

# راه کارهای بازدارنده برای جلوگیری از سیل به کمک سنجش از دور و رویکردهای تلفیقی منطق فازی و مدل سازی عامل مبنا

زهرا رضائی<sup>۱</sup>

محمدحسن وحیدنیا<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۱۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۰۷

\*\*\*\*\*

## چکیده

ایران یکی از کشورهای است که در معرض سوانح طبیعی بسیاری قرار دارد که سیل یکی از جدی ترین آنهاست. چگونگی پایش و کنترل سوانح، ارزیابی خسارت و امداد رسانی از مهم ترین مشکلات دولت و کارشناسان مدیریت بحران محسوب می شوند. در صورت نظارت مستمر قبل از وقوع، ارزیابی دقیق در حین و بعد از وقوع سانحه، می توان از دامنه خسارات و هدررفت منابع انسانی و مادی جلوگیری کرد. جلوگیری از خطرات ناشی از سیل، ساماندهی و مدیریت سیل در رودخانه ها و نهایتاً بهسازی رودخانه ها، نیازمند تشخیص و تعیین پهنه های سیل خیز است. مدل سازی عامل مبنا (ABM)<sup>۳</sup> رویکردی برای ارائه سیستم های شبیه سازی و انتزاعی به منظور کشف و بررسی الگوهای برآمده از عوارض مرتبط به محیط های مورد مطالعه می باشد. به عبارت دیگر، مدل سازی عامل مبنا به عنوان رویکردی نوین برای توسعه ابزارهای شبیه سازی در پدیده های پیچیده ی حوزه های مختلف از جمله بلایای طبیعی، مطالعات بیولوژیکی و شرایط امداد و نجات سیل می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق، از دو رویکرد استنتاج فازی با در نظر گرفتن پارامترهای مؤثر بر وقوع سیلاب و با بهره گیری از داده های حاصل از سنجش از دور و مدل سازی عامل مبنا برای تهیه نقشه خطر سیل به عنوان راه کارهای بازدارنده در جلوگیری از مخاطرات سیل در راستای مدیریت و تصمیم گیری قبل از وقوع سیل استفاده شده است. در نهایت نیز به مقایسه این دو رویکرد و بررسی کارکردهای آنها پرداخته شده است. نتایج نشان دهنده پیچیدگی و دقت بیشتر روش های چند معیاره ای مانند استنتاج فازی می باشد. در حالی که روش های مبتنی بر هوش مصنوعی و مدل سازی عامل مبنا سریع تر بوده و پیچیدگی این روش به دلیل استفاده از برنامه های نسبتاً آماده کمتر و در عین حال، دقت این روش نیز در مقایسه با روش منطق فازی کمتر است. واژه های کلیدی: نقشه پهنه بندی خطر سیل، استنتاج فازی، مدل سازی عامل مبنا، استان گیلان

\*\*\*\*\*

۱- دانشجوی دکتری سنجش از دور و GIS، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات (نویسنده مسئول) Rezaee.ncc@gmail.com

۲- استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات vahidnia84@gmail.com

۳- Agent Based Modelling

## ۱- مقدمه

در این تحقیق، از روش‌های مدل‌سازی عامل‌مبنا در کنار فناوری سنجش از دور در تهیه نقشه خطر سیل به‌عنوان راه‌کار بازدارنده برای جلوگیری از سیل استفاده می‌شود. نقشه‌های خطر و خطرپذیری سیل از انواع نقشه‌های سیل هستند که اطلاعات سیلاب در یک منطقه را به‌صورت نقشه‌هایی گویا و کاربردی در اختیار برنامه‌ریزان و ذینفعان قرار می‌دهند. به‌منظور شناسایی مستعدترین مناطق سیلاب و تهیه نقشه ریسک، می‌توان هفت عامل مؤثر را به‌طور کلی نظر گرفت. عوامل این نقشه‌ها عبارتند از: شدت بارندگی، ارتفاع، شیب، کاربری زمین، انباشت جریان، فرسایش‌پذیری و جنس خاک و فاصله از زهکشی شبکه‌ها. اهمیت نسبی هر پارامتر برای وقوع سیل و شدت آن با توجه به مقادیر وزن آن‌ها به مقادیر وزن مرتبط می‌باشد. به‌این منظور باید اطلاعات پارامترهای مختلف بر روی هم قرار گرفته، و در نتیجه نقشه خطر سیل ایجاد شود (سب ک، ۱۳۹۹)، (Richard

J & et al, 2011)

به‌منظور تهیه نقشه خطر سیل و پایش تاریخچه وقوع سیلاب‌های رخ داده، نیاز به ابزارهای زمانی - مکانی می‌باشد. غالباً سامانه‌های GIS محدودیت‌هایی در خصوص پایش تغییرات عوارض در طول زمان دارند که این نواقص شامل عدم امکان نمایش مناسب از تغییرات مداوم پدیده‌ها می‌باشند. از این‌رو اکثر سامانه‌های GIS صرفاً قابلیت مدل‌سازی‌های ابتدایی را دارند. با این وجود، موارد متعددی برای توجیه دلیل استفاده یا ارتباط GIS با شبیه‌سازی / مدل‌سازی وجود دارد. مدل‌سازی در زمانی که تحلیل‌های زمانی و مکانی مورد نیاز باشد، از ابزارهای مؤثر می‌باشد (سب ک، ۱۳۹۹)، (Andrew & et al, 2012).

## ۱-۱- ضرورت انجام تحقیق

در پژوهش‌های مختلف، از مدل‌سازی عامل‌مبنا به‌عنوان رویکردی برای ارائه سیستم‌های شبیه‌سازی و انتزاعی به‌منظور کشف و مطالعه الگوهای برآمده از عوارض مرتبط به محیط‌های مورد مطالعه استفاده می‌کنند. با این حال،

رشد جمعیت، توسعه شهرنشینی و تغییر کاربری اراضی در دهه‌های اخیر موجب شده تا سیلاب به‌عنوان یکی از مخرب‌ترین بلایای طبیعی در جهان شناخته شود. از این رو شناخت پدیده سیلاب و روش‌های مقابله با آن و همچنین اثرات ناشی از آن، از مهم‌ترین مسائلی است که برنامه‌ریزان مدیریت بحران و سیاستگذاران مناطق شهری و روستایی باید به آن توجه کنند. در گذشته از روش‌های مقابله با سیلاب با رویکرد سازه‌ای مانند ساخت سیل‌بندها، آبشکن‌ها و دیواره‌سازی کناره‌های رودخانه به‌عنوان روش‌های کنترل سیل استفاده می‌شد. اما در سال‌های اخیر رویکرد غیرسازه‌ای کنترل و مدیریت سیلاب به‌عنوان روش بهینه مطرح شده است. عوامل گوناگونی در جاری شدن سیل دخالت دارند که از جمله آن: شدت بارندگی، شیب حوضه، نفوذپذیری زمین، شرایط توپوگرافی، ویژگی‌های پوشش گیاهی و درجه اشباع شدن خاک را می‌توان به‌عنوان عوامل مؤثر در جاری شدن سیلاب نام برد (یمانی و دیگران، ۱۳۸۴)، (Vatanfada, 2009). در برخی مطالعات نیز عامل تغییر کاربری اراضی و افزایش شدت بهره‌برداری از مراتع و متعاقباً افزایش تولید رواناب به‌صورت جریان سطحی بررسی شده و میزان تأثیر آن در افزایش وقوع سیلاب اثبات گردیده است (مصطفی‌زاده و دیگران، ۱۳۹۷).

از آنجایی که سیل با گذشت زمان شکل می‌گیرد، بازرسی و پایش مداوم مسیل‌ها قبل از وقوع سیل می‌تواند به برنامه‌ریزی صحیح برای پیشگیری و کاهش خطرات کمک کند. در این راستا، تصاویر ماهواره‌ای منابع مفید اطلاعات را در اختیار قرار می‌دهند. درواقع در مطالعات سیل روش‌ها و تکنیک‌های سنجش از دور می‌تواند در نقشه‌سازی گستره سیل، ارزیابی اثرات و خسارات، کاهش خسارات به زیربناها در سیلاب دشت‌ها، مشخص نمودن روند تغییرات سیلاب‌ها و ارزیابی تکنیک‌های پیشگیری از سیل کمک شایانی کند. تهیه نقشه‌های سیلاب یکی از گام‌های مدیریت جامع سیل در هر سیلاب دشت می‌باشد.

و همچنین تصاویر ماهواره‌ای، به عنوان ابزارهای مناسب به منظور مدیریت بهینه بحران سیل در اختیار تصمیم‌گیران قرار می‌گیرند.

