

مقایسه اولویت‌بندی زمانی سیل‌خیزی در دوره‌های هیدرولوژیکی مختلف (مطالعه موردی: زیرحوزه‌های آبخیز کوشک آباد خراسان رضوی)

• حسن ایزانلو

دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس

• حمیدرضا مرادی

استادیار دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، (نویسنده مسئول)

• سیدحمیدرضا صادقی

استادیار دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور

تاریخ دریافت: شهریور ماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: بهمن ماه ۱۳۸۶

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۸-۰۱۲۲۶۲۵۳۹۰۷

Email: morady5hr@yahoo.com

چکیده

یکی از مسائل مهم و اساسی که امروزه اکثر کشورها با آن مواجه هستند، خسارت‌های ناشی از سیل می‌باشد. برای پیشگیری و مهار سیل از طریق شناسایی مناطق سیل‌خیز، از راه‌کارهای مختلفی استفاده می‌شود. به دلیل اینکه اکثر حوزه‌های آبخیز دارای فصول سیل‌خیزی متفاوتی می‌باشند، تحقیق حاضر به مقایسه اولویت‌بندی زمانی سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز کوشک آباد خراسان رضوی با استفاده از مدل HEC-HMS، پرداخته است. در این تحقیق پس از شناسایی دوره‌های هیدرولوژیکی موجود در منطقه و تهیه اطلاعات مورد نیاز برای تهیه هیدروگراف سیل، از روش SCS در تبدیل رابطه بارش-رواناب در سطح زیرحوزه‌ها استفاده شد. برای روندیابی آبراه‌های اصلی جهت استخراج هیدروگراف سیل خروجی حوزه از روش ماسکینگام استفاده گردید. اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها از نظر سیل‌خیزی در دو دوره هیدرولوژیکی بهاره و تابستان-پاییزه با کاربرد مدل HEC-HMS محاسبه و واسنجی لازم برای پارامترهایی چون تلفات اولیه، شماره منحنی و زمان تاخیر در هر دوره هیدرولوژیکی صورت گرفت. سپس با حذف متوالی زیرحوزه‌ها از فرایند روندیابی داخل حوزه، زیرحوزه‌ها بر اساس میزان مشارکت در دبی اوج و حجم سیل خروجی حوزه، در هر دوره هیدرولوژیکی اولویت‌بندی گردیدند. برای بیان معنی‌داری اختلافات زمانی در اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها، از آزمون آماری تی-تست جفتی استفاده شد. نتایج نشان داد که تغییرات درصد مشارکت دبی اوج و حجم سیل زیرحوزه‌ها در خروجی حوزه، در زمان‌های متفاوت معنی‌دار می‌باشد.

کلمات کلیدی: سیل‌خیزی، اولویت‌بندی زمانی، دوره‌های هیدرولوژیکی، مدل HEC-HMS، کوشک آباد خراسان رضوی

Watershed Researches in Pajouhesh & Sazandegi No 82 pp: 21-30

Comparison of temporal prioritizing of flooding in different hydrological periods (Case study: Kooshkabad sub-watersheds in Razavi province)

By: H.Izanloo, MSc in Watershed Management, Natural Resources Faculty of Tarbiat Modarres University. H.R.Moradi, Assistant Professor of Natural Resources Faculty. Res. Fac. of Tarbiat Modarres University, Watershed Management, Mazandaran. (Corresponding Author) Tel: +981226253499

S.H.R.Sadeghi Assistant Professor, Natural Resources Faculty of Tarbiat Modares University.

Flood Damage is one of the most important problems in many countries. Different methods there are for flood controlling by using identification of flooding areas. Because most of the watersheds have different flooding seasons, the present study is going to comparison of temporal prioritizing of flooding of Kooshkabad sub-watersheds in Razavi province using HEC-HMS model. In this study we used of SCS hydrologic simulation method at Rainfall-Runoff transformation on sub-watersheds area, and Muskingum routing method on main channels for obtain of watershed outlet flood hydrograph after determination of data for flood hydrograph. Then we calculated prioritization of sub-watersheds to point of flooding conception using HEC-HMS model and we calibrated it on initial adsorption and curve number and lag time parameters in springal and Summer-Autumnal hydrologic priods. Than we prioritized particitation amount of sub-watersheds on peak flood discharge and flood volume in every hydrologic period, using one to one delet of sub-watersheds in flood routing. Paired samples t-test have used for indication of significant difference to point of statistical in temporal prioritizing of sub-watersheds flooding. The results of this research show that participation amount of sub-watersheds on outlet peak flood discharge and flood volume in different periods is significant.

Keywords: Flooding, Temporal prioritization, Hydrological priods, HEC-HMS model, Kooshkabad of Razavi province

مقدمه

شرایط رودخانه و موقعیت مکانی زیرحوزه‌ها در زمان‌های مختلف هیدرولوژیکی، از جمله عواملی هستند که در تغییر وضعیت سیل تأثیر دارند و بایستی مورد بررسی قرار گیرند. در بین عوامل موثر بر سیل خیزی زیرحوزه‌های بحرانی، مهمترین عامل شماره منحنی (CN) می‌باشد (۱). عامل CN دارای تغییرات زمانی است (۱۲). تغییر در فرآیندهای هیدرولوژیکی ناشی از تغییر در نحوه استفاده از اراضی، اثرات مهمی روی کمیت و کیفیت رواناب خروجی از حوزه خواهد داشت. بر این اساس بکارگیری مدل‌های بارش-رواناب ابزاری موثر برای مدیریت سیل محسوب می‌شوند (۳).

Singh (۱۰) با بررسی تغییرات زمانی و مکانی بارش، تغییر رفتار حوزه روی هیدروگراف سیل را از نظر شکل، تداوم و دبی لحظه‌ای هیدروگراف سیل بررسی کرد. Vanshaar و همکاران (۱۱) از مدل DHSVM^۱ برای شبیه‌سازی اثرات هیدرولوژیکی پوشش زمین برای ۴ زیرحوزه رودخانه کلمبیا استفاده کرده و بیان می‌دارند که کاهش شاخص سطح برگ، موجب افزایش جریان آب معادل برف می‌شود. Melesse و Shih (۹) برای تخمین توزیع مکانی ارتفاع رواناب، از تصاویر ماهواره‌ای برای تغییرات کاربری اراضی و CN حوزه Kissimmee در جنوب فلوریدا استفاده کردند. نتایج نشان داد که با تغییر کاربری و به تبع آن تغییرات سیل، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای مطالعه عکس العمل حوزه نسبت به سیل مفید است. Foody و همکاران (۷) به منظور شناسایی مناطق

