

## ارزیابی تأثیر عملیات مکانیکی بر پهنه‌بندی خصوصیات هیدرودینامیکی سیل

حمید نوری<sup>۱</sup>، علی‌رضا ایلدرومی<sup>۲</sup>، مهدی سپهری<sup>۳\*</sup>، نبی‌الله سپهری<sup>۴</sup>، محمدمهدی آرتیمانی<sup>۵</sup>

۱. استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشگاه ملایر، ایران

۲. دانشیار، گروه منابع طبیعی، دانشگاه ملایر، ایران

۳. مربی، گروه منابع طبیعی، دانشگاه ملایر، ایران

۴. مربی، گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه بوعلی سینا، ایران

۵. مربی، گروه منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۲۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۰۷/۲۰)

### چکیده

سیل یکی از بلاای طبیعی است که به خودی خود به وجود نمی‌آید، بلکه اغلب، چگونگی تغییر کاربری اراضی موجب بروز آن می‌شود و هر ساله خسارت‌های جانی و مالی فراوانی ایجاد می‌کند. در این مطالعه در حوضه گنبدچای برای بررسی تأثیر عملیات مکانیکی آبخیزداری بر پهنه‌بندی سیل، ابتدا با استفاده از روش فازی‌سازی و AHP و ترکیب چهار نقشه شیب، ارتفاع، کاربری اراضی و نفوذپذیری نقشه پایه تهیه شد و در قدم بعدی با تعیین جانمایی عملیات مکانیکی و تفکیک‌بندی این عملیات بر اساس ارتفاع سدها و تعیین دامنه تأثیر هر یک از این عملیات مکانیکی با استفاده از خطوط تراز ارتفاعی، نقشه مربوط به دامنه تأثیر عملیات آبخیزداری تهیه شد. در نهایت با تلفیق نقشه مربوط به دامنه تأثیر عملیات آبخیزداری با نقشه پایه به بررسی پهنه‌بندی سیل در منطقه مطالعه‌شده پرداخته شد. نتایج گرچه تأثیر مثبت حدود ۹ درصدی عملیات آبخیزداری را بر کاهش خطرات ناشی از سیل نشان می‌دهد، این نتایج در صورت پراکنده بودن مناسب این عملیات و تعداد کافی می‌توانست تأثیر بیشتری از خود نشان دهد.

**کلیدواژگان:** پهنه‌بندی سیل، عملیات مکانیکی، فازی‌سازی، گنبد چای، AHP.

## مقدمه

سیل یکی از بلاهای طبیعی است که به خودی خود به وجود نمی‌آید، بلکه عمدتاً چگونگی تغییر کاربری اراضی موجب بروز آن می‌شود که هر ساله خسارت‌های جانی و مالی فراوانی ایجاد می‌کند. به‌طور کلی، تعاریف بیان‌شده از سیل، مختلف است. بعضی از پژوهشگران سیل را از نظر خصوصیات هیدروستاتیکی و بعضی دیگر آن را از نظر خصوصیات هیدرودینامیکی بررسی می‌کنند. هر یک از این خصوصیات بسته به منطقه مطالعه‌شده اهمیت خاصی دارد، به‌طور مثال در حوضه‌های شهری بیشتر به پهنه‌بندی سیل از نظر خصوصیات هیدروستاتیکی سیل پرداخته می‌شود و در حوضه‌های طبیعی به خصوصیات هیدرودینامیکی سیل که در این مقاله به آن پرداخته شده است، می‌پردازند. پهنه‌بندی سیل به عنوان یکی از موارد راهکارهای بررسی و کنترل سیل در صورتی ثمربخش خواهد بود که همراه با اقدامات کاهش خطرهای ناشی از سیل مانند اقدامات سازه‌ای همراه باشد و در مرحله بعد با ارزیابی این اقدامات به بررسی کارا بودن این عملیات پرداخت. اقدامات مهار سیلاب در آبخیزداری از طریق احداث سازه‌های کوچک و اجرای روش‌های بیولوژیکی مهار سیلاب در دوردست‌ترین نقاط حوضه آبخیز اجرا می‌شود که آگاهی از میزان تأثیرگذاری این اقدامات تنها با بهره‌گیری از مدل‌های توزیعی و منطقه‌ای مناسب، ممکن است. پلات<sup>۱</sup> [۹]، در پژوهش‌های خود با نام «خطر سیل و مدیریت آن»، پهنه‌بندی خطر را به عنوان شیوه کاملاً مشخصی برای سامان‌دهی و مدیریت خطرهای ناشی از عوامل طبیعی، زیست‌محیطی یا انسانی که از بین آن‌ها سیل نیز بسیار بارزتر است، تعریف کرد. ثروتی [۲]، در پژوهشی با عنوان «پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه آبخیز سراب دره شهر» برای پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی با استفاده از داده‌های مدل SCS که بیشتر در حوضه‌های فاقد داده‌های هیدرومتری کاربرد دارد، استفاده کرده است. با توجه به نتایج، پهنه‌های پتانسیل سیل خیزی، حوضه آبخیز دره شهر به ۴ طبقه با پتانسیل سیل خیزی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شده است که بیشتر مساحت حوضه در طبقه با پتانسیل سیل خیزی متوسط

