

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴، شماره پیاپی ۱۱۶

H. Mahmood Zadeh  
V. Emami Kia  
A.A. Rasooli, Ph.D

حسن محمود زاده، دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تبریز  
وحید امامی کیا، کارشناس ارشد جغرافیا-ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی  
علی اکبر رسولی، استاد آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز

E-mail: vahidemamikia@gmail.com

شماره مقاله: ۱۰۰۷ صص: ۱۸۰-۱۶۷  
وصول: ۹۲/۱۲/۱۳ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۹

## ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر تبریز با استفاده از روش AHP

### چکیده

به منظور پیش‌بینی دامنه خسارات ناشی از سیلاب برای کنترل و مهار آن پهنه‌بندی خطر سیل، امری ضروری است که هدف از این تحقیق بررسی میزان خطرپذیری سیلاب و ارزیابی خسارت وارده به شهر تبریز است. پارامترهای خاص موضوع این تحقیق، شامل: کاربری اراضی، تراکم جمعیت، مسیل‌ها، طبقات شیب، تراکم مسکونی، ضریب<sup>۱</sup> CN، ضریب رواناب، تراکم جمعیت، فضای باز و قدمت ابنیه بوده است. سپس با تهیه لایه‌های مورد نیاز محدوده شهر، به تعیین وزن هر لایه بر اساس میزان اهمیت آن در بروز سیلاب اقدام گردید. پس از وزن‌دهی نهایی، لایه‌ها به صورت دوجه دو (AHP<sup>۲</sup>) توسط نرم‌افزار Expert choice مقایسه و ماتریس حاصل از این مقایسات به نرم‌افزار Idrisi منتقل و ضریب نهایی برای هر لایه تعیین شد. در نهایت، با اعمال این ضرایب از طریق نرم‌افزار ArcGIS نقشه ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر تبریز تهیه شد. بدین ترتیب، محدوده‌های بحرانی بافت شهری در برابر سیلاب آب گرفتگی مشخص و خسارات ناشی از سیل در قالب نقشه ارزیابی خسارات ارائه شد. نقشه ریزپهنه‌بندی خطر سیل نشان می‌دهد که حدود ۳/۳۴ درصد از محدوده نقشه در پهنه‌بندی خطر خیلی زیاد، ۱۵/۸۷ درصد در پهنه‌بندی خطر زیاد، ۷۰/۸۴ درصد در پهنه‌بندی خطر متوسط و ۹/۹۵ درصد در پهنه‌بندی کم‌خطر از لحاظ سیل‌گیری قرار دارد. همچنین، با تهیه نقشه ارزیابی خسارت مشخص شد که پهنه‌های مشخص شده ۸۵ درصد منطبق با پهنه‌های مختلف از نظر شدت سیل‌گیری است.

**واژه‌های کلیدی:** ریزپهنه‌بندی سیلاب، نقشه ارزیابی خسارت، شهر تبریز، الگوی AHP، GIS

### مقدمه

رشد جمعیت، توسعه شهری و صنعتی شدن جوامع، تأثیرات نامطلوبی در هیدرولوژی حوضه آبریز مربوطه می‌گذارد و موجب تشدید سیلاب‌ها، افزایش آلودگی در قسمت پایاب، کاهش جریان‌های پایه و کاهش تغذیه آب‌های زیر زمینی می‌گردد (طاهری بهبهانی و بزرگ زاده، ۱۳۷۵: ۵-۴۹). به بیان دیگر، تحولات هیدرولوژیک ناشی از شهرسازی و نحوه کاربری اراضی حوزه‌های شهری را می‌توان به اختصار چنین خلاصه نمود:

1 - Curve Number

2- Analytical Hierarchy Process

- تغییر حجم کل رواناب
- تغییر میزان تغذیه ناشی از بارش
- تغییر حداکثر آبدهی (پیک) سیلاب ها
- تغییر کیفیت آب

اکثر شهرهای ایران در خروجی حوضه‌ها بنا شده‌اند و شهر تبریز نیز از این امر مستثنا نیست. افزایش سطوح نفوذناپذیر که ناشی از شهرسازی و احداث ساختمان بر خاک های نفوذپذیر است، طبعاً از سطوح نفوذپذیر حوضه که قادر به جذب بخشی از بارندگی است، کاسته و در نتیجه، بر حجم کل رواناب شهر افزوده است (طاهری بهبهانی و بزرگ زاده، ۱۳۷۲: ۲). سطوح روکش شده شهر، بام ساختمان‌ها و سطوح خیابان‌ها و پارکینگ‌ها همانند مانعی در برابر نفوذ آب باران به داخل خاک و تغذیه آب های زیرزمینی عمل می‌کند و سبب می‌شود که بخش بیشتری از بارندگی به رواناب های سطحی تبدیل شود (اصغری مقدم، ۱۳۸۴: ۱۴۶). بررسی آمار و اطلاعات خسارت ناشی از وقوع سیلاب در ایران و جهان، بیانگر گستردگی صدمات ناشی از سیلاب به منابع طبیعی، انسانی و اقتصادی مناطق مختلف است (وهایی، ۱۳۸۵: ۳۴). روند افزایش سیل در ۵ دهه گذشته نشان می‌دهد که تعداد وقوع سیل در دهه ۸۰ نسبت به دهه ۴۰ تقریباً ۱۰ برابر شده است و به عبارت دیگر، ۹۰۰ درصد افزایش داشته است (عبدی، ۱۳۸۵: ۲۰۰). مهار طغیان و سیلاب مستلزم آشنایی مطلوب به نحوه عملکرد سیستم هیدرولوژیک منطقه است (رامشت، ۱۳۸۵: ۴۸). سیل به معنی طغیان ناگهانی آب ناشی از برهم خوردن تعادل هیدرولوژیکی و آب و هوایی در یک منطقه است (صدقی، ۱۳۷۳: ۱۴). پهنه‌بندی خطر سیل، در واقع ابزاری اساسی برای مدیریت کاهش خطرهای سیل است و وسیله‌ای قانونی در دست دولت و مسؤولان برای کنترل و مدیریت کاربری اراضی و برنامه‌های توسعه همزمان با کاهش خطرهای سیل و حفاظت محیط زیست است (تلوری، ۱۳۷۶: ۱۰۳-۹۶). پهنه‌بندی خطر سیلاب با هدف به‌کارگیری در برنامه‌ریزی و مدیریت در کنترل و مهار سیل تاکنون در شهر تبریز مورد توجه نبوده و در قالب طرح تحقیقاتی و حتی مطالعاتی فعالیت چندانی در این زمینه صورت نگرفته است. لذا به منظور پیش‌بینی دامنه خسارات ناشی از سیلاب در شرایط گوناگون و توجیه اقتصادی و اجتماعی، برنامه‌های کنترل و مهار سیلاب، پهنه‌بندی خطر سیل را ضروری می‌نماید.

