

## ارزیابی و پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری اماکن مرزبانی منطقه خوزستان از

### مخاطره سیلاب

وحید بارانی پسیان<sup>۱</sup>، علی حنفی<sup>۲</sup>، سیدعلی عبادی‌نژاد<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶

از صفحه ۱۴۷ تا ۱۷۶

پژوهشنامه جغرافیای انتظامی

سال هشتم، شماره سی‌ودوم، زمستان ۱۳۹۹

#### چکیده

مخاطرات محیطی مانند سیلاب، زلزله و خشک‌سالی از عوامل تأثیرگذار در جوامع بشری هستند و از بلاهای عمده و مهم قلمداد می‌شوند. کشور ایران و به‌ویژه مناطق مرزی در منطقه خوزستان به علت توزیع نامناسب بارش به لحاظ پراکنش مکانی و زمانی، شدت و حجم بارش‌ها، کمبود پوشش گیاهی، عدم وجود بندها و سدهای خشک‌چین و مسیل‌های متعدد، همواره در معرض خطر سیل قرار دارند. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی و پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری اماکن و پاسگاه‌های یگان‌های مرزبانی استان خوزستان از مخاطره سیلاب و شناسایی نقاط مطلوب در این خصوص است. در پژوهش حاضر پس از شناسایی عوامل مؤثر در وقوع سیلاب در منطقه خوزستان، لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS ایجاد شد و در ادامه با استفاده از روش‌های تحلیل فازی و سلسله مراتبی، لایه‌های موجود، استانداردسازی و بر اساس مدل‌های همپوشانی، نقشه نهایی سیلاب در استان خوزستان تهیه شد. برای دسترسی به اطلاعات رقومی از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس (۱:۵۰۰۰۰) سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و نقشه کاربری اراضی با مقیاس (۱:۱۰۰۰۰۰) سازمان جنگل‌ها و مراتع استفاده شده است. نتایج حاصل از ارزیابی میزان آسیب‌پذیری اماکن مرزبانی از مخاطره سیلاب نشان داد که در بخش شمالی مرز (از دویرج تا طلائیة) در بین اماکن مرزبانی موجود در منطقه، (۵) نقطه از اماکن مرزبانی در ناحیه با آسیب‌پذیری خیلی‌کم، (۱۵) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری کم، (۱۱) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری متوسط، (۲) نقطه از اماکن ناحیه با آسیب‌پذیری زیاد و (۱) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد از لحاظ مخاطره سیلاب قرار دارند. در بخش جنوبی مرز (از طلائیة تا دهانه اروندرود) در بین اماکن مرزبانی موجود، (۱۲) نقطه از اماکن مرزبانی در ناحیه با آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد، (۱۵) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری زیاد، (۶) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری متوسط، (۱) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری کم و (۱) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری خیلی‌کم از لحاظ مخاطره سیلاب قرار دارند.

**کلیدواژه‌ها:** اماکن مرزبانی، مخاطره سیلاب، منطقه خوزستان، آسیب‌پذیری، پهنه‌بندی.

۱- استادیار گروه جغرافیای دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران، (نویسنده مسئول)، barani.vahid@yahoo.com

۲- استادیار گروه جغرافیای دانشگاه امام علی (ع)، تهران، ایران.

۳- دانشیار گروه جغرافیای دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران.

## بیان مسئله

آمایش سرزمین مجموعه‌ای از دانش‌ها، فنون، اصول، سیاست‌ها، برنامه‌ها، اقدامات و عملیات هماهنگ و منسجمی است که برای سامان‌دهی و نظم بخشیدن به فضاها و مکان‌های زیستی و جغرافیایی به کار گرفته می‌شود. آمایش سرزمین در مفهوم کلی دانشی است که در زمینه سازمان‌دهی فضاها و مکان‌های جغرافیایی از منظر شرایط مختلف طبیعی شامل اقلیم و آب‌وهوا، ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی، حیات گیاهی و جانوری، مخاطرات طبیعی (نظیر سیلاب‌ها و زمین‌لرزه‌ها) و... و نیز شرایط انسانی از قبیل ابعاد اجتماعی و جمعیتی، ابعاد اقتصادی، ابعاد فرهنگی، مخاطرات انسانی و ... به بحث و بررسی می‌پردازد. همچنین آمایش سرزمین در بعدی دیگر به بررسی مسائل و چالش‌های امنیتی و سیاسی نیز می‌پردازد. مخاطرات طبیعی و انسانی از مؤلفه‌هایی است که در ابتدای تصمیم‌گیری در آمایش سرزمین باید به آن پرداخت زیرا استفاده مؤثر از توان اکولوژیکی بالفعل و بالقوه یک محیط بستگی به آن‌ها دارد. (پالایش، ۱۳۹۴-۱۳۹۸، ص ۱). در الگوهای مدیریتی نظام سرزمینی، مدیریت محیط و ارائه الگوها و راهبردهای آن مقوله‌ای است که از مهم‌ترین سرفصل‌های الگوها را به خود اختصاص می‌دهد. از آنجاکه تعامل میان سیستم‌های انسانی و محیطی، در صورت فقدان مدیریت، ممکن است در برخی موارد با چالش‌ها و ناسازگاری‌هایی همراه شود و پدیده‌های آن به صورت مخاطره جلوه کند و در این ارتباط می‌تواند مخاطرات محیطی را چالشی تلقی کرد که حاصل ناسازگاری میان فرآیندهای طبیعت زمین با سیستم‌های انسانی است و در نتیجه نتایج متعددی را در رابطه با مسائل محیطی به وجود می‌آورد (اسمیت، ۱۳۸۲، ص ۱۸). مخاطرات محیطی از عوامل تأثیرگذار در جوامع بشری بوده و از بلایای عمده و مهم قلمداد می‌شوند (آنگون و کینکال، ۲۰۱۰). طبق گزارش جهانی برنامه عمران سازمان ملل در مورد خطر بلایای طبیعی، سیلاب همراه با زلزله و خشک‌سالی بالاترین رتبه را از لحاظ خسارت مالی و جانی به همراه دارند (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۸، ص ۱۳۲). بدون شک سیلاب به‌عنوان یک بلای طبیعی شناخته شده است؛ اما در عمل سیلاب هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارات مالی مهیب‌ترین بلای طبیعی در جهان محسوب می‌شود. از سال (۱۹۸۸ تا ۱۹۹۷) حدود (۳۹۰۰۰۰) نفر در اثر بلایای طبیعی در جهان کشته شدند که (۵۸) درصد مربوط به سیلاب بوده

است. خسارات کل در این (۱۰) سال حدود (۷۰۰) میلیارد دلار بوده است که به ترتیب (۳۵) درصد مربوط به سیلاب است (پایزاد، ۱۳۸۱). در این رابطه نکته نگران‌کننده، روند افزایشی تلفات و خسارات سیلاب در جهان در دهه‌های اخیر بوده است. افزایش جمعیت و دارایی‌ها در سیلاب‌دشت‌ها تغییرات هیدرو سیستم‌ها و اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی از دلایل عمده این روند افزایش بوده است. در همین راستا گزارش‌ها حاکی از رشد (۴۰) درصدی سیل در ایران می‌باشد (نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۹۱) و همچنین طبق آمار تهیه‌شده در (۱۳۵۳) سال گذشته بیش از (۱۲) هزار شهروند ایرانی بر اثر سیلاب جان خود را از دست داده‌اند که این امر نشان‌دهنده نیاز به توجه هر چه بیشتر به این مسئله باهدف کنترل و کاهش خسارات ناشی از سیل می‌شود (بزرگمهری و ابراهیمی، ۱۳۸۵). توسعه شهرنشینی به‌ویژه در مناطق مرزی بدون در نظر گرفتن مخاطرات و ملاحظات زیست‌محیطی، بر خسارات سیل در دهه‌های اخیر افزوده است. از این‌رو آگاهی از میزان خطرپذیری مناطق مختلف و توجه به موضوع مدل‌سازی ریسک و مدیریت سیلاب به‌عنوان یکی از محورهای مهم در پرداختن به مسائل آب‌خیزداری با تأکید بر حفاظت محیط‌زیست حائز اهمیت و توجه است. کشور ایران و به‌ویژه مناطق مرزی و کم‌ارتفاعی مانند خوزستان همواره در معرض خطر سیل قرار دارد که از جمله دلایل اصلی این موضوع، بارش‌های نامناسب به لحاظ پراکنش مکانی و زمانی، شدت و حجم بارش‌ها، کمبود پوشش گیاهی در این مناطق، عدم وجود سیستم‌های هشدار در حوضه‌های آب‌خیز، عدم وجود بندها و سدهای خشک‌چین و مسیل‌های متعدد در آن است. به‌عنوان مثال وقوع سیل بهار سال (۱۳۹۸) در استان خوزستان به گفته فرمانده محترم مرزبانی کشور (۴۰) میلیارد تومان به استحکامات و زیرساخت‌های مرزبانی استان خوزستان آسیب رسانده است (سخنرانی سردار رضایی با خبرگزاری مهر، اردیبهشت ۱۳۹۸). همچنین وقوع سیلاب در اسفند (۱۳۹۷) در شهرستان میرجاوه استان سیستان و بلوچستان منجر به شهادت سه تن از نیروی‌های مرزی برجک (۹۳) استان مذکور شد. پژوهش حاضر به دلیل گستردگی و بهره‌گیری از دستاوردهای علوم محیطی دیگر مانند زمین‌شناسی، هواشناسی، هیدرولوژی، تحقیق در عملیات و ... و به سبب استفاده از روش‌های مختلف به لحاظ نوع پژوهش ترکیبی است. بررسی دقیق عوامل محیطی و تأثیرات آن در بروز سیلاب مناطق مختلف با شرایط خاص محیطی و

راهکارهای متناسب با وضعیت منطقه و اصلاح روش‌های مورداستفاده بر اساس نیازهای موجود، این پژوهش را در رده تحقیقات توسعه‌ای قرار می‌دهد. همچنین این پژوهش به دلیل پهنه‌بندی و شناخت مناطق مستعد توسعه و مشخص کردن مناطق با ریسک متفاوت سیلاب و ارائه راهکارهای متناسب با آن‌ها که در برنامه‌ریزی‌های مرتبط با آمایش دفاعی سرزمین مورداستفاده قرار می‌گیرند، این پژوهش را در دسته‌ای تحقیقات کاربردی قرار می‌دهد. طراحی یک سیستم فضایی برای مدل‌سازی و پهنه‌بندی خطر سیلاب می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر در پیش‌بینی و برنامه‌ریزی کاهش آسیب‌های سیلاب در استحکامات و زیرساخت‌های مرزبانی شود؛ بدین منظور این پژوهش به دنبال پاسخگویی به پرسش‌های زیر است:

- آیا می‌توان مناطق ایمن به لحاظ خطر سیل‌خیزی با دوره‌های بازگشت مختلف را برای اماکن مرزبانی استان خوزستان شناسایی کرد؟
- عوامل مؤثر در ایجاد و بروز سیلاب در منطقه خوزستان کدام عوامل هستند؟
- آیا در مکان‌گزینی اماکن یگان‌های مرزبانی، مخاطرات سیلاب مدنظر قرار گرفته است؟

بنابراین بر اساس پرسش‌های مطرح‌شده در بالا، هدف از انجام این پژوهش ارزیابی و پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری اماکن و پاسگاه‌های مرزبانی منطقه خوزستان از مخاطره سیلاب با بهره‌گیری از مدل‌های تحلیل AHP فازی در محیط نرم‌افزار Arc GIS است که می‌تواند در آمایش دفاعی یگان‌های مرزبانی ناجا مورداستفاده قرار گیرد.

