Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.11, Issue 33, Autumn 2022

Flood prevention solutions using remote sensing and agent-based modeling (Case study: Shoush city)

Mojde Minaei[1], Mohammad Hassan Vahidnia[2*]

1. PhD Student, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. *Corresponding Author*, Assistant Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 31 May 2021
Revised: 17 February 2022
Accepted: 12 March 2022

Keywords:
Flood, Agent-Based Modeling, Simulation, Shoush, Netlogo, GIS, ArcGIS.

ABSTRACT

Among all the natural hazards in the country, according to recorded statistics and observations, floods have been the most destructive, and it has the highest frequency of occurrence. Floods are one of the known natural disasters that cause a lot of financial and human losses. This phenomenon can be controlled by identifying flood-prone areas and proper management. In the current era, due to human encroachment on rivers and land-use change or destruction of vegetation, flood damage has increased. These factors cause, in addition to increasing human and financial losses, damages such as soil erosion upstream and sedimentation downstream. In this research, using agent-based modeling in the NetLogo simulation environment, flood-prone areas in Shush city have been identified. The most important input was topography (digital elevation model) and then dynamic and temporal simulation was done by performing tessellation on the area and considering the rainfall in each cell as an agent. Using spatial analysis in ArcGIS software and comparing the simulation results with the location of the city and land use maps of the region, the possible causes of floods in this region have been investigated. Agent-based models with the incorporation of geospatial information systems (GIS) can be used as a new solution to solve spatial problems such as natural crises, destructive environmental impacts, and so on. Finally, preventive measures to prevent floods in this area are proposed.

Cite this article: Minaei, M., & Vahidnia, M. H. (2022). Flood prevention solutions using remote sensing and agent-based modeling (Case study: Shoush city). Journal of Natural Environmental Hazards, 11(33), 197-216.
DOI: 10.22111/jneh.2022.38718.1812

© Mohammad Hassan Vahidnia
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2022.38718.1812

* Corresponding Author Email: mhvahidnia@srbiau.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره یازدهم، شماره ۳۳، پاییز ۱۴۰۱

راهکارهای بازدارنده برای جلوگیری از سیل به کمک سنجش‌ازدور و مدل‌سازی عامل مبنا (مطالعه موردی: شهرستان شوش)

مژده مینائی[۱]، محمدحسن وحیدنیا[۲*]

۱. دانشجوی دکتری، گروه سنجش‌ازدور و GIS، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه سنجش‌ازدور و GIS، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۰

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

واژه‌های کلیدی:
سیل، سیلاب، مدل‌های عامل مبنا، شبیه‌سازی، شوش، Netlogo، GIS، ArcGIS.

چکیده

در میان همه مخاطرات طبیعی در کشور، باتوجه به آمارهای ثبت‌شده و مشاهدات، سیل از مخرب‌ترین آن‌ها بوده و بیشترین فراوانی وقوع را نیز دارا می‌باشد. سیلاب ازجمله بلایای طبیعی شناخته‌شده می‌باشد که خسارت مالی و جانی فراوانی به همراه دارد. این پدیده با کمک شناسایی مناطق سیل‌خیز و مدیریت مناسب قابل‌کنترل می‌باشد. امروزه به‌دلیل تجاوز انسان‌ها به حریم رودخانه‌ها و نیز تغییر کاربری‌های زمین و یا تخریب پوشش‌های گیاهی، خسارت‌های ناشی از وقوع سیل افزایش یافته است. این عوامل سبب می‌شوند تا علاوه بر افزایش خسارت‌های جانی و مالی، خسارت‌هایی نظیر فرسایش خاک در بالادست و رسوب‌گذاری در پایین‌دست نیز به‌وجود آیند. در این پژوهش با استفاده از مدل‌سازی عامل مبنا در محیط شبیه‌سازی NetLogo مناطق مستعد سیل در شهرستان شوش شناسایی شد. مهم‌ترین ورودی به مدل توپوگرافی (مدل رقومی ارتفاعی) بوده و سپس با انجام رستر‌سازی بر روی منطقه و درنظرگرفتن بارندگی در هر سلول به‌عنوان یک عامل، شبیه‌سازی پویا و زمانمند انجام پذیرفت. سرانجام با استفاده از تحلیل‌های مکانی در نرم‌افزار ArcGIS و مقایسه نتایج شبیه‌سازی با موقعیت شهرستان و نقشه‌های کاربری اراضی منطقه، علت‌های احتمالی وقوع سیل در این منطقه موردبررسی قرار گرفت. مدل‌های عامل مبنا با استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) می‌توانند به‌عنوان راهکاری نوین برای حل مسائل مکانی مانند بحران‌های طبیعی، اثرات مخرب زیست‌محیطی و غیره باشند. در نهایت راهکارهای بازدارنده برای جلوگیری از وقوع سیلاب در این منطقه مطرح می‌شود.

استناد: مینایی، مژده، وحیدنیا، محمد حسن. (۱۴۰۱). راهکارهای بازدارنده برای جلوگیری از سیل به کمک سنجش‌ازدور و مدل‌سازی عامل مبنا (مطالعه موردی: شهرستان شوش). مخاطرات محیط طبیعی، ۱۱(۳۳)، ۲۱۶-۱۹۷. DOI: 10.22111/jneh.2022.38718.1812

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© مژده مینائی، محمدحسن وحیدنیا*.

*- محمدحسن وحیدنیا (نویسنده مسئول)
Email: mhvahidnia@srbiau.ac.ir

مقدمه

امروزه شدت افزایش مشکلات هیدرولوژیکی مشاهده‌شده در سراسر جهان به‌دلیل تغییر در شرایط محیطی در حال افزایش است و تهدیدهای عمده‌ای برای زندگی انسان‌ها و توسعه اقتصادی به شمار می‌رود (نوجی و همکاران، ۲۰۰۵). علاوه بر این، تعداد جوامعی که تحت تأثیر تغییرهای آب‌وهوایی و بلایای مربوط به آن قرار گرفته‌اند در حال افزایش است، به‌ویژه در کشورهای با درآمد کم و متوسط که جمعیتی در حال افزایش و رشد شهرنشینی سریع و صنعتی‌شدن را دارند.

به‌طورکلی در سطح جهان افزایش پدیده‌های مرتبط با آب‌وهوا مانند گرم‌شدن کره زمین، باعث توزیع خطر طغیان رودخانه‌ها می‌شود (آلفیری و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین بلایای مربوط به آب در سطح کلی افزایش یافته و نگرانی‌های جدی را ایجاد می‌کند. بدون تردید سیل فاجعه‌بارترین حادثه طبیعی است. شاید در نگاه نخست ابعاد حوادثی از قبیل زلزله یا آتش‌فشان وسیع‌تر از حوادث طبیعی دیگر به نظر آید؛ ولی آمارها حاکی از آن است که سیل چه ازنظر تلفات جانی و چه ازنظر تلفات مالی مقام اول را در میان حوادث دیگر داراست (آذری و همکاران، ۲۰۰۹). پدیده سیل محدود به یک کشور یا کشورهای خاصی نمی‌باشد و غالباً تفاوتی بین گروه افراد متأثر از آن وجود ندارد، به همین دلیل در دهه‌های گذشته نیاز به ابزارهای پیش‌بینی جریان کارآمد و دقیق رودخانه با سرعت بیشتری رشد کرده است (ناسا، ۲۰۱۳).

جلوگیری از خطرات ناشی از سیل، ساماندهی و مدیریت سیل در رودخانه‌ها و بهسازی رودخانه‌ها نیازمند تشخیص و تعیین پهنه‌های سیل‌خیز است (سبزوار و همکاران، ۱۳۸۵). باتوجه به ضرورت و کاربرد روش‌های نوین و مؤثر مدیریت سیلاب در کشور، دستیابی به روش‌های شبیه‌سازی امری لازم به‌نظر می‌آید. به‌طور سنتی، مشکلات سیل با استفاده از ابزار مدل‌سازی بارش رواناب که در سه دسته اصلی طبقه‌بندی می‌شود قابل‌حل می‌باشد. این سه دسته شامل مدل‌های تجربی، مدل‌های مفهومی و مدل‌های فرآیند فیزیکی می‌باشند. تعداد سیلاب‌های فاجعه باری که امروزه در سراسر جهان اتفاق می‌افتد به تغییرهای آب‌وهوایی نسبت داده می‌شود که این امر نیاز به توسعه سیستم‌های حفاظت از سیل قوی‌تر و هوشمند را برای افزایش پیش‌بینی عملیاتی سیل افزایش می‌دهد (سیموندز و همکاران، ۲۰۲۰). باتوجه به‌اینکه جهانی که در آن زندگی می‌کنیم به‌تدریج در حال پیشرفت و پیچیده‌ترشدن است، نیاز است فرآیندهای هیدرولوژیکی به موازات تغییرهای آب‌وهوای جهانی پیشرفته‌تر شوند. نیاز به توسعه، بررسی و ساخت مدل‌هایی با پیچیدگی بالاتر در ارتباط با فعل و انفعالات آن‌ها با افزایش پیچیدگی‌های سیستم هیدرولوژیکی وجود دارد.

استفاده از مدل‌سازی عامل مبنا[1] برای مقابله با چالش‌های خطر مربوط به سیل در سال‌های اخیر بسیار موردتوجه محققان واقع شده است. سیستم‌های چندعاملی به‌عنوان یک نیاز فزاینده برای حل مشکلات هیدرولوژیک مبتنی بر طغیان در مدل‌سازی و پیش‌بینی هیدرولوژیک به شمار می‌آید که برای امکان تصمیم‌گیری در مورد هشدار و پیش‌بینی سیل با استفاده از همه‌ی پیشرفت‌های اخیر در تئوری فناوری عامل برای مقابله با تغییرها در سیستم‌های هیدرولوژیکی مزایای قابل‌توجهی دارد (موسوی و همکاران، ۲۰۱۸). مدل‌سازی عامل مبنا را می‌توان به‌عنوان یک

[1] Agent Based Modeling (ABM)

روش جدید برای شبیه‌سازی حوزه‌های پیچیده متشکل از همکاری عوامل مستقل تعریف کرد که می‌توانند در مکان و زمان وجود داشته باشند. ABMها شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای برای مدل‌سازی رفتارها و همکاری‌های بین عوامل هستند که در ارزیابی همکاری خود در یک سیستم، نوعی رفتار مستقل از خود نشان می‌دهند. علاوه بر این، ویژگی‌های سایر الگوها و طرح‌های شبیه‌سازی محاسباتی را ادغام می‌کنند.

