



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

به بیان دیگر تحولات هیدرولوژیکی ناشی از شهرسازی و نحوه 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. در این مواقع دبی جریان در فاصله مشخصی از بستر جریان به سرعت افزایش می‌یابد که نتیجه آن لبریز شدن بستر است. عوامل زیادی در وقوع سیلاب دخالت دارند. علاوه بر شرایط محیط طبیعی، فعالیت‌های انسانی و نبود برنامه‌ریزی صحیح نیز باعث ایجاد و افزایش فراوانی و حجم و همچنین 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 مرگ و میر منجر شده و آثار اقتصادی و اجتماعی طولانی مدتی را بر جای

گذارد و ممکن است باعث تخریب املاک، ایجاد اختلال 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 بطور متوسط ۲۳۲ میلیون نفر در سال تحت تاثیر بلایای طبیعی قرار گرفتند که از این تعداد ۱۰۶ میلیون نفر آنها با سیلاب مواجه بوده اند که فقط در سال ۲۰۱۰ بیش از ۱۷۸ میلیون نفر در سراسر جهان به نوعی تحت تاثیر سیلاب قرار گرفتند. [۶]

رخداد سیل یکی از سه مخاطره 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 انجام گرفته، 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 در کاهش خطر سیل، وجود آمادگی قبلی برای برخورد با آن است. این آمادگی برای برخورد با سانحه عبارتند از داشتن برنامه مشخص قبلی و برنامه ریزی است [۸]

پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی روشی است که با در نظر گرفتن ویژگیها و همچنین میزان تولید رواناب در هر بخش، حوضه را بر اساس توان سیل خیزی 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 می‌دهد. [۱۰]

در نتیجه امکان ارسال هشدارهای مناسب در مواقع خطر سیل و تسهیل عملیات امداد و نجات را فراهم می‌کنند. 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 تعیین نواحی در داخل سیلاب دشت است که برای کاربری‌های مختلف، متناسب باشند. این محدوده‌ها معمولاً خطرپذیر از سیل بوده و تاسیسات حساس خارج از محدوده‌هایی 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. وقوع این شهر در حوزه آبریز دریاچه ارومیه، موقعیت دشتی آن و عبور دو رودخانه اصلی آجی و قوری چای از بافت شهر باعث شده چندین بار در طول تاریخ

سیلاب‌های ویرانگر در آن رخ داده ویرانی‌های زیادی را به جای بگذارد. علاوه بر دو رود اصلی که طول شهر را طی می‌کنند مسیل‌های فراوانی در عرض شهر وجود دارند که از ارتفاعات شمالی و

جنوبی شهر شروع شده و در بافت میانی به دو رود اصلی شهر می‌پیوندند. توسعه روزافزون شهر بخصوص پس از انقلاب اسلامی که با مهاجرت‌های گسترده و توسعه کالبدی یکباره شهر همراه بود باعث شد شهر تبریز بر روی یک پهنه وسیع سیلابی گسترده شود. از طرفی اکثر این توسعه‌ها یا کاملاً بی‌برنامه و اتفاقی رخ داده مانند بافت اسکان غیررسمی و یا غیر کارشناسی بوده مانند توسعه محور شرقی شهر 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 توسعه بی‌برنامه و غیرکارشناسی شهر بر روی دشت‌های سیلابی ضرورت پژوهشی این چنینی مبتنی بر پهنه‌بندی سیل خیزی و تعیین نقاط بحرانی الزامی است.

مهم‌ترین هدف این تحقیق پهنه‌بندی میزان سیل خیزی در محدوده مصوب شهر تبریز و تعیین نقاط حادثه خیز سیل گیر است تا با استفاده از شناسایی این مناطق و پهنه‌بندی آن پیشنهادهای جهت توسعه پهنه شهر ارائه شده و از بروز خسارات احتمالی آینده جلوگیری شود.