### مبانی نظری

عبارت سیل، جریان بسیار زیاد آب که باعث خساراتی می‌شود را در ذهن تداعی می‌کند. یکی از تعاریف جامع واژه سیل را می‌توان به این ترتیب ذکر کرد که هر جریان سطحی صرف‌نظر از عامل ایجادکننده آن، در صورتی سیل تلقی می‌شود که جریان آب در مقطع خاصی از رودخانه بیش از جریان عادی باشد، تداوم زمانی آن محدود باشد، جریان آب از بستر طبیعی خود تجاوز و اراضی پست و حاشیه رودخانه را فراگیرد و خسارت‌های مالی و جانی به همراه داشته باشد (شیخ‌علیشاهی و همکاران، ۱۳۹۵، ص

۷۸). حداکثر سیل محتمل به سیلابی گفته می‌شود که اگر تمام عوامل فیزیکی، هیدرولوژیکی و هواشناسی دست‌به‌دست دهند در یک منطقه امکان وقوع آن وجود داشته باشد. برخی از سازه‌های بزرگ که ریسکی را برای خراب‌شدن آن‌ها نمی‌توان پذیرفت بر اساس PMF طراحی می‌شوند. در واقع PMF سیلی است که نمی‌توان برای آن دوره برگشتی را قائل شد و بنابراین عملاً نباید سیلی بزرگ‌تر از آن در منطقه امکان وقوع داشته باشد. مفهوم پهنه‌بندی سیل بر این استوار است که جلگه سیلابی و کانال رودخانه یک مجموعه واحد بوده و جلگه سیلابی یک قسمت از رودخانه است که بندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد. پهنه‌بندی سیلاب یکی از مراحل حساس در مدیریت رودخانه است. یکی از جدیدترین روش‌ها برای تهیه نقشه پهنه‌بندی سیلاب، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تلفیق آن با مدل‌های هیدرولوژی است. نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در مطالعات مدیریت دشت‌های سیلاب کاربرد وسیعی دارد. از موارد کاربرد این نقشه‌ها می‌توان به تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها، مطالعه و توجیه اقتصادی طرح‌های عمرانی، پیش‌بینی و هشدار سیل، عملیات امدادونجات و بیمه سیل اشاره کرد (شیخ‌علی‌شاهی و همکاران، ۱۳۹۵، ص ۷۸). تمامی نواحی سیلاب‌دشت به قسمت‌هایی با خطرپذیری متفاوت با هدف کنترل کاربری و توسعه اراضی تقسیم می‌شوند. مطالعات زیادی در زمینه پهنه‌بندی سیلاب در سطح کشور و جهان صورت گرفته است که به چند مورد از آن‌ها اشاره شده است.

یانگ و تسای (۲۰۰۰) سیستمی به نام GFIS را برای دشت‌های سیلابی تایوان طراحی کردند که می‌تواند دشت‌های سیلابی در هنگام سیل را شبیه‌سازی کند. این روش دارای منحنی‌های تجربی عمق خسارت است که برای محاسبات خسارت سیل، استفاده می‌شود. پلات (۲۰۰۲) در پژوهش‌های خود با نام «خطر سیل و مدیریت آن»، پهنه‌بندی خطر را به‌عنوان شیوه کاملاً مشخصی برای سامان‌دهی و مدیریت خطرهای ناشی از عوامل طبیعی زیست‌محیطی یا انسانی که از بین آن‌ها سیل نیز بسیار بارزتر است، تعریف کرد. لانگ و موهانتی (۲۰۰۵) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، در منطقه ماهانادی در اوراسیای هندوستان، اقدام به پهنه‌بندی سیلاب کرده و مدیریت سیلاب‌ها بر اساس پهنه‌بندی را به‌منزله یک روش غیرسازه‌ای کنترل سیلاب معرفی و آن را بهینه کردند. مورلی و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی پتانسیل سیل‌خیزی رودخانه

آرنو در ایتالیا از طریق پیمایش الگوی رود در مناطق کویر و بیابان با استفاده از GPS و GIS بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که مناطق با توسعه شهری با اقلیم خشک و کویری بیشتر در معرض ریسک سیلاب قرار دارند. سومیا و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سیل شهری در ساحل جنوب‌غربی هند با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS از طریق ارزیابی چند معیاری پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که در میان مناطق آسیب‌پذیر از لحاظ سیل، مناطق با آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا جمعاً حدود (۸/۶) درصد از مساحت کل شهر را تشکیل می‌دهد. الخراچی (۲۰۱۵) در پژوهشی به شناسایی خطر سیل برق‌آسا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ابزارهای GIS در شهر نجران عربستان سعودی پرداخت. در این پژوهش از روش AHP برای وزن‌دهی به معیارهای (رواناب، نوع خاک، شیب، ناهمواری سطح، تراکم زهکشی و فاصله از کانال و کاربری اراضی) استفاده و در نهایت با همپوشانی لایه‌ها، پهنه‌های سیل‌خیز شناسایی شد. ازمری و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان «شناسایی پهنه‌های سیل‌خیز در حوضه کوچک کوهستانی آچه بسار ریجنسی مالزی» با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و با بررسی پارامترهایی مانند دبی، شیب، شکل حوضه، سدسازی، تراکم، زهکشی، فرسایش، ثبات شیب و حجم مخزن به شناسایی مناطق سیل‌خیز پرداختند.

دادرسی سبزواری و همکاران (۱۳۸۵) نیز در یک بررسی منطقه‌ای بر روی رودخانه‌های خراسان جنوبی عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی حوضه‌ها را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی و تعیین کردند. نتایج پژوهش‌های این محققان نشان داد که (۲۹/۴۳) درصد از سطح حوزه از سیل‌خیزی زیاد و خیلی زیاد برخوردار بوده و تنها (۱۷/۱۹) درصد مساحت را نقاط کم‌خطر تشکیل می‌دهند. لشکری و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به پهنه‌بندی سیلاب رودخانه زرینه‌رود با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS پرداختند. بر اساس پهنه‌های به‌دست‌آمده و انطباق آن با تصاویری ماهواره‌ای به این نتیجه رسیدند که مناطق مسکونی حاشیه رودخانه چندان در معرض خطر سیل نیستند؛ ولی گسترش فعالیت‌های سازه‌ها و کشاورزی در سالیان اخیر باعث محدود شدن حریم رودخانه شده و امکان نفوذ سیل در اراضی اطراف رودخانه بیشتر شده است. پناهی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی به پهنه‌بندی مخاطره سیلاب برای

تعیین حریم رودخانه‌ها در رودخانه گاماسیاب پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که در دوره بازگشت (۲۵) ساله، مساحتی در حدود (۲۳/۸۷) کیلومترمربع و در دوره بازگشت (۱۰۰) ساله مساحتی در حدود (۴۲/۱) کیلومترمربع از اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و مراتع تحت مخاطره سیلاب قرار دارند.

مختاری‌هشی و رحیمی (۱۳۹۵) در پژوهشی به پهنه‌بندی خطر سیل در مراکز انسانی و اقتصادی استان خراسان جنوبی با استفاده از منطق فازی پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که حدود (۳۷) درصد از جمعیت و مراکز اقتصادی و زیرساخت‌های این استان در معرض خطر سیل قرار دارند. حاتمی نژاد و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از تحلیل چندمعیاره و GIS در شهرستان ایذه پرداختند؛ نتایج این پژوهش نشان داد که حدود (۴۳) درصد از شهرستان در پهنه خطر خیلی زیاد، (۱۶/۱۴) درصد در پهنه خطر زیاد، (۱۲/۴۶) درصد در پهنه خطر متوسط، (۱۰/۹۱) درصد در پهنه خطر کم و (۸/۳) درصد خیلی کم از لحاظ سیل‌خیزی قرار دارند. کاظمی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به پهنه‌بندی و مدیریت مخاطرات سیلاب در رودخانه سیمینه‌رود با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS پرداختند. بر اساس نتایج مشاهده شده از پهنه‌های سیل‌گیر می‌توان به این نتیجه رسید که در تمام محدوده با افزایش دوره بازگشت، وسعت اراضی در معرض خطر سیل افزایش می‌یابد. شریفی‌پیچون و پرنون (۱۳۹۷) در پژوهشی به ارزیابی و تحلیل فضایی سیل‌گیری رودخانه قره‌سو با استفاده از منطق فازی در محیط GIS پرداختند و نتایج حاصل نشان داد که بیشترین میزان سیل‌گیری حوضه در بخش‌های شمال‌غربی و بالادست حوضه در حوالی شهر روانسر و همچنین کرمانشاه وجود دارد. راد و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی به پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS در پایین‌دست حوزه آبخیز خرم‌آباد پرداختند. نتایج حاصل از پهنه‌بندی نشان داد که پهنه سیل مربوط به دبی با دوره بازگشت دوساله با (۱۴۵) مترمکعب بر ثانیه مساحتی برابر با (۸/۶) کیلومترمربع و پهنه سیل مربوط به دبی با دوره بازگشت (۱۰۰) ساله با (۵۵۳) مترمکعب بر ثانیه مساحتی برابر با (۱۰) کیلومترمربع در منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. محمودزاده و باکویی (۱۳۹۷) در پژوهشی به پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از تحلیل فازی در شهر ساری پرداختند و نتایج حاصل نشان داد که خطر سیل در مرکز