## ۱-۲- مروری بر تحقیقات گذشته

(ریچارد<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۱) در تحقیقی، با ارائه یک مدل عامل‌مبنای پویا از فرآیندهای FIM استفاده کردند. در این مدل، اطلاعاتی همچون داده‌های توپوگرافی، ساختمان‌ها و شبکه‌های جاده‌ای را که به صورت سنجش از دور جمع‌آوری شده، با داده‌های نقشه‌برداری تجربی به منظور تناسب‌دهی با ویژگی‌های جوامع خاص ادغام کرده و با استفاده از شبیه‌سازی چندعاملی همراه با یک مدل هیدرودینامیکی تلفیقی، آسیب‌پذیری افراد را در برابر طغیان رودخانه‌ها در حین طوفان، سناریوهای نقض دفاعی، زمان هشدار سیل و استراتژی‌های تخلیه تخمین زدند. مزایای این سیستم، تجزیه و تحلیل خطرات ناشی از سیل برای مردم، پشتیبانی از برنامه‌ریزی اضطراری در هنگام سیل و مدیریت بهینه بحران سیل می‌باشد (Richard J & et al, 2011).

(فلاویو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۵) در تحقیقی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی ایجاد کردند تا با استفاده از ترکیب شبکه سنسورهای وای‌فای (WSN)<sup>۴</sup> و اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه در ترکیب با شبکه سنسورهای وای‌فای بتواند در مدیریت خطرات سیل مفید باشد. این ادغام WSN, VGI می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های سازمان‌های تصمیم‌گیر در شرایط بحرانی کمک کند، زیرا برای مناطقی که شبکه سنسورهای وای‌فای دار آن ضعیف یا از نظر تراکم کم تراکم باشد می‌توان از اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه برای پوشش این مناطق استفاده نمود (Flávio & et al, 2015).

(مصطفی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۷) در تحقیقی با به‌کارگیری تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)<sup>۵</sup>،

بهینه‌سازی و اعتبارسنجی مؤثر مدل‌های مبتنی بر عامل بدون داده‌های دنیای واقعی با کیفیت بالا دشوار است (Richard & et al, 2021).

استفاده از مدل‌سازی مبتنی بر عامل (ABM) برای مقابله با چالش‌های خطر مربوط به سیل در سال‌های اخیر به طور فزاینده‌ای محبوب شده است. در یک مدل عامل‌مبنا، بازیگران (یا عوامل) با استفاده از دستورالعمل‌های تجویز شده و رفتارهای مشاهده شده از سیستم تعامل می‌کنند (Juste & et al, 2020). مدیریت مؤثر حوادث سیل (FIM)<sup>۱</sup> مستلزم عملکرد موفقیت‌آمیز سیستم‌های پیچیده و متقابل انسان و فناوری است (Richard J & et al, 2011).

با توجه به روند رو به افزایش سیل در سال‌های اخیر که اکثر مناطق حاشیه دریای خزر در معرض تهاجم سیلاب‌های ادواری و مخرب قرار دارند و ابعاد خسارات و تلفات جانی و مالی سیل رو به افزایش است، برای پیش‌گیری و مهار سیلاب باید در درجه اول مناطقی که پتانسیل بالایی در تولید سیل دارند تعیین و شناسایی شوند تا بتوان حتی‌الامکان از بروز خسارات آتی پیشگیری نمود. از این رو در تحقیق حاضر، یکی از مناطق پربارش و سیل‌خیز کشور، استان گیلان که تاکنون به دلیل رخداد سیلاب‌های متعدد متحمل خسارات جانی و مالی بسیاری شده، به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است. از طرفی، با توجه به تعدد و پیچیدگی‌های عوامل دخیل در وقوع سیل، درک بهتر پویایی این چنین مخاطرات اقلیمی و در نظر گرفتن تلفیق دو عنصر اساسی زمان و مکان و تعیین روند پایش آن از اهداف این پژوهش می‌باشد. به این دلیل در یک رویکرد، بر اساس پارامترهای بااهمیت پایش وقوع سیل و تهیه نقشه ریسک آن با استفاده از منطق فازی نقشه ریسک سیل تهیه می‌شود. سپس با روش دیگری، عمل شبیه‌سازی در پایش مناطق مستعد سیل با استفاده از هوش مصنوعی صورت می‌پذیرد. در نهایت نتایج حاصله شامل نقشه‌های پیش‌بینی ریسک سیل بوده که با کمک شبیه‌سازی عامل‌مبنا

2- Richard

3- Flávio

4- Wifi Sensor Network

5- Multiple-Criteria Decision-Making

1- Flood Incident Management

مخازن، محقق شد. هدف از به‌کارگیری این سیستم‌های هوشمند، کاهش هزینه زیرساخت‌های آب حاصل از طوفان می‌باشد (Matteo & et al, 2019).

(ژنگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۹) در تحقیقی، به بررسی مدل‌های تجزیه و تحلیل انتزاعی پدیده‌ها و فرآیندهای جغرافیایی که با مسائل زیست‌محیطی مرتبط هستند، پرداختند. آن‌ها در این تحقیق، به مدل‌سازی و شبیه‌سازی مشترک با استفاده از مدل‌ها در محیط وب باز برای تحقیقات جغرافیایی و زیست‌محیطی؛ به منظور ایجاد، مدیریت و انتشار خدمات مدل plug-and-play پرداختند. هدف این پروژه طراحی و توسعه یک سیستم مبتنی بر مدل‌های تجزیه و تحلیل و سرویس به کاربران بوده و نهایتاً، شکاف بین تولیدکنندگان داده‌های شبیه‌سازی شده مکانی و کاربران با توجه به استانداردهای گردش کار، مدیریت خدمات و فراخوانی خدمات مدل تعاملی، برطرف شده است (Zhang & et al, 2019).

(لوژوا<sup>۴</sup> و داوی هنب، ۲۰۲۰) در تحقیقی، در خصوص نتایج برگرفته از مطالعه بالغ بر ۶۰ مقاله علمی تحقیقاتی، به مزایا و محدودیت‌های رویکردهای عامل‌مبنا در مدیریت خطر سیل پرداختند. در این خصوص، سه موضوع مشخص مدیریت اضطراری سیل در زمان واقعی، برنامه‌ریزی سازگاری طولانی مدت با سیل و مدل‌سازی هیدرولوژیکی سیل جزء چالش‌های تحقیقاتی سال‌های اخیر بوده‌اند. مطالعات نشان‌دهنده آن است که به‌کارگیری ABM در مدیریت ریسک سیل در آینده به کاربردهای عملی آن در تصمیم‌گیری در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌های عملیاتی بسیار حیاتی می‌باشد. از جمله نواقصی که در این رویکردها وجود دارد، پیاده‌سازی‌های موقت تصمیم‌گیری و شبیه‌سازی رفتاری در مدل‌های ABM بوده که باعث می‌شود این برنامه‌ها در این زمینه واقع‌بینی کمتری داشته باشند و باید به‌منظور ارتقا و توسعه این مدل‌ها، اقدامات مؤثری انجام شود (Zhang & et al, 2020).

به‌جانمایی بهترین مکان‌های سدهای کنترل‌ی و بررسی و مشخصات فیزیکی مورد نیاز احداث این سازه‌ها در راستای برنامه‌ریزی پروژه‌های کنترل سیل پرداختند. بر اساس نتایج به‌دست آمده از توزیع مکانی این سازه‌ها، تعداد و ارتفاع سدهای کنترل‌ی، چندین سناریو برای مدیریت سازه‌ها تدوین شد و برای هر سناریو، هیدروگراف‌های سیل را برای دوره‌های بازگشت مختلف با استفاده از مدل HEC-HMS شبیه‌سازی کردند. نتیجه این تحقیق، نشان‌دهنده کارآمدی رویکرد اجرا شده در تخصیص سازه‌های کنترل سیلاب در مناطق مورد مطالعه می‌باشد (Mostafazadeh & et al, 2017).

(آب<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۹) در تحقیقی یک چارچوب مدل‌سازی با امکان ادغام هوش انسانی و مؤلفه‌های فیزیکی ریسک سیل تشریح کردند که، در این سیستم قابلیت مدیریت خطر سیل وجود دارد. در این تحقیق، از مدل‌های عامل‌مبنا در شبیه‌سازی افراد و مؤسسات و مدل‌های عددی سیل استفاده شده است. در مدل‌های مطالعاتی این تحقیق چگونگی تغییر خطر سیل در طول زمان نسبت به پویایی انسان در محیط شهری بررسی شد. در نهایت نیز مدل‌های عامل‌مبنا برای سیل برای تجزیه و تحلیل گزینه‌های خطر سیل و آسیب‌پذیری جوامع و حمایت از تصمیم‌گیری سیاست‌های مختلف استفاده و تشریح شدند (Abebe & et al, 2019).