حساس به تند سیل‌ها در منطقه‌ای در غرب مصر از مدل HEC-HMS به منظور شبیه‌سازی سیلاب استفاده کردند، که منجر به شناسایی ۲ منطقه حساس گردید. Hassanzadeh و Aalami (۸) با استفاده از مدل HEC-HMS درحوزه آبخیز سد گلستان مبادرت به تعیین سیل خیزی زیرحوزه‌ها پرداختند. مردانی (۵) با مطالعه سیل خیزی حوزه آبخیز روئین خراسان، به تعیین زیرحوزه‌ای که نقش زیادی در تولید رواناب کل حوزه دارد پرداخت. خسروشاهی (۲) تأثیر سیل خیزی زیرحوزه‌ها را از طریق مدل ریاضی HEC-HMS در حوزه آبخیز دماوند مورد بررسی قرار داد و زیرحوزه‌ای که بیشترین تأثیر را در خروجی داشته، معرفی نموده است. جوکار (۱) برای تعیین سیل خیزی زیرحوزه‌های رودخانه شاپور در استان فارس با استفاده از شبیه‌سازی جریانهای سیلابی، میزان مشارکت هر یک از زیرحوزه‌ها در هیدروگراف سیل خروجی حوزه را بدست آورد. روغنی و همکاران (۳) با استفاده از مفهوم نمودار مساحت - زمان و بکارگیری مشخصات حوزه، در مدل هیدرولوژیکی RAFTS، نحوه توزیع مکانی زیرحوزه‌ها در سطح منطقه را مورد بررسی قرار دادند. یثربی (۶) با نصب اشل در خروجی زیرحوزه‌های آبخیز هراز و با قرائت روزانه آن‌ها و تهیه منحنی دبی-اشل، اقدام به محاسبه دبی روزانه و شناسایی تغییرات زمانی- مکانی و اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها در رواناب تولیدی نمود. بر طبق نتایج به دست آمده، مقادیر رواناب طی ماه‌های مختلف دارای تغییرات زیادی بوده است. اقدامات آبخیزداری برای مهار سیل را می‌توان در دوره‌های هیدرولوژیکی مختلف، مدیریت کرد. تحقیقات قبلی بیشتر از دیدگاه مکان‌یابی مناطق

تعیین دوره‌های هیدرولوژیکی

به منظور تعیین دوره‌های هیدرولوژیکی حوزه آبخیز مورد مطالعه، ترسیم و تحلیل منحنی‌های تغییرات دما-بارش (آمپروترمیک) و بارش-دبی در ماه‌های مختلف سال صورت گرفت. مقدار متوسط بارش و دما در ماه‌های مختلف سال، پس از تعیین سال‌های آماری مشترک، بررسی همگنی و بازسازی داده‌های ناقص ایستگاه‌های مورد مطالعه و با روش خطوط همباران و هم‌دما در نرم‌افزار Arcview بدست آمد.

مدل HEC-HMS

مدل HEC-HMS برای شبیه‌سازی بارش-رواناب، حوزه آبخیز را با مولفه‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نمایش می‌دهد. این مدل با ترکیب مولفه‌های مذکور، پس از محاسبات لازم، اقدام به محاسبه هیدروگراف کامل می‌کند. به این ترتیب، با شبیه‌سازی و اجرای مدل مزبور در هر دوره هیدرولوژیکی، تحلیل‌های هیدرولوژیکی و تلفیق نتایج صورت گرفت.

تحلیل داده‌های بارش-رواناب

به منظور مدل‌سازی حوزه مورد مطالعه از طریق بکارگیری مدل ریاضی، استفاده از داده‌های همزمان بارش-رواناب برای صحت‌یابی مدل ضروری است. به این ترتیب، اقدام به جمع‌آوری دبی حداکثر لحظه‌ای رویدادهای سیلابی موجود در ایستگاه هیدرومتری کوشک‌آباد و مقدار بارندگی ساعتی و روزانه ایستگاه‌های باران‌سنجی درون و بیرون حوزه گردید. از میان ۱۰ واقعه سیلابی مناسب برای ارزیابی مدل، تنها یک واقعه سیلابی برای دوره زمستانه وجود داشت که برای صحت‌یابی مدل در این دوره کافی نمی‌باشد. ۵ و ۱ واقعه سیلابی بهار به ترتیب، برای انجام صحت‌یابی و اعتبارسنجی مدل بکار گرفته شد؛ و ۳ واقعه سیلابی تابستان-پاییزه نیز، برای صحت

سیل‌خیز را بدون در نظر گرفتن تأثیر دوره‌های هیدرولوژیکی بررسی نموده‌اند. حوزه آبخیز کوشک‌آباد در استان خراسان رضوی از جمله حوزه‌های آبخیزی است که بروز مکرر سیلاب، مسئولان محلی را به انجام اقدامات کنترل سیل وادار نموده است. اطلاع از وضعیت مشارکت زمانی زیرحوزه‌ها در بروز سیلاب، می‌تواند در موفق ساختن این اقدامات تأثیر زیادی داشته باشد. لذا هدف از انجام این تحقیق، اولویت‌بندی شدت سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها از نظر تأثیر بر سیلاب خروجی کل حوزه در دو فصل سیلابی، برای مدیریت بهینه مناطق سیل‌خیز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز کوشک‌آباد در استان خراسان رضوی در شمال غرب مشهد و در طول جغرافیایی ۳۰° ۵۹' تا ۳۸° ۵۹' شرقی و در عرض جغرافیایی ۳۶° ۴۷' تا ۳۶° ۳۸' شمالی واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع متوسط حوزه ۱۷۰۵ متر، شیب متوسط آن بالای ۲۵ درصد بوده و دارای اقلیم خشک تحت تأثیر توده هوای سیبری می‌باشد. مساحت حوزه ۸۷/۴۵ کیلومتر مربع بوده که به ۱۰ زیرحوزه تقسیم شده است. میانگین نزولات سالانه این حوزه ۳۹۱/۳ میلی‌متر است.