#### پیشینه تحقیق

سوان وراکامتورن (۱۹۹۴) با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC و GIS اثرات تغییر کاربری اراضی کشاورزی بالادست حوزه را روی الگوی سیلاب در نواحی پائین دست حوضه مورد ارزیابی

حریم رودخانه دانگ جیانگ در جنوب چین کرده است. در این تحقیق از ۱۴ شاخص جهت پهنه‌بندی سیلاب استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد الگوریتم پیشنهادی (کلونی) کارایی بالای در پهنه‌بندی سیلاب دارد که گواهی این مطلب این است که 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 تاثیر اقدامات آبخیزداری بر کاهش سیل خیزی حوضه آبخیز طزرجان یزد با کمک مدل ریاضی HEC-HMS پرداختند. بر اساس نتایج شبیه سازی، تاثیر اقدامات مکانیکی و بیولوژیک و تلفیق آنها بر دبی اوج به طور متوسط  $44/66,6/10$  و  $19/7$  درصد بوده است. از طرفی با افزایش دوره بازگشت سیلاب، تأثیر سازه‌ها بر کاهش دبی اوج کاهش یافته و تاثیر اقدامات بیولوژیک با افزایش دوره 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 حوضه آبخیز خیاوچای

قرار داده و نشان داده موقعی که مساحت جنگل کاهش یافته است رواناب حوزه و زیر حوضه‌های بیشتر می‌شود. [۱۲]

فلیپ و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی از طریق رکوردهای تاریخی درازمدت بارش، رواناب و دیگر فاکتورهای اقلیمی، شرایط هیدرولوژیکی حوضه ولتا در دوره 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)، همچنین به کمک GIS موفق به نقشه برداری 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 تأثیر تغییرات 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 مقاله ای با عنوان پهنه‌بندی سیلاب بر مبنای الگوریتم کولونی به پهنه‌بندی سیلاب در

## روش تحقیق

این تحقیق با رویکردی توصیفی-تحلیلی در صدد توصیف شرایط جغرافیایی شهر تبریز و تحلیل نحوه رفتار آن در مقابل سیلاب‌های شهری است. در این راستا ابتدا با استفاده از جمع آوری و مطالعه مبانی نظری تحقیق و استفاده از مطالعات انجام یافته در این زمینه مدل تحلیلی تحقیق ترسیم شده معیارهای منتخب و مؤثر در تحقیق انتخاب شدند. به پشتوانه این مبانی نظری جهت ارزیابی معیارهای تحقیق پرسشنامه ای طراحی شد که گویه‌های این پرسشنامه پرسشی بر مبنای میزان اهمیت معیارهای تحقیق است که روائی این معیارها توسط تحقیقات پیشین که در واقع مستخرج از مقالات و پژوهش‌های معتبر در سطح ملی و بین‌المللی است تأیید شده‌اند. سپس جهت ارزیابی و وزن دهی معیارهای تحقیق با استفاده از پرسشنامه خبره بر اساس مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) از کارشناسان نظر خواهی شده که در نهایت وزن هر معیار استخراج شد و این اوزان در مدل تاپسیس-فازی وارد شده مدل نهایی بوجود آمد. در مرحله بعدی تحقیق معیارهای مذکور باید بعد مکانی به خود بگیرند یعنی با استفاده از مطالعات میدانی باید داده‌های مکانی مورد نیاز تحقیق جمع آوری و تبدیل به نقشه‌های مکانی در فرمت‌های پشتیبان سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شوند. در این راه با استفاده از نقشه‌های ۱/۲۰۰۰ شهری، برداشت‌های میدانی، دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS)، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره ای، نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ توپوگرافی و... معیارهای تحقیق در سطح منطقه مورد مطالعه

مشکین شهر با مدل فرایند تحلیل شبکه و ArcGIS اقدام کرد و نتیجه گرفت که بیش از ۱۵ درصد از سطح حوضه در خطر وقوع سیلاب بسیار زیاد و حدود ۳۷ درصد از سطح حوضه خطر وقوع سیلاب زیاد است که بیشتر در قسمت‌هایی از پایین دست حوضه واقع شده است. [۱۹]