قرار دارد که ۳۵/۵ درصد از کل حوضه را دربرمی‌گیرد. سلطانی [۴]، به ارزیابی تأثیر سدهای اصلاحی اجراشده بر سیل‌خیزی و سیل‌گیری در حوضه آبخیز منشاد پرداخت، که بدین‌منظور از مدل HEC-HMS برای مقایسه تغییرات دبی و رفتار داغ آب قبل و بعد از اقدامات استفاده کرد. هیدروگراف سیل با دوره بازگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ ساله در وضعیت قبل و بعد از احداث عملیات شبیه‌سازی شد. براساس نتایج شبیه‌سازی، تأثیر سازه‌ها بر دبی اوج به‌طور متوسط ۹/۸۲ و بر حجم سیل ۷/۷۵ درصد بوده است. از طرفی با افزایش دوره بازگشت سیلاب، تأثیر سازه‌ها بر کاهش دبی اوج و حجم سیلاب کاهش یافته است. روغنی [۳]، در حوضه آبخیز حیدری واقع در استان چهارمحال، در پی ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری بر تغییر رفتار حوضه روی میزان ذخیره رواناب، کاهش سیلاب و ثبات سیل‌خیزی پرداخت. بررسی‌های صحرائی و ثبت مشخصات مکانی و فیزیکی سازه‌های احداث‌شده و تحلیل داده‌ها را انجام داد. در مرحله بعد با استفاده از مدل SCS و شبیه‌سازی سیلاب حوضه، اقدام به بررسی تأثیر سازه‌ها کرد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که سازه‌های احداث‌شده، ضمن ذخیره رواناب و تأثیر بر نفوذ عمقی جریان رواناب، قادر به کنترل سیلابی با دوره بازگشت حدوداً ۵۰ ساله است. در ضمن مدلی برای برآورد نسبی تعداد سازه‌های مورد نیاز متناسب با اهداف طرح پیشنهاد شد. با توجه به حجم بسیار قابل توجه فعالیت‌های آبخیزداری انجام‌شده در حوضه‌های آبخیز کشور و اهمیت بررسی اثربخشی این فعالیت‌ها که توأم با هزینه و صرف زمان زیادی بوده است، ضرورت بررسی نتایج عملیات آبخیزداری بر رفتار حوضه‌ها در ابعاد مختلف امری اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین، در این پژوهش سعی شد ضمن ارزیابی تأثیر عملیات یادشده با استفاده از مقادیر کمی و کیفی حاصل از بررسی‌های صحرائی، نتایج روشنی از میزان تغییرات ایجادشده در پهنه‌بندی سیل در اختیار مدیران اجرایی قرار گیرد تا نقش مهمی در بهبود کیفیت اجرا و ارائه برنامه‌های منسجم و منطبق بر اهداف بخش آبخیزداری ایفا کند.

## مواد و روش‌ها

## منطقه مطالعه شده

حوضه مطالعه شده، از زیرحوضه‌های حوضه آبخیز وسیع قره‌چای با مساحتی بالغ بر ۳۰ کیلومترمربع از روستاهای دهستان جیهون‌دشت، بخش شِراء واقع در مرکز استان همدان با مختصات جغرافیایی  $48^{\circ} 46' 8''$  تا  $48^{\circ} 56' 19''$  طول شرقی و  $34^{\circ} 49' 11''$  تا  $34^{\circ} 56' 42''$  عرض شمالی است. رودخانه اصلی حوضه از بلندترین ارتفاعات واقع در غرب و جنوب منطقه سرچشمه می‌گیرد و پس از پیوستن به سایر آبراهه‌های دیگر واحدها از نقطه خروجی خارج می‌شود. با توجه به دوره آماری ۲۵ ساله اداره کل هواشناسی استان همدان، آب و هوای گنبد چای متفاوت و اوضاع اقلیمی آن از نظر حداقل و حداکثر برودت و باران در فصول سال متغیر است و آب‌وهوای سرد کوهستانی دارد. حد متوسط برف سالانه بین ۱۵۵ تا ۲۴۵ میلی‌متر است و سرما تا  $30^{\circ}$  درجه زیر صفر می‌رسد. میانگین دمای سالانه گنبد چای  $11/3^{\circ}$  ثبت شده است. همچنین گرم‌ترین دمای این حوضه  $40^{\circ}+$  و سردترین دمای آن  $32/8^{\circ}-$  ثبت شده است. میانگین بارش سالانه گنبد چای نیز  $317/7$  میلی‌متر اندازه‌گیری شده است.

