

صص ۱۱۵-۱۲۸

توان سنجی و شناسایی مناطق مستعد سیل خیزی با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (مورد مطالعه: شهرستان اردبیل)

یوسف درویشی*

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، ابران

علی اسعدی

کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه هنر، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۷

چکیده

سیلاب یکی از مهم‌ترین و پرحادثه‌ترین مخاطرات طبیعی ایران می‌باشد. شناسایی مناطق سیل‌خیز و پخش سیلاب یک گام اساسی برای مدیریت ریسک سیل است و منطقه بندی خطر سیلاب اندازه‌گیری کمی از خطر سیل را فراهم می‌کند، در نتیجه امکان ارسال هشدارهای مناسب در مواقع خطر سیل و تسهیل عملیات امداد و نجات فراهم می‌شود همچنین پخش سیلاب در اراضی مستعد پایین‌دست حوضه شهرستان اردبیل باعث کمک به تغذیه محیط مصنوعی حوضه می‌شود و افزایش کیفیت اراضی محیط را هم در بردارد. هدف این پژوهش شناسایی مناطق مستعد سیل‌خیزی و پخش سیلاب در صورت بروز بحران سیل می‌باشد. تمامی فرایندها و تجزیه تحلیل داده‌ها در محیط GIS ARC به کمک روش الکترونیکی و منطق بولین برای وزن‌دار کردن و تلفیق لایه‌هایی همچون (شیب، فرسایش، کاربری اراضی، شبکه آبراهه، خاک، زمین‌شناسی، انحنای زمین، واحد کوارترنری، سطح آب‌های زیرزمینی، تراکم پوشش گیاهی، رواناب و رطوبت خاک) استفاده شد و مناطق مستعد هنگام مواجهه با خطر در آن مشخص گردید نتایج پژوهش نشان داد مناطقی با شدت سیلاب بالا دارای ویژگی‌هایی مانند (وجود رسوب‌های آبرفتی و کوهرفتی در پای دامنه‌های پرتیب و آبخیزهایی با رخنمون‌های سنگی زیاد، وجود آبرفت‌های بادبزی شکل و مخروط افکنه در دهانه خروجی مسیل‌ها و آبراهه‌های با آبخیزهایی کوهستانی و تپه‌ماهوری منتهی به دشت‌های کم شیب، وجود اراضی پست از نظر ارتفاعی نسبت به اراضی اطراف) است. نتیجه نهایی تحلیل هم در روش الکترونیکی و هم در همپوشانی این اطلاعات را می‌دهد که بخش مرکزی نسبت به بخش‌های شرقی و غربی در خطر سیل‌خیزی بیشتری قرار دارد.

واژگان کلیدی: سیل‌خیزی، توان‌سنجی، مدل الکترونیکی، شهرستان اردبیل.

مقدمه

سیل یکی از پدیده‌های طبیعی و از مخاطرات بسیار مهم و مخرب در سطح جهان محسوب می‌شود که همه ساله با

تلفات جانی و مالی در گوشه و کنار دنیا و ایران همراه است (عابدینی و همکاران، ۱۳۹۸). شهرهای واقع در حاشیه آبراهه‌ها در معرض سیلاب‌های درون شهری و برون‌شهری قرار دارند. سیلاب هر تابستان در مناطق مختلف شهر رخ می‌دهد. علاوه بر خسارات و ناراحتی ساکنان، سیل خساراتی ایجاد می‌کند که از مرزهای شهر عبور می‌کند و بر درآمد و تولید در کلان‌شهرها و همچنین سایر مناطق ایالت و کشور تأثیر می‌گذارد (حداد، ۲۰۱۵). سیلاب درون شهری به‌عنوان تهدیدی برای مناطق توسعه یافته شهری به شمار می‌رود (کارآموز و همکاران، ۲۰۱۹) که موجب خسارت‌های ناشی از آب‌گرفتگی، اختلال در عبور و مرور و وقفه در فعالیت‌های اجتماعی می‌شوند، این در حالی است که خسارت ناشی از سیلاب‌های برون‌شهری غالباً سنگین بوده و اکثراً تلفات زیاد و فاجعه‌آمیزی به دنبال دارد. (طاهری و همکاران، ۱۳۷۵). از عوامل اصلی جاری شدن سیل در شهرها بارش نزولات جوی با شدت بالا و به‌صورت طولانی‌مدت است. که در صورتی که اقدامات جدی جهت هدایت و انتقال سیلاب پیش‌بینی نشده باشد می‌تواند موجب آب‌گرفتگی و بروز صدمات جدی به تأسیسات شهری شود (بومری و همکاران ۱۳۹۰). در منطقه مورد مطالعه بیش از ۴۰ درصد حوضه رودخانه در ارتفاعات سیلان قرار گرفته است که بارش‌هایی تا ۶۰۰ میلی‌متر را دریافت می‌کند. وجود همین امر در محدوده و نیز با توجه به وسعت و توپوگرافی حوضه رودخانه بالیقلو چای که توان تولید بالایی را در تولید رواناب دارد و همچنین تبدیل کاربری‌های زمین از مرتع به کشاورزی و از بین رفتن پوشش گیاهی، زمینه مناسبی را برای تشدید سیلاب‌ها فراهم کرده است (بهشتی جاوید، ۱۳۹۰). قرارگیری روستاها و همچنین زمین‌های کشاورزی در حریم رودخانه‌ها و از همه مهم‌تر عبور آن از شهر اردبیل در انتهای حوضه لزوم بررسی در رابطه با تولید رواناب و سیلاب شهری را توجیه می‌کند (نگهبان، ۱۳۹۷). از بین رفتن پوشش گیاهی در اثر عدم درک صحیح از مدیریت منابع موجود، نبود جایگاهی برای آن در سیاست‌گذاری‌های کلان و شرایط اقتصادی حاکم بر عرصه و بهره‌وری بیش از ظرفیت طبیعی منابع موجود شرایطی را فراهم نموده است که هر ساله شاهد بروز سیلاب و اثرات تخریبی آن و از دست رفتن میلیون‌ها تن خاک ارزشمند باشیم. بر همین اساس کاهش و مهار نسبی خطرات سیلاب یکی از چالش‌های عمده مدیریت کشور است. یکی از راهکارهای کاهش خسارت سیلاب، پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه‌های آبریز است (عسگری و همکاران، ۱۳۹۷).