(متیو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹) در تحقیقی، به بررسی مخازن آب باران و حوادثی ناشی از آن که منجر به سیل شده، پرداختند. در این تحقیق از سیستم‌های هوشمند عامل‌مبنا در بررسی مخازن آب ناشی از نزولات جوی استفاده شد. به‌این منظور، مخازن هوشمندی برای باز و بسته شدن خودکار به‌منظور کاهش خسارات جریان‌های شدید طراحی شدند. در ارزیابی روش به‌کار گرفته، از مدل شبیه‌سازی بهینه‌سازی با اتصال به یک الگوریتم ژنتیک چند هدفه SWMM استفاده شد. با استفاده از نتایج حاصل از این تحقیق، کاهش مداوم جریان شدید برای یک طوفان ۲۴ ساعته در طیف وسیعی از الگوهای بارندگی و اندازه

3- Zhang

4- LuZhuo &amp; DaweiHan

1- Abebe

2- Matteo

## ۲- مفاهیم، دیدگاه‌ها و مبانی نظری

با توجه به رشد بالای خسارت سیل در کشور، شناسایی مناطق پرخطر در مقابل سیل بسیار ضروری است. استفاده از GIS و تکنیک‌های آن در مهندسی رودخانه، از گام‌های اساسی تهیه نقشه‌های خطرپذیری سیلاب می‌باشد (Dubbelboer & et al, 2017).

به‌طور کلی در خصوص پدیده سیلاب، سه نوع خطرپذیری وجود دارد که باید مدیریت شود. این موارد عبارتند از:

- **خطرپذیری (ریسک) سیلاب موجود:** در این حالت ارزیابی خطرپذیری سیلاب برای شرایط فعلی سیلاب دشت شامل کاربری اراضی در وضعیت موجود انجام می‌شود.
- **خطرپذیری (ریسک) سیلاب آینده:** خطرپذیری در شرایط توسعه سیلاب دشت در آینده ارزیابی می‌شود. با اطلاع از وضعیت خطرپذیری سیلاب دشت در آینده، برنامه‌ریزی استراتژیک کاربری اراضی برای توسعه سیلاب دشت امکان‌پذیر خواهد بود.
- **خطرپذیری (ریسک) سیلاب باقیمانده:** میزان خطری است که در هر دو منطقه توسعه یافته فعلی و آینده، پس از اقدامات مدیریتی نظیر برنامه‌ریزی کاربری اراضی و انجام اقدامات تسکین سیل در منطقه باقی می‌ماند.

اگر چه برای کنترل سیلاب با ارائه برنامه‌های جامع مدیریت سیل، میزان خطرپذیری منطقه در مواجهه با سیل کاهش می‌یابد، اما همچنان بخشی از سیلاب دشت توسط سیل تهدید می‌شود. ارائه برنامه‌های مدیریتی در راستای کاهش خطرپذیری سیلاب، نقش بسزایی در کاهش خطرپذیری باقی‌مانده ایفا می‌کند (س ب ک، ۱۳۹۹)، (ملایی و دیگران، ۱۳۹۸)، (یمانی و دیگران، ۱۳۸۴). روش‌های مختلفی برای تهیه نقشه‌های خطر سیل وجود دارد که با توجه به نیاز طرح، کاربرد نقشه‌ها، محدودیت زمانی و مالی، می‌توان یکی از روش‌ها را انتخاب و نقشه‌های سیلاب را بر مبنای آن تهیه نمود. انتخاب روش تهیه نقشه‌های خطر سیلاب به اهداف تهیه نقشه، قابلیت دسترسی به اطلاعات مورد

نیاز و سطح علمی متخصصان مربوطه بستگی دارد. در این تحقیق، دو روش مدل‌سازی بر مبنای هوش مصنوعی و روش پارامترهای مؤثر بر سیل و وزن‌دهی به معیارها مورد بررسی قرار گرفته و نتایج با هم مقایسه می‌شوند و در نهایت رویکرد بهینه مبنای کار قرار می‌گیرد.

## ۳- منطقه مورد مطالعه

استان گیلان یکی از استان‌های شمالی کشور با مساحت ۱۴۷۱۱ کیلومتر مربع می‌باشد. این استان در ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار قرار گرفته است. براساس تقسیمات ارائه شده طرح جامع آب کشور، این استان دارای چهار حوضه آبریز می‌باشد: حوضه آبریز تالش، حوضه آبریز تالاب انزلی، حوضه آبریز سفید رود و حوضه آبریز شرق گیلان. استان گیلان پرباران‌ترین استان کشور محسوب می‌شود به نحوی که بارندگی سالیانه در برخی از مناطق آن از ۲۰۰۰ میلی‌متر تجاوز می‌کند. میانگین بارندگی سالانه کشور ۲۵۰ میلی‌متر است میانگین بارندگی در استان گیلان ۱۱۵۵ میلی‌متر می‌باشد.

شرایط اقلیمی مناسب باعث گردیده که این استان به‌عنوان یکی از استان‌های سرسبز و حاصلخیز به‌شمار آید. جنبه دیگر این شرایط، جریان سیلاب‌های شدید همراه با خسارات فراوان است. گیلان از جمله بخش‌هایی از کشور است که در سالیان اخیر، اثرات خشکسالی‌ها و سیلاب‌های ناگهانی را تجربه کرده و وقوع سیلاب در این استان بسیار متعدد بوده و با توسعه جوامع شهری و روستایی، فشار بر منابع طبیعی افزایش یافته و علاوه بر شرایط طبیعی مانند میزان بارندگی، شرایط اقلیمی و توپوگرافی عوامل دیگری که ناشی از تأثیر انسان‌ها بر محیط می‌باشد مانند بهره‌برداری نادرست از منابع آب و خاک و همچنین عدم مدیریت صحیح نیز در این مسأله مؤثرند. علی‌رغم اهمیت رودخانه‌های استان و تأثیر اقتصادی زیاد آن‌ها، تاکنون توجه زیادی به آن‌ها نشده است و در هیچ‌کدام از رودخانه‌های



نگاره ۱: نمایش موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه به همراه DEM و رودخانه‌ها

تحقیق بر پایه روش تحلیلی استوار بوده است و تکنیک کار، کمیت‌پذیری هر یک از متغیرهای مؤثر در سیل‌خیزی (جنس خاک، شیب، و...) می‌باشد.

استان متأسفانه ساماندهی و مهار سیلاب جامعی انجام نشده است (ملاشاهی و دیگران، ۱۳۹۷).

#### ۴- روش‌ها و تکنیک‌ها

عموماً تعیین میزان آسیب‌پذیری یک منطقه در مواجهه با سیلاب می‌تواند با استفاده از روش‌های زیر تعیین شود:

- روش داده‌های خسارت سیلاب‌های گذشته
- روش توابع آسیب‌پذیری
- روش وزندهی به معیارها (شاخص‌های آسیب‌پذیری (FVI) روش وزندهی به معیارها: علاوه بر روش‌های تاریخی و ژئومورفولوژی و هیدرولیکی روش‌های وزندهی به معیارها با استفاده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره در سال‌های اخیر مورد استفاده محققین قرار گرفته است. در روش وزندهی برای هر یک از معیارهای آسیب‌پذیری شاخص‌هایی تعریف می‌شود که با وزندهی به هر یک از شاخص‌ها و جمع وزنی آن‌ها میزان آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب تخمین زده می‌شود. در این روش می‌توان آسیب‌پذیری هر معیار را به‌طور جداگانه یا ترکیب آسیب‌پذیری چندین معیار را با یکدیگر اندازه‌گیری نمود (Büchle & et al, 2006). (Dilley & et al, 2005).

#### ۴-۱- داده‌ها و پارامترهای مؤثر

به‌منظور طراحی و پیاده‌سازی اولیه، داده‌های مرتبط با پدیده سیلاب در استان گیلان به‌شرح زیر، گردآوری گردید.

- نقشه شیب منطقه به‌دست آمده از لایه DEM
- نقشه کاربری اراضی به‌دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای
- نقشه فاصله از رودخانه‌ها و مسیل‌ها
- نقشه جنس خاک (ویژگی‌های فیزیکی خاک) و استخراج مناطق با پوشش خاک مستعد بروز سیل

در این روش، می‌توان با درنظر گرفتن تکنیک‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و درنظر گرفتن نمونه‌های مناسب، به طبقه‌بندی تصویر و نهایتاً نقشه کاربری اراضی منطقه رسید. منظور از نمونه‌های مناسب در این روش، تعیین عوارض مشخصی است که معرف طبقه‌بندی اراضی در کلاس‌های مختلفی همچون زراعی، جنگل، مناطق شهری، کوهستانی و غیره، می‌باشد. در ادامه روند اجرا، تمامی لایه‌های فوق، با استفاده از توابع تحلیلی موجود در ArcGIS به‌صورت رستری و قابل استفاده در محاسبات

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( )  
 راه کارهای بازدارنده برای جلوگیری از سیل به کمک سنجش از دور و ... / ۱۱۷



نگاره ۲: تکنیک طبقه بندی تصاویر و اخذ نمونه های مناسب برای طبقه بندی عوارض در تهیه نقشه کاربری اراضی

منطق فازی، فازی سازی شده و برای تهیه نقشه خطر سیل پردازش شدند. عنصر می تواند تا درجاتی - و نه کاملاً - عضو یک مجموعه باشد (مختاری و دیگران، ۱۳۹۵).