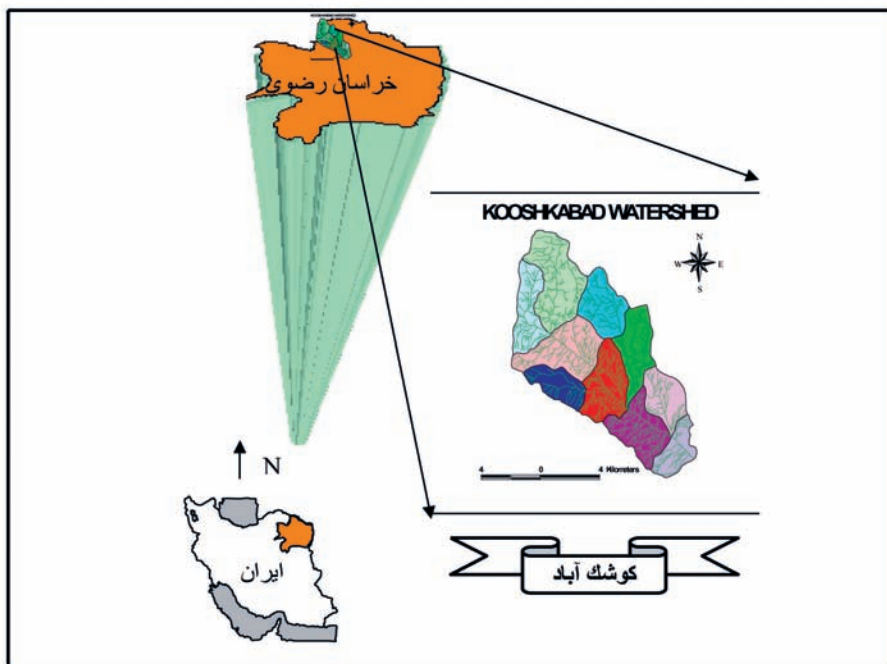
روش کار

به منظور مطالعه رفتار حوزه آبخیز مورد تحقیق، بررسی‌های اولیه شامل بررسی منابع، تعیین حوزه و زیرحوزه‌ها، جمع‌آوری داده‌ها، تعیین دوره‌های هیدرولوژیکی، تهیه نقشه‌ها و رقومی کردن نقشه‌ها بود. پس از جمع‌آوری و تهیه این داده‌ها، اقدام به بازدید از منطقه مورد مطالعه و کنترل نقشه‌ها با طبیعت شد. در نهایت، اقدام به شبیه‌سازی و اجرای مدل گردید. سپس با حذف متوالی و یک به یک زیرحوزه‌ها از فرایند روندیابی داخل حوزه، زیرحوزه‌ها بر اساس میزان مشارکت در دبی اوج و حجم سیل خروجی حوزه، در هر دوره هیدرولوژیکی اولویت‌بندی شدند.

استخراج مشخصات فیزیکی زیرحوزه‌ها

به منظور فراهم نمودن داده‌های لازم برای انجام این تحقیق، با استفاده از نرم‌افزار Arcview و Iiwis، کلیه مشخصات و نقشه‌های مورد نیاز شامل مدل رقومی ارتفاع، نقشه شیب حوزه و تعیین شیب آبراهه‌های اصلی زیرحوزه‌ها استخراج گردید.

شکل ۱: سیمای کلی منطقه مورد مطالعه در استان خراسان رضوی و ایران



اجرا گردیده و واسنجی مدل نیز، در هر دوره هیدرولوژیکی با تلفیق روش دستی و خودکار و با فرض انتخاب بهترین پارامترها بر کم بودن درصد خطای پیک صورت گرفت. رابطه درصد خطای پیک جریان به صورت رابطه ۳ بیان می‌شود (۱):

$$PE = \left| \frac{Q_{ob} - Q_{st}}{Q_{ob}} \right| * 100 \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن: PE درصد خطا در دبی پیک، Q_{ob} دبی اوج هیدروگراف مشاهده‌ای و Q_{st} دبی اوج هیدروگراف شبیه‌سازی را نشان می‌دهد.

هیدروگراف‌های سیلاب به ازای دوره بازگشت‌های مختلف

در این مرحله از تحقیق، مدل HEC-HMS با پارامترهای صحت یابی و هایتوگراف‌های بارش بدست آمده با استفاده از ایستگاه ثبات گوش (به روش درصد نزول بارش در فواصل زمانی یک ساعته)، برای دوره‌های هیدرولوژیکی مختلف با دوره‌های بازگشت مختلف (منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی تهیه شده از روش قهرمان)، اجرا گردید.

آزمون آماری اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها در دوره‌های هیدرولوژیکی مختلف

برای بیان معنی‌دار بودن و یا عدم معنی‌داری اختلافات زمانی در اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها، پس از اجرای مدل HEC-HMS برای تمامی رگبارهای موجود در دوره‌های هیدرولوژیکی بهاره و تابستان-پاییزه در دوره بازگشت‌های ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ سال، به روش حذف متناوب زیرحوزه‌ها، مقادیر سهم مشارکت آن‌ها در دبی اوج و حجم سیل خروجی حوزه محاسبه و اولویت‌بندی‌ها صورت گرفت. برای داشتن شرایط یکسان از لحاظ الگوی بارش، جهت مقایسه، در دو دوره هیدرولوژیکی ارائه شده، در دو حالت، که برای بار اول با استفاده از الگوی بارش بهاره برای تمامی رگبارهای موجود در دو دوره هیدرولوژیکی مذکور، مدل اجرا گردیده و اولویت‌بندی صورت گرفت. به این ترتیب در حالت دوم، به عکس حالت قبل از الگوی بارش تابستان-پاییزه برای تمامی رگبارها استفاده شد. در حالی که پارامترها و عناصر زیرحوزه‌ها و روندیابی در دو دوره هیدرولوژیکی متفاوت می‌باشد. در دو حالت مذکور، مقایسه آماری به روش آزمون آماری تی-تست جفتی صورت گرفت.

نتایج

جدول ۱ مشخصات فیزیکی زیرحوزه‌های آبخیز کوشک‌آباد را نشان می‌دهد. با بررسی و تحلیل روند تغییر شیب منحنی‌های دما-بارش و بارش-دبی حوزه مزبور، سه دوره هیدرولوژیکی بهاره، تابستان-پاییزه و زمستانه تشخیص داده شد (شکل‌های ۲ و ۳). برای تحلیل توزیع مکانی رگبارها از منحنی‌های هم‌رگبار استفاده شد. برای استخراج مقدار بارندگی طراحی در دوره‌های هیدرولوژیکی بهاره و تابستان-پاییزه از منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی استفاده شد. پارامترهای اساسی ورودی مدل HEC-HMS در جدول‌های ۲ و ۳ و ضرایب ماسکینگام بکار گرفته شده برای

یابی مدل در دوره هیدرولوژیکی مزبور استفاده شد. اگر چه تعداد وقایع مزبور برای صحت یابی مدل کافی نمی‌باشد، لیکن حداقل شرایط لازم را برای انجام این مهم فراهم می‌آورند. به این ترتیب، اجرای مدل تنها برای دوره‌های هیدرولوژیکی بهاره و تابستان-پاییزه صورت گرفت. تحلیل توزیع مکانی رگبارها در نرم افزار Arcveiw با استفاده از روش میانمایی عکس مجذور فاصله (IDW) صورت گرفت. توزیع زمانی رگبارها با استفاده از داده‌های ایستگاه ثبات گوش (تنها ایستگاه ثبات درون حوزه)، به طریق محاسبه درصد نزول بارش در فواصل زمانی یک ساعته تهیه شد. پس از محاسبه توزیع زمانی بارش در هر یک از زیرحوزه‌ها، هایتوگراف‌های متعددی تهیه گردید؛ که این هایتوگراف‌ها مبنای محاسبه سیل زیرحوزه‌ها قرار گرفت. منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی در دو دوره هیدرولوژیکی بهاره و تابستان-پاییزه برای حوزه آبخیز کوشک‌آباد نیز، برای استخراج مقدار بارندگی در زمان تمرکز حوزه (هایتوگراف‌های بارش) در دوره بازگشت‌های مختلف، به روش قهرمان محاسبه شد. فرمول قهرمان به صورت روابط ۱ و ۲ بیان می‌شود (۴):

