

بررسی و پهنه بندی خطر سیلاب حوضه‌های آبریز شهری با استفاده از مدل‌های فازی ویکور و روش خطی وزنی (مطالعه موردی: حوضه آبریز ایزده - خوزستان)

سید اسدالله حجازی - استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز.
سعید نگهبان - دانشیار بخش جغرافیا، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز.
سیده معصومه موسوی* - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
محمد هادی امین زاده - دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تهران، تهران.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۰۶ تأیید نهایی: ۱۴۰۳/۰۶/۳۴

چکیده

وقوع سیلاب یکی از فاجعه‌بارترین بلایای طبیعی است که از لحاظ تلفات جانی و مالی مقام اول را در میان دیگر حوادث طبیعی دارا است. پهنه‌بندی و پیش‌بینی سیلاب می‌تواند یکی از مؤثرترین روش‌های غیر سازه‌ای در مدیریت سیلاب جهت کاهش خطرات و خسارات ناشی از آن باشد. هدف از این پژوهش پهنه‌بندی و مقایسه خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز شهر ایزده با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) می‌باشد. ابتدا بر اساس عوامل مؤثر در وقوع سیلاب که شامل: بارش، شیب، جهت شیب، سازند های زمین شناسی، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی و ارتفاع می‌باشند این لایه‌ها در محیط ARC MAP پردازش و رقومی سازی شدند. سپس این پارامترهای طبقه‌بندی شده با استفاده از روش وزن دهی سلسله مراتبی (AHP) به صورت دو به دو توسط نرم افزار Expert Choice وزن‌دهی شدند. در مرحله بعد داده‌های مد نظر به نرم افزار Idrisi منتقل شدند پس از تغییر فرمت آن‌ها و استاندارد سازی آن‌ها بر اساس توابع فازی وارد مدل‌های فازی شدند؛ و در نهایت نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده حوضه آبریز شهر ایزده با دو روش ویکور و روش خطی وزنی تهیه گردید. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که عامل بارش، ارتفاع و شیب بیشترین تاثیر را بر ایجاد سیل در حوضه مورد مطالعه دارند و مناطق شرق و جنوب شرق بیشترین پتانسیل سیل خیزی را دارا هستند، همچنین بر اساس مدل‌های WLC و Vikor به ترتیب ۱۶ و ۱۳/۸۰ درصد از منطقه در طبقه با خطر بسیار بالا قرار دارد. لذا انجام اقدامات حفاظتی و آبخیزداری در حوضه آبریز ایزده در جهت کاهش خسارت سیلاب و مدیریت بهینه آن ضروری است.

واژگان کلیدی: پهنه‌بندی سیلاب، حوضه آبریز ایزده، مدل فازی Vikor، مدل فازی WLC، Expert Choice.

مقدمه

سیل به وضعیتی گفته می‌شود که در آن جریان رودخانه و سطح آب به صورت غیر منتظره افزایش پیدا کرده و باعث خسارات مالی و جانی گردد (علیزاده، ۱۳۸۹: ۸۴۰). سیلاب از جمله‌ی بلایای طبیعی شناخته شده است که طبق گزارش جهانی برنامه‌ی عمران سازمان ملل در مورد خطر بلایای طبیعی، سیلاب همراه با زلزله و خشکسالی بالاترین رتبه را از لحاظ خسارات مالی و جانی به همراه دارند (بهشتی و دیگران، ۱۳۸۸: ۲۲). دخالت نابجای انسان در اکوسیستم‌ها، بهره‌برداری کنترل نشده از جنگل‌ها و چرای مفرط دام‌ها از مهم‌ترین عوامل تشدید کننده‌ی سیل هستند که موجب کاهش ظرفیت نگهداری، و هدررفت خاک‌های حاصلخیز می‌گردد و در نتیجه افزایش رواناب‌های سطحی و رخ دادن سیل را به دنبال می‌آورد (چیتی، ۱۳۸۲: ۳۹). روند افزایش سیل در پنج دهه‌ی اخیر نشان می‌دهد که تعداد وقوع سیل در دهه‌ی ۸۰ نسبت به دهه‌ی ۴۰ تقریباً ۱۰ برابر شده است و به عبارتی ۹۰ درصد افزایش داشته است (عبدی، ۱۳۸۵: ۲۰). تخریب زمین‌های مستعد کشاورزی، فرسایش شدید خاک و حمل آن از محل‌های مناسب به درون آبراهه‌ها و رسوب‌گذاری آن در دریاها، خسارات به مناطق مسکونی و تأسیسات از جمله مشکلات ناشی از وقوع سیلاب‌ها در مناطق مختلف است. پیچیدگی محیط‌های شهری و زیر ساخت‌های مربوط به زهکشی تأثیر زیادی بر تشکیل رواناب سطحی دارد (چن و همکاران^۱، ۲۰۰۹: ۱۸۴). سیلاب در محدوده‌های شهری^۲ در سطوح صاف و غیر قابل نفوذ که با سامانه‌ی زهکشی مصنوعی توسط بشر ساخته شده است با سرعت بالا اتفاق می‌افتد. با توجه به این عامل، حالت شهری یافتن مناطق طبیعی باعث ازدیاد حجم و شدت رواناب و وقوع سیلاب در مناطق پایین دست می‌شود (برومند نسب، ۱۳۸۱: ۲). از گام‌های اساسی در جهت کاهش آثار زیان بار ناشی از سیلاب، شناخت مناطق سیل گیر و درجه‌بندی این مناطق از لحاظ میزان خطر سیل است (پتیا^۳، ۲۰۰۸: ۸) تا بر اساس نتایج حاصله بتوان در رابطه با نحوه‌ی استفاده از اراضی و کاربری‌های مختلف از جمله توسعه‌ی بهینه‌ی آبی شهرها و روستاها، کشاورزی خدماتی و تولیدی، تصمیم‌گیری نمود و زیان‌های ناشی از وقوع سیل را کاهش داد. با رشد و توسعه فناوری‌های نوین، روش‌های موجود تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل و محیط ارائه نمایش این نقشه‌ها نیازمند استفاده از ابزارهای کارآمدتری است از یک سو مدل‌های ریاضی جدید و پیشرفته امکانات زیادی جهت تحلیل دقیق‌تر جریان سیلاب در اختیار کاربران می‌گذارند و از سوی دیگر سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) توانایی زیادی جهت تولید نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و نمایش بصری آن‌ها در اختیار کاربران قرار می‌دهد. در صورت برقراری ارتباط مناسب بین مدل‌های ریاضی و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی امکان اعمال تغییرات مورد نظر، اصلاح و به روز رسانی این نقشه‌ها به سادگی امکان‌پذیر است. چنین سیستمی توانایی قابل ملاحظه‌ای جهت مدیریت سیلاب‌ها در اختیار مدیران و کارشناسان شهری قرار می‌دهند. در چند دهه اخیر، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، در زمینه پهنه‌بندی خطر سیلاب بسیار مورد استقبال قرار گرفته است و برای کشف طیف وسیعی از گزینه‌ها از نظر درگیری‌های عینی و معیارهای چندگانه، از روش تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده می‌شود. استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور مدیریت، تفسیر و آماده‌سازی داده‌های فضایی برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی، فرصت‌ها و چالش‌های زیادی را برای مدل‌سازان هیدرولوژیکی فراهم می‌کند (چو و همکاران^۴، ۲۰۱۸؛ چن^۵ و همکاران، ۲۰۲۱). بنابراین استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، با یک رویکرد تلفیقی، می‌تواند باعث تسریع در روند برنامه‌ریزی در تشخیص موارد بحرانی و اضطراری شده و منجر به صدور نتایج مناسبی گردد. مطالعات گوناگونی در

1-Chen et al, (2009)

2- Urban watershed

3- Patial, (2008)

4. Cho et al

5 . Chen

ایران و سایر نقاط جهان در ارتباط با پهنه بندی سیلاب با مدل های مختلف صورت گرفته که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می شود. صفاری و همکاران (۱۳۹۰) به ارزیابی آسیب پذیری منطقه‌ی ۳ تهران در برابر خطر سیل با استفاده از GIS و منطق فازی پرداختند، نتایج نشان می‌دهد که منطقه ۳ مستعد خطرات ناشی از سیل است و بیش از ۱۲ درصد از منطقه مورد مطالعه کاملاً آسیب پذیر است. قنوتی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی با استفاده از مدل فازی به ارزیابی و پهنه‌بندی سیلاب در حوضه‌ی فرحزاد پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین مساحت منطقه مربوط به نواحی با خطر بسیار کم با مساحت ۱۴/۲۹ کیلومتر است و کمترین مساحت مربوط به سطوح با خطر بسیار زیاد (۰/۷۸ کیلومتر مربع) و زیاد (۱/۳۷ کیلومتر مربع) است. قهرودی تالی و همکاران (۱۳۹۱) به ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران پرداختند نتایج تحقیق بیانگر این است که مناطق ۱۰، ۱۷، ۸ و ۱۱ آسیب‌پذیرترین بخش‌ها و مناطق ۲۲، ۲۱ و ۱۸ کم آسیب پذیرترین مناطق تهران در برابر سیلاب‌های شهری هستند. موسوی (۱۳۹۲) به پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از فنون چند معیاری فازی در بخشی از حوضه آبخیز شهر ایزد پرداختند نتایج حاصله از کارشان بیانگر این است که بر اساس مدل AHP، ۳۵٪، مدل TOPSIS، ۳۳ درصد و مدل WLC ۱۳ درصد از حوضه مورد مطالعه در معرض خطر بالای سیلاب قرار دارد. اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی به بررسی و پهنه بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل ویکور در حوضه آق لاقان چای پرداختند. نتایج تحقیقشان نشان داد که این حوضه دارای توان بسیار بالا از لحاظ رخداد سیلاب می‌باشد. موسوی و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی به پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل تاپسیس در بخشی از حوضه آبریز شهر باغملک پرداختند یافته‌های تحقیقشان نشان می‌دهد که ۱۷/۸۶ درصد از محدوده در طبقه با خطر بسیار بالا، ۲۴/۱۵ درصد در پهنه با خطر بالا قرار دارد. روش TOPSIS فازی در مقایسه با روش TOPSIS غیر فازی به دلیل استفاده از مجموعه‌های فازی سازگاری بیشتری با توضیحات زبانی و گاه مبهم انسانی دارد. نجفی و کریمی کرد آبادی (۱۳۹۹) به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY در منطقه یک شهر تهران پرداختند دستاورد این تحقیق نشان می‌دهد که پهنه‌های خطر خیلی کم، خطر کم و متوسط در شمال و مرکز محدوده مورد مطالعه قرار دارند و پهنه‌های خطر خیلی زیاد و زیاد، منطبق بر نقاط خروجی حوضه‌ها و در محدوده شهری منطقه قرار دارند. پورنبی درزی و همکاران (۱۴۰۰) به پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و Arc GIS حوزه آبخیز چشمه کیله شهرستان تنکابن پرداختند نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان داد که هر چه دوره بازگشت طولانی‌تر شود سطح وسیع‌تری از اراضی تحت تاثیر سیل قرار می‌گیرد. همچنین بیشترین سطح سیلابی مربوط به اراضی زراعی به وسعت ۶/۲۴ هکتار می‌باشد و بعد از آن اراضی مسکونی با وسعت ۳/۹۴ هکتار، جنگلی ۲/۹۲ هکتار و باغی ۰/۸ هکتار می‌باشد. عابدینی و همکاران (۱۴۰۱) به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از تکنیک چند معیاره^۱ و ARAS^۱ و هیدروگراف واحد در حوضه بالادست ایستگاه هیدرومتری پل سلطان مشکین‌شهر پرداختند نتایج مطالعه نشان داد، عوامل شیب، لیتولوژی، کاربری و ارتفاع به ترتیب با مقادیر وزنی؛ ۰/۱۶۴، ۰/۱۵۶، ۰/۱۱۸ و ۰/۱۱۶ بیشترین تأثیر را بر ایجاد سیل در منطقه مطالعاتی دارند. همچنین، با توجه به نتایج به دست آمده به ترتیب ۲۰/۴۶ و ۳۲/۰۲ کیلومتر مربع از مساحت محدوده، در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند رضایی مقدم و همکاران (۱۴۰۳) پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز رود زرد، با استفاده از مدل تحلیل چند معیاره‌ی ویکور پرداختند نتایج تحقیقشان نشان می‌دهد که از بین عوامل موثر در ایجاد سیلاب عامل شیب با ضریب وزنی ۰/۱۵۷، ارتفاع با ضریب وزنی ۰/۱۳۳ و کاربری اراضی با ضریب وزنی ۰/۱۲۷ به ترتیب مهم‌ترین عوامل ایجاد سیلاب در حوضه رود زرد هستند. به علاوه به ترتیب ۱۰/۷۸ و ۱۶/۷۱ درصد از مساحت حوضه، در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارد که نشانگر پتانسیل این حوضه برای وقوع سیلاب می‌باشد. رضایی مقدم و رحیم پور (۱۴۰۳) به ارزیابی پتانسیل خطر وقوع سیل با استفاده از روش تحلیل آماری دو متغیره در حوضه آبریز آجی چای

