صص ۸۲-۶۳

تحلیل آسیب‌پذیری و شناسایی پهنه‌های سیل‌خیز استان کرمانشاه

وحید خسروی*
دانشجوی دکتری دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
اصغر محمد مرادی
استاد دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
سید باقر حسینی
دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

دریافت:۱۴۰۳/۵/۳ پذیرش:۱۴۰۳/۹/۲۵

چکیده

سیلاب در حال حاضر یکی از سوانح طبیعی است که خسارت مالی و جانی زیادی در جهان به همراه دارد. با توجه به اینکه استان کرمانشاه در معرض خطر سیل قرار دارد، ضرورت شناسایی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سیل بیش‌ازپیش موردتوجه قرار گرفته است. بنابراین هدف اصلی این پژوهش شناسایی و پهنه‌بندی مناطق سیل‌خیز استان کرمانشاه از نگاه کالبدی و با تأکید بر سکونتگاه‌های انسانی آن استان است. روش تحلیل این پژوهش مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS) بوده است. کاربری اراضی و فاصله از رودخانه شناسایی‌شده است. پس از وزن دهی عوامل و همپوشانی لایه‌ها، نقشه پهنه‌بندی خطر سیل در استان کرمانشاه تهیه شد. بدین منظور مهم‌ترین عوامل مؤثر در ایجاد سیل شامل شیب، توپوگرافی استان، تراکم شبکه زهکشی، بارش، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، فرسایش خاک، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که نواحی مرکزی استان کرمانشاه از وضعیت وقوع خطر سیل بیشتری نسبت به نواحی دیگر دارد. همچنین نواحی شمال غربی به سمت جنوب به دلیل پوشش گیاهی مناسب کمترین میزان وقوع سیل را داشته است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که ۲٤ درصد استان، در معرض آسیب‌پذیری بسیار زیاد، ۱۵٫۸ درصد آسیب‌پذیری زیاد، ۱۱٫٦ درصد آسیب‌پذیری متوسط، ۳۰٫۷ درصد آسیب‌پذیری کم و ۱۷٫۹ درصد آسیب‌پذیری خیلی کم قرار دارد. بنابراین توجه به حریم رودخانه، جلوگیری از تغییر کاربری اراضی و مهار آب از طریق طرح‌های آبخیزداری از مهم‌ترین پیشنهاد این پژوهش است.

واژگان کلیدی: **آسیب‌پذیری، پهنه‌های سیل‌خیز، کرمانشاه، تحلیل سلسله مراتبی.**

مقدمه

تغییرات آب‌وهوایی چالش‌های جدی برای سازگاری و کاهش اثرات نامطلوب این پدیده بر زندگی انسان‌ها ایجاد کرده است (Zeleňáková, et al. 2019, 111). بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهند که بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵، بیش

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۲۸۸۴۷۳۱ Email: Khosravi_vahid@ymail.com

از ۹۰ درصد بلایای طبیعی مانند سیل، خشک‌سالی، طوفان و موج گرما ناشی از تغییرات اقلیمی بوده است (UNISDR. 2015). سیل به‌تنهایی علت ۶۰ درصد از کل جمعیت آسیب‌دیده از بلایای طبیعی است و یک‌سوم این بلایا را تشکیل می‌دهد (CRED, 2012). همچنین، از هر ده مرگ‌ومیر ناشی از بلایای طبیعی، یک مورد به سیل مربوط است که باعث خسارات اقتصادی عمده‌ای نیز می‌شود (Manning, et al. 2017, 2).

سیل به‌عنوان رایج‌ترین سانحه طبیعی شناخته شده و اثرات زیان‌بارتری نسبت به سایر بلایا دارد (Sundermann, et al. 2014, 11). طبق تعریف کمیسیون اروپا، سیل پدیده‌ای طبیعی است که منجر به غوطه‌ور شدن زمین‌هایی می‌شود که در شرایط عادی این اتفاق در آن‌ها رخ نمی‌دهد (European Commission, 2007). همچنین اداره هواشناسی استرالیا سیل را به‌عنوان سرریز شدن آب فراتر از حد طبیعی جریان آب تعریف کرده است (Haynes K, 2017).

درک فعلی نشان می‌دهد که سیل پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر است، اما پیامدهای جدی مانند تلفات جانی، خسارات مالی، جابجایی افراد و تخریب محیط‌زیست به همراه دارد (Mishra & Sinha. 2020, 1). این پیامدها شامل تخریب محصولات کشاورزی و زیرساخت‌ها نیز می‌شوند (Zhang, et al. 2022, 1). شهرنشینی در دشت‌های سیلابی و تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، اثرات سیل را تشدید کرده است (Manning, et al. 2017, 743). هنگامی‌که سیل با سکونتگاه‌های انسانی برخورد می‌کنند، حوادث ویرانگر اتفاق می‌افتد و باعث از دست رفتن زیرساخت‌های مهم، مسکن و زندگی می‌شوند (Lu etal, 2020:171). بر اساس پایگاه داده سوانح طبیعی، سیل در سطح جهان به‌عنوان شایع‌ترین بلای طبیعی (۴۳٪) بین سال‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۱۳ ثبت شده است (Wallemacq etal, 2015:7). سیل‌ها در سه طبقه‌بندی اصلی بارانی (Pluvial)، رودخانه‌ای (Fluvial) و ساحلی (Coastal) تقسیم‌بندی می‌شوند (Bates etal, 2021:2). همچنین، انواع دیگری از سیلاب شامل سیلاب‌های فصلی، ناگهانی، ناشی از شکست سد و توفان‌های دریایی وجود دارند (رجبی‌زاده، ۱۳۹۸، ص. ۱۰۷۰). اگرچه عوامل طبیعی در بروز سیلاب نقش دارند (Billi, et al. 2015, 1375; Courty, et al. 2018, 3)، مداخلات انسانی نظیر افزایش مناطق سکونتگاهی و جنگل‌زدایی وضعیت آسیب‌پذیری مناطق مستعد سیل را تشدید کرده است (European Commission, 2007؛ طاهری و مساعدی، ۱۴۰۲، ص. ۳۶). سیل با پیامدهای متنوع، به عوامل اقلیمی و انسانی مانند تغییر کاربری اراضی و کاهش سطوح نفوذپذیر وابسته است. این عوامل، آسیب‌پذیری جوامع را در برابر سیلاب افزایش می‌دهند (کوزه‌گر، ۱۴۰۱، ص. ۱۴۵؛ قهرودی تالی و دیگران ، ۱۳۹۱، ص. ۸۰).

استان کرمانشاه به دلیل شرایط زمین‌شناسی، توپوگرافی، بارش‌های ناگهانی و پوشش گیاهی، همواره در معرض خطر سیلاب بوده است. نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب به‌عنوان ابزاری ضروری برای کاهش خطرات و برنامه‌ریزی‌های مقاوم‌سازی سازه‌ها شناخته می‌شوند (عینی و همکاران، ۲۰۲۰: ۳). تحقیقات انجام‌شده نشان می‌دهند که پهنه‌بندی دقیق خطرات سیلاب نقش کلیدی در مدیریت بحران دارد.

پژوهش‌های متعددی در زمینه شناسایی و پهنه‌بندی مناطق سیل‌خیز انجام شده است. محمد دوست و شمس نیا (۱۴۰۲) با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی نشان دادند بیش از ۵۰ درصد مساحت شهرستان دیر در استان بوشهر خطر

سیل‌خیزی متوسط تا زیاد دارد. رباطی و همکاران (۱۴۰۲) نیز با تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس به این نتیجه رسیدند که بخش‌های قابل‌توجهی از منطقه یک تهران در معرض خطر بالای سیل هستند. خدایی و زندی (۱۴۰۱) با روش تصمیم‌گیری چندمعیاره دریافتند که حدود یک‌پنجم از مساحت منطقه مورد مطالعه دارای خطر سیل زیاد و بسیار زیاد است. (محمد دوست و شمس نیا، ۱۴۰۲؛ (محمد دوست و شمس نیا، ۱۴۰۲؛ خدایی و زندی، ۱۴۰۱) خالدی و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، مناطق مرکزی استان کرمانشاه، به‌ویژه شهر کرمانشاه، را دارای زمینه آسیب‌پذیری بالا شناسایی کردند. سلیمانی و درویشی (۱۳۹۵) با تحلیل داده‌های ماهواره‌ای دریافتند بخش‌های جنوبی و جنوب غربی خوزستان دارای خطر سیل گیری شدید و بسیار شدید هستند. سعیدی مفرد و آسیایی (۱۳۹۹) نیز شهر سبزوار را در محدوده کم‌خطر قرار دادند. (خالدی و دیگران، ۱۴۰۰؛ سلیمانی و درویشی، ۱۳۹۵؛ سعیدی مفرد و آسیایی، ۱۳۹۹). گودرزی و فاتحی فر (۱۳۹۸) با روش SWAT نشان دادند یک‌سوم منطقه موردمطالعه دارای آسیب‌پذیری بالا است. رجبی و همکاران (۱۳۹۷) با تحلیل سلسله‌مراتبی، بخش عمده‌ای از روستاهای سقز را در معرض خطر سیل بالا شناسایی کردند. مختاری هشی و رحیمی (۱۳۹۵) نیز با منطق فازی به این نتیجه رسیدند که بخش‌های زیادی از استان خوزستان جنوبی در معرض خطر سیل هستند. (گودرزی و فاتحی‌فر، ۱۳۹۸؛ رجبی و دیگران، ۱۳۹۷؛ مختاری هشی و رحیمی، ۱۳۹۵) سوپراتمن و همکاران (۲۰۲۴) و چن و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش AHP-Entropy به ترتیب دریافتند بیش از دو سوم منطقه کمنگ و بخش عمده ووهان چین دارای خطرپذیری بالای سیلاب هستند. پاتان و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند روش تاپ سیس در ارزیابی دقیق‌تر خطر سیل بر روش سلسله‌مراتبی برتری دارد. رامکار و یاداو (۲۰۲۱) نیز پهنه‌های قابل‌توجهی از محدوده خود را در خطر بالای سیلاب شناسایی کردند. (Supratman, et al. 2024; Chen, et al. 2023; Pathan, et al. 2023; Preeti Ramkar & Yadav, 2021) دارابی و همکاران (۲۰۲۰) با الگوریتم‌های یادگیری ماشین عوامل مهم خطر سیل، نظیر فاصله از کانال و تراکم جمعیت، را شناسایی کرده و بر نقش برنامه‌ریزی در کاهش خسارات تأکید کردند. (Darabi, et al. 2020) وقوع سیلاب‌های اخیر در ایران مانند سیل گرگان رود در سال ۱۳۸۰ و سیل شیراز در سال ۱۳۹۸ نشان‌دهنده تأثیرات منفی تغییر کاربری اراضی و مداخلات انسانی بر افزایش خطر سیلاب است (محمدی استادکلایه و دیگران، ۱۳۸۶؛ خاکی و طولابی، ۱۴۰۱، ص. ۳).

