

پروژه‌های کنترل سیل، یک تصمیم‌گیری مدیریتی است که باید به وسیله مطالعه شرایط فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی منطقه و برآورد تاثیرات حاصل از انجام برنامه‌ها، تایید گردد [۳]. همچنین در برخی موارد، تعیین اولویت‌ها بر اساس اشتیاق مردم، موقعیت استراتژیک، فقر و یا سایر موارد صورت می‌گیرد [۲]. با توجه به این که در اغلب حوزه‌های آبخیز کشور، وقوع سیل و خسارت‌های ناشی از آن روند افزایشی دارد، تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها از نظر پروژه‌های کنترل سیل و مدیریت جامع آبخیزها ضرورت دارد. از این نظر، حوزه آبخیز سد گلستان با توجه به وقوع سیل‌های ویرانگر اخیر و وجود سد گلستان، از جایگاه ویژه‌ای در بین مناطق کشور برخوردار است. با توجه به کمبود ایستگاه‌های آب‌سنجی در سطح زیرحوزه‌ها و کم بودن آمار و اطلاعات ثبت شده از سیل در حوزه‌های آبخیز کشور، به طور عملی نمی‌توان شدت سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها را به تنهایی از تجزیه و تحلیل داده‌های موجود استنتاج نمود. بنابراین نقش مدل‌های ریاضی هیدرولوژیک در تعیین سیل‌خیزی حوزه‌ها، بسیار بارز است. در مطالعات معمول در ایران برای بررسی سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها، نه تنها تعریف مشخص و کمی از سیل‌خیزی ارائه نشده است، بلکه کل آبخیز به صورت یکپارچه در نظر گرفته شده و به اثرات رونمایی سیل در رودخانه و موقعیت مکانی زیرحوزه‌ها توجهی نشده است. هدف از این پژوهش، تلفیق سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل هیدرولوژیک HEC-HMS در تعیین میزان مشارکت زیرحوزه‌ها در سیل خروجی کل حوزه آبخیز سد گلستان و شناسایی و اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها از نظر پتانسیل سیل‌خیزی می‌باشد. دستیابی به این هدف می‌تواند الگوی روشن و مبنای محکمی برای اولویت‌بندی مکانی - زمانی پروژه‌های کنترل سیل و تعیین تاثیر کمی آنها بر رژیم سیل‌خیزی حوزه باشد و از تاثیر منفی احتمالی ناشی از اجرای

تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی سیل‌خیزی
واحدهای هیدرولوژیک حوزه سد گلستان

بهرام تقفیان^۱ و حسن فرازجو^۲

چکیده

تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها از نظر سیل‌خیزی در مدیریت حوزه‌های آبخیز بزرگ، نقش مهمی دارد. از این نظر حوزه آبخیز سد گلستان به علت وقوع سیل‌های ویرانگر اخیر، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این مقاله با تلفیق GIS و مدل هیدرولوژیک HEC-HMS، شدت سیل‌خیزی یا به عبارتی میزان مشارکت زیرحوزه‌ها در سیل خروجی کل حوزه در محل سد گلستان تعیین می‌شود. بدین منظور با استفاده از روش واکنش سیل واحد در محیط مدل HEC-HMS، زیرحوزه‌های آبخیز سد گلستان از نظر سیل‌خیزی اولویت‌بندی شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: واکنش سیل واحد، GIS،
مدل HEC-HMS، مناطق مولد سیل، حوزه آبخیز
سد گلستان

مقدمه

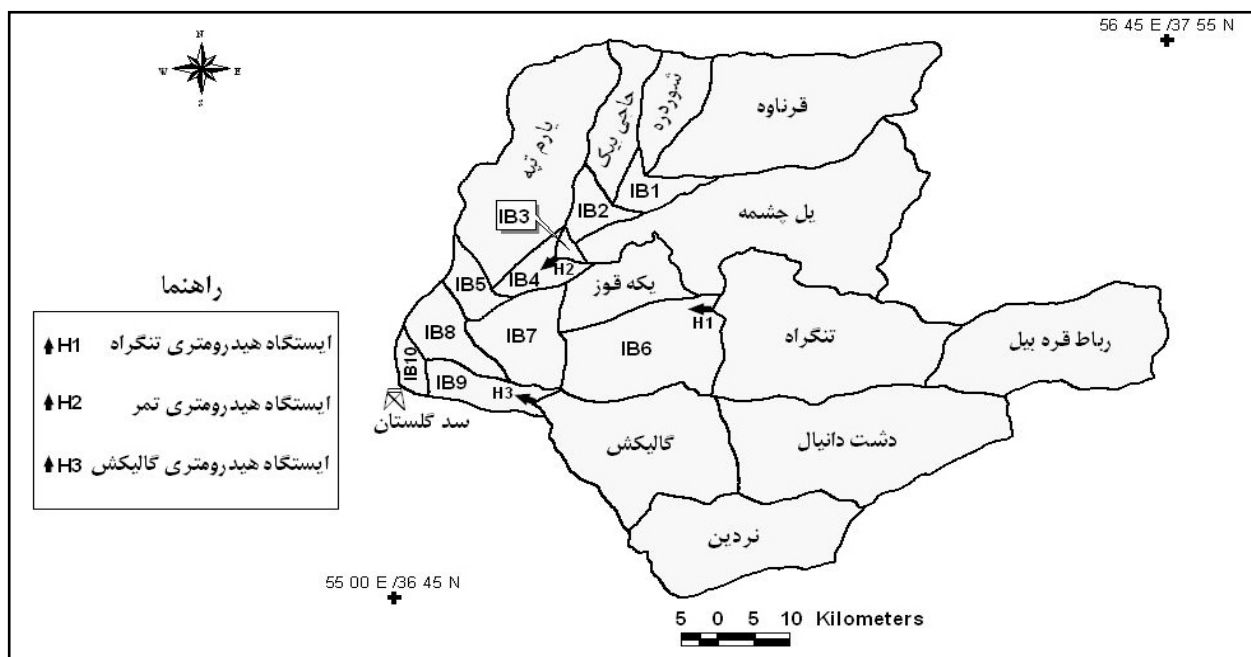
به دلیل وسعت زیاد حوزه‌های آبخیز و محدودیت‌های اقتصادی و اجرایی، احیاء آبخیزها از دیدگاه کنترل سیل در یک پروژه واحد نه تنها عملی نیست، بلکه ممکن است اثرات معکوس داشته باشد. انتخاب اولویت مناطق برای اجرای

