

مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال پنجم، شماره دهم، زمستان ۱۳۹۵

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۴/۰۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۰/۲۰

صفحات: ۷۹-۹۸

## ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل خیزی با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهر باغملک)

سیده معصومه موسوی<sup>۱</sup>، سعید نکهبان\*<sup>۲</sup>، حیدر رخشانی مقدم<sup>۳</sup>، سید محسن حسین زاده<sup>۴</sup>

### چکیده

امروزه رشد بی‌رویه جمعیت، تسطیح زمین و اشغال حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها در کنار عوامل اقلیمی و فیزیوگرافی در شهرهای بزرگ سبب گسترش سیلاب‌های شهری شده است. حوضه آبخیز شهر باغملک نیز از این شرایط مستثنی نیست، به طوری که رخداد این پدیده مخرب در طی چند سال گذشته باعث تخریب برخی از راه‌های ارتباطی، آسیب به برخی مناطق مسکونی، اراضی زراعی و باغات واقع در این حوضه شده است. از سوی دیگر این حوضه با داشتن آب و هوای نیمه‌خشک مستعد وقوع سیلاب‌های ناگهانی است. هدف از این پژوهش ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز شهر باغملک واقع در شرق استان خوزستان می‌باشد. در این تحقیق عوامل موثر در ایجاد سیلاب شامل: بارش، ارتفاع، شیب، جهت شیب، سازند، فاصله از آبراهه و کاربری اراضی در محیط Arc GIS10 ساخته و طبقه بندی شدند؛ سپس این داده‌ها به نرم افزار Idrisi منتقل شدند. استانداردهای آن‌ها بر اساس توابع فازی صورت گرفت و با استفاده از روش CRITIC وزن‌دهی شدند. در نهایت نقشه پهنه‌بندی با استفاده از مدل فازی TOPSIS تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد که ۱۷/۸۶ درصد از محدوده در طبقه با خطر بسیار بالا، ۲۴/۱۵ درصد در پهنه با خطر بالا قرار دارد. بررسی و تحلیل نقشه‌ی بدست آمده بیانگر این است که نواحی غربی، جنوبی، جنوب غربی و بخشی از نواحی شرقی، دارای بیشترین پتانسیل در برابر خطر سیل هستند عمده‌ترین دلایل آن این است که نواحی شرقی به دلیل داشتن ارتفاع بیشتر، طغیان‌های فصلی رودخانه ابوالعباس و بارش بیشتر، مستعد خیزش رواناب‌های زیادتری هستند نواحی جنوب غربی با توجه جهت شیب محل تجمع رواناب‌ها هستند از سوی دیگر عبور رودخانه فصلی گلال از سمت غرب منطقه نقش عمده‌ای در ایجاد سیلاب‌های فصلی و هدایت آب‌های سطحی در هنگام بارش فصلی در این محدوده 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 این روش با داشتن انعطاف پذیر فوق‌العاده برای تحلیل معانی زبان طبیعی قادر است ابهامات برخاسته از ذهن انسان، محیط و عدم قطعیت را مدل‌سازی نماید.

واژگان کلیدی: خطر سیلاب، حوضه آبخیز شهر باغملک، وزن‌دهی CRITIC، مدل TOPSIS، GIS.

mosavi14@yahoo.com

snegahban@shirazu.ac.ir

moghadam.1999@hotmail.com

mohsen@yahoo.com

۱- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، مدرس مدعو گروه جغرافیای دانشگاه پیام نور باغملک

۲- استادیار بخش جغرافیا- دانشگاه شیراز

۳- کارشناس ارشد برنامه ریزی شهری، مدرس مدعو گروه جغرافیای دانشگاه پیام نور باغملک

۴- مدیر دفتر هیدرو انفورماتیک، سازمان آب و برق استان خوزستان

## 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). 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). 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). 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). تخریب زمین‌های مستعد کشاورزی، فرسایش شدید خاک و حمل آن از محل‌های مناسب به درون آبراه‌ها 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، ۲۰۰۹)<sup>۱</sup> سیلاب در محدوده‌های شهری<sup>۲</sup> 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). 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 (پتیال، ۲۰۰۸)<sup>۳</sup> 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. منگلی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۰) 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

1-Chen et al, (2009)

2- Urban watershed

3- Patial, (2008)

4- Minglei et al, (2010)

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<sup>۱</sup> (۲۰۱۱) 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<sup>۲</sup> (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<sup>۳</sup> (۲۰۱۴) به بررسی و مقایسه‌سازی آسیب‌پذیری رودخانه هان در کره جنوبی با استفاده از مدل Fuzzy TOPSIS و روش فازی عدم قطعیت پرداختند به این نتیجه رسیدند که TOPSIS فازی مبتنی بر مجموعه‌ای سطح  $\alpha$  برش تولید اولویت‌بندی قوی‌تر از روش فازی عدم قطعیت می‌تواند داشته باشد. این روش را می‌توان به آسیب‌پذیری فضایی قوی و یا تصمیم‌گیری در مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار داد. چیریوی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۵) به ارزیابی خطر بالقوه جاری شدن سیلاب‌های شهری و شناسایی عوامل موثر در کاهش خطر سیل در بوردو فرانسه پرداختند نتایج تحقیقشان بیانگر این است که رفتار انسان با محیط یکی از عوامل در ایجاد یا کنترل سیلاب می‌تواند باشد همچنین عوامل محیطی و انسداد در شبکه‌های فاضلاب‌های شهری از عوامل تاثیر گذار هستند. پورتی جزمولا و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۶) بر اساس یک مدل مبتنی بر GIS به تجزیه و تحلیل واکنش هیدرو ژئومورفیک سیلاب ناگهانی ۱۹۵۷ شهر والنسیای اسپانیا پرداختند

مختارپور و همکاران، (۱۳۹۵) در اثر پژوهشی خود به بررسی روش‌های ابتکاری و نو آورانه در مدیریت سیلاب‌های شهری پرداختند. نظافتی نمین، و خوش ولد، (۱۳۹۵) در تحقیقی به آنالیز ویژگی‌های سیلاب‌های شهری بالخلوچای اردبیل با دوره‌های بازگشت مختلف پرداختند نتایج تحقیقشان نشان می‌دهد که سیلاب حتی با دوره برگشت ۱۰ ساله می‌تواند در بخش‌های وسیعی از اردبیل، باعث بروز خسارت شود. همچنین با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان مدیریت سیلاب را در نقاط پرخطر این مسیل اعمال نمود. اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی به بررسی و پهنه‌بندی 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 (۱۳۹۲) به