شناسایی و پهنه‌بندی مناطق سیل‌خیز، تقویت زیرساخت‌های مقاوم، و مدیریت مناسب کاربری اراضی ازجمله اقداماتی است که می‌تواند به کاهش آسیب‌های ناشی از سیلاب کمک کند. استان کرمانشاه نیز به دلیل موقعیت خاص خود نیازمند توجه ویژه در این زمینه است تا از وقوع خسارات محسوس و نامحسوس جلوگیری شود. (جدول ۱)

جدول ۱: جدول DSD شامل شاخص‌هایی برآمده از مطالعات و پیشینه مخاطرهٔ سیل

عوارض تأثیرگذار	گزاره	نقشه
خاک	با افزایش فرسودگی خاک ، احتمال و شدت وقوع سیلاب افزایش می‌یابد. هرچه نفوذپذیری خاک کمتر باشد احتمال وقوع سیل بیشتر است.	نقشه فرسایش خاک نقشه جنس خاک
شیب	هرچه شیب زمین کاهش می‌یابد، سرعت سیل کاهش‌یافته و آب ناشی از سیل، انباشته می‌شود و افزایش شیب زمین، سرعت آب و شدت وقوع سیلاب افزایش می‌یابد	نقشه توپوگرافی نقشه شیب سو
بارش	با افزایش میزان بارندگی ، احتمال وقوع سیل افزایش می‌یابد.	نقشه میانگین بارندگی سالانه
پوشش گیاهی	هرچه تراکم پوشش گیاهی کمتر باشد، احتمال وقوع سیل افزایش می‌یابد. کاهش پوشش جنگلی، باعث از بین رفتن حالت متخلخل خاک، کاهش نفوذپذیری و افزایش احتمال وقوع سیل.	نقشه پراکندگی جنگل‌ها نقشه پراکندگی مراتع نقشه پراکندگی زمین‌های کشاورزی
آب و هوا	گرم شدن هوا منجر به بالا آمدن سطح آب رودخانه‌ها ورطغیان می‌شود.	نقشه میانگین دمای سالانه
رودخانه‌ها	تجمع رسوبات، منجر به بالا آمدن تراز بستر رودخانه‌ها می‌شود. برداشت غیراصولی مصالح از بستر رودخانه‌ها، احتمال و شدت وقوع سیل را افزایش می‌دهد. دست بردن در مسیر طبیعی رودخانه‌ها ، احتمال وقوع سیل را افزایش می‌دهد. هرچه تراکم رودخانه‌ها بیشتر باشد، احتمال وقوع سیل بیشتر می‌شود.	نقشه تراکم رودخانه‌ها نقشه سیل‌خیزی نقشه مسیر رودخانه‌ها

منبع: نویسندگان

داده‌ها و روش‌ها

با توجه به این‌که که هدف در این پژوهش شناسایی و پهنه‌بندی مناطق سیل‌خیز استان کرمانشاه با استفاده از مدل تصمیم‌گیری فازی است، پس این پژوهش از نظر هدف، پژوهشی کاربردی و از لحاظ روش‌شناسی در زمره پژوهش‌های تحلیلی قرارگرفته است. روش پژوهش مورداستفاده روش تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی بوده است. این تحلیل در محیط نرم‌افزار ArcGIS مبتنی بر تحلیل فضایی بوده است. تحلیل فضایی نگرشی است که به سنجش چگونگی پراکندگی پدیده‌ها در چارچوب دیدگاه‌های جغرافیایی می‌پردازد. و از نظر شیوهٔ گردآوری داده‌ها، کتابخانه‌ای – تحلیلی و کمی و همچنین یک مطالعهٔ موردی نیز محسوب می‌شود. داده‌های این پژوهش از طریق داده‌های اسنادی کتابخانه‌ای، تولید نقشه‌های مختلف پایه و در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS به تولید و تکمیل داده و در پایان تحلیل پرداخته شده است.

انتخاب عوامل مؤثر بر بروز سیلاب

برای تهیه نقشه وقوع سیلاب در استان کرمانشاه، عوامل مؤثر در بروز سیلاب در استان با استفاده از منابع نظری و دسترسی به داده انتخاب‌شده و نقشه هریک از عوامل توسط نرم‌افزار Arc GIS تهیه‌شده است که به شرح ذیل است. ۱)پوشش

گیاهی: پوشش گیاهی تأثیر بسزایی در حجم و شدت سیلاب دارد؛ به‌طوری‌که وجود پوشش گیاهی در هر منطقه سرعت جریان سیلاب را کاهش داده و سبب نفوذپذیری بیشتر آب در داخل می‌گردد. ۲) خاک: یکی از عوامل مؤثر فرایش خاک است. هرچقدر میزان فرسایش خاک بیشتر باشد، احتمال رخ دادن سیلاب نیز بیشتر می‌شود. ۳) کاربری زمین: کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر سیلاب است. مناطق ساخت‌وساز شده به دلیل نفوذناپذیر بودن سطوح، کمترین نفوذ و مناطق طبیعی بیشترین نفوذ آب را به خود اختصاص می‌دهند. بنابراین هرچه میزان سطوح نفوذناپذیر بیشتر امتیاز تعلق‌گرفته بیشتر و کاربری‌هایی که طبیعی دارای پوشش گیاهی امتیاز کمتر به خود اختصاص می‌دهند. ۴) شیب زمین: شیب زمین نقش بسزایی روی حجم سیلاب و میزان نفوذپذیری آب در خاک دارد. به‌گونه‌ای که هر چه شیب کمتر باشد حجم سیلاب نیز به حداقل می‌رسد. ۵) فاصله از رودخانه: یکی از مهم‌ترین عوامل فاصله از رود و مسیل است. هرچه فاصله از رودخانه و مسیل بیشتر باشد، خطر سیل کاهش می‌یابد. ۶) ساختار زمین: به‌طورکلی ساختار زمین تأثیر بسزایی در تولید رواناب سطحی و مقدار شدت آن دارد. به طوری که هرچقدر وضعیت زمین به‌صورت سنگی باشد، نفوذ آب کمتر بوده و درنتیجه رواناب بیشتری تولید می‌شود. ۷) بارندگی: بازندگی از عامل اقلیمی مؤثر و انکارناپذیر در بروز و ظهور هر روان آبی در منطقه است. هرچه مقدار و شدت آن بیشتر باشد، احتمال خطر سیلاب افزایش می‌یابد. ۸) توپوگرافی: توپوگرافی یکی از عوامل تشدیدکننده نقش مهمی در تشدید سیل ایفا می‌کند. ازیک‌طرف شاخص توپوگرافی تأثیر مستقیم بر اندازه جریان و شدت رواناب دارد و از طرف دیگر نواحی مستعد سیل اساساً ارتفاع کمتر دارند. ۹) تراکم شبکه زهکشی: میزان تراکم زهکشی، شاخصی مهمی در تعیین شدت سیلاب‌ها است. هر چه تراکم زهکشی بیشتر، امکان وقوع سیل کمتر خواهد بود. (جدول ۲)

