درمنابع طبیعی

معرفی روشی در مکان یابی سطوح موثر بر دبی اوج سیل به منظور برنامه‌ریزی مهار سیلابها و کاهش خسارات آن در حوزه های آبخیز کشور، مطالعه موردی: حوزه رودک

● **محمد روغنی**، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری
● **محمد مهدوی**، استاد دانشگاه تهران
● **عبدالمحمد غفوری**، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

تاریخ دریافت: بهمن ماه ۱۳۸۱ تاریخ پذیرش: مرداد ماه ۱۳۸۲

چکیده

کشـور ایران به لحاظ موقعیت خاص جغرافیائی، دراکثر مناطق، از اقلیمی خشـک و نیمه خشـک بر خوردار می باشـد. نحوه بارش وتوزیع آن در اینگونه مناطق، ضمن تاثیر پذیری از ویژگیهای متاثر از اقالیم یاد شده، با ایجاد سیلابهای فصلی صدمات و خسارات جبران ناپذیری به بار می آورد. تحقیق حاضر با هدف کاهش خطرات سـیل الگوی مناسـبی در بهینه سـازی عملیات آبخیزداری و مهار سـیل محسـوب می شود. به همین منظور با اسـتفاده از مفهوم نمودار مساحت- زمان و به کار گیری مشخصات حوزه شامل مسـاحت، شیب متوسـط، ضریب زبری سـطحی، زمان تمرکز، بارش و ضریب رواناب در یک مدل هیدرولوژیکی، رفتار حوزه مورد واسـنجی و ارزیابی قرار گرفته اسـت. سپس سطوح هم پیمایش حوزه اسـتخراج و نحوه توزیع مکانی زیر حوزه ها در سطح منطقه مورد بررسـی قرار گرفته اسـت. از آنجا که تاثیر متقابل توزیع مکانی زیر حوزه ها و پتانسیل سیل خیزی آنها نقش مهمی در شکل گیری سیلاب خروجی از حوزه دارد. بنا بر این با فرض اجرای عملیات مهار سیلاب در زیر حوزه های واقع در هر سطح هم پیمایش، تاثیر آنها روی دبی اوج هیدروگراف سـیل مورد بررسـی قرار گرفته اسـت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که سطح هم پیمایش ۵ واقع در بخش میانی حوزه با ۸۸۷۰ کیلو متر مربع وسـعت دارای بیشـترین تاثیر در دبی اوج سـیلاب خروجی از حوزه اصلی بوده اسـت. درمقایسـه با مناطق مزبور، سطوح واقع در نزدیکی خروجی نقش بسیار کمتری در دبی اوج داشته است. به طور کلی از خروجی به طرف بالا دست و بخش های میانی حوزه، همراه با افزایش وسعت سطوح هم پیمایش، تاثیر زیر حوزه ها در دبی اوج سیلاب افزایش نشان می دهد. لذا با تمرکز عملیات آبخیزداری و کنترل سیلاب براساس اولویت ها و مناطق تعیین شده، ضمن دسترسی به اهداف تحقیق، کاهش قابل توجهی در هزینه های اجرائی طرح پیش بینی می گردد.

کلمات کلیدی: آبخیز داری، بارش رواناب، سطوح هم پیمایش، مدل های ریاضی، مهار سیل

Pajouhesh & Sazandegi No: 61 pp:18-27

Introducing a method in site selection of areas influencing to flood control programming and decreasing flood damages in Iran watersheds

Case study in Rodak basin

By: M. Roghani. Sientific Member of Soil Conservation and Watershed Management Research Center
M. Mahdavi, Professor of Tehran Univercity
A. M. Gafouri, Sientific Member of Soil Conservation and Watershed Management Research Center

Due to particular geographic situation, Iran has arid and semi arid climate in most areas. Rainfall condition and distribution in these areas is influenced by the geographic characteristics which causes of seasonal floods. These floods imposes huge and irreparable damages. The aim of this research is decreasing of flood hazard. For this purpose by using time-area diagram, average slope, surface roughness coefficient, time of concentration,

Archive of SID
www.SID.ir

rain and runoff coefficient in a hydrologic model has calibrated and evaluated the behavior of watershed basin. Then isochron of basin was determined and spatial distribution condition of sub-basins has been surveyed. Since interaction between sub-basins spatial distribution and turtiality potential has an important role in arise of peak flood discharge in basin outlet. Therefore considering the implementation of flood control activities in the sub basins located in each isochron, their effect on peak flood hydrograph has been analyzed. The results of this research indicate that the number five isochron with 8870 km^2 area has had the most effect in peak flood discharge in the basin outlet. In the contrary, the sub-basin located in isochron near outlet have had less important role in peak flood discharge. In general, from the outlet toward middle stream of basin along with increase in areas of isochron, the effects of sub-basins in peak flood discharge has showed an increasing. Thus concentrating on watershed management and flood control activities based on priorities and the areas identified achieving the research goals, will lead to considerable decrease in implementation expenses of the project.

Keywords: Watershed Management ,Rainfall-Runoff- Isochron- Hydrologic Model-Flood Control.

مقدمه

یکی از مسائل مهم و اساسی در مدیریت حوزه های آبخیز و مطالعات کنترل سیل که از اهمیت ویژه ای بر خوردار می باشد، درک اثرات متفاوتی است که انجام عملیات اصلاحی از قبیل سد های کوتاه و تاخیری، احداث گابیون، سکو، بانکت و سایر اقدامات مکانیکی و بیولوژیکی، روی پاسخ حوزه نسبت به بارش می گذارد. توسعه مناطق شهری، بهره برداری غیر اصولی از اراضی و اجرای هر گونه عملیات در سطح حوزه با ایجاد تغییراتی در ضریب زبری، زمان تمرکز، پوشش گیاهی و در نتیجه تغییر نفوذ پذیری خاک، موجب بروز شرائط ناهنجار در تولید رواناب و نهایتاً دبی اوج هیدروگراف سیل حوزه های آبخیز می گردد (۲).

بررسی های انجام شده نشان می دهد موضوعات مرتبط با این تحقیق عمدتاً در زمینه تاثیر تغییرات کاربری اراضی روی بروز سیلاب و تغییر رفتار حوزه های آبخیز صورت گرفته است.Brooks و همکاران (۷) با انجام مطالعاتی در زمینه تاثیر قطع جنگل روی حجم و دبی سیلاب به این نتیجه رسیدند که قطع پوشش جنگلی اگر چه ممکن است موجب افزایش سیلاب گردد، لیکن در بعضی مواقع این امر به دلیل عدم همزمانی دبی اوج زیرحوزه های بالا دست، می تواند موجب کاهش دبی اوج نیز گردد. در حوزه های شهری نیز این موضوع به گونه دیگری مطالعه گردیده است. ارتباط تاثیر افزایش سطوح نفوذ ناپذیر در سطح حوزه، مانند توسعه مناطق شهری روی شکل گیری سیلاب خروجی با به کار گیری مدل ریاضی توسط Gafouri (۱۱) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل نشان می دهد که توسعه مناطق مزبور تاثیر مستقیمی روی دبی اوج سیلاب دارد. Jones ضمن بررسی عواملی که منجر به تولید سیل می شود، فعالیت های انسانی را در درون حوزه روی بزرگی و تعداد وقوع سیلاب ها تاثیرگذار دانسته است (۱۳).