#### ۴-۲-۴-۱- عملگر گامای فازی (Gamma) در محاسبات برهمپوشانی اطلاعات

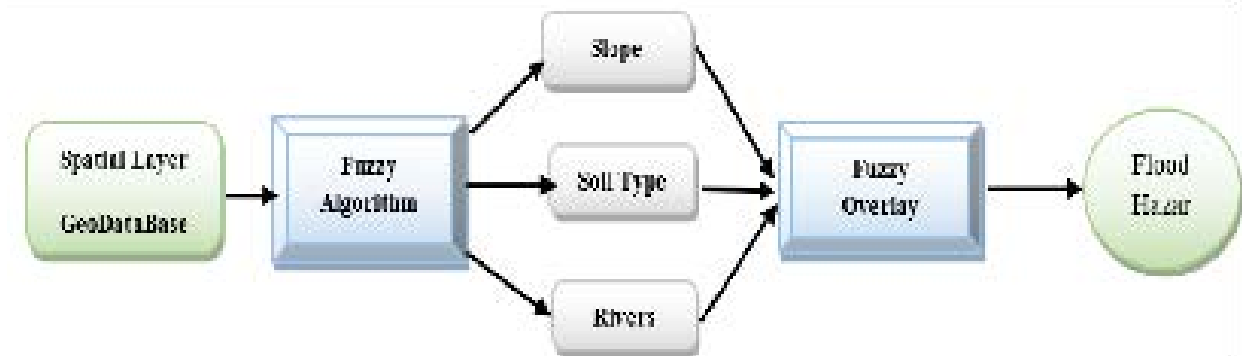
این عملگر، حالت کلی از ضرب و جمع فازی است که در آن فاکتورها طبق رابطه (۲) تلفیق می شوند. در این رابطه مقدار  $\gamma$  بین اعداد صفر تا یک قابل تعیین است. این عملگر زمانی استفاده می شود که اثر برخی از شواهد کاهش و اثر برخی دیگر افزایشی باشد. قابلیت روانابی، پارامتری است که به خصوصیات فیزیکی حوضه بستگی داشته و مقادیر آن به گروه های هیدرولوژیکی خاک، شرایط و نوع پوشش خاک، رطوبت خاک و غیره وابسته می باشد. بنابراین، این درصد در کاربری های مختلف اراضی متغیر بوده و در مناطقی که قابلیت نفوذ آب در آن ها کمتر باشد مانند مناطق باز و مسطح با فقر پوشش گیاهی و جنس خاک غیرقابل نفوذ همچون انواع خاک با پایه رس در شیب های تند، میزان تشکیل و تجمع رواناب بالاتر رفته و خطر سیلاب در این مناطق بیشتر می شود (Yüta & et al, 2015). در این تحقیق، پس

#### ۴-۲-۴-۲- رویکرد اول؛ به کارگیری منطق فازی در پهنه بندی نقشه ریسک سیل

با توجه به اینکه پدیده هایی نظیر سیلاب تحت تأثیر عوامل بسیاری قرار دارند و این عوامل قطعی و صددرصدی نیستند، بنابراین بهتر است در مطالعه چنین پدیده هایی به جای استفاده از مدل بولین که لازمه آن داده های دقیق و کمی است، از مدل فازی استفاده شود. با استفاده از نظریه فازی می توان متغیرهای نادقیق و مبهم را به شکل ریاضی درآورد (محمودزاده و دیگران، ۱۳۹۷).

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad \text{رابطه (۱)}$$

بنیاد منطق فازی بر شالوده نظریه مجموعه های فازی استوار است. در تئوری کلاسیک مجموعه ها، یک عنصر، یا عضو مجموعه هست یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک و باینری تبعیت می کند. اما تئوری مجموعه های فازی این مفهوم را بسط می دهد و عضویت درجه بندی شده را مطرح می کند. به این ترتیب که یک



### نگاره ۳: مدل مفهومی محاسبات فازی پارامترها

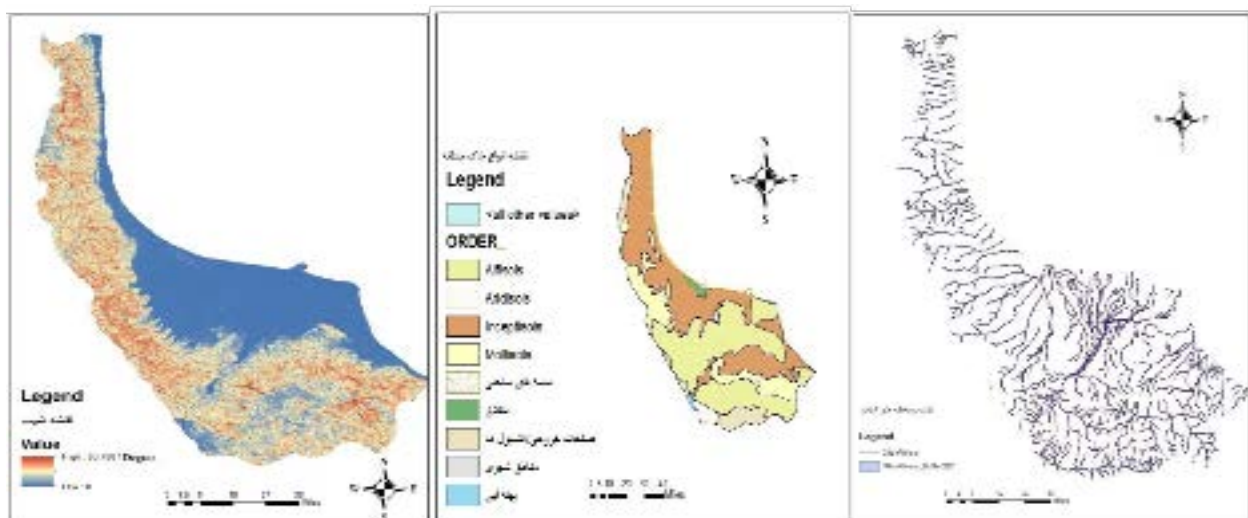
نقشه فازی شده آن‌ها نشان داده شده و نهایتاً از مدل Fuzzy Overlay به منظور برهم‌نهی فازی شده این پارامترها برای تعیین محل‌های خطر استفاده شد. در این محاسبات، از عملگر گاما فازی برای برهم‌نهی فازی نهایی استفاده شد. عملگر گاما نقش تعدیلی نسبت به جمع و ضرب فازی دارد و حساسیت خیلی بالایی عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم عملگر جمع فازی را تعدیل کرده و به واقعیت نزدیک‌تر می‌کند. این عملگر در واقع، برحسب حاصل ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی تعریف می‌شود. مقدار در نظر گرفته شده برای گاما مقادیری در خروجی ایجاد کرده که با اثر افزایشی جمع جبری و اثر کاهش ضرب جبری فازی سازگاری دارد. بنابراین، انتخاب صحیح

از تعیین معیارها و فاکتورهای مناسب، از نقشه‌های رقومی موجود و داده‌های مختلف برای تهیه نقشه‌ها و اطلاعات مورد نیاز اولیه استفاده شد که این اطلاعات پس از ویرایش و تعریف روابط توپولوژیک وارد فضای تحلیلی نرم‌افزار ArcGIS شدند.

$$\mu_{\text{Combination}} = (\text{Sum})^{\gamma} * (\text{Product})^{1-\gamma}$$