جدول ۲: جدول شاخص‌ها و سنجه‌ها

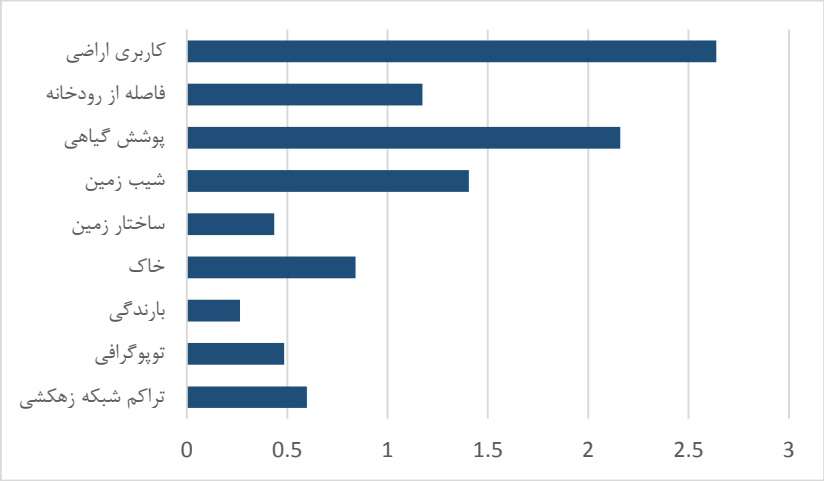
عوامل اقلیمی و طبیعی مؤثر در وقوع سیل	شاخص‌ها	سنجه‌ها	متغیرها
بررسی خاک منطقه	– فرسایش خاک – کاهش نفوذپذیری خاک	– میزان فرسایش کل به مساحت – میزان نفوذپذیری	– مساحت، تراکم و پراکندگی مناطق با فرسایش بالا – مساحت، تراکم و پراکندگی مناطق با نفوذپذیری پایین
ناهمواری‌ها و عوارض طبیعی	– شیب – توپوگرافی	– میزان تراکم و فراوانی دامنه‌های با شیب تند – پراکندگی دشت‌های سیل‌خیز – ارتفاعات	– شیب تند – دشت‌های سیل‌خیز با شیب کم
پوشش گیاهی	– گونه‌بندی پوشش گیاهی – تراکم پوشش گیاهی	– پوشش‌های گیاهی – زمین‌های کشاورزی – مساحت جنگل‌های استان	– مساحت و موقعیت پوشش‌های گیاهی متراکم – مساحت و موقعیت پوشش‌های گیاهی کم تراکم – مساحت جنگل‌های استان – تراکم پوشش گیاهی – زمین‌های بایر – کشاورزی آبی و دیم
آب و هوا	– گرم شدن زمین – گازهای گلخانه‌ای – میزان بارندگی – موقعیت جغرافیایی	– میزان گرم شدن زمین – میزان تصاعد گازهای گلخانه‌ای	– طول و عرض جغرافیایی – وجود صنایع آلاینده – ارتفاع بارش در هر مترمربع
آب‌های سطحی	– دسته‌بندی رودخانه‌ها و روان آب‌ها – میزان تراکم رودخانه‌ها	– رودخانه‌های دائمی و فصلی – تراز بستر رودخانه	– دبی آب – طول رودخانه‌ها – تجمع رسوبات

منبع: نویسندگان

تعیین وزن شاخص‌ها

روش‌های مختلفی برای تعیین وزن شاخص‌ها وجود دارد که یکی از آن تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است؛ زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد (قربان زاده و دیگران، ۱۳۹۶، ۶۴۸). تحلیل سلسله مراتبی بر مبنای مقایسه زوجی بوده و قضاوت و محاسبات را آسان می‌کند. در این تکنیک معیارهای در ماتریس‌های مقایسه زوجی به‌صورت دوبه‌دو با یکدیگر مقایسه شده و وزن هر شاخص با شاخص دیگر برحسب اولویت به آن شاخص اختصاص داده می‌شود. اولویت‌بندی شاخص‌ها بر اساس نظر متخصصان و کارشناسان خبره شامل اساتید دانشگاه و کارشناسان ارشد مربوطه از طریق پرسشنامه انجام‌شده است. پس از تکمیل ماتریس‌های مقایسه زوجی، وزن شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice

محاسبه‌شده است که در شکل ۱ نشان داده‌شده است. لازم به ذکر است که نرخ سازگاری تمام عوامل در این پژوهش کمتر از ۰,۱ می‌باشد. (شکل ۱)



شکل ۱: وزن نهایی عوامل مختلف

ورود عوامل و وزن دهی در سیستم تحلیل و تصمیم‌گیری چند معیاره

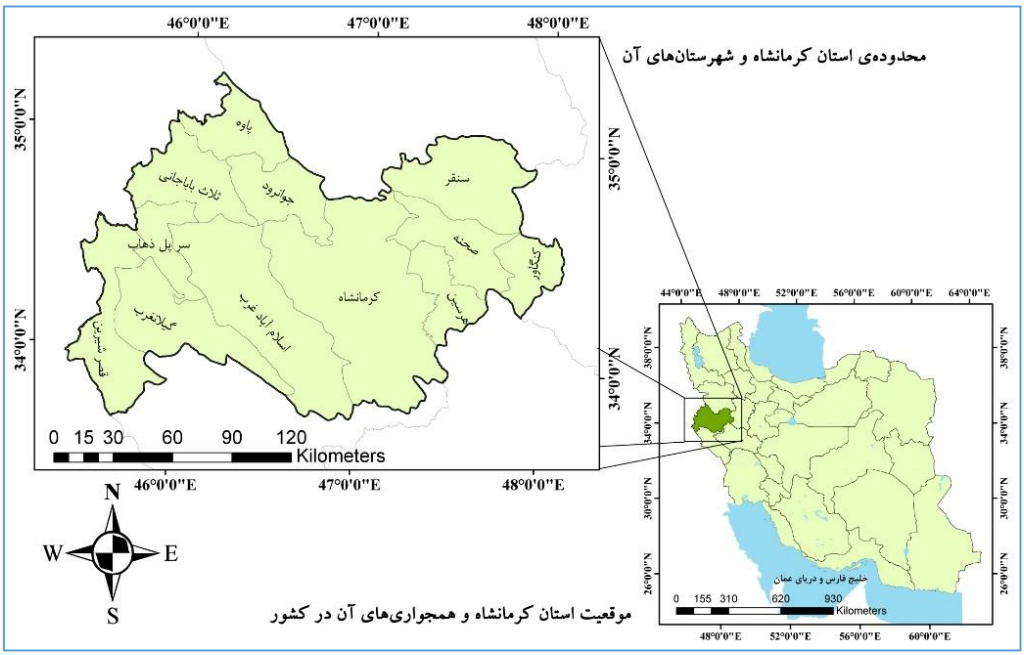
سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزارهای مناسب برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل هستند. زیرا از یکسو امکان زیادی برای تحلیل دقیق‌تر در اختیار می‌دهند و از سوی دیگر توانایی زیادی برای تولید نقشه و نمایش بصری آن‌ها در اختیار کاربران قرار می‌دهند (صالحی، ۱۳۹۲، ۱۸۵). در گام نخست تمام لایه‌ها از حالت برداری به حالت رستری تبدیل‌شده و وارد سیستم تحلیل و تصمیم‌گیری شد. لایه‌ها کلاس‌بندی شد و درنهایت اعمال وزن هر لایه انجام شد و با همپوشانی لایه‌ها نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب استان کرمانشاه تهیه شد. پهنه‌بندی خطر سیل استان کرمانشاه از تلفیق پوشش گیاهی، خاک، کاربری زمین، شیب زمین، فاصله از رودخانه، بارندگی و توپوگرافی در سیستم تحلیل و تصمیم‌گیری چندمعیاره حاصل شد. لایه خروجی شامل پیکسل‌هایی است که ارزش آن‌ها از صفر تا یک متغیر است. بر این اساس ارزش هر پیکسل به یک نزدیک‌تر باشد، در بروز خطر سیل نقش بیشتری داشته و پیکسل‌هایی که به ارزش صفر نزدیک‌تر باشد، در بروز خطر سیل نقش کمتری دارد. نقشه پهنه‌بندی خطر سیل در استان کرمانشاه در شکل ۱۰ نشان داده‌شده است.

محدوده موردمطالعه

استان کرمانشاه در میانه ضلع غربی کشور قرار گرفته است. این استان با وسعت ۲۵۰۴۵ کیلومترمربع به مرکز شهر کرمانشاه در میانه ضلع غربی کشور بین مدار جغرافیایی ۳۳ درجه و۴۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته و از شمال به استان کردستان، از جنوب به استان‌های لرستان و ایلام و از شرق به استان همدان و از غرب با ۳۳۰ کیلومتر مرز مشترک با کشور عراق

همسایه است. ارتفاع متوسط آن از سطح دریاهای آزاد در حدود ۱۲۰۰ متر است. مرکز این استان شهر کرمانشاه است. (شکل۲) همچنین بر اساس آخرین سرشماری کشوری این استان دارای چهارده شهرستان با نام‌های کرمانشاه، اسلام‌آباد غرب، پاوه، جوانرود، سنقر، سرپل ذهاب، کنگاور، گیلان غرب، هرسین، صحنه، قصر شیرین، دالاهو، ثلاث باباجانی و روانسر است. از نظر آب‌وهوایی این استان، دارای آب‌وهوای معتدل کوهستانی است. تابستان‌های خشک و زمستان‌های نسبتاً معتدل با باران کم دارد. بر اساس آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن استان کرمانشاه دارای ۱۹۵۲۴۳۴ نفر جمعیت است که از این تعداد نفر مرد و نفر زن می‌باشند (شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه، ۱۴۰۱).

