

Organizing Farahzad City-Floodways in Northern Tehran Metropolis View of Geomorphology

Ezzatollah Ghanavati¹ Mohammad Reza Sarvati² Reza Mansouri³ Samira Najafvand⁴

¹ Associate professor, Faculty of geographical sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

² Full Professor, Faculty of earth sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

³ Ph.D. Candidate of geomorphology, Faculty of earth sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

⁴ M.Sc. in Geomorphology

Extended Abstract

Introduction

Since 1990s, sustainable development has been an important topic in most political arenas, and the agenda has been expanded to the protection of environmental amenities and recreational resources in metropolitan areas, which are important elements of “urban sustainability”. One of the most important components of the urban installations is the stream that can be the final element is a natural and ecological of the towns. Features such as ecology, hydrology, geomorphology, and stream water quality, including physical characteristics of the urban stream. In the studies of organizing urban flood way, geographical considerations have not paid much attention. In generally these studies, scientific regardless of the environment and the impacts too the geomorphologic features. In Iran, the river and coastal systems are one of the most important factors in the location of cities, network connections, commerce, tourism, agriculture and areas of industrial development and have high population density and have high population density. The irregular development in Tehran, over the past half-century, addition to the destruction of parts a coherent historical context and cultural assets and historical heritage surviving the cause is of a large part the natural heritage of flood ways. Farahzad stream is one flood ways in north of the metropolitan Tehran. With The organizing flood ways, urban landscape, walk ways and recreational confines, as well as environmental and urban landscape conservation sustainable development will be realized. In the urban areas sections of society play an important role in the organizing the flood ways. The study area is situated at coordinates of geographical longitude from 51°19' and 00" up to east 51°22' and 00" and geographical latitude 35°45' and 55" up to north 35°53' and 00" with an area of 28 square kilometers in North of Tehran metropolis. Location of the study area is shown in Figure 3. The major drainage of this basin the river is Farahzad, which drained the total of Farahzad basin. The altitude in this catchment is ranges from 1386 to 3420 meter. Farahza flood way relatively steep and narrow is. The Farahzad basin in terms of the geological structure is considered part of Central Alborz, and has a semi-arid climate. Maximum rainfall in the area is more than 600 mm and an average of 422 mm per year. Average annual rate of the debit 0/23 cubic meters per second, and one of the most important features of this valley is considered.

Materials and methods

The main purpose of this research is to assessment the organizing appropriateness the Farahzad city-flood ways with the geomorphological factors such as elevation, slope, etc. done. Methods based on analytical - descriptive, library studies using Geographical information system (GIS) software and Analytical Hierarchy Process (AHP) model in Expert choice software over the map of organizing proportion Farahzad city-flood ways based on the geomorphological factors have been proposed. Thus, topographic maps and geology maps, satellite imagery (e.g. Landsat, sensors: TM & ETM⁺ 2005 and 2010, IRS) and geographical information system software in Arc GIS 10 and several field survey from landforms, have been used. In this study, nine factors (soil, slope, distance from river, distance from roads, distance from the faults, aspect slope, altitude, vegetation and precipitation) as major contributing factors regulate urban flood way Farahzad known.

Results and discussion

The results indicate that based on Analytical Hierarchy Process (AHP) method in this area, Farahzad basin can be classified in five classes: very low, low, intermediate, high and very high. Among of them the low class with 26 per cent the most area in the region.

Conclusion

In this research the Farahzad basin of Tehran metropolitan were organized according to geomorphological characters using Analytical Hierarchy Process (AHP) method. Based on the results of this research, five morphological classes identified in this area. According to the subject of study, the method used in this study is Analytical Hierarchy Process (AHP) is. Results of this study show that most organized flood ways area of geomorphological factors in considering a very low and low status proportion (44 per cent). Also, 33 per cent of the area has been organizing high and very high to fit the situation with the geomorphological factors. The Landsat ETM⁺ satellite image analysis during 2005 and 2010 (before and after organizing) and their comparison revealed that the Farahzad flood ways vegetation after the organizing than in the previous year's organizing has grown to 26 per cent.

Keywords: Organizing city-flood ways, Farahzad flood ways, Analytical Hierarchy Process (AHP), Geomorphology.

ساماندهی مسیل شهری فرحزاد در شمال کلان‌شهر تهران از دیدگاه ژئومورفولوژی

دکتر عزت الله قنوازی^۱، دکتر محمد رضا ثروتی^۲، رضا منصوری^۳، سمیرا نجفوند^۴

چکیده

توسعه بی‌رویه شهر تهران، طی نیم قرن گذشته علاوه بر نابودی بخش‌هایی از بافت تاریخی و منسجم و نیز فرسوده کردن سرمایه‌های فرهنگی و میراث تاریخی بازمانده، باعث از بین رفتن بخش بزرگی از میراث طبیعی از جمله مسیل‌ها شده است. مسیل فرحزاد یکی از این مسیل‌ها در شمال کلان‌شهر تهران می‌باشد. با ساماندهی مسیل‌ها، منظر شهری، محدوده‌های گردش‌گاهی و تفریحی و نیز حفاظت از محیط‌زیست و چشم‌انداز توسعه‌پایدار شهری تحقق می‌یابد. در مناطق شهری، آحاد جامعه نقش مهمی را در ساماندهی مسیل‌ها ایفاء می‌کنند. این پژوهش با هدف ارزیابی تناسب ساماندهی مسیل شهری فرحزاد با فاکتورهای ژئومورفولوژیکی نظیر خاک، شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، جهت شیب دامنه، فرازا، پوشش گیاهی و بارش انجام شده است. روش پژوهش بر پایه روش توصیفی-تحلیلی، مطالعات کتابخانه‌ای و با استفاده از نرم‌افزار GIS و نیز مدل تحلیل سلسله مراتبی در قالب نرم‌افزار Expert choice انجام گردیده است و طی آن نقشه تناسب ساماندهی مسیل‌های شهری براساس فاکتورهای ژئومورفولوژیکی پیشنهاد شده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که بیشترین مساحت مسیل ساماندهی شده از لحاظ در نظر گرفتن فاکتورهای ژئومورفولوژیکی در وضعیت تناسب بسیار کم و کم (۴۴ درصد) قرار دارد. همچنین، ۳۳ درصد مساحت منطقه نیز دارای وضعیت تناسب بسیار زیاد و زیاد با فاکتورهای ژئومورفولوژیکی جهت ساماندهی بوده است. همچنین آنالیز تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM⁺ طی سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ (پیش و پس از ساماندهی) و مقایسه آنها مشخص نمود که پوشش گیاهی مسیل فرحزاد پس از ساماندهی نسبت به سال‌های پیش از ساماندهی ۲۶ درصد افزایش یافته است.

واژگان کلیدی: ساماندهی مسیل شهری، مسیل فرحزاد، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، ارزیابی ژئومورفولوژیکی.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین اجزای تاسیسات شهری مسیل‌ها هستند که می‌توان آن را پایانی‌ترین عنصر طبیعی و اکولوژیک شهرها دانست. مسیل شهری به آن دسته از آبراهه‌هایی گفته می‌شود که سطوح غیر قابل نفوذ شهری نظیر بام ساختمان‌ها، سطوح آسفالت خیابان‌ها، جاده‌ها و کف پوش‌های غیر قابل نفوذ شهری بیش از ۱۰ درصد حوضه آبریز آن مسیل‌ها را تشکیل دهند (خام‌چین‌مقدم، ۱۳۸۶: ۲). مسیل‌های شهری گرچه به شکل بالقوه قادر به تامین بسیاری از نیازهای شهری می‌باشند، ولی در صورت عدم مدیریت صحیح یکی از قابلیت‌های نهفته بروز سیلاب در مناطق توسعه یافته زمین‌های شهری محسوب می‌گردند. این زمین‌ها در داخل شهرها و یا در حاشیه آنها معمولاً برای برنامه ریزان شهری و یا افرادی که فعالیت‌های مربوط به زمین و بورس بازی‌های مربوط به آن شرکت دارند، اراضی وسوسه‌انگیزی هستند. ویژگی‌های این زمین‌ها عبارتند از: بافت سست، دانه‌بندی درشت و غیر متراکم و از طرف دیگر مقاومت کم تا بسیار کم می‌باشند که تأثیرات منفی خود را بر روی سازه‌هایی که

^۱- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران. Ezghanavati@yahoo.com

^۲- استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. Rezasarvati@yahoo.com

^۳- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی/ مدیریت محیطی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. Re_mansouri@sbu.ac.ir

^۴- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی. samira.najafvand@yahoo.com

بر روی آنها احداث گردیده به صورت نشست سازه- ترک خوردگی آن بوده است (شکل ۱). آثار چنین چیزی را در بسیاری از ساختمان های مجاور تهران شاهد هستیم (اصغری مقدم، ۱۳۷۸؛ ۶).



شکل ۱: ترک و نشست زمین در مسیل فرحزاد بوستان نهج البلاغه (ماخذ: قادری، ۱۳۹۰).

امروزه با توسعه علوم مهندسی منظر، اصلاح هندسی مسیل ها به روش مهندسی عمران یا رهاسازی مسیل ها به حال خود هر دو امری اشتباه و غیر علمی محسوب می شوند. لذا تدوین برنامه ای کاربردی برای طراحی منظر در حاشیه مسیل های درون شهری ضروری و پرهیزناپذیر به نظر می رسد (پورجعفر و رستنده، ۱۳۸۸: ۱۶). ویژگی هایی چون اکولوژی، هیدرولوژی، ژئومورفولوژی و کیفیت آب مسیل ها از جمله مشخصات و ویژگی های فیزیکی مسیل های شهری می باشند که در حال حاضر به عنوان معیاری اساسی در طبقه بندی مسیل های شهری و همچنین در بررسی پروژه های ساماندهی مسیل ها به حساب می آیند. ساماندهی شبکه مسیل ها با توجه به کالبد کلان شهر تهران، راهبرد کنترل سیلاب در پایتخت ایران است (قهرودی تالی، ۱۳۹۰). ایجاد مسیر سبز و کاشت درخت و گیاهان متنوع متناسب با اقلیم منطقه در نواحی حاشیه ای و اطراف مسیل های شهری سبب جلوگیری از ارتباط مستقیم و بی واسطه انسان و سایر پدیده ها به عنوان عواملی مخرب با مسیل شده و باعث کنترل حرکت سیل و روند رسوب گذاری و همچنین جلوگیری از شسته شدن خاک و خروج مواد مغذی و گونه های مختلف در مسیل می گردد. در مورد مسیل شهری فرحزاد، با استفاده از یافته های پژوهش های ژئومورفولوژی در کنار سایر مطالعات مربوطه، می توان از ساماندهی نامناسب مسیل ها جلوگیری نمود و امکان استفاده هر چه بیشتر و بهتر از محیط، در جهت آسایش بیشتر شهروندان را فراهم نمود.

در مطالعات ساماندهی مسیل های شهری، بررسی های جغرافیایی چندان مورد توجه قرار نگرفته است. عموماً این مطالعات بدون توجه علمی به ویژگی های محیط و نیز تأثیرات ژئومورفولوژیکی بوده است. مسیل شهری فرحزاد با واقع شدن در دامنه های شمالی کلان شهر تهران و نیز به دلیل ژرفای بستر و ویژگی های طبیعی خود یکی از عناصر هویت بخش تهران محسوب شده و در نتیجه نقشی فرا منطقه ای دارد. این میسل (رود دره) دارای طبیعتی متنوع و زیبا است که از مبدا کوهستان تا ژرفای بافت شهری نفوذ کرده و با فضاها و فضاهای طبیعی دیگر، مانند پارک جنگلی و گاهی با محیط شهری تلفیق گردیده است.

پورجعفر و رستنده (۱۳۸۸) در مقاله ای تحت عنوان الگوی طراحی منظر در امتداد مسیل های درون شهری (مطالعه موردی: مسیل الوسجرد همدان)، به شناسایی و تحلیل مهم ترین معیار های طراحی منظر در حاشیه مسیل های درون شهری پرداخته اند. آنها با استفاده از روش تحلیلی توصیفی و مبتنی بر سنجش معیارها به شکل کیفی نشان دادند که برنامه ریزی چند عملکردی منظر سبب شکل گیری منظر شهری پایدار در حاشیه مسیل های درون شهری می گردد. در این میان پژوهش هایی در وارد ساختن داده های مورفولوژیکی برای ارتباط بین داده ها در مدیریت یکپارچه سیلاب های شهری انجام شده که از جمله: فیتل^۵ و همکاران در سال ۲۰۰۸ با ایجاد مدل سه بعدی با بزرگ نمایی زیاد توانستند محدوده های آب گرفتگی شهری را در ناحیه گرینفیلد^۶، در حومه شهر گلاسگو^۷ در انگلستان را شناسایی نمایند (قهرودی تالی، ۱۳۸۹). حبیبی (۱۳۸۸)، در "ملاحظات فنی- محیطی در مدیریت سیلاب ها و مسیل های شهری در ایران"، ملاحظات فنی و محیطی تأثیرگذار بر سیلاب ها و رواناب های

۵. Fewtrell

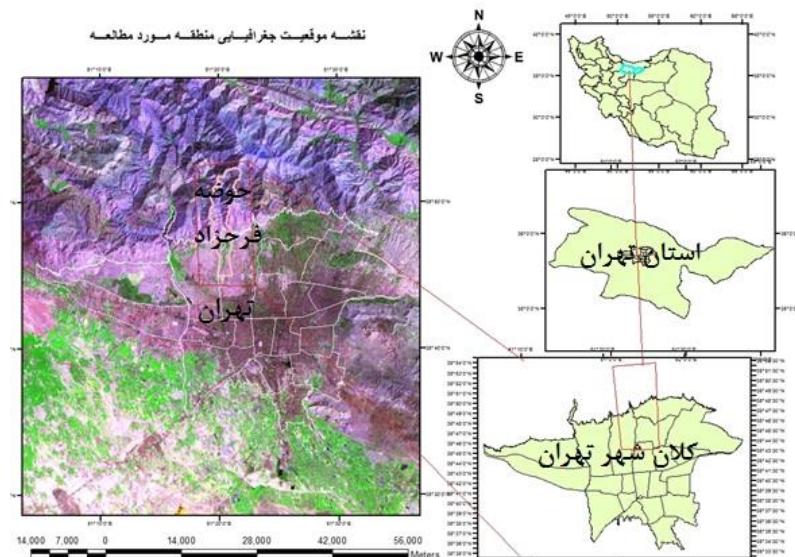
۶. Greenfield

۷. Glasgow

شهری را یکی از مهم ترین مسائل در مدیریت و برنامه ریزی شهری دانسته است. قهرودی تالی (۱۳۸۸) در کاربرد مدل یکپارچه سیلاب شهری در کلان شهرها (مطالعه موردی: شمال خاوری تهران)، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، ساختار داده مکانی حوضه های درکه، دربند و جاجرود را تولید کرده است. نامبرده نشان داده است که برای کاهش سیلاب در تهران باید سیلاب های بالا دست را کنترل کرد. خام چین مقدم (۱۳۸۶)، در "بررسی اهمیت و لزوم بهسازی مسیل های شهری با توجه به عوامل هیدرولوژیک، زیست محیطی، قانونی، اجتماعی و اقتصادی"، ضمن بررسی فلسفه لزوم بهسازی مسیل های شهری، به بررسی عوامل تاثیر گذار در امر بازسازی مسیل ها با رویکرد مدیریت شهری و محوریت پاسداشت محیط زیست مسیل های شهری پرداخته اند. یونسی و همکاران (۱۳۸۶)، به بررسی خصوصیات سیلاب های شهری در مسیل های شهرستان خرم آباد و نقش آن در مدیریت سیلاب، با استفاده از دبی های سیلاب ۲۴ ساله رودخانه های لرستان پرداخته، نامبردگان نشان دادند که سیلاب، حتی با دوره بازگشت ۱۰ ساله می تواند در بخش وسیعی از شهر خرم آباد، باعث بروز خساراتی شود. در این پژوهش تلاش شده است تا بیشتر لایه های موثر در ساماندهی مسیل شهری فرحزاد که لایه های آن به صورت نقشه های موجود قابل تفکیک است در نظر گرفته شود. در مرحله بعدی، پس از مقایسه زوجی معیارها و تعیین وزن و تعیین اولویت ها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی تک تک لایه ها را ابتدا طبقه بندی کرده و سپس بر اساس نظر کارشناسی و مشخصات منطقه به هر یک از طبقات، امتیازی از ۰ تا ۱۰ تعلق گرفته است. این امتیاز دهی به خاطر این است که لایه های درونی هر معیار از خود رفتار یکسانی را در رابطه با هدف نشان نمی دهند. در پایان لایه های تهیه شده در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی توسط مدل پیشنهادی در وزن های بدست آمده از تحلیل سلسله مراتبی ضرب شده و وضعیت تناسب این مسیل ساماندهی شده با فاکتورهای ژئومورفولوژی مشخص شده اند. در شکل ۳ مراحل کار به صورت نمودار نمایش داده شده است.

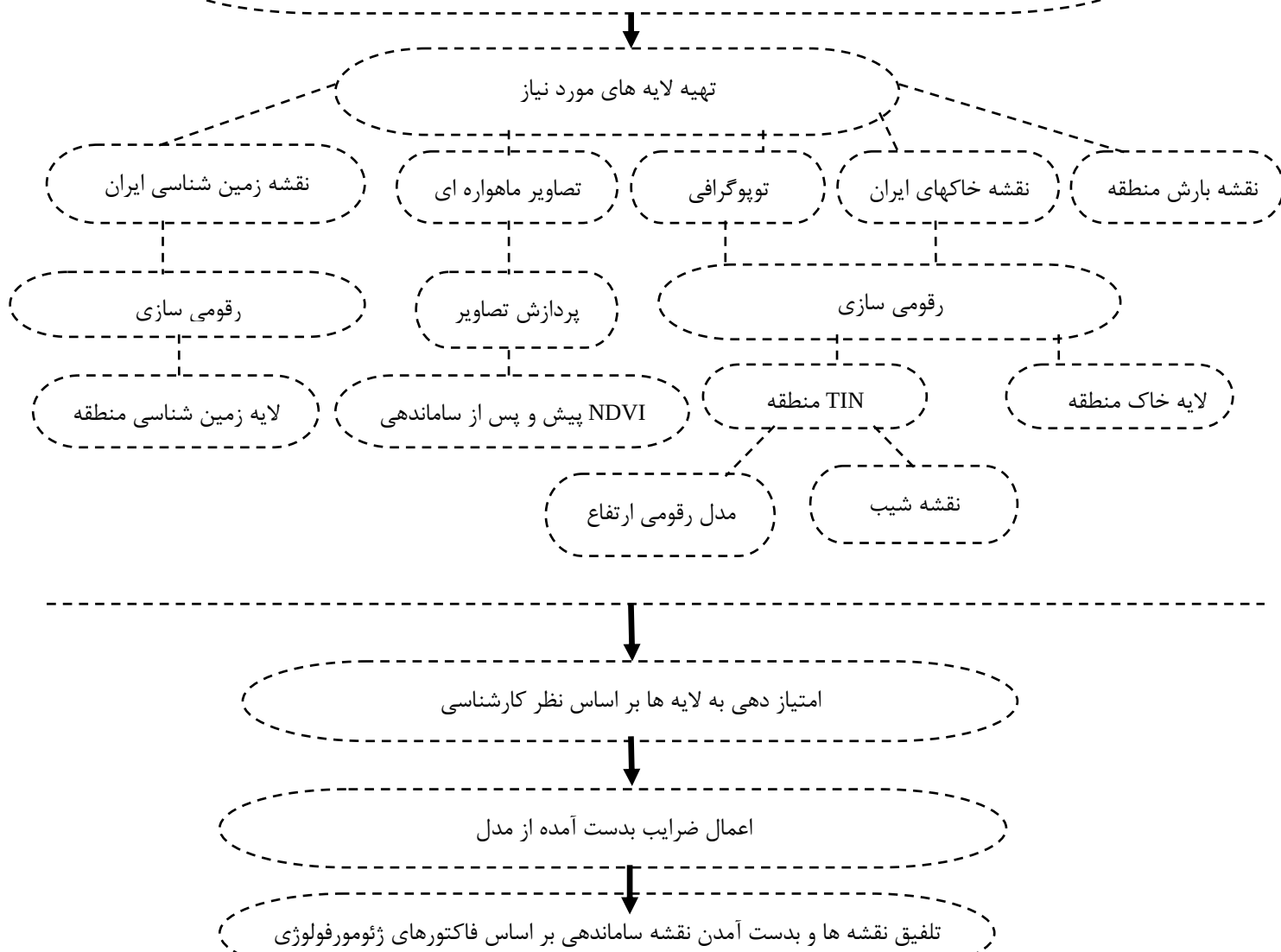
موقعیت جغرافیایی منطقه مورد پژوهش

مسیل فرحزاد یکی از حوضه های آبخیز شمالی کلان شهر تهران می باشد. این حوضه، از نظر زمین شناسی ساختمانی جزئی از البرز مرکزی محسوب می گردد (جداری عیوضی، ۱۳۷۸، ۳۹) و دارای آب و هوای نیمه خشک است. حوضه فرحزاد با مساحت ۲۸ کیلومتر مربع در مختصات جغرافیایی ۵۱° ۱۹' تا ۵۱° ۲۲' درازای خاوری از نیمروز گرینویچ و ۳۵° ۵۳' تا ۳۵° ۴۵' پهنای شمالی از خط استوا قرار گرفته است. مسیل فرحزاد از بُعد جغرافیای گیاهی، متعلق به ناحیه ایران تورانی با تابستان های گرم و زمستان های سرد می باشد. این مسیل در ناحیه کوهستانی با بیشینه فرازای ۳۴۲۰ متر و در ناحیه شهری با کمینه فرازای ۱۳۸۶ متر واقع شده است. رودخانه فرحزاد پس از بخش کوهستانی وارد محدوده شهری تهران شده و از شمال به جنوب تا میدان صادقیه (به صورت روباز) جریان می یابد. این بخش از حوضه آبریز رودخانه، توسط دو بزرگراه به نام های اشرفی اصفهانی (واقع در باختر رودخانه) و یادگار امام (واقع در خاور رودخانه) بریده شده است، به طوری که بزرگراه های گفته شده به صورت دو زهکش در باختر و خاور رودخانه اصلی عمل می کنند و عملاً سطح حوضه طبیعی رودخانه را در این بخش محدود می نمایند. موقعیت منطقه مورد پژوهش در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد پژوهش در دامنه‌های شمالی کلان‌شهر تهران.

ارزیابی ژئومورفولوژیکی ساماندهی مسیل شهری فرحزاد در شمال کلان‌شهر تهران



شکل ۳: مراحل کاری انجام پژوهش به صورت نمودار (فلوچارت).

مسیل فرحزاد به صورت باریک و نسبتاً پرشیب می باشد. رودخانه فرحزاد از فرازای ۳۴۱۰ متری خاور امامزاده داوود جریان یافته و در دامنه جنوبی البرز، در شمال شهر تهران واقع شده و در مسیر خود از مناطق فرحزاد و پونک می گذرد. در ادامه مسیر در منطقه صادقیه از طریق مسیل اصلی باختر تهران به رودخانه کن می پیوندد. دبی متوسط سالانه آن معادل ۰/۲۳ متر مکعب در ثانیه به عنوان عاملی در جهت تامین آب پروژه های پیشنهادی بر روی دره فرحزاد و یکی از مهم ترین امکانات این دره محسوب می گردد. الگوی چینه بندی، ساختار و تکتونیک مسیل فرحزاد تحت تاثیر شدید ویژگی های البرز مرکزی می باشد. کهن ترین لایه های رخنمون یافته در این منطقه مربوط به رسوبات و سنگ های آتشفشانی به شکل گدازه، توف های مختلف و گهگاه دایک های بازیگ و اسیدی مربوط به زمان ائوسن است. ورود بادهای باختری در دوره سرد مهم ترین عامل بارش های فراوان منطقه محسوب می شود. گرم ترین ماه سال در منطقه تیرماه و سرد ترین ماه، دی ماه می باشد. تعداد روز های یخبندان در حوضه برابر ۹۱ روز در سال بوده که از اوایل آذر ماه شروع و تا اسفند ماه ادامه می یابد. پر باران ترین ماه سال، اسفند ماه و کم باران ترین، تیر ماه می باشد (آقالیخانی، ۱۳۸۸). حداکثر میزان بارندگی در این ناحیه بیش از ۶۰۰ میلیمتر و میانگین آن به ۴۲۲ میلیمتر در سال می رسد (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۰).

داده ها و روش ها

در این پژوهش ۹ عامل (خاک، شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از گسل، جهت شیب دامنه، فرازا، پوشش گیاهی و بارش)، به عنوان عوامل اصلی موثر ساماندهی مسیل شهری فرحزاد شناخته شده اند.

مطابق با موضوع مورد پژوهش، روش به کار رفته در این پژوهش روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. اساس این روش مقایسه زوجی متغیرها در جدول ماتریس است (جدول ۱۱ و شکل ۱۳). ماتریس، مقایسات زوجی و وزن معیارها را نشان می دهد. ارزش عددی ناشی از مقایسه کیفی آنها نسبت به همدیگر نیز از طریق قضاوت کارشناسی تعیین می گردد. بنابراین؛ مقایسه دو به دو متغیرهای موثر در ارزیابی ژئومورفولوژیکی ساماندهی مسیل های شهری، ورودی این سیستم در نظر گرفته شده و وزن های نسبی حاصل از نرم افزار Expert Choice نیز خروجی سیستم خواهد بود. در استفاده از این روش و به منظور رسیدن به نتیجه نهایی، مراحل کاری به شرح ذیل دنبال گردید:

استخراج لایه های اطلاعاتی از متغیرهای مورد نظر، به منظور تلفیق داده های ورودی. نخستین اقدام در روش (AHP) مطابق با همه روش های آماری، تهیه لایه های اطلاعاتی از متغیرها می باشد که در آن باید هر متغیر به صورت یک نقشه در پایگاه داده نشان داده شود. بدین منظور ۹ لایه اطلاعاتی شامل: فرازا، شیب، جهت شیب دامنه، بارش، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، فاصله از جاده، پوشش گیاهی و خاک استفاده شد. در واقع پوشش گیاهی از طریق باریک کردن پهنای رودخانه، جریان مخالف را افزایش می دهد که این امر سرعت تخلیه به سمت پایین رود را کاهش می دهد. پوشش گیاهی در محدوده مسیل فرحزاد از دو جنبه حایز اهمیت است: نخست، موقعیت منطقه به عنوان یک محیط تفرج گاهی در شمال تهران که جهت گذران اوقات فراغت مردم مورد استفاده قرار می گیرد. دوم، علاوه بر این، با توجه به مسئله سیلاب در شهر تهران، وضعیت توپوگرافی و ژئومورفولوژیکی کوهستانی و شیب تقریباً بالای مسیل در بالا دست شهر مهم می باشد (دارابی، ۱۳۸۲). عامل فاصله از جاده از لحاظ سیل گیری این سازه ها دارای اهمیت است.

پس از تعیین سلسله مراتب، با وزن دهی به مقادیر و داده های مکانی از طریق مقایسات زوجی متغیرهای زوجی و گزینه ها و الویت دهی به آن و تحلیل آن به کمک نرم افزار Expert Choice وزن نهایی هر یک از معیارها مشخص شد و در لایه نقشه ای ضرب کردیم که در نهایت نقشه ساماندهی متناسب با فاکتورهای ژئومورفولوژیکی تهیه گردید (شکل ۱۴).

تحلیل یافته ها

در این پژوهش بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی به هر یک از فاکتورها، ارزش یا وزنی داده شد و نهایتاً جمع جبری آنها معیار تناسب ساماندهی با فاکتورهای ژئومورفولوژیکی قرار گرفته است. این روش توسط ساعتی (ساعتی، ۱۹۸۰) ارائه شده است و

یک روش ریاضی جهت تعیین اهمیت و تقدم معیارها در فرایند تحلیل و ارزیابی است (قنواتی، ۱۳۸۵). در این پژوهش ارزیابی ژئومورفولوژیکی ساماندهی مسیل شهری هدف کلی بوده است. در ادامه مدل AHP برای آزمون معیارهای مهم ساماندهی منطقه مد نظر قرار گرفته است.

استاندارد سازی نقشه های معیار با استفاده از مدل AHP

جهت ساماندهی و ادغام نقشه ها، می بایست لایه های موثر (معیارها) در ساماندهی را استاندارد کنیم. یعنی لایه ها با استفاده از قواعد تصمیم گیری به مقیاسی تبدیل شوند که بتوان آنها را با یکدیگر ادغام کرد. بدین منظور از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، که توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰ ارائه گردید بر مبنای سه اصل می باشد: تجزیه و تحلیل، قضاوت تطبیقی و سنتز اولویت ها (ساعتی، ۱۹۸۰). با معلوم شدن این اصول، روش تحلیل سلسله مراتبی شامل مراحل اصلی زیر است:

الف) تولید ماتریس مقایسه زوجی: یک مقیاس اساسی را با مقادیری از ۱ تا ۹ برای تعیین میزان اولویت های نسبی دو معیار به کار می گیرد (جدول ۱).

جدول ۱: ارزش گذاری در ماتریس مقایسه زوجی.

میزان و درجه اهمیت در مقایسه زوجی	امتیاز (ارزش هر معیار)
برتری برابر یا یکسان	۱
کمی برتری یا کمی مهم تر	۳
برتری زیاد	۵
برتری بسیار زیاد	۷
کاملاً برتر یا مهم تر	۹

اعداد مابین مقادیر بالا، ارزش های بینابینی دارند. (ماخذ: قدسی پور، ۱۳۸۱).

ب) محاسبه وزن های معیار: این مرحله شامل مراحل زیر است: ۱) جمع کردن مقادیر هر ستون ماتریس مقایسه زوجی ۲) تقسیم نمودن هر مولفه ماتریس بر مجموع ستونش و ۳) محاسبه میانگین مولفه در هر ردیف از ماتریس نرمال شده. ج) محاسبه نسبت سازگاری: این مرحله شامل عملیات زیر است: ۱) تعیین بردار مجموع وزنی به وسیله ضرب کردن وزن اولین معیار در ستون ماتریس مقایسه زوجی اصلی، سپس ضرب نمودن دومین معیار در دومین ستون، سومین معیار در ستون ماتریس اصلی، سرانجام جمع نمودن این مقادیر در سطر. همانطور که پیش تر نیز اشاره شد، در این پژوهش از ۹ معیار گوناگون استفاده شده است که در ادامه نحوه وزن دهی هریک به اختصار توضیح داده می شود.

فرازا: این لایه از نقشه Dem منطقه به دست آمد. این نقشه با توجه به هدف و روش AHP، طبقه بندی شد. عملیات وزن دهی ای اچ پی در نرم افزار Expert choice 11 انجام شد و وزن نهایی این معیار در محیط GIS در لایه نقشه ای اعمال شد. رابطه وزن دهی به طبقات فرازا، با توجه به هدف، به صورت مستقیم در نظر گرفته شد، یعنی هر چه ارتفاع بیشتر بوده، وزن بیشتری برای آن در نظر گرفته شد (جدول ۲).

جدول ۲: امتیازهای تعیین شده برای طبقات فرازا

معیار	کلاس ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در (AHP)
فرازا (متر)	۱۳۰۰ - ۱۵۰۰	۱/۰۸	
	۱۷۰۰ - ۱۵۰۰	۰/۸۵	

۰/۳۳۰	۰/۷۵	۱۷۰۰ - ۱۹۰۰	
	۰/۷۵	۲۱۰۰ - ۱۹۰۰	
	۰/۶۶	۲۳۰۰ - ۲۱۰۰	
	۰/۴۲	۲۵۰۰ - ۲۳۰۰	
	۰/۳۳	۲۵۰۰ - ۲۷۰۰	
	۰/۲۳	۲۹۰۰ - ۲۷۰۰	
	۰/۰۹	۳۱۰۰ - ۲۹۰۰	
	۰	<۳۱۰۰	

شیب: شیب نیز از جمله شرایط فیزیکی می باشد که بر روی زمان تمرکز، سرعت جریان و شدت فرسایش در مسیل موثر است. لایه شیب را از لایه Dem منطقه، با استفاده از نرم افزار Arc GIS 10 بدست آمد. این نقشه با توجه به هدف و روش AHP، طبقه بندی شد. عملیات وزن دهی AHP در نرم افزار Expert choice 11 انجام شد و وزن نهایی این معیار در محیط GIS در لایه نقشه ای اعمال شد. رابطه وزن هر کدام از طبقات شیب با توجه به هدف پژوهش، به صورت عکس در نظر گرفته شد (جدول ۳). هر چقدر میزان شیب کمتر باشد وزن بیشتری را به خود اختصاص می دهد.

جدول ۳: امتیازهای تعیین شده برای طبقات شیب

معیار	کلاس ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در (AHP)
شیب (درجه)	۱۰ - ۰	۰/۴	۰/۲۰۵
	۲۰ - ۱۰	۰/۴	
	۳۰ - ۲۰	۰/۳	
	۴۰ - ۳۰	۰/۳	
	۵۰ - ۴۰	۰/۲	
	۶۰ - ۵۰	۰/۲	
	۷۰ - ۶۰	۰/۱	
	۸۰ - ۷۰	۰/۰۴	
	۹۰ - ۸۰	۰/۰۴	
	<۹۰	۰	

جهت شیب: لایه مربوط، از لایه Dem منطقه به دست آمد و در آن ۹ واحد فرعی به صورت دامنه های شمالی، جنوبی، خاوری، باختری، شمال باختری، شمال خاوری، جنوب خاوری و دشت استخراج گردید. وزن هر کدام از جهت ها با نظر کارشناس با توجه به هدف پژوهش در نظر گرفته شد. بیشترین وزن را به جهت صاف و هموار (Flat) و کمترین آن به

شمال خاوری اختصاص داده شد. این نقشه با توجه به هدف و روش ای اچ پی، طبقه بندی شد. عملیات وزن دهی ای اچ پی در نرم افزار Expert choice 11 انجام شد و وزن نهایی این معیار در محیط جی آی اس در لایه نقشه ای اعمال شد. در جدول ۴ جهت های دامنه به همراه امتیاز و وزن آنها در مدل AHP ارائه شده است.

جدول ۴: امتیازهای تعیین شده برای جهت شیب

معیار	جهت ها	امتیاز	وزن لایه در (AHP)
جهت شیب	Flat	۰/۲	۰/۱۵۵
	Northeast	۰/۰۴	
	East	۰/۱	
	Southeast	۰/۱	
	South	۰/۰۳	
	Southwest	۰/۱	
	West	۰/۱	
	Northwest	۰/۰۷	
	North	۰/۰۹	

بارش: در این پژوهش، رابطه وزن دهی به هر یک از طبقات بارش بصورت مستقیم در نظر گرفته شد. بیشترین مقدار بارش در منطقه با ۳۰ درصد مربوط به طبقات ۲۹۱ تا ۳۶۶ میلی متر بارندگی بود و کمترین مقادیر طبقات بارش منطقه با مساحت ۱۲ درصد، مربوط به طبقات بیش از ۵۹۲ میلی متر بارندگی بوده است. بیشترین مقدار بارش با بیش از ۵۹۲ میلی متر به نقاط بالادست و کوهستانی منطقه تعلق دارد. جدول ۵ نحوه امتیازدهی به هر طبقه بارشی را نشان می دهد.

جدول ۵: امتیازهای تعیین شده برای طبقات بارش

معیار	کلاس ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در (AHP)
بارش (میلی متر)	۲۹۱ - ۳۶۶	۰/۴	۰/۱۲۲
	۳۶۶ - ۴۴۴	۰/۷	
	۴۴۴ - ۵۱۵	۱	
	۵۱۵ - ۵۹۲	۱/۳	
	<۵۹۲	۱/۵	

پوشش گیاهی: پوشش گیاهی یکی از اجزای کلیدی برای ساماندهی مسیل های شهری محسوب می شود که باعث افزایش ویژگی های طبیعی و زیباشناختی مسیل می شود. انتخاب پوشش گیاهی مسیل باید به گونه ای باشد که حتی در طول سیلاب های طولانی هم شسته نشود و از نرخ ماندگاری بالایی برخوردار باشد. این نقشه با توجه به هدف پژوهش طبقه بندی شد. عملیات وزن دهی به طبقات آن با استفاده از نرم افزار Expert choice 11 انجام شد و وزن نهایی این معیار در محیط GIS در لایه نقشه ای اعمال شد (جدول ۶).

جدول ۶: امتیازهای تعیین شده برای پوشش گیاهی

معیار	کلاس ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در (AHP)
-------	---------	--------------	-------------------

۰/۰۶۰	۰/۰۳	۹۰-۵۰	پوشش گیاهی
	۰/۰۷	۱۰۵-۹۰	
	۰/۱	۱۱۵-۱۰۵	
	۰/۱	۱۳۰-۱۱۵	
	۰/۳	<۱۳۰	

خاک: برای جدا سازی این لایه از نقشه خاک های استان تهران استفاده گردید. عمده خاک های منطقه از نوع اینسپتی سول هستند که در حدود ۶۳ درصد از مساحت منطقه را در بر گرفته اند. جدول ۷ امتیازدهی به لایه خاک را نشان می دهد.

جدول ۷: امتیازهای تعیین شده برای خاک های منطقه مورد پژوهش

معیار	کلاس ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در (AHP)
خاک	اینسپتی سول	۰/۴	۰/۰۶۴
	اینسپتی سول با رخنمون سنگی	۰/۰۲	
	شهری	۰/۰۰۶	

فاصله از رودخانه: لایه رودخانه از نقشه توپوگرافی منطقه تهیه شده است. نقشه مربوطه را بعد از جدا کردن مبنای فاصله^۸ از محدوده و عوارض، به رستر تبدیل شد. و اطلاعات مربوط به آن اخذ گردید. رابطه وزن دهی به هر کدام از طبقات فاصله از رودخانه به صورت عکس محاسبه شد. جدول ۸ امتیازات هر طبقه را نشان می دهد. در ساماندهی مسیل های شهری هر چقدر فاصله از آبراهه بیشتر باشد بهتر است.

جدول ۸: امتیازهای تعیین شده برای فاصله از رودخانه های منطقه مورد پژوهش

معیار	کلاس ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در (AHP)
فاصله از رودخانه	۸۹ - ۰	۳/۳	۰/۰۳۳
	۲۰۶ - ۸۹	۲/۹	
	۳۷۰ - ۲۰۶	۱/۶	
	۵۸۳ - ۳۷۰	۰/۹	
	<۵۸۳	۰/۳	

فاصله از گسل: این نقشه با توجه به هدف و روش AHP، طبقه بندی شد. عملیات وزن دهی AHP در نرم افزار Expert choice 11 انجام شد و وزن نهایی این معیار در محیط GIS در لایه نقشه ای اعمال شد (جدول ۹).

جدول ۹: امتیازهای تعیین شده برای فاصله از گسل های منطقه مورد پژوهش

⁸ - Distance

معیار	کلاس ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در (AHP)
فاصله از گسل (متر)	۰ - ۱۷۹۰	۰/۰۰۲	۰/۰۱۹
	۱۷۹۰ - ۳۳۴۱	۰/۰۱	
	۳۳۴۱ - ۴۹۷۵	۰/۰۲	
	۴۹۷۵ - ۶۷۳۲	۰/۰۳	
	< ۶۷۳۲	۰/۰۴	

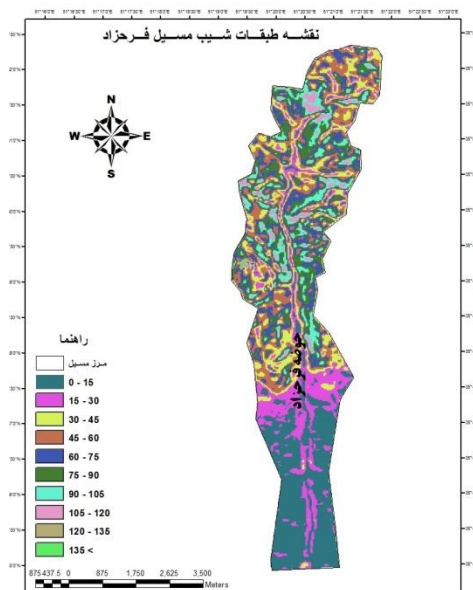
فاصله از جاده: این نقشه نیز با توجه به هدف و روش AHP، طبقه بندی شد. عملیات وزن دهی AHP در نرم افزار Expert choice 11 انجام شد و وزن نهایی این معیار در محیط GIS در لایه نقشه ای اعمال شد (جدول ۱۰).

جدول ۱۰: امتیازهای تعیین شده برای فاصله از جاده های منطقه مورد پژوهش

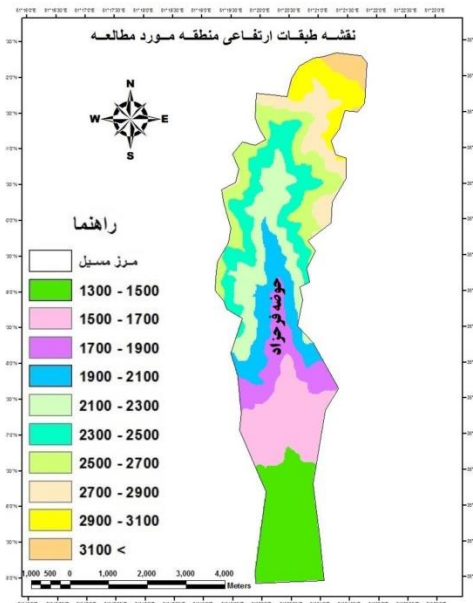
معیار	کلاس ها	امتیاز طبقات	وزن لایه در (AHP)
فاصله از جاده (متر)	۰ - ۲۷۴	۰/۰۰۱	۰/۰۱۲
	۲۷۴ - ۶۴۷	۰/۰۰۲	
	۶۴۷ - ۱۱۱۸	۰/۰۰۴	
	۱۱۱۸ - ۱۷۹۱	۰/۰۱	
	< ۱۷۹۱	۰/۰۱	

تهیه لایه های مورد نیاز برای ارزیابی ژئومورفولوژیکی ساماندهی مسیل شهری فرحزاد در محیط GIS

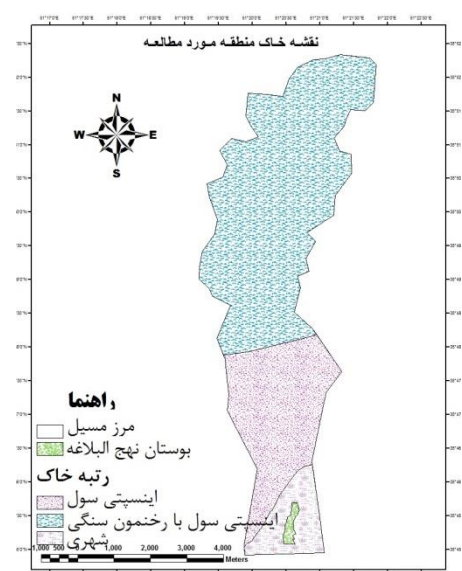
این مرحله فرایندی است که شامل اخذ داده، تغییرات فرمت، زمین مرجع نمودن، تنظیم کردن، و مستندسازی داده ها است (فرج زاده و سرور، ۱۳۸۱: ۸). داده هایی که به سیستم اطلاعات جغرافیای وارد شده، عبارتند از نقشه های رقومی خاک، DEM، گسل، رودخانه، جاده، مناطق شهری که با استفاده از داده های موجود، لایه های جدیدی مانند نقشه های (۴ تا ۱۲) طبقات ارتفاعی، طبقات شیب، جهت شیب، خاک، فاصله از جاده، فاصله از شبکه زهکشی، فاصله از گسل، بارش و همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست سری سنجنده ETM⁺ (۲۰۰۵ و ۲۰۱۰) منطقه، دو نقشه NDVI برای وضعیت پوشش گیاهی پیش و پس از ساماندهی مسیل به دست آمد.



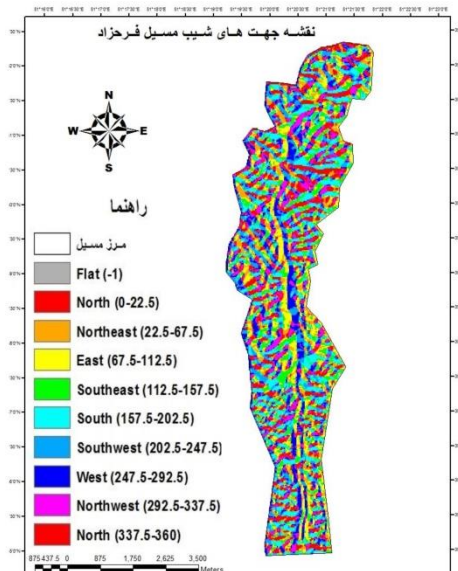
شکل ۵: نقشه طبقات شیب منطقه مورد پژوهش



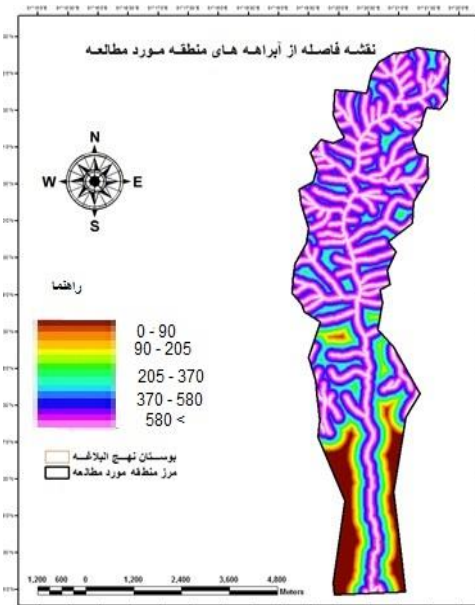
شکل ۴: نقشه طبقات ارتفاعی منطقه مورد پژوهش



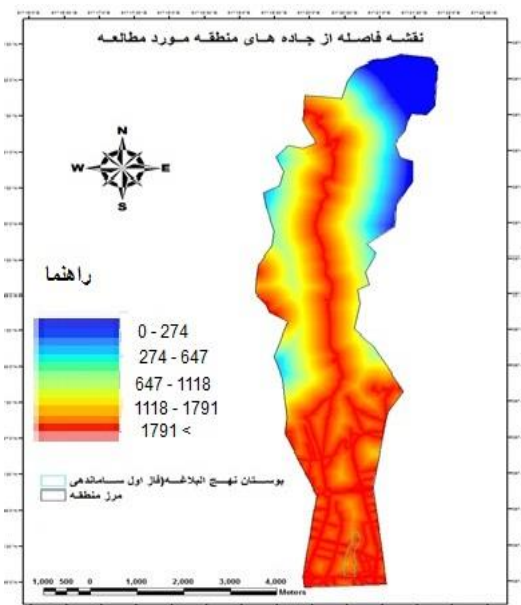
شکل ۷: نقشه خاک های منطقه مورد پژوهش



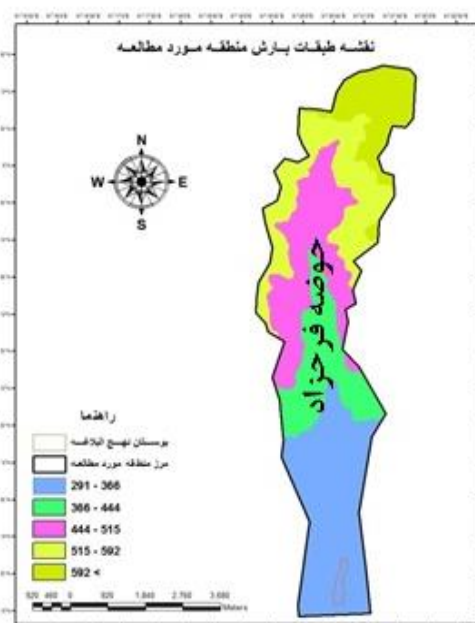
شکل ۶: نقشه جهات شیب منطقه مورد پژوهش



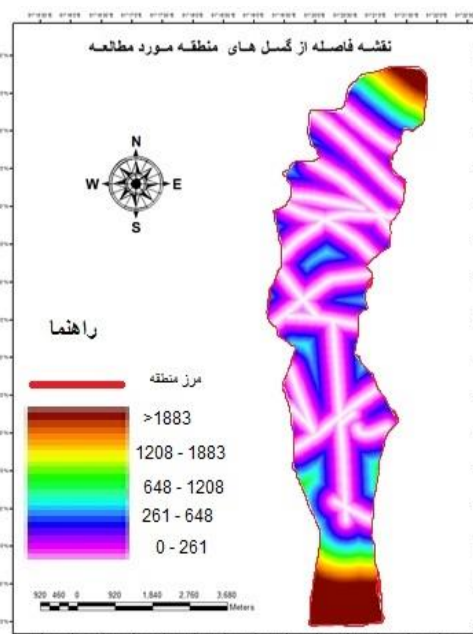
شکل ۹: نقشه فاصله از آبراهه در منطقه مورد پژوهش



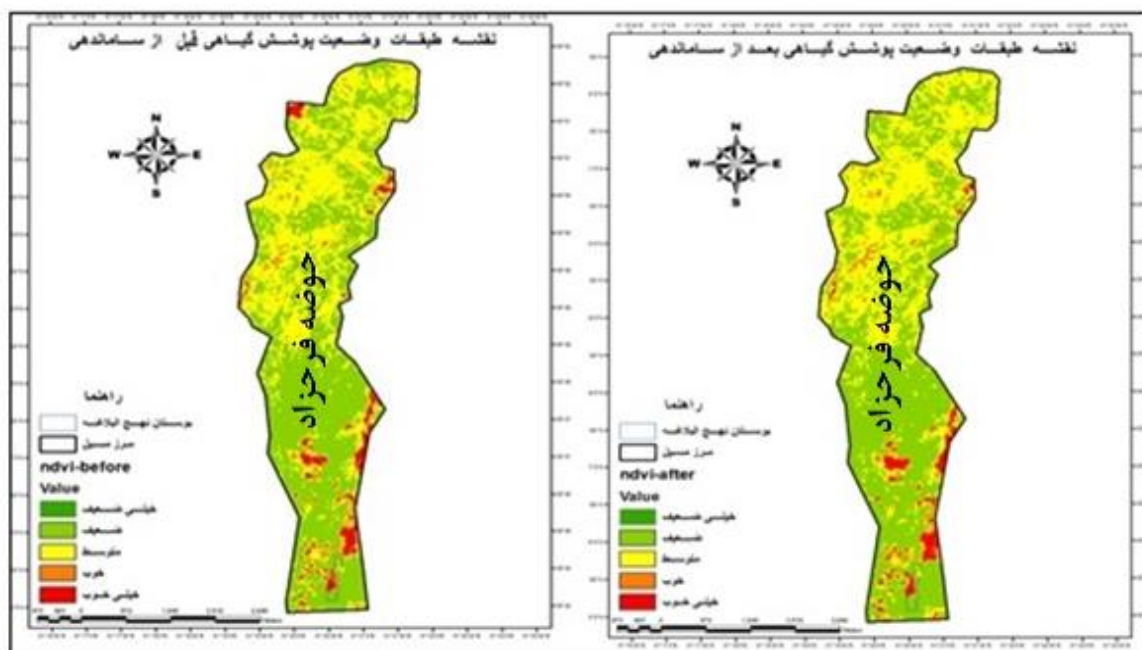
شکل ۸: نقشه فاصله از جاده در منطقه مورد پژوهش



شکل ۱۱: نقشه طبقات بارش در منطقه مورد پژوهش



شکل ۱۰: نقشه فاصله از گسل در منطقه مورد پژوهش



شکل ۱۲: نقشه طبقات پوشش گیاهی پیش و پس از ساماندهی منطقه مورد پژوهش

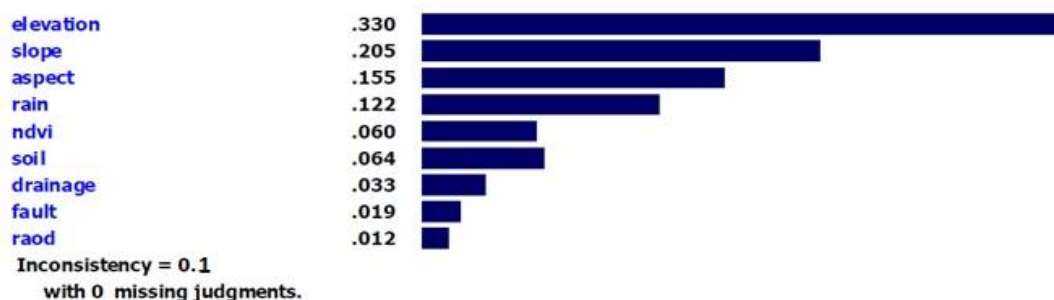
استاندارد سازی لایه ها برای ارزیابی ساماندهی مسیل ها بر اساس فاکتورهای ژئومورفولوژیکی

برای انجام این روش، ابتدا تک تک معیارهای مورد بررسی را مقایسه نموده و میزان اهمیت نسبی هر جفت را بر اساس میزان ارزش و اهمیت آن در ساماندهی مسیل های شهری در یک ماتریس وارد می کنیم (جدول ۱۱). پس از آن وزن ها و نسبت سازگاری (CR) را محاسبه می نماییم (شکل ۱۳). چنانچه این نسبت کمتر از $0/1$ باشد، مقایسه ها قابل قبول و وزن های محاسبه شده را استخراج می کنیم، در صورتی که نسبت توافق ما از $0/1$ بیشتر باشد، آنگاه با اعمال تغییراتی در ماتریس مقایسه زوجی، آن را برای حد قابل قبول تنظیم می کنیم. عملیات محاسبه وزن ها و محاسبه نسبت توافق با توجه به ضعیف بودن نرم افزار GIS، توسط نرم افزار Expert choice انجام گرفت. چنانچه مقایسه های انجام شده، قابل قبول باشند، نتیجه نهایی بدست می آید. نیاز به گفتن است که نسبت (CR) برای داده های ما برابر $0/1$ بدست آمد که نشان دهنده قابل قبول بودن نتیجه می باشد.

جدول ۱۱: ماتریس مقایسه زوجی معیارها در نرم افزار Expert Choice

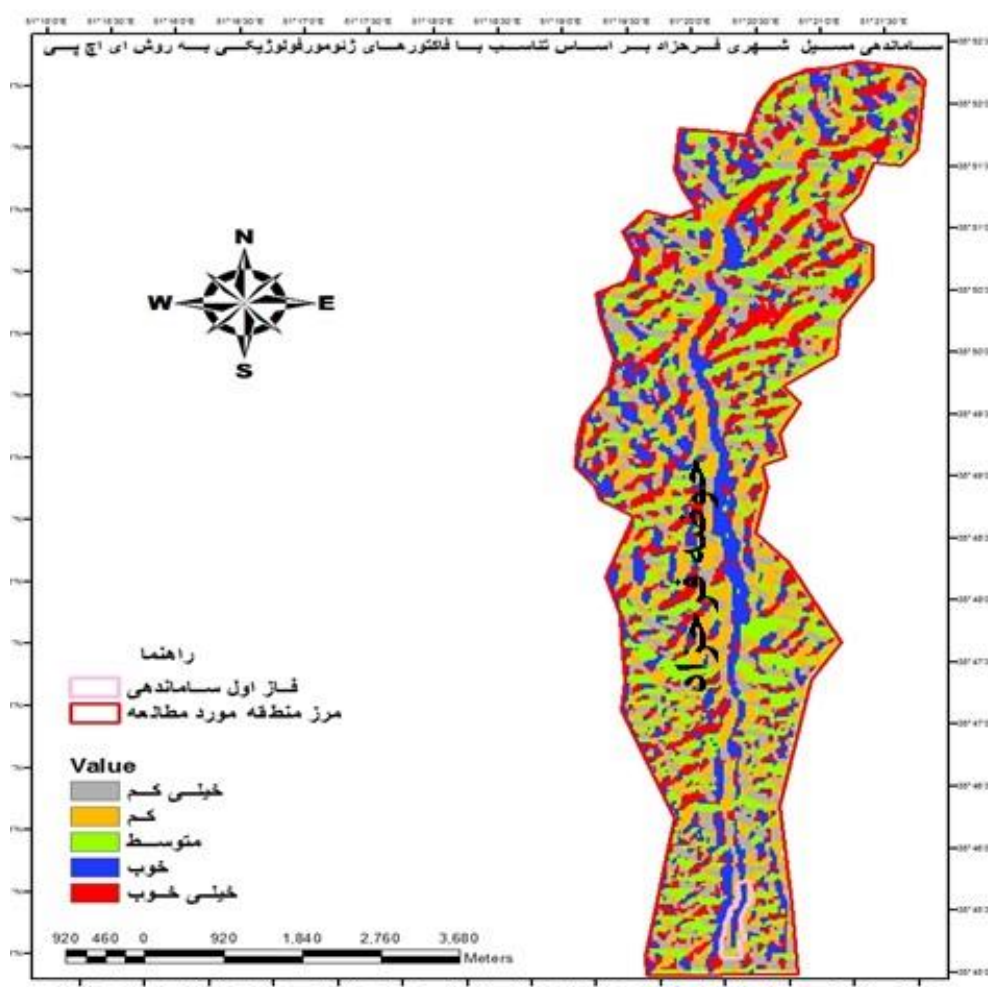
	elevation	slope	aspect	rain	ndvi	soil	drainage	faul	raod
elevation		5.0	3.0	5.0	7.0	4.0	5.0	5.0	5.0
slope			2.0	5.0	7.0	5.0	5.0	5.0	2.0
aspect				2.0	2.0	5.0	3.0	3.0	2.0
rain					2.0	3.0	2.0	5.0	3.0
ndvi						2.0	2.0	2.0	7.0
soil							2.0	3.0	5.0
drainage								5.0	3.0
faul									5.0
raod	Incon: 0.1								

Goal: samandehi masil shahri



شکل ۱۳: وزن هریک از فاکتورها در خروجی نرم افزار Expert Choice

پس از اینکه لایه‌های مورد نیاز و تاثیر گذار برای این مدل از نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای جدا سازی گردید، در پایان به وسیله مدل AHP این معیارها وزن‌دهی شده و در محیط GIS با یکدیگر تلفیق گردیدند. خروجی این مدل در پنج کلاس، از تناسب بسیار بالا تا تناسب بسیار پایین به‌منظور ساماندهی مسیل شهری فرحزاد طبقه‌بندی گردیدند (شکل ۱۴).



شکل ۱۴: ساماندهی مسیل شهری فرحزاد برپایه تناسب فاکتورهای ژئومورفولوژیکی و با استفاده از روش AHP.

ساماندهی مورد نظر بر اساس تناسب فاکتورهای ژئومورفولوژیکی مشخص گردید که مقادیر هر کلاس به درصد در جدول ۱۲ نشان داده شده است.

جدول ۱۲: ساماندهی مسیل فرحزاد بر اساس تناسب فاکتورهای ژئومورفولوژیکی براساس روش AHP

کلاس های وضع ساماندهی موجود	مساحت (به هکتار)	درصد
بسیار کم	۵۱۸	۱۸
کم	۵۳۳/۳	۲۶
متوسط	۶۷۴/۹	۲۳
زیاد	۴۵۰/۸	۱۶
بسیار زیاد	۵۲۴/۸	۱۷
مجموع	۲۸۰۰	۱۰۰

نتیجه گیری

در بین لایه های مورد استفاده در این پژوهش، فرازا، بیش ترین وزن را به خود اختصاص داده است. لایه های بعدی به ترتیب اهمیت شامل: شیب، جهت شیب، بارش، پوشش گیاهی، خاک، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل و فاصله از جاده بوده اند. در بین عوامل و لایه های تعیین شده کم ترین وزن نسبی به لایه فاصله از جاده منطقه اختصاص داده شده است. با توجه به اینکه منطقه مورد پژوهش دارای فرازای زیادی می باشد و تقریباً پر شیب است این دو عامل می تواند در مواقع سیلابی شدن، منطقه پایین دست (بخش شهری) را با خطر جدی طغیان کانال ها و آبگرفتگی معابر شهری روبرو سازد. از تاثیراتی که جهت دامنه ها بر تعادل طبیعی آن می گذارد می توان به ذوب برف ها، تنوع پوشش گیاهی، تحول خاک و غیره اشاره کرد. چنانچه امتداد ناهمواری ها عمود بر جهت وزش هوای مرطوب باشند، بارندگی به حداکثر شدت خود می رسد. مسیل فرحزاد با داشتن خاک هایی با بافت با ژرفای بسیار کم یا سبک از نوع لیتوسل، که شامل سنگ های آذر آواری، توف و شیل است، بر پوشش گیاهی منطقه نیز تاثیر گذاشته به طوری که پوشش گیاهی منطقه از نوع بوته ای است. پوشش گیاهی یکی از مولفه های کلیدی احیای مسیل های شهری می باشد که باعث افزایش ویژگی های طبیعی و زیبا شناختی آن می شود (هیون هوی بی، ۲۰۱۱).

یافته های پژوهش نشانگر لحاظ نمودن شرایط ژئومورفولوژی و بی توجهی به فاکتورهای آن در ساماندهی این مسیل بوده است. همچنین این یافته ها، مشخص می نمایند که ساماندهی مسیل فرحزاد در مکان هایی صورت گرفته است که فاکتورهای ژئومورفولوژیکی لازم را آن طور که باید در نظر گرفته نشده است، به طوری که ۳۳ درصد از مساحت مسیل برای ساماندهی خوب و بسیار خوب و ۴۴ درصد مسیل دارای تناسب کم تا بسیار کم می باشد. بیشترین مساحت این مسیل، دارای تناسب کم تا متوسط (۴۹ درصد) برای ساماندهی بوده است. این مقادیر برای بوستان نهج البلاغه (فاز اول ساماندهی) نیز به عنوان بخشی از مسیل فرحزاد محاسبه گردید که نشان داد ۴۷ درصد از مساحت بوستان برای ساماندهی دارای تناسب پایین و بسیار پایین با فاکتورهای لازم بوده در حالی که ۴۰ درصد مساحت بوستان تناسب بالا و بسیار بالا با فاکتورهای ژئومورفولوژیکی را به خود اختصاص داده است. ۱۳ درصد باقی مانده نیز از تناسب متوسط برخوردار بوده است. مخاطراتی نظیر رانش زمین، ناپایداری دامنه ها و حتی حفاظت از محیط زیست و گونه های طبیعی منطقه متاثر از عوامل - لندفرم ها و پارامترهای ژئومورفولوژیکی بوده است. بنابراین ضرورت دارد در ساماندهی مسیل های شهری توجه ویژه ای به لندفرم ها و فرایندهای ژئومورفولوژیکی حاکم بر منطقه اعمال شود.

۱. اصغری مقدم، محمد رضا (۱۳۷۸)؛ جغرافیای طبیعی شهر ۲ (هیدرولوژی و سیل خیزی شهر)، چاپ نخست، تهران، نشر مسعی.
۲. آقاعلیخانی، مرضیه (۱۳۸۸)؛ پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی و سیل گیری حوضه فرحزاد تهران با استفاده از مدل منطق فازی، پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: عزت الله قنوازی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی.
۳. پورجعفر، محمدرضا، رستنده، امین (۱۳۸۸)؛ الگوهای طراحی منظر در امتداد مسیل‌های درون شهری (مطالعه موردی: مسیل الوسجد همدان)، نشریه هویت شهر، سال سوم، شماره پنجم، صص ۲۸-۱۵.
۴. جداری عیوضی، جمشید (۱۳۷۸)؛ ژئومورفولوژی ایران، چاپ نخست، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
۵. حبیبی، مهدی (۱۳۸۸)؛ ملاحظات فنی- محیطی در مدیریت سیلاب ها و مسیل‌های شهری در ایران، هشتمین کنفرانس هیدرولیک ایران ۱۳۸۸.
۶. خام‌چین مقدم، فرهاد (۱۳۸۶)؛ بررسی اهمیت و لزوم بهسازی مسیل‌های شهری (با توجه به عوامل هیدرولوژیک، زیست محیطی، قانونی، اجتماعی و اقتصادی)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.
۷. دارابی، لایلا (۱۳۸۲)؛ ژئومورفولوژی حوضه رودخانه فرحزاد تهران به منظور شناخت توان های محیطی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
۸. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور (۱۳۶۱)، نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ تجریش.
۹. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۶۷)، نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ تهران.
۱۰. سازمان فضایی کشور، تصویر ماهواره ای ETM⁺ تهران متعلق به سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰.
۱۱. سازمان هواشناسی کشور، بخش آمار و اطلاعات، ۱۳۹۰.
۱۲. فرج زاده منوچهر، سرور، هوشنگ (۱۳۸۱)؛ مدیریت و مکان یابی مراکز آموزشی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه هفت تهران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی.
۱۳. قادری، صلاح الدین (۱۳۹۰)؛ مطالعه ارزیابی تاثیر اجتماعی احداث فاز ۱ و ۲ بوستان نهج البلاغه، دفتر مطالعات اجتماعی و فرهنگی شهرداری منطقه ۲، شهرداری تهران، معاونت فرهنگی و اجتماعی، ناظر: رحمت الله صدیق سروستانی.
۱۴. قدسی پور، سید حسن (۱۳۸۱)؛ مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره: فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
۱۵. قنوازی، عزت الله، سرخی، ولی (۱۳۸۵)؛ مکان یابی محل دفن بهداشتی مواد زائد جامد شهری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی شهر آبدانان)، تهران، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، شماره ۱۱.
۱۶. قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۸)؛ کاربرد مدل یکپارچه سیلاب شهری در کلان‌شهرها (مطالعه موردی، شمال شرق تهران)، جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای - پیش شماره پاییز و زمستان، صص ۱۶۷-۱۷۸.
۱۷. قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۹)؛ هدایت و جمع آوری فاضلاب شهری با به کارگیری مدل های هیدرولوژیکی، مطالعه موردی: شمال تهران (حوضه های کن، حصارک و دربند)، تهران، فصلنامه جغرافیایی، دانشگاه آزاد واحد مرکزی.
۱۸. قهرودی تالی، منیژه (۱۳۹۰)؛ ارزیابی موقعیت مکانی شبکه مسیل‌های تهران، لارستان، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال چهارم، شماره ۱۳.
۱۹. یونسی، حجت الله؛ امیر حمزه حق آبی و محبوبه یونسی، (۱۳۸۵)، بررسی خصوصیات سیلاب های شهری در مسیل های شهرستان خرم آباد و نقش آن در مدیریت سیلاب، اولین همایش ملی مهندسی مسیل‌ها (کال‌ها)، مشهد، شهرداری مشهد، http://www.civilica.com/Paper-MASEEL01-MASEEL01_023.html
20. Fewtrell, T. J. Bates, P. D. Horritt, M. and Hunter, N. M. (2008) Evaluating the effect of scale in flood inundation modelling in urban environments", HYDROLOGICAL PROCESSES, 22, Published online 14 November 2008 in Wiley InterScience, p: 5107-5118.

21. Hyunhoe Bea (2011), "Urban stream restoration in Korea: Design considerations and residents willingness to pay", *Urban Forestry and Urban Greening* 10, p-p: 119-126.
22. Saaty, T (1980), *the analytical hierarchical process; plans priority setting resource allocation*. NEW YORK; Mc Grow-Hill.