۱- دانشیار مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور

saghafian@scwmri.ac.ir

۲- کارشناس ارشد شرکت سهامی آب منطقه ای گلستان

farazjoo@yahoo.com



شکل (۱) - محدوده زیرحوضه‌های آبریز سد گلستان و موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری حوزه

۱) DEM) حوزه با قدرت تفکیک مکانی ۵۰ متر بر مبنای نقشه رقومی توپوگرافی حوزه در محیط GIS تهیه گردید. سپس خصوصیات فیزیوگرافی مورد نیاز از DEM استخراج شد.

۲- تعیین شماره منحنی زیرحوضه‌ها

شماره منحنی، پارامتر بی بعدی است که در روش SCS برای تعیین تلفات اولیه و زمان تاخیر به کار می‌رود و تحت تاثیر نوع کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیکی و رطوبت پیشین خاک می باشد [۷].

نقشه کاربری اراضی منطقه با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش اراضی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، تهیه شده توسط وزارت کشاورزی وقت در سال ۱۳۷۵، در محیط GIS وارد شد. نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوزه نیز از نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوزه آبخیز سد وشمگیر استخراج گردید [۱]. سپس در محیط GIS نقشه کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با یکدیگر تلفیق شده و بر اساس جدول‌های تعیین شماره منحنی [۶]، نقشه CN حوزه تهیه شد.

عملیات مهار سیل در مناطق غیر ضروری پیشگیری به عمل آید.

حوزه آبخیز سد گلستان با مساحت ۴۸۰۲ کیلومتر مربع بین عرض‌های ۳۰°۵۷'۳۰" تا ۳۷°۴۶'۳۷" شمالی و طول‌های ۳۰°۵۹'۱۳" تا ۲۸°۰۰'۵۶" شرقی واقع شده است. این حوزه از شمال به کپه داغ، رشته کوه میرداوود و حد جنوبی حوزه آبخیز اترک، از جنوب به گردنه خوش ییلاق و ارتفاعات جنوبی نردین (قسمتی از رشته کوه البرز)، از شرق به منطقه رباط قره بیل و کوه‌های آلاداغ و بینالود و از غرب به اراضی شرق گنبد و سد گلستان محدود شده است. آبخیز سد گلستان از سه حوزه بزرگ مادرسو (دوغ)، حاجی قوشان و اوغان تشکیل شده که رودخانه‌های اصلی آنها پس از پیوستن به یکدیگر وارد سد گلستان می‌شوند. سد گلستان واقع در ۱۳ کیلومتری شرق شهرستان گنبد، در سال ۱۳۷۹ مورد بهره‌برداری قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

۱- خصوصیات فیزیوگرافیک زیرحوضه‌ها

در این پژوهش، حوزه آبخیز سد گلستان براساس توپوگرافی و شبکه آبراه‌ها به ۲۱ زیرحوضه کوچکتر تقسیم شده است که شکل (۱) محدوده و موقعیت آنها را نسبت به ایستگاه‌های آب‌سنجی منطقه نشان می‌دهد. مدل ارتفاعی رقومی

جدول (۱) - خصوصیات فیزیوگرافیک و شماره منحنی زیرحوزه‌های آبریز سد گلستان

شماره منحنی در حالت I	طول آبراهه اصلی به کیلومتر	شیب متوسط وزنی آبراهه (%)	شیب متوسط وزنی حوزه (%)	ارتفاع متوسط وزنی به متر	مساحت به کیلومتر مربع	نام زیرحوزه
۵۲	۳۳/۵	۱/۱۶	۷/۶	۱۴۶۸	۳۸۳	رباط قره بیل
۵۲	۳۷/۳	۳/۹۴	۲۲	۱۳۲۱	۴۹۸	تنگراه
۵۹	۱۸/۵	۱/۳۳	۶/۵	۱۳۷۹	۵۰۹	دشت دانیال
۶۳	۱۰/۲	۱/۵۴	۸	۱۶۰۸	۳۳۲	نردین
۵۲	۲۲/۲	۳/۵۹	۱۶/۴	۶۲۳	۱۴۱	یکه قوز
۵۷	۴۶/۸	۱/۴۵	۱۲/۶	۱۰۴۴	۵۹۵	یل چشمه
۶۷	۲۹/۹	۳/۳۴	۱۰/۳	۷۹۰	۴۹۵	قرناوه
۶۸	۲۱/۸	۱/۹۱	۶/۲	۴۵۶	۱۱۰	شوردردره
۶۵	۳۱	۱/۶۱	۵/۶	۳۹۲	۱۲۰	حاجی بیک
۶۶	۳۷/۸	۱/۰۶	۳/۳	۲۷۹	۴۰۹	یارم تپه
۵۹	۲۲/۷	۴/۱۸	۱۶/۷	۱۲۵۵	۳۷۲	گالیکش
۶۱	۹	۱/۰۸	۱۲/۶	۴۵۵	۵۴	IB1
۶۸	۰/۲	۱/۰۸	۳/۸	۲۳۳	۵۲	IB2
۶۳	۸	۰/۴	۶/۷	۲۵۸	۱۲	IB3
۶۳	۱۶/۲	۰/۱۹	۵/۵	۲۱۰	۵۷	IB4
۶۴	۱۰/۲	۰/۱	۰/۲	۱۰۲	۵۱	IB5
۴۹	۱۲	۱/۰۷	۱۷/۸	۸۳۰	۲۶۹	IB6
۶۴	۲۳/۳	۰/۴۳	۳/۹	۱۹۷	۱۴۳	IB7
۶۴	۱۰/۲	۰/۳۸	۰/۶	۹۷	۹۱	IB8
۶۱	۱۷/۴	۱/۰۸	۷/۲	۲۴۴	۷۸	IB9
۶۴	۷/۱	۰/۳۶	۰/۹	۵۶	۳۰	IB10
۶۰	۹۱/۱	۱/۲۹	۱۰/۶	۹۵۳	۴۸۰۲	کل حوزه

