

ارزیابی وضعیت سیل خیزی شهرهای استان خوزستان

مهدی صفری نامیوندی

دکتری ژئومورفولوژی، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران

m.safarinamevandi@khu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۸

چکیده

برآورد دبی بار رسوبات معلق رودخانه‌ها به دلیل تأثیرگذاری بر طراحی و مدیریت سازه‌های آبی، در مهندسی آب، هیدرولیک و محیط طبیعی مهم می‌باشد. تاکنون تلاش‌های گوناگونی جهت برآورد دقیق بار رسوبات معلق توسط پژوهشگران انجام شده است که برای مثال می‌توان به برقراری رابطه بین دبی جریان و دبی رسوب اشاره نمود. مشکل این روش عدم قطعیت آن می‌باشد. از این رو، شماری از محققان به روش‌های هوشمند و الگوریتم‌های تکاملی روی آورده‌اند. در پژوهش حاضر به منظور بررسی کارایی و دقت روش برنامه‌ریزی بیان ژن در پیش‌بینی رسوب بار معلق رودخانه ناورود در استان گیلان با استفاده از نرم‌افزار (GEP)، از داده‌های متوسط بارندگی، میانگین دبی رواناب، متوسط دمای حداکثر، متوسط دمای حداقل و میانگین دمای سالانه حوضه، به عنوان متغیرهای ورودی و همچنین داده‌های رسوب بار معلق مشاهده‌ای در ایستگاه هیدرومتری خرجگیل اسالم، به عنوان متغیر خروجی در دوره آماری مشترک ۲۰ ساله (از سال آبی ۷۵-۷۴ لغایت ۹۴-۹۳) استفاده گردید. برای این کار، مقادیر رسوبات بار معلق حوضه از روش منحنی سنج، مقادیر متوسط بارندگی از روش منحنی‌های هم‌باران با استفاده از مدل Kriging در محیط نرم‌افزار GIS و مقادیر سه شاخص درجه حرارت سالانه از طریق روابط گرادیان حرارتی منطقه برای سال‌های آماری مختلف برآورد گردید. جهت دستیابی به ساختار مناسب بین ورودی‌ها و خروجی مدل، اطلاعات ۱۳ سال اول آماری برای آموزش برنامه و ۷ سال باقی‌مانده برای صحت‌سنجی آن به کار گرفته شد و به منظور شناسایی ورودی‌های مؤثر، تعداد ۶ الگوی مختلف بر اساس ترکیب داده‌های ورودی طراحی گردید. در نهایت، برای تعیین مناسب‌ترین رابطه جهت پیش‌بینی رسوبات حوضه، از دو شاخص معتبر جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی (R^2) استفاده گردید. نتایج نشان داد، با ساختار متوسط بارندگی، میانگین دبی رواناب، متوسط حداکثر و میانگین دمای سالانه حوضه، ضریب همبستگی (R^2) بین داده‌های محاسباتی و مشاهده‌ای در دوره صحت‌سنجی به بیشترین مقدار خود (۸۴٪) و مقدار شاخص RMSE به کمترین مقدار خود (۱.۰۶) می‌رسد. در نتیجه ساختار فوق به عنوان مناسب‌ترین الگوی ورودی جهت تخمین رسوبات سالانه حوضه پذیرفته شده و بر این اساس و با استفاده از زبان برنامه‌نویسی MATLAB و به کارگیری چهار عملگر اصلی حسابی، رابطه نهایی برای تخمین رسوب حوضه استخراج گردید.

کلیدواژه‌ها: رسوب بار معلق، رودخانه ناورود، بیان ژن، RMSE، GEP.

۱- مقدمه

امروزه مخاطرات طبیعی به عنوان یکی از چالش‌های بسیاری از مناطق محسوب می‌شود (محمدخان و همکاران، ۱۳۹۸؛ ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۹؛ اسدی و همکاران، ۱۴۰۰؛ حاصلی و همکاران، ۱۴۰۳). مخاطرات طبیعی دارای انواع مختلفی هستند و در بسیاری از مناطق تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی تشدید می‌شوند (لیو^۱ و همکاران، ۲۰۱۴؛ سینگها^۲ و همکاران، ۲۰۲۰؛ عزمی و همکاران، ۱۳۹۴؛ عزمی و نوری، ۱۳۹۶؛ پیره و گنجائیان، ۱۴۰۳). سیلاب یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی محسوب می‌شود که بعد از زمین‌لرزه بیش‌ترین خسارات جانی و مالی را داشته است (پالیک^۳ و همکاران، ۲۰۲۳) و همین مسئله سبب شده است تا توجه به این مخاطره بسیار حائز اهمیت باشد (وکاریا و همکاران^۴، ۲۰۲۳).

در طی سال‌های اخیر، به موازات توسعه صنعتی کشورها و رشد فزاینده جمعیت، احتمال وقوع مخاطرات طبیعی از جمله سیلاب بیش‌تر شده است (کانگ و کانیا^۵، ۲۰۲۲؛ نگهبان و همکاران، ۱۳۹۸؛ محمدخان و همکاران، ۱۳۹۸). در واقع، توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مخاطره‌آفرین از جمله حریم رودخانه‌ها سبب شده است (کیانگ^۶ و همکاران، ۲۰۱۷؛ نگهبان و همکاران، ۱۳۹۸؛ سالاری و همکاران، ۱۳۹۹) تا عوامل انسانی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم سبب بروز مخاطره سیلاب شوند و این مسئله بیانگر عدم توجه به توانمندی‌های محیطی در برنامه‌ریزی‌های شهری و روستایی است (ماناوی^۷ و همکاران، ۲۰۲۰).