خسرو شاهی(۱) تاثیر سیل خیزی زیر حوزه ها را از طریق مدل ریاضی در حوزه آبخیز دماوند مورد بررسی قرارداد و زیر حوزه ای را که بیشترین تاثیر را در خروجی داشته، معرفی نموده است. در تحقیق دیگری، قائمی و همکاران (۵) ضمن معرفی شش عامل تاثیرگذار بر وقوع سیلاب شامل عمق بارندگی، زمان بارش، عمق برف، جنس زمین، پوشش گیاهی، شیب و شکل حوزه و ارزش گذاری کمی آنها برطبق نظر کارشناسی ، شدت سیل خیزی زیرحوزه های کرخه را تعیین نمودند. مقایسه عددی شدت سیل خیزی زیر حوزه های مزبور بدون در نظر گرفتن تاثیر روند رودخانه بر روی کاهش دبی اوج سیلاب و سایر فرآیند های موثر در رفتار حوزه، صحت تاثیر زیر حوزه ها را با اوزان تعیین شده و به همان نسبت در خروجی حوزه مورد تردید قرار می دهد(۱). در همین ارتباط، رضائی کلج(۳)، شدت سیل خیزی زیرحوزه های کن را مورد بررسی قرار داده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد که، عکس العمل زمینی و مجموعه عوامل محیطی موجود در آن نسبت به نزولات جوی (که به صورت رواناب بروز کرده) همراه با شدت آن ارتباط مستقیمی با نوع خسارات حاصله دارد. نظر به اینکه هیدروگراف سیلاب آخرین محصول توزیع زمانی و مکانی بارندگی، تبخیر و تعرق، مشخصات فیزیکی و شرائط رطوبتی خاک می باشد، به همین منظور تجزیه و تحلیل هیدروگراف سیل اطلاعات بسیار با ارزشی را در ارتباط با تاثیر متقابل مولفه های موجود و نحوه پاسخ حوزه به بارش ارائه می نماید. تحقیقات انجام شده توسط Clark (۹)، Maidment (۱۵)، Laurenson (۱۳)، Donker (۱۰) و دیگران در ارتباط با استفاده از روش مساحت ـ زمان، بیانگر اهمیت تاثیر توزیع مکانی زیر حوزه های واقع در سطوح مختلف حوزه روی شکل گیری هیدروگراف سیل می باشد. یکی از مباحث اصلی در فرایند رواناب سطحی، بحث در مورد مناطق منشا متغیر رواناب[1] می‌باشد که به بررسی مناطقی با بیشترین تولید رواناب می پردازد. مفهوم مناطق منشا که توسط Hewlet و Trondle (۷) ارائه شده است، مکانیسم های تولید رواناب حاصل ازسطوح مشخصی از حوزه های آبخیز را بدون در نظر گرفتن تاثیر تجمعی زیر حوزه های واقع در هر سطح هم پیمایش درخروجی و بر دبی اوج سیلاب توصیف می کند(۲). بررسی های انجام شده نشان می دهد آمار و اطلاعات موجود از سیل در طی سالهای اخیر حاکی از روند افزایشی وقوع این پدیده می باشد. براساس آخرین آمار منتشر شده، تعداد دفعات وقوع سیل در طی سالهای ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۰ به ۳۷۰۰ مورد رسیده است(۶). مشکلات موجود در ارتباط با سیل و اهمیت مبارزه و مهار آن لزوم ارائه روشهای کاربردی را طلب می کند.

این تحقیق با هدف ارائه الگوئی در جهت کنترل و کاهش خطرات سیل، ضمن بررسی توان تولید رواناب زیر حوزه های منطقه مورد مطالعه، نقش آنها را در دبی اوج هیدروگراف سیلاب مورد ارزیابی قرار

www.SID.ir

داده است. براین اساس با استفاده از مدلهای هیدرولوژیکی و روش ارائه شده در این تحقیق، تاثیر عملیات اصلاحی روی کاهش دبی اوج ارزیابی شده است. با انجام این عمل امکان دسترسی و شناسائی سطوح موثر و مکان یابی مناطقی از حوزه که بیشترین نقش را در دبی اوج سیل ایفا می نماید، از طریق انتخاب بهترین گزینه، براساس اولویت های تعین شده وجود خواهد داشت. مهمترین نقش به کارگیری این روش در کاهش هزینه های اجرائی پروژه های مهار سیلاب و دسترسی مطلوب به اهداف طرح خواهد بود که از طریق تمرکز عملیات اصلاحی در مکانهای شناسائی شده به عنوان مناطق موثر حاصل خواهد گردید. شناخت عوامل موثر در بروز سیل و ارائه راه کارهای مناسب، لزوم استفاده از مدل های ریاضی و مفهوم سطوح هم پیمایش را ضروری می‌سازد.

به کارگیری مدل ریاضی

به طور کلی یک مدل، نمایشی ساده از یک سیستم پیچیده بوده و در مدل ریاضی رفتار یک سیستم به وسیله یک سری معادلات ریاضی همراه با جملات منطقی، ارتباط بین متغیرها و پارامتر ها را بیان می کند(۴). مدل‌های محاسباتی در فرایند مدل‌سازی رفتار هیدرولوژیکی حوزه جایگاه ویژه ای دارند. این مدل ها خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیکی حوزه شامل نفوذ و بارندگی را در نظر گرفته وسیلاب را در خروجی و در درون حوزه شبیه سازی می‌کند(۴).

ضرورت به کارگیری مدلهای ریاضی

درک فرآیندهای فیزیکی و مولفه های هیدرولوژیکی و اثر مهم آنها در واکنش حوزه به بارش یکی از اصول اساسی در مدیریت حوزه های آبخیز و پروژه های کنترل سیلاب می باشد. تغییر در فرآیندهای هیدرولوژیکی ناشی از تغییر در نحوه استفاده از اراضی، اثرات مهمی روی کمیت و کیفیت رواناب خروجی از حوزه خواهد داشت. براین اساس به کارگیری مدل‌های بارش ـ رواناب ابزار موثری برای تصمیم گیران و مدیران۱ به شمار می‌رود.