پهنه‌بندی سیل، جهت مشخص کردن میزان خطرپذیری به سیلاب برای استفاده‌کنندگان متحمل سیل، شناسایی ناحیه‌ها برای بیمه سیل و ایجاد محدودیت‌های اجباری کاربری در مناطق خطرپذیر قابل استفاده هست. پهنه‌بندی معمولاً در نواحی مناطق توسعه‌یافته و بر طبق نقشه‌های خطرپذیری صورت می‌گیرد و بایستی قدرت لازم برای اعمال محدودیت‌های ناشی از آن وجود داشته باشد. به‌طور خلاصه تعیین پهنه‌های سیل گیر برای سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های معین را پهنه‌بندی سیل می‌گوییم (قاسمیان، ۱۳۹۸).

پتانسیل سیل خیزی عبارت از تعیین و توصیف مناطق دارای پتانسیل از نظر رواناب‌های سطحی است. این عمل بر اساس مشابهت ویژگی‌های هیدرولوژیکی و هیدرو ژئولوژیکی مناطق مورد بررسی صورت گرفته و از این طریق امکانات استفاده از پتانسیل هر زون مشخص و ارزیابی می‌شود. درواقع با تعیین محل‌های دارای پتانسیل بالا به‌نوعی می‌توان

یک ارزیابی کلی از وضعیت سیل خیزی منطقه نیز به دست آورد چراکه وجود پتانسیل بالای سیل خیزی در یک منطقه مقدمه‌ای برافزایش احتمال وقوع سیل در آن منطقه است (آقاعلیخانی، ۱۳۸۸: ۳۹).

استان اردبیل به‌ویژه شهر اردبیل در بالادست رودخانه بالخلوچای و سرشاخه‌های آن که از دامنه‌های سبلان سرچشمه می‌گیرند، به دلیل شیب زیاد حوضه، زمان تمرکز سیلاب به‌شدت کم است (درویشی، ۱۳۹۵: ۱۰) بر این اساس به‌یک‌باره دبی سیلاب با مقادیر بسیار بالا وارد مسیل‌ها شده و درنهایت موجب بالا آمدن سطح آب در مجرای انتقال و رودخانه‌ها و نهرها گردیده و باعث بروز خسارات جانی و مالی در شهر می‌شود. با توجه به رژیم بارشی کشور، بارش‌های رگباری و نیز ذوب برف‌های زمستانه پدیده سیل و پیامدهای ناگوار آن را در مقیاس‌های مختلف مشاهده می‌کنیم (علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۱). در منطقه مورد مطالعه بیش از ۳۲ درصد حوضه رودخانه در ارتفاعات سبلان قرار گرفته است که بارش‌هایی تا ۷۲۲ میلی‌متر را دریافت می‌کند که طی ۱۵ سال گذشته (۱۳۷۴ لغایت ۱۳۹۲) حدود ۱۴۰ سیل نظیر: الف؛ سیل موئیل در شهرستان مشکین شهر با ۳۳ کشته (۲۹/۴/۱۳۸۰) ب؛ سیل جنوب استان با دو کشته و تخریب ساختمان‌ها و مزارع (۲۷/۵/۱۳۸۷) در سطح استان اردبیل رخ داده است (همتی، ۱۳۹۰: ۳۳). روند افزایش سیلاب می‌تواند در اثر افزایش بارش و یا ناشی از تغییر کاربری اراضی و افزایش شدت بهره‌برداری از مراتع باشد (مصطفی‌زاده، ۱۳۹۸).

از جمله پژوهش‌های داخلی انجام شده در این زمینه می‌توان به پژوهش آقای عابدینی که در سال ۱۳۹۸ با عنوان، برآورد ارتفاع رواناب جهت تحلیل پتانسیل سیل خیزی با استفاده از روش شماره منحنی در حوضه آبریز شاهرود اردبیل اشاره کرد. بر اساس نتایج به دست آمده از مدل نواحی مرکزی، شمال غرب و جنوب و جنوب غرب حوضه در پهنه‌های با پتانسیل بسیار زیاد و زیاد قرار گرفته‌اند و ۵/۱۳ درصد از مساحت حوضه دارای پتانسیل سیل خیزی بسیار زیاد و ۱۴/۶۲ درصد مساحت حوضه نیز دارای پتانسیل زیاد به جهت سیل خیزی است. در این بین مناطق با پتانسیل متوسط سیل خیزی، بیشترین مساحت حوضه را شامل می‌شود که وسعتی معادل ۹۲/۸۹ کیلومتر مربع دارد. پهنه‌های با پتانسیل سیل خیزی کم و بسیار کم نیز به ترتیب ۲۸/۱۴ و ۱۱/۸۹ درصد مساحت حوضه را شامل می‌شوند. همچنین (اعظمی راد ۱۳۹۷)، پژوهشی با عنوان: بررسی پتانسیل سیل خیزی حوضه آبخیز کشف رود مشهد بر اساس روش SCS در محیط GIS انجام دادند. در این پژوهش، پس از محاسبه متوسط وزنی ارتفاع رواناب در هر زیر حوضه (۸۶ زیر حوضه)، به‌منظور تعیین پهنه‌های سیل خیز حوضه دبی حداکثر سیل ناشی از بارش مؤثر برآورد و نقشه پتانسیل سیل خیزی حوضه ترسیم گردید. از مجموع مساحت حوضه، ۶۸/۲۵ درصد آن دارای پتانسیل سیل خیزی نرمال، ۲۵/۵ درصد بحرانی، ۶/۲۵ درصد دارای پتانسیل سیل خیزی فوق بحرانی قرار گرفت. از مطالعات خارجی در این زمینه می‌توان به مطالعه کاستریدیس (۲۰۲۰)، با عنوان "یک رویکرد یکپارچه از تجزیه و تحلیل سیلاب در حوضه‌های آبریز مدیترانه با استفاده از نظرسنجی‌های پس از سیل و وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (پهپادها)" اشاره کرد. این مطالعه رویداد سیل ناگهانی دو جریان زودگذر غیرمنتظره را در منطقه المپیادا (یونان شمالی)، که در ۲۱ تا ۲۲ نوامبر ۲۰۱۹ رخ داده است، تجزیه و تحلیل می‌کند. نتایج حاصل از این رویکرد نشان داد مداخله انسان در جریان‌های اصلی، پراکندگی شهری، AMC

مرطوب و حمل و نقل رسوب از اصلی‌ترین عواملی است که در ایجاد سیلاب چشم‌انداز مؤثر بوده است. این رویکرد یکپارچه، ضرورت ارزیابی و اعتبارسنجی مداوم مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی را در حوضه‌های آبریز کوچک دریای مدیترانه و جریان‌های زودگذر آشکار کرد (قهرودی، ۱۳۸۸).