پژوهش‌های مختلفی در جهان و ایران در ارتباط با این موضوع صورت پذیرفته که می‌توان به مواردی چند اشاره نمود: جمیز<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۸۰) ضمن برشمردن نیازهای مدیریتی؛ به ویژه در اقلیم خشک، به پهنه‌بندی خطر سیل در ایالت یوتای آمریکا اقدام کردند و بیان داشتند که به علت تغییرات مناطق سیل‌گیر از سیلی به سیل دیگر، باید توجه داشت که در مناطق نقشه‌بندی شده، خطرهای خیلی زیاد یا خیلی کم نشان داده نشود. هیالمارسون<sup>۲</sup> (۱۹۸۸) برای پهنه‌بندی خطر سیل در مناطق آریزونا غربی و شرقی با استفاده از خصوصیات هیدرولوژیک و ژئومورفولوژیک، به بررسی خطرهای تهدیدکننده عملیات مهندسی پرداختند. در پایان، با توجه به فرسایش کناری سواحل و بستر رودخانه‌ها و ته‌نشست رسوبات در هنگام وقوع و فروکش جریان سیل، ضوابط مورد نظر در پهنه‌بندی منطقه مورد بررسی و مناطق مشابه

1 - James

2 - Hyalmarson

را ارائه کردند. لانگ و موهانتی<sup>۱</sup> (۱۹۹۷) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، در منطقه ماهانادی واقع در اوراسیای هندوستان، اقدام به پهنه‌بندی سیل کرده و مدیریت سیلاب‌ها بر اساس پهنه‌بندی را به منزله یک روش غیرسازهای کنترل سیلاب معرفی و آنرا بهینه کردند. کوریا<sup>۲</sup> و همکاران (۱۹۹۹) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های هیدرولوژیک و هیدرولیک، در دشت‌های سیلابی که با توسعه شهری همراه است و در معرض خطر سیل قرار دارند، تأثیر کنترل کاربری اراضی در کاهش خطر سیل را ارزیابی و در ادامه اقدام به پهنه‌بندی و آنالیز سیل کردند. اسلام و سادو<sup>۳</sup> (۲۰۰۰) با استفاده از داده‌های سنجش از دور از سیل تاریخی سال ۱۹۸۸ بنگلادش، یک نقشه خطر سیل را برای این کشور به کمک سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه کردند. لین<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۰) پهنه‌بندی حوزه آبخیز کارولینای شمالی را به منزله BMPs (مناسب‌ترین اقدام مدیریتی) بررسی و آن را به عنوان عملکردی بسیار مفید در مدیریت حوزه‌های آبخیز معرفی کردند. یانگ و تسای<sup>۵</sup> (۲۰۰۰) مدلی به نام FGIS را برای پهنه‌بندی خطر سیلاب، محاسبات خصوصیات سیل و نشان دادن خصوصیات سیل در کشور تایوان طراحی کردند. ایشان در این مدل علاوه بر شبیه‌سازی دشت سیلابی، از منحنی عمق خسارت نیز برای تعیین مقدار خسارت استفاده کردند. استفان<sup>۶</sup> (۲۰۰۲) در تحقیقات خود به بررسی سیل‌های به وقوع پیوسته در سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ در حوزه آبخیز رودخانه سنگ زرد واقع در ایالت مونتانا، آمریکا پرداخت. وی همچنین برای تعیین پهنه‌های سیل رخ داده در این دو سال مشخصات ۲۵ مقطع را در طول یک مسیر ۱۸ کیلومتری برداشت و پهنه‌های سیل با دوره‌های بازگشت مختلف را تعیین کرد.

خلیلی زاده (۱۳۸۲) در تحقیقی با نام ارزیابی خطر و مدیریت سیل در شهر گرگان با استفاده از نرم‌افزارهای Arcview-GIS اقدام به پهنه‌بندی خطر سیل در طول ۱۰.۵ کیلومتر از مسیر رودخانه زیارت کرد و علاوه بر ترسیم نقشه پهنه‌های خطر سیل، مقدار خسارت ناشی از سیل را نیز برآورد کرد. جهانفر (۱۳۸۵) در تحقیقی به منظور تحلیل منطقی خطر وقوع سیل و شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع آن در حوضه اسلام‌آباد غرب به کمک مدل‌های کمی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، نسبت به پهنه‌بندی خطر سیل اقدام نموده است. زارع (۱۳۷۱) در مطالعه‌ای که با استفاده از عکس‌های هوایی شهر تهران و تحلیل توپوگرافی منطقه انجام داده، از جمله علل بروز سیلاب در محدوده شهر را از بین رفتن مسیل‌های طبیعی توسط توسعه شهری و همچنین، گسترش شهر در بستر رودخانه می‌داند.

### منطقه مورد مطالعه

شهرستان تبریز مرکز استان آذربایجان شرقی وسعتی معادل ۲۱۶۷ کیلومتر مربع دارد که ۴/۷۶ درصد آن از مساحت استان را در بر گرفته است. شهر تبریز به عنوان بزرگترین پایگاه سکونتی شمال غرب ایران در مختصات جغرافیایی ۳۶°، ۲۳' تا ۴۶'، ۱۰" تا ۲۸'، ۴۶' طول شرقی و در ۱۷'، ۰۲' تا ۳۸'، ۰۷'، ۰" عرض شمالی قرار دارد. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری، شهرستان تبریز دارای دو بخش (مرکزی و خسروشهر) و شش دهستان (آجی چای،

