

The Spatial Correlation Analysis of Population Changes With the Intensity of Tehran's Environmental Vulnerability Changes in the Last Decade

Hadi Rezaei Rad^{1*}, Zahra Akbarian²

1. Assistant Professor, Department of Urban Design and Planning, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2. Young Researchers and Elite Club, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

(Received: July 1, 2020; Accepted: October 6, 2020)

Abstract

Compared to other cities, metropolises are exposed to the more vulnerabilities derived from environmental disasters because of their population, and the vulnerability of most of them is even increasing. The assessment of vulnerability, especially in specific intervals, generates new foundations for better urban planning and management. Additionally, the concept of the term "vulnerability" has been emphasized in the context of studying the relationship between natural-human interconnected systems, and consequently, in urban ecology. On the other side, population movements in different districts of big cities always follow different models. Therefore, the main purpose of this research is to identify the spatial connection of population changes of the districts of Tehran metropolis with the changes in environmental vulnerability intensity in the last decade. The methodology of the research included the assessment of vulnerability in three layers, namely the damages stemming from natural disasters, urban structure, and environment in the last decade in Tehran. In addition, the vulnerability has been measured in accordance with the census statistics of population changes in 22 districts of Tehran in the recent decade. The results of the research modeling show that the southern area of the city has had the highest increase in vulnerability during the last decade, and so, it has had the highest reduction of the population, too. Nonetheless, the district 18, which is located in the west zone of the city, has faced an increase in population despite its increased vulnerability. Moreover, the northeastern area of the city has faced increased vulnerability as well as a sharp increase in population during the last decade. These changes can challenge this part of the city because of possible future crises. Finally, the reduction of vulnerability along with the increase in urban population has happened in the northwestern area. To keep this vulnerability low, the acceptable capacity of the population in this part of the city (especially district 22) should be taken into account.

Keywords

Environmental vulnerability, Population changes, Population capacity, Urban management, Tehran metropolis.

* Corresponding Author, Email: H.rezaeirad@Basu.ac.ir

تحلیل همبستگی فضایی تحولات جمعیتی با تغییرات شدت آسیب‌پذیری یک دهه اخیر کلان‌شهر تهران

هادی رضایی‌راد^۱، زهرا اکبریان^۲

۱. عضو هیئت‌علمی و استادیار گروه مهندسی شهرسازی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۵)

چکیده

کلان‌شهرها، به واسطه جمعیت کلان‌شهری، بیش از سایر شهرها در معرض آسیب ناشی از بلایای محیطی قرار دارند و اغلب به طور روزافزون میزان آسیب‌پذیری آن‌ها در حال افزایش است. ارزیابی آسیب‌پذیری، به‌ویژه در بازه‌های زمانی مشخص، پایه‌های جدیدی را برای برنامه‌ریزی و مدیریت شهری بهتر فراهم آورده است. علاوه بر این، طی سالیان اخیر، مفهوم واژه آسیب‌پذیری در چارچوب بررسی ارتباط بین سیستم‌های به‌هم‌پیوسته طبیعی - انسانی و به تبع آن در اکولوژی انسانی همواره مورد توجه قرار گرفته است. از سوی دیگر، جابه‌جایی‌های جمعیتی در مناطق مختلف شهرهای بزرگ همواره تابع الگوهای مختلف است. ازین‌رو، هدف اصلی از پژوهش حاضر شناسایی ارتباط فضایی تحولات جمعیتی مناطق کلان‌شهر تهران با تغییرات شدت آسیب‌پذیری محیطی طی یک دهه اخیر بود. روش‌شناسی پژوهش مشتمل بر ارزیابی آسیب‌پذیری در سه لایه آسیب‌های ناشی از مخاطرات طبیعی، آسیب‌های ناشی از ساختار شهری، و آسیب‌های محیطی طی دهه اخیر شهر تهران است. همچنین، با استفاده از نتایج سرشماری، تغییرات جمعیتی در ۲۲ منطقه شهر تهران در یک دهه اخیر بررسی شد. نتایج پژوهش حاکی از آن است که نیمه جنوبی شهر در یک دهه اخیر بیشترین افزایش آسیب‌پذیری را داشته که موجب بیشترین کاهش جمعیت شده است. البته باید به منطقه ۱۸، که در پهنه غربی شهر واقع شده، اشاره کرد که به‌رغم افزایش آسیب‌پذیری با افزایش جمعیت روبه‌رو بوده است. پهنه شرقی نیمه شمالی شهر هم با افزایش آسیب‌پذیری همراه بوده که طی دهه اخیر دچار افزایش شدید جمعیت شده است. این تحولات می‌تواند در بحران‌های احتمالی آینده این بخش از شهر را به‌شدت دچار چالش کند. همچنین، در پهنه غربی نیمه شمالی کاهش آسیب‌پذیری همراه افزایش جمعیت شهری حادث شده است که باید به ظرفیت‌پذیری جمعیت مورد قبول این بخش از شهر (به‌ویژه منطقه ۲۲) از حیث تغییرات آسیب‌پذیری توجه ویژه شود.

کلیدواژگان

آسیب‌پذیری محیطی، تحولات جمعیتی، ظرفیت‌پذیری جمعیت، کلان‌شهر تهران، مدیریت شهری.

مقدمه

شهرها، مانند موجودات زنده، حیات دارند و اگر در بستر زمان عوامل برهم‌زننده تعادل زیستی آنها کنترل نشود، زمینه زوالشان پدید می‌آید (Rezaei-Rad & Bemanian 2012: 5).

چالش عدم تعادل محیط زیست و طبیعت از دیرباز گریبان‌گیر بشر بوده و قسمتی از تاریخ زندگی بشر را تشکیل داده است. در جهان امروزی، فاصله بین یافته‌های علوم بشری و توانایی آنها برای حفظ جان و مال مردم روزبه‌روز افزایش می‌یابد و طبیعت همچنان به قلع و قمع خود ادامه می‌دهد (Rezaei-Rad et al 2012: 92). تدوین سیاست‌های کاهش و کنترل آسیب‌پذیری محیط زیست از طریق شناسایی شاخص‌های زیست‌محیطی، تحلیل و طبقه‌بندی حساسیت‌های آنها، و همچنین تعیین میزان آسیب‌پذیری هر یک امکان‌پذیر می‌شود و شرایط ایجاد تعادل میان توسعه و محیط زیست فراهم می‌آید (Laurini 2002). شناسایی پهنه‌های آسیب‌پذیر محیطی یکی از مراحل مهم تدوین چارچوب مدیریتی پایدار در حفاظت محیط زیست شهری و به تبع آن حکمرانی شایسته مناطق شهری است (Sahoo et al 2016). تحول و تکوین رویکردهای نوین در ارزیابی و حفاظت محیط زیست به ارائه مفهومی جدید از آسیب‌پذیری محیطی با تمرکز بر تحلیل‌های آسیب‌پذیری منجر شده است (Wang et al 2008; Weston 2004)؛ طوری که مفهوم آسیب‌پذیری در چارچوب سیستم‌های به‌هم‌پیوسته محیط انسانی به کانون تمرکز گفتمان پژوهش‌های حوزه پایداری تبدیل شده است (Turner et al 2003). بر همین مبنا روش‌ها و تکنیک‌ها و مدل‌های تحلیلی کمی به طور گسترده با تلفیق رویکردهای بدیع در جهت تحلیل‌های جامع و یکپارچه استفاده شده است (Adriaenssens et al 2004).

در خصوص اهمیت و ضرورت طرح موضوع باید گفت اسناد علمی مکتوب، دیدگاه متخصصان، و شواهد موجود حاکی از آسیب‌پذیری کلان‌شهر تهران از جهات مختلف است. ازین‌رو، بررسی و شناسایی پهنه‌های آسیب‌پذیر این کلان‌شهر از سه منظر محیطی و مخاطرات طبیعی و ساختار شهری و رابطه آنها با تحولات جمعیتی این شهر طی یک دهه اخیر، به منزله یکی از عوامل تأثیرگذار بر شدت آسیب‌پذیری، ضروری است. زیرا مبتنی بر تحولات جمعیتی بین مناطق بیست‌ودوگانه و شدت آسیب‌پذیری در آنها مدیریت شهری می‌تواند راهبردها و

سیاست‌های اجرایی صحیح را قبل از وقوع بحران عملیاتی کند تا حین و بعد از بحران‌های طبیعی احتمالی کمترین میزان آسیب به شهر و شهروندان کلان‌شهرنشین تهران وارد آید. ازین رو، هدف از این پژوهش شناسایی ارتباط فضایی تحولات جمعیتی مناطق کلان‌شهر تهران با تغییرات شدت آسیب‌پذیری محیطی طی یک دهه اخیر بود. بدین ترتیب، پرسش اصلی پژوهش حاضر بر این اساس تعیین شد که بین تغییرات شدت آسیب‌پذیری محیطی و تحولات تراکم جمعیتی در سطح مناطق بیست‌ودوگانه کلان‌شهر تهران طی دهه اخیر چه ارتباط و همبستگی فضایی‌ای وجود دارد؟

پیشینه نظری پژوهش

مفاهیم

آسیب‌پذیری

ریشه مفهوم آسیب‌پذیری را می‌توان در مفهوم و تئوری سیستم‌های اکولوژیکی - اجتماعی جست و جو کرد؛ که رویکردی منسجم است در فهم پویایی موجود در اکوسیستم‌ها و جوامعی که به طور پیچیده با یکدیگر در ارتباط‌اند (Pashanejad Silab et al 2017: 99). آسیب‌پذیری فرایندی است که پایداری اجتماع را برای رویارویی و برخورد با رخدادها کاهش می‌دهد (Hpdae & Mollashahi 2017: 2). اصطلاح آسیب‌پذیری شامل مفاهیم و عناصر مختلف، همچون حساسیت یا قابلیت خسارت و کمبود ظرفیت در مواجهه با بحران و پذیرش آن، است که بر اساس طبیعت و پویایی قابل تقسیم به انواع گوناگون‌اند. برخی از این انواع اثر قرار گرفتن در معرض رویداد پرخطر بر جمعیت و جامعه انسانی را برجسته می‌کنند؛ درحالی‌که برخی دیگر شامل اوضاع تاریخی و اجتماعی می‌شوند (Paul et al 2019: 2). سلسله‌مراتب فضاهای عمومی - خصوصی و نیمه‌عمومی در آسیب‌پذیری شهری قابل اهمیت است (Shach-Pinsly 2018: 4). به طور کلی، ریشه مفهوم آسیب‌پذیری را می‌توان در تعامل میان یک سیستم و محیط زیست جست‌وجو کرد. بنابراین، آسیب‌پذیری صرفاً با ساختار داخلی یک سیستم مرتبط نیست؛ آسیب‌پذیری آن را می‌توان در نیروهای بیرونی، که سیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهند، یافت (Rezaei-Rad & Kazemi 2020).

جدول ۱. سیر تحول مفهوم آسیب‌پذیری از دیدگاه صاحب‌نظران مختلف

صاحب‌نظران و سال	تعریف و دیدگاه
Downing et al 1997	آسیب‌پذیری به معنای حساسیت زیست‌محیطی است. بر همین مبنا می‌توان به ذکر چند مورد از عوامل مرتبط با آسیب‌پذیری- همانند دموگرافیک، اقتصادی، اجتماعی، و فاکتورهای تکنیکی- اشاره کرد.
Kasperson & Kasperson 2001	واژه آسیب‌پذیری در مقابل تاب‌آوری است. زمانی که یک سیستم اجتماعی یا اکولوژیکی تاب‌آوری خود را از دست می‌دهد در برابر تغییراتی که قبلاً می‌توانست آن را کنترل کند آسیب‌پذیر می‌شود.
L. Cutter et al 2003	آسیب‌پذیری پتانسیل از دست دادن نقاط قوت است.
Tixier 2006	آسیب‌پذیری میزان از دست رفتن یک عنصر معین در برابر مخاطره است.
Kumar Paul 2013	آسیب‌پذیری عامل یک خطر داخلی است که مخاطره و خسارت را به همراه دارد.
PROAG 2014	آسیب‌پذیری میزان واکنش منفی است که یک سیستم یا قسمتی از آن ممکن است در طول وقوع یک رویداد خطرناک نشان دهد.
Closset 2018	آسیب‌پذیری به معنای عدم ظرفیت به منظور مقابله و پذیرش یک خطر است.
D. Ford et al 2018	آسیب‌پذیری به معنای حساسیت به نقاط آسیب است.
Paul et al 2019	آسیب‌پذیری گرایش یا تمایل به اثرپذیری منفی است.
Naylor et al 2020	آسیب‌پذیری میزان حساسیت یک سیستم در برابر آثار یک مخاطره یا رویداد خارجی است.

(منبع: به تلخیص نویسندگان ۱۳۹۹)

آسیب‌پذیری محیطی

ارزیابی آسیب‌پذیری محیطی یکی از مراحل مهم و حیاتی برای مدیریت منابع و محیط زیست است (Ghanbari & Pashanejhad 2018: 16). آسیب‌پذیری محیطی بیشتر نشان‌دهنده خطر آسیب در محیط زیست طبیعی، مانند پوشش گیاهی است. در واقع، آسیب‌هایی که اکوسیستم، جمعیت و فرایندهای فیزیکی و بیوفیزیکی را به دلیل فعالیت‌های انسانی تحت تأثیر قرار داده‌اند (Ghanbari & Pashanejhad 2018: 16). جهت بررسی این نوع آسیب‌پذیری توجه به مواردی همچون تفاوت پوشش گیاهی، آب، رطوبت، و ساخت الزامی است (Shamsipour & Shikh 2010: 59; Shamseddini & Shamseddini 2005: 8).

آسیب‌پذیری شهری

آسیب‌پذیری شهری میزان خسارتی است که در صورت بروز سانحه به اجزا و عناصر یک شهر، بر حسب چگونگی کیفیت آن‌ها، وارد می‌شود. آسیب‌پذیری شهری پدیده‌ای است گسترده که همه

عوامل موجود در یک شهر را در بر می‌گیرد و به علت وابستگی عناصر به یک‌دیگر آسیب‌پذیری شهر نیز به سرعت گسترش می‌یابد (Amini Varaki et al 2015: 8). ازین‌رو، آسیب‌های محیط شهری به دو دسته تقسیم می‌شوند:

≠ آسیب‌های سازه‌ای: مشتمل بر تخریب ابنیه و تأسیسات و زیربناها با درجات مختلف؛
 ≠ آسیب‌های غیر سازه‌ای: مشتمل بر صدمات انسانی و محیطی و بهداشتی (Amini Varaki et al 2015: 8).

توجه به عوامل سازه‌ای، مانند فاصله از خطوط برق و ترمینال و پل، و عوامل غیر سازه‌ای، مانند تراکم جمعیت در شهرها، ضروری است (Isalou et al 2017: 81).

آسیب‌پذیری شهری ناشی از مخاطرات طبیعی

مخاطرات طبیعی عامل زیان گسترده در زندگی افراد ساکن در شهرها هستند (KC et al 2020: 1). مقدار و شدت مخاطرات طبیعی در سه دهه اخیر در قرن حاضر بی‌سابقه بوده است. سیاره زمین سالیانه ۵۰۰ نوع مخاطره طبیعی را در مقایسه با ۱۲۰ نوع آن در دهه ۱۹۸۰ پشت سر گذاشته است (T. Alwidyan et al 2020: 1).

فهم همه مخاطراتی که بیماری، آسیب جسمی، مرگ، یا فقر ساکنان شهری را به همراه دارد به منظور شناخت کامل مخاطرات مناطق شهری ضروری است (Zerbo et al 2020: 2).

عوامل آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطرات طبیعی بسیار گوناگون‌اند؛ از جمله طبیعی، کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، بنیادی، قوانین و مقررات، و ... این عوامل، نه به صورت منفرد، بلکه به شکل نظامی جامع، بر یک‌دیگر تأثیر می‌گذارند. حتی گروه‌های آسیب‌پذیر از بحران‌ها نیز با عوامل جمعیتی، چون سن و مذهب و اقلیت و فقر و سواد و ... در ارتباط‌اند. مهم‌ترین عوامل تشدیدکننده احتمال خطر شهرها که افزایش آسیب‌پذیری آن‌ها را در پی دارد عبارت است از:

۱. قرارگیری ساختگاه شهر بر گسل‌های مختلف؛
۲. رعایت نکردن قوانین و مقررات مقاوم‌سازی (سازگاری کاربری‌ها)؛
۳. بلندمرتبه‌سازی غیر مجاز و غیر اصولی دقیقاً بر خطوط گسل‌ها؛

۴. استفاده از مصالحی که ایمنی مسکن را به خطر می‌اندازند، مانند شیشه و آینه (Ghanbari & Zolfi 2015: 60).

در ساخت‌وسازهای شهری به منظور جلوگیری از آسیب‌های ناشی از مخاطرات طبیعی توجه به مواردی همچون فاصله از گسل، رعایت حریم رودخانه، و فاصله از پهنه‌های سیل خیز ضروری است (Asadi et al 2019: 332).

جابه‌جایی جمعیت و آسیب‌پذیری

اولین تعاریف مربوط به جابه‌جایی جمعیت در قوانین راونشتاین دیده شده است. وی مهاجران را افرادی می‌داند که به طور عقلایی به دنبال دستیابی به زندگی اقتصادی بهترند. در این قوانین مؤلفه‌های فاصله، عوامل جاذبه و دافعه، جریان متقابل، ویژگی‌های مکانی و فضایی محل سکونت از عوامل مهم در تبیین مهاجرت تلقی می‌شوند. قوانین مهاجرت راونشتاین در هفت فرض اساسی خلاصه می‌شود:

۱. مهاجرت و فاصله: میزان مهاجرت بین دو نقطه ارتباط معکوس با فاصله بین این دو نقطه دارد. مهاجرانی که مسافت طولانی را طی می‌کنند تمایل دارند به یکی از مراکز بزرگ تجارت و صنعت بروند؛

۲. مهاجرت مرحله‌ای: به طور طبیعی در جریان مهاجرت افراد محلی مایل اند ابتدا به شهرهای نزدیک و سرانجام به شهرهایی بروند که به سرعت رشد می‌کنند؛

۳. جریان و ضد جریان مهاجرت: هر جریان عمده مهاجرت یک ضد جریان جبران‌کننده را به وجود می‌آورد. با اینکه مهاجرت روستا به شهر جریان کلی مسلط را نشان می‌دهد، همیشه یک جریان معکوس مهاجرت از شهر به روستا نیز صورت می‌گیرد؛

۴. تفاوت شهر و روستا در میل به مهاجرت: افراد بومی شهرها کمتر از کسانی که در قسمت روستایی کشورند مهاجرت می‌کنند. ازین‌رو، در جریان مهاجرت داخلی میزان خالص مهاجرت از روستا به شهر بیشتر است؛

۵. تکنولوژی ارتباطات و مهاجرت: جریان‌های مهاجرت در طول زمان در نتیجه افزایش امکانات جابه‌جایی و توسعه صنعت و تجارت ماهیتاً رو به افزایش است؛

۶. فزونی شمار زنان در مهاجرت با مسافت کوتاه: به نظر می‌رسد میان مهاجران در مسافت کوتاه زنان برتری داشته باشند؛

۷. آخرین و مهم‌ترین اصل تسلط انگیزه اقتصادی است. قوانین بد و ظالمانه، مالیات‌های سنگین، آب‌وهوای نامناسب، محیط اجتماعی نامطلوب، و حتی اجبار (تجارت برده، حمل‌ونقل) در ایجاد جریان‌های مهاجرت مؤثر بوده و هنوز هم مؤثر است. اما، جریان‌هایی که این عوامل به وجود می‌آورند هیچ‌یک، از نظر حجم، قابل مقایسه با جریانی نیست که از میل باطنی اکثر انسان‌ها به بهبود جنبه‌های مادی زندگی سرچشمه می‌گیرد. به طور خلاصه، انگیزه اقتصادی در مجموعه عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری درباره مهاجرت از همه قوی‌تر است (Hosseini et al 2018: 3).

دیدگاه‌های گوناگونی در رابطه با جابه‌جایی جمعیت مطرح شده است که از آن میان دو مورد از دیدگاه‌های مهم‌تر در پژوهش حاضر آورده شده است:

الف) نظریه اکولوژی انسانی

نظریه اکولوژی انسانی، اگرچه در عنوان اصلی از مفاهیم مهاجرتی برخوردار نیست، در تبیین سازوکارهای مکانی مهاجرت‌های داخلی و عملکرد مهاجرتی مناطق می‌تواند بسیار مفید باشد. نظریه اکولوژی انسانی به عواملی چون تسلط مکانی، سلسله‌مراتب مکانی، و تفاوت‌های کارکردی مناطق مهم جمعیتی در ارتباط با تحلیل سازوکارهای مهاجرتی در سطح ملی و منطقه‌ای می‌پردازد. در این نظریه، بر دو جنبه اساسی از شبکه‌های ارتباطی و مهاجرتی بین مناطق و شهرها و روستاها تأکید می‌شود که عبارت‌اند از: ۱. فراوانی ارتباطات یک منطقه جغرافیایی با سیستم بزرگ‌تر سیاسی و اقتصادی از نظر تولید کالا و خدمات و تعداد جمعیت؛ ۲. شعاع و دامنه ارتباطات و تعاملات مادی و انسانی سیستم‌های بزرگ‌تر با سیستم‌های کوچک‌تر (Moshfeq & Husseini 2016: 6).

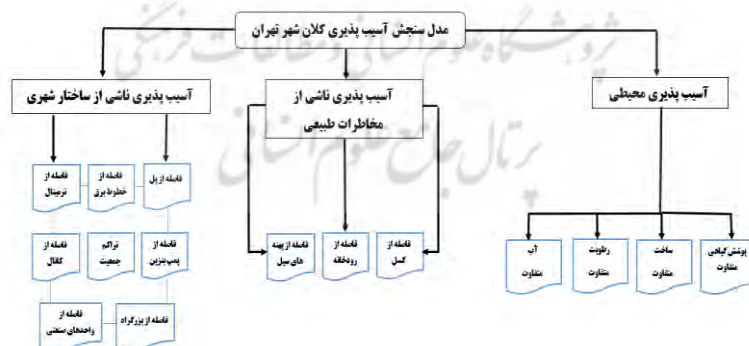
ب) نظریه جاذبه-دافعه

مهاجرت به عنوان مهم‌ترین صورت تحرک مکانی جمعیت در یک قلمرو جغرافیایی، حرکت یک فرد یا گروهی از افراد در امتداد مرزهای یک واحد سکونتگاهی به واحدی دیگر برای اقامت دائم یا موقت در مکانی غیر از زادگاه فرد است. انگیزه‌های مهاجرت افراد بسته به ویژگی‌های محیطی و شرایط

زمانی - مکانی هر کانون سکونتگاهی برای فرار از محل زندگی و حرکت به سوی مکانی دیگر متفاوت است. این محرک‌های حرکتی می‌تواند هم در مقصد هم در مبدأ ریشه داشته باشد. بدین معنا که عواملی سبب حرکت از مبدأ می‌شوند که اصطلاحاً به آن عامل «دافعه» می‌گویند و عواملی سبب تسریع حرکت در مقصد می‌شوند که به آن عامل «جاذبه» می‌گویند (Shamseddini & Gorjian 2010: 79).

برجسته‌ترین نکته‌ای که تقریباً در همه دیدگاه‌های مربوط به مهاجرت به صورت آشکار یا ضمنی به آن اشاره شده است نابرابری یا عدم تعادل منطقه‌ای است که به شیوه‌های مختلف عینی و ذهنی، ساختاری، خرد، و ... مطرح شده و زمینه‌ساز جاذبه مقاصد مهاجرت بوده یا به صورت دافعه‌ای برای نقاط مبدأ عمل کرده است. افراد در واکنش به این نابرابری‌ها اقدام به مهاجرت می‌کنند (Sadeghi & Shokryani 2016: 79).

پس از بیان مفاهیم آسیب‌پذیری و دیدگاه‌های مربوط به جابه‌جایی جمعیت، رابطه بین این دو مفهوم مشهود و قابل درک می‌شود. چون بسیاری از آسیب‌ها در کلان‌شهرها تحت تأثیر روندهای جمعیتی، تحرکات انسانی، و فرایندهای فیزیکی ناشی از فعالیت‌های انسانی اند. نوع الگوی تحرکات انسانی و روندهای جمعیتی می‌تواند در کاهش یا افزایش میزان آسیب‌پذیری شهرها به شدت اثرگذار باشد. شکل ۱ مدل مفهومی - تحلیلی سنجش میزان آسیب‌پذیری پژوهش را نشان می‌دهد. در ادامه، بعد از سنجش نهایی آسیب‌پذیری کلان‌شهر تهران، مبتنی بر عوامل و شاخص‌های تبیین‌شده در پژوهش حاضر، از طریق همبستگی‌های فضایی، ارتباط آسیب‌پذیری با شدت تغییرات جمعیتی برآورد می‌شود.



شکل ۱. مدل مفهومی - تحلیلی سنجش میزان آسیب‌پذیری پژوهش

پیشینه تجربی پژوهش

مرور پیشینه حوزه آسیب‌پذیری نشان‌دهنده طیف وسیعی از پژوهش‌های علمی و کاربردی در قالب ارزیابی رابطه آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات طبیعی، محیطی، و ساختار شهری در ارتباط با سیستم‌های انسانی و اجتماعی است. نمونه‌هایی از این پژوهش‌ها عبارت است از: بررسی شاخص‌های آسیب‌پذیری محیطی (Peruchi Trevisana et al 2020)، آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر سیلاب و بررسی تاب‌آوری به عنوان راه‌حلی برای کاهش خطرپذیری ناشی از سیلاب (Song et al 2019)، بررسی آسیب‌پذیری شهرهای تاریخی ایتالیا با رویکرد تاب‌آوری شهری و ساختار شهری (Amico & Currà 2014). نیز در مطالعه‌ای که دلانگه^۱ و همکارانش (۲۰۱۰) انجام دادند روش‌های آسیب‌پذیری با تمرکز بر سیستم‌های اکولوژیکی - اجتماعی بررسی شد. در یک طبقه‌بندی کلی این روش‌ها شامل آسیب‌پذیری اکولوژیکی یا اکوسیستم و روش‌های آسیب‌پذیری اجتماعی - اکولوژیکی بوده‌اند. شاخص ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه‌ای را اولین بار در امریکا بوغتون^۲ و همکارانش (۱۹۹۹) ارائه کردند. این روش به منزله سیستمی برای پیش‌آگاهی در شناسایی اکوسیستم‌هایی که قابلیت آسیب‌پذیری بیشتری را در طول ۵ تا ۲۵ سال آینده خواهند داشت توسعه داده شد (De Lange et al 2010). رویکرد آسیب‌پذیری و سنجش آسیب‌های ناشی از مخاطرات طبیعی و محیطی و ساختار شهری در پژوهش‌های داخل کشور نیز به کار گرفته شد. ذیحی و همکارانش (۱۳۹۰) به تحلیل شکل مطلوب شهر پایدار ایمن و عوامل و عناصر شکل‌دهنده این شهر، مانند فرم ساختار تراکم کاربری مکان‌یابی شهر، پرداختند. نتیجه پژوهش آنان الزامات و تمهیدات شهرسازی را در کاهش خسارات ناشی از حوادث طبیعی، مانند زلزله، نشان داد. عیسی‌لو و همکارانش (۱۳۹۵) آسیب‌پذیری کالبدی ناشی از مخاطرات طبیعی در شهر تهران را مطالعه کردند. آن‌ها در رأس عوامل مختلف آسیب‌پذیری شهر تهران به وضعیت بد عناصر کالبدی و کاربری‌های نامناسب شهری، شبکه ارتباطی ناکارآمد، بافت شهری فشرده و فرسوده، تراکم شهری بالا، وضعیت بد استقرار کاربری‌های درمان، کمبود و توزیع نامناسب فضاهای باز شهری، و ... به عنوان عواملی که نقش اساسی در افزایش میزان آسیب‌های وارده به شهر تهران هنگام وقوع زمین‌لرزه دارند اشاره کردند. امینی ورکی و همکارانش (۱۳۹۳) به تعیین دیدگاه‌های

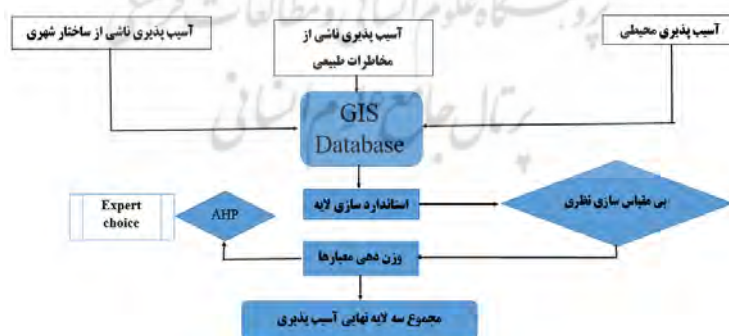
1. DeLange

2. Boughton

حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار بر آن پرداختند. چون آسیب‌پذیری شهری دربرگیرنده همه عوامل موجود در یک شهر است. به عبارت دیگر مخاطرات محیطی بر همه اجزای یک شهر اثر می‌گذارند. سامانه‌های شهری تحت آسیب‌پذیری مخاطرات محیطی، از جمله طبیعی و انسان‌ساخت، هستند. وقوع آن‌ها کارکرد هر یک از سامانه‌های شهری را می‌تواند مختل یا متوقف کند. بروز اختلال در هر یک از سامانه‌ها ادامه کارکرد سایر سامانه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد. بنابراین، پدیده آسیب‌پذیری شهری کل نظام را در بر می‌گیرد و ازین‌رو خطر بروز بحران را افزایش می‌دهد (Ammini Varaki et al 2015: 16).

مواد و روش‌ها

جهت مدل‌سازی آسیب‌پذیری در مقیاس مناطق بیست و دوگانه کلان‌شهر تهران از تکنیک‌های تحلیل فضایی، سنجش از دور، و سیستم اطلاعات جغرافیایی بهره گرفته شد. ابتدا از طریق جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای شناسایی پهنه‌های آسیب‌پذیر با توجه به مدل سنجشی مورد نظر به تهیه لایه فضایی آسیب‌پذیری طی سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ پرداخته شد. در ادامه از طریق مدل من‌کندال روند تغییرات شدت آسیب‌پذیری استخراج شد و در نهایت با توجه به تحولات جمعیتی بین مناطق بیست و دوگانه شهر تهران میزان ارتباط و همبستگی فضایی آن مورد سنجش قرار گرفت. شکل ۲ روش اجرایی و هر عامل و شاخص را نشان می‌دهد که نتایج آن در ادامه از طریق Spatial correlation analysis بر اساس تحولات جمعیتی مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل ۲. روش اجرایی- عملیاتی مدل سنجشی در عامل‌های مختلف

در این مطالعه، بر اساس فرایند ترسیم‌شده در بخش پیشین، معیارهای مناسب در هر مرحله با توجه به در دسترس بودن داده‌ها و امکان فضایی کردن آن انتخاب شد. پس از جمع‌آوری لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، سیستم مختصات واحد (UTM 39) برای همه لایه‌های تعریف شد. سپس، مطابق روش‌شناسی مشخص‌شده در شکل ۱ شاخص‌های کلی محاسبه شد و در نهایت شاخص آسیب‌پذیری کلان‌شهر تهران با ادغام سه شاخص کلی به دست آمد. شاخص‌های آسیب‌پذیری در سه بخش از طریق رابطه ۱ محاسبه شد:

$$VI \cong \sum_{i=1}^n W_i F_i \quad (1)$$

که در آن VI بیان‌کننده شاخص آسیب‌پذیری، W_i وزن به دست آمده به روش تحلیل سلسله‌مراتبی، و F_i نشان‌دهنده معیارهای مورد استفاده است. همچنین، در جدول ۲ شاخص‌های سنجش مدل مفهومی و میزان ضرایب اهمیت آن‌ها از طریق AHP به تفکیک هر عامل نشان داده شده است. گفتنی است مقایسه دو به دوی AHP بر اساس روش شاخص‌ها و عامل از طریق روش دلفی با استفاده از نظر ده کارشناس خبره در حوزه‌های مرتبط شهرسازی، جغرافیا و محیط زیست شهری، علوم جمعیتی، و ... صورت گرفت.

در انتها به کمک تحلیل فضایی و به واسطه خروجی نهایی تغییرات شدت آسیب‌پذیری محیطی ارتباط فضایی- مکانی آن با تغییرات تراکم جمعیتی سنجیده شد. تحلیل فضایی یک بخش اساسی سیستم اطلاعات جغرافیایی است. سه کاربرد تحلیل فضایی در سیستم اطلاعات جغرافیایی شناخت صفات و ویژگی‌ها و پرسش و پاسخ وابسته به مکان و تولید پایگاه اطلاعاتی جدید از اطلاعات اولیه هستند (Burk et al 2006). محققان زیادی بر ضرورت استفاده از ابزارها و تکنیک‌های «تحلیل اکتشافی فضایی داده‌ها»^۱ تأکید کرده‌اند (Anselin 1996) و رویکردهای متفاوتی برای چنین تحلیلی مطرح شده است (Soleimani et al 2017).

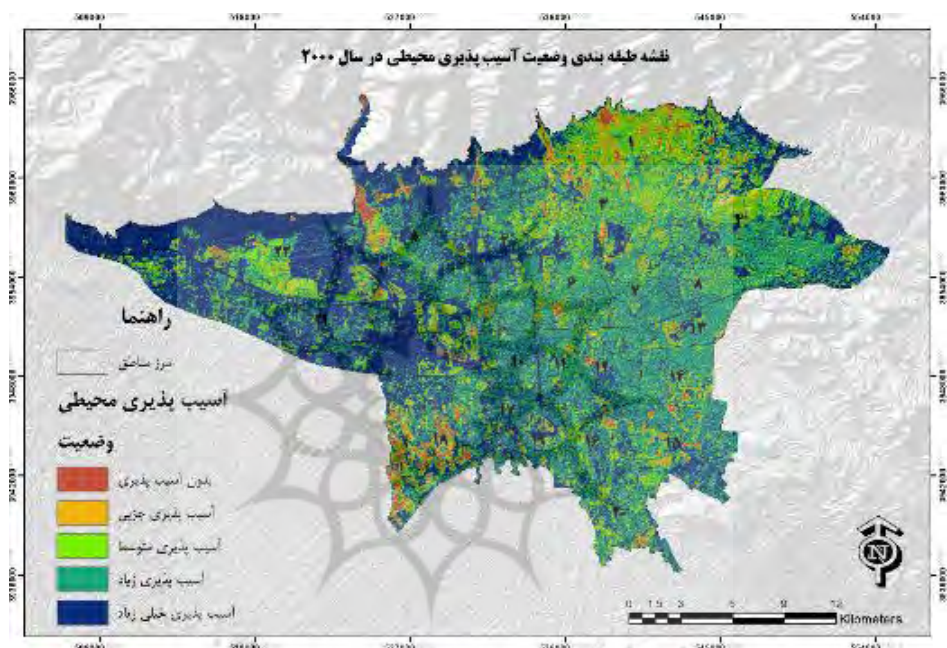
جدول ۲. شاخص‌های سنجش مدل مفهومی و میزان ضرایب اهمیت آن‌ها از طریق AHP

ضریب سازگاری	وزن	نام معیار	نام عامل برگزیده	شاخص‌ها	پژوهشگران
۰/۰۵	۰/۴۴	تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)	آسیب‌پذیری محیطی	بارش، پوشش گیاهی، جهت شیب، شیب سطحی، کاربری اراضی، دما، رطوبت نسبی، تابش خورشید	شریف‌زادگان و فتحی (۲۰۰۶)؛ شمسی‌پور و شیخی (۲۰۱۰)
	۰/۳۷	تفاوت ساخت (NDBI)			
	۰/۱۴	تفاوت رطوبت (NDMI)			
	۰/۰۵	تفاوت آب (NDWI)			
۰/۰۵	۰/۰۹	فاصله از رودخانه	آسیب‌پذیری مخاطرات طبیعی	لیتولوژی، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، جهت شیب، فاصله از شبکه زه‌کشی، زمین‌شناسی، فاصله از رودخانه‌ها، جنس مصالح زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی	شیرانی و همکاران (۲۰۰۶)، صفاری (۲۰۱۴)، عابدینی و یعقوب‌نژاد (۲۰۱۷)، شایان و عمونیا (۲۰۱۷)، کامران‌زاد و همکاران (۲۰۱۸)، یمانی صالحی‌پور و میلانی (۲۰۱۸) به نقل از: اسدی و همکاران (۲۰۱۹)
	۰/۵۶	فاصله از گسل			
۰/۰۷	۰/۲۲	تراکم جمعیت	آسیب‌پذیری ناشی از ساختار شهری	شبکه ارتباطی، تراکم شهری، تراکم و فشردگی، کیفیت تأسیسات و تجهیزات شهری، رابطه پر و خالی، عرض معابر، درجه محصوریت، تراکم ساختمان، تراکم جمعیتی، فاصله از مراکز خطر، فاصله از معابر درجه یک، دسترسی به فضاهای باز	احمدی (۱۹۹۷)، بحرینی (۱۹۹۸)، حبیبی و همکاران (۲۰۰۸)، شیعه و همکاران (۲۰۱۰)، پیشگاهی‌فرد و همکاران (۲۰۱۱) به نقل از: عیسی‌لو و همکاران (۲۰۱۶)
	۰/۱۳	فاصله از پمپ بنزین			
	۰/۰۶	فاصله از ترمینال			
	۰/۱۱	فاصله از پل			
	۰/۰۹	فاصله از خطوط انتقال برق			
	۰/۱۸	فاصله از نواحی صنعتی			
	۰/۰۶	فاصله از کانال			
	۰/۱۵	فاصله از بزرگراه‌ها			

تحلیل یافته‌ها

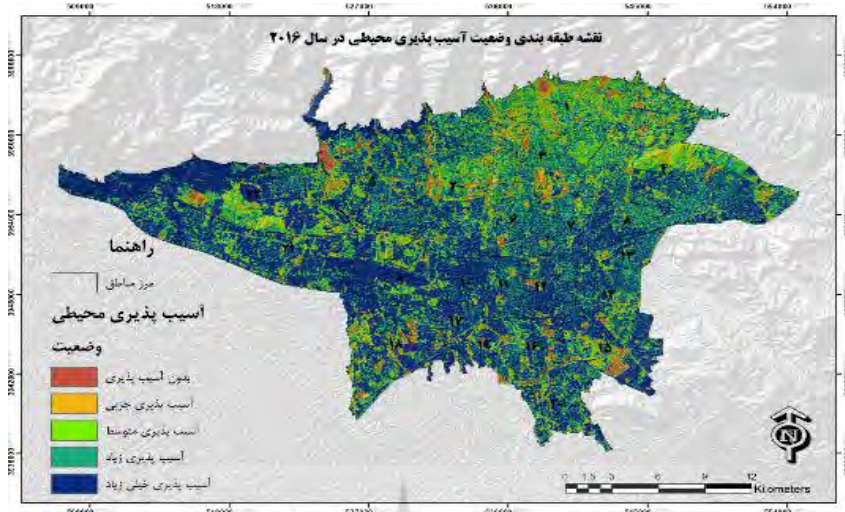
همان‌طور که در بخش‌های قبلی تبیین شد، هدف اصلی از این مطالعه سنجش همبستگی فضایی بین آسیب‌پذیری در سطح کلان‌شهر تهران و تحولات تراکم جمعیتی بین مناطق بیست و دوگانه

شهر تهران بود. متناسب با این هدف، معیارهای تحقیق در سه بخش آسیب‌پذیری محیطی با استفاده از داده‌های سنجش از دور در دو دوره آماری (۲۰۱۶ و ۲۰۰۰) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ در محیط نرم‌افزار ENVI پس از عملیات پیش‌پردازش (تصحیح رادیومتریک و تصحیح اتمسفریک) استخراج شد. نتایج این بخش به صورت دو شاخص آسیب‌پذیری محیطی در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۰۰ در شکل‌های ۳ و ۴ در ادامه نشان داده شده است.



شکل ۳. طبقه‌بندی وضعیت آسیب‌پذیری محیطی کلان‌شهر تهران در سال ۲۰۰۰

از مقایسه شکل ۳ با شکل ۴، که در ادامه آمده است، می‌توان دریافت که بیشترین میزان تغییر در منطقه شمال شرق تهران در مناطق ۱ و ۳ و ۴ و همچنین در مناطق مرکز کلان‌شهر تهران با افزایش روند جمعیت و به تبع آن ایجاد آسیب‌های محیطی در مناطق ۶، ۷، ۱۰، ۱۱، و ۱۲ بوده است.

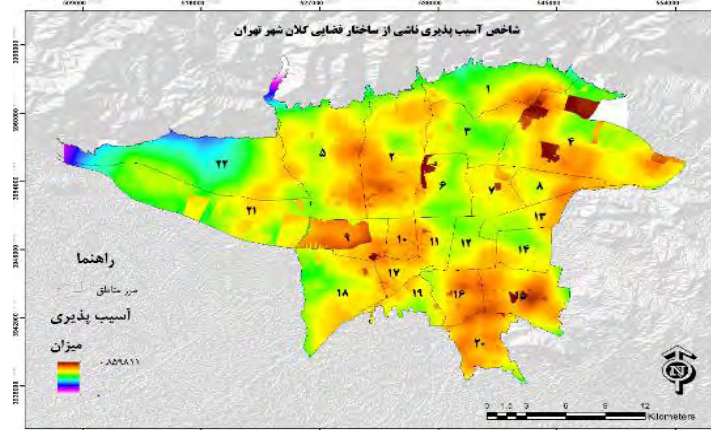


شکل ۴. طبقه بندی وضعیت آسیب پذیری محیطی کلان شهر تهران در سال ۲۰۱۶

با توجه به نقشه های طبقات آسیب پذیری محیطی مشاهده می شود میزان توزیع طبقات بدون آسیب پذیری و آسیب پذیری جزئی در سال ۲۰۱۶ نسبت به سال ۲۰۰۰ میلادی کمتر شده است و در مقابل توزیع یا تبدیل طبقه آسیب پذیری زیاد به طبقه آسیب پذیری خیلی زیاد در سال ۲۰۱۶ نسبت به سال ۲۰۰۰، به ویژه در مناطق مرکزی و جنوبی کلان شهر تهران، افزایش یافته است. این روند نشان دهنده تشدید آسیب پذیری محیطی طی دو دهه اخیر است. از سوی دیگر شاخص آسیب پذیری ناشی از ساختار فضایی کلان شهر تهران، که با استفاده از هشت معیار استخراج شد، گویای وضعیت آسیب پذیری کلان شهر تهران هنگام وقوع بحران است. در واقع، با توجه با معیارهای کاربردی در این شاخص عمدتاً شریان های حیاتی، تراکم جمعیت، و منابع ایجاد آلودگی های زیست محیطی یکپارچه شده تا لایه یکپارچه از وضعیت آسیب پذیری ناشی از زیرساخت های شهری ساختار فضایی به وجود آید. با توجه به نقش و اهمیت نسبی معیارهای انتخاب شده در تعیین پهنه های آسیب پذیر مشخص است که معیار تراکم جمعیت به منزله شاخص اثرگذار در پهنه بندی میزان آسیب پذیری ناشی از ساختار فضایی نقش قابل توجهی داشته است.

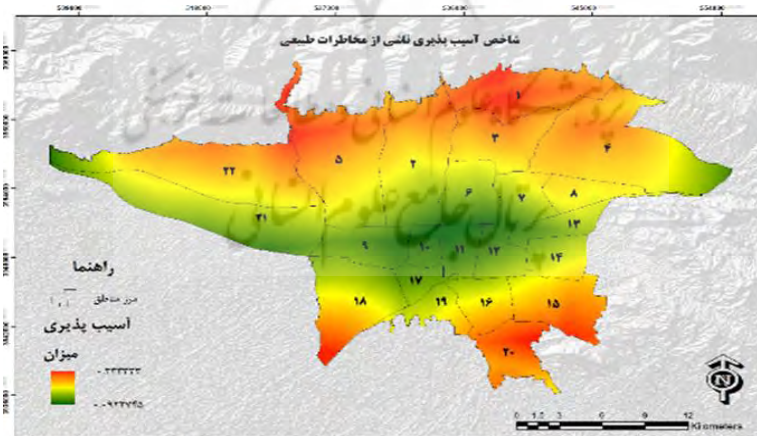
شکل ۵ آسیب پذیری ناشی از ساختار فضایی کلان شهر تهران را نشان می دهد.

شکل ۵ حاکی از آن است که در مناطق ۴، ۶، ۹، و ۱۵ بیشترین میزان آسیب پذیری وجود دارد.



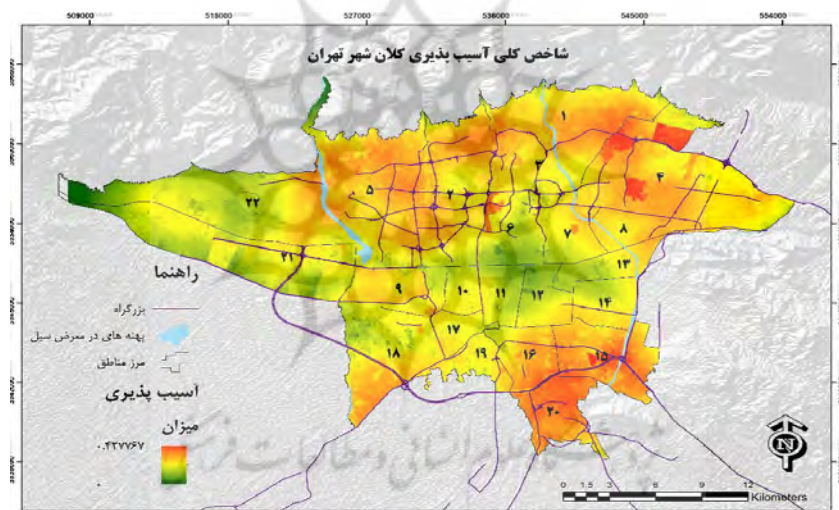
شکل ۵. آسیب‌پذیری ناشی از ساختار فضایی در کلان‌شهر تهران

همان‌طور که در بخش معرفی معیارهای شاخص آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات طبیعی توضیح داده شد، کلان‌شهر تهران در پهنه‌های شمالی و جنوبی با تهدید وقوع زلزله مواجه است که طبیعتاً شدت وقوع آن کل کلان‌شهر تهران را تحت تأثیر قرار خواهد داد. علاوه بر این، طبق پژوهش‌های مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران (۱۳۸۴) پهنه‌های شمال و شمال غرب و همچنین شمال شرق با تهدید ناشی از وقوع سیلاب روبه‌روست. با ترکیب و ادغام معیارهای تهیه‌شده شاخص آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات طبیعی در سطح کلان‌شهر تهران در قالب شکل ۶ نمایان است.



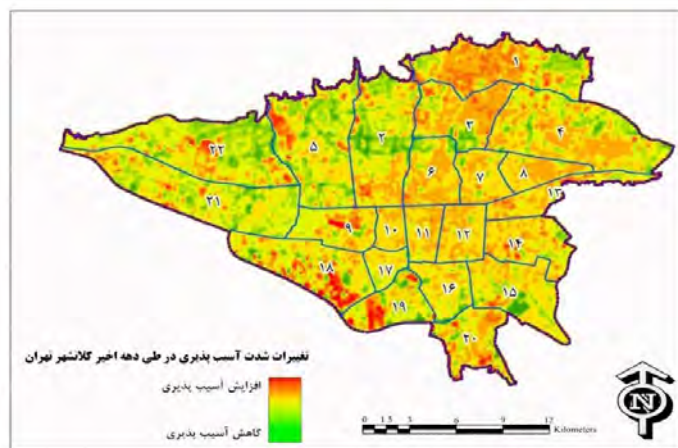
شکل ۶. آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات طبیعی در کلان‌شهر تهران

در نهایت، پس از اینکه شاخص‌های آسیب‌پذیری در هر سه مرحله یادشده محاسبه و استخراج شد، آخرین مرحله فرایند ارزیابی آسیب‌پذیری محیطی کلان‌شهر تهران تلفیق و روی هم‌گذاری خروجی سه شاخص قبلی است. جهت ارائه شاخص کلی آسیب‌پذیری از تابع Cell Statists در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده و مجموع سه شاخص محاسبه شد. نتایج این بخش در قالب نقشه شاخص کلی آسیب‌پذیری کلان‌شهر تهران در شکل ۷ مشاهده می‌شود. مطابق آخرین نتایج به دست آمده بیشترین میزان آسیب‌پذیری در بخش‌های جنوب شرقی (محدوده اداری مناطق ۱۵ و ۱۶ و ۲۰) قرار گرفته است. علاوه بر این، نوار شمالی بیشترین میزان آسیب‌پذیری از مراکز منطقه ۴ در شمال غرب تهران شروع شده و تا انتهای محدوده اداری منطقه ۵ و پهنه‌هایی از منطقه ۲۲ ادامه یافته است.



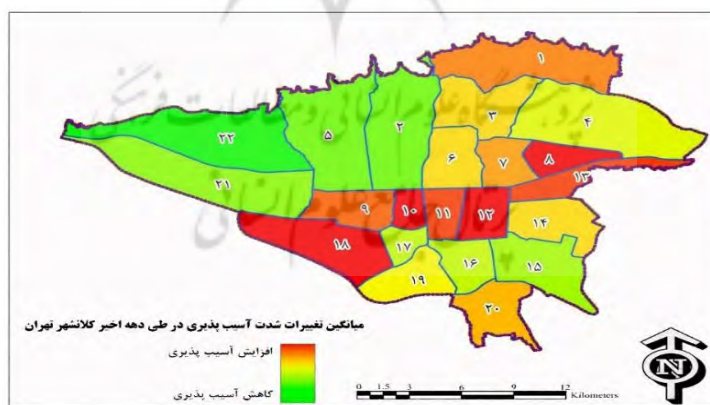
شکل ۷. نقشه شاخص کلی آسیب‌پذیری کلان‌شهر تهران در برابر مخاطرات محیطی

بعد از استخراج نقشه‌های فضایی میزان آسیب‌پذیری طی سال‌های (۲۰۰۰ و ۲۰۱۶) از طریق روش من کندال به برآورد میزان تغییرات شدت آسیب‌پذیری طی بازه زمانی یادشده پرداخته شد. شکل‌های ۸ و ۹ تغییرات شدت آسیب‌پذیری و همچنین میانگین این تغییرات را به صورت فضایی- مکانی نشان می‌دهند.



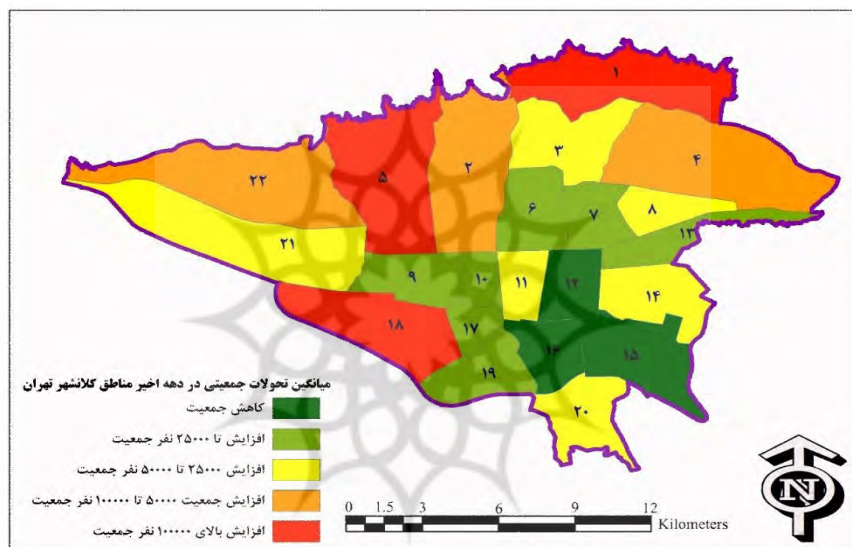
شکل ۸. نقشه تغییرات شدت آسیب پذیری طی دهه اخیر در کلان شهر تهران

همان گونه که در شکل ۸ دیده می شود، در حوزه شمالی مناطق ۱ و ۳ افزایش آسیب پذیری اتفاق افتاده است. همچنین در حوزه جنوبی هم در قسمت هایی از مناطق ۱۸ و ۱۹ بالاترین میزان افزایش آسیب پذیری وجود دارد. به صورت کلی، در حوزه شمال غربی آسیب پذیری کاهش یافته است. در ادامه، میانگین تغییرات شدت آسیب پذیری در سطح مناطق بیست و دو گانه محاسبه شده که در شکل ۹ قابل مشاهده است.



شکل ۹. میانگین تغییرات شدت آسیب پذیری طی دهه اخیر در کلان شهر تهران

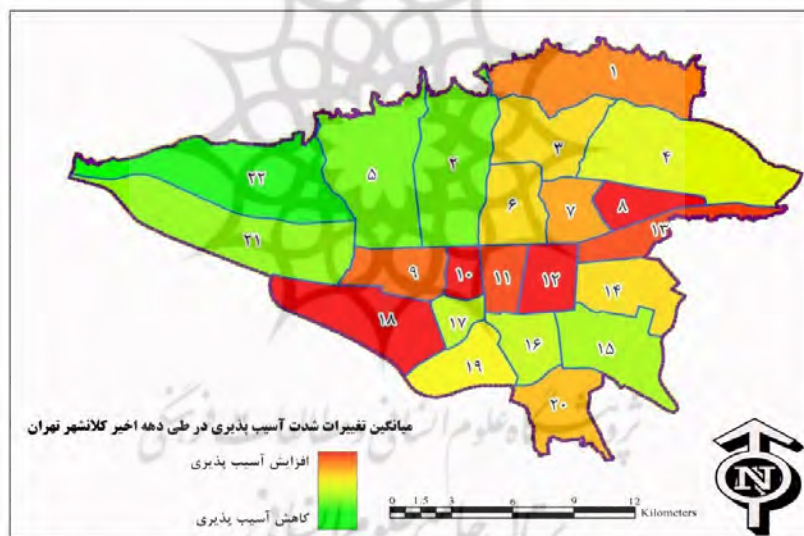
نقشه میانگین تغییرات شدت آسیب پذیری حاکی از آن است که از حیث میانگین تغییرات شدت آسیب پذیری طی یکی دو دهه اخیر در مناطقی که در محوریت مرکزی شرق به غرب واقع شده اند آسیب پذیری افزایش یافته است. آمار موجود از جمعیت ساکن در نواحی مختلف تهران حاکی از آن است که روند جمعیت پذیری مناطق بیست و دوگانه کلان شهر تهران در فاصله زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۵ به یک میزان نبوده است. شکل شماره ۱۰ میانگین تحولات تراکم جمعیتی را با توجه به آمار سرشماری سال ۱۳۹۵ برای دهه اخیر نشان می دهد.



شکل ۱۰. پراکنش میانگین تراکم تحولات جمعیتی در دهه اخیر مناطق بیست و دوگانه کلان شهر تهران

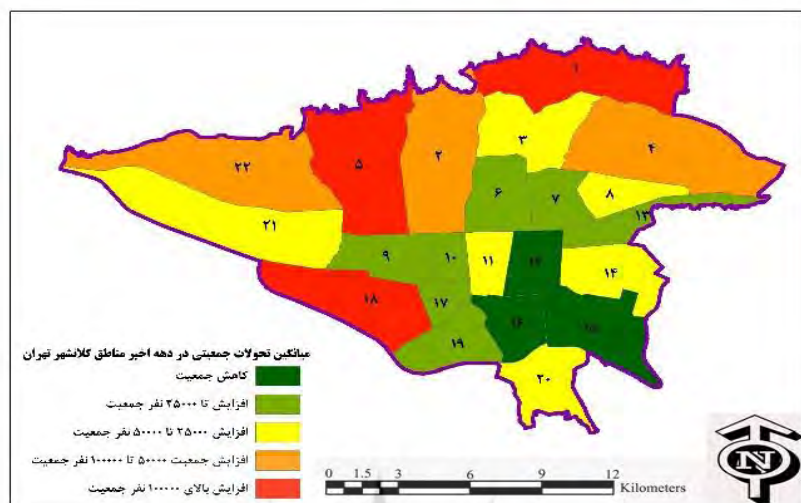
بررسی به عمل آمده طی چهار دهه گذشته ویژگی هایی را نشان می دهد که به طور خلاصه می توان آن ها را چنین بیان کرد: مناطق مرکزی شهر تهران به ویژه منطقه ۱۲ طی دهه اخیر با کاهش جمعیت روبه رو شده و مناطقی که در لبه های پیرامونی واقع شده اند بیشترین افزایش جمعیت را به واسطه بارگذاری وسیع ساخت و ساز داشته اند. مناطق ۱ و ۵ و ۱۸ بیشترین افزایش جمعیت را در یک دهه اخیر داشته اند. در مجموع باید گفت نیمه شمالی شهر نسبت به نیمه جنوبی به مراتب افزایش جمعیت بیشتری داشته است.

تحلیل آسیب‌پذیری ناشی از ساختار فضایی شهری تبیین‌کننده بیشترین میزان آن در پهنه‌های شمال شرقی و غرب تهران است؛ در حالی که آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات محیطی به صورت نواری است که در شمال و جنوب کلان‌شهر تهران توزیع یافته است و محدوده بین این دو نوار تهدیدآمیز در امنیت نسبی قرار دارد. از این رو، مناطق ۱۵، ۱۶، ۱۸، و ۲۰ در جنوب تهران و مناطق ۱، ۲، ۴، و ۵ در شمال تهران بیشترین میزان آسیب‌پذیری را داشته‌اند. مقایسه روند این دو تحولات در دهه اخیر شهر تهران می‌تواند هشدارهای جهت کنترل تحولات جمعیتی برای برنامه‌ریزان و مدیران کلان‌شهر تهران، به منظور هدایت و مدیریت بهینه تحولات جمعیتی بین مناطق، باشد. شکل ۱۱ به صورت فضایی میزان میانگین شدت تغییرات آسیب‌پذیری جمعیتی در مناطق بیست‌ودوگانه کلان‌شهر تهران را در دهه اخیر نشان می‌دهد.



شکل ۱۱. میانگین شدت تغییرات آسیب‌پذیری در مناطق بیست‌ودوگانه کلان‌شهر تهران

آخرین خروجی پژوهش حاضر (شکل ۱۲) مربوط به میانگین تحولات جمعیتی در مناطق بیست‌ودوگانه کلان‌شهر تهران در دهه اخیر است که در ادامه با نقشه میزان میانگین شدت تغییرات آسیب‌پذیری مقایسه می‌شود.



شکل ۱۲. میانگین تحولات جمعیتی در مناطق بیست و دوگانه کلان‌شهر تهران

مقایسه دو خروجی تحلیلی فضایی فوق نشان می‌دهد نیمه جنوبی شهر در یک دهه اخیر دارای بیشترین افزایش آسیب پذیری بوده است که به سبب آن بیشترین کاهش جمعیت را داشته است. البته، باید به منطقه ۱۸ در این نیمه، که در پهنه غربی شهر واقع شده است، اشاره کرد که به رغم افزایش آسیب پذیری با افزایش جمعیت روبه‌رو شده است. اما در نیمه شمالی می‌توان ارزیابی را در دو پهنه غربی و شرقی این نیمه به صورت مجزا تحلیل کرد. در پهنه شرقی نیمه شمالی شهر، که آسیب پذیری افزایش یافته است، طی یک دهه اخیر جمعیت هم به شدت بیشتر شده است که این تحولات می‌تواند در بحران‌های احتمالی آینده این بخش از شهر را به شدت دچار چالش کند. در پهنه غربی نیمه شمالی کاهش آسیب پذیری همراه با افزایش جمعیت شهری حادث شده است که می‌توان به ظرفیت پذیری جمعیت مورد قبول این بخش از شهر از حیث تغییرات آسیب‌پذیری اشاره کرد.

نتیجه

امروزه ارزیابی و تحلیل و بررسی مخاطرات محیطی از جایگاهی ویژه بین مدیران و برنامه‌ریزان برخوردار است. اما اغلب ساخت‌وسازهای شهری، فعالیت‌های انسانی، بارگذاری فعالیت‌های

ساختاری شهرها، و همچنین تحولات جمعیتی بین مناطق شهرها بدون توجه به این مخاطرات و ظرفیت‌پذیری محیطی صورت می‌گیرد که می‌تواند خسارت‌های جانی و مالی بسیاری را به دنبال داشته باشد. ازین رو، در پژوهش حاضر از طریق مدل‌های تحلیلی به‌کارگرفته‌شده و با توجه به شاخص‌های منتخب ارزیابی آسیب‌پذیری در سه حوزه محیطی، مخاطرات طبیعی، و ساختار شهری (حوزه‌های منتخب پژوهش حاضر) به دست آمد. به منظور نتیجه‌گیری صحیح و دقیق از یافته‌های پژوهش، کلان‌شهر تهران به پنج پهنه مرکزی، شمال غربی، جنوب غربی، شمال شرقی، و جنوب شرقی تقسیم شد (جدول ۳). روند آسیب‌پذیری محیطی طی بازه زمانی بین (۲۰۰۰-۲۰۱۶)، بر روند افزایش فشار حاصل از توسعه فعالیت‌های انسانی و تحرکات جمعیتی به واسطه سیاست‌های شهرسازی به ویژه در مناطق مرکزی کلان‌شهر تهران تاکید دارد. در نتیجه شاهد خالی شدن این پهنه، به‌خصوص منطقه ۱۲، از سکنه بوده‌ایم؛ درحالی‌که بر جمعیت غیر ساکن و فعال طی روز افزوده شده است. این بدین معناست که در حال حاضر این پهنه بیشتر به فعالیت‌های تجاری و اداری اختصاص پیدا کرده است. بنابراین، سیاست‌های کاهش آسیب‌پذیری محیطی بر اساس معیارهای چهارگانه منتخب این عامل باید با اولویت مناطق ۶، ۷، ۱۰، ۱۱، و ۱۲ که بیشترین میزان آسیب‌پذیری را در این حوزه داشته‌اند اتخاذ شود. در این میان طبق بررسی‌ها منطقه ۶ بیشترین میزان آسیب‌پذیری ناشی از ساختار شهری را دارد. ازین رو توجه ویژه مدیریت شهری را می‌طلبد.

هشت معیار در نظر گرفته‌شده جهت بررسی آسیب‌پذیری عامل ناشی از ساختار شهری در کلان‌شهر تهران گویای آسیب‌پذیری پهنه شمال غربی و شرقی این کلان‌شهر هنگام وقوع بحران است که در این میان معیار تراکم جمعیت، به منزله شاخص اثرگذار در پهنه بندی میزان آسیب‌پذیری ناشی از ساختار فضایی، نقش قابل توجهی داشته است. پس، سیاست کاهش آسیب‌پذیری با توجه ویژه به معیار تراکم جمعیت در این پهنه‌ها ضروری است. در جدول ۳ در قالب ۵ پهنه و ۲۲ منطقه روندهای آسیب‌پذیری و تغییرات جمعیتی جمع‌بندی شده است.

جدول ۳. وضعیت آسیب‌پذیری کلان‌شهر تهران

بهنه‌ها	روید آسیب‌پذیری محیطی	روید آسیب‌پذیری ناشی از ساختار شهری	روید آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات طبیعی	وضعیت آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات محیطی	وضعیت آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی	روید تغییرات جمعیتی
بهنه مرکزی	منطقه ۶	افزایش	بیشترین میزان	نامحسوس	نامحسوس	افزایش
	منطقه ۷	افزایش	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	افزایش
	منطقه ۱۰	افزایش	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	افزایش
	منطقه ۱۱	افزایش	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	افزایش
بهنه شمال غربی	منطقه ۱۲	افزایش	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	کاهش
	منطقه ۲	نامحسوس	نامحسوس	بیشترین میزان	بیشترین میزان	تهدید زلزله و سیلاب
	منطقه ۵	نامحسوس	نامحسوس	بیشترین میزان	بیشترین میزان	تهدید زلزله و سیلاب
	منطقه ۲۱	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	تهدید زلزله و سیلاب
بهنه غربی	منطقه ۲۲	نامحسوس	نامحسوس	بیشترین میزان	بیشترین میزان	تهدید زلزله و سیلاب
	منطقه ۹	نامحسوس	بیشترین میزان	نامحسوس	نامحسوس	تهدید زلزله
	منطقه ۱۸	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	تهدید زلزله
	منطقه ۱۹	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	تهدید زلزله
بهنه جنوب شرقی	منطقه ۱۴	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	تهدید زلزله
	منطقه ۱۵	نامحسوس	بیشترین میزان	بیشترین میزان	بیشترین میزان (محدوده اداری)	تهدید زلزله
	منطقه ۱۶	نامحسوس	نامحسوس	بیشترین میزان	بیشترین میزان (محدوده اداری)	تهدید زلزله
	منطقه ۲۰	نامحسوس	نامحسوس	بیشترین میزان	بیشترین میزان (محدوده اداری)	تهدید زلزله
بهنه شمال شرقی	منطقه ۱	افزایش	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	تهدید زلزله و سیلاب
	منطقه ۳	افزایش	نامحسوس	بیشترین میزان	بیشترین میزان	تهدید زلزله و سیلاب
	منطقه ۴	افزایش	بیشترین میزان	بیشترین میزان	بیشترین میزان	تهدید زلزله و سیلاب
	منطقه ۷	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	تهدید زلزله و سیلاب
	منطقه ۸	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	تهدید زلزله و سیلاب
	منطقه ۱۳	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	نامحسوس	تهدید زلزله و سیلاب

در بررسی میزان آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات طبیعی، با توجه به اسناد موجود، تهدید در پهنه‌های شمالی و جنوبی از نظر وقوع زلزله و تأثیر آن بر کل شهر وجود دارد. همچنین پهنه‌های شمال و شمال غرب و شمال شرق که با تهدید ناشی از وقوع سیلاب روبه‌رو هستند باید به شدت تحت نظارت و کنترل قرار بگیرند و هشدارهای خطر صادر شود تا بعد از بحران‌های احتمالی از آسیب‌های جانی و مالی جلوگیری شود. راهکارهای پیشنهادی جهت کاهش و پیشگیری کاهش آسیب‌پذیری عبارت‌اند از:

۱. در نظر گرفتن مسیری ویژه جهت دفع آب‌های ناشی از بارندگی فصلی در پهنه‌های شمال غربی و شرقی؛
۲. توسعه مسیرها و راه‌های ارتباطی ثانویه بین پهنه شمال و جنوب برای ارتباط‌دهی نقاط مورد نظر در موقعیت‌های خطرناک، مثل زمین‌لرزه؛
۳. جابه‌جایی یا مقاوم‌سازی کاربری‌های موجود در پهنه مرکزی، به خصوص منطقه ۶؛
۴. مقاوم‌سازی ابنیه و اماکن عمومی آسیب‌پذیر در همه پهنه‌ها، به خصوص پهنه مرکزی؛
۵. پیشگیری از ساخت‌وسازهای غیر اصولی در پهنه‌های شمالی و جنوبی؛
۶. نوسازی، مقاوم‌سازی، یا جابه‌جایی ابنیه مسکونی با آسیب‌پذیری در همه پهنه‌ها؛
۷. ایجاد یا تقویت پوشش گیاهی مناسب در پهنه مرکزی.

گفتنی است یافته‌های پژوهش حاضر جهت اجرایی شدن باید در بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی و تشریح روابط بین مخاطرات محیطی و نیم‌رخ اجتماعی - اقتصادی فضای شهری به صورت مبسوط ارزیابی شود. بنابراین، امید است نتایج این پژوهش در لایه‌های خرد مدیریت شهری و در سطح مناطق بیست‌و دوگانه به طور تفصیلی بررسی شود تا نقش هر یک از مناطق به عنوان جزئی از یک سیستم یکپارچه شهری در ایجاد شهری تاب‌آور در برابر انواع بحران‌ها مفید واقع شود.

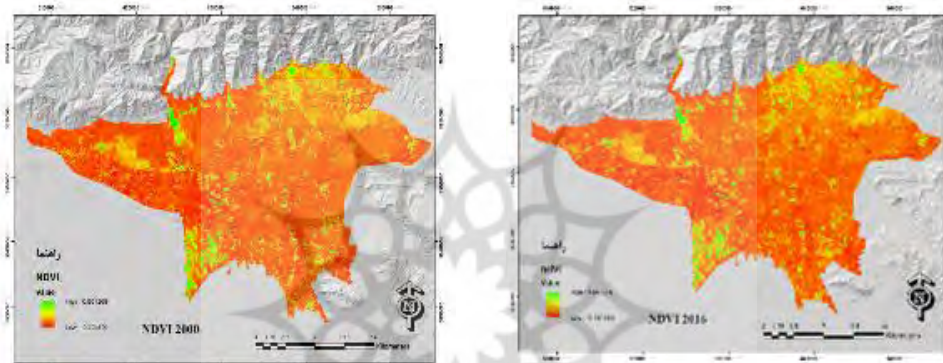
پیوست

در این قسمت مستندات تحلیل‌های فضایی به‌دست‌آمده در مدل‌سنجشی پژوهشی در دو بخش شاخص‌های بخش‌سنجش از دور و همچنین معیارهای آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات محیطی و ساختار شهری به صورت نقشه ارائه شده است.

الف) شاخص‌های بخش‌سنجش از دور

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

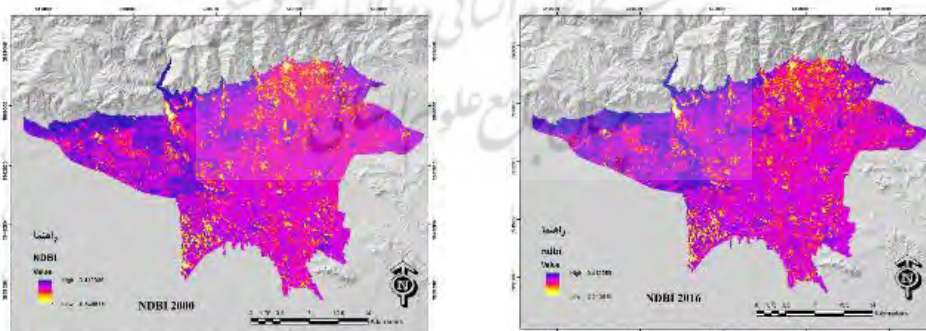
$$NDVI \cong \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$



شکل ۱۳. شاخص سبزی‌نگی (NDVI) در سال‌های ۲۰۱۶ (راست) و ۲۰۰۰ (چپ)

Normalized Difference Build-up Index (NDBI)

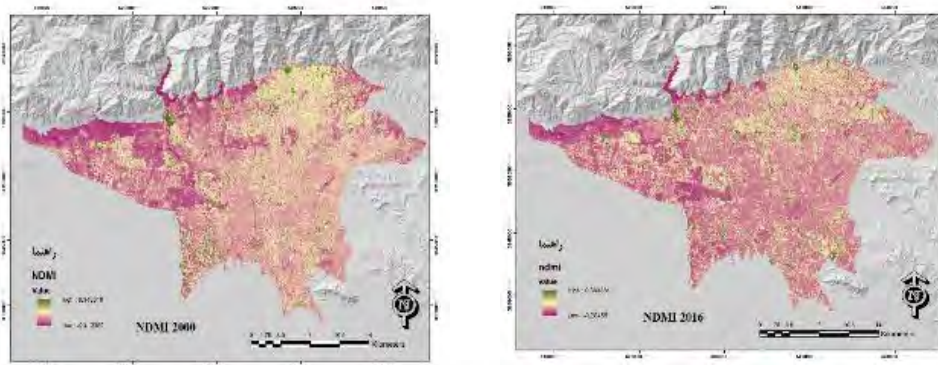
$$NDBI \cong \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR},$$



شکل ۱۴. شاخص (NDBI) در سال‌های ۲۰۱۶ (راست) و ۲۰۰۰ (چپ)

Normalized Difference Moisture Index (NDMI):

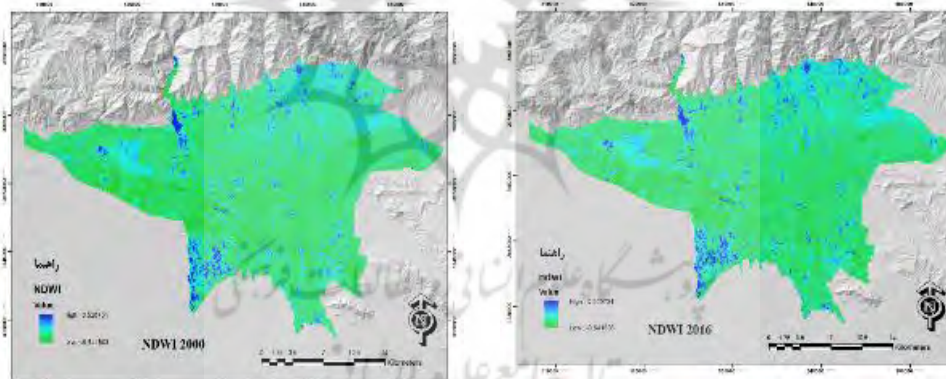
$$NDMI \cong +NIR - SWIR, / +NIR + SWIR,$$



شکل ۱۵. شاخص (NDMI) در سال‌های ۲۰۱۶ (راست) و ۲۰۰۰ (چپ)

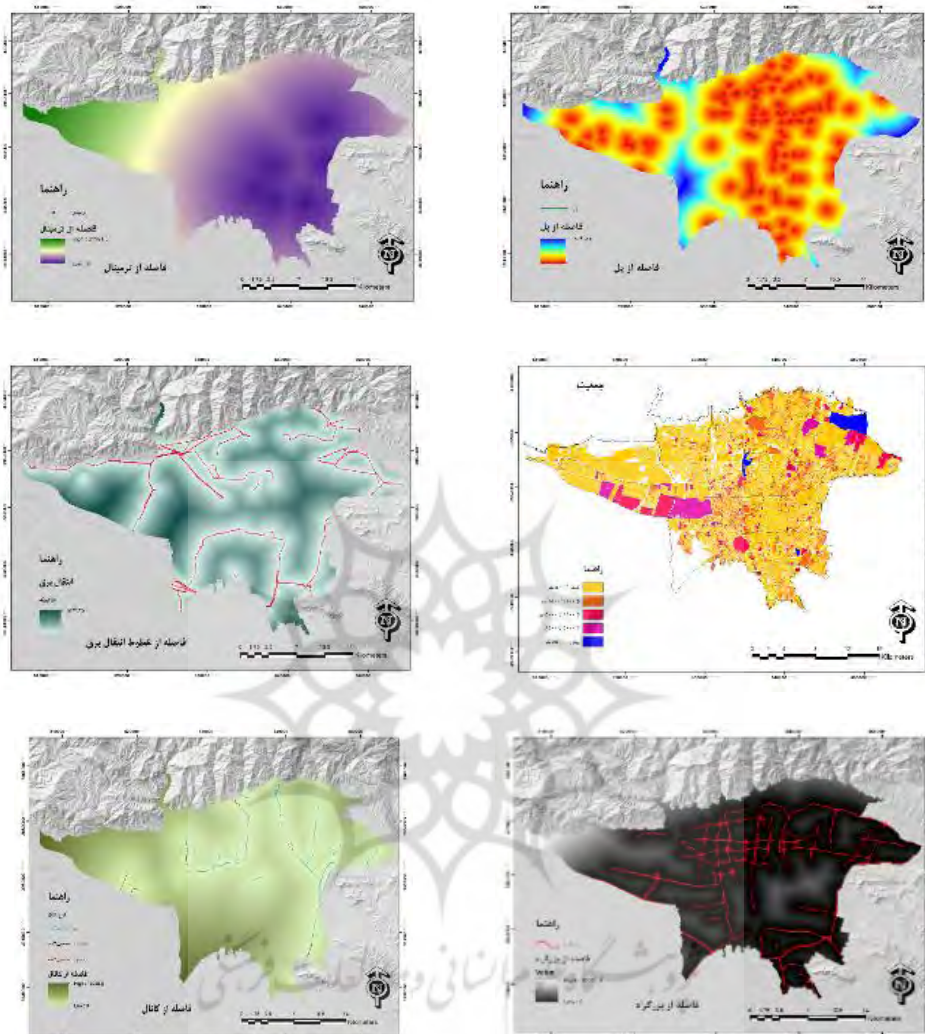
Normalized Difference Water Index (NDWI):

$$NDWI \cong +NIR - G, / +NIR + G,$$



شکل ۱۶. شاخص (NDWI) در سال‌های ۲۰۱۶ (راست) و ۲۰۰۰ (چپ)

ب) معیارهای آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات محیطی و ساختار شهری



شکل ۱۷. خروجی‌های معیارهای آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات محیطی و ساختار شهری

منابع

- اسدی، سعیده؛ علی شرقی؛ مژگان عاطفی (۱۳۹۸). «پهنه‌بندی آسیب‌پذیری‌های کالبدی - زیرساختی در برابر زمین‌لغزش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مورد مطالعاتی: سکونتگاه‌های واقع در محدوده استان تهران و البرز»، *دانش‌پیشگیری و مدیریت بحران*، د ۹، ش ۴، صص ۳۲۹ - ۳۴۰.
- امینی ورکی، سعید؛ مهدی مدیری؛ فتح‌الله شمسایی زفرقندی؛ علی قنبری‌نسب (۱۳۹۳). «شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو»، *مدیریت بحران*، د ۳، ویژه‌نامه هفته پدافند غیر عامل، صص ۵ - ۱۸.
- پاشانزاد سیلاب، احسان؛ مجتبی رفیعیان؛ مهدی پورطاهری (۱۳۹۶). «سنجش فضایی رابطه آسیب‌پذیری محیطی و ظرفیت تاب‌آوری جامعه روستایی در استان آذربایجان شرقی»، *پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی*، س ۶، ش ۲، صص ۹۳ - ۱۰۷.
- حسینی، قربان؛ رسول صادقی؛ علی قاسمی اردهایی؛ ولی‌الله رستم‌علی‌زاده (۱۳۹۶). «تحولات روند و الگوهای مهاجرت داخلی در استان‌های ایران»، *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، س ۸، شماره پیاپی ۳۱، صص ۱ - ۱۸.
- ذبیحی، حسین؛ لیلا شجاعی؛ محمدرضا درودی (۱۳۹۰). «کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لرزه با توجه به ساختار شهری»، *اولین کنفرانس بین‌المللی ساخت‌وساز شهری در مجاورت گسل‌های فعال*، تبریز، شهرداری تبریز. https://www.civilica.com/Paper-ICCVAF01-ICCVAF01_175.html
- رضایی‌راد، هادی؛ محمدرضا بمانیان (۱۳۹۱). «بررسی تطبیقی مدل‌های تحلیل عاملی و دلفی با استفاده از GIS در تشخیص فرسودگی بافت‌های شهری، مطالعه موردی: خاک‌سفید تهران»، *هویت شهر*، د ۶، ش ۱۱، صص ۵ - ۱۶.
- رضایی‌راد، هادی؛ داود کاظمی (۱۳۹۹). «بازشناسی ضرورت مدیریت اجتماع‌محور بحران جهت کاهش آسیب‌پذیری در بحران زلزله (نمونه مطالعاتی: محله یوسف‌آباد شهر تهران)»، *مطالعات محیطی هفت‌حصار*.
- رضایی‌راد، هادی و همکاران (۱۳۹۱). «تحلیل آسیب‌پذیری محیطی حریم شهر کرج با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی»، *پژوهش‌های آبخیزداری*، ش ۹۵، صص ۹۱ - ۹۹.

- سلیمانی، محمد و همکاران (۱۳۹۶). «تحلیل فضایی تغییرات الگوی تراکم جمعیت متأثر از اقدامات نوسازی در کلان‌شهر تهران (۱۳۷۵ - ۱۳۹۰)»، *جغرافیا*، د ۱۵، ش ۵۳، صص ۷ - ۲۰.
- شریف‌زادگان، محمدحسین؛ حمید فتحی (۱۳۸۴). «ارزیابی آسیب‌پذیری زیست‌محیطی برای برنامه‌ریزی منطقه‌ای در حوزه‌های سه‌گانه زیست‌محیطی البرز به روش سلسله‌مراتبی»، *علوم محیطی*، د ۳، ش ۱۰، صص ۱ - ۲۰.
- شمس‌الدینی، علی؛ پروین گرجیان (۱۳۸۹). «عوامل مؤثر در مهاجرت روستاییان به شهرها، با تأکید بر شبکه مهاجرت (مورد: دهستان رستم‌دو)»، *چشم‌انداز جغرافیایی*، س ۵، ش ۱۱، صص ۷۵ - ۹۱.
- شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ محمد شیخی (۱۳۸۹). «پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیری محیطی در ناحیه غرب فارس با روش طبقه‌بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی»، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ش ۷۳، صص ۵۳ - ۶۸.
- صادقی، رسول؛ محسن شکرپانی (۱۳۹۶). «تحلیل نوسانات فضایی تأثیر توسعه بر مهاجرت داخلی بین شهرستانی در ایران»، *توسعه محلی (روستایی - شهری)*، د ۸، ش ۲، صص ۲۴۵ - ۲۷۰.
- عیسی‌لو، شهاب‌الدین؛ غلام‌رضا لطیفی؛ وحید گودرزی (۱۳۹۵). «ارزیابی آسیب‌پذیری بافت منطقه ۱ شهر تهران در برابر زلزله احتمالی با استفاده از روش IHWP و سیستم GIS»، *اطلاعات جغرافیایی*، د ۲۵، ش ۱۰۰، صص ۷۳ - ۸۷.
- قنبری، ابولفضل؛ احسان پاشانژاد سیلاب (۱۳۹۷). «تحلیل فضایی آسیب‌پذیری محیطی در منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه»، *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، س ۵، ش ۳، صص ۱۵ - ۳۲.
- قنبری، ابولفضل؛ علی زلفی (۱۳۹۳). «ارزیابی آسیب‌پذیری شهری در برابر زلزله با تأکید بر مدیریت بحران شهری در شهر کاشمر»، *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، س ۱، شماره پیاپی ۴، صص ۵۹ - ۷۴.
- مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران (۱۳۸۴). «گزارش مطالعات سیل، طرح جامع تهران»، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، شهرداری تهران.
- مشفق، محمود؛ قربان حسینی (۱۳۹۵). «مطالعه تطبیقی تجربیات سیاستی کشورهای منتخب آسیایی در زمینه توزیع متوازن جمعیت شهری»، *برنامه‌ریزی توسعه شهری و منطقه‌ای*، س ۱، ش ۳، صص ۱ - ۲۹.
- هدایی، علی‌اصغر؛ مریم ملاشاهی (۱۳۹۶). «ارزیابی آسیب‌پذیری محیطی شهرستان طالقان با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی»، *امداد و نجات*، د ۸، ش ۳، صص ۱ - ۱۵.

References

- Adriaenssens, V., Baets, B. De, Goethals, P. L. M., & Pauw, N. De. (2004). "Fuzzy rule-based models for decision support in ecosystem management", *Science of The Total Environment*, 319(1-3), pp. 1-12.
- Amini Varaki, S., Modiri, M., Shamsayi Zafarghandi, F., & Ghanbari nasab, A. (2015). "Perspectives of the city's vulnerability to environmental hazards and its effective components by using the Q-Method", *Emergency Management*, Vol. 3, pp. 5-18. (in Persian)
- Anselin, L. (1996). "Interactive Techniques and Exploratory Spatial Data Analysis", *Longley*, pp. 253-266.
- Asadi, S., Sharghi, A., & Atefi, M. (2019). "Zoning of physical - infrastructural Vulnerabilities to landslides using GIS, case study: settlements in Tehran and Alborz provinces", *Disaster Prev. Manag, Know*, 9(4), pp. 329-340. (in Persian)
- Boughton, D. A., Smith, E. R., & R. V. (1999). "Regional vulnerability: a conceptual framework", *Ecosystem Health*, 5(4), pp. 312-322.
- Burk, E. J., Brown, S. J., & Christidis, N. (2006). "Modeling the Recent Evolution of Global Drought and Projections for the Twenty-First Century with the Hadley Centre Climate Model", *Journal of Hydrometeorology*, 7(5), pp. 1113-1125.
- Closset, M., Feindouno, S., Guillaumont, P., & Simonet, C. (2017). A Physical Vulnerability to Climate Change Index: Which are the most vulnerable developing countries?, hal-01719925v3.
- D. Ford, J., Pearce, T., McDowell, G., Berrang-Ford, L., S. Sayles, J., & Belfer, E. (2018). "Vulnerability and its discontents: the past, present, and future of climate change vulnerability research", *Climatic Change*, 151, pp. 189-203.
- Amooq A. & Currà, E. (2014). "Urban Resilience and Urban Structure: Vulnerability assessment of historical Italian towns", *ANDROID Residential Doctoral School*, pp. 210-220.
- De Lange, H. J., Sala, S., Vighi, M., & Faber, J. H. (2010). "Ecological vulnerability in risk assessment — A review and perspectives", *Science of The Total Environment*, 408(18), pp. 3871-3879.
- Downing, T. E., Ringius, L., Hulme, M., & Waughray, D. (1997). "Adapting to climate change in Africa", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2(1), pp. 19-44.
- Ghanbari, A. & Pashanejhad Silab, E. (2018). "Spatial Assessment of Regional Environmental Vulnerability for Environmental Planning in the Eastern Region of Urmia Lake", *Jsaeh*, 5(3), pp. 23-40. (in Persian)
- Ghanbari, A. & Zolfi A. (2015). "Assessment of Urban Vulnerability to Earthquake with Emphasis on Urban Crisis Management in the City of Kashmar", *Jsaeh*, 1(4), pp. 59-74. (in Persian)
- Hodaee, A. A. & Mollashahi, M. (2017). "Assessment of environmental vulnerability in Taleqan County using analytic hierarchy process", *Journal of Rescue and Relief*, 8(3), pp. 1-15. (in Persian)
- Hosseini, Gh., Sadeghie, R., Ghasemi, A., & Rostamalizadeh, V. (2018). "Trends and Patterns of Internal Migration in Iran", *journal of Regional Planning*, 8(31), pp. 1-18.

- (in Persian)
- Isalou, Sh., Latifi, GH., & Goodargy, V. (2017). "Assessment of Physical Vulnerability of the Texture in District 1 of Tehran city against possible Earthquakes using "IHWP" method and "GIS" system", *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 25(100), pp. 73-87. (in Persian)
- Kasperson, R. E. & Kasperson, J. X. (2001). *Climate change, vulnerability, and social justice*, Stockholm Environment Institute Stockholm.
- KC, U., Garg, S., & Hilton, J. (2020). "An efficient framework for ensemble of natural disaster simulations as a service", *Geoscience Frontiers*, 11(5), pp. 1859-1873.
- Kumar Paul, S. (2013). "Vulnerability concepts application in various fields: a review on geographical perspective", *Journal of Life and Earth Science*, 8, pp. 63-81.
- L. Cutter, S., J. Boruff, B., & Shirley, W. (2003). "Social Vulnerability to Environmental Hazards", *SOCIAL SCIENCE QUARTERLY*, 84(2), pp. 242-261.
- Laurini, R. (2002). *Information systems for urban planning: a hypermedia cooperative approach*. United States, CRC Press.
- Moshfeq, M. & Hussein, G. (2016). "A Comparative Study on Policy Experiences Regarding to Balanced Distribution of Urban Population in Selected Asian Countries", *Urban and Regional Development Planning*, 8(3), pp. 1-29. (in Persian)
- Naylor, A., Ford, J., Pearce, T., & Van Alstine, J. (2020). *Conceptualizing Climate Vulnerability in Complex Adaptive Systems*, United States, CellPress.
- Paul, A., Deka, J., Gujre, N., Rangan, L., & Mitra, S. (2019). "Does nature of livelihood regulate the urban community's vulnerability to climate change? Guwahati city, a case study from North East India", *Journal of Environmental Management*, 251.
- Pashanejad Silab, E., Rafieian, M., & Pourtaheri, M. (2017). "The spatial measurement of the connection between Environmental vulnerability and resilience capacity of rural society in the Province of East Azerbaijan", *Journal of Research and Rural Planning*, 6(2), pp. 93-107. (in Persian)
- Peruchi Trevisan, D., da Conceição Bispo, P., Almeida, D., Imani, M., Balzter, H., & Eduardo Moschini, L. (2020). "Environmental vulnerability index: An evaluation of the water and the vegetation quality in a Brazilian Savanna and Seasonal Forest biome", *Ecological Indicators*, 112.
- PROAG, V. (2014). "The concept of vulnerability and resilience, 4th International Conference on Building Resilience, Building Resilience", *Procedia Economics and Finance*, 18, pp. 369-376.
- Rezaei-Rad, H. & Kazemi, D. (2020). "The Recognition of necessity of for community-based disaster risk Management in order to reduce in the risk of vulnerability to earthquake disaster (case study: YousefAbad neighborhood of Tehran)", *Haft Hesar*, 8(33). (in Persian)
- Rezaei-Rad, H. & Bemanian, M. (2012). "Assessing Factor Analyst and Delphi Models by Use of GIS in Recognizing Deterioration in Urban Fabric (Case Study of KhakSefid in 4th Zone of Tehran)", *Hoviatshahr*, 6(11), pp. 5-16. (in Persian)
- Rezaei-Rad, H., Shamsipour, A., & Feizi, V. (2012). "Analysis of environmental vulnerability in Karaj city area used AHP", *Watershed Management Research*, No. 95, pp. 91-99. (in Persian)

- Sadeghi, R. & Shokryani, M. (2016). "Spatial analysis of the development impact on internal migration -between counties- in Iran", *Journal of Community Development*, 8 (2), pp. 245-270. (in Persian)
- Sahoo, S., Dhar, A., & Kar, A. (2016). "Environmental vulnerability assessment using Grey Analytic Hierarchy Process based model", *Environmental Impact Assessment Review*, 56, pp. 145-154.
- Shach-Pinsly, D. (2018). "Measuring security in the built environment: Evaluating urban vulnerability in a human-scale urban form", *Landscape and Urban Planning*, 191.
- Shamseddini, A. & Gorjian, P. (2005). "The affective factors on villager immigration to cities, With an emphasis on the immigration network (case study: Rostam Two village)", *Journal of Studies Of Human Settlements Planning*, 5(11), pp. 75-91. (in Persian)
- Sharifzadegan, M.H. & Fathi, H. (1995). "Environmental Vulnerability Strategies Policies related to development projects in Albroz Environmental areas", *Environmental Sciences*, 3(2), pp. 1-20. (in Persian)
- Shamsipour, A. A. & Shikhi, M. (2010). "Zoning the Sensitive and environmental vulnerabilities areas in the western part of Fars by Fuzzy classification method and AHP", *Natural Geography Reserch*, No. 73, pp. 53-68. (in Persian)
- Soleimani, M., Zanganeh, A., & Sheikhi, M. (2017). "Spatial Analysis of Changes of Population Density Pattern under Renewal Actions in Tehran (1996-2011)", *Geography*, 15(53), pp. 7-20. (in Persian)
- Song, J., Chang, Z., Li, W., Feng, Z., Wu, J., & Cao, Q. (2019). "Resilience-vulnerability balance to urban flooding: A case study in a densely populated coastal city in China", *Cities*, 95.
- T. Alwidyan, M., E. Trainor, J., & A. Bissell, R. (2020). "Responding to natural disasters vs. disease outbreaks: Do emergency medical service providers have different views?", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 44.
- Tehran Urban Research & Planning Center (2005). Flood Studies Report, comprehensive plan of Tehran, Tehran Urban Research & Planning Center, Tehran Municipality. (in Persian)
- Tixier, J., Dandrieux, A., Dusserre, G., Bubbico, R., Mazzarotta, B., Silvetti, B., Hubert, E., Rodrigues, H., & Salvi, O. (2006). "Environmental vulnerability assessment in the vicinity of an industrial site in the frame of ARAMIS European project", *Journal of Hazardous Materials*, 130(3), pp. 251-264.
- Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., & Martello, M. L. (2003). "A framework for vulnerability analysis in sustainability science", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14), pp. 8074-8079.
- Wang, X. D., Zhong, X. H., Liu, S. Z., Liu, J. G., Wang, Z. Y., & Li, M. H. (2008). "Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method", *Journal of Arid Environments*, 72(10), pp. 1929-1939.
- Weston, J. (2004). "EIA in a risk society", *Journal of Environmental Planning and Management*, 47(2), pp. 313-325.
- Zabihi, H., Shojaee, L., & Droudi, M. (2011). Reducing the Vulnerability of earthquake by paying attention to urban structure, The first international conference of urban

- construction next to active faults, Tabriz, Iran, https://www.civilica.com/Paper-ICCVAF01-ICCVAF01_175.html. (in Persian)
- Zerbo, A., C. Delgado, R. A., & González, R. (2020). "Vulnerability and everyday health risks of urban informal settlements in Sub-Saharan Africa", *Global Health Journal*.