اسکندری نژاد (۱۳۹۴) با استفاده از مدل منطق فازی پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی و سیل‌گیری حوضه نمود را مطالعه کرد. طبق نقشه پهنه‌بندی سیل‌خیزی، پهنه‌های با خطر بسیار زیاد در نیمه شمالی و غربی حوضه واقع گردیده‌اند و اغلب این مناطق از لحاظ تراکم پوشش گیاهی در سطح پایینی قرار داشته و از لحاظ کاربری زمین از نوع مرتع متوسط و فقیر و نیز زمینهای با کاربری کشاورزی، تراکم شبکه زهکشی بالا به ویژه در بخشهای غربی، دامنه‌های واگرا با پروفیل محدب و مناطقی با بارش زیاد را تشکیل می‌دهند. در نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌گیری، بیشتر مناطق شرقی و جنوب شرقی حوضه را مناطقی با پتانسیل سیل‌گیری زیاد و خیلی زیاد در بر گرفته‌اند. [۲۰]

شیخ علیشاهی (۱۳۹۵) در مقاله ای با عنوان پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی تحلیل رودخانه (مطالعه موردی: حوزه آبخیز منشاد-استان یزد) با استفاده از ابزار HEC-GeoRAS به برآورد پهنه سیل در حوضه آبریز منشاد یزد می‌پردازد. در این پژوهش پهنه سیلاب محاسبه شده دارای مساحت ۳/۸ کیلومتر مربع میباشد که بیشترین مساحت به اراضی کشاورزی و باغی اختصاص داده شده است. [۲۱]

## مدل فازی - تاپسیس

از آنجا که داده‌های یک فرایند فضایی و خصایص آنها معمولاً پیچیده است و جمع آوری داده‌های صحیح از آنها مشکل است، به نظر می‌رسد برای کار با داده‌های غیرقطعی و یا بازه‌ای از داده‌ها باید روش ویژه‌ای مورد استفاده قرار گیرد [۲۵] از این رو می‌توان از منطق فازی در تکنیک‌های تصمیم‌گیری مختلف استفاده نمود. یکی از این تکنیک‌ها تکنیک فازی-تاپسیس می‌باشد که یکی از این روش‌ها تصمیم‌گیری چند شاخصه است؛ که  $M$  گزینه را با توجه به  $N$  معیار رتبه‌بندی می‌کند. مبنای این روش انتخاب گزینه‌ای است که کم‌ترین فاصله را از جواب ایده‌آل مطلوب و بیشترین فاصله را از جواب ایده‌آل نامطلوب دارد؛ که با کاربرد منطق فازی در آن به تکنیک فازی-تاپسیس تبدیل می‌شود. عبارت دیگر در این روش، میزان فاصله یک عامل با عامل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی سنجیده می‌شود و این خود معیار درجه‌بندی و اولویت‌بندی عوامل است، بهترین گزینه یا عامل باید نزدیک‌ترین عامل به ایده‌آل مثبت و دورترین عامل نسبت به ایده‌آل منفی باشد. به طور خلاصه عامل ایده‌آل مثبت از بهترین ارزش‌ها و عامل ایده‌آل منفی از بدترین ارزش‌ها تشکیل شده است. [۲۶]

در این تحقیق از اعداد مثلثی فازی استفاده شده است. علت اصلی برای استفاده از اعداد مثلثی این است که به طور مستقیم برای تصمیم‌گیران استفاده و محاسبه را آسان می‌کند. علاوه بر این، با استفاده از مدل سازی فازی مثلثی ثابت شده است که با فرموله کردن مسایل تصمیم‌گیری که در آن اطلاعات در

تبدیل به نقشه‌های مکانی جهت تحلیل می‌شوند. در نهایت با تلفیق نقشه‌ها، نتایج مدل تحلیل سلسله‌مراتبی و تابع همپوشانی نرم افزار ArcGIS 10.5 نقشه نهایی که نشان دهنده پهنه‌بندی میزان سیلاب خیزی شهر است استخراج می‌شود.