^۱ Additive Ratio Assessment

پرداختند یافته هانشان می دهد که بیش از ۳۰ درصد از مساحت منطقه در پهنه‌های زیاد و خیلی زیاد از نظر خطر وقوع سیل قرار دارند. علاوه بر مطالعات داخلی در خارج از ایران هم مطالعات زیادی در ارتباط با سیلاب و روش‌های چند معیاری انجام گرفته است منگلی و همکاران (۲۰۱۰)^۱ به پیش‌بینی و طبقه‌بندی زمان واقعی سیل با استفاده از روش‌های خوشه‌بندی فازی، شبکه عصبی و مدل هیدرولوژیکی مفهومی در استان لیائونینگ، چین پرداختند. نتایج بیانگر این است که چارچوب طبقه‌بندی پیش‌بینی دقیق‌تر و بهتر از روش‌های غیر طبقه‌بندی شده سنتی است. علاوه بر این، اثرات وزن، شاخص‌های مختلف در خوشه‌بندی فازی نیز دارای کارایی مطلوبی در پیش‌بینی سیلاب است. چن و همکاران (۲۰۱۱)^۲ روش تحلیل خوشه‌ای فازی و شاخص‌های مساحت را در ۳۰ استان چین در مورد تلفات جانی، تعداد خانه‌های ویران شده و میزان خسارات اقتصادی بکار بردند و به این نتیجه رسیده‌اند که روش تحلیل خوشه‌ای فازی روشی مناسب برای طبقه‌بندی و تحلیل خطر سیلاب است. کیونگ سو و همکاران^۳ (۲۰۱۳) در پژوهشی به بررسی کمیت آسیب‌پذیری خطر سیل در ۱۶ استان کره‌ی جنوبی با در نظر گرفتن تغییرات آب و هوایی با استفاده از رویکرد چند معیاره فازی TOPSIS و روش وزن مجموع (WSM) پرداختند، نتایج بدست آمده از کارشان نشان می‌دهد که برخی از رتبه‌بندی‌های TOPSIS فازی کاملاً متفاوت از WSM است علاوه بر این، اگر واریانس رتبه‌بندی این استان در نظر گرفته شود، برخی از استان‌ها مقادیر پایین را نشان می‌دهد در پایان، ارزیابی آسیب‌پذیری برای تغییر آب و هوا نه تنها باید تکنیک‌های MCDM مختلف سنجیده شود بلکه عدم اطمینان از ارزش وزن و داده‌های متغیر نیز باید در نظر گرفته شود. گیومین و همکاران^۴ (۲۰۱۴) به بررسی و مقایسه‌سازی آسیب‌پذیری رودخانه هان در کره‌جنوبی با استفاده از مدل Fuzzy TOPSIS و روش فازی عدم قطعیت پرداختند به این نتیجه رسیدند که TOPSIS فازی مبتنی بر مجموعه‌ای سطح α بر روش فازی عدم قطعیت اولویت‌بندی قوی‌تری می‌تواند داشته باشد. این روش را می‌توان به عنوان مدلی قوی و با تصمیم‌گیری بهتر در مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار داد. برهما^۵ (۲۰۱۸)، به بررسی کاربردهای روش‌های VIKOR و AHP فازی در مطالعات مربوط به سیل پرداخته است و به این نتیجه دست یافته است، روش‌های MCDM به دلیل توانایی در رتبه‌بندی و اندازه‌گیری گزینه‌های نزدیک به ایده آل محبوبیت یافته است و بسیاری از روش‌های MCDM مانند VIKOR و AHP فازی، روش علمی جدیدی را برای ارزیابی خطر سیل فراهم می‌کند. در نهایت در این مطالعه، پیش‌بینی شده است که در آینده، تعداد برنامه‌ها و رویکردهای مرتبط با روش‌های VIKOR و AHP فازی، افزایش می‌یابد. برهما و میترا^۶ (۲۰۱۹)، در حوضه‌ی آسام هند، خطر سیلاب را با بهره‌گیری از روش ویکور مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش جهت استانداردسازی لایه‌ها از روش فازی و به منظور وزن‌دهی معیارها از روش AHP استفاده شده است. در نهایت با توجه به نتایج حاصله قابلیت روش ویکور در بررسی سیلاب، در این مطالعه مورد تأیید قرار گرفته است. ژو و همکاران^۷ (۲۰۲۰)، به بررسی مقاومت دلتای رودخانه یانگ تسه چین (شامل ۲۷ شهر)، در برابر سیلاب شهری پرداخته‌اند. در این مطالعه از روش‌های چند معیاره تاپسیس و ویکور با توجه به ۶۳۲ سناریو استفاده شده است. نتایج مطالعه نشان داد، در حالی که کل منطقه سطح متوسطی از مقاومت در برابر سیل شهری را نشان می‌دهد، ولی شهر نانجینگ پتانسیل بالاتری دارد. در نهایت در این مقاله نیز اذعان شده است که استفاده از فنون تحلیل چند معیاره نتایج قابل قبول‌تری را در امر پهنه‌بندی خطر سیلاب، ارائه می‌دهند. تول

1- Minglei et al,(2010)

2-Chenet al,(2011)

3-Kyung-Soo et al,(2013)

4 -Gyumin et al(2014)

5. Brahma

6 . Brahma and Mitra

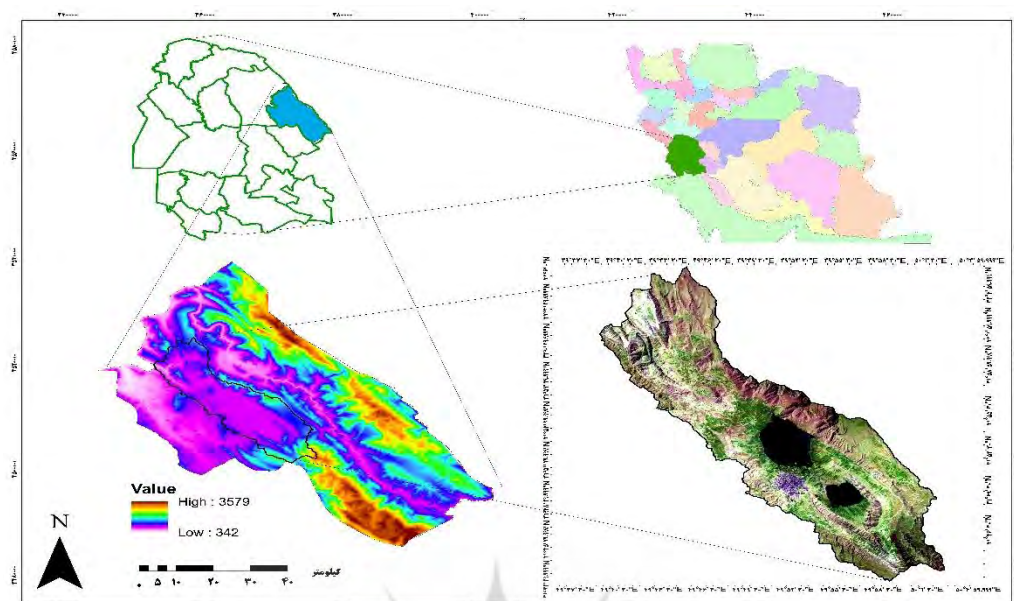
7 . Zhu et al

کبرا نهین و همکاران^۱ (۲۰۲۳) به ارزیابی آسیب‌پذیری سیل با استفاده از تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (AHP) در دشت سیلابی رودخانه جامونا منطقه جمال‌پور، بنگلادش پرداختند. نتایج پژوهششان نشان می‌دهد که در نقشه نهایی طبقه‌بندی شده ۴۵٫۹۶ درصد از مجموع ۲۱۱۵٫۲ کیلومترمربع از منطقه مورد مطالعه در معرض خطر آسیب‌پذیری بسیار بالا قرار دارد. جماعی و همکاران^۲ (۲۰۲۴) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سنجش از دور به تعیین محدوده در معرض خطر سیل در در حوضه گابس در جنوب شرقی تونس پرداختند. یافته‌ها نشان می‌دهد که تقریباً ۱٫۹۴ درصد از حوضه در معرض خطر بسیار بالای سیل قرار دارد. توزیع مکانی هم نشان می‌دهد که بخش‌های ساحلی و نواحی جنوبی حوضه آبریز گابس در برابر سیل آسیب‌پذیر هستند.

