

سنجش نفوذپذیری بافت شهری کرج در برابر مخاطرات

مصطفی محمدی ده‌چشمه*

استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهیدچمران اهواز، اهواز، ایران

دریافت: 92/8/10 پذیرش: 93/2/6

چکیده

ایمنی در برابر مخاطرات و بحران‌ها از ابتدایی‌ترین اصول جهت دست‌یابی به استانداردهای مطلوب آسایش شهری است و نفوذپذیری بافت‌های شهری از مهم‌ترین مؤلفه‌های اثربخش در افزونی ضریب ایمنی یا به عبارتی، دفاع‌پذیری شهرهای با ضریب بالای مخاطرات است. موقعیت ژئواستراتژیک، بافت ناهمگن جمعیتی، استقرار در پهنه با ریسک بالای زلزله و زمین‌لغزش، و بی‌بهرگی از ساختار منسجم کالبدی از عواملی هستند که ضرورت پرداختن به مقوله نفوذپذیری بافت کالبدی کرج را در مواجهه با مخاطره احتمالی ضرورت بخشیده‌اند.

به‌منظور سنجش نفوذپذیری بافت شهری کرج، شاخص‌های هشت‌گانه سرانه شبکه معابر در سطح نواحی، الگوی بافت شهری، شاخص عدم دسترسی، شاخص دسترسی مؤثر به شبکه معابر، شاخص جابه‌جایی، شاخص تراکمی بن‌بست‌ها، شاخص تراکمی تعداد پل‌ها و شاخص دسترسی به فضاهای باز شهری، با مطالعه پژوهش‌ها و تجربه‌های پیشین داخلی و خارجی، روش دلفی و آرای خبرگان و با لحاظ کردن جغرافیای مخاطرات شهری در کرج استخراج شده است. با توجه به اثرگذاری متفاوت شاخص‌های یادشده، از مدل ترکیبی GIS-AHP-FUSSY برای ارزش‌گذاری و تهیه مدل مکانی شاخص‌ها استفاده شده و در نهایت، پس از اعمال اوزان در توابع هم‌پوشانی و تهیه نقشه‌های فواصل در محیط نرم‌افزار ARCGIS، نقشه نهایی نفوذپذیری بافت شهری کرج در سطح نواحی شهری استخراج شده است. علاوه بر تعیین سطوح نفوذپذیری بافت شهری کرج در سطح نواحی در برابر مخاطرات، تبیین مفهومی نفوذپذیری درباره مخاطرات شهری و استخراج شاخص‌های وابسته را می‌توان یافته اساسی این پژوهش دانست.

واژه‌های کلیدی: نفوذپذیری، جغرافیای مخاطرات، پدافند غیرعامل شهری، شهر کرج.



1- مقدمه

عصر پست‌متروپولیتن¹ را می‌توان عصر آسیب‌پذیری شهر نیز نامید؛ زیرا همسو با پیچیدگی حیات شهری، شهرها در ابعاد مختلف با «مخاطرات طبیعی و بحران‌های تکنولوژیک» از یک‌سو و «بحران‌های اجتماعی - امنیتی» از دیگر سوی روبه‌رویند. براساس این، مرکز اسکان سازمان ملل،² عنوان روز جهانی اسکان (11 فوریه) هر سال را به روز شهرهای ایمن‌تر³ اختصاص داد. هدف این طرح که منشور اولیه جهانی برای ترفیع عدالت و امنیت شهری به‌شمار می‌آید، شکل‌بخشی به شهرنشینی ایمن و پایدار از طریق حاکمیت شهری و برنامه‌ریزی در جهت بازدارندگی⁴ از مخاطرات شهری است (UN, 2008: 1-26).

آبراهام ماسلو⁵ (1943) با طرح سلسله‌مراتب نیازها، ایمنی و امنیت را یکی از نیازهای پایه جوامع بشری دانسته (Van den Berg, 2007: 132) و ایمنی را پیش‌نیاز آسایش شهروندی خوانده، کوین لینچ⁶ (1984) ایمنی و امنیت را در قالب سرزندگی شهری⁷ تفسیر کرده، جین جاکوبز⁸ ایمنی را یکی از شاخصه‌های کیفیت محیطی معنا کرده و جان لنگ⁹ (2005: 143) ایمنی شهری را در قالب نیازهای فیزیولوژیکی و نیازهای روان‌شناسی تعبیر کرده است. در نگاه سیاست‌گذاران و صاحب‌نظران، ایمنی شهری یکی از اساسی‌ترین پیش‌فرض‌های جامعه جهانی برای برنامه‌ریزی انسان‌محور است و بر این اساس، برنامه‌ریزان شهری راه‌بردهای بهینه‌ای برای دستیابی به آن ارائه کرده‌اند.

پدافند غیرعامل در برابر الگوهای غالب خطرپذیری شهری از مهم‌ترین راه‌بردهای ایمن‌سازی فضاهای شهری است که برنامه‌ریزان شهری پیش‌نهاد کرده‌اند (Lane, 2003: 263). پدافند غیرعامل شهری¹⁰ که استراتژی آمادگی در شرایط اضطرار¹¹ (Alexander, 2002: 209) یا استراتژی بازدارندگی (سازمان پدافند غیرعامل، 1388: 32) نیز شناخته می‌شود، پاسخ‌گویی به نیاز شهروندان

1. post metropolitan
2. United Nations
3. safer city
4. prevention
5. Maslow
6. Lynch
7. urban livability
8. Jacobs
9. Lang
10. civil passive
11. emergency preparedness

برای حفاظت از بحران‌های طبیعی و تکنولوژیک شهری است و حیطه‌های متنوع خطرپذیری کالبدی، اکولوژیک و تکنولوژیک را دربرمی‌گیرد (اصغریان جدی، 1383: 123). در ایران علاوه بر موقعیت ژئواستراتژیک - ژئواکونمیک¹ کشور و رخداد 31 بحران از 48 بحران شناخته‌شده جهانی (United Nation, 2008: 56)، آنچه بر پیچیدگی‌های ناشی از سطح و تنوع خطرپذیری شهر ایرانی افزوده، پویای جمعیتی شهرگرا و اغلب تمرکزطلبی است (رهنمایی و محمدی ده‌چشمه، 1388: 284) که زمینه‌ساز شکل‌گیری کانون‌های شهری عموماً نالیمن دربرابر مخاطرات و حوادث غیرمترقبه شده است. کرج - کلان‌شهر جوانی که موجودیت خود را مدیون بازتوزیع وسیع سرریز جمعیتی خدماتی شهر تهران است - از این قبیل شهرهاست.

دگرسانی شتابان و برنامه‌ریزی‌نشده کرج از یک روستای کوچک (14,000 نفر) در سال 1320 به کلان‌شهر امروزی (1,300,000 نفر) سبب آغاز جدایی‌گزینی اجتماعی و کالبدی، ساختار ناهمگن و آسیب‌پذیر جمعیتی، ظهور 12 کانون اسکان غیررسمی (وزارت مسکن و شهرسازی، 1388: 145) و بیش از 700 هکتار بافت فرسوده (شرکت مسکن‌سازان کرج، 1389) شده است. علاوه بر آنچه بیان شد، گسترش فضایی کرج در پهنه با خطر بالا و بسیار بالای زلزله (پژوهشگاه زلزله، 1380) ضرورت پرداختن به مقوله نفوذپذیری در بافت کالبدی شهر را گریزناپذیر کرده است. در این پژوهش به این سؤال‌ها پاسخ داده می‌شود:

1. مهم‌ترین مؤلفه‌های مؤثر بر نفوذپذیری بافت شهری کرج با لحاظ جغرافیای مخاطرات در این شهر کدام‌اند؟
2. وضعیت پراکنش شاخص‌های منتخب نفوذپذیری بافت شهری کرج چگونه است؟
3. وضعیت نواحی 34گانه شهر کرج در ارتباط با ضریب نفوذپذیری بافت شهر کرج چگونه است؟

2- نفوذپذیری² به‌عنوان یک اصل پدافند شهری

دفاع اساساً واکنشی به آسیب و تهدید است؛ یعنی تهدیدی برای آسیب و حمله وجود دارد و وجود سازکاری برای دفاع درمقابل آن نیاز است. از این رو، پدافند غیرعامل استراتژی آمادگی

1. geo-strategic & geo-economics
2. connectivity or permeability



در شرایط اضطرار یا استراتژی بازدارندگی در مواجهه با مخاطرات انسان‌ساز، طبیعی و تکنولوژیک است.

مبحث 21 (مقررات ملی ساختمان) پدافند غیرعامل را مجموعه اقدامات غیرمسلحانه‌ای می‌داند که با هدف کاهش آسیب‌پذیری درمقابل عملیات خصمانه و مخرب دشمن یا کاهش مخاطرات ناشی از سوانح غیرطبیعی انجام می‌شود (رضایی، 1389: 115). پدافند غیرعامل شهری مجموعه‌ای از برنامه‌ریزی، طراحی و اقداماتی است که باعث کاهش آسیب‌پذیری (شهر و شهروندان) درمقابل تهدیدها در معنای عام آن می‌شود. از این حیث می‌توان از آن به‌عنوان «راه‌برد بازدارندگی»¹ نیز یاد کرد (محمدی ده‌چشمه، 1392: 144). راه‌برد بین‌المللی کاهش بحران² هدف پدافند غیرعامل شهری را کاهش آثار نامطلوب مخاطرات محیطی، تکنولوژیک و جنگ دانسته است (ISDR, 2008). فرنلی³ در گزارشی باعنوان «پنتاگون و استراتژی آمادگی»⁴ معتقد است منطق پدافند شهری بیش از اینکه بر ایمنی استوار باشد، بر آمادگی جوامع شهری برای مواجهه با مخاطرات احتمالی تأکید می‌کند (محمدی ده‌چشمه، 1392: 245).

مهم‌ترین الزامات حاکم بر راه‌برد پدافند غیرعامل شهری به این شرح است: (سازمان پدافند غیرعامل، 1385؛ بهتاش و همکاران، 1390؛ FEMA, 207؛ Lane, 2003; Fearnley, 2005):

- انتخاب عرصه‌های ایمن در جغرافیای شهر؛
- تعیین مقیاس بهینه استقرار جمعیت و فعالیت در فضا و سبک‌سازی آن؛
- پراکندگی در توزیع عمل‌کردها متناسب با تهدیدها؛
- کوچک‌سازی و شکل‌بخشی به مراکز تک‌عمل‌کردی شهری؛
- تمرکززدایی و شکل‌بخشی به شهرهای چندمرکزی؛
- مقاوم‌سازی ایمن‌سازی سازه‌های حیاتی و حساس؛
- نفوذپذیر کردن بافت‌های شهری.

1. preventive strategy
2. international strategy for disaster reduction
3. Fearnley
4. "Fearnley, Pathogens and the Strategy of Preparedness: Disease Surveillance in Civil Defense Planning"

نفوذپذیری به‌عنوان یکی از راه‌بردهای پدافند غیرعامل شهری، به‌معنای امکان دسترسی و ارتباط فیزیکی و بصری بین دو نقطه است و ویژگی‌ای است برای توصیف شبکه ارتباطی شهر و تعریفی است برای خوانایی مسیرها و تراکم دسترسی‌ها در بافت شهری.



شکل 1 شعاع دسترسی ده‌دقیقه‌ای به مقصد از یک بافت نفوذپذیر (راست) و یک بافت نفوذناپذیر (چپ)

هر بافت شهری نفوذپذیر دارای مسیرهای دسترسی زیاد، تقاطع‌های متعدد و بن‌بست‌های محدود است (TDM Encyclopedia, 2008). در این بافت، دسترسی بهینه نه فقط برای محدوده‌های هم‌جوار شبکه ارتباطی، بلکه برای کل محدوده شهری امکان‌پذیر است. مرور نظریه‌های برنامه‌ریزی و طراحی شهری نشان می‌دهد نفوذپذیری و دسترسی همواره از مؤلفه‌های اساسی در کیفیت بخشی به فضاهای شهری بوده است. جین جیکوبز¹ (1961) در کتاب مرگ و زندگی شهرهای بزرگ آمریکایی² توجه به عنصرخیابان و نفوذپذیر بودن (قابل دسترسی بودن) بافت به مفهوم استفاده از بلوک‌های کوچک‌تر شهری را از عوامل مؤثر در سرزندگی و امنیت شهری دانسته است (Lang, 2002). وین لینچ³ (1984) در کتاب شکل خوب شهر⁴

1. Jacobs

2. *The Death and Life of Great American Cities*

3. Lynch

4. *Good City Form*



دست‌رسی به مفهوم سهولت نفوذ فیزیکی به بخش‌های مختلف بافت شهری را از معیارهای دست‌یابی به کیفیت مناسب طراحی شهری برشمرده است. یان بتلی¹ (1985) در کتاب *محیط‌های پاسخ‌ده*² نفوذپذیری به مفهوم (تأمین دست‌رسی) ارتباط فیزیکی و ارتباط بصری با نقاط مختلف شهر را مؤلفه مؤثر در طراحی شهر خوب ارزیابی کرده و جان لنگ³ (2005) در کتاب *طراحی شهری*⁴ نفوذپذیری و انعطاف‌پذیری را از ابعاد ایمنی و امنیت شهری دانسته است. در مطالعات دفاع شهری سه گونه دست‌رسی‌پذیری مورد نظر است (محمدی ده‌چشمه، 1392: 192):

1. دست‌رسی‌پذیری کالبدی: چنانچه انسان بتواند وارد فضایی شود، آن فضا دارای دست‌رسی‌پذیری کالبدی است؛ فارغ از اینکه بتواند درون آن را ببیند یا نه.
 2. دست‌رسی‌پذیری بصری: این‌گونه دست‌رسی زمانی حاصل می‌شود که مردم بتوانند فضا را پیش از آنکه وارد آن شوند، ببینند و درمورد راحتی، جذابیت و ایمنی آن قضاوت کنند.
 3. دست‌رسی‌پذیری نمادین: نمادها می‌توانند محرک و غیرمحرک باشند و فرد را برای ورود به فضایی ترغیب یا تهدید کنند؛ برای مثال حضور افراد با ظواهر مختلف ممکن است جذب یا دفع‌کننده باشد. این نوع دست‌رسی‌پذیری به صورت مستقیم با احساس امنیت و ترس از در معرض خشونت قرار گرفتن در ارتباط است.
- نفوذپذیری در بافت‌های شهری به تعداد راه‌های بالقوه عبوری از یک نقطه به نقطه دیگر، نوع بافت شهری (برنامه‌ریزی شده یا ارگانیک)، مقیاس بلوک‌ها و عناصر ساخته شده (Kopelman, Jebb & Butland, 2007)، نظم و سرانه شبکه ارتباطی و درجه محصوریت⁵ بستگی دارد. هرچه بافت شهری به فضاهای باز و معابر اصلی دست‌رسی بهتری داشته باشد، به همان نسبت درجه آسیب‌پذیری کاهش و درجه ایمنی بافت‌های شهری در مواجهه با مخاطرات افزایش می‌یابد (بحرینی، 1374: 114). یک شبکه نفوذناپذیر تعداد تقاطع‌های محدودتری دارد و این خود رسیدن به مقصد را از یک مسیر مستقیم بین دو نقطه A و B دشوارتر می‌کند. مهم‌ترین چالش‌های بافت

1. Bentley
2. *Responsive Environment*
3. Lag
4. *Urban Design*

5. نسبت عرض یک معبر به ارتفاع بدنه ساخته شده

شهری نفوذناپذیر عبارت‌اند از: افزایش ترافیک درون‌بافتی، افزایش فواصل دسترسی پیاده و سواره، امکان کمتر پیاده‌روی و استفاده از دوچرخه، اختلال دسترسی به عمق بافت شهری در شرایط اضطرار¹ و افزایش تصادف‌ها و درنهایت کاهش ایمنی شهری.

3- روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر به لحاظ هدف، کاربردی و از لحاظ روش‌شناسی، توصیفی-تحلیلی است. برای دستیابی به اهداف پژوهش، ابتدا پانزده شاخص هدف برای سنجش نفوذپذیری بافت شهری با توجه به مطالعات و تجربیات داخلی و خارجی و همچنین روش دلفی² مبتنی بر نظرسنجی از سی صاحب‌نظر استخراج شد. با توجه به ارزش وزنی شاخص‌های منتخب و البته با در نظر گرفتن محدودیت‌های دسترسی به اطلاعات، بانک داده‌های مکانی با هفت شاخص (جدول 1) تشکیل شد.

جدول 1 شاخص‌های منتخب سنجش نفوذپذیری بافت شهری

نام شاخص	معادل لاتین و شناسه	توضیحات
1	شاخص فضاهای باز شهری Accessibility to Open Space (AOS)	این شاخص شامل تمام فضاهایی است که می‌توان به‌عنوان فضای باز در زمان <u>مخاطرات</u> استفاده کرد.
2	شاخص دسترسی یا نفوذپذیری Accessibility (ACC)	در این شاخص، تمام معابر و شریان‌های ارتباطی اصلی و فرعی ورودی مدل محسوب می‌شوند.
3	شاخص جابه‌جایی Transportation (TRP)	در این شاخص، فقط معابر و شریان‌های ارتباطی اصلی و درجه یک ورودی مدل به‌شمار می‌آیند.
4	شاخص عدم دسترسی Un Accessibility (UACC)	در این شاخص، فقط فضاهای دسترسی با عرض شش متر و کمتر از آن ورودی مدل هستند.
5	شاخص بافت شهری Urban Texture (UT)	در این شاخص، بافت شامل پیوسته و منظم، پیوسته و نامنظم، ناپیوسته و منظم، و ناپیوسته و نامنظم است.
6	شاخص سرانه شبکه معابر Accessibility per capita (SPC)	در این شاخص، سرانه شبکه معابر در نواحی شهری به‌عنوان ورودی مدل سنجیده می‌شود.
7	شاخص تراکمی بن‌بست‌ها Dead End Street (DES)	در این مورد، شاخص تراکمی بن‌بست‌ها ورودی مدل محسوب می‌شود.
8	شاخص تراکمی پل‌های ارتباطی Bridge Index (BI)	در این مورد شاخص تراکمی پل‌ها ورودی مدل محسوب می‌شود.

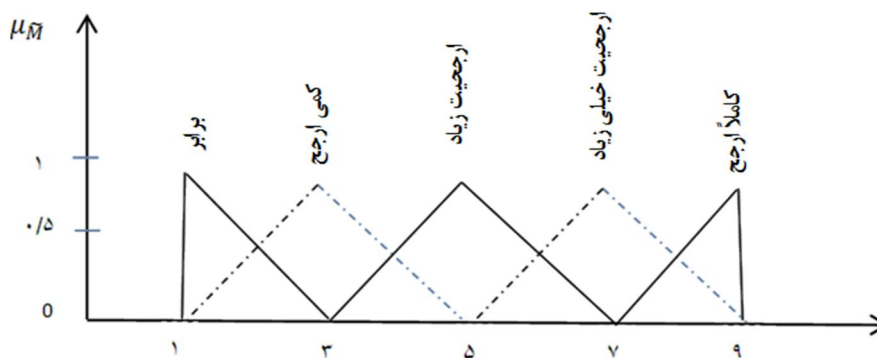
1. emergency condition
2. Delphi Technique



با توجه به ضریب تأثیر متفاوت هریک از شاخص‌های منتخب در نفوذپذیری بافت، از روش وزن‌بخشی چندمتغیره (AHP-FUSSY) برای تعیین مراتب وزنی شاخص‌ها استفاده شد. در این مرحله، خبرگان با استفاده از عبارات زبانی (شکل 2) و براساس روش چانگ، برتری یک معیار بر معیار دیگر (یا یک کلاس بر کلاس دیگر) را بیان کردند و بر این اساس، ماتریس مقایسات زوجی تشکیل شد.

جدول 2 عبارات زبانی مقایسات زوجی شاخص‌ها

عدد فازی	متغیر زبانی	مقیاس عدد فازی
۱	برابر	(۱،۱،۱)
۲	برتری خیلی کم	(۱،۲،۳)
۳	کمی برتر	(۲،۳،۴)
۴	برتر	(۳،۴،۵)
۵	خوب	(۴،۵،۶)
۶	نسبتاً خوب	(۵،۶،۷)
۷	خیلی خوب	(۶،۷،۸)
۸	عالی	(۷،۸،۹)
۹	برتری مطلق	(۸،۹،۱۰)



شکل 2 متغیرهای زبانی مورد استفاده پژوهش

پس از انجام مقایسات زوجی، با جای‌گزینی متغیرهای زبانی فازی در مدل فازی مثلثی، ارزش وزنی شاخص‌ها از طریق میانگین هندسی محاسبه شد. یافته مورد انتظار از این مرحله، شاخص‌های وزن‌بندی‌شده برای سنجش نفوذپذیری بافت است. پس از شناخت اولویت‌های

وزنی شاخص‌ها، لایه‌های GIS هر شاخص تهیه و وزن‌های به‌دست‌آمده در شاخص‌ها اعمال شد و در نهایت، یک مقایسه زوجی نهایی در محیط Spatial Analysis در نرم‌افزار ArcGis 10.1 صورت گرفت تا خروجی نهایی پس از نقشه‌های فواصل، در قالب نقشه هم‌پوشانی شده نفوذپذیری بافت شهر کرج تهیه شود.

4- بازشناسی ساختار شبکه معابر شهری کرج

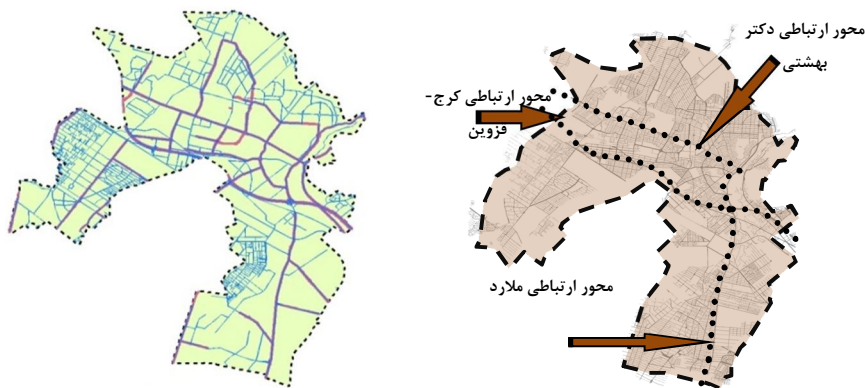
روند گسترش فضایی شهر کرج نشان‌دهنده یک فرایند رشد تثبیت‌نشده و ناآرام جمعیتی-کالبدی است. از سال 1335 که کرج با جمعیت 14/526 نفری به‌صورت یک شهر کوتاه‌اندام با ترکیب جمعیتی بومی در حاشیه پایتخت (تهران) شکل گرفت تا دوره اخیر سرشماری (1385) با جمعیت 1/386/030 نفر، منحنی رشد جمعیت و آشفستگی ترکیب جمعیتی ساکنان آن روندی صعودی داشته است. در پی بازتوزیع شتابان جمعیتی، دینامیک شهری کرج از دهه 1350 و دوره شکل‌گیری محور صنعتی تهران- کرج آغاز شد (زیاری و محمدی ده‌چشمه، 1391: 12). شکل‌گیری کانون‌های پراکنده باغ‌شهری، بافت‌های ویلایی و شهرک‌های اقماری کم‌تراکم برای اقامت آخر هفته‌ای با ادغام در چند روستای کهن و دو هسته نیمه‌شهری فردیس و مهرشهر، کرج بزرگ را به‌وجود آورد. این الگوی شکل‌گیری هدایت‌نشده سبب شد تا برجسته‌ترین ویژگی کرج امروزی بی‌بهرگی از ساختار منسجم کالبدی شهری باشد که در آن کارایی شبکه معابر شهری در دسترسی و جابه‌جایی به حداقل رسیده است. در ادامه، مهم‌ترین ویژگی‌های شبکه معابر شهری کرج که بر نفوذپذیری بافت‌های شهری نیز اثرگذار بوده‌اند، بررسی شده است.

5- محورهای ارتباطی برون‌شهری

وجود شبکه ارگانیک و آشفته ارتباطی در بیش از 40 درصد از مساحت محدوده قانونی شهر کرج از مهم‌ترین پیامدهای این الگوی گسترش فضایی است. ساختار اصلی شبکه معابر شهری کرج که حجم اصلی ترافیک درون و ارتباطات برون‌شهری را تحمل می‌کنند (سازمان مسکن و شهرسازی استان تهران، 1387: 144)، بر سه محور ارتباطی فعال استوار است:



1. محور پر قدرت شرقی - غربی (اتوبان کرج - قزوین): این محور به مثابه یک لبه بسیار قوی، نیمه شمالی و جنوبی شهر کرج را جدا کرده است.
 2. محور اصلی شرقی - غربی (بلوار شهید بهشتی): این محور از میدان کرج شروع می شود و به سمت خارج از شهر ادامه می یابد. در شروع این محور در سمت شرق، محلات حصار و اسلام آباد قرار دارند و در مسیر آن به سمت غرب، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سرم سازی رازی و در انتها، محلات حصارک پایین و بالا و دانشگاه تربیت معلم واقع شده است.
 3. محور اصلی شمالی - جنوبی (جاده ملارد): این محور از اتوبان قزوین - کرج منشعب می شود و به سمت جنوب ادامه می یابد و ارتباط بین نیمه شمالی شهر را با مراکز جمعیتی و فعالیتی جنوب شهر مانند نیروگاه شهید منتظر قائم و فردیس کرج برقرار می کند.
- عام ترین شکل های شبکه های ارتباط شهری عبارت اند از: شبکه ارتباطی شعاعی، شبکه ارتباطی شطرنجی و شبکه ارتباطی دایره ای (فریب، 1389: 123). با وجود این، اصول هیچ یک از انواع این شبکه های ارتباطی در ساختار معابر درون شهری کرج دیده نمی شوند.



شکل 3 فرم و نظم شبکه ارتباطی درون شهری

6- سنجش نفوذپذیری بافت شهری کرج به روش AHP-FUSSY

گام اول استخراج ارزش وزنی شاخص ها: به منظور سنجش ضریب نفوذپذیری بافت شهری کرج و با توجه به ضریب تأثیر متفاوت شاخص ها، ابتدا ارزش وزنی شاخص های هشت گانه و

منتخب پژوهش با بهره‌گیری از قابلیت مقایسه زوجی در مدل AHP-FUSSY محاسبه شد. به این منظور، جدول مقایسه دو-دوئی (جدول 3) تشکیل، و میانگین وزنی حاصل از نظرسنجی با روش دلفی در آن گنجانده شد.

جدول 3 مقایسه زوجی شاخص‌ها با اعداد فازی

شاخص	AOSI	ACCI	TRPI	UACCI	UTI	SPCI	DES	BI
AOSI	۱۱.۱	1/6 .1/5 .1/4	۳.۴5	۴.۵6	۵.۶7	1/4 .1/3 .1/2	۴.۵6	۲.۳4
ACCI	۴.۵6	۱۱.۱	۲.۳4	۴.۵6	۴.۵6	۵.۶7	۶.۷8	۸.۹10
TRPI	1/5 .1/4 .1/3	1/4 .1/3 .1/2	۱۱.۱	۲.۳4	۲.۳4	۳.۴5	۴.۵6	۶.۷8
UACCI	1/6 .1/5 .1/4	1/6 .1/5 .1/4	1/4 .1/3 .1/2	۱۱.۱	۱.۲3	1/4 .1/3 .1/2	۱.۲3	۱.۲3
UTI	1/7 .1/6 .1/5	1/6 .1/5 .1/4	1/4 .1/3 .1/2	۱.۲3	۱۱.۱	۳.۴5	۲.۳4	۲.۳4
SPCI	۲.۳4	1/7 .1/6 .1/5	1/5 .1/4 .1/3	۲.۳4	1/5 .1/4 .1/3	۱۱.۱	۲.۳4	۴.۵6
DES	1/6 .1/5 .1/4	1/6 .1/7 .1/8	1/6 .1/5 .1/4	۱.۲3	1/5 .1/4 .1/3	1/4 .1/3 .1/2	۱۱.۱	۲.۳4
BI	1/4 .1/3 .1/2	1/8 .1/9 .1/10	1/6 .1/7 .1/8	۱.۲3	1/4 .1/3 .1/2	1/6 .1/5 .1/4	1/4 .1/3 .1/2	۱۱.۱

براساس این، مقادیر $\sum_{j=1}^M M_{gi}^j$ برای هر یک از سطرهای این ماتریس برابر است با:

$$AOSI = (2+4+1/4+5+4+3+1/6+1), (3+5+1/3+6+5+4+1/5+1), (4+6+1/2+7+6+5+1/4+1) = (8.33, 24.53, 28.75)$$

$$ACCI = (8+6+5+4+4+2+1+4), (9+7+6+5+5+3+1+5), (10+8+7+6+6+4+1+6) = (34, 41, 48)$$

$$TRPI = (6+4+3+2+2+1+4), (7+5+4+3+3+1+1/3+1/4), (8+6+5+4+4+1+1/2+1/3) = (22, 23.58, 28.83)$$

$$UACCI = (1+1+1/4+1+1+1/4+1/6+1/6), (2+2+1/3+2+1+1/3+1/5+1/5), (3+3+1/2+3+1+1/2+1/4+1/4) = (7.7, 8.06, 10.50)$$

$$UTI = (2+2+3+1+1+1/4+1/6+1/7), (3+3+4+1+2+1/5+1/3+1/6), (4+4+5+1+3+1/2+1/4+1/5) = (9.55, 13.7, 17.95)$$

$$SPCI = (4+2+1/5+1+2+1/5+1/7+2), (5+3+1/4+3+1/4+1/6+3), (6+4+1/3+4+1/3+1/5+4) = (11.54, 14.91, 13.86)$$

$$DES = (2+1+1/4+1/5+1+1/6+1/6+1/6), (3+1+1/3+1/4+2+1/5+1/7+1/5), (4+1+1/2+1/3+3+1/4+1/8+1/4) = (4.95, 7.12, 8.45)$$

$$BI = (1+1/4+1/6+1/4+1+1/6+1/8+1/4), (1+1/3+1/5+1/3+2+1/7+1/9+1/3), (1+1/2+1/4+1/2+3+1/8+1/10+1/2) = (3.20, 4.45, 5.95)$$



در ادامه، برای محاسبه S_I برای هر یک از سطرها از رابطه ریاضی $\sum_{i=1}^n + \sum_{j=1}^M M_{gi}^j$ استفاده شده است:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \times \sum_{j=1}^M M_{gi}^j \\ & \Rightarrow (8.33 + 34 + 22 + 7.7 + 9.55 + 11.54 + 4.95 + \\ & 3.20), (24.53 + 41 + 23.58 + 8.06 + 13.7 + 14.91 + 7.12 + 4.45), \\ & (75 + 48 + 28.83 + 10.50 + 17.95 + 17.95 + 13.86 + 8.45 + 5.95) = (101.27, 137.3, \text{ and } 222.49) \end{aligned}$$

بنابراین، مقدار $(\sum_{i=1}^n + \sum_{j=1}^M M_{gi}^j)^{-1}$ پس از استانداردسازی برابر است با:

$$\left(\sum_{i=1}^n + \sum_{j=1}^M M_{gi}^j \right)^{-1} = \left(\frac{1}{101.27}, \frac{1}{137.3}, \frac{1}{222.49} \right) = (.0098, .0072, .0044)$$

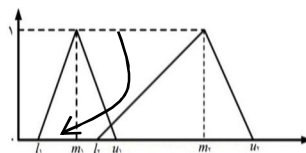
براساس این، میزان S_I برای هر یک از سطرهاى ماتریس مقایسه زوجی برابر است با:

$$\begin{aligned} S_1 &= (8.33, 24.53, 28.75) * (.0098, .0072, .0044) = (.0816, 0/176, 0/026) \\ S_2 &= (34, 41, 48) * (.0098, .0072, .0044) = (0/303, 0/295, 0/211) \\ S_3 &= (22, 23.58, 28.83) * (.0098, .0072, .0044) = (0/217, 0/419, 0/126) \\ S_4 &= (7.7, 8.06, 10.50) * (.0098, .0072, .0044) = (0/075, 0/058, 0/046) \\ S_5 &= (9.55, 13.7, 17.95) * (.0098, .0072, .0044) = (0/093, 0/098, 0/078) \\ S_6 &= (11.54, 14.91, 13.86) * (.0098, .0072, .0044) = (0/113, 0/107, 0/060) \\ S_7 &= (4.95, 7.12, 8.45) * (.0098, .0072, .0044) = (0/048, 0/051, 0/037) \\ S_8 &= (3.20, 4.45, 5.95) * (.0098, .0072, .0044) = (0/031, 0/032, 0/024) \end{aligned}$$

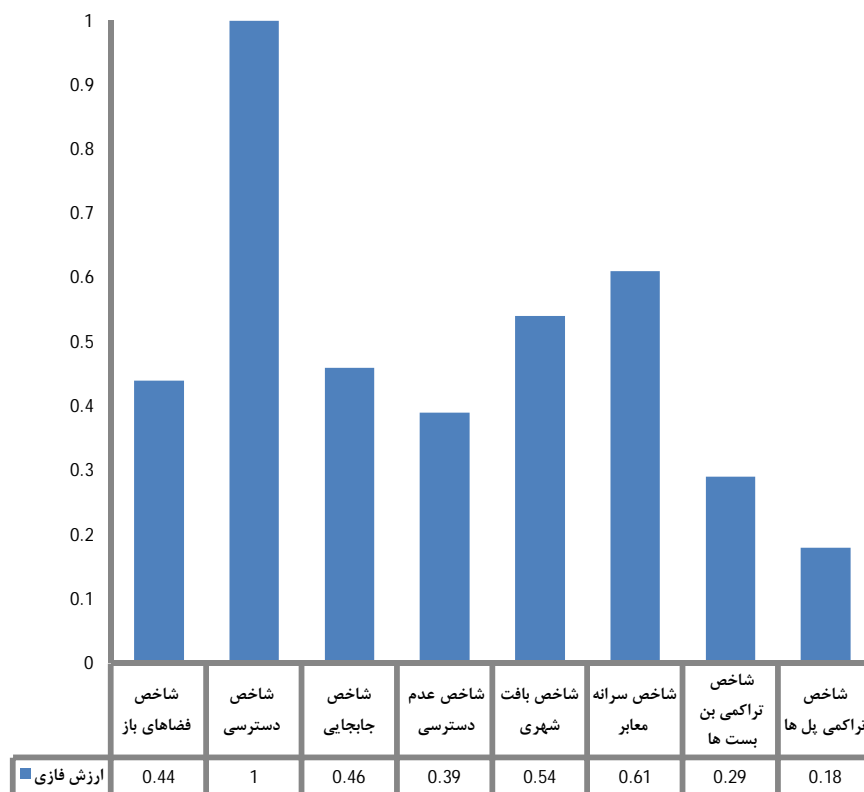
در نهایت، درجه بزرگی هر یک از مقادیر S (مؤلفه‌های نفوذپذیری بافت شهری کرج) نسبت به همدیگر از طریق رابطه شماره یک محاسبه و در نقشه فاصله آن شاخص اعمال شد.

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 & \text{if } m_1 \geq m_2 \\ V(M_1 \geq M_2) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)}$$

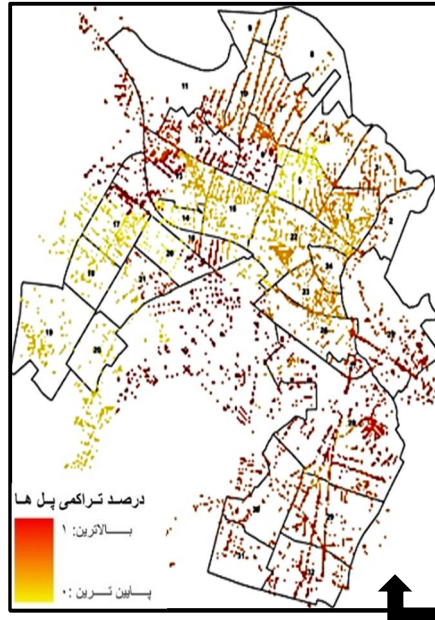


رابطه 1

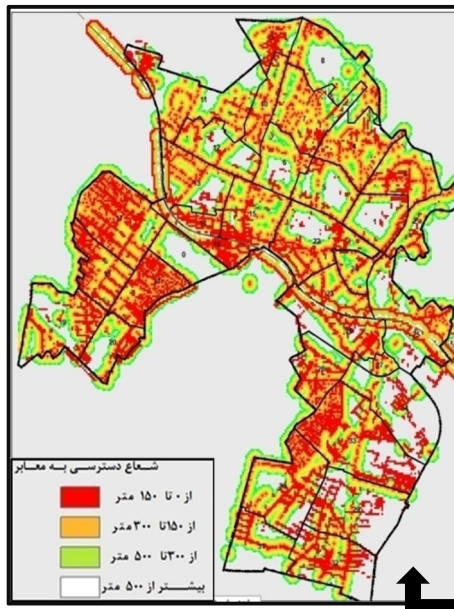


شکل 4 درجه بزرگی هر یک از مقادیر S (مؤلفه‌های نفوذپذیری بافت شهری کرج) نسبت به همدیگر

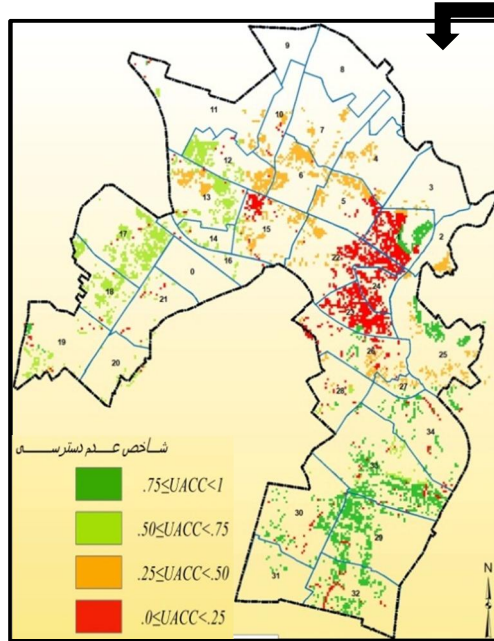
گام دوم، افزودن ارزش وزنی فازی در ماتریس مقایسه زوجی به لایه‌ها و تهیه نقشه‌های فواصل نفوذپذیری از شاخص‌هاست.



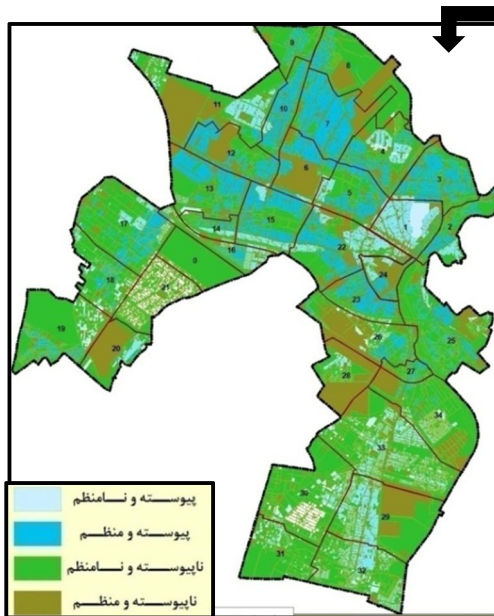
شکل 5 شاخص تراکم پل ها با وزن فازی نرمال: 0/03 و وزن غیرنرمال: 0/18



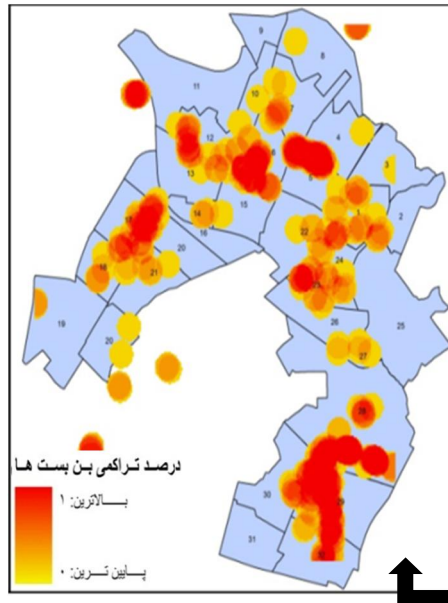
شکل 6 شاخص دسترسی به معابر با وزن فازی نرمال: 1/2 و وزن غیرنرمال: 1



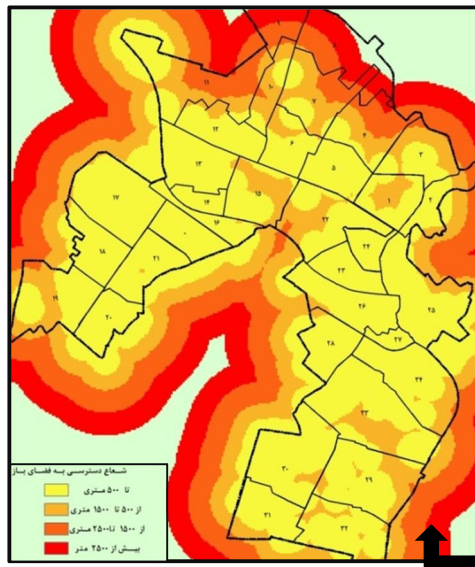
شکل 7 شاخص عدم دسترسی با وزن فازی نرمال: 0/5 و وزن غیرنرمال: 0/39



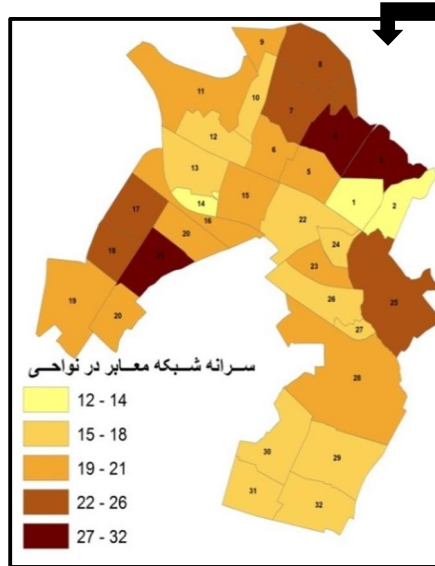
شکل 8 شاخص بافت با وزن فازی نرمال: 0/7 و وزن غیرنرمال: 0/54



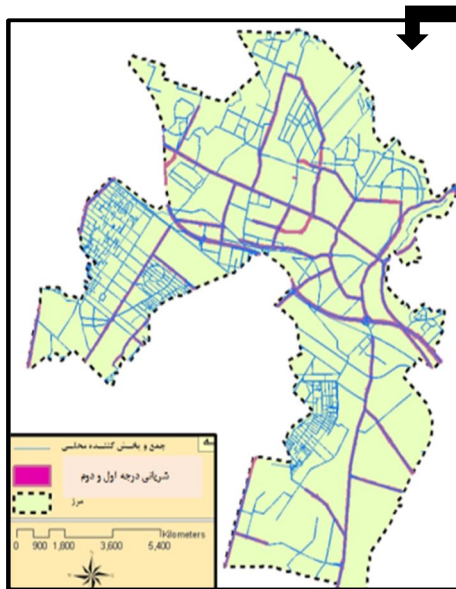
شکل 9 شاخص تراکم بن بست با وزن فازی نرمال: 0/10 و وزن غیرنرمال: 0/29



شکل 10 شاخص فضای باز با وزن فازی نرمال: 0/08 و وزن غیرنرمال: 0/44



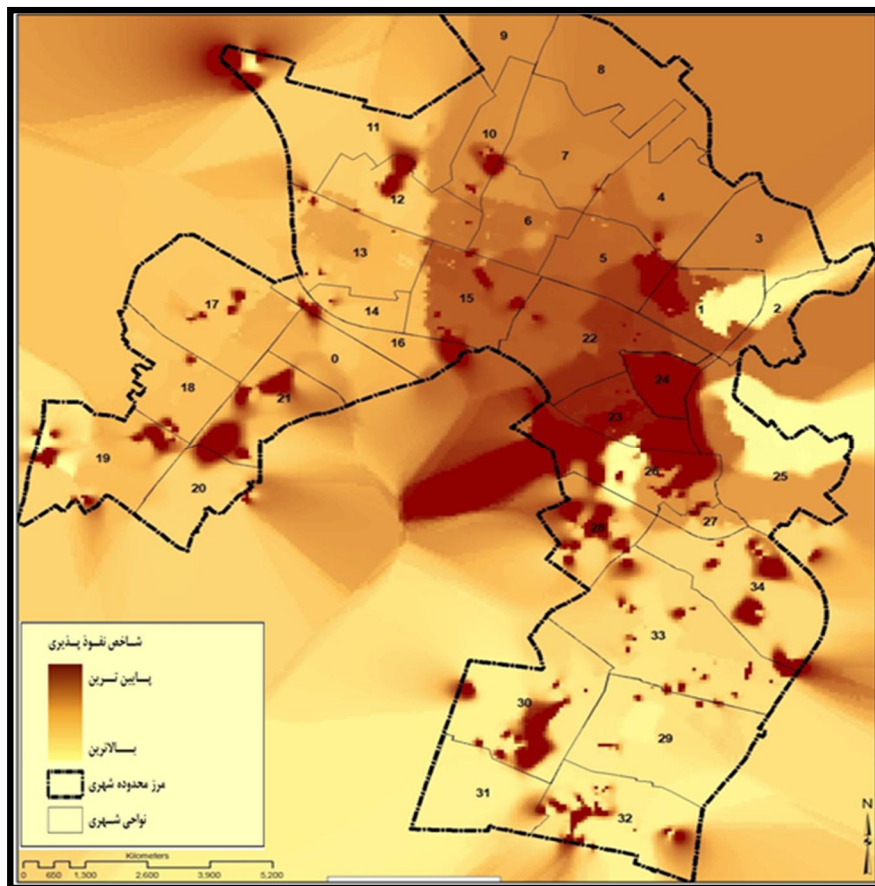
شکل 11 شاخص سرنانه شبکه معابر با وزن فازی نرمال: 0/10 و وزن غیرنرمال: 0/61



شکل 12 شاخص جابه‌جایی با وزن فازی نرمال: 0/09 و وزن غیرنرمال: 0/46



گام سوم، تلفیق توابع هم‌پوشانی از شاخص‌ها و تهیه نقشه نهایی نفوذپذیری بافت شهری کرج: در این مرحله، درجه بزرگی (ارزش وزنی) شاخص‌های اثرگذار در نفوذپذیری بافت شهری کرج به روش فازی و به نسبت یکدیگر محاسبه شد و با استفاده از برنامه جنبی spatial analysis در محیط نرم‌افزار Arcgis10.1 عملیات توابع هم‌پوشانی فازی¹ (Hosseinali & Ale sheikh, 2008: 1187) نقشه‌های فواصل انجام گرفت و سرانجام خروجی نهایی به صورت نقشه رستری نفوذپذیری بافت شهری کرج بزرگ به تفکیک نواحی 34 گانه ارائه شد.



شکل 13 نقشه نفوذپذیری بافت شهری کرج به تفکیک نواحی

1. Overlay

در شکل شماره سیزده شاخص‌های مؤثر در نفوذپذیری بافت شهری کرج با ارزش‌های وزنی متفاوت ادغام و میزان نفوذپذیری بافت شهری کرج با استفاده از طیف رنگی نمایش داده شده است. بر این اساس، محدوده‌ها و نواحی با شدت بالاتری از رنگ، میزان کمتری از نفوذپذیری در برابر مخاطرات را دارند و برعکس، نواحی و محدوده‌های با طیف رنگی روشن، بیانگر درجه بالاتری از نفوذپذیری هستند.

7- نتایج و یافته‌ها

کرج کلان‌شهر جوانی است که از عمر جدید آن کمتر از نیم‌قرن می‌گذرد. این شهر به دلیل سیر تحول شتابان خود (از سکونتگاه‌های پراکنده روستایی با جمعیت 14/266 در سال 1335 به کلان‌شهر امروزی با جمعیت 1,386,030 نفر) همواره از ساختارهای ایمن و پایدار یک شهر در ابعاد مختلف اجتماعی، کالبدی و محیطی بی‌بهره بوده است. نگاهی به آسیب‌پذیری این شهر در برابر مخاطرات محیطی (زلزله و زمین‌لغزش) و مخاطرات انسانی متأثر از بافت ناهمگن اجتماعی - فرهنگی، ضرورت توجه به ابعاد ایمن‌ساز این شهر را دوچندان کرده است. پرداختن به مبحث دفاع شهری کرج در مواجهه با مخاطرات ذکرشده و بازشناسی و ارزیابی اصول دفاع‌پذیری در این شهر ضرورتی انکارناشدنی است.

در پاسخ به پرسش اول پژوهش می‌توان گفت نفوذپذیری به‌عنوان یکی از راه‌بردهای دفاع‌پذیری شهری، تعریفی است برای خوانایی مسیرها و تراکم دسترسی‌ها در بافت شهری. بافت شهری نفوذپذیر دارای مسیرهای دسترسی زیاد، تقاطع‌های متعدد و بن‌بست‌های محدود است. هرچه بافت شهری به فضاهای باز و معابر اصلی دسترسی بهتری داشته باشد، به همان نسبت درجه آسیب‌پذیری آن در برابر مخاطرات کاهش و ایمنی آن افزایش می‌یابد. بر این اساس، با توجه به جغرافیای مخاطرات و دسترسی به اطلاعات لازم از آن در کلان‌شهر کرج، هشت شاخص مؤثر انتخاب و پس از ارزش‌گذاری به‌روش FAHP و فازی‌سازی آن، توابع هم‌پوشانی نقشه‌های مرتبط تهیه شد؛ پس از تلفیق نقشه‌های فواصل، نقشه نهایی نفوذپذیری بافت شهری کرج در سطح نواحی شهری نیز استخراج شد. فرض‌های مکانی شاخص‌های هشت‌گانه برای سنجش میزان نفوذپذیری بافت شهری کرج عبارت‌اند از:



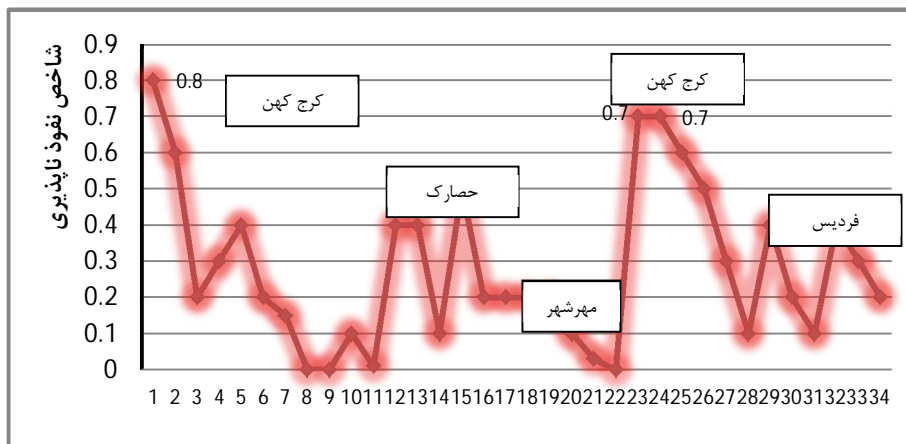
- هرچه تعدا پل‌ها در شبکه ارتباطی بیشتر باشد، نفوذپذیری دز زمان مخاطرات کمتر است.
 - هرچه تعدا معابر بن‌بست در شبکه ارتباطی بیشتر باشد، نفوذپذیری در مخاطرات کمتر است.
 - هرچه معابر شهری عریض‌تر باشند، نفوذپذیری هنگام مخاطرات بیشتر است.
 - هرچه نسبت سطح معبر به سطح ساخته‌شده بیشتر باشد، نفوذپذیری در مخاطرات بیشتر است.
 - هرچه نسبت فضاهای باز به بافت پر شهری بیشتر باشد، نفوذپذیری در برابر مخاطرات زیادتر است.

- هرچه الگوی بافت پیوسته و منظم‌تر باشد، نفوذپذیری در مخاطرات بیشتر است.
 به‌منظور پاسخ‌گویی به پرسش دوم این پژوهش (وضعیت پراکنش شاخص‌های منتخب نفوذپذیری بافت شهری کرج) از مدل ترکیبی FAHP-GIS استفاده شد. پس از محاسبه ارزش فازی هر شاخص، نقشه فواصل آن شاخص تهیه شد و وضعیت توزیع مکانی ضریب نفوذپذیری در ارتباط با شاخص مورد نظر از طریق تحلیل نقشه به‌دست آمد (مطابق گام دوم پژوهش).

جدول 4 نفوذپذیری نواحی شهری کرج با درنظر گرفتن شاخص‌های منتخب

نام شاخص	نواحی بیشتر نفوذپذیر	نواحی کمتر نفوذپذیر
جابه‌جایی	6, 12, 29, 21	8, 9, 24
عدم دسترسی	3, 4, 8, 9, 21	23, 24, 1, 22
دست‌رسی	7, 8, 13, 29	23, 24, 30
الگوی بافت	21, 9, 8	24, 2, 1
سرانه معابر	24, 23, 22	1, 24, 23
درصد تراکمی پل‌ها	23, 33	1, 12, 23, 24
درصد تراکمی بن‌بست‌ها	9, 8	1, 12, 23, 24
فضاهای باز شهری	6, 23, 31	8, 9, 1

برای پاسخ به سؤال سوم پژوهش، از روش هم‌پوشانی (IO) لایه‌های اطلاعاتی استفاده شد. در این مرحله، با ادغام نقشه‌های فواصل، نقشه نهایی نفوذپذیری بافت شهری کرج به دست آمد. براساس تحلیل مکانی اطلاعات، نفوذپذیرترین و نفوذناپذیرترین نواحی با سنجش ضرایب مکانی هر شاخص مشخص شد.



شکل 14 شاخص تطبیقی نفوذناپذیری در نواحی شهری کرج

براساس یافته‌های قابل تحلیل از شکل شماره چهارده، پراکنش مکانی شاخص نفوذناپذیری در نواحی شهری کرج توزیع غیرنرمال و ناموزونی دارد؛ بنابراین نظم قابل پیش‌بینی در توزیع نفوذناپذیری بافت شهری وجود ندارد. باوجود این، هسته‌های سکونتی مستقل از یکدیگر و مراحل زمانی گسترش فضایی در توزیع غیرنرمال شاخص نفوذناپذیری در نواحی شهری کرج بیشترین نقش را داشته‌اند. براساس شاخص نفوذناپذیری (شکل 14) که مستخرج از تحلیل مکانی این پژوهش است، بافت شهری کرج از نظر نفوذناپذیری، در چهار پهنه تقسیم می‌شود: پهنه کرج کهن با بالاترین ضریب نفوذناپذیری، پهنه حصارک و فردیس با ضریب متوسط نفوذناپذیری و پهنه مهرشهر با پایین‌ترین ضریب نفوذناپذیری.

همچنین، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد شاخص دسترسی به شبکه ارتباطی بیشترین امتیاز را در نفوذپذیری بافت‌های شهری در برابر مخاطرات دارد و پس از آن، ضریب تأثیر



- شاخص سرانه شبکه معابر و شاخص گونه‌های متفاوت بافت شهری بیشترین ارزش وزنی را دارايند. تحليل نقشه¹ سطوح نفوذپذیری بافت شهری کرج پس از تلفیق نهایی ارزش وزنی - مکانی شاخص‌های هشت‌گانه در محیط نرم‌افزار ARCGIS گویای آن است:
- کمترین ضریب نفوذناپذیری مربوط به نواحی شهری 24، 23، 12، 5، 1 و 26 و بیشترین ضریب نفوذپذیری مربوط به نواحی شهری 23، 29، 5، 11 و 20 است.
- از تحلیل نقشه نفوذپذیری استنباط می‌شود که الگوی نفوذپذیری بافت شهری کرج با الگوی زمانی رشد فیزیکی شهری رابطه معناداری دارد. محدوده مرکزی شهر یا کرج کهن با بافت قدیم و عمدتاً پیوسته، نامنظم و پرتراکم شامل نواحی 1، 5، 23، 24 و 22 از محدوده‌های بسیار نفوذناپذیر شهری است.
- برمبنای یافته‌های پژوهش، از میان هسته‌های الحاقی به کرج کهن، مهرشهر و فردیس با توجه به نظم و فرم شبکه ارتباطی، متوسط سرانه معابر 20 مترمربع و البته بافت گسسته و برنامه‌ریزی‌شده، از بالاترین ضریب نفوذپذیری بهره‌مندند.
- براساس یافته‌های این پژوهش، بازبینی در ساختار ارتباطات شهری کلان‌شهر کرج با تدوین و اجرایی کردن طرح جامع حمل‌ونقل شهری به‌منظور نظم‌بخشی و روان‌بخشی شبکه ارتباطی به‌ویژه در پهنه کرج ضروری است.

8- منابع

- اصغریان جدی، احمد، الزامات معمارانه در دفاع غیرعامل پایدار، تهران: دانشکده معماری شهیدبهشتی، 1383.
- بحرینی، سیدحسین، برنامه‌ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله‌زده، تهران: مرکز مقابله با سوانح طبیعی، 1374.
- بهتاش، فرزاد و همکاران، «بررسی میزان تاب‌آوری محیطی با استفاده از مدل شبکه علیت»، فصلنامه محیط‌شناسی، س 37، ش 59، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، 1390.

- داعی‌نژاد، فرامرز و همکاران، اصول و رهنمون‌های طراحی و تجهیز فضاهای باز مجموعه‌های مسکونی به منظور پدافند غیرعامل، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، شماره نشریه گ-440، 1385.
- رضایی، سعید، «تحلیل مکان‌یابی در آمایش دفاعی و پدافند غیرعامل» در همایش سراسری سامانه اطلاعات مکانی، دانشکده و پژوهشکده علوم دفاعی و امنیت ملی دانشگاه امام حسین (ع)، 1389.
- رهنمایی، محمدتقی و مصطفی محمدی ده‌چشمه، «تحلیلی بر ناپایداری اجتماعی در بوم‌شهر ایرانی»، مجله اطلاعات سیاسی - اقتصادی، ش 259-260، 1388.
- زیاری، کرامت‌اله و مصطفی محمدی ده‌چشمه، «اولویت‌بخشی به ایمن‌سازی بافت‌های فرسوده شهری کرج»، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ش 79، صص 1-15، 1391.
- سازمان پدافند غیرعامل کشور، مجموعه مقالات و سخن‌رانی‌های درون‌سازمانی، 1384-1391.
- محمدی ده‌چشمه، مصطفی، مدل‌سازی مؤلفه‌های ریسک‌پذیر مؤثر بر ایمن‌سازی کلان‌شهر کرج، رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، 1390.
- _____ ایمنی و پدافند غیرعامل شهری، اهواز: انتشارات دانشگاه شهیدچمران اهواز، 1392.
- وزارت مسکن و شهرسازی، پیش‌نویس مقررات ملی ساختمان، ج 21، پدافند غیرعامل، 1390.
- Alexander, D., "From Civil Defense to Civil Protection", *Journal of Disaster Prevention and Management*, Vo. 11, No. 3, 2002.
- Asgharian Jedi, A., *Architectural Requirements for Sustainable Passive Defense*, Shahid Beheshti School of Architecture, 2004. [In Persian]
- Bahreini, S.H., *Planning Land Use in the Earthquake Zone*, Tehran: Center for Natural Disaster, 1995. [In Persian]
- Behtash, F. Et al., "Evaluation of Environmental Resilience Network Model of Causality", *Journal of Environmental Studies*, Vol. 37, No. 59, Faculty of Environment, Tehran University, 2011. [In Persian]



- Dai Nejad, F. Et al., *Principles and Guidelines for Designing and Open Spaces Housing Complexes to Passive Defense*, Building and Housing Research Center, Bulletin, No. G -440, 2006. [In Persian]
- Department of Housing and Urban Development, *A Draft National Building Regulations, Vol. 21, Passive Defense*, 2011. [In Persian]
- Federal Emergency Management Agency, "Report on Costs and Benefits of Natural Hazard Mitigation", Washington, DC., 1997.
- Frumkin, H., L. Frank & R. Jackson, "Urban Sprawl and Public Health: Designing, Planning and Building for Healthy Communities", Island Press, Washington DC. *Journal of Planning Education and Research*, No. 22, Pp. 360-37, 2004.
- Handy, S., R. Paterson & K. Butler, "Planning for Street Connectivity: Getting from Here to there", American Planning Association" in L. Bentley Et al. (Eds.), *Responsive Environments*, Chicago, 2003.
- Hanson, D., P. Vardon & J. Lloyd, *Safe Communities: An Ecological Approach to Safety Promotion, Reducing Injuries in Mackay*, North Queensland, Pp. 72- 91, 2002.
- Hosseinali, F. & A. Alesheikh, "Weighting Spatial Information in GIS for Copper Mining Exploration", *American Journal of Applied Sciences*, Pp. 1187- 1198, 2008.
- Iran's Passive Defense Organization, *Proceedings and Presentations Contained within the Site*, 2005- 2012. [In Persian]
- ISDR, *The Structure, Role and Mandate of Civil Protection in Disaster Risk Reduction for South Eastern Europe*, 2008.
- Kopelman, P., S.A. Jebb & B. Butland, *Executive summary: Foresight 'Tackling Obesities: Future Choices' project*. *Obesity Review*, 8 Suppl 1: vi- ix, 2007.
- Lane, Marcus B., Reviewing the Regional Forest Agreement Experience: The "Wicked Problem" of Common Property Forests, *Presented at Regional Forest*

Agreements and the Public Interest: A National Symposium, Australian National University, Canberra, Australia, 16 July 2003.

- Lang, J., *Urban Design*, Vilz University, Ostoralia, Vile University Press, 2005.
- Lynch, K., *Good City Form*, Cambridge MA and London: MIT Press, 1984, C1981, ISBN 0-262-12085-2.
- Lynch, K., *Site Planning*, 3rd Ed., Cambridge MA and London: MIT Press, 1984.
- Mohammadi Dehcheshmeh, M., *Modeling Risk Factors Affecting Metropolitan Immunization Branch*, Ph.D. Dissertation in Geography and Urban Planning, Tehran University, 2011. [In Persian]
- _____ *Urban Safety and Passive Defense*, Shhydchmran Ahvaz University Press, 2013. [In Persian]
- Rahnamai, M.T. & M. Mohammadi Dehcheshmeh, "Analysis of social Insustainability in the Iranian City", *Journal of Political Information- Economic*, No. 259- 260 & 297-284, 2009. [In Persian]
- Rezaei, S., "Spatial Analysis in Defense and Passive Defense Mapping" in *GIS National Congress*, Department of Defense and National Security Sciences Institute, University of Imam Hussain, 2010. [In Persian]
- TDM (Transport Demand Management), Encyclopedia 2008, Roadway Connectivity, Victorian Transport Policy Institute Accessed.
- UN Habitat, *Enhancing Urban Safety and Security: Global Report on Human Settlements*, 2008.
- Van den Berg, L., *The Safe City: Safety and Urban Development in European Cities*, Ashgate Publishing Company, 2003.
- Victorian Transport Policy Institute Accessed 30 April 2009. <http://www.vtpi.org/tdm/tdm116.htm>.
- Ziari, K. & M. Mohammadi Dehcheshmeh, "Prioritization of Karaj Urban Worn Immunization Branch", *Journal of Human Geography*, No. 79, Pp. 1- 15, 2012. [In Persian]