مدل تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱</sup> (AHP)

تحلیل سلسله مراتبی در سال ۱۹۷۰ توسط ساعتی پیشنهاد شد و کاربردهای متعددی از آن تاکنون مورد بحث قرار گرفته است (جبل عاملی و همکاران، ۱۳۸۸: ۶۸). فرایند تحلیل سلسله مراتبی، روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۲]

این فرایند به‌کارگیری قضاوت‌هایی درباره معیارهای کیفی نامحسوس و معیارهای کیفی محسوس را ممکن می‌سازد. این متد از مقایسات زوجی

## معیارهای چندگانه بهره می‌گیرد [۲۳]

در فرایند تحلیل سلسله مراتبی با استفاده از روش AHP، بعد از تعیین سطوح سلسله مراتبی، شامل هدف، معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها، مقایسه زوجی بین مجموعه‌ها برای وزن دهی انجام می‌شود. در عین وزن دهی به مجموعه‌ها، تجزیه و تحلیل سازگاری قضاوت‌ها صورت می‌گیرد که باید کمتر از ۰/۱ باشد. پس از وزن دهی تمام معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها، مقایسه کلی گزینه‌ها نسبت به هدف انجام و نتیجه مقایسه به صورت نمودار ظاهر می‌شود [۲۴]

<sup>۱</sup> Hierarchy

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

دسترس ذهنی و غیر دقیق هستند یک راه مؤثر می باشد [۲۷].

### یافته‌ها

همچنان که گفته شد اولین مرحله تحقیق استخراج معیارهای مؤثر در پهنه‌بندی سیلاب است بدین منظور جدول شماره (۱) که نشان دهنده معیارهای تحقیق است تهیه شده است. جدول تهیه شده ترکیبی از جداول استاندارد و نظرات کارشناسی است.

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

نزدیکی نسبی هر گزینه نسبت به راه حل ایده آل  $(RC_i)$  با استفاده از رابطه (۱) بدست می‌آید. با تلفیق لایه‌های ایده آل مثبت و منفی در محیط GIS، لایه نهایی شکل می‌گیرد و اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها بر اساس آن انجام می‌شود. در این رابطه  $m$  تعداد معیارهاست.