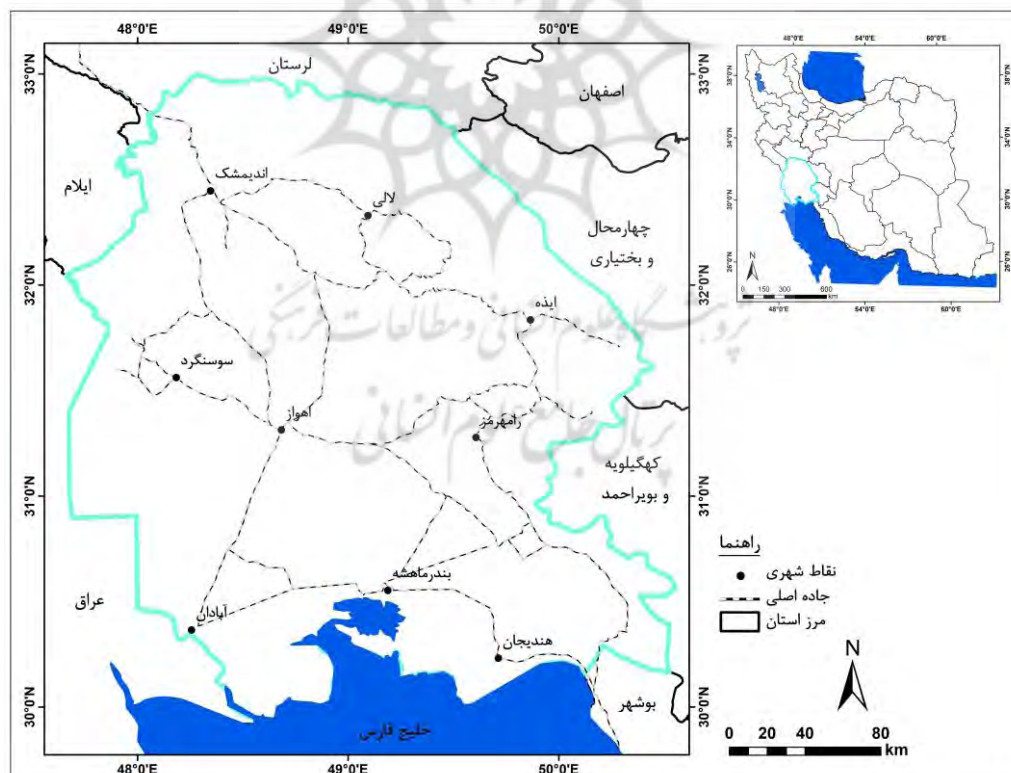
مناطق مختلف تحت تاثیر وضعیت طبیعی از جمله وضعیت هیدرواقليمی، ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی، پتانسیل‌های متفاوتی از نظر وقوع سیلاب دارند (گنجائیان، ۱۳۹۹). از جمله مناطقی که در معرض مخاطره سیلاب قرار دارد، استان خوزستان است. بررسی وضعیت هیدروژئومورفولوژی استان خوزستان بیانگر این است که بخش زیادی از این استان در واحد جلگه قرار دارد و با توجه به اینکه رودخانه‌های پرآب زیادی از جمله کارون و کرخه به آن منتهی می‌شود، بنابراین این استان دارای پتانسیل سیل‌خیزی بالایی است و همین مسئله سبب شده است تا در طی سال‌های اخیر از جمله در فروردین سال ۱۳۹۸، شاهد وقوع سیلاب‌های گسترده در این استان باشیم. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به بررسی وضعیت سیل‌خیزی شهرهای استان خوزستان پرداخته شده است.

در ارتباط با موضوع مورد مطالعه تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به لی^۸ (۲۰۱۵) اشاره کرد که با استفاده از سیستم اطلاعاتی جغرافیایی، به تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری سیلاب‌های ناگهانی در شهر سئول و بوسان کره جنوبی پرداخته است. بورنان^۹ و همکاران (۲۰۱۹) بر مبنای پارامترهای هیدروژئومورفولوژیکی، به ارزیابی مخاطره سیل در شهر کنستانتین الجزایر پرداختند. چینی و همکاران^{۱۰} (۲۰۱۹) به ارزیابی نتایج حاصله از تصاویر سنتینل ۱ برای بررسی سیلاب‌های شهری پرداختند. المسالمه^{۱۱} و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از روش‌های سنجش از دوری به شبیه‌سازی سیلاب‌های ناگهانی در حوضه وادی بیلی کشور

1. Manawi
2. Singha
3. Paulik
4. Vekaria
5. Kang & Kanniah
6. Qiang
7. Manawi
8. Lee
9. Bourenane
10. Chini
11. Almasalmeh

مصر پرداختند. صالحی و بهروزی (۱۴۰۲) به ارزیابی پتانسیل سیلابی دشت اردبیل با استفاده از مدل‌های فازی و تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. عابدینی و همکاران (۱۴۰۳) به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز شفارود استان گیلان پرداختند. صفری نامیوندی و همکاران (۱۴۰۳) به شناسایی مناطق سیل‌زده استان سیستان و بلوچستان و تحلیل عوامل موثر در وقوع آن پرداختند. نگهبان و همکاران (۱۴۰۳) به تحلیل نقش عوامل محیطی در وقوع سیلاب‌های استان گلستان با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین پرداختند. در راستای تحقیقات پیشین صورت گرفته، هدف از این تحقیق، شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب در استان خوزستان و سپس ارزیابی وضعیت سیل‌خیزی شهرهای آن است.

منطقه مورد مطالعه: محدوده مطالعاتی تحقیق حاضر شامل استان خوزستان در جنوب غرب ایران است. استان خوزستان از اطراف به استان‌های ایلام، لرستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و بوشهر منتهی می‌شود (شکل ۱). استان خوزستان با وسعت ۶۳۶۲۲ کیلومترمربع، حدود ۴/۷ میلیون نفر جمعیت دارد. این استان از نظر تقسیمات مورفوتکتونیکی در واحد زاگرس چین‌خورده و چین‌خورده قرار دارد و همین مسئله سبب شده است تا مناطق شمالی آن را واحد کوهستان و مناطق جنوبی آن را واحد جلگه دربرگیرد و همچنین در بین مناطق شمالی و جنوبی این استان اختلاف ارتفاع زیادی وجود داشته است (نگهبان و همکاران، ۱۴۰۳؛ گنجائیان و همکاران، ۱۴۰۳). همچنین از نظر هیدرولوژی نیز با توجه به اینکه رودخانه‌های مهمی مانند کارون و کرخه به جلگه خوزستان منتهی می‌شود، این استان دارای سدهای زیادی است و وضعیت مناسبی از نظر منابع آب سطحی و زیرزمینی دارد و همچنین پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارد.



شکل ۱: نقشه موقعیت استان خوزستان

۲- روش تحقیق

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌های MODIS، CHIRPS و مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر، به‌عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شده است. در این تحقیق از ابزارهای سامانه گوگل ارث انجین به‌منظور تهیه نقشه‌های بارش و تراکم پوشش گیاهی، Expert Choice به‌منظور وزن‌دهی به پارامترها، TerrSet به‌منظور اجرای مدل OWA و ArcGIS به‌منظور فازی‌سازی لایه‌ها و تهیه نقشه‌های خروجی استفاده شده است. این تحقیق به‌صورت کلی در چند مرحله انجام شده است که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

مرحله اول (شناسایی پارامترها و تهیه لایه‌های اطلاعاتی): در این مرحله ابتدا بر مبنای مطالعات کتابخانه‌ای و وضعیت منطقه، ۶ پارامتر لیتولوژی، تراکم پوشش گیاهی، فاصله از رودخانه، میانگین بارش، ارتفاع و شیب به‌عنوان پارامترهای موثر در تعیین پتانسیل سیل‌خیزی منطقه انتخاب شده است. پس از انتخاب پارامترهای مورد نظر، به‌منظور تهیه لایه لیتولوژی، از لایه رقومی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه استفاده شده است. به‌منظور تهیه لایه‌های ارتفاع، شیب و فاصله از رودخانه، از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM استفاده شده است. همچنین با توجه به کاربرد زیاد سامانه گوگل ارث انجین در تهیه نقشه‌های اقلیمی و وضعیت سطح زمین (۱)، از این سامانه به‌منظور تهیه لایه تراکم پوشش گیاهی و میانگین بارش منطقه استفاده شده است.

