پریا پورمحمد

دانشجوی کارشناسی ارشد، علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

Paria.pormohamad7@ut.ac.ir

استفاده از روش‌های هوشمند در مدیریت سیلاب

چکیده

ایران یکی از کشورهایی است که در معرض سوانح طبیعی بسیاری قرار دارد که سیل یکی از جدی‌ترین آن هاست. چگونگی پایش و کنترل سوانح، ارزیابی خسارت و امدادرسانی از مهم‌ترین مشکلات دولت و کارشناسان مدیریت بحران محسوب می‌شوند. در صورت نظارت مستمر قبل از وقوع، ارزیابی دقیق در حین و بعد از وقوع سانحه، می‌توان از دامنه خسارات و هدررفت منابع انسانی و مادی جلوگیری کرد. امروزه با توجه به اثرات مخرب سیلاب‌ها بر جوامع بشری، در حالی روش‌های ساختاری حفاظت در مقابل سیلاب، مانند سیل بندها و دیگر روش‌های مدیریت و کنترل سیلاب می‌توانند مؤثر باشند، که ظرفیت طراحی این سازه‌ها زیاد باشد. اما وقتی که این سازه‌ها دچار گسیختگی و شکستگی می‌شوند، همواره یک ریسک باقیمانده وجود دارد. در بسیاری از موارد، این چنین سازه‌هایی ممکن است به دلایل محیطی، نامناسب باشند یا ساخت آن‌ها غیرممکن باشد؛ در نتیجه روش‌های غیرسازه‌ای مورد توجه قرار می‌گیرد. بر این اساس هشدار سیلاب برای مدیریت ریسک باقیمانده ضروری است. این سیستم‌های هشدار به صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری یا به تفکیک اقدامات مهندسی یا مدیریتی در مراحل مختلف قابل طبقه‌بندی است. در واقع این تجهیزات کمک می‌کنند تا وضعیت زیرساخت‌های حمل‌ونقل تحت نظر باشد تا پیش از وقوع سانحه از بروز مشکلات جلوگیری کرد. کاربرد دیگر این فناوری‌ها، اطلاع‌رسانی صحیح به کاربران و جلوگیری از وقوع ترافیک است.

کلمات کلیدی:

شبکه‌های حسگر بی‌سیم، هوش مصنوعی، سیستم‌های هشدار سیل، مدیریت بحران.