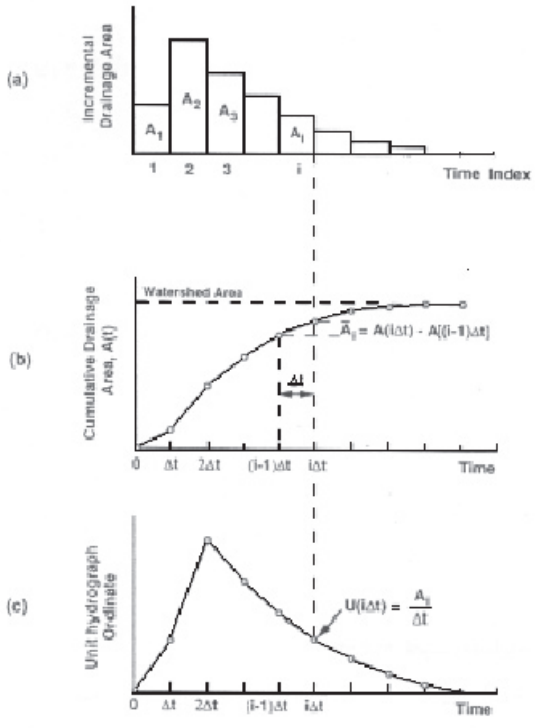
به کارگیری مفهوم وکاربرد سطوح هم پیمایش

تهیه هیدروگراف واحد با استفاده از نمودار مساحت ـ زمان که ابتدا توسط Clark (۹) مطرح شده بود بعدها توسط Chow و همکارانش (۸) توسعه داده شد. Maidment و (۱۴، ۱۵)، این موضوع را تحت عنوان توزیع مکانی هیدروگراف واحد با به کارگیری GIS (شکل۴) و استخراج هیدروگراف واحد از طریق توزیع مکانی سرعت جریان ارائه نمود. در تئوری مطرح شده بیشترین سطح هم تمرکز (A۲) دبی اوج هیدروگراف واحد را به خود اختصاص داده است. براین اساس در صورتی که مناطق واقع در سطوح مزبور از پتانسیل سیل‌خیزی بالائی نیز برخوردار باشند، تاثیر به‌مراتب بیشتری در دبی اوج هیدروگراف سیلاب خواهند گذاشت.

مواد و روشها

به منظور مطالعه رفتار حوزه آبخیز مورد مطالعه و بهینه سازی عملیات آبخیزداری و مهار سیلاب، فراهم نمودن داده ها و نقشه ها و مواد مورد نیاز بسیار ضروری است. اطلاعات مزبور شامل مشخصات فیزیکی، داده های بارش ـ رواناب ، انتخاب مدل، تهیه نقشه شماره منحنی[۳] و نقشه هم پیمایش[۴] جریان می‌باشد. روش تحقیق جهت دسترسی به اهداف طرح شامل مراحل زیر می باشد.

- تقسیم بندی حوزه و ارائه مشخصات فیزیکی آن ها در یک مدل شبیه ساز بارش ـ رواناب،
- به کارگیری تئوری مطرح شده توسط Clark و تهیه نقشه سطوح هم پیمایش حوزه موردمطالعه،
- تعیین توزیع مکانی زیر حوزه ها در هر سطح هم پیمایش،
- به‌کارگیری مدل هیدرولوژیکی به منظور شبیه سازی رفتار حوزه و روند یابی رواناب ،
- تعین ضرائب رواناب نقاط مختلف حوزه جهت به کارگیری در مدل،
- تقسیم بندی زیر حوزه ها براساس سطوح هم پیمایش،
- شبیه سازی سیلاب حوزه و روند یابی رواناب در تکرار های مختلف با حذف تاثیر زیرحوزه های واقع در هر سطح هم پیمایش،
- مقایسه نتایج و تجزیه و تحلیل داده ها،



شکل(۱) نمودار مساحت زمان و هیدروگراف حاصل از آن(۱۵).

www.SID.ir

جدول (۱) : مشخصات فیزیو گرافی حوزه رودک.

مساحت (کیلو متر مربع)	محیط (کیلومتر)	طول آبراهه(کیلومتر)	ارتفاع حداقل (متر)	ارتفاع حداکثر (متر)	شیب متوسط (٪)	مان تمرکز (ساعت)
۴۲۰	۸۵/۹۷	۶۰/۳۰	۱۷۰۰	۳۹۰۰	۵۵	۵/۳

جدول شماره ۲- مشخصات بارشهای استفاده شده در مدل ریاضی

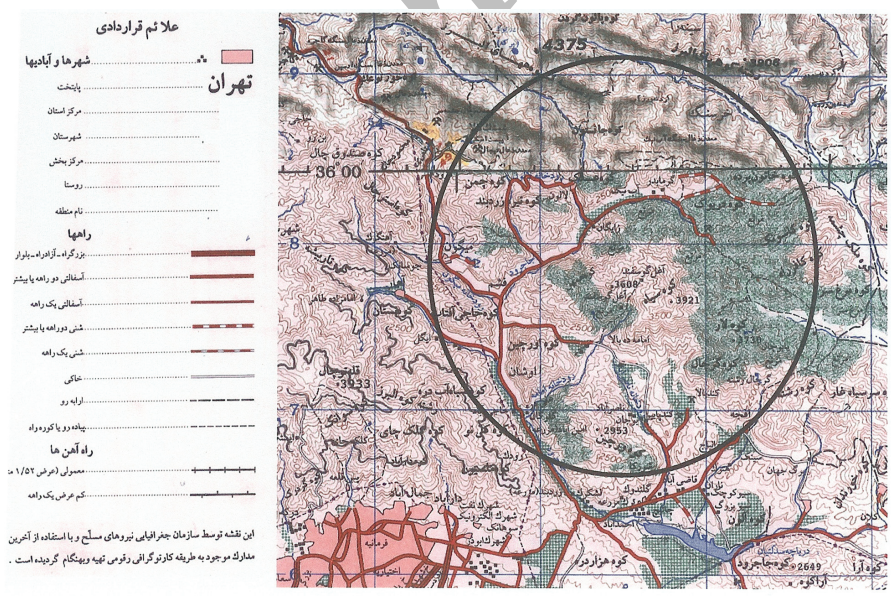
پارامتر تاریخ	بارش (میلیمتر)	دبی اوج (متر مکعب بر ثانیه)	ارتفاع رواناب (میلیمتر)	تلفات (میلیمتر)	شماره منحنی	ضریب رواناب (٪)
۵۱/۸/۱۳	۶۰	۲۷	۱/۷۰	۲۰۳/۰	۵۶	۲/۸۰
۵۳/۴/۱۶	۴۰	۵۲	۱/۷۴	۱۲۲/۳	۶۸	۴/۴۰

جدول(۳): مقادیر حاصل از تحلیل فراوانی سیلاب درحوزه رودک (متر مکعب برثانیه).

دوره بازگشت / ایستگاه	۲	۵	۱۰	۲۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
رودک	۶۰	۹۶	۱۲۳	۱۵۹	۱۷۱	۲۰۹	۲۵۴