هدف این پژوهش توان سنجی و شناسایی مناطق مستعد سیل خیزی با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است، همچنین در این مقاله سعی بر آن است، که برای شناسایی عرصه‌های مستعد پخش سیلاب به منظور تغذیه سفره آب زیرزمینی از دیدگاه زمین‌شناسی با استفاده از نقطه نظرات کارشناسی و بهره‌گیری از امکانات و فناوری موجود سیستم اطلاعات جغرافیایی روش مناسب و پرکاربرد پیشنهاد گردد. از آنجایی که هر پژوهش و پژوهشی هدف یا اهدافی را دنبال می‌کند، پژوهش حاضر نیز از این قاعده جدا نیست. اهدافی که در این پژوهش مورد نظر قرار گرفته‌اند عبارت‌اند از: شناسایی و طبقه‌بندی اشکال ژئومورفیک منطقه و فرایندهای حاکم بر آن‌ها شناسایی اشکال و میزان بخش سیلاب و ارائه راه‌حل‌های مناسب جهت پیشگیری از وقوع خطر در این منطقه، چراکه با اندک بارندگی سیل ایجاد شده و باعث خارج شدن هزاران تن خاک از منطقه می‌گردد، و این امر خسارات جبران‌ناپذیری بر منابع طبیعی به وجود می‌آورد.

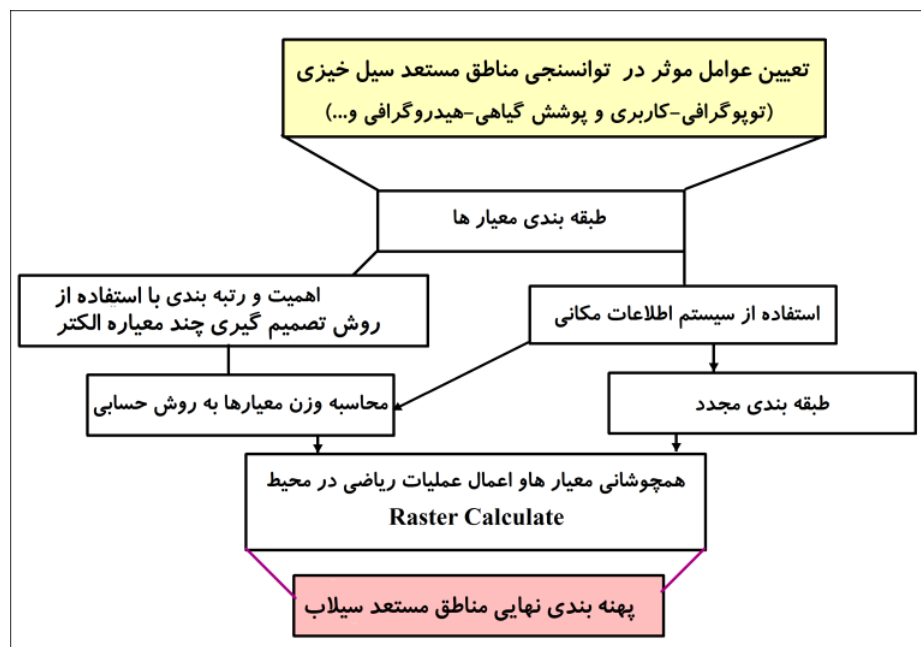
داده‌ها و روش‌ها

پژوهش حاضر، با توجه به ماهیت مسئله و موضوع مورد بررسی، از نوع توصیفی - تحلیلی است و از نوع مطالعات کاربردی با تأکید بر روش‌های کمی است هدف پژوهش بررسی عرصه‌های آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی با تأکید بر سیلاب است. جهت شناسایی مکان‌های دارای پتانسیل سیلاب بالا معیارهایی از قبیل: (شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، رواناب، انحنای زمین، بارش، ارتفاع، تراکم پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، خاک، تراکم آبراهه، رطوبت خاک مورد ملاحظه قرار گرفته‌اند. به منظور محاسبه تراکم و میزان سبزی پوشش گیاهی از باندهای مادون قرمز نزدیک و باند قرمز (۴-۵) ماهواره لندست ۸ استفاده گردید و خروجی نهایی با روش هم‌پوشانی حسابی در محیط GIS محاسبه شد تمامی فرایندها و تجزیه تحلیل داده‌ها در محیط GIS و روش تصمیم‌گیری چند معیاره الکترونیک استفاده گردید به نحوی که ابتدا وزن هر یک از زیر معیارهای معیار اصلی با روش الکترونیک تعیین گردید سپس با استفاده از روش‌های هم‌پوشانی وزنی و خطی هر یک از زیر معیارهای فرعی معیارهای اصلی در اوزان خود ضرب گردید و در نهایت پس از هم‌پوشانی هر یک از معیارها لایه هم‌پوشانی شده در وزن معیار اصلی ضرب و خروجی نهایی در قالب نقشه سیلاب تعیین گردید. (شکل ۱).

هم‌پوشانی به روش وزنی

- در بسیاری از تحلیل‌های تناسب و مکان‌یابی بعضی معیارها دارای توان و اهمیت بالاتری نسبت به دیگر معیارها هستند در این روش وزن عددی به هر لایه اختصاص داده می‌شود و معیارها بسته به وزنشان بر روی هم هم‌پوشانی داده می‌شوند و لایه خروجی متأثر از وزن لایه‌های ورودی است.

- وزن دهی به صورت مقایسه زوجی معیارها با استفاده از نظرات کارشناس متخصص در قالب پرسشنامه قابل انجام است.

