Archive

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی ،معماری،عمران ومحیط زیست

بررسی و تحلیل سیل‌خیزی برپایه تکنیک سنجش از دور، داده‌های ماهواره‌ای، AHP و GIS برای استان البرز

محمد نظریان[۱] ، سید مصطفی مرتضوی[۲]
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب و سازه های هیدرولیکی دانشگاه ولی عصر رفسنجان
۲-استادیار دانشگاه ولی عصر رفسنجان

چکیده
ارزیابی سیل‌خیزی در مناطق مختلف بخصوص در مناطق شهری به منظور سنجش پتانسیل رخداد، پهنه‌بندی و گسترش و خسارات ناشی از سیلاب صورت می‌پذیرد. در این راستا رویکردهای مختلفی به منظور ارزیابی در تحلیل سیل‌خیزی بکار برده می‌شود که از این میان روش‌های تصمیم‌گیری سلسله مراتبی (AHP) که بصورت لایه‌های پهنه‌بندی سیلاب در محیط GIS تهیه شده؛ بیشترین موفقیت‌ها را به خود اختصاص داده است. بدین منظور برای تحلیل سیل‌خیزی در استان البرز از این روش بهره گرفته شده است. با تکیه بر نتایج AHP بدست آمده، ۴ معیار اصلی شامل شاخص توپوگرافی، شاخص زمین‌شناختی، شاخص‌های هیدرولوژیکی و شاخص‌های ژئوهیدرولوژی شناسایی گردیده که این عوامل خود به زیرعامل‌های مختلفی قابل دسته‌بندی است. مدل AHP نشان داده که شاخص‌های هیدرولوژیکی بیشترین تاثیر را در ارزیابی‌ها با ضریب تاثیر ۰/۷۴ داشته است. این اطلاعات تصمیم‌گیری بصورت لایه‌های اطلاعاتی در GIS وارد گردیده و حساسیت شهر تهران نسبت به رخداد سیلاب سنجیده شده است. برابر نقشه تحلیل حساسیت تهیه گردیده، مشخص شده که بخش شمالی و شمال غربی منطقه به لحاظ سیلاب در رده حساسیت بالا قرار دارند.

کلمات کلیدی: سیل‌خیزی، تحلیل سیل، خطرپذیری سیل، البرز، GIS.

۱- مقدمه

در دنیای امروز که زندگی شهری خسارات جبران‌ناپذیری را به طبیعت وارد آورده و بسیاری از منابع طبیعی را در معرض تهدید قرار داده است، مدیریت و ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر آب‌های سطحی در حیطه کلانشهرها از اهمیت خاصی برخوردار است. تخریب حوضه آبخیز بالا دست نواحی شهری به‌صورت‌های مختلف از جمله تخریب پوشش گیاهی و جاده‌سازی، همچنین گسترش بی‌رویه اراضی شهری و صنعتی، سبب کاهش نفوذپذیری، تبخیر و افزایش رواناب‌ها می‌شوند. ازسوی دیگر، رژیم بارش غالب در کشور به‌صورت رگبارهای شدید و کوتاه مدت بهاره و بعضاً تابستانه است که فرصت نفوذ باران به داخل خاک را کاهش می‌دهد و در نتیجه بخش قابل توجهی از بارش به رواناب‌های سطحی تبدیل می‌شود (بای و همکاران، ۱۳۹۲). از این رو رودخانه‌ها و مسیل‌های حوضه‌های آبخیز شهری از درجه ریسک زیادی برای سیل‌خیزی و خسارات ناشی از آن برخوردارند و دستیابی به توسعه پایدار شهری نیازمند طراحی مدل‌های مناسب مدیریت و حفاظت رودخانه‌ها و مسیل‌ها در حوضه‌های آبخیز شهری است (حسام و همکاران، ۱۳۹۸). در این میان کلان‌شهرها با گسترش بسیار بخصوص در کشوری مانند ایران با عوارض و مشخصات ویژه همراه می‌باشند. سنتی بودن سیستم‌های زهکشی معابر، توسعه ناهمگون

www.SID.ir

Archive

شهرها بخصوص کلان‌شهرهایی مانند تهران، تبریز، مشهد و... بهمراه عدم برنامه‌ریزی شهری دردهه‌های گذشته سبب گردیده تا رواناب‌های ناشی از بارش در این شهرها عاملی بر ایجاد سیلاب‌ها در سطح شهر گردند. یکی از این گواه‌ها رخداد سیل ۱۳۶۶ تهران می‌باشد که عاملی بر تخریب بخشی از شهر توسط سیلاب‌های ناشی از بارش بوده است. اگرچه سیل‌خیزی یکی از زمینه‌های بسیار مهم در حیطه مدیریت بحران و مخاطرات طبیعی می‌باشد، اما نقش آن در مناطق شهری بخصوص در کشور کمرنگ بوده است.