حوضه آبخیز شهر ایزه به لحاظ شرایط خاص منطقه، مانند توپوگرافی، شیب زیاد در بالا دست حوضه، وجود سازندهای با نفوذپذیری کم در حوضه و به واسطه قرار گیری بروی یک دشت میان کوهی از پتانسیل سیل خیزی بالایی برخوردار می‌باشد. تخریب‌های محیط زیستی از قبیل جنگل زدایی، تغییر در کاربری‌ها اراضی و فرسایش خاک از دیگر عواملی هستند که در افزایش حجم و گسترش سیلاب‌های این حوضه نقش دارند. همچنین عوامل انسانی دیگر نظیر عدم اجرای درست طرح‌های آمایش سرزمین در تشدید آثار مخرب سیلاب‌های این منطقه موثر است. از سوی دیگر شرایط اقلیمی خاص این حوضه که یکی از پر بارش‌ترین مناطق استان خوزستان می‌باشد سبب شده هر ساله سیل خسارت‌های زیادی بر بخش‌های کشاورزی و راه‌های ارتباطی و مناطق مسکونی وارد کند. گزارش‌ها حاکی از این است که سیل‌های مرداد ماه ۱۴۰۱، ۱۳۹۸، و قبل از آن باعث جان باختن چندین نفر و خسارات هنگفتی به این نواحی شده. بر طبق گفته‌های فرماندار این شهر بیش از ۵۰ میلیارد تومان خسارت ناشی از سیلاب فرودین سال ۱۳۹۸ به شهر ایزه و توابع این شهر وارد شده است (www.isna.ir). اهمیت داشتن این حوضه از نظر کشاورزی و مسائل اقتصادی، سبب شده که سطح بندی این حوضه از لحاظ حساسیت به وقوع خطر سیلاب بسیار حائز اهمیت باشد، هدف از این پژوهش مشخص نمودن نواحی مختلف این حوضه به لحاظ پتانسیل خطر وقوع سیلاب و پهنه‌بندی آن از نظر طبقات خطر با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی است.

محدوده مورد مطالعه

حوضه آبریز شهر ایزه با وسعت ۵۷۳/۷۴ کیلومترمربع بین طول ۴۹°۳۹'۴۵" تا ۵۰°۲۰'۸" شرقی و عرض ۳۱°۴۲'۲۲" تا ۳۲°۱'۸" شمالی در شمال شرق استان خوزستان واقع شده است (شکل ۱). شهر ایزه هم در این حوضه قرار گرفته است، بیشترین ارتفاع این حوضه ۲۹۲۲ متر در جنوب شرقی و کمترین ارتفاع آن ۴۴۱ متر است؛ از لحاظ حوضه ای یکی از زیر حوضه‌های، کارون بزرگ می‌باشد. محدوده‌ی شهر ایزه بر روی دشت ایزه واقع است این دشت حوضه آبریز مسدودی است که کلیه آب‌های سطحی از اطراف به سمت دو دریاچه نسبتاً وسیع در شمال و جنوب شرقی آن به نام‌های میانگران و بندان وارد می‌شوند. شیب متوسط آن ۲۴٫۷۸ درصد می‌باشد. اقلیم منطقه از نوع نیمه مرطوب معتدل می‌باشد. البته این اقلیم بر کل حوضه تطبیق نمی‌کند در قسمت‌های مختلف با توجه به موقعیت و توپوگرافی منطقه متفاوت است. در نواحی جنوب شرقی دارای اقلیمی از نوع سرد و معتدل است و در قسمت‌های غرب و شمال غربی و مرکزی اقلیم از نوع نیمه خشک می‌باشد. متوسط بارندگی در حدود ۷۰۰ میلی‌متر و دمای متوسط کل حوضه حدود ۲۰ سانتی‌گراد است (موسوی، ۱۳۹۲: ۲۰).



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه

روش تحقیق

با توجه به ماهیت موضوع روش تحقیق بصورت استنادی، مشاهدات میدانی و «توصیفی-تحلیلی» بوده است. داده‌های مورد نیاز به شیوه کتابخانه‌ای جمع آوری شدند و تحلیل داده‌ها در مقیاس منطقه مورد مطالعه به صورت مقایسه‌ای با یکدیگر خواهد بود در مرحله بعد جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا باید مؤلفه‌های تأثیرگذار مشخص شده و بر مبنای آن‌ها داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز گردآوری و طبقه‌بندی شوند در مطالعات پهنه بندی سیل شناسایی حوضه و فاکتورهای عامل، ضروری است که البته هر کدام اهمیت خاص مربوط به خود را دارند. با توجه به محدودیت‌هایی که در تهیه برخی لایه‌ها وجود داشت و عواملی که موجب طولانی شدن فرآیند پردازش داده‌ها می‌شود، سعی شده است که فاکتورهایی که تأثیر بیشتری بر رخداد و پتانسیل سیل‌خیزی حوضه مورد مطالعه و انطباق بیشتری با مدل‌های VIKOR, WLC و ویژگی‌های حوضه داشته‌اند؛ بررسی شوند. موادی که در این پژوهش به کار گرفته شد مشتمل بر معیارهای فاصله از خطوط آبراهه، شیب، جهت شیب، سازند، شکل حوضه، بارش، کاربری اراضی هستند که در جهت تعیین پهنه آسیب‌پذیر در برابر خطر وقوع خطر سیل، به کار گرفته شدند. این معیارها هر کدام ویژگی‌ها و کاربردهای مختص به خود را دارند که از داده‌های زیر استخراج گردیدند: ۱- نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی منطقه ۲- نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ (ایده، کی مقصودی، شهرک شیوند، باغ‌ملک) ۳- نقشه‌های زمین‌شناسی (کوه آسماری، طاق‌دیس کمستان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰) ۴- نقشه رقومی خطوط ارتفاعی (DEM) ۵- آمار داده‌های مربوط به بارش (ایستگاه‌های باران سنجی: ایده، باغ‌ملک، سوسن، دهدز، بارانگرد و قلعه تل، سازمان آب و برق، ۱۳۹۴). ۶- تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه از سنجنده Landsat7 ETM+، مربوط به سال ۲۰۰۸ جهت نمایش دادن محدوده ۷- نقشه شیب و جهت شیب که از نقشه مدل رقومی ارتفاعی استخراج شدند ۹- نقشه فاصله از خطوط آبراهه. ۱۰- مناطق سیل‌خیز و مسئله‌دار بصورت میدانی کنترل شد، تا دقت عمل در الویت‌بندی و انطباق نتایج پهنه‌بندی با واقعیت در حوضه، بیشتر معلوم شود.

نرم افزارهای مورد استفاده در پژوهش

۱- نرم افزار ARC GIS، که به تناسب نیاز پنج مرحله‌ای: ورود داده‌ها، تولید برخی از داده‌ها، ذخیره سازی، مدیریت داده‌ها، پردازش و تحلیل داده‌ها و خروجی گرفتن از داده‌ها استفاده شد. ۲- نرم افزار Excel برای محاسبات و ویرایش کمی داده‌های مورد استفاده گرفت ۳- استفاده از نرم افزار Expert choic11 برای انجام مقایسه زوجی در فرایند تعیین وزن‌های معیار. ۴- استفاده از نرم افزار Idrisi Kilimanjaro برای استاندارد و فازی کردن لایه‌ها و به‌کارگیری مدل‌ها. ۵- استفاده از نرم افزار Google Earth در جهت به روز کردن نقشه‌ها

روش استاندارد سازی و وزن دهی داده‌ها

برای استاندارد سازی داده‌های مورد استفاده در فرایند تحلیل چند معیاری از روش استاندارد سازی بر مبنای درجه عضویت در تابع فازی استفاده شد. از آنجا که روابط بین انواع پارامترهای مؤثر در امر وقوع سیل، از اهمیت یکسانی برخوردار نمی‌باشد؛ لذا برای ارزیابی دقیق‌تر لازم است تا اهمیت نسبی هر کدام از پارامترها مشخص گردد و بر اساس آن ضرایب ویژه‌ای به عنوان وزن معیار در تجزیه و تحلیل داده‌ها اعمال شود که در این تحقیق از روش مقایسه زوجی (AHP) از طریق نرم افزار Expert Choice مورد استفاده قرار گرفت.

روش VIKOR

واژه ویکور^{۱۲} از یک کلمه صربی به معنای بهینه‌سازی چند معیاره و راه حل توافقی گرفته شده است. روش ویکور توسط Opricovic در سال ۱۹۹۸ معرفی گردیده است. این روش که مبتنی بر برنامه ریزی توافقی مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است، مسائلی با معیارهای نامتناسب و ناسازگار را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در شرایطی که فرد تصمیم گیرنده قادر به شناسایی و بیان برتری‌های یک مسأله در زمان شروع و طراحی آن نیست، این روش می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر برای تصمیم‌گیری مطرح شود (عطائی، ۱۳۸۹: ۸۷). بنابراین، این روش روی دسته‌بندی و انتخاب از یک مجموعه گزینه تمرکز داشته و جواب‌های سازشی را برای یک مسأله با معیارهای متضاد تعیین می‌کند. در اینجا جواب سازشی نزدیک‌ترین جواب موجه به جواب ایده آل است که کلمه سازشی به یک توافق متقابل اطلاق می‌گردد. این جواب سازشی یک شاخص رتبه‌بندی چند معیاره بر اساس نزدیکی به جواب ایده آل را مطرح می‌سازد. در نگاه کلی مدل ویکور از سه سطح اصلی تشکیل شده است:

سطح اول موضوع یا هدف مورد مطالعه

سطح دوم معیارهای ارزیابی گزینه‌ها

سطح سوم گزینه‌ها

دلیل انتخاب این روش (ویکور) در تحقیق حاضر این امر است که این روش تصمیم گیرنده را به راه حلی که نزدیک به راه حل جواب ایده آل می‌باشد، می‌رساند و دوم اینکه این تکنیک جدیدتر نسبت به تکنیک‌های موجود در تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد.

اگر در یک مسأله تصمیم‌گیری چند معیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از این روش، مراحل الگوریتم پیاده سازی فازی ویکور دارای گام‌های زیر است.