در این پژوهش از مدل عامل‌مبنا با هدف کشف مناطق بحرانی و مستعد سیل به‌صورت پویا استفاده شده است. آنچه به‌طورمعمول با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و GIS انجام می‌شود، تلفیق داده‌های معیار با وزن‌دهی آن‌ها و روش‌های تصمیم‌گیری می‌باشد. اما آنچه کمتر موردتوجه قرار می‌گیرد ماهیت پویای جریان آب و سیل به‌صورت عامل مبنا می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از هم‌پوشانی مناطق مستعد سیل به‌دست‌آمده با لایه کاربری زمین بررسی دقیق‌تری انجام گرفته و راهکارهای بازدارنده جلوگیری سیل مطرح می شوند.

در خصوص سیل و شبیه‌سازی، مطالعات گوناگونی در سطح جهان انجام گرفته است که می‌توان آن‌ها را در دو دسته «مطالعات مربوط به حوزه سیلاب» و «مطالعات مربوط به حوزه مدل‌سازی عامل مبنا» تقسیم نمود. در ادامه به بررسی مواردی از آن‌ها پرداخته شده است:

داوسون و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهش خود در شهر ساحلی تووین در انگلستان با استفاده از ادغام اطلاعات منطقی سنجش‌ازدور به‌دست‌آمده از توپوگرافی، ساختمان‌ها و شبکه‌های جاده‌ای با داده‌های بررسی تجربی در مدل خود، ویژگی‌های جوامع خاص را متناسب کردند تا میزان آسیب‌پذیری افراد در برابر طغیان را تحت شرایط مختلف طوفان، زمان هشدار سیل و استراتژی‌های تخلیه تخمین بزنند (داوسون و همکاران، ۲۰۱۱).

در پژوهش دیگری به ارائه روش اندازه‌گیری غلظت رسوبات معلق با استفاده از تصاویر ماهواره لندست از رودخانه‌هایی با سوابق محدود در غلظت رسوبات معلق پرداخته شده و غلظت رسوبات معلق در شرایط سیل گل‌آلود را در رودخانه «Feather» کالیفرنیا مدل‌سازی شده است (کیلهام و همکاران، ۲۰۱۲).

در پژوهشی با عنوان «مدل مفهومی برای ارزیابی ریسک فاجعه سیل بر اساس مدل‌سازی عامل مبنا» از مدل‌سازی عامل مبنا برای ارزیابی ریسک سیل باتوجه به ویژگی‌های سیستم سیل استفاده شده و از زبان ارتباطات عامل[1] به‌عنوان ابزار ارتباطی بین عوامل مختلف سیستم پیچیده سیل چندعاملی[2] استفاده شده است (لینگو و همکاران، ۲۰۱۳).

تان و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش خود به تجزیه‌وتحلیل محصولات زیر آب در هنگام طغیان رودخانه یانگ تسه بر اساس زنجیره سرویس‌های مکانی عامل مبنا و ابر محور پرداختند. آن‌ها در این پژوهش از روشی که شامل استراتژی انتخاب و تجمیع عوامل مناسب و خدمات پردازش وب[3] با ارزیابی در دسترس‌بودن آن‌ها استفاده کرده و در آخر مزایای روش خود را نسبت به روش‌های موجود بیان کردند (تان و همکاران، ۲۰۱۴).

1 Agent Communication Language (ACL)
2 Flood Disaster Multi Agent Complex System (FDMACS)
3 Web Processing Services (WPS)

در پژوهشی دیگر، باتوجه به ویژگی‌های سیستم پیچیده سیل، سیستم‌های چندعاملی ارزیابی دینامیکی سیلاب ایجاد شده و از روش پیشنهادی برای ارزیابی دینامیکی جمعیت در معرض خطر ساختمان در کل روند سیل در طوفان باران استفاده شده است. محققان با استفاده از مدل‌سازی عامل مبنا، مدل مفهومی ارزیابی دینامیکی خطر ایجاد سیل در طوفان باران را ایجاد کردند (لای و همکاران، ۲۰۱۵).

مطالعه مشاهدات سیل در حوضه رودخانه جینشا واقع در غرب چین با استفاده از روشی وابسته به قابلیت‌های مشاهده به انتخاب سنسورهای ماهواره‌ای و فن‌های سنجش‌ازدور انجام شده است. در این مطالعه مدل محققان هستی‌شناسی ارتباط قابلیت مشاهده سنسور[1] را توسعه دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که این روش می‌تواند به برنامه‌ریزان حسگر بصری کمک کند تا به‌طور دقیق تصمیمات انتخاب سنسور مبتنی بر شواهد را برای مشاهده سیل مشخص کنند (هو و همکاران، ۲۰۱۸).

پژوهشی به‌منظور ارزیابی آمادگی سیل و بهبود تولیدات شرکت‌های کوچک و متوسط[2] (SME) در انگلستان انجام شد که در مورد چگونگی مدل‌سازی و شبیه‌سازی عامل مبنا برای ارزیابی اثربخشی طیف وسیعی از اقدامات سازگاری ساختاری و اجتماعی ایجاد شده که می‌تواند با تولیدات SME برای کاهش تأثیر سیل و تسریع بهبودی از رخداد آن اجرا شود، می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که اثربخشی ترکیبی از این اقدامات سازگاری در رابطه با سیل در هر ۱۰۰۰ سال علاوه بر اینکه سیلاب شدید را تجربه کرده است، دارای غلظت بالایی از SMEها می‌باشد (کانس و همکاران، ۲۰۱۹).

در پژوهش ی با عنوان «نقش مدل‌سازی مبتنی بر عامل و سیستم‌های چندعاملی در مشکلات هیدرولوژیکی مبتنی بر سیل» بررسی مختصری از مدل‌های عامل مبنا و برنامه‌های سیستم‌های چندعاملی برای راه حل مشکلات سیل، مدیریت، ارزیابی و تلاش آن‌ها برای پیش‌بینی جریان و وقایع سیل انجام شده است (سموندرز و همکاران، ۲۰۲۰).

هان و ژو (۲۰۲۰) در پژوهش خود ۶۱ مقاله مرتبط با روش مدل‌سازی عامل مبنا برای مدیریت ریسک سیل را با-توجه به درک مزایا و محدودیت‌های این روش موردبررسی قرار دادند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که مدل‌سازی عامل مبنا سهم بالقوه‌ای در مدیریت ریسک سیل در آینده و کاربرد عملی آن در تصمیم‌گیری در سیاست انطباق و برنامه‌ریزی استراتژی داراست (هان و همکاران، ۲۰۲۰).

جیود و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «مدل‌سازی عامل مبنا برای نقشه‌برداری و تغییر مسیر سیل» مدل عامل مبنایی برای درک انتشار سیل و توسعه نقشه‌برداری از طغیان سیل ارائه دادند. آن‌ها در این پژوهش ادغام فن‌های مختلف برای سیستم جامع پیش‌بینی و تغییر مسیر سیل را موردبررسی قرار دادند (جیود و همکاران، ۲۰۲۰).

گازی و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش خود با استفاده از مدل‌سازی عامل مبنا تأثیرات آینده توسعه شهری را در مزارع و جنگل‌ها موردبررسی قرار دادند. آن‌ها در این مطالعه درک آینده بالقوه جایگزین برای یک سیستم زیست‌محیطی اجتماعی را از طریق شبیه‌سازی‌هایی که تغییرها را در انواع و تعداد خط‌مشی‌ها آزمایش می‌کند، توسعه دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که سیاست‌هایی که رشد شهری را محدود می‌کند و انگیزه‌هایی برای شرکت‌های کشاورزی و

1 Sensor Observation Capability Association (SOCA)
2 Small and Medium-sized Enterprises (SMEs)

جنگلی برای حفظ و تقویت زیستگاه ایجاد می‌کنند می‌توانند از انعطاف‌پذیری اکوسیستم محافظت کنند (گازی و همکاران، ۲۰۰۸).

در مطالعه دیگر مدل عامل مبنایی را برای بررسی تأثیر متقابل و تجمع قابل‌توجه سیستم آب فیزیکی، ساختارهای محلی و اجتماعی ارائه داده شد که میزان استفاده از آب را تنظیم می‌کنند. نتایج این مدل نشان داد که بسته به الگوی آینده آب‌وهوا و مقررات دولتی، ممکن است کشاورزی مبتنی بر جویبار به حالت فعلی ادامه پیدا کند یا به‌طور قابل‌توجهی کوچک شود؛ اما به حیاط خود ادامه دهد و یا به‌طور کلی از بین برود (وایز و همکاران، ۲۰۱۲).

پژوهشی با عنوان «GIS و مدل‌های عامل مبنا برای کمک‌های بشر دوستانه» با هدف بررسی واکنش مردم به توزیع کمک و نحوه انتشار شایعات مربوط به در دسترس‌بودن کمک‌ها در مورد زلزله‌ی ژانویه ۲۰۱۲ هاییتی انجام شد که نتایج آن نشان داد که این الگو می‌تواند به‌طور بالقوه پیوندی بین اطلاعات فرهنگی اجتماعی در مورد افراد آسیب‌دیده و سازمان‌های بشردوستانه فراهم کنند (کروکس و همکاران، ۲۰۱۳).

در مطالعه دیگر در سال ۲۰۱۴ معیشت بومی منطقه‌ای در آمازون موردبررسی قرار گرفت که با استفاده از مجموعه داده گسترده میدانی از نظرسنجی‌های اجتماعی و سوابق مشاهده حیوانات و مکان‌های کشتار شکارها در تصاویر ماهواره‌ای به بررسی تعاملات بین رشد جمعیتی، شکار، کشاورزی، تغییر پوشش زمین و جمعیت حیوانات در این منطقه پرداخته شد. نتایج این پژوهش حلقه‌های بازخورد بین جمعیت رو به رشد انسانی و کاهش منابع طبیعی محلی را نشان داد (ایوامورا و همکاران، ۲۰۱۴).