سیلاب یکی از مهمترین بلایای زمین‌شناختی و طبیعی است که خسارات وارده از آن به انسان از سایر بلایا نظیر خشکسالی و قحطی بیشتر است (Paron et al, 2015). مطالعات مختلف دلالت بر این موضوع دارد که عدم توجه به حریم مسیل‌ها و رودخانه‌ها باعث ایجاد یک رشد نمایید. فراوانی وقوع سیلاب و میزان خسارات وارده گردیده است. تشدید سیر صعودی خسارات سیل در دو دهه گذشته سبب شده که آرزوی دیرینه درباره حل قطعی مسئله سیل و رواناب‌ها جای خود را به واقع‌گرایی و درک این واقعیت دهد که همیشه نمی‌توان در مهار سیلاب‌ها موفق بود بلکه باید کوشید تا پیامدهای زیان‌بار و مخرب آن را کاهش داد (اصغرپور،۱۳۹۳). در این میان مناطق شهری بیشترین پتانسیل خطرپذیری از سیل را دارا می‌باشند. با توجه به اینکه حفاظت کامل از خطر سیل امکان‌پذیر نمی‌باشد، زیستن در کنار سیلاب و اعمال سیاست‌های جدید در خصوص مدیریت کاربری اراضی و توسعه مناطق مسکونی حریم رودخانه به منظور کاهش اثرات تخریب آن امری ضروری است (Sörensen et al, 2016). بطورکلی سیل ناشی از رخداد برخی عوامل طبیعی است که مستلزم وجود شرایطی مستعد آن می-باشد که بعد از یک بارش موقت حاصل می‌شود. تمام مطالعات انجام گرفته نمایانگر این موضوع است که، افزایش سطوح شهری و کاهش میزان نفوذپذیری آن‌ها به کاهش زمان تمرکز و افزایش آب‌های سطحی منجر می‌گردد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که براثر فعالیت‌های شهرسازی و عملیات عمرانی که بر روی حوضه‌های آبگیر انجام می‌شود، حجم رواناب و شدت جریان افزایش می‌یابد. در برخی از مطالعات انجام شده در ایالات متحده نشان داده شده است که تبدیل اراضی روستایی به اراضی شهری، سیلاب‌های ناشی از بارندگی را ۹ برابر افزایش و حداکثر آبدهی سیلاب ۵۰ ساله را معادل ۵۰۰ درصد حاصل نموده است (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین بسیاری از فعالیت‌های انسانی از جمله نابودی جنگل‌ها و مراتع، تغییر کاربری اراضی، میزان سیل‌خیزی نواحی و مناطق را افزایش می‌دهد و در این مناطق نیز وقوع سیل قابل پیش‌بینی است. بطورکلی باید گفت مجموعه مطالبی که در مورد ساخت و سازهای شهری وجود دارد، موید این واقعیت است که ایجاد شهرها و شهرک‌های جدید و توسعه مناطق شهری ضمن آن که به کاهش نفوذپذیری اراضی منجر می‌گردد، رواناب‌های شهری را افزایش داده و آن‌ها را تبدیل به سیلاب‌هایی می‌نماید که در مواقع بروز می‌تواند خطرآفرین باشد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۹). در تعریف سیل باید گفت که سیل یک جریان شدید و استثنایی است ولی باید گفت هر جریان استثنایی به سیل بنیان کن و مخرب تبدیل نخواهد شد، بلکه عوامل مختلفی بایستی در طبیعت مورد دست‌کاری قرار گیرند تا تخریب و خسارت و تلفات به همراه داشته باشد. متأسفانه بایستی گفت که افزایش وقوع و تکرار سیل‌ها رابطه مستقیمی با پیشرفت تکنولوژی و نامناسب در تصرف اراضی دارد که می‌توان به موارد زیراشاره نمود (رنوائی، ۱۳۸۹):

الف) توسعه مناطق شهری: زمین‌هایی که بستر مسیل‌ها و بستر طغیانی رودخانه‌ها را تشکیل می‌دهند، اراضی مناسب و وسوسه انگیزی برای ساخت و ساز و اجرای طرح‌های شهری می‌باشند که شدیداً مورد علاقه شهرنشینان، برنامه‌ریزان شهری و مدیران شهری می‌باشد. ولی نباید فراموش کرد که این اراضی قسمتی از بستر رودخانه و مسیل هستند که ممکن است چندین سال شاهد هیچ طغیان و یا سیلابی نباشند اما هیچ تضمینی وجود ندارد که در یک دوره بازگشت مشخصی در این محدوده سیلابی جاری نگردد.

ب) تغییر کاربری اراضی حاشیه شهر: تغییر کاربری اراضی حاشیه شهر به انواع کاربری‌های شهری باعث بهم خوردن سیستم منطقه و از جمله نفوذپذیری خاک می‌گردد که به تشدید سیل کمک می‌کند.

www.SID.ir

Archive

ج) انتقال آب‌های سطحی شهربه بسترها و مسیل‌ها: بطورکلی هر مسیل و یا رودخانه‌ای که وجود دارد به نوعی محل انتقال آب‌های سطحی زمین‌های مجاورمی‌باشد و در بسیاری از موارد به خصوص در شرایط معمولی بارندگی انجام شده موجب ایجاد سیل نمی‌گردد. ولی زمانی که اراضی مذکور تحت ساخت و سازهای شهری و ایجاد شبکه نفوذناپذیر ارتباطی قرار می-گیردوحدود ۷۰٪ ازنفوذپذیری اراضی کاسته می‌شود،آب‌های حاصل از بارندگی امکان نفوذ در زمین را نیافته است و چنان چه در محاسبه برنامه ریزان منظور شده باشند،از طریق شبکه دفع آب‌های سطحی با استفاده از شیب طبیعی و غیرطبیعی اراضی معمولاً این آب‌ها را به درون این رودخانه‌هاومسیل‌ها هدایت می‌کنند. با این عمل حدود ۷۵٪ بیش از حجم معبر رودخانه یا سیلاب آب به آن اضافه می‌شود.

د) عدم لحاظ نمودن مدیریت‌های سیلاب‌ها: گسترش شهرنشینی عاملی بر توسعه فیزیکی شهری بوده و این مسئله سبب انبوه‌سازی مسکن‌هاوکاهش ظرفیت ترافیکی معابر می‌گردد. کوچک شدن بسترهای انتقال آب سطحی و عدم وجود سیستم-های زهکشی مناسب سبب طغیان رواناب‌ها در سطوح کوچه و معابر تردد می‌گردد. این مسئله نیز می‌تواند در افزایش حجم پیوسته آب در سطح شهر بیفزاید. فلذا تداخل چنین جریانات پیوسته آب علاوه بر ایجاد جریان لای، سبب تخریب بافت‌های سست شهری می‌شود.

ه) سیستم‌های مهاری نامناسب و زهکشی سنتی: بعد از بارش‌های پیوسته یا موقت مانند رگبارها یا بارش‌های شبانه/ روزانه، آب بارش باتوجه به نفوذناپذیری سطحی سبب فشار بر آبراهه‌هاوجویاب‌های سنتی که به منظور مهار و زهکشی رواناب-هامی‌گردد. این مسئله نیز می‌تواند بر تخریب یا فوران جریان لای (به دلیل عدم لایروبی) منجر گردد.

باتوجه به بیانات فوق می‌توان بیان داشت که در ایجاد سیل‌خیزی در مناطق شهری رویکردهای مختلفی درگیر می‌باشد که عموماً با افزایش توسعه شهری، افزوده شده و در صورت عدم مهار یا پیاده‌سازی روش‌های کنترلی می‌تواند سبب آسیب‌رسانی بیشتر به جامعه شهری می‌گردد. در اولین مرحله از ارزیابی‌های سیل‌خیزی توجه به مناطق حساس و پرخطر و ارائه پهنه‌بندی یک اولویت برای مناطق شهری بشمار می‌آید که با تکیه بر آن بتوان رویکردهای مدیریتی برای بحران‌های احتمالی را پایه‌ریزی نمود. فلذا در مطالعه حاضر سعی گردیده است که شرایط خطرپذیری سیلخیزی را برای کل استان البرز به مرکزیت کرج مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا با در نظر گرفتن پارامترهای ارزیابی در مدل AHP و تهیه نقشه‌های حساسیت سیل در GIS اقدام به ارزیابی شده است.