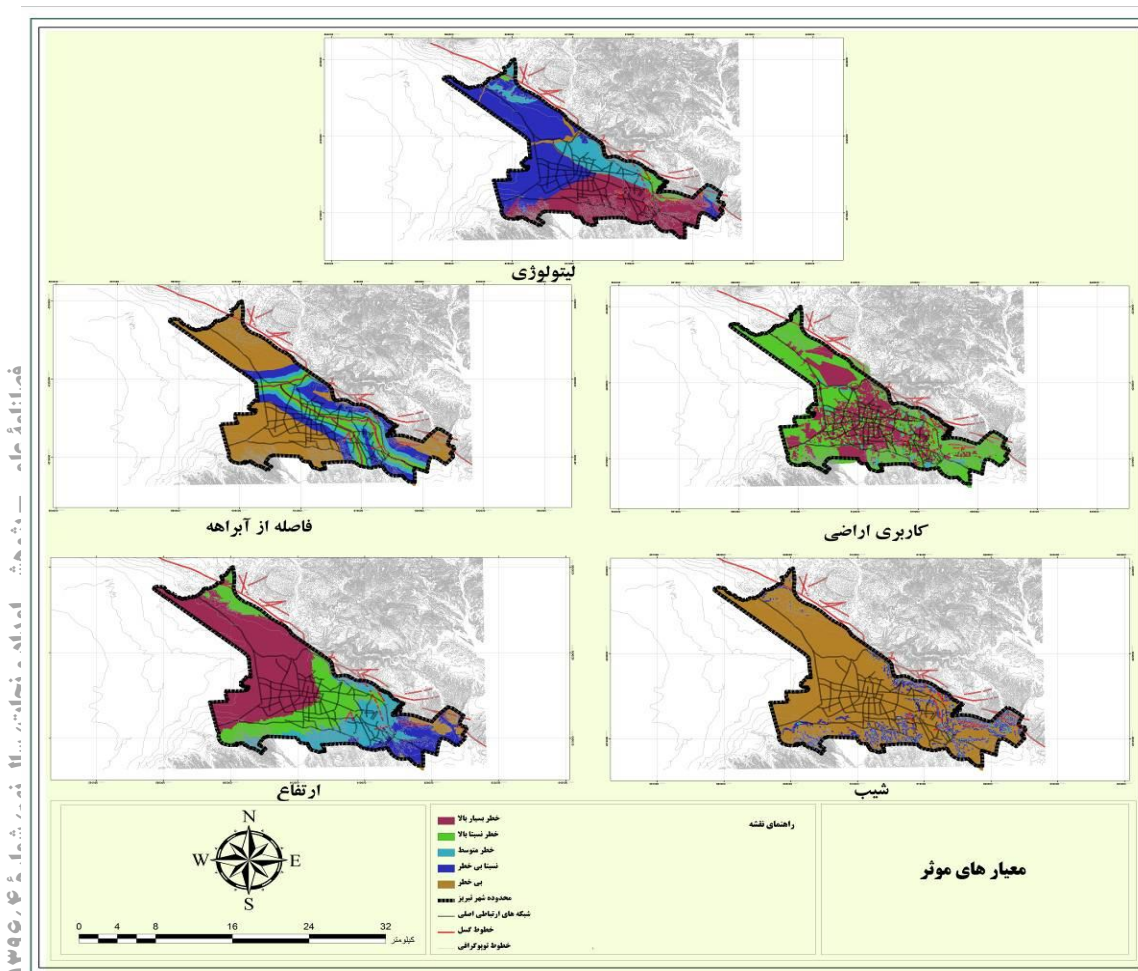
جدول شماره ۱- معیارهای تحقیق

معیارها	زیرمعیار	خطر بسیار بالا	خطر نسبتاً بالا	خطر متوسط	نسبتاً بی خطر	بی خطر
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 درصد		✓			
	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 سیل خیزی و سیلاب در محدوده‌های شهری با سایر محدوده‌ها مانند حوضه‌های آبریز یک دریاچه که از وسعت بزرگتری برخوردارند متفاوت است. بدین دلیل که در محدوده‌های کوچکتر مثل محدوده یک شهر به دلیل نبود ایستگاه‌های هواشناسی در فواصل نزدیک شرایط اقلیمی یکسانی را برای کل آن محدوده نشان می‌دهند برای مثال اطلاعات اقلیمی از قبیل بارش که در بحث سیلاب بسیار مهم هستند برای کل محدوده شهر یکسان نشان داده می‌شوند 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 از این تحقیق حذف شده و بجای آن از معیار لیتولوژی (جنس خاک) استفاده شده است چون این ضریب تابعی است از میزان بارش و جنس خاک و به دلیل اینکه میزان بارش در کل محدوده مقاداری مشابه و یکسان است نقشه حاصله چیزی جز همان نقشه لیتولوژی نخواهد بود.

پس از تعیین معیارهای تحقیق باید هر یک از این معیارها را تبدیل به اطلاعات مکانی و در واقع لایه‌های اطلاعاتی مکانی کرد و بر اساس زیر معیارهای مشخص شده طبقه‌بندی کرد. نقشه شماره (۱) طبقه‌بندی معیارهای مؤثر در تحقیق را نشان می‌دهد.