استان کرمانشاه ناحیه‌ای کوهستانی است که بین فلات ایران و جلگه بین‌النهرین قرار گرفته و سراسر آن را قله‌ها و ارتفاعات سلسله کوه‌های زاگرس پوشانده‌اند. استان کرمانشاه در مسیر شمالی- جنوبی زاگرس و بر روی یال غربی آن قرار گرفته است .استان کرمانشاه از لحاظ شکل ظاهری زمین از دو قسمت تشکیل می‌شود قسمت اول منطقه‌ای است کوهستانی و مرتفع با ارتفاعات طاقدیسی و دشت‌های ناودیسی که عمده ارتفاعات استان را شامل می‌گردد و قسمت دوم فضایی است مرکب از کوه‌های فرسایش یافته و اراضی نسبتاً مسطح واقع بین این کوه‌ها که قصر شیرین، نفت شهر و سومار را شامل می‌گردد. استان کرمانشاه در معرض جبهه‌های مرطوب مدیترانه‌ای قرار داشته، برخورد این جبهه‌ها با ارتفاعات زاگرس موجب ریزش برف و باران می‌گردد. متوسط میزان بارندگی در مناطق مختلف استان بین ۳۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر در نوسان است و به‌طور کلی متوسط میزان بارندگی در سطح استان را ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر می‌توان در نظر گرفت. (شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه، ۱۴۰۱)

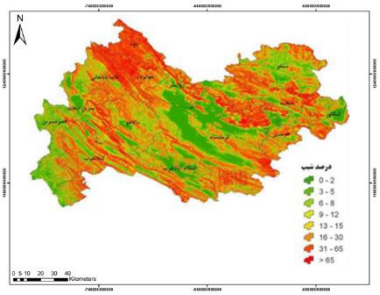


شکل ۲: موقعیت استان کرمانشاه

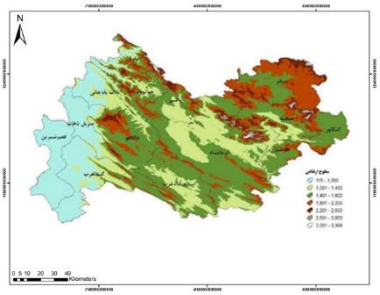
یافته‌ها و بحث

مهم‌ترین یافته‌های پژوهش به شرح ذیل است. شیب زمین: نتایج نشان می‌دهد که میانگین شیب استان کرمانشاه ۲۱ درصد است. همچنین توزیع مکانی شیب نشان می‌دهد که در شمال غربی استان مناطق با شیب زیاد قرار دارند و در مرکز و جنوب غرب استان مناطق کم شیب قرارگرفته‌اند. در استان کرمانشاه ۱۸,۴ درصد از مساحت آن کمتر از ۱۰۰۰ متر ارتفاع، ۲۲,۱ درصد بین ۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ متر ارتفاع، ۳۸,۱ درصد بین ۱۴۰۰ –۱۸۰۰ متر ارتفاع، ۱۶,۹ درصد بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ متر ارتفاع و ۴,۵ درصد بیش از ۲۲۰۰ متر ارتفاع دارد. به حالت پراکندگی نیز هرچه از سمت شمال شرقی به سمت غرب رفته، از ارتفاع کاسته می‌شود. در رابطه با شبکه زهکشی استان کرمانشاه، می‌توان گفت با توجه به توپوگرافی و جهت عمومی شیب آن، شکل شبکه زهکشی آن به‌صورت درختی بوده است. از لحاظ مکانی نیز غرب استان کرمانشاه از تراکم بالای شبکه زهکشی برخوردار است.

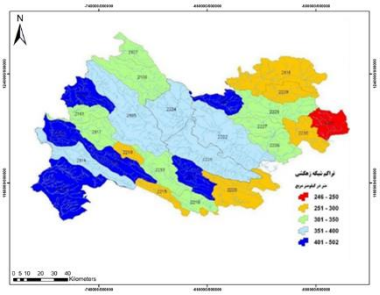
تحلیل‌ها نشان می‌دهد که بارش در تمامی مناطق استان کرمانشاه یک اندازه نیست؛ بیشترین بارندگی‌ها در مناطق مرکزی و البته نقاط مرتفع استان اتفاق می‌افتد و از طرفی کمترین بارش در غرب استان است. دشت‌ها و قسمت‌های جلگه‌ای استان کرمانشاه تقریباً نواحی غرب و جنوب از مناطق حاصلخیز استان به شمار می‌روند و تراکم زمین‌های کشاورزی نیز در این قسمت بیشتر است. خشک‌سالی و از بین رفتن زمین‌های کشاورزی در برخی مناطق در سال‌های اخیر سبب تبدیل این زمین‌ها به کانون‌های سیل‌گیر شده است. همچنین بسیاری از مراتع و جنگل‌های استان در طی سالیان اخیر تخریب‌شده‌اند. نواحی مرکزی استان دارای فرایش خاک زیاد است. و کاربری عمده اراضی محدوده موردمطالعه شامل زارعت دیم، جنگل، مراتع و نواحی ساخته‌شده است. نواحی زارعی دیم عمدتاً در نواحی مرکزی، کاربری زارعت و باغات عمدتاً در شمال شرقی استان، جنگل‌ها عمدتاً در شمال غربی – جنوب شرقی، مراتع عمدتاً در شمال شرقی، شرق، غرب و جنوب غربی استان و نواحی ساخته بزرگ در مرکز استان که همان شهر کرمانشاه است. بیشتر رودخانه‌های استان در قسمت شرق و شمال شرق استان قرار دارند. بنابراین می‌توان گفت در این نواحی احتمال خطر سیل بیشتر از نواحی دیگر است. (شکل ۳ تا ۱۱)



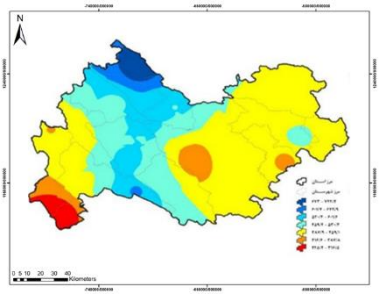
شکل ۳: نقشه شیب



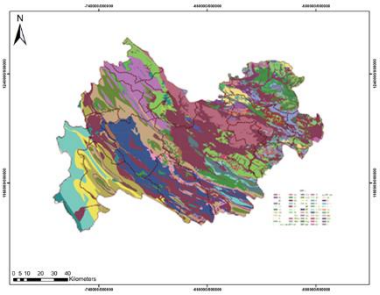
شکل ٤: نقشه توپوگرافی



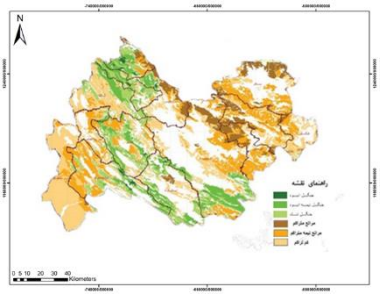
شکل ٥: نقشه تراکم شبکه زهکشی



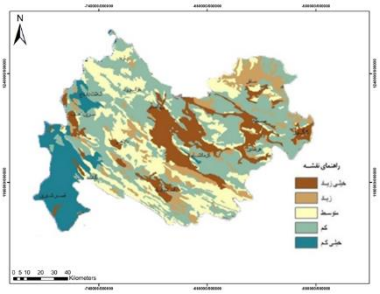
شکل ٦: نقشه میزان بارش



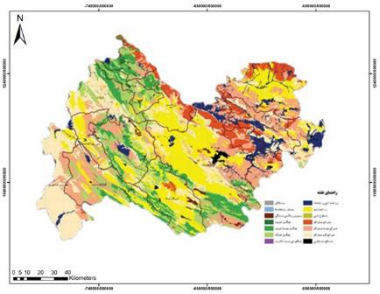
شکل ۷: نقشه ساختار زمین



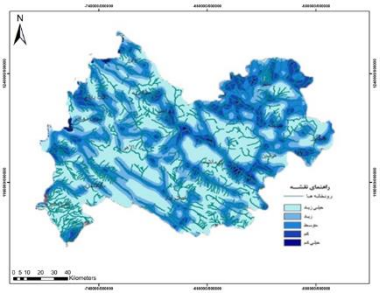
شکل ۸: نقشه پوشش گیاهی



شکل ۹: نقشه فرسایش خاک



شکل ۱۰: نقشه کاربری اراضی



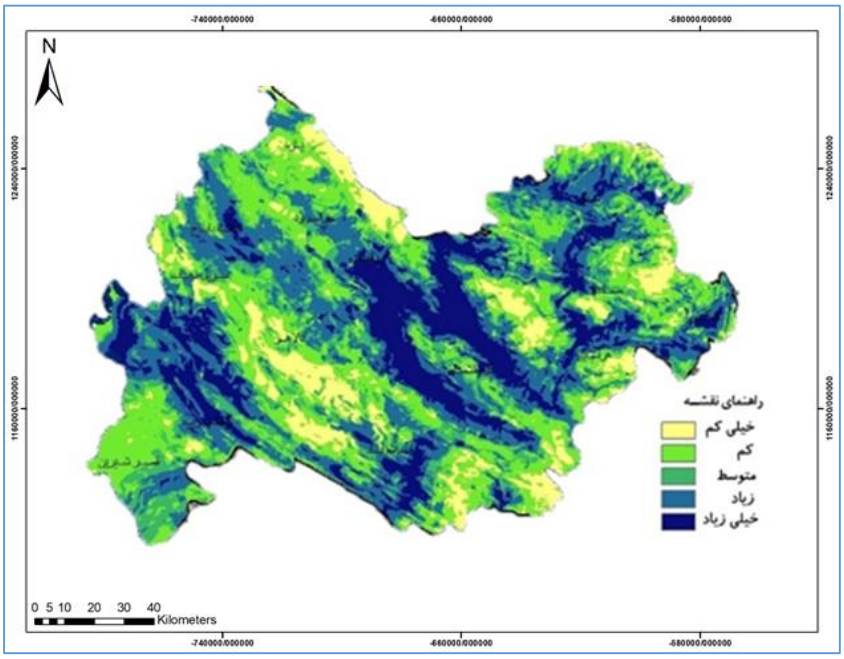
شکل ۱۱: نقشه فاصله از رودخانه

منبع: نویسندگان

با توجه به‌تمامی شاخص‌ها بیان‌شده نقشه تلفیقی بر اساس وزن تهیه شده است که در شکل ۱۲ نشان داده‌شده است. در این راستا با توجه به نقشه وقوع سیل می‌توان گفت نواحی مرکزی استان کرمانشاه وضعیت وقوع خطر سیل بیشتری نسبت به نواحی دیگر دارد. همچنین نواحی شمال غربی به سمت جنوب به دلیل پوشش گیاهی مناسب کمترین میزان وقوع سیل را داشته است. همچنین شهر کرمانشاه به‌عنوان مرکز استان نیز در معرض خطر سیل خیلی زیاد قرار دارد. لایه‌های مختلف مرتبط با آب‌های جاری، دما و بارش، عوارض زمین و خاک را باید روی‌هم قرار داده و به هرکدام از لایه‌ها وزن دهی می‌کنیم تا به نقشهٔ احتمال وقوع مخاطرهٔ سیل برسیم. بیشترین مناطقی که احتمال وقوع سیل در آن‌ها زیاد است شامل زمین‌های اطراف مسیل‌ها، دره‌هایی با رودخانه‌های دائمی و فصلی با پوشش گیاهی کم و فرسایش زیاد می‌شوند.