1-Chenet al, 2011

2-Kyung-Soo et al., 2013

3 -Gyumin et al., 2014

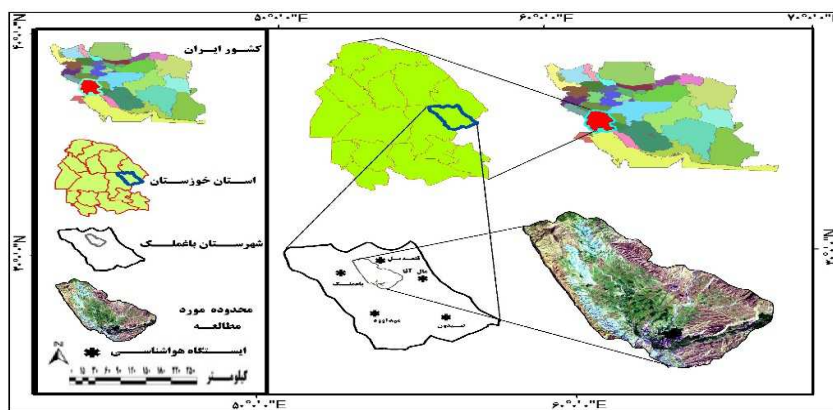
4 - Cherqui&amp; all

5 - Portugés molla&amp;all 2016

پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از فنون چند معیاری فازی در حوضه آبخیز شهر ایذه پرداختند نتایج حاصله از کارشان بیانگر این است که بر اساس مدل AHP، ۳۵٪، مدل TOPSIS، ۳۳ درصد و مدل WLC ۳۱ درصد از حوضه مورد مطالعه در معرض خطر بالای سیلاب قرار دارد. موسوی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی، به بررسی و پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز شهر ایذه با استفاده از مدل‌های تجربی فولر و جاستین و مدل سلسه مراتبی (AHP) پرداختند نتایج کارشان نشان می‌دهد که مقدار دبی برآورد شده در مدل فولر برای دوره‌ی بازگشت‌های ۵ تا ۲۰۰ به ترتیب عبارت است از: ۲۸۳/۵۸، ۲۴۴/۱۳، ۴۱۱/۳۷، ۴۶۶/۴۱، ۴۸۴/۱۳، ۵۳۹/۱۷، ۵۹۴/۲۱، ۶۴۹/۲۵ متر مکعب بر ثانیه است. و ارتفاع رواناب سالانه بدست آمده از مدل جاستین برابر با ۲/۹۱۶ سانتی‌متر می‌باشد. نقشه‌ی حاصل از روش سلسه مراتبی نیز مناطق نواحی جنوب شرقی را به عنوان پهنه‌های آسیب‌پذیر در برابر سیل نشان می‌دهد. قنواتی 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، ۱۸ و ۵ کم آسیب پذیرترین مناطق تهران در برابر سیلاب‌های شهری هستند. صفاری و همکاران (۱۳۹۰) به ارزیابی آسیب‌پذیری 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 آسیب‌پذیر است. در ارتباط با خطر سیلاب در منطقه مورد مطالعه تاکنون پژوهش‌های جامعی صورت نگرفته است. حوضه آبخیز شهر باغملک به واسطه عبور رودخانه‌های گلال و ابوالعباس و داشتن شیب‌های تند و بارش‌های شدید ناگهانی در معرض خطر سیلاب می‌باشد. هدف از این پژوهش مدل‌سازی و مشخص نمودن نواحی مختلف این حوضه به لحاظ پتانسیل خطر در برابر سیلاب با استفاده از منطق فازی TOPSIS و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و Idrisi است.

### منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبخیز شهر باغملک با وسعت ۱۳۷/۲۲ کیلومترمربع در بین طول "۴۹°۳۳'۰" تا "۵۰°۵'۳۰" شرقی و عرض "۳۱°۲۲'۳۰" تا "۳۱°۵۴'۳۰" شمالی در شرق استان خوزستان واقع شده است (شکل ۱). شهر باغملک هم در این محدوده قرار گرفته است، بیشترین ارتفاع این حوضه ۱۲۹۰ متر در نواحی شرقی و شمال غربی و کم‌ترین ارتفاع آن ۶۳۰ متر در نواحی مرکزی است. شیب متوسط ۱۳/۱۸ درجه است. اقلیم منطقه بر طبق تقسیم‌بندی دمارتن در زمره مناطق نیمه‌خشک می‌باشد؛ متوسط بارندگی در حدود ۵۱۴ میلی‌متر و دمای متوسط کل حوضه حدود ۲۱ سانتی‌گراد است و سازندهای زمین‌شناسی آن عبارتند از: سازند گچساران، گنگلومرای بختیاری و رسوبات آبرفتی عهد کواترنر.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و ایستگاه‌های هواشناسی محدوده مورد مطالعه (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۳).

## داده‌ها و روش‌ها

داده‌هایی که در این پژوهش به کار گرفته شدند مشتمل بر معیارهای فاصله از خطوط آبراهه‌ها، شیب، جهت شیب، سازند، ارتفاع، بارش، کاربری اراضی می‌باشند که در جهت تعیین پهنه‌های آسیب پذیر در برابر 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، با استفاده از نقشه‌ی کاربری اراضی شهرستان باغملک در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شد (اداره منابع طبیعی خوزستان، ۱۳۹۳) ۲- نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ شهر باغملک (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۹۰). ۳- نقشه‌ی زمین شناسی (کوه آسماری) با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (شرکت ملی نفت، ۱۳۴۵). ۴- نقشه رقومی خطوط ارتفاعی (DEM)<sup>۱</sup> با قدرت تفکیک ۳۰×۳۰ متر که از آن نقشه‌های ارتفاع، شیب و جهت شیب استخراج و به تناسب نیاز به پنج طبقه تقسیم‌بندی شدند. ۵- تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه از سنجنده Landsat7 ETM<sup>+</sup>، ۶- نقشه خطوط آبراهه‌ها که از نقشه توپوگرافی استخراج و با استفاده از تصاویر نرم افزار Google earth تصحیح و به روزسانی شد. ۷- نقشه فاصله از خطوط آبراهه در محیط ArcGIS با استفاده از تابع Distant Education از توابع Spatial Analyst tools تهیه شد؛ و به تناسب در رابطه با اهداف مورد نظر به ۵ کلاس با فاصله ۰ تا ۵۰ متر ۵۰ تا ۱۰۰ متر ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر و بیش از ۲۰۰ متر طبقه‌بندی گردید. ۸- نقشه بارش؛ جهت تهیه نقشه بارش از آمار داده‌های بارندگی پنج ایستگاه مال‌آقا، قلعه‌تل، میداوود، باغملک و صیدون استفاده شد. (سازمان آب و برق استان خوزستان، ۱۳۹۲). جدول (۱) موقعیت ایستگاه‌ها.

<sup>1</sup> Digital Elevation Model

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های باران سنجی شهرستان باغملک

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	میانگین بارش سالانه (میلی‌متر)
مال آقا	۵۰ ۱ ۶۰	۳۱ ۳۲ ۶۰	۱۱۰۰	۸۰۰
قلعه تل	۴۹ ۵۲ ۶۰	۳۱ ۳۷ ۶۰	۹۰۰	۶۰۰
میداوود	۴۹ ۵۱ ۶۰	۳۱ ۲۲ ۶۰	۸۰۰	۶۵۰
باغملک	۴۹ ۵۳ ۶۰	۳۱ ۴۰ ۶۰	۸۰۰	۵۰۰
صیدون	۵۰ ۶ ۶۰	۳۱ ۲۱ ۶۰	۱۰۰۰	۷۵۰

### مدل TOPSIS<sup>۱</sup>

در دهه‌های اخیر توجه محققین بسیار زیادی معطوف به مدل‌های چند معیاره (MCDM)<sup>۲</sup> برای تصمیم‌گیری‌ها در شرایط واقعی شده است. در این مدل‌ها به جای استفاده از یک معیار برای تصمیم‌گیری، امکان استفاده از چندین معیار در تصمیم‌گیری را به تصمیم‌گیرندگان می‌دهد. مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره شامل فنون متعددی است. در این پژوهش از روش نقطه ایده آل (TOPSIS)، استفاده شده است. این روش توسط هوانگ و یون (۱۹۸۱) ارائه شد. این فن بر این مفهوم بنا شده است که علاوه بر در نظر گرفتن فاصله یک گزینه از نقطه ایده آل مثبت، فاصله آن از نقطه ایده آل منفی هم در نظر گرفته می‌شود. بدان معنی که گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از ایده آل مثبت و در عین حال دارای بیشترین فاصله از ایده آل منفی باشد (نسترن و همکاران، ۱۳۸۹). در این روش گزینه‌های مفروض یک مساله بر حسب امتیاز آن‌ها از هر شاخص موجود رتبه‌بندی شده سپس رتبه نهایی گزینه‌ها از طریق فرآیندهای متعدد مشخص خواهد شد.

#### ۱- ارجحیت مدل TOPSIS نسبت به سایر روش‌ها

در این مدل رویکردها از مشکلات ملازم با فرض استقلال در میان صفت‌ها اجتناب می‌شود. یک گزینه به عنوان یک دسته‌ی تفکیک ناپذیر از صفات مورد توجه قرار می‌گیرد و بر همین اساس بی‌معنی خواهد بود که وابستگی‌ها را به صورت مجزا مورد بحث قرار داده و به ارزیابی ارزش‌ها و وابستگی‌ها به صورت ترجیحی پرداخته شود این موضوع باعث می‌شود که روش شناسی مبتنی بر نقطه ایدئال به عنوان یک رویکرد جذاب در مسائل تصمیم‌گیری در آید (مالچفسکی، ۱۳۹۰). این حالت در وضعیت‌های مرتبط با مسائل تصمیم‌گیری فضایی که اغلب شامل وابستگی متقابل و پیچیده در بین صفات هستند به طور ویژه‌ای خصوصاً با نگرش سیستمی (کل نگری) در دانش جغرافیا در مورد مخاطرات و سایر مسایل صدق می‌کند. از دیگر امتیازات این روش:

۱- معیارهای کمی و کیفی را توأم در مبحث مکان‌یابی دخالت می‌دهد.