کوانگ و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش خود با استفاده از مدل‌سازی عامل مبنا، روش‌های حفاظت از خاک را در مناطق مرتفع ویتنام موردارزیابی قرار دادند. آن‌ها در این پژوهش به بررسی رابطه بین حاصلخیزی خاک، عملکرد محصول و استفاده از روش‌های حفاظت خاک با استفاده از مدل‌سازی عامل مبنا و شبیه‌سازی تصمیم‌گیری هر خانوار مزرعه بر اساس بازدهی محصول و پویایی حاصلخیزی خاک در هر واحد چشم‌انداز پرداختند. آن‌ها با بررسی تأثیرات انگیزه‌های مالی خانوارها برای حفاظت از خاک به این نتیجه رسیدند که هزینه موردنیاز برای کاهش ۴۰±۲ درصد از تلفات تخمینی خاک حدود ۱۲-۱۶ دلار به ازای هر تن ذخیره خاک خواهد بود (کوانگ و همکاران، ۲۰۱۴).

در سال ۲۰۱۵ پژوهشی با عنوان «استفاده از مدل‌سازی عامل مبنا برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب» به ارائه مقدمه‌ای جامع در مورد مدل‌سازی عامل مبنا برای محققان، دانشجویان و متخصصین منابع آب برای کشف سیستم‌های منابع آب به‌عنوان سیستم‌های سازگار پیچیده‌ای که می‌توانند با استفاده از مدل‌سازی عامل مبنا مورد مطالعه قرار گیرند پرداخت (برگلوند، ۲۰۱۵).

در جای دیگر چارچوبی برای مدل‌سازی عامل مبنا در بستر NetLogo توصیف شده است که می‌تواند به‌صورت پویا سطح قرار گرفتن انسان در معرض تنش‌های محیطی مانند آلودگی هوا و تنش گرمایی را همراه با فعالیت‌های روزانه در مناطق شهری شبیه‌سازی کند (یانگ و همکاران، ۲۰۱۸).

ارائه رویکرد توسعه و اعتبارسنجی سیستماتیک برای مدل‌سازی عامل مبنا از رفتارهای ساکنان در ساختمان‌های تجاری نیز موردبررسی محققان قرار گرفته است که در آن با مقایسه داده‌های رفتاری ثبت‌شده با خروجی مدل‌سازی

عامل مبنا در مورد توانایی پیش‌بینی، محدودیت‌ها و قابلیت توسعه مدل‌سازی عامل مبنا مورد بحث قرار گرفته شده است (جیا و همکاران، ۲۰۱۹).

در پژوهش دیگری با عنوان «مدل‌سازی عامل مبنا: پشتیبانی برای تأکید بر وابستگی زیرساخت حمل‌ونقل هوایی سیستم‌های فضایی» نتایج حاصل از یک مدل‌سازی معتبر را که مفهوم مربوط به ایده وابستگی جهانی زیرساخت حمل‌ونقل هوایی به سیستم‌های فضایی را اثبات می‌کند، بررسی شده است (بوکوچی و همکاران، ۲۰۱۹).

همچنین لیپ و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی شبیه‌سازی سیستم‌های زیست‌محیطی اجتماعی را در مقیاس‌های مختلف با استفاده از مدل‌سازی عامل مبنا موردبررسی قرار دادند. آن‌ها در این پژوهش روش‌های مفهومی برای پیاده‌سازی مدل‌سازی عامل مبنا را برای شبیه‌سازی سیستم‌های زیست‌محیطی اجتماعی در مقیاس‌های مختلف و استفاده از داده‌های بزرگ از نظرسنجی‌های اجتماعی، سنجش‌ازدور و منابع دیگر ارائه دادند (لیپ و همکاران، ۲۰۱۹).

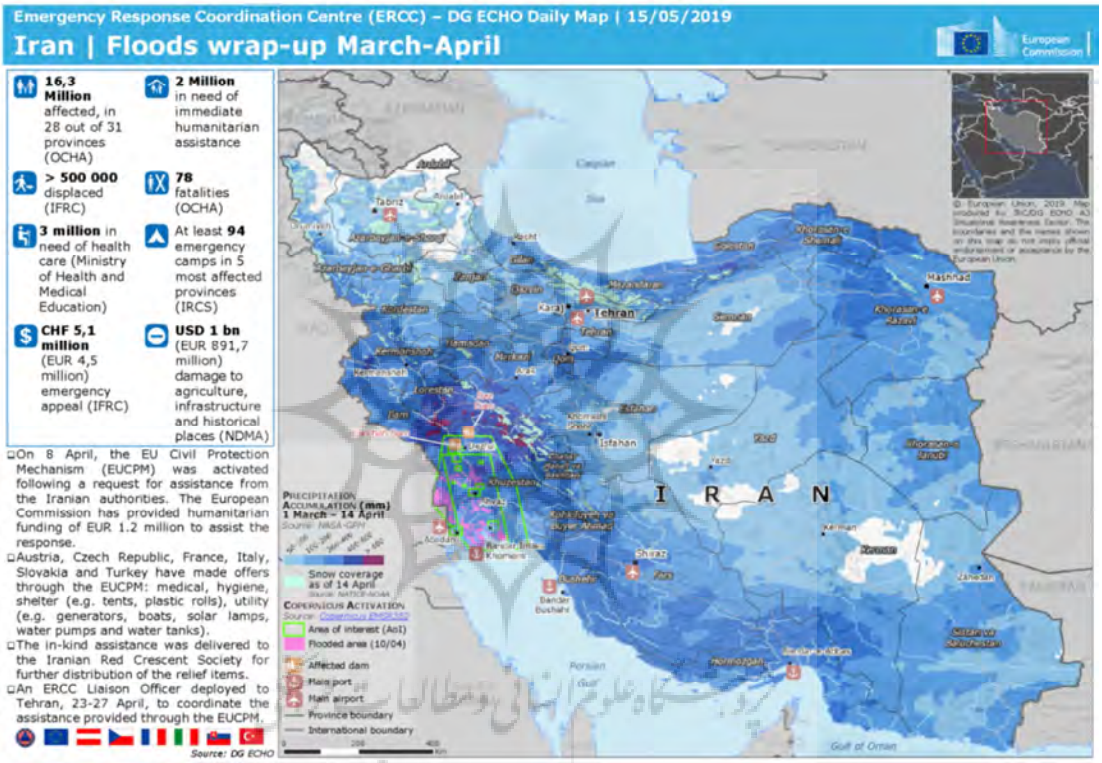
داده‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش شهرستان شوش، یکی از شهرستان‌های استان خوزستان در جنوب ایران است. همان‌طورکه در شکل ۱ نشان داده شده است این شهرستان از شمال به شهرستان اندیمشک، از شرق به شهرستان‌های دزفول، گتوند و شوشتر، از غرب به دشت آزادگان و شهرستان دهلران از استان ایلام و از جنوب به شهرستان اهواز محدود می شود. مرکز این شهرستان، شهر شوش بوده و طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهرستان ۱۳۶۳۸۹ نفر می‌باشد. شهرستان شوش در مختصاتی بین ″۴۷°۳۹′۰۰ تا ″۴۸°۴۰′۰۹ طول شرقی و ″۳۱°۴۲′۲۷ تا ″۳۲°۲۹′۵۱ عرض شمالی قرار دارد که ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۲ متر می‌باشد. میانگین حداقل دمای روزانه در زمستان ۴/۲ درجه سانتی‌گراد و در تابستان ۴۵/۹ درجه بوده و میزان بارندگی سالانه به‌طور متناوب از ۲۴۰ تا ۵۵۸ میلی‌متر متغیر است (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۷).

شکل ۱: موقعیت شهرستان شوش

بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده از سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، به‌علت تغییر اقلیم و تشدید سیل‌خیزی، ۹۱۰۰ کانون جمعیتی کشور در معرض خطر سیل قرار دارند که این کانون‌ها در ۴۵۰ شهر کشور گسترده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از نقشه وضعیت بارندگی ایران در بهار سال ۱۳۹۸ که توسط مرکز هماهنگی واکنش اضطراری اروپا[1] که زیر نظر کمیسیون اروپا[2] فعالیت می‌کند تهیه شده است، استان خوزستان یکی از مراکز سیلاب در کشور بوده که در بالاترین حد هشدار است و خطر سیلاب طغیانی قرار گرفته است (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه وضعیت بارندگی و مناطق درگیر سیل در بهار ۱۳۹۸ *(ERSS، ۲۰۱۹)*