رابطه (۱)

$$p_{10}^{60} = 2.26(\overline{p}^{24})^{1.1374} * (\overline{p_{year}})^{-0.3072}$$

رابطه (۲)

$$p_T^D = [a_1 + a_2 \ln(T - a_3)] [b_1 + b_2 D^{b_3}] * p_{10}^{60}$$

که در آن: p_{10}^{60} : بارندگی یک ساعته با دوره بازگشت ۱۰ ساله بر حسب میلی‌متر، p^{24} : میانگین بارندگی ۲۴ ساعته (در دوره هیدرولوژیکی)، p_{year}^D : میانگین بارندگی سالانه (دوره هیدرولوژیکی) حوزه، T : دوره بازگشت به سال، D : مدت دوام بارندگی از زمان تمرکز حوزه بر حسب ساعت و $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$: ضرایب ثابت معادله، برای شرایط آب و هوایی ایران می‌باشند.

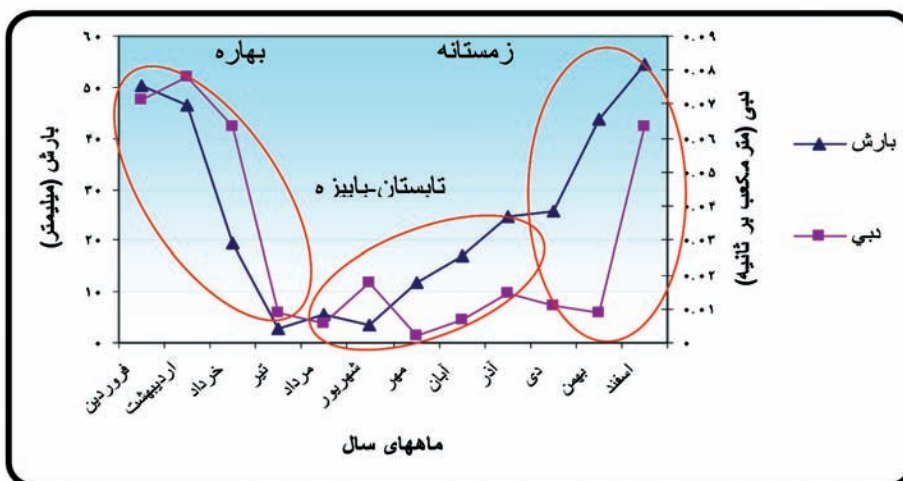
استخراج پارامترهای ورودی مدل HEC-HMS

با تلفیق نقشه رستری تهیه شده از گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و کاربری اراضی، در هر دوره هیدرولوژیکی، مقادیر متوسط CN برای زیرحوزه‌های کوشک‌آباد در شرایط رطوبتی واقعی حوزه (خشک I) بدست آمد.

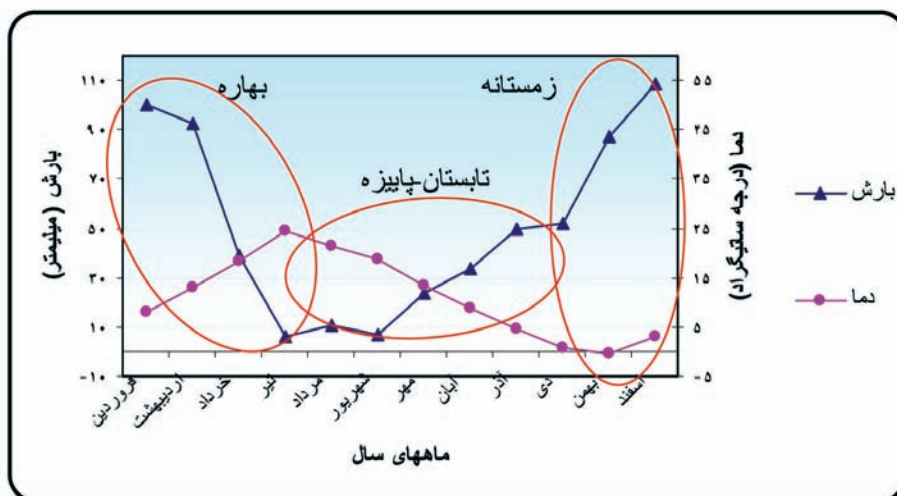
از مقادیر CN بدست آمده، مقادیر تلفات اولیه، زمان تاخیر و زمان تمرکز زیرحوزه‌ها نیز به عنوان پارامترهای اساسی ورودی مدل HEC-HMS محاسبه شد. ضرایب ماسکینگام نیز برای روندیابی سیل در مدل HEC-HMS با بررسی‌های صحرائی استخراج شد.

شبیه‌سازی بارش-رواناب با به کارگیری مدل HEC-HMS

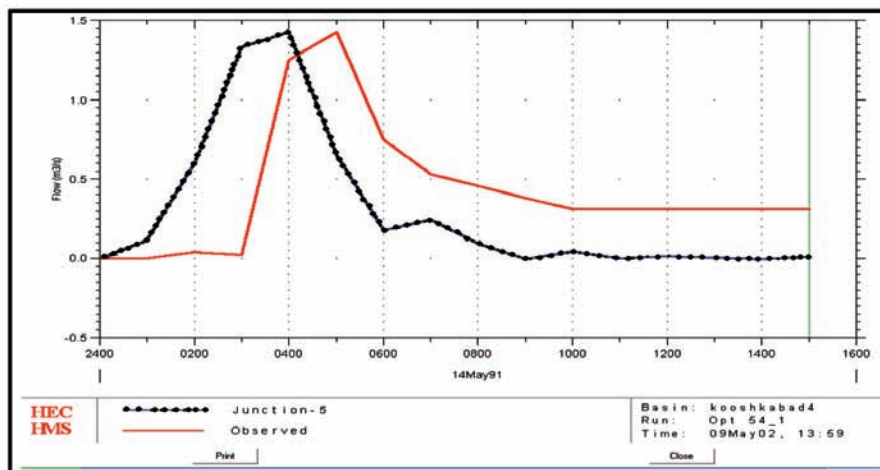
پس از آماده شدن پارامترهای ورودی مدل HEC-HMS، مدل مزبور



