مجله علمی - پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیـــزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال دوم - شماره ۳ - تابستان ۱۳۸۷

Vol. 2, No. 3, Summer 2008

اولویت بندی عملیات کنترل سیلاب از طریق بکارگیری شاخص مکانی سیل حوزه

محمد روغنی[۱]، سیدمحمودرضا طباطبایی[۲]، عبدالمحمد غفوری[۳] و سیدمحمد نمکی[۴]

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۸۷/۶/۱۰

چکیده

یکی از مهم‌ترین نتایج بهره‌برداری غیر اصولی انسان از محیط طبیعی را می‌توان افزایش پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌های آبخیز بر شمرد که هر ساله خسارات هنگفتی به سرمایه‌های ملی کشور وارد می‌نماید. به همین منظور با استفاده از مفهوم نمودار مساحت- زمان و بکارگیری مشخصات فیزیکی و هیدرولوژیکی حوزه در یک مدل ریاضی، رفتار حوزه آبخیز باغملک در استان خوزستان مورد واسنجی، ارزیابی و شبیه سازی قرار گرفت. سپس توزیع مکانی زیرحوزه‌ها در سطوح هم‌پیمایش تعیین گردید. در مرحله بعد با توجه به تاثیر متقابل توزیع مکانی مساحت زیرحوزه‌ها و پتانسیل سیل خیزی آنها در شکل گیری سیلاب حوزه و فرض اجرای عملیات مهار سیلاب در زیرحوزه‌های واقع در هر سطح هم‌پیمایش، تاثیر آنها روی دبی اوج سیل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که زیرحوزه‌های سطح هم‌پیمایش ۵ واقع در بخش میانی حوزه باغملک با ۲۱/۰۸ کیلومتر مربع وسعت، دارای بیشترین تاثیر در دبی اوج سیلاب خروجی از حوزه اصلی بوده است. در مقابل، سطوح واقع در نزدیکی خروجی نقش بسیار کمتری در دبی اوج داشته است. لذا با تمرکز عملیات آبخیزداری و کنترل سیلاب بر اساس اولویت‌های تعیین شده، کاهش قابل توجهی در هزینه اجرایی پروژه‌های کنترل سیل و مهندسی رودخانه پیش بینی می گردد.

۱- نویسنده مسئول و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری moroghani@gmail.com

۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری tabatabaei @scwmri.ac

۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری mgh42 @hotmail.com

۴- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری m_namaki43 @yahoo.com

واژه‌های کلیدی: مدل بارش- رواناب، سطوح هم‌پیمایش، مدل‌های هیدرولوژیک، مهار سیل، بهینه سازی مکانی

مقدمه

مهدوی [۹] روند رو به رشد سیل در سال‌های اخیر حاکی از این مهم است که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های مخرب قرار داشته و ابعاد خسارات و تلفات جانی و مالی سیل افزایش یافته است. بر اساس اطلاعات موجود طی سال‌های ۱۳۳۰ تا ۱۳۷۰ نزدیک به ۱۲۴ میلیارد تومان خسارت سیل‌های مهم کشور بوده است که ۵۵ درصد آن مربوط به سال های ۱۳۶۰ تا ۱۳۷۰ می باشد. بررسی های انجام شده نشان می دهد افزایش وقوع سیل در دهه ۱۳۷۰ نسبت به دهه ۱۳۴۰ حدود ده برابر می باشد که خسارات ناشی از آن خارج از حد تصور است [۱].

روغنی [۵] به طور کلی عوامل متعددی در بروز سیلاب حوزه‌های آبخیز نقش دارند که از جمله می‌توان به خصوصیات حوزه و بهره‌برداری غیر اصولی انسان از طبیعت اشاره نمود. در این میان ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولوژیکی حوزه، به لحاظ تاثیرگذاری بر مولفه‌هایی نظیر روند تولید، حرکت و نحوه تجمیع رواناب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر این اساس اجرای هرگونه عملیات مکانیکی در سطح حوزه، با ایجاد تغییر در نفوذپذیری خاک و روند جریان، موجب بروز رفتارهای متفاوتی در تولید رواناب و در نهایت دبی اوج هیدروگراف سیل حوزه‌های آبخیز می گردد.

بررسی تحقیقات انجام شده نشان می دهد که موضوعات متنوعی در ارتباط با سیل و راه‌های پیشگیری از آن در سطح دنیا انجام شده و یا در حال انجام است. استفاده از مخازن متوالی جهت به حداقل رساندن دبی اوج سیلاب، توسط پژوهشگران مختلفی نظیر کاربوسکی [۱۸] مورد بررسی قرار گرفته است. در همین ارتباط سیمونویچ [۲۵] استفاده تلفیقی از عملیات ساختمانی و غیر سازه‌ای به منظور دست‌یابی به موفقیت بیشتر در عملیات مهار سیل پیشنهاد نموده است. مطالعات انجام شده توسط بروکس و همکاران [۱۰] در ارتباط با تاثیر تغییرات کاربری اراضی روی دبی سیلاب نشان می‌دهد که قطع پوشش جنگلی در برخی از مناطق حوزه آبخیز می‌تواند موجب کاهش دبی اوج نیز گردد. در بحث کاهش خطر سیلاب بعضی پژوهشگران نظیر فریسک [۱۳] معتقدند که برنامه ریزی در جهت استفاده اصولی از اراضی می تواند به عنوان راه

کار مناسبی در مدیریت سیل حوزه های آبخیز بکار گرفته شود. در همین ارتباط جونز [۱۷] نقش فعالیت های انسانی در درون حوزه را روی بزرگی و تعداد وقوع سیلاب ها بسیار تاثیرگذار دانسته است. این موضوع اهمیت مکان یابی مناطق مناسب جهت توسعه شهرسازی و سایر فعالیت های مرتبط با حوزهای شهری را مورد توجه قرار می دهد. در این ارتباط بررسی تاثیر افزایش سطوح نفوذناپذیر در سطح حوزه، مانند توسعه مناطق شهری روی شکل گیری سیلاب خروجی با بکارگیری مدل ریاضی توسط غفوری [۱۴] نشان داد که توسعه مناطق شهری در یک حوزه، تاثیر متفاوتی روی دبی اوج سیلاب خواهد داشت.

