دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هفدهم، شماره‌ی ۵۹
پاییز ۱۳۹۶، صفحات ۸۲-۶۷

علی دلال اوغلی[۱]
*محمدحسین فتحی[۲]
کاظم خوشدل[۳]

کاربرد روش‌های نوین تصمیم‌گیری چند شاخصه در برآورد پتانسیل سیل‌خیزی با تأکید بر عوامل ژئومورفیک (مطالعه موردی: حوضه رودخانه آجر لو چای)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۵/۲۱

چکیده

سیلاب از اصلی‌ترین بلایای طبیعی جهان هست. با افزایش شدت و فراوانی رخدادهای سیل، نگرانی‌های جهانی در خصوص افزایش مرگ‌ومیر و ضررهای اقتصادی ناشی از آن افزایش یافته است. در این مطالعه با هدف تعیین پهنه‌های سیل‌خیز، حوضه رودخانه آجر لو چای با استفاده از رویکرد نوین سیستم‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و مدل فازی پهنه‌بندی شده است. در این زمینه از هشت پارامتر طبیعی و انسانی شامل: بارش، کاربری زمین، خصوصیات مورفولوژیک دامنه‌ها مثل شیب دامنه‌ها، ارتفاع، شاخص پوشش گیاهی، فاصله از رودخانه‌های اصلی، تراکم شبکه زهکشی و سنگ‌شناسی برای اجرای مدل استفاده شده است. پس از تولید لایه‌های عوامل از بازدید میدانی و تصاویر ماهواره‌ای به‌منظور اصلاحات مورد نیاز لایه‌های تهیه شده استفاده شد. سپس، از طریق توزیع پرسشنامه و جمع‌آوری نظریه‌های کارشناسی با استفاده از روش AHP، به هر یک از معیارها و زیرمعیارها وزنی اختصاص یافت، سپس از طریق همپوشانی لایه‌ها در محیط GIS و با استفاده از عملگرهای فازی نقشه خطر سیل‌خیزی تهیه گردید. با توجه به نقشه پهنه‌بندی سیل‌خیزی، پهنه‌های با خطر بسیار زیاد در بالادست حوضه واقع

۱- گروه ژئومورفولوژی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران.
*۲- گروه ژئومورفولوژی دانشگاه افسری امام علی (ع) (نویسنده مسئول). E-mail: Geo.fathi@gmail.com
۳- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز. E-mail: K.Khoshdel8@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

گردیده‌اند، این سطوح اغلب شیب بالای ٤٠ درصد، پوشش گیاهی کم تراکم، دامنه‌های واگرا با پروفیل محدب را تشکیل می‌دهند. در نقشه پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری، پهنه‌های با خطر بسیار زیاد در پایین‌دست حوضه قرار دارند. این مناطق اغلب نواحی کم شیب، سطوح همگرا با پروفیل مقعر، نواحی پست و حاشیه رودخانه‌ها را تشکیل می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: آجرلو چای، سیل‌خیزی، پهنه‌بندی، تصمیم‌گیری چند شاخصه، منطق فازی.

مقدمه

سیلاب، یکی از پدیده‌های پیچیده و مخرب طبیعی است که سبب خسارات زیادی به بخش کشاورزی، شیلات، مسکن و زیرساخت‌ها می‌شود و به‌شدت روی فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی تأثیر می‌گذارد (چانگ[٤] و همکاران، ۲۰۰۸: ۳۵). منطقه‌ی شمال‌غرب کشور، به دلیل داشتن اقلیمی نیمه‌خشک و کوهستانی و در نتیجه تغییرپذیری بالای بارش، ازجمله مناطقی است که در معرض سیلاب‌های مخرب قرار دارد (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۸: ١٤). ازاین‌رو تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی، جهت مدیریت سوانح احتمالی و کاهش اثرات آن از اهمیت بالایی برخوردار هست. پهنه‌بندی سیل ازجمله روش‌های کاهش خطرات سیل است که اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با طبیعت، سیلاب‌ها و اثرات آن بر اراضی دشت سیلابی و تعیین حریم رودخانه‌ها ارائه می‌دهد، درنتیجه امکان ارسال هشدارهای مناسب در مواقع خطر سیل و تسهیل عملیات امداد و نجات را فراهم می‌سازد (نیک‌نژاد و علیزاده، ۱۳۸۵). یکی از مشکلات اساسی در زمینه پیش‌بینی سیلاب نبود داده‌های هیدرولوژی و اقلیمی در اغلب حوضه‌های آبخیز کشور است. وجود ارتباط بین پارامترهای ژئومورفولوژی و هیدرولوژی این امکان را فراهم می‌کند تا در حوضه‌هایی که از نظر ژئومورفولوژی تشابه وجود دارد، با ایجاد روابط بین این دو، اقدام به‌پیش‌بینی سیلاب در حوضه‌های دارای آمار و تعمیم آن به حوضه‌های مشابه فاقد آمار نمود (جین[٥]، ۲۰۰۳: ١٥٩٦). سیلاب حدود ٤٠ درصد از آمار مرگ‌ومیرهای ناشی از بلایای طبیعی را در بر می‌گیرد و فقط در آخرین دهه قرن بیستم، مرگ حدود ۱۰۰۰۰۰ نفر را رقم زد و زندگی حدود ١/٤ میلیارد نفر را تحت تأثیر قرار داد (ایزمونی و ایمرایب[٦]، ۲۰۱۲). با افزایش شدت و فراوانی رخدادهای سیل، نگرانی‌های جهانی در خصوص افزایش مرگ‌ومیر و ضررهای اقتصادی ناشی از آن افزایش یافته است (سرحدی[٧] و همکاران، ۲۰۱۲). سیلاب در سال ۲۰۱۰ زندگی ۱۷۸۰۰۰۰۰۰ نفر را تحت تأثیر قرار داد و از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۰ در مجموع ٤٠ میلیارد دلار خسارت مالی به بار آورده است (مارتین[٨] و همکاران، ۲۰۱۲). در کشور ما وقوع سیل بیش از آن‌که ناشی از بارش‌های تند باشد در رابطه با برهم خوردن تعادل