مرحله اول: تشکیل ماتریس تصمیم با توجه به تعداد معیارها، تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف ماتریس تصمیم به صورت (رابطه ۱) است. این ماتریس بر اساس n آلترناتیو و m شاخص است، که در آن x_{ij} عملکرد گزینه i ($i: 1, 2, \dots, m$) در رابطه با معیار j ($j: 1, 2, \dots, n$) می‌باشد.

رابطه (۱)

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{22} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

مرحله دوم: بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم می‌باشد. در این مرحله سعی می‌شود معیارها با ابعاد مختلف به معیارهایی بی بعد تبدیل شوند و ماتریس F به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود. در این مرحله با استانداردسازی داده‌ها، دامنه مقادیر (X_{ij}) را که در واحدهای اندازه‌گیری متفاوت (همچون واحد اندازه‌گیری رتبه‌ای، درصدی و متریک) وجود دارند به یک دامنه استاندارد در حدهای بین ۰ و ۱ یا ۰ تا ۲۵۵ تبدیل و مقادیر استاندارد شده داده‌ها (F) را به دست می‌آوریم. در چنین روندی لایه‌های نقشه استاندارد که قابل مقایسه و قابل ترکیب با هم هستند به دست می‌آید (همان منبع: ۸۸)

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & \dots & f_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ f_{m1} & \dots & f_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در این ماتریس از رابطه (۳) استفاده می‌شود. در این رابطه X_{ij} مقدار اولیه و F_{ij} مقدار نرمال شده گزینه i ام و بعد j ام می‌باشد.

$$f_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

مرحله سوم: تعیین بردار وزن معیار است. در این مرحله با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، برداری به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود. به عبارت دیگر در این مرحله وزن‌ها (w_j) اختصاص یافته به هر صفت را تعیین می‌کنیم؛ مجموع وزن‌ها باید به گونه‌ای باشد که $0 \leq w_j \leq 1$ و $\sum_j w_j = 1$ بدست آید.

رابطه (۴)

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$$

مرحله چهارم: تعیین بهترین و بدترین مقدار از میان مقادیر موجود برای هر معیار می‌باشد. بهترین مقدار (f_j^*) برای معیارهای مثبت و منفی به ترتیب از روابط (۵ و ۶) محاسبه می‌شوند:

$$f_j^* = \max_i f_{ij} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$f_j^* = \min_i f_{ij} \quad \text{رابطه (۶)}$$

بدترین (f_j^-) مقدار برای معیارهای مثبت و منفی نیز به ترتیب از روابط (۷ و ۸) محاسبه می‌شوند:

$$f_j^- = \min_i f_{ij}$$

$$f_j^- = \max_i f_{ij} \quad \text{رابطه (۸)}$$

در این روابط f_j^* بهترین مقدار از بین تمام گزینه‌ها و f_j^- بدترین مقدار از بین تمام گزینه‌ها می‌باشد (همان منبع: ۸۹). مرحله پنجم: محاسبه مقدار سودمندی یا حداکثر مطلوبیت (S) و مقدار تأسف (R) می‌باشد. در این مرحله مقدار S با توجه به رابطه (۹) و R با توجه به رابطه (۱۰) محاسبه می‌شوند:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$R_i = \max \left\{ w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right\} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

که w_j مقدار وزن مواد برای معیار j می باشد. در روش برنامه ریزی توافقی اگر پارامتر P مساوی یک باشد، همان مقدار S_i به دست می آید (رابطه ۱۱):

$$L(A_i) = \sum_{j=1}^n w_j \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} = S_i \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

در روش برنامه ریزی توافقی اگر پارامتر P مساوی ∞ باشد، همان مقدار R_i به دست می آید (رابطه ۱۲).

$$L_\infty(A_i) = \max \left[w_j \left(\frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right) \right] = R_i \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

مرحله ششم: محاسبه شاخص VIKOR (مقدار Q) می باشد. مقدار Q با توجه به رابطه (۱۳) محاسبه می شود:

$$Q_i = v \left[\frac{S_i - S^-}{S^* - S^-} \right] + (1 - v) \left[\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-} \right] \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

می باشد. $S^* = \max S_i$ ، $S^- = \min S_i$ در فرمول فوق در این روابط: $\frac{S^* - S^-}{S_i - S^-}$

بیان کننده نرخ فاصله از حل ایده آل می باشد. با توجه به میزان توافق گروه V بیان کننده نرخ فاصله از حد ضد ایده آل و

$$\frac{R^* - R^-}{R_i - R^-} = \text{پارامتر}$$

تصمیم گیرنده انتخاب می شود. در صورت توافق بالا، مقدار آن بیش از ۰/۵، در صورت توافق با اکثریت آرا مقدار آن مساوی ۰/۵ و در صورت توافق پائین، مقدار آن کمتر از ۰/۵ خواهد بود. مقدار Q تابعی از S_i و R_i بوده که خود این مقادیر به ترتیب مقادیر فاصله از حل ایده آل به ازای $P=1$ و $P=\infty$ در برنامه ریزی توافقی می باشد. در این مطالعه این مقدار ۰/۵ در نظر گرفته شد (همان منبع: ۹۰).

مرحله هفتم: مرتب کردن گزینه‌ها بر اساس مقادیر S ، R و Q است. در این مرحله با توجه به مقادیر S ، R و Q گزینه‌ها در سه گروه از کوچک تر به بزرگ تر مرتب می شوند در نهایت گزینه‌ای به عنوان گزینه برتر انتخاب می شود که در هر سه گروه به عنوان گزینه برتر شناخته شود. لازم به ذکر است که در گروه Q گزینه‌ای به عنوان گزینه برتر انتخاب می شود که بتواند دو شرط زیر را ارضاء کند:

شرط ۱: اگر گزینه A_1 و A_2 به ترتیب اولین و دومین گزینه برتر در گروه و n بیان گر تعداد گزینه‌ها باشد، رابطه (۱۴) برقرار باشد:

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{n-1} \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

شرط ۲: گزینه A_1 باید حداقل در یکی از گروه‌های R و S به عنوان رتبه برتر شناخته شود. زمانی که شرط اول برقرار نباشد، مجموعه‌ای از گزینه‌ها به عنوان گزینه‌های برتر انتخاب می شوند: بیشترین مقدار m با توجه به رابطه (۱۵) محاسبه می شود:

$$Q(A_m) - Q(A_1) \geq \frac{1}{n-1} \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

زمانی که شرط دوم برقرار نباشد دو گزینه A_1 و A_2 برتر انتخاب می شوند (همان منبع: ۹۱).

مدل WLC^۱

این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است؛ که تحلیل گر مستقیماً بر مبنای «اهمیت نسبی» هر معیار مورد بررسی، وزن‌هایی به معیارها می‌دهد سپس از طریق ضرب کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه یک مقدار نهایی برای هر گزینه به دست می‌آورد. پس از آن که مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد گزینه‌ای که بیشترین مقدار را داشته باشد مناسب‌ترین گزینه برای هدف مورد نظر خواهد بود (کرم، ۱۳۸۳، ۱۳۷). روش ترکیب خطی وزنی مبتنی بر GIS شامل مراحل زیر است:

ابتدا مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی (لایه‌های اطلاعاتی) مشخص می‌شود.

سپس هر نقشه معیار فازی می‌شود.

در این مرحله وزن نقشه‌های معیار را تعیین می‌نمائیم.

لایه‌های فازی شده وزنی را ایجاد می‌کنیم (با ضرب لایه‌های نقشه فازی شده در وزن متناظر بر آن‌ها) (Ronald:2003). به طور رسمی در قاعده تصمیم‌گیری برای ارزیابی هر گزینه یا AI از رابطه (۱) استفاده می‌شود.

رابطه (۱)

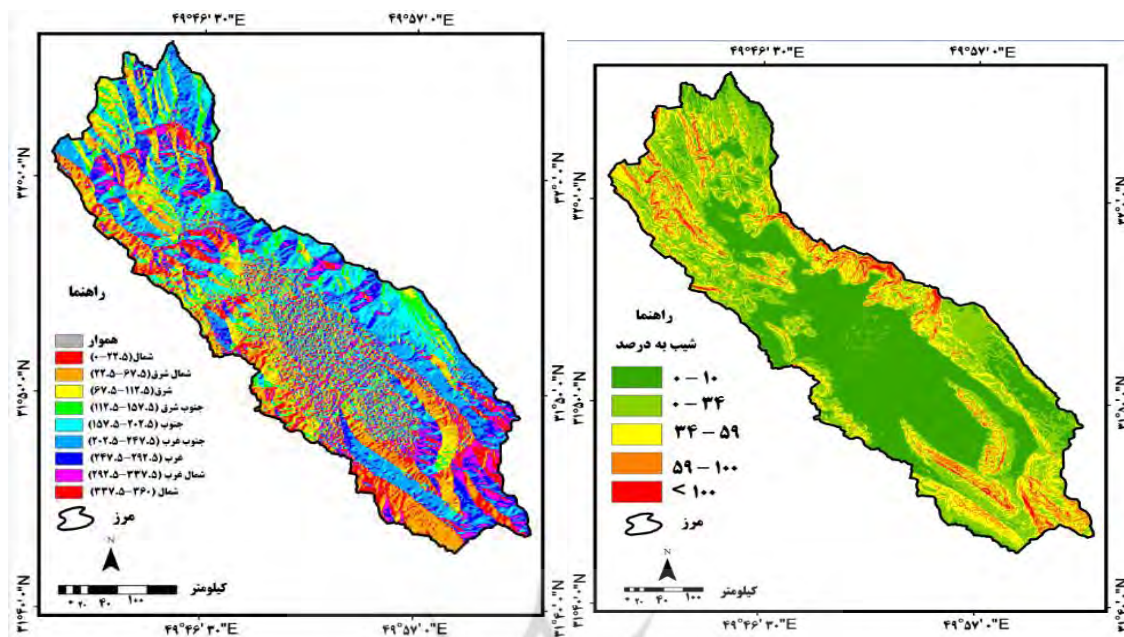
$$AI = \sum_j W_j X_{ij}$$

که در آن X_{ij} معرف نمره گزینه i در ارتباط با صفت j و W_j مشتمل بر یک وزن فازی شده است به گونه‌ای که $\sum W_j = 1$. وزن اهمیت نسبی هر صفت را به نمایش می‌گذارند. با تعیین ارزش حداکثر $i = A_j$ اولویت دارترین گزینه انتخاب می‌گردد. در رابطه (۱) به مانند معادل رگرسیون تناسب به صورت خطی تعیین می‌شود. در تحقیق حاضر عملیات WLC در محیط IDRISI انجام شد.