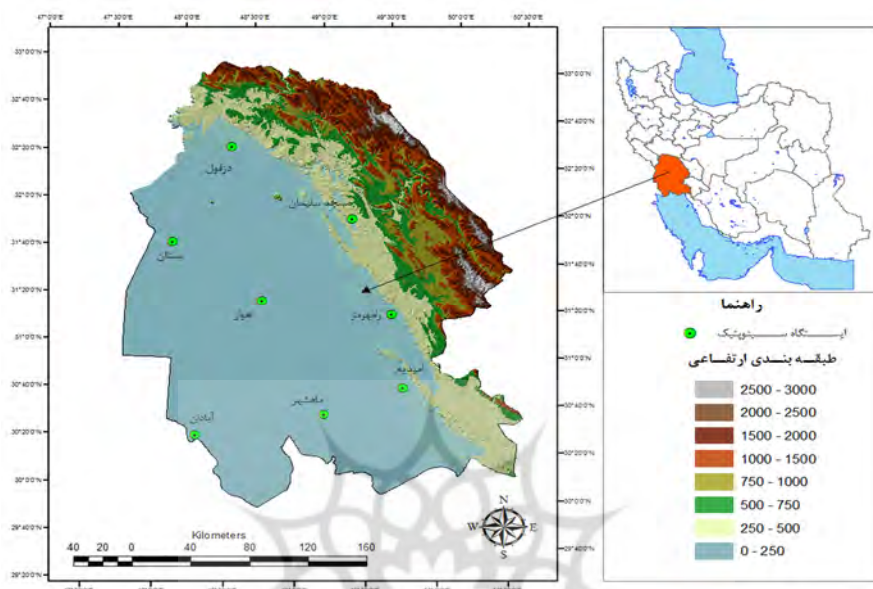
و جنوب شهر از بیشترین مقدار برخوردار است. قبادی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به ارزیابی و پهنه‌بندی ریسک سیلاب سکونتگاه‌های انسانی در راستای توسعه پایدار با بهره‌گیری از AHP فازی در محیط GIS برای منطقه آبعلی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که از مجموع کل مساحت منطقه مطالعاتی، حدود (۱۷۸۸) هکتار در ریسک بالای سیلاب قرار دارند. عابدینی و فتحی (۱۳۹۴) در پژوهشی به پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه در حوضه آب خیز خیاوچای پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بیش از (۱۵) درصد از حوضه تحت تأثیر خطر وقوع سیلاب با پتانسیل بسیار بالا قرار دارد. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی به پهنه‌بندی و تحلیل مورفولوژیکی سیلاب‌های رودخانه قره‌سو با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS (از روستای پیرازمیان تا تلاقی رودخانه اهر چای) پرداختند. نتایج پهنه‌بندی سیلاب نشان داده که با رخداد سیلابی با دوره بازگشت (۲۵) سال، مساحتی در حدود (۱۰۸۵) هکتار از اراضی کشاورزی و باغات حاشیه رودخانه قره‌سو به زیر آب رفته و خسارتی را برای کشاورزان این منطقه به وجود خواهد آورد.

### قلمرو پژوهش

استان خوزستان از لحاظ موقعیت ریاضی در محدوده (۴۷) درجه و (۴۲) دقیقه تا (۵۰) درجه و (۳۹) دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و (۲۹) درجه و (۵۸) دقیقه تا (۳۲) درجه و (۵۸) دقیقه شمالی از خط استوا واقع شده است. مساحت آن بالغ بر (۶۴۰۰۰) کیلومترمربع است که از سمت شمال و شمال شرق به استان‌های لرستان و اصفهان و از شمال غرب به استان ایلام و از طرف شرق و جنوب شرقی به استان‌های چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد و از سمت جنوب به خلیج فارس و از سمت غرب به استان‌های العماره و بصره عراق محدود می‌شود. جلگه خوزستان سرزمین صاف و نسبتاً بی‌عارضه و تقریباً مستطیلی شکل است؛ اما عرض آن از (۱۱۰) کیلومتر، در شمال به (۲۰۰) کیلومتر در جنوب متغیر است. منطقه خوزستان حدود (۴۲۰) کیلومتر با کشور عراق مرز مشترک دارد که از رودخانه دویرج شروع و تا مصب اروندرود ادامه می‌یابد که در این قسمت حدود (۷۰) پاسگاه و برجک مرزبانی وجود دارد.



موقعیت جغرافیایی و تقسیم‌بندی سیاسی استان خوزستان در شکل شماره (۱) نشان داده شده است.



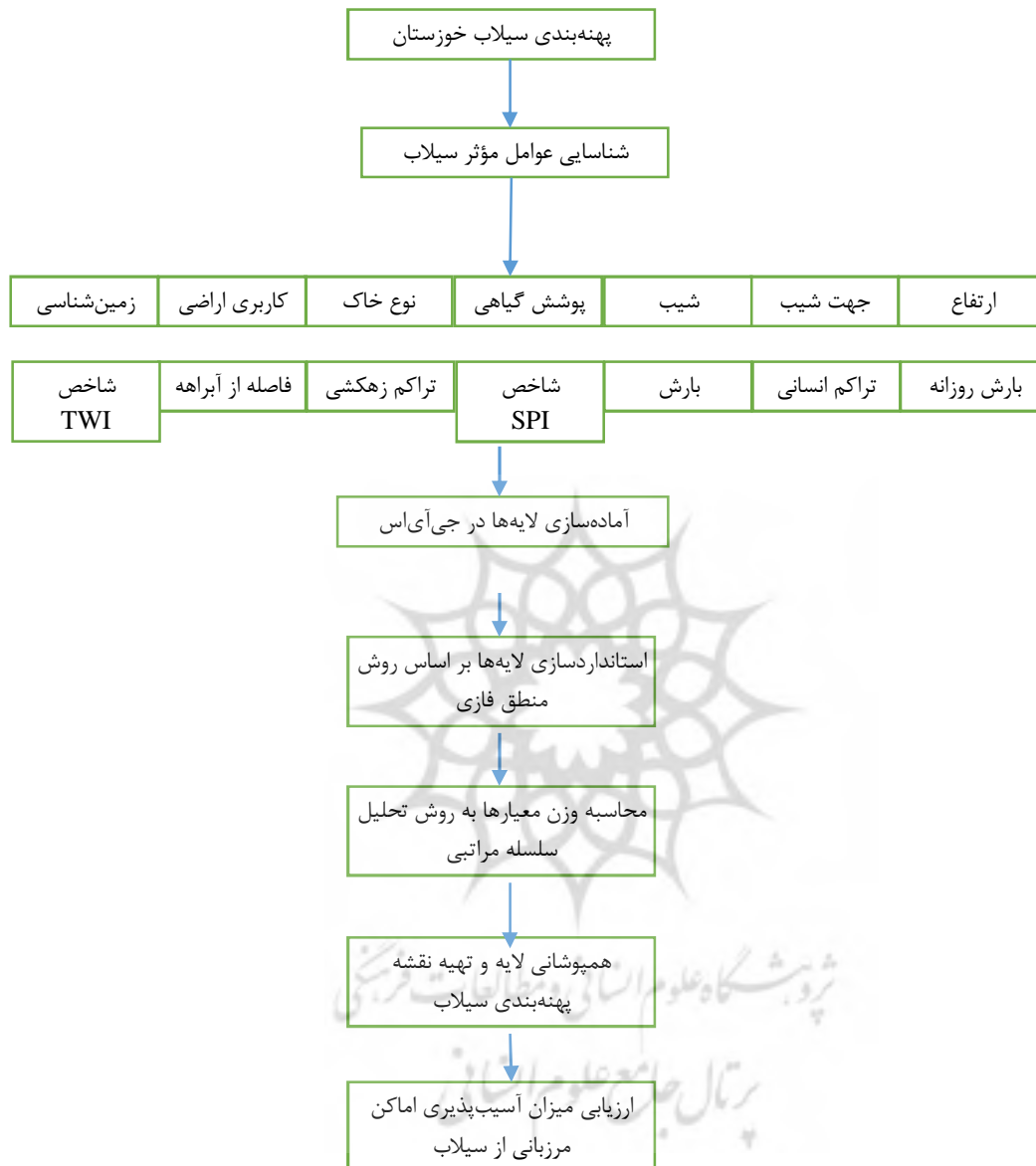
شکل شماره (۱). موقعیت جغرافیایی و طبقه‌بندی ارتفاعی منطقه خوزستان.

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹.

## روش‌شناسی

در این پژوهش برای ارزیابی و پهنه‌بندی سیلاب در منطقه خوزستان و شناسایی اماکن مرزبانی در معرض خطر سیلاب از داده‌ها و روش‌های مختلفی استفاده شد. از پارامترهای مختلف اقلیمی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، هیدرولوژی، شیب زمین، کاربری اراضی، شاخص پوشش گیاهی، تراکم جمعیت و ... در پهنه‌بندی سیلاب استفاده شد. برای دسترسی به داده‌های اقلیمی، ابتدا تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در منطقه مورد مطالعه قرار گرفت و از بین آن‌ها (۸) ایستگاه که دارای طول دوره آماری بالای (۲۵) سال بودند، انتخاب شد. در ادامه در برخی از ایستگاه‌ها ممکن بود به دلایل مختلف، آمار در بعضی از ماه‌ها و سال‌ها مفقود شده باشد، به همین دلیل با استفاده از روش رگرسیون خطی عمل بازسازی داده‌ها صورت گرفت و بعد از رفع نواقص آماری

طول دوره آماری به (۳۰) سال (۱۹۸۶-۲۰۱۵) رسید. داده‌های اقلیمی مورد استفاده در این پژوهش شامل میانگین بارش و حداکثر بارش (۲۴) ساعته است که در مقیاس زمانی روزانه و ماهانه از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. همچنین برای تحلیل روند تغییرات میزان دبی و وقوع سیلاب در حوضه‌های آبریز استان خوزستان، دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب و میانگین دبی برحسب مترمکعب مربوط به (۲۰) ایستگاه هیدرومتری در طی دوره آماری (۱۳۵۰-۱۳۹۵) از وزارت نیرو دریافت شد. برای دسترسی به اطلاعات رقومی مربوط به شیب، جهت شیب، ارتفاع، شبکه رودخانه، زمین‌شناسی و ... از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس (۱:۵۰۰۰۰) سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و نقشه با مقیاس (۱:۱۰۰۰۰۰) سازمان زمین‌شناسی و همچنین از نقشه کاربری اراضی با مقیاس (۱:۱۰۰۰۰۰) سازمان جنگل‌ها و مراتع برای تعیین عواملی مانند کاربری اراضی و ضریب CN خاک استفاده شده است. برای تعیین نقشه پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره‌ای ETM لندست (۸) و برای ارزیابی الگوی تراکم جمعیت از آمار اطلاعات سرشماری نفوس و مسکن سال (۱۳۹۵) استفاده شد. در نهایت اطلاعات مربوط به موقعیت جغرافیایی اماکن مرزبانی ناجا شامل پاسگاه‌ها و برجک‌های دیده‌بانی از مرکز مطالعات ناجا و داده‌های میدانی برداشت شده با استفاده از GPS به دست آمد. در طول نوار مرزی ایران با کشور عراق در استان خوزستان حدود (۷۰) اماکن یگان‌های مرزبانی ناجا وجود دارد که شامل (۵۲) پاسگاه مرزی و (۱۸) برجک دیده‌بانی است (شکل شماره ۲).



شکل شماره (۲). روش‌های انجام پژوهش.

## یافته‌های پژوهش

در ارزیابی و پهنه‌بندی سیلاب منطقه خوزستان ابتدا تأثیر میزان تغییرات و تأثیر هر یک از پارامترها در منطقه مورد مطالعه قرار گرفته و سپس برحسب نوع رابطه هر پارامتر با میزان سیل‌گیری در چارچوب مدل تحلیل سلسله مراتبی مقدار و وزن آن تعیین می‌شود. عامل شیب با پدیده سیلاب رابطه معکوس دارد یعنی با کاهش مقدار شیب در حوضه‌های آبریز احتمال خطر سیلاب افزایش می‌یابد (قنواتی، ۱۳۹۳)؛ بنابراین از یک رابطه کاهنده در تعیین میزان اثرگذاری این پارامتر استفاده می‌شود و شیب‌های بیشتر، وزن عددی کمتر و شیب‌های کمتر، وزن عددی بیشتر در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌گیرند. نقشه شیب منطقه برحسب درجه از طریق توابع تحلیل فضایی GIS استخراج و در شش بخش طبقه‌بندی شده است. شیب زمین در منطقه خوزستان بین (۰ تا ۷۴) درجه متغیر می‌باشد (شکل شماره ۳).