مرحله دوم (استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی): پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی به‌منظور استانداردسازی یا فازی‌سازی آن‌ها، به مناطق دارای لیتولوژی نفوذناپذیر، مناطق با تراکم کم پوشش گیاهی، مناطق نزدیک رودخانه، مناطق با بارش زیاد، مناطق کم ارتفاع و کم شیب، ارزش نزدیک ۱ داده شده است. همچنین به مناطق دارای لیتولوژی نفوذپذیر، مناطق با پوشش گیاهی متراکم، مناطق دور از رودخانه، مناطق با میانگین بارش کم، مناطق مرتفع و دارای شیب زیاد، ارزش نزدیک صفر داده شده است.

مرحله سوم (وزن‌دهی و اجرای مدل OWA^۱): پس از استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی، با استفاده از نظرات کارشناسان (۵ کارشناس ژئومورفولوژی) و مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به لایه‌های اطلاعاتی وزن داده شده است و وزن بدست آمده بر روی لایه‌های اطلاعاتی اعمال شده است. در ادامه لایه‌های اطلاعاتی وارد نرم‌افزار TerrSet شده است و با استفاده از مدل OWA با هم ترکیب شده‌اند و به این صورت نقشه پتانسیل سیل‌خیزی استان خوزستان تهیه شده است. مدل OWA روشی برای رتبه‌بندی معیارها و پرداختن به عدم اطمینان اثر متقابل آن‌ها است. این روش شامل وزن‌ترتیبی می‌باشد و با وزن‌های معیار متفاوت است (صفاری و همکاران، ۱۳۹۷؛ گنجائیان^۲ و همکاران، ۲۰۲۱).

مرحله چهارم (آنالیز نتایج): پس تهیه نقشه نهایی پتانسیل آسیب‌پذیری استان خوزستان در برابر مخاطره سیلاب، در این بخش مرحله استان خوزستان از نظر پتانسیل سیل‌خیزی به ۴ کلاس تقسیم شده است و سپس مساحت هر کدام از کلاس‌ها بدست آمده است. در ادامه، وضعیت قرارگیری شهرهای استان خوزستان در هر کدام از این کلاس‌ها ارزیابی شده است.

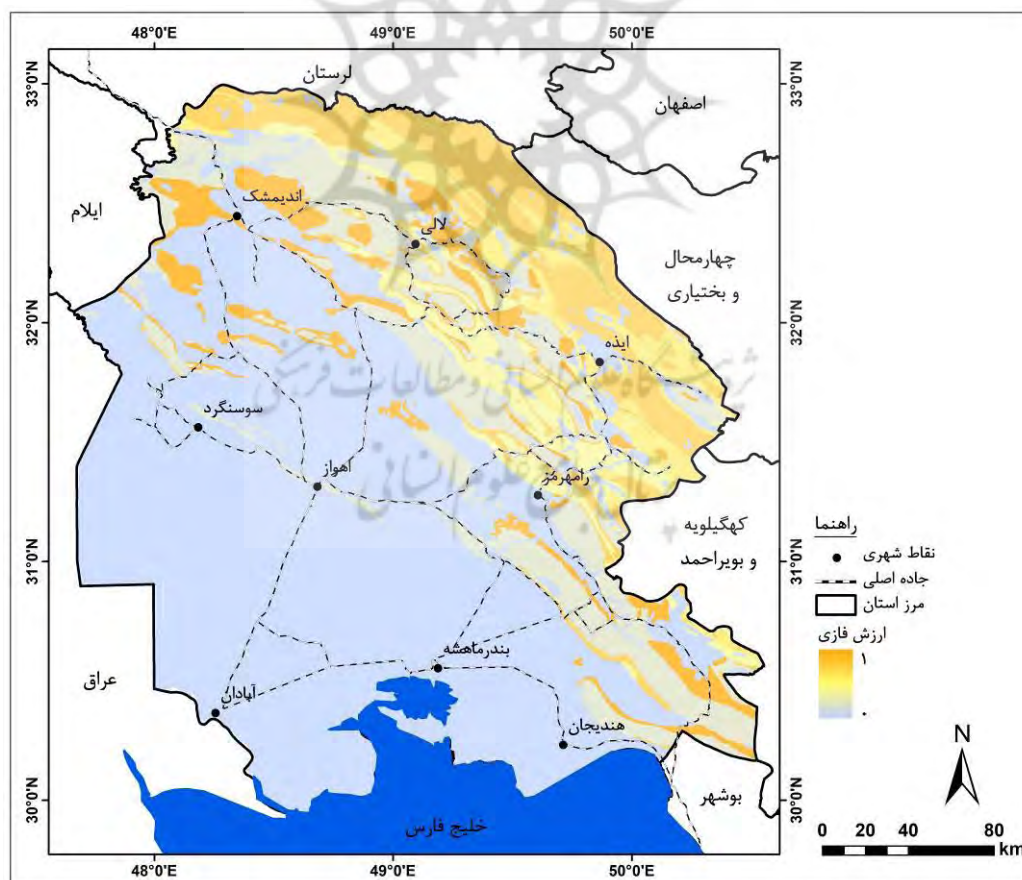
1. Ordered Weighted Averaging
2. Ganjaeian

۳- بحث و نتایج

۳-۱- تشریح پارامترهای مورد استفاده

سیل خیزی استان خوزستان سبب شده است تا این در این تحقیق بر مبنای پارامترهای مختلف (نوع لیتولوژی، تراکم پوشش گیاهی، فاصله از رودخانه، بارش، ارتفاع و شیب)، به شناسایی مناطق آسیب پذیر در برابر این مخاطره پرداخته شود. در ادامه به تشریح پارامترهای مورد استفاده پرداخته شده است:

-لیتولوژی: توجه به وضعیت لیتولوژی در برنامه ریزی های مختلف عمرانی بسیار ضروری است (نیری و همکاران، ۱۳۹۶). وضعیت لیتولوژی هر منطقه تعیین کننده وضعیت نفوذپذیری آن منطقه است و نقش مستقیمی در میزان رواناب دارد. به طور معمول، مناطقی که دارای لیتولوژی نفوذپذیر هستند، پتانسیل سیل خیزی کمتری دارند. بررسی وضعیت لیتولوژی استان خوزستان بیانگر است که بخش زیادی واحد کوهستانی این استان را توده های آهکی، کنگلومرا و ماسه سنگ و واحدهای دشت و جلگه را مواد آبرفتی دربرگرفته است. با توجه به اینکه میزان نفوذپذیری مناطق تشکیل شده از کنگلومرا و ماسه سنگ کم تر از سایر مناطق است، به این مناطق ارزش نزدیک ۱ و به مناطق تشکیل شده از مواد آبرفتی که دارای نفوذپذیری بیش تری هستند، از ش نزدیک به صفر داده شده است (شکل ۲).