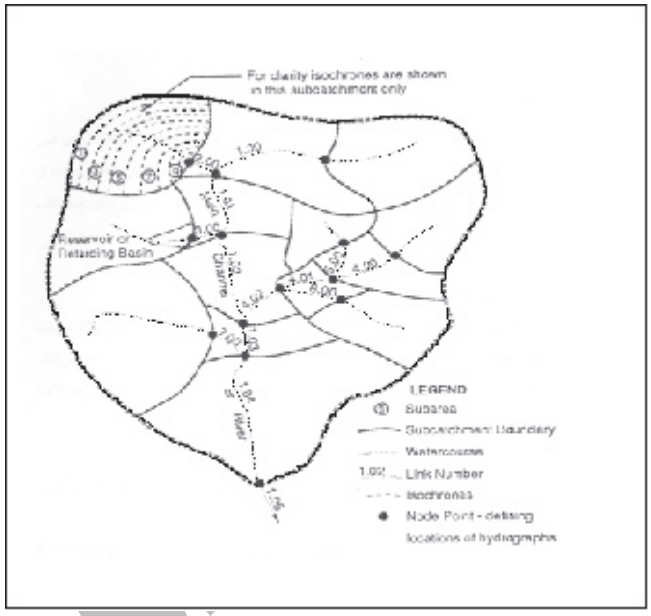
منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز رودک واقع در شمال شرق تهران با وسعتی معادل ۴۲۰ کیلو متر مربع یکی از مهمترین منابع تامین کننده آب سد لتیان می باشد. این حوزه از شمال به ارتفاعات بلند کوه بارلنگ و قسمت های جنوبی حوزه آبخیز رودخانه لار ، ازشرق به کوه لار و از غرب به کوههای آسارا و شهرستانک محدود می شود. این منطقه از نظر مختصات جغرافیائی بین ۲۴´ ۵۱° تا ۴۲´ ۵۱° طول شرقی و ۵۰´ ۳۵° تا ۰۲´ ۳۶° عرض شمالی قرار گرفته است(شکل۲). به طور کلی آب و هوای این ناحیه متاثر از آب و هوای البرز جنوبی می باشد. متوسط دبی و بارش سالانه در طول دوره آماری ۱۹ ساله به ترتیب ۷/۳۷ متر مکعب برثانیه و ۶۶۷ میلی متر ثبت شده است.

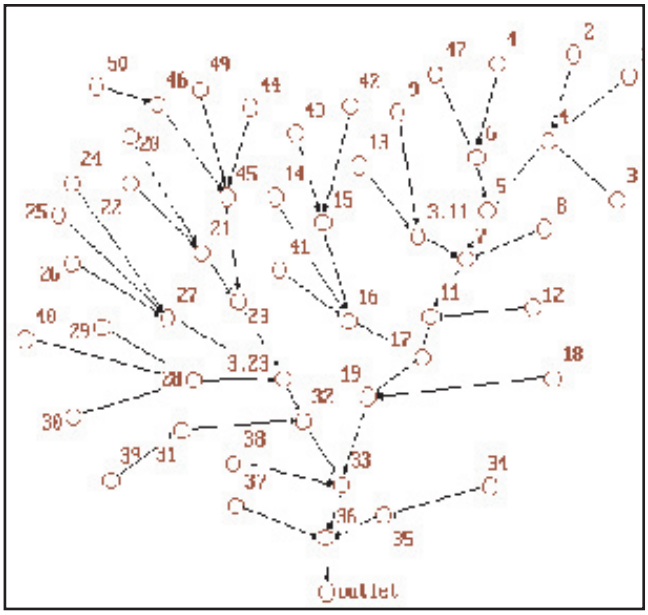


شکل(۲): موقعیت منطقه مورد مطالعه واقع در بالا دست سد لتیان.

www.SID.ir



شکل (۳) : ساختمان کلی مدل RAFTS



شکل(۴) مدل هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه.

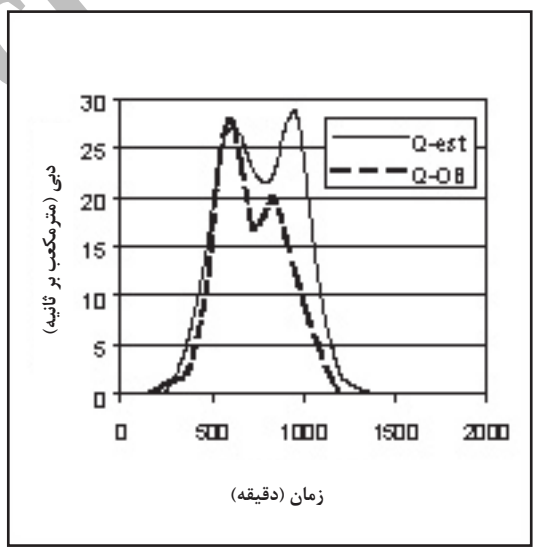
استخراج مشخصات فیزیکی حوزه

بـه منظور فراهم نمـودن داده هـای لازم برای انجام ایـن تحقیق، با اسـتفاده از نرم Ilwis ، کلیه مشخصات و نقشه های مورد نیاز شامل مدل رقومی ارتفاعی[۵]، نقشـه شیب، جهت جریان[۶] و جریان تجمعی[۷] برای تولید نقشه هم پیمایش استخراج گردید. جدول ۱ مشخصات فیزیکی حوزه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

تحلیل داده های بارش ـ رواناب و استخراج شماره منحنی

به منظور مدل سـازی حوزه مورد مطالعـه از طریق به کار گیری مدل ریاضی، اسـتفاده از داده های همزمان بارش ـ رواناب برای واسـنجی مدل ضروری اسـت. به همین منظور پس از بررسـی های طولانی در دفتـر آبهای سـطحی وزارت نیـرو، تعداد دو واقعه همزمـان بارش رواناب بـرای انجام واسنجی وارزیابی مناسب تشخیص داده شد. اگر چه تعداد وقایع مزبور برای واسنجی مدل کافی نمی باشـد، لیکن با توجه به عدم وجود اطلاعات مناسب تا زمان انجام تحقیق حاضر، حد اقل شـرایط لازم را بـرای انجام این مهم فراهم خواهد نمود. رابطه ۱ و ۲ استخراج CN از داده های مشاهداتی و جدول ۲ مشخصات بارندگی و ضرائب رواناب حاصل از آنها را برای وقایع مزبور نشان می دهد.

$$S=5\{P+2Q-[4Q^2+5PQ^{0.5}]} \quad (1)$$



شکل (۵): نتیجه واسنجی مدل در برآورد دبی

$$CN=25400/(S+254) \quad (2)$$

که در آنها:

P= ارتفاع بارندگی به میلیمتر،

Q = ارتفاع رواناب به میلیمتر،

S = حداکثر پتانسیل نفوذ به میلیمتر،

CN = شماره منحنی.

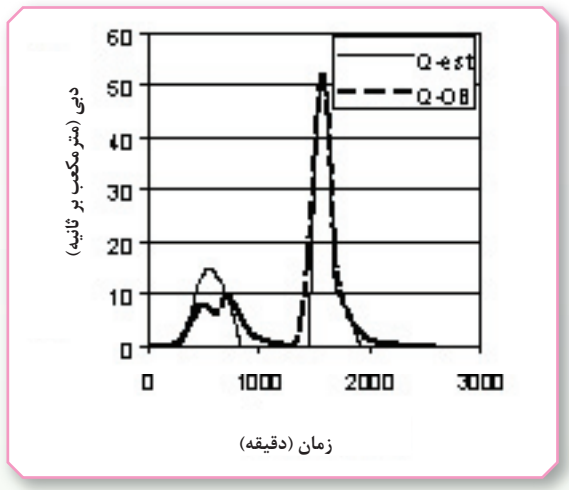
شبیه سازی بارش ـ رواناب با به کارگیری مدل RAFTS

مـدل مزبور که در این تحقیق به کار گرفته شـده در سـال ۱۹۷۴ در اسـترالیا تحت نام اولیـه[۸] RSWM توسط شـرکت اسـترالیائی SMEC و WP توسعه داده شـد(۱۱). این مـدل درچند دهه اخیر به طـور پیوسـته در حوزه هـای مختلف به کار برده شـده و نتایج قابـل قبولی نیز به همراه داشـته اسـت. سـاختـمان کلی مدل براسـاس فرآینـدهای ذخیـره حـوزه می باشـد و نقش حوزه در تولید رواناب براساس خطوط هم تمـرکـز در نظر گرفته شده است. شکل ۳ شمای کلی مدل را نشان می دهد.