1-Liang Mohanty

2-Correia

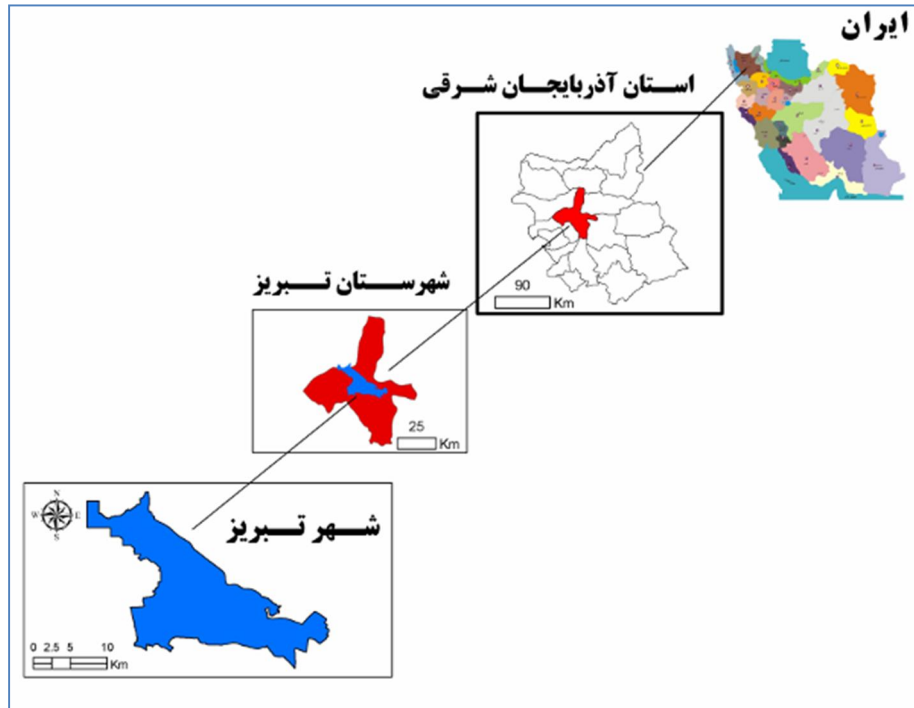
3-Islam & Sado

4-Lin

5-Yang & Tsai

6-Stephe

میدان چای، اسپیران، سرد صحرا، لاهیجان و تازه کند) است. شهرستان تبریز از شمال به اهر، از غرب به مرند و از جنوب به مراغه و از شرق به استان آذربایجان شرقی وصول است. ارتفاع این شهر از سطح دریای آزاد ۱۳۱۰ متر و فاصله آن از پایتخت ۶۴۰ کیلومتر است.



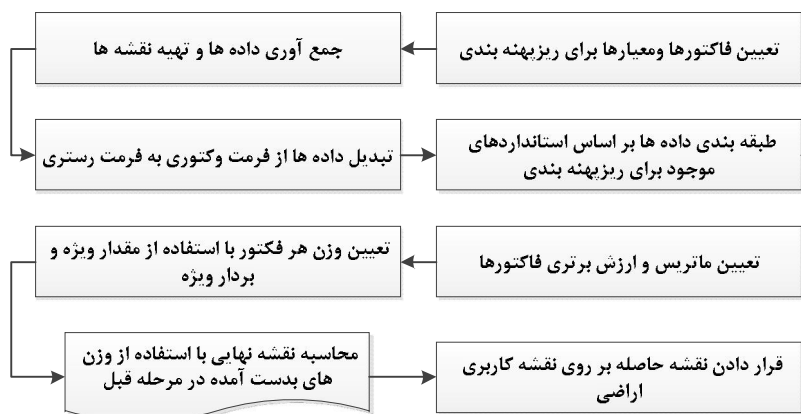
شکل ۱) موقعیت شهر تبریز در ایران، استان آذربایجان شرقی و شهرستان تبریز

## داده‌ها و روش پژوهش

در این پژوهش برای ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب از شش متغیر که شامل لایه‌های فاصله از رودخانه، تراکم مسکونی، تراکم جمعیتی، شیب، ضریب رواناب و ضریب CN و همچنین، به منظور ارزیابی خسارت، متغیرهای کیفیت بنا، قدمت ابنیه (ساختمانی)، تراکم ساختمانی، فاصله تا حریم رودخانه، تراکم جمعیتی و لایه فضای باز در محدوده مطالعاتی استفاده کردیم. از نقشه شهر تبریز با دقت ۱:۲۰۰۰ برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و مسیل‌های شهر بهره گرفته شد و هر یک از کاربری‌های شهر بر روی نقشه در محیط GIS مشخص گردید. برای تهیه نقشه CN از نقشه‌های کاربری اراضی و خاک منطقه و نیز تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد و نقشه ضریب رواناب بر اساس روش هیدروگراف مصنوعی دفتر حفاظت خاک آمریکا (SCS) محاسبه و با توجه به سابقه سیلاب‌ها در محدوده شهر که در فصل مرطوب اتفاق افتاده، مقدار CN برای شرایط مرطوب اصلاح گردید. نقشه و شیب شهر از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ رقومی استخراج شده است. نقشه تراکم جمعیت و تراکم مسکونی محدوده مطالعاتی بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۸ برای هر منطقه شهری به تفکیک حوضه آماری و همچنین، نقشه قدمت بناهای شهر بر اساس تاریخ صدور پایان کار بررسی و نقشه آن در محیط GIS تهیه گردید (معاونت شهرسازی و معماری شهرداری کلانشهر تبریز،