## روش پژوهش

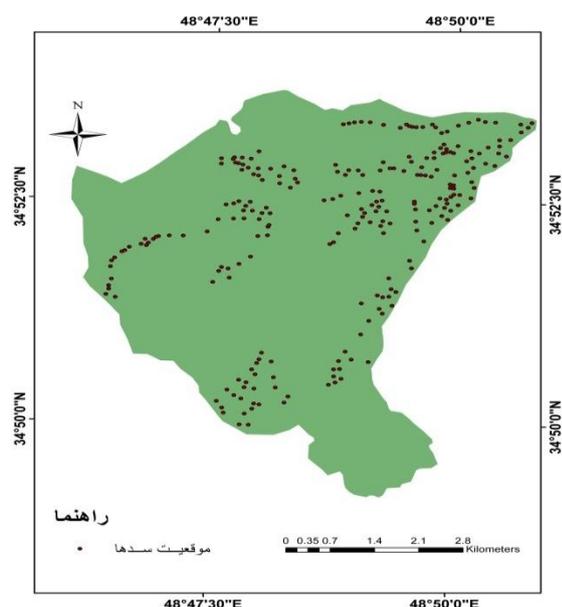
## نقشه پایه

شناخت استعداد نواحی از نظر سیل‌خیزی با تلفیق و ترکیب داده‌های هیدرولوژیکی، داده‌های هواشناسی، داده‌های سنجش از دور و با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی رهیافت نوینی است که امروزه محققان و دانش پژوهان برای پهنه‌بندی اراضی سیل‌خیز از آن استفاده می‌کنند [۶]. برای شناخت نواحی سیل‌خیزی بسته به نوع منطقه مطالعه شده از خصوصیات هیدروستاتیکی و هیدرودینامیکی سیل استفاده می‌شود که برای مناطق غیرشهری بیشتر از خصوصیات هیدرودینامیکی سیل استفاده می‌کنند. به همین دلیل در این مطالعه برای تهیه نقشه پایه از خصوصیات هیدرودینامیکی سیل استفاده شده است.

## دامنه تأثیر عملیات مکانیکی آبخیزداری

یکی از اقداماتی که در حوضه‌های آبخیز سبب افزایش زمان تمرکز یا کاهش سرعت آب‌های سطحی می‌شود مربوط به تأثیرات عملیات آبخیزداری مانند سدهای

اصلاحی است. سدهای اصلاحی با توجه به میزان حجم مخزنی که دارند، دارای اهمیت مربوط به دامنه تأثیر خود هستند. در این پژوهش پس از عملیات صحرائی و جانمایی سدها (شکل ۱)، با استفاده از خطوط تراز ارتفاعی و استفاده از روش تعمیم نقطه به سطح دامنه آثار هر سد مشخص شد. در منطقه مطالعه شده چون از حجم سدها داده‌ای وجود نداشت، بنابراین با توجه به اینکه ارتفاع سدها رابطه نزدیکی با حجم مخازن دارند، نوع سدها به چهار قسم بدون سد، سدهای کوتاه ( $1/5$  متر)، متوسط ( $2$  متر) و بلند ( $3$  متر) تفکیک و در قدم بعدی با توجه به نوع ارتفاع سد، از روش AHP<sup>۱</sup> به دادن امتیاز به هر نوع سد اقدام شد. در اینجا بیشترین امتیاز به سدی داده خواهد شد که کمترین تأثیر را در پهنه‌بندی خصوصیات هیدرودینامیکی سیل داشته باشد که در این خصوص مربوط به نوع بدون سد است. پس از امتیازدهی با AHP به فازی‌سازی با استفاده از تابع ز شکل اقدام شد.



شکل ۱. جانمایی عملیات مکانیکی آبخیزداری در منطقه مطالعه شده

## پهنه‌بندی سیل

پهنه‌بندی سیل درواقع ابزاری اساسی برای مدیریت کاهش خطرات سیل است و همچنین وسیله‌ای برای افزایش آگاهی مسئولان برای کنترل و مدیریت کاربری اراضی و برنامه‌های توسعه هم‌زمان با کاهش خطرهای سیل و حفاظت محیط

مربوط است. این پارامتر که تابعی از خصوصیات مربوط به خاک است با تأثیر معکوس بر عمق آب و با در نظر گرفتن رابطه و نتورث، می‌توان تابع ز شکل درباره این پارامتر را کاهشی در نظر گرفت (شکل ۲ الف).