نقشه شماره (۱) - معیارهای مؤثر در تحقیق





### تعیین ارزش معیارها

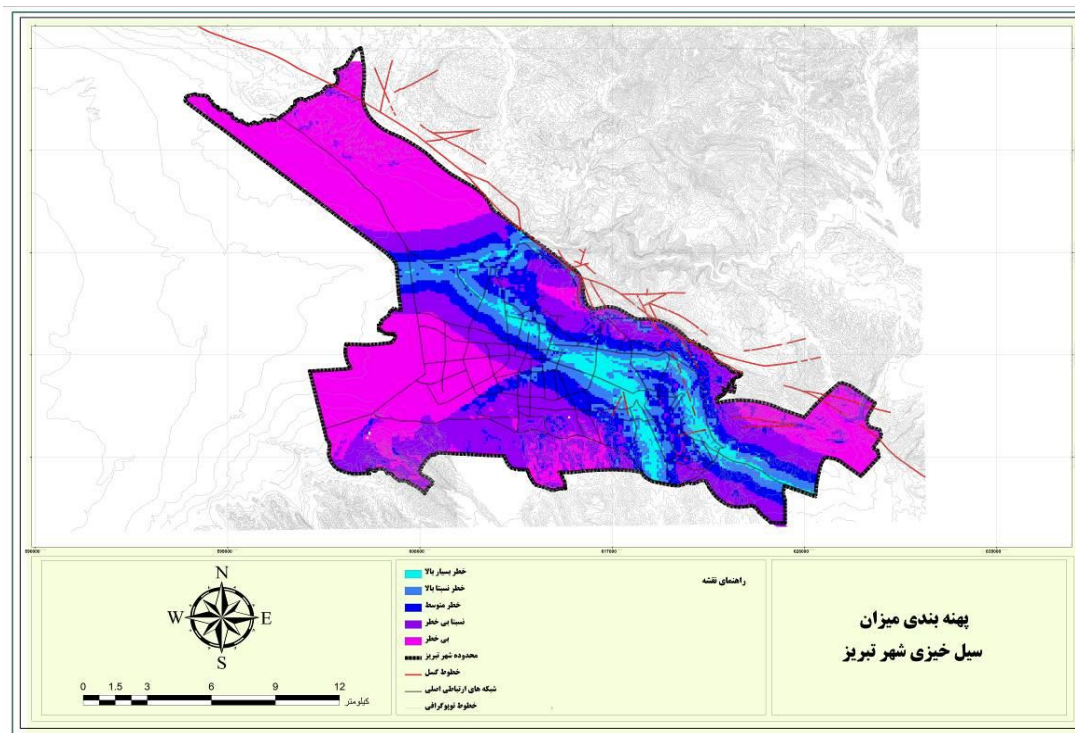
قبل از همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی باید ارزش هر معیار و زیرمعیارهای آن مشخص شود. با توجه به استفاده از مدل فازی-تاپسیس در این تحقیق، فاصله از ایده‌آل مثبت و منفی محاسبه می‌شود.