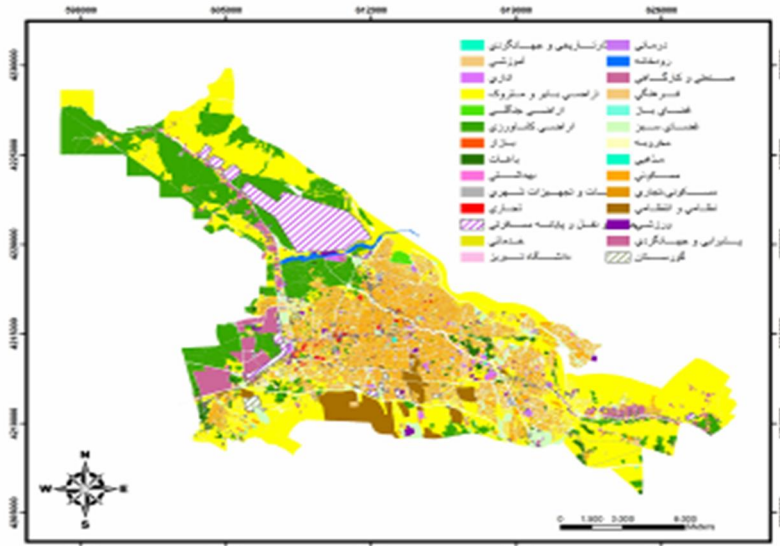
۱۳۹۰). نقشه کلاس‌های لایه فضای باز داخل بافت شهر نیز که یکی از مهمترین حربه‌ها برای مقابله با خطر سیل محسوب می‌شود، بر اساس نقشه کاربری اراضی تولید شده در مراحل قبل و بر اساس (جدول ۳) آماده شده است. پس از تعیین فاکتورها از نقشه‌های رقومی موجود، اسناد مکتوب، آمارنامه‌ها و گزارش‌های مختلف برای تهیه نقشه‌ها و اطلاعات مورد نیاز استفاده شد که پس از ویرایش و تعریف روابط توپولوژیک وارد نرم افزار ArcGIS شدند. همچنین برای ریزپهنه‌بندی محدوده خطر از مدل‌های پیشرفته‌ای، همچون AHP وزن دهی SAW که از بهترین روش‌ها در تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی است، استفاده شد. این مدل‌ها با تلفیق امکانات GIS و داده‌های مختلف ابزار قدرتمندی در ریزپهنه‌بندی مخاطرات محیطی محسوب می‌شوند. پس از تعیین ماتریس و رابطه دو به دو فاکتورها (AHP) که توسط نرم افزار Expert Choice محاسبه گردید، با توجه به این که بسط دهنده AHP طراحی شده برای نرم افزار GIS، تا ماتریس‌های ۵\*۵ را محاسبه می‌کند؛ لذا از نرم افزار Idrisi مقدار ویژه محاسبه شد. پس از تعیین وزن هر یک از فاکتورها در محیط GIS وزن‌های به دست آمده را در هر یک از لایه‌ها ضرب نمودیم. در واقع، نقشه ریزپهنه بندی خطر سیل از ترکیب لایه‌ها در محیط GIS حاصل شده است.

مراحل انجام کار در این تحقیق در شکل زیر نمایش داده شده است.

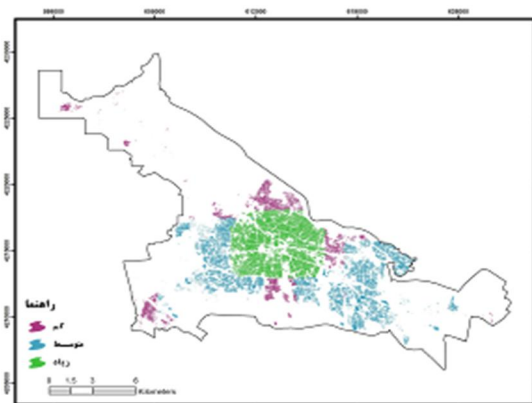


۲) فلوچارت و مراحل انجام تحقیق

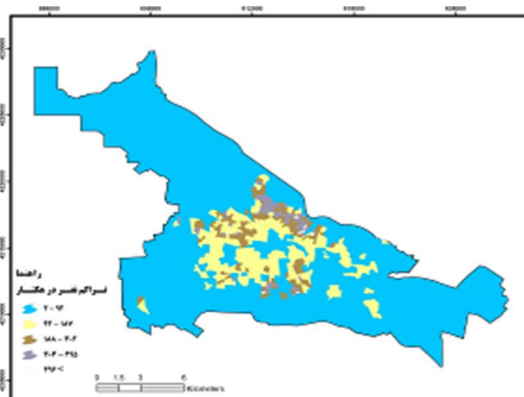
لایه‌های مورد استفاده در این پژوهش عبارت است از:



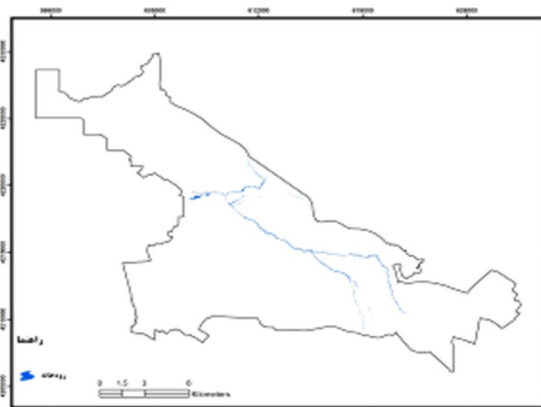
شکل ۳) کاربری اراضی شهر تبریز- منبع: طرح جامع شهر تبریز، معاونت شهرسازی و معماری شهرداری تبریز، ۱۳۹۰



