ریزپهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهرها در مقابل خطر سیلاب

(مطالعهٔ موردی: شهر تبریز)

محمدحسن یزدانی[۱]، معصومه قاسمی[۲]، محمدعلی سالکی ملکی[۳]، فاطمه افخمی[۴]

۱.دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه محققی اردبیلی، اردبیل، ایران

۲.دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محققی اردبیلی، اردبیل، ایران

۳. نویسندهٔ مسئول: دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

Email:salekimaleki@gmail.com

۴.دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشگاه آزاد تبریز، تبریز، ایران

دریافت:۹۶/۶/۲۸ پذیرش:۹۷/۷/۲۲

چکیده

مقدمه: وقوع سیلاب و طغیان رودخانه یکی از فراوان‌ترین و مهم‌ترین مخاطرات محیطی است که می‌تواند به خسارت شدیدی از قبیل مرگ‌ومیر منجر شود و آثار اقتصادی و اجتماعی طولانی مدتی را بر جای گذارد و حتی ممکن است باعث تخریب املاک، ایجاد اخلال در نظام ارتباطی و شستن زمین‌های کشاورزی شود. قرار گرفتن شهر تبریز در حوزهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه، موقعیت دشتی آن و عبور دو رودخانهٔ اصلی آجی و قوری‌چای از بافت شهر باعث شد که بارها سیلاب‌های ویرانگر در آن رخ دهد و ویرانی‌های زیادی بر جای بماند.

روش: این تحقیق با رویکردی توصیفی-تحلیلی درصدد توصیف شرایط جغرافیایی شهر تبریز و تحلیل نحوهٔ رفتار آن در مقابل سیلاب‌های شهری است. برای ارزش‌گذاری معیارهای تحقیق از مدل تاپسیس- فازی و نرم‌افزار ARCGIS10.5 استفاده شده است.

یافته‌ها: پس از بررسی ادبیات تحقیق و مطالعات انجام شده در این زمینه، ۵ معیار به عنوان معیارهای اصلی تحقیق انتخاب شد. سپس با استفاده از مدل تاپسیس- فازی فاصله از ایده‌آل‌های مثبت و منفی برای معیارها تعیین و در نهایت طبقه‌بندی مکانی معیارها با استخراج نقشه هریک از معیارها انجام شد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نقشهٔ نهایی که نشان‌دهندهٔ پهنه‌های آسیب‌پذیر شهر تبریز در مقابل خطر سیلاب است، ۶ درصد محدودهٔ شهر در پهنهٔ خطر بسیار بالاست که این مساحت، جمعیتی بالغ بر ۹۱۲۷۷ نفر را در خود جای داده است. با احتساب محدوده‌های خطر بسیار بالا تا متوسط می‌توان گفت ۳۳ درصد از محدودهٔ شهر یعنی ۴۶ درصد از جمعیت شهر در معرض خطر سیلاب قرار دارند که این مطلب نشان می‌دهد نواحی با خطر بالای سیلاب مراکز تجمع جمعیتی و مناطق پرتراکم شهر هستند.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی سیلاب، تبریز، تاپسیس- فازی، GIS

[Downloaded from jorar.ir on 2026-11-09]

مقدمه

امروزه با روند افزایشی سریع تبدیل حوضه‌های آبخیز غیرشهری به شهری، در نتیجه تغییر کاربری اراضی از حالت طبیعی اعم از کشاورزی، مرتعی و جنگلی به شهری یعنی مسکونی، صنعتی، تجاری، ورزشی و جاده‌ها و معابر موضوع پیچیده‌ای تحت عنوان آبخیزشهری متولد شده است. [۱]

این مسئله تأثیر نامطلوبی در هیدرولوژی مناطق شهری گذاشته و موجب تشدید سیلاب‌ها، افزایش آلودگی رواناب، افزایش ضریب رواناب و کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌گردد. [۲]

در واقع، تحولات هیدرولوژیکی ناشی از شهرسازی و نحوهٔ کاربری اراضی حوضه شهری را می‌توان افزایش حجم رواناب، افزایش دبی پیک، کاهش زمان رسیدن به دبی اوج و نهایتاً تغییرات کیفی آب نام برد. [۳]

سیل نمایانگر رفتار رودخانه هنگام بارش سنگین است که در این مواقع دبی جریان در فاصلهٔ مشخصی از بستر جریان به سرعت افزایش می‌یابد که نتیجهٔ آن لبریزشدن بستر است. عوامل زیادی در وقوع سیلاب دخالت دارند. علاوه بر شرایط محیطی، فعالیت‌های انسانی و نبود برنامه‌ریزی صحیح هم باعث ایجاد و افزایش فراوانی و حجم و نیز خسارات مالی و جانی ناشی از سیلاب می‌شود. [۴]

وقوع سیلاب و طغیان رودخانه یکی از فراوان‌ترین و مهم‌ترین مخاطرات محیطی است که می‌تواند به خسارت شدیدی از قبیل مرگ‌ومیر منجر شده و آثار اقتصادی و اجتماعی طولانی مدتی را بر جای گذارد و ممکن است باعث تخریب املاک، ایجاد اخلال در نظام ارتباطی و شستن زمین‌های کشاورزی شود [۵] از میان ۴۵ بلایای طبیعی شناخته شده، سیل از جمله ویرانگرترین آنهاست که خسارات و تلفات جانی فراوانی را به بار میآورد. در بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ به‌طور متوسط ۲۳۲ میلیون نفر در سال تحت تأثیر بلایای طبیعی قرار گرفتند که از این تعداد ۱۰۶ میلیون نفر آنها با سیلاب مواجه بوده‌اند که فقط در سال ۲۰۱۰ بیش از ۱۷۸ میلیون نفر در سراسر جهان به نوعی تحت تأثیر سیلاب قرار گرفتند.[۶]

رخداد سیل یکی از سه مخاطرهٔ طبیعی و اصلی ایران است و به جرأت می‌توان گفت که حداقل در سال در یک نقطه از این سرزمین سیلاب قابل توجهی رخ می‌دهد. بر اساس مطالعات، سالانه ۴۰ رخداد کوچک و بزرگ سیل در اقصی نقاط کشور رخ می‌دهد. در یک مطالعه، در ۲۵ سال گذشته ایران به طور میانگین روزانه بیش از ۳۰۰ میلیون تومان خسارت ناشی از سیل داشته است. [۷]

از مهم‌ترین عوامل کاهش خطر سیل، وجود آمادگی قبلی برای برخورد با آن است. این آمادگی برای برخورد با سانحه شامل داشتن برنامهٔ مشخص قبلی و برنامه‌ریزی است [۸]

پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی روشی است که با درنظرگرفتن ویژگی‌ها و میزان تولید رواناب در هر بخش، حوضهٔ را بر اساس توان سیل‌خیزی پهنه‌بندی می‌کند. [۹] این روش علاوه بر کاهش اثرات سیل در یک منطقه، اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با محیط پیرامون، سیلاب‌ها و اثرات آن بر اراضی دشت سیلابی و تعیین حریم رودخانه‌ها ارائه

[Downloaded from jorar.ir on 2026-11-09]

می‌دهد. [۱۰] در نتیجه امکان ارسال هشدارهای مناسب در مواقع خطر سیل و تسهیل عملیات امداد و نجات را فراهم می‌کند. در پهنه‌بندی سیل برای کنترل کاربری و توسعه اراضی، نواحی سیلاب دشت‌ها به قسمت‌های با شدت خطرپذیری متفاوت تقسیم می‌شوند.[۱۱]

به طور کلی پهنه‌بندی به معنای تعین نواحی در داخل سیلاب دشت است که برای کاربری‌های مختلف، متناسب باشند. این محدوده‌ها معمولا خطرپذیر از سیل بوده و تأسیسات حساس خارج از محدوده‌های با خطرپذیری بالا مستقر می‌شوند. نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در مطالعات مدیریت سیلاب دشت‌ها و شناخت حریم‌ها و تعیین موقعیت دقیق آنها به منظور جلوگیری از هرنوع تعرض احتمالی و رعایت حریم‌های خطرکاربرد وسیعی دارد.

در این میان شهر تبریز بزرگترین شهر شمال غرب کشور و پنجمین شهر از نظر جمعیتی یکی از شهرهای راهبردی ایران محسوب می‌شود که موقعیت جغرافیایی خاص آن باعث بروز بحران‌های بسیاری در طول تاریخ شده است. قرار گرفتن این شهر در حوضه آبریز دریاچهٔ ارومیه، موقعیت دشتی آن و عبور دو رودخانه اصلی آجی و قوری چای از بافت شهر باعث شد که در طول تاریخ بارها سیلاب‌های ویرانگر در آن رخ دهد و ویرانی‌های زیادی بر جای بماند. علاوه بر دو رود اصلی که طول شهر را طی می‌کنند مسیل‌های فراوانی نیز در عرض شهر وجود دارند که از ارتفاعات شمالی و جنوبی شهر شروع و در بافت میانی به دو رود اصلی شهر می‌پیوندند. توسعهٔ روزافزون شهر به‌خصوص پس از انقلاب اسلامی که با مهاجرت‌های گسترده و توسعهٔ کالبدی یکبارهٔ شهر همراه بود، باعث شد شهر تبریز روی یک پهنهٔ وسیع سیلابی گسترده شود. از طرفی اکثر این توسعه‌ها یا کاملاً بی‌برنامه و اتفاقی مانند بافت اسکان غیررسمی رخ داده است، یا غیر کارشناسی مانند توسعهٔ محور شرقی شهر بوده است که در هر دو صورت عدم رعایت حریم مسیل‌ها و رودخانه‌های فصلی و دائمی منجر به بروز بحران‌های شدید و بروز سیلاب‌های متعدد برای شهر تبریز شده که این بحران‌ها هر ساله خسارات شدیدی را به همراه داشته است. با توجه به شرایط خاص جغرافیایی شهر تبریز و توسعهٔ بی‌برنامه و غیرکارشناسی شهر روی دشت‌های سیلابی ضرورت پژوهشی این چنینی مبتنی بر پهنه‌بندی سیل‌خیزی و تعیین نقاط بحرانی الزامی است.

مهم‌ترین هدف این تحقیق، پهنه‌بندی میزان سیل‌خیزی در محدودهٔ مصوب شهر تبریز و تعیین نقاط حادثه‌خیز سیل‌گیر است تا با استفاده از شناسایی این مناطق و پهنه‌بندی آن پیشنهاداتی برای توسعهٔ بهینهٔ شهر ارائه و از بروز خسارات احتمالی آینده جلوگیری شود.

پیشینهٔ تحقیق

سووان وراکامتورن (۱۹۹۴) با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC و GIS اثرات تغییر کاربری اراضی کشاورزی بالادست حوزهٔ را روی الگوی سیلاب در نواحی پائین دست حوضه مورد ارزیابی قرار داده و نشان داده موقعی که مساحت جنگل

[Downloaded from jorar.ir on 2026-11-09]

کاهش یافته است رواناب حوضه و زیرحوضه‌های بیشتر می‌شود.[۱۲]

فلیپ و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی از طریق رکوردهای تاریخی درازمدت بارش، رواناب و دیگر فاکتورهای اقلیمی، شرایط هیدرولوژیکی حوضهٔ ولتا در دورهٔ زمانی ۱۹۰۱ تا ۲۰۰۲ را مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌های تحقیق آنها نشان داد که فاکتورهای اقلیمی (شدت بارندگی، نوع بارش و دمای هوا) در ارتباط با ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه (شکل حوضه، جنس حوضه، شیب و کاربری اراضی) تأثیر زیادی در چگونگی سیل دارد. [۱۳]

تیال گاتاوانی و همکاران (۲۰۱۱) به کمک GIS موفق به نقشه‌برداری و پهنه‌بندی مناطق در معرض خطر سیل در استان پاپاناسام در شمال هند شدند. به نظر آنها مناطق پرخطر و سیل‌گیر مناطق شهری به دلیل توپوگرافی خاص آن و مناطق ساحلی به دلیل فرسایش ساحلی است. [۱۴]

اوزتورک و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی تأثیرتغییرات کاربری اراضی را در هیدرولوژی حوضه‌های آبخیز روستایی مدل‌سازی کردند. نتایج نشان داد که حجم رواناب تولیدی به شدت با تغییرات زمین از نوع جنگل به کشاورزی در ارتباط است و واکنش کمتری را در زمین‌های با کاربری جنگلی دارد. آنها دریافتند به طور کلی مدل‌سازی، ابزاری مفید برای ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر هیدرولوژی یک حوضه می‌باشد. [۱۵]

لای (۲۰۱۶) در مقاله‌ای با عنوان پهنه‌بندی سیلاب بر مبنای الگوریتم کلونی به پهنه‌بندی سیلاب در حریم رودخانه دانگ جیانگ در جنوب چین کرده است. در این تحقیق از ۱۴ شاخص برای پهنه‌بندی سیلاب استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد الگوریتم پیشنهادی (کلونی) کارایی بالای در پهنه‌بندی سیلاب دارد که گواه این مطلب مناطق با خطر بالا منطبق بر مناطقی است که سابقاً سیلاب در آنها رخ داده است. [۱۶]