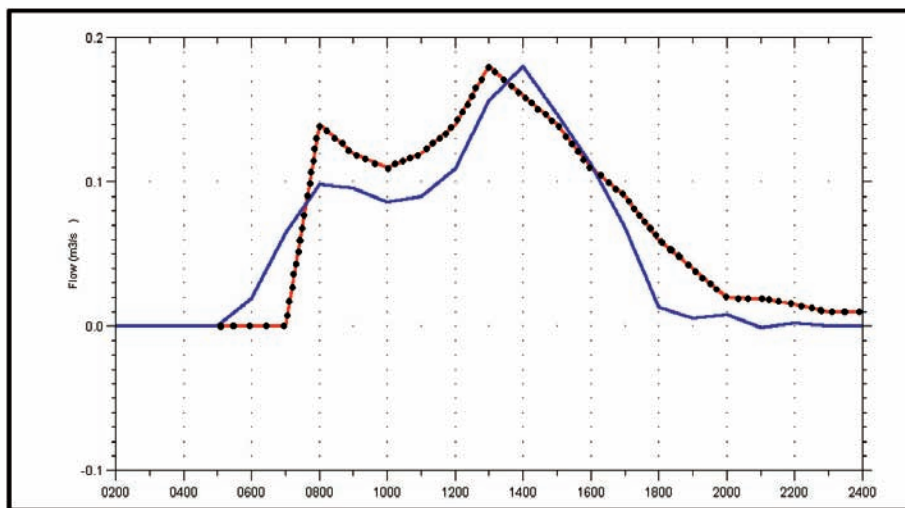
شکل ۲: تغییرات بارش- دبی حوزه آبخیز کوشک آباد



شکل ۳: تغییرات دما- بارش (منحنی آمبروترمیک) حوزه آبخیز کوشک آباد



شکل ۴: هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسباتی مدل بعد از واسنجی برای سیلاب ۷۰/۰۲/۲۴



شکل ۵: هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسباتی مدل بعد از واسنجی برای سیلاب ۷۳/۰۹/۱۰

پس از اولویت‌بندی سیل‌خیزی در دوره‌های هیدرولوژیکی مختلف، از آزمون آماری تی-تست جفتی استفاده شد. جدول‌های ۹ و ۱۰ نتایج آزمون آماری تی-تست را برای مقایسه اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها در دو دوره هیدرولوژیکی بهاره و تابستان-پاییزه نشان می‌دهند.

بحث و نتیجه‌گیری

آزمون آماری تی-تست از اولویت‌بندی زیرحوزه‌های کوشک‌آباد، در دو دوره هیدرولوژیکی بهاره و تابستان-پاییزه با الگوی بارش بهاره، برای سهم مشارکت دبی اوج زیرحوزه‌ها، بیانگر اختلاف در سطح معنی‌داری یک درصد برای زیرحوزه‌های ۱ تا ۷ و زیرحوزه ۹ می‌باشد (جدول ۸). بررسی سهم مشارکت حجم سیل زیرحوزه‌ها بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف در سطح معنی‌داری یک درصد برای زیرحوزه‌های ۵ تا ۷ و زیرحوزه ۹ می‌باشد. اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد برای زیرحوزه ۷ وجود دارد (جدول ۹). اما آزمون آماری تی-تست از اولویت‌بندی زیرحوزه‌های کوشک‌آباد، در دو دوره هیدرولوژیکی بهاره و تابستان-پاییزه با الگوی بارش تابستان-پاییزه، برای سهم مشارکت دبی اوج زیرحوزه‌ها، بیانگر

روند یابی سیل در جدول ۴ نشان داده شد. شکل‌های ۴ و ۵ به ترتیب، هیدروگراف مشاهده‌ای-محاسباتی مدل را بعد از صحت‌یابی به عنوان نمونه برای رویدادهای ۷۰/۰۲/۲۴ و ۷۳/۰۹/۱۰ در دوره‌های هیدرولوژیکی بهاره و تابستان-پاییزه نشان می‌دهند. جدول ۵ مقادیر قبل و بعد از صحت‌یابی CN را برای شرایط رطوبتی (I) در دوره‌های هیدرولوژیکی بهاره و تابستان-پاییزه نشان می‌دهد. پارامترهای آماری مختلف خروجی مدل بر اساس صحت‌یابی پارامترهای دوره‌های هیدرولوژیکی وقایع سیلابی در جدول ۶ ارائه شد. به منظور ارزیابی عملکرد مدل و تعیین میزان خطای آن نیز، در تخمین میزان رواناب خروجی حوزه، به دلیل نداشتن وقایع سیلابی مناسب و کافی، تنها رگبار تاریخ ۱۷/۰۲/۲۸ اعتبارسنجی شد. نتایج اعتبارسنجی نشان داد که مقدار اختلاف در دبی اوج سیلاب ۳/۴۳۶۵ درصد بوده است که با توجه به درصد پایین آن، نتایج قابل قبول می‌باشد. با حذف متوالی زیرحوزه‌ها از فرایند روندیابی داخل حوزه، زیرحوزه‌ها برای دوره‌های هیدرولوژیکی مختلف، بر اساس میزان مشارکت در دبی اوج و حجم سیل خروجی حوزه، اولویت‌بندی گردیدند (جدول‌های ۷ و ۸). به این ترتیب، برای بیان تغییرات زمانی سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها،

جدول ۱ خصوصیات فیزیکی زیرحوزه‌های آبخیز (حوزه آبخیز کوشک‌آباد).

زیرحوزه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
خصوصیات										
مساحت (km^2)	۷/۷۵	۱۳/۹۷	۱۱/۷۵	۸/۳۴	۵/۷۴	۸/۳۴	۹/۹۶	۶/۹۹	۹/۳	۵/۳۱
محیط (m)	۱۴/۷۸	۱۷/۶۲	۱۶/۴۸	۱۱/۸۷	۱۰/۹۱	۱۵/۰۴	۱۳/۶۷	۱۱/۱۱	۱۴/۶۹	۱۰/۷۵
شیب آبراهه (%)	۹	۷	۵	۶	۴	۶	۳	۹	۵	۴
طول آبراهه (km)	۴/۷۸۸	۴/۷۲۱	۳/۶۴۵	۳/۴۴۷	۲/۶۰۵	۶/۱۵۲	۳/۵۶۶	۲/۸۸۱	۳/۶۴۲	۱/۹۴۷

جدول ۲: مقادیر CN، تلفات اولیه، زمان تاخیر و زمان تمرکز برای کلیه وقایع سیلابی بهاره