۳- داده‌های بارش - رواناب و تعیین توزیع مکانی و زمانی رگبارها

برای کالیبراسیون مدل HEC-HMS لازم است که داده‌های مشاهده‌ای بارش و سیلاب متناظر آن آماده گردند. بدین منظور آبنمود سیلاب‌های ایستگاه‌های آب‌سنجی تنگراه، تمر و گالیکش از اداره آب منطقه‌ای گنبد تهیه و تعدادی از آنها که در ایستگاه باران‌سنج ثبات جنگل گلستان دارای بارش همزمان بودند، تفکیک گردید. سپس در زمان وقوع هر سیل، با استفاده از بارش روزانه ثبت شده در ایستگاه‌های

باران‌سنجی داخل و اطراف حوزه آبخیز سد گلستان (۱۲) ایستگاه باران‌سنجی، توزیع مکانی رگبارها با استفاده از روش عکس مربع فاصله^۱ در محیط GIS و با شبکه سلولی ۵۰ متر استخراج شد. توزیع زمانی رگبارها نیز با استفاده از کاغذهای باران‌نگار ایستگاه ثبات جنگل گلستان تعیین شد.

1-Inverse Distance Squared Method

جدول (۲) - مشخصات وقایع بارش - رواناب مشاهده ای برای کالیبراسیون و اعتباریابی مدل HEC-HMS

ایستگاه هیدرومتری	تاریخ وقوع سیلاب	شرایط رطوبتی خاک	دبی اوج سیل (متر مکعب بر ثانیه)
تمر	۲۰ تا ۲۲ فروردین ۱۳۷۸	خشک	۲۶/۴
تنگراه	۴ تا ۶ اردیبهشت ۱۳۷۷	خشک	۱۸/۲
	۲۰ تا ۲۲ فروردین ۱۳۷۸	خشک	۱۶/۸
گالیکش	۸ تا ۱۰ خرداد ۱۳۷۷	خشک	۱۰۴/۳
	۱۴ تا ۱۵ مرداد ۱۳۷۷	خشک	۲۹۹/۹
	۲۰ تا ۲۲ فروردین ۱۳۷۸	خشک	۲۱/۲
	۳ تا ۴ مرداد ۱۳۷۸	خشک	۹۷/۵

۴- انتخاب اجزای مدل HEC-HMS

مدل HMS از انواع مدل‌های ریاضی رایانه‌ای برای شبیه‌سازی وقایع بارش- رواناب است که دارای چندین زیرمدل در اجزاء نفوذ، روندیابی جریان سطحی، آب پایه و روندیابی جریان رودخانه‌ای می‌باشد. این مدل دارای سه بخش اصلی به نام‌های مدل حوزه، مدل اقلیمی و نمایه‌های کنترلی می‌باشد. همچنین این مدل دارای قابلیت کالیبراسیون خودکار و بهینه‌سازی پارامترها نیز می‌باشد [۶].

در این مقاله، روش CN برای شبیه‌سازی تلفات اولیه بارش و نفوذ انتخاب شد و برای تعیین آبنمود رواناب مستقیم حوزه از روش آبنمود واحد SCS استفاده گردید.

روندیابی سیل در شبکه رودخانه‌ها از خروجی هر زیرحوزه تا محل سد گلستان نیز با استفاده از روش ماسکینگام صورت گرفت.

۵- واسنجی و اعتباریابی مدل HEC-HMS

در این پژوهش برای واسنجی و اعتباریابی مدل HEC-HMS از روش Simple-Split Sample Test استفاده شد [۴]. در این روش، سیلابهای مشاهده‌ای به دو گروه تقسیم می‌شوند. پارامترهای مدل با یک گروه از داده‌ها و با استفاده از توابع هدف حداقل‌سازی خطا واسنجی می‌گردد. سپس اعتباریابی مدل از طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه شده برای گروه دوم داده‌ها انجام می‌شود و آبنمود مشاهده‌ای و آبنمود شبیه‌سازی شده با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

۶- تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی سیل خیزی

زیرحوزه‌ها

پس از واسنجی مدل بارش - رواناب، مدل با استفاده از بارش طراحی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۵۰ ساله به عنوان مبنای تعیین سیل خیزی زیرحوزه‌ها اجرا شد و آبنمود سیل در خروجی هر زیرحوزه بدست آمد. سپس با استفاده از روش واکنش سیل واحد [۵] در محیط مدل HMS، زیرحوزه‌های آبخیز سد گلستان از نظر سیل خیزی اولویت‌بندی شدند. در این روش، با حذف متوالی و یک به یک زیرحوزه‌ها در هر بار اجرای مدل، دبی خروجی کل حوزه پس از روندیابی سیل در رودخانه اصلی بدون اثر زیرحوزه مورد نظر تعیین می‌شود. بدین ترتیب میزان تاثیر هر یک از زیرحوزه‌ها در تولید سیل خروجی بدست می‌آید. زیرحوزه‌ای که بیشترین سهم مشارکت در تولید سیل خروجی حوزه را به عهده داشته باشد، در گام اول به عنوان سیل خیزترین زیرحوزه شناسایی می‌شود. سپس سایر زیرحوزه‌ها به ترتیب میزان مشارکت آنها در سیل خروجی اولویت‌بندی می‌گردند. دو نمایه سیل خیزی مورد استفاده به صورت زیر تعریف می‌شوند.