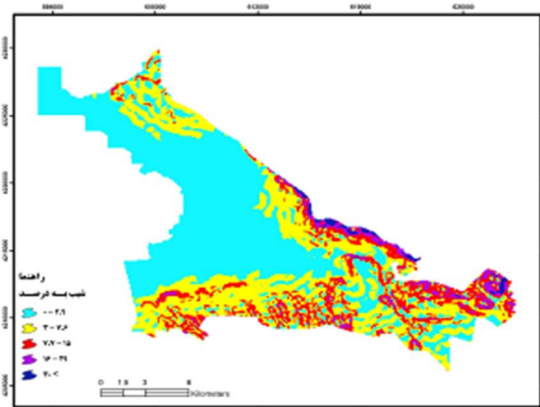
شکل ۵) تراکم جمعیتی شهر تبریز



شکل ۴) تراکم مسکونی شهر تبریز

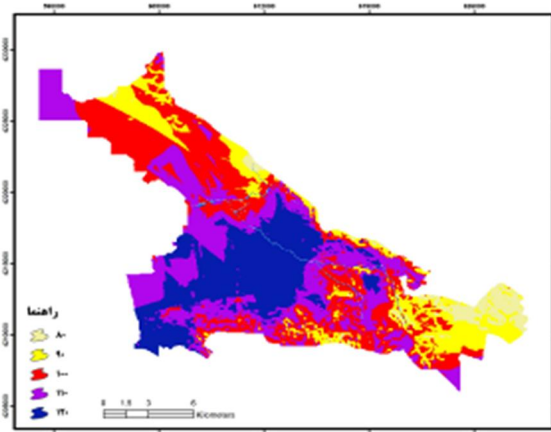


شکل ۷) مسپل‌های عبوری از شهر تبریز

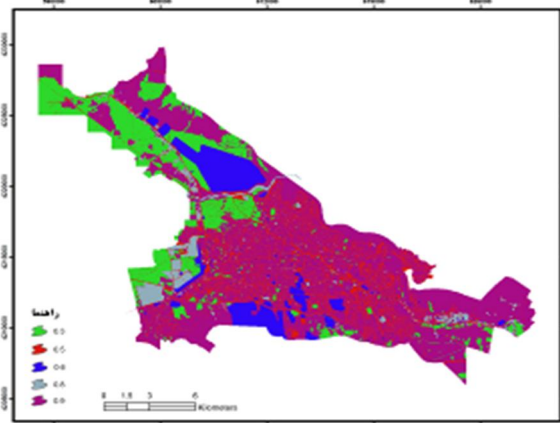


شکل ۶) شیب شهر تبریز

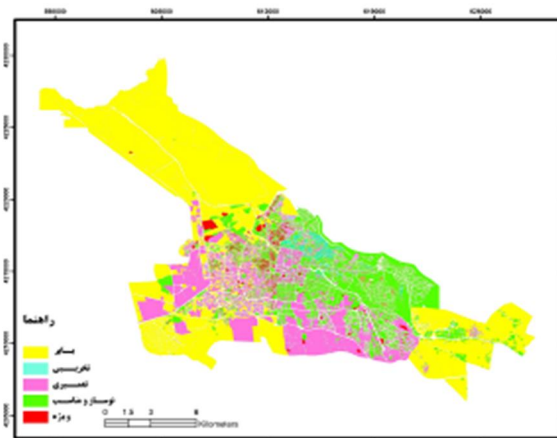




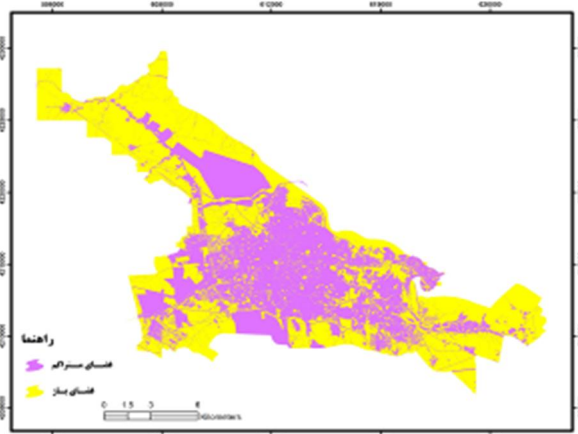
شکل ۹) ضریب CN شهر تبریز



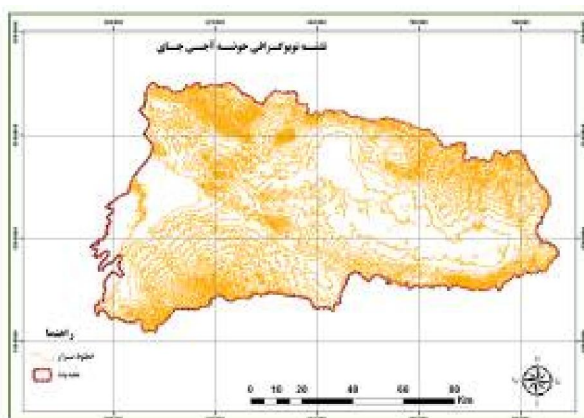
شکل ۸) ضریب رواناب شهر تبریز



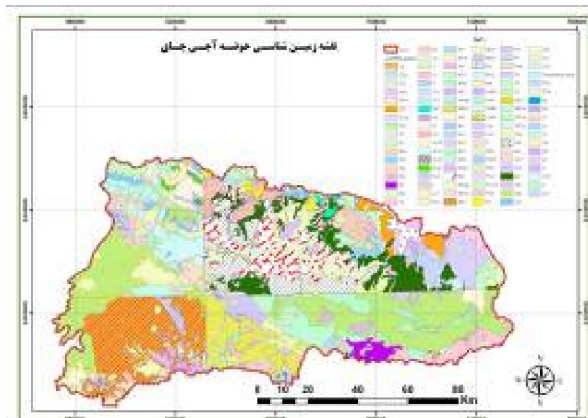
شکل ۱۱) قدمت ابنیه شهر تبریز



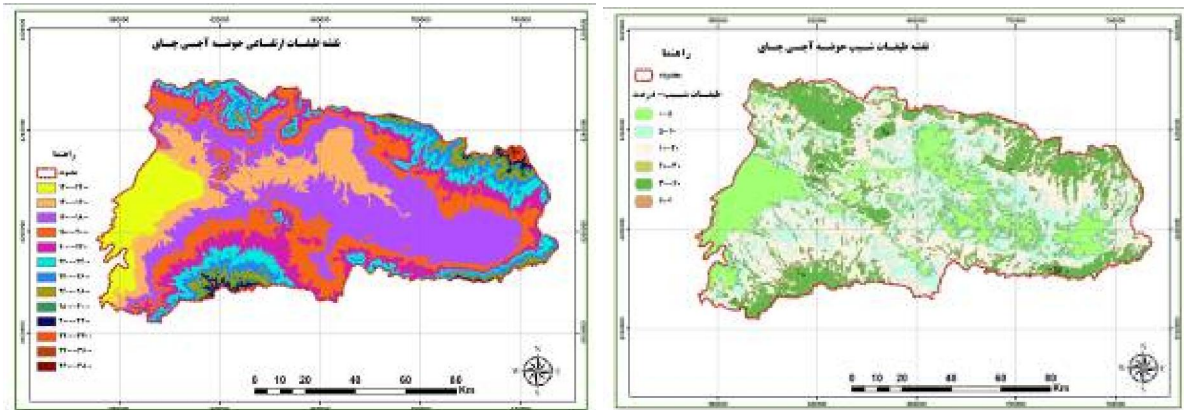
شکل ۱۰) کلاسه های فضای باز شهر تبریز



شکل ۱۳) نقشه توپوگرافی کل حوضه



شکل ۱۲) نقشه زمین شناسی کل حوضه



شکل ۱۵) نقشه طبقات ارتفاعی کل حوضه

شکل ۱۴) نقشه شیب کل حوضه

### یافته‌های پژوهش

#### مدل‌سازی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

یکی از روش‌های ارزیابی و وزن دهی، روش تحلیل سلسله مراتبی است که به وسیله پرفسور توماس - ال - ساعتی (Saaty) در سال ۱۹۸۰ مطرح گردید که از طریق نرم افزار Expert Choice امکان ایجاد اتخاذ تصمیمی منطقی در راستای انتخابی مطلوب را برای تصمیم گیرنده فراهم می‌کند (Tolga, 2005: 90). این نرم افزار نتایج مقایسات را به شکل جدول و انواع نمودار نمایش می‌دهد. یکی از مزایای این نرم افزار آن است که همزمان با مقایسات، نرخ ناسازگاری را نیز نمایش می‌دهد که در مقایسه معیارهای مربوطه، نرخ ناسازگاری ۰/۰۲ است. در روش AHP همه فاکتورها و معیارها دو به دو با هم مقایسه شده و در ماتریس وزن‌ها قرار داده می‌شود. در این روش مقیاس مقایسه در دامنه ۱ تا ۹ قرار داده می‌شود؛ به طوری که ارزش ۱ نشان دهنده اهمیت برابر دو فاکتور و عدد ۹ نشان دهنده اهمیت بسیار مهم یک فاکتور در مقابل فاکتور دیگر است (مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۳۱۵-۳۱۴). وزن‌های استفاده شده در لایه‌ها طبق نظر کارشناسان در سازمان‌های مختلف شهر تبریز و با عنوان فرم کارشناسی جمع‌آوری شده است.