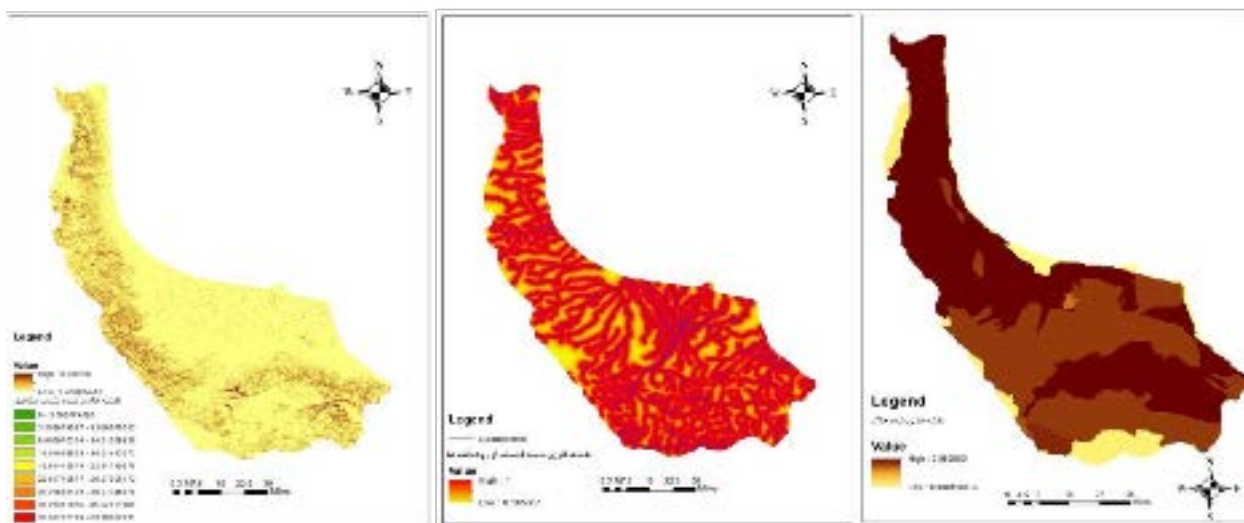
رابطه (۲)

در نگاره ۳، مدل مفهومی محاسبات پارامترهای پهنه‌بندی خطر سیل به روش منطق فازی نشان داده شده است. در سری تصاویر نگاره‌های (۴ و ۵)، نقشه‌های پارامترهای مؤثر بر وقوع سیل همچون شیب، جنس خاک و رودخانه‌ها و

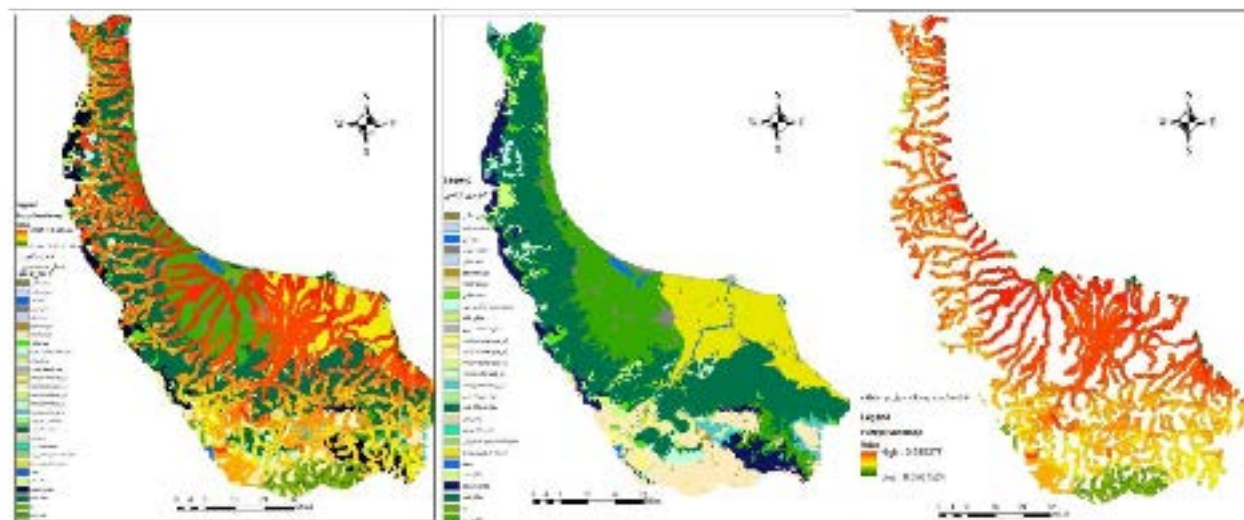


نگاره ۴: نقشه پراکندگی پارامترهای مؤثر بر سیل (از راست به چپ) رودخانه‌های منطقه، جنس خاک و شیب





نگاره ۵: نقشه فازی شده پارامترهای مؤثر بر سیل (چپ به راست) پوشش جنس خاک منطقه، فاصله از رودخانه‌ها و شیب



نگاره ۶: نمایش مناطق مستعد بروز سیل، کاربری اراضی و نقشه برهم‌نهی شده کاربری اراضی و مناطق مستعد سیل

این نواحی بیشتر می‌باشد. در کنار این نقشه، نقشه رستری شده کاربری اراضی استان گیلان نیز به منظور مقایسه زمین-های مستعد سیل و نقشه برهم‌نهی این دو به منظور مقایسه و ارزیابی نهایی نتیجه آورده شده است. با مقایسه نتایج برهم‌نهی این نقشه‌ها مشخص می‌شود اکثر نواحی سیل‌خیز در مناطقی پوشیده از جنس خاک Affsols (جنس خاک با پایه غنی از رس) و در اراضی زراعی و باغات که غالباً در نواحی کم ارتفاع و پست واقع شده، می‌باشند.

مقدار گاما در ارتقای دقت کار بسیار مهم است. با توجه به مطالعات انجام شده و نتایج آن‌ها و نیز اجرا و مقایسه مقادیر مختلف گاما، در نهایت از گامای ۰/۸ استفاده شد. نتیجه خروجی تحلیل این نقشه‌ها و برهم‌پوشانی آن‌ها براساس روش Fuzzy Overlay در نگاره ۶ ارائه شده است. در این نگاره، مناطق مستعد بروز سیل با رنگ قرمز تیره نمایش داده شده‌اند و با توجه به فازی بودن خروجی نهایی، هرچه رنگ مناطق قرمز و نارنجی تیره‌تر باشد، پتانسیل سیل در

#### ۳-۴- هوش مصنوعی و مدل‌سازی عامل‌مبنا

ظهور رایانش سریع امکان رویارویی با مشکلات پیچیده‌تر را فراهم کرده و با قابلیت ایجاد مدل‌های پیچیده‌تر و تحلیل آن‌ها از عهده حل مشکلات بسیاری برآمده است. هوش مصنوعی شاخه‌ای از علوم کامپیوتر است که به مطالعه‌ی عامل‌های هوشمند (Intelligent Agents) می‌پردازد. عامل هوشمند وسیله‌ای است که با درک دنیای پیرامون، احتمال دستیابی به اهدافش را پیشینه می‌کند (Andrew & et al, 2012) (Krzysztof & et al, 2020).

یک تعریف واضح‌تر از هوش مصنوعی عبارت است از: توانایی یک سیستم برای تفسیر داده‌های خارجی. این سیستم با دیدن داده‌ها، یاد می‌گیرد و آموخته‌های خود را برای رسیدن به اهداف خاصی به کار می‌بندد. مهم‌ترین مفهوم در هوش مصنوعی، الگوریتم‌ها هستند. الگوریتم‌ها فرمول‌های ریاضی هستند که یک کامپیوتر معمولی را قادر ساخته تا به صورت هوشمندانه به حل مسئله بپردازند. الگوریتم‌های هوش مصنوعی در واقع کامپیوتر را قادر می‌کنند تا به صورت مستقل به یادگیری بپردازد (Richard & et al, 2021). در این تحقیق، در دومین رویکرد، از فناوری هوش مصنوعی برای شبیه‌سازی سیل در منطقه مورد مطالعه استفاده شده و در ادامه مقایسه خروجی‌های این دو روش و نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

#### ۳-۴-۱- رویکرد دوم؛ شبیه‌سازی با استفاده از هوش

##### مصنوعی در تعیین مناطق سیل‌خیز

مدل‌سازی امکان مشاهده و بررسی یک وضعیت یا شرایط را با پیش‌فرض‌های کمتر فراهم کرده، زیرا می‌تواند پویایی اساسی یک موقعیت را بررسی کند. مدل‌سازی عامل‌مبنا روش جدیدی را با انجام آزمایش‌های مبتنی بر رایانه برای حصول علم ارائه می‌دهد. ABM برای سیستم‌های پیچیده‌ای که در زمینه‌های طبیعی، اجتماعی و مهندسی تعبیه شده‌اند، در دامنه‌هایی از مهندسی تا محیط‌زیست قابل استفاده است. AI-GIS ترکیبی از فناوری AI با توابع

