

## Analysis of the Spatial Development of Karaj Urban Form with Futures Studies Approach

Kiyan Shakarami <sup>\*1</sup>, Mohammad Rahim Rahnama <sup>2</sup>, Mohammad Ajza Shokouhi <sup>3</sup>

1- PhD Candidate of Geography and Urban Planning, Department of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(\*Corresponding Author Email: sorena94@yahoo.com)

2- Associate Professor of Geography and Urban Planning, Department of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(rahnamarahim@gmail.com)

3- Associate Professor of Geography and Urban Planning, Department of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(shokouhim@um.ac.ir)

### Abstract

Planning is one of the important strategies of planners and urban planners for the development of the form and shape of the city in the future which both meet the needs of the city and citizens in the best way and preserves the urban environment. The purpose of this study is to analyze the spatial development of the urban form of Karaj with a futures studies approach. The required data is collected through the library method (articles, meta-documents, urban plans, etc.) and using the opinion of experts (to identify key drivers, to compile and score hypotheses and to present scenarios). The statistical sample consists of 40 experts and researchers in the relevant field selected by snowball sampling. The comments and suggestions from this group have been collected using the Delphi method. To determine the factors affecting the spatial growth and development of Karaj in the period 1365-1395 (1986-2016), the Holdern model has been used. Shannon entropy has also been used to determine the density or dispersion of Karaj city areas. Morphol software has been used to compile the scenarios. The results obtained show that 95% of the growth and development of Karaj city during these 30 years has been due to population factors. Also, regions 1, 8, 5, and 9 have a compact form and the entropy number is close to the minimum while regions 10, 6, and 3 have an almost more scattered form. Among the 12 scenarios presented, 5 scenarios are in the intermediate state, 4 scenarios are catastrophic, and 3 are favorable scenarios.

**Keywords:** Spatial Development, City Form, Scenario Writing, Karaj City.



## تحلیل توسعه فضایی فرم شهری کرج با رویکرد آینده‌پژوهی

کیان شاکرمی<sup>\*</sup>، محمدرحیم رهنما<sup>۲</sup>، محمد اجزاء شکوهی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(\* نویسنده مسئول: sorena94@yahoo.com)

۲- دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(rahnamarahim@gmail.com)

۳- دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(shokouhim@um.ac.ir)

### چکیده

**طرح مسئله:** برنامه‌ریزی برای توسعه فرم و شکل شهر در آینده که هم تأمین‌کننده نیازهای شهر و شهروندان به بهترین شکل و هم حافظ محیط‌زیست شهر باشد، یکی از استراتژی‌های مهم برنامه‌ریزان و شهرسازان است.

**هدف تحقیق:** تحلیلی بر توسعه فضایی فرم شهری کرج با رویکرد آینده‌پژوهی است.

**روش:** داده و اطلاعات لازم تحقیق به دو روش کتابخانه‌ای (مقالات، اسناد فرادستی، طرح‌های شهری ...) و استفاده از نظر کارشناسان (برای شناسایی پیشران‌های کلیدی، تدوین و امتیازدهی به فرض‌ها و ارائه سناریوها) جمع‌آوری شده است. نمونه آماری ۴۰ نفر از کارشناسان و پژوهشگران مربوط بود که به روش گلوله‌برفی انتخاب و با استفاده از روش دلفی نظرات و پیشنهادات از این گروه جمع‌آوری شد. برای تعیین عامل مؤثر بر رشد و توسعه فضایی شهر کرج در دوره ۱۳۹۵-۱۳۶۵ از مدل هلدن، برای تعیین میزان فشردگی یا پراکندگی مناطق شهر کرج از آنتروپی شانون و برای تدوین سناریوها از نرم‌افزار Morphol استفاده شده است.

**نتایج:** نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که ۹۵٪ از رشد و توسعه شهر کرج در طی این ۴۰ سال ناشی از عامل جمعیتی بوده است. همچنین مناطق ۱، ۵، ۸ و ۹ فرم فشرده و عدد آنتروپی نزدیک به حداقل و مناطق ۳، ۶ و ۱۰ فرم تقریباً پراکنده‌تری دارند. از بین ۱۲ سناریوی ارائه‌شده ۵ سناریو در وضعیت بینابین، ۴ سناریوی فاجعه و ۳ سناریوی مطلوب قرار دارد.

**نوآوری:** این پژوهش از جمله معدود پژوهش‌های انجام‌شده است که با استفاده از نرم‌افزار سناریونویسی Morphol تغییرات فضایی فرم شهر کرج را سناریونویسی کرده است.