۲- پهنه‌بندی سیلاب و تحلیل سیل‌خیزی

نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در مطالعات مدیریت سیلاب دشت‌هاکاربردوسیعی دارد. امروز این نقشه‌ها یکی از اطلاعات پایه و مهم در مطالعات طرح‌های عمرانی در دنیا محسوب شده و قبل از هر گونه سرمایه‌گذاری و یا اجرای طرح‌های توسعه، بررسی آن در دستور کار سازمای ذی‌ربط قرار دارد. مفهوم پهنه‌بندی سیلاب بر این اصل استوار است که جلگه سیلابی و کانال رودخانه یک مجموعه واحد بوده و جلگه سیلابی یک قسمت از رودخانه است که به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر این اساس پهنه‌بندی سیلاب به تعیین ناحیه‌هایی در داخل سیلاب دشت اطلاق می‌گیرد که برای کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. تمامی نواحی سیلاب دشت به قسمت‌هایی با خطرپذیری متفاوت به منظور کنترل کاربری و توسعه اراضی تقسیم می‌شوند. پهنه‌بندی، برای مشخص کردن میزان خطرپذیری سیلاب برای استفاده‌کنندگان متحمل،شناسایی ناحیه‌ها برای بیمه سیل و ایجاد محدودیت‌های اجباری کاربری در مناطق خطرپذیر قابل استفاده می‌باشد. پهنه‌بندی بر طبق نقشه‌های خطرپذیری صورت می‌گیرد و بایستی قدرت لازم برای اعمال محدودیت‌های ناشی از آن وجود داشته باشد (Liu et al, 2017). پهنه‌بندی سیلاب‌ها می‌تواند بصورت گسترده در کاربرد نقشه‌های پهنه‌بندی در مدیریت سیلاب بکار گرفته شوند. این کاربردها به شرح زیر قابل بیان است (محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۶):

www.SID.ir

Archive

تعیین حریم و بستر رودخانه: تعیین حریم و بستر از لحاظ فنی و حقوقی در کشور بسیار پر اهمیت و پیچیده می‌باشد. یکی از مهمترین کاربردهای نقشه‌های پهنه‌بندی سیل، تعیین حدود گذرگاه سیل و اراضی سیل‌گیر حاشیه می‌باشد. خصوصاً آنکه این اراضی از یک سو به علت دسترسی به منابع آبی بسیار پر ارزش بوده و از سوی دیگر به علت مجاورت با رودخانه در معرض خطر سیل و طغیان رودخانه می‌باشد.

مطالعه و توجیه اقتصادی طرح‌های عمرانی: اولین قدم در مطالعات اقتصادی طرح‌های مدیریت سیلاب و با مهار سیلاب داشتن نقشه‌های پهنه‌بندی سیل می‌باشد. زیرا با توجه به پهنه سیل در دوره بازگشت‌های متعدد و در برآورد خسارت در هر پهنه‌بندی میزان سرمایه‌گذاری جهت جلوگیری از خسارات در حالت بهینه محاسبه خواهد گردید. در این نوع مطالعات گستره هر سیل در دوره بازگشت مربوط مشخص و کاربری اراضی و تاسیسات واقع در هر منطقه به دقت بررسی و ارزش آن‌هاتعیین می‌شود. که این رقم سود را مشخص می‌سازد. در این صورت می‌توان متناسب با مقدار سرمایه‌گذاری توجیه‌پذیر جهت کاهش این مقدار خسارت را در مطالعات روشن ساخت.

پیش‌بینی و هشدار و عملیات امداد و نجات: نقشه‌های پهنه‌بندی در سیستم‌های هشدار و عملیات امداد و نجات می‌تواند کارساز باشد. این نقشه‌ها باتوجه به ریسک‌پذیری هر منطقه با رنگ‌های مختلف از یکدیگر متمایز خواهند شد. این امکان را به مسئولین می‌دهد تا نسبت به برنامه‌ریزی عملیات امداد و نجات و ارسال هشدارهای مناسب در فرصت کوتاهی اقدام کنند. همچنین مردم عادی می‌توانند در صورت وجود چنین نقشه‌هایی، پس از دریافت علایم هشدار مناطق کوتاه خود را به مناطق خطر با ریسک پایین‌تر برسانند و جاده‌های دسترسی مطمئن را بدون احتمال قطع بودن، جهت مسیریابی کوتاه و مطمئن به نقاط امن شناسایی نمایند.

علاوه بر مدل‌های تخصصی که جهت مطالعات هیدرولوژیکی حوضه طراحی گردیده‌اند، مدل‌های دیگری همچون AHP، فازی، مدل منطق بولین، مدل شاخص همپوشانی، مدل احتمال بیز و ... نیز وجود دارند که بر اساس روش‌های پیشرفته آماری و ریاضی توسعه یافته‌اند. این مدل‌هادرزمینه‌های متنوعی در ارتباط با تحلیل و آنالیز داده‌های مکانی مورد استفاده قرار می-گیرند. در واقع AHP یک تحلیل سلسله مراتبی مبنی بر مقایسات زوجی می‌باشند. مدل شامل عنصر هدف، معیارها و گزینه-های احتمالی است. اجزای مدل به صورت سلسله مراتبی از بالاترین سطح به پایین‌ترین سطح در ارتباط می‌باشند. ساعتی و همکاران چهار شرط شامل ۱-شرط معکوسی ۲- شرط همگنی ۳-شرط وابستگی ۴-شرط انتظارات را برای استفاده از این فرایند مطرح کرده است (Park and Lee, 2019). این شرایط می‌توانند در ارزیابی مدل‌های حساسیت بخصوص سیل‌خیزی بخوبی بکار گرفته شوند. بطوری‌که با شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای مختلف با تکیه بر این شرایط می‌توان میزان حساسیت هرکدام از شاخص‌ها را دسته‌بندی نموده و میزان ضرایب تاثیر هر شاخص در رخداد سیل را برآورد کرد.