دهقانی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به بررسی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر کاهش سیل خیزی حوضه آبخیز طرزجان یزد با کمک مدل ریاضی HEC-HMS پرداختند. بر اساس نتایج شبیه‌سازی، تأثیر اقدامات مکانیکی و بیولوژیک و تلفیق آنها بر دبی اوج به طور متوسط ۴۴/۶۶،۶/۰ و ۱۹/۷ درصد بوده است. از طرفی با افزایش دورهٔ بازگشت سیلاب، تأثیر سازه‌ها بر کاهش دبی اوج کاهش یافته و تأثیر اقدامات بیولوژیک با افزایش دورهٔ بازگشت تا ۱۰ سال روند افزایشی داشته، سپس روند کاهشی به خود گرفته است. تلفیق اقدامات بیولوژیک و مکانیکی بیشترین تأثیر را روی کاهش دبی اوج داشته است.[۱۷]

شاه‌محمدی (۱۳۹۳) مدل‌سازی حداکثر دبی سیلاب شهری با استفاده از نرم‌افزار WMS مشکین شهر در محیط (GIS) نموده اند و به این نتیجه رسیده اند که وقوع سیلاب شهری دخالت غیراصولی در بالادست حوضه شهری، عدم طراحی متناسب کانالهای تخلیه آب و بارش‌های شدید جزو عوامل مهم در شکل‌گیری سیلاب‌های شدید است. [۱۸]

عابدینی (۱۳۹۳) به پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب و ارزیابی خسارت آن در حوضهٔ آبخیز خیاوچای مشکین‌شهر با مدل فرایند تحلیل شبکه و ArcGIS

[Downloaded from jorar.ir on 2026-11-09]

اقدام کرد و نتیجه گرفت کـه بـیش از ۱۵ درصـد از سطح حوضهٔ در خطـر وقـوع سـیلاب بسـیارزیاد و حـدود ۳۷ درصـــد از سـطح حوضـهٔ خطـر وقـوع سیلاب زیاد است که بیشتر در قسمت‌هایی از پـایین دست حوضه واقع شده است. [۱۹]

اسـکندری نـژاد (۱۳۹۴) بـا اسـتفاده از مـدل منطـق فازی، پهنه‌بندی پتانسیل سـیل‌خیـزی و سـیل‌گیـری حوضهٔ نمرود را مطالعه کرد. طبق نقشـهٔ پهنـه‌بنـدی سیل‌خیزی، پهنـه‌هـای بـا خطـر بسـیارزیاد در نیمـه شمالی و غربی حوضه واقع گردیده‌اند و اغلـب ایـن مناطق از لحاظ تراکم پوشش گیاهی در سطح پایینی قرار داشته و از لحاظ کـاربری زمـین از نـوع مرتـع متوسط و فقیر و نیز زمینهای با کـاربری کشـاورزی، تراکم شبکه زهکشی بالا به ویژه در بخشهای غربـی، دامنه‌های واگرا با پروفیل محدب و مناطقی با بـارش زیاد را تشکیل می‌دهند. در نقشهٔ پهنه‌بنـدی پتانسـیل سـیلگیری، بیشـتر منـاطق شـرقی و جنـوب شـرقی حوضه را مناطقی با پتانسیل سیلگیری زیاد و خیلـی زیاد در برگرفته‌اند. [۲۰]

شـــیخ علیشـــاهی (۱۳۹۵) در مقالـــه‌ای بـــا عنـــوان پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی تحلیـل رودخانه (مطالعه موردی: حوضه آبخیز منشاد-استان یزد) با استفاده از ابزار HEC-GeoRAS به بـرآورد پهنهٔ سیل در حوضه آبریز منشاد یزد مـی‌پـردازد. در ایـن پـژوهش پهنـهٔ سـیلاب محاسـبه شـده بـا ۳/۸ کیلومترمربع مساحت، بیشترین مسـاحت بـه اراضـی کشاورزی و باغی اختصاص داده شده است. [۲۱]

روش تحقیق

این تحقیق با رویکردی توصیفی- تحلیلـی در صـدد توصیف شرایط جغرافیایی شهر تبریز و تحلیل نحوهٔ رفتار آن در مقابل سیلاب‌های شهری است. در ایـن خصوص، ابتدا بـا اسـتفاده از جمـع‌آوری و مطالعـه مبانی نظری تحقیق و استفاده از مطالعات انجام یافته در این زمینه، مدل تحلیلی تحقیق ترسیم و معیارهای منتخب و مؤثر در تحقیق انتخاب شدند. بـه پشـتوانه این مبانی نظـری بـرای ارزیـابی معیارهـای تحقیـق پرسشنامه‌ای طراحی شد که گویه‌های این پرسشـنامه پرسشی بر مبنای میـزان اهمیـت معیارهـای تحقیـق است که روایی این معیارها توسط تحقیقـات پیشـین که در واقع مستخرج از مقالات و پژوهش‌های معتبر در سطح ملّی و بین المللی است تائید شدند. سـپس برای ارزیابی و وزن‌دهی معیارهای تحقیق با اسـتفاده از پرسشنامهٔ خبره بـر اسـاس مـدل تحلیـل سلسـله مراتبی (AHP)[1] از کارشناسان نظرخواهی شد که در نهایت وزن هر معیار استخراج و این اوزان در مـدل تاپسیس- فازی وارد شد و مدل نهایی به‌وجود آمـد. در مرحلهٔ بعدی تحقیق، معیارهای مذکور بایـد بُعـد مکانی به خود بگیرند یعنی بـا اسـتفاده از مطالعـات میـدانی بایـد داده‌هـای مکـانی مـورد نیـاز تحقیـق جمـع‌آوری و تبـدیل بـه نقشـه‌هـای مکـانی در فرمـت‌هـای (قالـب) پشـتیبان سیسـتم اطلاعـات جغرافیایی (GIS) شـوند. در ایـن راه بـا اسـتفاده از نقشه‌هـای ۱/۲۰۰۰ شـهری، برداشـت‌هـای میـدانی، دستگاه موقعیت‌یـاب جهـانی (GPS)، عکـس‌هـای هـوایی، تصـاویر مـاهواره‌ای، نقشـه‌هـای ۱/۲۵۰۰۰

[1] Analytic Hierarchy Process

[Downloaded from jorar.ir on 2026-11-09]

توپوگرافی و... معیارهـای تحقیـق در سـطح منطقـهٔ مورد مطالعه تبدیل به نقشه‌های مکانی بـرای تحلیـل می‌شوند. در نهایت با تلفیـق نقشـه‌هـا، نتـایج مـدل تحلیل سلسله مراتبـی و تـابع همپوشـانی نـرم‌افـزار ARCGIS 10.5 نقشـهٔ نهـایی کـه نشـان‌دهنـدهٔ پهنه‌بندی میزان سیل‌خیزی شهر استخراج می‌شود.

مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

تحلیل سلسله مراتبی در سـال ۷۰ توسـط الساعتی پیشنهاد شد کـه کاربردهـای متعـددی از آن تـاکنون بحث شده است.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی، روشی اسـت منعطـف، قوی و ساده که برای تصمیم گیری در شـرایطی کـه معیارهای تصمیم گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌هـا را با مشکل مواجه می‌سازد، استفاده می‌شود.[۲۲]

ایـن فراینـد، بـه‌کـارگیری قضـاوت‌هـایی دربـارهٔ معیارهای کیفـی نامحسـوس و محسـوس را ممکـن می‌سازد. این روش از مقایسـات زوجـی معیارهـای چندگانه بهره می‌گیرد [۲۳]

در فرایند تحلیل سلسله مراتبـی بـا اسـتفاده از روش AHP، بعد از تعیین سـطوح سلسـله مراتبـی شـامل هدف، معیارهـا، زیـر معیارهـا و گزینـه‌هـا، مقایسـهٔ زوجی بین مجموعه‌ها برای وزن‌دهی انجام می‌شـود. در عین وزن‌دهی به مجموعـه‌هـا، تجزیـه و تحلیـل سازگاری قضاوت‌ها صورت می‌گیرد که بایـد کمتـر از ۰/۱ باشـد. پـس از وزن‌دهـی تمـام معیارهـا، زیرمعیارها و گزینه‌ها، مقایسهٔ کلی گزینـه‌هـا نسـبت به هدف انجام و نتیجهٔ مقایسـه بـه صـورت نمـودار ظاهر می‌شود. [۲۸]

مدل فازی- تاپسیس

از آنجا که داده‌های یک فرایند فضـایی و خصـایص آنهـا معمـولاً پیچیـده اسـت، جمـع‌آوری داده‌هـای صحیح از آنها مشکل است که به نظر می‌رسد بـرای کار با داده‌های غیرقطعی و یا بازه‌ای از داده‌هـا بایـد روش ویژه‌ای استفاده شود. [۲۵] از این رو می‌تـوان از منطق فازی در تکنیک‌های تصمیم‌گیـری مختلـف استفاده کرد. یکی از این تکنیک‌هـا تکنیـک فـازی- تاپسیس است که یکی از این روش‌ها تصمیم‌گیـری چندشاخصه است کـه M گزینـه را بـا توجـه بـه N معیار رتبه‌بندی می‌کنـد. مبنـای ایـن روش انتخـاب گزینه‌ای است که کم‌ترین فاصله را از جواب ایده‌آل مطلـوب و بیشـترین فاصـله را از جـواب ایـده‌آل نامطلوب دارد؛ که با کـاربرد منطـق فـازی در آن بـه تکنیک فازی- تاپسیس تبدیل می‌شود. عبارت دیگـر در این روش، میزان فاصله یک عامل با عامل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی سنجیده مـی‌شـود و ایـن خـود معیـار درجـه‌بنـدی و اولویـت‌بنـدی عوامـل اسـت، بهترین گزینه یا عامل بایـد نزدیـک‌تـرین عامـل بـه ایده‌آل مثبت و دورترین عامل نسبت به ایده‌آل منفی باشد. به طور خلاصه عامل ایده‌آل مثبـت از بهتـرین ارزش‌ها و عامل ایـده‌آل منفـی از بـدترین ارزش‌هـا تشکیل شده است. [۲۶]

در این تحقیق از اعداد مثلثی فازی اسـتفاده شـد کـه علت این است که به طور مستقیم برای تصمیم‌گیران استفاده و محاسبه را آسان می‌کند. علاوه بر ایـن، بـا استفاده از مدل‌سازی فازی مثلثی ثابت شده است که بـا فرمولـه کـردن مسـائل تصـمیم‌گیـری کـه در آن

[Downloaded from jorar.ir on 2026-11-09]

اطلاعات در دسترس ذهنی و غیردقیق هستند راه مؤثری است. [۲۷]

در کاربردهای عملی، شکل مثلثی تابع عضویت اغلب به نمایندگی از اعداد فازی استفاده می‌شود. [۲۸]

نزدیکی نسبی هر گزینه نسبت به راه حل ایده‌آل (RCi) با استفاده از رابطهٔ (۱) به‌دست می‌آید. با تلفیق لایه‌های ایده‌آل مثبت و منفی در محیط GIS، لایهٔ نهایی شکل می‌گیرد و اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها بر اساس آن انجام می‌شود. در این رابطه m تعداد معیارهاست.

$$RC_i=\frac{\sum_{j=1}^{m} d_{ij}^{-}}{\sum_{j=1}^{m} d_{ij}^{-}+\sum_{j=1}^{m} d_{ij}^{+}} \qquad (1)$$

یافته‌ها

همچنان که گفته شد اولین مرحلهٔ تحقیق استخراج معیارهای مؤثر در پهنه‌بندی سیلاب است بدین منظور جدول ۱ تهیه شد. جدول ترکیبی از جداول استاندارد و نظرات کارشناسی است.