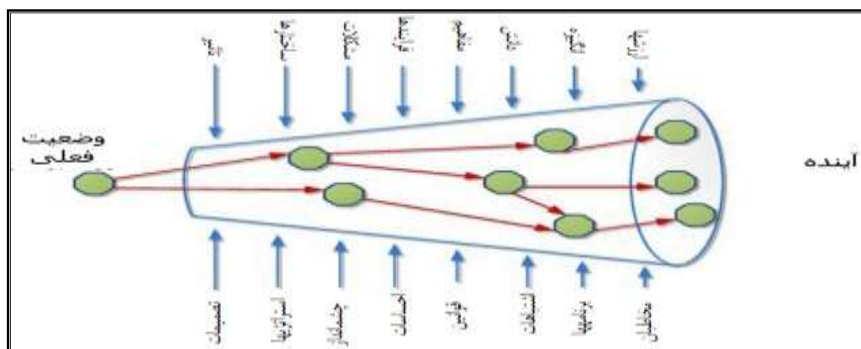
**واژه‌های کلیدی:** توسعه فضایی، فرم شهر، سناریونویسی، شهر کرج.



## مقدمه

براساس آمار سازمان ملل بیش از نیمی از جمعیت جهان حدود ۵۴٪ در سال ۲۰۱۴ در شهرها زندگی می‌کردند که پیش‌بینی می‌شود این تعداد تا سال ۲۰۵۰ به ۶۶٪ برسد (حاتمی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۸)؛ این مسئله شهرها را در ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی و فضایی تحت‌تأثیر قرار داده است؛ به‌طوری‌که بعد از دهه ۱۹۶۰، توسعه فضایی شهر یک مشکل جهانی در ارتباط با رشد مادرشهر شد و نه تنها در آمریکای شمالی، اروپای غربی و ژاپن، بلکه در بعضی از شهرهای بزرگ کشورهای توسعه‌یافته به وجود آمد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۵۳). با وجود این، هنوز الگوی مناسبی برای توسعه فضایی و بهبود شرایط زیستی شهرها با توجه به فرم آنها ارائه نشده است (مهدیون و شکوهی، ۱۳۹۸: ۱۳۶). در نیمه دوم قرن بیستم فرم شهرها تغییرات چشمگیری داشته است و بیشتر برنامه‌ریزان شهری، برنامه‌های رشد شهرها را در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، کالبدی و زیست‌محیطی بررسی کردند (Ogel, 2017, p.2)؛ زیرا در بسیاری از تحقیقاتی که در زمینه فرم شهرها انجام گرفته، نتایج به‌طور گسترده‌ای نشان می‌دهد که فرم شهر با توسعه پایدار شهر ارتباطی مستقیم و دوسویه دارد (Hamidi & Heinonen et al, 2013, p.67). فرم شهر در بعد اجتماعی شهر بر جمعیت‌پذیری و پراکنش جمعیت، در بعد اقتصادی بر مصرف انرژی شهر، در بعد کالبدی بر توسعه شهر در جهات مختلف، پراکندگی و فشردگی، در بعد زیست‌محیطی بر تولید آلاینده‌های در سطح محلات و مناطق شهر اثرگذار است (Najaf, 2018, p. 258). طبق گزارش سازمان ملل متحد، فرم شهر تأثیر مستقیم بر مصرف انرژی (و دستیابی به توسعه پایدار) دارد. در این بین، بعضی از زوایای ارتباط بین فرم شهر و میزان مصرف انرژی به‌خوبی توصیف شده‌اند؛ ولی چنین مطالعاتی عمدتاً یا بر روی بخش حمل‌ونقل و یا بر مدل‌های موجود مصرف انرژی در بخش ساختمانی بر ساختمان‌های منفرد تمرکز می‌کنند؛ در نتیجه اهمیت پدیده‌های بزرگ‌مقیاس‌تر نادیده گرفته می‌شود (Marique et al, 2012, p.2). لذا برنامه‌ریزی برای توسعه فرم و شکل شهر در آینده که هم تأمین‌کننده نیازهای شهر و شهروندان به بهترین شکل و هم حفظ‌کننده زیست محیط شهر باشد، یکی از استراتژی‌های مهم برنامه‌ریزان و شهرسازان است (Lord and Mannering and Bhat, 2014, p.2). بدین ترتیب، باید قبل از هرگونه مداخله در اراضی، توان اکولوژیکی مناطق و جهات گوناگون شهر به‌منظور توسعه ارزیابی شود تا براساس این توان و با مدنظر قراردادن نیازهای اقتصادی و اجتماعی، به توسعه مناسب شهرها توجه کرد (پورجعفر و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۲). اهمیت مسئله بیشتر از آنجا نمایان می‌شود که امروزه عامل بسیاری از آشفتگی‌ها، زوال زود هنگام شهرها، پیچیدگی فعالیت‌ها ناشی از نبود برنامه‌ریزی و جهت‌دهی کارشناسی‌شده ساختار فضایی فرم شهرها بوده است (Liu et al, 2011, p.348. Wei and Ewing, 2018, p.262). در بحث توسعه فضایی، شهر کرج در طی دوره‌های زمانی ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ روند متفاوتی طی کرده است. آمارها نشان می‌دهد که در سال ۱۳۳۵ تراکم جمعیتی این شهر ۷۲/۶۳ نفر در هکتار بوده و در سال ۱۳۹۵ به ۱۱۱ نفر در هکتار رسیده است. به‌طور کلی تغییرات زمانی تراکم شهر منجر به تغییراتی در فرم شهری کرج شده است؛ به‌گونه‌ای که تراکم شهری بین سال ۱۳۴۵-۱۳۳۵ روند نزولی داشته و شهر در این دوره زمانی پراکنده‌رو بوده است. در ادامه بین سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۴۵ تراکم شهر روندی صعودی داشته است؛ لذا شهر به‌صورت فشرده رشد