صارمی و همکاران (۱۳۹۷) با انجام پژوهشی اقدام به سنجش وضعیت سیل‌خیزی درحوزه آب خیز شهری بندرعباس، برآورد حجم سیلاب منتهی به هر زیر حوزه و ارزیابی کارایی کانال‌های دفع رواناب‌های سطحی در محدوده مورد بررسی نمودند. این محققین عامل اصلی بروز سیلاب و آسیب‌های وارده در نواحی شهری و حاشیه شهرها، تغییرات ایجاد شده در الگوی طبیعی سیستم‌های زهکشی دانسته و بیان کردند که بندرعباس باتوجه به برآورد دبی حداکثر سیلابی، کانال‌های دفع آب‌های سطحی، توانایی لازم برای عبور سیلاب بیش از ده سال را ندارند و در صورت وقوع سیلاب‌های شدیدتر، شهر متحمل آسیب خواهد شد. حسام و همکاران (۱۳۹۸) با انجام مطالعه‌ای پتانسیل مخاطرات سیلاب شهری و سیل خیزی شهرگنبد را مورد بررسی قرار داده و از مدل‌های هیدرولیکی، روش تحلیل سلسله مراتبی AHP در یک جامعه متخصص ۳۵ نفری و محیط GIS برای تهیه نقشه‌ها و سنجش پتانسیل سیل‌خیزی ناحیه گنبد بهره گرفتند. نقشه حاصل از خطرپذیری شهرستان گنبدکاووس که با استفاده از ۹ پارامتر تعیین گردیده، بیانگر قرارگیری این شهر در پهنه با پتانسیل خطر زیاد است. نتایج حاصل و اتفاقات سیل اخیر حاکی ازآسیب‌پذیری شهر گنبد ناشی از ریسک بیرونی سیلاب است. درسال‌های گذشته به ارتقای ایمنی شهر و پایین دست توجه نشده است و بر این اساس، باید مطالعات و برنامه‌ریزی جامع توسط دستگاه‌های اجرایی ذی-

www.SID.ir

Archive

ربط در نظرگرفته شود. آقازاده و همکاران (۱۳۹۸) طی مطالعه‌ای اقدام به برآورد تغذیه آبخوان، تعیین مناطق مستعد برای پخش سیلاب‌های شهری جهت تغذیه مصنوعی آبخوان در شهر ارومیه نمودند. برای این منظور ابتدا مدل تغذیه آبخوان و نقشه‌های پتانسیل تغذیه و تغذیه واقعی تهیه و سپس بر اساس معیارهای تاثیرگذار، نقشه نهایی مناطق مستعد پخش سیلاب شهری در جهت تغذیه آبخوان تهیه گردید. نتایج نشان می‌دهد که پتانسیل تغذیه آبخوان به دلیل افزایش سطوح نفوذناپذیر کاهش یافته و تغذیه از طریق نشت از شبکه آب شرب، چاه‌های جذبی و آب برگشتی آبیاری بیشترین سهم تغذیه آبخوان را دارد. مقدار تغذیه واقعی باتوجه به کاربری های مختلف، بین ۰ تا ۲۸ وپتانسیل تغذیه بین ۴ تا ۲۶۲ میلی‌متر در سال تغییر می‌نماید. مهمترین فاکتورهای موثر برمکان‌یابی پخش سیلاب‌های شهری کاربری اراضی، تاثیر زون غیر اشباع و شبکه زهکشی بوده و مناطق مناسب برای تغذیه، اراضی بایر و کشاورزی با شیب کمتر از ۵ درصد، مناطقی با ضخامت زیاد زون غیر اشباع با رسوبات دانه درشت و نفوذپذیر در حاشیه شهر می‌باشند. رضائی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۹) با انجام پژوهشی ازروش‌های تصمیم‌گیری AHP و سنجش از دور ArcGIS برای ارزیابی خطرپذیری سیل‌خیزی منطقه حوضه آب ریز الندچای درشمال غرب ایران بهره گرفتند. این محققین با اولویت‌بندی عوامل موثر در سیل‌خیزی منطقه اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطرپذیری نمودند. برپایه نتایج حاصل منطقه، ۵ ناحیه کم‌خطر تا پرخطر برای ارزیابی سیل منطقه برآورد نمودند.

۳- روش‌شناسی تحقیق

سیل به عنوان یکی از مهمترین بلایای طبیعی بیشترین فراوانی را نیز در میان سایر مخاطرات طبیعی به خود اختصاص داده است. اما در حوضه‌های شهری معمولاً علت وقوع سیل مشترک است. سیلاب یکی از خطراتی است که امروزه بشر با آن مواجه است و هر ساله خسارات مالی و جانی فراوانی را به دنبال دارد. شهرها در جریان رشد و توسعه خود در محیط هیدرولوژیکی طبیعی اختلال ایجاد می‌کنند و در بی نظمی خود صدمه می‌بینند. یکی از راهکارهای کاهش خسارت، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی اراضی است که می‌تواند در تدوین راهکار مناسبی برای سیاستگذاری‌های میان مدت و بلندمدت در بهره برداری بهینه از اراضی نقش ویژه‌ای داشته باشد (Ghanavati et al, 2013). در این میان ارزیابی تحلیل حساسیت سیل‌خیزی نقش قابل توجهی در مدیریت بحران و بهسازی شرایط میدانی و پیش‌گیری دارد. به منظور ارزیابی تحلیل حساسیت سیل-خیزی، و ابتدا شاخص‌های عامل یا موثر در سیل‌خیزی در استان البرز شناسایی و استخراج می‌گردد. سپس با تکیه بر رویکرد تحلیل سلسله مراتبی این شاخص‌ها بصورت فاکتورهای عامل رخداد سیل دسته‌بندی گردیده و ضرایب تاثیر هر عامل بصورت جداگانه‌ای برآورد می‌شود. بدین منظور نیاز است تا با انجام مطالعات جامع کتابخانه‌ای شاخص‌های مهم در ایجاد سیلاب طبقه‌بندی و شناسایی گردد. این مسئله برای شهرستان کرج و استان البرز به مدت ۳ ماه انجام گرفته و شاخص‌های سیل-خیزی شهر برآورد شده است. برپایه نتایج ارزیابی سلسله مراتبی ۴ معیار اصلی شامل شاخص توپوگرافی، شاخص زمین-شناختی، شاخص‌های هیدرولوژیکی و شاخص‌های ژئوهیدرولوژی شناسایی گردیده که این عوامل خود به زیرعامل‌های مختلفی قابل دسته‌بندی است. باتوجه دستاوردهای مدل AHP مراحل انجام مربوط به مدل‌سازی برای GIS طی گام‌های زیر اجرا می-گردد:

گام اول (تعریف معیارها و زیرمعیارها): در این مرحله با شناسایی معیارهای بیان شده توسط محقق ۴ معیار اصلی مشخص می‌گردد. در این مطالعه معیارها بصورت همنام با معیارهای اصلی و زیرمعیارها مورد توجه بوده است.

گام دوم (ایجاد زوج‌های تحلیل): بعد از مشخص نمودن معیارها و زیرمعیارها، تمامی این پارامترها بصورت زوج‌های مترادف در یک معیار یا معیارهای مختلف سنجیده و نتایج بصورت جداول معیاری ارائه می‌گردند.