یکی دیگر از پارامترهای تأثیرگذار در ایجاد سیلاب جهت شیب می‌باشد. در بیشتر بخش‌های جنوبی و غربی منطقه خوزستان زمین به صورت هموار و بدون شیب بوده و جهت شیب نیز در آن‌ها دیده نمی‌شود. با توجه به تأثیر متفاوت دامنه‌های شمالی و جنوبی و نیز غربی و شرقی در وقوع سیلاب، در ارزیابی سیلاب در استان خوزستان دامنه‌های جنوبی وزن بیشتر و دامنه‌های شمالی وزن کمتر در سیلاب خواهند گرفت. در مرتبه بعدی نیز وزن دامنه‌های غربی بیشتر از دامنه‌های شرقی خواهد بود (شکل شماره ۴).

بلندی یا ارتفاع یکی از معیارهای تأثیرگذار در وقوع سیلاب بوده و اهمیت بسزایی در فرآیندهای هیدرولوژیکی برخوردار است، این امر به دلیل تأثیری است که بر بارش و دمای حوضه دارد. بخش‌هایی از منطقه که دارای ارتفاع بیشتر هستند و بارش برف دارند در سیل‌خیزی نقش کمتری داشته، اما نواحی با ارتفاع کمتر و بارش باران اهمیت بیشتری در سیل‌خیزی حوضه دارند. در منطقه خوزستان ارتفاع از سطح آب‌های آزاد بین (۰ تا ۳۷۴۱) متر متغیر است و از سمت جنوب غرب به شمال شرق بر میزان ارتفاع افزوده می‌شود (شکل شماره ۵).

بارش یکی دیگر از مؤلفه‌های تأثیرگذار بر سیلاب است. همان‌طوری که در (شکل شماره ۶) مشاهده می‌شود میانگین بارش در استان خوزستان بین (۱۵۶ تا ۶۹۴) میلی‌متر متغیر است. بیشترین بارش استان در مناطق شمال‌شرقی و ایستگاه سینوپتیک ایذه و کمترین آن در مناطق جنوب‌غربی و ایستگاه‌هایی مانند آبادان و بستان اتفاق می‌افتد. فاصله از آبراهه از دیگر پارامترهای مؤثر بر سیل‌گیری است. هر چه فاصله از آبراهه در حوضه، افزایش یابد؛ خطر سیلاب نیز کاهش می‌یابد و در مناطق نزدیک آبراهه بیشترین خطر سیلاب وجود دارد. پس از تهیه نقشه این پارامتر، با توجه به رابطه معکوس فاصله از آبراهه با پدیده سیل‌گیری، مناطق نزدیک به آبراهه‌ها وزن عددی بیشتری را در تحلیل سلسله مراتبی به خود اختصاص می‌دهند و با افزایش فاصله از آبراهه وزن عددی نیز کاهش می‌یابد (شکل شماره ۸). میزان تراکم زهکشی، یک شاخص مهم در تعیین سیلاب‌ها، بیان آب در کل حوضه و به‌طور کلی در چگونگی فعالیت فرآیندهای رواناب‌های سطحی است (یمانی و عنایتی، ۱۳۸۴). این عامل از تقسیم طول کل شبکه هیدروگرافی شامل رودخانه‌های اصلی و فرعی بر مساحت حوضه به‌دست می‌آید و با دبی حوضه‌ها دارای همبستگی است. از آنجاکه تراکم زهکشی نقش اساسی در زمان تمرکز و اوج سیلاب دارد، بنابراین جزء متغیرهای تأثیرگذار، منظور شده و مورد محاسبه قرار می‌گیرد (شکل شماره ۹). سازندهای زمین‌شناسی یا توجه به نفوذپذیر بودن یا نبودنشان در هدایت و یا جذب آب‌های سطحی نقش اساسی دارند، از سوی دیگر میزان شدت سیل تأثیر اساسی در فرسایش‌پذیری سازندها دارد. جنس زمین منطقه مورد خوزستان با توجه به تشکیلات ژئومورفولوژی و سازندهای زمین‌شناسی به نواحی خیلی سست، سست، متوسط، سخت و خیلی سخت تقسیم‌بندی شد. بیشترین بخش از وسعت خوزستان از لحاظ زمین‌شناسی با مساحت (۳۷۴۴۲) کیلومترمربع مربوط به رسوبات آبرفتی جدید است که در حدود (۵۹) درصد استان را در بر گرفته و در مناطق میانی، جنوبی و غربی خوزستان واقع شده‌اند (شکل شماره ۱۳).

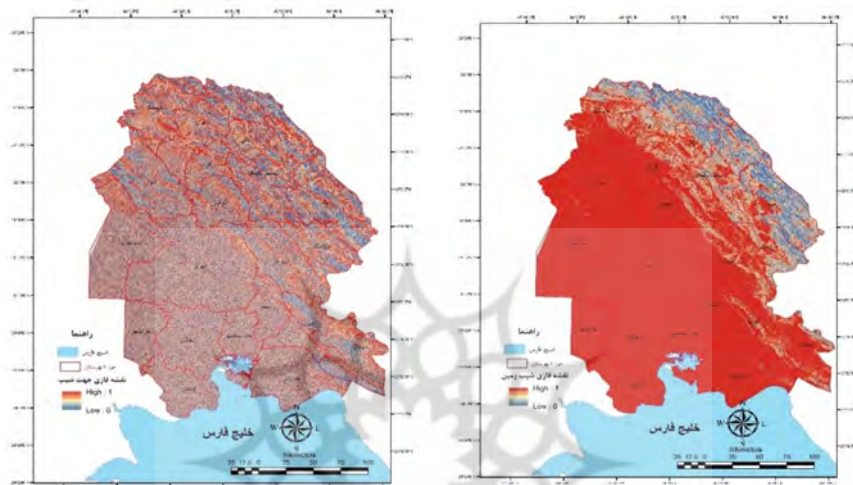
یکی از پارامترهای مهم و مؤثر در مخاطره سیلاب، کاربری اراضی است. کاربری اراضی در منطقه خوزستان در بخش‌های مختلف آن متفاوت است. در مناطق مرتفع شمال‌شرقی استان، بیشتر کاربری اراضی شامل جنگل بلوط و مراتع مرغوب استپی است. در مناطق کوهپایه‌های واقع در شمال‌شرق و مرکز استان کاربری زمین را بیشتر

مراتع، تپه‌های ماهوری و مخروط افکنه‌ها تشکیل می‌دهد. در مقابل، در مناطق جلگه‌ای و کم ارتفاع واقع در جنوب و جنوب غرب استان کاربری‌های اراضی شامل زمین‌های کشاورزی آبی و دیم و تپه‌های شنی و دشت‌های شور است. به کاربری‌هایی که مرتبط با سکونتگاه‌های شهری و یا روستایی و نیز دشت‌های شور و تپه‌های شنی بوده و به علت نفوذپذیری کمتر، نقش بیشتری در تولید رواناب و در نتیجه ریسک سیل‌خیزی داشته‌اند، امتیاز بیشتری تعلق گرفته و به کاربری‌هایی که پوشش گیاهی بیشتری داشته یا به صورت باغات و اراضی جنگلی و یا کشاورزی آبی بوده و به علت نفوذپذیری بیشتر، رواناب کمتری تولید و در سیل‌خیزی اهمیت کمتری داشته‌اند، امتیاز کمتری تعلق گرفته است (شکل شماره ۱۴).

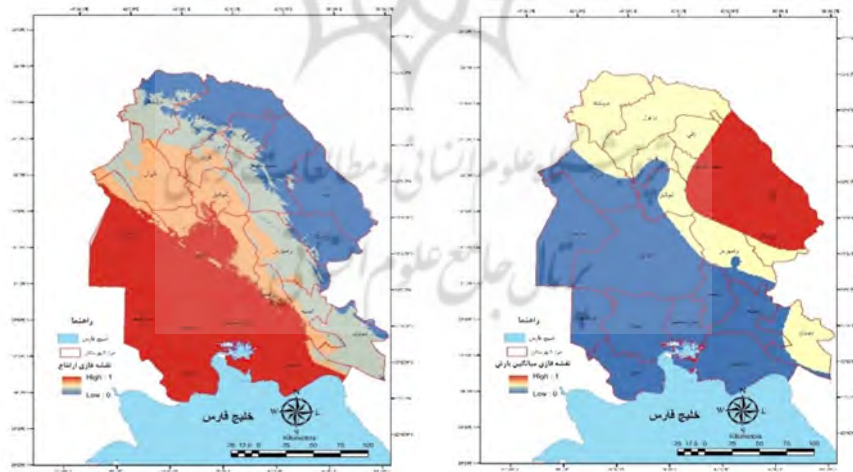
پوشش گیاهی به‌عنوان یکی از عمده‌ترین طبقات کاربری اراضی مؤثر در سیلاب، نقش مهمی در پهنه‌بندی سیلاب دارد. در نواحی مرطوب که سطح آن را پوشش گیاهی به‌ویژه جنگل و مرتع پوشانده است، سیل‌های شدید رخ نمی‌دهد؛ زیرا ریشه گیاه و هوموس حاصل از آن، آب را جذب کرده و مانع از جاری شدن آن در سطح زمین می‌شود. برای دسترسی به شاخص پوشش گیاهی در استان خوزستان از تصاویر ماهواره‌ای لندست (۸) استفاده شد. مقدار شاخص پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه بین  $-0/49$  تا  $+0/60$  واقع شده است و مقادیر مثبت شاخص NDVI نشان‌دهنده تراکم پوشش گیاهی در استان خوزستان است (شکل شماره ۱۵).