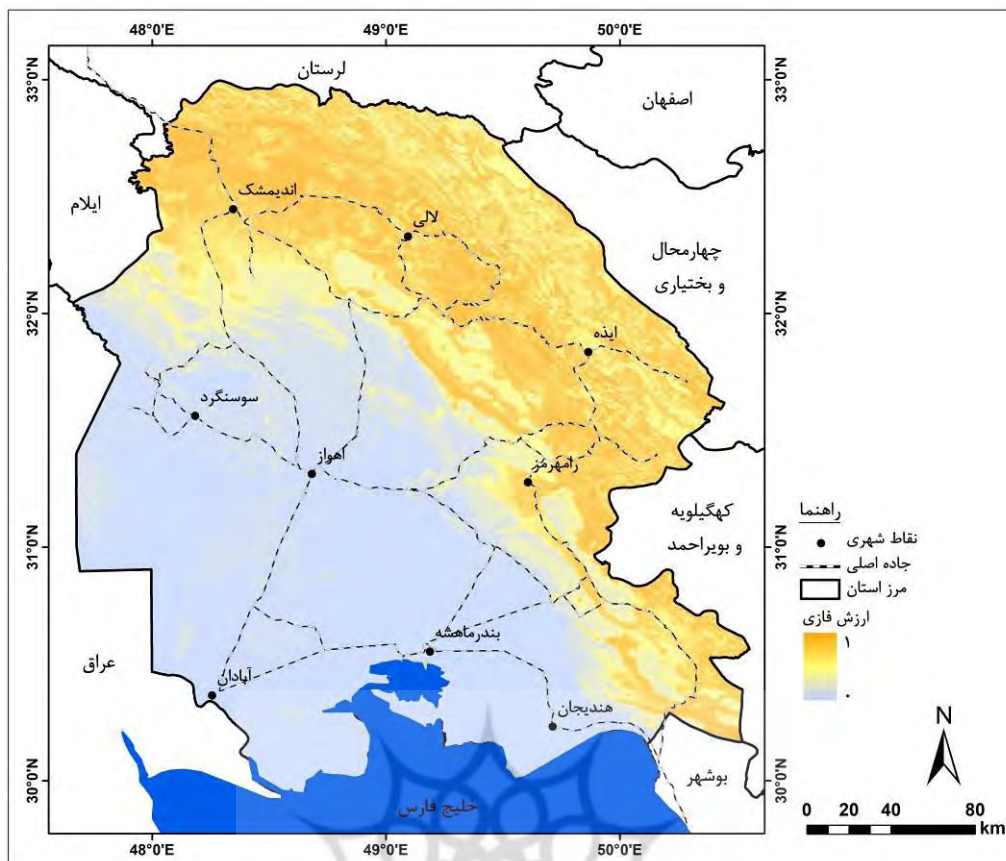
شکل ۲: نقشه فازی سازی شده لایه لیتولوژی

-فاصله از رودخانه: رودخانه‌ها از عوامل اصلی تعیین‌کننده پتانسیل سیل‌خیزی مناطق هستند. به‌طورمعمول، مناطقی که در نزدیکی رودخانه‌ها قرار دارند، پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارند (سالاری و همکاران، ۱۳۹۶؛ نیری و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین در بسیاری از مناطق، نواحی سکونتگاهی بدون توجه به توان سیل‌خیزی مناطق، به سمت حریم رودخانه‌ها پیشروی کرده‌اند (نگهبان و همکاران، ۱۴۰۰) که این مسئله باعث شده است تا بسیاری از نواحی سکونتگاهی استان خوزستان در حریم رودخانه‌ها استقرار یابند و در معرض مخاطره سیلاب

The map displays the Kermanshah and Bujeh-Ahmad region in Iran. The elevation is shown in shades of yellow and orange, indicating a mountainous terrain. The map includes a legend for symbols such as city points (black dots), original roads (dashed lines), and administrative boundaries (solid lines). A scale bar and north arrow are also present.

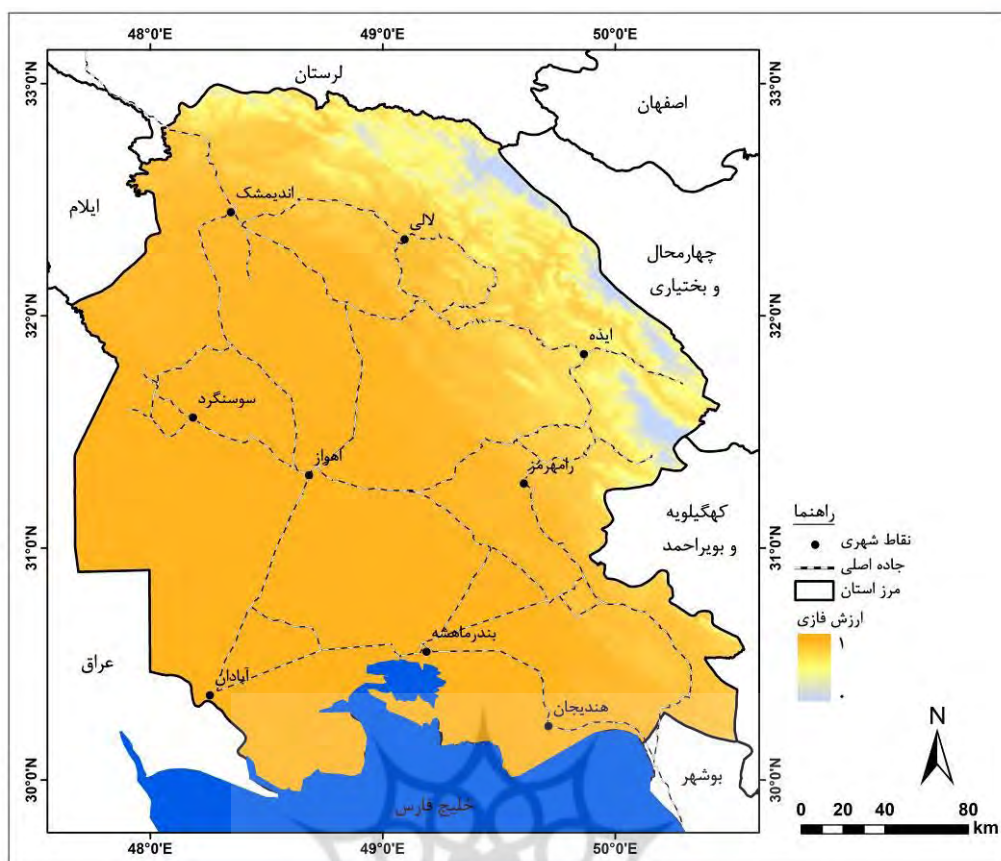
کل ۴: نقشه فازی سازی شده فاصله از رودخانه