گام سوم (ایجاد ماتریس سلسله مراتبی): در این مرحله با بکارگیری سنجش معیاری، اقدام به تهیه ماتریس تحلیل شده و ضرایب سازگاری محاسبه می‌شود.

www.SID.ir

Archive

گام چهارم (سنجش ضریب سازگاری): بعد از محاسبه ضرایب سازگاری، اقدام به ارزیابی ماتریس و سنجش درجه سازگاری-ناسازگاری ماتریس می‌گردد. معیار سنجش ضریب CI بوده که اگر کمتر از ۰/۱ یا ۱۰٪ باشد سازگار و در غیر این صورت ناسازگار است.

گام پنجم (اولویت‌بندی معیاری): بعد از تعیین درجه سازگاری، معیارها برحسب حساسیت و اهمیت اولویت‌بندی شده و گستره تغییرات معیاری (حداکثر و حداقل) نیز برای معیارها مشخص می‌شود.

بعد از مشخص شد اطلاعات مربوط به ماتریس‌های نهایی و درجه‌های سازگاری هر ماتریس این اطلاعات می‌تواند بصورت لایه‌های اطلاعاتی در GIS تعریف گردد. اما به منظور تعریف لایه‌های اطلاعاتی باید ضرایب تاثیر بصورت کلاس‌های تاثیرپذیری آماده‌سازی شده و در GIS وارد شود. به عنوان مثال با انجام طبقه‌بندی ضرایب تاثیر بصورت ۱۰۰٪ (کاملاً موثر)، ۸۰٪ (موثر)، ۶۰٪ (متوسط)، ۴۰ (کم تاثیر)، ۲۰٪ (تاثیر ناچیز) و ۰٪ (بدون تاثیر) می‌توان این کلاس‌بندی اطلاعات مربوط به ضرایب تاثیر را برای هر نقطه‌ای در نقشه موقعیت مکانی بررسی نمود. این اطلاعات در مورد GIS (بخصوص نسخه‌های ۱۰,۴,۲ به بالا) کاملاً تعریف شده و بصورت خودکار صورت می‌پذیرد. بدین منظور با مراجعه به بخش Toolbox در نرم‌افزار ArcGIS می‌توان موارد را وارد نموده و لایه اطلاعاتی را تعریف کرد. همانطور که دانسته می‌شود بکارگیری نرم‌افزار ArcGIS به دلیل حجم بالای اطلاعات مورد ارزیابی حتماً سامانه و سیستم مناسب با حجم فضای کافی لازم می‌باشد که بتواند فرآیندهای تحلیل حساسیت را بخوبی انجام دهد.

۴- یافته‌های تحقیق

همانطور که بیان گردید، تحلیل سیل خیزی برای استان البرز پیاده‌سازی شده است. استان البرز سی و یکمین استان ایران است.این استان در البرز مرکزی جای گرفته است و دلیل نامگذاری استان البرز به همین علت بوده است. استان البرز از شمال با استان مازندران از غرب با استان قزوین از شرق با استان تهران و از جنوب با استان مرکزی همجوار است.استان البرز در سال ۱۳۸۹ طبق مصوبه مجلس شکل گرفت. شهرستان کرج (به مرکزیت شهر کرج) قدیمی‌ترین شهرستان این استان است که در سال ۱۳۳۳ تشکیل شد و از ۱۳۳۳ تا ۱۳۶۸ شامل کل استان کنونی و از ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۱ شامل کل حوزه انتخابیه کرج می‌شد، این شهرستان هم‌اکنون شامل دو بخش به نام‌های مرکزی و آسارا است. شکل (۱) تقسیم‌بندی استانی البرز را نشان داده است.

شکل شماره (۱) : تقسیم‌بندی استانی البرز

با تکیه بر نتایج حاصل از ارزیابی‌های AHP، ماتریس نهایی تصمیم تهیه شده برای معیارهای ارزیابی در جدول (۱) تهیه شده است. نتایج حاصل از ماتریس‌های تصمیم نهایی ارائه شده در این جدول به عنوان لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS وارد

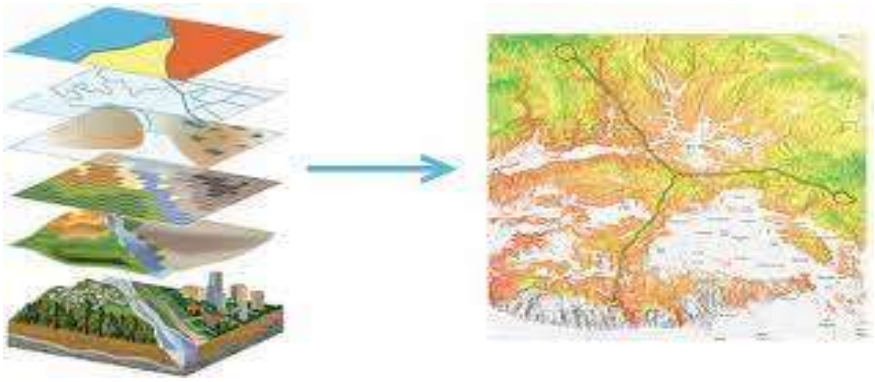
www.SID.ir

Archive

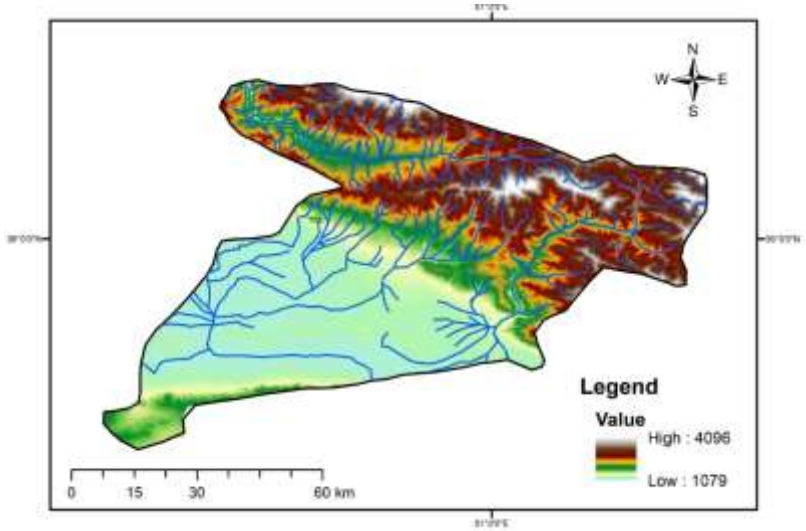
می‌شوند. روند تلفیق لایه‌های اطلاعاتی بصورت نقشه‌های تحلیل حساسیت آماده‌سازی شده که در شکل (۲) ارائه شده است. همانطور که در این شکل شماتیک مشاهده می‌شود. هر کدام از ماتریس‌های تصمیم نهایی بصورت لایه‌هایی از اطلاعات به منظور بررسی شرایط سیل‌خیزی بر روی یکدیگر سوار گردیده و برای استخراج نقشه‌های حساسیت سیل‌خیزی بکار برده شده است. اشکال (۳) تا (۶) نقشه‌های تغییرات شاخص‌های ارزیابی را نشان داده است. با تلفیق این شاخص‌ها، نقشه‌های تحلیل حساسیت برای سیل‌خیزی در استان البرز تهیه شده که در شکل‌های (۷) و (۸) نشان داده شده است. باتوجه به نتایج حاصل از تحلیل حساسیت سیل‌خیزی مشخص شده که بخش شمالی و شمال غربی منطقه به لحاظ سیلاب در رده حساسیت بالا قرار دارند.