جدول شماره (۲): مقادیر فواصل از ایده‌آل مثبت و منفی

فاصله از آبراه				
فاصله از ایده آل منفی	فاصله از ایده آل مثبت	AHP وزن معیار در مدل	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 بی خطر
۰	۰/۴۹۷۵	۰/۵۹۷	(۰ ۰ ۰/۲۵)	بی خطر
شیب				
فاصله از ایده آل منفی	فاصله از ایده آل مثبت	AHP وزن معیار در مدل	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 بی خطر
۰	۰/۰۱۱۶۶۶۷	۰/۱۴	(۰ ۰ ۰/۲۵)	بی خطر
ارتفاع				
فاصله از ایده آل منفی	فاصله از ایده آل مثبت	AHP وزن معیار در مدل	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
۰/۰۳۳۳۳۳	۰/۰۳۳۳۳۳	۰/۰۸	(۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵)	خطر متوسط
۰/۰۱۳۳۳۳	۰/۰۵۳۳۳۳	۰/۰۸	(۰ ۰/۲۵ ۰/۵)	نسبتاً بی خطر
۰	۰/۰۶۶۶۶۷	۰/۰۸	(۰ ۰ ۰/۲۵)	بی خطر
لیتولوژی				
فاصله از ایده آل منفی	فاصله از ایده آل مثبت	AHP وزن معیار در مدل	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 بی خطر
۰	۰/۱۲۳۳۳۳	۰/۱۴۸	(۰ ۰ ۰/۲۵)	بی خطر
کاربری اراضی				
فاصله از ایده آل منفی	فاصله از ایده آل مثبت	AHP وزن معیار در مدل	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 بی خطر
۰	۰/۰۲۹۱۶۷	۰/۰۳۵	(۰ ۰ ۰/۲۵)	بی خطر

### تلفیق مدل ریاضی تحقیق با سیستم اطلاعات جغرافیایی

جهت استخراج نقشه نهایی که نشان دهنده پهنه‌بندی میزان سیل خیزی شهر تبریز خواهد بود باید مدل ارزش دهی ریاضی تحقیق که مدل فازی-تاپسیس است را با سیستم اطلاعات جغرافیایی که در این تحقیق توابع تحلیلی نرم افزار ARC GIS10.3 است ترکیب شود. نتیجه این ترکیب را می‌توان در نقشه شماره (۲) که نشان دهنده نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر تبریز است مشاهده کرد. نقشه شماره (۲)-پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر تبریز



### بحث و نتیجه‌گیری

عبور دو رود اصلی و نسبتاً پرآب از بافت میانی شهر تبریز همواره تهدیدی جدی برای شهر بوده چنانچه در طول تاریخ طغیان این رودها منجر به وقوع سیلاب‌های عظیمی شده که همواره خسارات جانی و مالی شدیدی را به همراه داشته است. شرایط جغرافیایی شهر تبریز و قرار گرفتن در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه و موقعیت دشتی شهر نیز همواره یکی از محدودیت‌های توسعه شهر بوده است که وقتی با توسعه‌های بی‌برنامه و غیرکارشناسی همراه

می‌شود 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 پرداختیم. بر اساس نقشه شماره (۲) که نشان دهنده پهنه‌های آسیب‌پذیر شهر تبریز در مقابل خطر سیلاب است ۶ درصد محدوده شهر در پهنه خطر بسیار بالا است که این مساحت جمعیتی بالغ بر ۹۱۲۷۷ نفر را در خود جای دارد. با احتساب محدوده‌های خطر بسیار بالا تا خطر متوسط می‌توان گفت ۳۳ درصد از محدوده

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 شماره ۳ مشخصات پهنه‌های خطر سیلاب به همراه جمعیت تحت پوشش خود را نشان می‌دهد.

جدول شماره 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 بی خطر	۲۷	۵۰۳۱۸۱
۵	بی خطر	۴۱	۳۱۰۳۷۹

سایر مخاطرات طبیعی همچون زمین‌لرزه و رانش زمین شهر تبریز را تهدید می‌کند طوری که در صورت بروز سیلاب تقریباً نیمی از جمعیت شهر در معرض خطر قرار دارند. همچنانکه در سال‌های گذشته نیز چندین بار بروز سیلاب خسارات شدید مالی و جانی را به این شهر و جمعیت آن تحمیل کرده است. بنابراین جهت کاهش خسارات سیلاب و جلوگیری از بروز این پدیده 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 ساخت و ساز در حریم رودها؛  
- اختصاص کاربری فضای سبز به مناطق در حریم رودها؛

- احداث کانال در مناطق در حریم رودها.