همان‌طور که در نقشه مخاطره مشاهده می‌شود، (شکل ۱۲)این نقشه دارای ۵ پهنه احتمال وقوع سیل ناشی از بارش است که این پهنه‌ها عبارت‌اند از احتمال وقوع خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم. از خروجی‌های نقشه نهایی احتمال

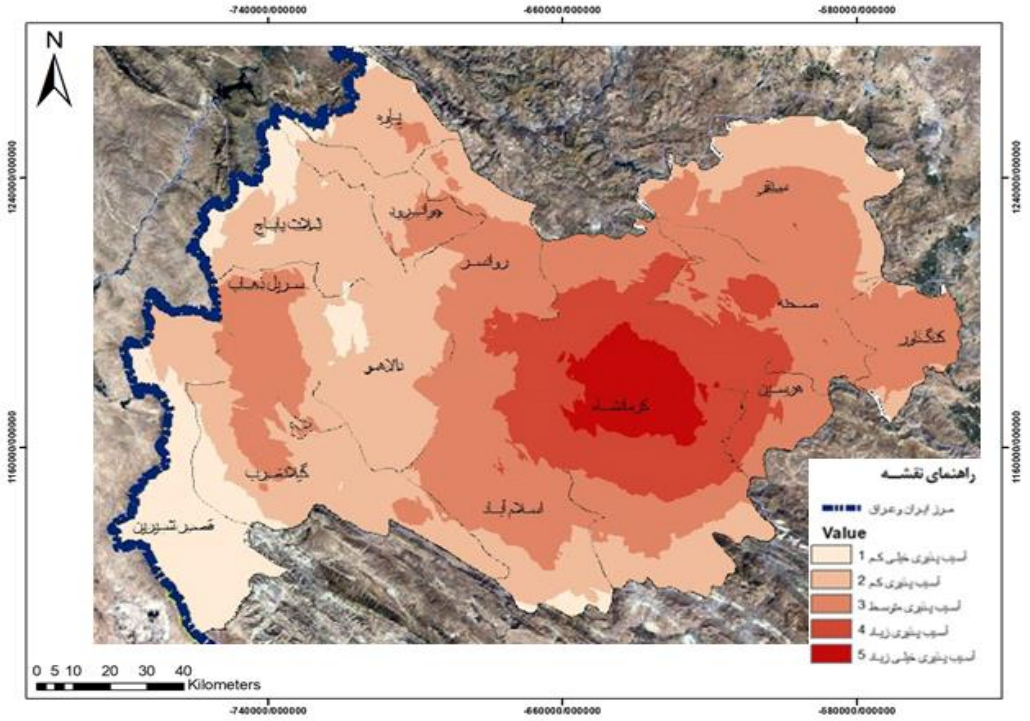
و شدت وقوع سیل ناشی از بارش، نتایج نشان می‌دهد که از ۲۵۰۴۵ کیلومترمربع از کل مساحت استان کرمانشاه، ۴۹۲۶ کیلومترمربع در طبقه آسیب‌پذیری بسیار زیاد، ۴۷۸۰ کیلومترمربع در طبقه آسیب‌پذیری زیاد، ۲۱۵۶ کیلومترمربع در طبقه آسیب‌پذیری متوسط، ۹۸۳۱ کیلومترمربع در طبقه آسیب‌پذیری کم و ۳۳۵۲ کیلومترمربع در طبقه آسیب‌پذیری خیلی کم قرار دارد. همان‌گونه که نقشه مخاطره نشان می‌دهد احتمال وقوع سیل ناشی از بارش در شهرستان‌های کرمانشاه، روانسر، گیلان غرب و سرپل ذهاب این احتمال، زیاد و بسیار زیاد و از طرف دیگر در شهرستان‌های پاوه، جوانرود، دالاهو، قصر شیرین و هرسین کم و خیلی کم ارزیابی می‌شود. همچنین در شهرستان‌های صحنه، ثلاث باباجانی، کنگاور، سنقر و اسلام‌آباد غرب احتمال وقوع سیل ناشی از بارش، متوسط گزارش می‌شود.



شکل ۱۲: نقشه پهنه‌بندی وقوع سیل (مخاطره) در استان کرمانشاه (منبع: نویسندگان)

تحلیل نقشهٔ آسیب‌پذیری استان کرمانشاه

با روی‌هم انداختن لایه‌های مختلف زیرساخت‌ها و مراکز مهم فعالیتی و جمعیتی و اعمال وزن دهی به هرکدام از لایه‌ها به نقشهٔ آسیب‌پذیری می‌رسیم که با تمرکز ناحیه بسیار آسیب‌پذیر در محدوده شهر کرمانشاه و روستاهای حومه روبه‌رو می‌شویم. شهرهای پرجمعیت نیز به‌واسطهٔ زیرساخت‌هایی که در خود جای‌داده‌اند آسیب‌پذیری زیادی دارند. و البته با شعاعی از مرکز استان نیز آسیب‌پذیری نسبتاً بالایی دارند. بخش‌هایی از مناطق غربی دارای کمترین آسیب‌پذیری می‌باشند.(شکل۱۳)

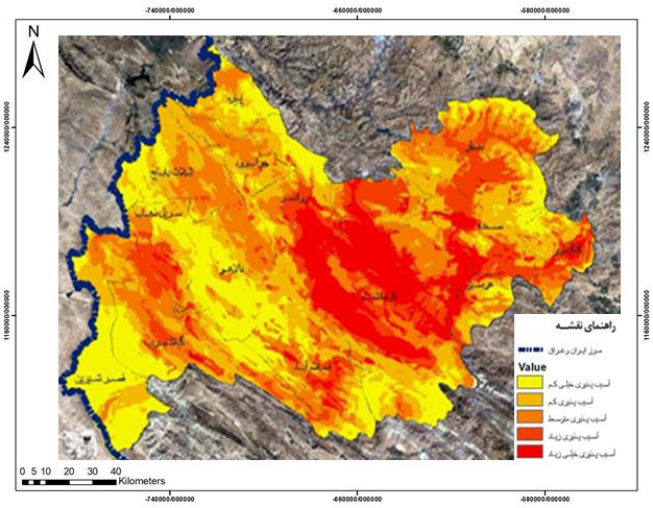


شکل ۱۳: نقشه آسیب‌پذیری خطر سیل استان کرمانشاه (منبع: نویسندگان)

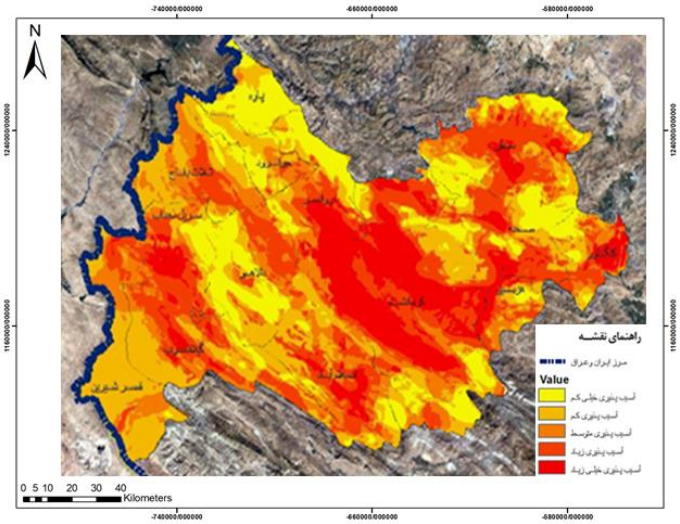
تحلیل نقشهٔ بحران حاصل از وقوع سیل در استان کرمانشاه

در شکل شماره ۱۴ نقشه مدل بحران حاصل از سیل در دره‌ها را نشان می‌دهد که طبق نقشه، شهرستان‌های صحنه، هرسین و کرمانشاه در وضعیت نامطلوبی به سر می‌برد. در شکل ۱۵ مدل بحرانی حاصل از سیل در دشت‌ها را نشان می‌دهد که شهرستان‌های کرمانشاه و گیلان غرب وضعیت نامطلوبی دارند.