کرده است (شماعی و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۹)؛ به طوری که در سال ۱۳۶۰ رشد و توسعه شهر در مناطق مرکزی شهر مانند منطقه ۱، ۵، ۴، ۷ و ۸ انجام گرفته و مناطق ۳، ۶ و ۱۰ و حاشیه ۷ و ۸ خالی از سکنه بوده است؛ اما تا سال ۱۳۹۵، دوازده منطقه شهر رشد و گسترش پیدا کرده و توسعه شهر در جهات مختلف صورت گرفته است؛ همان گونه که از موضوعات مطرح شده مشخص، بسیاری از تغییر و تحولات کلان شهر کرج به صورت ناگهانی و پیش‌بینی نشده اتفاق افتاده است. همچنین نبود قطعیت‌ها، تغییرات شدید، درهم‌تنیدگی و پیش‌بینی ناپذیر بودن نظام‌های شهری و منطقه‌ای، ضرورت به‌کارگیری روش‌های آینده‌نگاری را در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای دوچندان کرده است. (رهنما و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۴۰) در مراحل سناریو باید وضعیت فعلی به همراه مجموعه عوامل اثرگذار تا پیش‌بینی آینده بررسی شود (شکل ۱).



شکل - ۱: مخروط تشخیص و پیش‌بینی آینده

Figure 1: The cone of future diagnosis and prediction

لذا با توجه به موضوعات و مسائل مطرح شده، تحقیق حاضر برای رسیدن به اهداف زیر است: ۱- بررسی روند توسعه فضایی فرم شهر کرج طی ۳۰ سال گذشته؛ ۲- ارزیابی وضعیت کنونی فرم شهری کرج؛ ۳- تبیین و ارزیابی سناریوهای مختلف توسعه فضایی شهر کرج براساس قابلیت‌های مناطق شهری و متغیرهای کلان مؤثر بر آنها؛ ۴- ارائه سناریوهای محتمل و مطلوب برای توسعه فضایی فرم شهری کرج در آینده.

### پیشینه پژوهش

قرائی و همکاران (۱۳۹۷)، پژوهشی با عنوان «گونه‌شناسی فرم شهر و ساختار فضایی پایدار با نظری بر شهر تهران» انجام داده‌اند که نتایج نشان داد همپوشانی بالای خوشه‌بندی مناطق تهران براساس شاخص‌های فرم، ساختار فضایی و شاخص‌های پایداری، نشان‌دهنده اثرگذاری مستقیم شاخص‌های فرم و ساختار فضایی شهری بر پایداری در شهر تهران است. سیف‌الدینی و همکاران (۱۳۹۱)، پژوهشی درباره بررسی فرم شهر آمل از دیدگاه پراکنش یا فشردگی انجام دادند که نتایج نشان داد شهر آمل با اینکه در طول ۳۸ سال گذشته فرم پراکنده‌ای داشته است؛ اما در دهه اخیر از میزان پراکنش آن کاسته شده و روند فشرده‌ای در پیش گرفته است. علی‌پور کوهی و همکاران (۱۳۹۸)، در تحقیقی «تحلیل فرم- ریخت‌شناسانه هسته تاریخی شهر خرم‌آباد با بهره‌گیری از تکنیک‌های Agraph و

Spacemate» را بررسی کردند و درنهایت، پس از معرفی تکنیک‌های تحلیلی و سنجش شاخص‌ها در محله درب باباطاهر، چهار منطقه مورفولوژیک بازشناسی شد و الزامات طراحی‌ها همچون حفظ گونه‌های تاریخی، نوسازی ابنیه، رعایت ضوابط تراکمی، تعریض توأم با احترام به تاب بافت، بهسازی و تزریق کاربری عمومی و تسهیل گردشگری و محلی به‌عنوان محرک توسعه به تفکیک هر زون ارائه شد. حسیه<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۷)، تحقیقی در ارتباط با تراکم فرم شهری و کاربری زمین انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از فرم متراکم شهری می‌تواند اثرگذاری بالایی در زمینه استفاده مناسب‌تر از کاربری‌های شهری داشته باشد. یونگ‌لینگ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۷)، ابعاد مختلف فرم شهر از جمله اثرگذاری بر مصرف انرژی را بررسی کردند و نتایج تحقیق نشان داد که بین فرم شهر و مصرف انرژی رابطه معناداری وجود دارد. لذا باید درباره ابعاد فرم شهر بازبینی تازه صورت گیرد.

