# ارزیابی آسیب پذیری مناطق شهری در برابر خطر سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی مطالعه موردی: منطقه ۳ تهران

دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱۱/۳ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۲/۲۷
صفحات: ۱۵۰-۱۲۹

امیر صفاری: استادیار گروه جغرافیا دانشگاه تربیت معلم تهران[1]
Email:safari@tmu.ac.ir
فرزانه ساسان پور: استادیار گروه جغرافیا دانشگاه تربیت معلم تهران
Email:far20_sasanpour@yahoo.com
جعفر موسی وند: دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری دانشگاه تربیت معلم تهران
Email:jafar66@gmial.com

**چکیده**

**کشور ایران و به ویژه کلان شهرهای آن از جمله تهران مناطقی هستند که به طور مکرر در معرض مخاطرات طبیعی(سیل، زلزله و ...) قرار دارند. هدف اصلی این مقاله ارزیابی میزان آسیب پذیری مناطق شهری این کلان شهر در برابر خطر سیل است. معیارهای مورد بررسی جهت ارزیابی آسیب پذیری شامل حریم مسیل های رودخانه، ساختار، جهت و عرض شبکه ارتباطی، کاربری زمین، تراکم ساختمان ها و توان کلی دفع سیلاب منطقه است. در این راستا جهت عملی کردن نتایج ارزیابی میزان آسیب پذیری، منطقه ۳ کلان‌شهر تهران به دلیل وجود رودخانه دربند و مسیل های آن، تراکم مسکونی و جمعیتی زیاد، ترکیب بافت فرسوده و جدید، و شیب قابل توجه به عنوان نمونه مورد مطالعه انتخاب شده است. روش تحقیق دراین مقاله توصیفی ـ تحلیلی و آماری با تاکید بر نگرش سیستمی است. به این ترتیب که ابتدا با بهره گیری از داده های بارش از ایستگاه های مستقر در منطقه مورد نظر و منطقه مجاور به تحلیل روند تغیرات نزولات جوی پرداخته و حداکثر آبدهی هر حوضه از طریق روش استدلالی و به کمک منحنی های شدت، مدت، فراوانی ایستگاه های مهرآباد و سعدآباد برای دوره های ۲۵ و ۵۰ ساله محاسبه گردید. با استفاده از منطق فازی میزان آسیب پذیری ساختمان ها و واحدهای مسکونی نسبت به هریک از معیارها**

[1]. تهران-خیابان مفتح- دانشگاه تربیت معلم- دانشکده علوم جغرافیایی

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**ارزیابی شده و در نهایت همه معیارها با هم جمع و درصد نهایی میزان آسیب پذیری محاسبه شده است. نتایج تحقیق نشان می دهد که منطقه ۳ مستعد خطرات ناشی از سیل است و رعایت نکردن حریم مسیل، کم بودن مقاومت ساختمان ها، ضریب رواناب بالا در مناطق مسکونی، تراکم و تعداد طبقات بالا و کم عرض بودن شبکه ارتباطی بیشترین اهمیت در آسیب پذیری منطقه را دارد و بیش از ۱۲درصد از منطقه مورد مطالعه کاملا آسیب پذیر است.**

**کلید واژگان: مخاطرات طبیعی،کلان شهرتهران، آسیب پذیری، سیل، منطق فازی.**

**مقدمه**

سیلاب یکی از مهمترین بلایای طبیعی است که خسارات وارده از آن به انسان از سایر بلایا نظیر خشکسالی و قحطی بیشتر است (Green., 2000, 14). مطالعات مختلف دلالت بر این موضوع دارد که عدم توجه به حریم مسیل‌ها و رودخانه ها باعث ایجاد یک رشد نمایی در فراوانی وقوع سیلاب و میزان خسارات وارده گردیده است. تشدید سیر صعودی خسارات سیل در دو دهه گذشته سبب شده که آرزوی دیرینه درباره حل قطعی مسئله سیل و رواناب ها جای خود را به واقع گرایی و درک این واقعیت دهد که همیشه نمی توان در مهار سیلاب ها موفق بود بلکه باید کوشید تا پیامدهای زیانبار و مخرب آن را کاهش داد(نصری، ۱۳۸۸، ص ۶۷). در این میان مناطق شهری بیشترین پتانسیل خطرپذیری از سیل را دارا می‌باشند. با توجه به اینکه حفاظت کامل از خطر سیلاب امکان پذیر نمی‌باشد، زیستن در کنار سیلاب و اعمال سیاست‌های جدید در خصوص مدیریت کاربری اراضی و توسعه مناطق مسکونی حریم رودخانه به منظور کاهش اثرات تخریب آن امری ضروری است.

در دنیای امروز ما، که زندگی شهری خسارات جبران‌ناپذیری را به طبیعت وارد آورده و بسیاری از منابع طبیعی را در معرض تهدید قرار داده است، مدیریت و ارزیابی آسیب پذیری مناطق شهری در برابر آب‌های سطحی در حیطه کلان شهرها از اهمیت خاصی برخوردار است. تخریب حوضه آبخیز بالادست نواحی شهری به صورت‌های مختلف از جمله تخریب پوشش گیاهی و جاده‌سازی، همچنین گسترش بی‌رویه اراضی شهری و صنعتی، سبب کاهش نفوذ و تبخیر و افزایش روانآب می‌شود. ازسوی دیگر رژیم بارش غالب در کشور به صورت رگبارهای

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

شدید و کوتاه‌مدت بهاره و بعضا تابستانه است که فرصت نفوذ باران به داخل خاک را کاهش می‌دهد و درنتیجه بخش قابل توجهی از بارش به رواناب‌های سطحی تبدیل می‌شود. از این‌رو رودخانه‌ها و مسیل های حوضه های آبخیز شهری از درجه ریسک زیادی برای سیل خیزی و خسارات ناشی از آن برخوردارند و دستیابی به توسعه پایدار شهری نیازمند طراحی مدل‌های مناسب مدیریت و حفاظت رودخانه‌ها و مسیل‌ها در حوضه های آبخیز شهری است.

در این میان کلان شهر تهران با وسعتی در حدود ۷۰۰ کیلومتر مربع یکی از بزرگترین شهرهای جهان با عوارض و مشخصات ویژه می باشد. سیستم زهکشی تهران دارای پیچیده گی های فراوانی است که بیشتر ناشی از توسعه ناهمگون شهر بدون توجه به معیارهای جامع شهرسازی و برنامه ریزی شهری در دهه های گذشته است. با توجه به اینکه تمامی محدوده کلان شهر تهران توسط کوههای بلند احاطه شده است، علاوه بر آبهای سطحی درگستره شهری، روانابهای ناشی از بارش در کوهستان های شمالی و شرقی تهران توسط رودخانه ها و مسیل هایی وارد محدوده شهری تهران می گردد. سیل سال ۱۳۶۶ تهران به خوبی توانست وضعیت عرصه‌های دامنه البرز را نشان دهد. در این مقاله نمونه موردی منطقه ۳ کلان شهر تهران است چرا که این منطقه درمعرض تهدیدسه حوضه ی کوهستانی دربند، گلابدره و سعدآباد و دو زیرحوضه شهر مقصودبیک و غیاثوند قرار دارد. همچنین شیب قابل محسوس منطقه که از شمال به جنوب است موجب افزایش خسارت احتمالی در پایین دست منطقه می شود. . همچنین شیب قابل محسوس منطقه که از شمال به جنوب است موجب افزایش خسارت احتمالی در پایین دسته منطقه می شود. مهمترین اهداف این مقاله ارزیابی میزان آسیب پذیری منطقه سه تهران در برابر سیل و ارائه راهکارهای مناسب برای کاهش خسارات سیل در منطقه ۳ کلان شهر تهران می باشد.