زیرحوزه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
CN_1	۷۴	۷۳	۷۰	۷۴	۷۴	۷۴	۷۰	۶۳	۶۸	۵۹
تلفات اولیه (میلیمتر)	۱۷/۸	۱۸/۸	۲۱/۸	۱۷/۸	۱۷/۸	۱۷/۸	۲۱/۸	۲۹/۸	۲۳/۹	۳۵/۳
زمان تاخیر (دقیقه)	۶۹	۷۹	۸۳	۶۵	۶۳	۱۰۳	۱۰۵	۶۱	۸۷	۷۵
زمان تمرکز (دقیقه)	۱۱۵	۱۳۲	۱۳۸	۱۰۸	۱۰۶	۱۷۲	۱۷۵	۱۰۲	۱۴۶	۱۲۴

جدول ۳: مقادیر CN، تلفات اولیه، زمان تاخیر و زمان تمرکز برای کلیه وقایع سیلابی تابستان-پاییزه

زیرحوزه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
CN_1	۷۲	۷۶	۷۱	۷۷	۷۴	۷۴	۷۱	۶۴	۶۸	۶۰
تلفات اولیه (میلیمتر)	۱۹/۸	۱۶	۲۰/۷	۱۵/۲	۱۷/۸	۱۷/۸	۲۰/۷	۲۸/۶	۲۳/۹	۳۳/۹
زمان تاخیر (دقیقه)	۷۳	۷۳	۸۱	۵۹	۶۳	۱۰۳	۱۰۲	۶۰	۸۷	۷۳
زمان تمرکز (دقیقه)	۱۲۱	۱۲۱	۱۳۴	۹۹	۱۰۶	۱۷۲	۱۷۰	۱۰۰	۱۴۶	۱۲۱

جدول ۴: مقادیر ضرایب ماسکینگام برای ۶ بازه اصلی ارتباطی زیرحوزه‌های آبخیز کوشک‌آباد

بازه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
K	۰/۲	۰/۲۹	۰/۴۸	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۱۲
X	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲

جدول ۵: مقادیر CN زیرحوزه‌ها قبل و بعد از واسنجی در شرایط رطوبتی I

دوره هیدرولوژیکی	زیرحوزه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
بهاره	CN (قبل از واسنجی)	۷۴	۷۳	۷۰	۷۴	۷۴	۷۴	۷۰	۶۳	۶۸	۵۹
بهاره	CN (بعد از واسنجی)	۸۴	۷۵	۶۶	۷۵	۷۷	۷۷	۷۰	۶۳	۶۸	۵۹
تابستان-پاییزه	CN (قبل از واسنجی)	۷۲	۷۶	۷۱	۷۷	۷۴	۷۴	۷۱	۶۴	۶۸	۶۰
تابستان-پاییزه	CN (بعد از واسنجی)	۸۶	۸۸	۶۶	۷۵	۷۱	۷۳	۶۸	۶۴	۶۸	۶۰

جدول ۶: نتایج مربوط به پارامترهای آماری واسنجی مدل برای رگبارهای مورد نظر

ردیف	تاریخ وقوع سیلاب	تابع هدف	اختلاف حجم (%)	اختلاف دبی اوج (%)
۱	۷۰/۰۲/۲۴	۰	۵-/۷۵۷	۰
۲	۷۱/۰۲/۰۸	۰/۰۰۷	۱۳-/۹۹۲	۰-/۰۰۰۱
۳	۷۱/۰۲/۲۳	۰	۰/۴۲۵	۰/۰۰۶
۴	۷۱/۰۳/۲۲	۰/۰۰۰۳	۲۷/۸۱	۰-/۰۰۱
۵	۷۲/۰۳/۱۱	۰/۰۰۰۴	۴۷/۲۱۶	۰/۰۰۰۹
۶	۷۲/۰۶/۲۴	۰/۰۰۰۷	۱۲/۲۶۶	۰/۰۰۰۵
۷	۷۳/۰۹/۱۰	۰/۰۰۰۱	۰-/۶۴۴۲	۰
۸	۷۹/۰۵/۱۸	۰/۰۰۰۹	۴۰/۷۰۳	۰

جدول ۷: اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها در خروجی حوزه برای دوره هیدرولوژیکی بهاره

الگوی بارش بهاره ۷۰/۰۲/۲۴ در دوره بازگشت ۱۰۰ سال									
زیرحوزه	مساحت (Km ^۲)	دبی اوج (M ^۳ /S)	حجم سیلاب (۱۰ ^۳ m ^۳)	مشارکت در محل خروجی اصلی حوزه (مقدار کاهش در خروجی)				اولویت در کاهش دبی اوج	اولویت در کاهش حجم
				دبی اوج سیلاب		حجم سیلاب			
				(M ^۳ /S)	(%)	(۱۰ ^۳ m ^۳)	(%)		
۱	۷۵/۷	۲۷/۱۴	۷۱/۱۴۳	۷۹/۱۳	۲۷/۱۶	۹۷/۱۳۵	۶۹/۱۴	۲	۲
۲	۹۷/۱۳	۸/۱۷	۴۱/۱۷۶	۴/۱۷	۵۳/۲۰	۶۳/۱۷۵	۹۷/۱۸	۱	۱
۳	۷۵/۱۱	۷۴/۹	۹۹/۹۶	۴۶/۹	۱۷/۱۱	۵۵/۹۶	۴۳/۱۰	۵	۵
۴	۳۴/۸	۵۹/۱۰	۱/۱۰۵	۹۷/۹	۷۴/۱۱	۶۱/۱۰۴	۳/۱۱	۳	۴
۵	۷۴/۵	۷/۷	۵۲/۷۷	۷۴/۶	۹۵/۷	۲۷/۷۷	۳۵/۸	۷	۷
۶	۳۴/۸	۹/۹	۶۳/۱۱۲	۶۷/۹	۴۱/۱۱	۰۹/۱۱۲	۱۱/۱۲	۴	۳
۷	۹۶/۹	۸/۱۷	۷۶/۸۹	۸۱/۶	۰۴/۸	۲۷/۸۹	۶۴/۹	۶	۶
۸	۹۹/۶	۲۲/۳	۶/۳۰	۲۷/۱	۵/۱	۶/۲۶	۸۷/۲	۹	۹
۹	۳/۹	۲۴/۷	۲۲/۷۳	۱۷/۵	۱/۶	۱۹/۷۳	۹/۱۷	۸	۸
۱۰	۳/۵	۴۵/۱	۱۴	۶۸/۰	۸/۰	۱۳	۴/۱	۱۰	۱۰

جدول ۸: اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها در خروجی حوزه برای دوره هیدرولوژیکی تابستان-پاییزه