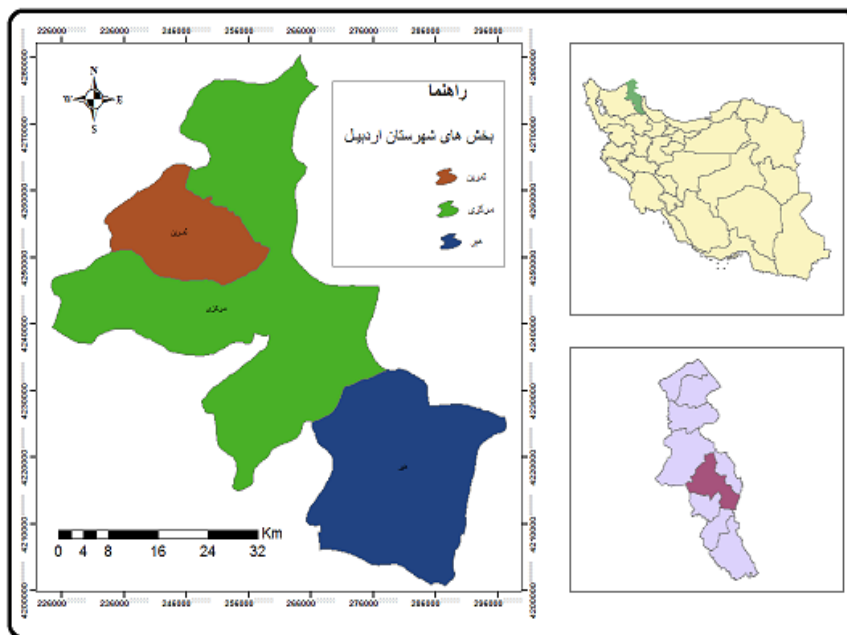


مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: دیاگرام عملیاتی پژوهش

ویژگی های منطقه مورد مطالعه

شهرستان اردبیل مرکز استان، در ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۱۳۱۱ متری از سطح دریا قرار گرفته است. وسعت این شهرستان ۳۸۱۰ کیلومترمربع است و چهره عمومی شهرستان اردبیل متأثر از ارتفاعات کوهستان های سبلان، طالش و بزغوش است که این عوامل طبیعی سبب محصور شدن آن شده است. این شهرستان به عنوان یکی از مناطق سردسیر ایران بین پنج تا هشت ماه از سال سرد است. اردبیل از شمال به شهرستان نمین از جنوب به گیوی از غرب به مشکین شهر و از شرق به استان گیلان محدود است (عالایی طالقانی، ۱۳۸۴). (شکل ۲)



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: نقشه موقعیت جغرافیایی شهرستان اردبیل

بحث و یافته‌ها

تجزیه و تحلیل با استفاده از روش الکترون با طی کردن مراحل مدل الکترون با استفاده از داده‌های مربوطه، ماتریس هم‌هنگ و ماتریس ناهم‌هنگ با مندرجات جدول زیر به دست آمد. (جدول ۱).

جدول ۱: داده‌های مربوطه، ماتریس هم‌هنگ

مناطق	ماتریس					
	ماتریس هم‌هنگ			ماتریس ناهم‌هنگ		
بخش مرکزی	-	۰/۹۹۶	۰/۶۱۱	-	۰	۰/۳۸۵
شمال	۰	-	۰/۰۳۱	۰/۹۹۶	-	۰/۹۶۵
شمال	۰/۳۸۵	۰/۶۸۹	-	۰/۶۱۱	۰/۳۰۷	-
از داده‌های ماتریس هم‌هنگ و ماتریس ناهم‌هنگ ماتریس هم‌هنگ مؤثر و ماتریس ناهم‌هنگ مؤثر محاسبه شد						
ماتریس هم‌هنگ مؤثر			ماتریس ناهم‌هنگ مؤثر			
بخش مرکزی	-	۱	۱	-	۱	۱
شمال	۰	-	۰	۰	-	۰
شمال	۰	۱	-	-	۱	-
که در نهایت از ماتریس هم‌هنگ و ماتریس ناهم‌هنگ ماتریس نهایی به صورت زیر به دست آمد.						
بخش مرکزی	-	-	-	۱	۱	-
شمال	۰	-	-	-	۰	-
شمال	۰	-	-	۱	-	-

مأخذ: نگارندگان

اعداد به دست آمده در ماتریس نهایی از مدلی که ارائه شد نشان می‌دهد که بخش مرکزی نسبت به هیر در خطر سیل‌خیزی بیشتری قرار دارد و بخش هیر نیز نسبت به ثمرین از خطر سیل‌خیزی بیشتری برخوردار است. ارزیابی یک گام بنیادین در توسعه و تعیین کیفیت نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب است. اساساً رودخانه‌ها و پهنه‌های آبی مانند: دریاچه‌ها به‌عنوان مانعی طبیعی، یکی از پارامترهای مهم و اساسی در پهنه‌بندی سیلاب محسوب می‌شود. که بسته به شکل، وضع طبیعی، مسیر، پهنای، عمق، شدت جریان و ... در عملیات پخش تأثیر دارد. انجام فعالیت‌های گوناگون و ارتباط بین فضاهای مختلف تا حد زیادی به شبکه ارتباطی بستگی دارد. رفت‌وآمد و دسترسی بین عناصر مختلف یکی از شاخص‌های اصلی تعیین اهمیت مکان آن‌هاست. وجود گسل‌های فعال در منطقه باعث ناپایداری عرصه‌های طبیعی نظیر خاک می‌شود. لذا شناسایی این عوامل به‌عنوان یک پارامتر حیاتی مهم است.

پوشش اراضی، فرسایش، شیب: یکی از مهم‌ترین معیارهای موجود در ایجاد پایداری محیطی است. شناخت خطرات محیط پوششی منطقه ضروری است. با توجه به کوهستانی و جلگه‌ای بودن منطقه موردنظر ما این معیار اهمیت فزاینده‌ای دارد. با توجه به اهمیت موضوع در پوشش اراضی، فرسایش، شیب، در این بخش سعی شده ابتدا نقشه‌ای محدوده پوششی را به نمایش کشیده سپس با توجه به وزن‌ها و معیارهای مشخص شده در جداول پایانی به ارائه نقشه‌ای در جهت نشان دادن مکان‌های با مطلوبیت بالا در این محدوده فراهم آورده‌ایم. شیب یکی از عوامل مؤثر در مکان‌یابی عرصه‌های مستعد پخش سیلاب و تغذیه آب‌های زیرزمینی شیب است. که نقش بسیار مهمی در کنترل عوامل مانند سیل و نفوذپذیری دارد.

ضریب نفوذپذیری هدایت هیدرولیکی بیان‌کننده میزان نفوذ آب در خاک جهت رسیدن به آب زیرزمینی است. و به نوع، اندازه، شکل ذرات تشکیل‌دهنده مواد رسوبی و طرز قرار گرفتن آن‌ها نسبت به یکدیگر بستگی دارد. ضخامت آبرفت یکی از عوامل مهم در پخش سیلاب و تغذیه آب‌های زیرزمینی ضخامت آبرفت است. از نظر تئوری هرچه ضخامت آبرفت بیشتر باشد، میزان ذخیره آب‌های زیرزمینی در آن بیشتر است.