در این راستا، با توجه به بررسی های صورت گرفته، مطالعاتی که دقیقاً مرتبط با موضوع مورد مطالعه باشد بسیار کم است. خسروی (۱۳۷۳) در مقاله ای نقش توسعه شهری در افزایش شدت سیلاب های شهری زاهدان را تحلیل نموده و یادآور می شود که توسعه شتاب زده شهری دو مشکل اساسی را ایجاد کرده است: ۱- گسترش شعاعی شهر برروی آبرفت های نفوذ پذیر و جایگزین شدن سطوح نفوذ ناپذیر باعث افزایش شدت و آسیب رسانی بیشتر سیلاب ها می گردد. ۲- نفوذ و تغذیه آب های زیرزمینی کاهش می یابد. پوراحمد (۱۳۸۰) ابعاد سیل مرداد ماه ۱۳۸۷ شهر نکاء با توجه به نقش شرایط و ساختار جغرافیایی و طبیعی منطقه، حریم رودخانه را با استفاده مشاهده ی مستقیم و داده های آماری بررسی نموده است.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

روستایی و همکاران (۱۳۸۴) مخاطرات محیطی و اثرات آن را در توسعه فیزیکی از جمله مخاطرات ناشی از سیلاب را بر روی شهر تبریز مورد بررسی قرار داده اند. قهرودی (۱۳۸۶) به مدیریت سیلاب های شهری با طراحی "پایگاه داده"[1] در شهر نور استان مازندران پرداخته است و به این نتیجه رسیده است که مدیریت سیلاب های شهری بدون ساختار یکپارچه از داده های مکانی امکان پذیر نیست. ساعد (۱۳۸۷) در پایان نامه خود به پهنه بندی خطر سیل خیزی در شهر سنندج پرداخته است که با همپوشانی لایه های مربوط به خطر سیل، در نهایت میزان خطر سیل را برای هر یک از کاربری ها محاسبه کرده است.

تمام مطالعات انجام گرفته نمایانگر این موضوع است که، افزایش سطوح شهری و کاهش میزان نفوذ پذیری آنها به کاهش زمان تمرکز و افزایش آب های سطحی منجر می گردد. مطالعات انجام شده نشان می دهد که بر اثر فعالیت های شهرسازی و عملیات عمرانی که بر روی حوضه های آبگیر انجام می شود، حجم رواناب و شدت جریان افزایش می یابد. در برخی از مطالعات انجام شده در ایالات متحده نشان داده شده است که تبدیل اراضی روستایی به اراضی شهری، سیلاب های ناشی از بارندگی را ۹ برابر و افزایش حداکثر آبدهی سیلاب ۵۰ ساله را معادل ۵۰۰ درصد بوده است (بهبهانی و بزرگ زاده، ۱۳۷۵، ص ۹۸). همچنین بسیاری از فعالیت های انسانی از جمله نابودی جنگل ها و مراتع، تغییر کاربری اراضی، میزان سیل خیزی نواحی و مناطق را افزایش می دهد و در این مناطق نیز وقوع سیل قابل پیش بینی است(ژان، ۱۳۷۰ ص ۷۹). به طور کلی باید گفت مجموعه مطالبی که در مورد ساخت و سازهای شهری وجود دارد، موید این واقعیت است که ایجاد شهرها و شهرک های جدید و توسعه مناطق شهری ضمن آنکه به کاهش نفوذ پذیری اراضی منجر می گردد، رواناب های شهری را افزایش داده و آنها را تبدیل به سیلاب هایی می نماید که در مواقع بروز می تواند خطر آفرین باشد (اصغری مقدم، ۱۳۷۸، ص ۱۰۲).

## عوامل موثر بر افزایش قدرت تخریب سیل

در تعریف سیل باید گفت که سیل یک جریان شدید و استثنایی است ولی باید گفت هر جریان استثنایی به سیل بنیان کن و مخرب تبدیل نخواهد شد، بلکه عوامل مختلفی بایستی در طبیعت مورد دستکاری قرار گیرند تا تخریب و خسارت و تلفات به همراه داشته باشد. متأسفانه

[1] - Geodatabase

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

بایستی گفت که افزایش وقوع و تکرار سیل ها رابطه مستقیمی با پیشرفت تکنولوژیکی و غیر عقلایی در تصرف اراضی دارد که می توان به موارد زیر اشاره کرد(اصغری مقدم، ۱۳۷۸، ص ۱۱۱).

۱- توسعه مناطق شهری: زمین هایی که بستر مسیل ها و بستر طغیانی رودخانه های را تشکیل می دهند، اراضی مناسب و وسوسه انگیزی برای ساخت و سازها و اجرای طرح های شهری می باشند که شدیداً مورد علاقه شهرنشینان، برنامه ریزان شهری و مدیران شهری می باشد. ولی نباید فراموش کرد که این اراضی قسمتی از بستر رودخانه و مسیل هستند که ممکن است چندین سال شاهد هیچ طغیان و یا سیلابی نباشند اما هیچ تضمینی وجود ندارد که در یک دوره بازگشت مشخصی در این محدوده سیلابی جاری نگردد.

۲- تغییر کاربری اراضی حاشیه شهر: تغییر کاربری اراضی حاشیه شهر به انواع کاربری های شهری باعث بهم خوردن سیستم منطقه و از جمله نفوذ پذیری خاک می گردد که به تشدید سیل کمک می کند.

۳- انتقال آب های سطحی شهر به بسترها و مسیل ها: به طور کلی هر مسیل و یا رودخانه ای که وجود دارد به نوعی محل انتقال آب های سطحی زمین های مجاور می باشد و در بسیاری از موارد به خصوص در شرایط معمولی بارندگی انجام شده موجب ایجاد سیل نمی گردد. ولی زمانی که اراضی مذکور تحت ساخت و سازهای شهری و ایجاد شبکه نفوذ ناپذیر ارتباطی قرار می گیرد و حدود ۷۰ درصد از نفوذ پذیری اراضی کاسته می شود، آبهای حاصل از بارندگی امکان نفوذ در زمین را نیافته است و چنانچه در محاسبه برنامه ریزان منظور شده باشند، از طریق شبکه دفع آبهای سطحی با استفاده از شیب طبیعی و غیر طبیعی اراضی معمولاً این آب ها را به درون این رودخانه ها و مسیل ها هدایت می کنند. با این عمل حدود ۷۰ درصد بیش از حجم معبر رودخانه یا سیلاب آب به آن اضافه می شود.