شاخص تراکم انسانی یکی دیگر از مؤلفه‌های تأثیرگذار بر وقوع سیلاب است. انسان خود از عوامل بسیار مؤثر در بروز سیل محسوب می‌شود. افزایش جمعیت و فقدان اطلاعات کافی باعث شده که حریم و بستر رودخانه‌ها و مجرای طبیعی سیلاب‌ها زیر کشت برود و رودخانه در هنگام طغیان، نتواند آب مازاد را تخلیه کند و به‌صورت سیلاب خسارت‌هنگفتی را وارد سازد. انسان از طریق آتش‌زدن و بریدن درختان جنگلی نیز پوشش گیاهی را از بین می‌برد. همچنین تعلیف بیش‌ازحد و بی‌موقع مراتع با تعداد نامتناسب حیوانات و ظرفیت مرتع موجب کاهش و انهدام پوشش گیاهی و در نتیجه لخت شدن خاک می‌شود. دام‌ها با لگدکوب کردن خاک‌های مرطوب آن‌ها را فشرده و لخت و عمل تهویه خاک را غیرممکن می‌کنند و ضمن نابود کردن منافذ خاک، نمو گیاهان را با اشکال مواجه می‌کنند؛ بنابراین انسان از این طریق به‌طور غیرمستقیم باعث

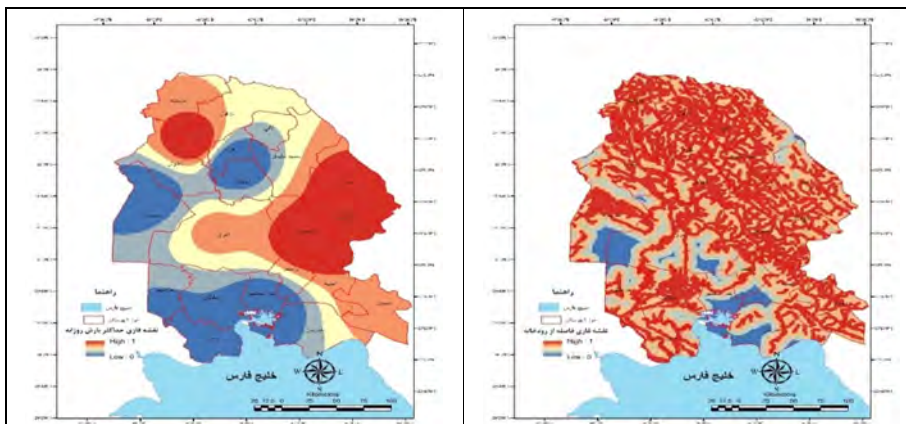
تشدید سیل می‌شود. همان‌طوری که در شکل شماره (۱۶) مشاهده می‌شود، عمده سکونتگاه‌های شهری و روستایی در منطقه خوزستان در حاشیه رودخانه‌ها و یا مناطق کوهستانی شمال شرق شکل گرفته‌اند که آب‌وخاک کافی برای فعالیت‌های کشاورزی و دامپروری فراهم است؛ بنابراین در این مناطق احتمال وقوع سیلاب در اثر فعالیت‌های انسانی بیشتر از بقیه مناطق استان است.



شکل شماره (۳). نقشه جهت شیب استان خوزستان. شکل شماره (۴). نقشه شیب استان خوزستان.

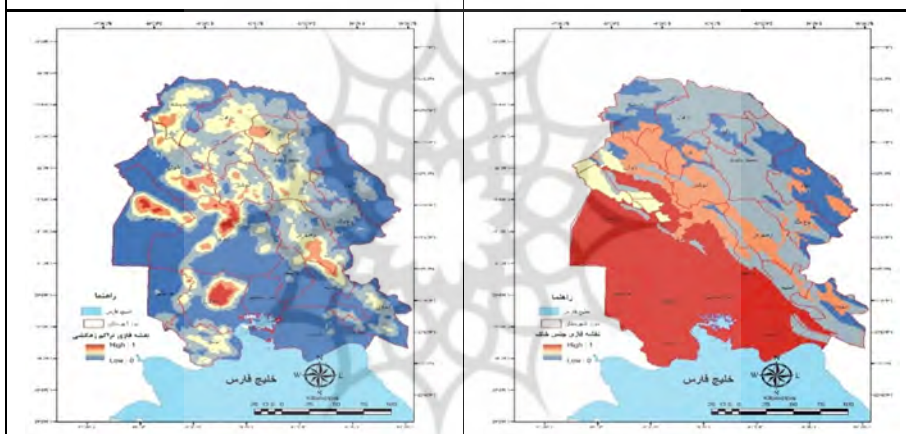


شکل شماره (۵). نقشه طبقه‌بندی ارتفاع استان خوزستان. شکل شماره (۶). نقشه میانگین بارش خوزستان.



شکل شماره (۸). نقشه فاصله از آبراهه استان خوزستان.

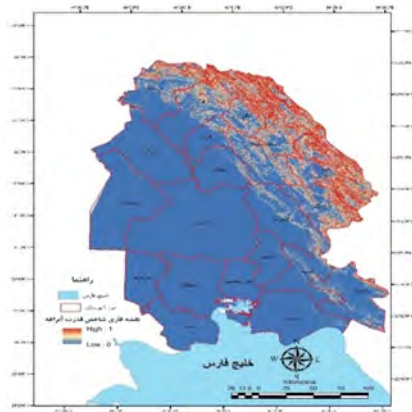
شکل شماره (۷). نقشه حداکثر بارش روزانه استان خوزستان.



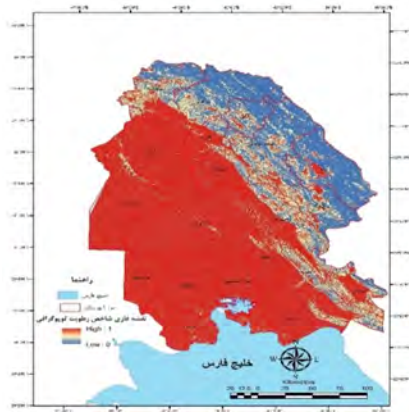
شکل شماره (۱۰). نقشه جنس خاک استان خوزستان.

شکل شماره (۹). نقشه تراکم زهکشی استان خوزستان.

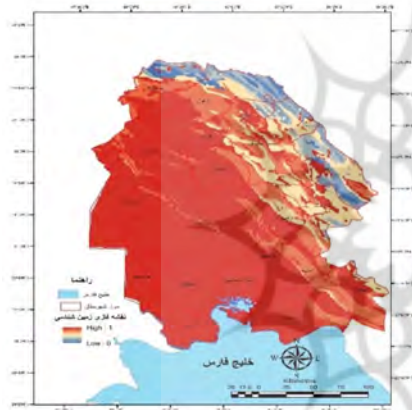




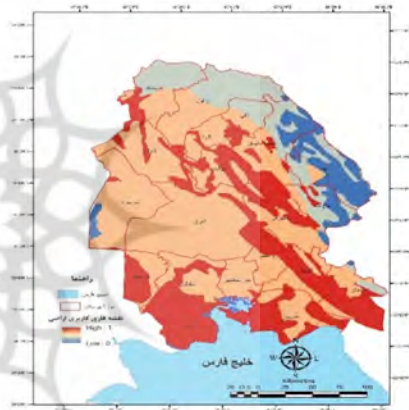
شکل شماره (۱۲). نقشه شاخص رطوبت توپوگرافی استان خوزستان.



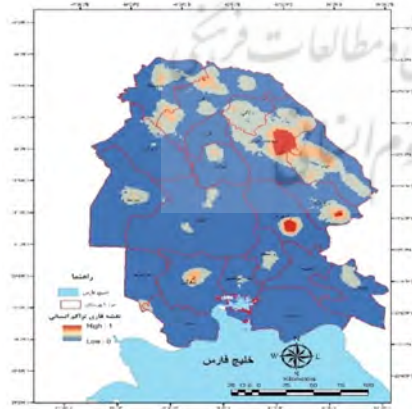
شکل شماره (۱۱). نقشه شاخص قدرت آبراهه استان خوزستان.



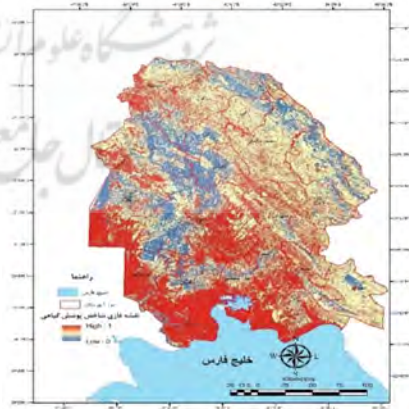
شکل شماره (۱۴). نقشه کاربری اراضی استان خوزستان.



شکل شماره (۱۳). نقشه زمین‌شناسی استان خوزستان.



شکل شماره (۱۶). نقشه تراکم انسانی استان خوزستان.



شکل شماره (۱۵). نقشه شاخص پوشش گیاهی استان خوزستان.

### استانداردسازی عوامل مؤثر در سیلاب به روش فازی

در فرآیند پهنه‌بندی سیلاب در استان خوزستان نیز، وجود معیارهای مختلف و گاه متضاد برای تصمیم‌گیری، کاربرد روش‌های چندمتغیره را الزامی می‌کند. برای اجرای پهنه‌بندی و ادغام نقشه‌ها، باید لایه‌های مؤثر در پهنه‌بندی را استانداردسازی کنیم؛ یعنی لایه‌ها با استفاده از قواعد تصمیم‌گیری به مقیاسی تبدیل شوند که بتوان آن‌ها را با یکدیگر ادغام کرد. در این پژوهش نیز از معیارهای مختلف طبیعی و انسانی برای رسیدن به هدف و پهنه‌بندی سیلاب استفاده شده است. برای همسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تبدیل آن‌ها به واحدهای قابل‌مقایسه از فرآیند استانداردسازی معیارها استفاده می‌شود. در سیستم اطلاعات جغرافیایی برای استاندارد کردن معیارها چند رویکرد مختلف شامل روش‌های قطعی، احتمالاتی و فازی وجود دارد که در این پژوهش برای استانداردسازی لایه‌ها از روش فازی استفاده شده است. با توجه به اینکه پدیده‌هایی نظیر سیلاب تحت تأثیر عوامل بسیار قرار دارند و این عوامل قطعی و صددرصدی نیستند؛ بنابراین بهتر است در مطالعه چنین پدیده‌هایی به‌جای استفاده از مدل بولین که لازمه آن داده‌های دقیق و کمی است، از مدل فازی استفاده شود. در این پژوهش از عملگر گاما فازی استفاده شده است که نقش تعدیلی نسبت به نتیجه جمع و ضرب فازی دارد و حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم عملگر جمع فازی را تعدیل کرده و به واقعیت نزدیک‌تر می‌کند. استانداردسازی داده‌ها کلیه مقادیر و ارزش‌های لایه‌های نقشه‌های را به دامنه یکسانی مثلاً بین (صفر تا یک) یا (صفر تا ۲۵۵) تبدیل می‌کند. در جدول شماره (۱) توابع فازی برای استانداردسازی عوامل مؤثر در سیلاب نشان داده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

جدول شماره (۱). توابع فازی برای استانداردسازی معیارها.