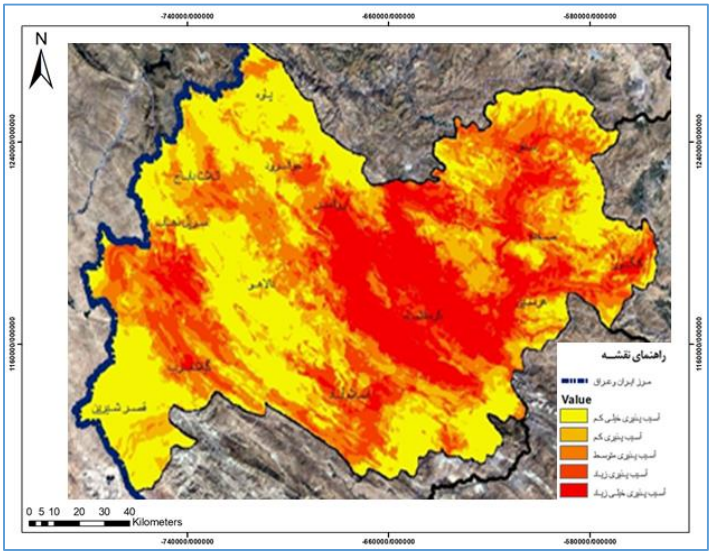
نقشه نهایی مدل بحران ناشی از سیل، نتیجهٔ روی‌هم انداختن نقشهٔ احتمال وقوع مخاطرهٔ سیل در دره‌ها و ارتفاعات استان کرمانشاه و نقشهٔ آسیب‌پذیری استان کرمانشاه و اعمال وزن دهی به هرکدام از لایه‌ها است. محدودهٔ بحرانی تقریباً در مرکز استان و حول محور شهر کرمانشاه قرار دارد، که شامل شهرستان کرمانشاه شده و به‌صورت جزئی‌تر مناطق زیادی از بخش مرکزی و ماهی دشت و مناطق شمالی فیروزآباد دارای شرایط بحرانی زیاد و بسیار زیاد و شرق بخش کوزران و جنوب و جنوب شرقی بخش روانسر درجه بحران بالایی دارند. البته مناطق پراکنده دیگری از استان دارای شرایط بحران می‌باشند از جمله شمال و غرب شهرستان هرسین و به‌صورت ویژه بخش بیستون، همچنین بخش مرکزی سرپل ذهاب و صورت موردی شهرهای میان راهان، صحنه، سنقر، حمیل و اسلام‌آباد دارای درجاتی از بحران هستند.



شکل ۱۴: نقشهٔ بحران حاصل از وقوع سیل (دره‌های سیل‌خیز)



شکل ۱۵: نقشهٔ بحران حاصل از وقوع سیل (دشت‌های سیل‌خیز)



شکل ۱۶: نقشهٔ نهایی بحران حاصل از وقوع سیل (منبع: نویسندگان)

تعیین سناریوها

با توجه به نقشهٔ نهایی بحران،(شکل۱۶) پهنه بحرانی شناخته شده که شهر کرمانشاه و قسمتی از بخش غربی استان را شامل می‌شود. اکنون بر اساس نحوه شکل‌گیری سیل و شدت وقوع مخاطره سه سناریو نوشته می‌شود .سناریوهای نوشته شده بیشتر منطبق بر سیل‌هایی است که در سال‌های اخیر در منطقه رخداده است.

سناریو۱: طغیان رودخانه‌ها و ایجاد سیل در میان چین‌خوردگی‌ها: بارش باران شدید در مدت دو ساعت سبب بالا آمدن ناگهانی سطح آب رودخانه‌ها شده است و به شکلی ویرانگر روستاها و ساختمان‌هایی که در حریم رودخانه ساخته شده‌اند را از بین برده است. همچنین این سیل ویرانگر راه‌های ارتباطی چند روستای استان را تخریب کرده و به دلیل تخریب راه و پل‌های ارتباطی مردم در تأمین آب آشامیدنی و نیازهای اولیه خود دچار مشکل شده‌اند.

سناریو۲: بارش‌های ممتد و غرق کردن دشت‌ها: بارش متناوب باران طی دو روز موجب وارد آمدن خسارت به زیرساخت‌ها و بخش‌های کشاورزی در غرب استان شده است. همچنین پنج روستا بر اثر طغیان رودخانه در محاصره آب قرار گرفت.

سناریو ۳: طغیان رودخانه‌ها در اثر بارش و پس از آن غرقاب شدن دشت‌ها به علت تداوم بارش: این سناریو که سناریوی در نظر گرفته شده برای ادامه پژوهش است، تلفیقی از سناریوی اول و دوم است که با توجه به نقشه بحران بخش‌هایی از چین‌خوردگی‌های مرکز استان و دشت کرمانشاه را شامل می‌شود.

این پژوهش یا هدف شناسایی و پهنه‌بندی خطر سیل در استان کرمانشاه با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شده است. با توجه به اینکه منطقه موردمطالعه جزو اقلیم نیمه‌خشک محسوب می‌شود و در فصول پربارش به دلیل توپوگرافی دامنه و وجود مسیل‌های عبور جریان آب، امکان جذب و پذیرش حجم قابل توجهی از رواناب حاصل نمی‌شود. بنابراین در بازه‌های زمانی کوتاه از دوران بارندگی امکان وقوع سیلاب وجود دارد؛ همچنین خروجی تحلیل‌های پژوهش نشان می‌دهد که وقوع سیل و آسیب‌پذیری ناشی از آن برآیند عوامل طبیعی و انسانی است که بر این اساس نقشه پهنه‌بندی سیل، آسیب‌پذیری و نقشه بحران سیل ارائه شده، می‌توان اقدامات مدیریتی مناسبی را برای کاهش خسارت‌ها و تلفات ناشی از وقوع سیل برای استان کرمانشاه انجام داد. دستیابی به یک نقشه مکانی دقیق و معقول می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان منطقه‌ای در شناسایی مناطق آسیب‌پذیر و بحرانی برای مدیریت بحران ناشی از سیل کمک بسزایی کند. این سه نقشه به مدیریت غیر سازه‌ای سیل کمک می‌کند و این امکان را می‌دهند تا بخش‌های امن‌تر از نظر سیل‌خیزی را برای توسعه انتخاب کنند.

جدول ۳: اهداف، راهبردها و سیاست‌ها کاهش آسیب‌پذیری سیل در استان کرمانشاه

هدف کلان	کاهش آسیب‌پذیری و به حداقل رساندن احتمال و شدت وقوع سیل ناشی از بارش در سطح استان کرمانشاه	
اهداف خرد	**عوامل اقلیمی و طبیعی**	فراهم آوردن بستر خاکی مناسب (خاک نفوذپذیر) در محدوده منطقه داشتن جنگل‌ها، باغات، مراتع و پوشش گیاهی متراکم و مناسب داشتن رودهایی با حداقل احتمال جاری شدن سیل ناشی از بارش داشتن منطقه‌ای با حداقل خطر سیل ناشی از بارش
	عوامل کالبدی و انسانی	به حداقل رساندن تلفات انسانی در مقابل وقوع سیل ناشی از بارش ایمنی و کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها در مقابل وقوع سیل ناشی از بارش
راهبردها	**عوامل اقلیمی و طبیعی**	حفظ پوشش گیاهی مناسب در شهرستان‌های پاوه، جوانرود، ثلاث، دالاهو، گیلان غرب با توجه به بارش بسیار کم. تقویت پوشش گیاهی ضعیف در شهرستان‌های قصر شیرین ، روانسر، کرمانشاه، هرسین، صحنه، سنقر و کنگاور با توجه به‌احتمال وقوع سیل ناشی از بارش و با توجه به شیب زیاد در محدوده شمالی استان. ایجاد، توسعه و تقویت پوشش گیاهی به‌ویژه در شهرستان‌های قصر شیرین، روانسر، کرمانشاه، هرسین، صحنه، سنقر و کنگاور با توجه به وجود پوشش گیاهی ضعیف. تثبیت خاک از طریق ایجاد پوشش گیاهی مناسب به‌ویژه در شهرستان‌های پاوه، جوانرود، ثلاث، دالاهو، گیلان غرب با توجه به تراکم رودها. محافظت از پوشش گیاهی متراکم به‌ویژه در شهرستان‌های پاوه، جوانرود، ثلاث، دالاهو، گیلان غرب با توجه به بارش بسیار زیاد . محافظت از پوشش گیاهی متراکم و جلوگیری از چرای بیش از حد دام‌ها به‌ویژه در شهرستان‌های پاوه، جوانرود، ثلاث، دالاهو، گیلان غرب با توجه به آب و هوای مرطوب و نیمه مرطوب در این نواحی. جلوگیری از چرای بیش از حد دام‌ها در محدوده مورد مطالعه (حفظ مراتع) به‌ویژه در شهرستان‌های قصر شیرین ، روانسر، کرمانشاه، هرسین، صحنه، سنقر و کنگاور با توجه به پوشش گیاهی ضعیف و همچنین وجود زمین‌های پست و هموار (سیل گیر).
	عوامل کالبدی و انسانی	جلوگیری از پر شدن مسیل رودخانه‌ها در کلیه شهرستان‌های استان به‌ویژه در محدوده شمالی استان با توجه به شیب زیاد با توجه به تراکم بالای رودها مقاوم‌سازی سدها با توجه به فاصله کم سکونتگاه‌ها با سدها و همچنین احتمال وقوع سیل ناشی از بارش. توجه به نقشه سیل‌خیزی در هنگام مکان‌یابی مراکز مهم و حساس بخصوص در مرکز استان
سیاست‌ها	عوامل اقلیمی و طبیعی	توسعه پوشش گیاهی از طریق توسعه جنگل‌داری، باغداری و کشاورزی در شهرستان‌های قصر شیرین ، روانسر، کرمانشاه، هرسین، صحنه، سنقر و کنگاور توسعه جنگل‌داری، و مدیریت کشاورزی و باغداری به‌ویژه در شهرستان‌های قصر شیرین ، روانسر، کرمانشاه، هرسین، صحنه، سنقر و کنگاور با توجه به پوشش گیاهی ضعیف .
	عوامل کالبدی و انسانی	مقاوم‌سازی سدها عدم دخل و تصرف و دست نبردن در مسیر طبیعی رودخانه‌ها رسوب‌زدایی مسیل رودخانه‌ها ایجاد و احداث سیل‌گیرها و خاک‌ریزها در حریم رودخانه‌ها