جدول ۱: معیارهای تحقیق

معیارها	زیرمعیار	خطر بسیار بالا	خطر نسبتاً بالا	خطر متوسط	نسبتاً بی‌خطر	بی‌خطر
ارتفاع	<۱۴۰۰ متر	✓				
	۱۴۰۱–۱۵۰۰ متر		✓			
	۱۵۰۱–۱۶۰۰ متر			✓		
	۱۶۰۱–۱۷۰۰ متر				✓	
	>۱۷۰۱ متر					✓
شیب	۰–۱۰ درصد					✓
	۱۰–۲۰ درصد				✓	
	۲۰–۲۵ درصد			✓		
	۲۵–۳۰		✓			
	۳۰ درصد به بالا	✓				
فاصله از آبراهه	<۱۰۰ متر	✓				
	۱۰۱–۵۰۰ متر		✓			
	۵۰۱–۱۰۰۰ متر			✓		
	۱۰۰۱–۲۰۰۰ متر				✓	
	۲۰۰۰ <متر					✓
کاربری اراضی	اراضی ساخته شده	✓				
	اراضی نیمه‌ساخته شده		✓			
	اراضی ساخته نشده			✓		
لیتولوژی	آبرفت عهد حاضر					✓
	پادگانه های آبرفتی				✓	
	مارن سبز و خاکستری		✓			
	ماسه سنگ و مارن			✓		
	کنگلومرای نیمه سخت	✓				

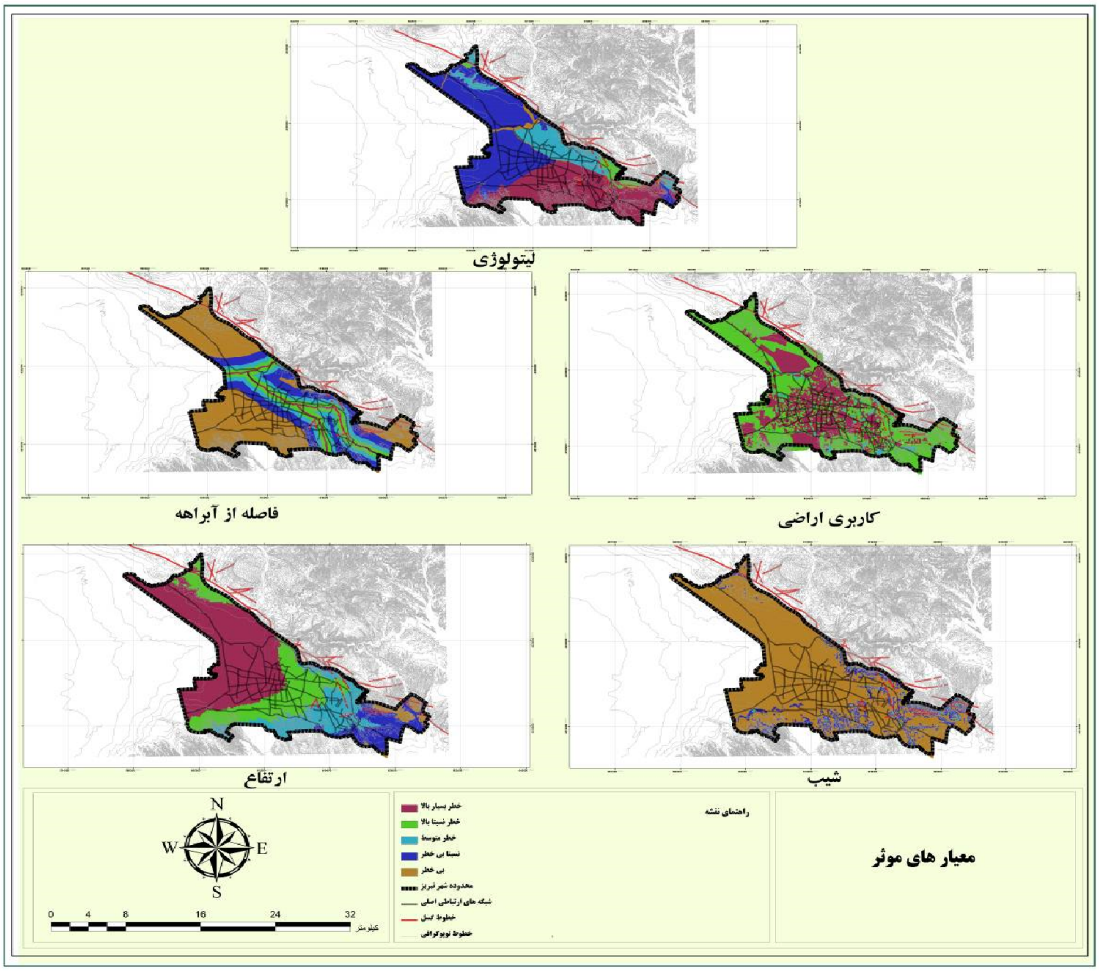
پهنه‌بندی میزان سیل‌خیزی و سیلاب در محدوده‌های شهری با سایر محدوده‌ها مانند حوضه‌های آبریز یک دریاچه که از وسعت بزرگتری برخوردارست، متفاوت است. در محدوده‌های کوچکتر مثل محدودهٔ یک شهر به دلیل نبود

[Downloaded from jorar.ir on 2026-11-09]

ایستگاه‌های هواشناسی در فواصل نزدیک، شرایط اقلیمی یکسانی برای کل آن محدوده وجود دارد مثلاً اطلاعات اقلیمی از قبیل بارش که در بحث سیلاب بسیار مهم هستند برای کل محدودهٔ شهر یکسان نشان داده می‌شود. در این شرایط لحاظ کردن چنین معیارهایی در تحقیق هیچ اثری در نتایج نخواهد داشت. با توجه به اینکه ضریب رواناب یکی از اصلی‌ترین اصول پهنه‌بندی سیلاب است که از این تحقیق حذف شد و به‌جای آن از معیار لیتولوژی (جنس خاک) استفاده شد. چون این ضریب تابعی است از میزان بارش و جنس خاک و به دلیل اینکه میزان بارش در کل محدوده، مقداری مشابه و یکسان است نقشهٔ به‌دست‌آمده چیزی جز همان نقشهٔ لیتولوژی نمی‌باشد.

پس از تعیین معیارهای تحقیق باید هریک از این معیارها را تبدیل به اطلاعات مکانی و در واقع لایه‌های اطلاعاتی مکانی کرد و براساس زیر معیارهای مشخص طبقه‌بندی کرد. نقشهٔ ۱ طبقه‌بندی معیارهای مؤثر در تحقیق را نشان می‌دهد.

نقشهٔ ۱: معیارهای مؤثر در تحقیق



[Downloaded from jorar.ir on 2026-11-09]

تعیین ارزش معیارها

قبل از همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی باید ارزش هر معیار و زیرمعیارهای آن مشخص شود. با توجه به استفاده از مدل فازی- تاپسیس در این تحقیق، فاصلهٔ از ایده‌آل مثبت و منفی محاسبه می‌شود.