## مواد و روش ها: منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

تئوری مجموعه های فازی و منطق فازی به عنوان نظریه‌ای ریاضی برای مدل سازی و صورت بندی ریاضی ابهام و عدم دقت موجود در فرآیندهای شناختی انسانی ابزارهای بسیار کارآمد و مفیدی برای این منظور به شمار می‌رود (Lootsma, 2005, p66). این نظریه که نخستین بار توسط پروفسور لطفی زاده دانشمند ایرانی الاصل دانشگاه کالیفرنیا در سال ۱۹۶۵ مطرح شد، حوزه های بسیار از علوم مختلف و به ویژه دانش برنامه ریزی شهری و شهرسازی را

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

فرا گرفته است( امینی فسخودی،۱۳۸۴: ص ۴۱). در ارتباط با به کارگیری منطـق فـازی بایـد اشاره کرد که در تحلیل تصمیم گیری های چند معیاره، تئوری فازی معمول ترین روش بـرای بحث و بررسی عدم قطعیت ها شناخته شده است. در واقع روشی است برای برگردانـدن طیـف متنوع و گسترده ای از اطلاعات - داده های عینـی، اطلاعـات کمـی، نظـرات و وقـضاوت هـای ذهنی و به یک زبان طبیعی برای توصیف اثرات محیط فـراهم مـی آورد(Kuswandari, 2004). بر این اساس جهت میزان آسیب پذیری منطقه به روش فازی، تعیین درجه تاثیر و عضویت بـه صورت ذیل می باشد (Lotfizadeh, 1996, p 32).

$$F(x)=\begin{cases} x<۵۰ \text{ meter} \rightarrow (1)\ \text{value} \\ \text{If } ۲۰۰ < x<۵۰ \text{ meter} \rightarrow \dfrac{Xmax-X}{\Delta x}=\text{value} \\ \text{If } x>۲۰۰ \text{ meter} \rightarrow (0)\ \text{value} \end{cases}$$

با توجه به فرمول فوق، این بدان معنی است که مقدار فازی نقطه ۵۰ متری از راه ارتباطی، برابر با (۱)، مقدار فازی نقطه ۲۰۰ متری از راه ارتباطی برابر با (۰) و مقدار فـازی نقطـه ۱۶۰ متری از راه ارتباطی با استفاده از تابع آستانه خطی برابر با ۰/۴۶ خواهد بود. برای تمامی لایه های دیگر همین عملیات پیاده گشته و فضاسازی منطقـه ارزش گـذاری مـی گـردد. بـر ایـن اساس، در ارتباط با ارزیابی میزان آسیب پذیری ناشی از سیل، چهار معیار کاربری زمین، شیب محدوده مورد مطالعه، حجم رواناب و فاصله از حریم مسیل و رودخانه ها بـه عنـوان معیارهـای اصلی ساخته شده به عنوان ورودی های موتور استنتاج به کار گرفته شده است. در رابطه با زیر معیارها که به تشریح در جدول شماره (۷) آمده است باید اذعـان کـرد کـه کـاربری زمـین بـه کاربری های اصلی تفکیک شده و در ارتباط با هریـک از کـاربری هـا مقاومـت مـصالح، ارتفـاع ساختمان یا تعداد طبقات، فاصله از نقاط بحرانی حـریم رودخانـه و مـسیل هـا بـه روش فـازی اعمال شده است.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**محدوده مورد مطالعه**

منطقه۳ از مناطق شمالی کلان شهر تهران است که دارای وسعتی معادل ۲۹۴۵/۳ هکتار است. بر اساس آمار سال ۱۳۸۴ حدود ۴۲ درصد آن را مناطق مسکونی اشغال کرده است که جمعیت آن معادل ۲۵۸۶۲۲ نفر می باشد. متوسط تراکم ناخالص و خالص مسکونی به ترتیب در حدود ۲۳۲/۹ و ۱۴۴ نفر می باشد. تغییرات ارتفاع در این منطقه از ۱۳۲۹ متر تا حدود ۱۶۲۷ متر می باشد که از شمال غرب به سمت جنوب شرق ارتفاع آن کاهش می یابد. به لحاظ مسائل شهرسازی و برنامه ریزی شهری، باید اذعان کرد که منطقه مورد مطالعه دارای تنوع کاربری بالایی بوده و کف سازی و سنگفرش خیابان و پیاده رو ها و عدم وجود سطوح نفوذ پذیر، مشکلات مربوط به آسیب پذیری منطقه را در برابر سیل دوچندان کرده است.

**خصوصیات ساختاری حوضه مربوط به منطقه ۳**

حوضه های کلان شهر تهران با استفاده از روش مقایسه ای و به کمک نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور، عکس های هوایی سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و نقشه های زمین شناسی بر اساس مطالعات پیشین ترسیم شده است. قسمت اعظم حوضه‌های طبیعی در طی دوره ۵۰ سال گذشته توسط کاربری‌های مختلف شهری پوشیده شده، و به همین دلیل شبکه زهکشی طبیعی متناسب با شرایط موجود، محدود و یا منحرف شده است. در حال حاضر نیز توسعه شهر به طرف غرب و در روی حوضه تصرف نشده چیتگر در حال انجام است. به منظور ارزیابی عملکرد حوضه‌های آبخیز و شبکه آبراهه‌ای آن و تحلیل داده‌های هیدروژئومورفولوژیکی و همچنین شناخت سیستم زهکشی محدوده مطالعاتی، تحقیقات میدانی صورت گرفت. با بررسی نقشه شبکه آبراهه‌ای کلان شهرتهران و با توجه به الگوی شیب عمومی منطقه، مشخص شد که سیستم زهکشی شهر از شیب طبیعی زمین(شمالی- جنوبی) تبعیت می‌کند. اجرای برخی از طرح‌ها در داخل محدوده شهری(احداث کانال‌های سیل برگردان و یا ساخت بزرگراه‌های متعدد در راستای شرقی- غربی) که منجر به تغییر شرایط طبیعی سیستم زهکشی شده‌اند، از جمله موارد مهم در بررسی و تحلیل شرایط هیدروژئومورفولوژیکی محدوده شهری است. نتایج مشاهدات میدانی که به منظور ارزیابی عملکرد مسیل‌ها و سیلاب رودهای اصلی شهر صورت گرفته به شرح زیر می‌باشد:

**الف) حوضه‌های سعدآباد، دربند، گلابدره:** رودخانه این سه حوضه نیز از ارتفاعات توچال سرچشمه می‌گیرند و نهایتا به کانال مقصود بیک متصل می‌شوند. مساحت این سه

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

حوضه به ترتیب برابر ۲/۴، ۲۳/۱ و۶/۹ کیلومترمربع می‌باشد. مساحت زیرحوضه آن(حوضه مقصود بیک) ۱۶/۲ کیلومترمربع است. مسیر این رودخانه‌ها بعد از محدوده کوهستانی به صورت کانال‌های روباز بتنی بازسازی شده است. عرض رودخانه سعدآباد در قسمت بالادست که بستر طبیعی دارد حدود ۱۲ متر و عمق متوسط آن ۵ متر و در محل اتصال به کانال مقصود بیک توسط کانالی با عرض ۲ متر و ارتفاع ۲/۵ متر متصل می‌شود. عرض رودخانه دربند در قسمت‌های بالادست تا میدان سربند حدود ۹ متر با عمق متوسط ۶ متر می‌باشد. در قسمت‌های میانی به عرض ۵ متر و عمق ۴ متر کانال سازی شده و در محل اتصال با کانال مقصود بیک عرض آن به ۱۰ متر و عمق ۵ متر می رسد. مسیر رودخانه گلابدره نیز پس از سیل سال ۶۶ در ابعاد ۴ متر عرض و ۴ متر عمق کانال سازی شده است. کانال مقصود بیک در جنوب بزرگراه رسالت به کانال باختر وارد می‌شود.