322



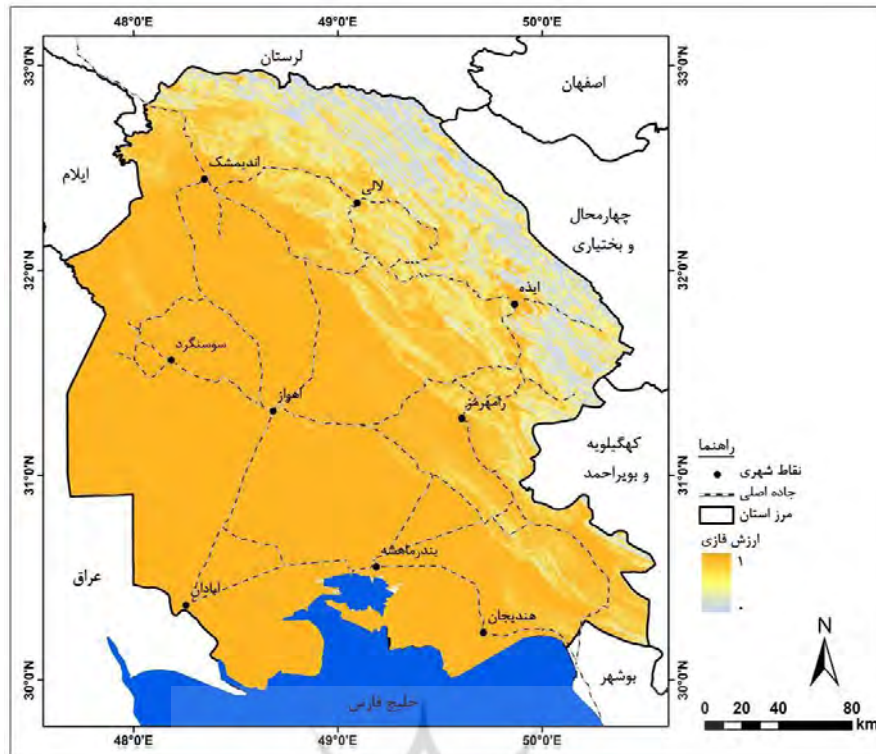
شکل ۵: نقشه فازی سازی شده لایه بارش

-ارتفاع: ارتفاع نقش مهمی در تعیین سیل خیزی مناطق دارد و به طور معمول مناطقی که دارای ارتفاع کمتری هستند به دلیل اینکه در مناطق پایین دست حوضه های آبریز قرار دارند، در معرض مخاطره سیلاب هستند. با توجه به موارد ذکر شده، پس از تهیه نقشه ارتفاعی منطقه، به مناطق دارای ارتفاع کم تر، ارزش نزدیک ۱ و به مناطق با ارتفاع بیش تر، ارزش نزدیک صفر داده شده است (شکل ۶).



شکل ۶: نقشه فازی سازی شده لایه ارتفاع

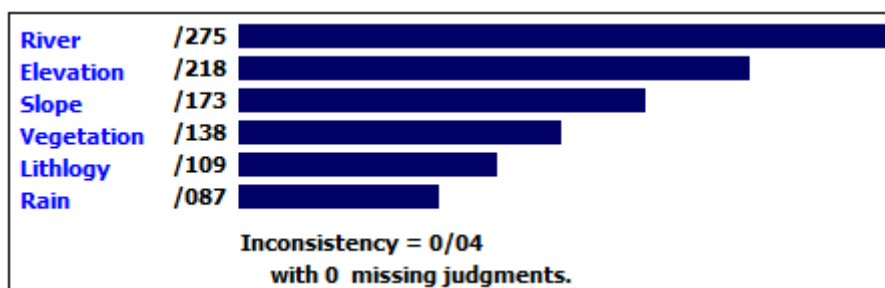
-شیب: شیب زمین نقش مهمی در سرعت جریان رودخانه و نفوذپذیری آن دارد و از پارامترهای تعیین کننده وضعیت سیل خیزی مناطق است. به طور معمول، مناطقی که دارای شیب کمتری هستند، به دلیل اینکه دارای تجمع جریان بیش تری هستند، پتانسیل سیل خیزی بالایی دارند. با توجه به موارد ذکر شده، پس از تهیه نقشه شیب منطقه، به مناطق دارای شیب کم تر، ارزش نزدیک ۱ و به مناطق با شیب بیش تر، ارزش نزدیک صفر داده شده است (شکل ۷).



شکل ۷: نقشه فازی سازی شده لایه شیب

۳-۲- وزن دهی به پارامترها

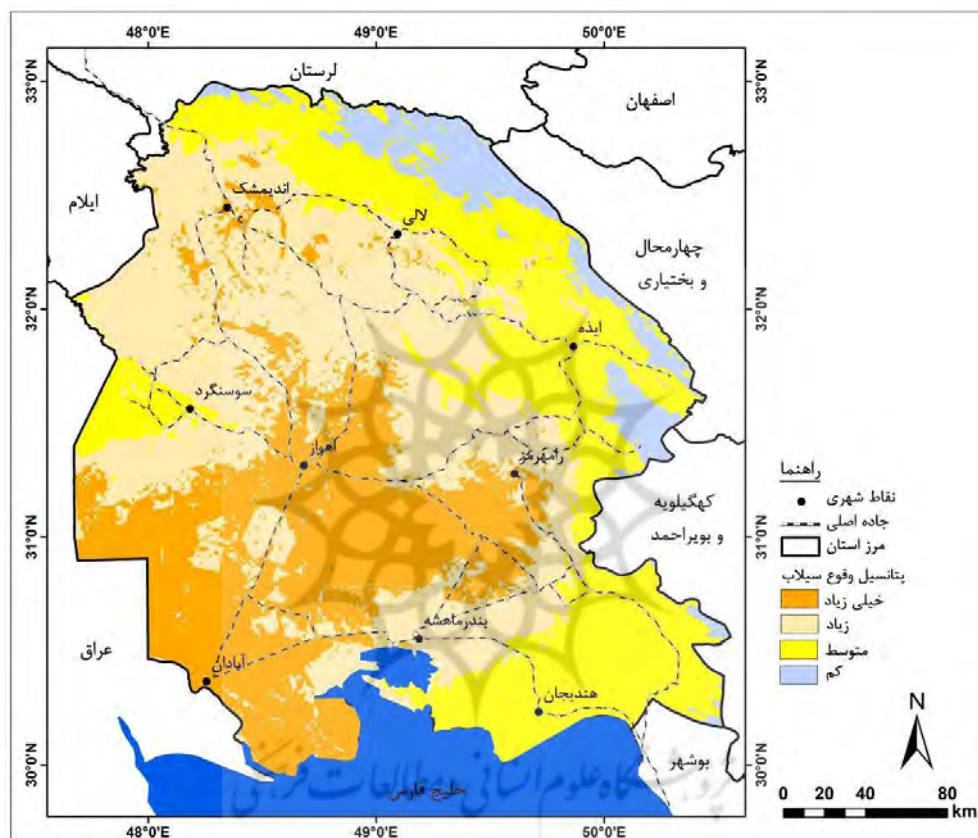
با توجه به اینکه ارزش و اهمیت لایه‌های اطلاعاتی یکسان نیست، در این پژوهش بر مبنای نظرات کارشناسان (۵ کارشناس ژئومورفولوژی) و مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به لایه‌های اطلاعاتی وزن داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، پارامتر فاصله از رودخانه با وزن ۰/۲۷۵ دارای بالاترین وزن بوده است و بعد از آن نیز پارامترهای ارتفاع و شیب به ترتیب با وزن ۰/۲۱۸ و ۰/۱۷۳، دارای وزن بیش‌تری نسبت به سایر پارامترها هستند (شکل ۸).