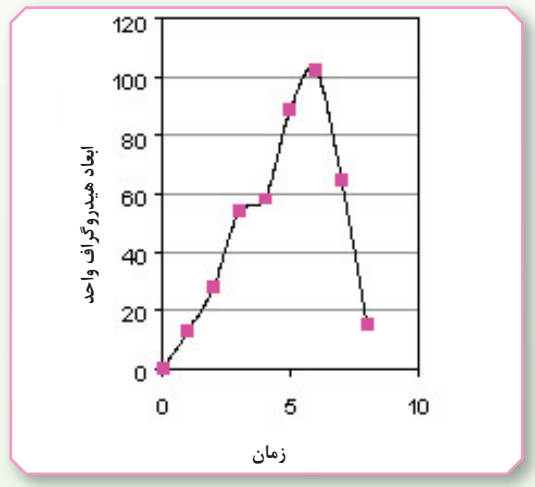
تهیه مدل هیدرولوژیکی حوزه

یکـی از ویژگـی های، مدلهای ریاضـی، تهیـه و نمایـش وضعیـت طبیعی منطقه در قالـب زیرحـوزه هـا و واحد هـای هیـدرولوژیکـی براسـاس تقـدم و تاخـر جـریان در حوزه می باشد. به همین منظور،

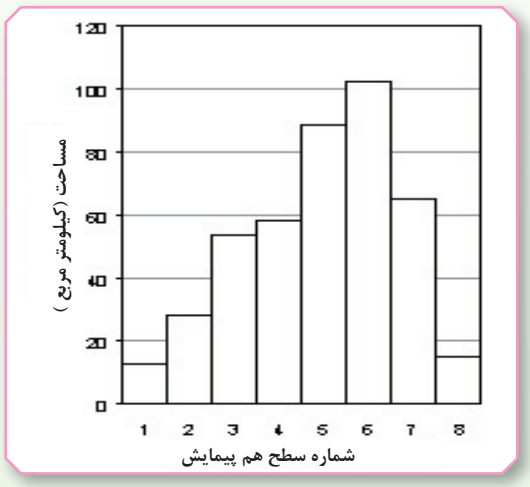
Archive of SID
www.SID.ir



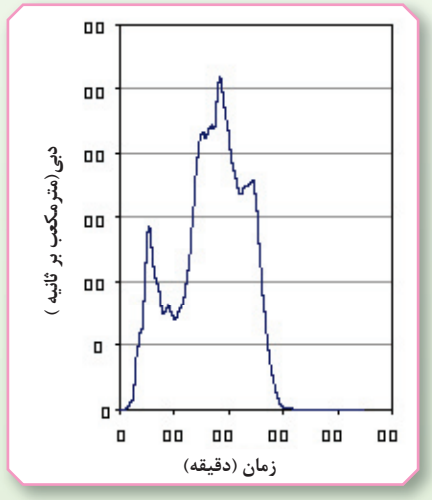
شکل(۶) : نتیجه ارزیابی مدل در برآورد دبی



شکل(۷):ابعـاد هیـدروگراف واحـد حاصل از نمـودار.

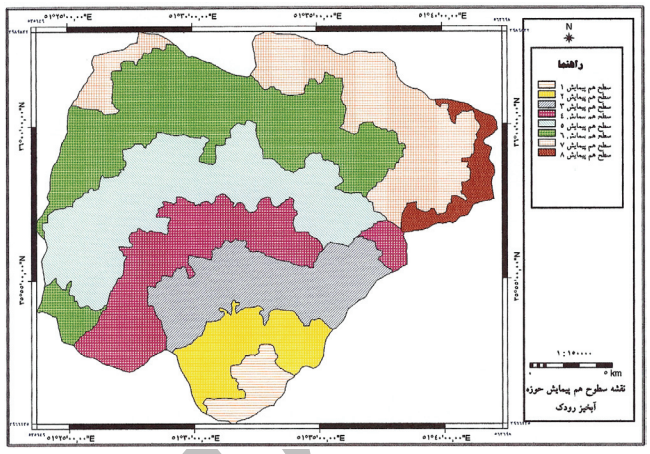


شکل(۸): نمودار مساحت ـ زمان در حوزه آبخیز رودک.

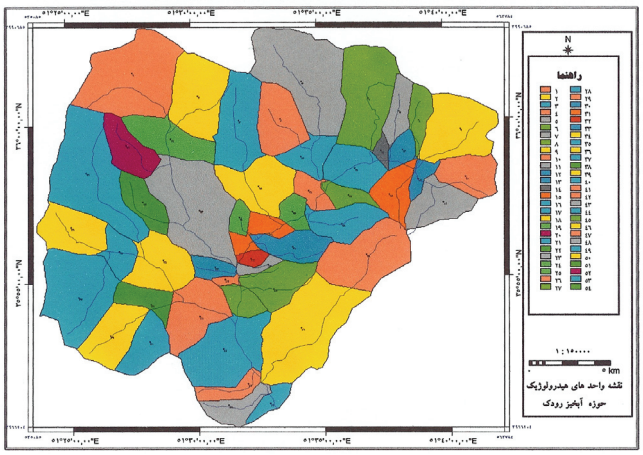


شکل(۹): شبیه سازی سیلاب بادوره بازگشت ۱۰۰ ساله.

www.SID.ir



شکل(۱۰): نقشه سطوح هم پیمایش درحوزه آبخیز رودک.



شکل(۱۱): موقعیت واحد های هیدرولوژیک حوزه آبخیز رودک.

برای بررسی فرآیند بارش ـ رواناب، شبیه سازی سیلاب و بررسی توزیع مکانی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب حوزه، منطقه مورد مطالعه به ۵۱ زیر حوزه تقسیم بندی گردیده است. شکل۴ مدل هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

واسنجی[۹] مدل

اغلب مدلهای هیدرولوژیکی تا زمانی که نتایج و خروجی حاصل از آنها به پاسخ واقعی حوزه نزدیکتر گردد، احتیاج به تغییرات جزئی در محدوده پارامترهای کنترل کننده فرآیندهای مختلف نظیر نفوذ، رطوبت خاک، ضریب رواناب و سایر پارامترهای مدل را دارند. به همین منظور پس از انجام تست حساسیت، واسنجی مدل با استفاده از داده های همزمان بارش و رواناب مورخ ۵۱/۸/۱۳ انجام گرفت (شکل ۵).