<sup>1</sup>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Situation

<sup>2</sup>-Multiple Criteria Decision Making

۲- خروجی آن می‌تواند ترتیب اولویت گزینه‌ها را مشخص و این اولویت را به صورت کمی بیان کند.

۳- تضاد و تطابق بین شاخص‌ها را در نظر می‌گیرد.

۴- نتایج این مدل کاملاً منطبق با روش‌های تجربی است.

۵- دارا بودن استدلالی معتبر که به خوبی منطق انتخاب معیارها را تشریح می‌کند

۶- محاسبه ارزش عددی برای بهترین و بدترین گزینه

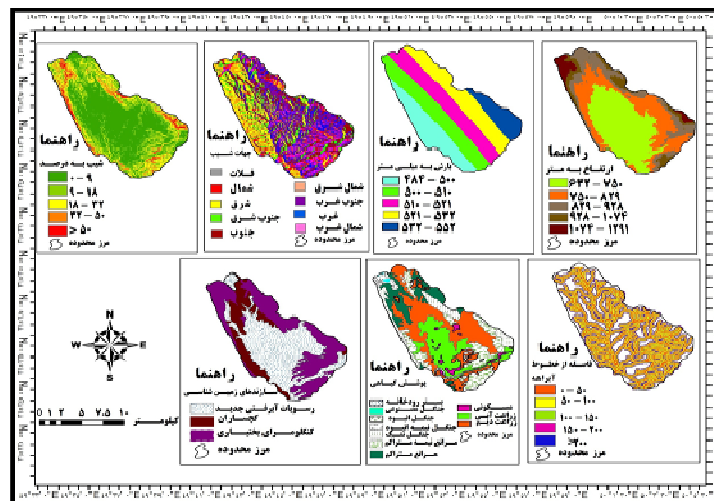
۷- دارا بودن فرآیند محاسباتی ساده‌ای که به راحتی در نرم افزارهایی نظیر GIS, Idrisi قابل برنامه‌نویسی و اجرا است

در حقیقت TOPSIS یک روش کاربردی است که گزینه‌ها را با توجه به مقادیر داده‌های آن‌ها در هر معیار و وزن معیارها مورد مقایسه قرار می‌دهد. از سوی دیگر با توجه به شبیه‌سازی مقایسه‌ای که توسط زاناکسیس و همکارانش انجام شده است در میان هشت روش گروه مدل‌های جبرانی چند معیاری (MCDM) روش TOPSIS دارای کم‌ترین نقص در رتبه‌بندی گزینه‌ها (آلترناتیوها) می‌باشد. 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 و در صورت انتخاب متخصصان تقریباً هم سطح با دانش و تخصص کافی در این مورد می‌تواند به نتایج قابل قبول تری دست یافت علاوه بر این استفاده از عملگرهای فازی با توجه به ترکیب قابل انعطاف تر خود در برابر سایر روش‌های تلفیق موجود در زمینه پهنه‌بندی نتایج مناسبی را در پی خواهند داشت و می‌تواند نتایج نزدیک‌تر به واقعیت را ارائه دهد. از دیگر اولویت‌های مهم این روش آن است که به طور هم‌زمان می‌تواند از شاخص‌ها و معیارهای عینی و ذهنی استفاده نماید.

## بحث و نتایج

قدم اول 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 آبخیز شهر باغملک؛ و انطباق بیشتری با مدل TOPSIS داشته‌اند انتخاب شدند.

در این پژوهش هفت لایه موثر در وقوع سیلاب شامل: بارش، شیب، جهت شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه‌ها تهیه و طبقه بندی شدند (شکل ۲). سپس لایه‌های مورد نظر در محیط Idrisi فازی شدند (اشکال ۳ تا ۹) و در مرحله بعد وزن دهی شدند (جدول ۳). در نهایت داده‌ها وارد مدل گردیدند.



شکل ۲: لایه‌های طبقه بندی شده در پهنه‌بندی خطر سیل

#### ۱- تعریف معیارها و تشکیل ماتریس معیارهای ارزیابی

اولین قدم در ارزیابی چند معیاری، تعریف معیارها و ایجاد ماتریس ارزیابی است. عناصر این ماتریس ارزش‌های مربوط به هر یک از گزینه‌ها، پیکسل‌ها یا مکان‌های پیشنهادی را بر اساس معیارهای مختلف نشان می‌دهند. سطرهای این ماتریس نشان‌گر آن دسته از پدیده‌های جغرافیایی و یا واحدهای مشاهده‌ای هستند که در رابطه با آن نیاز به داده وجود دارد سطرها به ترتیب به صورت  $1, 2, 3, \dots, i, \dots, m$  شماره‌گذاری شده‌اند که در آن‌ها  $i$  نشان‌دهنده یکان واحد<sup>۱</sup> (پیکسل) و  $m$  نشان‌دهنده تعداد کلی واحدهای (پیکسل) مورد نظر می‌باشد. هر پدیده به واسطه داده‌های مکانی (مختصاتی) و داده‌های توصیفی، صفات و یا معیارها توصیف می‌شود. هر ویژگی و خاصیتی را که توصیف‌کننده ویژگی‌های یک مکان یا یک پدیده جغرافیایی است می‌توان به عنوان صفت تعریف کرد بارزترین ویژگی مربوط به صفات در این است که ارزش و مقادیر مربوط به آن‌ها در فضای جغرافیایی تغییر می‌کند. بنابراین ممکن است صفات را تحت عنوان متغیرها عنوان کرد. هر ستونی از ماتریس جغرافیایی معرف یک صفت یا معیار  $j$  است که تعداد آن می‌تواند از یک  $1$  تا  $n$  را شامل شود (موسوی، ۱۳۹۲). در پژوهش حاضر در ارتباط با پهنه‌بندی خطر سیلاب ماتریس مربوط به فاکتورهای مورد نیاز مؤثر در خطر سیل تنظیم شده است (جدول ۲). با توجه به موضوع و هدف تحقیق که تعیین مناطق با خطر بالا تا کم سیل در حوضه آبخیز شهر باغملک است. انتخاب معیارها بر اساس تجارب مطالعات قبلی (فرج زاده و نصرتی، ۱۳۸۳؛ رکن الدین افتخاری و همکاران، ۱۳۸۸؛ قنواتی و همکاران، ۱۳۹۱؛ رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۰؛ علایی طالقانی و همایونی، ۱۳۹۰) و نظرات کارشناسان صورت گرفته است.

<sup>1</sup> Individual unit



بدین صورت انتخاب فاکتور بارش به عنوان اصلی ترین عامل ایجاد سیل در یک منطقه است تا بارشی نباشد سیلابی (بارش‌های با شدت و مدت طولانی بیشتر مد نظر است) هم رخ نمی‌دهد. آبره‌ها به عنوان بستر عبور آب‌های ناشی از بارندگی فاکتور مهمی هستند که شناسایی تراکم و میزان فاصله آنها از ساخت و سازه در پیش بینی و کاهش خسارات سیلاب‌ها موثر است. عامل ارتفاع با تأثیر روی مقدار و نوع بارندگی، میزان تبخیر و تعرق و وضعیت پوشش

گیاهی بر روی رواناب تأثیر گذار است. معیار شیب نقش زیادی در هدایت و سکون آب‌های سطحی دارد بدین ترتیب با افزایش و کاهش مقدار شیب در یک محل می‌توان محل جمع شدن یا حرکت رواناب‌ها را تعیین نمود عامل شیب با پدیده سیلاب رابطه معکوس دارد؛ با کاهش مقدار شیب در حوضه خطر سیلاب افزایش می‌یابد و بالعکس. سازندهای زمین شناسی باتوجه به نفوذپذیر بودن یا نبودنشان در هدایت یا جذب آب‌های سطحی نقشی اساسی دارند، از سوی دیگر میزان شدت سیل تأثیر اساسی در فرسایش پذیری سازندها دارد. فاکتور کاربری اراضی که بیانگر نوع استفاده از سطح زمین است می‌تواند فاکتوری تأثیر گذار در کند یا تند کردن شدت سیلاب باشد اراضی که دارای پوشش درختی هستند دارای خطر پذیری کم‌تری نسبت به زمین‌های بدون پوشش گیاهی هستند کاربری‌های مسکونی در صورتی که سیستم زهکشی مناسبی نداشته باشند در هنگام بارندگی‌های شدید با افزایش حجم رواناب موجب آب‌گرفتگی در سطح مناطق مسکونی می‌گردند. جهات شیب، در هدایت و پخش رواناب آب‌ها به بخش‌های مختلف نقش برجسته‌ای دارند.