### کاربری اراضی

یکی دیگر از مواردی که می‌تواند بر سرعت و عمق آب تأثیرگذار باشد، نوع کاربری اراضی است (شکل ۲ د). در خصوص کمی کردن امتیاز کاربری اراضی که می‌تواند از نظر تراکم پوشش و نوع پوشش باشد، در این بررسی از روش AHP استفاده شد. پس از امتیازدهی نوع کاربری اراضی براساس نوع تأثیرگذاری بر سرعت آب، در نهایت از تابع ز شکل افزایشی برای امتیاز نهایی این پارامتر استفاده شد (شکل ۲ د).

جدول ۱. مقادیر وزن و رتبه تعیین شده برای معیار / زیرمعیارهای کاربری اراضی در منطقه مطالعه شده

معیار	رده
اراضی دیم	۰/۶۹
مرتع تراکم کم	۰/۲۵
مرتع تراکم متوسط	۰/۰۱
مرتع تراکم زیاد	۰/۰۴۴
ضریب سازگاری	۰/۰۲۳

در نهایت پس از امتیازدهی به تمامی پارامترهای یادشده، از روش میان‌گیری حسابی به تهیه نقشه پایه برای منطقه مطالعه شده اقدام شد (شکل ۳).

### دامنه تأثیر عملیات آبخیزداری

برای بررسی تأثیر عملیات مکانیکی آبخیزداری بر پهنه‌بندی سیل، به اضافه کردن دامنه تأثیر این عملیات مکانیکی با نقشه مربوط به خصوصیات هیدرودینامیکی سیل یا نقشه پایه نیاز است. شایان ذکر است که این امر به زمان بعد از انجام عملیات آبخیزداری مربوط است. در واقع برای پهنه‌بندی سیل در زمان قبل از اجرای این عملیات نیاز به اضافه کردن نقشه‌ای است که در آن نقشه هیچ‌گونه عملیات آبخیزداری صورت نگرفته باشد. در خصوص امتیازدهی به این نقشه از امتیاز مربوط به معیار بدون سد برای کل منطقه استفاده شده است (جدول ۳).

زیست است. پهنه‌بندی سیل در واقع می‌تواند بیانگر میزان خسارت‌های به‌وجود آمده از سیل باشد. برای بررسی تأثیر عملیات مکانیکی آبخیزداری بر پهنه‌بندی سیل در منطقه مطالعه شده از فرمول ۱ استفاده شد.

(۱)

نقشه پایه \* دامنه تأثیرات عملیات مکانیکی آبخیزداری = پهنه‌بندی سیل

### نتایج

#### نقشه پایه

برای بررسی تأثیر سازه‌های اصلاحی، ابتدا به یک نقشه پایه با مقیاس مناسب برای شناخت نواحی سیل‌خیزی نیاز است تا در مرحله بعد با تلفیق نقشه لایه‌های حضور داشتن و نداشتن عملیات مکانیکی آبخیزداری منطقه مطالعه شده را از نظر تأثیر این عملیات بررسی کرد. برای تهیه نقشه پایه در حوضه مطالعه شده با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از معیارهای زیر استفاده شد:

#### نقشه شیب

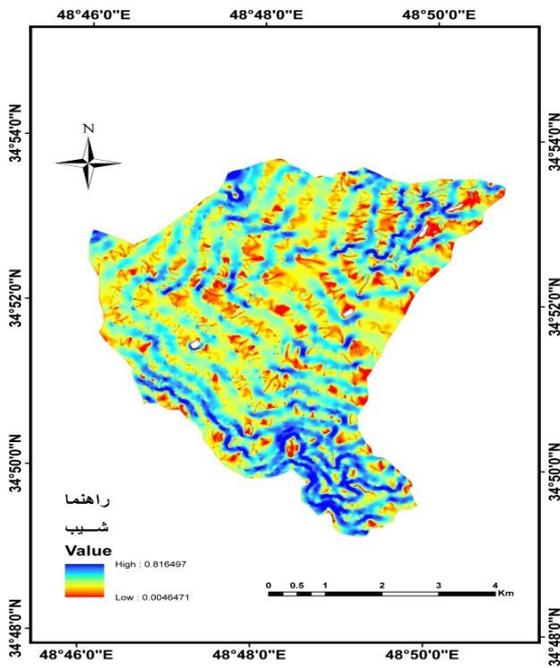
شیب به‌منزله یکی از پارامترهای اساسی در مبحث هیدرولوژی آب‌های سطحی است به‌طوری‌که این پارامتر نقش اساسی در پاسخ هیدرولوژیک حوضه‌های آبخیز دارد. بنابراین، مناطقی که شیب کمی دارند در واقع به‌منزله یک منبع ذخیره عمل می‌کنند و در نتیجه مقدار قابل توجهی از آب‌های سطحی ممکن است به‌طور موقت در آن ذخیره شود [۱۰] USDA. تابع استفاده شده برای این پارامتر از نوع تابع فازی ز شکل به صورت افزایشی است. (شکل ۲ ب).