ارزیابی مدل

در اکثر موارد واسنجی مدلهای هیدرولوژیکی تنها بر اساس یک واقعه مشاهده شده، از توجیه علمی مناسبی برخوردار نمی‌باشد. به همین منظور برای ارزیابی و بررسی صحت ضرائب بدست آمده و پارا مترهای به کار برده شده در مرحله واسنجی مدلهای هیدرولوژیک، وقایع دیگری مورد نیاز خواهد بود. براین اساس با به کارگیری ضرائب بدست آمده در مرحله واسنجی، نتایج و خروجی مدل برای وقایع دیگری مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این مرحله، با استفاده از واقعه مورخ ۵۳/۴/۱۶ و به کارگیری ضرائب تقریبا یکسان در مرحله واسنجی، صحت عملیات واسنجی مورد بررسی قرار گرفت (شکل۶).

تحلیل نتایج واسنجی وارزیابی مدل

در این مرحله با استفاده از داده های هم زمان بارش ـ رواناب عملیات واسنجی و ارزیابی مدل انجام گرفت. بررسی سه پارامتر مهم در هیدروگراف سیلاب مشاهده ای و شبیه سازی شده، شامل مقادیر دبی اوج، حجم و زمان تا اوج سیلاب حاکی از صحت برآوردها از طریق مدل می باشد. اختلاف جزئی که در مرحله واسنجی مشاهده می شود را می‌توان ناشی از به کارگیری تنها یک ایستگاه باران سنجی دانست. زیرا در صورت وجود تعداد ایستگاههای باران سنجی بیشتر، شرائط مناسب تری از نحوه توزیع زمانی و مکانی بارش جهت ارائه آن به مدل و تحصیل خروجی های با اعتماد بیشتر فراهم می گردید. مقادیر درصد خطا در مراحل واسنجی و ارزیابی، بر اساس رابطه زیر به ترتیب ۳/۵ و ۱ درصد بوده که باتوجه به درصد بسیار پائین آنها، نتایج قابل قبولی می باشد.

$$R=|(Qobs-QEST)/QEST| \qquad (۳)$$
$$R=|Qobs-Qsti\ /\ Qsti|$$

در اینجا:
Qobs = دبی مشاهده ای
QEST = دبی شبیه سازی شده

بررسی تناوب سیل و شبیه سازی سیلاب

به منظور محاسبه دبی حداکثر سیل رودخانه حوزه آبخیز رودک از آمار موجود ایستگاه مزبور واقع در رودخانه جاجرود با طول دوره آماری ۲۹ ساله (۷۵ ـ۴۶) استفاده به عمل آمد. در مرحله بعد با به کارگیری برنامه Hyfa دبی حداکثر سیلاب با دوره بازگشت های مختلف برآورد گردید. جدول۳ نتایج حاصل از تحلیل فراوانی سیلاب را نشان می دهد.

در مرحله بعد با استفاده از بارش مورخ ۷۳/۸/۱۶ که دوره بازگشتی در حدود صد سال رانشان می دهد، دبی سیلاب با به کارگیری پارامترهای بدست آمده در مرحله واسنجی مدل نظیر ضرائب ذخیره و زبری سطح حوزه، شبیه سازی گردید. سیلاب شبیه سازی شده با دبی حداکثری معادل ۲۶۰ متر مکعب برثانیه انطباق خوبی را با نتایج حاصل از تحلیل فراوانی داده های مشاهداتی با تواتر صد ساله نشان می دهد. شکل۷ بیانگر نتایج حاصل از شبیه سازی سیلاب می باشد.

تهیه نقشه هم پیمایش حوزه مورد مطالعه

در این مرحله با استفاده از نرم افزار Ilwis، نقشه سطوح هم پیمایش جریان در حوزه رودک استخراج گردید. بررسی مناطق

Archive of SID
www.SID.ir

مزبور با استفاده از نمودار مساحت ـ زمان نشان می دهد سطوح ۶ و ۵ به ترتیب از بیشترین سطح برخوردار هستند. شکلهای ۸، ۹، ۱۰ و۱۱ نمودار مساحت ـ زمان ، ابعاد هیدرو گراف واحد حاصل از نمودار مزبور، نقشه سطوح هم پیمایش و توزیع مکانی واحد های هیدرولوژیک را در حوزه مورد مطالعه نشان می دهد.

مکان یابی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب

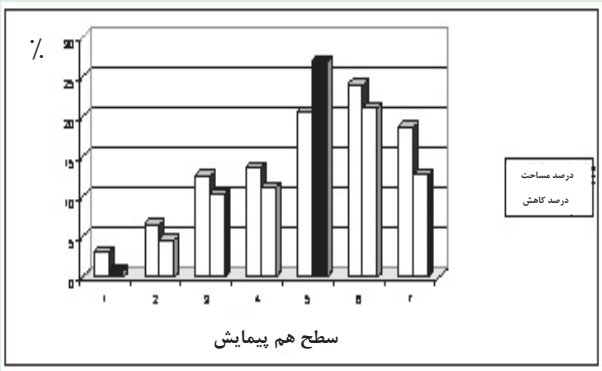
در این مرحله براساس توزیع مکانی زیر حوزه های منطقه مورد مطالعه در هر یک از سطوح هم پیمایش، تاثیر اختصاصی سیلاب سطوح مزبور در خروجی حوزه رودک با فرض اجرای عملیات اصلاحی مورد بررسی قرار گرفت. به طوری که با به کارگیری مدل ریاضی و روند یابی بارش ـ رواناب درحالت های مختلف، تاثیر نتایج عملیات از طریق حذف اثر زیر حوزه های واقع در سطوح هم پیمایش روندیابی گردیده است. لذا هدف از اجرای این مرحله معرفی نوع عملیات مشخصی نبوده و تنها ارائه تاثیر اجرای عملیات در زیر حوزه های واقع در هر سطح هم پیمایش روی دبی اوج سیلاب مد نظر می باشد. جدول۴ نتایج حاصل از روند یابی مدل را نشان می دهد.

بررسی نتایج روند یابی سیلاب در زیر حوزه های واقع در سطوح هم پیمایش نشان می دهد، کاهش دبی اوج با افزایش وسعت سطوح هم پیمایش تا سطح شماره ۵ واقع در بخش میانی حوزه رابطه مستقیم دارد(شکل ۱۲ الی ۱۴). دراین میان مناطق واقع در سطح هم پیمایش ۵ با۷۰ متر مکعب بر ثانیه کاهش، بیشترین تاثیر را روی دبی اوج سیلاب داشته است.