خلقی [۴] با بکارگیری پارامترهای سیلاب ویژه در زیرحوزه های آبخیز کن، نظیر زمان تاخیر و خسارت های مالی و جانی، در یک مدل تصمیم گیر چند معیاره، سیل خیزی زیر حوزه های یادشده را اولویت بندی نمود. با توجه به اینکه نقش زمان تاخیر حوزه آبخیز در ترکیب با سایر زیرحوزه ها و در طی روندیابی جریان نقش خود را بروز می دهد، لذا استفاده از این پارامتر در مدل یاد شده، صحت نتایج را با ابهام مواجه ساخته است. روغنی [۵] به منظور بررسی تاثیر مکانی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب حوزه آبخیز رودک، واقع در شمال شرق تهران از مدل RAFTS استفاده نمود. از نتایج این پژوهش، معرفی روشی در تعیین سطوح موثر بر دبی اوج سیلاب و اولویت بندی این مناطق جهت عملیات کنترل سیلاب می باشد. در همین ارتباط، طی پژوهش دیگری توسط روغنی [۶] در حوزه رود زرد، واقع در شمال شرق استان خوزستان، سطوح موثر بر دبی اوج سیل این حوزه نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد مناطق مختلف حوزه اثرات متفاوتی در نحوه شکل گیری دبی اوج سیلاب دارند که با شناسایی آنها و تمرکز عملیات مهار سیل در اینگونه مناطق، ضمن بهینه سازی سطح عملیات، کاهش قابل ملاحظه ای در هزینه اجرایی پروژه ها قابل پیش بینی می باشد. به منظور تبدیل بارش به رواناب و تولید هیدروگراف سیلاب با استفاده از مدل های توزیعی، روشی بر اساس مفهوم مساحت- زمان و مدل زمان تمرکز موج سینماتیک توسط ثقفیان و همکاران [۲۴] توسعه داده شد. در این روش هیدروگراف سیلاب بر اساس تغییرات شدت بارش اضافی در زمان به خوبی قابل محاسبه می باشد. در صورت توسعه مدل مذکور، امکان بکارگیری روش معرفی شده در این پژوهش از طریق مدل یاد شده میسر خواهد گردید. در ارتباط با تعیین سطوح شرکت کننده در تولید رواناب، گوروکویچ [۱۵] از طریق GIS، سطوح یاد شده در هر گام زمانی مورد بررسی قرار داد. این پژوهش سطوح شرکت کننده در جریان را بدون اولویت بندی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب مورد بررسی قرار داده است، در ادامه تحقیقات انجام شده در زمینه مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب، عوامل موثر بر سیل خیزی حوزه پل منجنیق توسط روغنی [۲۴] مورد بررسی قرار گرفت. در همین ارتباط خسروشاهی [۳]، ثقفیان و فرازجو [۲] تاثیر سیل خیزی زیر حوزه ها در شکل گیری هیدروگراف سیلاب از طریق مدل ریاضی HEC-HMS مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش اثر متقابل عوامل موثر، از جمله موقعیت مکانی زیر حوزه ها در دبی اوج سیلاب تعیین کننده ارزیابی شد. این موضوع نتایج بررسی و صحت روش انجام شده در حوزه آبخیز رودک را که ابتدا توسط روغنی [۵] انجام گرفته است تایید می کند. در پژوهش دیگری که طی آن هفت 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 بر اساس قضاوت کارشناسی انجام گرفت، شدت سیل خیزی زیرحوزه های کرخه توسط قائمی [۸] تعیین گردید. لذا موضوع سیل و اثرات ناشی از آن سبب گردیده تا هرساله اعتبارات قابل توجهی برای بازسازی مناطق سیل زده و آسیب دیدگان حاصل از آن در قانون بودجه کشور پیش بینی گردد [۵].

در حال حاضر اثرات مخرب سیل و روند رو به رشد آن به همراه عدم کارآیی مناسب روش های مورد استفاده در بخش اجرایی کشور، لزوم بررسی و ارایه روش های نوین را در مطالعات کنترل سیل ضروری ساخته است. روش های مزبور می بایست دارای جنبه های کاربردی بوده و اجرای آن نقش تعیین کننده ای در کاهش خسارات و تلفات و همچنین بهبود زندگی و امنیت روانی مردم داشته باشد. لذا در این پژوهش سعی گردیده تا ضمن ارایه روشی نوین در مکان یابی سطوحی از حوزه آبخیز که بیشترین نقش را در دبی اوج سیل ایفا می نماید، هزینه های بخش اجرا از طریق تمرکز عملیات در مناطق تعیین شده تا حد قابل ملاحظه ای کاهش یابد.

تفاوت نتایج به دست آمده از این پژوهش با سایر کارهای انجام شده را می توان در تلفیق تئوری کلارک [۱۱] برای تهیه هیدروگراف واحد، سطوح هم پیمایش جریان و شدت سیل خیزی حوزه، در اولویت بندی سطوح موثر بر دبی اوج هیدروگراف، با هدف بهینه سازی مکانی و کاهش هزینه های بخش اجرا برشمرد. تحقیقات انجام شده توسط کلارک [۱۱]، دانکر [۱۲]، لارنسون [۱۹] و میدمنت [۲۰ و ۲۱] در ارتباط با استفاده از روش مساحت زمان، بیانگر اهمیت تاثیر توزیع مکانی زیر حوزه های واقع در سطوح مختلف حوزه روی شکل گیری هیدروگراف سیل می باشد.

بر این اساس با استفاده از روش ارائه شده در این پژوهش، ضمن شناسایی سطوح موثر و مکان یابی مناطقی از حوزه که بیشترین نقش را در ایجاد دبی اوج سیل ایفا می نماید، امکان انتخاب بهترین گزینه در کاهش خسارات سیل از طریق اولویت های تعیین شده وجود خواهد داشت.