شکل ۸: وزن نهایی معیارها

۳-۳-۱ اجرای مدل OWA

پس از اینکه وزن نهایی پارامترهای مورد استفاده محاسبه شد، وزن بدست آمده بر روی هر پارامتر اعمال شده است و سپس لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر پارامتر وارد نرم‌افزار TerrSet شده است و در نهایت با استفاده از عمگنر OWA، لایه‌های اطلاعاتی با هم ترکیب شده و نقشه پتانسیل سیل خیزی استان خوزستان در ۴ کلاس تهیه شده است (شکل ۹). بر اساس نقشه تهیه شده، بخش زیادی از استان خوزستان در کلاس پتانسیل سیل خیزی زیاد و خیلی زیاد قرار دارد.

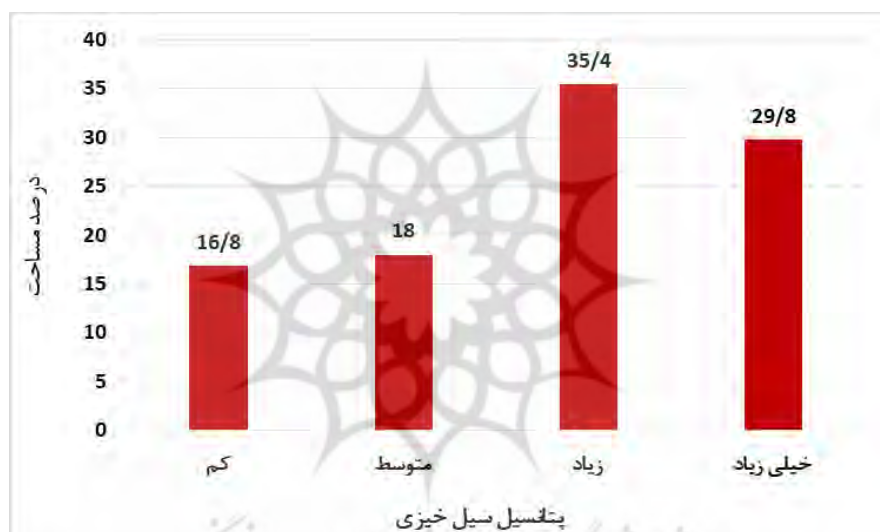


شکل ۹: نقشه پتانسیل سیل خیزی استان خوزستان

نتایج آنالیز وضعیت سیل خیزی استان خوزستان نشان داده است که بخش زیادی از وسعت این استان در کلاس سیل خیزی زیاد قرار دارد. این طبقه که عمدتاً شامل مناطق میانی استان خوزستان است، ۲۲۵۵۲ کیلومترمربع (معادل ۳۵/۴ درصد از وسعت استان) از این استان را شامل می‌شود. طبقه پتانسیل سیل خیزی خیلی زیاد که عمدتاً شامل مناطق جنوبی استان خوزستان است، ۱۸۹۳۸ کیلومترمربع (معادل ۲۹/۸ درصد از وسعت استان) از این استان را دربر گرفته است. همچنین طبقه با پتانسیل سیل خیزی کم که عمدتاً شامل مناطق کوهستانی شمال استان خوزستان است، ۱۰۷۱۱ کیلومترمربع (۱۶/۸) از وسعت این استان را دربر گرفته است (جدول ۱ و شکل ۱۰).

جدول ۱: مساحت و درصد مساحت کلاس‌ها

ردیف	کلاس	مساحت	درصد مساحت
۱	خیلی زیاد	۱۰۷۱۱	۱۶/۸
۲	زیاد	۱۱۴۲۱	۱۸
۳	متوسط	۲۲۵۵۲	۳۵/۴
۴	کم	۱۸۹۳۸	۲۹/۸
۵	مجموع	۶۳۶۲۲	۱۰۰



شکل ۱۰: درصد مساحت کلاس‌ها

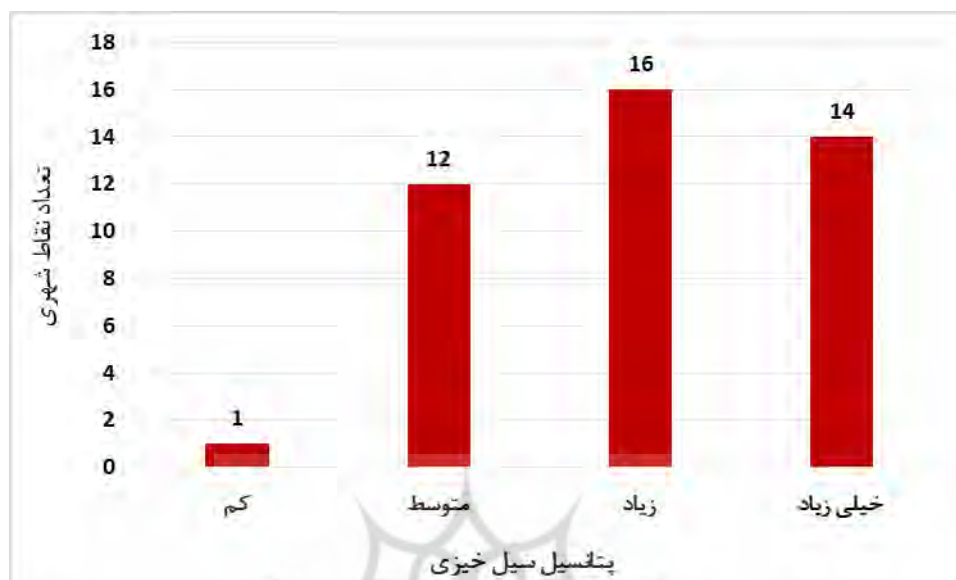
۳-۴- آنالیز وضعیت سیل خیزی شهرهای استان خوزستان

پس از تهیه نقشه نهایی وضعیت سیل خیزی استان خوزستان، در این بخش به بررسی وضعیت سیل خیزی نقاط شهری این استان پرداخته شده است. بر اساس نتایج حاصله، از مجموع ۴۳ شهر استان خوزستان، ۱۴ شهر از جمله شهرهای اهواز، اندیمشک و آبادان در کلاس پتانسیل سیل خیزی خیلی زیاد قرار دارند. ۱۶ شهر از جمله شهرهای امیدیه، مسجدسلیمان و حمیدیه در کلاس پتانسیل سیل خیزی زیاد قرار دارند. ۱۲ شهر از جمله شهرهای بهبهان، سوسنگرد و هندیجان در کلاس پتانسیل سیل خیزی متوسط قرار دارند. همچنین شهر دهدز نیز تنها شهری است که با توجه به وضعیت توپوگرافی و موقعیت حوضه‌ای که دارد، در کلاس پتانسیل سیل خیزی کم قرار دارد (جدول ۲ و شکل ۱۱).