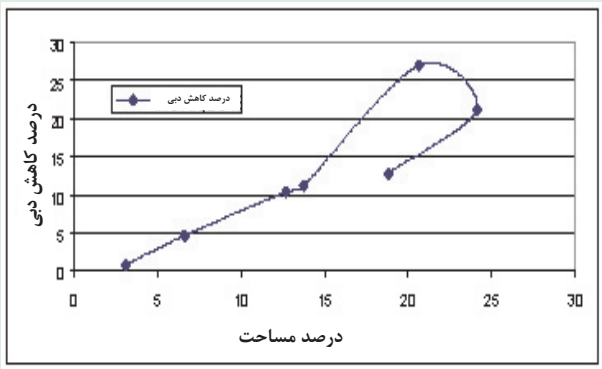
بحث و نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از جدول۴ و شکل های ۱۲ الی ۱۴ نشان می دهد، رواناب حاصل از سطح هم پیمایش ۱ باشاخص ۰/۲۶کمترین حضور را در دبی اوج سیلاب دارد و از خروجی حوزه به سمت مناطق میانی آن به خصوص سطوح ۵ و ۶ ، میزان حضور رواناب زیر حوزه ها در خروجی به نسبت سطح آنها افزایش یافته است. نکته جالب توجه در این قسمت تفاوت قابل ملاحظه ای است که بین سطوح هم پیمایش ۵ با ۶ و سایر سطوح وجود دارد. سطح هم پیمایش ۵ با ۸۸۷۰ هکتار وسعت در مقایسه با سطح ۶ با ۱۰۲۴۵ هکتار وسعت دارای بیشترین تاثیر در خروجی حوزه بوده است. این موضوع ضمن بیان وجود پتانسیل سیل خیزی بیشتر در زیر حوزه های سطح هم پیمایش ۵ بیانگر وجود ویژگی مهمی در فرآیندهای حوزه بوده وحاکی از اهمیت توزیع مکانی زیر حوزه ها نسبت به خروجی حوزه می‌باشد.

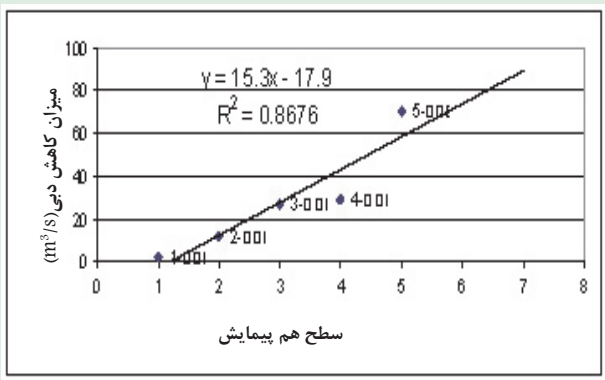
بر اساس تحلیل انجام شده (شکل ۱۲ و ۱۳) میزان تاثیر زیر حوزه های واقع در هر سطح هم پیمایش از پائین دست حوزه به طرف بالا دست، خصوصا تا سطح شماره ۵ (کمربند میانی حوزه) افزایش نشان می دهد. نمودار همبستگی حاصل از شکل شماره ۱۴ با ضریب همبستگی ۰/۹۳ بیانگر این رابطه می باشد. بررسی انجام شده روی شکل ۱۳ نیز حاکی از روند افزایشی تاثیر زیر حوزه های واقع در سطوح هم پیمایش نزدیک به بخش های میانی حوزه می باشد. در شکل اخیر، با دور شدن از سطح هم پیمایش ۵ که نقطه عطف منحنی می باشد، خط مزبور سیر نزولی را نشان می دهد که حاکی از کمتر شدن تاثیر زیر حوزه های واقع در بالا دست



شکل(۱۲): مقایسه تاثیر سطوح هم پیمایش روی کاهش دبی اوج سیلاب



شکل(۱۳): بررسی روند سطوح هم پیمایش روی کاهش دبی اوج سیلاب ازخروجی به سمت بالا دست



شکل(۱۴): نمودار همبستگی تاثیر سطوح هم پیمایش روی کاهش دبی اوج سیلاب

www.SID.ir

جدول(۴): نتایج حاصل از مکان یابی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب.

سطح هم پیمایش	مساحت (هکتار)	دبی پس از عملیات(CMS)	مقدار کاهش دبی (CMS)	درصد مساحت (٪)	درصد کاهش (٪)	شاخص	نسبت سطح ۵ به سایر سطوح
۱	۱۳۰۰	۲۵۸	۲	۳/۱۰	۰/۸	۰/۲۶	۵/۰۰
۲	۲۸۰۰	۲۴۸	۱۲	۶/۶۰	۴/۶	۰/۷۰	۱/۸۷
۳	۵۴۰۰	۲۳۳	۲۷	۱۲/۷۰	۱۰/۴	۰/۸۲	۱/۶۰
۴	۵۸۴۰	۲۳۰	۲۹	۱۳/۷۵	۱۱/۲	۰/۸۱	۱/۶۲
۵	۸۸۷۰	۱۹۰	۷۰	۲۰/۶۸	۲۷/۰	۱/۳۱	۱/۰۰
۶	۱۰۲۴۵	۲۰۵	۵۵	۲۴/۱۰	۲۱/۲	۰/۸۸	۱/۴۹
۸و۷	۸۰۰۰	۲۲۴	۳۶	۱۸/۸۱	۱۲/۸	۰/۷۳	۱/۸۰

حوزه خواهد بود. بر این اساس مقایسه میزان تاثیر سطوح مورد مطالعه نشان می دهد که زیر حوزه های واقع درسطح هم پیمایش ۵ نسبت به سطح ۱ و ۶ به ترتیب با ۵ و ۱/۴ برابر، تاثیر بیشتری در دبی اوج سیلاب خواهد داشت. این موضوع تطابق مناسبی با تئوری مطرح شده توسط Clark، در خصوص تولید هیدروگراف سیل با استفاده از نمودار مساحت ـ زمان نشان می دهد. به این معنی که با فرض یکسان بودن پتانسیل تولید رواناب حوزه، بزرگترین سطح هم پیمایش، دبی اوج هیدروگراف را تشکیل می دهد. با استفاده از این تئوری، روش معرفی شده در این تحقیق می تواند به عنوان روشی کاربردی در مطالعه و اجرای عملیات آبخیزداری و مهار سیل به کار گرفته شود. با تمرکز عملیات آبخیزداری و مهار سیلاب در زیرحوزه های واقع در سطوح مزبور، مطابق با الویت های تعیین شده، ضمن دسترسی مطلوب به اهداف طرح، کاهش قابل ملاحظه ای در هزینه های اجرائی پروژه ها قابل حصول خواهد بود. براین اساس نتایج تحقیق حاضر را می توان به عنوان یک الگوی نوین و کاربردی که در عملیات آبخیزداری و مهار سیلاب، دید روشنی را در اختیار طراحان و تصمیم گیران قرار می دهد معرفی نمود.

نتایج

۱- زیر حوزه های نزدیک به خروجی، کمترین تاثیر را در دبی اوج سیلاب دارند.

۲- افزایش وسعت سطوح هم پیمایش از خروجی حوزه به طرف بالا دست و بخش های میانی، موجب افزایش تاثیر زیر حوزه ها در دبی اوج سیلاب می گردد.

۳- با کاهش وسعت سطوح هم پیمایش از بخش های میانی به طرف بالا دست حوزه، تاثیر سرشاخه ها در دبی اوج سیلاب کاهش می یابد.

۴- سیلابی بودن هر یک از زیر حوزه ها در محل خود، توجیه مناسبی جهت انتخاب آن به منظور انجام هرگونه عملیات اصلاحی محسوب نمی شود.