جدول ۲: ماتریس معیارهای مورد استفاده در پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه آبخیز شهر باغملک

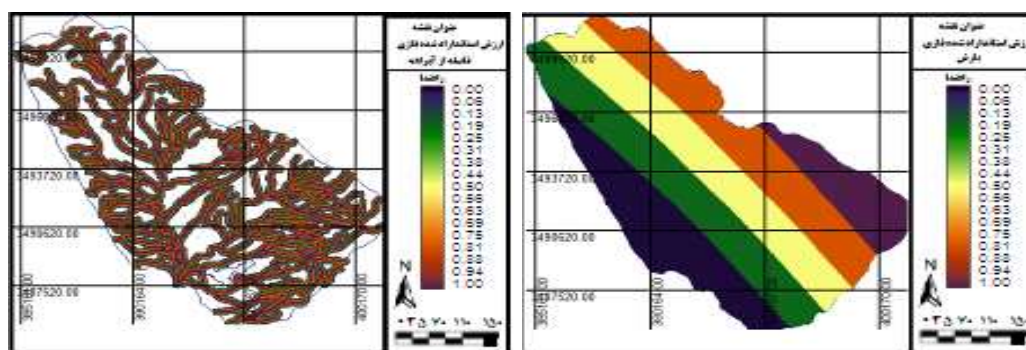
امیتاز برای وقوع خطر سیل	جهت شیب	کاربری اراضی	سازندهای زمین شناسی	شیب	ارتفاع	فاصله از آبراهه	بارش	پیکسل معیار
$x_{1n}$	...	...	...	$x_{14}$	$x_{13}$	$x_{12}$	$x_{11}$	پیکسل ۱
$x_{2n}$	$x_{27}$	$x_{26}$	$x_{25}$	$x_{24}$	$x_{23}$	$x_{22}$	$x_{21}$	پیکسل ۲
.	.	.	.	.	.	.	.	.
$x_{mn}$				$x_{m4}$	$x_{m3}$	$x_{m2}$	$x_{m1}$	پیکسل m

## ۲- روش استاندارد سازی داده‌ها

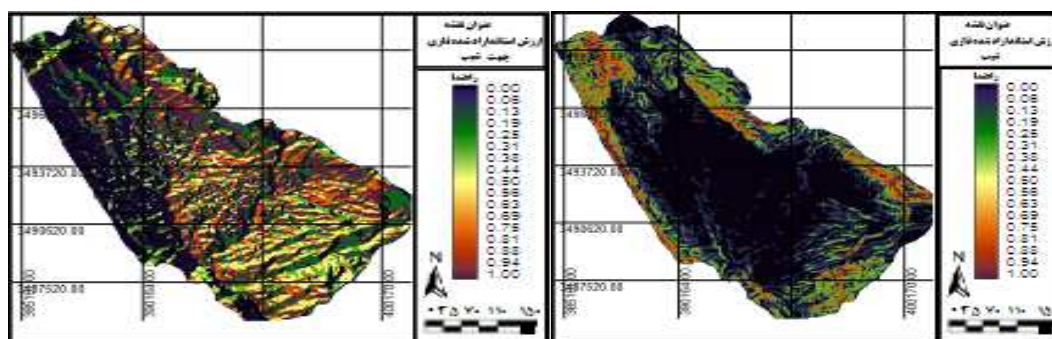
### استانداردسازی در قالب عضویت در مجموعه‌های فازی

در استانداردسازی سعی می‌شود مقادیر اندازه‌گیری شده از معیارها که ممکن است در واحدهای اندازه‌گیری و دامنه‌های متفاوت به ثبت رسیده است، در دامنه‌های همسانی ۰ تا ۱ جایابی شوند. در این تحقیق ارزش‌گذاری و استانداردسازی معیارها به صورت توأم با استفاده از تابع عضویت در مجموعه‌های فازی انجام شد. با استفاده از

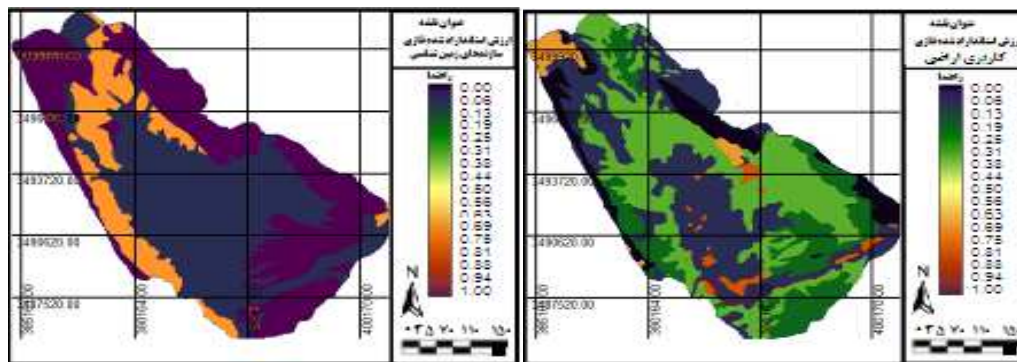
امکاناتی که در تابع Fuzzy از نرم‌افزار Idrisi وجود دارد برای استاندارد سازی نقشه‌هایی که به صورت نقشه‌های معیار تهیه شده‌اند به تناسب از توابع عضویت Sigmoidal و linear استفاده شده در نقشه‌های حاصله، پیکسل‌ها بر مبنای درجه عضویت در دامنه عدد فازی تعریف شده ( $0 \leq ud(x) \leq 1$ ) ارزش گذاری شدند که درجات بالای عضویت نشانگر مطلوبیت بیشتر پیکسل درجهت رخداد سیل است. این ساز و کار برای استاندارد سازی نقشه‌های زمین شناسی، بارش، فاصله از خطوط آبراهه، ارتفاع، شیب، جهت شیب و کاربری اراضی به کار گرفته شده است (اشکال ۳ تا ۹). برای استاندارد سازی لایه اسمی سازندهای زمین شناسی ابتدا با دادن کدهای عددی (بین ۰ تا ۱) به لایه وکتوری سازندها، این لایه را به یک لایه رستری تبدیل نموده سپس در نرم افزار Idrisi با استفاده از تابع Fuzzy به ارزش ۰ تا ۱ فازی گردید. در این پژوهش مجموعه‌ای برای فازی شدن در نظر گرفته شده که اعضای آن واحدهای هر کدام از نقشه‌های پایه و معیار عضویت در مجموعه به لحاظ داشتن پتانسیل سیل خیزی درجه عضویت بین صفر و یک می‌باشد به دلیل این که در مدل TOPSIS فازی هیچ واحدی با خطر مطلق و بدون خطر مطلق به لحاظ سیل خیزی در نظر گرفته نمی‌شود به همین دلیل وزن‌های داده شده نه صفر است و نه یک بلکه بین صفر و یک متغیر است (آل شیخ و همکاران، ۱۳۸۷). هر چه ارزش لایه اطلاعاتی به یک نزدیک‌تر باشد پتانسیل بیشتری برای رخداد سیل وجود دارد.



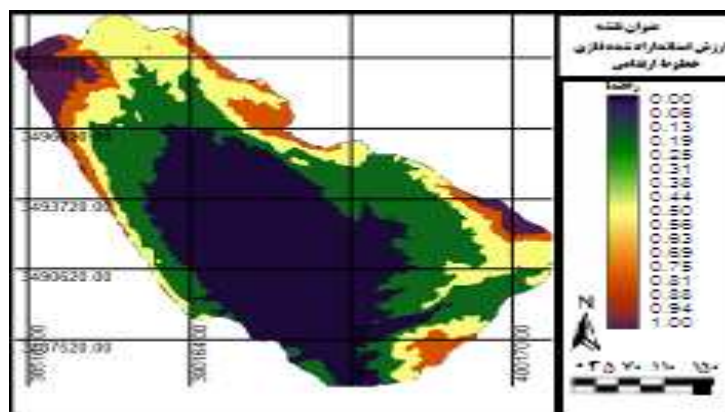
شکل ۱: نقشه استاندارد سازی شده فازی بارش و فاصله از آبراهه.