$$F = (\Delta QP / QP) * 100 \quad (1)$$

$$f = \Delta QP / A \quad (2)$$

که در آنها، F سهم مشارکت زیرحوزه در دبی خروجی کل حوزه به درصد، ΔQP مقدار کاهش در دبی خروجی کل

حوزه در اثر حذف زیرحوزه مورد نظر بر حسب متر مکعب بر ثانیه، QP دبی خروجی کل حوزه بر حسب متر مکعب بر ثانیه، f سهم مشارکت زیرحوزه در دبی خروجی کل حوزه به ازای واحد سطح و A مساحت زیرحوزه به کیلومتر مربع می‌باشد.

نتایج و بحث

۱- واسنجی و اعتباریابی مدل بارش - رواناب

خصوصیات فیزیوگرافی زیرحوزه‌های آبخیز سد گلستان که محدوده آنها در شکل (۱) نشان داده شده از DEM استخراج گردید. همچنین شماره منحنی متوسط وزنی هر زیرحوزه نیز براساس نقشه CN محاسبه شد که نتایج فوق در جدول (۱) ارائه شده است. شیب متوسط کل حوزه برابر $10/6$ درصد و ارتفاع متوسط وزنی آن در حدود 953 متر می‌باشد.

در راستای تعیین توزیع مکانی و زمانی رگبارها و بررسی آبنمودهای سیلاب ثبت شده در ایستگاه‌های آب‌سنجی موجود در منطقه مشخص گردید که علی‌رغم وجود تعدادی وقایع سیل ثبت شده، به دلیل ضعف شبکه باران‌سنج‌های ثابت منطقه، تعداد رویدادهای بارش - رواناب جهت کالیبراسیون مدل بسیار محدود است. نهایتاً در ایستگاه آب‌سنجی گالیکش چهار، در ایستگاه تمر یک رویداد و در ایستگاه تنگراه دو رویداد مناسب تشخیص داده شد. جدول (۲) مشخصات این رویدادها را نشان می‌دهد.

همانگونه که در بخش مواد و روش‌ها ذکر شد برای واسنجی و اعتباریابی مدل، سیلابها به دو گروه تقسیم می‌شود که یک گروه برای واسنجی و گروه دوم برای اعتباریابی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش زیرحوزه‌های بالادست ایستگاه آب‌سنجی تمر (بیل چشمه، قرناوه، شوردره، حاجی بیگ، $IB1$ ، $IB2$ و $IB3$) تنها با یک رویداد موجود واسنجی شدند، زیرحوزه‌های بالادست ایستگاه آب‌سنجی تنگراه (رباط قره بیل، نردین، دشت) نیز واسنجی شدند.

نتایج مربوط به بهینه‌سازی پارامترهای ورودی به مدل برای هر زیرحوزه در جدول (۳) ارائه شده است. نتایج کالیبراسیون مدل HMS در حوزه آبخیز سد گلستان نشان می‌دهد که

اختلاف بین زمان تاخیر محاسبه شده بر اساس فرمول SCS و زمان تاخیر واسنجی شده بسیار کم می‌باشد. بنابر این در سایر زیرحوزه‌های فاقد آمار از مقدار محاسباتی استفاده شد. همچنین زمان تاخیر زیرحوزه‌ها بین 1 تا $10/5$ ساعت و تلفات اولیه آنها بین $1/6$ تا $20/2$ میلیمتر واسنجی شدند. شایان ذکر است که تابع هدف کالیبراسیون حداقل‌سازی اختلاف دبی اوج می‌باشد و در مرحله اعتبارسنجی هیچ پارامتری تغییر داده نشده است.

(دانپال و تنگراه) با یک رویداد برای واسنجی و یا یک رویداد برای اعتباریابی مورد استفاده قرار گرفت و نهایتاً در زیر حوزه بالادست ایستگاه آب‌سنجی گالیکش نیز از دو رویداد برای واسنجی مدل و از دو رویداد برای اعتباریابی استفاده شد.

۲- تعیین دبی خروجی و اولویت‌بندی سیل خیزی زیرحوزه‌ها

با استفاده از مدل کالیبره شده، مقدار دبی اوج سیلاب ناشی از بارش 50 ساله 24 ساعته در هر زیرحوزه تعیین گردید. سپس به روش واکنش سیل واحد، شدت سیل خیزی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل از اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها در جدول (۴) و شکل‌های (۲) و (۳) ارائه شده است.

براساس نتایج جدول (۴) (ستونهای ۴ و ۸)، زیرحوزه گالیکش با تولید دبی اوج $308/8$ مترمکعب بر ثانیه در محل خروجی زیرحوزه، بیشترین مقدار و زیرحوزه رباط قره بیل با دبی اوج $23/4$ مترمکعب بر ثانیه، کمترین مقدار دبی اوج را به خود اختصاص می‌دهند. در مطالعاتی که اولویت‌بندی تنها بر اساس دبی اوج زیرحوزه بدون روندیابی آبنمود سیل از محل زیرحوزه تا خروجی کل حوزه انجام می‌گیرد، موضوع اولویت‌بندی در همین جا پایان یافته تلقی می‌شود و بدین ترتیب میزان مشارکت زیرحوزه‌ها در سیل خروجی کل حوزه مشخص نمی‌گردد. بنابراین حوزه‌ای که دبی بیشتری دارد، اولویت اول را به خود اختصاص می‌دهد.