جدول ۱) اعداد مقایسه دو به دو فاکتورها

تعریف	شدت اهمیت
اهمیت برابر	۱
اهمیت برابر تا اهمیت متوسط	۲
اهمیت متوسط	۳
اهمیت متوسط تا اهمیت قوی	۴
اهمیت قوی	۵
از اهمیت قوی تا اهمیت خیلی قوی	۶
اهمیت خیلی قوی	۷
از اهمیت خیلی قوی تا اهمیت فوق‌العاده قوی	۸
اهمیت فوق‌العاده قوی	۹

مأخذ (مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۳۱۵-۳۱۴)

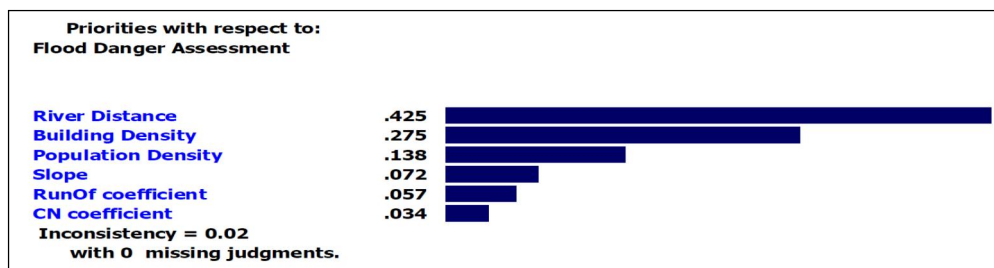


جمع کل وزن‌ها برای تحلیل نهایی باید برابر یک باشد. البته، برای تعیین ارزش‌ها، فاکتورها باید به خوبی بررسی شود و تعیین آنها اختیاری نیستند. اگر به صورت اختیاری ارزش برتری را برای فاکتور تعیین کنیم، ناسازگاری (CR<sup>1</sup>) در تحلیل به وجود خواهد آمد.

جدول ۲) مقایسه معیارها در نرم افزار Expert Choice

ضریب CN	ضریب روناب	شیب	تراکم جمعیتی	تراکم ساختمانی	فاصله از مسیل
۶	۴	۲	۸	۵	فاصله از مسیل
۲	→ ۲	→ ۴	۴		تراکم ساختمانی
۳	۵				تراکم جمعیتی
۵	۳				شیب
۳					ضریب روناب
					ضریب CN

نکته: پیکان‌ها در ماتریس بیانگر ترجیحات معکوس است؛ برای مثال، در مقایسه density Building و sloop عدد ۲ نشان دهنده برتری ۲ برابری sloop نسبت به density Building است.

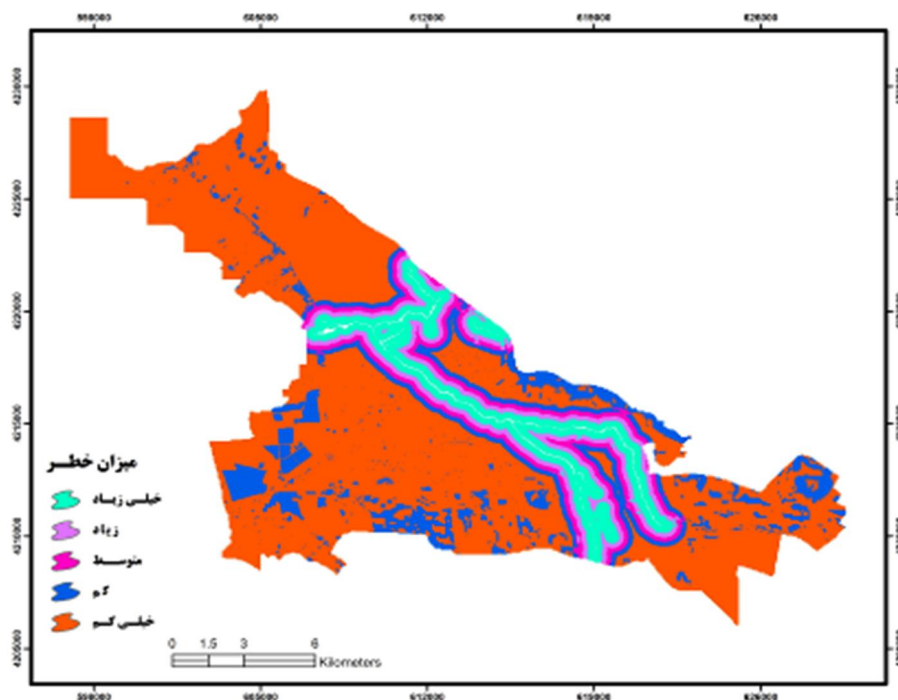


محاسبه: نگارندگان، نرم افزار Expert Choice

### ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب

ابتدا مقادیر وزن AHP در جدول اطلاعاتی لایه‌ها وارد شدند. سپس هر یک از لایه‌ها از حالت برداری به حالت رستری تبدیل شده و بر اساس مقادیر وزن AHP بر روی آنها عملیات Reclassify صورت گرفت و در نهایت، با اعمال این ضرایب از طریق منوی Raster Calculator در نرم افزار ArcGIS نقشه ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر تهیه گردید.