جدول ۲: وضعیت سیل خیزی شهرهای استان خوزستان

ردیف	شهر	پتانسیل سیل خیزی	ردیف	شهر	پتانسیل سیل خیزی
۱	اروند کنار	خیلی زیاد	۲۳	رفیع	متوسط
۲	الوان	زیاد	۲۴	سالند	زیاد
۳	امیدیه	زیاد	۲۵	سردشت	متوسط
۴	اندیمشک	خیلی زیاد	۲۶	سوسنگرد	متوسط
۵	اهواز	خیلی زیاد	۲۷	شادگان	خیلی زیاد
۶	ایذه	متوسط	۲۸	شوش	خیلی زیاد
۷	آبادان	خیلی زیاد	۲۹	شوشتر	زیاد
۸	آغاجاری	متوسط	۳۰	شیبان	خیلی زیاد
۹	باغملک	متوسط	۳۱	صفی آباد	زیاد
۱۰	بستان	متوسط	۳۲	قلعه خواجو	متوسط
۱۱	بندر امام خمینی	زیاد	۳۳	گتوند	زیاد
۱۲	بندر ماهشهر	زیاد	۳۴	لالی	زیاد
۱۳	بهبهان	متوسط	۳۵	مسجد سلیمان	زیاد
۱۴	جایزان	متوسط	۳۶	مقاومت	زیاد
۱۵	حسینه	زیاد	۳۷	ملاثانی	خیلی زیاد
۱۶	حمیدیه	زیاد	۳۸	میانرود	زیاد
۱۷	خرمشهر	خیلی زیاد	۳۹	مینوشهر	خیلی زیاد
۱۸	دز آب	زیاد	۴۰	ویس	خیلی زیاد
۱۹	دزفول	خیلی زیاد	۴۱	هفتگل	زیاد
۲۰	دهدز	کم	۴۲	هندیجان	متوسط

متوسط	هویزه	۴۳	خیلی زیاد	رامشیر	۲۱
			خیلی زیاد	رامهرمز	۲۲



شکل ۱۱: نمودار تعداد نقاط شهری در هر کلاس

۴- نتیجه گیری

وضعیت هیدروژئومورفولوژی استان خوزستان سبب شده است تا این استان دارای پتانسیل سیل خیزی بالایی باشد. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش با استفاده از مدل تلفیقی OWA-AHP، به پتانسیل سنجی وضعیت سیل خیزی استان خوزستان پرداخته شد. بر اساس نتایج بدست آمده، حدود ۳۰ درصد از وسعت استان خوزستان که عمدتاً شامل مناطق جنوبی این استان است به دلیل ارتفاع و شیب کم و نزدیکی به رودخانه‌ها، در کلاس پتانسیل سیل خیزی خیلی زیاد قرار دارد. حدود ۳۵ درصد از وسعت استان خوزستان نیز که عمدتاً شامل مناطق میانی این استان است، در کلاس پتانسیل سیل خیزی زیاد قرار دارد. بر این اساس می‌توان گفت که حدود ۶۵ درصد از وسعت استان خوزستان، در معرض مخاطره سیلاب قرار دارد. همچنین در این تحقیق وضعیت سیل خیزی شهرهای استان خوزستان مورد ارزیابی قرار گرفته شده است که بر اساس نتایج حاصله، از مجموع ۴۳ شهر استان خوزستان، ۱۴ شهر از جمله شهرهای اهواز، اندیمشک و آبادان در کلاس پتانسیل سیل خیزی خیلی زیاد قرار دارند. ۱۶ شهر از جمله شهرهای امیدیه، مسجدسلیمان و حمیدیه در کلاس پتانسیل سیل خیزی زیاد قرار دارند. ۱۲ شهر از جمله شهرهای بهبهان، سوسنگرد و هندیجان در کلاس پتانسیل سیل خیزی متوسط قرار دارند. همچنین شهر دهدز نیز تنها شهری است که با توجه به وضعیت توپوگرافی و موقعیت حوضه‌ای که دارد، در کلاس پتانسیل سیل خیزی کم قرار دارد. مجموع نتایج این تحقیق نشان داده است که بسیاری از شهرهای استان خوزستان در معرض مخاطره سیلاب قرار دارند بنابراین لازم است تا با استفاده از اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای، احتمال وقوع سیلاب در این استان را کاهش داد.

Reference

1. Abedini, M., Babaei Olam, T., & Pasban, A. 2024. Flood risk assessment and zoning using MFFPI model (case study: Shafarood watershed, Gilan province). *Geography and Human Relationships*, 7(1), 871-821. <https://doi.org/10.22034/gahr.2024.466493.2198> [In Persian]
2. Almasalmeh, O., Mourad, K.A., & Eizeldin, M. 2022. Simulating flash floods using remote sensing and GIS-based KW-GIUH hydrological model. *Arabian Journal of Geosciences*, 15 (1577). <http://dx.doi.org/10.1007/s12517-022-10852-6>
3. Asadi, M., Ganjaeian, H., Javedani, M., & Ghaderi Hasab, M. 2021. Evaluation of the Relationship between Natural Factors and Subsidence in Ivanaki Plain Using Radar Imaging. *Hydrogeology*, 6(1), 13-22. <https://doi.org/10.22034/hydro.2021.13016> [In Persian]
4. Azmi, A., & Nouri, M. 2017. The role of social capital in the management of natural hazards in rural settlements (Case Study: Kermanshah Mahidasht). *Geography (Regional Planning)*, 7(26), 77-89. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22286462.1396.7.2.5.7> [In Persian]
5. Azmi, A., Mirzaei Ghaleh, F., & Darvishi, S. 2015. Situation of Domestic knowledge in Natural Hazards Management in Villages (Case study: Shirz District, Harsin County). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 4(1), 23-39. <https://doi.org/10.22067/geo.v4i1.35128> [In Persian]
6. Bourenane, H., Bouhadad, Y., & Guettouche, M.S. 2019. Flood hazard mapping in urban area using the hydrogeomorphological approach: case study of the Bumerzoug and Rhumel alluvial plains (Constantine city, NE Algeria). *African Earth Sciences*, 160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103602>
7. Chini, M., Pelich, R., Pulvirenti, L., Pierdicca, N., Hostache, R., & Matgen, P. 2019. Sentinel-1 InSAR Coherence to Detect Floodwater in Urban Areas: Houston and Hurricane Harvey as A Test Case. *Remote Sensing*, 11, 107. <https://doi.org/10.3390/rs11020107>
8. Ebrahimi, A., Ghasemi, A., & Ganjaeian, H. 2020. Monitoring the Subsidence Rate of Pakdasht Urban Area Using Radar interferometry method. *Geography and Human Relationships*, 2(4), 29-41. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26453851.1399.2.4.3.1> [In Persian]
9. Ganjaeian, H. 2020. Geomorphological hazards of urban areas, study methods and control strategies. Entekhab publication, P144. <https://www.gisoom.com/book/11628118> [In Persian]
10. Ganjaeian, H., Mohammadian, K., Nosrati, M., & Javedani, M. 2025. Evaluation of Khuzestan's erg activity status and risks arising from it using Google Earth Engine system. *Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences*, 4(13), 1-22. <https://doi.org/10.22034/rsgi.2025.61672.1075> [In Persian]
11. Ganjaeian, H., Rezaei Arefi, M., Peysoozi, T., & Emami, K. 2021. Zonning susceptible areas of landslide using WLC and OWA methods -A case study in Mountain cliff Khan, Iran. *Sustainable Earth Trends*, 1(2), 35-43. <https://doi.org/10.52547/sustaineath.1.2.43>
12. Haseli, S., Pourkhabbaz, H., & Azmi, A. 2024. Evaluating Urban Resilience against Earthquakes (Case Study: Islamabad Gharb). *Geography and Urban Space Development*, 11(2), 139-159. <https://doi.org/10.22067/jgusd.2023.78320.1241> [In Persian]