بحث و یافته‌ها

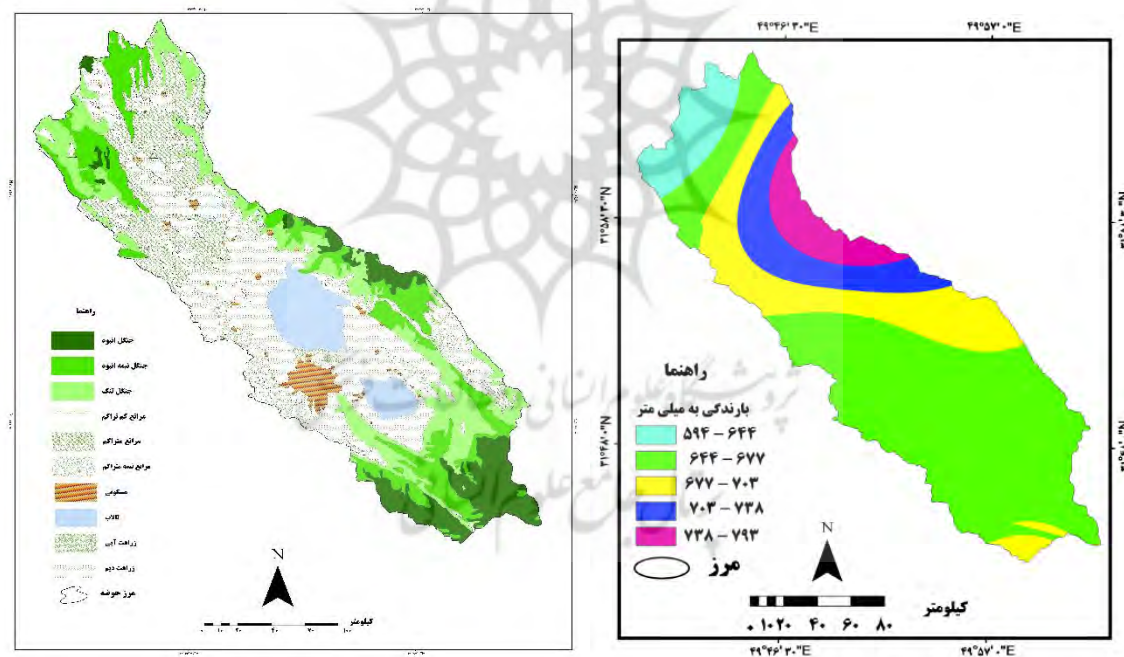
اولین گام در مطالعات پهنه‌بندی سیل شناسایی حوضه و وضعیت فاکتورها می‌باشد. در پهنه‌بندی سیلاب عوامل زیادی باید در نظر گرفته شود که هر کدام با درجه‌ای دارای اهمیت متفاوتی هستند اما با توجه به محدودیت‌هایی که در تهیه برخی از لایه‌ها وجود داشت و محدودیت‌هایی که به خاطر طولانی بودن فرایند مدل وجود دارد استفاده از لایه‌های اطلاعاتی فراوان باعث پیچیدگی بیش از اندازه مدل، هزینه و زمان طولانی در تحلیل و پردازش مدل می‌گردد. بنابراین با توجه به این محدودیت‌ها و تجارب پیشین فاکتورهایی که بیشترین تأثیر را بر رخداد سیلاب در حوضه‌ی آبریز ایزه؛ و انطباق بیشتری با مدل‌های به کار برده شده داشته‌اند انتخاب شدند.

در این پژوهش هفت لایه موثر در وقوع سیلاب شامل: بارش، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه‌ها، سازندهای زمین شناسی و ارتفاع تهیه و طبقه بندی شدند (شکل‌های ۲ تا ۹)



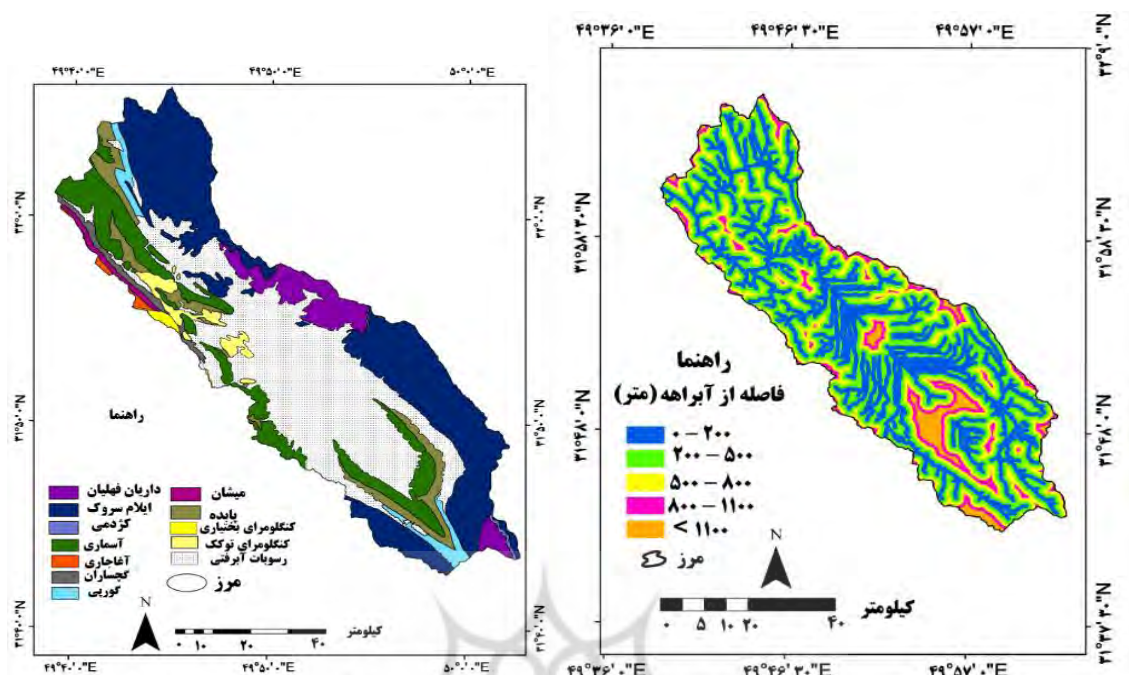
شکل ۳: نقشه جهت شیب محدوده مورد مطالعه

شکل ۲: نقشه شیب محدوده مورد مطالعه



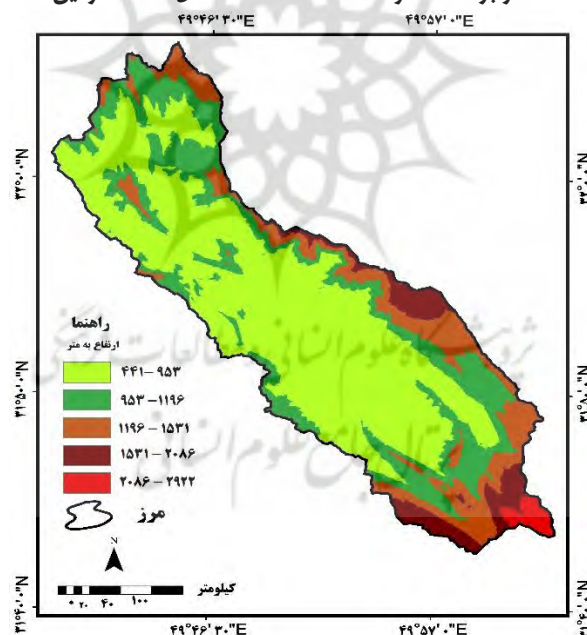
شکل ۵: نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه

شکل ۴: نقشه بارندگی محدوده مورد مطالعه



شکل ۶: نقشه فاصله از آبراهه محدوده

شکل ۷: نقشه زمین شناسی محدوده



شکل ۸: نقشه ارتفاع محدوده مورد مطالعه

بررسی روابط بین انواع عوامل و ویژگی‌های مخاطرات نشان می‌دهد که غالب عوامل مؤثر در پهنه‌بندی خطر سیل مختلف از اهمیت یکسانی برخوردار نمی‌باشند؛ لذا برای ارزیابی دقیق‌تر، لازم است تا اهمیت نسبی هر کدام از عوامل مشخص گردیده تا بر اساس آن ضرایب ویژه‌ای به عنوان وزن در تجزیه و تحلیل اطلاعات اعمال شود. جهت پهنه‌بندی خطر سیلاب در منطقه مورد مطالعه ما از هفت فاکتور استفاده نمودیم. که شیوه وزن دهی همان طور که قبلاً ذکر شد روش زوجی با استفاده از نرم افزار Expert Choice بوده (جدول ۱) در روش مقایسه زوجی (AHP). پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی مربوط به هر مخاطره، جهت تعیین اهمیت نسبی آن‌ها، ما آن‌ها را به محیط Expert Choice انتقال دادیم.

بیشترین وزن باتوجه به نظر کارشناس و بررسی‌های میدانی به لایه ای تعلق می‌گیرد که نقش بیشتری در وقوع هر کدام از مخاطرات داشته باشد.

ایجاد ماتریس دوتایی

در این مرحله با استفاده از نرم افزار Expert Choice برای انجام مقایسه ماتریسی به ابعاد ۷*۷ ایجاد و معیارهای مختلف دو به دو با هم مقایسه شده و مقادیر حاصله بر اساس غربال ساعتی (جدول ۱) اختصاص یافته است.

جدول (۱) وزن دهی به معیارهای مؤثر در وقوع خطر سیل در نرم افزار Expert Choice

	rain	slope	elevation	dicstream	landcover	letology	aspect
rain							
slope			2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
elevation				2.0	2.0	4.0	5.0
dicstream					4.0	3.0	3.0
landcover						3.0	4.0
letology							3.0
aspect							
Inconsistency = 0.07							

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۵)

بر اساس روش ساعتی برای محاسبه مقادیر و بردار ویژه ستون‌ها در جدول (۱) با هم جمع شده است و هر سلول بر جمع ستون مربوطه تقسیم می‌شود بدین ترتیب شکل (۹) نرمال شده است. سپس میانگین سطرهای جدول نرمال شده به عنوان وزن نسبی (نهایی) محاسبه شده است. عدد حاصله برای شاخص سازگاری (CR) در ماتریس حاصله برابر با ۰/۰۷ می‌باشد که نشان دهنده سطح قابل قبولی از نتایج وزن دهی می‌باشد.