#### نقشه جریان تجمعی

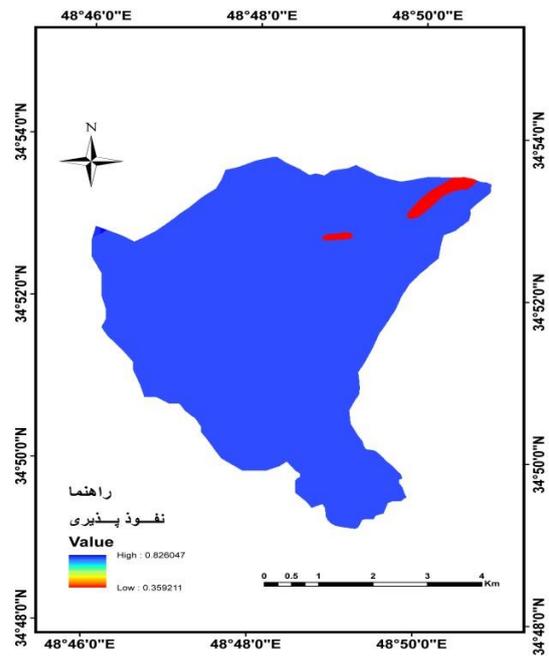
یکی از مواردی که می‌تواند در خصوص مطالعات سیل‌خیزی نقش داشته باشد، مربوط به نقشه تجمعی جریان است. جهت جریان تجمعی سلول‌ها بر اساس وزن سلول‌ها در لایه جهت جریان (تعداد سلول‌هایی که جهت آن‌ها به سمت سلول مقصد است) تعیین می‌شود، (شکل ۲ ج). بر اساس قانون ونتورث در خصوص رابطه مستقیم سرعت آب با عمق آب، تابع استفاده شده برای این پارامتر مانند شیب تابع فازی به صورت افزایشی و از نوع ز است.

#### نقشه سرعت نفوذ

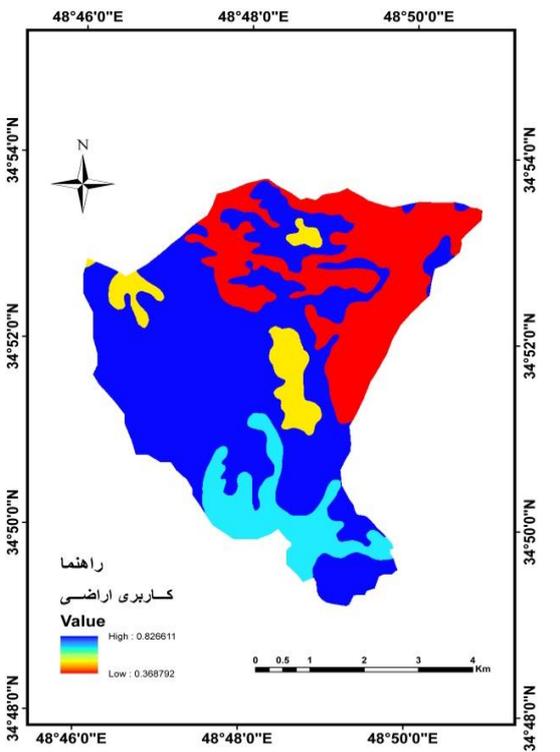
یکی از مواردی که در پاسخ‌گویی هیدرولوژیکی حوضه‌های آبخیز مؤثر است به نرخ سرعت نفوذ در سطح حوضه