به طور کلی نتایج تحقیق حاضر را می توان با کارهای انجام شده قبلی نظیر سطوح جزئی منشا رواناب، سطوح منشا متغیر رواناب، بررسی شدت سیل خیزی و تاثیر تغییر کاربری اراضی روی هیدروگراف سیل مرتبط دانست. تفاوت قابل ملاحظه در این تحقیق با سایر کارهای انجام شده را می توان در الویت بندی مناطق موثر در دبی اوج سیلاب عنوان نمود. به عنوان مثال در مطالعات شدت سیل خیزی، زیر حوزه های با پتانسیل بالا از نظر تولید رواناب شناسائی می‌گردند، منتهی تاثیر اختصاصی و تلفیقی آن ها برروی هیدروگراف خروجی از حوزه مورد بررسی قرار نمی گیرد. در تئوری سطوح منشا متغیر رواناب نیز، بیشتر به مناطق مولد رواناب در حوزه توجه شده است. در مقایسه با تحقیقی که توسط خسروشاهی در۵ زیر حوزه های اصلی حوزه آبخیز دماوند و با هدف بررسی تاثیر آن ها روی دبی اوج سیلاب صورت گرفت نیز تفاوت های قابل ملاحظه ای وجود دارد. مهمترین تفاوت تحقیق حاضر با کار انجام شده توسط ایشان، به کارگیری تئوری مطرح شده (مساحت ـ زمان) توسط کلارک می باشد که با تقسیم بندی حوزه به تعداد زیادی زیرحوزه و بررسی توزیع مکانی آنها مطابق با سطوح هم پیمایش، شناخت زیر حوزه های موثر بر دبی اوج سیلاب در مقیاسی وسیعتر میسر می گردد.

پیشنهادات

بسیاری از متخصصین و محققین علاقمند هستند بدانند اجرای عملیات اصلاحی و یا هر گونه اقدامات دیگر در داخل حوزه چه تاثیری روی واکنش حوزه در مقابل بارش خواهد گذاشت. در اکثر پروژه های اجرا شده مشاهده می شود، عملیات اصلاحی که به منظور کاهش خطرات سیل صورت می گیرد، بدون بررسی و مطالعه دقیق میزان تاثیر آنها بر واکنش حوزه در پاسخ به بارش انجام گرفته است. در چنین حالتی، اقدامات اصلاحی تنها موجب افزایش هزینه ها در بخش اجرا بوده و در برخی موارد به لحاظ هم زمان شدن زمان پیمایش جریان زیر حوزه ها، سبب افزایش دبی اوج سیلاب نیز خواهد شد. بررسی های انجام شده براساس تجربیات حاصل از مشاهدات صحرائی و مطالعه گزارشهای مزبور شاهد این مدعاست. بنابراین به منظور دست یابی به نتایج مطلوب و صرفه جوئی منطقی در

Archive of SID
www.SID.ir

هزینه کرد پروژه ها موارد زیر پیشنهاد می گردد.

۱ـ مشارکت و همکاری بخش اجرا در تامین اعتبارات مورد نیاز و تعین حوزه های معرف در مناطق سیل خیز کشور، به منظور اجرای طرحهای تحقیقاتی مشابه، با هدف الگو سازی عملیات آبخیزداری و مهار سیل.

۲ـ اصلاح دستورالعمل شرح خدمات آبخیزداری و مهار سیل با استفاده از نتایج طرح حاضر، به درخواست سازمانهای مسئول و همکاری مرکز تحقیقات آبخیزداری کشور.

۳ـ ممانعت از اجرای هرگونه عملیات تاخیری در مناطق واقع در پائین دست حوزه،

۴ـ اجرای عملیات مهار سیلاب در بخش های میانی حوزه، با تاکید بر پهنه های وسیعتر

۵ـ اختصاص مناطق نزدیک به خروجی حوزه جهت توسعه مناطق شهری و یا سایر فعالیت هائی که موجب افزایش سطوح نفوذ ناپذیر و تولید رواناب بیشتر می گردد.

۶ـ کاهش عملیات ساختمانی مهار سیل در مناطق بالا دست حوزه، به لحاظ افزایش هزینه ها و تاثیر نسبتا کمترآن در دبی اوج سیلاب.

۷ـ انجام مطالعه و اجرای پروژه های مرتبط، بر اساس الگوی معرفی شده.

۸ـ به کارگیری مدل هیدرولوژیکی RAFTS در مطالعات حوزه های آبخیز باتوجه به نتایج قابل قبول آن در پروژه های اجرا شده.

۹ ـ انجام تحقیقات مشابه با استفاده از سایر مدل های هیدرولوژیکی و بررسی صحت الگوی معرفی شده.

پاورقی

1- Variable source area
2-Discision Makers
3- Curve Number
4-Time of Concentration
5- Digital Elevation Model
6-Flow Direction
7- Flow Accumulation
8- Rainfall Storm Water Management
9-Calibration

منابع مورد استفاده

۱ـ خسروشاهی، محمد.۱۳۸۰. تعیین نقش زیر حوزه های آبخیز در شدت سیل‌خیزی حوزه، مطالعه موردی در حوزه آبخیز دماوند. پایان نامه دکتری آبخیزداری. گروه آبیاری، دانشگاه تربیت مدرس.

۲ـ روغنی، محمد.۱۳۷۶، بررسی تاثیر مکانی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب ـ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری.

۳ـ رضائی کلج، منوچهر.۱۳۷۹. عوامل موثر بر سیل خیزی حوزه آبخیز کن و الویت بندی زیرحوزه ها، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، مرکز آموزش عالی امام خمینی.

۴ـ ، غفوری روزبهانی، عبدالمحمد.۱۳۶۸، تشبیه رقمی سیکل هیدرولوژیکی در حوزه معرف و آزمایشی رودزرد. پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

۵ـ قائمی، هوشنگ.۱۳۷۳ مطالعات مرحله شناسائی تکمیلی طرح آبخیزداری حوزه کرخه، معاونت آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی.

۶ـ انجمن هیدرولیک ایران، خبر نامه هیدرولیک، مهر ماه ۱۳۸۰، شماره ۲۳ . صفحه ۳ .

7- Brooks, K. N. Folliott, P.F.,Gregersen, H,M., Thames,J.L.1991 .Hydrology and the management of watershed. Iowa State University, vol1, pp, 220.

8-Chow,V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W.1988, Applied hydrology. McGraw- Hill, Newyork, 201- 236.

9- Clark,C.O. 1945, Storage and the unit hydrograph. Trans.Am. Soc. Civ.Eng.110,1149-1446.

10- Donker, N.H.W.,1992. Automatic extraction of catchment hydrologic properties from digital elevation model. ITC Journal, 257-265.

11- Gafouri R.A,1996. Deterministic analysis and simulation of runoff in urban catchment. Ph.D. Theses, Wollongong University, Wollongong NSW, Australia.

12- Jons, J.A. A.,2000 The physical causes and characteristics of floods. In floods Vol II, PP, 93. Edited by Parker.

13- Laurenson, E. M.,1964. A catchment storage model for runoff routing. Journal of hydrology, vol. 2, pp. 141-163.

14- Maidment, D.R., J.F. Olivera, A. Calver, A. Eatherral and W. Fraczek 1996, A unit hydrograph derived from a spatially distributed velocity field, Accepted for publication in a special issue of the journal Hydrological Processes.

15- Maidment, D. R.,1993. A spatially distributed unit hydrograph by using GIS in application hydrology and water of geographic information system in water resources management, edited by Kovar and Nachtnebel,181-192.

Archive of SID

www.SID.ir