مقدمه

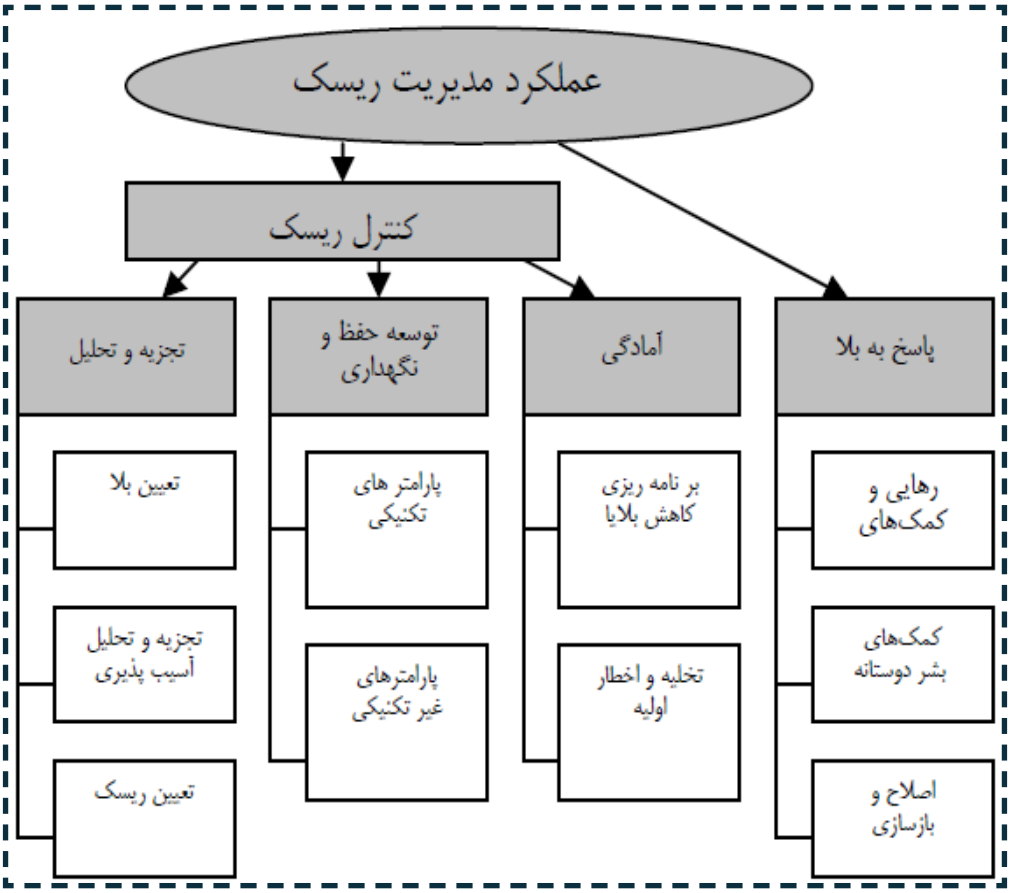
رشد جمعیت، توسعه شهرنشینی و تغییر کاربری اراضی در دهه‌های اخیر موجب شده تا سیلاب به عنوان یکی از مخرب‌ترین بلایای طبیعی در جهان شناخته شود. از این رو شناخت پدیده سیلاب و روش‌های مقابله با آن و همچنین اثرات ناشی از آن، از مهم‌ترین مسائلی است که برنامه‌ریزان مدیریت بحران و سیاست‌گذاران مناطق شهری و روستایی باید به آن توجه کنند. در گذشته از روش‌های مقابله با سیلاب با رویکرد سازه‌ای مانند ساخت سیل بندها، آبشکن‌ها و دیواره‌سازی کناره‌های رودخانه به عنوان روش‌های کنترل سیل استفاده می‌شد. اما در سال‌های اخیر رویکرد غیرسازه‌ای کنترل و مدیریت سیلاب به عنوان روش بهینه مطرح شده است.

از آنجایی‌که سیل با گذشت زمان شکل می‌گیرد، بازرسی و پایش مداوم مسیل‌ها قبل از وقوع سیل می‌تواند به برنامه‌ریزی صحیح برای پیشگیری و کاهش خطرات آن کمک کند. در این راستا، تصاویر ماهواره‌ای منابع مفیدی از اطلاعات را در اختیار ما 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.

مدیریت ریسک سیلاب

در یک نگاه، مدیریت ریسک سیلاب شامل فرایندی است از مدیریت یک مکان که ریسک سیلاب در آن وجود دارد. اما در نگاه ژرف‌تر، شامل برنامه‌ریزی و ایجاد یک سیستم می‌باشد، که هریک از اجزای آن درصدد کاهش ریسک سیلاب می‌باشند. این دو بعد از مدیریت ریسک سیلاب جداگانه مورد توجه است. فرایند و مراحل عملکرد مدیریت خطر سیلاب در شکل (۱) نشان داده شده است.

همان‌گونه که در شکل (۱) مشاهده می‌گردد، تخلیه و هشدار اولیه به‌عنوان زیر مجموعه‌ای از قسمت آمادگی می‌باشد. بنابراین سومین قسمت از یک فرایند مدیریتی شامل مرحله آمادگی است، که هدفش ارائه سیستم تقویت‌کننده تصمیمات ضروری برای حالتی است که سیستم مراقبت از سیلاب موجود ناتوان است. این نکته را باید به خاطر سپرد که، همیشه یک ریسک باقیمانده وجود دارد. حتی اگر یک سیستم همیشه همان‌طور که باید کار کند، باز هم نمی‌توان مطمئن بود که در مقابل هر سیل احتمالی مقاوم باشد، سیستم‌های تکنیکی موجود و وقوع سیل‌های نادری که شدت آن‌ها بسیار زیاد است، می‌تواند تاثیرات مخربی داشته باشد.