مواد و روش ها

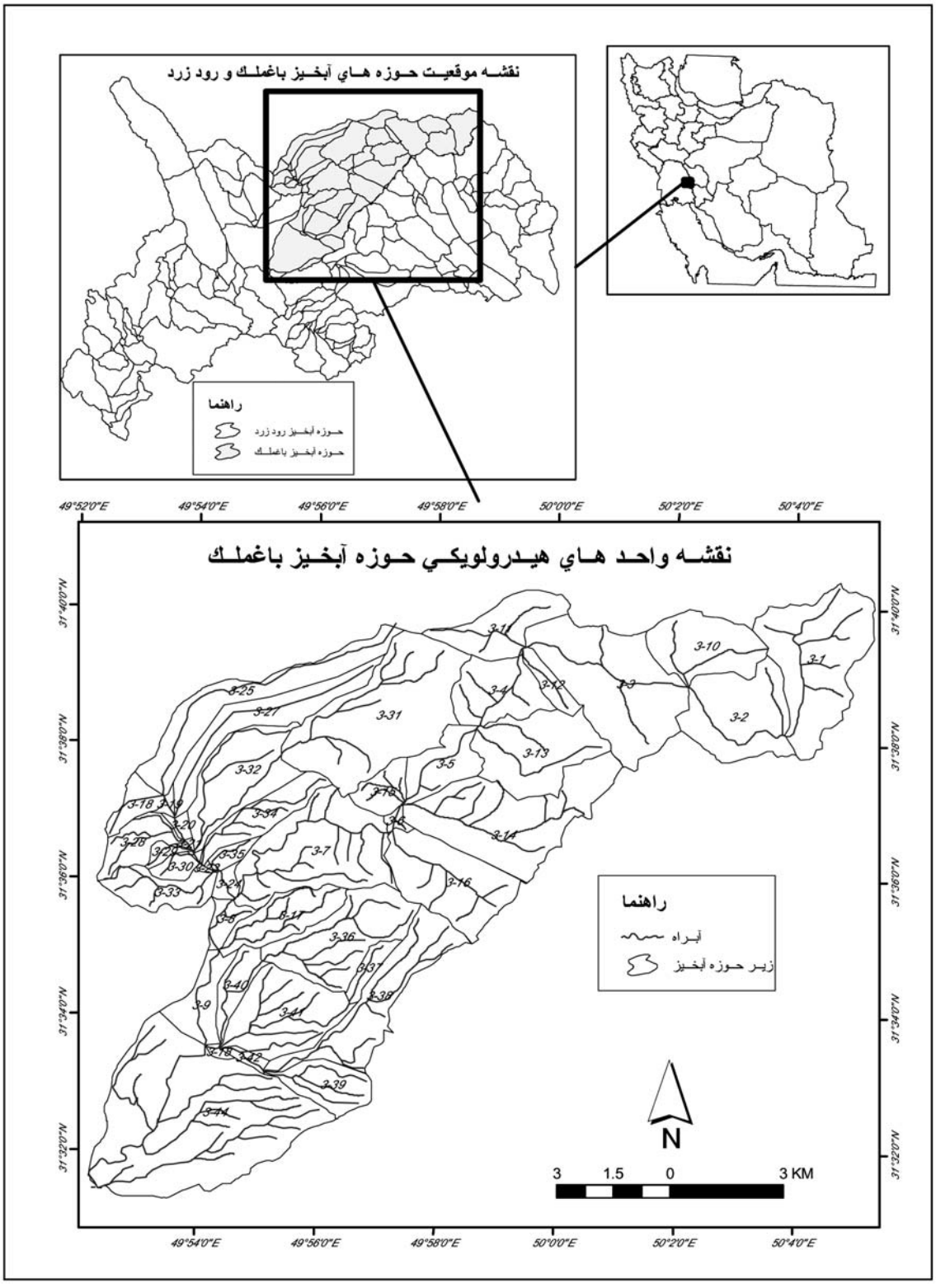
۱ـ موقعیت و مشخصات فیزیکی منطقه

حوزه آبخیز باغملک در جنوب ایران و روی رشته کوه های زاگرس با وسعتی معادل ۱۵۴/۸ کیلومتر مربع بین ″۵۲ ′۴۹ تا ″۰۷ ′۵۰ طول شرقی و ″۳۲ ′۳۱ تا ″۳۹ ′۳۱ عرض شمالی واقع گردیده است

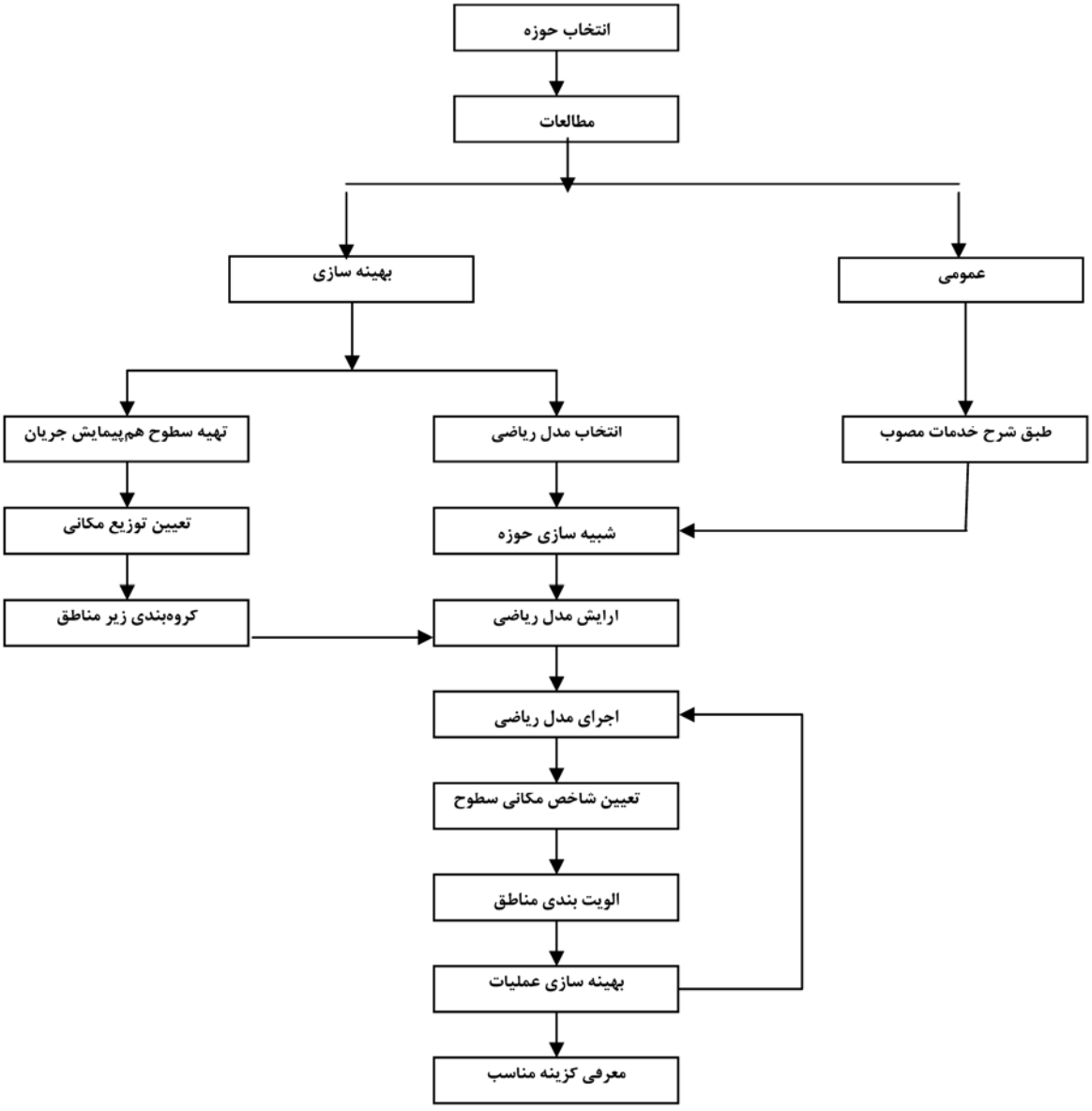
(شکل ۱). به منظور فراهم نمودن داده‌های لازم برای انجام این پژوهش، با استفاده از نرم‌افزار Ilwis ، کلیه مشخصات و نقشه‌های مورد نیاز شامل مدل رقومی ارتفاعی(۱)، نقشه شیب، جهت جریان(۲) و جریان تجمعی(۳) برای تولید نقشه هم پیمایش استخراج گردید (جدول۱).

۲ـ تهیه داده‌ها و ارائه روش

به منظور مطالعه رفتار حوزه آبخیز مورد مطالعه و بهینه‌سازی



شکل ۱ - موقعیت منطقه مورد مطالعه واقع در حوزه رود زرد و کشور ایران



شکل ۲ - نمودار جریانی روند اجرای بهینه سازی عملیات مهار سیل

جدول ۱ - مشخصات فیزیوگرافی حوزه آبخیز باغملک

مساحت (Km2)	محیط (Km)	طول آبراهه (Km)	ارتفاع حداقل (m)	ارتفاع حداکثر (m)	شیب متوسط (٪)	زمان تمرکز (h)
۱۵۴/۸	۷۲/۴	۳۷/۷	۶۵۸	۲۸۰۰	۲۲/۵	۳/۲

عملیات آبخیزداری و مهار سیلاب، فراهم نمودن داده ها، نقشه ها و مواد مورد نیاز بسیار ضروری است. موارد یاد شده شامل مشخصات فیزیکی، داده های بارش- رواناب، مدل ریاضی، نقشه شماره منحنی(۴)، نقشه هم پیمایش(۵) جریان و در نهایت تلفیق داده ها می باشد. در این مرحله از داده های ایستگاه باران نگار و هیدرومتری باغملک با طول دوره آماری ۲۰ سال، واقع در خروجی حوزه به همراه داده های ایستگاه های باران سنجی مال آقا و قلعه تل واقع در شمال غربی و شمال شرقی حوزه استفاده به عمل آمد. شکل (۲) فلوچارت الگوی بهینه سازی عملیات آبخیزداری را که می تواند در بخش اجرا مورد استفاده قرار گیرد نشان می دهد.

بر اساس فلوچارت مذکور مطالعات عمومی نظیر طرح های توجیهی و تفضیلی، مطابق با شرح خدمات سازمان برنامه انجام می گیرد. بخش بهینه سازی فلوچارت، روش معرفی شده در این مقاله به منظور اولویت بندی عملیات آبخیزداری و مهار سیلاب می باشد.