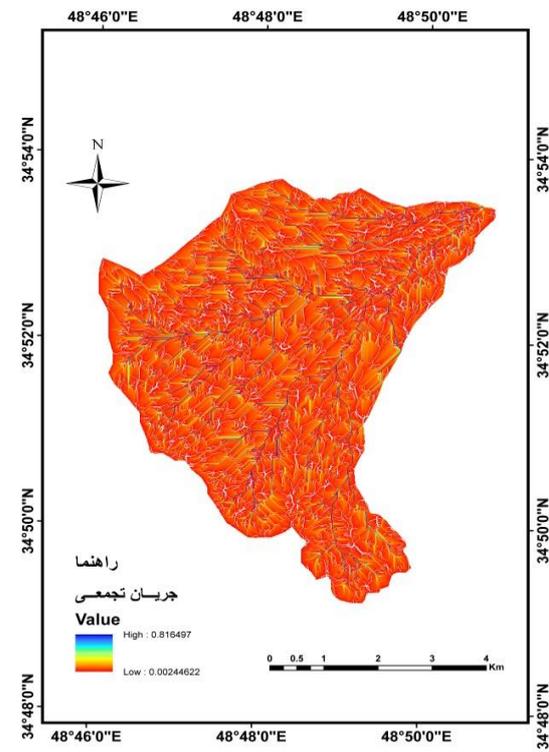
شکل ۲ ب. نقشه فازی شیب



شکل ۲ الف. نقشه فازی نفوذپذیری



شکل ۲ د. نقشه فازی کاربری اراضی



شکل ۲ ج. نقشه فازی جریان تجمعی

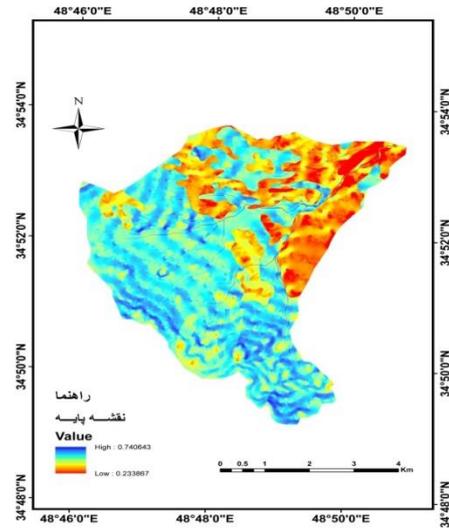
شکل ۲. پارامترهای محاسبه شده برای تهیه نقشه پایه

جدول ۲. مقادیر وزن و رتبه تعیین شده برای معیار / زیرمعیارها  
تأثیر سازه‌ها در منطقه مطالعه شده

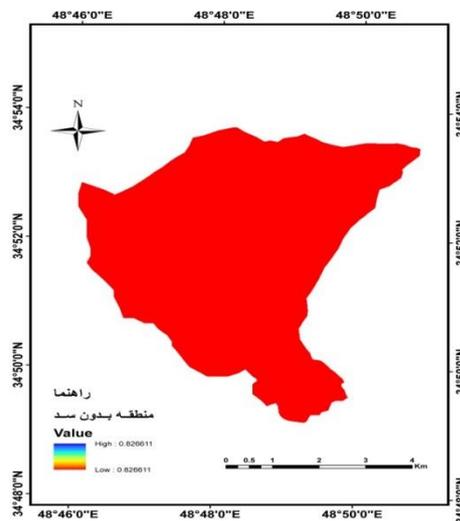
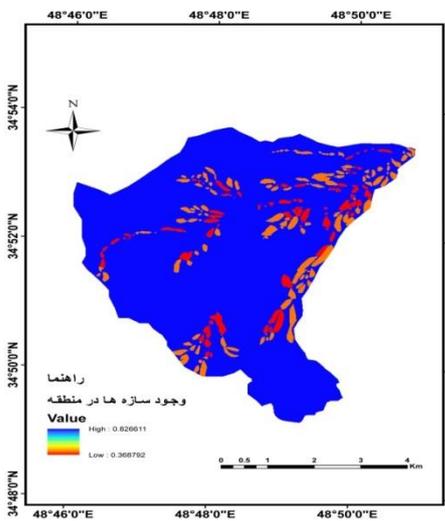
معیار	رده
بدون سد	۰/۶۹
سد کم ارتفاع	۰/۲۵
سد ارتفاع متوسط	۰/۰۱
سد ارتفاع زیاد	۰/۰۴۴
ضریب سازگاری	۰/۰۲۳

پهنه‌بندی سیل

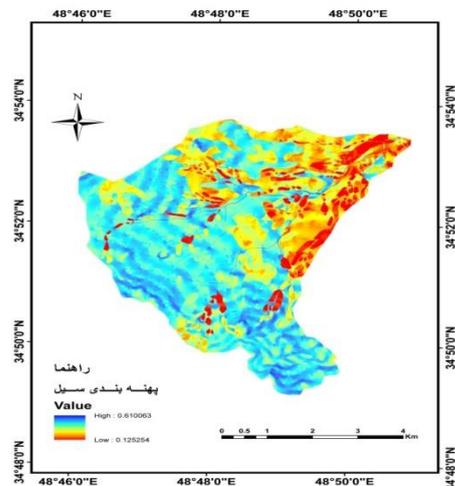
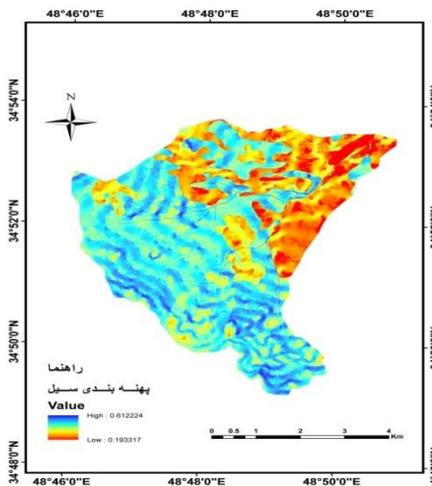
در نهایت پس از تهیه نقشه مربوط به نقشه پایه و نقشه مربوط به دامنه تأثیر عملیات مکانیکی آبخیزداری، با استفاده از فرمول ۱، نقشه مربوط به پهنه‌بندی سیل تهیه شد.