**ب) کانال مقصود بیک:** مسیل مقصود بیک یکی از مهمترین مسیل های شمال تهران می باشد که از به هم پیوستن سه رودخانه سعدآباد، دربند و گلابدره پدید آمده و در مسیر شمالی- جنو بی امتداد یافته تا به کانال باختر متصل می شود. این مسیل تا کاخ جوانان در خیابان شریعتی به طول ۷۰۰۰ متر دارای ابعاد ۹ در ۳ متر (ارتفاع در عرض) است. از این نقطه تا بزرگراه رسالت عرض آن به ۸ متر و طول این قسمت ۱۶۰۰ متر می رسد. حدود ۱۰۰ متر از این مسیل از داخل کاخ جوانان عبور کرده که عرض کانال در این بخش ۶ متر می باشد

**ج) کانال غیاثوند:** کانال غیاثوند امتداد کانال جمشیدیه است این کانال از خیابان نیاوران تا کامرانیه کانالی در طول ۴۰۰ متر را به صورت روباز با عرض حدود ۴ متر و عمق ۲,۵ متر عبور می کند. این کانال از خیابان شهید کلاهدوز در خیابان شهید معاضدی تا پاسداران و گلستان ششم به طول ۱۵۰۰ متر، عرض ۲ متر و عمق ۱,۵ متر به صورت سرپوشیده ادامه دارد. در این قسمت آب معمولاً پس زده، خسارت و مشکلاتی برای اهالی بوجود می آورد و سپس به صورت سرپوشیده تا میدان خواجه عبدالله انصاری ادامه می یابد. نهایتا از این محل به بعد، کانال فوق در زیر خیابان شهید عراقی با عرض ۵ متر و عمق ۳ متر تا بزرگراه رسالت ادامه یافته و در جنوب بزرگراه رسالت جنب کارگاه خط کشی سازمان ترافیک وارد مسیل باختر می شود. مشخصات کلی چهار حوزه مذکور در جدول شماره (۱) نشان داده شده است.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**جدول (۱) مشخصات فیزیوگرافی حوضه های زهکشی کلان شهر تهران**

| مشخصات / نام حوضه | مساحت (کیلومتر مربع) | محیط( متر) | طول حوضه( متر) | حداقل ارتفاع (متر) | حداکثر ارتفاع(متر) | زمان تمرکز (دقیقه) | شیب متوسط (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| دربند | ۲۳,۱ | ۲۳۶۷۴ | ۸۷۵۰ | ۱۶۰۰ | ۳۹۰۰ | ۳۵ | ۵۵ |
| غیاثوند | ۱۹,۴ | ۲۸۰۸۵,۹ | ۷۸۵۰ | ۱۳۰۰ | ۱۵۹۰ | ۶۹ | ۴,۳ |
| مقصود بیک | ۱۶,۲ | ۲۳۸۶۶,۴ | ۸۳۳۲ | ۱۳۲۰ | ۱۶۶۰ | ۷۰ | ۵,۶ |

مأخذ: صفاری،۱۳۸۷

نقشه شماره یک و دو نمای کلی رودها، حریم حوضه ها و کانالهای ذکر شده را نشان می دهد.

حداکثر آبدهی سالیانه برخی از حوضه های محدوده مطالعه شده بر اساس دوره های بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله در در جدول شماره (۲) آورده شده است.

### تشکیل پایگاه داده ( مجموعه های فازی و توابع عضویت)

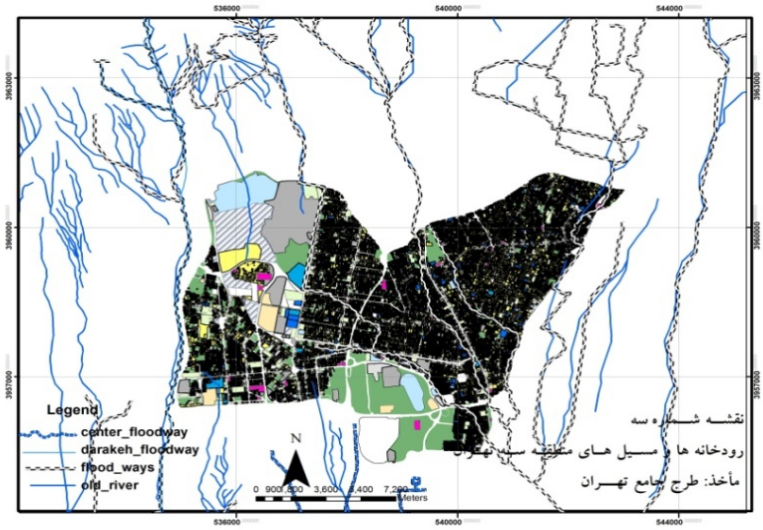
در این بخش برای هر چهار متغیر اصلی و زیر متغیرهای مورد استفاده تابع تشکیل داده شده است. تابع فاصله از رودخانه و حریم آن از نوع کاهشی، تابع کاربری ها نسبت به تراکم های مربوطه به صورت افزایشی، تابع حجم رواناب به صورت افزایشی، تابع تراکم کاربری ها به صورت افزایشی می باشد که در شکل شماره یک و دو و جدول شماره (۳) نمونه ای از این توابع نشان داده شده است.

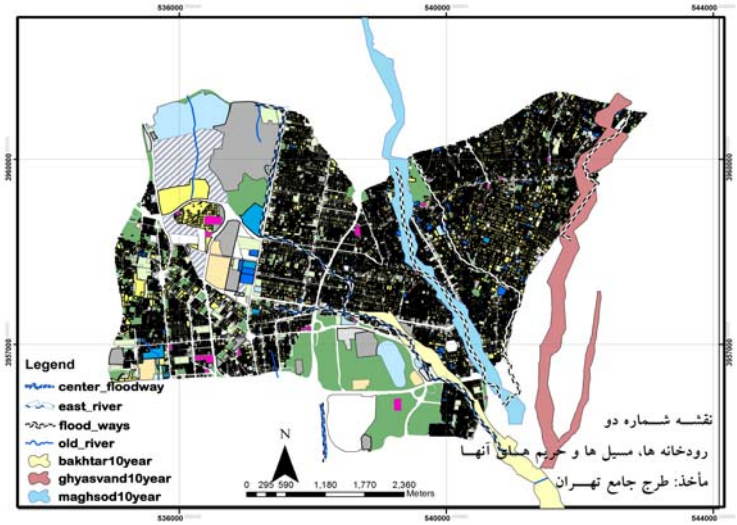
قابل ذکر است که که عضویت تابع J شکل به صورت فرمول و شکل زیر می‌باشد.

$$\mu=1/(1+(x-a)/(b-a))^2$$

$$\text{If } x \geq b \Rightarrow \mu=1$$

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]