شکل ۲: نقشه استاندارد سازی شده فازی جهت شیب و شیب



شکل ۳: نقشه استانداردسازی شده فازی کاربری اراضی و سازندهای زمین شناسی



شکل ۴: نقشه استاندارد سازی شده فازی ارتفاع

### ۳- روش وزن دهی لایه‌ها

#### وزن دهی CRITIC<sup>1</sup>

این روش توسط زلنی (۱۹۸۲) برای تعیین وزن عوامل ارائه داده است که در آن نظر کارشناس دخالت چندانی ندارد (غلامی، ۱۳۹۰). در روش CRITIC برای هر معیار ارزیابی دامنه‌ای از تغییرات مقادیر اندازه گیری شده در میان پیکسل‌ها (گزینه) وجود دارد که در قالب یک تابع عضویت بیان می‌شوند. تغییرات مقادیر اندازه گیری شده از هر معیار بر روی یک بردار منعکس می‌شود این بردار حامل تغییرات اندازه‌گیری شده از معیارها در هر یک از پیکسل‌ها و گزینه‌ها است که در حالت استاندارد شده بیان می‌شوند هرکدام از بردارهای تشکیل شده برای معیارهای مورد

<sup>1</sup> Criteria Importance Though Intercriteria Correlation

استفاده دارای پارامترهای آماری از جمله انحراف معیار هستند این پارامترها نمایان گر درجه تباین در مقادیر معیار مربوطه می‌باشند پس از محاسبه انحراف معیار عوامل و معیارهای مورد بررسی، ماتریس متفاوتی به ابعاد  $m \times m$  ایجاد می‌گردد که شامل ضرایب همبستگی بین بردارهای تشکیل شده می‌باشد (رونالد استمن، ۲۰۰۳)<sup>۱</sup>. تعیین ضرایب از طریق تقسیم هر ستون از حاصل ضرب تضاد و انحراف معیار بر مجموع ستون‌ها به دست می‌آید. (ضیائی‌ان و همکاران، ۱۳۹۰). جدول (۳). در ارتباط با شیوه وزن دهی CRITIC می‌توان گفت که مهمترین قابلیت‌های این روش آن است که در انجام محاسبات کارشناس دخالتی ندارد و داده‌ها براساس میزان تداخل و تضاد و همبستگی موجود بین معیارها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند؛ این روند پردازش داده‌ها سبب می‌شود که در نتیجه‌ی نهایی محاسبات، نقش هر عامل به صورت صحیح اعمال شود.

جدول ۳: مجموع تضاد، انحراف معیار، میزان اطلاعات و وزن نهایی معیارهای مطرح در ارزیابی خطر سیل

نام مخاطره	نام معیار	مجموعه تضاد	انحراف از معیار	میزان اطلاعات	وزن نهایی
سیلاب	بارش	۵/۲۳۶۳۸۸	۸۵/۲۵۶۶۱۵	۴۴۶/۴۳۶۷۲	۰/۱۳۸۸۱۴۴
	فاصله از آبراهه	۵/۶۵۴۲۹۸	۱۰۸/۱۹۹۸۹	۶۱۱/۷۹۴۴۳	۰/۱۹۰۲۳۰۵
	ارتفاع	۵/۲۷۱۲۲۴	۷۲/۲۴۵۶۹	۳۸۰/۸۲۳۲۵	۰/۱۱۸۴۱۲۷
	سازند	۵/۵۵۱۳۲۱	۶۴/۰۳۴۲۳	۳۵۵/۴۷۴۵۷	۰/۱۱۰۵۳۰۸
	شیب	۰/۷۳۷۸۱۴	۷۸/۴۲۲۴۰۷	۵۰۱/۶۱۳۵۱	۰/۱۵۵۹۷۱
	کاربری اراضی	۶/۶۸۰۴۱۲	۴۴/۶۰۹۳۴۸	۲۹۸/۰۰۸۸۲۲	۰/۹۲۶۶۲۵
	جهت شیب	۶/۴۰۳۹۶۷	۹۷/۱۱۴۴۲۹	۶۲۱/۹۱۷۶	۰/۱۹۳۳۷۸۲

#### ۴- تحلیل معیارهای به کار برده شده در پهنه بندی خطر سیل

یک معیار<sup>۲</sup> استاندارد برای قضاوت و یا قاعده‌ای برای آزمون میزان مطلوبیت گزینه‌های تصمیم‌گیری به حساب می‌آید انتخاب معیارهای ارزیابی قاعده عمومی بر این قرار است که این معیارها را در ارتباط با وضعیت مسئله تعیین می‌کنند؛ مجموعه معیارها باید دارای خصوصیتی باشند که معرف طبیعت چند معیاری یک مسئله مورد ارزیابی به حساب آیند (مالچفسکی، ۱۳۹۰).

<sup>۱</sup> - Ronald Eastman, (2003)

<sup>۲</sup> - Criterion

### تأثیر معیار بارش در وقوع سیل

سیلاب‌ها عمدتاً در شرایط با بارندگی زیاد شکل می‌گیرند. نقشه هم‌باران حوضه از داده‌های پنج ایستگاه بارانسنجی واقع در شهرستان باغملک (موقعیت ایستگاه‌ها در شکل و جدول ۱ نشان داده شده است) تهیه شده است. ابتدا داده‌ها در Excel ویرایش شدند سپس به محیط Import, ARC GIS شدند در مرحله بعد با استفاده از تابع Raster calculator نقشه هم باران برای کل شهرستان تهیه شد سپس نقشه حوضه‌ی مورد مطالعه از آن برش داده شد. بیشترین مقدار بارش در حدود ۵۵۰ میلی‌متر و کمترین مقدار ۴۸۰ میلی‌متر است. در نقشه استانداردسازی شده‌ی بارش نواحی شرق محدوده که بارش آن بالای ۵۰۰ میلی‌متر است دارای بیشترین ارزش فازی (۰/۵۰ تا ۱) هستند؛ واحد دشت و نواحی کم ارتفاع محدوده، کمترین ارزش کم فازی (۰/۰۶ تا ۰/۴۰) را دریافت نمودند (شکل ۳). در تحلیل ارزش وزنی معیارها، بارش با داشتن ارزش وزنی ۰/۱۳۸۸۱۴۴ دارای رتبه چهارم در بین فاکتورها می‌باشد. از آن جا که اقلیم حوضه آبخیز شهر باغملک در زمره مناطق نیمه‌خشک می‌باشد خصوصیت بارز این نواحی بارش‌های رگباری سیل آسا در فصل بهار است لذا بیشترین خطر وقوع محتمل سیل برای این منطقه در فصل بهار به دور از انتظار نیست.

**تأثیر معیار فاصله از آبراهه در وقوع سیل:** سهم عمده رواناب در محدوده مورد مطالعه از حاشیه‌های شرقی و شمال غربی و غرب محدوده به سمت نواحی جنوب تخلیه می‌شوند. بر طبق نقشه استاندارد شده فازی فاصله از آبراهه‌ها (شکل ۴) بیشترین ارزش فازی (۰/۷۵ تا ۱) مربوط به مناطق با فاصله‌ی ۵۰ متر می‌باشد یعنی مناطقی که در بسترهای سیلابی قرار دارند و بیشترین پتانسیل وقوع سیل در این حریم‌ها می‌باشد. رویکرد سیل در فاصله کم از آبره‌ها از فراوانی و قدرت حمل بیشتری برخوردار است. هم چنین این معیار با داشتن ارزش وزنی ۰/۱۹۰۲۳۰۵ دارای رتبه دو در بین فاکتورها می‌باشد.

**تأثیر معیار شیب در وقوع سیل:** بیشترین میزان شیب مربوط به نواحی شرقی، غربی محدوده و کمترین شیب مربوط به نواحی مرکزی است. بیشترین ارزش فازی (۰/۶۰ تا ۱) هم مربوط به این مناطق است (شکل ۶) از سوی دیگر معیار شیب با داشتن ارزش وزنی ۰/۱۵۵۹۷۱ دارای رتبه سوم در بین معیارهای به کاربرده در پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده مورد مطالعه است.