درستون 10 جدول ۴ و شکل ۲، اولویت‌بندی پس از روندیابی آبنمود سیل زیرحوزه در آبراهه اصلی و براساس میزان مشارکت هر یک از زیرحوزه‌ها در سیل خروجی حوزه نشان داده شده است. در مواردی که مساحت

جدول (۳) - نتایج بهینه‌سازی پارامترهای ورودی به مدل و میانگین بارش ۲۴ ساعته ۵۰ ساله در هر زیرحوزه

زیرحوضه	پارامترهای بهینه ورودی به مدل		
	شماره منحنی	تلفات اولیه (میلی‌متر)	زمان تاخیر (ساعت)
رباط قره بیل	۵۲	۱۱/۷	۱۰/۵
تنگراه	۵۲	۱۱/۷	۶/۶
دشت دانیال	۵۹	۸/۸	۶/۷
نردین	۶۳	۸/۵	۳/۵
یکه فوز	۵۲	۱۱/۵	۵/۱
یل چشمه	۵۷	۱۱/۷	۹/۲
قرناوه	۶۷	۱۶/۲	۵/۶
شوردرد	۶۸	۲۰/۳	۵/۵
حاجی بیگ	۶۵	۶	۸/۲
یارم تپه	۶۶	۶/۵	۱۲/۴
گالیکش	۵۹	۱/۹	۳/۵
IB1	۶۱	۳/۱	۲/۲
IB2	۶۸	۱/۶	۱
IB3	۶۳	۲/۳	۲/۷
IB4	۶۳	۷/۵	۵/۲
IB5	۶۴	۷	۴
IB6	۴۹	۱۲/۹	۳/۲
IB7	۶۴	۷/۲	۸/۱
IB8	۶۴	۷	۲/۹
IB9	۶۱	۷/۹	۴
IB10	۶۴	۷	۲/۳

عوامل موثر مثل موقعیت مکانی زیرحوزه‌ها، می‌تواند نقش مهمی داشته باشد. بنابراین لزوماً زیرحوزه‌ای که مساحت بزرگتر و یا دبی بیشتری داشته باشد، در سیل خروجی کل حوزه تاثیر بیشتری ندارد. به عنوان مثال زیرحوزه نردین که از نظر مساحت در رده هشتم و از نظر دبی اوج زیرحوزه در اولویت پنجم قرار دارد، از نظر مشارکت در سیل خروجی کل حوزه در ردیف دوم قرار می‌گیرد. این امر نشان دهنده اثرات متقابل روندیابی سیل در رودخانه، موقعیت مکانی و

زیرحوزه‌ها اولویت‌بندی سیل‌خیزی را تحت تاثیر قرار می‌دهند، می‌توان این اولویت‌بندی را به ازای واحد سطح زیرحوزه انجام داد (ستون ۱۱ جدول ۴ و شکل ۳). در بخش اجرایی کنترل سیلاب نیز میزان کاهش سیل خروجی به ازای واحد سطح زیرحوزه، اهمیت بیشتری دارد. زمانی که میزان تاثیر دبی زیرحوزه‌ها پس از حذف در روندیابی در دبی اوج خروجی کل حوزه در نظر گرفته می‌شود، نسبت تاثیر آنها تنها به مساحت و دبی اوج زیرحوزه بستگی ندارد. بلکه اثر متقابل

خصوصیات زیرحوزه‌ها در تعیین سهم مشارکت در دبی اوج کل حوزه می باشد که این اثرات بدون شبیه سازی توسط مدل و تنها بر مبنای عواملی مانند مساحت قابل تعیین نیست. شکل ۴ نشان می دهد که شدت سیل خیزی زیرحوزه‌ها تنها تحت تاثیر یک عامل نیست و اثر ترکیبی پارامترها به ویژه سهم بارش هر زیرحوزه، زمان تمرکز و زمان انتقال موج سیل از بازه روندیابی دارای نقش موثرتری می باشد. بنابراین اولویت بندی نهایی زیرحوزه‌های آبخیز سد گلستان بر اساس مشارکت آنها در دبی خروجی کل حوزه به ازای واحد سطح انجام گرفت.