۳ـ بکارگیری مدل بارش- رواناب RAFTS و نتایج آن

درک فرآیندهای فیزیکی و مولفه های هیدرولوژیکی و اثر آنها در واکنش یک حوزه آبخیز به بارش، استفاده از مدل های هیدرولوژیک را ضروری ساخته است. به همین منظور در انجام این پژوهش مدل بارش- رواناب [۲۶] RAFTS مورد استفاده قرار گرفت. این مدل در سال ۱۹۷۴ در استـرالیا توسط شـرکت های استرالیائی SMEC و WP ابداع و ارائه گردید و در چند دهه اخیر به طور پیوسته در حوزه های مختلف نظیر شمال خرم آباد، رودک، رود زرد و گلابدره- دربند بکار گرفته شده که نتایج قابل قبولی نیز داشته اسـت. ساختار کلی مدل براساس فرآیندهای ذخیره آب در حوزه بوده و نقش آن در تولید رواناب براساس خطوط هم تمرکز می باشد.

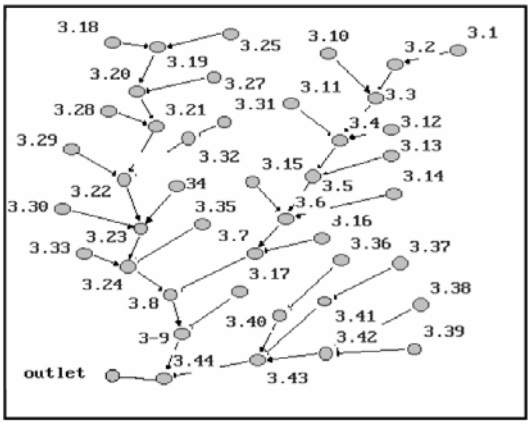
این مدل در زیر آبخیز مورد مطالعه (باغملک) واقع در جنوب ایران مورد واسنجی قرار گرفت. با توجه به نیاز مدل، منطقه مورد مطالعه به ۴۴ زیر آبخیز تقسیم و بر این اساس مدل هیدرولوژیکی حوزه تهیه گردید. در این مرحله به منظور مدل سازی حوزه از طریق مدل هیدرولوژیکی (شکل ۳) اقدام به استخراج و تعیین مقادیر CN از داده های مشاهداتی، با استفاده از روابط (۱) و (۲) گردید[۱۷].

$$S = 5\left[P + 2Q - \left(4Q^2 + 5PQ\right)^{0.5}\right] \qquad (۱)$$

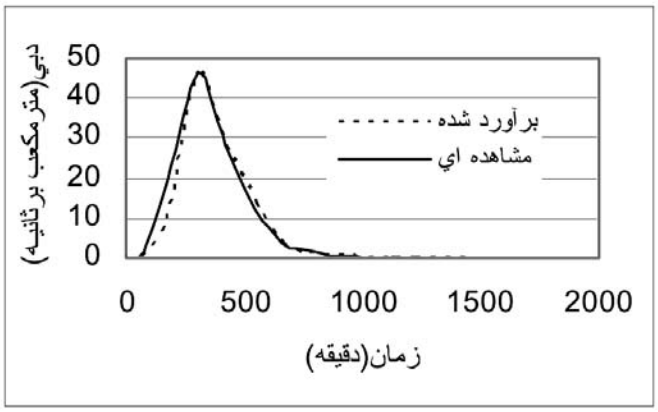
$$CN = \frac{25400}{S + 254} \qquad (۲)$$

که در آن P ارتفاع بارندگی، Q ارتفاع رواناب، S حداکثر پتانسیل نفوذ و CN شماره منحنی است.

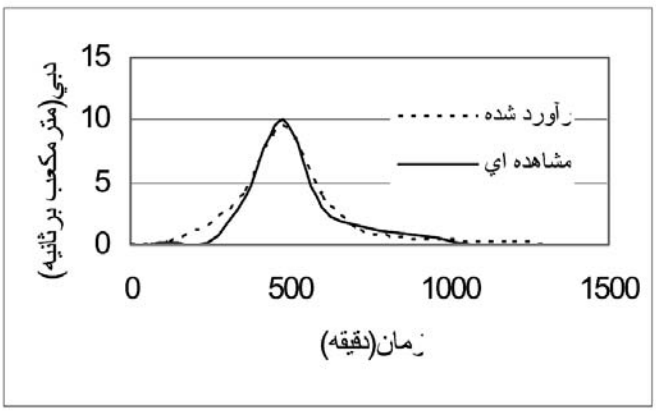
نتایج حاصل از واسنجی مدل بر روی ۴ واقعه بارش رواناب نشان



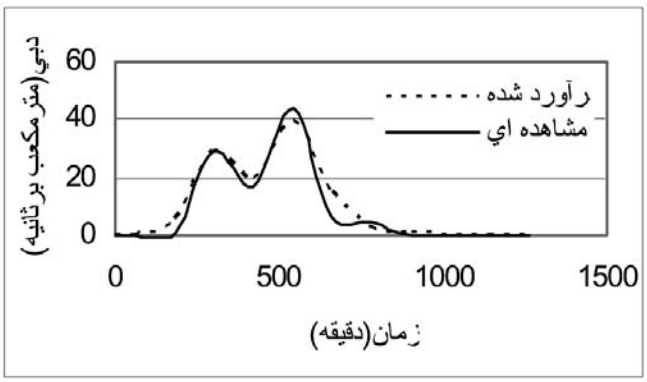
شکل ۳- مدل هیدرولوژیکی حوزه باغملک



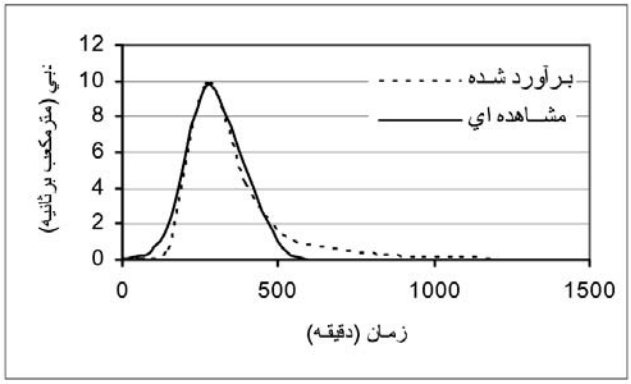
شکل ۴- واسنجی مدل باواقعه ۵۸/۹/۲۹



شکل ۵- واسنجی مدل باواقعه ۶۱/۹/۲۳



شکل ۶- ارزیابی مدل باواقعه ۵۸/۹/۲۴



شکل ۷- ارزیابی مدل باواقعه ۵۸/۹/۱۷

جدول ۲- نتایج آزمو t در صحت‌یابی عملیات واسنجی و ارزیابی مدل در حوزه باغملک

نوع داده	تعداد	متوسط	حد پائین	حد بالا	انحراف معیار	سطح اعتماد	نتیجه آزمون
مشاهده‌ای	۴	۲۳/۵	-۲۹/۲	۲۸/۹	۱۶/۸	۰/۹۹	H0=H1
شبیه سازی	۴	۲۳/۶	-۲۹/۲	۲۸/۹	۱۶/۸	۰/۹۹	H0=H1