عمق آب‌های زیرزمینی نشان‌دهنده ضخامت لایه خشک است. هرچه این لایه دارای ضخامت کمتری باشد، پتانسیل تغذیه کمتر می‌شود. عمق برخورد بر سطح ایستایی در محدوده مورد مطالعه ۵۰ تا ۱۰۰ متر از سطح زمین متغیر است. بیشترین عمق آب‌های زیرزمینی در قسمت غرب منطقه و کمترین در قسمت شمال منطقه مورد مشاهده است. یکی از معیارهای جهت سنجش منطقه از منظر طبیعی برای جذب آب ویژگی‌های سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی منطقه است (سازمان آب منطقه‌ای اردبیل، ۱۳۹۶). که در اکثر معیارهای طبیعی به‌طور مستقیم تأثیرگذار است.

با توجه به نوع سنگ‌های نگاشته شده و نوع خاک در منطقه معمولاً شدت جریان‌ها و تخریب و نحوه جذب و پخش خاص خود را ایفا می‌کند. نفوذ آب در خاک، سفره‌های زیرزمینی را تقویت می‌کند و نرخ فرسایش خاک را کاهش می‌دهد. بیش از ۸۰ درصد از قدرت تخریب خاکدانه‌ها، زمانی است، که قطره‌های باران با زمین برخورد می‌کنند. این قدرت تخریبی، با پوشش گیاهی گرفته و موجب حفظ خاکدانه‌ها می‌شود. هنگامی که پوشش گیاهی حذف شود، قدرت

قطره‌های باران که با خاک برخورد می‌کنند، باعث پاشیدگی ساختار خاکدانه‌ها و حرکت آن‌ها می‌شود. علاوه بر اینکه خاک را از دست می‌دهیم، تمام خلل و فرجی که در سطح زمین وجود دارد نیز، پر می‌شود. در حقیقت اولین خسارت‌های حذف پوشش گیاهی، برخورد مستقیم باران با خاک و کاهش نرخ نفوذپذیری آب در خاک است. خاکه‌ای مناسب با قابلیت نگهداری پوشش گیاهی بالا به طبع باعث کاهش روان آب سطحی می‌شود، و این خود در هنگام بارندگی شدید باعث کند شدن جریان‌های سیلابی می‌شود.

در این پژوهش پس از شناسایی معیارهای مؤثر در تعیین مناطق بحران خیز جهت توان سنجی و شناسایی عرصه‌های مستعد پخش سیلاب به کمک روش الکترون وزنی هر یک از معیارهای مؤثر به دست آمد (جدول ۲، ۳، ۴، ۵، ۶) همچنین داده‌ها در محیط ARC GIS به کمک روش الکترون و منطق بولین برای وزن‌دار کردن و تلفیق لایه‌هایی همچون (شیب، فرسایش، کاربری اراضی، شبکه آبراهه، خاک، زمین‌شناسی، انحنای زمین، واحد کوارترنری، سطح آب‌های زیرزمینی، تراکم پوشش گیاهی، رواناب و رطوبت خاک) استفاده گردید (شکل ۳، ۴).

جدول ۲: تعیین ارجحیت زیر معیارهای توپوگرافی

معیارهای اصلی	شیب	انحنای شیب	جهت شیب	ارتفاع	وزن زیر معیارها	ضریب سازگاری
شیب	۱	۱/۳	۳	۵	۰/۲۶۹۰۴۸	۰/۰۸۲۲
انحنای شیب	۳	۱	۵	۷	۰/۵۶۴۶۲۳	
جهت شیب	۱/۳	۱/۵	۱	۲	۰/۰۷۶۸۳۱	
ارتفاع	۱/۵	۱/۷	۱/۲	۱	۰/۰۸۹۴۹۷	

مأخذ: نگارندگان

جدول ۳: تعیین ارجحیت زیر معیارهای هیدروگرافی

معیارهای اصلی	تراکم رودخانه	بارندگی	وزن زیر معیارها	ضریب سازگاری
تراکم رودخانه	۱	۵	۰/۸۳۳۳۳۳	۰/۰۰۰۰
رواناب	۱/۵	۱	۰/۱۶۶۶۶۷	

مأخذ: نگارندگان

جدول ۴: تعیین ارجحیت زیر معیارهای اقلیمی

معیارهای اصلی	فاصله از جاده	فاصله از سکونتگاه	وزن زیر معیارها	ضریب سازگاری
رطوبت خاک	۱	۴	۰/۸۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
بارندگی	۱/۴	۱	۰/۲۰۰۰۰۰	

مأخذ: نگارندگان

جدول ۵: تعیین ارجحیت زیر معیارهای کاربری و تراکم پوشش

معیارهای اصلی	تراکم پوشش گیاهی	کاربری اراضی	وزن زیر معیارها	ضریب سازگاری
تراکم پوشش گیاهی	۱	۳	۰/۷۵۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
کاربری اراضی	۱/۳	۱	۰/۲۵۰۰۰۰	

مأخذ: نگارندگان

جدول ۶: تعیین ارجحیت زیر معیارهای زمین و خاک

معیارهای اصلی	زمین شناسی	خاک	وزن زیر معیارها	ضریب سازگاری
زمین شناسی	۱	۵	۰/۸۳۳۳۳۳	۰/۰۰۰۰
خاک	۱/۵	۱	۰/۱۶۶۶۶۷	

مأخذ: نگارندگان

در بخش مرکزی با توجه به جدول اطلاعاتی آن (جدول ۷) امن ترین مکان متعلق به طبقه خطر کم است که تقریباً ۱۱ درصد از منطقه را به خود اختصاص داده است و پرخطرترین طبقه مربوط به خطر خیلی زیاد است که تقریباً ۱۰ درصد از بخش مرکزی را تشکیل می دهد.

جدول ۷: جدول اطلاعاتی نقشه همپوشانی بخش مرکزی اردبیل

طبقه	تعداد پیکسل	درصد
خطر کم	۳۶۴	۱۰/۸۲
خطر متوسط	۱۳۴	۳۶/۷۰
خطر زیاد	۱۴۰۸	۴۱/۸۷
خطر خیلی زیاد	۳۵۶	۱۰/۵۸

مأخذ: نگارندگان

در بخش ثمرین، جدول ۸ نشان می دهد که تقریباً یک درصد از منطقه مربوط به خطر خیلی زیاد و ۱۲ درصد مربوط به امن ترین منطقه یعنی منطقه خطر کم است.