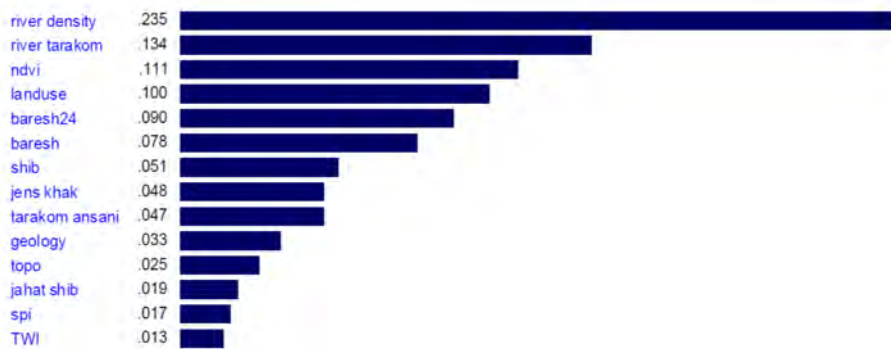
نام تابع فازی	نوع تابع فازی	تابع عضویت	حد آستانه		لایه نقشه
			a یا c	b یا d	
سیگمودیل	کاهشی	$M_a(x) \begin{cases} 1, x \leq 10 \\ \frac{1}{2} \left[ 1 + \cos \left[ \pi \frac{x-10}{40-10} \right] \right], 10 < x \leq 40 \\ 0, x > 40 \end{cases}$	۰	۷۴	شیب
کاربر پایه	کاربر پایه	$if(x) = \begin{cases} 0.2, \text{شمالی} \\ 0.4, \text{شمالغرب و شمالشرق} \\ 0.6, \text{جنوب شرقی غربی و شرقی} \\ 0.8, \text{جنوبغربی} \\ 1, \text{جنوبی} \end{cases}$	۰	۱۰	جهت شیب
خطی	کاهشی	$M_a(x) \begin{cases} 1, x \leq 100 \\ \frac{1}{2} \left[ 1 + \cos \left[ \pi \frac{x-100}{2000-100} \right] \right], 100 < x \leq 2000 \\ 0, x > 2000 \end{cases}$	۰	۳۷۴۱	ارتفاع
خطی	افزایشی	$M_a(x) \begin{cases} 1, x \leq 600 \\ \frac{1}{2} \left[ 1 - \cos \left[ \pi \frac{x-200}{600-200} \right] \right], 200 < x \leq 600 \\ 0, x > 200 \end{cases}$	۱۵۶	۶۹۴	بارش
خطی	افزایشی	$M_a(x) \begin{cases} 1, x \geq 110 \\ \frac{1}{2} \left[ 1 + \cos \left[ \pi \frac{x-80}{110-80} \right] \right], 80 < x < 110 \\ 0, x < 80 \end{cases}$	۷۵	۱۲۷	حداکثر بارش روزانه
خطی	کاهشی	$M_a(x) \begin{cases} 0, x \leq 500 \\ \frac{x-500}{5000-500}, 500 < x \leq 5000 \\ 1, x > 5000 \end{cases}$	۰	۲۰۰۰۰	فاصله از آبراهه
خطی	افزایشی	$M_a(x) \begin{cases} 1, x \geq 0.6 \\ \frac{x-0.1}{0.6-0.1}, 0.1 < x < 0.6 \\ 0, x < 0.1 \end{cases}$	۰	۰/۷۲	تراکم زهکشی
کاربر پایه	کاربر پایه	$if(x) = \begin{cases} 0.2, A \text{ گروه} \\ 0.4, B \text{ گروه} \\ 0.6, C \text{ گروه} \\ 0.8, D \text{ گروه} \end{cases}$	۰	۹	نوع خاک
کاربر پایه	کاربر پایه	$if(x) = \begin{cases} 0.2, \text{خیلی سست} \\ 0.4, \text{سست} \\ 0.6, \text{متوسط} \\ 0.8, \text{سخت} \\ 1, \text{خیلی سخت} \end{cases}$	۰	۱۸	زمین‌شناسی

نام تابع فازی	نوع تابع فازی	تابع عضویت	حد آستانه		لایه نقشه
			a یا c	b یا d	
کاربر پایه	کاربر پایه	$if(x) = \begin{cases} 0.2, & \text{مرتع و جنگل} \\ 0.4, & \text{زراعی آبی} \\ 0.6, & \text{زراعی دیم} \\ 0.8, & \text{تپه و مخروط افکنه} \\ 1, & \text{دشت شور و تپه شنی} \end{cases}$	۰	۷	کاربری اراضی
خطی	کاهشی	$M_a(x) = \begin{cases} 1, & x \leq -0.3 \\ \frac{1}{2} \left[ 1 + \cos \left[ \pi \frac{x - (-0.3)}{0.4 - (-0.3)} \right] \right], & -0.3 < x \\ 0, & x > 0.4 \end{cases}$	-۰/۴۹	۰/۶۰	پوشش گیاهی
افزایشی	افزایشی	$M_a(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0.4 \\ \frac{x - 0.1}{0.4 - 0.1}, & 0.1 < x \leq 0.4 \\ 0, & x < 0.1 \end{cases}$	۰	۰/۴۹	تراکم انسانی
خطی	افزایشی	$M_a(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 4000 \\ \frac{1}{2} \left[ 1 - \cos \left[ \pi \frac{x - 500}{4000 - 500} \right] \right], & 500 < x \\ 0, & x < 500 \end{cases}$	۰	۴۷۰۶	قدرت آبراهه
خطی	افزایشی	$M_a(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 12 \\ \frac{1}{2} \left[ 1 - \cos \left[ \pi \frac{x - 7}{12 - 7} \right] \right], & 7 < x \leq 12 \\ 0, & x < 7 \end{cases}$	۶/۷	۱۳/۲	رطوبت توپوگرافی

#### وزن دهی به عوامل مؤثر در پهنه‌بندی سیلاب

در این مرحله برای وزن دهی و ارزیابی میزان تأثیرگذاری هر یک از عوامل مؤثر در پهنه‌بندی سیلاب در استان خوزستان، از مدل AHP و نرم‌افزار Expert choice11 استفاده شد. وزن‌های نهایی منتج از این نرم‌افزار در مرحله بعدی وارد جداول توصیفی لایه‌های اطلاعاتی در نرم‌افزار Arc GIS شده و پس از آماده‌سازی با استفاده از مدل همپوشانی ریاضی، نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب تهیه خواهد شد. وزن نسبی هر یک از عوامل تأثیرگذار در سیلاب در شکل شماره (۱۷) نشان داده شده است. همان طوری که ملاحظه می‌شود؛ در بین معیارهای تأثیرگذار در وقوع سیلاب خوزستان، فاصله از رودخانه، تراکم زهکشی و شاخص پوشش گیاهی به ترتیب با (۲۳/۵)، (۱۳/۴) و (۱۱/۱) درصد بیشترین ارزش نسبی را در وقوع سیلاب دارند و در مقابل شاخص‌های

SPI, TWI و جهت شیب به ترتیب با (۱/۳)، (۱/۷) و (۱/۹) درصد کمترین ارزش نسبی را از لحاظ تأثیرگذاری بر سیلاب در استان خوزستان دارا هستند.



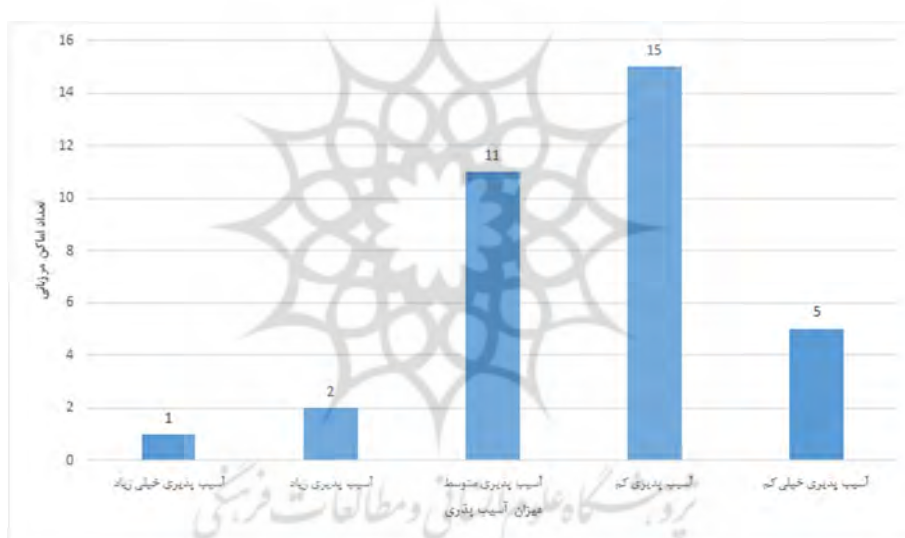
شکل شماره (۱۷). وزن استخراج‌شده از طریق روش بردار ویژه برای هر معیار.

#### شناسایی اماکن مرزبانی در معرض خطر سیلاب

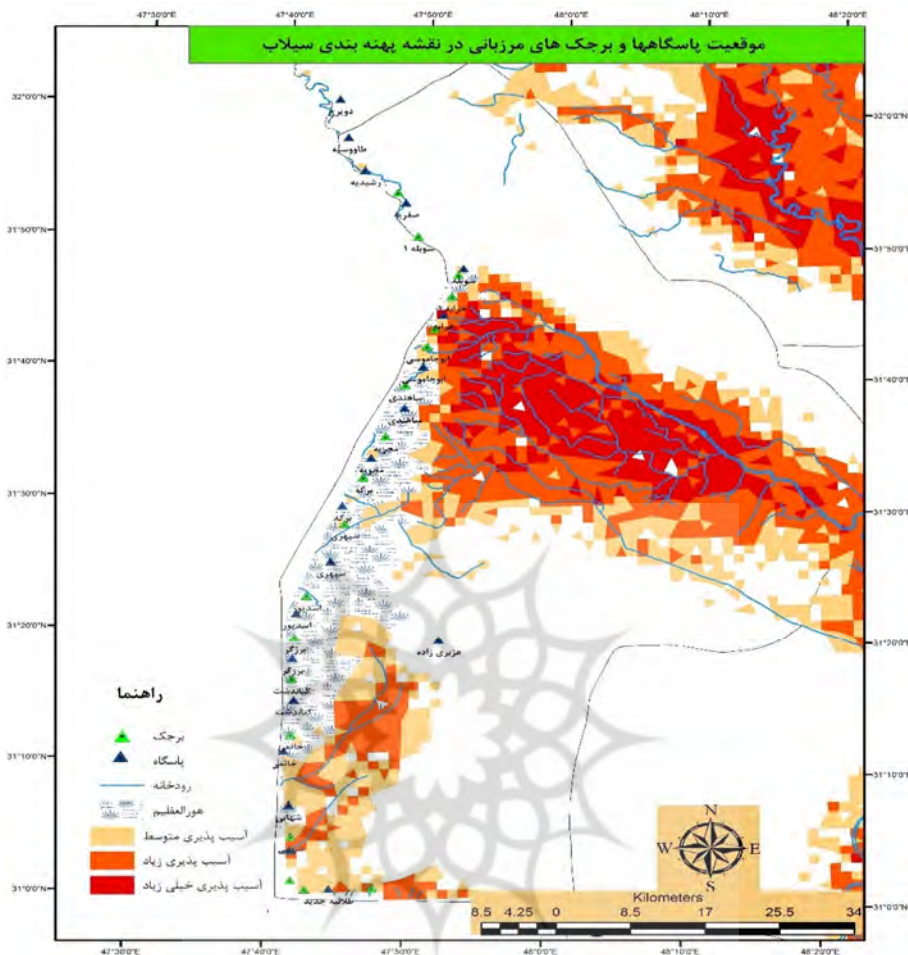
بعد از به‌دست آوردن وزن‌های نهایی هر یک از معیارهای تأثیرگذار در سیلاب استان خوزستان در نرم‌افزار Expert choice، مقادیر به‌دست‌آمده مربوط به هر لایه در نرم‌افزار Arc GIS اعمال شد. برای این منظور از ابزار Raster Calculator و مدل همپوشانی ریاضی به روش اشتراکی استفاده شد. در نهایت نقشه نهایی پهنه‌بندی سیلاب در استان خوزستان با توجه به ضریب اهمیت موردنظر برای هر معیار و تلفیق نهایی کلیه معیارها در پنج طبقه با عنوان خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم تقسیم‌بندی شد. بعد از به‌دست آوردن نقشه پهنه‌بندی سیلاب استان خوزستان، برای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری پاسگاه‌ها و برجک‌های یگان‌های مرزبانی در استان خوزستان، لایه اطلاعاتی مربوط به موقعیت جغرافیایی (۷۰) پاسگاه و برجک مرزبانی ناجا به نقشه نهایی پهنه‌بندی سیلاب اضافه شد. برای ارزیابی بهتر و شناسایی میزان آسیب‌پذیری اماکن مرزبانی در معرض خطر سیلاب در نوار مرزی خوزستان، مناطق مرزی این استان در دو بخش (رودخانه دویرج تا طلائیه و طلائیه تا دهانه اروندرود) مورد مطالعه قرار گرفت.