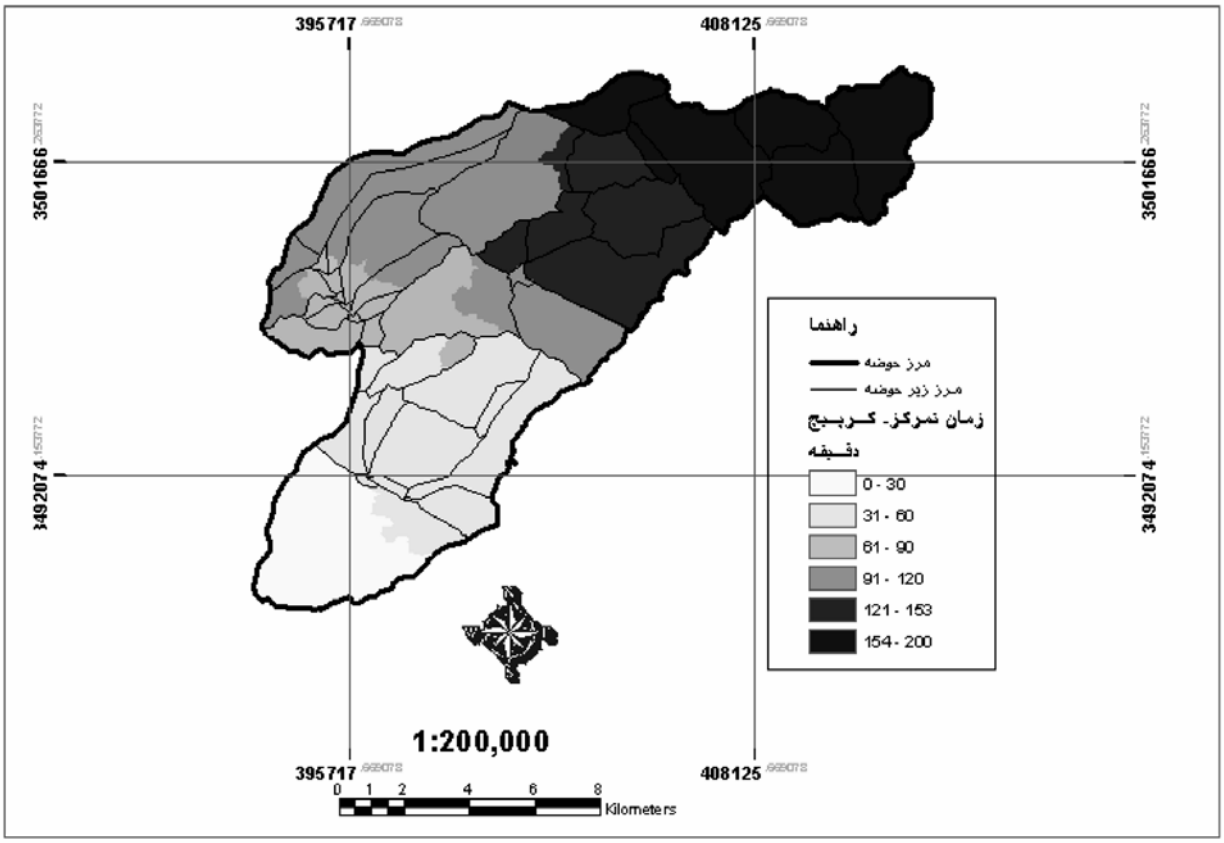
می‌دهد که آزمون نتایج (شکل‌های (۴) الی(۷)) مقادیر دبی اوج سیلاب در مقایسه با مقادیر مشاهده‌ای از صحت لازم برخوردار هستند. اختلاف جزئی در این مرحله را می‌توان ناشی از بکارگیری تنها یک ایستگاه باران سنجی با طول دوره ۲۰ سال برشمرد. درصد خطای نسبی برابر ۰/۳ درصد بوده که با توجه به درصد بسیار پایین آنها، نتایج قابل قبولی می‌باشد[۲۲].

افزون بر این، نتایج بدست آمده ار طریق آزمون t استیودنت، حاکی از عدم وجود اختلاف بین تیمارها (دبی مشاهده‌ای و شبیه سازی شده) در سطح اعتماد ۹۹ درصد (در سطح معنی دار ۱٪) بوده است که به مفهوم صحت نتایج عملیات واسنجی و ارزیابی مدل می‌باشد (جدول۲).

بر اساس نتایج بدست آمده، وجود اختلاف موجود در نتایج حاصله منطقی بوده و در این حالت مدل ساخته شده، که در آن کلیه پارامترهای فیزیکی و هیدرولوژیکی حوزه لحاظ گردیده، بیانگر حوزه آبخیز مورد مطالعه با شرایط طبیعی است. در این حالت رفتار حوزه طبیعی و مدل هیدرولوژیکی در پاسخ به بارش دارای نتایج تقریبا مشابهی خواهند بود. به این ترتیب با دستیابی به روابط بین پارامترهای فیزیکی و هیدرولوژیکی و تأثیر آنها در رفتارهای هیدرولوژیک حوزه آبخیز در قالب یک مدل ریاضی می‌توان نتیجه گرفت که با در اختیار داشتن مدل حوزه آبخیز، امکان دستیابی به الگوی مدیریتی مناسب و بررسی نتایج آنها، قبل از هرگونه اقدام و یا ایجاد تغییر در کاربری اراضی که مستلزم صرف هزینه‌های سنگین می‌باشد میسر است.

۴ـ تهیه نقشه سطوح هم پیمایش

به منظور اعمال روش معرفی شده در این پژوهش تهیه نقشه سطوح هم‌پیمایش جریان ضروری می‌باشد. در این مرحله نقشه سطوح هم پیمایش حوزه توسط طباطبایی [۷] که با استفاده از مدل توزیعی TC و در نرم‌افزار Arcview طراحی شده است تهیه گردید (شکل۸).



شکل ۸- نقشه توزیع مکانی زیر حوزه‌ها در سطوح هم پیمایش حوزه باغ ملک

۵ ـ تعیین شاخص مکانی سطوح موثر بر دبی اوج سیلاب

پس از تعیین موقعیت مکانی زیرحوزه‌های منطقه در هر یک از سطوح هم‌پیمایش جریان، تاثیر هریک از آنها در خروجی مورد بررسی قرار گرفت. در این مرحله با فرض عملیات کنترلی در زیرحوزه‌های هر سطح هم‌پیمایش، تاثیر آنها در خروجی حوزه حذف خواهد گردید. با اجرای متوالی مدل و تکرار آن برای سایر مناطق، تاثیر آنها در کاهش دبی اوج سیل تعیین گردید (جدول۳).

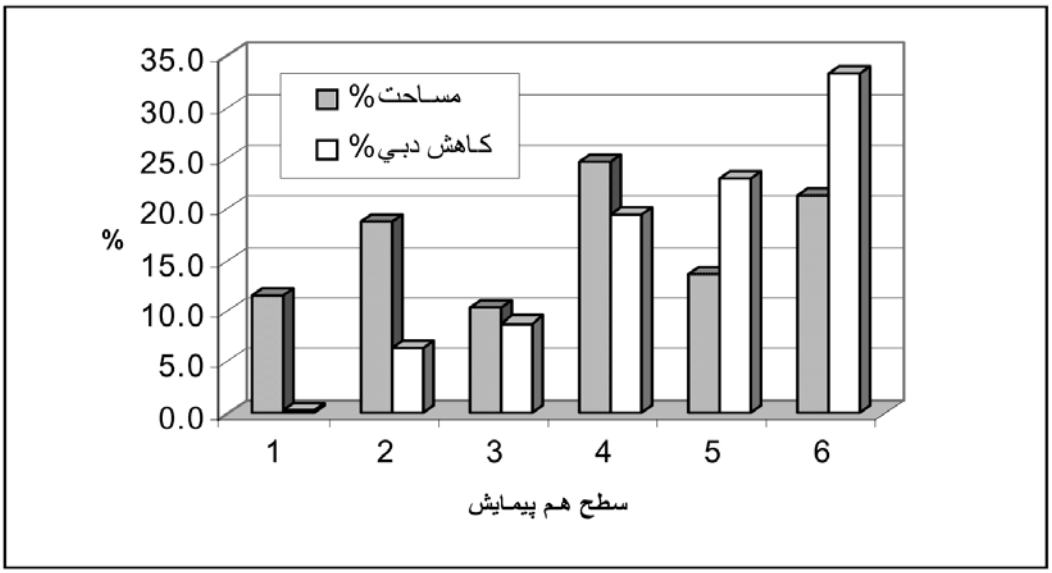
بررسی نتایج حاصل نشان می‌دهد که از خروجی حوزه به سمت بخش‌های میانی تا سطح هم‌پیمایش پنج، تاثیر زیرحوزه‌ها بر دبی حداکثر سیل بطور فزاینده‌ای افزایش و سپس با دور شدن از بخش‌های میانی، تاثیر زیر حوزه‌ها کاهش می‌یابد. شکل (۹)