جدول ۲: مقادیر فواصل از ایده‌آل مثبت و منفی

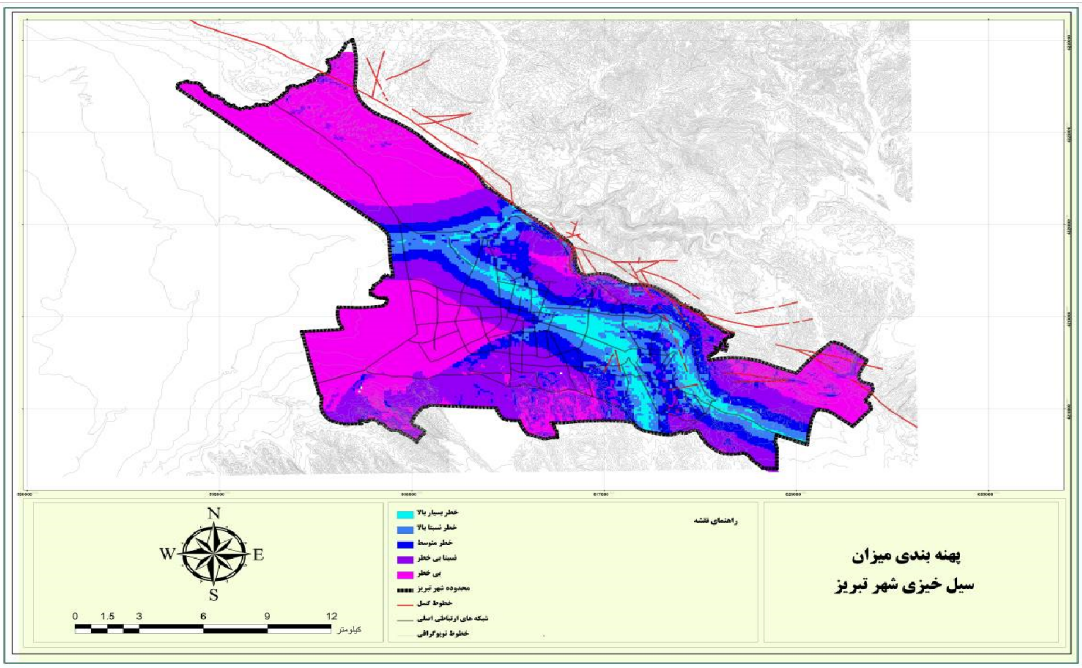
فاصله از آبراهه				
فاصله از ایده آل منفی	فاصله از ایده آل مثبت	وزن معیار در مدل AHP	اعداد (بازه) مثلثی فازی	**متغیرهای زبانی(پهنه‌های خطر)**
۰/۴۹۷۵	۰	۰/۵۹۷	(۰/۷۵ ۱ ۱)	**خطر بسیار بالا**
۰/۳۹۸	۰/۰۹۹۵	۰/۵۹۷	(۰/۵ ۰/۷۵ ۱)	**خطر نسبتاً بالا**
۰/۲۴۸۷۵	۰/۲۴۸۷۵	۰/۵۹۷	(۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵)	**خطر متوسط**
۰/۰۹۹۵	۰/۳۹۸	۰/۵۹۷	(۰ ۰/۲۵ ۰/۵)	**نسبتاً بی‌خطر**
۰	۰/۴۹۷۵	۰/۵۹۷	(۰ ۰ ۰/۲۵)	**بی‌خطر**
شیب				
فاصله از ایده آل منفی	فاصله از ایده آل مثبت	وزن معیار در مدل AHP	اعداد (بازه)مثلثی فازی	**متغیرهای زبانی(پهنه‌های خطر)**
۰/۰۱۱۶۶۶۷	۰	۰/۱۴	(۰/۷۵ ۱ ۱)	**خطر بسیار بالا**
۰/۰۹۳۳۳۳	۰/۰۲۳۳۳۳	۰/۱۴	(۰/۵ ۰/۷۵ ۱)	**خطر نسبتاً بالا**
۰/۰۵۸۳۳۳	۰/۰۵۸۳۳۳	۰/۱۴	(۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵)	**خطر متوسط**
۰/۰۲۳۳۳۳	۰/۰۹۳۳۳۳	۰/۱۴	(۰ ۰/۲۵ ۰/۵)	**نسبتاً بی‌خطر**
۰	۰/۰۱۱۶۶۶۷	۰/۱۴	(۰ ۰ ۰/۲۵)	**بی‌خطر**
ارتفاع				
فاصله از ایده آل منفی	فاصله از ایده آل مثبت	وزن معیار در مدل AHP	اعداد (بازه)مثلثی فازی	**متغیرهای زبانی(پهنه‌های خطر)**
۰/۰۶۶۶۶۷	۰	۰/۰۸	(۰/۷۵ ۱ ۱)	**خطر بسیار بالا**
۰/۰۵۳۳۳۳	۰/۰۱۳۳۳۳	۰/۰۸	(۰/۵ ۰/۷۵ ۱)	**خطر نسبتاً بالا**
۰/۰۳۳۳۳	۰/۰۳۳۳۳	۰/۰۸	(۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵)	**خطر متوسط**
۰/۰۱۳۳۳۳	۰/۰۵۳۳۳۳	۰/۰۸	(۰ ۰/۲۵ ۰/۵)	**نسبتاً بی‌خطر**
۰	۰/۰۶۶۶۶۷	۰/۰۸	(۰ ۰ ۰/۲۵)	**بی‌خطر**
لیتولوژی				
فاصله از ایده آل منفی	فاصله از ایده آل مثبت	وزن معیار در مدلAHP	اعداد (بازه)مثلثی فازی	**متغیرهای زبانی(پهنه‌های خطر)**
۰/۱۲۳۳۳۳	۰	۰/۱۴۸	(۰/۷۵ ۱ ۱)	**خطر بسیار بالا**
۰/۰۹۸۶۶۷	۰/۰۲۴۶۶۷	۰/۱۴۸	(۰/۵ ۰/۷۵ ۱)	**خطر نسبتاً بالا**
۰/۰۶۱۶۶۷	۰/۰۶۱۶۶۷	۰/۱۴۸	(۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵)	**خطر متوسط**
۰/۰۲۴۶۶۷	۰/۰۹۸۶۶۷	۰/۱۴۸	(۰ ۰/۲۵ ۰/۵)	**نسبتاً بی‌خطر**
۰	۰/۱۲۳۳۳۳	۰/۱۴۸	(۰ ۰ ۰/۲۵)	**بی‌خطر**
کاربری اراضی				
فاصله از ایده آل منفی	فاصله از ایده آل مثبت	وزن معیار در مدل AHP	اعداد (بازه)مثلثی فازی	**متغیرهای زبانی (پهنه‌های خطر)**
۰/۰۲۹۱۶۷	۰	۰/۰۳۵	(۰/۷۵ ۱ ۱)	**خطر بسیار بالا**
۰/۰۲۳۳۳۳	۰/۰۰۵۸۳۳	۰/۰۳۵	(۰/۵ ۰/۷۵ ۱)	**خطر نسبتاً بالا**
۰/۰۱۴۵۸۳	۰/۰۱۴۵۸۳	۰/۰۳۵	(۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵)	**خطر متوسط**
۰/۰۰۵۸۳۳	۰/۰۲۳۳۳۳	۰/۰۳۵	(۰ ۰/۲۵ ۰/۵)	**نسبتاً بی‌خطر**
۰	۰/۰۲۹۱۶۷	۰/۰۳۵	(۰ ۰ ۰/۲۵)	**بی‌خطر**