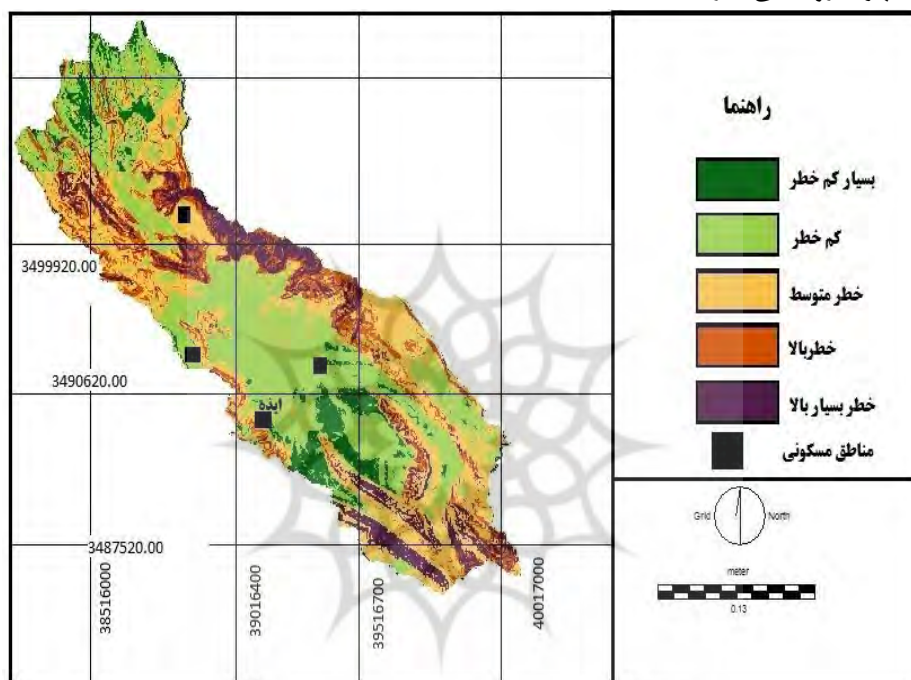


شکل (۹): محاسبه وزن نسبی معیارهای مؤثر در وقوع سیلاب در نرم افزار Expert Choice (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۵).

همان طور که در شکل (۹) مشاهده می‌شود در میان عوامل تأثیر گذار در ایجاد سیل بیشترین تأثیر وزن را عامل بارش و شیب به ترتیب با وزن ۰/۳۴۶ و ۰/۲۳۳ به خود اختصاص داده‌اند و عامل جهت شیب با وزن ۰/۰۴۱ کمترین تأثیر را در ایجاد خطر سیلاب داشته است.

در بین پارامترهای به کار گرفته شده اساسی‌ترین عامل در سیل خیزی این منطقه در وهله اول عامل بارش می‌باشد بارش‌های ناگهانی رگباری در فصول زمستان و بهار سبب وقوع سیل در این منطقه می‌شود. میانگین بارش سالانه این منطقه بالای ۶۰۰ میلی متر می‌باشد در برخی از ماه‌های سال خصوصاً دی‌ماه ممکن است در طول یک روز میزان بارش به ۴۰۰ میلی متر هم برسد وجود شیب‌های تند در ارتفاعات کوهستانی بالا سبب هدایت رواناب‌ها به سمت دشت می‌شود. سازندهای پابده و گورپی با ترکیب سنگ‌شناسی خود نه تنها یک منبع مناسب، برای انباشت آب‌های زیرزمینی در منطقه نیستند، بلکه از نظر هیدرودینامیکی موجب ممانعت از پخش جریان آب از سازندهای آب دار به دشت یا دیگر لایه‌ها شده و موجبات عدم نفوذ آب‌های زیرزمینی و سطحی منطقه را فراهم می‌سازند؛ سبب افزایش رواناب در منطقه می‌شوند. از سوی دیگر این حوضه یک حوضه بسته می‌باشد که تمامی جریان آب‌ها به درون حوضه به دو دریاچه (میانگران و بندان) هدایت می‌شود. در مواقعی که بارش‌های شدید رخ می‌دهد دریاچه‌ها طغیان می‌کنند و شهر از نواحی شمالی و جنوب شرقی مورد تهدید سیلاب قرار می‌گیرد. بازدید میدانی و تجزیه تحلیل حاصل از داده‌ها نشان می‌دهد که با توجه به موقعیت جغرافیایی و واقع شدن شهر ایزه در مسیر پنج دره سیلابی که ۲۱ کیلومتر آن از معابر شهر می‌گذرد و نیز به واسطه آب‌های

جاری سطحی ناشی از بارندگی‌های فصلی از دامنه کوه‌های منگشت اراضی زراعی و منازل مسکونی هر سال تحت تأثیر سیلاب قرار می‌گیرند. نقشه حاصل از مدل ویکور (شکل ۱۰) نشان می‌دهد ۹۱/۷۹ کیلومتر از حوضه مورد مطالعه در معرض خطر سیلاب بالا می‌باشد که بیشتر شامل نواحی شرقی و جنوب غربی حوضه می‌باشد. از عمده‌ترین دلایل سیل خیزی این مناطق میزان بارش بیشتر در نواحی کوهستانی، شیب زیاد، سازندهای نفوذ ناپذیر؛ وجود دره‌ها و تراکم زیاد آبراهه‌ها در این مناطق سبب شده که حجم زیادی از رواناب‌ها به سمت غرب و نواحی مرکزی دشت سرازیر شود. بیشترین خطر تهدید سیل از نواحی جنوبی غربی شمالی و بخش غربی می‌باشد که در هنگام بارش‌های رگباری بخش زیادی از آب به سمت اراضی شهری روانه می‌سازند.

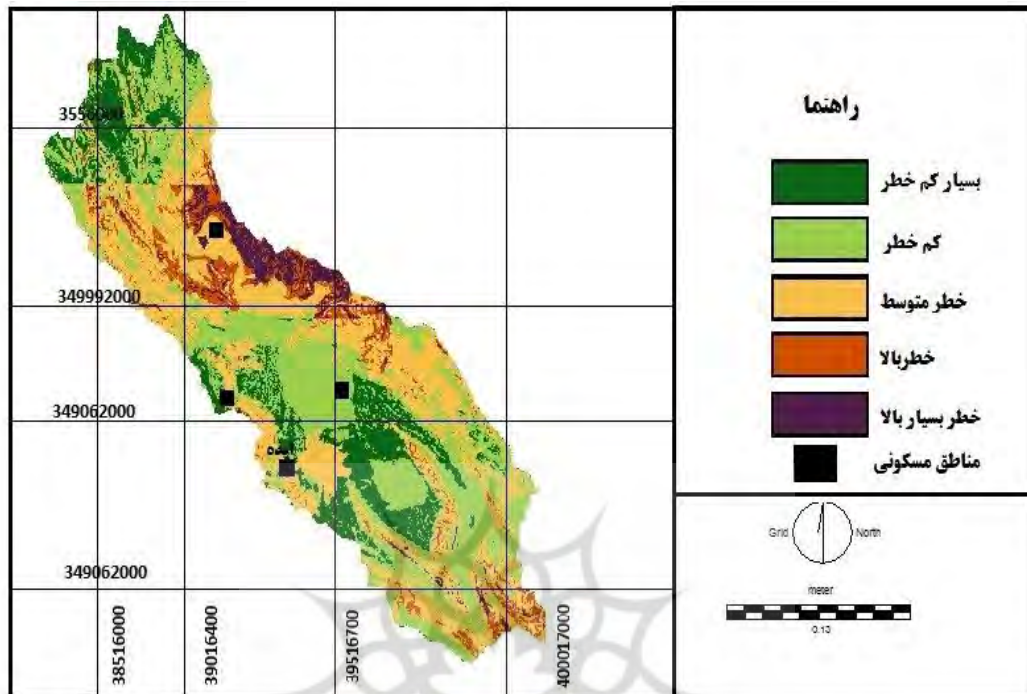


شکل ۱۰: نقشه پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه آبریز شهر ایذه به روش (vikor) (منبع: نگارنده، جدول ۲): مساحت و درصد خطر سیلاب در حوضه‌ی آبریز ایذه به روش vikor

طبقات خطر	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد
خطر خیلی کم	۱۱۴/۷۴	۲۰
خطر کم	۱۷۲/۱۲	۳۰
خطر متوسط	۱۰۷/۸۶	۱۸/۸۰
خطر بالا	۸۷/۲۰	۱۵/۲۰
خطر خیلی بالا	۹۱/۷۹	۱۶
مجموع	۵۷۳/۷۴	۱۰۰

تحلیل حاصل از نقشه پهنه‌بندی خطر سیل بر طبق مدل WLC در این منطقه نشان می‌دهد که عمده‌ترین نواحی در معرض خطر مربوط به نواحی شمالی و جنوب شرقی و بخشی از نواحی شمال غربی می‌باشند ۷۹/۱۷ کیلومتر از حوضه در معرض خطر بسیار بالای سیل قرار دارد و ۵۸/۵۲ کیلومتر در معرض خطر بالا قرار دارد (جدول ۳). بیشترین میزان خطر در نواحی شمالی می‌باشد. که مهمترین دلایل سیل خیزی این مناطق بارش بیشتر در این نواحی و شیب‌های تند می‌باشد

همچنین به دلیل داشتن ارتفاع و رطوبت بیشتر نسبت به سایر نواحی دارای بارندگی بیشتر و دره‌های عمیق و پر شیب است که نقش اساسی در هدایت سیلاب‌ها دارند