جدول ۸: جدول اطلاعاتی نقشه همپوشانی بخش ثمرین

طبقه	تعداد پیکسل	درصد
خطر کم	۱۱۱	۱۲/۰۹
خطر متوسط	۵۱۵	۵۶/۱۰
خطر زیاد	۲۹۱	۳۱/۶۹
خطر خیلی زیاد	۱	۰/۱۰

مأخذ: نگارندگان

در بخش هیر نقشه و جدول اطلاعاتی بخش هیر (جدول ۹) نشان می دهد که در بخش هیر ۱۵ درصد از منطقه در منطقه خطر خیلی زیاد و تقریباً ۱۹ درصد در منطقه کم خطر است.

جدول ۹: جدول اطلاعاتی نقشه همپوشانی بخش هیر

طبقه	تعداد پیکسل	درصد
خطر کم	۳۴۴	۱۸/۸۳
خطر متوسط	۶۷۷	۳۷/۰۷
خطر زیاد	۵۳۱	۲۹/۰۷
خطر خیلی زیاد	۲۷۴	۱۵

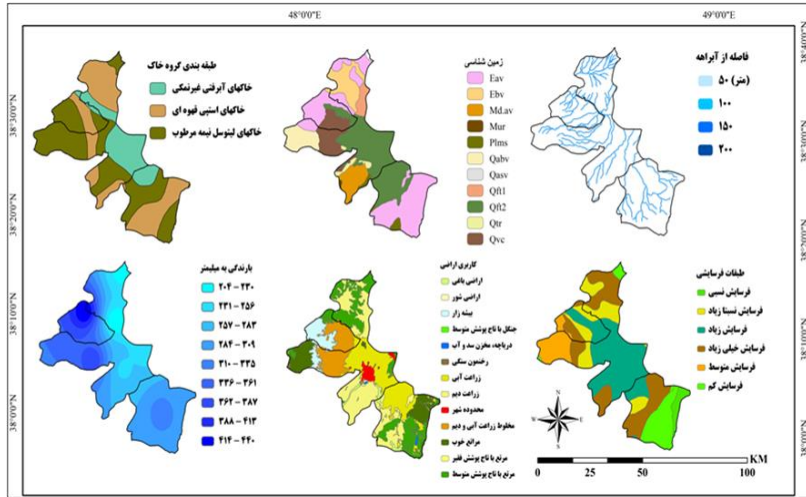
مأخذ: نگارندگان

طبق تجزیه و تحلیل داده‌ها با روش الکنره و همپوشانی این اطلاعات به دست می‌آید که بخش مرکزی نسبت به بخش ثمرین و هیر درخطر سیل خیزی بیشتری قرار دارد. دلیل پرخطر بودن بخش مرکزی نسبت به بخش ثمرین و هیر را می‌توان چنین استنباط کرد. ۶۲/۳۹ درصد از بخش مرکزی اردبیل درشیب صفر تا ۵ درجه قرار دارد. ۳۳/۶۴ درصد در فاصله ۱۰۰ متری رودخانه که منطقه پرخطر محسوب می‌شود قرار دارد. ۳۷ درصد بارش ۴۵۰ میلی‌متری را دریافت می‌کند. بیشترین قسمت از بخش مرکزی یعنی حدود ۶۲/۲۸ درصد در ارتفاع ۱۱۳۰ الی ۱۵۰۰ متری قرار دارد، به عبارت ساده‌تر بخش مرکزی اردبیل دارای بیشترین مقدار مساحت درشیب و ارتفاع کم یک منطقه تقریباً مسطح با بیشترین مساحت بدون پوشش گیاهی است. و چون بیشترین مقدار مساحت نزدیک به رودخانه با دریافت بارش ۴۵۰ میلی‌متری می‌باشد همه این عوامل دست‌به‌دست هم می‌دهند تا تجمع بارش بیشتر شده رودخانه سرریز شود و رواناب شهری به وقوع بپیوندد. لذا با توجه به مطالبی که ارائه شده برای مدیریت بحران در این محدوده مطالعاتی پیشنهاد می‌شود که مطالعات جامع‌تری در مورد پتانسیل سیل‌خیزی حوضه با مشارکت لایه‌های بیشتری صورت پذیرد. در بخش مرکزی اقدام به ایجاد پوشش گیاهی در محیط شهری گردد و همچنین از ساخت‌وساز در بستر رودخانه جلوگیری به عمل آید. اولویت‌بندی مناطق مستعد پس از تلفیق نقشه‌ها و بررسی اثرگذاری شاخص‌ها جدول زیر به دست می‌آید، که شامل وزن‌های نهایی در مقایسه فازی است. که ما بسته به اهمیتشان طبقه‌بندی مجدد انجام دادیم، که آن بخش‌ها را در نقشه نهایی کاملاً مشاهده می‌نمایید. که پهنه‌های نامساعد، برای کنترل و برنامه‌ریزی هرچه بهتر بحران سیلاب است، که آن بخش‌ها را در نقشه نهایی کاملاً مشاهده می‌نمایید. (شکل ۵)

جدول ۱۰: ماتریس تعیین ارجحیت ارزش‌های موردنظر معیارهای اصلی درخطر سیلاب

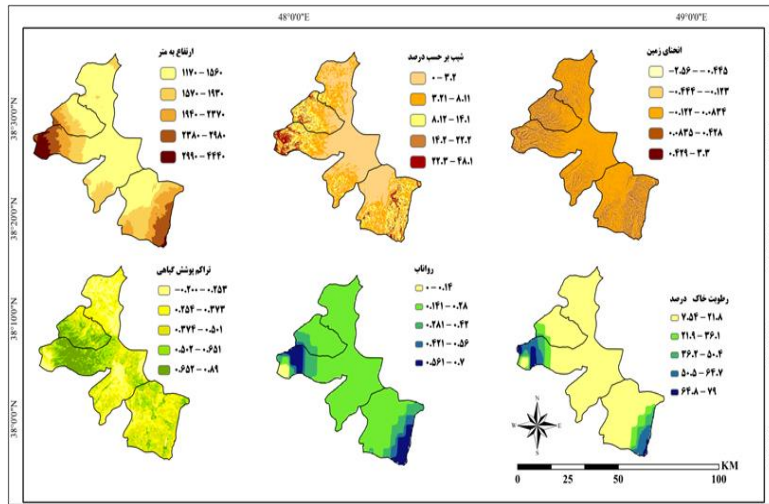
وزن معیارهای اصلی	اقلیم	زمین و خاک	هیدروگرافی	کاربری	توپوگرافی	معیارهای اصلی
۰/۳۰۸۷۳۷	۳	۲	۵	۱/۳	۱	توپوگرافی
۰/۳۲۰۲۴۷	۳	۳	۱	۱	۳	کاربری و تراکم پوشش
۰/۲۰۸۰۴۳	۵	۳	۱	۱	۱/۵	هیدروگرافی
۰/۰۷۱۲۳۳	۱/۳	۱	۱/۳	۱/۳	۱/۲	زمین و خاک
۰/۰۹۱۷۳۹	۱	۳	۱/۵	۱/۳	۱/۳	اقلیم