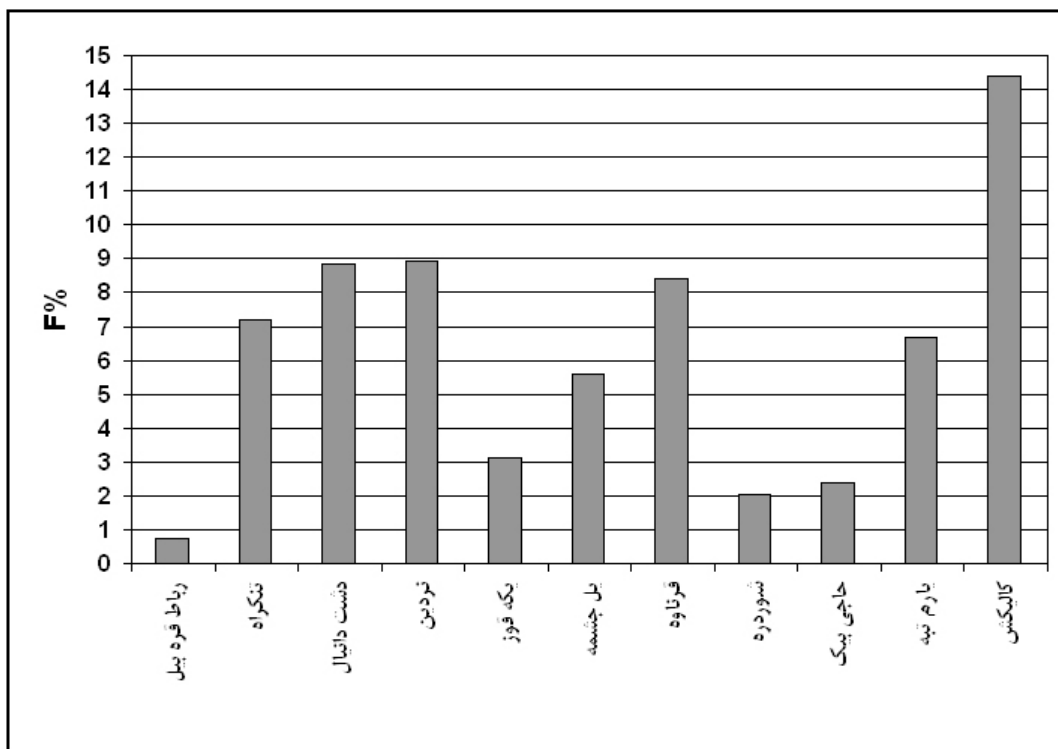
شکل (۵) نقشه اولویت بندی سیل خیزی زیرحوزه‌ها بر اساس نمایه (f) را نشان می دهد. مشاهده می شود که زیرحوزه گالیکش اولین رتبه و زیرحوزه رباط قره بیل آخرین رتبه را به خود اختصاص می دهند. شایان ذکر است که زیرحوزه گالیکش در تمامی موارد، در اولویت اول قرار دارد که نشان دهنده پتانسیل سیل خیزی زیاد این منطقه می باشد. بررسی آماری دبی اوج سیلاب‌های حوزه در دوره آماری ۴۶-۴۵ تا ۷۹-۷۸ نیز موید این مطلب است، به طوری که متوسط دبی اوج ویژه سیل در ایستگاه‌های آب‌سنجی تمر، تنگراه و گالیکش به ترتیب برابر ۰/۰۴، ۰/۰۲ و ۰/۱۳ مترمکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع می باشد. بنابراین دبی اوج ویژه سیل در ایستگاه گالیکش به طور معناداری نسبت به سایر ایستگاه‌ها بالاتر است که دلیل اصلی آن، شدت و عمق بارندگی در این ناحیه و نیز کوتاه بودن زمان تمرکز آن می باشد.

نتایج حاصل نشان می دهند که سهم مشارکت زیرحوزه‌ها در سیل خیزی کل حوزه، تنها تحت تاثیر مساحت آنها نیست و عواملی چون موقعیت مکانی زیرحوزه‌ها و تاثیر روندیابی سیل در رودخانه اصلی نیز در رژیم سیلابی حوزه تاثیر مهمی دارند. همچنین مشخص گردید که زیرحوزه گالیکش با توجه به شدت بارندگی در این زیر حوزه سهم قابل توجهی در سیل خروجی کل حوزه دارد و زیرحوزه رباط قره بیل دارای کمترین شدت سیل خیزی می باشد.

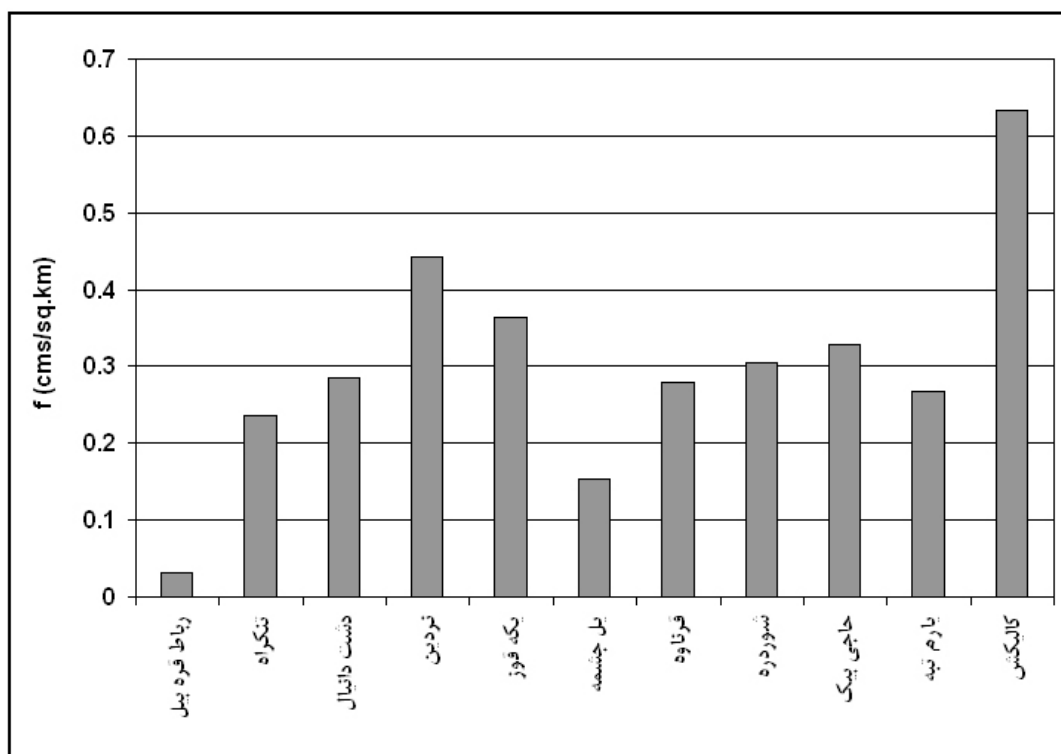
نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان می دهند که با تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل‌های هیدرولوژیک می توان اثر متقابل عوامل فیزیوگرافیک و اقلیمی را بر پتانسیل سیل خیزی حوزه‌های آبخیز مورد بررسی قرار داد و با در نظر گرفتن همزمانی دبی اوج زیرحوزه‌ها و نقش روندیابی سیل در رودخانه‌ها، اولویت بندی سیل خیزی زیرحوزه‌ها را به نحو مطلوب انجام داد. نتایج نشان دادند که لزوماً زیرحوزه‌ای که مساحت بزرگتر و یا دبی اوج بیشتری داشته باشد، در سیل خروجی کل حوزه تاثیر بیشتری ندارد بلکه اثر متقابل عوامل موثر مانند موقعیت مکانی زیرحوزه‌ها و نقش روندیابی در رودخانه اصلی نیز می تواند نقش مهمی داشته باشد.