بیانگر تفاوت اثر بخشی زیر حوزه‌های واقع در هر سطح هم پیمایش بر دبی اوج می‌باشد. مقایسه شاخص‌های بدست آمده نشان می‌دهد که زیرحوزه‌های سطح هم پیمایش ۱ و ۲ در بخش خروجی با شاخص ۰/۰۳ و ۰/۳۴ دارای کمترین و در مقابل زیر حوزه‌های واقع در سطح ۵ و ۶ با شاخص ۱/۷ و ۱/۵۶ دارای بیشترین تاثیر بر دبی اوج خروجی می‌باشند.

بررسی شاخص کارایی سطح پنج در مقایسه با شاخص سایر سطوح، بیانگر نقش قابل توجه کارایی در سطح یاد شده می‌باشد. این موضوع بیانگر این مهم است که انجام یک واحد عملیات اجرایی در زیر حوزه‌های واقع در سطح هم‌پیمایش پنج، مطابق با جدول (۳) تقریباً دارای (۱/۰۹ تا ۵۶) برابر کارایی بیشتر در سایر سطوح حوزه یاد شده می‌باشد.

۶ـ تحلیل شاخص‌ها و اولویت بندی عملیات مهار سیل

بررسی نتایج نشان می‌دهد اگرچه وسعت زیرحوزه‌های سطح هم‌پیمایش ۵ در مقایسه با سطح ۶ و ۴ از وسعت کمتری برخوردار است، لیکن تاثیر آن‌ها در کاهش دبی اوج سیلاب، نسبت به سطوح



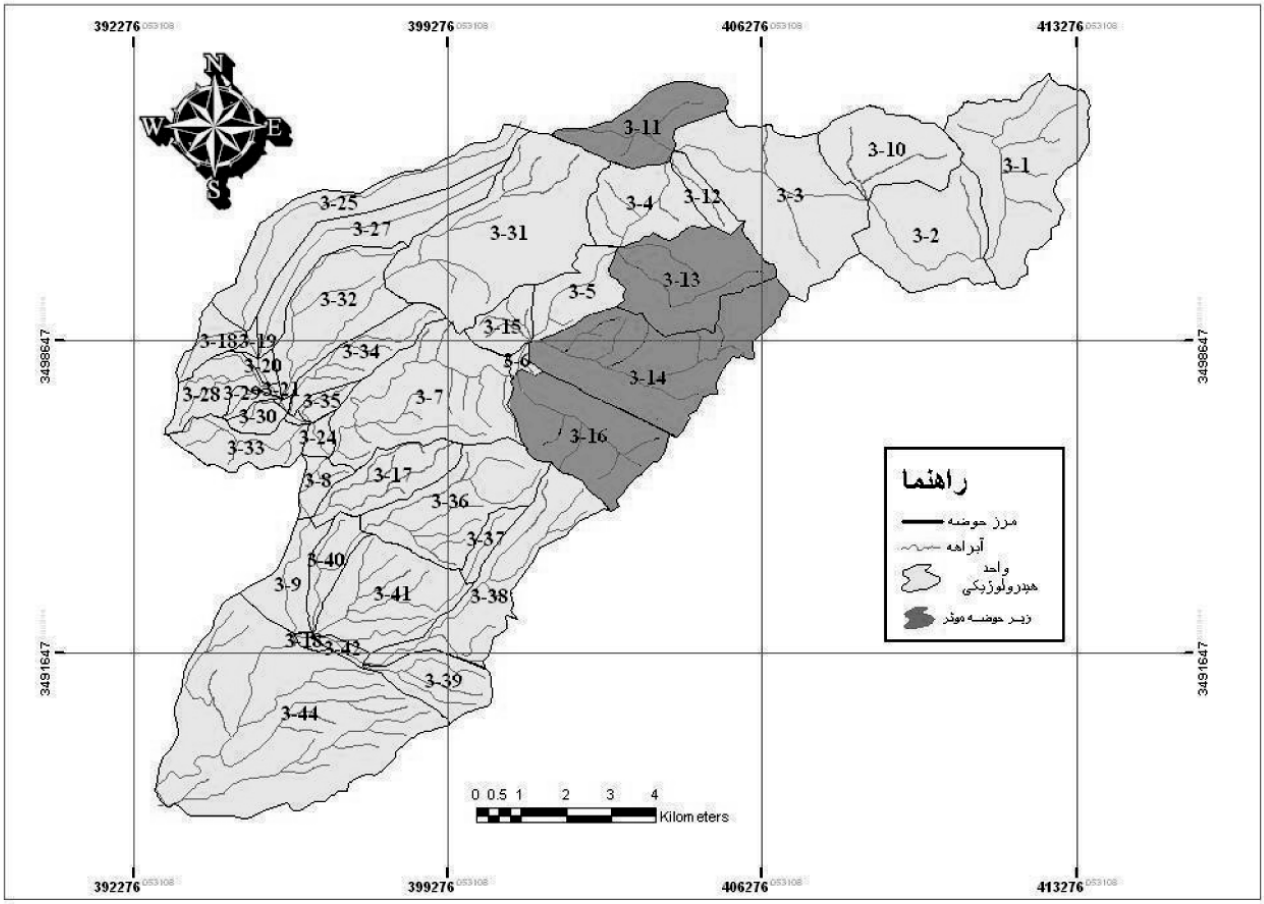
شکل ۹ - مقایسه تاثیر زیر حوزه‌های واقع در سطوح هم پیمایش بر کاهش دبی اوج سیلاب حوزه باغملک

جدول ۳- نتایج بکارگیری گزینه‌ها در کاهش دبی اوج سیلاب در حوزه باغملک

سطح هم پیمایش	مساحت (h)	دبی پس از حذف سطح	کاهش دبی (M^3/S)	درصد مساحت (٪)	درصد کاهش (٪)	شاخص کارایی	نسبت کارایی سطح
۱	۱۷۶۸	۱۶۴/۹	۰/۵	۱۱/۴	۰/۳	۰/۰۳	۵۶/۶
۲	۲۸۹۳	۱۵۴/۸	۱۰/۶	۱۸/۷	۶/۴	۰/۳۴	۵/۰۰
۳	۱۵۸۷	۱۵۰/۸	۱۴/۶	۱۰/۳	۸/۸	۰/۸۵	۲/۰۰
۴	۳۸۰۱	۱۳۳/۰	۳۲/۴	۲۴/۶	۱۹/۶	۰/۸۰	۲/۱۳
۵	۲۱۰۸	۱۲۷/۲	۳۸/۲	۱۳/۶	۲۳/۱	۱/۷۰	----
۶	۳۳۰۱	۱۱۰/۱	۵۵/۳	۲۱/۴	۳۳/۴	۱/۵۶	۱/۰۹