جوانرودی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۸)، فرم شهر و سپس بلندمرتبه‌سازی آن را بررسی کردند و نتایج تحقیق نشان داد که بلندمرتبه‌سازی شهرها در صورتی که مبتنی بر برنامه‌ریزی فرم فشرده شهری باشد، نتایج بهتری در زمینه صرفه‌جویی در حامل‌های مختلف انرژی خواهد داشت. لیو<sup>۴</sup> و شین (۲۰۱۱)، تحقیقی در زمینه فرم شهری انجام دادند و نتایج تحقیق نشان داد که فرم شهر تأثیرگذاری بالایی بر حمل‌ونقل و سفر خانوارها دارد و درواقع، شکل پراکنده شهر منجر به هزینه‌های بالا و صرف زمان بیشتری بر خانوارها می‌شود که قاعدتاً تعداد سفرها را کاهش می‌دهد.

آلوبیدی<sup>۵</sup> (۲۰۱۶)، تحقیقی در زمینه فرم شهر و گرمایش شهر بغداد انجام داد و نتایج تحقیق نشان‌دهنده آن بود که تراکم بیش‌ازحد در نقاطی از شهر باعث ایجاد جزایر گرمایی می‌شود. الهی (۱۳۹۲)، تحقیقی با عنوان «توسعه پایدار در شهرسازی: فرم شهر، انرژی جمعی و آینده بدون کربن» انجام داد و در این تحقیق از ابزارهای آینده‌پژوهی برای سنجش فرم شهر و توسعه پایدار استفاده کرد. حاتمی‌نژاد و محمدی (۱۳۹۱) پژوهشی با عنوان رهیافتی به شکل پایدار شهری انجام دادند. درواقع، این نوشتار مروری بر بحث‌های مربوط به ساخت و شکل پایدار شهر است تا براساس آن به برخی از مدل‌های شهری که به نظر می‌رسد بیشتر برای پایداری شهرهای امروزی باشند، توجه شود. هان و جیا<sup>۶</sup> (۲۰۱۶)، تغییرات کالبدی و توسعه شهری فوشان چین را بررسی و با استفاده از الگوی توسعه آن در ۲۰ سال گذشته، روند تغییرات آن را با استفاده از ویژگی‌های محیطی برای سال ۲۰۲۵ مشخص کردند و درنهایت الگوی شهر موردنظر خود را ارائه کرده و ادغام داشتند که برنامه‌ریزی بر مبنای آن باعث حفظ ویژگی‌های زیست‌محیطی می‌شود. شجاع و همکاران (۱۳۹۸)، تحقیقی در زمینه فراتحلیلی بر تحقیقات فرم شهر انجام دادند و نتایج تحقیق نشان داد که بسیاری از تحقیقاتی که در این حوزه انجام شده است، در زمینه تأثیر فرم شهر بر مصرف انرژی بوده است.