الگوی بارش تابستان-پاییزه ۷۹/۰۵/۱۸ در دوره بازگشت ۱۰۰ سال									
زیرحوزه	مساحت (Km ^۲)	دبی اوج (M ^۳ /S)	حجم سیلاب (۱۰ ^۳ m ^۳)	مشارکت در محل خروجی اصلی حوزه (مقدار کاهش در خروجی)				اولویت در کاهش دبی اوج	اولویت در کاهش حجم
				دبی اوج سیلاب		حجم سیلاب			
				(M ^۳ /S)	(%)	(۱۰ ^۳ m ^۳)	(%)		
۱	۷/۷۵	۱۳/۹	۱۳۳/۰۴	۱۳/۸۸	۱۵/۳۴	۱۳۲/۷۹	۱۴/۳۵	۲	۲
۲	۱۳/۹۷	۲۸/۳۶	۲۷۷/۱۲	۲۸	۳۰/۹۵	۲۷۶/۶۹	۲۹/۸۹	۱	۱
۳	۱۱/۷۵	۹/۸۹	۹۴/۱۴	۹/۶۴	۱۰/۶۵	۹۳/۸	۱۰/۱۳	۴	۴
۴	۸/۳۴	۱۰/۹۶	۱۰۰/۶۳	۱۰/۵۹	۱۱/۷	۱۰۰/۶	۱۰/۸۷	۳	۳
۵	۵/۷۴	۵/۹۴	۵۷/۶۵	۵/۷۸	۶/۳۸	۵۷/۶۲	۶/۲۳	۷	۷
۶	۸/۳۴	۸/۱	۸۷/۸۹	۷/۹۳	۸/۷۷	۸۷/۱۲	۹/۴۱	۵	۵
۷	۹/۹۶	۶/۹۱	۷۶/۸۵	۶/۶	۷/۲۹	۷۶/۰۶	۸/۲۲	۶	۶
۸	۶/۹۹	۳/۲۱	۲۸/۸۹	۱/۲۲	۱/۳۵	۲۸/۸۸	۳/۱۲	۹	۹
۹	۹/۳	۶/۰۴	۵۸/۱۹	۴/۵	۴/۹۷	۵۸/۱۱	۶/۲۸	۸	۸
۱۰	۵/۳	۱/۴۷	۱۳/۰۵	۰/۶۶	۰/۷۲	۱۲/۶۵	۱/۳۷	۱۰	۱۰

Carleton (۱۲) مطابقت دارد.

پاورقی‌ها

1- Distributed Hydrology - Soil - Vegetation Model

2- Inverse-Distance Gage Weighting

منابع مورد استفاده

- ۱- جوکار، ج. (۱۳۸۱) بررسی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های رودخانه شاپور با استفاده از شبیه‌سازی جریانهای سیلابی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۲۶ ص.
 - ۲- خسروشاهی، م. (۱۳۸۰) تعیین نقش زیرحوضه‌های آبخیز در شدت سیل‌خیزی حوزه، مطالعه موردی حوزه آبخیز دماوند، پایان‌نامه دکتری، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۷۷ ص.
 - ۳- روغنی، م. مهدوی، م. و غفوری، ع. (۱۳۸۲) معرفی روشی در مکانیابی سطوح موثر بر دبی اوج سیل به منظور برنامه‌ریزی مهار سیلاب‌ها و کاهش خسارات آن در حوزه‌های آبخیز کشور، مطالعه موردی حوزه رودک، مجله پژوهش و سازندگی، ۶۱: ۱۸-۲۷.
 - ۴- سهیلی، اسماعیل. (۱۳۸۲) بررسی پراکنش و علل ایجاد فرسایش تونلی در جنوب فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۹۳ ص.
 - ۵- مردانی، ع.ا. (۱۳۷۷) بررسی پتانسیل‌های سیل‌خیزی حوزه آبریز رودخانه روئین به منظور بالا بردن میزان بهره‌برداری مطلوب از آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۱۰ ص.
 - ۶- یثربی، ب. (۱۳۸۴) اولویت‌بندی زیرحوضه‌های مهم آبخیز هراز بر اساس تولید رواناب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۹۰ ص.
- 7- Foody, G.M., Ghoneim. E.M. and Arnell. W.N., 2004; Predicting location sensitive to flash flooding in arid environment, Journal of

معنی‌دار بودن اختلاف در سطح معنی‌داری یک درصد برای زیرحوضه‌های ۵ تا ۷ و زیرحوضه‌های ۹ و ۱۰ می‌باشد. همچنین نتایج بررسی برای سهم مشارکت حجم سیل زیرحوضه‌ها بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف در سطح احتمال یک درصد برای زیرحوضه‌های ۱ تا ۱۰ می‌باشد (جدول ۱۰). به این ترتیب، نتایج به دست آمده حاکی از معنی‌دار بودن تغییرات مقادیر دبی اوج و حجم سیل در زمانهای متفاوت می‌باشد. معنی‌دار بودن تغییر مقادیر سهم مشارکت دبی و حجم سیل در دوره‌های مختلف، به دلیل متفاوت بودن الگوهای بارش و مقادیر پارامترهای اساسی همچون شماره منحنی برای کلیه زیرحوضه‌ها در دو دوره هیدرولوژیکی مزبور می‌باشد. با توجه به شرایط فیزیکی ثابت همچون مساحت، شیب، طول آبراهه‌ها و وجود شرایط رطوبتی یکسان (خشک)، برای هر دو دوره هیدرولوژیکی بهار و تابستان- پاییز، و تبعیت پارامترهای اساسی همچون تلفات اولیه و زمان تاخیر از شماره منحنی، تنها عوامل موثر در بیان تغییر سیل‌خیزی زیر حوضه‌ها در دو دوره هیدرولوژیکی مزبور، الگوی بارش و CN می‌باشد. مقدار CN از ماتریس کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک بدست می‌آید و چون گروه‌های هیدرولوژیکی خاک بر اساس جداول مربوطه از بافت خاک حاصل می‌شود، بنابراین با یکسان بودن بافت خاک، تنها پارامتر ممیز تغییر کاربری اراضی در دو دوره هیدرولوژیکی می‌باشد. مقادیر CN در قسمت‌هایی از زیر حوضه‌های ۱، ۲، ۴ و ۶ به دلیل تغییر کاربری اراضی دیم در دوره هیدرولوژیکی بهار به اراضی شخم خورده آیش در دوره هیدرولوژیکی تابستان- پاییزه تغییر کرده و سبب تغییر در تولید سیل شده است. قسمت‌هایی از سطح زیر حوضه‌های ۷ و ۹ در دوره هیدرولوژیکی بهار از کاربری مرتعی متوسط به کاربری مرتعی فقیر تنزل پیدا کرده و در نتیجه بر مقدار CN آن‌ها افزوده شده و سبب تغییر در تولید سیل می‌گردد. به این ترتیب، نتایج به دست آمده حاکی از معنی‌دار بودن تغییرات مقادیر دبی اوج و حجم سیل در زمانهای متفاوت می‌باشد. این مسئله با نتایج یثربی (۶) و Young و

جدول ۹: آنالیز آزمون T جفتی مشارکت زیرحوضه‌ها در دبی اوج حوزه، با الگوی بارش بهار