از نتایج حاصل از این مقاله می توان در برنامه ریزی عملیات کنترل سیلاب از نوع سازه‌های کوچک و یا تقویت و مدیریت پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود. همچنین در تعیین مکان نصب ادوات اندازه گیری و هشدار سیل در زیرحوزه‌های سیل خیز نیز می توان از نتایج پژوهش بهره برد.



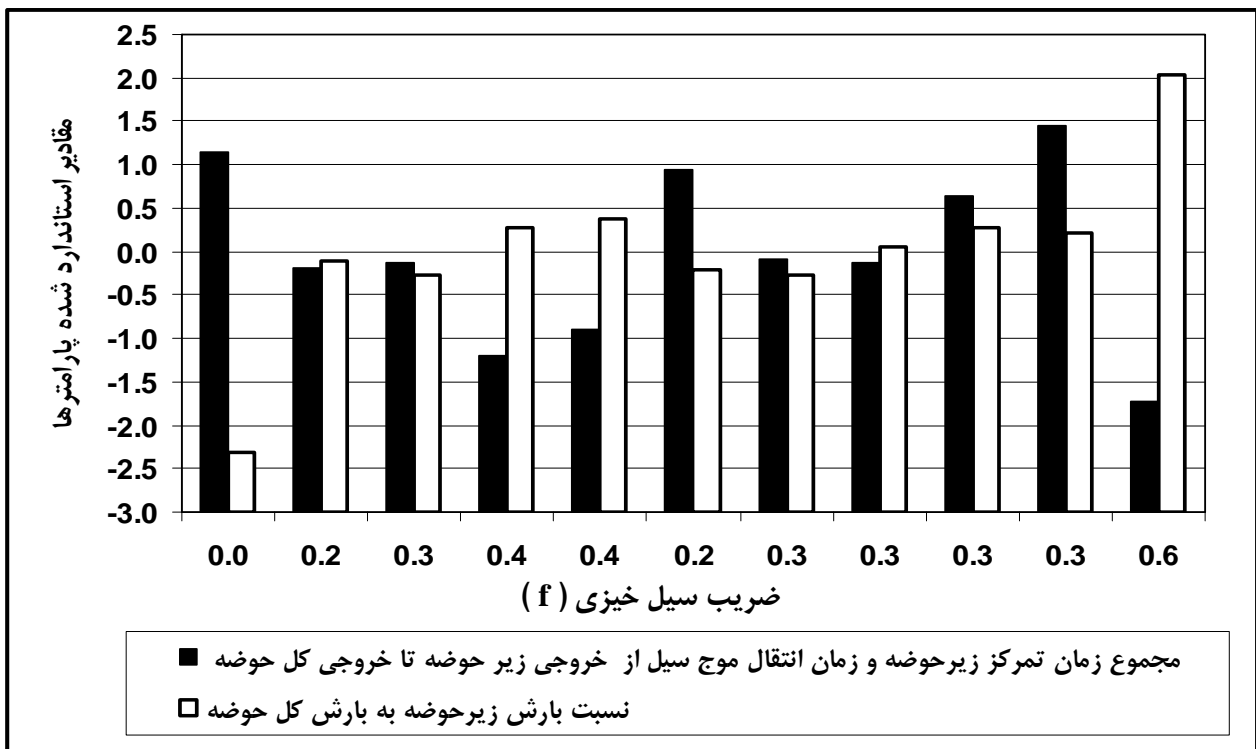
شکل (۲) - مقایسه مشارکت زیرحوزه‌ها در دبی خروجی کل حوزه (F)



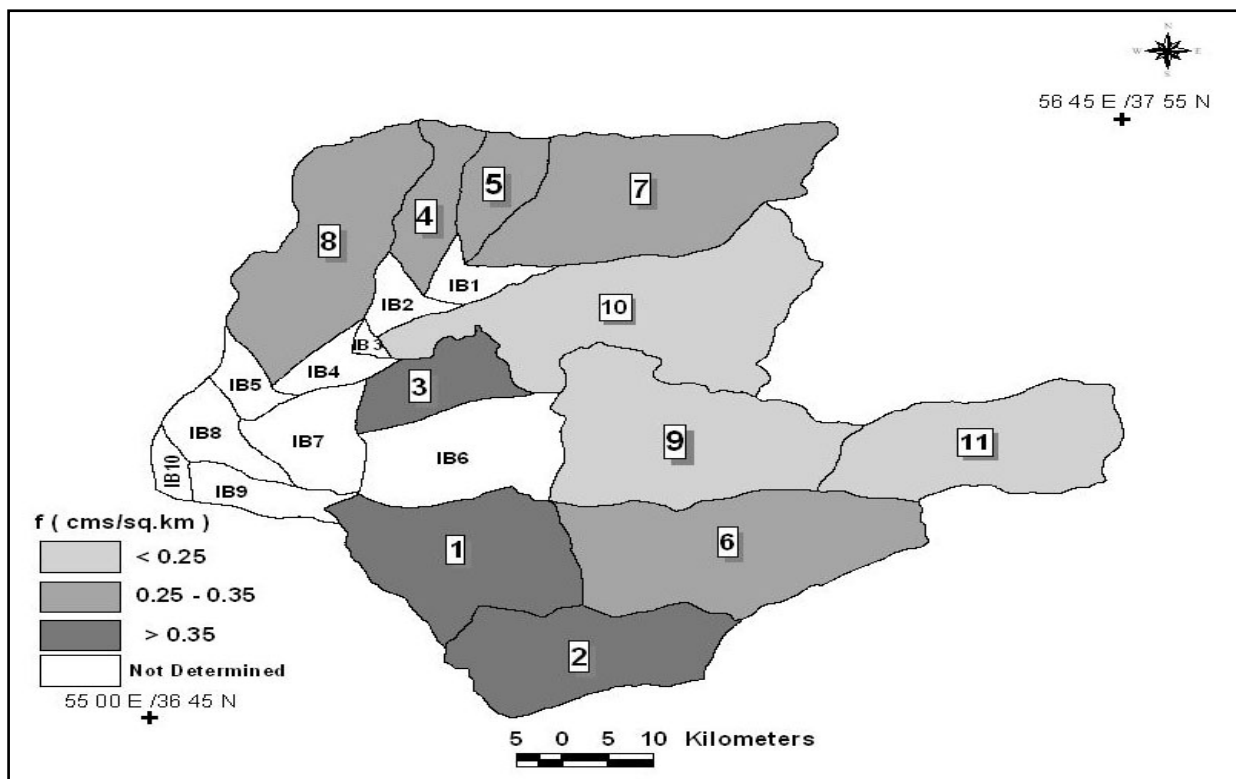
شکل (۳) - مقایسه مشارکت زیرحوزه‌ها در دبی خروجی کل حوزه به ازای واحد سطح (f)