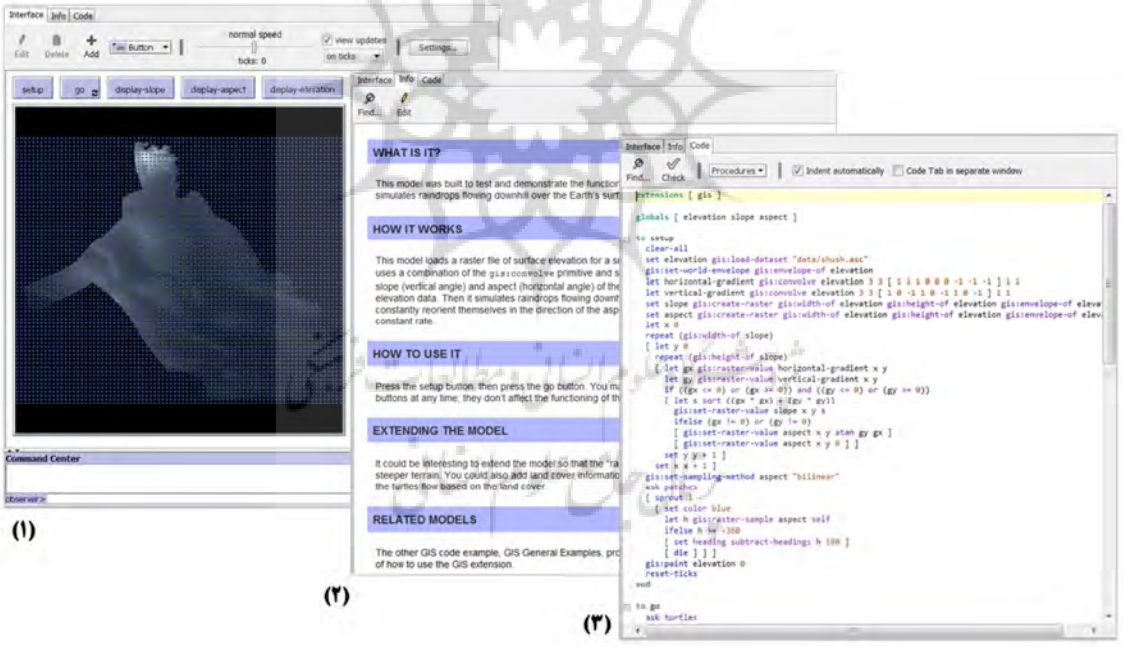
مدل پیشنهادی

در این مطالعه، به طراحی مدل عامل مبنای مکانی جهت شناسایی مناطق مستعد سیل پرداخته شده است. برای این امر از محیط شبیه‌سازی NetLogo به‌عنوان ابزاری برای ایجاد مدل‌های عامل مبنای مکانی استفاده شده است که یک محیط مدل‌سازی قابل‌برنامه‌نویسی برای شبیه‌سازی پدیده‌های طبیعی و اجتماعی است. این فناوری در زمینه ایجاد مدل‌های عامل مبنا بیشترین استفاده را توسط محققین داشته است و برای مدل‌سازی پدیده‌های طبیعی و اجتماعی بسیار مناسب است؛ به عبارتی دیگر برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده که در حال تغییر با زمان هستند کاربرد دارد (مانسون و همکاران، ۲۰۱۲). شکل ۳، سه بخش اصلی محیط که شامل نمایش شکل کلی مدل،

1 Emergency Response Coordination Centre (ERSS)
2 European Commission

اطلاعاتی درباره مدل و چگونگی کارایی آن و کدهای مربوط به اجرای مدل می‌باشد را نمایش می‌دهد (طبسی و همکاران، ۱۳۹۵).

در مدل مطرح‌شده هر قطره آب در منطقه به‌عنوان یک عامل درنظر گرفته می‌شود. محیط عملکرد عامل بر اساس محدوده مدل رقومی ارتفاعی[1] (DEM) تنظیم می‌شود. در مدل پیشنهادی ابتدا محاسبات روی DEM صورت گرفته و دو لایه مکانی شیب[2] (slope) و جهت شیب[3] (aspect) از آن محاسبه می‌شوند. مهم‌ترین قواعد مربوط به عامل‌ها شامل مقایسه مقدار پیکسل فعلی با پیکسل‌های ۸ گانه مجاور و سپس محاسبه جهت جریان بر اساس شیب، جهت شیب و قاعده جریان می‌باشد. سپس یکی از پیکسل‌های همسایه به‌عنوان مرکز تجمع آب برای پیکسل فعلی انتخاب می‌شود. این عمل برای همه پیکسل‌ها صورت پذیرفته و مدل به‌صورت پویا در زمان تکرار می‌شود. با فرآیند تکرار جریان‌های اصلی سیل به یکدیگر پیوسته و شریان‌های اصلی و مناطق سیل‌گیر پدید می‌آیند. شرط اصلی توقف الگوریتم پایان تعداد تکرارهای تعریف شده، یا رسیدن به محدودیت زمانی تعیین‌شده می‌باشد. در عین حال مدل عامل مبنای مطرح‌شده می‌تواند به‌صورت نیمه ساختار یافته و با تصمیم فرد تصمیم‌گیر، باتوجه به تشخیص تشکیل محدوده‌های اصلی سیل متوقف شود.



شکل ۳: بخش‌های اصلی محیط NetLogo، (۱) Interface، (۲) Info، (۳) Code

از دیگر قابلیت‌هایی که در این پژوهش نیز مورد استفاده قرار گرفت، امکان تعریف عامل‌هایی مستقل در یک محیط جغرافیایی است که امکان توسعه مدل‌های عامل مبنای مکانی را فراهم می‌کند. علاوه بر این وجود ناهمگونی در داده‌های مکانی، یکی از عوامل تأثیرگذار بر پویایی سیستم‌های چندعامله است. در نتیجه وجود مجموعه‌ای از توابع

1 Digital Elevation Model (DEM)
2 Slope
3 Aspect

برای کار با داده‌های مکانی در این محیط امری مهم است (NetLogo Gis Extension، ۲۰۲۱). شکل ۴ فهرستی از مراحل اصلی انجام‌شده در این پژوهش را نمایش می‌دهد.

شکل ۴: مراحل انجام پژوهش

محاسبات ریاضی جهت به‌دست‌آوردن شیب و جهت شیب

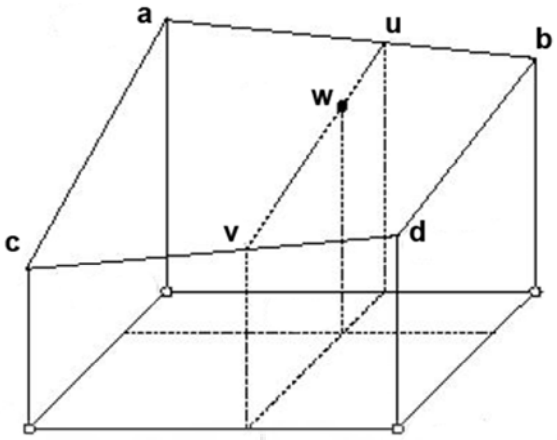
برای محاسبه شیب از روی مدل رقومی ارتفاع باتوجه به داشتن شیب در هر یک از جهت‌های هشت‌گانه، می‌بایست برخلاف به‌دست‌آوردن شیب دو نقطه که از تقسیم اختلاف ارتفاع دو نقطه (dz) بر فاصله بین آن‌ها (dx) به‌دست می‌آید، با استفاده از میانگین‌گیری تغییرهای ارتفاع در راستای محورهای X و Y شیب را محاسبه کنیم (**Error! Reference source not found.**).

$$Slop = atan\left(\sqrt{\left(\left[\frac{dz}{dx}\right]^2 + \left[\frac{dz}{dx}\right]^2\right)}\right) \quad (۱)$$

برای محاسبه جهت شیب از یکی از روش نمونه‌گیری استفاده می‌شود که در این پژوهش روش Bilinear مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش از چهار پیکسل همسایه نقطه در تصویر استفاده می‌شود و میان آن‌ها درون‌یابی برای یافتن درجه خاکستری نقطه موردنظر انجام می‌گردد. ابتدا میان هر دو پیکسل مقابل یک درون‌یابی خطی انجام می‌شود، سپس با استفاده از محل نقطه و این درون‌یابی انجام‌شده، درجه خاکستری پیکسل محاسبه می‌گردد. در عمل یک صفحه به چهار درجه خاکستری همسایه برازش داده شده و سپس درجه خاکستری نقطه موردنظر محاسبه می‌شود (**Error! Reference source not found.**).

اگر v، u، d، c، b، a نماینده درجه خاکستری و (i’,j’) موقعیت نقطه در تصویر باشند، مطابق شکل ۵ درجه خاکستری پیکسل (w) به‌صورت زیر به‌دست خواهد آمد (جان و همکاران، ۱۹۹۹).

$$w = (1\text{-}i')\{j'b + (1\text{-}j')a\} + i'\{j'd + (1\text{-}j')c\} \quad (۲)$$

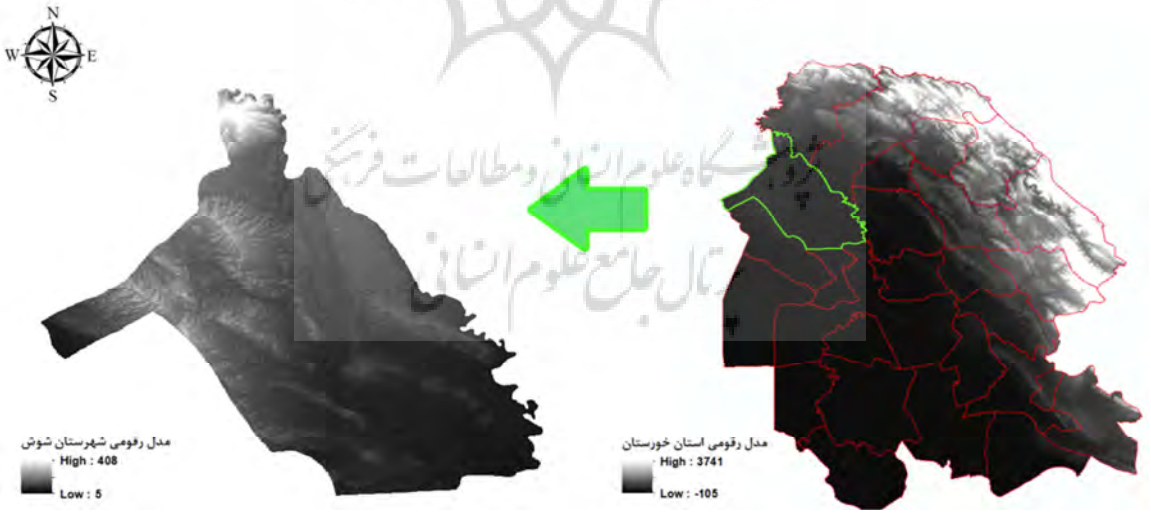


شکل ۵: درون‌یابی به روش **Bilinear**

نتایج و بحث

انجام پردازش‌ها در محیط شبیه‌سازی

داده‌های این پژوهش شامل مدل رقومی ارتفاع[1] استان خوزستان می‌باشد که از پایگاه اینترنتی «آکادمی سنجش‌ازدور ایران» تهیه شده است. همان‌طورکه در شکل نمایش داده شده است، با استفاده از نقشه مرز شهرستان‌های این استان، خروجی از مدل رقومی ارتفاع شهرستان شوش تهیه گردید.



شکل ۶: مدل رقومی ارتفاع استان خوزستان (راست) و مدل رقومی ارتفاع شهرستان شوش (چپ)

باتوجه به عدم پشتیبانی شبیه‌ساز عامل مبنا از فرمت‌های معمول مدل رقومی ارتفاع، برای فراخوانی داده نیاز به تبدیل فرمت آن به فرمت قابل‌قبول (asc.) می‌باشد که این تبدیل با استفاده از ابزارهای تعریف‌شده برای این منظور

1 Digital Elevation Model (DEM)

در محیط نرم‌افزار ArcGIS انجام گرفته است. فرمت «asc.» که از عبارت ASCII و اختصاری از حروف اول کلمات «کد استاندارد آمریکا برای تبادل اطلاعات[1]» گرفته شده است، یک استاندارد رمزگذاری کاراکتر برای ارتباطات الکترونیکی است. اکثر طرح‌های مدرن رمزگذاری کاراکتر بر اساس این فرمت ساخته شده‌اند.