1-Consistency Ratio



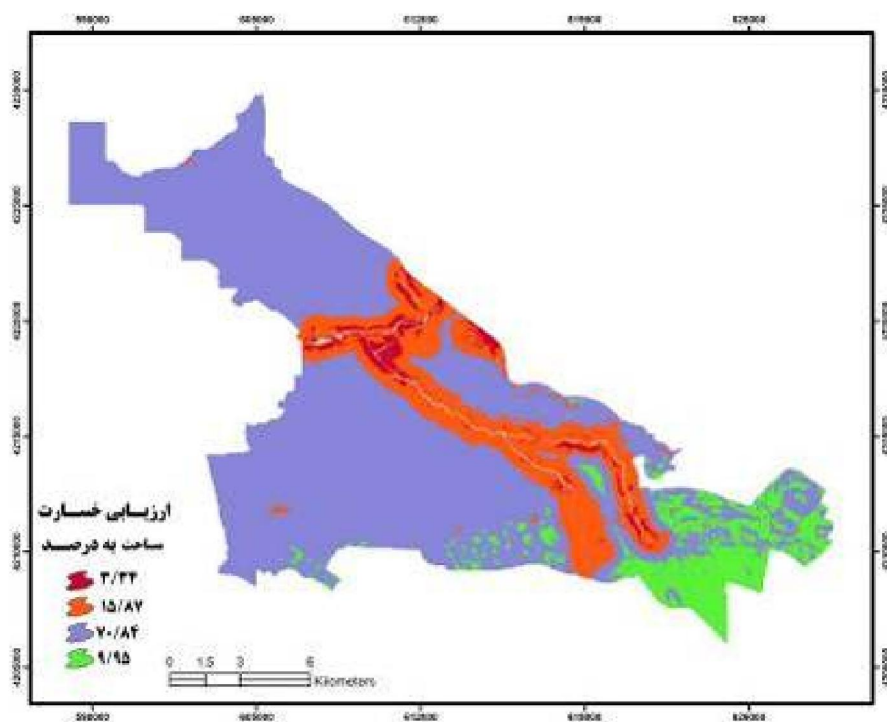
شکل ۱۶) نقشه ریزپهنه بندی سیل شهر تبریز

### ارزیابی آسیب پذیری سکونتگاه‌های شهر تبریز در برابر سیل

در تحلیل آسیب پذیری عوامل کالبدی، اجتماعی، اقتصادی و زیست - محیطی بررسی می‌شود. در این تحقیق آسیب پذیری سکونتگاه‌های غیررسمی شهری بیشتر از جنبه کالبدی مطرح است. لذا داده‌های مورد نیاز در این تحقیق به دو دسته داده‌های مکانی و غیرمکانی یا توصیفی تقسیم‌بندی می‌شوند. با توجه به مقیاس نقشه ۲:۰۰۰، اوضاع موجود شهر تبریز، داده‌ها با هم مقایسه شدند و ابعاد سلول‌ها برای تحلیل‌های رستری با توجه به مقیاس نقشه ۱ متر لحاظ گردید. مدل به کار رفته در این بخش از تحقیق، روش SAW است. روش وزن‌دهی افزودنی ساده (SAW) از رایج‌ترین روش‌ها در تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی هستند. به این روش همچنین تلفیق افزایش وزنی (WIC) یا روش امتیاز بندی نیز اطلاق می‌شود. روش SAW می‌تواند با استفاده از هر سیستم GIS دارای قابلیت‌های روی هم گذاری انجام شود (مالچفسکی، ۱۳۸۵:۳۳۹). این روش در هر دو محیط GIS رستری و برداری قابل انجام است. برخی از نرم افزارهای GIS مانند Idris و Spans روش SAW را به سادگی انجام می‌دهند. در این روش ابتدا معیارها استاندارد می‌گردد. سپس به هر معیار با استفاده از یک عملیات عددی وزن داده می‌شود؛ یعنی هر مقدار موجود در سلول لایه نقشه معیار، استاندارد شده و در وزن متناظر اهمیت ضرب می‌گردد. لایه‌های معیار استاندارد شده، در وزنی به منظور دستیابی به امتیاز ارزیابی کلی برای کلیه گزینه‌ها جمع زده می‌شوند. سرانجام گزینه‌های ممکن بر مبنای امتیازات ارزیابی، مرتب می‌گردند. در این بخش از تحقیق برای ارزیابی خسارت، شش لایه به شرح زیر استفاده شده است.

جدول ۳) لایه‌ها و کلاس‌های مورد نظر و استاندارد سازی شده طبق مدل SAW

وزن کلاس	کلاس III	وزن کلاس	کلاس II	وزن کلاس	کلاس I	وزن لایه	نام لایه
۴	خشت و گل	۵	آجر و ملات	۷	بتن و اسکلت	۲۵	کیفیت بنا
۳	قدیمی (بالای ۳۰ سال)	۵	میانه (۱۰ تا ۳۰ سال)	۷	نوساز (۱۰ سال)	۲۵	قدمت بنا
۷	۷۵ تا ۱۰۰ واحد مسکونی در هکتار	۵	۴۰ تا ۷۵ واحد مسکونی در هکتار	۳	۳۰ تا ۴۰ واحد مسکونی ساختمانی در هکتار	۱۵	تراکم ساختمانی
۷	کمتر از ۱۲ کیلومتر	۵	۱۲ تا ۳۲ کیلومتر	۳	بیش از ۳۲ کیلومتر	۱۵	فاصله تا حریم رودخانه
۷	۳۰۰۰ تا ۴۵۰۰ نفر در هکتار	۵	۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ نفر در هکتار	۳	کمتر از ۱۵۰۰ نفر در هکتار	۱۰	تراکم جمعیتی
۷	بیشتر از ۱۰۰۰ متر	۵	بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	۳	کمتر از ۵۰۰ متر	۱۰	فضاهای باز



شکل ۱۷) نقشه ارزیابی خسارت شهر تبریز

## نتیجه گیری

نقشه خطر سیل می تواند در تعیین مکان های توسعه استفاده شود تا از ریسک آسیب پذیری مردم و خسارت کاربری ها بکاهد. نقشه آسیب پذیری منطقه، وضعیت ساختمان ها نسبت به سیل را نشان می دهد و بیان می کند که در قسمت هایی که آسیب پذیری درجه بالایی دارد، باید عملیات کنترل سیلاب و سیستم های هشداردهنده سیلاب در نظر گرفته شود.