<sup>1</sup> Hsieh

<sup>2</sup> Yongling

<sup>3</sup> Javanroodi

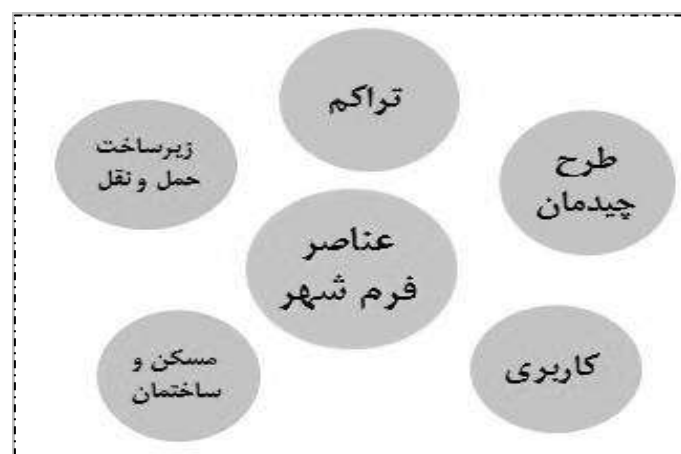
<sup>4</sup> Liu & Shen

<sup>5</sup> Alobaydi

<sup>6</sup> Han & Jia

## مبانی نظری پژوهش

فرم شهر در تعریف لغت‌نامه‌ای فرم، طریقی است که در آن یک پدیده زیست، عمل و خود را آشکار می‌کند؛ بدین ترتیب، مفهوم دقیق فرم، فراتر از روابط بین نشانه‌ای و هم‌جواری عناصر بصری است؛ اما شکل، پوسته ظاهری فرم است. راه و روشی که غالباً از راه دیدن و تجربه‌کردن حاصل می‌شود، نه از راه پشتوانه فکری. از دیدگاه زیباشناختی فرم به معنای تظاهر حسی، ظاهر بالقوه و واضح یک پدیده است که در فرایند ادراک به‌صورت بالفعل درآمده است و شناخته می‌شود (قرائی و همکاران، ۱۳۹۷: ۸۰). تعریف فرم، هیچ‌گاه آسان نبوده است؛ به همین دلیل همیشه متناسب با نوع کاربردش تعریف می‌شود. در تعریف کلی آن آمده که الگوی توزیع فضایی فعالیت‌های انسان، در دوره خاصی از زمان است (Anderson, 1996, p.8). فرم شهر به دلیل آثار مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، می‌تواند یک شهر را به‌سوی پایداری یا ناپایداری سوق دهد (رستگاری، ۱۳۹۵: ۲۲). فرم شهر تبلور فضایی، شکل حیات مدنی اجتماعی شهر و فعالیت شهرها در مکان و فضا است که در ترکیبی از ذهنیت و عینیت، ماهیتی ترکیبی و فرابعدی یافته و حاصل تعامل نیروهای بسیاری است (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۵). در واقع، جستجوی «فرم شهری خوب» که باعث افزایش نشاط و کیفیت زندگی شهروندان باشد، بخش مهمی از برنامه‌ریزی شهری را به خود اختصاص داده است (Bardhan, 2015, p.56). فرم شهر، گسترده‌ترین مفهوم مرتبط به شهر است که در برگیرنده کلیه عناصر محیطی است که انسان به‌طور بالقوه می‌تواند در ارتباط با آن قرار گیرد (خستو و حبیب، ۱۳۹۵: ۳۵). فرم شهر به شکل و ساختار فیزیکی شهر مربوط می‌شود و شامل شکل، اندازه و تراکم سکونتگاه‌هاست. آن را می‌توان در مقیاس‌های مختلف منطقه شهری، ناحیه شهری، محله، بلوک و خیابان در نظر گرفت (Williams, 2014, p.6). فرم شهر به‌طور کلی به مفهوم الگوی فضایی عناصر کالبدی بزرگ، بی‌حرکت و دائمی در شهر نظیر ساختمان‌ها، خیابان‌ها، تجهیزات، تپه‌ها، رودخانه‌ها و شاید هم درختان است. به این عناصر، واژه‌های مشخص‌کننده گوناگونی که تعیین‌کننده نوع کاربری، کیفیت یا چگونگی مالکیت آنها باشد، ضمیمه می‌شود (مسعود و بابایی، ۱۳۹۴: ۶). فرم شهر از ابعاد مختلفی تشکیل شده است که مجموع این ابعاد شهر را می‌سازند.



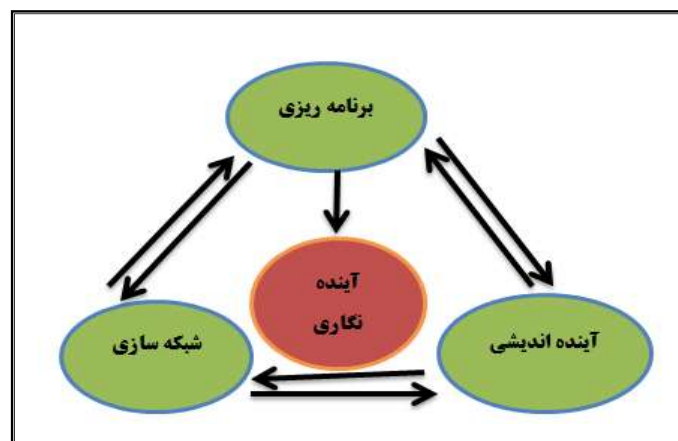
شکل - ۲: عناصر فرم شهر. (منبع: نیک‌پور و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۴)

Figure 2: Elements of city form

فرم شهری رابطه بین یک شهر و مناطق اطراف آن را نشان داده و تأثیر اقدامات انسانی را بر محیط درون و بیرون آن به نمایش می‌گذارد. با توجه به نحوه توزیع فعالیت‌ها، فرم شهر شاید مهم‌ترین وسیله‌ای باشد که یک شهر خودش را با آن عرضه می‌کند (Grimm et al, 2008, p. 757). فرم شهری که پیکربندی فضایی از الگوی کاربری اراضی شهری نشان می‌دهد، باعث تنوع شکل یا الگوی رشد شهرها در کشورهای مختلف شده است؛ اما به‌طور کلی رشد شهر به‌صورت یک فرایند دوگانه گسترش بیرونی و رشد فیزیکی سریع یا رشد درونی و سازمان‌دهی مجدد است (بزی و وحدتی، ۱۳۹۱: ۲).

### آینده‌پژوهی

نخستین تلاش‌های نظام‌مند برای مطالعه آینده از سال ۱۹۸۴ در اندیشگاه رند آغاز شد. این مطالعات به‌طور عمده بر پایه پیش‌بینی بود که در راه شناخت وقایع احتمالی جنگ می‌کوشید و بعدها در مسائل غیرنظامی و اقتصادی نیز به کار می‌رفت (زیپارو و اسدزاده، ۱۳۹۸: ۴۲). در واقع، آینده‌پژوهی دانش و معرفت شکل‌بخشیدن به آینده، به‌گونه‌ای آگاهانه، فعالانه، پیش‌دستانه و با مشخصه‌هایی همچون تمرکز بر موضوعات بلندمدت، متعهد به نتایج و سیستماتیک بودن است. آینده‌نگاری شامل کنار هم قراردادن عوامل کلیدی تغییر و منابع دانش، به‌منظور توسعه چشم‌اندازهای راهبردی و اطلاعات برآوردی است. نکته مهم آن است که سناریوهای حاصله از آینده‌نگاری پیونددهنده آینده و راهبردهای خلق‌شده هستند (شاکرمی و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۲). در ساده‌ترین حالت، آینده‌نگاری حاصل تلاقی و هم‌گرایی سه دسته از مفاهیم یا حوزه‌های مختلف است که عبارت‌اند از: ۱- برنامه‌ریزی یا برنامه‌ریزی راهبردی؛ ۲- آینده‌پژوهی؛ ۳- شبکه‌سازی یا توسعه سیاست. شکل ۳.