از دیگر نکات قابل‌توجه برای فراخوانی داده در این محیط، همسان‌بودن سیستم مختصات[2] مدل رقومی ارتفاعی با سیستم تصویر موردقبول محیط می‌باشد و در صورت عدم سازگاری، امکان فراخوانی آن وجود نخواهد داشت. به همین منظور با استخراج سیستم مختصات موردقبول در منطقه موردنظر از پایگاه اینترنتی «مرجع مکانی[3]» و تنظیم سیستم مختصات مدل رقومی ارتفاع تبدیل‌شده بر اساس فرمت آن در قالب EPSG، امکان فراخوانی داده در نرم‌افزار فراهم می‌شود.

مجموعه داده‌های پارامتریک ژئودتیک در فرمت EPSG یک رجیستر عمومی از داده‌های ژئودتیک، سیستم‌های مرجع مکانی، بیضوی‌های زمین، تبدیل مختصات و واحدهای اندازه‌گیری مرتبط است. به هر نهاد کدی بین ۱۰۲۴ تا ۳۲۷۶۷ همراه با نمایش «متن شناخته‌شده[4]» قابل خواندن در نرم‌افزارهای مربوطه اختصاص داده شده است (راهنمای کاربر داده‌های ژدودتیک، ۲۰۲۰). عبارت EPSG برگرفته‌شده از حروف اول کلمات گروه نقشه‌برداری نفت اروپا[5] می‌باشد که یک پایگاه داده از اطلاعات مختصات سیستم بعلاوه برخی اسناد مرتبط در مورد پیش‌بینی نقشه و داده‌ها منتشر می‌کنند. پس از انجام تبدیلات یادشده داده‌ها آماده فراخوانی در محیط شبیه‌سازی نرم‌افزار می‌باشند.

بررسی کدهای مورد استفاده در پژوهش

در این پژوهش استفاده از افزونه[6]ی مخصوص کار با داده‌های مکانی با نام «GIS» در محیط شبیه‌سازی عامل مبنا در دستور کار قرار گرفت. مجموعه کدهای کلیدی افزونه GIS برای کار با داده‌های مکانی که در این پژوهش نیز مورد استفاده قرار گرفت، در جدول ۱ به اختصار بیان شده است.

برای انجام این کار ابتدا مدل رقومی ارتفاعی منطقه که شامل شبکه‌ای از قطعات مربعی از زمین با ارتفاع مشخص برای هر منطقه هستند به‌عنوان سطح مورد مطالعه (پَچ[7]ها) وارد محیط شبیه‌سازی شده است. با اجرای مدل، عامل‌های محرک (تِرتِل[8] ها) که در واقع نشان‌دهنده پارامتر آب می‌باشد، ابتدا به‌طور یکسان در سراسر منطقه پراکنده شده و بر اساس ارتفاع تعریف‌شده برای هر قطعه از مدل رقومی ارتفاع طی گام‌های زمانی به‌تدریج در جهت شیب محاسبه‌شده در منطقه حرکت کرده و شریان‌های اصلی را به وجود آورده و درنهایت مناطق تجمع سیلاب را در ارتفاعات پایین محصور بین ارتفاعات بالاتر و مسیر رودخانه‌ها نتیجه می‌دهد.

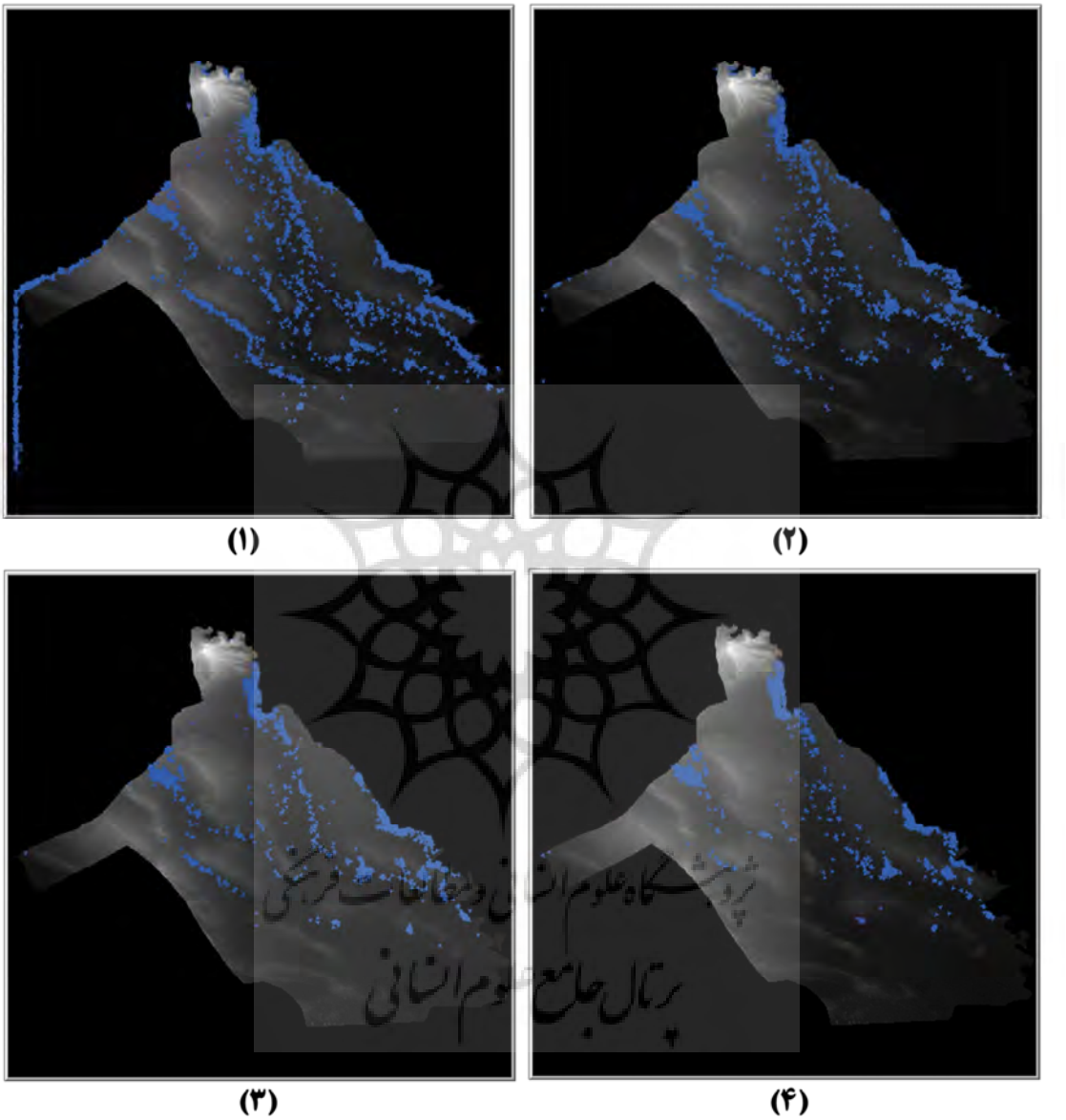
1 American Standard Code for Information Interchange (ASCII)
2 Projection System
3 Spatial Reference
4 Well Known Text (WKT)
5 European Petroleum Survey Group
6 Extension
7 Patch
8 Turtle

جدول ۱: مختصری از شرح عملکرد دستورات افزونه‌ی GIS استفاده‌شده در پژوهش

نام دستور	شرح عملکرد
gis:load-dataset	داده‌های مکانی را بارگیری می‌کند
gis:envelope-of	یک محیط بسته (محدوده کننده) از اشیا در مختصات GIS را گزارش می‌کند
gis:convolve	هر سلول خروجی را با ضرب عناصر هسته با مقادیر سلول‌های اطراف سلولی خاص محاسبه می‌کند
gis:create-raster	یک مجموعه داده رستری جدید و خالی از اطلاعات ایجاد می‌کند
gis:width-of	تعداد ستون‌های مجموعه داده رستری را گزارش می‌کند
gis:height-of	تعداد ردیف‌های مجموعه داده رستری را گزارش می‌کند
gis:raster-value	مقدار داده رستری داده شده در سلول را گزارش می‌کند
gis:set-raster-value	مقدار مجموعه داده رستری تعریف‌شده را در سلول موردنظر به یک مقدار جدید تنظیم می‌کند
gis:set-sampling-method	روش نمونه‌گیری مورد استفاده توسط مجموعه داده رستری داده‌شده را در یک نقطه یا در منطقه کوچک‌تر از یک سلول شطرنجی تنظیم می‌کند. (Bicubic ،Bilinear ،Nearest Neighbor)
gis:raster-sample	مقدار رستری داده‌شده را نسبت به مکان معین گزارش می‌کند
gis:resample	یک مجموعه داده جدید که متشکل از مجموعه داده رستری تعریف شده است را گزارش می‌کند
gis:apply-raster	مقادیر را از مجموعه داده رستری داده‌شده به متغیر تکه‌ای patch داده شده کپی می‌کند
gis:paint	داده‌های رستری داده‌شده را به لایه نمایشی NetLogo ترسیم می‌کند

بعد از فراخوانی مدل رقومی ارتفاع و استفاده از کدهای توسعه داده‌شده در شبیه‌ساز عامل مبنا، با اجرای مدل شریان‌های اصلی منطقه بعد از گذشت چند گام زمانی با حرکت عامل‌های متحرک در مسیر شیب منطقه مشخص می‌شوند. شکل ۵ نحوه تغییر مسیر جریان‌های آب در منطقه و حرکت آن‌ها به سمت نواحی با ارتفاع کمتر را نمایش می‌دهد. با نگاهی به تصویر تهیه‌شده توسط مرکز هماهنگی واکنش اضطراری اروپا (شکل ۲) می‌توان سابقه وقوع سیل در مناطق مشخص‌شده در مدل شبیه‌سازی‌شده را مشاهده نمود. در هر پیکسل منطقه یک عامل بارش درنظر گرفته می‌شود و باتوجه به جهت و مقدار شیب با گذشت زمان مقادیر بارش تجمیع شده و به شریان‌های اصلی مبدل می‌گردند.