### سیاسگزاری

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

انطباق نقشه شماره (۲) با تصاویر ماهواره ای و بارگذاری در نرم‌افزار Google Earth نشان می‌دهد مسیرهای بلوار ائل گلی، شهریار، علامه طباطبائی و بسیج در پهنه خطر بسیار بالا قرار دارد. مراکز حساس و مهم شهر که در این پهنه قرار دارد شامل ایستگاه‌های مترو سهند، خیام، ۲۹ بهمن، استاد شهریار، دانشگاه و آبرسان، دانشگاه تبریز، دانشگاه آزاد تبریز، دانشکده دامپزشکی، پارک باغلاباغی و ایل گلی می‌شود. با توجه به مطالب فوق و یافته‌های تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که خطر سیلاب در کنار

## 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 and assessment*, 2004,9: 227–235.
4. Taheri M, Bozorgzadeh M. Urban flood management, 1nd ed, 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.
6. Kjha, AR, Almond j. A manual to integrated urban flood risk management for 21th century (Cities and flooding). Washington, D.C ,The World Bank report,2012,1- 173 .
7. Gottschalk j, Crisis Management, Capstone press: 2007, 1-96.
8. Kates R, Pijawka, D,From Rubble to Mowment, The Pace of Reconstruction following Disaster, Massachusetts, The MTT press.1977,
9. Esfandeyari F, Javidbeheshti E, Fathi M, Zoning the potential of the flood of the Agraglan River using the 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, Zanzan Agricultural, and Natural Resources Research Center. 2006. [In Persian]
11. Valizadeh kh, Application of GIS in flood risk zoning, *Geographic space press: 2007*, 153-169. [In Persian]
12. Suwanwerakamton, R. (1994). 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, Tamilenth 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, *Geographic space press:2014*,163-182. [In Persian]
18. Shahmohammadi N. The zoning of urban flood risk using WMS and Hegras Models Case Study of Meshkinshahr Basin, Master's thesis at the 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 the region and providing solutions for its management, *Quantitative geomorphology research: 2014*, 75-89. [In Persian]
21. Sheykhali shahi n,jamali a,hasanzadeh m, Flood zonation using a hydraulic model of river analysis (Case study: Mansishad watershed - Yazd province), *Geographic space press:2016*,53-96. [In Persian]
22. Bertolini. M, Braglia m. Application of the 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 (Bonab City Case Study), Journal of Environmental Studies:2009,27-32.
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. (2007); an Interactive Method for FUZZY Multiple Attributes Group Sciences, 2007,Vol.177: 248–263.

## **Micro-zoning vulnerability of cities against flood risk**

(Case study: Tabriz city)

### **Abstract**

**Background:** Flood occurrence and river flooding is one of the most important environmental hazards that can lead to severe damage such as mortality and long-term economic and social impacts, which may lead to property destruction, disturbance In the system of communicating and washing agricultural land. The occurrence of the city of Tabriz in the watershed of Lake Urmia, its plain position and the passage of the two main streams of Aji and teapot from the city's texture has caused several ruins of history during the history of devastating floods to take place.

**Method:** This research, using a descriptive-analytical approach, aims at describing the geographical conditions of the city of Tabriz and analyzing its behavior against urban floods. The selected model is to evaluate the research criteria of the TOPSIS-Fuzzy Model and the selected software ARC GIS 10.Δ.

**Findings:** After reviewing the research literature in this field, five criteria were selected as the main criteria of the research. Then using the Topsis-Fuzzy model, the distance between positive and negative ideals was determined for the criteria and finally the class benchmarking criteria were extracted by mapping each of the metrics.

**Conclusion:** According to the map of the dam, that shows the vulnerable areas of Tabriz city against flood risk, 6% of the city's area is very high in the danger zone, which has a population of 91277 people. Including hazardous areas High to Medium Risk It can be said that 33% of the city's urban area is 46% of the city's population at risk of flood, which suggests that flood-prone areas are demographic centers and densely populated areas of the city.

**Keywords:** flood zoning, Tabriz, Topsis-Fuzzy, GIS