شکل ۳- عوامل مؤثر بر آینده‌نگاری. (شکوهی و شاکرمی، ۱۳۹۷: ۵۳)

Figure 3: Factors affecting futurism

همچنین سناریو نشان می‌دهد که چگونه ممکن است یک آینده براساس وضعیت کنونی و مجموعه‌ای از فرضیات درباره نیروهای کلیدی پیشران شکل بگیرد (Geneletti, 2012, p. 4). از جنبه‌های دیگر برنامه‌ریزی سناریو

براساس این فرض است که تحولات آینده تا حد زیادی نامطمئن است و همین موضوع مدیران را وادار می‌کند که به فکر تدوین سناریوهای مختلف برای مواجهه با آینده باشند (Wulf et al, 2010, p. 10). آینده‌پژوهی مشتمل بر مجموع تلاش‌هایی است که با واکاوی منابع، الگوها، عوامل تغییر یا ثبات به تجسم آینده‌های بالقوه و برنامه‌ریزی برای آنها توجه می‌کند (سیلابی و احمدی‌فرد، ۱۳۹۸: ۷۵).

آینده‌پژوهی دانشی نوپاست که می‌توان آن را شکل تکامل‌یافته برنامه‌ریزی راهبردی دانست. در سال‌های اخیر برای پاسخگویی به شرایط عدم قطعیت، پیچیدگی، درهم‌تنیدگی ابعاد مختلف موضوعات و ترسیم دورنمای آینده سیستم‌ها به شدت به کار می‌رود (جواهری تقدس و همکاران، ۱۳۹۹: ۷۷۳).

### روش پژوهش

روش تحقیق توصیفی، تحلیلی از ساختار موجود شهر کرج است و هدف تحقیق استفاده از جنبه کاربردی آن است. داده و اطلاعات لازم تحقیق به دو روش کتابخانه‌ای (مقالات، اسناد فرادستی، طرح‌های شهری و ...) و استفاده از نظر کارشناسان (برای شناسایی پیشران‌های کلیدی، تدوین و امتیازدهی به فرض‌ها و ارائه سناریوها) جمع‌آوری شده است. نمونه آماری، ۴۰ نفر از کارشناسان و پژوهشگران مربوط بوده است که به روش گلوله‌برفی انتخاب شد و با استفاده از روش دلفی نظرها و پیشنهادها از این گروه جمع‌آوری گردید. (با توجه به تخصصی بودن موضوع تحقیق، برای انتخاب کارشناسان سعی شده از کارکنان آشنا به موضوع در حوزه شهرداری، پژوهشگران حیطه فرم شهر و آینده‌پژوهی "۲۰ نفر کارکنان، ۲۰ نفر کارشناسان" به روش گلوله‌برفی استفاده شود و بعد از به اقناع رسیدن نظرها، نظرخواهی متوقف شد). در ابتدا وضعیت فیزیکی و فرم شهری کرج به همراه تغییرات جمعیتی آن از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های موجود ارزیابی و تحلیل شد. برای تعیین عامل توسعه و تغییرات فرم فیزیکی شهر کرج از مدل هلدرن استفاده شده و با این روش می‌توان مشخص کرد که چه مقدار از رشد ناشی از جمعیت و چه مقدار ناشی از رشد بی‌قواره شهری بوده است. در این روش از سرانه ناخالص زمین استفاده شده است.

$$\text{Ln} = \left( \frac{\text{جمعیت پایان دوره}}{\text{جمعیت آغاز دوره}} \right) + \text{Ln} \frac{\text{سرانه ناخالص پایان دوره}}{\text{سرانه ناخالص آغاز دوره}} = \text{Ln} \frac{\text{وسعت در پایان دوره}}{\text{وسعت شهر آغاز دوره}}$$

و برای تعیین فرم مناطق شهری از مدل آنتروپی شانون استفاده شده است که شرح مدل به این صورت است که هرچه عدد به دست آمده به صفر نزدیک باشد، نشان‌دهنده تراکم و فشردگی و هرچه به ۱ نزدیک باشد، نشان‌دهنده وضعیت اسپرال و پراکندگی محله است.