سطح معنی‌داری	مقدار t	حدود اطمینان سطح ۹۵٪		میانگین خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین	آماره زیرحوضه
		پایین	بالا				
۰/۰۰۰**	۱۶/۰۰۹	۲/۶۷۲۵	۲/۰۵۴۵	۰/۱۴۷۶۴	۰/۶۶۰۲۶	۲/۳۶۳۵	۱
۰/۰۰۰**	۵۲/۲۴۵	۱۲-۲۸۸۲	۱۳/۳۱۳۸	-۰/۲۴۵۰۲	۱/۰۹۵۷۵	- ۱۲/۸۰۱۰	۲
۰/۰۰۰**	۱۱/۹۶۲	۰/۶۶۳۳	۰/۴۶۵۷	۰/۴۷۱۹	۰/۲۱۱۰۵	۰/۵۶۴۵	۳
۰/۰۰۰**	۹/۴۰۶	۰/۹۱۸۷	۰/۵۸۴۳	۰/۷۹۹۰	۰/۳۵۷۳۲	۰/۷۵۱۵	۴
۰/۰۰۰**	۲۲/۵۵۴	۲/۸۰۲۵	۲/۳۲۶۵	۰/۱۱۳۷۰	۰/۵۰۸۵۰	۲/۵۶۴۵	۵
۰/۰۰۰**	۲۶/۴۷۷	۳/۱۲۴۴	۲/۶۶۶۶	۰/۱۰۹۳۶	۰/۴۸۹۰۶	۲/۸۹۵۵	۶
۰/۰۰۰**	۲۷/۵۱۶	۱/۷۸۰۹	۱/۵۲۹۱	۰/۰۶۰۱۵	۰/۲۶۸۹۸	۱/۶۵۵۰	۷
۰/۱۹۴	۱/۳۴۷	۱/۶۲۸۰	۰/۳۵۳۰	۰/۴۷۳۲۵	۲/۱۱۶۴۶	۰/۶۳۷۵	۸
۰/۰۰۱**	۳/۹۳۳	۲/۹۳۳۲	۰/۸۹۵۸	۰/۴۸۳۷۲	۲/۱۷۶۶۹	۱/۹۱۴۵	۹
۰/۲۰۳	۱/۳۱۹	۱/۵۸۴۷	۰-۳۵۹۷	۰/۴۶۴۵۱	۲/۰۷۷۳۵	۰/۶۱۲۵	۱۰

** با سطح معنی‌داری ۱٪ بین دو دوره تفاوت وجود دارد. * با سطح معنی‌داری ۵٪ بین دو دوره تفاوت وجود دارد.

جدول ۱۰ آنالیز آزمون T جفتی مشارکت زیرحوزه‌ها در دبی اوج حوزه. با الگوی بارش تابستان-پاییزه

سطح معنی‌داری	مقدار t	حدود اطمینان سطح ۹۵٪		میانگین خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین	آماره زیرحوزه
		بالا	پایین				
۰/۰۲۶*	- ۲/۵۸۰	- ۰/۵۱۵۱	- ۶/۴۹۳۲	۱/۳۵۸۰۴	۴/۷۰۴۳۸	- ۳/۵۰۴۲	۱
۰/۰۹۱	۱/۸۵۲	۱۷/۶۲۳۰	- ۱/۵۱۶۳	۴/۳۴۷۸۹	۱۵/۰۶۱۵۲	۸/۰۵۳۳	۲
۰/۱۳۰	- ۱/۶۳۴	۰/۵۲۴۳	- ۳/۵۴۹۳	۰/۹۲۵۳۸	۳/۲۰۵۶۲	- ۱/۵۱۲۵	۳
۰/۱۲۸	- ۱/۶۴۷	۰/۵۴۴۷	- ۳/۷۷۹۷	۰/۹۸۲۳۷	۳/۴۰۳۰۲	- ۱/۶۱۷۵	۴
۰/۰۰۰**	- ۸/۹۱۸	- ۲/۲۶۲۷	- ۳/۷۴۵۶	۰/۳۳۶۸۸	۱/۱۶۷۰۰	- ۳/۰۰۴۲	۵
۰/۰۰۱**	- ۴/۶۰۷	- ۱/۸۵۰۲	- ۵/۲۳۴۸	۰/۷۶۸۸۶	۲/۶۶۳۴۱	- ۳/۵۴۲۵	۶
۰/۰۰۶**	- ۳/۳۸۱	- ۰/۷۹۰۹	- ۳/۷۴۲۴	۰/۶۷۰۴۸	۲/۳۲۲۶۳	- ۲/۲۶۶۷	۷
۰/۰۴۸**	- ۲/۲۲۵	- ۰/۰۰۵۶	- ۱/۰۲۹۴	۰/۲۳۴۸۶	۰/۸۱۳۵۷	- ۰/۵۲۲۵	۸
۰/۰۰۱**	- ۴/۴۴۶	- ۰/۹۸۵۹	- ۲/۹۱۹۱	۰/۴۳۹۱۸	۱/۵۲۱۳۶	- ۱/۹۵۲۵	۹
۰/۰۰۵**	- ۳/۵۳۴	- ۰/۰۹۱۲	- ۰/۳۹۲۲	۰/۰۶۸۳۸	۰/۲۳۶۸۷	- ۰/۲۴۱۷	۱۰

** با سطح معنی‌داری ۱٪ بین دو دوره تفاوت وجود دارد. * با سطح معنی‌داری ۵٪ بین دو دوره تفاوت وجود دارد.

Hydrology, 292: 48-58.

8- Hassanzadeh, Y. and Aalami, M.T., (2005) *An investigation of reasons for the occurrence of Golestan flood & the methods of its Prevention*, In; Proceedings of the International Conference on Geohazards, Natural Disasters & Methods of Confronting With them, Tabriz, Iran, Sep.27-29, 2005;39-40.

9- Melesse, A.M. and Shih, S.F., (2002) Spatially distributed storm runoff depth estimation using landsat images and GIS, *computers and electronics in agriculture*, Volume 37, Number 1, December 2002, pp. 173-183.

10- Singh, v.p., (1996) Effect of spatial and temporal variability in rainfall and watershed characteristics on stream flow hydrograph, *Hydrological Processes, Volume 11, Issue 12*, pp. 1649-1664.

11- Vanshaar, J.R. and Haddeland, I. and Lettenmaier, D.P., (2002) Effects of land-cover changes on the hydrological response of interior columbia river basin forested catchments, *Hydrological Processes, Volume 16, Issue 13*, pp. 2499-2520.

12-Young, D.F, and Carleton, J.N., (2005) *Implementation of a probabilistic curve number method in the PRZM runoff model*, *Environmental Modelling & Software*, Article in Press.