[Downloaded from jorar.ir on 2026-11-09]

تلفیق مدل ریاضی تحقیق با سیستم اطلاعات جغرافیایی

برای استخراج نقشهٔ نهایی که نشان‌دهندهٔ پهنه‌بندی میزان سیل‌خیزی شهر تبریز است، مدل ارزش‌دهی ریاضی تحقیق (مدل فازی- تاپسیس) باید با سیستم اطلاعات جغرافیایی که در این تحقیق توابع تحلیلی نرم‌افزار ARCGIS10.3 است ترکیب شود. نتیجهٔ این ترکیب را می‌توان در نقشهٔ ۲ مشاهده کرد.

نقشهٔ ۲: پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر تبریز



بحث و نتیجه‌گیری

عبور دو رود اصلی و نسبتاً پرآب از بافت میانی شهر تبریز همواره تهدیدی جدّی برای شهر بوده است. چنانچه در طول تاریخ طغیان این رودها منجر به وقوع سیلاب‌های عظیمی شده و همواره خسارات جانی و مالی شدیدی به همراه داشته است. شرایط جغرافیایی شهر تبریز و قرارگرفتن در حوزهٔ آبخیز دریاچهٔ ارومیه و موقعیت دشتی شهر نیز همواره یکی از محدودیت‌های توسعهٔ شهر بوده است که وقتی با توسعه‌های بی‌برنامه و غیرکارشناسی همراه شود منجر به بروز بحران و تهدید می‌شود. این تهدید در بسیاری از نواحی شهر تبریز به‌ویژه در مجاورت آبراهه‌ها و مسیل‌ها وجود دارد که در این تحقیق به پهنه‌بندی این تهدیدات پرداخته شد. بر اساس نقشهٔ ۲ که نشان‌دهندهٔ پهنه‌های آسیب‌پذیر شهر تبریز در مقابل خطر سیلاب است، ۶ درصد محدودهٔ شهر در پهنهٔ خطر بسیار بالاست که این مساحت جمعیتی بالغ بر ۹۱۲۷۷ نفر را در خود جای داده است. با احتساب محدوده‌های خطر بسیار بالا تا متوسط می‌توان گفت ۳۳ درصد از محدودهٔ شهر و ۴۶ درصد از جمعیت شهر در معرض خطر سیلاب قرار دارند که این مطلب نشان می‌دهد نواحی با خطر بالای سیلاب مراکز تجمع جمعیتی و مناطق پرتراکم شهر هستند. جدول ۳ مشخصات

[Downloaded from jorar.ir on 2026-11-09]

پهنه‌های خطر سیلاب به همراه جمعیت تحت پوشش خود را نشان می‌دهد.

جدول ۳: مشخصات پهنه‌های خطر

ردیف	پهنه	مساحت به درصد	جمعیت تحت پوشش
۱	خطر بسیار بالا	۶	۹۱۲۲۷
۲	خطر بالا	۱۲	۲۴۰۴۶۹
۳	خطر متوسط	۱۵	۳۶۰۸۸۲
۴	نسبتاً بی‌خطر	۲۷	۵۰۳۱۸۱
۵	بی‌خطر	۴۱	۳۱۰۳۷۹

انطباق نقشهٔ ۲ با تصاویر ماهواره‌ای و بارگذاری در نرم‌افزار Google Earth نشان می‌دهد مسیرهای بلوار ائل گلی، شهریار، علامه طباطبایی و بسیج در پهنهٔ خطر بسیار بالا قرار دارد. مراکز حساس و مهم شهر این پهنه شامل ایستگاه‌های مترو سهند، خیام،۲۹ بهمن، استاد شهریار، دانشگاه و آبرسان، دانشگاه تبریز، دانشگاه آزاد تبریز، دانشکدهٔ دامپزشکی، پارک باغلارباغی و ائل گلی می‌شود. با توجه به مطالب فوق و یافته‌های تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که خطر سیلاب در کنار سایر مخاطرات طبیعی همچون زمین‌لرزه و رانش زمین شهر تبریز را تهدید می‌کند طوری‌که در صورت بروز سیلاب تقریباً نیمی از جمعیت شهر در معرض خطر قرار دارند. هچنانکه در سال‌های گذشته نیز چندین بار بروز سیلاب خسارات شدید مالی و جانی را به این شهر و جمعیت آن تحمیل کرده است.

پیشنهادها

برای کاهش خسارات سیلاب و جلوگیری از بروز پدیدهٔ سیلاب پیشنهاداتی به شرح زیر ارائه می‌شود:

– بررسی دقیق رودها و آبراهه‌های حریم شهر تبریز و برآورد حداکثر دبی و دوره‌های بازگشت آن؛

– تعیین حریم دقیق رودهای موجود در حریم شهر؛

– برآورد دقیق آسیب‌پذیری انسانی و ساختمانی در حریم رودها؛

– جلوگیری از ساخت‌وساز در حریم رودها؛

– اختصاص کاربری فضای سبز به مناطق در حریم رودها؛

– احداث کانال در مناطق در حریم رودها.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بدین وسیله بر خود لازم می‌دانند تا از تمام کسانی‌که به نحوی در انجام این مقاله یاری رساندند، قدردانی و تشکر کنند.

References

1. Alcantara I. Natural hazards, vulnerability, and prevention of natural disasters in developing countries, Geomorphology, 2002; 47:107–124.
2. Feifer, LR, Bennett EM. Environmental and social predictors of phosphorus in urban streams on the Island of Montreal, Quebec, Urban Ecosystem, 2011; 14: 485-499.
3. Liu YB, DeSmedt F, Hoffmann F, Pfister L. Assessing land use impacts on flood processes in complex terrain by using GIS and modeling approach, Environmental modeling & assessment, 2004;No.9: 227–235.
4. Taheri M, Bozorgzadeh M. Urban flood management, Tehran, architectural and urban development research center, 1996; 1-548. [In Persian]
5. Acreman MC, Farquharson FA. Flood frequency of the world's largest catchments. . Florence, Floods and Flood Management, Kluwer Academic Publishers, 1992; 145-156.