**شکل (۱ و ۲): نقشه نمای کلی رودها، حریم حوضه ها و کانال ها**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

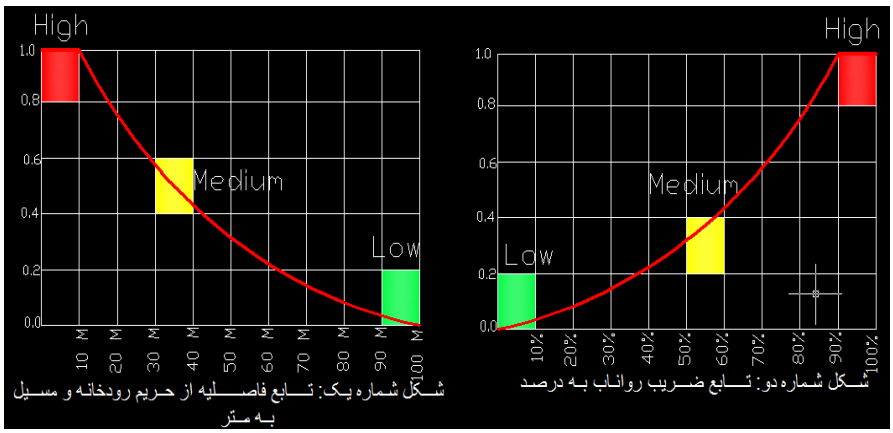
**جدول (۲):حداکثر آبدهی سالیانه حوضه های محدوده مطالعه شده**

| مشخصات / نام حوضه | ضریب رواناب | شدت بارش ۲۵ ساله در ایستگاه | | برآورد حداکثر دبی ۲۵ ساله از طریق ایستگاه | | شدت بارش ۵۰ ساله در ایستگاه | | برآورد حداکثرآبدهی ۵۰ ساله از طریق ایستگاه | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | مهر آباد | سعدآباد | مهر آباد | سعدآباد | مهر آباد | سعدآباد | مهر آباد | سعدآباد |
| دربند | ٪۲۵ | ۱۶ | ۱۳,۲ | ۲۵,۷ | ۲۱,۲ | ۱۸,۶ | ۱۵,۳ | ۲۹,۹ | ۲۴,۶ |
| غیاثوند | ٪۴۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۲۱,۶ | ۲۱,۶ | ۱۲ | ۱۱,۸ | ۲۵,۹ | ۲۵,۴ |
| مقصود بیک | ٪۴۵ | ۹,۹ | ۹,۹ | ۲۰,۱ | ۲۰,۱ | ۱۱,۹ | ۱۱,۵ | ۲۴,۱ | ۲۳,۳ |

مأخذ: صفاری،۱۳۸۷

**جدول (۳): مشخصات مربوط به توابع استفاده شده**

| تابع استفاده شده | نوع تابع | شکل تابع |
|---|---|---|
| فاصله حریم | کاهشی | J-Shape |
| تراکم کاربری | افزایشی | J-Shape |
| شبکه ارتباطی | کاهشی | J-Shape |
| ضریب رواناب | افزایشی | J-Shape |




شکل شماره یک: تابع فاصله از حریم رودخانه و مسیل به متر

شکل شماره دو: تابع ضریب رواناب به درصد

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**معیارهای مربوط به آسیب پذیری مناطق**

میزان کل خسارات در یک منطقه به میزان و نوع سرمایه گذاریهای انسانی در زمینه های مختلف و سرمایه های طبیعی موجود بستگی پیدا می کند. سرمایه گذاری ها می تواند ساختمان ها و تجهیزات و امکانات درون آنها، تاسیسات زیر بنایی و تولیدی ، فعالیت های صنعتی و یا کشاورزی باشد. سرمایه های طبیعی نیز می تواند جنگل ها، مراتع، حیات وحش و دیگر شرایط زیست محیطی منطقه باشد. به طور خلاصه می توان گفت که نحوه استفاده از زمین (Land use) شرط و معیار اصلی در ارزیابی آسیب پذیری مناطق شهری در برابر خسارات احتمالی ناشی از سیل است(Pielke & et al, 2000, 168). بر این اساس،کاربری های عمده در ادامه معرفی شده است:

**الف ــ کاربری مسکونی:** با توجه به تراکم ساختمانی و زیستی می توان این کاربری را به درجات مختلف تراکم از قبیل با تراکم و زیاد تقسیم نمود. این نوع کاربری به دلایلی ازجمله حضور انسان ها در تمام اوقات و ارزش زیاد محتوای ساختمان ها از قبیل وسایل خانه و تجهیزات ساختمان و ... حساس ترین و مهمترین کاربری است. تنوع ساختمان ها به لحاظ وسعت و تعداد طبقات نیز می تواند به عنوان زیر معیار این گروه کاربری محاسبه شود. ضرایب رواناب در نظر گرفته شده برای این کاربری به شرح زیر می باشد:

**جدول (۴)ضریب رواناب در تراکم های مختلف کاربری مسکونی**

| تراکم مسکونی | ضریب رواناب |
|---|---|
| تراکم کمتر از ۳۳ درصد | ٪۴۰ |
| تراکم ۳۳ تا ۶۶ درصد | ٪۶۰ |
| تراکم یش از ۶۶ درصد | ٪۷۰ |

**مأخذ: طرح جامع تهران ۱۳۸۴**

**ب) کاربری تجاری و اداری:** این نوع کاربری، مغازه ها، فروشگاه ها و دفاتر کار را در بر می گیرد. خسارت سیلاب به این نوع کاربری نیز می تواند زیاد باشد ولی نسبت به کاربری مسکونی در درجه دوم قرار دارد. به این دلیل که حضور و فعالیت انسان ها در چنین مناطقی

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

دائمی و شبانه روزی نبوده و چه بسا که به هنگام سیلاب خالی از فعالیت باشد. ولی به لحاظ اقتصادی می تواند خسارات جبران ناپذیری را ایجاد کند.

**جدول (۵) ضریب رواناب در تراکم های مختلف کاربری تجاری و اداری**

| تراکم تجاری و اداری | ضریب رواناب |
|---|---|
| تراکم کمتر از ۵۰ درصد | ٪۴۰ |
| تراکم بیشتر از ۵۰ درصد | ٪۶۰ |

مأخذ: طرح جامع تهران ۱۳۸۴

**ج) کاربری صنعتی، کارگاه و انبارها:** کاربری صنعتی شامل کلیه مواردی است که در آنها فعالیت های صنعتی از قبیل کارخانجات، کارگاه ها، گاراژها و انبارها انجام می گیرد. خسارات وارد شده به این کاربری نیز به لحاظ اقتصادی بالا است. ضریب رواناب در نظر گرفته شده برای این دسته از کاربری ها در طرح جامع تهران برابر با ۹۰ درصد در نظر گرفته شده است.

**د) کاربری فضاهای باز، فضای سبز و باغات:** این گونه کاربری به اراضی گفته می شود که مشخصاً با اهداف تفریحی امکاناتی در آنها ایجاد شده باشد. بارزترین آنها عبارت از پارکها، زمین های ورزشی، ورزشگاه ها و تفریگاه های همراه با تجهیزات و وسایل تفریحی است. با توجه به تراکم پایین توسعه، سرمایه گذاری و نحوه استفاده از این نوع کاربری به لحاظ خطرات ناشی از سیل چندان مهم نیستند.