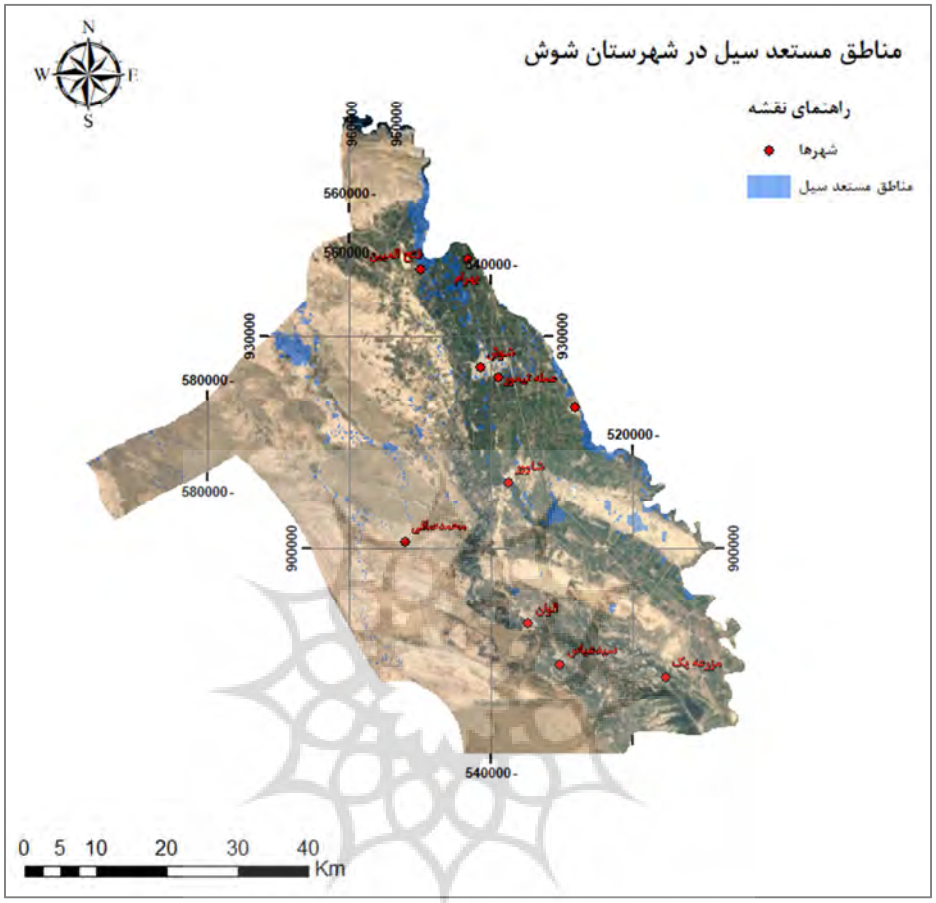
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۵: مراحل ایجاد شریان‌های اصلی در متطقه

مرحله (۴) از شکل ۵ نتیجه نهایی شبیه‌سازی مدل را نشان می‌دهد که به‌مرور شریان‌های اصلی آب مشخص شده و موقعیت‌های اصلی سیل‌گیر پدید می‌آیند. تصویر نهایی از طریق فرآیند زمین مرجع کردن[1] به موقعیت شهرستان شوش انتقال داده شده و موقعیت‌های تجمع سیلاب به‌صورت خروجی مجزا تهیه شده است. شکل ۶ موقعیت‌های مستعد سیل را در تصویر ماهواره‌ای منطقه نشان می‌دهد.

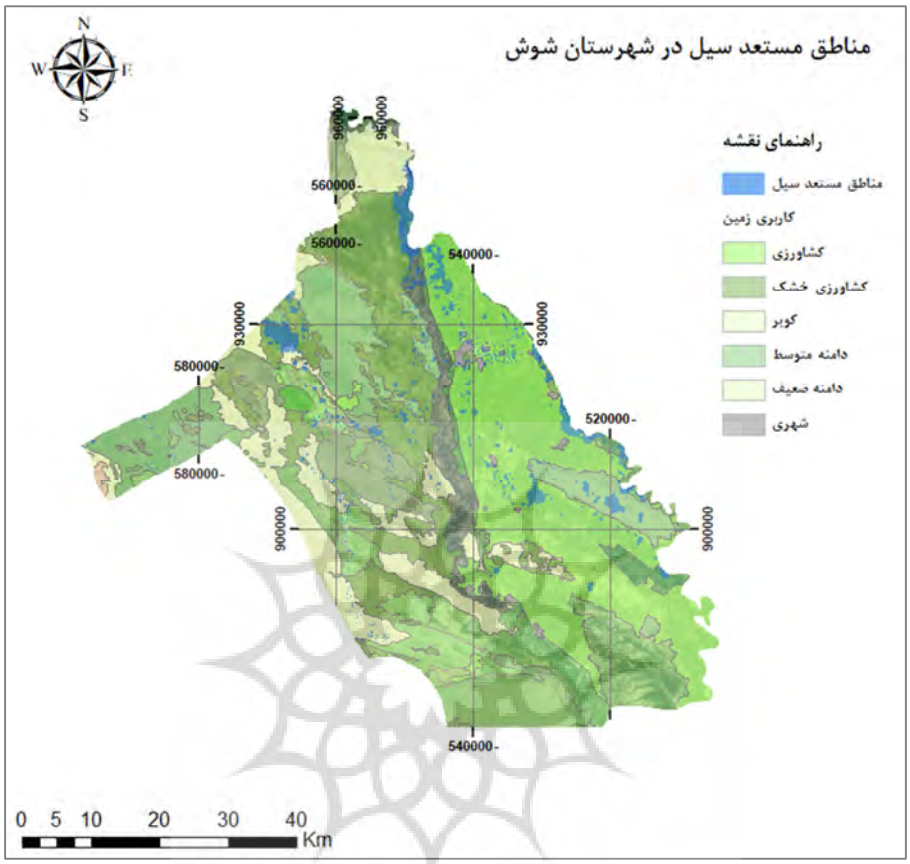
1 Georeferencing



شکل ۶: مناطق مستعد سیل در تصویر ماهواره‌ای شهرستان شوش

مساحت این مناطق در مجموع بیش از ۱۶۰ میلیون مترمربع می‌باشد که در مقایسه با مساحت شهرستان شوش چیزی در حدود ۴,۵ درصد از مساحت شهرستان شوش را مناطق مستعد سیل تشکیل می‌دهند. با بررسی بیشتر و با مقایسه نقشه کاربری زمین می‌توان دریافت ۶۲,۲ درصد از مناطق مستعد سیل در مناطق کشاورزی[1] و کشاورزی خشک[2] واقع شده است. این مسئله می‌تواند نشان‌دهنده تغییرهای بی‌رویه اراضی با پوشش‌های متراکم گیاهی به مناطق کشاورزی باشد. شکل ۷ تلاقی مناطق مستعد سیل با مناطق کشاورزی را نمایش می‌دهد.

1 Argi
2 Dry Farming



شکل ۷: مناطق مستعد سیل در کاربری زمین شهرستان شوش

بررسی‌ها نشان می‌دهد هرچند که ساختار عوامل طبیعی و جغرافیایی محیط مانند بارندگی و شیب در بروز سیل نقش دارند؛ ولی عوامل انسانی ازجمله دخل و تصرف در طبیعت و تغییر در کاربری اراضی نقش مؤثرتری در این زمینه دارند و طغیان رودخانه‌ها و سیل در واقع واکنش طبیعت به این تغییرها بوده و قادر به جذب آب باران در خود نمی‌باشد. به‌عنوان نمونه، موقعیت مناطق سیلابی در شهرهای فتح‌المبین و بهرام در مسیر شریان اصلی قرار گرفته است و این عامل نقش عمده‌ای در بروز سیلاب در این مناطق خواهد داشت. با نگاهی به شکل ۷ می‌توان دریافت این مناطق دارای پوشش گیاهی اندکی بوده و برای جلوگیری از وقوع سیلاب می بایست پوشش گیاهی مناسب در این مناطق جایگزین شوند.

با یک بررسی اجمالی بر روی مکان‌های وقوع سیل درمی‌یابیم که با وجود رابطه تنگاتنگ سیلاب‌ها با بارندگی، آنچه بیشتر موجب بروز سیلاب‌ها شده‌اند توسعه زمین‌های غیرقابل‌نفوذ در مناطق شهری و تغییر پوشش‌های سطح زمین است و به همین دلیل وقوع سیلاب و خسارت‌های ناشی از آن به‌طور مرتب رو به افزایش است.

سیل پدیده‌ای طبیعی است که مهار قطعی و کامل خطرات ناشی از آن غیرممکن است و ایمنی مطلق در برابر جریانات سطحی و طغیان رودخانه‌ها امکان‌پذیر نیست. بنابراین در اینجا چگونگی مقابله با پیشامدها و حوادث ناشی از سیلاب‌ها مطرح می‌باشد. برای مقابله با سیل و خطرات آن می‌توان به دو اقدام اساسی اشاره کرد (والش، ۱۹۹۱):

اقدامات مهندسی

از جمله اقدامات مهندسی برای مقابله با سیل می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

* اصلاح حوضه آبریز: اقدامات بیولوژیکی و مکانیکی را شامل می‌شود که هدف از این اقدامات افزایش میزان نفوذپذیری خاک، کاهش سرعت هرز آب و حفظ آب‌وخاک می‌باشد. از مهم‌ترین اقداماتی که در این زمینه می‌توان انجام داد ابتدا جلوگیری از تخریب جنگل‌ها و مراتع و جلوگیری از شخم زدن اراضی شیب‌دار و سپس تقویت پوشش گیاهی و گسترش جنگل‌ها و اعمال آبخیزداری می‌باشد.