جدول شماره (۱) : ماتریس تصمیم‌گیری برای مدل AHP

معیارها	شاخص توپوگرافی	شاخص زمین‌شناختی	شاخص‌های هیدرولوژیکی	شاخص‌های ژئوهیدرولوژی
شاخص توپوگرافی	۱	۳/۰۰	۰/۱۷	۰/۲۵
شاخص زمین‌شناختی	۰/۳۳	۱	۰/۱۲	۰/۲۰
شاخص‌های هیدرولوژیکی	۶/۰۰	۸/۰۰	۱	۴/۰۰
شاخص‌های ژئوهیدرولوژی	۴/۰۰	۵/۰۰	۰/۲۵	۱

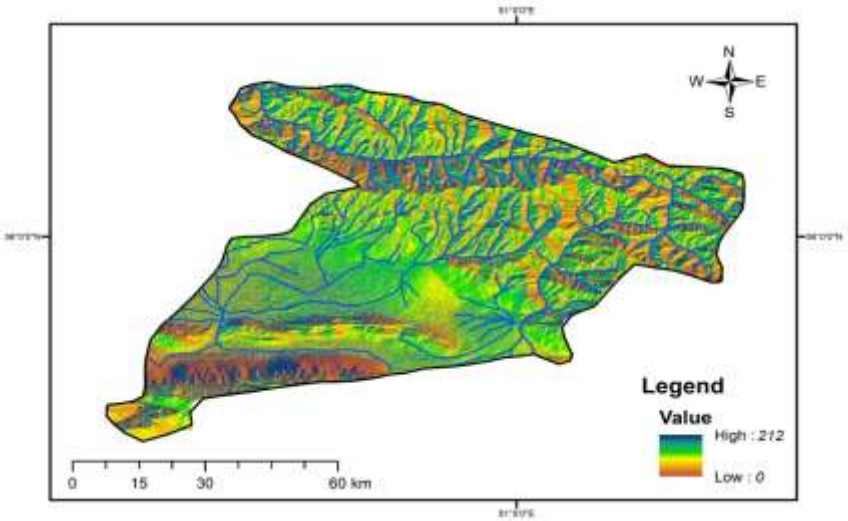


شکل شماره (۲) : مدل شماتیک لایه‌های اطلاعاتی و تلفیق آن در GIS

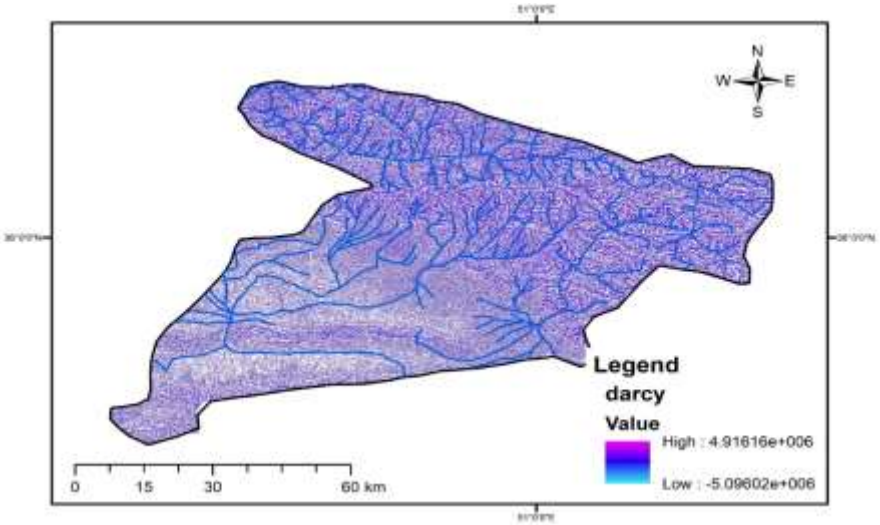