شکل ۱) مراحل عملکرد مدیریت ریسک، اقتباس از **Eikenberj**

سیستم هشدار سیلاب

هشدار سیلاب، اعلام نتیجه بررسی منطقه و پیش‌بینی سیل، به عموم مردم و مسئولان جامعه است. سیستم‌های هشدار سیلاب، سیستم‌هایی هستند که به منظور آگاه کردن مردم پیش از وقوع سیلاب محتمل، (احتمال وقوع سیلاب را هشدار می‌دهند) برای نجات جان و مال آن‌ها طراحی می‌شوند. سیستم‌های هشدار سیلاب سبب می‌شود که کاربران انتهایی پیش‌بینی‌ها، هشدارهای مناسب را، به‌موقع دریافت نموده تا بتوانند اقدام موثری برای نجات زندگی و کاهش خسارات به دارایی‌های خود انجام دهند.

روش‌های پیش‌بینی سیل

به طور کلی سه روش پیش‌بینی سیل وجود دارد:

الف) روشی که بر پایه‌ی هواشناسی استوار است و عبارت است از پیش‌بینی بارندگی سنگین در مناطق سیل‌خیز، پیش‌بینی‌های هواشناسی مبتنی بر شناخت دقیق اقلیم منطقه، تجزیه و تحلیل نقشه‌های هواشناسی، تفسیر عکس‌های ماهواره‌ای، پایش سیستم‌های جوی و به‌ویژه استفاده از تجارب کارشناسان ورزیده در سازمان‌های هواشناسی است. پیش‌بینی‌ها در زمینه‌ی مسائل جوی به شرح زیر است:

۱. پیش‌بینی‌های بلند مدت: هر ماه یکبار با اعتبار حداکثر تا ۵ ماه (پیش‌بینی فصلی).

۲. پیش‌بینی‌های میان مدت: که تا ۵ روز انجام می‌شود. اما پیش‌بینی‌های کوتاه مدت، تا ۲ روز می‌باشد که شامل، بارندگی‌های شدید و احتمال جاری‌شدن سیل و طوفان‌های شدید و پیشروی آب دریا می‌باشد.

۳. پیش‌بینی‌های کوتاه مدت: در این مقیاس، پیش‌بینی‌ها ۱۲ ساعته می‌باشد. به نحوی که، شامل اخطاریه کولاک برف، رعد و برق، آتش‌سوزی و مشخص نمودن مسیر حرکت ملخ‌ها می‌باشد.

۴. پیش‌بینی کشاورزی: برای هر سه روز یکبار و پیش‌بینی دریایی (۴ نوبت در شبانه روز) می‌باشد.

بنابراین برای پیش‌بینی سیل نیاز به پیش‌بینی بارندگی در منطقه‌ای به وسعت صدها کیلومتر است که این خود توسط مراکز پیش‌بینی هواشناسی امکان‌پذیر می‌باشد. در مرکز پیش‌بینی نقشه‌های استاندارد سطوح فوقانی، سطح زمین و سطوح ترکیبی ترسیم می‌گردند. برای پیش‌بینی هواشناسی سیل، شرایط سینوپتیکی، دینامیکی، اقلیمی، فیزیکی، زمانی و مکانی مساعد، وجود سرعت قائم و رطوبت کافی. لازم به ذکر است که آب قابل ریزش در هر منطقه نیز قابل دریافت می‌شود.

ب) روشی که پایه‌ی آب‌شناسی دارد و عبارت است از مشاهده‌ی بارندگی و یا بالا آمدن آب رودخانه و همچنین مطلع ساختن از افزایش آب رودخانه‌ها که منجر به سیل می‌گردد.

ج) ترکیبی از دو روش آب‌شناسی و هواشناسی است، این روش عموماً بیشتر مورد استفاده است و کارایی بیشتری را دارا می‌باشد. مزیت آن علاوه بر زمان اعلام خطر، پیش‌بینی بارندگی و به‌ویژه پیش‌بینی سیل بر پایه‌ی پیش آگاهی و مشاهدات بارندگی است که معمولاً به دیده‌بانی و بالا آمدن رودخانه بستگی دارد (روشن: ۱۳۸۵).