مختلف GIS است، از جمله الگوریتم‌های پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی (GeoAI) که از فناوری AI استفاده می‌کند، و اصطلاحی کلی برای یک سری فناوری‌های توانمندسازی توأمان AI و GIS می‌باشد (Abebea & et al, 2010) (Macal & et al, 2019). از این رو به منظور شبیه‌سازی حوضه‌های آبخیز و مناطق تحت ریسک سیل می‌توان از روش مدل‌سازی هیدرولیکی استفاده نمود. مدل‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی به منظور شبیه‌سازی جریان در رودخانه‌ها و مناطق اطراف آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. عموماً در این روش‌ها به جزئیات مدل‌سازی سیلاب نیز پرداخته می‌شود و محدوده گسترده‌ای از مدل‌سازی رواناب و تخمین میزان سیلاب در یک حوضه آبریز تا مدل‌سازی یک یا دو بعدی جریان سیلاب در یک رودخانه را شامل می‌شود (ملایی و دیگران، ۱۳۹۸). برای پیاده‌سازی مدل‌های عامل‌مبنا ابزارهای متعددی طراحی شده‌اند که یکی از پرکاربردترین آن‌ها Netlogo می‌باشد. از افزونه GIS در NetLogo می‌توان برای پیاده‌سازی مدل‌های عامل محور به منظور بررسی پدیده سیلاب برپایه به‌کارگیری مدل رقومی ارتفاعی منطقه استفاده نمود (www.ccl.northwestern.edu). در این مدل، جریان قطرات باران در سرازیری روی سطح زمین شبیه‌سازی می‌شود. در این تحقیق، از لایه رستری DEM منطقه گیلان برای محاسبه شیب<sup>۱</sup> (زاویه عمودی) و جهت شیب<sup>۲</sup> (زاویه افقی) سطح زمین استفاده شده است. سپس شبیه‌سازی جریان قطره‌های باران که با حرکت مرتب به جلو و با سرعت ثابت به سمت و سوی دیگر تغییر جهت دارند، و در سطوح پایین سرازیر می‌شوند شبیه‌سازی می‌شوند.

#### ۳-۴-۲- محاسبات ریاضی و هندسی شیب و جهت شیب

##### مورد استفاده در مدل‌های رقومی ارتفاعی

برای محاسبه شیب بین دو نقطه، مطابق نگاره ۷ اختلاف ارتفاع دو نقطه ابتدا و انتها را محاسبه و بر فاصله آن دو

1- slope

2- aspect

## فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( )

راه کارهای بازدارنده برای جلوگیری از سیل به کمک سنجش از دور و ... / ۱۲۱

همانطور که نشان داده شده، عامل‌ها با گذشت زمان، به سمت مناطق خاصی حرکت کرده و تجمع می‌کنند. این مدل عامل‌مبنا نشان‌دهنده نواحی جمع‌آوری رواناب و سیلاب با گذشت زمان می‌باشد.

همانطور که در ترتیب تصاویر نگاره‌های (۸ و ۹) مشخص است، هرچه زمان بیشتری از بارش بگذرد، مناطق تشکیل‌دهنده سیلاب متمرکزتر شده و در نهایت رواناب حاصله به دریا، رودخانه‌ها و دریاچه و سد ریزش خواهد کرد. از این رو، با استفاده از این نرم‌افزارها که برپایه هوش مصنوعی طراحی شده‌اند، می‌توان مناطق مستعد سیلاب را شناسایی و نقشه خطر سیل را تهیه نمود. تصویر نهایی مدل عامل‌مبنا با گذشت زمان در کنار نقشه رودخانه‌ها و DEM منطقه در نگاره ۹ ارائه شده است. همانطور که در تصاویر مشخص است، حرکت و تجمع عامل‌ها در کنار رودخانه‌ها و اطراف آن‌ها و در مناطقی که ارتفاع کمتری دارند، بیشترین تعداد را دارد. این موضوع تأیید کننده خطر بروز سیل در حریم رودخانه‌ها و نواحی پست می‌باشد. از برهم‌نهی تصاویر ژئورفرنس شده نقاط مستعد سیل در منطقه (عامل‌های نشان داده شده در DEM) و نقشه کاربری اراضی و نقشه پوشش خاک منطقه مطابق با تصاویر نگاره ۱۰ می‌توان مشاهده نمود که نواحی با کاربری کشاورزی و زراعت و جنس خاک Affisols دارای حرکت و تجمع بیشترین تعداد عامل (علائم سفید رنگ در نقشه)

تقسیم می‌کنند. اما وقتی برای یک پیکسل از DEM منطقه شیب مد نظر باشد، محاسبات پیچیده‌تر می‌شود. زیرا در هریک از جهات هشتگانه می‌توان یک شیب داشت. بنابراین با استفاده از میانگین‌گیری تغییرات ارتفاع در راستای محورهای X و Y، می‌توان شیب آن نقطه را محاسبه نمود.

$$S_{\text{angle}} = \tan^{-1}(y / x)$$

$$\text{slope\_radians} = \text{atan}(\sqrt{[(dz/dx)^2 + (dz/dy)^2]})$$

$$\text{slope\_degrees} = \text{atan}(\sqrt{[(dz/dx)^2 + (dz/dy)^2]}) * 57.29578$$

رابطه (۳)

جهت شیب (Aspect)، نیز مطابق نگاره ۷ زاویه اصلی شیب اصلی را در مقایسه با جهت شمال نشان می‌دهد. به همین ترتیب جهت شیب هم برای یک پیکسل از رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$\text{Aspect} = 57.29578 * \text{atan2}([dz/dy], - [dz/dx])$$

if aspect < 0

cell = 90.0 - aspect

else if aspect > 90.0

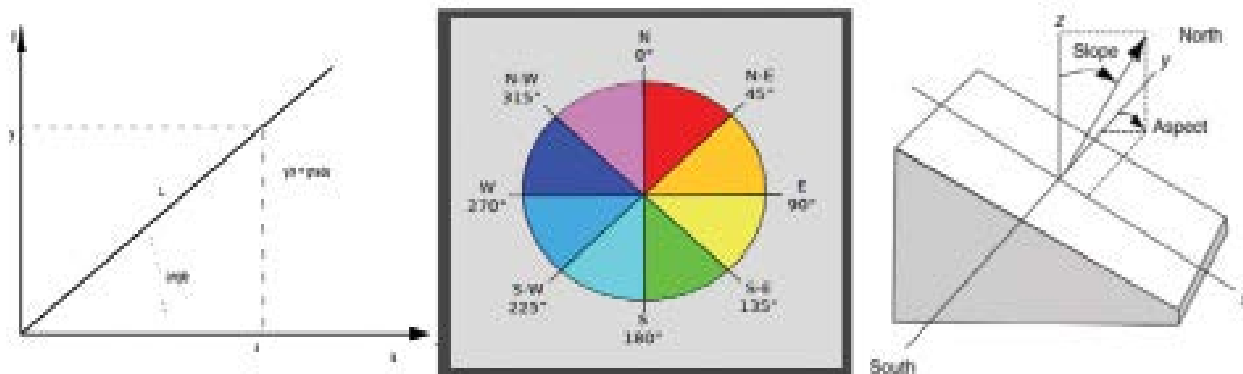
cell = 360.0 - aspect + 90.0

else

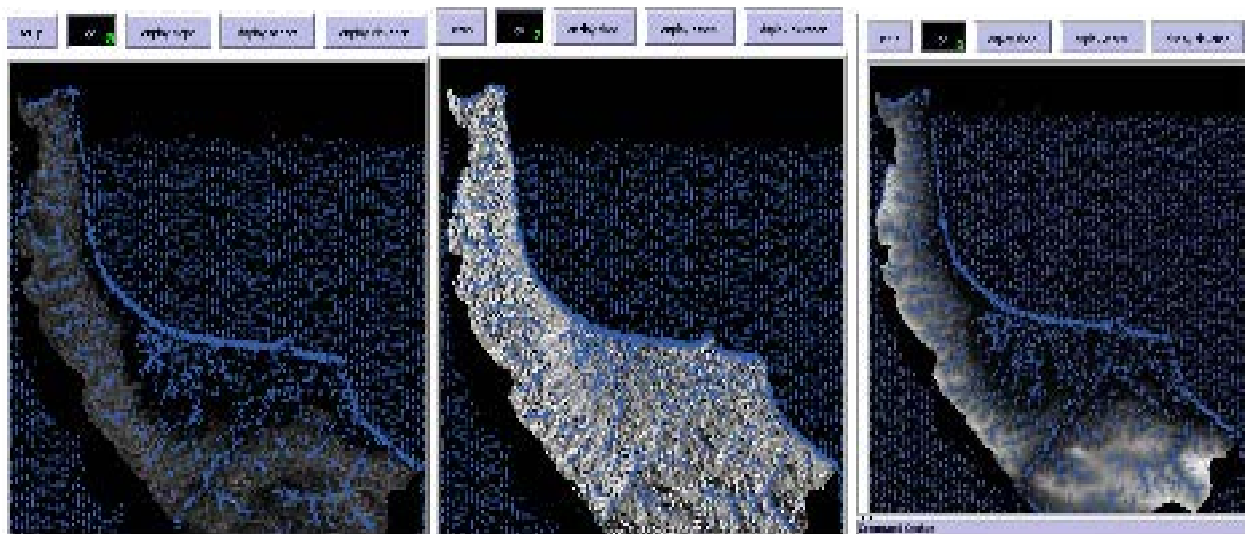
cell = 90.0 - aspect

رابطه (۴)