مأخذ: نگارندگان



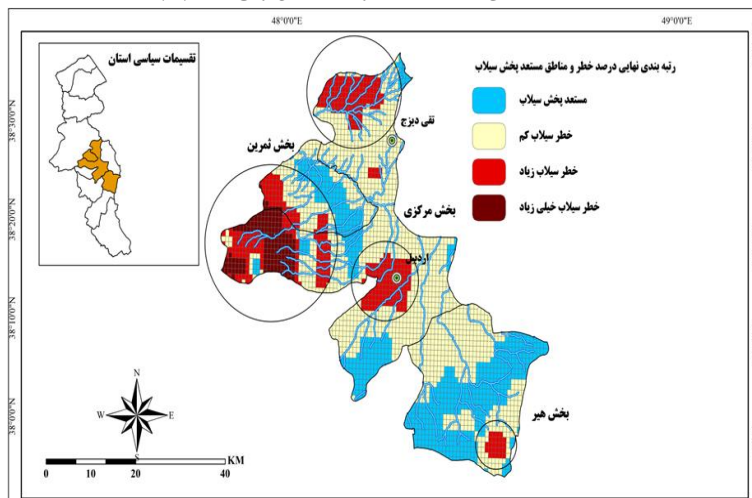
مآخذ: نگارندگان

شکل ۳: برخی از معیارهای مورد سنجش واقع شده (الف)



مآخذ: نگارندگان

شکل ۴: برخی از معیارهای مورد سنجش واقع شده (ب)



مآخذ: نگارندگان

شکل ۵: نقشه رتبه‌بندی نهایی مخاطره و مناطق مستعد پخش سیلاب

نتیجه‌گیری

پدیده سیل یکی از رویدادهای هیدرو اقلیمی و از جدی‌ترین بلایای طبیعی است که جوامع بشری را تهدید می‌کند. فراوانی وقوع سیل در چند دهه اخیر باعث شده که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های ادواری و مخرب قرار گیرد و تلفات جانی و مالی سیل به نحو چشم‌گیری افزایش یابد. افزایش جمعیت همراه با ضعف برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از زمین، تخریب جنگل‌ها و مراتع و نیز توسعه سطوح غیرقابل نفوذ سبب شده تا در حوزه‌های آبخیز، آب کم‌تری به زمین نفوذ کرده و سریع‌تر به طرف پایین‌دست جریان پیدا کند؛ در نتیجه سیل‌ها فراوان‌تر، شدیدتر و ناگهانی‌تر شده و افراد بیش‌تری از این سیل‌ها آسیب می‌بینند. با توجه به یافته‌های پژوهش می‌شود گفت که میزان بارش باران در منطقه، نزدیکی منطقه مورد مطالعه به عواملی چون رودخانه، پوشش گیاهی منطقه، میزان شیب منطقه، ارتفاع منطقه از سطح دریا، نوع کاربری موجود در منطقه و جنس سنگ و سازند به ترتیب اولویت بیشترین تأثیر را در سل خیزی حوضه شهری اردبیل دارد.

نتایج جداول نشان‌دهنده کلاسه‌های مهم از پارامترها و عوامل مؤثر که در توان سنجی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب تأثیر به سزا داشتند را نشان می‌دهد. از لحاظ شیب، بیشتر مناطق مناسب در شیب‌های ۳ تا ۵ درصد قرار گرفته است که نشان‌دهنده تأثیر بسزایی این عامل در اجرای پخش سیلاب است در مناطق مستعد پخش سیلاب بیشتر در واحدهای کواترنری Qf1 - QT2 - QT1 - QSF قرار گرفتند. منبع اصلی آب مورد استفاده در این منطقه آب زیرزمینی بوده که برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعت به‌طور گسترده استفاده می‌شود، لذا حفظ کمیت و کیفیت این منبع آب با ارزش با توجه به شرایط آب هوای خشک تا قسمتی نیمه‌خشک و وقوع خشک‌سالی‌ها خصوصاً در سال‌های اخیر، بسیار بااهمیت است که با توجه به برداشت آب زیرزمینی نیاز به جایگزینی و تقویت کیفی و کمی سفره آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های مناسب تغذیه مصنوعی می‌باشد. از نظر تئوری هر چه عمق آبرفت یا رسوبات بیشتر باشد، میزان ذخیره آب زیرزمینی در آن آبرفت نیز زیادتر می‌شود. در ادامه نتایج به‌دست‌آمده با نتایج پژوهشاتی دیگران مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. در سال ۱۳۹۶ ایمانی به این نتیجه رسیده است که بیشترین خطر سیل خیزی در حوالی شمال غربی تا غرب (بخش مرکزی) و تا حدودی جنوب شرق منطقه در محدوده بخش هیر است. همچنین در سال ۱۳۹۳ عابدینی و فتحی در مطالعه‌ای در بخش اردبیل به این نتیجه دست‌یافته‌اند که خطر سیلاب با احتمال خیلی زیاد در نواحی شمال شرق محدوده دشت اردبیل رخ می‌دهد. داده‌های دریافتی نشان می‌دهد که در این مناطق تراکم رودخانه‌ها بیشتر از جاهای دیگر است. همچنین مشاهده می‌شود که نواحی مرکزی دشت اردبیل خطر متوسطی تا زیادی در تشکیل سیلاب دارد. به‌طور کلی نقشه نهایی پهنه‌بندی مخاطرات در منطقه مطالعاتی حاکی از آن است که بخش‌های شمال غربی و جنوب شرقی منطقه در پهنه‌های بسیار خطرناک قرار دارد. نتایج پژوهش ما با نتایج ایمانی (۱۳۹۶) و فتحی (۲۰۱۶) تقریباً همسو می‌باشد.