هدف سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب

هدف از هشدار، توانمندسازی افراد و جوامع در معرض مخاطرات است، تا زمان کافی برای اقدام و عکس‌العمل مناسب برای کاهش جراحات فردی، تلفات جانی، مالی و آسیب به محیط داشته باشند.

انجام عکس‌العمل‌های مناسب توسط مردم و سازمان‌های مسئول در طی مدت سیل، هدف هر سیستم هشدار سیلاب است. هشدارهای مؤثر شانس سازمان‌ها برای تحقق بخشیدن به نقش‌ها و وظایفشان در طول مدت حادثه را به حداکثر می‌رساند. سازمان‌ها وظایف زیادی دارند که بیشتر این وظایف فقط در صورتی به درستی انجام می‌شوند که زمان کافی برای هشدار وجود داشته باشد.

اجزای یک سیستم هشدار سیلاب

۱) پیشگویی: کشف تغییرات محیطی که به سیل منجر می‌شود، پایش تراز رودخانه و پیش‌بینی تراز رودخانه در طول مدت سیلاب.

۲) تفسیر: تشخیص پیشرفت اثرات ترازهای سیل پیش‌بینی شده برای جوامع در معرض خطر.

۳) ساخت پیام: طرح و تعیین محتوای پیامی که مردم را از سیل قریب الوقوع آگاه کند.

۴) اعلام پیام به عموم افراد جامعه: پخش و انتشار اطلاعات هشدار به مردم و سازمان‌هایی که احتمال دارد تحت تأثیر سیل قرار بگیرند.

۵) پاسخگویی: انجام اقدامات مناسب و به موقع توسط جامعه در معرض خطر و سازمان‌های مسئول.

۶) بازنگری و تجدید نظر: آزمایش‌کردن جنبه‌های مختلف سیستم از منظری که اجرایش را بهبود بخشد.

به طور کلی سیستم‌های هشدار سیلاب به دو دسته تقسیم می‌شوند:

یکی سیستم هشدار سیلابی که توسط افراد جامعه اجرا می‌شوند و دیگری سیستم هشدار سیلاب اتوماتیک (به هنگام) می‌باشد.

الف) اجزای سیستم هشدار سیلاب مردمی

مشاهده‌کننده‌ها: افرادی که تراز سطح آب و بارندگی را از روی ابزار اندازه‌گیری می‌خوانند.

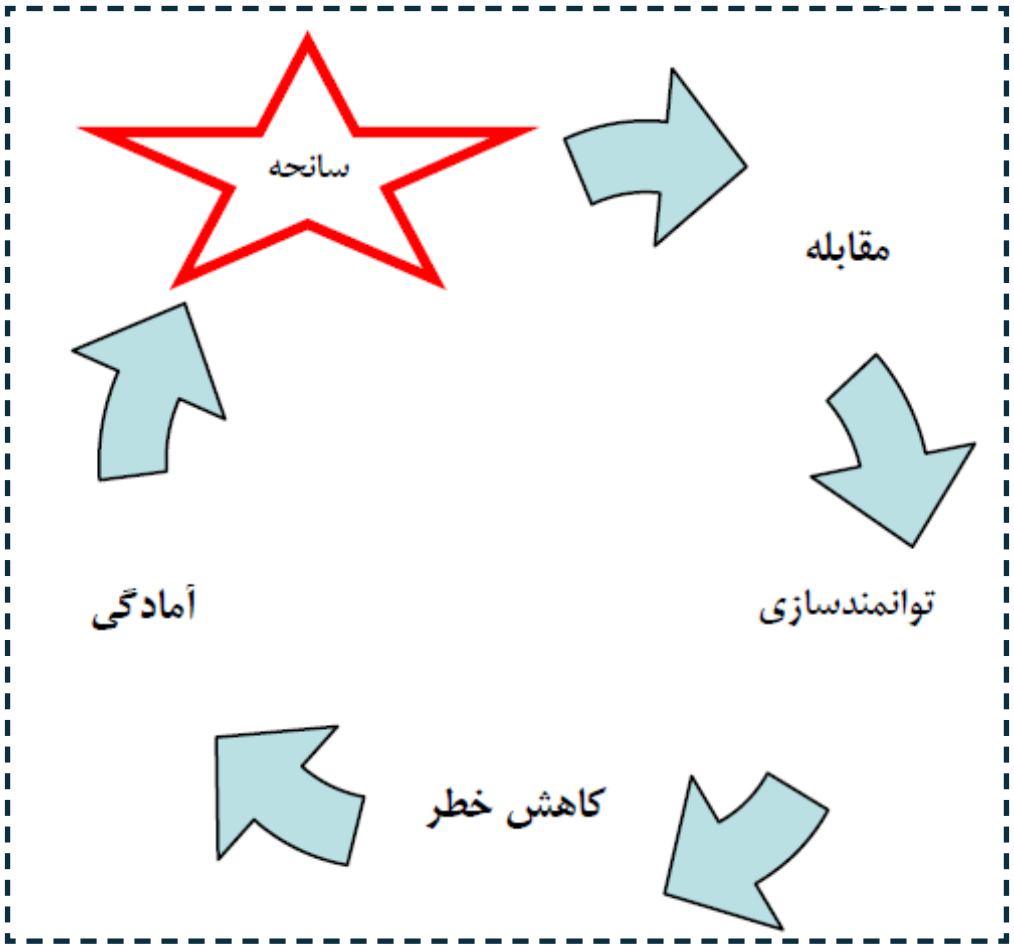
شبکه ارتباطی: اعلام اطلاعات به تیم پاسخگو و سازمان‌های بحران به هنگام رسیدن سیل به سطح بحرانی.

بخش تصمیم‌گیری: تصمیم گرفته می‌شود که آیا بر اساس مشاهدات تراز سطح آب و بارش، تخلیه منطقه انجام شود یا نه؟

پاسخگویی: جامعه دارایی‌های با ارزش را در آستانه خطر، بسته‌بندی و در سطح بحران به سر پناه اضطراری منتقل کند.

ب) سیستم هشدار سیلاب اتوماتیک (به هنگام) چگونه کار می‌کند؟

این سیستم اصولا شامل یک سری ایستگاه‌های اندازه‌گیری تراز سطح آب و بارندگی می‌باشد که روی نقاط کلیدی حوضه یا زیرحوضه‌اش ایجاد شده‌است. هر سیستم اطلاعاتش را به صورت همزمان، به ایستگاه‌هایی که به ایستگاه اصلی مرتبط هستند می‌فرستد، در ایستگاه اصلی داده‌های تمام حوضه‌ها دریافت و پردازش می‌شوند. وقتی که احتمال وقوع سیل وجود دارد، هشدار سیلاب توسط سازمان توسعه و مدیریت بحران صادر می‌شود و اقدامات خاصی برای کاهش خسارت و نجات زندگی و جان افراد انجام می‌شود.



شکل ۲) موقعیت سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل در مدیریت

شبکه‌های حسگر بی‌سیم و تشخیص سیل

در بسیاری از موارد سیل‌ها توسط اعمال خارجی به وجود می‌آیند، بنابراین پیش‌بینی این اعمال و دانستن نواحی مناطق سیل‌آسا باعث به حداقل رساندن خسارت و بحران‌ها خواهد شد. از سوی دیگر، با تبدیل آب به یک منبع کمیاب، حوادث سیل سنگین، فرصت مناسب برای منحرف کردن آب برای یک استفاده‌ی سازنده‌تر در زمان بارش سنگین را فراهم نمی‌کنند. اما می‌توان با برنامه‌ریزی دقیق تا حدی این جریان را کنترل نمود.

در شکل زیر نمونه‌ای از حسگرهای تعبیه شده به جهت تشخیص و هشدار سیل مشاهده می‌گردد. شبکه‌های حسگر بی‌سیم‌ها، جایگزین مقرون به صرفه و مقیاس‌پذیری برای تشخیص نشانه‌های اولیه‌ی سیل، پیش‌بینی سیل‌ها و نظارت بر مناطق سیل‌آسا هستند. حسگرها می‌توانند در امتداد رودخانه، برای اندازه و یا ارسال سطح آب و تولید هشدار بی‌سیم توسط اطلاعاتی که از طریق اینترنت به دست می‌آید، مورد استفاده قرار بگیرند.

این شبکه همچنین می‌تواند برای نظارت بر شرایط آب‌وهوا و بارش باران، ساده‌تر و دقیق‌تر ساختن پیش‌بینی وقوع سیل‌ها و تشخیص خطوطی که امکان جاری‌شدن سیل در مناطق نزدیک به ساحل و رودخانه را دارد، مورد استفاده قرار گیرد.

مراکز نظارت شهرهای هوشمند و پاسخ به خطرات سیل شهرها می‌توانند از تکنولوژی‌های حسگر برای شناسایی مناطقی که خطرات وقوع سیل در آنجا بیشتر است، استفاده کند. این مسئله می‌تواند قبل از جاری‌شدن سیل و از طریق اندازه‌گیری جذب آب، دوره‌های بارش را در امتداد مناطق ساحلی انجام پذیرد. این اطلاعات می‌تواند به شهرها برای توسعه اولویت‌بندی طرح‌های زهکشی سیستم پایدار مناطق در معرض خطر کمک کند. در زمان بارش سنگین، حسگرها می‌توانند در مناطقی که شناخته شده‌است و مستعد جاری‌شدن سیل هستند، حضور داشته باشند، همچنین می‌توانند برای به حداقل رساندن اثرات سیل به طور خودکار، نظارت داشته باشند.

این مسائل می‌تواند شامل هشدار به صورت خودکار در قسمت زهکشی‌ها باشد، یعنی یک قسمت از زهکشی پس از بالا آمدن آب به طور خودکار بسته شود یا می‌توانند سیستم‌های هشدار دهنده زود هنگام برای تخلیه شهروندان در مناطق مورد تهدید برای برنامه‌ریزی به موقع داشته باشند. با پیش‌بینی و مدیریت خطرات سیل با استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم، می‌توانیم به موارد زیر دست پیدا کنیم که بسیار حائز اهمیت هستند.

۱. اجتناب از زیان‌های اقتصادی شهری
۲. جلوگیری از مرگ قابل اجتناب و جراحت
۳. جلوگیری از غم و اندوه روانی
۴. حفاظت از فعالیت‌های اقتصادی
۵. حفاظت از مسیر حمل‌ونقل و مالکیت خصوصی و تجاری
۶. کاهش شدت اثرات سیل بر روی محصولات کشاورزی
۷. کاهش خسارات محیط‌زیستی تولید شده توسط تاسیسات
۸. نگه داشت مقادیر زیادی از مواد شیمیایی سمی هولناک
۹. منحرف‌کردن آب اضافی با استفاده از پیش‌بینی به موقع
۱۰. شبیه‌سازی با استفاده از هوش مصنوعی در تعیین مناطق سیل‌خیز

مدل‌سازی، امکان مشاهده و بررسی یک وضعیت یا شرایط را با پیش‌فرض‌های کمتر فراهم کرده‌است، زیرا می‌تواند پویایی اساسی یک موقعیت را بررسی کند. همچنین مدل‌سازی عامل مبنا روش جدیدی را با انجام آزمایش‌های مبتنی بر رایانه برای حصول علم، ارائه می‌دهد. به منظور شبیه‌سازی حوضه های آبخیز و مناطق تحت ریسک سیل می‌توان از روش مدل‌سازی هیدرولیکی استفاده نمود. مدل‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی به‌منظور 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 همکاران، ۱۳۹۸)، برای پیاده‌سازی مدل‌های عامل مبنا، ابزارهای متعددی طراحی شده‌اند که یکی از پرکاربردترین آن‌ها Netlogo می‌باشد. از افزونه GIS در NetLogo می‌توان برای پیاده‌سازی مدل‌های عامل محور به‌منظور بررسی پدیده سیلاب برپایه به کارگیری مدل رقومی ارتفاعی منطقه استفاده نمود. در این مدل، جریان قطرات باران در سرازیری روی سطح زمین شبیه‌سازی می‌شود.