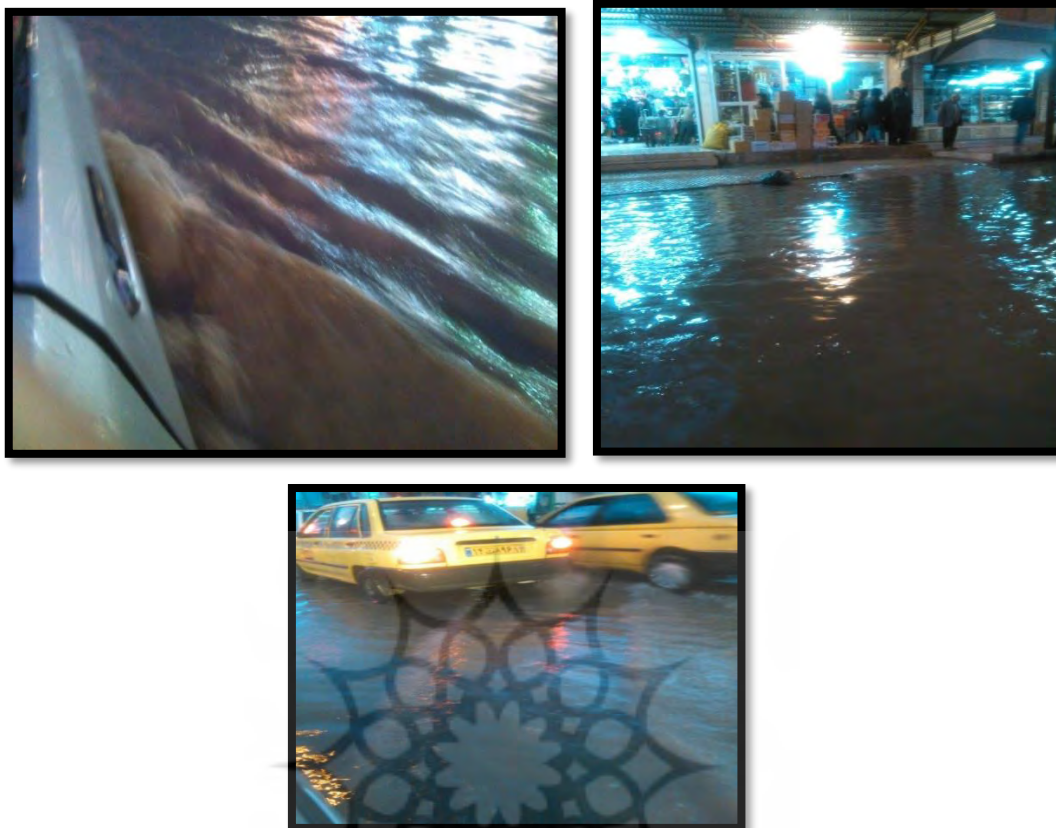


شکل ۱۰: نقشه پهنه بندی خطر سیل در حوضه آبخیز شهر ایزده به روش (WLC) (منبع: نگارنده،)

جدول (۳): مساحت و درصد خطر سیلاب در حوضه‌ی آبریز ایزده به روش WLC

درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	طبقات خطر
۳۳	۱۸۹/۳۳	خطر خیلی کم
۲۲	۱۲۶/۲۲	خطر کم
۲۱	۱۲۰/۴۸	خطر متوسط
۱۰/۲۰	۵۸/۵۲	خطر بالا
۱۳/۸۰	۷۹/۱۷	خطر خیلی بالا
۱۰۰	۵۷۳/۷۴	مجموع

با توجه به مطالب بالا و نتایج بدست آمده از ارزیابی نقشه‌های نهایی می‌توان اذعان کرد که مدل‌های ذکر شده دارای قابلیت‌های بسیار خوبی به لحاظ پهنه‌بندی خطر سیل در این منطقه هستند. برای این که بتوانیم مدل‌های اجرا شده در منطقه را مورد ارزیابی قرار دهیم با استفاده از مقایسه سازی مناطقی که قبلاً در معرض خطر سیلاب قرار گرفته بودند و مناطق با خطر بالا و بسیار بالا انطباق بسیار بالایی نشان می‌دهد. کنترل‌های میدانی نیز به لحاظ وقوع خطر سیل در منطقه با وضعیت‌های پهنه‌بندی مدل‌ها همخوانی بالایی را نشان می‌دهد که نشانگر دقت در داده‌های ورودی، پردازش مدل‌ها و میزان دقت نقشه‌های نهایی بوده است. مقایسه مدل‌ها و بررسی مناطق در گیر سیلاب در بازدیدهای میدانی هم بیانگر این است که مدل WLC دارای اعتبار بالاتری در پهنه بندی خطر وقوع سیلاب در محدوده ی مورد مطالعه است.



اشکال: ۱۱ تا ۱۳ بارندگی شدید که منجر به آب گیر معابر در سطح شهر می شود
(عکاس نگارنده)

تصاویر ۱۱ تا ۱۳ گویای بارندگی های شدید در منطقه است که منجر به جاری شدن سیل در بخش مختلف حوضه و در سطح شهر ایذه شده است.

نتیجه گیری

با توجه به موقعیت جغرافیایی و واقع شدن شهر ایذه در مسیر پنج دره سیلابی که ۲۱ کیلومتر آن از معابر شهر می گذرد و نیز به واسطه آب های جاری سطحی ناشی از بارندگی های فصلی از دامنه کوه های مگشت (کهنشور)، نورآباد، بلوطک شیخان و الهک، اراضی زراعی و منازل مسکونی هر سال تحت تأثیر سیلاب قرار می گیرند در این تحقیق جهت تعیین مناطق مخاطره آمیز در برابر خطر وقوع سیل در حوضه آبخیز شهر ایذه از هفت فاکتور جهت شیب، فاصله از خطوط آبرهه، شیب، بارش، ارتفاع، سازند، و کاربری اراضی. استفاده شد. عامل جهت شیب کم ترین وزن نسبی (۰,۴۱) و عامل بارش بیشترین (۰,۳۴۶) وزن را به خود اختصاص داده اند. در طبقات مربوطه به جهت شیب نواحی جنوب غربی و غربی بیشترین تأثیر را دارا هستند این نواحی به دلیل دریافت بارش بیشتر و داشتن رطوبت بیشتر نسبت به دامنه های شرقی و جنوب شرقی نقش موثری در هدایت رواناب ها دارند. در بین طبقات مربوط به فاصله از آبراهه بیشترین خطر در فاصله ۵۰ تا ۵۰ متری از خطوط آبرهه ها است به این دلیل که در مواقع ریزش های رگباری تند در این منطقه فواصل ۵۰ تا ۵۰ متر کم ترین فاصله را از بستر اصلی دارند لذا خطر آب گرفتگی و سیل در این نواحی به نسبت فاصله های دور بسیار زیادتر است. مناطق با پوشش گیاهی بسیار کم و بسترهای رودخانه ای است که عمدتاً در نواحی مرکزی و جنوبی محدوده هستند. نقش مهمی در سیل خیزی دارند. در طبقات مربوط به سازندهای زمین شناسی کنگلومرای بختیاری، گچساران و رسوبات آبرفتی جدید

نسب به سایر سازندها به دلیل نفوذ پذیر بسیار کم تأثیر اساسی در هدایت روانابها دارند. سازند کنگلومرا و آسماری، و سروک به دلیل مقاومت زیادتر و نفوذپذیری کمتر نقش بیشتری در سیل خیزی دارد. در طبقات بارش نواحی شرق محدوده که بارش آنها بالای ۵۰۰ میلی‌متر است پتانسیل بیشتری در شکل‌گیری سیلاب دارند. در بین طبقات ارتفاعی نواحی شرق و شمال غرب و جنوب شرق محدوده که دارای ارتفاع بالای ۱۵۰۰ متر هستند با شیب زیادتر و دریافت بارش بیشتر نقش مهمی در شکل‌گیری سیلاب دارند بررسی و تحلیل نقشه‌ی بدست آمده (شکل‌های ۹ و ۱۰) بیانگر این است که نواحی شرقی، جنوبی شرقی، جنوب غربی، شمالی و بخشی از نواحی شمال غربی، دارای بیشترین پتانسیل خطر در برابر سیل هستند عمده‌ترین دلایل آن این است که نواحی شرقی به دلیل داشتن ارتفاع و بارش بیشتر، مستعد خیزش رواناب‌های زیادتری هستند نواحی مرکزی با توجه شیب کم مناسب محل تجمع روانابها هستند با توجه به مطالب بالا و نتایج بدست آمده از ارزیابی نقشه نهایی می‌توان اذعان کرد که مدل‌ها به دلیل این که با ارزیابی‌های میدانی صورت گرفته در منطقه و تحلیل هر یک از فاکتورهای به کار برده هم‌خوانی بسیار نزدیک دارد (پهنه‌هایی در خروجی نهایی دارای خطر بالا هستند که که با توجه به فاکتورهای به کار برده شده به لحاظ شیب عمدتاً دارای شیب‌های بالای ۳۰ درصد، سازندهای سخت نفوذ ناپذیر، مناطق با ارتفاع زیاد، بارش بیشتر، فاصله کم از آبراهه، مناطق با پوشش گیاهی کم است). لذا دارای قابلیت‌های بسیار خوبی در منطقه به لحاظ پیش بینی وقوع خطر سیل در این محدوده است. همچنین نتایج این پژوهش با تحقیقات کیونگ سو و همکاران (۲۰۱۳) (بررسی کمیت آسیب‌پذیری خطر سیل در ۱۶ استان کره‌ی جنوبی با استفاده از رویکرد چند معیاره فازی TOPSIS و روش وزن مجموع)، گیومین و همکاران (۲۰۱۴) (بررسی و مقایسه‌سازی آسیب‌پذیری رودخانه هان در کره جنوبی با استفاده از مدل Fuzzy TOPSIS و روش فازی عدم قطعیت)، فرج زاده و نصرتی (۱۳۸۳) (پهنه بندی حساسیت سیل خیزی حوضه آبریز گاو رود با استفاده از GIS)، صفاری و همکاران (۱۳۹۰) (ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر خطر سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی) رضایی مقدم و همکاران (۱۴۰۳) مشابه بوده است. در نهایت می‌توان اذعان داشت نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب مستخرج از مدل ویکور در پژوهش حاضر، می‌تواند در تعیین مناطق مناسب برای انتخاب مکان مناسب برای ساخت و سازها، در طراحی پروژه‌ها، مدیریت‌های محیطی، اجرای برنامه‌ها، طرح‌های عمرانی و هرگونه ساخت و سازها و فعالیت‌های زیربنایی در محدوده مورد مطالعه، به منظور انتخاب استراتژی صحیح و مناسب و دوری از مناطق پرخطر، مورد استفاده قرار گیرد. و بر اساس نقشه خروجی سیل ارائه شده می‌توان اقدامات مدیریتی بسیار خوبی در جهت کاهش خسارات سیل در آینده برای حوضه مورد مطالعه انجام داد؛ لذا بر پایه آگاهی و شناخت از خطر سیل در حوضه آبخیز شهر ایزه راهکارهای زیر پیشنهاد می‌گردد.