4- Chang
5- Jain
6- Ezemonye & Emeribe
7- Sarhadi
8- Martin

Archive of SID

www.SID.ir

طبیعی و شرایط جغرافیایی و فیزیولوژیکی منطقه هست (امیدوار و کیانفر، ۱۳۸۹). هرچند موضوعات مربوط به طغیان رودخانه‌ها و لبریز شدن آن‌ها در قلمرو هیدرولوژی مورد مطالعه قرار می‌گیرد، اما از نظر حجم کلی آب تخلیه شده، نحوه جریان آن، به‌ویژه هنگام طغیان، که ارتفاع آب را نیز مشخص می‌کند و موادی که توسط جریان آب به‌جا گذاشته می‌شود به شرایط ژئومورفولوژی بستگی دارد (رجایی، ۱۳۷۳: ۲۳۱). ویژگی‌های ژئومورفیک در چگونگی عبور آب تأثیر دارند ولی نمی‌توانند درگذر آب و مقدار آن تأثیر داشته باشند (خوشدل و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۱). اندازه و تکرار رویداد سیلاب در هر منطقه، بستگی به عوامل متعددی دارد. ویژگی‌های فیزیکی حوضه‌ی آبریز مانند شکل، شیب، شبکه‌ی آبراهه‌ای و ناهمواری زمین، همراه با ویژگی‌های هیدرولوژیکی مانند بارش، ذخیره و تلفات برگابی و چالابی، تبخیر و تعرق و نفوذپذیری و اقدامات ناشی از فعالیت‌های بشری، در بروز و تشدید سیلاب یا کاهش و افزایش میزان خسارت‌های ناشی از آن دخالت دارند. شناخت این عوامل و دسته‌بندی آن‌ها در هر منطقه‌ای، از اصول اولیه‌ی مهار سیلاب و کاهش خطرات آن است (رضوی، ۱۳۸۷: ۷۵). هر قسمتی از حوضه پتانسیل معینی را در تولید رواناب و سیل‌خیزی دارد. همچنین بخش‌های مختلف حوضه با توجه به ویژگی‌های توپوگرافیک لندفرم‌ها پتانسیل متفاوتی را از خود در سیل‌گیری نشان می‌دهند.

بنابراین در کنترل و مبارزه با سیلاب، شناخت عوامل مؤثر بر آن اهمیت بسیار زیادی دارد. به گفته‌ی دیگر، پیش از هرگونه برنامه‌ریزی برای کنترل سیل، باید رفتار فرآیندهای آن را شناخت (اسمیت، به نقل از قنواتی، ۱۳۸۲: ۱۷٤–۱۸۲). هر یک از عوامل مؤثر بر رخداد سیلاب، سهم متفاوتی در میزان خطر وقوع آن در سطح حوضه‌های آبریز دارنـد، به‌طوری‌که می‌توان این عوامل را با توجه به میزان اهمیت هر یک، اولویت‌بندی کرد.

روش‌های مختلفی برای تعین میزان رواناب و پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی وجود دارد. اکثر این روش‌ها بر پایه روش‌های نموداری و استفاده از فرمول‌های تجربی، تحلیل آماری داده‌های سیلاب، تفکیک حوضه به تعدادی زیر حوضه، داده‌های دورسنجی و GIS و مدل‌های ریاضی رایانه‌ای و بیش‌تر از دیدگاه تولید سیل در حوضه‌ها هست. ارزیابی سیل‌خیزی اساساً فرآیند چندبعدی ترکیبی و پیچیده شامل عوامل کیفی و کمی است. به همین علت، تصمیم گیران برای تسهیل در این‌گونه بررسی‌ها ترجیح می‌دهند نظرهای کارشناسی خود را به‌صورت مقادیر عددی نشان دهند (یانگ[9] و همکاران، ۲۰۱۳). در این میان استفاده از روش‌های نوین تصمیم‌گیری چند شاخصه و ترکیب آن با داده‌های مکانی در سال‌های اخیر بیش‌تر از سایر روش‌ها مورد توجه و استفاده متخصصان قرارگرفته است. سیستم-های تصمیم‌گیری چند شاخصه، روش و فن مورد نیاز برای تجزیه‌وتحلیل مسائل تصمیم‌گیری پیچیده را، که اغلب شامل داده‌ها و معیارهای غیرقابل مقایسه‌اند، فراهم می‌آورد. موفقیت سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و MCDA در آنالیز خطرهای طبیعی و سایر مطالعات زیست‌محیطی قبلاً به اثبات رسیده است. در این خصوص، کارهای

9- Yang

Archive of SID

www.SID.ir

مختلفی درزمینه پهنه‌بندی پتانسیل سیل گیری و سیل‌خیزی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

کرمی و همکاران (۱۳۸۷) برای حوضه رودخانه دوغ در استان گلستان پهنه‌بندی سیلاب‌دشت را با استفاده از تلفیق مدل هیدرولوژیکی و سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام دادند. امیدوار و کیانفر (۱۳۸۹) با استفاده از ۲۸ پارامتر فیزیوگرافی، هیدرومتری، نفوذپذیری و اقلیم پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی را برای حوضه کنجانچم انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که در بین این پارامترها عامل شکل با ضریب ویژه ۹/۷۵ بیش‌ترین تأثیر را در بین سایر عوامل، در سیل‌خیزی حوضه دارد (امیدوار و کیانفر، ۱۳۸۹). حسین‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) ابعاد ژئومورفولوژیکی سیلاب‌های کاتاستروفیک چند سال اخیر و تغییرات حاصل از آن را در حوضه رودخانه مادرسو مورد بررسی قراردادند. روش به‌کار رفته در این بررسی‌ها از نوع توصیفی-تحلیلی و استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای قبل و بعد از وقوع سیل و کارهای میدانی بود (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). آقا علی‌خانی (۱۳۸۸) با استفاده از مدل منطق فازی پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی و سیل‌گیری را برای حوضه فرحزاد تهران انجام داد و نتیجه گرفت که پهنه‌های با خطر بسیار زیاد در بالادست حوضه واقع گردیده‌اند، این سطوح اغلب ستیغ‌ها و خط الراس‌ها با دامنه‌های محدب و شیب بالای ٤٠ درصد را تشکیل می‌دهند. در نقشه پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری، پهنه‌های با خطر بسیار زیاد در پایین‌دست حوضه و منطبق بر دره‌ها و خط القعرها می‌باشند. بهشتی جاوید (۱۳۹۰) پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی را با استفاده از تلفیق مدل‌های CN و AHP برای حوضه بالخلو انجام داد و به این نتیجه رسید که مدل با توجه به برآورد میزان رواناب تولیدی قابلیت مناسبی را در ارزیابی پتانسیل سیل‌خیزی در منطقه دارد. علایی طالقانی و همایونی (۱۳۹۰) با در نظر گرفتن ١٤ عامل مؤثر در تولید رواناب و همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS، حوضه دینور در شمال‌شرق استان کرمانشاه را به ۵ پهنه تولید سیلاب بالا، نسبتاً بالا، متوسط، نسبتاً کم و کم طبقه‌بندی کردند. ثروتی (۱۳۹۰) در مطالعه‌ی روی حوضه‌های زیلگی و فیره رود در استان گیلان بیان کرده است که شکل، وسعت، شیب بستر، چالاب‌های گسترده در بستر رودخانه‌ها و بارش‌های ٢٤ ساعت این حوضه‌ها از عوامل مهم در سیل‌خیزی آن‌ها محسوب می‌شوند.

از نمونه کارهای خارجی نیز می‌توان به کار کوتگودا[10] و همکاران در سال (۲۰۰۰) اشاره کرد که با استفاده از تکنیک شماره منحنی و آمار بارش ورودی، جریان‌های سیلابی روزمره را برای سه حوضه در کشور ایتالیا مدل‌سازی آماری کردند. نتیجه تحقیق نشان داد که استفاده از داده‌های بارش و تکنیک شماره منحنی می‌تواند یک روش پیشنهادی معنی‌دار، کاربردی و امکان‌پذیر برای مدل‌سازی آماری جریان‌های روزانه باشد. پاوتانا[11] و همکاران (۲۰۰۹) در شمال‌شرق تایلند با استفاده از فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) و تکنیک GIS و وزن‌دهی به عوامل آب سطحی، تراکم زهکشی، لندفرم، کاربری اراضی، زهکشی خاک، ژئومورفولوژی، شاخص پوشش و آبدهی آب

10- Kottegoda
11- Pawattana

Archive of SID

www.SID.ir

زیرزمینی، به شناسایی مناطق تولید سیلاب پرداختند. ساهو[۱۲] و همکاران در سال ۲۰۱۰ تحقیقی را در ۷۶ حوضه کشاورزی کوچک در کشور امریکا انجام دادند. در این تحقیق مدل اولیه SCS-CN با سایر متغیرهای موجود مورد مقایسه قرار گرفت و در نهایت یک مدل بهبود یافته شده توسط آن‌ها ارائه شد. هاگن[۱۳] و همکاران (۲۰۱۰) با ارائه روشی به نام مهندسی معکوس سیلاب، سعی کردند تا راه‌حلی جهت نقشه‌برداری سیلاب در کشورهای درحال‌توسعه نظیر افغانستان که فاقد داده‌های مورد نیاز و یا با دقت کم می‌باشند را فراهم نمایند. این روش تکیه‌بر عمق طغیان‌های گذشته دارد و هدف اولیه استخراج وسعت سیلاب از روی سیلاب حداکثر هست. عمق سیلاب از روی سیلاب‌های مشاهده شده گذشته و تصاویر و عکس‌های ماهواره‌ای استخراج گردیده تا وارد مدل هیدرولیکی شود. عمق سیلاب نیز از تفریق حداقل نقاط اندازه‌گیری شده از حداکثر نقاط طغیان برآورد شده است. مک[۱۴] و همکاران (۲۰۱۱) در ویتنام با استفاده از روش AHP و کمی‌سازی میزان تأثیر عوامل مؤثر در سیل‌خیزی، بـه شناسایی عوامل مؤثر درخطر سیلاب پرداختند. کوشیک و سینی[۱۵] (۲۰۱۲)، در هند با استفاده از تکنیک GIS و روش مجموع رتبه‌ها ابتدا با در نظر گرفتن وزنی برای عوامل هیدرولوژی، شیب، نوع خاک، تراکم زهکشی و پوشش زمین نقشه خطر سیل را در سه کلاس تهیه کردند. استفانید و ساتیس[۱۶] (۲۰۱۳)، در مطالعه‌ای با استفاده AHPبه بررسی تأثیر عوامل طبیعی و عوامل مخل انسانی روی خطر سیل‌خیزی حوضه‌های آبخیز در شمال یونان پرداختند. آنان با در نظر گرفتن هفت عامل کاربری اراضی، فرسایش‌پذیری، شیب حوضه، شیب آبراهه اصلی، نفوذپذیری خاک، شکل حوضه و تراکم زهکشی به‌منزله عوامل طبیعی و سه عامل تجاوز به حریم رودخانه، کارهای فنی ناکافی، شکل مقطع رودخانه در مناطق هموار به‌منزله عوامل مخل انسانی نقشه خطر سیل‌خیزی حوضه‌ها را تهیه کردند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که عوامل مخل انسانی نقش بسزایی درخطر سیل‌خیزی دارند.

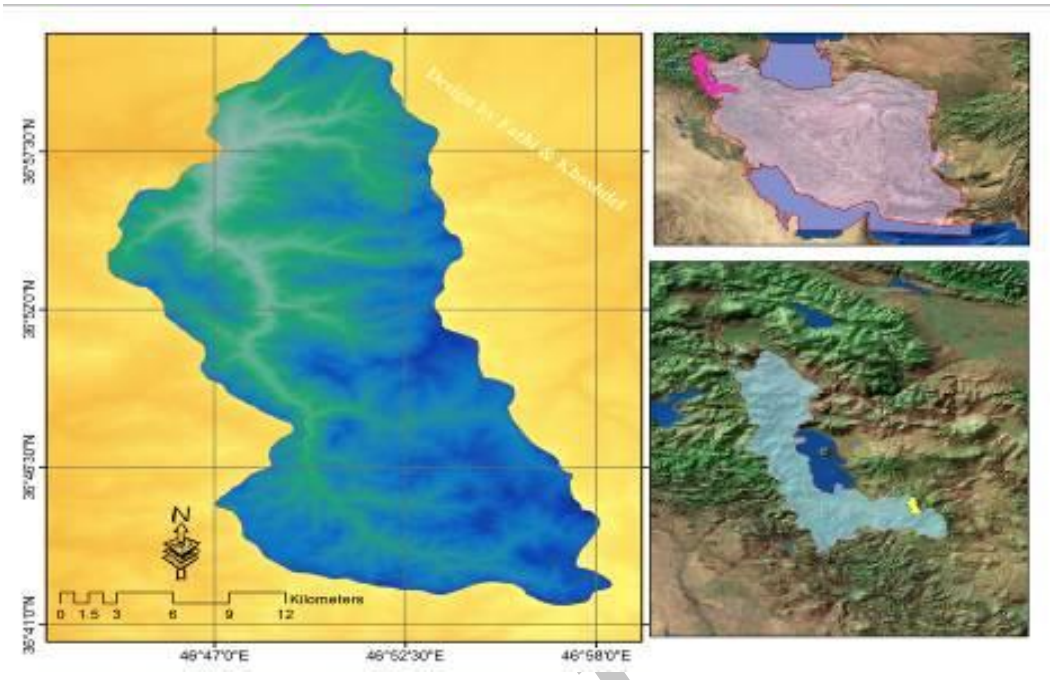
ویژگی‌های منطقه مطالعه

منطقه مورد مطالعه از زیرشاخه‌های رودخانه زرینه‌رود در شهرستان میاندوآب استان آذربایجان‌غربی هست. مساحت حوضه در حدود ۲۲۰ کیلومترمربع بوده و با حوضه سیمینه‌رود در شمال و شمال‌غرب و با زیرشاخه‌های قزل‌اوزن در جنوب و در شرق محدود شده است. بیش‌تر بخش‌های جنوب، غرب و جنوب‌غرب حوضه را ارتفاعات تشکیل می‌دهند و شمال‌شرق حوضه را اراضی پست و تپه‌ماهوری در برمی‌گیرند. (شکل ۱) موقعیت حوضه مورد مطالعه را در استان آذربایجان‌غربی نشان می‌دهد.

12- Sahu
13- Hagen
14- Mucked
15- Saini & Kaushik
16- Stefanidis & Stathis

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

با توجه به هدف تحقیق و نمونه کارهای قبلی صورت گرفته در این زمینه از هشت پارامتر طبیعی و انسانی برای اجرای مدل استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارت‌اند از: بارش، کاربری زمین، خصوصیات مورفولوژیک دامنه‌ها مثل شیب دامنه‌ها، ارتفاع، شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، فاصله از رودخانه‌های اصلی، ضریب نفوذپذیری خاک و سنگ‌شناسی. جهت تهیه این لایه‌ها از داده‌های هواشناسی، لایه DEM منطقه با قدرت تفکیک ۲۸ متر، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی سازمان جغرافیایی ارتش و سازمان زمین‌شناسی و باندهای ۳ و ٤ تصاویر ماهواره لندست استفاده شده است. هرکدام از پارامترهای فوق بنا به ماهیت و عملکردشان در مدل پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌گیری و سیل‌خیزی به گونه‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند که برخی از آن‌ها در هر دو مدل و برخی دیگر تنها در یک مدل مورد استفاده قرار گرفتند. با توجه به این امر از بین پارامترهای موجود هشت پارامتر درزمینه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی و ٤ پارامتر در زمینه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌گیری استفاده شده است.

-فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که اولین بار توسط توماس ال ساعتی در سال ۱۹۸۰ ارائه گردید. این روش بر اساس مقایسه‌های زوجی عوامل بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به تصمیم گیران می‌دهد. این تکنیک یکی از جامع‌ترین الگوریتم‌های طراحی‌شده برای

Archive of SID

www.SID.ir

تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیر ا امکان فرموله کردن مسائل پیچیده طبیعی به‌صورت سلسله مراتبی را فراهم نموده و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی در مسئله را دارد.

– مدل منطق فازی

یک مجموعه فازی A، مجموعه‌ای است که درجات عضویت اعضای آن می‌تواند به‌طور پیوسته از I=[0 , 1] اختیار شود. با استفاده از توابع فازی می‌توان، نقشه‌های مختلف را به تعدادی کلاس تفکیک نمود. عضویت فازی ۱، به معنی عضویت کامل در آن مجموعه و عضویت فازی صفر نشانه عدم تعلق به آن مجموعه است.

عملگر ضرب جبری فازی: این تابع به‌صورت زیر تعریف می‌شود (زیمرمان[17]، ۱۳۹۶: ۳۷).

$$\mu_{combination} = \prod_{i=1}^{m} \mu_i(x)$$

به دلیل ماهیت اعداد بین صفر و یک که همان درجه عضویت اعضا در مجموعه فازی می‌باشد، باعث می‌شود تا در نقشه خروجی این عملگر، اعداد کوچک‌تر شده و به سمت صفر میل کنند. در نتیجه تعداد پیکسل کم‌تری در کلاس خیلی‌خوب قرا می‌گیرند (آل شیخ، ۱۳۸۱: ۳٤). به همین دلیل این عملگر حساسیت بالایی در مکان‌یابی دارد.

عملگر جمع جبری فازی: این عملگر مکمل حاصل‌ضرب جبری است و به‌صورت زیر تعریف می‌شود (زیرمان، ۱۳۹٦: ۳۷).

$$\mu_{combination} = 1 - \prod_{i=1}^{m} (1 - \mu_i(x))$$

در این عملگر متمم ضرب متمم مجموعه‌ها محاسبه می‌شود. به همین دلیل در نقشه خروجی برخلاف عملگر ضرب جبری فازی، ارزش پیکسل‌ها به سمت یک میل می‌کند. در نتیجه تعداد پیکسل بیش‌تری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد. به همین دلیل این عملگر حساسیت خیلی کم‌تری در مکان‌یابی دارد (مهروز مقانلو، ۱۳۸٤).

عملگر گاما: این عملگر برحسب حاصل‌ضرب جبری فازی به‌صورت زیر تعریف می‌شود (زیرمان، همان)

$$\mu_{\tilde{A}\,i\,,comb}(x) = \left(\prod_{i=1}^{m} \mu_i(x)\right)^{(1-\gamma)} \left(1 - \prod_{i=1}^{m} (1 - \mu_i(x))\right)^{\gamma}, \quad x \in X, \quad 0 \leq \gamma \leq 1$$

برای به‌کارگیری مدل گاما ابتدا نتایج حاصل از عملگرهای جمع جبری و ضرب جبری فازی باید در دسترس باشند تا بتوان با استفاده از این عملگرها، اختلاف فاحش بین ضرب فازی و جمع فازی را تعدیل نمود. مقدار گامای تعدیل‌کننده بین صفر و یک است که از طریق قضاوت کارشناسی تعیین می‌شود (دادرسی، ۱۳۸۷).

17- Zimmermann

Archive of SID

www.SID.ir

- تدوین ساختار سلسله مراتبی به‌منظور پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی

اولین مرحله در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تدوین ساختار است. در این قسمت با تجزیه‌وتحلیل مسائل پیچیده، می‌توان آن‌ها را به شکلی ساده که با طبیعت و ذهن انسان مطابقت داشته باشد، تبدیل نمود. ساختار سلسله‌مراتب یک نمایش گرافیکی از مسئله پیچیده است که در رأس آن هدف کلی و در سطوح بعدی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها قرار دارند، ساختار کلی سلسله مراتبی می‌تواند به‌صورت یکی از موارد زیر طرح شود:

ساختار اول: هدف، معیار، زیرمعیار، گزینه.

ساختار دوم: هدف، معیار، عامل، زیر عامل، گزینه.

در این پژوهش جهت تدوین ساختار سلسله مراتبی پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه آبریز آجرلوچای از ساختار نخست بهره گرفته شده و شامل سطوح به شرح (جدول ۱) است.

جدول ۱- ساختار سلسله مراتبی معیارها و زیر معیارها

معیارهای اقلیمی	معیارهای زمین‌شناسی	معیارهای ژئومورفولوژی	معیارهای انسانی
• بارش • شبکه زهکشی • ضریب نفوذپذیری	• لیتولوژی • نوع خاک	• شیب • جهت شیب	• کاربری اراضی • تغییرات پوشش گیاهی

- محاسبه وزن نسبی عوامل موثر در پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عوامل به‌صورت زوجی با یکدیگر مقایسه شده و بیش‌ترین وزن به لایه‌ای تعلق می‌گیرد که حداکثر تأثیر را در تعیین هدف دارد. به‌عبارت دیگر معیار وزن‌دهی به واحدهای اطلاعاتی نیز بر اساس بیش‌ترین نقشی است که عوامل، در داخل لایه ایفاء می‌کنند در وزن‌دهی معیارها از قضاوت‌های شفاهی که به‌صورت مقایسه‌ای بین برگ خریدها صورت می‌گیرد، استفاده می‌شود. این قضاوت‌ها توسط ساعتی به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده که در (جدول ۲) ارائه شده است.

جدول ۲- مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی عوامل (قدسی پور، ۱۳۸۸: ١٤)

ترجیحات (قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم یا کاملاً مطلوب	Extremely preferred	۹
ترجیح بااهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	Strangly prferred very	۷
ترجیح بااهمیت یا مطلوبیت قوی	Strangly prferred	۵
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب	Moderately Prfered	۳
ترجیح بااهمیت یا مطلوبیت یکسان	Equally prfered	۱
ترجیحات بین فواصل قوی		۲، ٤، ٦، ۸

Archive of SID

www.SID.ir

پس از تشخیص عوامل موثر در وقوع سیلاب در منطقه مطالعاتی، وزن‌دهی به برگ خریدها برای اولویت‌بندی عوامل نسبت به یکدیگر با در نظر گرفتن رخداد زمین‌لغزش منطقه صورت گرفت و ماتریس‌های مقایسه زوجی بر اساس ویژگی‌های منطقه و مطالعات تطبیقی برای عوامل و زیر عامل‌ها شکل گرفت. پس از تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی، با استفاده از روش تقریبی میانگین‌گیری حسابی، وزن نسبی پارامترها محاسبه شد. نتایج حاصل از وزن‌دهی، ماتریس‌های مقایسه زوجی و محاسبه بردار وزن عوامل موثر در پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در منطقه مطالعاتی به‌صورت (جداول ۳، ٤، ۵ و ٦) است.

جدول ۳- مقایسه زوجی زیر معیارها

CR:۰/۰۰۵٤	بارش	شبکه زهکشی	ضریب نفوذپذیری	لیتولوژی	نوع خاک	شیب	جهت شیب	کاربری اراضی	تغییرات پوشش گیاهی
بارش	۱	۱۱/۱	۳۵/۱	۷۲/۱	۹۰/۱	۳۷/۲	۱٦/۳	۱۷/۳	۱
شبکه زهکشی	۹۰/۰	۱	۱۳/۱	۵۷/۱	۸۳/۱	۲۰/۲	۷۱ / ۲	۸۵/۲	۹۰/۰
ضریب نفوذپذیری	۷٤/۰	۸۸/۰	۱	۳۵/۱	۵۱/۱	۸۰/۱	۲۸/۲	۲۷/۲	۷٤/۰
لیتولوژی	۵۸/۰	٦۳/۰	۷٤/۰	۱	۸/۱	۳۱/۱	۵۷/۱	۷۱/۱	۵۸/۰
نوع خاک	۵۲/۰	۵٤/۰	٦٦/۰	۹۲/۰	۱	۲۳ / ۱	٤۲/۱	۵۷/۱	۵۲/۰
شیب	٤۲/۰	٤۵/۰	۵۵/۰	۷٦/۰	۸۱/۰	۱	۱٤/۱	۲۸/۱	٤۲/۰
جهت شیب	۳۱/۰	۳٦/۰	٤۳/۰	٦۳/۰	۷۰/۰	۸۷/۰	۱	۱	۳۱/۰
کاربری اراضی	۳۰/۰	۳۵/۰	٤۲/۰	۵۸/۰	٦۳ / ۰	۷۸/۰	۱	۱	۳۰/۰
تغییرات پوشش گیاهی	۱	۱۱/۱	۳۵/۱	۷۲/۱	۹۰/۱	۳۷/۲	۱٦/۳	۱۷/۳	۱

جدول ٤- مقایسه زوجی معیارها

CR ۰/۰۰۳۲	فاکتور اقلیمی	فاکتور زمین‌شناسی	فاکتور ژئومورفولوژی	فاکتور انسانی
فاکتور اقلیمی	۱	۳	۵	۷
فاکتور زمین‌شناسی	۰/۳۳۳	۱	۳	۵
فاکتور ژئومورفولوژی	۰/۲	۰/۳۳۳	۱	۳
فاکتور انسانی	۰/۱٤۲۹	۰/۲	۰/۳۳۳	۱

www.SID.ir

جدول ۵- وزن نهایی حاصله از مقایسات زوجی زیر معیارها

بارش	۰/۲۵۹
شبکه زهکشی	۰/۱۵۱
ضریب نفوذپذیری	۰/۱۳٤
لیتولوژی	۰/۲۹٤
نوع خاک	۰/۱۳٦
شیب	۰/۳۹٤
جهت شیب	۰/۲۳۰
کاربری اراضی	۰/۱۰۵
تغییرات پوشش گیاهی	۰/۲۷۵

جدول ٦- وزن نهایی حاصله از مقایسات زوجی معیارها

فاکتور اقلیمی	۰/٤٦۸
فاکتور زمین‌شناسی	۰/۲٤۵
فاکتور ژئومورفولوژی	۰/۱۹٤
فاکتور انسانی	۰/۰۹۳

- آماده‌سازی داده

برای این‌که بتوانیم لایه‌ها را در مدل فازی مورد استفاده قرار دهیم لازم است ابتدا تک‌تک لایه‌ها با توجه به هدف موردنظر بر اساس توابع عضویت، فازی سازی شوند. با داشتن توابع فازی می‌توان با استفاده از برخی از توابع موجود در نسخه ۱۰ نرم‌افزار ARC GIS و یا به‌صورت فرمول نویسی در تحلیل‌گر Raster Calculator لایه‌ها را به‌صورت لایه‌های استاندارد شده در بازه ارزشی صفر تا ۱ قرارداد. لایه‌های وکتوری پلی گونی نیز بدون نیاز به تابع با دادن کدهای بین ۰ تا ۱ و تبدیل به لایه رستری به حالت فازی تبدیل می‌شوند. هرکدام از این لایه‌ها به‌تنهایی با توجه به ضابطه و نوع تابعی که برای آن در نظر گرفته شده است محدودیت و امکان سیل‌گیری و سیل‌خیزی را تعیین می‌کنند. (شکل‌های ۲ و ۳) به‌ترتیب لایه‌های استفاده شده برای مدل‌سازی نقشه پتانسیل‌سیل‌خیزی و سیل‌گیری را نشان می‌دهد. در این پژوهش از عملگر گامای فازی استفاده شده است که نقش تعدیلی نسبت به نتیجه جمع و ضرب فازی دارد و حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم عملگر جمع فازی را تعدیل کرده و به واقعیت نزدیک‌تر می‌کند. این عملگر برحسب حاصل‌ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی بر اساس رابطه (۲) تعریف می‌شود.

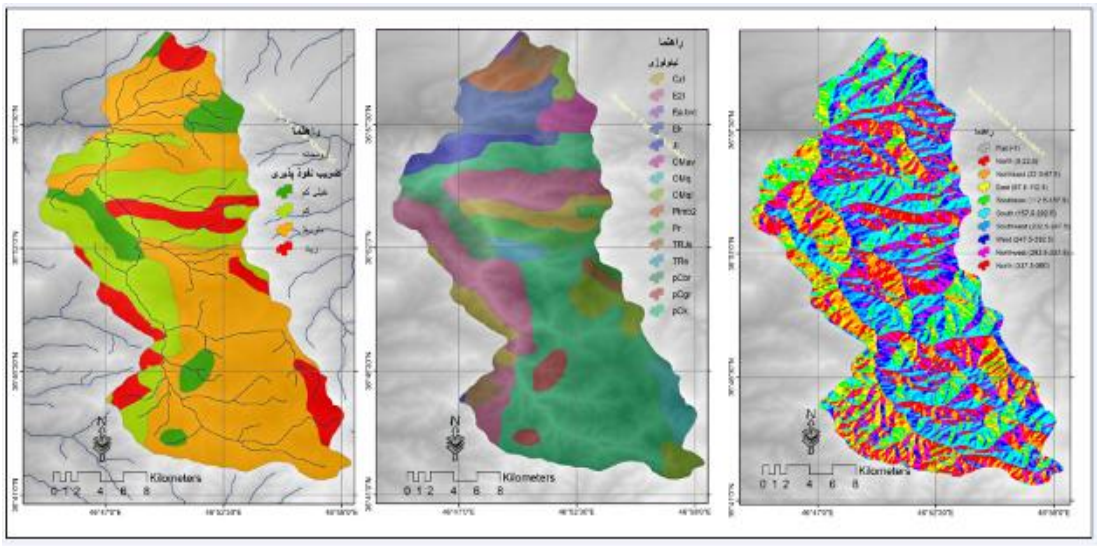
رابطه (۲) $$\mu_{combination}=((\text{Fuzzy Algebraic Sum})(\text{Fuzzy Algebraic Product}))^{1-\gamma}$$

که در آن $\mu_{combination}$ = لایه حاصل از گامای فازی و γ= پارامتر تعیین شده در محدوده صفر و یک است. زمانی که γ را برابر ۱ قرار دهیم ترکیبی که اعمال می‌شود همان جمع جبری فازی و زمانی که γ برابر صفر باشد ترکیب

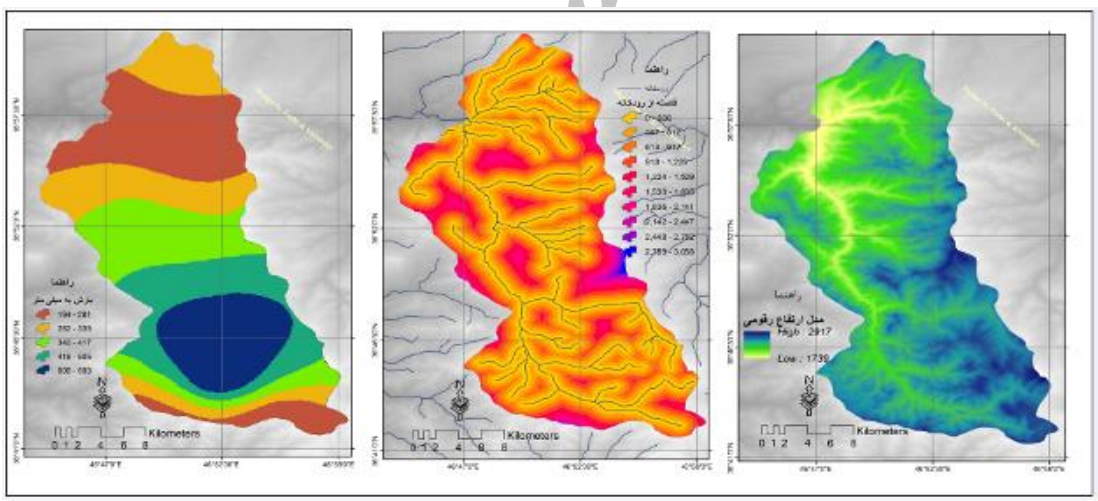
Archive of SID

www.SID.ir

فازی است. مقدار در نظر گرفته‌شده برای γ مقادیری در خروجی ایجاد می‌کند که با اثر افزایشی جمع جبری و اثر کاهشی ضرب جبری فازی سازگاری دارد، برابر با ضرب جبری پس باید در نظر داشت که انتخاب صحیح مقدار گاما در بالا بردن دقت کار بسیار مفید است.



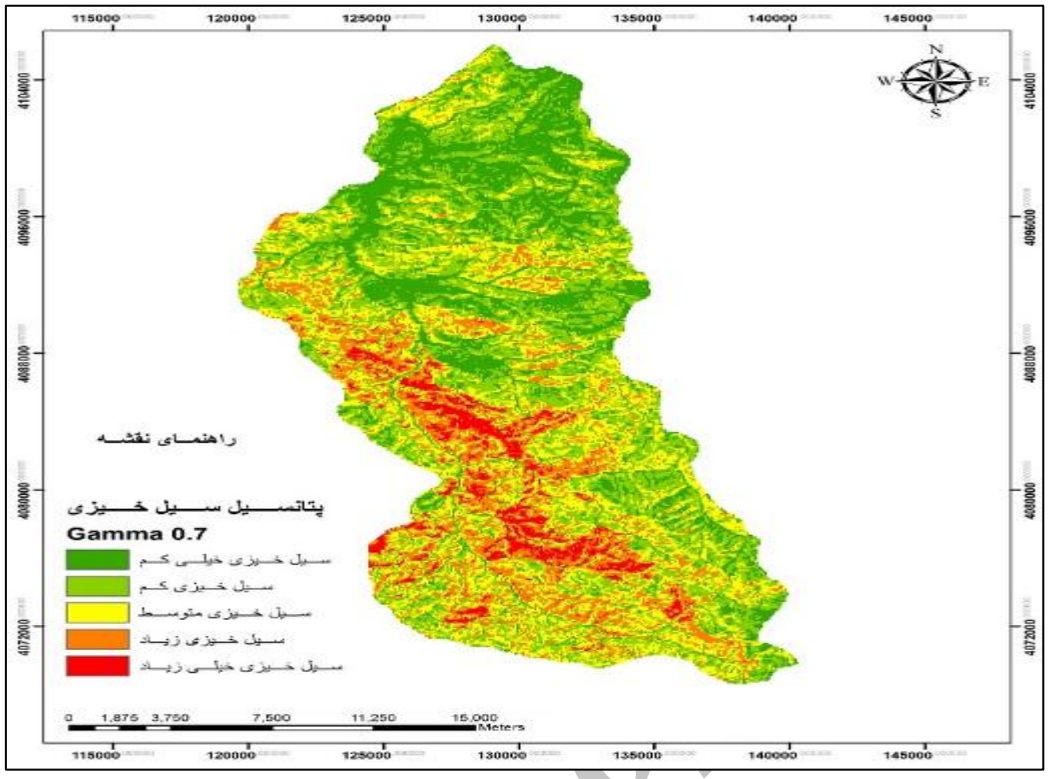
شکل ۲: لایه‌های استفاده شده در پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی



شکل ۳: لایه‌های استفاده‌شده در پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی

با توجه به مطالعات انجام شده و نتایج آن‌ها و نیز اجرا و مقایسه مقادیر مختلف گاما، در نهایت از گامای ۰/۷ استفاده شد. با اجرای مدل‌ها، نقشه پهنه‌بندی قابلیت سیل‌خیزی و سیل‌گیری در پنج کلاس تهیه شد (شکل ٤) نقشه به‌دست آمده برای قابلیت پتانسیل سیل‌خیزی و سیل‌گیری را نشان می‌دهد.

www.SID.ir



شکل ٤: نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی

نتیجه‌گیری

برای پیشگیری اعمال تخریبی برخی از فرآیندهای مورفولوژیکی، یا به حداقل رساندن توان تخریبی آن‌ها، مطالعات ژئومورفولوژی لازم است. کارهایی مانند ارزیابی میزان خسارات احتمالی و محدود کردن نقش فرآیندهایی که امکان وقوع حوادث وخیم به‌وسیله آن‌ها وجود دارد از کارهای ضروری به‌شمار می‌رود (نادر صفت، ۱۳۸۰: ۲۳۰). با اجرای گامای فازی بر روی هشت پارامتر در نظر گرفته شده، نقشه پتانسیل سیل‌خیزی منطقه مورد مطالعه تهیه شد. نتایج به‌دست آمده از سه مقدار مختلف گاما (۰/۳، ۰/۷ و ۰/۹)، با استفاده از داده‌های سیلاب‌های رخ‌داده در منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت و درنهایت با پیمایش و تطبیق زمینی مناطق سیل‌خیز، مشخص شد که گامای ۰/۷ بهترین نتیجه را در پهنه‌بندی مناطق سیل‌خیز داشته است. همان‌گونه که (نقشه ٤) نشان می‌دهد، ارتفاعات جنوب‌شرقی حوضه دارای بیش‌ترین پتانسیل برای سیل‌خیزی می‌باشند و عمدتاً با زمین‌های مرتفع، پرشیب، سازندهایی با نفوذپذیری کم، تراکم زهکشی بالا و پوشش گیاهی تنک مشخص می‌شوند. طبق نقشه حدود ۱۰ درصد منطقه دارای پتانسیل زیاد و ۲۵ درصد نیز پتانسیل خیلی زیاد را برای سیل‌خیزی دارا هستند.

دانشمندان بر این باورند که برخی از بلایای طبیعی نظیر سیل از وقتی ظاهر گردیده است که بین فعالیت‌های بشری و طبیعت برخورد پیش آمده است و در محلی هم که سیل ناشی از پدیده‌های طبیعی بوده است به دلیل عدم حضور بشر در آن منطقه مشکلی برای او ایجاد نگردیده است. جایگزینی گونه‌های درختی و یا درختچه‌های با گونه‌های

Archive of SID

www.SID.ir

دیگر نیز تغییراتی را در جریان سطحی حوضه ایجاد می‌کند. در تصمیم‌گیری برای طراحی امور کنترل سیل، باید ملاحظات اقتصادی و هم ملاحظات زیستی در زمینه وضعیت هیدرولوژیک بررسی شود (دور کمپ، ۱۳۷۷: ۳۳۵). برای کنترل سیلاب‌ها همیشه باید حریم رودخانه‌ها را با همان ویژگی‌هایی که خود به‌وجود آورده است حفظ کرد و از دست‌اندازی و دخل و تصرف به حریم رودخانه‌ها جدا باید جلوگیری به‌عمل آید.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

- امیدوار، کمال؛ کیانفر، آمنه (۱۳۸۹)، «پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز کنجانچم»، ***پژوهش‌های جغرافیای طبیعی***، شماره ۷۲، صص ۹۰-۷۳.

- آقاعلیخانی، مرضیه (۱۳۸۸)، «پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی و سیل‌گیری حوضه فرحزاد تهران با استفاده از مدل منطق فازی»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه خوارزمی تهران.

- بهشتی‌جاوید، ابراهیم (۱۳۹۰)، «پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه رودخانه بالخلوچای»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه خوارزمی تهران.

- بهشتی، مسعود؛ فیض‌نیا، سادات؛ سلاجقه، علی؛ احمدی، حسن (۱۳۸۸)، «بررسی کارایی پهنه‌بندی زمین‌لغزش فاکتور اطمینان: مطالعه موردی حوزه آبخیز معلم کلیه»، ***فصلنامه جغرافیایی طبیعی***، شماره ۵، صص ۳۲-۲۰.

- ثروتی، محمدرضا (۱۳۹۰)، «برآورد پتانسیل سیلاب با تأکید بر ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی در دو حوضه آبخیز زیلکی و فیره رود با استفاده از روش SCS»، ***فصلنامه جغرافیای سرزمین***، شماره ۳۰، صص ٤٧-۳۳.

- حسین‌زاده، سیدرضا؛ جهادی طرقی، مهناز (۱۳۸۵)، «تجزیه‌وتحلیل ژئومورفولوژیکی سیلاب‌های کاتاستروفیک رودخانه‌ها در سو (جنگل گلستان)»، ***جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای***، شماره ۷، صص ۱۱۵-۸۹.

- خوشدل، کاظم؛ رضایی مقدم، محمدحسین؛ بهبودی، عبدالله (۱۳۹۳)، «مورفومتری مئاندرهای اهر چای در دشت ازومدل ورزقان و پیامدهای ژئومورفولوژیکی طغیان و سرریزشدن آب»، ***فضای جغرافیایی***، شماره ٤٥، صص ٦١-٤٧.

- رجایی، عبدالحمید (۱۳۷۳)، «***کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط***»، تهران، نشر قومس.

- علایی‌طالقانی، محمود؛ همایونی، صادق (۱۳۹۰)، «پهنه‌بندی حوضه دینور ازنظر تولید سیلاب با استناد به مؤلفه ژئومورفولوژی»، ***پژوهشنامه جغرافیایی***، شماره ۱، صص ٤٩-۳۹.

- کرمی، حجت؛ عبدالله، اردشیر؛ حسینی، سیدهادی؛ میکائیلی، محمدعلی (۱۳۸۷)، «پهنه‌بندی سیلاب‌دشت با تلفیق مدل هیدرولیکی و سامانه اطلاعات جغرافیایی»، مقاله سمینار چهاردهمین کنفرانس دانشجویان مهندسی عمران سراسر کشور، ۵ الی ۷ شهریور ماه ۱۳۸۷، دانشگاه سمنان.

- کوک، آ. ر. یو؛ دورکمپ، جی. سی (۱۳۷۷)، «***ژئومورفولوژی و مدیریت محیط***»، (ترجمه شاپور گودرزی نژاد)، تهران، انتشارات سمت.

- مغانلو، مهروز؛ فیض‌نیا، ک؛ غیومیان، ج؛ احمدی، ح (۱۳۸٤)، «بررسی نهشته‌های کواترنر جهت تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب به کمک فن سنجش‌ازدور RS و سامانه اطلاعات جغرافیایی»، ***فصلنامه پژوهش‌های مرتع و بیابان ایران***، شماره ۱۲، صص ٤٦٦-۳٤٨.

- مهدوی، مهدی (۱۳۸۲)، «***هیدرولوژی کاربردی***»، جلد ۱ و ۲، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

Archive of SID

www.SID.ir

- مهدوی‌نجف‌آبادی، علی (۱۳۸۸)، «مکان‌یابی عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی به دو روش منطق بولین و منطق فازی در حوضه آبریز دشت شهرکرد»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

- نادرصفت، محمدحسین (۱۳۸۰)، «***ژئومورفولوژی مناطق شهری***»، تهران، دانشگاه پیام نور.

- نیک‌نژاد، داود؛ علیزاده، عزت ا... (۱۳۸۵)، «مطالعه سیلاب و کنترل آن در دو زیر حوزه منتهی به دریاچه ارومیه»، کارگاه فنی همزیستی با سیلاب.

- Alesheikh, A. A., Soltani, M. J., Nouri, N., Khalilizadeh, M., (2005), "Land assessment for flood spreading site selection using geospatial information system", ***Int. J. Environmental Science and Technology***, 5 (4): 455-462.

- Chang, L. F., Lin, CH., Su, M. D., (2008), "Application of geographic weighted regression to establish flood-dam age functions reflecting spatial variation", ***Water SA***, 34 (2): 209-216.

- Duman, T. Y., Can, T., Gokceoglu, C., Nefeslioglu, H. A., Sonmez, H., (2006), "Application of logistic regression for landslide susceptibility zoning of Cekmece Area", ***Environmental Geology***, 51: 241-256.

- Ezemonye, M. N., Emeribe, C. N., (2011), "Flood Characteristics and management adatatios in parts of the IMO RIVER system", ***Journal of Environmental Studies and Management***, 4 (3): 56-64.

- Hagen, E., Shrodr, J. F., Lu, X.X., Teufert, J. F., (2010), "Reverse engineered flood hazard mapping in Afghanistan: A parsimonious flood map model for developing Countries", ***Quaternary International***, 226 (1-2): 82-91.

- Jain, V., Sinha, R., (2003), "Evaluation of geomorphic control on flood hazard through Geomorphic, Instantaneous", ***Unit Hydrograph Current Science***, 85 (11): 1596-1598.

- Martin, O., Rugumayo, R., Ovcharovichova, J., (2012), "Applicatin of HEC HMS/RAS and GIS tools iv fliid m odeling: a case Study for river Sironko-Uganda", ***Global Journal of Engineering***, ***Design and Technology*** (G. J. E. D. T), 1 (2): 13-19.

- Mukand, N. M. D., Huynh, S. B., Luon, T., (2011), "Evaluation of food risk param eters in the Day River flood diversion area, Red River delta, Vietnam", ***Nat Hazards***, 56:169–194.

- Kottegoda, N. T., Natale, L., Raiteri, E., (2000), "Statistical modeling of daily stream flows using rainfall input and curve number technique, ***Journal of Hydrology***, 234 (3): 170-180.

- Pawattana, C., Tripathi, N. K., Htwe, S. L., (2009), "Development of potential floodwater retention zones using AHP and GIS: A Case Study in the Chi River Basin, Thailand", ***International Journal of Geoinformatics***, 5 (4): 17-25.

- Sahu, R. K., Mishra, S. K., Eldho, T. I., (2010), "Comparative evaluation of SCS-CN-inspired models in applications to classified datasets", ***Agricultural Water Management***, 97: 749–756.

- Saini, S. S., Kaushik. S. P., (2012), "Risk and vulnerability assessment of flood hazard in part of Ghaggar Basin: A case study of Guhla block, Kaithal, Haryana, India, ***International Journal of Geomatics and Geosciences***, 3 (1): 42-54.

- Sarhadi, A., Soltani, S., Modarres, R., (2012), "Probabilistic f ood inundation mapping of ungauged rivers: Linking GIS techniques and frequency analysis", ***Journal of Hydrology*** 458–459: 68–86.

Archive of SID

www.SID.ir

- Yang, X. L., Ding, J. H., Hou, H., (2013), "App lication of a triangular fuzzy AHP approach for f ood risk evaluation and response measures analysis", ***Nat Hazards***, 68: 657–674.
- Zimmermann, H. J., (1996), "Fuzzy set theory and its applications", ***Kluwer Academic Publishers***", Boston.
Stefanidis, S., Stathi S, D., (2013), "Assessment of f ood hazard based on natural and anth ropogenic factors using analy tic hierarchy process (AHP)", ***Nat Hazards***, 68:569–585.

Archive of SID

www.SID.ir