**تأثیر معیار سازندهای زمین شناسی در وقوع سیل:** سازندهای زمین شناسی محدوده متشکل از کنگلومرای بختیاری، گچساران و رسوبات آبرفتی جدید می‌باشند. سازند کنگلومرا به دلیل مقاومت زیادتر و نفوذ پذیری کمتر نسب به سایر سازندها نقش بیشتری در سیل خیزی دارد به همین دلیل بیشترین ارزش فازی (۰/۸۱ تا ۱) مربوط به این سازند است (شکل ۷). سازند گچساران و رسوبات آبرفتی ارزش فازی کمتری دریافت نموده اند. همچنین این لایه با داشتن ارزش وزنی ۰/۱۱۰۵۳۰۸ دارای رتبه پنجم در بین معیارها می‌باشد.

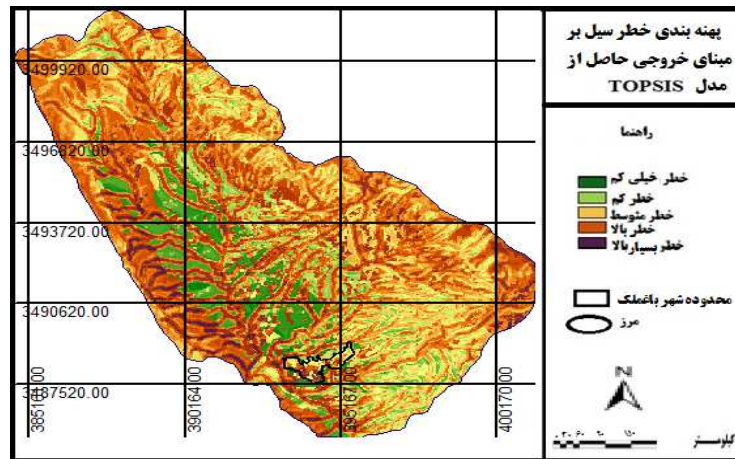
**تأثیر معیار جهت شیب در وقوع سیل:** در محدوده مورد مطالعه بیشترین جهات شیب به سمت نواحی جنوب غرب می‌باشد. این عامل و وجود شبکه‌های فراوان آبراهه‌ها در این نواحی سبب شده که نواحی جنوب غربی و شرق

محدوده به لحاظ سیل در معرض خطر بیشتری باشند. با توجه به نحوه عملکرد جهات مختلف در وقوع سیل در سطح محدوده به ترتیب دامنه‌های جنوب غربی و غربی به دلیل دریافت بارش بیشتر، داشتن رطوبت بیشتر نسبت به دامنه‌های شرقی و جنوب شرقی ارزش فازی بالاتری (۰/۶۹ تا ۱) دریافت کرده‌اند. دامنه‌های شرقی، جنوب شرقی، جنوب شرقی کم‌ترین ارزش (۰/۰۶ تا ۰/۳۰) را به خود اختصاص دادند و دامنه‌های شمال غربی، شمال شرقی و هموار نیز به ترتیب ارزش‌های در حد وسط میان دو ارزش بالا و پایین را دریافت کرده‌اند. طبق جدول (۳) در بین فاکتورهای به کار برده شده جهت شیب در محدوده مورد مطالعه بیشترین ارزش وزنی ۰/۱۹۳۳۷۸۲ را دریافت نموده است.

**تأثیر معیار کاربری اراضی در وقوع سیل:** کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه شامل، جنگل‌های تنک و انبوه، مراتع متراکم و نیمه متراکم، زمین‌های کشاورزی آبی و دیم، باغات، بستر رودخانه و مناطق مسکونی می‌باشد. بیشترین ارزش فازی (۰/۸۸ تا ۱) مربوط به مناطق با پوشش بسیار کم و بسترهای رودخانه‌ای است به دلیل این‌که این مناطق پتانسیل بیشتری در سیل‌خیزی دارند و کم‌ترین ارزش مربوط به جنگل‌های انبوه است (شکل ۸) لایه کاربری اراضی با داشتن ارزش وزنی ۰/۹۲۶۶۲۵ دارای کم‌ترین تأثیر در بین معیارهای به کار برده در پهنه بندی خطر سیلاب در محدوده مورد مطالعه است.

**تأثیر معیار ارتفاع در وقوع سیل:** بر طبق نقشه مدل ارتفاعی محدوده بیشترین ارتفاع مربوط به نواحی شرقی و شمال غرب می‌باشد؛ و کمترین ارتفاع مربوط به مناطق مرکزی است. هرچه ارتفاع بیشتر باشد نقش مهمتری در سیل‌خیزی منطقه دارد زیرا مناطق مرتفع تر دارای پتانسیل بیشتر در ارتباط با بارش و هدایت رواناب‌ها هستند. در نقشه استاندارد شده‌ی فازی ارتفاع محدوده مرکزی و نواحی کم ارتفاع، کم‌ترین ارزش کم فازی و برعکس مناطق مرتفع، ارزش زیاد دارند؛ لذا نواحی شرق و شمال غرب محدوده که دارای ارتفاع بالای ۱۰۰۰ متر هستند بیشترین ارزش فازی (۰/۸۱ تا ۱) را دریافت نمودند (شکل ۹). در تحلیل ارزش وزنی معیارها ارتفاع با داشتن ارزش وزنی ۰/۱۱۸۴۱۲۷ دارای رتبه پنجم در بین معیارها می‌باشد.

نقشه خروجی حاصل از مدل TOPSIS نشان می‌دهد که مناطق جنوب، جنوب غربی و بخشی از ناحیه شرق مناطق با پهنه خطر بسیار بالا هستند (شکل ۱۰). عمده‌ترین دلایل آن این است که نواحی شرقی به دلیل ارتفاع زیاد، طغیان‌های فصلی رودخانه ابوالعباس و بارش بیشتر، مستعد خیزش رواناب‌های زیادتری هستند نواحی جنوب غربی با توجه جهت شیب محل تجمع رواناب‌ها هستند از سوی دیگر عبور رودخانه فصلی گلال از سمت غرب منطقه نقش عمده‌ای در ایجاد سیلاب‌های فصلی و هدایت آب‌های سطحی در هنگام بارش زمستانی در این محدوده دارد.



شکل ۱۰: نقشه پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه آبخیز شهر باغملک

مشخصات مربوط به هر یک از طبقات خطر در نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در جدول (۴) ارائه شده است بر طبق محاسبات انجام شده ۱۷/۸۶ درصد از محدوده در پهنه‌ی با خطر بسیار بالا ۱۱/۷۲ درصد دارای خطر پذیری بسیار کم و ۲۷/۴۹ درصد در پهنه با خطر متوسط واقع شد است.

جدول ۴: مساحت و درصد خطر سیلاب در حوضه‌ی آبخیز شهر باغملک

طبقات خطر	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد
خطر خیلی کم	۱۶/۰۷	۱۱/۷۲
خطر کم	۲۵/۷۴	۱۸/۷۶
خطر متوسط	۳۷/۷۱	۲۷/۴۹
خطر بالا	۳۳/۱۲	۲۴/۱۵
خطر خیلی بالا	۲۴/۵۰	۱۷/۸۶
مجموع	۱۳۷/۱۶	۱۰۰

### تجزیه و تحلیل نتایج

بررسی و تحلیل نقشه‌ی بدست آمده (شکل ۱۰) بیانگر این است که نواحی غربی، جنوبی، جنوب غربی و بخشی از نواحی شرقی، دارای بیشترین پتانسیل خطر در برابر سیل هستند عمده‌ترین دلایل آن این است که نواحی شرقی به دلیل داشتن ارتفاع بیشتر، طغیان‌های فصلی رودخانه ابوالعباس و بارش بیشتر، مستعد خیزش رواناب‌های زیادتری هستند نواحی جنوب غربی با توجه جهت شیب محل تجمع رواناب‌ها هستند از سوی دیگر عبور رودخانه فصلی گلال از سمت غرب منطقه نقش عمده‌ای در ایجاد سیلاب‌های فصلی و هدایت آب‌های سطحی در هنگام بارش فصلی در این محدوده دارد. شهر باغملک به عنوان مرکز شهرستان باغملک، دارای امکانات رفاهی و خدماتی بسیار در بین

شهرها و روستاهای اطراف خود است که این عوامل سبب مهاجر پذیری بسیار زیاد به این شهر در طی دو دهه اخیر شده است و به تبع آن ساخت و سازهای مسکونی و تجاری و خدماتی در این شهر و حومه‌ی آن در حال گسترش است، با توجه به نقشه نهایی به دست آمده از پهنه‌بندی سیلاب در محدوده این شهر در راستای توسعه پایدار شهری باید از ساخت و سازها در مناطق با خطر بالا و بسیار بالا ممانعت به عمل آید، و اقدامات لازم در زمینه کنترل سیلاب نظیر استفاده از راهکارهای مهندسی در سطح شهر و اصول آبخیز داری در مناطق بالاست حوضه، تغییر در نوع کاربری‌ها (تغییر کاربری‌ها در مناطق پرخطر به فضای سبز و تفریحی) صورت گیرد. توصیه می‌شود در برنامه ریزی‌های محیطی و شهری و یا هرگونه دخالت در شرایط محیط طبیعی و ساخت و سازها در مناطق غربی، شرقی و جنوبی و غربی حوضه بهتر است مطالعه دقیق و علمی صورت گیرد تا منجر به تشدید سیلاب در این مناطق نشود. با توجه به مطالب بالا و نتایج بدست آمده از ارزیابی نقشه نهایی می‌توان اذعان کرد که مدل TOPSIS به دلیل این‌که 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 شیب های 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.