از

$$H = -\sum P_i \text{Ln} P_i$$

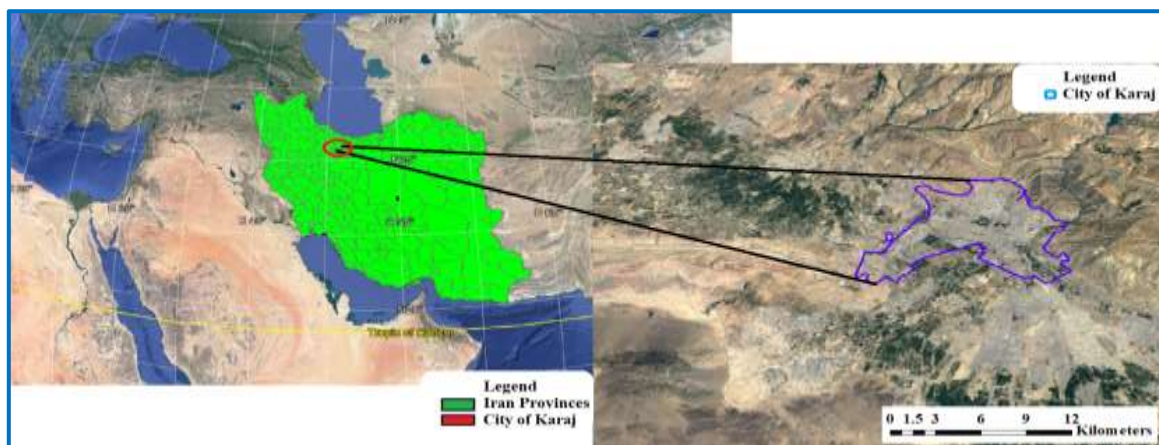


$$G = \frac{H}{\ln K}$$

استفاده شد. سپس اطلاعات به دست آمده وارد نرم‌افزار GIS گردید و در قالب خروجی نقشه‌ها ارائه شد. در مرحله بعدی و پس از ارزیابی و تعیین تغییرات فرم شهر از گذشته تاکنون، از کارشناسان خواسته شد تا با توجه به شرایط طی شده و آینده پیش رو مهم‌ترین پیشران‌های کلیدی مؤثر بر تغییر و تحولات آینده فرم شهری کرج را ارائه دهند. در نهایت از بین ۲۰ پیشران ارائه شده، ۱۲ پیشران با اجماع کارشناسان انتخاب و سپس برای هر کدام از این پیشران‌ها فرض‌هایی با توجه به طرح‌های شهری موجود، درجه احتمال و پوشش‌دهی بالا مطرح شد؛ پس از دو چرخش داده‌ای بین کارشناسان، امتیازاتی برحسب درصد به هر کدام از این فرض‌ها داده شد که در نهایت به‌عنوان خروجی‌های نرم‌افزار Morphol در قالب سناریو ارائه گردید.

#### محدوده مورد مطالعه

کرج مرکز استان البرز، مرکز شهرستان کرج و یکی از کلان‌شهرهای ایران است. این شهر با ۱۳۹۲۴۹۲ تن جمعیت چهارمین شهر پرجمعیت ایران است. کلان‌شهر کرج نیز بیست و دومین کلان‌شهر پرجمعیت خاورمیانه است. این شهر با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه خاوری و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی، با ارتفاع ۱۲۹۷ متر از سطح دریا (ایستگاه راه‌آهن)، در فاصله ۴۸ کیلومتری غرب شمالی تهران واقع شده است و با مساحتی معادل ۱۷۵۴ کیلومتر مربع و حریمی به وسعت ۱۷۸۹ کیلومتر مربع در دامنه رشته‌کوه البرز مرکزی قرار دارد و مرکز شهرستان کرج است.



شکل - ۴: موقعیت جغرافیایی شهر کرج

Figure 4: Geographical location of Karaj city

### یافته‌های پژوهش

در این بخش از تحقیق ابتدا داده‌های جمعیتی و نرخ رشد جمعیت در طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۴۵ ارائه شد (جدول ۳)؛ همان‌طور که از جدول مشخص است در طی سال‌های ۴۵ تا ۶۵ یعنی طی ۲۰ سال جمعیت شهر کرج دوازده برابر شده و نرخ رشد جمعیت بالای ۱۰٪ بوده است. همچنین در طی سال‌های ۶۵ تا ۹۵ جمعیت شهر سه برابر شده است و این مسئله نشان از رشد شدید جمعیتی و البته مهاجرت بالا به این کلان‌شهر دارد. به‌طوری که این موضوع در تصاویر ماهواره مشهود است (شکل‌های ۴ و ۵).

جدول- ۱: تغییرات جمعیتی شهر کرج از سال ۱۳۹۵-۱۳۴۵

Table 1: Demographic changes in Karaj from 1967-2017

سال	جمعیت	متوسط نرخ رشد جمعیت (درصد)
۱۳۴۵	۴۴۲۴۳	۴۵-۵۵
۱۳۵۵	۱۳۷۹۲۶	۵۵-۶۵
۱۳۶۵	۵۳۷۲۸۱	۶۵-۷۵
۱۳۷۵	۹۴۰۹۶۸	۷۵-۸۵
۱۳۸۵	۱۳۸۶۰۳۰	۱۳۸۵
۱۳۹۰	۱۶۱۴۶۲۶	۱۳۹۰
۱۳۹۵	۱۳۷۸۴۱۶	۹۰-۹۵

(منبع: شهرداری کرج، ۱۳۹۸)

همان‌طور که از تصاویر مشخص است، توسعه شهر در سال ۱۳۶۵ بیشتر در منطقه ۱ و قسمت‌هایی از مناطق ۴، ۵، ۸ و ۹ اتفاق افتاده و مناطق ۳، ۶ و ۱۰ تقریباً خالی از سکونت و جمعیت بوده است.