جدول (۴) - اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوزه‌ها

اولویت بندی f براساس (۱۱)	اولویت بندی F براساس (۱۰)	اولویت بندی زیرحوزه دبی (۹)	f cms/km ² (۸)	F (%) (۷)	مقدار کاهش در دبی خروجی (cms) (۶)	دبی خروجی کل حوزه با حذف زیرحوزه (cms) (۵)	دبی زیرحوزه (cms) (۴)	نسبت بارش زیرحوزه به بارش کل حوزه (۳)	مساحت به کیلومتر مربع (۲)	زیرحوزه (۱)
۱۱	۱۱	۱۱	۰/۰۳	۰/۷۲	۱۱/۹	۱۶۲۸/۳	۲۳/۴	۰/۵۲	۳۸۳/۳	رابط قره بیل
۹	۵	۷	۰/۲۴	۷/۱۹	۱۱۸	۱۵۲۲/۲	۱۴۰/۹	۰/۹۳	۴۹۸/۹	تنگراه
۶	۳	۳	۰/۲۹	۸/۸۶	۱۴۵/۳	۱۴۹۴/۹	۱۷۳/۴	۰/۹	۵۰۹/۵	دشت دانیال
۲	۲	۵	۰/۴۴	۸/۹۴	۱۴۶/۷	۱۴۹۳/۵	۱۵۲	۱	۳۳۱/۹	نزدین
۳	۸	۹	۰/۳۶	۳/۱۴	۵۱/۴	۱۵۸۸/۸	۵۲/۹	۱/۰۲	۱۴۱/۲	یکه قوز
۱۰	۷	۴	۰/۱۵	۵/۵۷	۹۱/۴	۱۵۴۸/۸	۱۵۹/۸	۰/۹۱	۵۹۵/۲	یل چشمه
۷	۴	۲	۰/۲۸	۸/۴۱	۱۳۸	۱۵۰۲/۲	۱۹۷/۵	۰/۹	۴۹۵/۵	قرناوه
۵	۱۰	۱۰	۰/۳۰	۲/۰۳	۳۳/۳	۱۶۰۶/۹	۴۸/۲	۰/۹۶	۱۰۹/۵	شوردره
۴	۹	۸	۰/۳۳	۲/۴۰	۳۹/۳	۱۶۰۰/۹	۵۵/۹	۱	۱۱۹/۹	حاجی بیک
۸	۶	۶	۰/۲۶	۶/۶۸	۱۰۹/۵	۱۵۳۰/۷	۱۵۱	۰/۹۹	۴۰۹/۱	یارم تپه
۱	۱	۱	۰/۶۳	۱۴/۳۹	۲۲۶	۱۴۰۴/۲	۳۰۸/۸	۱/۳۳	۳۷۲/۵	گالیکش
---	---	---	---	---	---	---	۱۶۴۰/۲	۱	۴۸۰۲/۷	کل حوزه



شکل (۴) - ارتباط بین پارامترهای فیزیکی و اقلیمی زیرحوضه‌ها با ضریب سیل خیزی (f)



شکل (۵) - نقشه اولویت‌بندی سیل خیزی زیرحوضه‌های اصلی سد گلستان (شماره‌ها اولویت سیل خیزی را نشان می‌دهند)

مراجع

- 4-Ewen, J. and Parkin, G. 1996. Validation of Catchment Models for Prediction Land Use and Climate Change Impacts: 1. Method, *Journal of Hydrology*, 175: 583-564.
- 5-Saghafian, B. and Khosroshahi, M. 2005. Unit Response Approach for Priority Determination of Flood Source Areas, *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, 10(4): 270- 277
- 6-USACE, 2000. *HEC-HMS Technical Manual*, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA, 187p.
- 7-Wanielista, M.P. 1990. *Hydrology and Water Quantity Control*, John Wiley & Sons , Inc, 565p.
- ۱- مدیریت آبخیزداری استان گلستان. ۱۳۸۰. گزارش طرح پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز سد وشمگیر، ۸۵ صفحه.
- ۲- نجفی‌نژاد، ع. ۱۳۷۶. مطالعات و برنامه‌ریزی حوزه‌های آبخیز، انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۶۰ صفحه.
- 3-Djordjevic, B. and S. Bruck. 1998 System Approach to the Selection of Priority Areas of Erosion Control With Implications of the Water Resources Subsystem, Proc. 4th Int. Sym. River Sedimentation Beijing, China , 1547-1554.