### نتیجه گیری

در این پژوهش با استفاده از مدل فازی TOPSIS که از فنون تصمیم‌گیری چند معیاری (MCDM) است و روش وزن دهی CRITIC به بررسی و ارزیابی خطر سیل برای حوضه‌ی آبخیز شهر باغملک واقع در شرق استان خوزستان پرداخته شد. مدل فازی TOPSIS نه تنها مقدار نقش هر عامل در وقوع سیل را تعیین می‌نماید بلکه چگونگی ارتباط و هماهنگی بین عوامل موثر در وقوع سیل را از طریق روش وزن دهی CRITIC به صورت یک شبکه منظم و متصل بهم را فراهم می‌سازد. روش TOPSIS مبتنی بر مرتب‌سازی مجموعه‌ای از گزینه‌ها می‌باشد، که به جای استفاده از یک معیار برای تصمیم‌گیری، امکان استفاده از چندین معیار در تصمیم‌گیری را به صورت یک‌جا به تصمیم‌گیرندگان می‌دهد. جهت تعیین مناطق مخاطره آمیز در برابر خطر وقوع سیل در حوضه آبخیز شهر باغملک از هفت فاکتور که به ترتیب اولویت عبارتند از: جهت شیب، فاصله از خطوط آبرهه، شیب، بارش، ارتفاع، سازند، و کاربری اراضی. استفاده شد. عامل جهت شیب بیشترین وزن نسبی (۰/۱۹۳۳۷۸۲) و عامل کاربری اراضی کم‌ترین وزن (۰/۹۲۶۶۲۵) را به خود اختصاص داده‌اند. 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 دامنه‌های شرقی و جنوب شرقی نقش موثری در هدایت رواناب‌ها دارند. در بین طبقات مربوط به فاصله از آبراهه بیشترین خطر در فاصله ۰ تا ۵۰ متری از خطوط آبرهه‌ها است به این دلیل که در مواقع ریزش‌های رگباری تند در این منطقه فواصل ۰ تا ۵۰ متر کم‌ترین فاصله را از بستر اصلی دارند لذا خطر آب‌گرفتگی و سیل در این نواحی به نسبت فاصله‌های دور بسیار زیادتر است. مناطق با پوشش گیاهی بسیار کم و بسترهای رودخانه‌ای است که عمدتاً در نواحی



شرق و غربی محدوده هستند. نقش مهمی در سیل‌خیزی دارند. در طبقات مربوط به سازندهای زمین‌شناسی 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 به دلیل مقاومت زیادتر و نفوذپذیری کم‌تر نقش بیشتری در سیل‌خیزی 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 محدوده که دارای ارتفاع بالای ۱۰۰۰ متر هستند با شیب زیادتر و دریافت بارش بیشتر نقش مهمی در شکل‌گیری سیلاب دارند. نقشه پهنه‌بندی خطر سیل به لحاظ حساسیت به پنج طبقه تقسیم شد و مناطق با ریسک وقوع بسیار کم تا بسیار زیاد شناسایی شدند. بر طبق محاسبات انجام شده ۱۷/۸۶ درصد از محدوده در پهنه با خطر بسیار بالا، ۱۵/۲۴ درصد در محدوده خطر بالا ۲۷/۴۹ درصد در پهنه با خطر متوسط ۱۸/۷۶ درصد در پهنه خطر کم و ۱۱/۷۲ درصد از محدود مورد مطالعه در پهنه با خطر بسیار کم واقع شد است. 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 کره‌جنوبی با استفاده از مدل Fuzzy TOPSIS و روش فازی عدم قطعیت)، فرج زاده و نصرتی (۱۳۸۳) (پهنه‌بندی 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)، قهرودی و همکاران، (۱۳۹۱) (ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران)، قنواتی و همکاران (۱۳۹۱) (ارزیابی و پهنه‌بندی خطر رخداد سیلاب در حوضه فرحزاد (تهران) با استفاده از مدل فازی)، موسوی (۱۳۹۲) (تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی در توسعه فیزیکی حوضه‌ی آبخیز شهر ایزه) مشابه بوده است. از مقایسه تحقیق صورت گرفته با تحقیقات پیشین می‌توان مقایسه خروجی این نقشه در دانست که به عنوان مثال کار. کیونگ سو و همکاران (۲۰۱۳) اگر چه به صورت مشابه است و لی کار ایشون فاقد یک نقشه تصویری برای نمایش پهنه است ولی در این تحقیق پهنه‌های خطر در طبقات مختلف مشخص شده‌اند. انجام تحقیقات گسترده به منظور استفاده از روش فازی TOPSIS بویژه در امر ارزیابی مخاطرات شهری و محیطی نظیر سیل در مناطق مختلف، از پیشنهادات این پژوهش است. ثابت شده است که روش‌های آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاری (MCDM) در محیط GIS رویکردی قوی برای تولید نقشه‌های خطر سیلاب با درجه‌ی مطلوبی از دقت‌اند. در این پژوهش داده‌های میدانی و مقامات محلی با توجه به مناطق تحت تأثیر قرار گرفته از سیل یک تطابق بالا با نقشه‌ی به دست آمده از مدل را نشان می‌دهد.

## منابع

- احمدی، حسن، (۱۳۹۰)، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول، چاپ هفتم تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان، (۱۳۹۳)، نقشه کاربری اراضی و کاربری ارضی، ۱:۵۰۰۰۰ شهرستان باغملک
- اصغری سراسکانرود، صیاد، پیروزی، الناز، زینالی، بتول، (۱۳۹۴)، پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز آق لاقان چای با استفاده از مدل ویکور، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال چهارم، شماره ۳، صص. ۲۳۱-۲۴۵