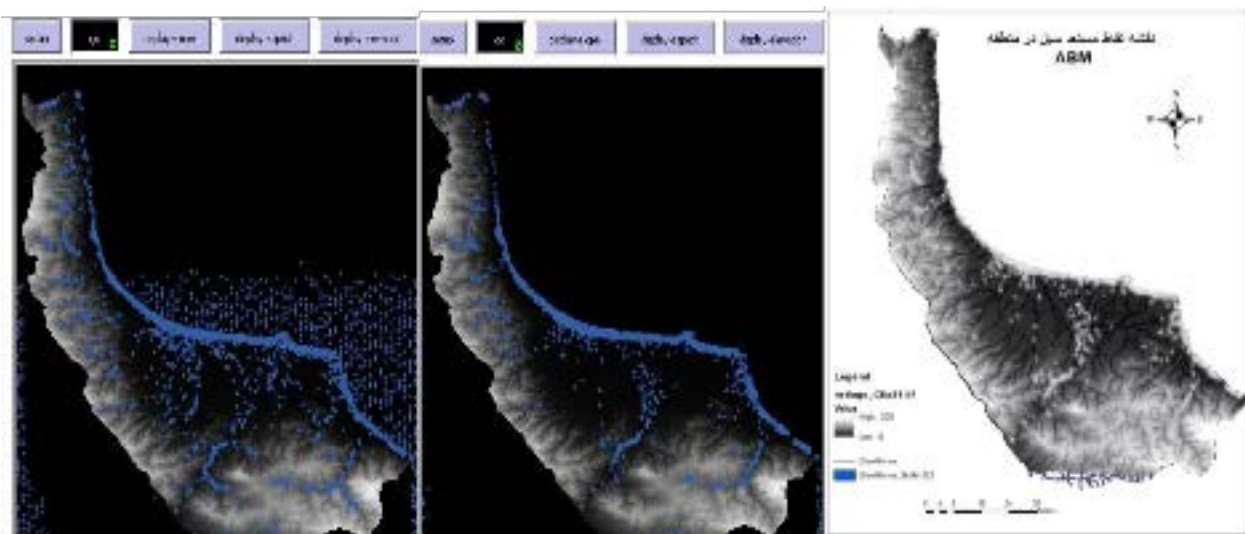
در ادامه، مراحل اجرای مدل‌سازی پدیده جریان بارش در محیط Netlogo ارائه شده است. مطابق تصویر در نگاره ۸



نگاره ۷: نمایش هندسه slope و aspect



نگاره ۸: نمایش شیب، جهت شیب و حرکت زمانمند عامل‌ها در منطقه در نرم‌افزار Netlogo



نگاره ۹: شبیه‌سازی وقوع سیل با روش مدل‌سازی عامل‌مبنا در نرم‌افزار Netlogo در زمان‌های مختلف و نقشه پراکندگی مکانی عامل‌های تجمع رواناب

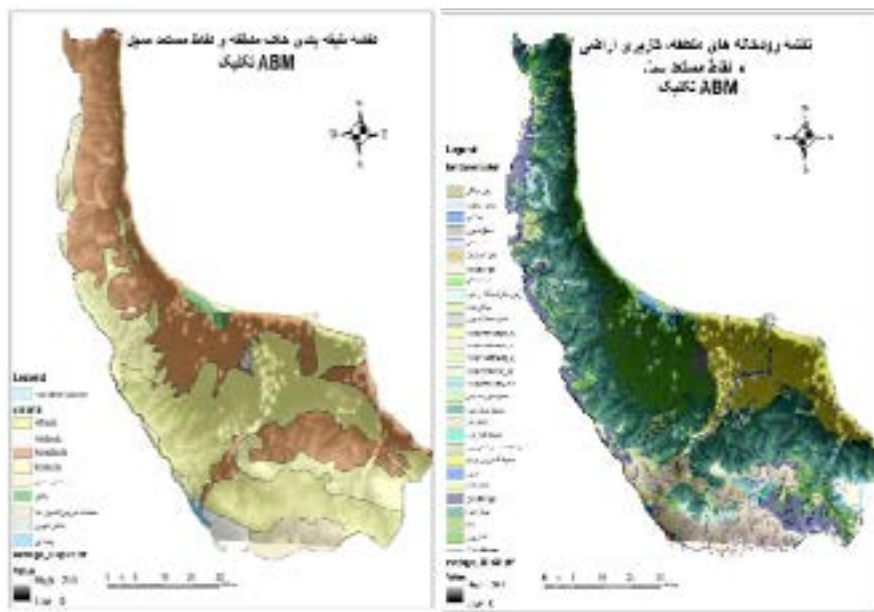
#### ۵- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به خصوصیات فیزیکی استان گیلان همچون شیب تند برخی مناطق، نفوذپذیری کم، پایین بودن زمان تمرکز، به همراه عوامل مؤثر دیگر نظیر قطع بی‌رویه جنگل‌ها، تخریب اراضی مرتعی بر اثر چرای مفرط و... به‌ویژه در سال‌های اخیر باعث شده تا ارتفاع رواناب حوضه در حد بالایی قرار گیرد و هر از چند سالی سیلاب‌های مخرب

و میزان نسبتاً متوسط‌تر عامل‌ها در زمین‌های زراعی و با پوشش خاک نوع Inceptisols می‌باشد. همانطور که گفته شد این عامل‌ها میزان تجمع رواناب حاصل از بارش‌های جوئی را شبیه‌سازی کرده و نتیجه‌ای که گرفته می‌شود این است که مدل‌های شبیه‌سازی شده بارش با استفاده از هوش مصنوعی تقریباً به همان یافته‌های حاصل از تحلیل فازی پارمترهای مؤثر بر وقوع سیل منتج گردید.

## فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( GIS )

راه کارهای بازدارنده برای جلوگیری از سیل به کمک سنجش از دور و ... / ۱۳۳



نگاره ۱۰: نقشه های برهم نهی شده از مدل سازی تجمع رواناب با نقشه های جنس خاک و کاربری اراضی

رودخانه ها و مسیل ها و جنس خاک به عنوان پارامترهای مؤثر (سایر پارامترها همچون لایه های زمین شناسی، نقشه های هواشناسی و غیره نیز در این حوزه مرتبط هستند و می توان در تحقیقات آتی از پارامترهای کامل تری به منظور مقایسه این دو رویکرد استفاده نمود) بر سیلاب استفاده شد. سپس پارامترهای فوق الذکر با توجه به تأثیر بر پدیده سیل، فازی سازی شده و در نهایت به منظور تخمین مناطق تحت خطر سیل با استفاده از تکنیک Fuzzy Overlay Gamma برهم پوشانی داده شده و مناطق هدف مشخص شدند. در روش مدل سازی عامل مینا با به کارگیری لایه DEM و الگوریتم هوش مصنوعی، منطقه مورد مطالعه با شبیه سازی جریان و گذشت مدت زمان، تحت بررسی قرار گرفت و مناطق مستعد خطر سیلاب با توجه به حرکت عامل های شبیه ساز تجمع رواناب در محدوده مکانی خاصی مشخص شدند.

با مقایسه روش های به کار گرفته شده فوق در این تحقیق، مزایا و معایب هر دو روش با توجه به جدول ۱ حائز نکات قابل توجهی می باشند:

به طور کلی، با درصد تقریب نسبتاً خوبی می توان اذعان داشت هر دو روش به نتایج یکسانی منجر شده و در

باعث به وجود آوردن مشکلاتی برای منطقه شده است. در نقاط مرطوب، پوشش گیاهی از فرسایش و جابه جایی های شدید ذرات به خصوص خاک جلوگیری می کند و همین امر اهمیت حفظ پوشش گیاهی را در سطح های شیب دار نشان می دهد.

هدف از تهیه نقشه های خطرپذیری سیل، مشخص کردن محدوده های در معرض خطر سیل است. ساده ترین و کم هزینه ترین نقشه های خطرپذیری سیل، نقشه های پهنه یا گستره سیل هستند که می توانند برای دوره بازگشت های مختلف ارائه شوند. اما پهنه سیل به تنهایی بیانگر میزان خطر سیل و یا آسیب پذیری منطقه در برابر سیلاب نمی باشد. عواملی مانند سرعت جریان، عمق جریان، تمرکز جمعیت در حاشیه رودخانه ها، کاربری اراضی واقع در سیلاب دشت ها، استقرار صنایع در مسیر عبور سیلاب و سازه های زیربنایی مهم در معرض خطر سیل بیانگر میزان خطر و بروز خسارت سیل هستند که باید در مدیریت سیلاب و ارائه راه کارهای کاهش خسارات سیل مد نظر قرار گیرند.