پیشنهادها

- به کارگیری تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیائی راهی سریع در شناسایی مناطق دارای قابلیت‌های مختلف جهت توسعه در یک منطقه از جمله شناسایی مکان‌های مستعد جهت تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب است؛
- بررسی سازندهای زمین‌شناسی در حوضه آبخیز از اهمیت بالایی برخوردار است. نقشه واحدهای سنگ‌شناسی به‌عنوان پایه و اساس تهیه سایر نقشه‌ها از جمله: فرسایش و رسوب زایی حوضه آبخیز، کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی و پتانسیل سیل‌خیزی بشمار می‌رود. از طرفی شناخت ویژگی‌های زمین‌شناسی سطحی حوضه آبخیز برای ارزیابی فرسایش و رسوب زایی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. از طرف دیگر این مناطق غالباً برای فعالیت‌های اقتصادی مناسب می‌باشند؛ بنابراین مطالعه این مناطق از نظر پارامترهای سیل‌خیزی و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و خطرات سیل یکی از ضروریات برنامه‌ریزی است؛
- برنامه‌ریزی در جهت نفوذ سیلاب به درون آبخوان این مسئله علاوه بر افزایش حجم مخزن و جلوگیری از روند شدید افت سطح آب زیرزمینی باعث کنترل سیل و حفاظت خاک می‌گردد؛
- در طراحی شبکه‌های پخش سیلاب حتماً به پارامتر دفعات وقوع سیل در هر سال توجه شود و صرفاً حجم سیلاب و رواناب حوضه در طراحی معیار قرار نگیرد.

منابع

- ۱- آقاعلی‌خانی، مرضیه (۱۳۸۸): پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی و سیل‌گیری حوضه فرحزاد تهران با استفاده از مدل منطق‌فازی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی تهران.
- ۲- اعظمی راد، محمود، قهرمان، اسماعیلی، کاظم (۲۰۱۸): بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز کشف رود مشهد بر اساس روش SCS در محیط GIS. پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز.
- ۳- ایمانی بهرام پور خسروانی محسن (۱۳۹۶): تحلیل فضایی پهنه‌های مخاطره‌آمیز شهرستان اردبیل نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی دوره ۲۸، شماره ۲ - شماره پیاپی ۶۶، ص ۱۰۹-۱۲۸.
- ۴- بومری، محمد، نهمتانیفر، عبدالباسط، رادفر، شهباز و مهدوی، ابوالقاسم (۱۳۹۰): شناسایی پهنه‌های سیلابی و ویژگی‌های فیزیوگرافی و کمی حوضه آبریز دامن با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، جغرافیا و توسعه، ۹، صص ۱۴۶-۱۲۹.
- ۵- بهشتی جاوید، ابراهیم (۱۳۹۰): پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه رودخانه بالخلوچای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی تهران.
- ۶- درویشی یوسف (۱۳۹۵): بررسی و مطالعه پتانسیل‌های شهر اردبیل در توسعه گردشگری و ارائه راهکارهای علمی در جهت کسب درآمد از پتانسیل گردشگری شهر اردبیل، طرح پژوهشی، دانشگاه پیام نور مرکز اردبیل.
- ۷- سازمان آب منطقه‌ای اردبیل (۱۳۹۶): سازمان آب و هواشناسی ایستگاه‌های منطقه.

- ۸- طاهری بهبهانی (۱۳۷۵): محمد طاهر، بزرگ‌زاده، مصطفی، سیلاب‌های شهری، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، چاپ اول، تهران.
- ۹- علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۴): ژئو مورفولوژی ایران، انتشارات قومس، چاپ دوم.
- ۱۰- عسگری شمس اله، صفاری امیر، فتحی حجت اله (۱۳۹۷): بررسی سیل‌خیزی در حوضه آبریز جعفرآباد. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۸ (۵۰): صص ۷۷-۹۰.
- ۱۱- علیجانی بهلول، محمدرضا، (۱۳۷۱): مبانی آب و هواشناسی، سمت.
- ۱۲- عابدینی، موسی، لطفی، خداداد (۱۳۹۸): برآورد ارتفاع رواناب جهت تحلیل پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از روش شماره منحنی در حوضه آبریز شاهرود اردبیل. فضای جغرافیایی، ۱۹(۶۸)، صص ۱۶۳-۱۸۱.
- ۱۳- عابدینی موسی و فتحی محمدحسین (۱۳۹۳): بندی خطر وقوع سیلاب و ارزیابی خسارت آن در حوضه آبخیز خیاوچای مشکین شهر با مدل ArcGIS و ANP طرح پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی.
- ۱۴- قاسمیان، نجفی، اسماعیل (۱۳۹۸): پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در شهرستان کوهدشت با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی و فازی. جغرافیا و روابط انسانی، ۲(۳)، صص ۴۰۳-۴۱۷.
- ۱۵- قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۸): کاربرد مدل یکپارچه سیلاب شهری در کلان شهر، مطالعه موردی شمال شرق تهران: مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای، پیش‌شماره پاییز صص ۱۶۷-۲۹۵.
- ۱۶- کارآموز، محمد، طاهری، مهکامه (۲۰۱۹): ارائه راه‌کارهای مدیریتی در مقابله با مخاطرات هم‌زمان سیلاب‌های ساحلی و درون‌شهری. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۴(۵)، صص ۷۱-۸۴.
- ۱۷- همتی. رسول (۱۳۹۰): اطلس الکترونیکی بلایای جوی و اقلیمی استان اردبیل، معاونت پژوهشی سازمان هواشناسی کشور.
- ۱۸- نگهبان، حبیب، رضایی مقدم، محمدحسن و نیکجو، محمدرضا (۱۳۹۷). پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از مدل HEC-HMS، مطالعه موردی: حوضه آبریز بالیقلو چای اردبیل). تبریز.
- ۱۹- مصطفی‌زاده، رئوف، مهری، سونیا. (۱۳۹۸). روند تغییرات ضریب سیلابی در ایستگاه‌های هیدرومتری استان اردبیل، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۹(۱۷)، صص ۸۲-۹۵.

- 20- Haddad, E. A., & Teixeira, E. (2015): Economic Impacts Of Natural Disasters In Megacities: The Case Of Floods In São Paulo, Brazil. *Habitat International*, 45, Pp. 106-113.
- 21- Kastridis, A., Kirkenidis, C., & Sapountzis, M. (2020): An Integrated Approach Of Flash Flood Analysis In Ungauged Mediterranean Watersheds Using Post-Flood Surveys And Unmanned Aerial Vehicles (Uavs). *Hydrological Processes*.