[Downloaded from jorar.ir on 2026-11-09]

6. Kjha AR, Almond J. A manual to integrated urban flood risk management for 21st century (cities and flooding). Washington, D.C, World Bank report, 2012; 1-173
7. Gottschalk J. Crisis Management, Capstone press. 2007; 1-96.
8. Kates R, Pijawka, D. From rubble to moument, the pace of reconstruction following disaster, Massachusetts, The MTT press.1977
9. Esfandeyari F, Javidbeheshti E, Fathi M. Zoning the flood potential of the Agraglan River using hybrid model. International Conference on Sustainable Development, Solutions, and Challenges. 2014; 1-12. [In Persian]
10. Niknejad D, Alizadeh E. Flood study and control in two sub-basins leading to Lake Urmia, Zanjan Agricultural, and Natural Resources Research Center. 2006. [In Persian]
11. Valizadeh KH. Application of GIS in flood risk zoning, Journal of Geographic space. 2007; 153-169. [In Persian]
12. Suwanwerakamtorn R. GIS & Hydrologic modeling for management of small watersheds. ITC Journal, 1994; No.4: 343-349
13. Philip G, Oguntunde A, Jan FA, Nick VG, Hubert HG. Hydro climatology of the Volta River Basin in West Africa: Trends and variability from 1901to 2002, Journal Physics and Chemistry of the Earth, 2006; 31: 1180-1188
14. Thilagavathi G, Tamilenthi S, Ramu C, Baskaran R. Application of GIS in flood hazard zoning studies in Papanasam, Taluk, Thanjavur District, Tamilnadu, Advances in Applied Science Research, 2011; 2 (3): 574-585.
15. Oztürk, M. Nadim, K. Copty, A. Kerem, S. Modeling the impact of land use change on the hydrology of a rural watershed, Journal of Hydrology, 2013; 497 (8): 97–109
16. Chengguang L, Quanxi SH,Chen X. Flood risk zoning using a rule mining based on ant colony algorithm, Journal of Hydrology, 2016;Vol.542: 268-280
17. Dehgani N, Jamali A, Hasanzade M. Investigating the effects of watershed measures on flood damping in the watershed area with the help of the mathematical model (HEC-HMS) case study: tazerjan watershed Yazd, Journal of Geographic space. 2014; 163-182. [In Persian]
18. Shahmohammadi N. The zoning of urban flood risk using WMS and hegras models case study: Meshkinshahr basin, MA thesis, University of Mohaghegh Ardabili: 2014 [In Persian]
19. Abedeni M, Fathi M, Zoning the risk of flood occurrence and assessing its damage in the Khyav basin of Meshkinshahr with the ANP and ArcGIS model. Research project at the University of Mohaghegh Ardabili, 2014. [In Persian]
20. Eskandarnejad F. Investigating the potential of flooding of Nimrod basin and its effect on socio-economic characteristics of region and providing solutions for its management, Quantitative geomorphology research: 2014; 75-89. [In Persian]
21. Sheykhalishahi N, Jamali A, Hasanzadeh M. Flood zonation using a hydraulic model of river analysis (case study: Mansishad watershed-Yazd province), Journal of Geographic space: 2016; 53-96. [In Persian]
22. Bertolini M, Braglia M. Application of AHP methodology in making a proposal for a public work contract, International Journal of Project Management, 2006; Vol.24: 422-430.
23. Farsijane H, Zandi O. Explain and measure the strategic model of service quality, Journal of Strategic Management Studies, 2010; 69-94. [In Persian]
24. Khorshiddost A, Adeli Z. Using analytical hierarchy process to find optimum landfill location (case study: Bonab city), Journal of Environmental Studies: 2009; 27-32. [In Persian]
25. Li X, Reeves G. A multiple criteria approach to data envelopment analysis, European Journal of Operational Research, 1999; Vol.115: 507-517.
26. Wang YM, Elhag, TM. Fuzzy topsis method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment, Expert Systems with Applications, 2006; Vol.31, 309–319.
27. Zimmerman HJ. Fuzzy sets theory and its applications, Boston, Kluwer Academic Publisher, 1996; 1:1-507.
28. Xu Z, Chen J. An interactive method for fuzzy multiple attributes group sciences, 2007; Vol.177: 248–263.

[Downloaded from jorar.ir on 2026-11-09]

Micro-zoning vulnerability of cities against flood risk

(case study: Tabriz city)

Mohammad Hassan Yazdani, Associate professor of Geography, University of Mohaghegh Ardabili, Ardebil, Iran

Masoumeh Ghasemi, PhD student in Geography and Urban Planning, University of Mohaghegh Ardabili Ardebil, Ardebil, Iran

Corresponding author: Mohammad Ali Saleki Maleki, PhD student in Geography and Urban Planning, Tabriz University, Tabriz, Iran

Email: salekimaleki@gmail.com

Fatemeh Afkhami, PhD Student in urban planning, Azad University of Tabriz, Tabriz, Iran

Received: September 19, 2017 **Accepted:** October 14, 2018

Abstract

Background: Flooding and floodwater is one of the most important environmental hazards that can lead to severe damage such as mortality and have long-term economic and social impacts. It may even damage the property, disrupt the communication system, and wash agricultural land. Tabriz city placement in Lake Urmia basin, its plain position, and passage of two main rivers of Aji Chay and Quri Chay from the city has caused many destructive floods to take place and left great deal of ruin.

Method: This research aims to explain the geographical situation of Tabriz city and analyze its action against urban floods with a descriptive-analytical approach. ARCGIS 10.5 and Topsis-fuzzy model is used to evaluate the research criteria.

Findings: After reviewing the research literature and the related studies, five criteria were selected as the main criteria of the research. Then, the distance between positive and negative ideals for the criteria was determined by using Topsis-fuzzy model; finally, the spatial classification of criteria was extracted by mapping each of the criteria.

Conclusion: According to the final map, that shows the vulnerable areas of Tabriz city against flood risk, 6% of the city's area with a population of about 91277 people is in very high-risk zone. Considering very high to medium risk areas, 33 percent of the city's urban area, about 46 percent of the city's population are at risk of flood. This indicates that flood-prone areas are crowded and populated areas of the city.

Keywords: flood zoning, Tabriz, Topsis-fuzzy, GIS

[Downloaded from jorar.ir on 2026-11-09]