- ۱- با توجه محدودیت‌های موجود در نواحی شرقی و جنوب شرقی حوضه پیشنهاد می‌شود که توسعه فیزیکی آینده شهر در نواحی، مرکزی (با اندکی تغییر در کاربری‌های اراضی) و غرب منطقه صورت پذیرد.
- ۲- توسعه مناطق مسکونی با توجه به خطر سیل صورت پذیرد و از ایجاد هرگونه ساخت و ساز در مناطق نزدیک به دریاچه میانگران و بندان ممانعت به عمل آید.
- ۳- جلوگیری از ساخت و ساز در مسیر دره‌های سیلابی و خشک رودها.
- ۴- جلوگیری از تخریب‌های محیط زیستی از قبیل جنگل زدایی و فرسایش خاک در بخش‌های شمالی حوضه
- ۵- اجرای درست طرح‌های آمایش سرزمین
- ۶- اقداماتی از جمله، مطالعات هیدرولوژی رودخانه‌ها، تهیه نقشه‌های پهنه‌های خطر سیل، تهیه حریم خطر رودخانه‌ها در مناطق دارای پتانسیل اشاره کرد که معمولاً می‌تواند با کنترل کننده‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای همراه باشند تا از طغیان سیلاب به دشت‌های سیلابی و ورود آن به روستاها و شهرها جلوگیری کند
- ۷- طراحی درست زهکش‌ها و سیستم‌های فاضلاب بر اساس تأثیر پذیری از سیلاب‌ها،

۸-محافظت از مناطق با توسعه پوشش گیاهی و ایجاد کمربند سبز شهری و روستایی، ساخت سازه‌های عمومی مقاوم در برابر فشار هیدرولیکی ناشی از سیلاب، جلوگیری از ساخت اماکن عمومی از قبیل مدارس و بیمارستان‌ها در مناطق پر خطر.

۹-حفاظت از دو تالاب میانگرن و بندان در مرکز حوضه مورد مطالعه که سبب کاهش سرعت جاری شدن سیل به سمت نواحی مسکونی می‌شوند

منابع

- اصغری سراسکانرود، ص، پیروزی، ا، زینالی، ب، ۱۳۹۴، پهنه بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز آق لاقان چای با استفاده از مدل ویکور، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال چهارم، شماره ۳، صص. ۲۳۱-۲۴۵
- برومند نسب، س، ۱۳۸۱، هیدرولوژی رگبار در حوضه‌های شهری، چاپ اول دانشگاه شهید چمران اهواز، ص، ۱۰۵
- بهشتی، م، فیض نیا، س، سلاجقه، ع، احمدی، ح، ۱۳۸۸، بررسی کارایی پهنه بنتی زمین لغزش فاکتور اطمینان: مطالعه موردی حوضه آبخیز معلم کلایه، جغرافیای طبیعی شماره ۵، ص ۲۲۱۷-۲۲۱۸، امین، (۱۳۸۹) (اصول هیدرولوژی کاربری)، مشهد، دانشگاه امام رضا، چاپ بیست و نهم،
- پورنبی درزی، س؛ وفاخواه، م؛ رجبی، م. ر. ۲۰۲۱ پهنه بندی خطر سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC- RAS و Arc GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز چشمه کیله شهرستان تنکابن، (مخاطرات محیط طبیعی)، ۱۵-۲۸، (۲۸)،
- تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه از سنجنده Landsat7 ETM+ با مشخصات زیر: ۱- سیستم مرجع: (REFERENCE_DATUM): "WGS84" 2- سیستم تصویر: (MAP_PROJECTION): "UTM"، شماره زون: ۳۹ شمالی. ۳- تاریخ تصویر برداری ۲۰۰۲
- چیتی، م ح، ۱۳۸۲، سیل‌خیزی از دیدگاه بلایای طبیعی، مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی بلایای طبیعی مناطق شهری، صص ۳۷-۴۳،
- رضائی، م، م ح، رجبی، م، & موسوی، س م. (۱۴۰۳). پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز رود زرد، با استفاده از مدل تحلیل چند معیاره‌ی ویکور. مخاطرات محیط طبیعی، (۱)، ۱-۱۰. doi: 10.22111/jneh.2024.43735.1945
- رضایی مقدم، م ح، & رحیم پور، ت. (۱۴۰۳). ارزیابی پتانسیل خطر وقوع سیلاب با استفاده از روش تحلیل آماری دو متغیره (مطالعه موردی: حوضه آبریز آجی چای). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۱۲(۴)، - . doi: 10.22034/gmpj.2024.429929.1473
- سازمان آب و برق استان خوزستان، ۱۳۹۰، داده‌های هواشناسی (بارش)
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۹۰، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ شهر ایذه، سری k 753، برگ I 59531. شهر باغ‌ملک، سری k 753، برگ II 5953. شهرک شیوند، سری k 753، برگ III 6053. و کی مقصودی، سری k 753، برگ IV ۶۰۵۳.
- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۷، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دهم.
- شرکت ملی نفت، ۱۳۴۵، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کوه آسماری، و تاق‌دیس کمستان، سری W825، برگ E ۲۰۸۲۵.
- صفاری، ا؛ ساسان پور، ف؛ موسی وند، ج، ۱۳۹۰، ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر خطر سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی مطالعه موردی: منطقه ۳ تهران، (تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی)، شماره، ۲۰، صص: ۱۵۰-۱۲۹.

- عابدینی، م؛ فعال نذیری، م؛ پیروزی، ا.ا. ۱۴۰۱. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از تکنیک چند معیاره آراس و هیدروگراف واحد (مطالعه‌ی موردی: حوضه بالادست ایستگاه هیدرومتری پل سلطان مشکین‌شهر (مخاطرات محیط طبیعی
- عبدی، پ، ۱۳۸۵، بررسی پتانسیل سیل خیزی حوضه زنگان رود با روش SCS و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله ملی، آبیاری، و زهکشی، ص: ۲۰
- عطایی، م، ۱۳۸۹، تصمیم‌گیری چند معیاره، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ص ۹۲-۸۷
- علیزاده، ا، ۱۳۸۹، اصول هیدرولوژی کاربری، دانشگاه امام رضا، چاپ بیست و نهم، ص: ۸۴۰
- قنوتی، ع، کرم، ا، علیخانی، م، ۱۳۹۰، کارایی روش سلسله مراتبی در مطالعات سیل خیزی، جغرافیا، سال نهم، شماره ۳۱، ص ۲۶۲
- قهرودی تالی م، ثروتی م، صرافی، م، پورموسوی س م، درفشی، خ، ۱۳۹۱، ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران، مجله امداد و نجات، دوره ۴، شماره ۳، از صص ۷۹-۹۲.
- کرم، ا، ۱۳۸۳، کاربر مدل ترکیب خطی وزین (wlc) در پهنه بندی پتانسیل وقوع زمین لغزش (مطالعه موردی منطقه سرخون در چهارمحال بختیاری)، جغرافیا و توسعه، ص ۱۳۷. ۳۳۹
- موسوی، س م، نگهبان، س، رخشانی مقدم، ح، حسین زاده، س م، (۱۳۹۵)، ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل خیزی با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS، مطالعه موردی: حوضه‌ی آبخیز شهر باغملک، مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۵ شماره ۱۰، doi: 10.22111/jneh.2017.2960
- موسوی، م، ۱۳۹۲، تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی در توسعه فیزیکی حوضه‌ی آبخیز شهر ایذه با بهره‌مندی از مدل‌های چند معیاره (MCDM)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، دانشکده علوم انسانی.
- نجفی، ا، کریمی کردآبادی، م. (۱۳۹۹). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY با تأکید بر امنیت شهری (مطالعه موردی: منطقه یک کلان‌شهر تهران). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۹(۲)، ۴۳-۶۰. doi: 10.22067/geo.v9i2.86110
- Brahma, A.k, Mitra, D.K., (2019). Fuzzy AHP and Fuzzy VIKOR Approach modelling for flood control project selection. *International Journal of Applied Engineering Research*, 14 (17), 3579-35889.
- Brahma, A.k. (2018). A Look on Some Applications of Fuzzy VIKOR and Fuzzy AHP Methods on Flood Risk, *International Journal of Applied Engineering Research*, 13 (18), 13689-13696.
- Chen, J, Shufang. Z, Huimin. W, (2011) Risk Analysis of flood Disaster Based on Fuzzy Clustering Method, *Energy proceeded*, Volume5: pp. 1915-1919,
- Cherqui, F. Belmeziti, A, , Granger, D, , Sourdril, A, Gauffre P, (2015) Assessing urban potential flooding risk and identifying effective risk-reduction measures, *Environment*, Volume 514, Pages 418-425
- Gyumin. L, Kyung Soo. J, EunSung. Ch. (2014), Robust spatial flood vulnerability assessment for Han River using fuzzy TOPSIS with α -cut level set, *Expert Systems with Applications*, Volume 41, Issue 2, 1 February 2014, Pages 644-654
- <https://www.isna.ir>
- Jemai. S, Belkendil. A, Ayadi. A, Kallel. A, 2024, Assessment of flood risk using Hierarchical Analysis Process method and Remote Sensing systems through arid catchment in southeastern Tunisia, *Journal of Arid Environments*, Volume 222, June 2024, 105150
- Kyung-Soo J, Eun-Sung Ch., Young-Gyu Kim, Yeonjoo. K (2013) A fuzzy multi-criteria approach to flood risk vulnerability in South Korea by considering climate change, *Expert Systems with Applications*, Volume 40, Issue 4, March, ۲۰۱۳ Pp. 1003-1013

- Minglei. R, Bende. W, Qiuhua. L, Guangtao. F (2010) *Classified real-time flood forecasting by coupling fuzzy clustering and neural network* , *International Journal of Sediment Research*, Volume Issue 2, June 2010, Pp. 134-148
- Patial, J.P, Savangi, A, Singh, O.P, Singh, A.K, Ahmad, T (2008) :*"Development of a GIS Interface for estimation of Runoff from Watersheds"* *Water Resources Management*, 22, 221, 1239.
- Portugués-Mollá. X, Bonache-Felici, J.F, Mateu-Bellés, J, Marco-Segura B (2016). *A GIS-Based Model for the analysis of an urban flash flood and its hydro-geomorphic response. The Valencia event of 1957*, *Journal of Hydrology*, Volume 541, Part A, October 2016, Pages 582-596
- Ronald Eastman. J, (2003), *IDRISI Kilimanjaro Guide to GIs and Image Processing*, Clark University
- Tul Kobra Nahin, K., Binte Islam, S., Hossain, I, (2023) *Flood vulnerability assessment in the Jamuna river floodplain using multi-criteria decision analysis: A case study in Jamalpur district, Bangladesh*, *journal of Heliyon*, 16 March 2023... Volume 9, Issue 3, , e14520, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14520>
- Zhu, S, Li, D, Huang, G, Chhipi-Shrestha, G, Nahiduzzaman, K.M, Hewage, K, Sadiq, R, (2020). *Enhancing urban flood resilience: a holistic framework incorporating historic worst flood to Yangtze River Delta, China*, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 61, 102355, 1-52