جدول ۴ - نتایج بکارگیری گزینه‌ها در کاهش دبی اوج سیلاب حوزه باغملک

ردیف	شماره زیر حوزه	مساحت (هکتار)	دبی پس از عملیات(M^3/S)	کاهش دبی(M^3/S)	درصد مساحت (٪)	درصد کاهش (٪)	شاخص کارایی
۱	۱۰-۱۱-۱۳-۱۴	۲۲۷۱	۱۲۴	۴۱/۴	۱۴/۶۹	۲۵/۰	۱/۷
۲	۱۰-۱۱-۱۳-۱۴-۱۶	۲۸۶۸	۱۱۳	۵۲/۴	۱۸/۵۵	۳۱/۶۸	۱/۷۱
۳	۱۱-۱۳-۱۴-۱۶	۲۴۳۰	۱۲۱/۴	۴۴/۰	۱۵/۷۲	۲۶/۶	۱/۶۹



شکل ۱۰ - زیرحوزه‌های موثر جهت اجرای عملیات کنترلی، بر اساس روش شاخص مکانی حوزه

مذکور بین ۱/۰۹ تا ۲/۱۳ برابر می‌باشد. در همین منطقه، نسبت شاخص کارایی زیرحوزه‌های سطح ۵ به سطح ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۵۶/۶، ۵ و ۲ برابر است که حاکی از افزایش قابل توجه تاثیر زیرحوزه‌های سطح ۵ نسبت به سایر سطوح می‌باشد. بنابراین زیرحوزه‌های واقع در سطوح هم پیمایش ۵ و ۶ با بیشترین شاخص، به ترتیب از الویت بیشتری جهت اجرای عملیات اصلاحی برخوردارند.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش و به منظور تحصیل بهترین گزینه در تعیین اولویت‌های اجرایی، تاثیر زیرحوزه‌های بحرانی در سطوح موثر ۵، ۶ و ۴ بر دبی حداکثر سیلاب، از طریق اجرای مدل و روندیابی سیل مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۴ شکل ۱۰). گزینه‌های مورد بررسی در این مرحله اختلاف قابل ملاحظه‌ای نداشته و لذا گزینه‌ای که در آن دسترسی بهتری برای انجام عملیات مکانیکی مهیا باشد، از اولویت بیشتری جهت انتخاب برخوردار خواهد بود. این موضوع به لحاظ هزینه‌های حمل و سهولت عملیات، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر این اساس با در نظر گرفتن شرائط اقتصادی، وسعت عرصه و دسترسی مناسب، زیرحوزه‌های ردیف ۳ جدول (۴)، در اولویت اول اجرا قرار می‌گیرد.

نتایج

تفاوت قابل ملاحظه نتایج پژوهش حاضر با سایر کارهای انجام شده در زمینه کنترل و کاهش خطرات سیل، اولویت بندی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب بوده و به عنوان الگویی نوین در مطالعه و اجرای عملیات آبخیزداری و مهار سیل توصیه می گردد. طبیعی است که برای اولویت بندی عملیات آبخیزداری به منظور کنترل سیلاب در هر حوزه آبخیز، لزوم اجرای متدولوژی ارائه شده ضروری است.

بر اساس نتایج به دست آمده با توجه به کاهش چشمگیر شاخص کارایی در زیر حوزه های نزدیک به خروجی حوزه، اجرای هرگونه عملیات کنترل سیلاب در این منطقه تنها موجب افزایش هزینه های بخش اجرا خواهد گردید. بطور کلی این بخش از حوزه از قابلیت مناسبی برای توسعه مناطق شهری و صنعتی برخوردار می باشد. عدم تغییرات قابل توجه تراز جریان، به دلیل افزایش سطوح نفوذناپذیر حاصل از توسعه مناطق شهری در این منطقه، در تلفیق با رفتار هیدرولوژیکی آن، از ویژگی های این سطح می باشد.

با گذر از مناطق یاد شده به سمت سطوح میانی حوزه، تاثیر زیرحوزه ها در دبی اوج هیدروگراف سیل افزایش نشان می دهد. این افزایش که بر اساس نتایج این پژوهش عمدتاً ناشی از الگوی مکانی زهکشی حوزه می باشد، در برخورد با سیمای زمین شناسی و سایر ویژگی های موثر در تولید رواناب، موجبات افزایش پتانسیل سیل خیزی و تاثیر آن در دبی اوج سیلاب مناطق میانی حوزه را فراهم نموده است. با کاهش وسعت سطوح هم پیمایش از بخش های میانی به طرف بالا دست، تاثیر سرشاخه ها بر دبی اوج سیلاب کاهش می یابد.

از دیگر نتایج مهم این پژوهش نقش توزیع مکانی زیر حوزه های برخوردار از پتانسیل سیل خیزی بالا در دبی اوج هیدروگراف سیل بوده است. یعنی این که سیلابی بودن هر یک از زیرحوزه ها در محل خود، توجیه مناسبی در انتخاب آنها به منظور انجام عملیات اصلاحی محسوب نمی شود. بلکه سهم مشارکت آنها در خروجی بایستی مد نظر قرار گیرد. در همین ارتباط وسعت زیرحوزه های واقع در سطوح هم پیمایش رابطه مستقیمی با تاثیرگذاری آنها بر دبی اوج سیلاب ندارد. یعنی دو زیرحوزه یکسان از نظر مشخصات فیزیکی و هیدرولوژیکی، در دو محل جداگانه، اثرات متفاوتی بر دبی اوج سیلاب دارند. به همین منظور شاخص مکانی اثر بخشی سیلاب را می توان معیار مناسبی جهت اولویت بندی عملیات مهار سیل در بخش اجرا به کار گرفت.

مقایسه نتایج پژوهش حاضر با سایر تحقیقات انجام شده در سطح دنیا، بیانگر نوآوری نتایج این پژوهش در زمینه کنترل سیلاب می باشد. تفاوت قابل ملاحظه نتایج پژوهش حاضر با سایر کارهای انجام شده را می توان در تلفیق تئوری کلارک [۱۱] برای تهیه هیدروگراف واحد، با سطوح هم پیمایش جریان و شدت سیل خیزی حوزه، در اولویت بندی سطوح موثر بر دبی اوج هیدروگراف، با هدف بهینه سازی مکانی و کاهش هزینه های بخش اجرا بر شمرد.

بحث و نتیجه‌گیری

در حال حاضر عملیات اصلاحی که به منظور کاهش خطرات سیل انجام می شود، مطالعه دقیقی بر میزان تاثیر آنها بر رفتار حوزه در پاسخ به بارش و همچنین اولویت بندی تاثیر مناطق مختلف آن انجام نگرفته است. در چنین حالتی، اقدامات کنترلی تنها موجب افزایش هزینه ها در بخش اجرا خواهد گردید. در همین ارتباط یکی از موضوعات مهم در برنامه ریزی توسعه حوزه های آبخیزهای شهری و روستایی، تعیین کاربری مناطق مختلف حوزه و بررسی نقش آن ها در تغییرات تولید رواناب و الگوی هیدروگراف سیل می باشد.