13. Kan g, C.S., & Kanniah, K.D. 2022. Land use and land cover change and its impact on river morphology in Johor River Basin, Malaysia. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 41. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101072>
14. Lee, M.j. 2015. Analysis on the flood vulnerability in the Seoul and Busan metropolitan area, Korea using spatial database. EGU General Assembly, 17. <https://egusphere.net/conferences/EGU2015/GI/index.html>
15. Liu, J., Wang, S., & Li, D. 2014. The Analysis of the Impact of Land-Use Changes on Flood Exposure of Wuhan in Yangtze River Basin, China. *Water Resources Management*, 28: 2507–2522. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0623-1>
16. Manawi, S., Mohd Nasir, K. A., Sanusi Shiru, M., Fayez Hotaki, S., & Naser Sediqi, M. 2020. Urban Flooding in the Northern Part of Kabul City: Causes and Mitigation. *Earth Systems and Environment*, 4 (1), 599–610. <https://doi.org/10.1007/s41748-020-00165-7>
17. Mohammakhani, S., Ganjaeian, H., Garosi, L., & Zanganetabar, Z. 2020. Assessing the impact of groundwater drop on the subsidence rate using the Sentinel-1 Radar images - Case study: Qorveh Plain. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 28(112), 219-229. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2020.38617> [In Persian]
18. Mohammakhani, S., Ganjaeian, H., Shahri, S., & Abbaszade, A. 2019. Predicting the trend of urban development toward hazardous areas using multi temporal images (Case Study: Marivan City). *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 28(110), 107-117. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2019.36615> [In Persian]
19. Nayyeri, H., Ganjaeian, H., & Amani, K. 2018. Evaluation of Environmental Indicator of Perimeters of the Land Suitability for the Development of the Sarvabad City by Combining Two Models of Network Analysis and Fuzzy Logic. *Journal of Urban Social Geography*, 5(1), 49-62. <https://doi.org/10.22103/JUSG.2018.1961> [In Persian]
20. Nayyeri, H., Salari, M., Ganjaeian, H., & Amani, K. 2017. Geomorphological Assessment of Land Suitability for the Physical Expansion of Sanandaj City Applying Restricted Areas. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 5(1), 127-145. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2017.63213> [In Persian]
21. Negahban, S., Ganjaeian, H., Ebrahimi, A. & Emami, K. 2019. Monitoring and predicting the trend of changes in residential areas using multi-timed images (Case study: Songhor city). *Journal of the Earth and Space Physics*, 45(2), 343-354. <https://doi.org/10.22059/jesphys.2019.275076.1007084> [In Persian]

22. Negahban, S., Ganjaeian, H., Ebrahimi, A., & Gheysarian, S.S. 2025. Analysis of the Roles of Environmental Factors in the Occurrence of Floods Using the Google Earth Engine System (Case Study: West of Golestan Province). *Geography and Environmental Planning*, 35(4), 1-18. <https://doi.org/10.22108/gep.2024.142342.1659> [In Persian]
23. Negahban, S., Ganjaeian, H., Feraydooni Kordestani, M., & Cheshmeh sefidi, Z. 2019. Assessing the physical development of cities and extending to geomorphological prohibited areas Using LCM (Case Study: Sanandaj City). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 8(20), 39-52. <https://doi.org/10.22111/jneh.2018.21943.1317> [In Persian]
24. Negahban, S., Ganjaeian, H., Ghisarian, S. S., & Ebrahimi, A. 2024. Identifying the centers of dust and analyzing the factors influencing its occurrence Based on Remote Sensing Data (Case Study: Southwest Iran). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 13(4), 386-405. <https://doi.org/10.22067/geoh.2024.89088.1504> [In Persian]
25. Negahban, S., Peysoozi, T., Ganjaeian, H., & Norozi, M. 2021. Identify areas prone to landslide and vertical displacement using Radar images (Case study: Lavasan urban area and urban margin). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(3), 1-18. <https://doi.org/10.22067/geoh.2021.71728.1094> [In Persian]
26. Paulik, R., Zorn, C., Wotherspoon, L., & Sturman, J. 2023. Modelling national residential building exposure to flooding hazards. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 94. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103826>
27. Pireh, M., & Ganjaeian, H. 2024. Analysis of landslides occurred in connection with environmental factors (Case study: Sanandaj County). *Geography and Human Relationships*, 7(3), 262-278. <https://doi.org/10.22034/gahr.2025.458065.2135> [In Persian]
28. Qiang, Y., Nina, S. N., Lam, H. C., & Lei, Z. 2017. Changes in Exposure to Flood Hazards in the United States. *Annals of the American Association of Geographers*, 107 (6). <https://doi.org/10.1080/24694452.2017.1320214>
29. Saffari Namivandi, M., Ganjaeian, H., Nosrati, M., & Mohammadian, K. 2024. Identification of flooded areas and analysis of factors influencing its occurrence (Case study: Southeast of Sistan and Baluchestan province). *Quantitative Geomorphological Research*, 13(2), 181-194. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2024.449586.1494> [In Persian]
30. Saffari, A., Ganjaeian, H., Heidary, Z., & Feridoni Kordestani, M. 2018. The

- Determination of the Developed Karst Regions Using Fuzzy Logic and OWA Models in Qaresou Basin. *Hydrogeomorphology*, 5(15), 95-114. https://hyd.tabrizu.ac.ir/article_7920.html [In Persian]
31. Salahi, B., & Behrouzi, M. 2023. Evaluation of flood potential of Ardabil plain using fuzzy models and satellite images. *Geography and Human Relationships*, 6(2), 369-389. <https://doi.org/10.22034/gahr.2023.385576.1816> [In Persian]
32. Salari, M., Nayeri, H., Amani, K. & Ganjaeian, H. 2017. Locating Suitable Directions for Kamyaran Urban Development through a Hazardology Approach based on the Application of Geomorphologically Restricted Areas. *Environmental Management Hazards*, 4(4), 419-436. <https://doi.org/10.22059/jhsci.2018.252694.341> [In Persian]
33. Salari, M., Nayyeri, H., Ganjaeian, H., & Amani, K. 2020. Assessment and Prediction of the process of expansion of residential areas with Geomorphological Approach and Environmental Management (Case Study: Paveh City). *Quantitative Geomorphological Research*, 9(1), 86-101. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2020.109536> [In Persian]
34. Singha, M., Dong, J., Sarmah, S., You, N., Zhou, Y., Zhang, G., Doughty, R., & Xiao, X. 2020. Identifying floods and flood-affected paddy rice fields in Bangladesh based on Sentinel-1 imagery and Google Earth Engine. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 166, 278-293. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.06.011>
35. Vekaria, D., Chander, S., Singh, R.P., & Dixit, S. 2023. A change detection approach to flood inundation mapping using multi-temporal Sentinel-1 SAR images, the Brahmaputra River, Assam (India): 2015-2020. *Journal of Earth System Science*, 132(3). <https://doi.org/10.1007/s12040-022-02020-x>