* اصلاح مناطق بالادست: به‌دلیل متمرکز بودن آبراهه‌ها در بالادست، مانند شهر فتح‌المبین هدف اصلی در این بخش باید تاخیر در رواناب و تثبیت در منابع رسوب باشد. مهمترین اقداماتی که در این بخش می‌توان انجام داد ایجاد حوضچه‌های رسوب‌گیر، استخرهای جمع‌آوری آب و ایجاد سد است.

* اصلاح کانال اصلی رودخانه: اقداماتی که در این بخش می‌توان انجام داد شامل اقداماتی برای پیشگیری از ایجاد پیچان رود و عبور راحت آب و رسوب از طریق ایجاد دیواره‌های هادی و بتنی است.

این‌گونه تدابیر شامل اقداماتی فیزیکی ازجمله سدسازی، اجرای برنامه‌های پخش سیلاب به‌منظور کاهش حجم و شدت سیل، آبخیزداری و اصلاح مسیر رودخانه‌ها، ایجاد خاکریزهای ساحلی و ساحل‌سازی و دیوارکشی طولی در مسیر رودخانه‌ها، حفر آبراه‌های کمربندی و هدایت سیلاب‌ها به مناطق کمتر آسیب‌پذیر و پخش و تزریق آن‌ها، هدایت سیلاب‌ها به چاله‌های طبیعی، ایجاد ساختمان‌های ضد سیلاب برحسب احتمال وقوع سیلاب‌های ادواری و افزایش پایداری سازه‌ها در برابر سیلاب‌ها می‌باشد.

اقدامات مدیریتی

این‌گونه اقدامات شامل تدابیری است که بر اساس آن‌ها فرهنگ مقابله با سیلاب به مردم آموخته می‌شود. این تدابیر عبارت‌اند از

** استفاده صحیح و حساب‌شده از سیلاب دشت‌ها

** تهیه و توزیع نقشه‌های مشخص‌کننده حریم طغیان‌های ادواری رودخانه‌ها و مسیل‌ها

** مطالعه هیدرولوژی مناطق مختلف و محاسبه سیلاب‌های آن‌ها برای دوره‌های مختلف بازگشت و نصب تابلوی حد نهایی حریم در حاشیه رودخانه‌ها و مسیل‌ها بر اساس این محاسبات

** وضع قوانین و مقررات نحوه استفاده از سیلاب دشت‌ها و نحوه کاربری اراضی سیل‌گیر

این اقدامات بایستی در سه زمینه مختلف پیشگیری از وقوع سیلاب، مقابله با سیلاب و بازسازی و اصلاح مناطق آسیب‌دیده انجام گیرد. پیشگیری از وقوع کاری مستمر است ولی مقابله با سیلاب مرحله‌ای است اضطراری که بایستی با هماهنگی کامل با سایر نهادها انجام گیرد و زمینه بازسازی عملی مقطعی است.

نتیجه‌گیری

همان‌طورکه در بخش‌های قبل بیان شد، در این پژوهش با واردکردن مدل رقومی ارتفاعی شهرستان شوش در محیط شبیه‌سازی عامل مبنای طراحی‌شده، شریان‌های اصلی بر اساس شیب و جهت شیب که به‌طور خودکار توسط مدل طراحی‌شده از رقوم ارتفاعی منطقه محاسبه شده است، شناسایی شده و پس از تهیه خروجی نهایی و تطبیق آن با کاربری اراضی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه به بررسی مناطق مستعد سیل و علل احتمالی وقوع آن در این مناطق پرداخته شد و درنهایت راهکارهای بازدارنده از وقوع این پدیده طبیعی مطرح گردید.

مساحت مناطق مستعد سیل به‌دست‌آمده در این مطالعه در مجموع بیش از ۱۶۰ میلیون مترمربع می‌باشد که چیزی در حدود ۴٫۵ درصد از مساحت کل شهرستان شوش را تشکیل می‌دهند. ۶۲٫۲ درصد از این مقدار در مناطق کشاورزی و کشاورزی خشک واقع شده است که می‌تواند نشان‌دهنده تغییرهای بی‌رویه اراضی با پوشش‌های متراکم گیاهی به مناطق کشاورزی باشد. همچنین بررسی‌ها نشان داد ساختار عوامل طبیعی و جغرافیایی محیط مانند بارندگی و شیب در بروز سیل نقش دارند؛ اما عوامل انسانی نقش مؤثرتری در این زمینه داشته و باعث بروز سیل در این مناطق می‌شود. مانند موقعیت مناطق سیلابی در شهرهای فتح‌المبین و بهرام که در مسیر شریان اصلی قرار گرفته است و این عامل نقش عمده‌ای در بروز سیلاب در این مناطق خواهد داشت. برای مقابله با این امر و جلوگیری از وقوع سیلاب می‌توان پوشش گیاهی مناسب در مناطقی که دارای پوشش گیاهی اندک هستند جایگزین شوند.

باتوجه به وجود مناطق سیل‌خیز در کشور و وقوع سالانه این مخاطره طبیعی پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی دیگر شهرستان‌هایی که در معرض این پدیده قرار دارند جهت پیش‌بینی مناطق مستعد سیل و انجام اقدامات بازدارنده پیش از وقوع آن مورد مطالعه قرار گیرند. همچنین پیشنهاد می‌شود برای تعیین مناطق سیل‌خیز از روش-های دیگر از جمله روش‌های تصمیم‌گیری مانند TOPSIS و یا سایر روش‌ها مانند فازی، داده‌کاوی و مدل‌های هیدرولیکی استفاده شود.

منابع

دادرسی سبزوار، ابوالقاسم؛ داورزنی، زهرا؛ یمانی، مجتبی؛ محمدی گلرنگ، بهرام. (۱۳۸۵). کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور در مطالعات پهنه‌بندی سیل. هفتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی رودخانه.

سلطانی، عادل؛ سلطانی، میلاد؛ سلیمانی، کریم. (۱۳۹۷). ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی شهرستان شوش برای شرب. مجله اکوهیدرولوژی، ۵(۴)، ۱۱۳۵-۱۱۴۶، https://dx.doi.org/10.22059/ije.2018.257339.873

طبسی، محمد؛ آل‌شیخ، علی‌اصغر. (۱۳۹۵). محیط شبیه‌سازی نت لوگو: ابزاری برای ایجاد مدل‌های عامل مبنای مکانی. دومین کنفرانس ملی تکنولوژی اطلاعات مکانی.

(ERSS), E.R.C.C., Iran | Flood wrap-up March-April. 2019.

Alfieri, L., Bisselink, B., Dottori, F., Naumann. G., De Roo, A., Salamon, P., Wyser, K., Feyen, L. (2017). Global projections of river flood risk in a warmer world. Earth's Future. 5(2), 171-182, https://doi.org/10.1002/2016EF000485

Azari, H., Motakan, A.A., Shakiba, A.R., Pourali, Sh. (2009). Simulation and flood warning by integrating hydrological models in GIS and estimating precipitation through remote sensing. Geology of Iran. 3, 39-53.

Berglund, E.Z. (2015). Using agent-based modeling for water resources planning and management. Journal of Water Resources Planning and Management. 141(11), 04015025, https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000544

Bucovetchi, O., Georgescu, A., Badea, D., Stanciu, R. (2019). Agent-Based Modeling (ABM): Support for Emphasizing the Air Transport Infrastructure Dependence of Space Systems. Sustainability. 11(19), 5331-5348, https://doi.org/10.3390/su11195331
Coates, G., Li, C., Ahilan, S., Wright, N., Alharbi, M. (2019). Agent-based modeling and simulation to assess flood preparedness and recovery of manufacturing small and medium-sized enterprises. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 78, 195-217, https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.11.010
Crooks, A.T. and S. Wise. (2013). GIS and agent-based models for humanitarian assistance. Computers, Environment and Urban Systems. 41, 100-111, https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.05.003
Dawson, R.J., R. Peppe, and M. Wang. (2011). An agent-based model for risk-based flood incident management. Natural hazards. 59(1), 167-189, https://doi.org/10.1007/s11069-011-9745-4
EPSG Geodetic Parameter Dataset Application User Guide. 2020.
Garner. (2013). R. NASA Earth Images. Available from: https://nasa.gov/content/nasa-earth-images.
Gude, V., Corns, S., Dagli, C., Long, S. (2020). Agent Based Modeling for Flood Inundation Mapping and Rerouting. Procedia Computer Science, 2020. 168, 170-176, https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.279
Guzy, M.R., Smith, C., Bolte, J., Hulse, D., Gregory, S. (2008). Policy research using agent-based modeling to assess future impacts of urban expansion into farmlands and forests. Ecology and Society. 13(1), 37, http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art37/
Hu, C., Li, J., Li, X., Chen, N., Yang, C. (2018). An observation capability semantic-associated approach to the selection of remote sensing satellite sensors: a case study of flood observations in the Jinsha River basin. Sensors. 18(5), 1649-1677, https://doi.org/10.3390/s18051649
Iranian Academy of Remote Sensing Available from: https://girs.ir/.
Iwamura, T., Lambin, E., Silvius, K.M., Luzar, J B. Fragoso, J.M.V. (2014). Agent-based modeling of hunting and subsistence agriculture on indigenous lands: Understanding interactions between social and ecological systems. Environmental Modelling & Software. 58, 109-127, https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.03.008
Jia, M., Srinivasan, R.S., Ries, R., Weyer, N., Bharathy, G. (2019). A systematic development and validation approach to a novel agent-based modeling of occupant behaviors in commercial buildings. Energy and Buildings. 199, 352-367, https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.07.009
Kilham, N.E., D. Roberts, and M.B. Singer. (2012). Remote sensing of suspended sediment concentration during turbid flood conditions on the Feather River, California—a modeling approach. Water Resources Research. 48(1), 1521-1538, https://doi.org/10.1029/2011WR010391
Lai, W.-Z., Li, W.-B., Huang, Y.-L., Wang, W.-X., Xiao, D. (2015). Rainstorm flood building risk dynamic assessment conceptual model utilization agent based modeling. in 2015 International Conference on Computer Science and Applications (CSA). IEEE, 191-195, https://doi.org/10.1109/CSA.2015.34
Linghu, B., Chen, F., Gue, X., Li, W. (2013). A conceptual model for flood disaster risk assessment based on agent-based modeling. in 2013 International Conference on Computer Sciences and Applications. IEEE, 369-373, https://doi.org/10.1109/CSA.2013.93
Lippe, M., Bithell, M., Gotts, N., Natalini, D., Barbrook.J, P., Giupponi, C., Hallier, M., Hofstede, G.J., Le.P, C., Matthews, R.B. (2019). Using agent-based modelling to simulate social-ecological systems across scales. GeoInformatica. 23(2), 269-298, https://doi.org/10.1007/s10707-018-00337-8
Manson, S.M., S. Sun, and D. Bonsal. (2012). Agent-based modeling and complexity, in Agent-based models of geographical systems. Springer, 125-139, https://doi.org/10.1007/978-90-481-8927-4_7
Mosavi, A., P. Ozturk, and K.-w. Chau. (2018). Flood prediction using machine learning models: Literature review. Water. 10(11), 1536, https://doi.org/10.3390/w10111536
NetLogo Gis Extension. Available from: https://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/gis.html.
Noji, E.K. and C. Lee. (2005). Disaster preparedness. Environmental health: From global to local, 745-780.
Quang, D.V., P. Schreinemachers, and T. Berger. (2014). Ex-ante assessment of soil conservation methods in the uplands of Vietnam: An agent-based modeling approach. Agricultural Systems. 123, 108-119, https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.10.002
Richards John, A. and J. Xiuping. (1999). Remote sensing digital image analysis: an introduction. Springer-Verlag, Berlin, 538-542, https://doi.org/10.1109/36.739109
Simmonds, J., J.A. Gómez, and A. Ledezma. (2020). The role of agent-based modeling and multi-agent systems in flood-based hydrological problems: a brief review. Journal of Water and Climate Change. 11(4), 1580-1602, https://doi.org/10.2166/wcc.2019.108
Spatial Reference. Available from: https://www.spatialreference.org/.
Tan, X.,Di, L., Deng, M., Chen, A., Huang, F., Peng, C., Gao, M., Yao, Y., Sha, Z. (2014). Cloud-and agent-based geospatial service chain: A case study of submerged crops analysis during flooding of the Yangtze River Basin. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 8(3), 1359-1370, https://doi.org/10.1109/JSTARS.2014.2376475
Walesh, S.G. (1991). Urban surface water management. John Wiley & Sons.