شکل ۳) شبکه حسگر بی‌سیم

نتیجه‌گیری

کشور ایران به دلیل دارا بودن کوهستان‌های البرز و زاگرس، ناحیه مناسبی برای تشدید و گسترش سیل هم به دلیل اثرات کوهستان در انتقال و صعود توده هوای مرطوب و هم به دلیل افزایش شیب و تشکیل رواناب می‌باشد. پس این پتانسیل سیل‌خیزی شدید در کشور، ایجاب می‌نماید تا در ابتدا توسط سازمان‌ها و ارگان‌های مربوطه نظیر هلال احمر، جهاد و سازمان مدیریت بحران که به عنوان زیر مجموعه‌ای از وزارت کشور است و دیگر سازمان‌های مرتبط، آموزش‌های لازم در خصوص نحوه مقابله (سازه‌ای و غیرسازه‌ای) با سیلاب‌ها برای عموم مردم جامعه داده شود و در ادامه حوضه‌های مستعد برای سیل‌خیزی شناسایی و نقشه‌های پهنه‌بندی سیل برای حوضه‌ها تهیه گردد.

بعلاوه تلاش شود تا اکثر حوضه‌های کشور به سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیلاب مجهز شوند. در ادامه نیاز است، تا دو سازمان هواشناسی و وزارت نیرو همکاری‌های خود را در مبادله اطلاعات و آموزش‌های مرتبط با سیل (شامل؛ جمع‌آوری داده‌های هیدرولوژیکی، طراحی سیستم هشدار سیلاب به هنگام، افزایش آگاهی جامعه، آموزش تیم‌های نجات سیل، بررسی رابطه بین رواناب و بارندگی، تعیین آستانه خطر و سطوح سیل بحرانی) بیشتر و نزدیک‌تر نمایند، تا بتوانند به‌موقع سیلاب‌ها را شناسایی و از خسارات ناشی از آن بکاهند. همین طور در آینده با توسعه روش استفاده از شبکه حسگر بی‌سیم این امکان فراهم خواهد شد که ضمن برآورد خسارت برای سیلاب‌های پیش‌بینی شده، برای نواحی شهری، کشاورزی و روستایی نیز امکان برآورد خسارت این گونه سیلاب‌ها فراهم شود. همچنین یکی دیگر از مزیت‌های این روش کاربرد آن در زمینه پدافند غیرعامل است که در آن تشخیص وقوع سیل به سرعت انجام می‌گیرد و بالطبع خدمات امدادرسانی نیز به موقع انجام می‌شود و از بروز تلفات جانی جلوگیری به عمل می‌آید.

منابع

1. **Alterman, Rachelle(2002), “planning in the face of crisis”, Routledge, London.**
2. **Andrew T. Crooks and Christian J.E. Castle,2012, the Integration of Agent-Based Modelling and Geographical Information for Geospatial Simulation.**
3. **Dubbelboer, J., Nikolic, I., Jenkins, K., Hall, J., 2017. An agent-based model of flood risk and insurance. JASSS 20, 6**
4. **Dehghan Harati, M., Shabani, M., Sobhanfar, N., 2013. Using wireless sensor networks for flood detection in smart cities. The 4th Iranian Electrical and Electronic Engineering Conference.**
5. **Erich J. Plate, 2002, Flood risk and flood management, Journal of hydrology.**
6. **Mohammadi, H., Maghsoudi, M., Roshan, Gh., 2007. The position and role of flood forecasting and warning systems in reducing the destructive effects of floods. Geographical Perspective Quarterly. No.7.**
7. **Rezaei, Z., Vahidnia, M,.2022. Preventive solutions to prevent floods with the help of remote sensing and integrated approaches of fuzzy logic and base factor modeling. Scientific - Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR) Vo.31,No.121, Spring 2022.**
8. **Wilke, K., 1998, In: Casale, R., Petrolit, G. B., Samuels, P. (EDs), Forecast Systems for Large Rivers – the Rhine River Catchment, Proceeding of the First European Expert Meeting on River Basin Modelling (RIBAMOD), European Commission, pp. 105- 126.**
9. **Yawut.Ch, Kilaso. S., “A Wireless Sensor Network for Weather and Disaster Alarm Systems”, InternationalConference on Information and Electronics Engineering, IACSIT Press, Singapore, 2011.**