در بخش اول مرز که از پاسگاه مرزی دویرج تا طلائیه جدید را شامل می‌شود، شکل زمین در بخشی از مرز یعنی از فکه تا چزابه به‌صورت دشت باز بوده و پوشش مناسبی بر آن حاکم نیست و عوارض موجود شامل ارتفاعات حمربین، جبل فوقی، میش داغ و

الله اکبر هستند؛ اما از چزابه تا طلائیه مهم ترین عوارض زمین تالاب هورالعظیم است که پوشیده از نیزار است. در این بخش از نوار مرزی تعداد (۳۴) پاسگاه و برجک از اماکن مرزبانی وجود دارد. به علت کوهستانی بودن آن نسبت به بقیه قسمت های نوار مرزی و نیز فاصله از شبکه های رودخانه ای و جنس زمین، میزان آسیب پذیری این منطقه از منظر سیلاب عمدتاً در محدوده کم و خیلی کم قرار دارند (شکل شماره ۱۸). در بین اماکن مرزبانی موجود در این منطقه، (۵) نقطه از اماکن مرزبانی در ناحیه با آسیب پذیری خیلی کم، (۱۵) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب پذیری کم، (۱۱) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب پذیری متوسط، (۲) نقطه از اماکن ناحیه با آسیب پذیری زیاد و یک نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب پذیری خیلی زیاد از لحاظ مخاطره سیلاب قرار دارند (شکل شماره ۱۹).



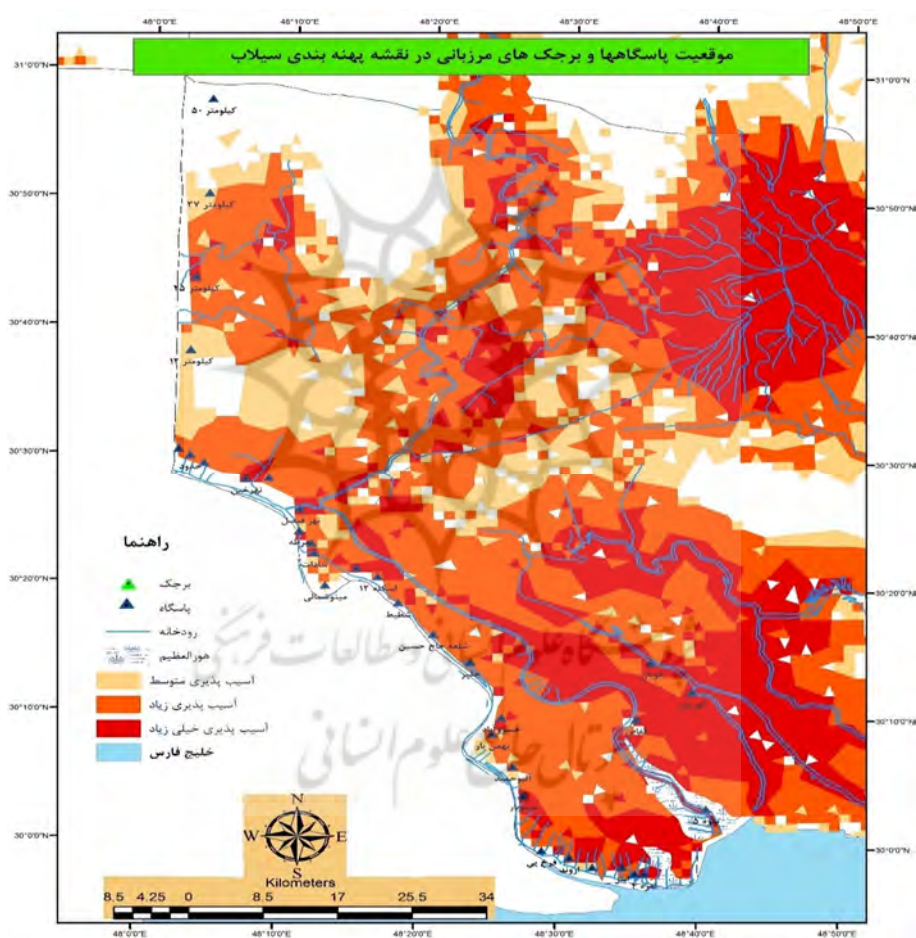
شکل شماره (۱۹). میزان آسیب پذیری پاسگاه ها و برجک های مرزبانی از مخاطره سیلاب (قسمت شمالی مرز).



شکل شماره (۱۸). موقعیت پاسگاهها و برجک‌های مرزبانی در نقشه پهنه‌بندی سیلاب (قسمت شمالی مرز).

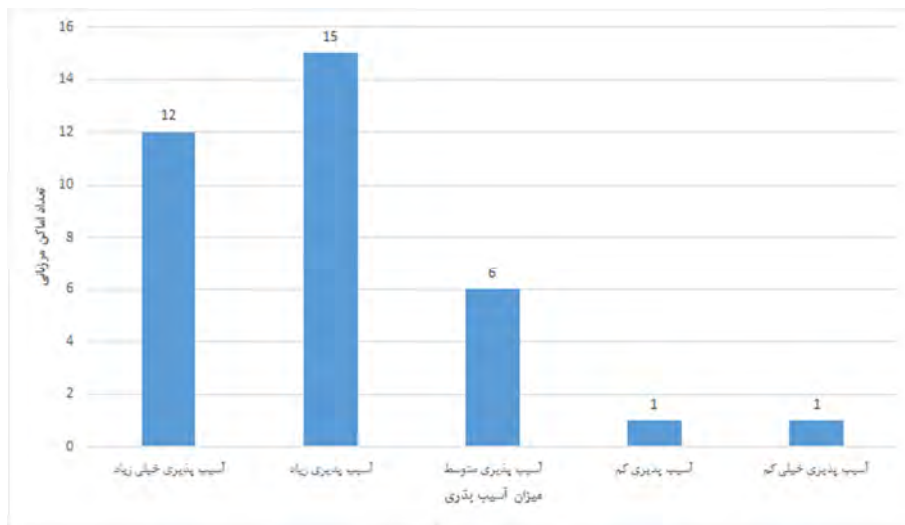
بخش دوم مرز از پاسگاه طلائیه جدید تا دهانه اروندرود را شامل می‌شود، شکل زمین در بخشی از مرز یعنی از طلائیه تا شلمچه به‌صورت دشت باز و کم ارتفاع بوده و پوشش مناسبی بر آن حاکم نیست. در بخش دیگر مرز یعنی از شلمچه تا دهانه اروندرود زمین در قسمتی از مناطق پوشیده از نیزار و نخلستان‌ها است که به علت شیب کم زمین و نزدیکی به رودخانه اروندرود، در مواقع بارندگی و طغیان رودخانه تحت تأثیر پدیده سیلاب قرار می‌گیرند. در این بخش از نوار مرزی تعداد (۳۵) پاسگاه و برجک از اماکن مرزبانی وجود دارد. به علت ارتفاع پایین و شیب کم زمین و نیز فاصله کم امکان

مرزبانی از شبکه‌های رودخانه‌ای و نیز جنس زمین، میزان آسیب‌پذیری اماکن مرزبانی از منظر سیلاب در این منطقه عمدتاً در محدوده زیاد و خیلی زیاد است (شکل شماره ۲۰). در بین اماکن مرزبانی موجود در این منطقه، (۱۲) نقطه از اماکن مرزبانی در ناحیه با آسیب‌پذیری خیلی زیاد، (۱۵) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری زیاد، (۶) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری متوسط، یک نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری کم و یک نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری خیلی کم از لحاظ مخاطره سیلاب قرار دارند (شکل شماره ۲۱).



شکل شماره (۲۰). موقعیت پاسگاهها و برجک‌های مرزبانی در نقشه پهنه‌بندی سیلاب (قسمت جنوبی مرز).





شکل شماره (۲۱). میزان آسیب‌پذیری پاسگاه‌ها و برجک‌های مرزبانی از مخاطره سیلاب (قسمت جنوبی مرز).

### نتیجه‌گیری

تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب برای اجرای هرگونه طرح مدیریت و مهار سیلاب در دشت‌های سیلابی، لازم است؛ زیرا این نقشه‌ها اطلاعات ارزشمندی در خصوص عمق و مساحت سیل‌گیری در هر پهنه سیلابی در اختیار تصمیم‌گیران قرار می‌دهند. در این پژوهش به ارزیابی و پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری اماکن مرزبانی استان خوزستان از مخاطره سیلاب پرداخته شد. برای پهنه‌بندی سیلاب در استان خوزستان از لایه‌های اطلاعاتی مانند شیب، جهت شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی، نوع خاک، میانگین بارش، حداکثر بارش روزانه، فاصله از آبراهه، تراکم زهکشی، شاخص پوشش گیاهی، تراکم انسانی، شاخص قدرت آبراهه، شاخص SPI، شاخص TWI و کاربری اراضی استفاده شد. در ادامه بعد از استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی به روش منطق فازی به هر یک از لایه‌ها بر اساس نوع روابطشان با پدیده سیل‌خیزی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی وزن داده شد. نتایج حاصل از ارزیابی میزان آسیب‌پذیری اماکن مرزبانی از مخاطره سیلاب نشان داد که در بخش شمالی مرز (از دویرج تا طلائیه) در بین اماکن مرزبانی موجود در منطقه، (۵) نقطه از اماکن مرزبانی در ناحیه با آسیب‌پذیری خیلی کم، (۱۵) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری کم، (۱۱) نقطه از اماکن در

ناحیه با آسیب‌پذیری متوسط، (۲) نقطه از اماکن ناحیه با آسیب‌پذیری زیاد و یک نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری خیلی زیاد از لحاظ مخاطره سیلاب قرار دارند. در بخش جنوبی مرز (از طلائی تا دهانه اروندرود) در بین اماکن مرزبانی موجود، (۱۲) نقطه از اماکن مرزبانی در ناحیه با آسیب‌پذیری خیلی زیاد، (۱۵) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری زیاد، (۶) نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری متوسط، یک نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری کم و یک نقطه از اماکن در ناحیه با آسیب‌پذیری خیلی کم از لحاظ مخاطره سیلاب قرار دارند.