شکل شماره (۳) : نقشه تغییرات شرایط شاخص توپوگرافی در استان البرز

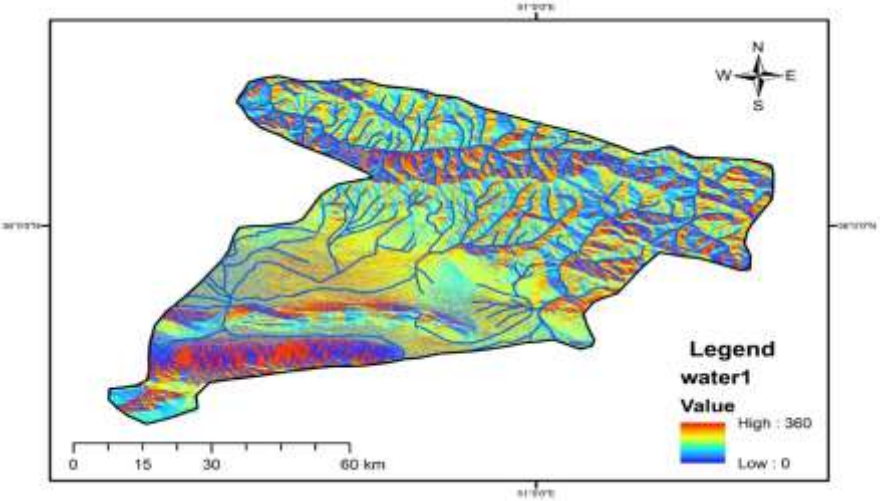
www.SID.ir



شکل شماره (۴) : نقشه تغییرات شرایط شاخص زمین‌شناسی در استان البرز



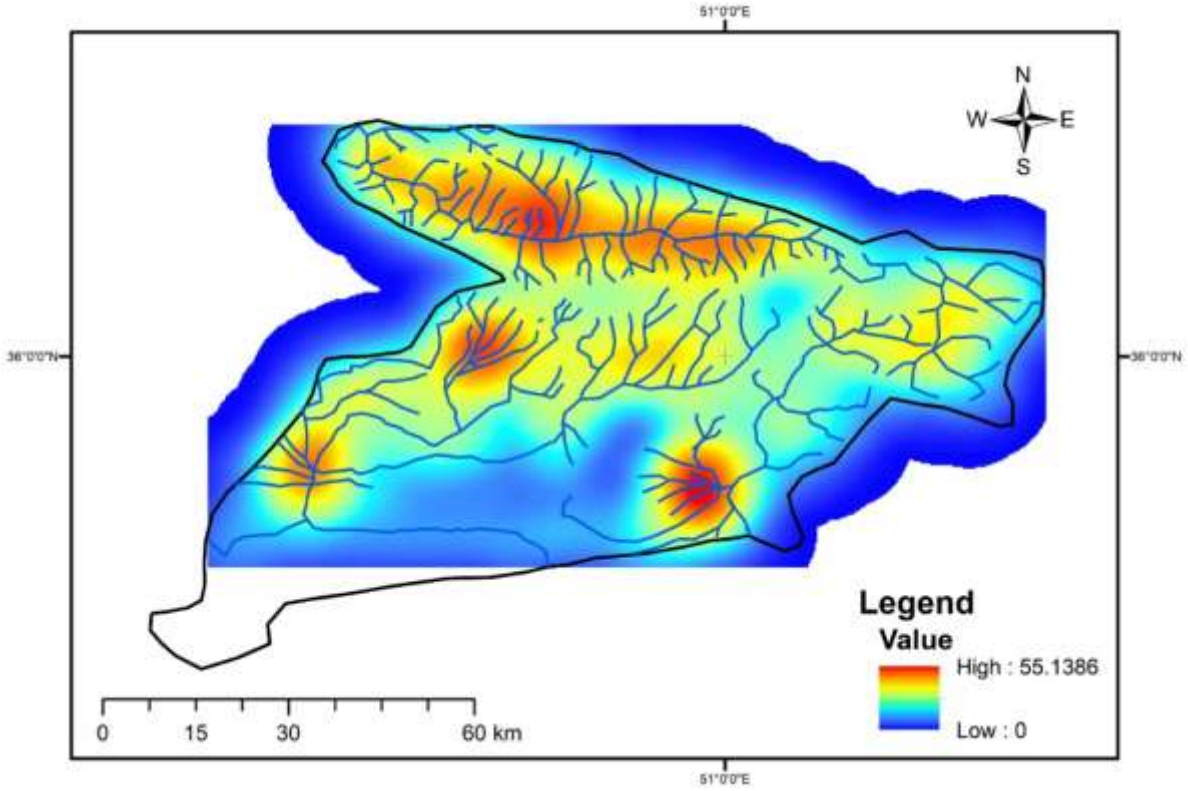
شکل شماره (۵) : نقشه تغییرات شرایط شاخص هیدرولوژی در استان البرز



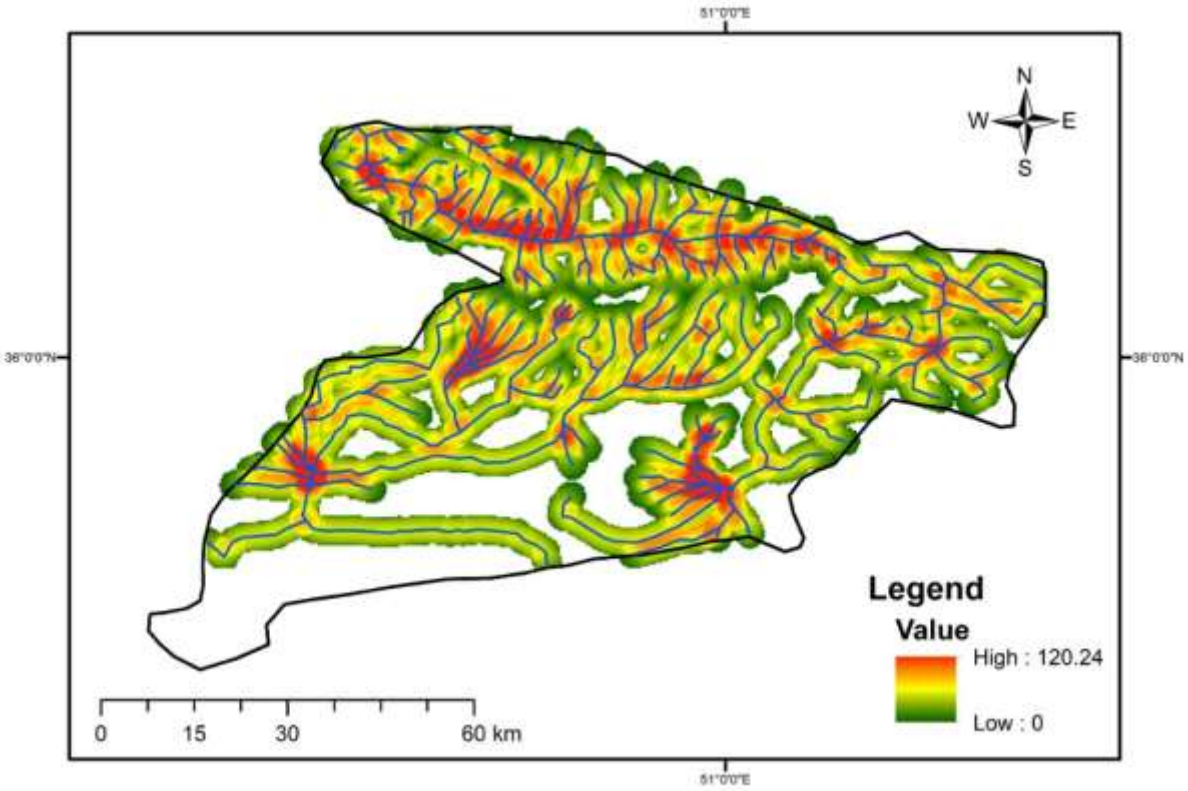
شکل شماره (۶) : نقشه تغییرات شرایط شاخص هیدروژئولوژی در استان البرز