منبع: نویسندگان

نتیجه‌گیری

معیارهای مؤثر بر آسیب‌پذیری ناشی از سیل در این پژوهش شامل شیب، توپوگرافی استان، تراکم شبکه زهکشی، بارش، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، فرسایش خاک، کاربری اراضی و فاصله از رودخانه بوده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد نواحی مرکزی و غربی استان بخصوص مرکز استان، شهرستان کرمانشاه از پتانسیل سیل‌خیزی بالای دارد و نواحی شمال غربی به سمت جنوب آسیب‌پذیری کمتری دارد، که با نتایج پژوهش خالدی و همکاران (۱۴۰۰) همسویی دارد. نتایج نشان می‌دهد که از ۲۵۰۴۵ کیلومترمربع از کل مساحت استان کرمانشاه، ۶۰۱۵ کیلومترمربع در طبقه آسیب‌پذیری بسیار زیاد، ۳۹۶۴ کیلومترمربع در طبقه آسیب‌پذیری زیاد، ۲۹۱۰ کیلومترمربع در طبقه آسیب‌پذیری متوسط، ۷۶۷۸ کیلومترمربع در طبقه آسیب‌پذیری کم و ۴۴۷۸ کیلومترمربع در طبقه آسیب‌پذیری خیلی کم قرار دارد. در واقع مشکل آسیب‌پذیری ناشی از سیل، ساخته دست بشر و ناشی از عدم شناخت درست رفتار رودخانه در شرایط سیلابی و هدم رعایت کاربری اصولی است. در واقع دشت‌های سیلابی بخشی از خود رودخانه است که بعد از گذر زمان خشک شده‌اند و این مناطق در زندگی اقتصادی ساکنان منطقه اهمیت بسزایی داشته و بنابراین جهت تضمین حفظ زندگی و سرمایه‌های موجود لازم است که رودخانه در ترازهای مشخصی نگه داشته شود و یا اینکه مانع از پیشروی و توسعه در مناطق حساس گردد. نتایج این پژوهش با نتایج محمد دوست و شمس نیا (۱۴۰۲) و خدایی و زندی (۱۴۰۱) مبنی بر وسعت زیاد آسیب‌پذیری خطر سیل همسو بوده است. در این پژوهش از بین عوامل مؤثر در ایجاد سیل در استان کرمانشاه، سه عامل شیب، پوشش گیاهی و فاصله از رودخانه بیشترین تأثیر را در ایجاد خطر سیل دارند که با نتایج مطالعات خالدی و همکاران (۱۴۰۰) و سعیدی مفرد و آسیایی (۱۳۹۹) همخوانی دارد. به‌علاوه عوامل بارندگی، کاربری و زهکشی اراضی نیز در پتانسیل وقوع مدنظر قرار گرفت که این موضوع با نتایج پژوهش‌های خدایی و زندی (۱۴۰۱) همسویی دارد. همچنین در این پژوهش از روش تحلیل سلسله مراتبی که در تحقیقات گودرزی و فاتحی فر (۱۳۹۸)، رجبی و دیگران (۱۳۹۷) و پاتان و دیگران (۲۰۲۲) نیز مورد قرار گرفته است، نشان می‌دهد که این روش تصمیم‌گیری کارایی بالا و مناسبی در وزن دهی به عوامل مورد بررسی دارد. همچنین نقشه مدل بحران ناشی از سیل نشان می‌دهد استان کرمانشاه دارای پنج پهنه خطر سیل بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم است. نتایج نشان می‌دهد که ۲۷ درصد از استان کرمانشاه در پهنه خطر زیاد، ۱۹ درصد در پهنه خطر زیاد، ۱۳ درصد متوسط، ۱۶ درصد خطر کم و ۲۴ درصد در پهنه خطر بسیار کم قرار دارند. شهرستان و شهر کرمانشاه به دلیل تراکم جمعیت، تجمع زیرساخت‌ها و تأسیسات که آسیب‌پذیری بالاتری نسبت به سایر نواحی استان کرمانشاه دارد. نتایج مدل نهایی بحران نشان می‌دهد که شهرستان‌های کرمانشاه، سرپل ذهاب، هرسین، روانسر در وضعیت بحرانی حاصل از وقوع سیل هستند.

در این پژوهش پس از شناسایی و تشخیص معیارهای مؤثر در پهنه‌بندی خطر سیل در استان، انتخاب عوامل مؤثر بر بروز سیلاب، تعیین وزن شاخص‌ها، ورود عوامل و وزن دهی در سیستم تحلیل و تصمیم‌گیری چند معیاره، پردازش داده‌ها و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی با یکدیگر، نقشه نهایی مدل بحران ناشی از سیل که نتیجهٔ روی‌هم انداختن نقشهٔ احتمال

وقوع مخاطرهٔ سیل در دره‌ها و ارتفاعات استان کرمانشاه و نقشهٔ آسیب‌پذیری استان کرمانشاه و اعمال وزن دهی به هرکدام از لایه‌ها است به دست آمد، سپس سناریوها شامل: ۱) طغیان رودخانه‌ها و ایجاد سیل در میان چین‌خوردگی‌ها، ۲) بارش‌های ممتد و غرق شدن دشت‌ها و ۳) طغیان رودخانه‌ها در اثر بارش و پس از آن غرقاب شدن دشت‌ها به علت تداوم بارش تعیین شدند. در پایان نتایج پژوهش نشان می‌دهد که معیارهای کاربری اراضی، پوشش گیاهی، شیب و فاصله از رودخانه از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در وقوع سیل هستند. مناطق کوهستانی مستعد خطر سیل‌خیزی و مناطق دشتی و جلگه‌ای مناطق مستعد سیل گیری هستند. مناطق شهری به دلیل انباشت جمعیت، سرمایه‌ها، زیرساخت‌ها و امکانات آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به روستا دارند. در نتیجه مناطق شهری در ارتفاعات و مناطق پست و جلگه‌ای دارای خطر وقوع سیل بیشتری هستند.

منابع

۱. خاکی، ویدا و طولابی، رضا. (۱۴۰۱). تاریخچه سیل در ایران و بررسی روش‌های پیشگیری از آن (نمونه موردی؛ سیل شیراز). دومین کنفرانس بین‌المللی معماری، عمران، شهرسازی، محیطزیست و افق‌های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب. تبریز. https://civilica.com/doc/1613297/

۲. خالدی، شهریار؛ فرهمند، قاسم و علی بخشی، افسانه. (۱۴۰۰). تحلیل و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مخاطرات طبیعی (سیل و زلزله) ژئومورفولوژیکی استان کرمانشاه. فصل‌نامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای, ۲(۱), ۱۷-۳۶. https://www.srds.ir/article_132471.html

۳. خدائی، علی و زندی، رحمان. (۱۴۰۱). پهنه‌بندی خطر وقوع سیل بر اساس تصمیم‌گیری چند معیاره و مدل شبکه عصبی، مطالعه موردی: حوزه آبخیز خدا آفرین. مهندسی و مدیریت آبخیز, ۱۴(۴), ۵۴۹-۵۶۲. Doi: 10.22092/ijwmse.2022.357041.19

۴. رجبی زاده، یوسف؛ ایوب زاده، سید علی و قمشی، مهدی. (۱۳۹۸). بررسی سیل استان خوزستان طی سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ارائهٔ راه‌کارهای کنترل و مدیریت آن در آینده. اکوهیدرولوژی, ۶(۴), ۱۰۶۹-۱۰۸۴. Doi: 10.22059/ije.2020.285854.1166

۵. رجبی، معصومه؛ حجازی، میر اسدا...؛ روستایی، شهرام و عالی، نگین. (۱۳۹۷). پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مخاطرات طبیعی و ژئومورفولوژیکی سکونتگاه‌های روستایی شهرستان سقز(مطالعه موردی سیل و زلزله). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی, ۷(۲), ۱۸۳-۱۹۵. Doi: 20.1001.1.22519424.1397.7.2.10.6.