### پیشنهادها

- با توجه به بررسی‌های صورت گرفته برای افزایش توان دفاعی کشور در حوزه نظامی و انتظامی در این منطقه و سایر مناطق مرزی کشور پیشنهادهایی به صورت زیر ارائه می‌شود:
- با توجه به نقش کاربردی مخاطرات محیطی در امور نظامی و انتظامی پیشنهاد می‌شود دروسی با عنوان «بحران‌های طبیعی و تأثیر آن بر امور دفاعی» در دانشگاه‌های نظامی و انتظامی ارائه شود تا دانشجویان دانشگاه‌های نظامی و انتظامی کشور با شیوه‌های مقابله با این مخاطرات و نیز مدیریت مخاطرات طبیعی در زمان وقوع آشنایی پیدا کنند؛
- تدوین سند جامع آمایش سرزمینی کشور و توجه ویژه به مخاطرات زیست‌محیطی مانند سیلاب، خشک‌سالی، زلزله و ...؛
- تدوین سند جامع آمایش دفاعی سرزمین در سطح کشور و توجه ویژه به عوامل و مخاطرات طبیعی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در فعالیت‌های نظامی و انتظامی؛
- ضرورت انجام مطالعات مشابه همین پژوهش در بقیه مناطق کشور به خصوص مناطق مرزی با تأکید بر اماکن و تأسیسات یگان‌های نظامی و انتظامی؛
- تشکیل کارگروهی با عنوان کارگروه «مخاطرات محیطی و عملیات انتظامی» در پژوهشکده انتظامی، امنیتی و اجتماعی ناجا.

## منابع

- پناهی، رؤیا؛ حسین‌زاده، محمدمهدی؛ خالقی، سمیه (۱۳۹۸). پهنه‌بندی مخاطره سیلاب به منظور تعیین حریم رودخانه‌ها، مجله آکو هیدرولوژی، دوره (۶)، شماره (۲).
- جهانبخش، سعید؛ رضایی بنفشه، مجید؛ صدر افشاری، سحر (۱۳۹۱). پهنه‌بندی سیلاب رودخانه کلکان چای با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و هیدروگراف واحد مصنوعی. اندیشه جغرافیا، دوره (۶)، شماره (۱۲)، ص (۱-۳۳).
- حاتمی نژاد، حسین؛ آتش‌افروز، نسرین؛ آروین، محمود (۱۳۹۶). پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از تحلیل چندمعیاره و GIS، مطالعه موردی: شهرستان ایذه. فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، سال (۲)، شماره (۷).
- رضایی مقدم، محمدحسین؛ یاسی، مهدی؛ نیکجو، محمدرضا؛ رحیمی، مسعود (۱۳۹۷). پهنه‌بندی و تحلیل مورفولوژیکی سیلاب‌های رودخانه قره‌سو با استفاده از مدل هیدرودینامیکی HEC-RAS از روستای پیرازمیان تا تلاقی رودخانه اهر چای. جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره (۷)، شماره (۱)، ص (۱-۱۵).
- راد، مژگان؛ وفاخواه، مهدی؛ غلامعلی فرد، مهدی (۱۳۹۷). پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در پایین‌دست حوزه آبخیز خرم‌آباد. مخاطرات محیط طبیعی، دوره (۷)، شماره (۱۶)، ص (۲۱۱-۲۲۶).
- شیخ علیشاهی، نجمه؛ جمالی، علی‌اکبر؛ حسن‌زاده نفوتی، محمد (۱۳۹۵). پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی تحلیل رودخانه، مطالعه موردی: حوضه آبریز منشاد- استان یزد. فضای جغرافیایی، دوره (۱۶)، شماره (۵۳)، ص (۷۷-۹۶).
- صفری، علی (۱۳۸۰). تعیین الگوی مدیریت بهینه در دشت‌های سیلابی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ص (۱۱۲). تهران: دانشگاه تهران.
- عزیزاده، امین (۱۳۸۳). اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ص (۸۱۵).
- عظیمی دوبخشی، ناصر (۱۳۹۳). مطالعات آمایش استان خوزستان. مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معیاری ایران، سازمان برنامه‌و بودجه.
- عابدینی، موسی؛ فتحی، محمدحسین (۱۳۹۴). پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه، مطالعه موردی: حوضه آبخیز خیاوچای، هیدرو ژئومورفولوژی، دوره (۱)، شماره (۳)، ص (۹۹-۱۲۰).

- قبادی، مرتضی؛ احمدی پری، معصومه؛ صالحی، اسماعیل (۱۳۹۵). ارزیابی و پهنه‌بندی ریسک سیلاب سکونتگاه‌های انسانی در راستای توسعه پایدار با بهره‌گیری از Fuzzy AHP در محیط GIS و مدل DPSIR مطالعه موردی: منطقه آبعلی، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ویژه‌نامه شماره (۲).
- لشکری، حسن؛ رشیدی، علی؛ رضایی، علی (۱۳۹۲). پهنه‌بندی سیلاب رودخانه زرنه‌رود با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS در محیط GIS. فصلنامه پژوهش‌های دانش زمین، دوره (۴)، شماره (۱).
- کاظمی، آفاق؛ رضایی مقدم، محمدحسین؛ نیکجو، محمدرضا؛ حجازی، میراسدالله؛ خضری، سعید (۱۳۹۵). پهنه‌بندی و مدیریت مخاطرات سیلاب در رودخانه سیمینه‌رود با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC – RAS. مدیریت مخاطرات محیطی، سال (۳)، شماره (۴)، ص (۳۷۹-۳۹۳).
- موسوی، سعید؛ قویدل‌فر، علی (۱۳۸۵). بررسی کاربرد GIS در کنترل سیلاب شهری، مطالعه موردی: رودخانه شهر ماسال در غرب استان گیلان. مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. اهواز: دانشگاه شهید چمران.
- مختاری‌هشی، حسین؛ رحیمی، داریوش (۱۳۹۵). پهنه‌بندی خطر سیل در مراکز انسانی و اقتصادی استان خراسان جنوبی با استفاده از منطق فازی. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره (۲۷)، شماره (۱)، ص (۱۹۹-۲۱۶).
- شریفی‌بیچون، محمد؛ پرنون، فاطمه (۱۳۹۷). ارزیابی و تحلیل فضایی سیل‌گیری رودخانه قره‌سو با استفاده از منطق فازی در محیط GIS. مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال (۷)، شماره (۱۵)، ص (۱۷-۳۰).
- موسوی، سیده‌معصومه؛ نگهبان، سعید؛ رخشانی‌مقدم، حیدر؛ حسین‌زاده، سیدمحسن (۱۳۹۵). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS. مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهر باغملک، مخاطرات محیط طبیعی، دوره (۱۰)، شماره (۵)، ص (۷۹-۹۸).
- محمودزاده، حسن؛ باکویی، مائده (۱۳۹۷). پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از تحلیل فازی، مطالعه موردی شهر ساری. مخاطرات محیط طبیعی، سال (۷)، شماره (۱۸)، ص (۵۱-۶۸).
- محمودزاده، حسن؛ یاری، فاطمه؛ واحدی، علی (۱۳۹۶). کاربرد تکنیک‌های دورسنجی و GIS برای پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر ارومیه با رویکرد تحلیل چندمعیاره. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره (۴۹)، شماره (۴)، ص (۷۱۹-۷۳۰).
- Buchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Theiken, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B. & Nestmann, F. (2006). Flood-Riskmapping: contributions towards an

enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Natural hazards and Earthsystem sciences*. Volume 6, 485-503.

- Correia, F.N., Da Graca Saraiva, M., Da Silva, F.N. & Ramos, I. (1999). Floodplain Management in Urban Developing Area. Part II. GIS-Based Flood Analysis and Urban Growth Modeling. *Water Resources Management*. Volume 1(13), 23-37.
- Hyalmarson. H.w. (1988). Flood Hazard zonation in Aridland. Wesley Publishers. Islam, M. D. & Kimitero S. (2000). Development of Flood Hazard Maps of Bangladesh Using NOAA-AVHRR Images with GIS. *Hydrological Sciences Journal*. Volume 3(45), 337-355.
- Islam, M. M., & Sado, K. (2000). Development of flood hazard maps of Bangladesh using NOAA-AVHRR images with GIS. *Hydrological Sciences Journal*, 45(3), 337-355.
- Jonkman, S.N. & Dawson, R.J. (2012). Issues and Challenges in Flood Risk Management-Editorial for the Special Issue on Flood Risk Management. *Water* 2012, 4(4), 785-792.
- Khan, S.I., Hong, T., Wang, J., Yilmaz, K.K., Gourley, J.J., Adler, R.F., Brakenridge, G.R., Policelli, F., Habib, S. & Irwin, D. (2011). Satellite Remote Sensing and Hydrologic Modeling for Flood Inundation Mapping in Lake Victoria Basin: Implications for Hydrologic Prediction in Ungauged Basins. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 1(49), 85-95.
- Lin, J.Y., Yu, S.L. & Lee, T. C. (2000). Managing Taiwan's Reservoir Watersheds by the Zoning Approach. *Journal of American Water Resources Association*. Volume 36, 989-1001.
- Moore, I.D. Burch, G.J. (1986), Sediment transport capacity of sheet and rill flow: application of unit stream power theory. *Water Resource* 22, 1350-1360.
- Moore, I.D. Burch, G.J. (1986), Sediment transport capacity of sheet and rill flow: application of unit stream power theory. *Water Resource* 22, 1350-1360.
- Nefeslioglu, H.A. Duman, T.Y. Duemaz, S. (2008), Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey). *Geomorphology* 94, pp 401-418.
- Plate, E.J. (2002). Flood Risk and Flood Management. *Journal of Hydrology*. 267(1-2), 2-11. Tolga, E., Demircan, L.M. & Kahraman, C. (2005). Operating system selection using fuzzy replacement analysis and analytic hierarchy process. *Journal Production economics*. 1(97), 89-117.
- Smith, K. Ward, R. (1998), *Floods: Physical Processes and Human Impacts*. Wiley, Chichester, pp. 382.

- Sorensen, R. Zinko, U. Seibert, J. (2006), On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 2, pp 1807–1834.
- Sedell, J. R., Reeves, G. H., Hauer, F. R., Stanford, J. A., & Hawkins, C. P. (1990). Role of refugia in recovery from disturbances: modern fragmented and disconnected river systems. *Environmental Management*, 14(5), 711-724.
- Sorensen, R. Zinko, U. Seibert, J. (2006), On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 2, pp 1807–1834.
- Schmidt, F. Persson, A. (2003), Comparison of DEM data capture and topographic wetness indices. *Precision Agriculture* 4, pp 179–192.
- Wanders, N. Bierkens, M.F. de Jong, S.M. de Roo, A. Karszenberg, D. (2013), The benefits of using remotely sensed soil moisture in parameter identification of large-scale hydrological models. In: *EGU General Assembly Conference Abstracts*, vol. 15, pp.10215.
- Zou, Q. Zhou, J. Zhou, C. Song, L. Guo, J. (2013), Comprehensive flood risk assessment based on set pair analysis-variable fuzzy sets model and fuzzy AHP. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* 27, 525–546.