**جدول (۶)ضریب رواناب در تراکم های مختلف کاربری فضاهای باز، فضای سبز و باغات**

| شیب | ضریب رواناب |
|---|---|
| شیب کمتر از ٪۲ | ٪۱۰ |
| شیب ٪۲ تا ٪۷ | ٪۱۵ |
| شیب بیشتر از ٪۷ | ٪۳۵ |

**مأخذ: طرح جامع تهران ۱۳۸۴**

**ه) کاربری ویژه:** کاربری ویژه شامل بیمارستان ها، ایستگاه های آتش نشانی، ساختمان های مربوط به پلیس، ایستگاه های مخابراتی، تاسیسات توزیع برق و آب و فاضلاب و ... را

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

شامل می شود. این امکانات و خدمات می تواند برای امداد رسانی در زمان سیلاب و برای کاهش اختلالات اجتماعی بعد از سیلاب مورد استفاده قرار می گیرد. بنابراین از اهمیت بالایی برخوردار هستند. ضریب رواناب در نظر گرفته شده برای این دسته از کاربری ها در طرح جامع تهران برابر با ۳۰ درصد در نظر گرفته شده است.

**و)معابر:** ضریب رواناب در نظر گرفته شده برای این دسته از کاربری ها در طرح جامع تهران برابر با ۹۰ درصد در نظر گرفته شده است.

نقشه شماره یک و دو، کاربری اراضی و تعداد طبقات یا ارتفاع ساختمان ها را در منطقه سه کلان شهر تهران نشان می دهد.

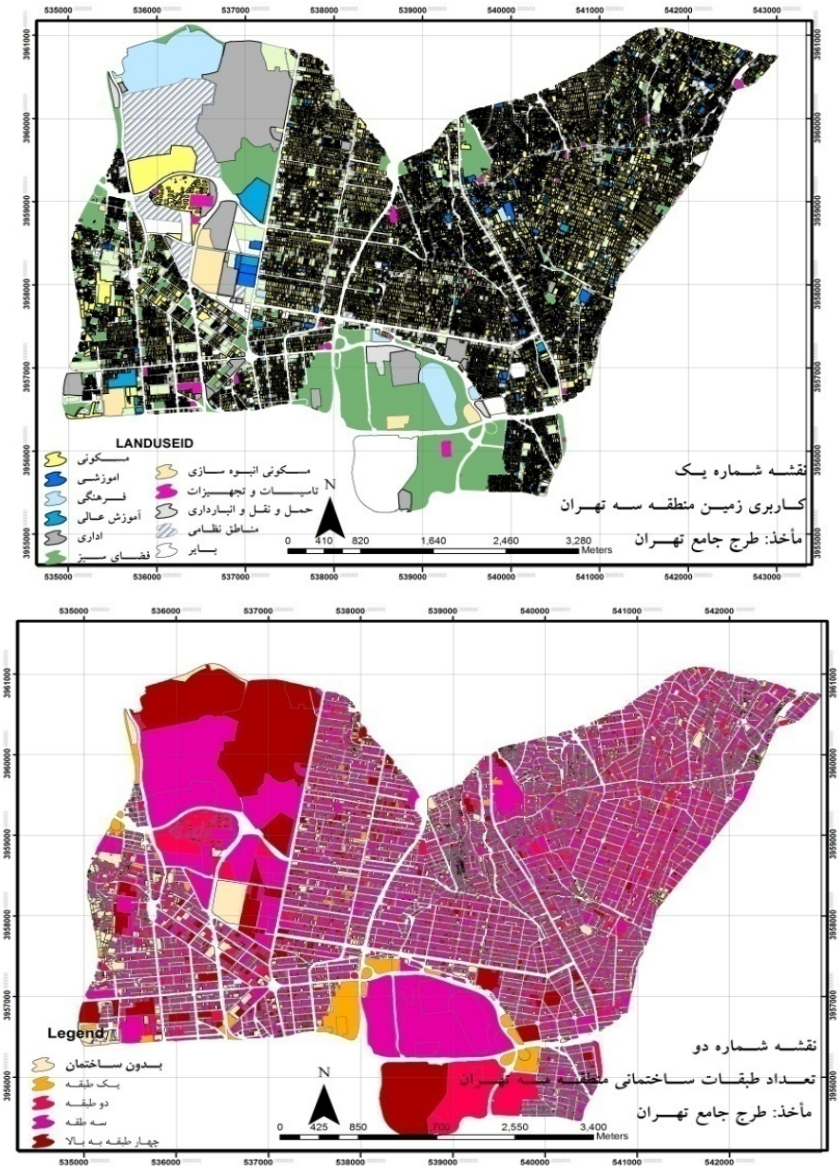
## معیارهای آسیب پذیری ساختمانها

گریک و هلوک برای انواع ساختمانهای مسکونی توابع عمق ـ خسارت سیلاب را بر اساس اطلاعات جمع آوری شده از سازمان های مختلف تهیه و تدوین کرده اند. گوری و دیگران دسته منحنی هایی برای انواع ساختمانها ارائه کرده اند که در آنها میزان خسارت بر اساس عمق یا ارتفاع آب نسبت به طبقه اول ساختمان نشان داده است(U.S Army, 1994, p 60). در شکل زیر این دسته از منحنی ها نشان داده شده است.

## روش تعیین خسارت مناطق شهری

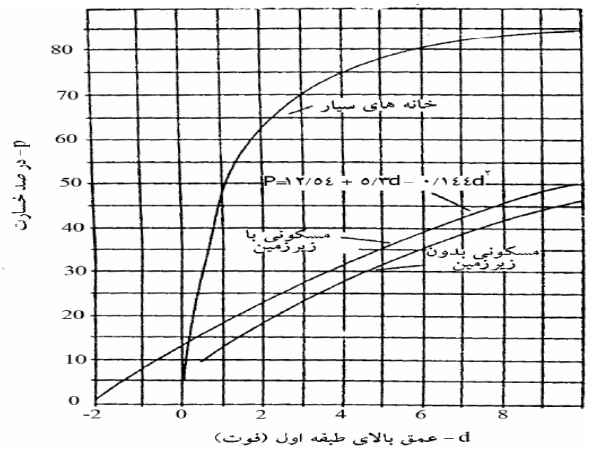
همانطور که اشاره شد کاربری های شهری را به کاربری مسکونی، تجاری، معابر و ... تقسیم می شود. میان این کاربری ها نوع مسکونی و نوع تجاری به دلیل وسعت و گسترش و تعدد آنها در یک شهر از یک سو و چگالی بالای سرمایه گذاری، نسبت به گروه های فرعی اهمیت زیادی دارند. در مقابل این کاربری ها که از آسیب پذیری بالایی برخودار هستند، کاربری هایی نیز وجود دارند که جهت هدایت رواناب و سیل مورد استفاده قرار می گیرند که باعث کاهش خسارت و آسیب پذیری در هنگام سیل می شوند. از جمله این کاربری ها می توان به شبکه ارتباطی ( عرض، جهت و شیب معابر) و فضاهای خالی اشاره کرد.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]




**شکل (۳ و ۴) نقشه کاربری اراضی و تعداد طبقات یا ارتفاع ساختمان ها در منطقه سه کلان شهر تهران**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]




**شکل (۵) روابط درصد خسارت با تحمل آب برای ساختمان ها**

## وزن نهایی محاسبه شده شاخص ها و معیارها در مدل

در جدول (۷) وزن نهایی هریک از معیارها به عنوان ورودی های نهایی مدل نشان داده شده است. همانطور که پیداست، وزن هایی درنظر گرفته شده بر اساس طیف فازی بین صفر تا ۱ است. بیشترین وزن درنظر گرفته شده مربوط به کاربری مسکونی است چراکه در مناطق شهری بیشترین تعداد و تراکم را دارد.