شکل ۳. نقشه پایه منطقه مطالعه شده



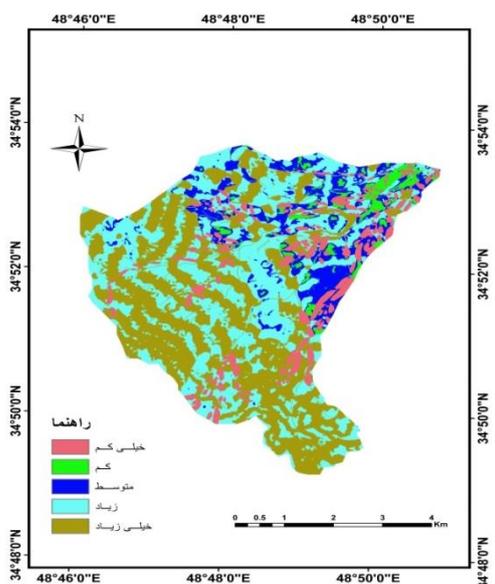
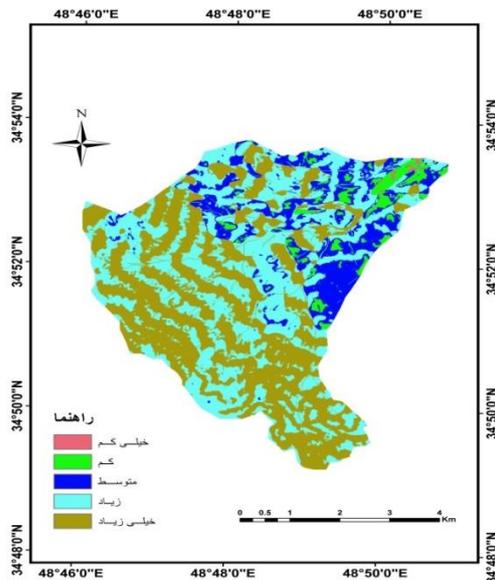
شکل ۴. نقشه مربوط به دامنه تأثیر عملیات مکانیکی آبخیزداری



شکل ۵ ب. وجود نداشتن عملیات مکانیکی آبخیزداری

شکل ۵ الف. وجود عملیات مکانیکی آبخیزداری

شکل ۵. پهنه‌بندی سیل در صورت وجود (شکل ۵ الف) و وجود نداشتن عملیات مکانیکی آبخیزداری (شکل ۵ ب)



شکل ۶ ب. وجودناشتن عملیات مکانیکی آبخیزداری

شکل ۶ الف. وجود عملیات مکانیکی آبخیزداری

شکل ۶. طبقه‌بندی پهنه‌بندی سیل در صورت وجود (شکل ۶ الف) و وجودناشتن (شکل ۶ ب) عملیات مکانیکی آبخیزداری



شکل ۷. درصد مناطق تحت تأثیر پهنه‌بندی سیل در صورت حضور داشتن و نداشتن سازه‌های اصلاحی

یک خوشه قرار می‌گیرند، به ۵ کلاس خوشه‌بندی شده‌اند (شکل ۶).

### بحث و نتیجه‌گیری

انجام اقدامات آبخیزداری با تأثیرگذاری بر اجزای حوضه آبخیز با تغییر در رفتار هیدرولوژیکی آن سعی در آرام کردن پاسخ حوضه آبخیز در قبال بارش ورودی دارد و در پایین دست با مدیریت وضعیت هیدرولوژیکی رودخانه و سیلاب دشت برای

درباره شکل‌های بالا قابل ذکر است که شکل ۶ یک نقشه اولیه از تأثیر عملیات مکانیکی آبخیزداری را در منطقه مطالعه شده نشان می‌دهد که در واقع تأثیر این عملیات را بر هر جزء نقشه با عنوان Pixel نشان می‌دهد. از این رو برای یک مدیریت نیاز به طبقه‌بندی نقشه اولیه است تا دید اولیه و مناسبی برای مدیریت بهتر در اختیار مدیران قرار دهد. از این رو شکل در ۶ با استفاده از خوشه‌بندی هندسی که در این روش پیکسل‌های مشابه در

[۲]. ثروتی، محمدرضا؛ احمدی، محمود؛ نصرتی، کاظم؛ مزابنی، مهدی، ۱۳۹۲، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز سرآب دره شهر. *جغرافیا (فصلنامه علمی- پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)*، دوره جدید، سال یازدهم، شماره ۳۶، صص ۵۵-۷۷.