بر این اساس روش معرفی شده در این پژوهش می تواند به عنوان روشی کاربردی در مطالعه و اجرای عملیات آبخیزداری و مهار سیل و همچنین بررسی به کارگیری مدیریت های مختلف در رفتارهای هیدرولوژیک حوزه توصیه و بکار گرفته شود. با تمرکز عملیات آبخیزداری و مهار سیلاب در زیرحوزه های واقع در سطوح مزبور، مطابق با اولویت های تعیین شده، ضمن دسترسی مطلوب به اهداف طرح، کاهش قابل ملاحظه ای در هزینه های اجرائی پروژه ها قابل حصول خواهد بود. ضمن اینکه آگاهی از رفتار سطوح مختلف حوزه در شکل گیری جریان سیل قبل از اجرای طرح های توسعه ای در سطوح مختلف ملی و منطقه ای، شرایط مناسبی را به منظور کاهش تاثیر متقابل مناطق با هدف کاهش خطرات سیل فراهم خواهد نمود. بنابراین نتایج پژوهش حاضر را می توان به عنوان یک الگوی کاربردی که در عملیات آبخیزداری و مهار سیلاب، دید روشنی را در اختیار طراحان و تصمیم گیران قرار می دهد معرفی نمود. در این ارتباط مشارکت و همکاری بخش های تحقیقاتی و اجرایی کشور در تدوین طرح های تحقیقاتی مشابه، با هدف الگوسازی عملیات آبخیزداری و مهار سیل حوزه های شهری و روستایی ضروری است.

منابع

۱ـ انجمن هیدرولیک ایران، خبرنامه هیدرولیک، مهر ماه ۱۳۸۰. شماره ۲۳. صفحه ۳.

۲- ثقفیان، ب. و فرازجو، ح. ۱۳۸۶، تعیین مناطق مولد سیل خیزی واحدهای هیدرولوژیک حوزه سد گلستان. مجله علمی پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، شماره ۱، ص ۱۱-۱.

۳ـ خسروشاهی، م. ۱۳۸۰. تعیین نقش زیر حوزه های آبخیز در شدت سیل خیزی حوزه، مطالعه موردی در حوزه آبخیز دماوند. پایان نامه دکتری جغرافیای طبیعی. گروه آبیاری، دانشگاه تربیت مدرس. ۲۰۵ صفحه.

۴- خلقی، م. ۱۳۸۱. کاربرد روش MCDM در اولویت بندی زیرحوزه ها به منظور کنترل سازه ای سیلاب- مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۵. ص ۴۹۰-۴۷۹.

۵ـ روغنی، م. ۱۳۷۶. بررسی تاثیر مکانی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب- دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. ۱۲۸ صفحه.

۶ـ روغنی، م. ۱۳۸۲ . بررسی تاثیر مکانی مناطق موثر بر دبی اوج سیلاب به منظور کاهش خطر سیل در حوزه‌های آبخیز کشور، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. ۱۱۶ صفحه.

۷ـ طباطبائی، م. ۱۳۸۲ . تهیه مدل توزیعی تعیین سطوح هم تمرکز حوزه آبخیز با بکارگیری GIS و برنامه نویسی شی گرا، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور. ۱۰۰ صفحه.

۸ـ قائمی، ه. ۱۳۷۳ . مطالعات مرحله شناسایی تکمیلی طرح آبخیزداری حوزه کرخه، معاونت آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی.

۹- مهدوی، م. ۱۳۷۶ ، بررسی آثار اقتصادی اجتماعی و زیست محیطی خسارات سیل، کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه ها، تهران: انجمن هیدرولیک ایران. ۱۴ صفحه.

10- Brooks, K.N., Folliott, P.F., Gregersen, H.M., and Thames, J.L. 1991. Hydrology and the Management of Watershed, vol. 1. Iowa State University, p. 220.

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

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

13- Friesecke, F. 2004. Precautionary and sustainable flood protection in Germany -Strategies and instruments of spatial planning. 3rd FIG Regional Conference. Jakarta, Indonesia, October 3-7, 17p.

14- Ghafouri, R.A. 1996. Deterministic analysis and simulation of runoff in urban catchment. Ph.D. Thesis, Wollongong University, Wollongong NSW, Australia. 365p.

15- Gorokhovich, Y. 2000. Modeling and potential use of hydrologic contributing areas for environmental application"4th International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4):Problems, Prospects and Research Needs. Banff, lberta, Canada.

16- Hawkins, R.H. 1993. Asymptotic Determination of Runoff Curve Numbers Data Journal of irrigation and drainage engineering. Vol. 119, No.2, pp. 334-345.

17- Jons, J.A. A. 2000. The physical causes and characteristics of floods. In floods Vol II, PP, 93.

18- Karbowski, A. 1993. Optimal flood control in multireservoir cascade systems with deterministic inflow forecasts. Water resources management. Netherlands. Volume 7, No 3, Pages 207-223.

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

20- Maidment, D.R., J.F. Olivera, A. Calver, A. Eatherral and Fraczek, W. 1996. A Unit Hydrograph Derived From a Spatially Distributed Velocity Field, Accepted for publication in a special issue of the journal of Hydrological Processes.

21- 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.

22- Mendenhall, W., Reinmuth, J.E. and Beaver, R. 1989. Statistics for Management and Economics. P.700-701.

23- Roughani, M., Ghafouri A., and Tabatabaie, M. 2005. An Innovative Methodology in Prioritization of Sub-catchments for Flood Control, International Journal of Applied Erth Observation and Geoinformation, Vol. 9, Issue 1, Pages 79-87.

24- Sagafian, B., P.Y. Julien, and Rajaie, H. 2002. Runoff hydrograph simulation based on time variable isochrone technique. journal of Hydrology. Volume 261, Pages 193-203

25- Simonovic, P. 2002. Tow non-structural measures for sustainable management of floods, In Proceeding of the International Workshop on London, Ontario, Canada. Pages 65-81

26- XP-Software. 1996. RAFTS-XP User manual, XP-Software Inc. Canberra-Australia.

مجله علمی - پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیـــزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering
Vol. 2, No. 3, Summer 2008
سال دوم - شماره ۳ - تابستان ۱۳۸۷

Abstract

Promotion of Flood Control Implementation by using Basin Spatial Index

M. Roughani[1], M. Tabatabaei[2], M. Ghafouri[3] and M. Namaki[4]

One of the most important results of incorrect human activities in natural environment is the increasing of watersheds flooding potential that makes huge damages to the national resources of country every year. For this purpose, the response of Bagh-e-Malek catchment was calibrated, evaluated and simulated in a mathematical model using time-area diagram, hydrologic and topographic properties of the catchment. Then, spatial distribution of sub basins were determined in the catchment isochrones. In the next step, interaction between sub basins spatial distribution and flooding potential of the basin areas and their effects on generation peak flood were analyzed. These operations were modeled with assumption of flood control implementation in the sub basins located on each isochron. The results of this research indicate that the fifth isochron in Bagh-e-Malek catchment with area of 21.08 km2 has had the greatest impact on flood peak at the basin outlet. On the contrary, the sub basins located on isochron near the basin outlet have had less impact on flood peak. As a result, with concentrating on watershed management and flood control activities based on the prioritization on the sub-basins identified, a considerable decrease would be expected in implementation expenses of the flood control and river engineering projects.

Keywords: Rainfall-runoff, Isochrones Areas, Hydrological Models, Flood Control, Spatial Optimization.

1- Scientific Staff of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), moroghani@gmail.com
2- Scientific Staff of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), tabatabaei @scwmri.ac.
3- Scientific Staff of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), mgh42 @hotmail.com
4- Scientific Staff of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), m_namaki43 @yahoo.com