نقشه نهایی ریزپهنه بندی سیلاب نشان داد که حدود ۳/۳۴٪ از شهر در پهنه خطر خیلی زیاد، ۱۵/۸۷٪ در پهنه خطر زیاد، ۷۰/۸۴٪ در پهنه خطر متوسط و ۹/۹۵٪ در پهنه کم خطر از لحاظ سیل گیری قرار دارد. این نقشه حدود ۸۵٪ منطبق با نقشه ارزیابی خسارت در منطقه است؛ به طوری که نقشه نشان می دهد ۱۹/۲۱ درصد از خسارت مربوط به پهنه های با سیل گیری خیلی زیاد تا زیاد است. در واقع، طبق نقشه ارزیابی خسارت، بیشترین خسارت مربوط به مناطقی است که از بافت فرسوده، مصالح غیراستاندارد و نامقاوم برخوردارند. این مناطق گرچه از تراکم مسکونی کمی برخوردارند و رشد عمودی چندانی ندارند؛ اما تراکم جمعیت در آنها بیشتر از مناطق نوساز شهر است. به طور کلی، می توان اظهار داشت که نقشه های ریزپهنه بندی خطر سیلاب به مدیریت غیرسازه ای سیل کمک می کنند و به برنامه ریزان این امکان را می دهند تا بخش های امن تر از نظر سیل خیزی را برای توسعه انتخاب کنند.

## منابع

- ۱- اصغری مقدم، محمد رضا. (۱۳۸۴). آب و زیستگاه شهری، تهران: انتشارات سرا، ۱۶۵ ص.
- ۲- تلوری، عبدالرسول. (۱۳۷۶). مدیریت مهار سیلاب و کاهش خسارت سیل، کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه ها، همدان، ۱۶-۱۵ اردیبهشت، صص ۵۰-۵۹.
- ۳- جهانفر، علیرضا. (۱۳۸۸). پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه اسلام‌آباد غرب با به‌کارگیری مدل AHP، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، ۲۳۷ ص.
- ۴- خلیلی زاده، مجتبی. (۱۳۸۲). ارزیابی خطر و مدیریت سیلاب در شهر گرگان، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۳۱ ص.
- ۵- رامشت، محمدحسین. (۱۳۷۵). کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی ملی - منطقه‌ای اقتصادی، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۲۳۸ ص.
- ۶- زارع، جواد. (۱۳۷۱). علل و عوامل سیلاب و آب گرفتگی در مناطق شهری ایران و راه‌های پیشگیری از آن، اولین کنفرانس بین‌المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری، تهران، ۲۳-۱۶ تیر، صص ۲۲-۱۴۹.
- ۷- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان شرقی. (۱۳۸۸). سرشماری عمومی نفوس و مسکن شهرستان تبریز.
- ۷- سازمان نقشه برداری کشور. (۱۳۷۵). نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه مورد مطالعه.
- ۸- صدقی، حسین. (۱۳۷۳). هیدرولوژی سیلاب، مجله عمران، ش ۲۱، صص ۱۲-۱۴.
- ۹- طاهری بهبهانی، محمدطاهر و بزرگ زاده، مصطفی. (۱۳۷۵). سیلاب‌های شهری، انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، ۳۳۰ ص.
- ۱۰- عبدی، پرویز. (۱۳۸۵). بررسی پتانسیل سیل خیزی حوضه زنجان‌رود با روش SCS و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله ملی آبیاری و زهکشی، ش ۱۷، صص ۲۲-۳۳.
- ۱۱- مالچفسکی، یاجک. (۱۳۸۵). سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری، اکبر پرهیزگار و عطا غفاری، تهران: سمت، ۲۹۸ ص.
- ۱۲- شهرداری کلانشهر تبریز، معاونت شهرسازی و معماری. (۱۳۹۰). طرح جامع شهر تبریز.
- ۱۳- وهابی، جلیل. (۱۳۸۵). پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی در منطقه طالقان رود، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ش ۱۲، صص ۶۹-۸۷.
- 14- Correia, Francisco Nunes. Saraiva, Fernando Da Silva and Isabel Romos. 1999. Floodplain Management in Urban Development Area. Part II. GIS-Based Flood Analysis and Urban Growth Modeling.
- 15- Hyalmarson, Heinz Walter. 1988. Flood Hazard zonation in Aridland. , Wesley Publishers.
- 16- Islam, Monirul. Kimitero, Sado, 2000. Development of Flood Hazard Maps of Bangladesh Using NoAA-AvHRR Images with GIS. Hydrological Sciences Journal, 45(3), 42-48.
- 17- James, Douglas. Larsen, Dean. and Glover, Terrence. , 1980. FloodPlain Management Needs Precuiler to Arid Climates. Water Resources Bulletin 16(6), 1020-1029.

- 18- Liang, Chingwah. Bibhabasu, mohanty, 1997. Optimization Of GIS- Based Flood Hazard Zoning A Case Study at the Mahanady Command Area in Cuttack District, Orrisa, India. Journal of Chinese Soil and Water Conservati (1), 11-20.
- 19- Jen Yang Lin, Show L Yu, Tsu Chuan Lee, 2000. Managing Taiwan, s Reservoir Watersheds By the Zoning Approach. Journal of American Water Rresources Association 36(5), 989-1001.
- 20- Tolga, Ethem. , Demircan, Levent. , Kahraman, Cengiz. 2005. Operating system selection using fuzzy replacement analysis and analytic hierarchy process, Journal Production economics. No 97. Vol 97, Issue 1, 18 July, 89-117.
- 21- Stephen, Custer. 2002. Hydrologic Investigation by the U. S. Geological Survey Following the 1996 and 1997 Flood in the upper Yellowstone River, Montana. American Water Resources Association 19 th Annual Montana Section one, 1-18.
- 22- Yang Ching Lee. and Ming Kuan Tsai. 2000. Development of a GIS-Based Flood.