در این تحقیق، خطر سیل در منطقه استان گیلان، با استفاده از دو تکنیک منطق فازی و شبیه سازی عامل مینا انجام شد. در رویکرد منطق فازی، از لایه های مکانی شیب،

جدول ۱: مقایسه عملکرد دو روش چندمعیاره و مدل سازی عامل مبنا

پسچیدگی	سرعت	دقت نهایی	پارامترهای استفاده شده	روش چند معیاره
عملیات متعدد و پیچیده فازی سازی	آماده سازی داده ها و پردازش ها کند	نسبتاً بالا	لایه های شیب، جنس خاک، رودخانه ها	
سفارشی سازی کتابخانه GIS در Netlogo	سرعت نسبتاً بالاتر	تقریباً مناسب	یک لایه DEM	روش مدل سازی عامل مبنا

### منابع و مأخذ

۱- سازمان برنامه و بودجه کشور، راهنمای تهیه نقشه های خطرپذیری سیلاب، ضابطه شماره ۸۲۱

۲- محمودزاده، باکویی؛ حسن، مائده؛ ۱۳۹۷، پهنه بندی سیلاب با استفاده از تحلیل فازی (مطالعه موردی: شهر ساری)، مجله مخاطرات طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۸

۳- مختاری، رحیمی؛ حسین، داریوش؛ ۱۳۹۵، پهنه بندی خطر سیل در مراکز انسانی و اقتصادی استان خراسان جنوبی با استفاده از منطق فازی، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۱ بهار ۱۳۹۵

۴- مصطفی زاده، مهری؛ رئوف، سونیا؛ ۱۳۹۷، روند تغییرات ضریب سیلابی در ایستگاه های هیدرومتری استان اردبیل. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز.

۵- ملاشاهی، امان محمد؛ شکوفه، کلت؛ ۱۳۹۷، تحلیل فراوانی وقوع سیل در استان گیلان، سیزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران و سومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست ۱۰ و ۱۱ مهرماه، دانشگاه محقق اردبیلی

۶- ملایی، داوری، انصاری؛ زینب، کامران، حسین؛ ۱۳۹۸، تهیه نقشه خطر سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی و اطلاعات ژئومورفولوژیک مطالعه موردی: «مخروطه افکنه فریزی» در استان خراسان رضوی، مجله پژوهش آب ایران، بهار ۱۳۹۸

۷- یمانی، عنایتی؛ مجتبی، مریم؛ ۱۳۸۴، ارتباط ویژگی های ژئومورفولوژیک حوضه ها و قابلیت سیل خیزی (تجزیه

شناسایی مناطق مستعد خطر ریسک هر دو روش دارای بازدهی مناسبی می باشند. نکات قابل توجهی در مقایسه این دو روش وجود دارد که این موارد عبارتند از:

- رویکرد منطق فازی و پارامترهای مختلف استفاده شده در این روش، از دقت بالاتر و پرداختن به جزئیات بیشتری برخوردار است و به منظور بررسی همه جانبه پارامترهای مؤثر از این رویکرد به نتایج بهتری می توان دست یافت و در عین حال، نیاز به منابع متعدد اطلاعات و صرف زمان های نسبتاً وقت گیر برای پردازش این اطلاعات از جمله معایب این روش در حین مدیریت بحران می باشد.
- رویکرد مدل سازی عامل مبنا با توجه به برنامه های پیشرفته و توسعه یافته مبتنی بر هوش مصنوعی از توانمندی سرعت بالاتر و امکان به کارگیری ابتکارات بیشتری برخوردار است. این مسأله در خصوص مدیریت بهینه بحران های طبیعی که یکی از المان های اساسی در زمان بحران، سریع ترین و بهترین راه حل در تصمیم سازی بوده، یکی از بهترین امکانات را در اختیار مسئولین قرار می دهد. از طرفی این فناوری، با توجه به پیچیدگی برنامه ها و در حال توسعه بودن آن، از دقت و واقع بینی کمتری نسبت به برنامه های دقیق پردازشی مرسوم برخوردار است. لذا، با توجه به موارد فوق، پیشنهاد می شود، به منظور بهره گیری بهینه از مزایای هردو رویکرد و رفع کاستی های موجود، روش های تلفیقی استفاده همزمان در مدیریت بحران های زیست محیطی و کمک به برنامه ریزان در خصوص تصمیم سازی های زیربنایی به کار گرفته شود.

## فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( )

راه کارهای بازدارنده برای جلوگیری از سیل به کمک سنجش از دور و ... / ۱۲۵

and flood risk management: A compendious literature review, *Journal of Hydrology*, Volume 591, 125600

17- Macal, C.M., North, M.J., 2010. Tutorial on agent-based modelling and simulation. *J of Sim* 4, 151-162. <https://doi.org/10.1057/jos.2010.3>.

18- Mostafazadeh, R., Sadoddin, A., Bahreman, A. et al. 2017, Scenario analysis of flood control structures using a multi-criteria decision-making technique in Northeast Iran. *Nat Hazards* 87, 1827-1846

19- M.Di Matteo, R.Liang, H.R.Maier, M.A.Thyer, A.R.Simpson, G.C.Dandy, B.Ernst, 2019, Controlling rainwater storage as a system: An opportunity to reduce urban flood peaks for rare, long duration storms, *Environmental Modelling & Software*, Volume 111, Pages 34-41

20- Richard J. Dawson, Roger Peppe, Miao Wang, 2011, An agent-based model for risk-based flood incident management, *Natural Hazards* volume 59, pages 167-189

21- Richard Wen, Songnian Li, 2021, A review of the use of geosocial media data in agent-based models for studying urban systems

22- Vatanfada, J. 2009, "Flood management of Iran (country report)", Flood Prevention Committee.

23- Yared Abayneh, Abebe Amineh, Ghorbanigor, Nikolich Zoran, Vojinovicacde, Arlex Sanchez, 2019, A coupled flood-agent-institution modelling (CLAIM) framework for urban flood risk management, *Environmental Modelling & Software*, Volume 111, Pages 483-492

24- Yitea Seneshaw Getahun, Sintayehu Legesse Gebre, 2015, Flood Hazard Assessment and Mapping of Flood Inundation Area of the Awash River Basin in Ethiopia using GIS and HEC-GeoRAS/HEC-RAS Model. *Civil and Environmental Engineering*

25- <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs>

و تحلیل داده‌های سیل از طریق مقایسه ژئومرفولوژیک حوضه‌های فشد و بهجت‌آباد، پژوهش‌های جغرافیایی - شماره ۵۴، زمستان ۱۳۸۴

8- Andrew T. Crooks and Christian J.E. Castle, 2012, the Integration of Agent-Based Modelling and Geographical Information for Geospatial Simulation

9- Binh Thai Pham, Chinh Luu, Tran Van Phong, Huu Duy Nguyen, Hiep Van Le, Thai Quoc Tran, Huong Thu Ta, Indra Prakash, Flood risk assessment using hybrid artificial intelligence models integrated with multi-criteria decision analysis in Quang Nam Province, Vietnam, *Journal of Hydrology*, Volume 592, 2021

10- Büchele, B, et al. 2006, 'Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of Extreme events and associated risks', *Natural Hazards and Earth System Science*, vol. 6, No. 4

11- Dilley, M, Chen, RS, Deichmann, U, 2005, Natural disaster hotspots: a global risk analysis, the World Bank, Hazard Management Unit, Washington, DC.

12- Dubbelboer, J., Nikolic, I., Jenkins, K., Hall, J., 2017. An agent-based model of flood risk and insurance. *JASSS* 20, 6.

13- Fengyuan Zhang, MinChena, Daniel P. Ames, Chaoran Shen, Songshan Yue, Yongning Wen, Guonian Lü, 2019, Design and development of a service-oriented wrapper system for sharing and reusing distributed geoanalysis models on the web, *Environmental Modelling & Software*

14- Flávio E.A.; Horita, A. Lívia C. Degrossi, S. Eduardo M, Mendiondo, J. 2015. Development of a spatial decision support system for flood risk management in Brazil that combines volunteered geographic information with wireless sensor networks. *Computers & Geosciences*, 80: 84-94

15- Krzysztof Janowicz, Song Gao, Grant McKenzie, Yingjie Hu, & Budhendra Bhaduri, 2020, GeoAI: spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond, *International Journal of Geographical Information Science*, Volume 34,

16- Lu Zhuo, Dawei Han, 2020, Agent-based modelling