## بحث و نتایج تلفیق لایه ها به روش فازی

جهت محاسبه میزان آسیب پذیری منطقه ۳ در برابر سیل، ابتدا به هر لایه جداگانه وزن داده شد، سپس زیرمعیارها را به همین نحو درجه بندی شد. با تلفیق لایه ها و محاسبه وزن های مربوطه، نتایج نهایی به شرح زیر می باشد. همانطور که در نقشه شماره (۷) نیز نشان داده شده است، ابتدا فقط لایه مربوط به حریم مسیل ها و کاربری زمین فازی سازی شده است که نشان از آسیب پذیری بخش زیادی از منطقه را دارد. درنهایت همه معیارها فازی سازی شده و مقادیر نافازی حذف شده است. نتایج کلی در جدول شماره (۸) نشان داده شده است. بر این اساس در حدود ۱۲ درصد از کاربری ها و ساختمان های موجود در منطقه دارای آسیب پذیری

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

زیاد، ۲۵ درصد دارای آسیب پذیری متوسط و ۶۳ درصد دارای کمترین مقدار و یا بدون آسیب پذیری است.

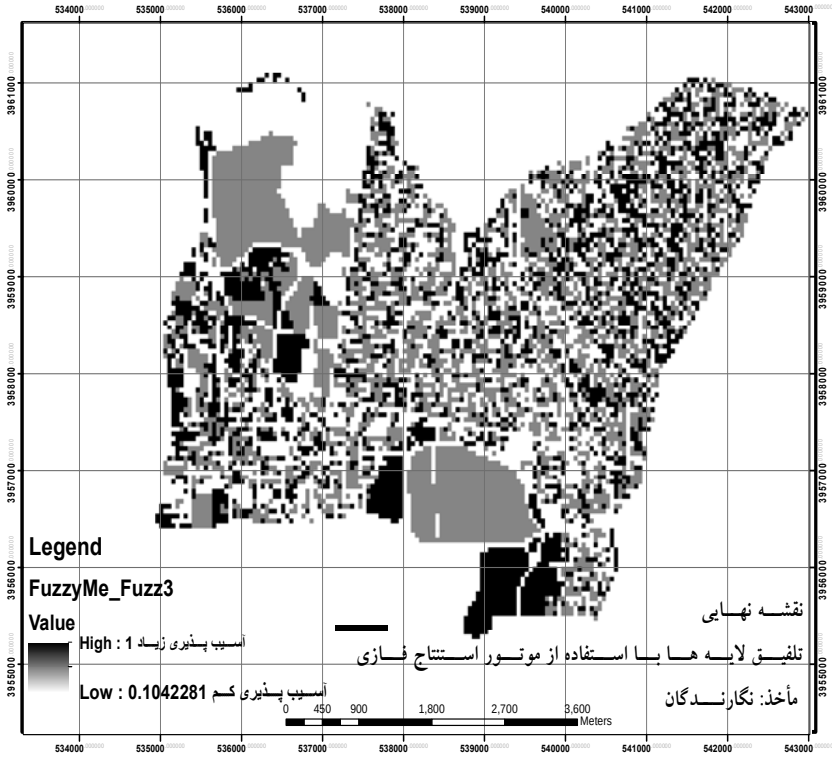
**جدول (۷) اوزان نهایی محاسبه شده معیارها در مدل فازی**

| | شاخص های اصلی | وزن | متغیرهای اولیه | متغیر های ثانویه | | وزن |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | تراکم | ضریب رواناب | |
| کاربری | کاربری مسکونی | ۰,۲ | ارتفاع ساختمان یا تعداد طبقات، فاصله از نقاط بحرانی حریم رودخانه و مسیل ها | تراکم کمتر از ۳۳ درصد | ٪۴۰ | ۰,۰۳ |
| | | | | تراکم ۳۳ تا ۶۶ درصد | ٪۶۰ | ۰,۰۷ |
| | | | | تراکم بیشتر از ۶۶ درصد | ٪۷۰ | ۰,۱ |
| | کاربری تجاری و اداری | ۰,۰۳ | ارتفاع ساختمان یا تعداد طبقات، فاصله از نقاط بحرانی حریم رودخانه و مسیل ها | تراکم کمتر از ۵۰ درصد | ٪۹۵ | ۰,۰۲ |
| | | | | تراکم بیشتر از ۵۰ درصد | ٪۷۰ | ۰,۰۱ |
| | کاربری فضاهای باز، فضای سبز و باغات | ۰,۰۴ | ارتفاع ساختمان یا تعداد طبقات، فاصله از نقاط بحرانی حریم رودخانه و مسیل | شیب کمتر از ٪۲ | ٪۱۰ | ۰,۰۱ |
| | | | | شیب ٪۲ تا ٪۷ | ٪۱۵ | ۰,۰۱ |
| | | | | شیب بیشتر از ٪۷ | ٪۲۲ | ۰,۰۲ |
| | کاربری صنعتی، کارگاه و انبارها | ۰,۰۳ | ارتفاع ساختمان یا تعداد طبقات، فاصله از نقاط بحرانی حریم رودخانه و مسیل | - | ٪۹۰ | ۰,۰۳ |
| | کاربری ویژه | ۰,۲ | ارتفاع ساختمان یا تعداد طبقات، فاصله از نقاط بحرانی حریم رودخانه و مسیل | - | ٪۳۰ | ۰,۲ |
| | شبکه معابر | ۰,۱,۵ | عرض معابر | ۸-۱۴ | | ۰,۱۳ |
| | | | | ۱۴-۲۰ | | ۰,۰۵ |
| | | | | ۲۰+ | | ۰,۰۲ |
| حجم رواناب | | ۰,۱,۳ | - | - | | ۰,۱,۳ |
| شیب | | ۰,۱ | - | - | | ۰,۱ |
| حریم | | ۰,۱,۳ | رعایت حریم | فاصله از حریم | | ۰,۱,۳ |

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**جدول (۸): میزان آسیب پذیری ساختمان های منطقه ۳ تهران در برابر سیل با تلفیق همه معیارها**

| وضعیت | مساحت آسیب پذیری منطقه به درصد | نوع کاربری های آسیب پذیر | علت |
|---|---|---|---|
| کاملاً آسیب پذیر | ٪۱۲ | مسکونی و مناطق انبوه سازی | عدم رعایت حریم، تراکم زیاد و ارتقاع زیاد ساختمانها |
| آسیب پذیری متوسط | ٪۲۵ | تجاری، اداری | عدم رعایت حریم |
| کمترین مقدار آسیب پذیری و بدون آسیب | ٪۶۳ | سایر کاربری ها | فاصله از حریم و ضریب رواناب پایین |




**شکل (۶) نقشه نهایی میزان آسیب پذیری**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**نتیجه گیری و ارائه راهکارها**

با توجه به جدول شماره (۱) و نقشه نهایی، بیشترین آسیب پذیری مربوط به کاربری مسکونی است. ۶۳ درصد از مساحت منطقه ۳ کمترین مقدار آسیب پذیری را دارند اما در حدود ۱۲ درصد از کاربری ها یا مساحت منطقه کاملاً آسیب پذیر است و ۲۵ درصد آسیب پذیری متوسطی را دارد. با توجه به مبانی نظری ذکر شده و دیدگاه های موجود در زمینه آسیب پذیری سیل می توان گفت که قراری گیری این منطقه بر روی حوضه هایی که شیب به سمت منطقه دارند، عدم رعایت مسیل ها و شبکه عبوری آبراهه ها، ساخت وسازهای غیر مجاز، تراکم بالا، ارتقاع زیاد ساختمان ها و غیر اصولی بودن کانالهای مربوط به حوضه ها باعث تشدید این آسیب پذیری شده اند. بر این اساس راه کارهای زیر ارائه شده است:

۱- شناسایی پتانسیل خطر در دامنه‌ها از طریق پهنه‌بندی؛

۲- پرهیز از توسعه در مناطق با خطر متوسط به بالا؛

۳- ایجاد امکانات مناسب برای آزادسازی مناطق مستعد سیلاب؛

۴- استفاده از راهکارهای مهندسی ؛

۵- مدیریت خاص شهری در مناطق آسیب‌پذیر؛

۶- تغییر کاربری‌های پرخطر به کاربری‌های مجاز(فضاهای‌سبز و تفریحی)؛

۷- القای ایده و اندیشه حمایت از مناظر طبیعی مانند کوهستان‌ها و رودخانه‌ها توسط نهادهای مردمی؛

۸- جلوگیری از احداث واحدهای مسکونی در حریم مسیل‌ها؛

۹- ایجاد شبکه معابر با عرض بالا در مناطق دارای آسیب پذیری زیاد؛

۱۰- ایجاد سازه‌های نوساز و جدید از مصالح ساختمانی مرغوب و مقاوم؛

۱۱- ایجاد فضاهای باز به منظور امدادرسانی در مواقع بروز مخاطرات طبیعی؛

۱۲- کاهش تراکم ساختمانی و جمعیتی در نقاط با آسیب پذیری بالا؛

۱۳- کاهش تعداد طبقات ساختمانی در نواحی مربوط به حریم مسیل ها؛

۱۴- مکانیابی صحیح مراکز امداد رسانی در جهت کاهش تبعات ناشی از بروز سیل.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**منابع و ماخذ**

۱. اصغری مقدم، (۱۳۷۸) **جغرافیای طبیعی شهر ۲ – هیدرولوژی و سیل خیزی شهر**- چاپ اول، انتشارات مسعی.تهران.

۲. امینی فسخودی، عباس (۱۳۸۴) **کاربرد استنتاج منطق فازی در مطالعات برنامه ریزی و توسعه منطقه ای**؛ مجله دانش و توسعه، شماره ۱۷، نیمه دوم سال ۱۳۸۴.

۳. پوراحمد، احمد (۱۳۷۸) **نقش ساختار جغرافیایی در سیل مرداد ماه ۱۳۷۸ شهر نکاء**، مجله محیط شناسی، دوره ۲۸ .دانشگاه تهران.

۴. خسروی، محمود(۱۳۷۴) **کاربرد روشهای اقلیم شناسی و هیدرولوژی در برنامه ریزی منابع آب و مدیریت کنترل سیلاب در حوضه آبریز زاهدان**. پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما دکتر حسنعلی غیور-دکتر محمدرضا کاویانی، دانشگاه اصفهان.

۵. روستایی، شهرام (۱۳۸۴). **پهنه بندی مخاطرات محیطی موثر درتوسعه فیزیکی شهر تبریز**، طرح تحقیقاتی مدیریت پژوهشی دانشگاه تبریز.

۶. ساعد، عذرا (۱۳۸۷) **پهنه بندی خطر سیل خیزی درشهر سنندج**.پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما قهرودی، منیژه و قنواتی عزت الله، دانشگاه تربیت معلم دانشکده علوم انسانی.

۷. صفاری, امیر(۱۳۸۷) **قابلیت‌ها و محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی کلان شهرتهران به منظور توسعه و ایمنی**, پایان نامه دکتری, دانشگاه تهران.

۸. طاهری بهبهانی، محمد طاهر و بزرگ زاده، مصطفی (۱۳۷۵) **سیلاب های شهری**، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران،.

۹. قهرودی، منیژه (۱۳۸۶) **سیلاب شهری باطراحی Geodatabase،مطالعه موردی**: شهر نور در استان مازندران، دومین کنفرانس مدیریت جامع بحران درحوادث غیر مترقبه.

۱۰. لو ژان، **هیدرولوژی آب های سطحی** (۱۳۷۰) ترجمه مجید زاهدی، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۱. نصری، مسعود، (۱۳۸۸) **بررسی سیلاب ها و شبکه مسیل های تاثیر گذار بر شهر زواره و توجه به آن در برنامه ریزی شهری**. فصلنامه جغرافیایی چشم انداز.سال اول شماره ۲.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

۱۲. وزارت مسکن و شهرسازی- شهرداری تهران(۱۳۸۴) **مطالعات پهنه بندی سیل در طرح جامع تهران**، گزارش محاسبات هیدرولیکی و پهنه بندی سیل. شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیز داری.

Green, Colin (2000) ***Flood management from the perspective of integrated water resource management.*** International Symposium on Flood Control, Begijing.

HEC. (2000) ***Hydrologic Modeling System***: Application Guide Us Army Crops of Engineers Hydrologic Engineering Center. Davis. C. A., 116p.

Knebl, M.R., Yang, Z.L., Hutchison, K., Maidment, D.R., (2005) ***Regional Scale Flood Modeling using NEXRAD, Rainfall, GIS, and HEC-HMS\RAS: A Case Study for the San Antonio River Basin Summer 2002 Storm Event***, Journal of Environmental Management, 75: 325-336.

Kuswandari, R., (2004) ***Assessment of Different Methods for Measuring the Sustainability of Forest Management***, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, Netherlands.

Lotfizadeh, M.R. (1996) ***Fuzzy sets and systems. In: Fox J, editor***. System Theory. Brooklyn, NY: Polytechnic Press

Lootsma, F.A. (2005) ***Fuzzy Logic for Planning and Decision Making***. Dordrecht, kluwer Academic Publisher.

Pielke, Jr. Damnton, Mary W. Zoe Barnard Miller, J.(2002)Flood ***Dmage in the United States 1926 – 2000***. National Center for Atospherice Research.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

U.S. Army Corps of Engineers (2004) ***Hydrologic Engineering Center." HEC–RAS River Analysis System" User's Manual***; 2004a.

U.S Army Corps of Engineers (1994) ***EP 1110-2-10 Hydrologic Engineering Requirements for Flood Damage Reduction Studies.***

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]