[۳]. روغنی، محمد؛ ۱۳۹۱، «بررسی نقش عملیات مکانیکی آبخیزداری در کنترل رواناب حوضه آبخیز زاینده‌رود: مطالعه موردی در حوضه آبخیز حیدری»، مهندسی آبیاری و آب، شماره ۷: ۲۳-۱۱.

[۴]. سلطانی، محبوبه؛ ۱۳۸۹، «ارزیابی اقدامات آبخیزداری بر سیل‌خیزی با استفاده از مدل HECHMS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز منشاد)»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد.

[۵]. کرم، امیر؛ درخشان، فرزانه، ۱۳۹۱، «پهنه‌بندی سیل‌خیزی، برآورد سیلاب و ارزیابی کارایی کانال‌های دفع آب‌های سطحی در حوضه‌های شهری (مطالعه موردی: حوضه آبشوران در کرمانشاه)»، شماره ۱۶: ۳۷-۵۴.

[۶]. مظفری، غلامعلی؛ ۱۳۸۹. *هیدرولوژی شهری*، انتشارات دانشگاه یزد، ۲۱۴ صفحه.

[7]. Saaty. Thomas, 1980, *The Analytic Hierarchy Process*. Mc Graw-Hill International. New York, NY, U.S.A.

[8]. Sadeghi. Hamid.Reza. Sharifi, Faranak. 2006, *Performance Evaluation of Watershed Management Measures using Qualitative Method (Case Study: Part of Kan Watershed, Iran)*, *Geographical Research*. 79(4):37-47.

[9]. Plate. Erich, 2002, *Flood Risk and Flood Management*, *Journal of Hydrology* 267,P.P.2-11.

[10]. USDA. 1986. *Urban hydrology for small watersheds*. Technical Release 210-VI-TR-55. 160 pp.

تسهیل عبور سیلاب تلاش می‌کند. از طرفی آگاهی از میزان تأثیر و ارزیابی عملکرد اجرای عملیات آبخیزداری در نواحی آسیب‌پذیر واقع در پایین‌دست و دشت‌های سیلابی می‌تواند کمک شایانی در به‌کارگیری تدابیر و تصمیم‌گیری صحیح به مدیران ارائه کند [۸]. در این تحقیق سعی شده است با استفاده از روش AHP و فازی‌سازی داده‌ها، تأثیر عملیات مکانیکی آبخیزداری در منطقه مطالعه‌شده را بررسی کرد. به همین منظور ابتدا با استفاده از ۴ پارامتر شیب، کاربری اراضی، نفوذپذیری و جریان تجمعی، به تهیه نقشه پایه که معرف خصوصیات هیدرودینامیکی سیل است، اقدام شد. در قدم بعدی نوبت به تهیه نقشه دامنه تأثیرات عملیات مکانیکی است تا با تلفیق آن با نقشه پایه، نقشه نهایی که مربوط به نقشه پهنه‌بندی سیل در صورت حضور داشتن و نداشتن عملیات مکانیکی است، تهیه شود. با توجه به شکل ۷ می‌توان گفت که بیشترین تأثیر مثبت عملیات مکانیکی آبخیزداری در مناطق خیلی کم و تا حدودی مناطق با عنوان خطر خیلی زیاد یا زیاد است. البته شایان ذکر است که تأثیر کم این عملیات را می‌توان در چگونگی پراکنش و کم‌بودن این سازه‌ها در منطقه مطالعه‌شده جست‌وجو کرد. در نهایت شایان ذکر است که در این مطالعه به دلیل بررسی نکردن سایر عملیات اصلاحی، نمی‌توان به برتری اقدامات سازه‌ای پافشاری کرد. در مجموع تلفیق آبخیزداری و ترکیبی از عملیات کاهش سیل و رسوب به همراه عملیات ذخیره‌سازی رواناب‌ها در چهارچوب اصول مدیریت یکپارچه حوضه‌های آبخیز می‌تواند مسیر روشنی را در نیل به اهداف حفاظت از حوضه، پیش روی مدیران و تصمیم‌گیران قرار دهد [۱].

## منابع

[۱]. امینی، عطا؛ روغنی، محمد، ۱۳۹۲، «اثرات سازه‌های مکانیکی بر ذخیره رواناب‌ها در حوضه گاودره استان کردستان». *فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی*. سال چهاردهم. شماره ۴۷: ۱۴۵-۱۶۲.