- آل شیخ، علی اصغر، سلطانی، محمد جعفر، هلالی، حسین، (۱۳۷۸)، کاربرد GIS در مکان‌یابی عرصه‌های پخش سیلاب (تحقیقات جغرافیایی)، شماره ۷، صص، ۱۰-۲۲
- برومند نسب، سعید، (۱۳۸۱)، هیدرولوژی رگبار در محدوده‌های شهری، اهواز، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز
- بهشتی، مسعود، فیض نیا، سادات، سلاجقه، علی، احمدی، حسن، (۱۳۸۸)، بررسی کارایی پهنه‌بندی زمین لغزش فاکتور اطمینان: مطالعه موردی محدوده آبخیز معلم کلایه، (جغرافیای طبیعی) شماره ۵، صص- ۴۰-۲۲
- چیتی، محمد حسن، سیل خیزی از دیدگاه بلایای طبیعی، مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بلایای طبیعی مناطق شهری، صص-۳۷-۴۳
- رضایی مقدم، محمدحسین، اصغری، صیاد، فیض پور مهدی، (۱۳۹۰)، مدل سازی جریان سیلاب حوضه آبریز رودخانه جاجرود با استفاده از رگرسیون چند متغیره، (جغرافیا)، سال نهم، شماره، ۳۰، صص ۱۶۰-۱۸۰
- رکن الدین افتخاری، عبدالرضا، صادقلو، طاهره، احمد آبادی، علی، سجاسی قیداری، حمدالله، (۱۳۸۸)، ارزیابی و پهنه‌بندی روستاهای در معرض خطر سیلاب با استفاده از مدل HEC-Geo RAS در محیط GIS، (مجله توسعه روستایی)، شماره، ۱، صص-۱۵۶-۱۸۲.
- سازمان آب و برق استان خوزستان، (۱۳۹۲)، داده‌های هواشناسی.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، (نقشه‌ی توپوگرافی) ۱:۵۰۰۰۰ حوضه آبخیز شهر باغملک، سری 753 کبرگ II 5953، ۱۳۹۰.
- سلیمان ماهینی، عبدالرسول، کامیاب، حمیدرضا، (۱۳۸۸)، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم‌افزار ایدرسی، انتشارات مهر مهدیس
- شرکت ملی نفت، (۱۳۴۵)، نقشه زمین شناسی (کوه آسماری) ۱:۱۰۰۰۰۰، سری W825، برگ E ۲۰۸۲۵.
- صفاری، امیر؛ ساسان پور، فرزانه؛ موسی وند، جعفر، (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.
- ضیائی، پرویز، سلیمانی مقدم، هادی و صادق برزگر، (۱۳۹۰)، تعیین جهت بهینه گسترش شهر مشهد با استفاده از مدل‌های چند عامله GIS، RS، جغرافیا، سال نهم، شماره ۳۰، صص: ۱۲۰-۹۰
- عبدی، پرویز، (۱۳۸۵)، بررسی پتانسیل سیل‌خیزی محدوده زنگان رود با روش SCS و سیستم اطلاعات جغرافیایی»، (مجله ملی آبیاری، و زهکشی)، صص: ۲۰-۳۸
- علایی طالقانی، محمود، همایونی، صدیقه، (۱۳۹۰)، پهنه‌بندی حوضه دینور از نظر تولید سیلاب با استناد به مولفه های ژئومورفولوژی، پژوهش نامه جغرافیایی، شماره، ۱، صص: ۳۷-۴۹
- علیزاده، امین، (۱۳۸۹)، اصول هیدرولوژی کاربردی، مشهد، دانشگاه امام رضا، چاپ بیست و نهم
- غلامی، عبدالوهاب، (۱۳۹۰)، کاربرد فنون MCDM در طرح و اولویت‌بندی گزینه‌های مناسب در امر بازیافت و دفن پسماندهای شهری، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیای شهری، استاد رهنما: عطا غفاری گیلانده، اردبیل
- فرج زاده، منوچهر، نصرتی، عبدالله، (۱۳۸۳)، پهنه‌بندی حساسیت سیل خیزی حوضه آبریز گاو رود با استفاده از GIS، علوم جغرافیایی، شماره ۴۳، صص، ۴۹-۵۸.
- قنوتی، عزت الله، کرم، امیر، آقاعلیجانی، مرضیه، (۱۳۹۱)، ارزیابی و پهنه‌بندی خطر رخداد سیلاب در حوضه فرحزاد (تهران) با استفاده از مدل فازی، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۳، شماره ۴۰، صص: ۱۲۱-۱۳۸
- قهرودی تالی منیژه، ثروتی محمدرضا، صرافی مظفر، پورموسوی سیدموسی، درفش خه بات، (۱۳۹۱)، ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران، مجله امداد و نجات، دوره ۴، شماره ۳، از صص ۷۹-۹۲.
- مالچفسکی، یاجک، (۱۳۹۰)، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری، ترجمه‌ی پرهیزگار، اکبر. غفاری گیلانده، عطا، چاپ دوم، تهران: انتشارات سمت، ۱۰۵۶.

- مختارپور، اکبر، خاکباز، امین، هاشمی، فرهاد و فرشاد علی پور، (۱۳۹۵)، بررسی روش های ابتکاری و نوآورانه در مدیریت سیلاب های شهری، سومین کنفرانس بین المللی علوم و مهندسی، استانبول - کشور ترکیه، موسسه مدیران ایده پرداز پایتخت ویرا موسوی، معصومه، عابدینی، اسمعیلی عوری، ابادر، (۱۳۹۲)، تحلیل و پهنه‌بندی خطر سیلاب درحوضه آبخیز شهر ایذه با استفاده از مدل‌های تجربی و سلسله مراتبی. دومین کنفرانس بین المللی مخاطرات محیطی، تهران ۷-۸ آبان ماه ۱۳۹۲
- موسوی، معصومه، (۱۳۹۲)، تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی در توسعه فیزیکی حوضه آبخیز شهر ایذه با بهره‌مندی از مدل‌های چند معیاره (MCDM)، پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: موسی عابدینی، رشته جغرافیا (ژئومورفولوژی) دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، دانشکده علوم انسانی.
- نسترن مهین، ابوالحسنی، فرحناز و ملیحه ایزدی، (۱۳۸۹)، کاربرد تکنیک تاپسیس در تحلیل و اولویت‌بندی توسعه پایدار مناطق شهری مطالعه موردی: مناطق شهری، اصفهان، (جغرافیا و برنامه ریزی محیطی)، شماره ۲۱، صص ۹۰-۱۰۵.
- نظافتی نمین، فردین و ندا خوش ولد، (۱۳۹۵)، آنالیز ویژگی های سیلاب های شهری بالخلوچای اردبیل با دوره های بازگشت مختلف، دومین کنفرانس بین المللی یافته های نوین علوم و تکنولوژی، قم، مرکز مطالعات و تحقیقات اسلامی سروش حکمت مرتضوی،
- Chen, Jain, A. Hill, Arleen, D. Urban, Lensy1 (2009) AGIS- based Model for Urban flood Ideation, Journal of Hydrology, VO1.373, PP. 184-192
- 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, Eun Sung. Ch. (2014), Robust spatial flood vulnerability assessment for Han River using fuzzy TOPSIS with  $\alpha$ -cut level set, Expert Systems with Applications, Volume 41, Issue 2, 1 February 2014, Pages 644-654
- Kuswandari, R, (2004), Assessment of Different Methods for measuring the sustainability of forest Management, International Instituting for Geo Information science and Earth observation, Enscheda, Netherlands.
- 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
- Zanakis. S.h, Solomon. A, wishart, N, Dublish, S. (1998), Multi-attribute decision making: Assimilation parision of selection methods, European journal of operational research 107pp:507-729

## **Assessment and zoning Flood risk by using Fuzzy logic TOPSIS in GIS (Case study: Baghmalek urban catchment)**

**Seyedeh Masoumeh Mosavi<sup>1</sup>, Saeid Negahban<sup>2\*</sup>, Heidar Rakhshani-Moghadam<sup>3</sup>, Seyed Mohsen Hosseinzadeh<sup>4</sup>**

1- Master of Geomorphology and invited lecturer of Geography Group, Payam-e-Noor University of Baghmalk

2- Assistant Prof of Geography, Department of Geography, Shiraz University  
Email: snegahban@shirazu.ac.ir

3- Master of Urban Planning and invited lecturer of Geography Group, Payam-e-Noor University of Baghmalk

4- Manager of HidroAnformatic, Water & Electric Organization, Khoozestan Province

Received: 2016.06.27

Accepted: 2017.01.09

### **Abstract**

Map TOPSIS model shows the output from the South, Southwest and East regions of the very high-risk zones. According to calculations, the 17.86% of the high-risk zone 11.72% of the low risk and moderate risk was 27.49% in the area. According to the steep south-western areas of concentration are Runoff. Zoning maps and warning systems and rescue operations can have very good performance. To determine the risk of flood hazard areas in the watershed of Baghmalk of seven factors in order of priority are. Aspect, distance from drainage lines, slope, rainfall, height, build, and land use, was used the relative weight of Aspect (0/1933782) and the lowest weight Land Use (0/926625) have won and of very low to very high-risk areas were identified. According to calculations, the 17.86% of the high-risk zone, 24.15% in the range of 27.49% in high-risk areas with moderate risk 18.76 percent in areas with low risk and 11.27-percent limit of the study area is located at a very low risk. Analysis of the results suggests that map to the west, south, south-western and eastern part of the region, has the greatest potential risk of flooding are The main reason is that the eastern regions due to greater heights, the intervening seasonal river Abvalbas and more precipitation, higher runoff are susceptible to rise The seasonal river crossing from the West region Glal major role in creating and directing surface water seasonal floods during the rainy season in this area.

**Keywords:** Flood Risk Zoning, Baghmalek Urban Catchment, CRITIC Weighting, TOPSIS, GIS