



برنامه‌ریزی کاهش خطرپذیری سیلاب با بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی در پهنه استان تهران

فرشته اصلانی^۱ و هاله مهدی‌پور^۲

۱. دانشجوی دکتری مهندسی عمران گرایش مهندسی زلزله، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران. (نویسنده مسئول)

Fereshteh.aslani@gmail.com

۲. کارشناس ارشد معماری گرایش بازسازی پس از سانحه، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

Haleh_mehdipour@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: بر اساس جغرافیای طبیعی کشور ایران، عدم توجه به اثرات سوء ناشی از سیلاب، می‌تواند خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری را بر جای گذارد که در این میان رخداد سیلاب ناشی از بارش، یکی از چالش‌برانگیزترین موضوعات است. در این میان، بررسی وقوع سیل در استان تهران از ضروریات است. در حقیقت قرارگیری تهران بر دامنه‌ها و شیب‌های تند و همچنین وجود سیلاب دشتهای و نواحی پست و سیل‌گیر باعث شده است بروز سیلاب، یکی از نگرانی‌ها و دغدغه‌های عمده، تقریباً در تمام فصول سال باشد.

روش: روش پژوهش مقاله حاضر توصیفی-تحلیلی است. در این راستا، نقشه‌های مورد نیاز در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه شده و داده‌ها از طریق مطالعه اسناد، کتب، رسالات و مقالات گردآوری شده و سه نقشه اصلی مخاطره، آسیب‌پذیری و بحران تهیه و تحلیل می‌شوند. یافته‌ها: نتایج تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد آنچه باعث ایجاد ناامنی و خطر و مطرح شدن سیلاب ناشی از بارش بعنوان مخاطره و تهدید می‌شود، مکان‌گزینی نادرست و بی‌توجهی به حریم رودخانه‌ها و اشغال پهنه‌های سیل‌گیر توسط سکونت‌گاه‌هایی است که گاه به صورت غیرمجاز بنا شده است. نتیجه‌گیری: این مقاله نتیجه می‌گیرد که سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها در زمینه تخصیص کاربری اراضی حاشیه رودخانه‌ها باید متکی بر نقشه‌های خطر و متناسب با خطرات و خسارات ناشی از طغیان‌ها باشد. همچنین، ایجاد و توسعه کانون‌های زیستی و جمعیتی و به طور کلی هرگونه فعالیت عمرانی و توسعه اراضی، مستلزم شناخت کافی از شرایط سیل‌گیر پهنه‌ها و مخاطرات بالقوه طغیان رودخانه‌هاست.

کلیدواژه‌ها: سیلاب، بارش، استان تهران، برنامه‌ریزی، سیستم اطلاعات جغرافیایی

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** اصلانی، فرشته؛ مهدی‌پور، هاله (پاییز ۱۳۹۴). برنامه‌ریزی کاهش خطرپذیری سیلاب با بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی در پهنه استان تهران. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، ۵ (۳)، ۱۷۳-۱۸۵.

Planning for Flooding Mitigation, with GIS Technique in Tehran Province

Fereshteh Aslani¹, Haleh Mehdipour²

Ph.D. Student, Civil Engineering, Earthquake Engineering, IIEES, Tehran, Iran

Master of post-disaster reconstruction, Architecture Faculty, SBU, Tehran, Iran

Abstract

Background and objective: Based on natural geography of Iran, not considering the effects caused by floods, they can have irreparable damage to lives and property. It seems that one of the most challenging issues is rain-induced flood. Studying of flooding in Tehran Province as a capital and one of the metropolises is essential. In other words, the position of Tehran on the slopes and mountains and existence of flood plains causes rain-induced flood becomes one of a major concerns almost in all seasons and is the subject of this research.

Method: With this purpose and for reducing casualties and damages and for risk reduction in this area (Tehran Province), descriptive-analytical research method was selected. In this regard, required plans were prepared in GIS software and data have been collected through the study of documents, books, essays and articles. In other part of research, 3 major maps such as hazard map, vulnerability map and risk map were prepared and analyzed.

Findings: This research concludes that wrong location, inattention to river route and settlement in flood zones causes that rain-induced flood become a major threat. Unfortunately, according to population density in Tehran, risk of flooding due to rainfall, is an important threat.

Conclusion: Thus, planning and policies about land allocation in river zones should consider risk maps and the damages of outburst. Also, the development of settlements and any construction activity require knowing about hazard zones and the threats of rivers.

Keywords: flooding, rainfall, Tehran Province, planning, GIS

► **Citation (APA 6th ed.):** Aslani F, Mehdipour H (2015, Fall). Planning for Flooding Mitigation, with GIS Technique in Tehran Province. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK)*, 5(3), 173- 185 .

مقدمه

پیشینه‌ی وقوع مخاطرات طبیعی در جهان به درازای تاریخ بشر است. هیچ مکانی از دنیا، مصون از این حوادث نبوده و نیست. همه‌ی جوامع در برابر عوارض بلایای طبیعی آسیب‌پذیر هستند ولی میزان این آسیب‌پذیری^۱ از مکانی به مکان دیگر متفاوت است. (دراک^۲، ۱۳۹۲). در کشور ایران، بعد از زلزله، سیل و سیلاب را می‌توان یکی از حوادث بحران‌زا به شمار آورد. افزایش بی‌رویه‌ی جمعیت، ساخت و سازهای نامناسب شهری و گسترش آن تا حاشیه‌ی شهرها، بدون برنامه‌ریزی مناسب و بدون در نظر گرفتن استانداردهای ایمنی، احتمال بروز فاجعه را دوچندان کرده است. متأسفانه، به نظر می‌رسد رخداد سیلاب‌های سالیانه در نقاط مختلف کشور ایران، منجر به خسارات محسوس و نامحسوس بسیاری می‌شود. خسارات محسوس به آن دسته از خسارات اطلاق می‌شود که توجیه اقتصادی دارند ولی خسارات نامحسوس، نظیر کاهش اعتماد مردم به دستگاههای اجرایی و نگرانی‌ها و مشکلات روانی به دنبال رخداد مخاطرات، توجیه اقتصادی ندارند.

از این رو، براساس جغرافیای طبیعی کشورمان، در برخی موارد، اثرات سوء ناشی از وقوع سیل، کمتر از زلزله نبوده و عدم توجه به آن می‌تواند خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری را برجای گذارد. به بیان دیگر، گرچه در بسیاری از نقاط ایران، میزان بارندگی کم است، اما اغلب، اکثر بارندگی سالیانه، در یک شبانه‌روز رخ می‌دهد. این عامل به همراه شکل‌گیری اغلب شهرهای ایران همانند تهران، در دامنه‌ها و شیب‌های تند و کوهستانی، باعث شده است بروز سیلاب، یکی از نگرانی‌ها و دغدغه‌های عمده، تقریباً در تمام فصول سال باشد. به نظر می‌رسد در میان شهرهای ایران، بررسی وقوع سیل در منطقه تهران بعنوان پایتخت و یکی از کلان‌شهرهای ایران، از ضروریات می‌باشد.

با توجه به وضعیت بارندگی، شرایط توپوگرافی و توزیع کاربری‌های استان تهران، برنامه‌ریزی مخاطره سیلاب ناشی از بارش، بیش از پیش اهمیت دارد. در ۱۴٪ از مساحت منطقه مورد مطالعه، احتمال وقوع سیل ناشی از بارش فراوان، بسیار زیاد است که در

بخش‌های شمالی استان تهران واقع می‌باشد؛ احتمال وقوع سیل ناشی از بارش در جنوب منطقه مورد مطالعه بسیار کم می‌باشد و در نوار مرکزی استان تهران، احتمال رخداد مخاطره، متوسط ارزیابی می‌شود. از نظر شاخص آسیب‌پذیری، بخش‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه، بسیار آسیب‌پذیر می‌باشند و با نزدیک شدن به لبه‌ها، از میزان آسیب‌پذیری کاسته می‌شود. در مجموع، نوار مرکزی و بخش‌های مرکزی استان، بویژه شهر تهران در برابر رخداد مخاطره سیل ناشی از بارش، وضعیت بحرانی دارد و در لبه‌ها و حاشیه از میزان بحرانی بودن در شرایط وقوع سیلاب کاسته می‌شود.

سیل و سیلاب:

درخلال یا پس از یک بارندگی شدید و ممتد یا آب شدن برف‌ها و تکه یخ‌های بزرگ و یا طغیان رودخانه‌ها مقدار دبی رودخانه به سرعت افزایش یافته و یا مقدار آب جاری در حوضه از ظرفیت نگهداری آب در یک آبخیز تجاوز می‌نماید و در نتیجه آب از بستر عادی خود به صورت رواناب سرریز کرده و به مناطق پایاب انتقال می‌یابد و زمین‌های پست و مناطق اطراف را در بر می‌گیرد که به این جریان عظیم سیل گفته می‌شود. سیل درحقیقت افزایش ارتفاع آب رودخانه و مسیل و بیرون زدن آب از آن واشغال بخشی از دشت‌های حاشیه‌ی رودخانه می‌باشد که می‌تواند با غرقاب نمودن منطقه، باعث واردآمدن خسارات برساختمان و تأسیسات عمومی شده و تلفات انسانی و دامی به همراه داشته باشد. درموردی نیز سیل می‌تواند ناشی از افزایش سطح آب دریاچه و یا دریا باشد که دراین موارد جریان بادهای شدید، تأثیر زیادی خواهد داشت.

خسارات سیلاب^۳:

سیلاب‌ها از جمله مخاطرات طبیعی هستند که همواره جوامع انسانی را مورد تهدید قرار می‌دهند. سیلاب‌های طبیعی^۴، معمولاً مدتی پس از بارش شدید اتفاق می‌افتند که نسبت به شکستن سد که از جمله دلایل سیلاب‌های مصنوعی^۵ است، عمومیت بیشتری دارند. (حاجی علی گل، محمدی و همکاران، ۱۳۹۲ص ۱). علیرغم اینکه در بسیاری از نقاط ایران، میزان بارش‌ها کم است، ولی در

3. Flooding losses

4. Natural Flooding

5. Artificial Flooding

1. vulnerability

2. Drabek

زندگی در خشکی. (زانوتیگ^۷، ۲۰۱۱ ص ۸۴۵). نظر به اینکه با گذشت زمان، امروز نسبت به گذشته، احتمال وقوع سیلابها افزایش یافته است، تغییراتی در رویکردهای مدیریت بحران سیل، در سطح جهانی ایجاد شده است. به عبارت دیگر، روشهای سنتی مقابله با سیلاب، دیگر کارا نبوده و کمبودهای خود را نشان داده‌اند. (ویلیبی و کینان^۸، ۲۰۱۲ ص ۳۴۸). مدیریت سیلاب، شامل فعالیت‌های مختلف برنامه‌ریزی و مدیریتی به منظور کاهش تأثیرات زیان‌بار سیلاب بر روی انسان‌ها، محیط و اقتصاد در یک منطقه می‌باشد (اورعی زارع و همکاران، ۱۳۹۲ ص ۱).

راهکارهای مدیریت سیلاب را می‌توان در ۴ گروه اصلی، طبقه‌بندی کرد: اول، تلاش در جهت کاهش سیلاب‌ها. دوم، تلاش در جهت کاهش آسیب‌پذیری در مقابل سیلاب‌ها. سوم، تلاش در جهت کاهش خسارات سیلاب‌ها و چهارم، ایجاد آمادگی هرچه بیشتر برای مقابله با سیلاب‌ها. (کمیته ملی آبیاری، ۱۳۷۹ ص ۱). افزون بر این، راهکارهای غیرسازه‌ای^۹ مدیریت سیلاب به دو گروه تمهیدات برنامه‌ریزی^{۱۰} و تمهیدات واکنشی تقسیم می‌شوند. روش‌های پیشنهادی در تمهیدات برنامه‌ریزی عبارت‌اند از پیش‌بینی سیلاب‌ها، کنترل گسترش سیلاب‌ها، بیمه‌ی سیلاب، مقاوم‌سازی در برابر سیلاب، مدیریت حوضه‌ی آبریز، تصمیم‌گیری و مدیریت سیلاب‌های فصلی در مخازن. همچنین، مقابله با سیلاب، هشدار سیلاب، تخلیه‌ی مؤثر، کمک‌های اضطراری و مدیریت به هنگام سیلاب‌ها، از روش‌های کارآمد در تمهیدات واکنشی می‌باشند. (امامی، بی‌تا، ص ۳).

یکی از روش‌های مقابله با سیلاب، مقاوم‌سازی^{۱۱} است. به طور کلی، ۴ نوع مقاوم‌سازی در برابر رخداد سیل‌ها پیشنهاد می‌شود: اول حفاظت از تأسیسات زیربنایی در برابر سیلاب‌ها؛ دوم حفاظت از ساختمان‌ها؛ سوم در نظر گرفتن تمهیدات هدایت در شرایط بحران و چهارم مقاوم‌سازی در حوزه‌ی کشاورزی جهت مقابله با سیلاب‌ها. راهکار مدیریتی دیگر، تصمیم‌گیری^{۱۲} است. فرایند تصمیم‌گیری

اغلب مناطق، اکثر بارندگی سالیانه، تنها در یک شبانه‌روز رخ می‌دهد. وقوع سیل‌ها در ایران به دلیل ساختارهای زمین‌شناسی و همچنین تخریب‌های زیست‌بوم، بسیار آلوده بوده و اغلب گل و لای بسیاری به همراه دارد. از این رو بسیاری از سیلاب‌ها در ایران، خسارات زیادی وارد می‌کنند. (خیرطال و همکاران، ۱۳۹۲ ص ۱)

سیلاب‌ها هرساله در نقاط مختلف جهان، باعث بروز خسارات مالی و جانی فراوانی می‌گردند. این مخاطرات طبیعی عظیم، اهمیت و ضرورت مدیریت سیلاب را افزایش داده است. البته، به مدد برنامه‌ریزی صحیح و همچنین مدیریت بحران، قابل‌کنترل و پیش‌بینی می‌باشند. (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۲ ص ۱). به عنوان نمونه، در زمینه‌ی خسارات مالی سیلاب، تنها در ایالات متحده، بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۴، وقوع سیلاب‌ها ۱۹/۶ تا ۱۹۶ بیلیون دلار هزینه برداشت. (دنيس^۱، ۱۹۹۹). به طور متوسط و با بهترین تخمین، سیل سالانه ۸/۸ میلیارد دلار هزینه در بردارد. (دراک، ۱۳۹۲). افزون بر این، در ایران هم نرخ خسارات سیلاب‌ها، میزان قابل‌توجهی است و هرساله رشد فزاینده‌ای دارد. در یک تقسیم‌بندی کلی، خسارات سیل به دو دسته‌ی محسوس و نامحسوس^۲ تقسیم می‌شود. (اسمیت و وارد^۳، ۱۹۹۸). در مجموع، میانگین سالانه‌ی خسارات سیلاب بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶ میلادی، ۱/۸۲ میلیارد دلار بوده، درحالی‌که میانگین هزینه‌ی لازم برای بازسازی پس از سانحه، ۲/۸۷ میلیارد دلار تخمین زده شده است (یعنی ۱/۵ برابر خسارات وارده). بنابراین واضح است که تمرکز بر راهکارهای آمادگی^۴ هرچه بیشتر، نسبت به بازسازی^۵ پس از رخداد سیلاب‌ها، ارجحیت دارد. (اصلانی و عامری، ۱۳۹۲ ص ۲ به نقل از دونگیلو^۶، ۲۰۱۱).

مدیریت سیلاب:

در سال‌های اخیر، به منظور کاهش خطر سیلاب، سه رویکرد مطرح شده است: دور نگه‌داشتن آب، محافظت از اموال در برابر آب و

7. Zanuttigh, B, 2011

8. Wilby, R. L. & Keenan, R, 2012

9. Non- structural

10. Planning

11. Strengthening

12. Decision- making

1. Dennis S. Mileti, 1999

2. Sensible & Insensible

3. Smith K & Ward R

4. Preparedness

5. Reconstruction

6. Dongailbo

منحصر به فردی در میان سایر استانهای کشور، برخوردار است. این استان از نظر توپوگرافی، منابع آبی و مجاورت با اقلیمهای مختلف، وضعیت خاصی دارد؛ چرا که در شرایط مرزی بین اقلیم خشک (در نواحی جنوبی) و مرطوب (در نواحی شمالی) قرار دارد. به همین دلیل، حساسیت‌های محیط، نسبت به برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و آمادگی در برابر بلایا، بویژه سیل، در این استان زیاد است. از این رو، هرگونه اقدام نسنجیده بدون در نظر گرفتن این حساسیت‌ها می‌تواند عواقب جبران‌ناپذیری بدنبال داشته باشد. در بررسی رودخانه‌های استان تهران به این نتیجه می‌رسیم که مهم‌ترین رودخانه‌هایی که سکونتگاه‌های انسانی بویژه سکونتگاه‌های شهر تهران را تحت تأثیر قرار می‌دهد و همواره بعنوان یک عامل خطر ساز از نظر سیلاب محسوب می‌شوند، رودخانه‌های شمال تهران هستند. این رودخانه‌ها علیرغم میانگین دبی کم، از جریانات سیلابی نسبتاً بالایی برخوردار هستند که می‌تواند عامل ایجاد سیلاب‌های شدید در سکونتگاه‌ها و مراکز اقتصادی مناطق پایین‌دست گردد. (علی محمدی، ۱۳۸۸ ص ۲۹). این رودخانه‌ها را از نظر بزرگی خطر، می‌توان جزء طبقه متوسط قرار داد؛ هرچند که بعلت تمرکز جمعیت، فعالیت و مراکز اقتصادی در پایین‌دست آنها از نظر خسارت‌های اقتصادی-اجتماعی، بسیار پرمخاطره محسوب می‌شوند. البته لازم به یادآوری است که در مسیر برخی از رودخانه‌های استان تهران، سدهایی زده شده است که دبی‌های سیلابی آن‌ها را تحت کنترل درآورده است. به همین جهت، در حال حاضر نمی‌توان آنها را تحت عنوان رودهای پرمخاطره معرفی نمود. در برخی از رودخانه‌ها نیز شکل‌گیری سکونتگاه‌ها به ترتیبی است که در صورت رخداد سیل، بر روی سکونتگاه‌ها تاثیری نداشته و تنها اراضی کشاورزی در معرض خطر سیل قرار دارند. (همان ص ۳۱). در مجموع، با توجه به وضعیت بارش‌ها، شرایط توپوگرافی و توزیع کاربری‌ها و فعالیت‌ها در استان تهران، ضرورت توجه به مخاطره سیلاب بیش از پیش اهمیت دارد. رودخانه‌های جاجرو، حبله‌رود، کرج و کن بیشترین احتمال و خطر سیل را دارا هستند. رودخانه‌های دریند، درکه و فرحزاد در رتبه‌های بعدی از نظر خطر سیل قرار می‌گیرند.

روش

روش پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی می‌باشد. لذا نقشه‌های

کارا و مؤثر در کاهش خسارات سیل، نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. فرد تصمیم‌گیر، مسئول است تا هم مسئله‌ی مطرح‌شده در تصمیم‌گیری و هم اهداف آن مسئله را شناسایی کرده و سپس به طور مستقیم یا غیرمستقیم، مخاطره را سرو سامان دهد. اهداف کلان تصمیم‌گیری در مدیریت سیلاب عبارت‌اند از: شناسایی گزینه‌های قابل‌اجرا، تشخیص گزینه‌های اولیه، تکمیل و طبقه‌بندی گزینه‌ها، شناسایی یک گزینه‌ی برتر و تشخیص ترکیب مناسب و بهینه‌ی گزینه‌ها جهت کاهش و تخفیف خطر سیلاب. (امامی، بی‌تا، صص ۲۶ و ۳۴). یکی از راهکارهای نرم‌افزاری مدیریت سیلاب، آموزش مقابله با آن می‌باشد. آموزش‌های لازم می‌توانند در قالب دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی ارائه گردند. کارکنان کارا که از آموزش‌های مناسب برخوردار باشند، می‌توانند ریسک وقوع اشتباهات را کاهش دهند. در این راستا، در کشورهای مختلف، برنامه‌ریزی در جهت ارتقاء آموزشی مدیران و دست‌اندرکاران صورت می‌گیرد. (امامی، ۱۳۷۹، ص ۵). دیگر اینکه در زمینه‌ی سیستم‌های هشدار سیلاب، باید در نظر داشت هشدار به موقع، یک عامل بسیار مهم و تأثیرگذار در نجات جان انسان‌هاست. اخیراً، کاربرد روزافزون سیستم‌هایی که زمان پیش‌هشدار را افزایش می‌دهند، صورت گرفته است. استفاده از اطلاعات به‌روز هواشناسی و هیدرولوژیکی، می‌تواند در سیستم‌های هشدار سیلاب، نقش مهمی را ایفا کند. (امامی، ۱۳۷۹ ص ۷).

بیمه‌ی سیل به عنوان یکی از راهکارهای مدیریت سیلاب، مزایای بسیاری دارد. از جمله اینکه در تأمین منابع مالی به سیل‌زدگان کمک می‌کند و همچنین در شرایط پس از رخداد سیلاب‌ها، موجب کاهش تنش‌های روحی و روانی می‌شود. بیمه‌ی سیلاب باعث کاهش درخواست‌ها از مؤسسه‌های امدادرسان خواهد بود که کمک می‌کند اعتبارات این سازمان‌ها، صرف سایر سوانح شود. افزون بر این بیمه‌ی سیلاب، منجر به تقویت اهرم‌های سیاست‌گذاری در مدیریت سیلاب اراضی در معرض خطر می‌شود. (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲ ص ۶، به نقل از دستورانی، ۱۳۸۹).

شناخت منطقه مورد مطالعه:

به علت مرکزیت اداری و مدیریتی کشور و تمرکز فوق‌العاده جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی در استان تهران، این منطقه از موقعیت

آسیب پذیری و بحران (خطر) مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌اند.

یافته‌ها

در این بخش، با توجه به مبانی نظری و مطالعات انجام شده پیرامون مخاطره سیل ناشی از بارش و همچنین شناخت منطقه مورد مطالعه (استان تهران)، «عوامل مؤثر در احتمال و شدت وقوع مخاطره» و «علل زمینه‌ای آسیب پذیری» در جداول (۱ و ۲) لیست شده‌اند. با توجه به جدول DSD، نقشه‌های مورد نیاز و همچنین ضریب اهمیت آن‌ها، فهرست می‌شوند. (مراجعه شود به جدول ۳).

مورد نیاز در نرم افزار جی‌آی‌اس^۱ تهیه شده و داده‌ها از طریق مطالعه اسناد، کتب، رسالات و مقالات گردآوری شدند. در فرایند پژوهش، بخش شناخت به دو قسمت شناخت مخاطره و شناخت منطقه مورد مطالعه تقسیم شده است. پس از آن دیاگرام ساختار داده‌ها^۲ در دو بخش احتمال و شدت وقوع و همچنین علل زمینه‌ای آسیب پذیری تدوین شد. به دنبال تنظیم جدول دی‌اس‌دی، نقشه‌های پایه مورد نیاز و ارتباط آن‌ها و همچنین ضریب اهمیت‌شان لیست شده و در نرم افزار جی‌آی‌اس تولید شدند. افزون بر این، سه نقشه اصلی مخاطره،

جدول ۱: جدول DSD، عوامل مؤثر در احتمال و شدت وقوع

عوامل مؤثر	عوامل اصلی	شاخص‌ها	عوامل فرعی	توضیحات
عوامل مؤثر در احتمال و شدت وقوع سیل ناشی از بارش	عوامل طبیعی	خاک	فرسایش خاک	با افزایش فرسودگی خاک ^۴ ، احتمال و شدت وقوع سیلاب افزایش می‌یابد. ^۵
			جنس خاک ^۶	هر چقدر قابلیت نفوذ آب کمتر باشد، احتمال وقوع سیل افزایش می‌یابد. ^۷
		بارش ^۸	بارش باران	با افزایش میزان بارش باران، احتمال وقوع سیل افزایش می‌یابد.
			بارش تگرگ	با افزایش میزان بارش تگرگ، احتمال وقوع سیل افزایش می‌یابد.
			ذوب برف	ذوب یکباره‌ی برف‌ها، احتمال وقوع سیل را افزایش می‌دهد. ^۹
		شیب	میزان شیب زمین	با افزایش شیب زمین، سرعت آب و شدت وقوع سیلاب افزایش می‌یابد. ^{۱۰}
		پوشش گیاهی	تراکم پوشش گیاهی	هرچه تراکم پوشش گیاهی کمتر باشد، احتمال وقوع سیل افزایش می‌یابد. ^{۱۱}
			تثبیت خاک	افزایش پوشش گیاهی، سبب افزایش تثبیت خاک و کاهش احتمال وقوع سیلاب می‌شود.
		پوشش جنگلی ^{۱۲}	مراتع	هرچه میزان و تراکم مراتع افزایش یابد، شدت سیلاب‌ها کاهش می‌یابد. ^{۱۳}
			خاک	افزایش پوشش جنگلی ^{۱۴} ، ذخیره رطوبت خاک را افزایش و احتمال وقوع سیل را کاهش می‌دهد.
	عوامل اقلیمی	آب و هوا ^{۱۵}	نفوذپذیری	کاهش پوشش جنگلی، باعث از بین رفتن حالت متخلخل خاک، کاهش نفوذپذیری و افزایش احتمال وقوع سیل.
			توده‌های هوای گرم	گرم شدن هوا، منجر به بالا آمدن سطح آب رودخانه‌ها می‌شود.
		رودخانه‌ها ^{۱۶}	مسیل رودخانه‌ها	هرچه تراکم مسیل‌ها بیشتر باشد، احتمال وقوع سیل بیشتر می‌شود.
			فرسایش رودخانه‌ها	فرسایش کرانه‌های رودخانه‌ها، احتمال وقوع سیل را افزایش می‌دهد.
			رسوب گذاری	تجمع رسوبات، منجر به بالا آمدن تراز بستر رودخانه‌ها می‌شود.
			مسیر رودخانه‌ها	دست بردن در مسیر طبیعی رودخانه‌ها، احتمال وقوع سیل را افزایش می‌دهد.
			تراکم رودخانه‌ها	هرچه تراکم رودخانه‌ها بیشتر باشد، احتمال وقوع سیل بیشتر می‌شود. ^{۱۷}
			برداشت مصالح	برداشت غیراصولی مصالح از بستر رودخانه‌ها، احتمال و شدت وقوع سیل را افزایش می‌دهد.
			سابقه رخداد سیل	هرچه سابقه‌ی رخداد سیل بیشتر باشد، احتمال وقوع سیل بیشتر است.

۱۰. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی توپوگرافی (شیب زمین). نواحی پست و مسطح، مناطق سیل‌گیری محسوب می‌شوند. هرچه شیب زمین کاهش می‌یابد، سرعت سیل کاهش یافته و آب ناشی از سیل، انباشته می‌شود.

۱۱. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی تراکم پوشش گیاهی
۱۲. نابودی مراتع، در نتیجه‌ی چرای بیش از حد دام‌ها، شدت وقوع سیلاب‌ها را افزایش می‌دهد.

۱۳. قطع درختان جنگلی، احتمال و شدت وقوع سیل را افزایش می‌دهد.
۱۴. از بین بردن جنگل‌ها (جنگل‌زدایی)، احتمال و شدت وقوع سیل را افزایش می‌دهد. ایجاد و محافظت از جنگل‌ها (جنگل‌زایی)، احتمال و شدت وقوع سیل را کاهش می‌دهد. خاک‌های جنگلی، حدود ۴۰۰ برابر خاک‌های معمولی، دارای قدرت ذخیره‌سازی آب هستند؛ در نتیجه نفوذپذیری بسیار زیادی دارند و احتمال وقوع سیل را کاهش می‌دهند. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی موقعیت مکانی خاک‌های جنگلی و خاک‌های معمولی (رده‌بندی خاک)

۱۵. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی آب و هوا و اقلیم استان تهران
۱۶. بی‌توجهی به مسائل هیدرولیکی در رودخانه‌ها از عوامل تشدید سیل می‌باشد.

۱۷. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی موقعیت مکانی رودخانه‌ها

1. Arc GIS

2. DSD: Data Structure Diagram

۳. هرچه دخل و تصرف در طبیعت افزایش یابد، احتمال و شدت وقوع سیل افزایش می‌یابد. هرچه اراضی طبیعی، بکرتر و دست نخورده‌تر باشد، احتمال وقوع سیل، کاهش می‌یابد.

۴. بهره‌برداری دائم از خاک، باعث فرسودگی و ساییدگی خاک و کاهش قدرت جذب آب می‌شود؛ در نتیجه، شدت وقوع سیل افزایش می‌یابد.

۵. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی فرسایش خاک

۶. هرچه خاک به حالت طبیعی باشد (حالت اسفنجی و متخلخل)، نفوذپذیری بیشتر و احتمال وقوع سیل، کمتر خواهد بود.

۷. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی رده‌بندی خاک

۸. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی بارش‌های جوی

۹. خاص نواحی کوهستانی است. یک گرمای زودرس در اواخر فصل سرد، به ذوب نمودن سریع برف‌ها می‌انجامد.

جدول ۲: جدول DSD، علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری

عوامل مؤثر	عوامل اصلی	شاخص‌ها	عوامل فرعی	توضیحات
علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری	آسیب‌پذیری کالبدی	سکونت‌گاه‌ها	سکونت‌گاه‌های شهری	رشد بی‌قواره شهرنشینی، مانع جذب آب توسط زمین می‌شود.
				هرچه فاصله‌ی سکونت‌گاه‌ها از حوضه‌ی آبرگیر یا جلگه‌ی سیلاب بیشتر باشد، آسیب‌پذیری کمتر است.
			سکونت‌گاه‌های روستایی	آسیب‌پذیری سکونت‌گاه‌های روستایی بیشتر از آسیب‌پذیری سکونت‌گاه‌های شهری است. ^۱
				هرچه فاصله‌ی سکونت‌گاه‌ها از حوضه‌ی آبرگیر بیشتر باشد، آسیب‌پذیری کمتر است.
	زیرساخت‌ها		گاز	هرچه تراکم تأسیسات گاز بیشتر باشد، آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود. ^۲
			برق	هرچه تراکم تأسیسات برق بیشتر باشد، آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود. ^۳
			آب	هرچه تراکم لوله‌های آب بیشتر باشد، آسیب‌پذیری بیشتر است.
			حمل و نقل	هرچه تراکم شبکه‌ی حمل و نقل بیشتر باشد، آسیب‌پذیری بیشتر است. ^۴
	آسیب‌پذیری انسانی	تلفات انسانی	توسعه سکونت‌گاه‌ها در حریم رودخانه‌ها	گسترش نقاط مسکونی در حریم رودخانه‌ها، باعث تخریب واحدها و افزایش تلفات انسانی به هنگام رخداد سیلاب‌ها می‌شود.
			ارتباط تراکم و تلفات	هر چه تراکم جمعیت افزایش یابد، آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد.
		ارتباط فاصله و تلفات	ارتباط فاصله و تلفات	هرچه فاصله از نواحی سیل‌گیر کاهش یابد، بر میزان تلفات انسانی در سیلاب‌ها افزوده می‌شود.
			عدم رعایت ضوابط	عدم رعایت ضوابط و استانداردهای شهری، احتمال وقوع سیل را افزایش می‌دهد.
	اقدامات انسانی	اجرای مستحذات	اجرای مستحذات	عدم دقت کافی در طراحی و اجرای مستحذات بویژه پل‌ها، احتمال وقوع سیلاب‌ها را افزایش می‌دهد.
			اجرای غیراصولی سازه‌ها	اجرای غیراصولی سازه‌ها و تأسیسات حفاظت و کنترل سیل، احتمال و شدت وقوع سیلاب‌ها را افزایش می‌دهد.
		برپایی تفرجگاه‌ها	برپایی تفرجگاه‌های غیرضروری	برپایی تفرجگاه‌های غیرضروری، منجر به افزایش حجم هرز آب و در نتیجه افزایش احتمال و شدت وقوع سیلاب‌ها می‌شود.
			ارتباط فراوانی و آسیب‌پذیری	هر چه تراکم کاربری‌های فرهنگی بیشتر باشد، آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد. ^۵
	آسیب‌پذیری فرهنگی	فراوانی و تراکم کاربری‌های فرهنگی	ارتباط فراوانی و آسیب‌پذیری	هر چه تراکم کاربری‌های اقتصادی بیشتر باشد، آسیب‌پذیری اقتصادی افزایش می‌یابد. ^۶
			ارتباط فراوانی و آسیب‌پذیری	هر چه تراکم کاربری‌های اقتصادی بیشتر باشد، آسیب‌پذیری اقتصادی افزایش می‌یابد. ^۶
	آسیب‌پذیری اقتصادی	رودخانه‌ها	فاصله	هرچه فاصله از رودخانه‌ها کمتر باشد، آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود.
			پارک‌ها و مناطق حفاظت شده	هرچه تراکم و فراوانی آن‌ها بیشتر باشد، آسیب‌پذیری زیست‌محیطی بیشتر است.
	آسیب‌پذیری زیست‌محیطی	اراضی کشاورزی	تراکم و فراوانی	هرچه فاصله‌ی باغات و زمین‌های کشاورزی از منابع آبی، کمتر باشد، آسیب‌پذیری بیشتر است.
			فاصله	آسیب‌پذیری بیشتر است.

۱. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی سکونت‌گاه‌های شهری و روستایی

۲. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی تراکم تأسیسات گاز (خطوط انتقال گاز و انبارها)

۳. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی تراکم شبکه نیرو

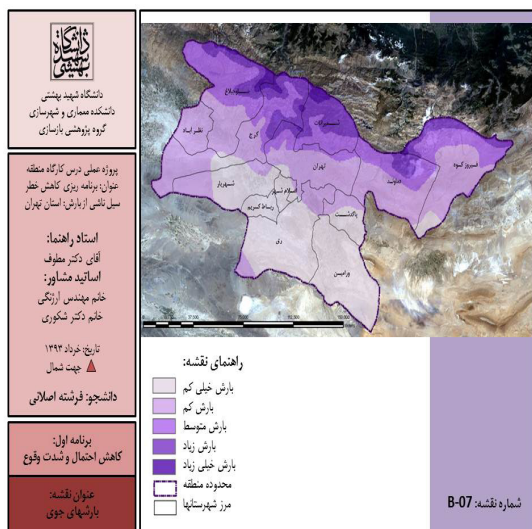
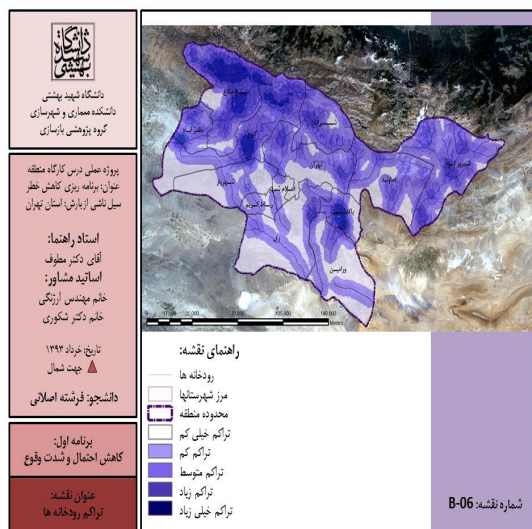
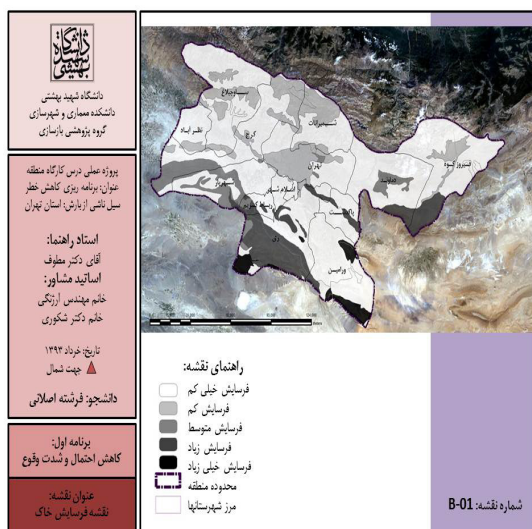
۴. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی تراکم شبکه‌ی حمل و نقل

۵. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی تراکم کاربری‌های فرهنگی

۶. نقشه‌ی مورد نیاز: نقشه‌ی تراکم کاربری‌های اقتصادی

جدول ۳: لیست نقشه‌های مورد نیاز و ضریب اهمیت آن‌ها

عنوان نقشه	ضریب اهمیت (تأثیر)	وزندگی	نوع نقشه	کد نقشه	حوزه
فرسایش خاک	۱	پایین	تحلیلی	B-01	احتمال و شدت وقوع
تراکم پوشش گیاهی	۱	پایین	تحلیلی	B-02	احتمال و شدت وقوع
شیب زمین	۱	پایین	تحلیلی	B-03	احتمال و شدت وقوع
نواحی پست و مرتفع	۲	متوسط	تحلیلی	B-04	احتمال و شدت وقوع
آب و هوا اقلیم	۳	بالا	تحلیلی	B-05	احتمال و شدت وقوع
تراکم رودخانه‌ها	۳	بالا	تحلیلی	B-06	احتمال و شدت وقوع
بارش‌های جوی	۳	بالا	تحلیلی	B-07	احتمال و شدت وقوع
رده‌بندی خاک	۱	پایین	تحلیلی	B-08	احتمال و شدت وقوع
تراکم منابع آب	۱	پایین	تحلیلی	B-09	احتمال و شدت وقوع
فاصله از سدها	۲	متوسط	تحلیلی	B-10	احتمال و شدت وقوع
تراکم آبهای سطحی	۲	متوسط	تحلیلی	B-11	احتمال و شدت وقوع
تراکم گسل‌ها	۱	پایین	تحلیلی	B-12	احتمال و شدت وقوع
فاصله از رودخانه‌ها	۳	بالا	تحلیلی	C-01	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
سکونتگاه‌های شهری و روستایی	۱	پایین	تحلیلی	C-02	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم تأسیسات	۱	پایین	تحلیلی	C-03	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم شبکه حمل و نقل	۱	پایین	تحلیلی	C-04	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم کاربریهای آموزشی، فرهنگی و مذهبی	۳	بالا	تحلیلی	C-05	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم کاربریهای اداری	۱	پایین	تحلیلی	C-06	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم کاربریهای تجاری، صنعتی و ورزشی	۳	بالا	تحلیلی	C-07	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم کاربریهای درمانی و خدماتی	۲	متوسط	تحلیلی	C-08	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم ابنیه	۳	بالا	تحلیلی	C-09	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
خسارات اقتصادی یا مالی	۲	متوسط	تحلیلی	C-10	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم ایستگاههای گاز	۱	پایین	تحلیلی	C-11	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم خطوط نیرو	۱	پایین	تحلیلی	C-12	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم خطوط انتقال نفت	۱	پایین	تحلیلی	C-13	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم کارخانجات	۱	پایین	تحلیلی	C-14	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم مراکز امدادی	۱	پایین	تحلیلی	C-15	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم پلها	۱	پایین	تحلیلی	C-16	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری
تراکم زمینهای کشاورزی	۱	پایین	تحلیلی	C-17	علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری



در ادامه، تعدادی از نقشه‌های تهیه شده در محیط نرم‌افزار GIS، در دو حوزه‌ی «علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری» و «احتمال و شدت وقوع سیل ناشی از بارش» در محدوده‌ی منطقه مورد مطالعه (استان تهران) نمایش داده شده است.

نمونه‌هایی از نقشه‌های تهیه شده در نرم‌افزار GIS در دو بخش علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری و احتمال و شدت وقوع سیل ناشی از بارش. (منبع: نگارندگان)

۱. کد B نقشه‌های احتمال و شدت وقوع مخاطره هستند و کد C نقشه‌های علل زمینه‌ای آسیب‌پذیری. به عنوان مثال، کد B-07 به هفتمین نقشه از نقشه‌های احتمال و شدت وقوع مخاطره اشاره دارد.

نقشه ۳: بارش‌های جوی

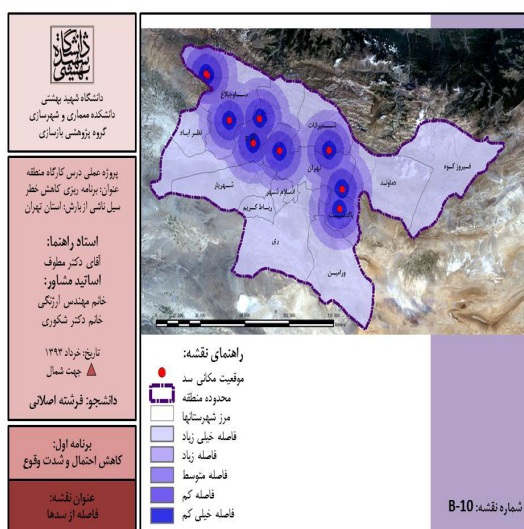
کاهش احتمال وقوع سیل ناشی از بارش:

با توجه به هدف کاهش احتمال و شدت وقوع مخاطره، مشکلات به عواملی مربوط می‌شوند که احتمال رخداد سانحه را افزایش می‌دهند و یا موجب تشدید سیل ناشی از بارش می‌شوند. با بررسی نقشه‌های تهیه شده در نرم‌افزار GIS، به نظر می‌رسد مشکلاتی در این راستا مطرح هستند از جمله: تراکم بالای رودها و آب‌های سطحی و فصلی، میزان بالای فرسایش خاک و وجود خاک نفوذناپذیر، پوشش گیاهی ضعیف، وجود شیب‌های تند و عوارضی که موجب تشدید مخاطره می‌شوند، وجود زمین‌های پست و سیل‌گیر، فاصله کم سکونت‌گاه‌ها با سدها و میزان بارش بسیار زیاد که هر یک از این مشکلات در پهنه‌هایی از منطقه مورد مطالعه، اختلالات و تهدیداتی را منجر می‌شوند.

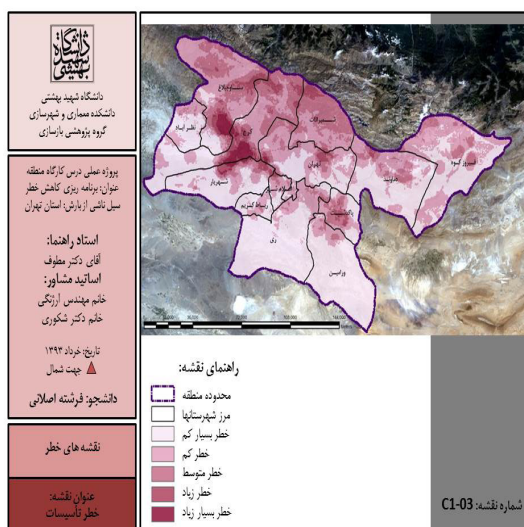
بارش‌های جوی، یکی از عوامل بسیار مهم و تأثیرگذار در رخداد مخاطره سیلاب می‌باشد. با توجه به نقشه شماره ۳، استان تهران از لحاظ میزان بارش به ۵ گروه اصلی طبقه‌بندی می‌شود که در نوار شمالی آن، میزان بارش، زیاد و بسیار زیاد ارزیابی می‌شود؛ در نوار میانی، میزان بارش، متوسط است و هرچه به بخش‌های جنوبی استان نزدیک‌تر می‌شویم، از میزان بارش‌های جوی کاسته می‌شود.

عامل دیگر شیب است. هرچه شیب بیشتر باشد، سرعت آب افزایش می‌یابد؛ از طرف دیگر، نواحی کم‌شیب و پست، محل تجمع آب و محدوده سیل‌گیر می‌باشد. در نیمه شمالی استان، شیب‌های تند غالب است و نیمه جنوبی استان، تحت تسلط شیب‌های ملایم است. اغلب نواحی پست، حوزه‌های سیل‌گیر محسوب می‌شوند و نواحی مرتفع، محل جاری شدن جریان‌های سیلابی به هنگام بارش‌های شدید است. در بخش‌های جنوبی استان، بدلیل وجود اراضی پست و همچنین تمرکز جمعیت و فعالیت در آن، مخاطره سیل اهمیت بیشتری دارد.

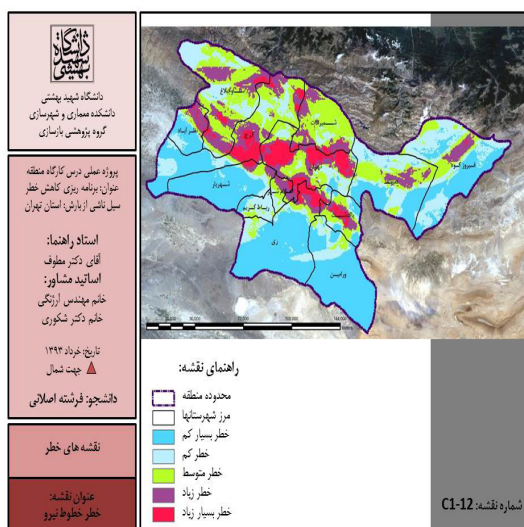
با توجه به نقشه شماره ۲، نحوه قرارگیری ارتفاعات استان تهران سبب شده است که اکثر رودخانه‌ها و آبراهه‌های استان، جهت شمالی- جنوبی داشته باشند. در سایر مناطق جریان آب‌ها به سمت شمال است. مناطق شمالی استان که عموماً کوهستانی هستند، محل سرچشمه سیلاب‌های شمالی استان می‌باشند. لذا سیل در این نواحی باعث تهدید سکونتگاه‌های واقع در دره‌های کوهستانی بوده و



نقشه ۴: فاصله از سدها

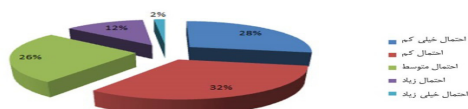


نقشه ۵: خطر تأسیسات



نقشه ۶: خطر خطوط نیرو

از بارش، بسیار زیاد می باشد. در ۱۲٪ از مساحت استان تهران، احتمال زیاد، در ۲۶٪، احتمال متوسط، در ۳۲٪ احتمال کم و در ۲۸٪ احتمال وقوع مخاطره، خیلی کم می باشد.



نمودار ۱: نمودار دایره‌ای درصد پهنه‌های احتمال وقوع سیل ناشی از بارش

همچنین طبق جدول شماره ۴، در پهنه‌ای با مساحت ۳۷۶ کیلومتر مربع از سطح منطقه مورد مطالعه، احتمال وقوع سیل ناشی از بارش، بسیار زیاد، در ۲۲۵۷ کیلومتر مربع، احتمال زیاد، در ۴۸۹۱ کیلومتر مربع، احتمال متوسط، در ۶۰۲۰ کیلومتر مربع، احتمال کم و در ۵۲۶۷ کیلومتر مربع، احتمال وقوع مخاطره خیلی کم ارزیابی شد. همان گونه که نقشه مخاطره (نقشه ۷) نشان می دهد احتمال وقوع سیل ناشی از بارش در شهرستان‌های شهریار، اسلامشهر، رباط کریم، ری و ورامین، کم و خیلی کم می باشد. از طرف دیگر، در شمیرانات، ساوجبلاغ و بخش‌های شمالی شهرستان‌های کرج، تهران، دماوند و فیروزکوه، این احتمال، زیاد و بسیار زیاد ارزیابی می شود. همچنین در شهرستان‌های پاکدشت و نظرآباد و بخش‌های جنوبی شهرستان‌های تهران، کرج، دماوند و فیروزکوه، احتمال وقوع سیل ناشی از بارش، متوسط گزارش می شود.

جدول ۴: درصد و سطح اشغال پهنه‌های احتمال وقوع سیل ناشی از بارش

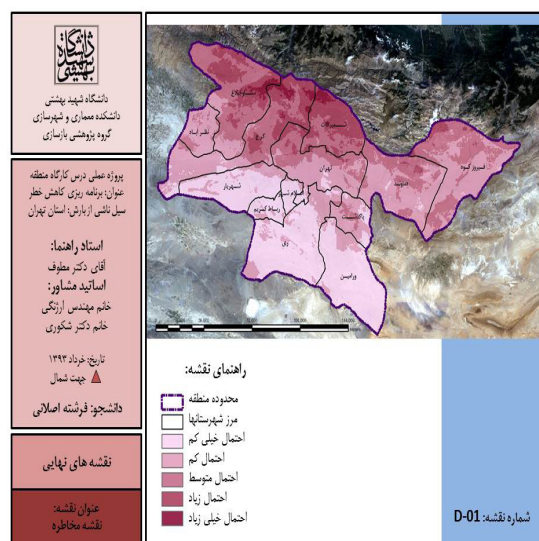
جدول مخاطره		
احتمال وقوع	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد اشغال مساحت منطقه
خیلی کم	۵۲۶۷/۹۲	۲۸ درصد
کم	۶۰۲۰/۴۸	۳۲ درصد
متوسط	۴۸۹۱/۶۴	۲۶ درصد
زیاد	۲۲۵۷/۶۸	۱۲ درصد
خیلی زیاد	۳۷۶/۲۸	۲ درصد
مجموع	۱۸۸۱۴	۱۰۰ درصد

جاری شدن سیلاب به محدوده‌های پایین تر با شدت کمتری صورت می گیرد. از این رو، تبعات منفی سیلاب‌های این ناحیه در نواحی پایین دست کاهش می یابد.

تحلیل نقشه‌های نهایی:

تحلیل نقشه نهایی مخاطره^۱:

نقشه مخاطره (نقشه ۷) از ترکیب نقشه‌های آب و هوا و اقلیم، تراکم رودخانه‌ها (نقشه ۲) و بارش‌های جوی (نقشه ۳) با وزن دهی بالا، همچنین نقشه‌های نواحی پست و مرتفع، فاصله از سدها (نقشه ۴) و تراکم آبهای سطحی با وزن دهی متوسط و نقشه‌های فرسایش خاک (نقشه ۱)، تراکم پوشش گیاهی، شیب زمین، رده بندی خاک، تراکم منابع آب و تراکم گسل‌ها با وزن دهی پایین در نرم افزار جی‌آی‌اس ایجاد شده است.



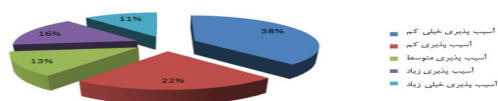
نقشه ۷: نقشه نهایی مخاطره سیل ناشی از بارش. (منبع: نگارندگان)

همانطور که در نقشه مخاطره (نقشه ۷) مشاهده می شود، این نقشه دارای ۵ پهنه احتمال وقوع سیل ناشی از بارش می باشد که این پهنه‌ها عبارتند از احتمال وقوع بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم. از نقشه نهایی احتمال و شدت وقوع سیل ناشی از بارش، یک نمودار دایره‌ای (نمودار شماره ۱) و یک جدول گزارش دهی (جدول شماره ۴) تهیه شد. نمودار دایره‌ای شماره ۱ نشان می دهد که در ۲٪ از مساحت منطقه مورد مطالعه، احتمال وقوع سیل ناشی

۱. نقشه احتمال و شدت وقوع سیل ناشی از بارش

تحلیل نقشه نهایی آسیب پذیری:

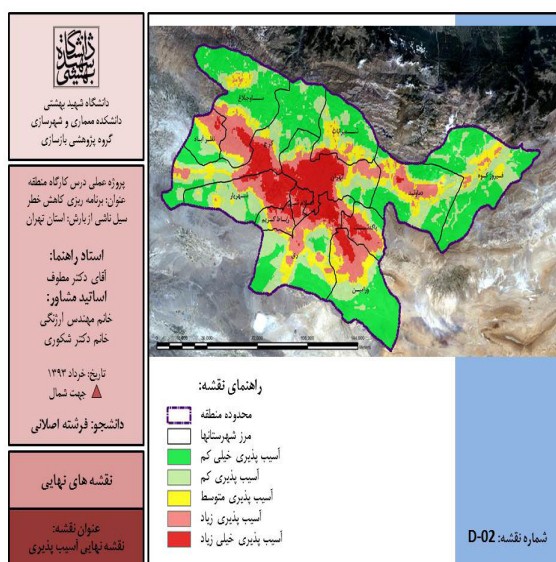
نقشه نهایی آسیب پذیری (نقشه ۸) از ترکیب نقشه های آسیب پذیری زیرساخت ها، آسیب پذیری ابنیه و بخش اقتصادی و سایر نقشه ها^۱ ایجاد شده است. نقشه آسیب پذیری زیرساخت ها، خود از ترکیب شش نقشه ذیل تولید شده است: تراکم تأسیسات، تراکم شبکه حمل و نقل، تراکم ایستگاه های گاز، تراکم خطوط نیرو، تراکم خطوط انتقال نفت و تراکم پل ها^۲.



نمودار ۲: نمودار دایره ای درصد پهنه های آسیب پذیر در برابر وقوع سیل ناشی از بارش

همانطور که در نقشه نهایی آسیب پذیری (نقشه ۸) مشاهده می شود، این نقشه در برابر وقوع رخداد سیل ناشی از بارش، دارای ۵ پهنه آسیب پذیری خیلی کم، آسیب پذیری کم، آسیب پذیری متوسط، آسیب پذیری زیاد و آسیب پذیری خیلی زیاد می باشد. به منظور تحلیل و بررسی دقیق تر، از این نقشه یک نمودار دایره ای (نمودار شماره ۲) و یک جدول گزارش دهی (جدول شماره ۵) تهیه شد. نمودار دایره ای شماره ۲، درصد پهنه های آسیب پذیر و درجه آسیب پذیری منطقه مورد مطالعه در برابر وقوع سیل ناشی از بارش را نشان می دهد. به گزارش این نمودار، ۱۱٪ با آسیب پذیری خیلی زیاد، ۱۶٪ آسیب پذیری زیاد، ۱۳٪ آسیب پذیری متوسط، ۲۲٪ آسیب پذیری کم و ۳۸٪ با آسیب پذیری خیلی کم می باشد. افزون بر این، مطابق جدول شماره ۵، ۲۰۶۹ کیلومتر مربع از مساحت استان تهران با آسیب پذیری بسیار زیاد، ۳۰۱۰ کیلومتر مربع آسیب پذیری زیاد، ۲۴۴۵ کیلومتر مربع با آسیب پذیری متوسط، ۴۱۳۹ کیلومتر مربع آسیب پذیری کم و ۷۱۴۹ کیلومتر مربع با آسیب پذیری خیلی کم ارزیابی می شود.

نقشه نهایی آسیب پذیری (نقشه ۸) نشان می دهد بخش های مرکزی منطقه مورد نظر در برابر وقوع سیل ناشی از بارش، زیاد و بسیار زیاد آسیب پذیر می باشند. در مقابل، با نزدیک تر شدن به لبه ها و حاشیه های منطقه، آسیب پذیری کاهش می یابد. به طور کلی، شهرستان های تهران و اسلامشهر، شمال شهرستان های رباط کریم، ری، ورامین، شهریار و نظرآباد و جنوب شهرستان های پاکدشت و ساوجبلاغ و بخش های مرکزی شهرستان های کرج و دماوند با آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد می باشند. در مقابل، شهرستان های فیروزکوه، شمیرانات، بخش های شمالی شهرستان های کرج، ساوجبلاغ، پاکدشت، دماوند و جنوب شهرستان های نظرآباد، کرج، شهریار، ری، دماوند و ورامین، در برابر رخداد سیل ناشی از بارش، با آسیب پذیری کم و خیلی کم گزارش می شوند.



نقشه ۸: نقشه نهایی آسیب پذیری. (منبع: نگارندگان)

افزون بر این، نقشه آسیب پذیری ابنیه و بخش اقتصادی هم از ترکیب هشت نقشه ایجاد شد. بدین منظور، نقشه های تراکم کاربری های آموزشی، فرهنگی و مذهبی، تراکم کاربری های تجاری، صنعتی و ورزشی و تراکم ابنیه با وزن دهی بالا در نظر گرفته شدند. همچنین نقشه های تراکم کاربری های درمانی و خدماتی و خسارات اقتصادی یا مالی با وزن دهی متوسط لحاظ شدند. بعلاوه جهت ایجاد نقشه آسیب پذیری ابنیه و بخش اقتصادی، نقشه های تراکم کاربری های اداری، تراکم کارخانجات و تراکم زمین های کشاورزی با وزن دهی پایین در نظر گرفته شدند^۳.

۱. شامل نقشه فاصله از رودخانه ها با وزن دهی بالا، و نقشه های سکونت گاه های شهری و روستایی و تراکم مراکز امدادی با وزن دهی پایین.
۲. در ایجاد نقشه آسیب پذیری زیرساخت ها، شش نقشه فوق الذکر با وزن دهی یکسان در نظر گرفته شدند.
۳. نقشه نهایی آسیب پذیری (نقشه ۸)، از روی هم انداختن نقشه های علل زمینه ای آسیب پذیری با وزن دهی ذکر شده در نرم افزار GIS تولید شده است.

و دماوند، جنوب ساوجبلاغ، جنوب شمیرانات، جنوب پاکدشت و شمال شهرستان‌های نظرآباد، شهریار، ری و ورامین با خطر بالا و بسیار بالا ارزیابی می‌شوند.

جدول ۶: درصد و سطح اشغال پهنه‌های خطر در برابر وقوع سیل ناشی از بارش، جدول بحران

خطر	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد اشغال مساحت منطقه
خیلی کم	۴۸۹۱/۶۴	۲۶ درصد
کم	۳۹۵۰/۹۴	۲۱ درصد
متوسط	۴۱۳۹/۰۸	۲۲ درصد
زیاد	۳۰۱۰/۲۴	۱۶ درصد
خیلی زیاد	۲۸۲۲/۱	۱۵ درصد
مجموع	۱۸۸۱۴	۱۰۰ درصد

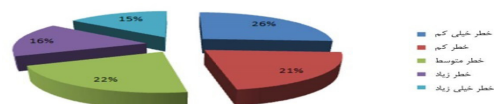
در مجموع، شهرستان‌های فیروزکوه، دماوند، شمال شهرستان‌های شمیرانات، کرج، ساوجبلاغ، اسلامشهر و نظرآباد، با خطر متوسط می‌باشند. از منظر سیل ناشی از بارش، جنوب شهرستان‌های ورامین، ری و شهریار، وضعیت بحرانی ندارند. بطور کلی، می‌توان گفت با نزدیک‌تر شدن به بخش‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه، وضعیت بحرانی در برابر وقوع مخاطره، وخیم‌تر می‌شود و با نزدیک‌تر شدن به لبه‌ها و حاشیه‌های منطقه، وضعیت، مطلوب‌تر گزارش می‌شود.

جدول ۵: درصد و سطح اشغال پهنه‌های آسیب‌پذیر در برابر وقوع سیل ناشی از بارش، جدول آسیب‌پذیری

آسیب‌پذیری	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد اشغال مساحت منطقه
خیلی کم	۷۱۴۹/۳۲	۳۸ درصد
کم	۴۱۳۹/۰۸	۲۲ درصد
متوسط	۲۴۴۵/۸۲	۱۳ درصد
زیاد	۳۰۱۰/۲۴	۱۶ درصد
خیلی زیاد	۲۰۶۹/۵۴	۱۱ درصد
مجموع	۱۸۸۱۴	۱۰۰ درصد

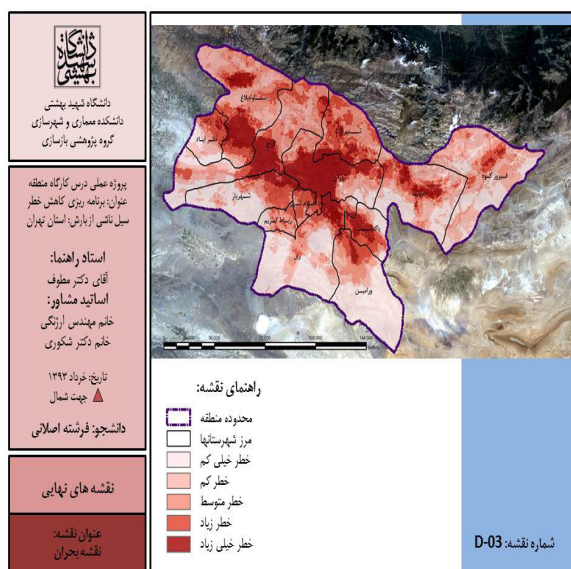
تحلیل نقشه نهایی بحران:

نقشه بحران (نقشه ۹) از ترکیب دو نقشه مخاطره (نقشه ۷) و نقشه آسیب‌پذیری (نقشه ۸) با وزن‌دهی یکسان در نرم‌افزار جی‌آی‌اس ایجاد شده است. همانطور که در نقشه بحران مشاهده می‌شود، این نقشه دارای ۵ پهنه خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم می‌باشد. جهت تحلیل، از نقشه مزبور، یک نمودار دایره‌ای (نمودار شماره ۳) و یک جدول گزارش‌دهی (جدول شماره ۶) تهیه شد. نمودار دایره‌ای شماره ۳ نشان می‌دهد که ۱۵٪ از مساحت منطقه مورد مطالعه با خطر بسیار زیاد در برابر وقوع سیل ناشی از بارش می‌باشد. همچنین، ۱۶٪ با خطر زیاد، ۲۲٪ با خطر متوسط، ۲۱٪ با خطر کم و ۲۶٪ با خطر خیلی کم ارزیابی می‌شود.



نمودار ۳: نمودار دایره‌ای درصد پهنه‌های خطر در برابر وقوع سیل ناشی از بارش

طبق جدول شماره ۶، پهنه‌ای با مساحت ۲۸۲۲ کیلومتر مربع از استان تهران، با خطر بسیار زیاد، ۳۰۱۰ کیلومتر مربع با خطر زیاد، ۴۱۳۹ کیلومتر مربع با خطر متوسط، ۳۹۵۰ کیلومتر مربع با خطر کم و ۴۸۹۱ کیلومتر مربع با خطر خیلی کم در برابر وقوع سیل ناشی از بارش گزارش می‌شود. همانطور که از نقشه برمی‌آید، پایتخت ایران، در برابر وقوع مخاطره سیل ناشی از بارش در وضعیت بحرانی قرار دارد. همچنین بخش‌های مرکزی شهرستان‌های کرج



نتیجه گیری

- نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهند می‌بایست در برنامه‌ریزی‌ها، تهدیدات سیل ناشی از بارش در نظر گرفته شوند ولی متأسفانه اغلب ساخت و سازها بدون توجه به این قبیل مخاطرات شکل می‌گیرند و خسارات جانی و مالی بسیاری در نتیجه‌ی این بی‌توجهی به بار می‌آیند. لذا ایجاد و توسعه کانون‌های زیستی و به طور کلی هرگونه فعالیت عمرانی و توسعه اراضی، مستلزم شناخت کافی از شرایط سیل‌گیری پهنه‌ها و مخاطرات بالقوه طغیان رودخانه‌ها و مسیل‌هاست. دستاورد کلی این مقاله بیانگر آن است که سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها در زمینه تخصیص کاربری اراضی حاشیه رودخانه‌ها باید متکی بر نقشه‌های خطر و متناسب با خطرات و خسارات ناشی از طغیان‌ها باشد. از سوی دیگر، پیش‌بینی و اجرای تمهیداتی برای ایمنی کانون‌های شهری و تأسیسات و ساخت و سازهای موجود از طریق مقابله با سیلاب‌ها و اجرای فنی متناسب با ضوابط و مقررات مدیریتی و قانونی نیز نیازمند مطالعه و شناخت مخاطره سیل می‌باشد. مقاله حاضر، نکات و پیشنهادات ذیل را به منظور کاهش و تخفیف خطر سیلاب ناشی از بارش در استان تهران ارائه می‌نماید:
۱. در نظر گرفتن تهدیدات سیل ناشی از بارش در برنامه‌ریزی‌ها
 ۲. شکل‌گیری ساخت و سازها با توجه به مخاطرات
 ۳. ایجاد و توسعه کانون‌های زیستی، توسعه اراضی و کلیه فعالیت‌های عمرانی بر اساس شناخت کافی از شرایط سیل‌گیری پهنه‌ها و طغیان رودخانه‌ها
 ۴. تخصیص کاربری اراضی حاشیه رودخانه‌ها متکی بر نقشه‌های خطر
 ۵. اجرای فنی متناسب با ضوابط و مقررات مدیریتی و قانونی
 ۶. حفظ پوشش گیاهی متراکم در جنوب شهرستان‌های شهریار، رباط کریم و اسلامشهر، با توجه به بارش بسیار کم
 ۷. احداث کاربری‌های مهم و امدادرسان نظیر مراکز درمانی و خدماتی در بخش‌های جنوبی شهرستان‌های شهریار و رباط کریم با توجه به احتمال پایین وقوع سیل ناشی از بارش و پوشش گیاهی مناسب
 ۸. حفظ مسیر طبیعی رودخانه‌ها در شهرستان‌های ورامین، رباط

- کریم، اسلامشهر، جنوب شهرستان تهران و شمال شهرستان‌های ری و شهریار، با توجه به وجود زمین‌های سیل‌گیر (پست و هموار)
۹. محافظت از پوشش گیاهی متراکم و جلوگیری از چرای بیش از حد دام‌ها بویژه در شهرستان شمیرانات و شمال شهرستان‌های فیروزکوه، دماوند، ساوجبلاغ، کرج و تهران، با توجه به بارش بسیار زیاد
 ۱۰. تقویت پوشش گیاهی ضعیف در شهرستان‌های اسلامشهر، ورامین، ری، شمال شهریار و شمال رباط کریم، با توجه به احتمال پایین وقوع سیل ناشی از بارش
 ۱۱. تثبیت خاک از طریق ایجاد پوشش گیاهی مناسب بویژه در شهرستان‌های شهریار و ری، با توجه به احتمال پایین وقوع سیل ناشی از بارش
 ۱۲. جلوگیری از فرسایش خاک بویژه در شمال شهرستان تهران با توجه به احتمال بالای وقوع سیل ناشی از بارش
 ۱۳. جلوگیری از پر شدن مسیل رودخانه‌ها بویژه در بخش‌های شمالی شهرستان نظرآباد با توجه به تراکم بالای رودها و همچنین وجود خاک نفوذناپذیر
 ۱۴. مقاوم‌سازی سدها در محدوده منطقه مورد مطالعه بویژه جنوب تهران با توجه به فاصله کم سکونت‌گاه‌ها با سدها و همچنین پوشش گیاهی ضعیف در این محدوده
 ۱۵. ایجاد، توسعه و تقویت پوشش گیاهی بویژه در جنوب شهرستان تهران با توجه به وجود پوشش گیاهی ضعیف و همچنین تراکم بالای خطوط گسل
 ۱۶. ساماندهی و مناسب‌سازی حریم رودخانه‌ها بویژه در شمال شهرستان تهران با توجه به تراکم بالای رودها و همچنین میزان بالای فرسایش خاک

تقدیر و تشکر:

با تقدیر از اساتید بزرگوار و گرامی، جناب آقای دکتر فلاحتی و جناب آقای دکتر مطوف به پاس راهنمایی‌های ارزشمند و بی‌دریغشان.

منابع

منابع فارسی:

- اصلانی، فرشته؛ عامری، پوریا. (تابستان ۱۳۹۲). "مروری بر راهکارهای نوین پیشگیری و مقابله با سیلاب در مناطق شهری: سیل متروی تهران"، فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، تهران، ۳(۲)، صص ۱۳۳-۱۴۴.
- بازیابی از: <http://tdmmo.tehran.ir/Portals/0/Document/1392/faslname9.pdf>
- امامی، کامران. (بی‌تا). "روش‌های غیرسازهای مدیریت سیلاب"، کارگاه فنی روش‌های غیرسازهای مدیریت سیلاب، صص ۳، ۲۶ و ۳۴. بازیابی از: <http://moe.ndmo.ir/Content/Media/article/10.pdf>
- امامی، کامران. (۱۳۷۹). "کاهش ریسک سدها به وسیله روش‌های غیرسازهای، مطالعه‌ی موردی: آگیری زود هنگام سد کرخه"، چهارمین کنفرانس سدسازی، صص ۵ و ۷. بازیابی از: http://www.civilica.com/Paper-IRCOLD04-IRCOLD04_01.html
- اورعی زارع، صادق؛ ثقفیان، بهرام؛ شمسایی، ابوالفضل. (۱۳۹۲). تبیین راهکارهای سازه‌ای و غیرسازه‌ای جهت کنترل خسارت‌های ناشی از سیل در حوضه‌های شهری با توجه به محدودیت‌ها و خصوصیات هر راهکار. کنفرانس ملی مدیریت سیلاب، تهران. بازیابی از: http://www.civilica.com/Paper-IFMC01-IFMC01_126.html
- حاجی علی گل، سعید؛ محمدی، فربرز؛ بختیاری، مرتضی؛ فرشاد، رضا. (۱۳۹۲). بررسی راهکارهای کنترل سیلاب‌های شهری با حوضه‌بندی شهری و برون‌شهری با استفاده از نرم‌افزار HEC- HMS (مطالعه موردی شهرستان اندیمشک). کنفرانس ملی مدیریت سیلاب، تهران. بازیابی از: http://www.civilica.com/Paper-IFMC01-IFMC01_124.html
- خیرطال، نرگس؛ خیرطال، اکرم؛ جزایری، سید عباس. (۱۳۹۲). "بررسی وقوع سیلاب با رویکرد وضعیت شهر تهران. کنفرانس ملی مدیریت سیلاب، تهران. بازیابی از: http://www.civilica.com/Paper-IFMC01-IFMC01_097.html
- دراپک، توماس. (۱۳۹۲)، "وجه انسانی بلایای طبیعی (نعمت حسنی، مترجم) سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران. بازیابی از: <http://tdmmo.tehran.ir/Portals/0/Document/1392/vojoooh.pdf>
- دستورانی، محمد تقی. (۱۳۸۹). بیمه‌ی سیلاب راهکاری دشوار ولی ضروری برای ایران. کنفرانس ملی مدیریت سیلاب‌های شهری، تهران. بازیابی از: http://www.civilica.com/Paper-USWM01-USWM01_082.html
- صلاحی، محمد باقر؛ سیروس پور، سمیه؛ پروین‌نیا، محمد. (۱۳۹۲). راهکارهای

سازه‌ای و غیرسازه‌ای مقابله با سیلاب. کنفرانس ملی مدیریت سیلاب،

تهران. بازیابی از:

http://www.civilica.com/Paper-IFMC01-IFMC01_093.html

علیمحمدی، عباس؛ ۱۳۸۸، "تحلیل مخاطرات: سیل، طوفان، ماسه‌های روان و مخاطرات محیط زیستی"، استانداری تهران، معاونت برنامه‌ریزی، طرح تهیه و تدوین برنامه آمایش استان، مطالعات منابع طبیعی و محیط زیست. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کمیته ملی کاهش اثرات بلایای طبیعی، (۱۳۷۹). راهنمای روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب. ناشر، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کمیته ملی کاهش اثرات بلایای طبیعی

بازیابی از:

http://irncid.org/PdfView.aspx?FilePrm=GetFilePublication.aspx&3fFilePrm&3d3819_55909.pdf

مهدی‌پور، هاله؛ اصلانی، فرشته؛ موسویان، فاطمه سادات. (۱۳۹۲). نقش

بیمه در مدیریت بحران سوانح. کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در

شریان‌های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری، تهران. بازیابی از:

http://www.civilica.com/Paper-DMHSE01-DMHSE01_133.html

منابع انگلیسی:

- Dennis S. Mileti, (1999). Disasters by Design: a Reassessment of Natural Hazards in the United States. Chapter 3, University of Colorado at Boulder, Joseph Henry Press, Washington, D. C. Retrieved from: <http://www.nap.edu/readingroom.php?book=disastersbydesign&page>
- Dongailbo, (2011). An In-depth Story 2: a Feeding Typhoon & Localized Heavy Rain. Powerful Disaster Prevention is a Road to Advanced Country. Retrieved from: <http://news.donga.com/3/all/20110409/36277774/1>
- Smith K & Ward R, (1998). Floods: Physical Processes & Human Impacts. John Wiley Press. retrieved from: <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471952486.html>
- Wilby, R. L. & Keenan, R. (2012). Adapting to Flood Risk under Climate Change. Progress in Physical Geography. PP. 348- 378. retrieved from: doi: 10.1177/0309133312438908
- Zanuttigh, B. (2011). Coastal Flood Protection: What Perspective in a Changing Climate? The Theseus Approach. Environmental Science & Policy. PP. 845- 863. retrieved from: doi:10.1016/j.envsci.2011.03.015