرطوب
زیر حوضه حجت آباد	۱۳۴/۶	۲۴۰/۲	۳۳۸
زیر حوضه دوآب مرگ	۲	۱۳/۷	۵۳/۸
زیر حوضه پل کهنه	۱۹۲/۴	۳۳۶/۴	۶۱۲/۱
زیر حوضه خرس آباد	۴۶/۹	۹۲/۸	۱۴۰/۱

مطالعه مساوی یا کمتر از یک و نیم ساعت بوده است. ولی با توجه به آنکه اختلاف حجم رواناب هیدروگراف مشاهده‌ای و هیدروگراف شبیه‌سازی از ۲۹ تا ۶۶ درصد متغیر بوده است می‌توان بیان داشت که نتایج واسنجی و ارزیابی مدل در مورد حجم ناشی از رواناب مورد پذیرش نمی‌باشد. اختلاف حجم رواناب هیدروگراف مشاهده‌ای و هیدروگراف شبیه‌سازی می‌تواند به دلیل تأثیر بارش‌های قبلی باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از واسنجی و ارزیابی مدل در HEC-HMS نشان می‌دهد که این مدل به ویژه در خصوص پیش‌بینی دبی اوج و زمان مربوط به آن می‌تواند نتایج قابل قبولی ارائه دهد. بطوریکه در مراحل واسنجی و ارزیابی مدل اختلاف دبی اوج هیدروگراف مشاهده‌ای و هیدروگراف شبیه‌سازی شده کمتر از ۴ درصد بوده است و اختلاف زمان رسیدن به زمان اوج هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی در تمام موارد

منابع

۱. آورند، ر. حمادی، ک. و ترابی پوده، ح. ۱۳۸۶. مقایسه نتایج برآورد سیلاب با استفاده از نرم افزارهای HEC-HMS و WMS در حوضه آبریز مارون. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. کرمان. ۹ ص.
۲. اوجاقلو، ح. سهرابی، ت. و صابری، م. ۱۳۸۷. ارزیابی مدل WMS در تخمین مشخصه‌های هیدروگراف سیل (مطالعه موردی: حوضه معرف کسلیان). اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب. دانشگاه زابل.
۳. پورکاظمی، ا. فضل‌اولی، ر. و رائینی سرجاز، م. ۱۳۸۷. بررسی و کاربرد مدل WMS در مهندسی رودخانه (مطالعه موردی: حوضه کامه در استان خراسان رضوی). سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه تبریز.
۴. رادمنش، ف. و پرهمت، ج. ۱۳۸۵. واسنجی و ارزیابی مدل HEC-HMS در حوضه آبریز رود زرد. هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز.
۵. علیزاده، ا. ۱۳۸۲. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد. چاپ بیستم. ۸۰۸ ص.
۶. میرانجی، ز. و معروفی، ص. ۱۳۸۴. بررسی رواناب ناشی از بارش حداکثر ۲۴ ساعته در حوضه آبریز قره‌چای با استفاده از روش SCS و کاربرد GIS. مجله پژوهش کشاورزی. جلد ۵. شماره ۳. ص ۸۳-۷۱.
۷. موسوی، ع. عبادیفر، م. فرومن، ع. مقدردوست، ا. و زینلی، س. ۱۳۸۶. ارزیابی روش هیدروگراف مصنوعی SCS در برآورد سیلاب حوضه‌های غرب گیلان. سومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کرمان.
8. Akbarpour A. Fallah Tafti E. 2004. Peak Discharge Estimate by using GIS Tools, Remote Sensing, WMS Model and Evaluation of Sensitivity Analyzing.
9. Environmental Modeling Research Laboratory. Copyright 2003. Brigham Young University. Watershed Modeling System User's Manual version7.
10. Erturka, A; Gurel, M; Baloch, M, Ahmed. 2006. Application of watershed modeling system (WMS) for integrated management of a watershed in Turkey. Journal of environmental science health, vol.41, no 9, pp.2045-2056
11. Grayson, R.B., Moore, I.D., McMahon, T.A., 1992. Physically based hydrologic modeling 2. Is the concept realistic? Water Resources Research 28, 2659-2666
12. Hydrologic Engineering Center. 2009. Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's manual, version3.4. U.S.Army Corps of Engineers.
13. Jain, M. K., Kothyari, U. C. and Ranga Raju, K. G. 2004. A GIS based distributed rainfall-runoff model. J. Hydrology, 299(1-2), 107-135.
14. Stuebe Miki M. and Douglas M. J. 1990. Runoff volume Estimation GIS Techniques. j. Water Resources Bulletin, 26(4), 611-620.
15. Millero, F. J.; R. Feistel; D. J. Wright; T. J. McDougall. 2008. The composition of Standard Seawater and the definition of the Reference-Composition Salinity Scale. Deep Sea Research, 55(1): 50-72.

Simulation of the rainfall - runoff process in the Gharasoo catchment using WMS model

Rasool Ghobadian¹, Kamran Jahandide², Ali Fatahi Chaghbagi³

Abstract

Estimation of runoff from atmospheric rainfall has particular importance in studies of hydrology project, watershed management and soil and water conservation. The use of models to simulation rainfall- runoff such as WMS has greatly expanded in recent years. This model by combines GIS facilities and common hydrological models has become a powerful tool to simulate the hydrological processes in watershed. In this study to predict floods from rainfall in the Gharasoo catchment by WMS software HEC-HMS model was chosen. For this purpose the digital elevation model in GIS software was made and after the necessary modifications exported to WMS model area. Then with the help of TOPAZ model, river network, watershed and sub basins boundaries and the sub basins physiographic characteristics were determined. To calibrate the model three measured rainfall in sub basins with three simultaneous outputs hydrograph were selected. Based on two observed hydrograph and optimizing the curve number, initial losses and lag time the model was calibrated and by using other hydrograph, was evaluated. The results show the good agreement of the observed hydrograph peak discharge and simulated hydrograph. Also result showed the time difference to reach the peak equal to or less than 90 minutes was estimated. Results of the analysis of model sensitivity to initial soil moisture changes also showed that peak discharge has a significant amount of sensitivity to initial soil moisture changes.

Keywords: a maximum of five keywords.

1- Assistant Professor, Razi University; Rsghobadian@gmail.com

2- Former Graduate Student, Razi University; K_jahandideh@yahoo.com

3- M.Sc. Water Resources Engineering, Razi University; Ali.Fattahi.ch@gmail.com