۶. سعیدی مفرد، ساناز و آسیایی, مهدی. (۱۳۹۹). پهنه‌بندی خطر وقوع سیل در شهرستان سبزوار با استفاده از منطق فازی. فصل‌نامه برنامه‌ریزی توسعه شهری و منطقه‌ای, ۵(۱۵), ۲۷-۴۹. Doi: 10.22054/urdp.2021.61580.1348

۷. سلیمانی، کریم و درویشی، شادمان. (۱۳۹۹). پهنه‌بندی و پایش خطر سیل بهار ۱۳۹۸ خوزستان با استفاده از داده‌های لندست-۸. اکوهیدرولوژی, ۷(۳), ۶۴۷-۶۶۲. Doi: 10.22059/ije.2020.302703.1333

۸. شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه، (۱۴۰۱)، اطلاعات آماری استان کرمانشاه. https://www.kshrw.ir/st/19

۹. صالحی، اسماعیل؛ رفیعی، یوسف؛ فرزاد بهتاش، محمدرضا و آقا بابایی، محمدتقی. (۱۳۹۲). پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: تهران). محیط‌شناسی، ۳۹(۳ (پیاپی ۶۷))، ۱۷۹-۱۸۸. SID. https://sid.ir/paper/396893/fa

۱۰. طاهر، سیده محدثه و مساعدی، ابوالفضل. (۱۴۰۲). مروری بر راهبردهای مدیریت ریسک سیل و چالش‌های قانونی و عملی. آب و توسعه پایدار, ۱۰(۳), ۳۵-۵۰. Doi: 10.22067/jwsd.v10i3.2309-127

۱۱. قربان زاده، محدثه؛ آذرخشی، مریم؛ مساعدی، ابوالفضل و رستمی خلج، محمد. (۱۳۹۶). بررسی کارایی روش AHP در تعیین مناطق مستعد خطر سیلاب شهری (مطالعهٔ موردی: بخش مرکزی شهر تربت‌حیدریه). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی۴۹(۴)؛ ۶۴۵-۶۵۶ Doi: 10.22059/jphgr.2018.231371.1007037

۱۲. قهرودی تالی، منیژه؛ ثروتی، محمدرضا؛ صرافی، مظفر؛ پور موسوی، موسی؛ درفشی، خه‌بات. (۱۳۹۱). ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران. فصل‌نامه علمی پژوهشی امداد و نجات. ۴ (۳)، ۷۹- ۹۲ https://sid.ir/paper/190916/fa

۱۳. کوزه‌گر کالجی، لطفعلی؛ رحمتی، نورالدین و اسماعیل‌زاده کواکی, علی. (۱۴۰۱). تحلیل فضایی آسیب‌پذیری کاربری‌های اراضی در برابر سیلاب(مطالعه موردی: شهر راز، استان خراسان شمالی). توسعه پایدار محیط جغرافیایی, ۴(۶), ۱۴۴-۱۵۷. D: 10.52547/sdge.4.6.144

۱۴. گودرزی، محمدرضا و فاتحی‌فر، آتیه. (۱۳۹۸). پهنه‌بندی خطر سیلاب در اثر تغییرات اقلیمی تحت سناریو RCP۸،۵ با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT در محیط Gis (حوضه آذرشهر چای). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۱۹ (۵۳) ۹۹-۱۱۷: http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3056-fa.html

۱۵. محمد دوست، عادل و شمس نیا، سید امیر. (۱۴۰۲). شناسایی و پهنه‌بندی مناطق سیل‌خیز با استفاده از GIS-AHP (مطالعه موردی: شهرستان دیر، استان بوشهر). جغرافیا و مطالعات شهری و منطقه‌ای, ۱۲(۴۷), ۱۵۲-۱۶۷. Dor: 20.1001.1.20087845.1402.12.47.9.5.

۱۶. محمدی استادکلایه، امین؛ مساعدی، ابوالفضل و علاقه‌مند، سینا. (۱۳۸۶). بررسی اثرات سیل مرداد ۱۳۸۰ شرق گلستان بر مورفولوژی رودخانه مادر سو. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴، ۹-۱۷. https://sid.ir/paper/8980/fa.

۱۷. مختاری هشی، حسین و رحیمی، داریوش. (۱۳۹۵). پهنه‌بندی خطر سیل در مراکز انسانی و اقتصادی استان خراسان جنوبی با استفاده از منطق فازی. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی, ۲۷(۱), ۱۹۹-۲۱۶. Doi: 10.22108/gep.2016.21366

18. Australian Bureau Of Meteorology (Bom). Understanding Floods; Australian Government Bureau Of Meteorology. Available Online: Http://Www.Bom.Gov.Au/Australia/Flood/Knowledgecentre/Understanding.Shtml (Accessed On 2024.)
19. Bates, P. D., Quinn, N., Sampson, C., Smith, A., Wing, O., Sosa, J., & Krajewski, W. F. (2021). Combined Modeling Of US Fluvial, Pluvial, And Coastal Flood Hazard Under Current And Future Climates. Water Resources Research, 57(2), E2020wr028673.
20. Billi, P., Alemu, Y.T. & Ciampalini, R. Increased Frequency Of Flash Floods In Dire Dawa, Ethiopia: Change In Rainfall Intensity Or Human Impact? Nat Hazards 76, 1373–1394 (2015). Https://Doi.Org/10.1007/S11069-014-1554-0
21. Chen Y, Wang D, Zhang L, Guo H, Ma J, Gao W. Flood Risk Assessment Of Wuhan, China, Using A Multi-Criteria Analysis Model With The Improved AHP-Entropy Method. Environ Sci Pollut Res Int. 2023 Sep; 30(42):96001-96018. Doi: 10.1007/S11356-023-29066-8. Epub 2023 Aug 10. PMID: 37561303. Https://Pubmed.Ncbi.Nlm.Nih.Gov/37561303/
22. Courty, L., Rico-Ramirez, M., Pedrozo-Acuna, ˜ A., (2018). The Significance Of The Spatial Variability Of Rainfall On The Numerical Simulation Of Urban Floods. Water 10, 207, Https://Doi.Org/10.3390/W10020207
23. CRED (2012) Disaster Data: A Balanced Perspective, Report 299. Centre For Research On The Epidemiology Of Disasters.

Http://Cred.Epid.Ucl.Ac.Be/F/Credcrunch29.Pdf.

24. Darabi, H., Haghighi, A.T., Mohamadi, M.A., Rashidpour, M., Ziegler, A.D.,Hekmatzadeh, A.A., Kløve, B., (2020). Urban Flood Risk Mapping Using Data-Driven Geospatial Techniques For A Flood-Prone Case Area In Iran. Nord. Hydrol 51 (1), 127–142. Https://Doi.Org/10.2166/Nh.2019.090.
25. Eini, M., Kaboli, H.S., Rashidian, M. And Hedayat, H., (2020). Hazard And Vulnerability In Urban Flood Risk Mapping: Machine Learning Techniques And Considering The Role Of Urban Districts. International Journal Of Disaster Risk Reduction, 50, 101687. Https://Doi.Org/10.1016/J.Ijdrr.2020.1016 87.
26. European Commission (EC), (2007). Directive 2007/60/EC Of The European Parliament And Of The Council Of 23 October, 2007 On The Assessment And Management Of Flood Risks. Off. J. Eur. Union L288, 27–34.
27. Haynes K, 2017, 'An Analysis Of Building Losses And Human Fatalities From Natural Disasters', Reported In '*Where, Why And How Are Australians Dying In Floods?*', Accessed 27 August 2020.
28. Lu, F., Song, X., Xiao, W., Zhu, K., & Xie, Z. (2020). Detecting The Impact Of Climate And Reservoirs On Extreme Floods Using No Stationary Frequency Models. Stochastic Environmental Research And Risk Assessment, 34, 169-182.
29. Manning, J.G., Ludlow, F., Stine, A.R. Et Al. Volcanic Suppression Of Nile Summer Flooding Triggers Revolt And Constrains Interstate Conflict In Ancient Egypt. Nat Commun 8, 900 (2017). Https://Doi.Org/10.1038/S41467-017-00957-Y
30. Mishra, K., & Sinha, R. (2020). Flood Risk Assessment In The Kosimegafan UsingMulti-Criteria Decision Analysis: A Hydro-Geomorphic Approach. Geomorphology, 350, 106861. Https://Doi.Org/10.1016/J.Geomorph.2019.106861
31. Pathan, A. I., Girish Agnihotri, P., Said, S., & Patel, D. (2022). AHP And TOPSIS Based Flood Risk Assessment- A Case Study Of The Navsari City, Gujarat, India. Environmental Monitoring And Assessment, 194(7), 509. Https://Doi.Org/10.1007/S10661-022-10111-X
32. Preeti Ramkar & Sanjay kumar M. Yadav, (2021). "Flood Risk Index In Data-Scarce River Basins Using The AHP And GIS Approach," Natural Hazards: Journal Of The International Society For The Prevention And Mitigation Of Natural Hazards, Springer; International Society For The Prevention And Mitigation Of Natural Hazards, Vol. 109(1), Pages 1119-1140, October. DOI: 10.1007/S11069-021-04871-X
33. Ramkar, P., & Yadav, S. M. (2021). Flood Risk Index In Data-Scarce River Basins Using The AHP And GIS Approach. Natural Hazards, 109(1), 1119-1140.
34. Supratman, M., Kusuma, M. S. B., Cahyono, M., & Kuntoro, A. A. (2024). Flood Risk Assessment Of Kemang Area As A Central Business In South Jakarta. In E3S Web Of Conferences (Vol. 479, P. 03003). EDP Sciences. DOI: *10.1051/E3sconf/202447903003*
35. UNISDR, CRED, (2015). The Human Cost Of Weather-Related Disasters 1995-2015, UNISDR Mishra, K., & Sinha, R. (2019). Flood Risk Assessment In The Kosi Megafan Using Multi-Criteria Decision Analysis: A Hydro-Geomorphic Approach. Geomorphology, 106861. Doi:10.1016/J.Geomorph.2019.106861
36. Wallemacq, P ., Guha-Sapir, D ., & Mcclean, D (2015). The Human Cost Of Natural Disasters - A Global Perspective.

37. Zeleňáková, M., Fijko, R., Labant, S., Weiss, E., Markovič, G., Weiss, R. (2019): Flood Risk Modelling Of The Slatvinec Stream In Kružlov Village, Slovakia. Journal Of Cleaner Production 212, 109–118. Https://Doi.Org/10.1016/J.Jclepro.2018.12.008
38. Zhang, K., Shalehy, M. H., Ezaz, G. T., Chakraborty, A., Mohib, K. M., & Liu, L. (2022). An Integrated Flood Risk Assessment Approach Based On Coupled Hydrological-Hydraulic Modeling And Bottom-Up Hazard Vulnerability Analysis. Environmental Modelling & Software, 148, 105279.
Https://Doi.Org/10.1016/J.Envsoft.2021.105279.