Wise, S. and A.T. Crooks. (2012). Agent-based modeling for community resource management: Acequia-based agriculture. Computers, Environment and Urban Systems. 36(6), 562-572, https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.08.004
Yang, L.E., Hoffmann, P., Scheffran, J., Ruhe, S., Fischereit, J., Gasser, I. (2018). An agent-based modeling framework for simulating human exposure to environmental stresses in urban areas. Urban Science. 2(2), 36-56, https://doi.org/10.3390/urbansci2020036
Zhuo, L. and D. Han. (2020). Agent-based modelling and flood risk management: a compendious literature review. Journal of Hydrology, 2020, https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125600.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Sabzevar, A.D., et al. (1385). Application of GIS and remote sensing in flood zoning studies, in 7th International River Engineering Conference. [In Persian]
Soltani, A., M. Soltani, and K. Soleimani. (1397). Evaluation of groundwater quality in Shousha city for drinking. Ecohydrology. 5(4), 1135-1146, https://dx.doi.org/10.22059/ije.2018.257339.873 [In Persian]
Tabasi, M. and A.A. AleSheikh. (1395). NetLogo Simulation Environment: A tool for creating spatially based operating models, in The 2nd National Conference on Geospatial Information Technology. [In Persian]

References (in English)

(ERSS), E.R.C.C., Iran | Flood wrap-up March-April. 2019.
Alfieri, L., Bisselink, B., Dottori, F., Naumann. G., De Roo, A., Salamon, P., Wyser, K., Feyen, L. (2017). Global projections of river flood risk in a warmer world. Earth's Future. 5(2), 171-182, https://doi.org/10.1002/2016EF000485
Azari, H., Motakan, A.A., Shakiba, A.R., Pourali, Sh. (2009). Simulation and flood warning by integrating hydrological models in GIS and estimating precipitation through remote sensing. Geology of Iran. 3, 39-53.
Berglund, E.Z. (2015). Using agent-based modeling for water resources planning and management. Journal of Water Resources Planning and Management. 141(11), 04015025, https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000544
Bucovetchi, O., Georgescu, A., Badea, D., Stanciu, R. (2019). Agent-Based Modeling (ABM): Support for Emphasizing the Air Transport Infrastructure Dependence of Space Systems. Sustainability. 11(19), 5331-5348, https://doi.org/10.3390/su11195331
Coates, G., Li, C., Ahilan, S., Wright, N., Alharbi, M. (2019). Agent-based modeling and simulation to assess flood preparedness and recovery of manufacturing small and medium-sized enterprises. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 78, 195-217, https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.11.010
Crooks, A.T. and S. Wise. (2013). GIS and agent-based models for humanitarian assistance. Computers, Environment and Urban Systems. 41, 100-111, https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.05.003
Dawson, R.J., R. Peppe, and M. Wang. (2011). An agent-based model for risk-based flood incident management. Natural hazards. 59(1), 167-189, https://doi.org/10.1007/s11069-011-9745-4
EPSG Geodetic Parameter Dataset Application User Guide. 2020.
Garner. (2013). R. NASA Earth Images. Available from: https://nasa.gov/content/nasa-earth-images.
Gude, V., Corns, S., Dagli, C., Long, S. (2020). Agent Based Modeling for Flood Inundation Mapping and Rerouting. Procedia Computer Science, 2020. 168, 170-176, https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.279
Guzy, M.R., Smith, C., Bolte, J., Hulse, D., Gregory, S. (2008). Policy research using agent-based modeling to assess future impacts of urban expansion into farmlands and forests. Ecology and Society. 13(1), 37, http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art37/
Hu, C., Li, J., Li, X., Chen, N., Yang, C. (2018). An observation capability semantic-associated approach to the selection of remote sensing satellite sensors: a case study of flood observations in the Jinsha River basin. Sensors. 18(5), 1649-1677, https://doi.org/10.3390/s18051649
Iranian Academy of Remote Sensing Available from: https://girs.ir/.
Iwamura, T., Lambin, E., Silvius, K.M., Luzar, J B. Fragoso, J.M.V. (2014). Agent-based modeling of hunting and subsistence agriculture on indigenous lands: Understanding interactions between social and ecological systems. Environmental Modelling & Software. 58, 109-127, https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.03.008
Jia, M., Srinivasan, R.S., Ries, R., Weyer, N., Bharathy, G. (2019). A systematic development and validation approach to a novel agent-based modeling of occupant behaviors in commercial buildings. Energy and Buildings. 199, 352-367, https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.07.009
Kilham, N.E., D. Roberts, and M.B. Singer. (2012). Remote sensing of suspended sediment concentration during turbid flood conditions on the Feather River, California—a modeling approach. Water Resources Research. 48(1), 1521-1538, https://doi.org/10.1029/2011WR010391
Lai, W.-Z., Li, W.-B., Huang, Y.-L., Wang, W.-X., Xiao, D. (2015). Rainstorm flood building risk dynamic assessment conceptual model utilization agent based modeling. in 2015 International Conference on Computer Science and Applications (CSA). IEEE, 191-195, https://doi.org/10.1109/CSA.2015.34
Linghu, B., Chen, F., Gue, X., Li, W. (2013). A conceptual model for flood disaster risk assessment based on agent-based modeling. in 2013 International Conference on Computer Sciences and Applications. IEEE, 369-373, https://doi.org/10.1109/CSA.2013.93
Lippe, M., Bithell, M., Gotts, N., Natalini, D., Barbrook.J, P., Giupponi, C., Hallier, M., Hofstede, G.J., Le.P, C., Matthews, R.B. (2019). Using agent-based modelling to simulate social-ecological systems across scales. GeoInformatica. 23(2), 269-298, https://doi.org/10.1007/s10707-018-00337-8
Manson, S.M., S. Sun, and D. Bonsal. (2012). Agent-based modeling and complexity, in Agent-based models of geographical systems. Springer, 125-139, https://doi.org/10.1007/978-90-481-8927-4_7

Mosavi, A., P. Ozturk, and K.-w. Chau. (2018). Flood prediction using machine learning models: Literature review. Water. 10(11), 1536, https://doi.org/10.3390/w10111536
NetLogo Gis Extension. Available from: https://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/gis.html.
Noji, E.K. and C. Lee. (2005). Disaster preparedness. Environmental health: From global to local, 745-780.
Quang, D.V., P. Schreinemachers, and T. Berger. (2014). Ex-ante assessment of soil conservation methods in the uplands of Vietnam: An agent-based modeling approach. Agricultural Systems. 123, 108-119, https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.10.002
Richards John, A. and J. Xiuping. (1999). Remote sensing digital image analysis: an introduction. Springer-Verlag, Berlin, 538-542, https://doi.org/10.1109/36.739109
Simmonds, J., J.A. Gómez, and A. Ledezma. (2020). The role of agent-based modeling and multi-agent systems in flood-based hydrological problems: a brief review. Journal of Water and Climate Change. 11(4), 1580-1602, https://doi.org/10.2166/wcc.2019.108
Spatial Reference. Available from: https://www.spatialreference.org/.
Tan, X.,Di, L., Deng, M., Chen, A., Huang, F., Peng, C., Gao, M., Yao, Y., Sha, Z. (2014). Cloud-and agent-based geospatial service chain: A case study of submerged crops analysis during flooding of the Yangtze River Basin. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 8(3), 1359-1370, https://doi.org/10.1109/JSTARS.2014.2376475
Walesh, S.G. (1991). Urban surface water management. John Wiley & Sons.
Wise, S. and A.T. Crooks. (2012). Agent-based modeling for community resource management: Acequia-based agriculture. Computers, Environment and Urban Systems. 36(6), 562-572, https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.08.004
Yang, L.E., Hoffmann, P., Scheffran, J., Ruhe, S., Fischereit, J., Gasser, I. (2018). An agent-based modeling framework for simulating human exposure to environmental stresses in urban areas. Urban Science. 2(2), 36-56, https://doi.org/10.3390/urbansci2020036
Zhuo, L. and D. Han. (2020). Agent-based modelling and flood risk management: a compendious literature review. Journal of Hydrology, 2020, https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125600

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی