Archive of SID.ir

DOI: 10.29252/ARIDBIOM.2024.21525.2011

پهنه‌بندی خطر سیل در مناطق خشک با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY در شهرستان دشتی، جنوب ایران (مقالهٔ پژوهشی)

١- سعید زارعی*، استادیار، گروه ژئوفیزیک، دانشکده علوم و فناوری نانو و زیستی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.
szarei@pgu.ac.ir
٢- سعیده کشاورز، استادیار، گروه علوم زمین، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

دریافت: ١۴٠٣/٠٢/٠۶
پذیرش: ١۴٠٣/٠۴/٠٢

چکیده

سیل به عنوان شایع‌ترین بلای طبیعی در سراسر جهان در سال‌های اخیر در نظر گرفته شده است. تهیه نقشه‌های پتانسیل خطر سیل برای مدیریت و کاهش خطر سیل لازم و ضروری است. تغییرات اقلیمی و تغییر مسیر رودخانه و مسیل‌ها در مناطق خشک سبب گسترش سیلاب‌ها شده است. هدف از این پژوهش، ارزیابی و پهنه‌بندی مناطق دارای خطر سیلاب با استفاده از رویکرد ترکیبی استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی- فازی (AHP-FUZZY) در شهرستان دشتی در استان بوشهر است. پارامترهای استفاده شده در این پژوهش عبارتند از لایه های بارش، ارتفاع از سطح دریا، شیب، تراکم شبکه زهکشی، کاربری اراضی، زمین‌شناسی و خاک که این لایه ها در محیط ARC GIS تهیه و طبقه‌بندی شده‌اند. سپس بر اساس روش AHP در نرم‌افزار AHP SOLVER وزن‌دهی و به کمک مدل فازی، لایه‌ها فازی شده‌اند و سرانجام با تلفیق روش AHP-FUZZY نقشه ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل به‌دست آمده است. نتایج حاصل از پهنه‌بندی سیلاب نشان می‌دهد که شهرستان دشتی از لحاظ آسیب‌پذیری به پنج طبقه تقسیم می‌شود که ۶/۵ درصد از منطقه در محدوده خطر بسیار بالا و ٢٧/٩ درصد از منطقه در محدوده خطر بالا قرار دارد. نتایج نشان می دهد بتحلیل نقشه های نهایی نشان می دهد که بیشترین پتانسیل خطر سیل مربوط به شهرهای خورموج، سنا و شنبه می باشد. تلفیق روش AHP-FUZZY قابلیت بالایی در ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل دارد لذا آگاهی از پتانسیل سیل‌خیزی منطقه می‌تواند در هنگام رخداد سیلاب در جهت تدوین برنامه های مدیریت سیلاب مؤثر واقع شود.

واژگان کلیدی: مخاطرات طبیعی، رودخانه، مدل فازی، استان بوشهر.

مقدّمه

سیل، جریان فراتر از ظرفیت حمل‌ونقل کانال رودخانه است که می‌تواند به‌دلایل طبیعی و مصنوعی رخ دهد [٢۶]. سیل از اصلی‌ترین مخاطرات جهانی است که منجر به خسارت‌های زیادی به بخش کشاورزی، شیلات، مسکن و زیرساخت‌ها می‌شود و به‌شدت روی فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی تأثیرگذار است [٣].

در طبیعت مجموعه عواملی هستند که باعث می‌شوند جریان رودخانه از حالت طبیعی و تعادل خود خارج شده و به یک عامل مخرب تبدیل شود. از مهم‌ترین آنها، تبدیل اراضی، تخریب پوشش گیاهی، درجه اشباع‌شدن خاک، تجاوز به حریم رودخانه‌ها، شدت بارندگی، شیب و نفوذپذیری حوضه می‌باشد [٣٠].

برابر آمارها، سیلاب‌ها حدود ۴٠ درصد از بلایای طبیعی جهان را به خود اختصاص داده‌اند [٩]. سواحل و رودخانه ها بخشی از طبیعت هستند که در اثر ساخت‌وساز بی‌رویهٔ انسان‌ها و هجوم افراد به مناطق پرخطر و نادیده‌گرفتن حریم‌های طبیعی، موجب بروز و تبدیل آن‌ها به بحران‌های فاجعه‌آمیز انسانی و اقتصادی شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مخاطرات طبیعی و ژئومورفولوژیک، به‌ویژه سیل همواره سکونتگاه‌های بشر و جان انسان‌ها را تهدید می‌کند و در مدت کوتاهی می‌تواند خسارات و تلفات بسیار گسترده‌ای بر جای بگذارد و در صورت تداوم آن باعث ایجاد ناامنی در مناطق مختلف گردد [۲۰].

چندین رویکرد برای بررسی خطر سیل در مناطق مختلف وجود دارد که هر رویکرد جنبه‌های مثبت و منفی مخصوص به خود را دارد. در این خصوص می‌توان به رویکردهای تصمیم‌گیری چند معیاره بر پایه تحلیل سلسله مراتبی[1] (AHP)، منطق فازی[2] (FL)، رگرسیون لجستیک[3] (LR)، درخت منطقی[4] (DT)، یادگیری ماشین[5] (ML) و شبکه عصبی مصنوعی[6] (ANN) اشاره نمود که مورد پذیرش محققان زیادی است [۱۷].

تصمیم‌گیری چندمعیاره بر پایهٔ روش‌هایی است که برای ارزیابی بهترین گزینه تصمیم بر اساس معیارهای متعدد استوار است و تعصب در تصمیم‌گیری‌ها را کاهش داده و ابزار مناسبی برای تصمیمات پیچیده است [۱۴]. همچنین امروزه روش منطق فازی در علوم محیطی و رویکردهای مرسوم برای تعیین حساسیت سیل به یک روش آماری مهم و پیشرفته بدل گردیده است [۲۹]. بنابراین، در این پژوهش از رویکرد تلفیقی FUZZY-AHP برای اولویت‌بندی تحلیل فضایی سیل‌خیزی یک منطقه خشک در جنوب ایران استفاده شده است.

مطالعات زیادی در مورد مخاطرات سیل انجام شده است که از جمله می‌توان به پژوهش‌های انجام شده توسط Hooijer و همکاران (۲۰۰۴) اشاره نمود. هدف اصلی تمامی این مطالعات کاهش مجموع مؤلفه‌های تأثیرگذار در خطر سیل است [۱۱].

Chen و همکاران (۲۰۱۱)، روش تحلیل خوشه‌ای فازی و شاخص‌های مساحت، تعداد تلفات جانی، تعداد خانه‌های ویران‌شده و میزان خسارات اقتصادی مستقیم را در طبقه‌بندی خطر سیلاب در ۳۰ استان چین به‌کار برده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که روش تحلیل خوشه‌ای فازی روشی مناسب برای طبقه‌بندی خطر سیلاب است [۳].

Rahmati و همکاران (۲۰۱۵) در مقاله‌ای به بررسی پهنه‌بندی خطر سیل در منطقه یاسوج ایران، با استفاده از GIS و تجزیه‌وتحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری پرداخته است؛ نتایج نشان داد که تکنیک AHP برای پیش‌بینی دقیق و قابل اعتماد برای میزان سیل نویدبخش است [۲۲].

Junxia و همکاران (۲۰۱۹) پژوهشی را با عنوان پهنه‌بندی خطر سیل بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و مجموعه متغیرهای فازی انجام داده‌اند و در نهایت، مناطق در معرض بیشترین خطر سیل را نام برده‌اند. متغیرهای فازی انجام داده‌اند و در نهایت مناطق در معرض بیشترین خطر سیل را نام برده‌اند [۱۳].

Yodyingو همکاران (۲۰۱۹) به بررسی خطر سیل با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی در تایلند پرداخته‌اند و نتایج آنها نشان داد که بیشتر مناطق نزدیک به زهکش‌ها، در منطقه خطر سیل بالا قرار دارند [۳۱].

Msabi و Makony (۲۰۲۱) در تانزانیا از این روش برای تهیه نقشه حساسیت سیل استفاده کردند و نشان دادند که حدود ۴۰/۲۷ و ۵۹/۷۳ درصد از محدوده مطالعاتی به‌ترتیب در محدوده خطر سیل خیلی زیاد و زیاد قرار دارند [۱۹].

نجفی و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله‌ای به بررسی پهنه‌بندی خطر سیل در منطقه یک کلانشهر تهران با استفاده از GIS و مدل ترکیبی AHP-FUZZY پرداخته است. نتایج نشان داد که پهنه‌های خطر خیلی زیاد و زیاد منطبق بر نقاط خروجی حوضه‌ها و در محدوده شهری منطقه قرار دارند [۲۰].

زیاری و همکاران (۱۴۰۰) شهر ایلام را با استفاده از رویکرد تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی پهنه‌بندی نموده‌اند و نشان داده‌اند که مناطق شمال و شمال غربی احتمال خطر بالاتری دارند [۳۲].

صیاد و همکاران (۱۴۰۱) پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز قمصر را با مدل ترکیبی AHP-FUZZY مطالعه و ۱۲/۴ درصد از محدوده مطالعاتی را در منطقه خطر سیل خیلی زیاد نشان داده است [۲۴].

[1] - Analytic Hierarchy Process
[2] - Fuzzy Logic
[3] - Logistic Regression
[4] - Decision Trees
[5] - Machine Learning
[6] - Artificial Neural Network

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

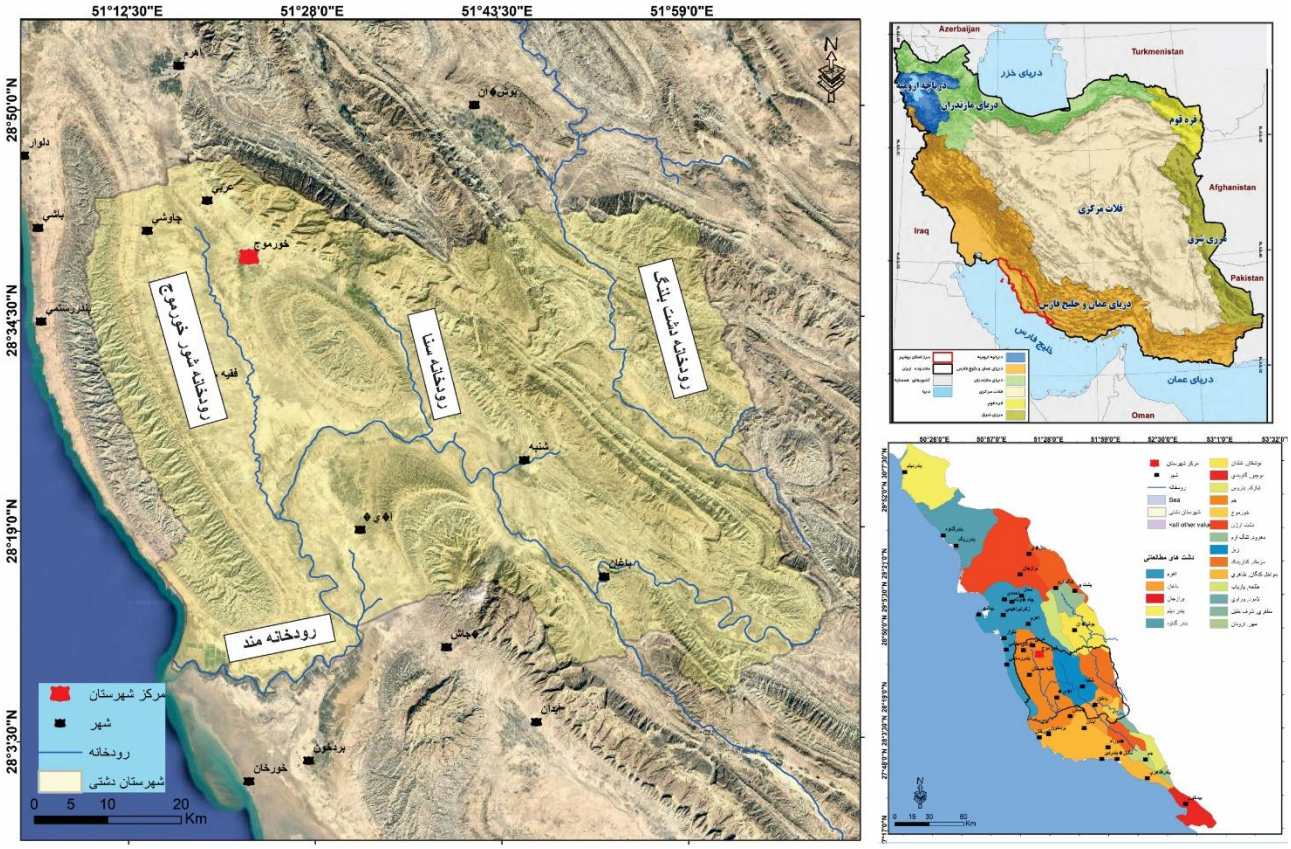
مطالعات زیادی در زمینه پهنه‌بندی خطر سیل در مناطق مختلف جهان و ایران انجام شده است اما در منطقه مطالعاتی فعلی کم‌تر به این موضوع پرداخته شده است. معیارهای مورد استفاده در این پژوهش بارش، ارتفاع از سطح دریا، شیب، تراکم شبکه زهکشی، کاربری اراضی، زمین‌شناسی و خاک می باشد که به منظور تعیین پتانسیل سیل‌خیزی منطقه مطالعاتی مورد استفاده قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان دشتی دومین شهرستان بزرگ استان بوشهر از نظر وسعت بوده و در محدوده جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۶دقیقه و ۱۰ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۹ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۴۸ دقیقه و ۱۱ ثانیه تا ۲۸ درجه و ۴ دقیقه و ۱۰ ثانیه عرض شمالی واقع شده و با شهرستان‌های تنگستان، دشتستان، دیر، جم و فراشبند در استان فارس دارای مرز مشترک است. مساحت شهرستان با توجه به لایه رقومی مورد استفاده در این پژوهش ۴۹۱۷ کیلومتر مربع در نظر گرفته شده است (شکل۱).

بخش شمال و شمال خاوری شهرستان، کوهستانی و نواحی مرکزی را دشت آبرفتی تشکیل می‌دهد. آب‌وهوای این شهرستان گرم و خشک بوده و بخش مهمی از حوضه آبریز رودخانه‌های شور، دشت پلنگ و قسمتی از حوضه رودخانه مند در این شهرستان واقع است.



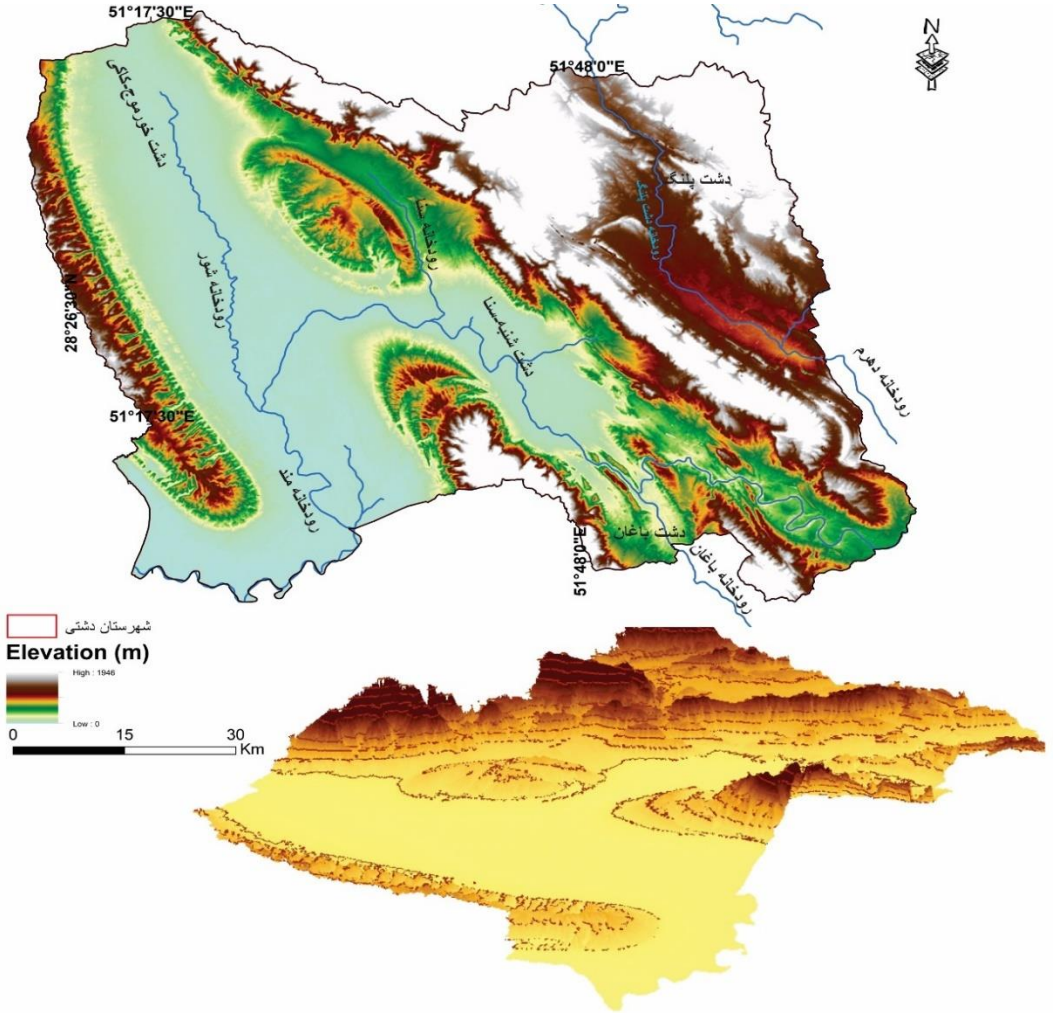
شکل ۱- موقعیت شهرستان دشتی در ایران و استان بوشهر

ارتفاعات این شهرستان که خود قسمتی از ناحیه ساحلی از زاگرس ساده-چین‌خورده است، به دشت‌های مهم این منطقه (دشت خورموج-کاکی، دشت شنبه-سنا، دشت باغان، دشت پلنگ) مشرف می‌باشد (شکل-۲). به علت بارندگی های سیل‌آسا در فصل زمستان و تأثیر عوامل اقلیمی مانند تغییرات دما و فرسایش‌پذیری بالای سازندهای موجود در کوه های مشرف به دشت، از پتانسیل سیلابی و فرسایش بالایی برخوردار می باشد و عمده پروژه‌های کنترل سیل و تأمین آب شهرستان نیز در این مناطق متمرکز شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

طبق گزارش مطالعات آمایش سرزمین استان بوشهر، سیل ۱۳۶۵ دشتی در اوایل روز ۱۱ آذر، پس از سه شبانه روز بارش، به‌طور کامل تمام روستاهای حاشیه رودخانه مُند را محاصره و خسارات جانی و مالی فراوانی را در استان بوشهر و در شهرستان دشتی به ویژه در روستاهای مجاور رودخانه مند به همراه داشته است. این سیل حدود ۴۳۰ نفر فوتی، ده‌ها روستا و آبادی تخریب شده و میلیاردها ریال خسارت مالی به بار آورده است. در سال ۱۳۹۵ نیز سیل مشابه دیگری به وقوع پیوست که به دلیل خالی‌بودن روستاهای خسارت دیده در سیلاب ۱۳۶۵ خسارت جانی نداشته ولی خسارات مالی زیادی داشته است.



شکل ۲- وضعیت توپوگرافی شهرستان دشتی و تصویر سه بُعدی از پستی‌وبلندی‌های شهرستان

داده‌ها

در این پژوهش از مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای و گزارش‌های موجود و نظر کارشناسان استفاده شده است. همچنین در این مطالعه، جهت انجام مدل فازی از نقشه‌های مختلف و تصاویر ماهواره‌ای گوگل برای آماده‌سازی نقشه‌های پایه استفاده شده است. در نهایت مطالعات میدانی به‌منظور تطابق نتایج با واقعیت انجام گرفت.

معیارهای به کار گرفته شده جهت ارزیابی و پهنه‌بندی شامل، بارش، زمین‌شناسی، فاصله از آبراهه‌ها، شیب، ارتفاع، کاربری اراضی و خاک در سطح منطقه است. سپس لایه‌های اطلاعاتی و معیارهای تعیین شده با استفاده از توابع فازی، زیرفازی‌سازی شده و در نهایت، تمام لایه‌های اطلاعاتی که دارای ویژگی کمی بوده‌اند در قالب تصاویر رستر به صورت ارزشی از صفر تا یک نشان داده شده‌اند (رابطه ۱).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

(۱)

$$f(x)=\begin{cases}1 & x>a\\ (x_{max}-x)/\Delta x & b>x>a\\ 0 & b>x\end{cases}$$

شاخص‌های هر معیار که با استناد به منابع مختلف در ارزیابی خطر سیل، اِعمال نظر کارشناسی و شناخت منطقه انجام شده بود، شناسایی شده‌اند، سپس اهمیت هرکدام از آنها با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی توسط نرم‌افزار AHP SOLVER مشخص شده است. تعداد پرسشنامه مورد استفاده برای این پژوهش مرتبط با ۱۸ نفر از نخبگان و اساتید مرتبط در پژوهشکده آب دانشگاه خلیج فارس و کارشناسان مسئول مطالعات سیلاب و متخصصان مدیریت بحران، وزارت نیرو و جهاد کشاورزی بوده است.

هر کدام از این شاخص‌ها در ARC GIS 10.7.1 فازی شده و در طیف عددی صفر تا یک قرار گرفته‌اند. در مرحله بعد، با تلفیق مدل AHP و فازی تمامی لایه‌های فازی‌شده در وزن‌های حاصل از مدل تحلیل سلسله مراتبی ضرب و بدین صورت، لایه‌های وزن‌دار فازی آماده شده‌اند. سپس عملگرهای جمع، ضرب، گامای فازی۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ روی لایه‌های فازی شده انجام و هم پوشانی لایه‌ها صورت گرفته است.

روش‌شناسی

در این پژوهش از تلفیق مدل AHP-FUZZY به‌منظور ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل استفاده شده است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، یکی از معروف‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چندمنظوره برای وضعیت‌های پیچیده‌ای که سنجه‌های چندگانه و مخالفی دارند می‌باشد. این ابزار در تصمیم‌گیری، نرمش‌پذیر و در عین حال، قوی به‌شمار می‌رود که اولین بار توسط توماس.ال.ساعتی در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید، این مدل بر مبنای مقایسه دو به دویی بنا نهاده شده است که قضاوت را تسهیل می‌نماید و مقدار سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد [۲۴].

روش تحلیل سلسله مراتبی AHP

برای انجام روش سلسله مراتبی نیاز به تشکیل درخت سلسله مراتبی است. برای تشکیل این درخت از عواملی که برای تصمیم‌گیری مهم هستند در قالب یک درخت تصمیم‌گیری به صورت سلسله مراتبی بیان می‌شوند. سپس برای مقایسه زوجی، عناصر هر سطح به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن‌ها محاسبه می‌شوند که این وزن‌ها را وزن نسبی می‌نامند. در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد به‌گونه‌ای که اگر عنصر i با j مقایسه شود تصمیم‌گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j یکی از حالات کیفی جدول توماس ال ساعتی است که به مقادیر کمی بین ۱ الی ۹ تبدیل شده‌اند (جدول ۱).

به‌این‌ترتیب، در قطر ماتریس عدد ۱ قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده اهمیت یکسان معیارها بر خود است. مثلاً معیار تراکم جمعیت به تراکم جمعیت عدد ۱ را دریافت می‌کند و سایر پارامترها دو به دو با هم مقایسه می‌شوند و عددی از ۱ تا ۹ نسبت به ارجحیت خود دریافت می‌کنند. مقایسه ۱ بیانگر ترجیح برابر و عدد ۹ نشانگر ترجیح مطلق در مقایسه های زوجی است [۲۷].

جهت نرمال‌سازی و محاسبه وزن و اولویت‌های نسبی هر گزینه از ماتریس مقایسه زوجی از روش میانگین حسابی استفاده شده است. این روش به این شکل است که ابتدا مقادیر هر یک از ستون‌ها را با هم جمع کرده و سپس مقادیر هر عنصر از ماتریس را به جمع کل ستون‌های همان عنصر تقسیم کرده و در مرحله آخر وزن نسبی برآورد می شود. سپس با تلفیق این وزن‌ها، وزن نهایی هر معیار یا پارامتر مشخص می‌شود.

به‌منظور وزن‌دهی به عوامل مؤثر در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بیشترین وزن به لایه‌ای تعلق می‌گیرد که بیشترین تأثیر را در تعیین هدف دارد. چون هدف این پژوهش ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل در شهرستان دشتی است، پارامترهای تأثیرگذار در ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین عوامل برای رسیدن به هدف نهایی در نظر گرفته شود. بنابراین برای مؤلفه‌های بارش، فاصله از آبراهه‌ها، ارتفاع و شیب، باید بالاترین ارجحیت و وزن‌دهی را در نظر گرفت. وزن‌دهی به سایر عوامل به نسبت کاهش تأثیرشان در ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل کمتر می‌شود. به عبارت دیگر، مؤثرترین عامل در پهنه‌بندی خطر سیل از بیشترین وزن برخوردار خواهد بود.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۱- مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
کاملاً مرجح یا مطلوب‌ترین	۹
ترجیح یا مطلوب خیلی قوی	۷
ترجیح یا مطلوب قوی	۵
کمی مرجح یا کمی مطلوب‌تر	۳
ترجیح با مطلوبیت کمتر یا کمی مهم‌تر	۱
ترجیحات بین فواصل فوق	۸ ،۶ ،۴ ،۲

روش فازی

برای نرمال‌سازی واحد معیارهای مؤثر در ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل، روش فازی به‌کار می‌رود. هدف اصلی منطق فازی ارائه مفاهیمی است که انجام استدلال‌های تقریبی را امکان‌پذیر می‌سازد. بر اساس نظریه مجموعه‌های فازی، عضویت اعضاء در مجموعه ممکن است به‌طور کامل نبوده و هر عضوی دارای درجه عضویت از صفر تا یک باشد. بر این اساس، مجموعه‌ای در نظر گرفته می‌شود که اعضای آن، واحدهای هر کدام از نقشه‌های پایه و معیار عضویت در مجموعه، مناسب‌بودن برای پهنه‌بندی خطر سیل و درجه عضویت، بین صفر و یک می‌باشد [۱].

برای اجرای تکنیک فازی نیاز به عملگرهای اجتماع، اشتراک، ضرب جبری، جمع جبری و گاما است. در این مطالعه از عملگرهای جمع جبری، ضرب جبری و گاما استفاده شده است. فرمول مربوط به عملگر ضرب، جمع و گامای فازی به صورت روابط ۲، ۳ و ۴ تعریف می شود که برای تلفیق نقشه‌ها در این پژوهش استفاده شده است.

$$\mu_{combination} = \prod_{i=1}^{n} \mu_i \qquad (۲)$$

در این رابطه، μ_i تابع عضویت فازی است. عملگر ضرب فازی[1] درجه عضویت‌های یک موقعیت در نقشه‌های مختلف را در هم ضرب می‌کند. در ضرب جبری فازی، به دلیل ماهیت اعداد بین صفر و یک که همان درجه عضویت اعضاء در مجموعه فازی می‌باشد، باعث می‌شود تا در نقشه خروجی ضرب فازی، اعداد کوچکتر شده و به سمت صفر میل کنند. در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرند [۱].

$$\mu_{combination} = 1 - \prod_{i=1}^{n} \mu_i \ (1 - \mu_i) \qquad (۳)$$

جمع جبری فازی[2]، در این عملگر متمم ضرب مجموعه‌ها محاسبه می‌شود. به همین دلیل در نقشه خروجی بر خلاف 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 [۱۸].

$$\mu_{combination} = (\mathbf{FUZZYa\ 1g\ ebraicsum})^{\lambda} * (\mathbf{FUZZYa\ 1g\ ebraicproduct})^{1-\lambda} \qquad (۴)$$

عملگر فازی گاما[3]، جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب جبری و دقت خیلی کم عملگر جمع جبری، عملگر دیگری بنام گامای فازی معرفی شده است [۶]. مقدار گامای تعدیل‌کننده λ بین صفر و یک است که مقدار آن از طریق قضاوت کارشناسانه تعیین می‌شود. گامای صفر معادل ضرب فازی و گامای یک معادل جمع فازی است [۱۵].

در این تحقیق، مقادیری از تابع فازی گاما نظیر ۰/۷، ۰/۸ و ۰/۹ مورد استفاده قرار گرفت. سرانجام با تلفیق وزن‌های به‌دست آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی در نقشه‌های فازی‌شده هر معیار، نقشه سیل‌گیری منطقه

[1] Product

[2] SUM

[3] Gamma

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

به‌دست آمده است. سپس به منظور تحلیل فضایی سیل‌خیزی، نتایج به پنج گروه خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شده است. دقت مدل با استفاده از دستور Band Collection statistics ارزیابی شده و گامای ۰/۹ به‌عنوان لایه نهایی بهینه پیشنهاد شده است که بر اساس آن، محدوده به پنج طبقه خطر خیلی کم، خطر کم، خطر متوسط، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد تقسیم می‌شود.

یافته‌های تحقیق

در پژوهش حاضر، نقشه‌های معیار با استفاده از توابع فازی در محیط Arc GIS استاندارد شده و ارزش‌های آن‌ها به واحدهای قابل مقایسه‌ای از صفر تا یک تبدیل گردیده است. در مرحله بعد، وزن‌های محاسبه‌شده در محیط Arc GIS به معیارها اعمال شده است. به دلیل اثر کاهشی و افزایشی معیارهای گوناگون در ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل، تابع گاما به‌عنوان مدل منتخب جهت ارزیابی و تلفیق معیارها استفاده گردید؛ چراکه این تابع حالت کلی تابع ضربی و جمعی فازی است و زمانی به‌کار می‌رود که تأثیرات کاهشی و افزایشی در تعامل معیارها وجود داشته باشد. نقشه‌های نهایی حاصل از اعمال عملیات فازی و ضرایب اهمیت محاسبه شده در نرم‌افزار AHP SOLVER را نشان می‌دهد (شکل ۳). بعد از تلفیق نقشه‌ها با تابع گاما، نقشه نهایی به پنج کلاس تقسیم شده است.

بدون شک، عملیاتی را نمی توان یافت که از دقت و صحت کامل برخوردار باشد، ولی می توان عواملی را که باعث ایجاد خطا در نتایج و به تبع آن در تصمیم‌گیری می شود، را شناسایی کرد و نسبت به رفع یا تعدیل آن‌ها پیشگیری‌های لازم را انجام داد. برخی خطاها، سیستماتیک می‌باشند و کاربر نقشی در ایجاد آن‌ها ایفا نخواهد کرد. اما برخی خطاها، نظیر انتخاب وزن‌ها، توابع روش تلفیق لایه‌ها با دقت بیشتر از سوی کاربر تا حدی قابل رفع می‌باشند [۵]. به‌منظور انجام مدل فازی، لایه‌ها باید دارای فرمت رستری باشند. بعد از رستری‌کردن لایه‌ها، با استفاده از توابع، شکل ۳ در محیط Arc GIS با تحلیل زیر هر کدام از لایه‌ها فازی‌سازی شدند.

بارندگی مهم‌ترین عامل در ایجاد سیل است [۲] و هرچه شدت و فراوانی بارندگی بیشتر باشد احتمال وقوع سیلاب بیشتر است. نقشه باران از میانگین بارندگی بلند مدت برگرفته از شرکت آب منطقه ای استان بوشهر می‌باشد.

زمین‌شناسی بر بزرگی رویدادهای سیل اثر می‌گذارد، بدین صورت که سازندهای نفوذپذیر موجب کاهش و سازندهای نفوذناپذیر موجب افزایش شدت سیل و رواناب سطحی می گردند [۲۱]. نقشه‌های زمین‌شناسی با دقت یک صدهزارم و برگرفته از سازمان زمین‌شناسی کشور می‌باشند.

کاربری اراضی عامل مهمی در خطر سیلاب می‌باشد و بر رواناب، نفوذ، تبخیر و تعرق مؤثر است [۲۵]. با توجه به کیفی‌بودن ماهیت نقشه‌های کاربری اراضی از قضاوت کارشناسی و مقایسه‌های زوجی استفاده شده و نقشه‌ها رستری‌شده است.

مناطق مسطح نسبت به مناطق شیبدار از خطر مواجه‌شدن با سیل بالاتری برخوردارند چراکه با کاهش شیب از سرعت جریان کاسته می‌شود و موجب تجمع آب می‌گردد [۷]. نقشه شیب استفاده شده در این پژوهش از نقشه ارتفاعی رقومی (DEM) در نرم‌افزار GIS تهیه شده است.

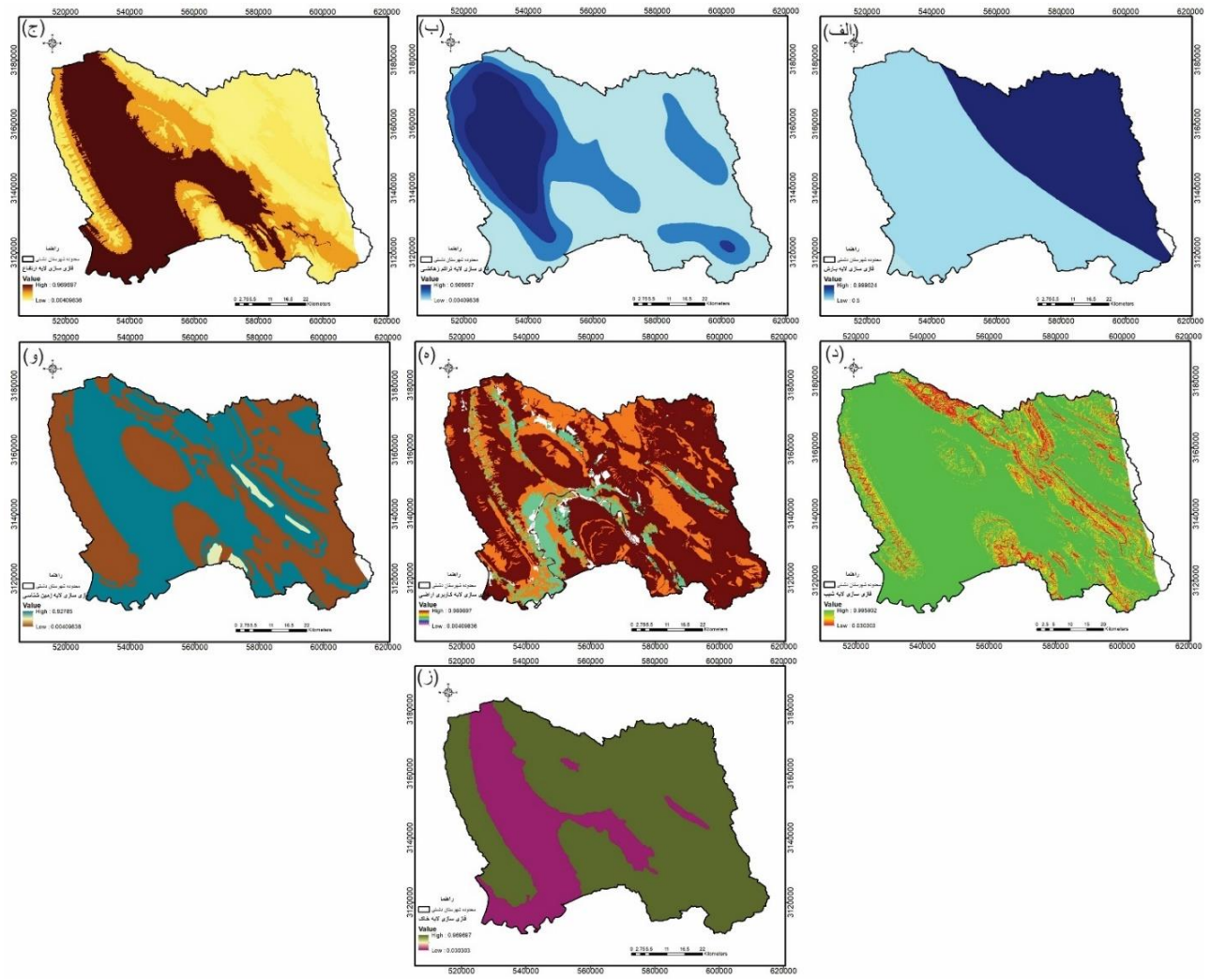
خاک: هرچه خاک دانه درشت‌تر باشد نفوذپذیرتر و قابلیت سیل‌خیزی در آن کمتر است و برعکس، در خاک‌های دانه ریزتر قابلیت سیل‌خیزی بالاتر است [۱۲]. در این پژوهش به منظور فازی‌سازی این لایه از تابع large استفاده شده است.

ارتفاع: اصولاً آب از مناطق مرتفع به مناطق کم ارتفاع منتقل شده و موجب سیل‌خیزی می‌گردد [۷].

تراکم زهکشی: بالابودن تراکم زهکشی موجب افزایش رخداد سیل می گردد [۲۵]. ابتدا با ابزار Line Distance در نرم‌افزار Arc GIS نقشه تراکم زهکشی تهیه سپس فازی‌سازی شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۳- لایه‌های فازی شده: الف) بارش، ب) تراکم زهکشی، ج) ارتفاع، د) شیب، ه)کاربری اراضی، و) زمین شناسی، ز) خاک

به‌منظور اولویت‌بندی معیارها در مدل AHP، هدف پژوهش که ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب است در بالاترین سطح قرار می گیرد و در سطح دوم معیارها تعیین می‌شود. جهت مقایسه زوجی از روش ماتریسی استفاده شده است که طبق نظر کارشناسی با تسلط و شناخت منطقه مورد مطالعه، وزن‌دهی به هر کدام از معیارها انجام می‌شود (جدول ۲).

جدول ۲- ماتریس مقایسه زوجی برای معیارها

مقایسه شاخص‌ها	بارش	فاصله از رودخانه	ارتفاع	شیب	کاربری اراضی	زمین شناسی	خاک
بارش	۱	۲	۳	۵	۶	۷	۹
فاصله از رودخانه	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۷
ارتفاع	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵
شیب	۰/۲	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	۴
کاربری اراضی	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳
زمین شناسی	۰/۱۴	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲
خاک	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱

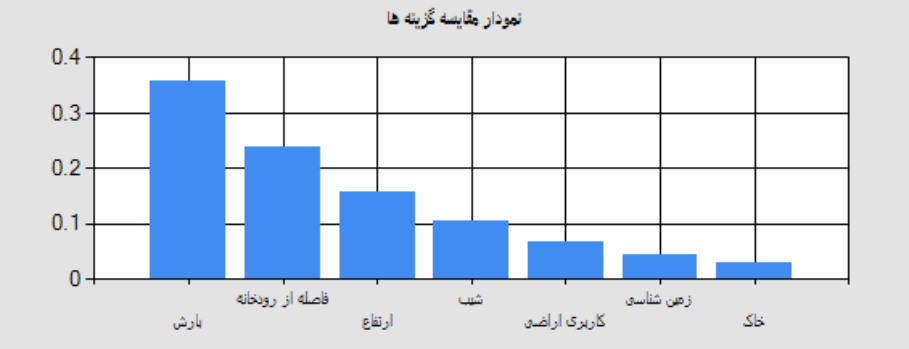
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

معیار وزن‌دهی به هر یک از عناصر موجود در هر لایه و همچنین معیار وزن‌دهی هر واحد اطلاعاتی موجود در آن لایه، بر اساس میزان نقشی است که در داخل آن لایه و تأثیر در ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب داشته است [۱۶]. بعد از وزن‌دهی و انجام محاسبات و با توجه به نرخ سازگاری (نرخ سازگاری باید کمتر از ۰/۱ باشد) وزن‌های نهایی ۴ ۰/۰ به‌دست آمد که در این مکان‌یابی بیشترین وزن به شاخص بارش (۰/۳۵۷) و کمترین وزن به شاخص خاک (۰/۰۲۹) تعلق گرفته است (جدول ۳ و شکل ۴).

جدول ۳- وزن‌های بدست آمده برای معیارها

نام گزینه	وزن
بارش	۰/۳۵۸
فاصله از رودخانه	۰/۲۳۸
ارتفاع	۰/۱۵۷
شیب	۰/۱۰۴
کاربری اراضی	۰/۰۶۹
زمین شناسی	۰/۰۴۵
خاک	۰/۰۳۰



شکل ۴- نمودار مقایسه گزینه‌ها

بعد از وزن‌دهی معیارها، هر کدام از معیارها در لایه مربوطه ضرب شده است (رابطه ۵).

$$\boldsymbol{F(x) = w_t * u(x_i)} \qquad (۵)$$

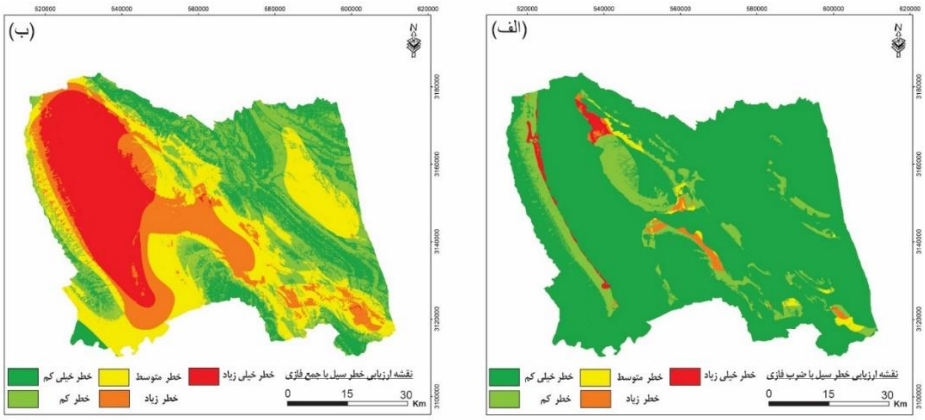
که در آن، f(x) لایه وزن‌دار فازی، w_t وزن هر یک از معیارهای AHP و $u(x_i)$ تابع فازی هر کدام از لایه‌ها می‌باشد [۷]. بعد از فازی‌سازی و ضرب وزن‌ها در لایه‌های فازی شده، عملگرهای ضرب و جمع فازی و گاما بر لایه‌های فازی شده اجرا می‌شود (شکل‌های ۵ و ۶). مقایسه نقشه‌های ضرب و جمع فازی و نشان می‌دهد که در نقشه به‌دست‌آمده به‌وسیله عملگر جمع جبری در مقایسه با نقشه به‌دست آمده به‌وسیله عملگر ضرب جبری، سطوح با تناسب زیاد وسعت بیشتری دارند در حالی‌که سطوح با تناسب کم وسعت کمتری دارند.

همان‌طور که در روش تحقیق ذکر شده است برای تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب و حساسیت خیلی کم عملگر جمع، نقشه‌ی حاصل از عملگر گامای فازی ۰/۷، ۰/۸ و گامای ۰/۹ در شکل ۶ معرفی شده است.

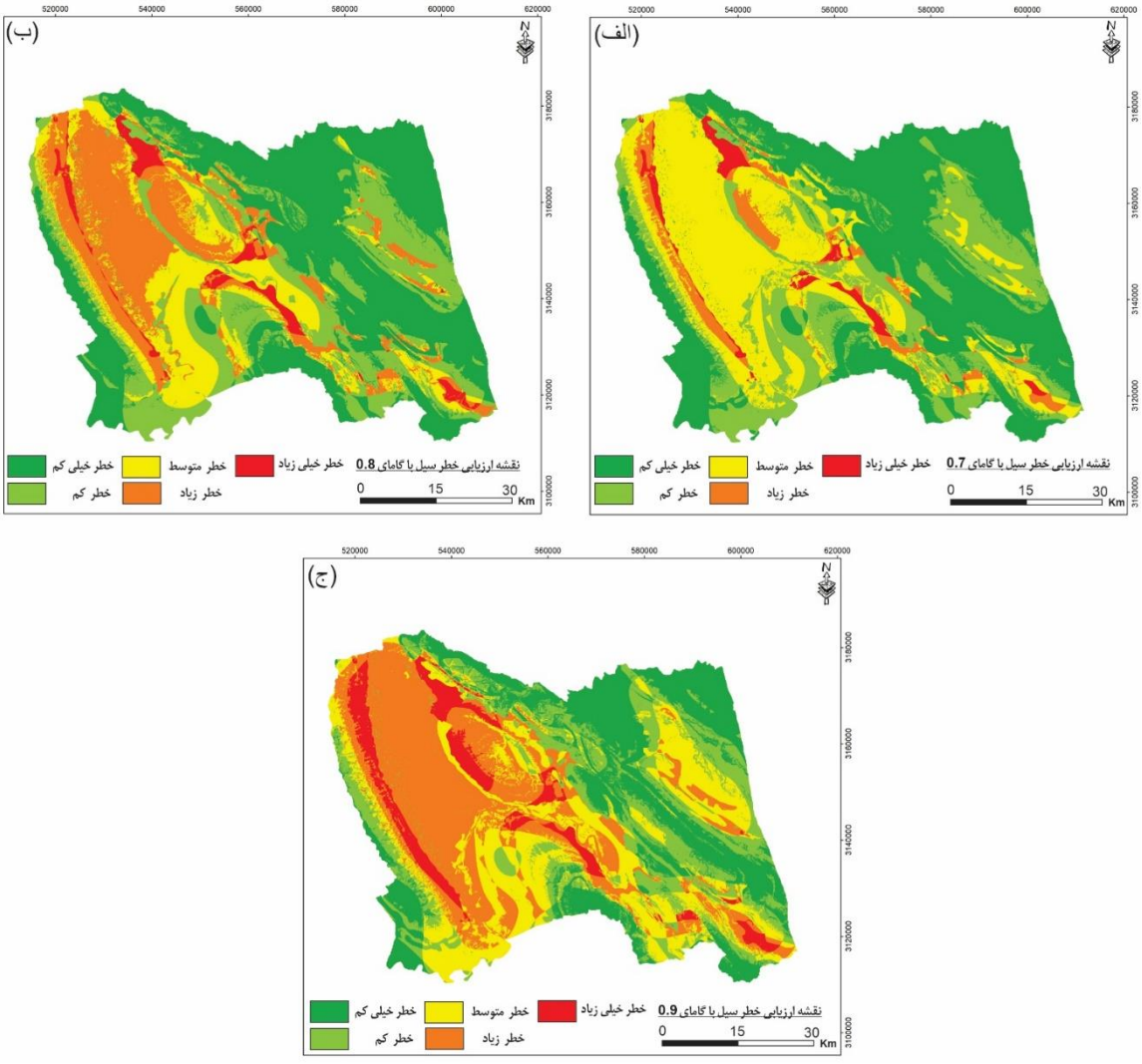
به‌طورکلی، در شهرستان دشتی، شهرهایی که بر روی مخروط‌افکنه قرار گرفته‌اند مورد هجوم سیلاب‌های فصلی می‌باشد، مثل شهر خورموج که مسیل‌ها به شکل آبراهه‌هایی پس از عبور از ۱۶ کالورت جاده کمربندی خورموج به یکدیگر ملحق شده و در نهایت، از ۴ مسیر اصلی خارج می شوند و در پایین‌دست شهر وارد رودخانه شور می‌شوند.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۵- نقشه‌های حاصل از عملگرهای ضرب و جمع فازی



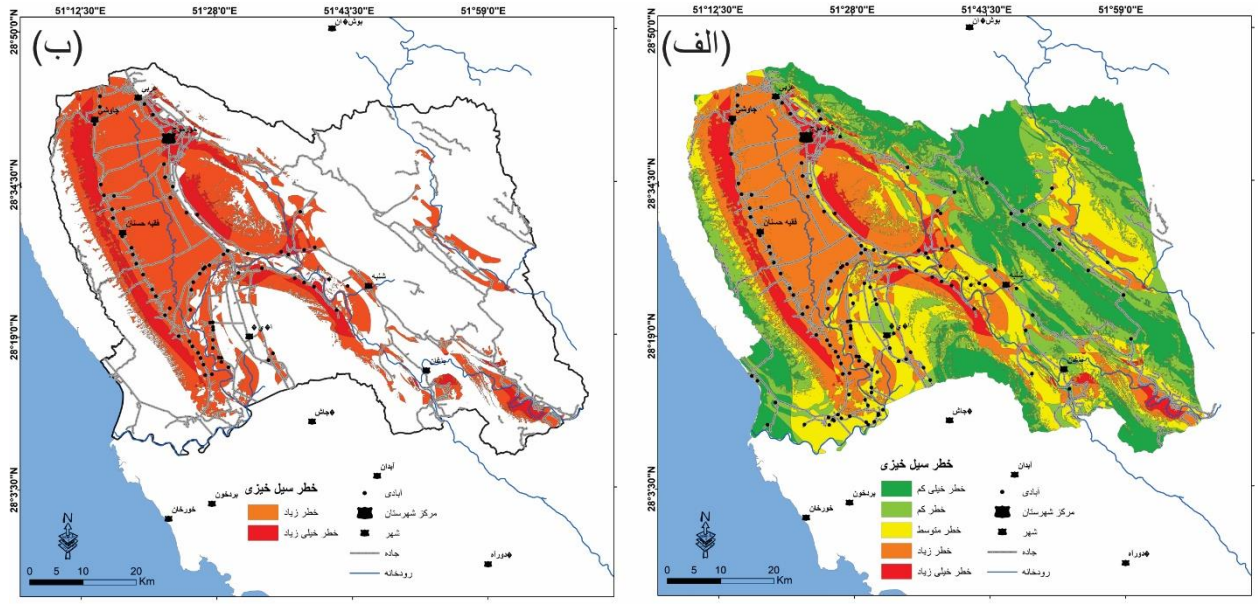
شکل۶- نقشه‌های ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با عملگر الف) ۰/۷ ،ب) ۰/۸ و ج) ۰/۹ با مدل AHP-FUZZY. نقشه (ج) نقشه نهایی جهت اریابی خطر سیل در منطقه مطالعاتی می‌باشد.

در ادامه، نقشه پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی با لحاظ مراکز جمعیتی و راه‌های دسترسی و نیز نقشه مناطق با خطر سیل‌خیزی زیاد و خیلی زیاد و مراکز جمعیتی در شکل ۷ نشان داده شده است. مجموعاً ۷۴ شهر و آبادی و جمعیت بیش از ۲۳۰۰۰ نفر و بیش از ۳۸۵ کیلومتر از راه‌های اصلی و فرعی در مناطق با خطر سیل‌خیزی زیاد و خیلی زیاد واقع شده است (شکل ۷) . همچنین شبیه‌سازی مناطق سیل‌گیر بر روی تصویر توپوگرافی سه‌بُعدی به

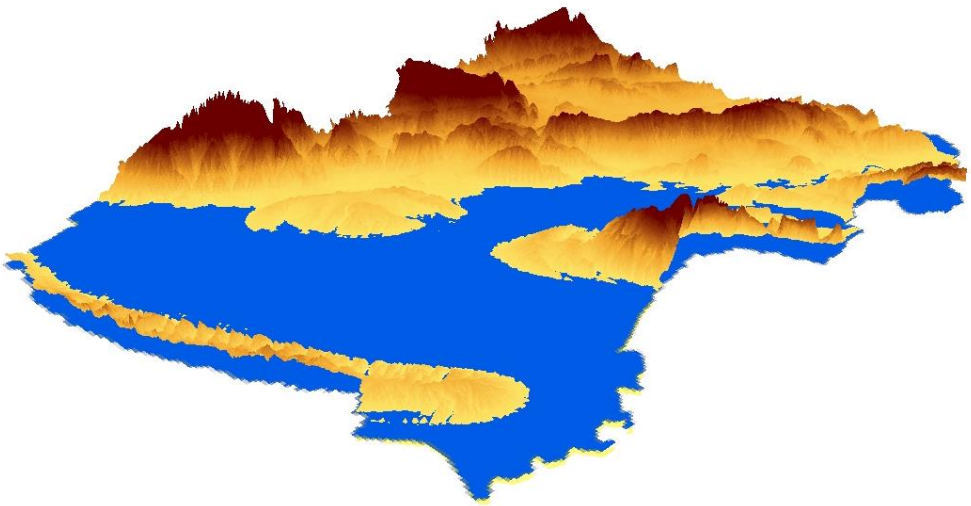
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

کمک نرم‌افزار Arc GIS تهیه در شکل ۸ نشان داده شده است. جدول ۴، مساحت و درصد طبقات سیل در شهرستان دشتی را نشان می‌دهد.



شکل ۷- (الف) نقشه پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی، مراکز جمعیتی و راه‌های دسترسی را نشان می‌دهد و (ب) مراکز جمعیتی واقع شده در مناطق با خطر سیل‌خیزی زیاد و خیلی زیاد را نشان می‌دهد.



شکل ۸- شبیه‌سازی مناطق سیل‌گیر به رنگ آبی در شهرستان دشتی

جدول ۴- مساحت و درصد طبقات خطر سیل در شهرستان دشتی

طبقات خطر سیل	مساحت به کیلومترمربع	مساحت به درصد
خطر خیلی کم	۱۱۴۳/۳	۲۳/۲
خطر کم	۹۵۹/۹	۱۹/۶
خطر متوسط	۱۱۲۲/۴	۲۲/۸
خطر زیاد	۱۳۷۱/۲	۲۷/۹
خطر خیلی زیاد	۳۱۹/۸	۶/۵

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با تأکید بر معیارهای استاندارد جهت ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب، استفاده از روش تلفیقی AHP-FUZZY مورد توجه قرار گرفته است. لایه گامای ۰/۹ به‌عنوان نقشه بهینه پیشنهاد و به ۵ طبقه کاملاً مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و کاملاً نامناسب در GIS کلاس‌بندی شده است.

در طبقه‌بندی مربوطه مشخص شد که ۱۱۴۳/۳ کیلومترمربع در کلاس خطر خیلی کم، ۹۵۹/۹ کیلومترمربع خطر کم، ۱۱۲۲/۴ کیلومترمربع در کلاس با خطر متوسط و در نهایت، ۱۶۹۱ کیلومترمربع در کلاس خطر زیاد و خیلی زیاد قرار می‌گیرد. با توجه به نقشه نهایی، مناطق دارای خطر خیلی زیاد و زیاد در قسمت‌های شمال باختر، باختر و مرکز شهرستان دشتی قرار گرفته اند که عمدتاً منطبق بر مناطق شهری و روستایی شهرستان و مسیل‌ها می‌باشند و لزوم اقدامات مدیریتی-حفاظتی مثل کنترل سیلاب و آبخیزداری (سدهای کنترلی و خاکریزهای حفاظتی) برای مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی را ضروری می نماید. این سازه‌ها باید برای دوره‌های وقوع بارش‌های بسیار شدید (دوره بازگشت ۱۰۰ ساله) باشند. اقدامات غیرسازه‌ای مثل تهیه نقشه‌های خطر سیلاب، آگاه‌سازی جوامع محلی و تیم‌های مدیریت بحران و همچنین سیستم‌های هشدار سیل پیشنهاد می‌گردد.

مناطق دارای خطر خیلی کم و کم در قسمت های شمال، شمال خاور و خاور شهرستان واقع شده‌اند. به‌طورکلی، هرچه از بالادست و شمال و شمال خاور حوضه به سمت پایین‌دست و باختر و جنوب باختر حوضه حرکت کنیم، به میزان خطر سیلاب افزوده می‌شود.

در پژوهش [Das, 2018] ۲۰ درصد منطقه در محدوده خطر سیل خیلی زیاد و در پژوهش [صیاد و همکاران، ۱۴۰۱] مربوط به حوزه آبریز قمصر که در یک محیط نیمه‌خشک واقع شده است، این مقدار برابر ۲۷/۰۵ برای مناطق سیل‌خیز زیاد و ۱۲/۴۱ درصد مربوط به مناطق با پتانسیل سیل‌خیزی خیلی زیاد بدست آمده است.

سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS با توانایی در کاربرد توابع مختلف و امکان تغییر و اصلاح داده‌ها و توانایی وسیع در ترکیب لایه‌های اطلاعاتی مختلف ابزار منحصر به فردی در انجام عملیات ارزیابی و پهنه‌بندی است. یکی از روش‌های مناسب برای ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب، تلفیق روش فازی با تحلیل سلسله مراتبی AHP است، زیرا روش فازی از معیارهای عضویت فازی استفاده می‌کند و استفاده از توانایی فازی در واردکردن نظر تصمیم‌گیر در ارزیابی و پهنه‌بندی، درصد اطمینان به نتایج مکان‌یابی را بالابرده و دقت تصمیم‌گیری را تا حد مطلوبی افزایش می‌دهد.

یکی از مشکلات روش AHP، ایراد وزن‌دهی می باشد و این موضوع موجب ضعف آن در لحاظ‌کردن عدم قطعیت قضاوت‌ها می باشد. این ایراد به کمک منطق فازی در روش ترکیبی AHP-FUZZY برطرف شده است، چراکه با در نظر گرفتن محدوده‌ای از مقادیر جهت لحاظ‌کردن عدم قطعیت در نظرات تصمیم‌گیران به‌جای در نظر گرفتن یک عدد صریح در مقایسه زوجی، این نقص پوشش داده می‌شود. بنابراین، روش تلفیقی AHP-FUZZY که در آن ارتباط متقابل گزینه‌ها و معیارها لحاظ می‌گردد می‌تواند روش مناسبی برای تصمیم‌گیری باشد. آگاهی از مناطق سیل‌گیر می‌تواند برای تدوین برنامه‌های مدیریت بحران در هنگام مواجه‌شدن با سیلاب مؤثر واقع شود. برای مناطق با خطر سیل‌گیری متوسط تا خیلی زیاد، ساخت‌وساز اصولی و مقاوم‌سازی سازه‌های در معرض تخریب، پیشنهاد می‌گردد.

References

[1]. Alesheikh, A. A., & Omidvari, M. (2012). Application of GIS in urban traffic noise pollution. *International Journal of Occupational hygiene*, *2*(2), 79-84.

[2]. Bouamrane, A., Derdous, O., Dahri, N., Tachi, S.-E., Boutebba, K., & Bouziane, M. T. (2020). A comparison of the analytical hierarchy process and the fuzzy logic approach for flood susceptibility mapping in a semi-arid ungauged basin (Biskra basin: Algeria). *International Journal of River Basin Management*, *20*(2), 203–213. doi: 10.1080/15715124.2020.1830786

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

[3]. Change, L. F., Lin, C. H., & Su, M. D. (2008). Application of geographic weighted regression to establish flood-damage functions reflecting spatial variation. *Water SA*, *34*(2), 16-29. doi: 10.4314/wsa.v34i2.183641

[4]. Chen, J., Zhao, S., & Wang, H., (2011). Risk Analysis of Flood Disaster Based on Clustering Method. *Energy Procedia*, *5*, 1915-1919. doi: 10.1016/j.egypro.2011.03.329

[5]. Chitsazan, M., Dehghani, F., Rastmanesh, F., & Mirzaei, Y. (2013). Solid waste disposal site selection using spatial information technologies and Fuzzy-AHP logic: (Case study: Ramhormoz). *Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science*, *4*(1), 39-55. [in Farsi]

[6]. Dadrasi, A. G., & khosroshahi, M. (2008). Desertification control via identification of suitable areas for flood control by application of conceptual models. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, *15*(2), 227-241. [in Farsi]

[7]. Das, S. (2020). Flood susceptibility mapping of the Western Ghat coastal belt using multi-source geospatial data and analytical hierarchy process (AHP). *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20, 100379. doi: 10.1016/j.rsase.2020.100379

[8]. Das, S. (2018). Geographic information system and AHP-based flood hazard zonation of Vaitarna basin, Maharashtra, India. *Arabian Journal of Geosciences*, *11*(19), 1-13. doi: 10.1007/s12517-018-3933-4

[9]. Feng, L. H., & Lu, J. (2010). The Practical Research on Flood Forecasting Based on Artificial Neural Networks. *Expert Systems with Applications*, *37*(4), 2974-2977. doi: 10.1016/j.eswa.2009.09.037

[10]. Ghanavati, E., & Delfani-goudarzi, F. (2013). The Optimum Location Regarding Agriculture Development with Emphasis on Physical-natural Parameters in Boroojerd. *Journal space economy & rural development*, *2*(2), 15-32.

[11]. Hooijer, A., Klijn, F., Pedroli, G.B.M., & Van Os, A.G. (2004). Towards sustainable flood risk management in the Rhine and Meuse River basins: Synopsis of the findings of IRMA-SPONGE. *River Research and Applications*, *20*, 343-357. doi: 10.1002/rra.781

[12]. Ibrahim-Bathis, K., & Ahmed, S. A. (2016). Geospatial technology for delineating groundwater potential zones in Doddahalla watershed of Chitradurga district, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, *19*(2), 223-234. doi: 10.1016/j.ejrs.2016.06.002

[13]. Jia, J., Wang, X., Hersi, N. A. M., & Zhao, W., & Liu, Y. (2019). Flood-Risk Zoning Based on Analytic Hierarchy Process and FUZZY Variable Set Theory. *Natural Hazards Review*, *20*(3), 04019006. doi: 10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000329

[14]. Kulimushi, L. C., Choudhari, P., Maniragaba, A., Elbeltagi, A., Mugabowindekwe, M., Rwanyiziri, G., and Singh, S. K. (2021). Erosion risk assessment through prioritization of sub-watersheds in Nyabarongo river catchment, Rwanda. *Environmental Challenges*, *5*, 100260. doi: 10.1016/j.envc.2021.100260

[15]. Lee, S. (2007). Application and verification of FUZZY algebratic operators to landslide susceptibility mapping. *Environmental Geology*, 50, 847-855. doi: 10.1007/s00254-006-0491-y

[16]. Mapping and modelling mass movements and gullies in mountainous areas using remote sensing and GIS techniques Zinck J.A., Lopez J., Metternicht G.I., Shrestha D.P., Vazquez-Selem L. (2001), *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2001 (1), 43-53. doi:10.1016/S0303-2434(01)85020-0

[17]. Malik, S., Pal, S. C., Chowdhuri, I., Chakrabortty, R., Roy, P., & Das, B. (2020). Prediction of highly flood prone areas by GIS based heuristic and statistical model in a monsoon dominated region of Bengal Basin. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19, 100343. doi: 10.1016/j.rsase.2020.100343

[18]. Mehrvarz Moghanlo, K., Feiz nia, S., Ghayomian, J., & Ahmadi, H. (2006). Investigation of Quaternary deposits suitable for floodwater spreading using remote sensing techniques and GIS, Case study: Tassuj plain. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, *12*(4), 437-467. doi: 10.22092/ijrdr.2019.119586 [in Farsi]

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

[19]. Msabi, M. M., & Makonyo, M. (2021). Flood susceptibility mapping using GIS and multi-criteria decision analysis: A case of Dodoma region, central Tanzania. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 21, 100445. doi: 10.1016/j.rsase.2020.100445

[20]. Najafi, E., & Karimi Kerdabadi, M. (2020). Flood Risk Evaluation and Zoning using with AHP-Fuzzy Combined Model with Emphasis on Urban Safety (Case Study: Region 1 of Tehran Municipality). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *9*(2), 43-60. doi: 10.22067/geo. v9i2.86110 [in Farsi]

[21]. Patrikaki, O., Kazakis, N., Kougias, I., Patsialis, T., Theodossiou, N., & Voudouris, K., (2018). Assessing flood hazard at river basin scale with an index-based approach: The case of Mouriki, Greece. *Geosciences*, *8*(2), 1-13. doi: 10.3390/geosciences8020050

[22]. Rahmati, O., Zeinivand. H., & Besharat, M. (2015). Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multi-criteria decision analysis, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *7*(3), 1000-1017. doi: 10.1080/19475705.2015.1045043

[23]. Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill International Book Company.

[24]. Sayyad, D., Ghasemieh, H., & Naserianasl, Z. (2024). Prioritization and Spatial Analysis of Flood Potential based on FUZZY-AHP Approach (Case Study: Ghamsar Watershed). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *12*(4), 139-159. doi: 10.22067/geoeh.2022.76678.1226

[25]. Souissi, D., Zouhri, L., Hammami, S., Msaddek, M. H., Zghibi, A., & Dlala, M. (2020). GIS-based MCDM–AHP modeling for flood susceptibility mapping of arid areas, southeastern Tunisia. *Geocarto International*, *35*(9), 991-1017. doi: 10.1080/10106049.2019.1566405

[26]. Tenzin, J., & Bhaskar, A. S. (2020). Flash Flood Hazard Zone Mapping Using GIS: Sarpang. *International Journal of New Innovations in Engineering and Technology*, *13*(1), 7-20.

[27]. Tella, A., & Balogun, A. L. (2020). Ensemble fuzzy MCDM for spatial assessment of flood susceptibility in Ibadan, Nigeria. *Natural hazards*, *104*(3), 2277-2306. doi: 10.1007/s11069-020-04272-6

[28]. Wang, G., Liu, Y., Hu, Z., Zhang, G., Liu, J., Lyu, Y., & Liu, L. (2021). Flood Risk Assessment of Subway Systems in Metropolitan Areas under Land Subsidence Scenario: A Case Study of Beijing. *Remote Sensing*, *13*(4), 637. doi:10.3390/rs13040637

[29]. Wang, G., Liu, Y., Hu, Z., Lyu, Y., Zhang, G., Liu, J., & Zheng, H. (2020). Flood risk assessment based on fuzzy synthetic evaluation method in the Beijing-Tianjin-Hebei metropolitan area, China. *Sustainability*, *12*(4), 1-30. doi: 10.3390/su12041451

[30]. Yamani, M., & Enayati, M. (2006). The analyses of flood data in relation to the geomorphologic specification of Fashand and behjatabad basin. *Geography Research*, *37*(54), 47-57. [in Farsi]

[31]. Yodying, A., Kamonchat, S., Sasithon, C., Polpreecha, C., Nattapon, M., Charatdao, K., and Sarintip, T. (2019). Flood hazard assessment using fuzzy analytic hierarchy process: A case study of Bang Rakam model in Thailand. The 40th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS2019), October 2019, Daejeon Convention Center (DCC), Daejeon, Korea, 14-18.

[32]. Ziari, K., Rajai, S. A., & Darabkhani, R. (2021). Flood Zoning Using Hierarchical Analysis andFuzzy Logic in GISCase Study: Ilam City. *Emergency Management*, *10*(1), 21-30. [in Farsi]

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Flood hazard zoning in dry areas, using AHP-Fuzzy Model in Dashti region, south Iran
(Research Paper)

1- Saeed Zarei*, Assistant Professor, Department of Geophysics, Faculty of Nano and Bio Science and Technology, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.
szarei@pgu.ac.ir
2- Saeede Keshavarz, Assistant Professor, Department of Earth Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran.

Received: 25 Apr. 2024
Accepted: 22 Jun. 2024

Abstract
Floods have been considered the most common natural disaster worldwide in recent years. Flood hazard potential mapping is required for the management and mitigation of flood. Climatic change and the occupation of rivers and drainage have led to floods in arid areas. The objective of this study is to assess and zoning flood risk using the AHP-FUZZY hybrid approach model in the Dashti region of Bushehr Province. In this study, precipitation, elevation, slope, drainage density, land use, geology and soil parameters were used. These parameters have been constructed and classified in the ARC GIS Software; which were weighed according to the AHP method in AHP SOLVER software and the layers were fuzzy using the fuzzy model. Finally, by combining the AHP-FUZZY method, the flood risk assessment and zoning map were obtained.6.5% of the area is in the very high-risk range, and 27.9% is in the high-risk range. Analysis of the final map shows that Khormuj, Sana and Shonbeh are at greater risk of flooding. The combination of the AHP-FUZZY method in previous research has confirmed that this method has great capacity in flood risk assessment and zoning. Therefore, knowing the flood potential of the basin can be effective in formulating crisis management plans when faced with floods.

Keywords: Natural Hazards, River, Fuzzy Model, Bushehr prvince.

Archive of SID.ir