www.SID.ir

Archive



شکل شماره (۷) : نقشه تحلیل حساسیت برای استان البرز



شکل شماره (۸) : نقشه حساسیت خطرپذیری سیلاب در محدوده‌های مختلف در استان البرز

www.SID.ir

Archive

۵- نتیجه‌گیری

ارزیابی سیل‌خیزی و تحلیل خطرپذیری سیلاب را می‌توان به عنوان یکی از مهمترین مباحث مطرح در حوزه مدیریت شهری و بحران معرفی نمود که با گسترش توسعه شهرنشینی به عنوان یکی از بحران‌های مدیریتی در کشورهای در حال توسعه بشمار می‌رود. بطوری‌که با رخداد سیل در مناطق مختلف شهری بخصوص در شهرهای ایران همواره خسارات مالی و جانی قابل توجهی به شهروندان و زیرساخت‌های شهری وارد آمده و سبب مصرف هزینه‌های هنگفتی در این حیطه گردیده است. بدین منظور رویکردهای مختلف ارزیابی، پیش‌گیری، بهسازی و بهبود توسط سازمان‌های ذیربط مورد استفاده قرار می-گیرد. در این میان مطالعات ارزیابی که منجر به شناسایی مناطق مستعد رخداد سیلاب می‌گردد دارای اولویت اساسی و پایه می‌باشد. بطوری‌که با شناسایی و طبقه‌بندی مناطق مستعد سیلاب می‌توان در مدیریت بهینه؛ مقاوم‌سازی و پیشگیری از خطر در این مناطق تمرکز نموده و صرف هزینه‌های اضافی بصورت قابل توجهی کاست. در این راستا مطالعه حاضر بر روی ارزیابی خطرپذیری سیلاب بنا نهاده شده است. اگرچه رویکردهای مختلفی برای مدیریت خطرپذیری سیلاب و همچنین ارزیابی پتانسیل رخداد سیل در مناطق مختلف ارائه گردیده و توسط محققین مورد استفاده می‌باشد؛ اما روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را می‌توان به عنوان موفق‌ترین رویکرد مورد استفاده در این زمینه معرفی کرد. این توانمندی بصورت لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS قابل اجرا می‌باشد. این مسئله توانسته است بخوبی اطلاعات مربوط به تحلیل خطرپذیری سیلاب بصورت نقشه-های تحلیل حساسیت آماده‌سازی و ارائه گردد. در این راستا پژوهش حاضر از این رویکرد برای تحلیل خطرپذیری سیلاب در استان البرز بهره گرفته است. با مشخص نمودن مناطق حساس و پتانسیل بالای سیلاب؛ اقدام به تحلیل حساسیت سیلاب توسط مدل‌های هیدرولیکی گردیده است.

مراجع

۱. آقازاده، ن.، چیت‌سازان، م.، میرزایی،ی.، ارزیابی پتانسیل و مقادیر واقعی تغذیه درآبخوان مناطق شهری و مکان یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی با استفاده از GISو AHP(مطالعه موردی: آبخوان شهری ارومیه)، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، سال ۹، شماره ۳۲، ص ۵۶-۶۷، تابستان ۱۳۹۸.

۲. اصغرپور، م. تصمیم‌گیری چندمعیاره. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۴۰۰ ص، ۱۳۹۳.

۳. بای، ن.، منتظری، م.، گندمکار، ا.، مطالعه تاثیر عوامل هیدرو اقلیم بر مخاطرات طبیعی استان گلستان با تاکید بر سیلاب، فصلنامه امداد و نجات، سال ۵، شماره ۲، ص ۱-۱۳، زمستان ۱۳۹۲.

۴. حسام، ر.، ضرابی، ا.، تقوایی، م.، پتانسیل‌سنجی خطر سیلاب شهری با رویکرد توسعه شهری ایمن (مطالعه موردی: شهر گنبد کاووس)، مجله مدیریت مخاطرات محیطی، سال ۶، شماره ۱، ص۱۷-۳۲، بهار ۱۳۹۸.

۵. حسین زاده محمدمهدی، نصرتی کاظم، ایمنی سپیده، (۱۳۹۷). تعیین شماره منحنی و برآورد پتانسیل تولید رواناب حوضه آبخیز حصارک، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هجدهم، شماره ۵۱، صص ۱۵۰-۱۳۳.

۶. رضائی مقدم، م.، حجازی، ا.، ولیزاده کامران، خ.، رحیم‌پور، ت.، بررسی حساسیت سیل‌خیزی حوضه‌های آبریز با استفاده از شاخص-های هیدروژئومورفیک (مطالعه موردی: حوضه آبریز الندچای، شمال غرب ایران)، فصلنامه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ۹، شماره ۲، ص ۱۹۵-۲۱۴، پاییز۱۳۹۹.

۷. رنواتی،عزت الله(۱۳۸۹). پهنه‌بندی خطر سیلاب شهر کرج با استفاده از منطق فازی، جغرافیا و مباطرات محیطی،شماره ۸ ،ص ۱۳۳-۱۱۳.

۸. صارمی، ن.، بذرافشان، ا.، اسماعیلپور،ی.، سوری، م.، پهنه‌بندی سیل‌خیزی و ارزیابی کارایی کانال‌های روانآب سطحی در حوزه آبخیز شهری بندرعباس، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، پیاپی۴۲، ص ۴۲-۵۱، پاییز ۱۳۹۷.

۹. محمودزاده، ح.، یاری، ف.، واحدی، ع.، کاربرد تکنیک‌های دورسنجی و GIS برای پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر ارومیه با رویکرد تحلیل چندمعیاره، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، پیاپی۱۰۲، ص ۷۱۹-۷۳۰، زمستان ۱۳۹۶.

www.SID.ir

Archive

10. Ghanavati, E., Karam, A., & Aghaalikhani, M. (2013). *Flood risk zonation in the farahzad basin (Tehran) using Fuzzy model*. Urban Water Journal, 15(5), 427-436.
11. Liu, D., Li, Y., Fang, S., & Zhang, Y. (2017). *Influencing factors for emergency evacuation capability of rural households to flood hazards in western mountainous regions of Henan province, China*. International journal of disaster risk reduction, 21, 187-195.
12. Park, K., Lee, M.H. (2019). *The Development and Application of the Urban Flood Risk Assessment Model for Reflecting upon Urban Planning Elements*," Water, Vol. 11, No. 5, pp. 920.
13. Paron .p. Baldassaree. Gandshroder.J. (2015) *Hydro-Meteorological Hazards .Risks and Disaster* . Elsivier. Pages35 - 64 .
14. Sörensen, J., Persson, A., Sternudd, C., Aspegren, H., Nilsson, J., Nordström, J., & Mobini, S. (2016). *Re-thinking urban flood management—Time for a regime shift*. Water, 8(8), 332.

www.SID.ir