شکل- ۵: موقعیت توسعه فضایی مناطق شهری کرج در سال ۱۳۶۵

Figure 5: Spatial development situation of Karaj urban areas in 1986

تصاویر مناطق شهری سال ۹۵ نشان می‌دهد که توسعه فضایی و جمعیتی شهر در ده منطقه شهری کرج اتفاق افتاده و همان‌طور که مشخص است، مناطق ۱، ۶، ۷، ۸ و ۱۰ در قسمت‌های شمالی به دلیل وجود کوه‌ها و تپه‌ها توسعه فضایی شهر متوقف شده است.



شکل - ۶: موقعیت توسعه فضایی مناطق شهری کرج در سال ۱۳۹۵

Figure 6: Spatial development situation of urban areas of Karaj in 2016

با توجه به موضوعات مطرح شده درباره رشد انفجاری کلان‌شهر کرج طی دوره ۳۵ ساله یعنی بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ در اینجا سعی شده است تا این مسئله ارزیابی شود که این رشد بیشتر متأثر از چه عاملی بوده است. به همین دلیل، از بین مدل‌های مختلفی که در این زمینه وجود دارد، از مدل هلدرن استفاده شده است. هلدرن یکی از روش‌های اساسی برای مشخص کردن رشد بی‌قواره شهری است. با استفاده از این روش می‌توان مشخص کرد که چه مقدار از رشد ناشی از جمعیت و چه مقدار ناشی از رشد بی‌قواره شهری بوده است. در این روش از سرانه ناخالص زمین استفاده شده است (حکمت‌نیا و موسوی، ۱۳۸۷: ۱۳۱).

جدول - ۲: جمعیت، مساحت و تراکم مناطق شهری کرج در سال ۱۳۹۵

Table 2: Population, area and density of urban areas of Karaj in 2016

منطقه	مساحت (هکتار)	جمعیت	تراکم جمعیتی در هکتار
منطقه ۱	۸۸۳,۳۶۸	۱۳۲۲۶۹	۱۴۹,۷۳
منطقه ۲	۱۱۱۹,۷۹۹	۱۱۳۷۲۹	۱۰۱,۵۶۱
منطقه ۳	۱۶۹۵,۶۵۹	۹۷۶۸۱	۵۷۶,۰۶
منطقه ۴	۱۶۵۰,۱۷۷	۱۲۴۱۷۵	۷۵,۲۴۹
منطقه ۵	۱۱۶۷,۸۹۶	۲۱۱۶۲۷	۱۸۱,۲۰۳
منطقه ۶	۱۹۵۹,۴۱۳	۲۳۵۷۱۸	۱۲۰,۳۰۰
منطقه ۷	۱۵۴۱,۰۳۳	۱۶۸۰۳۴	۱۰۹,۰۳۹
منطقه ۸	۱۰۱۴,۶۵۳	۱۲۷۸۶۶	۱۲۶,۰۱۹
منطقه ۹	۶۶۴,۳۵۴	۹۵۱۸۹	۱۴۳,۲۸۰
منطقه ۱۰	۱۵۶۴,۶۴۲	۷۲۱۲۸	۴۶,۰۹۸
جمع کل	۱۳۲۶۰,۹۹	۱۳۷۸۴۱۶	۱۱۱ نفر در هکتار

(منبع: شهرداری کرج: ۱۴۰۰)

با توجه به داده‌های بالا و تحلیل نتایج با استفاده از مدل هلدرن نتایج مدل به صورت زیر ارائه شد:

$$Ln = \left( \frac{\text{وسعت در پایان دوره}}{\text{وسعت شهر دوره آغاز}} \right) + Ln \frac{\text{سرانه ناخالص پایان دوره}}{\text{سرانه ناخالص آغاز دوره}} = Ln \frac{\text{وسعت در پایان دوره}}{\text{وسعت شهر دوره آغاز}}$$

$$Ln = \left( \frac{1378416}{537281} \right) + Ln \frac{96.204}{91.55} = Ln \frac{13260.99}{4904.37}$$

$$Ln = Ln(2.565) + Ln(1.053) = Ln(0.994)$$

$$Ln = 0.941 + 0.051 = (0.993)$$

$$Ln = \left( \frac{0.941}{.994} \right) + \left( \frac{0.051}{0.994} \right) = 1$$

$$0.949 + 0.052 = 1.00$$

با توجه به نتایج به دست آمده از مدل هلدرن در طی دوره ۳۵ یعنی بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ نزدیک به ۹۵٪ درصد رشد شهر کرج ناشی از افزایش جمعیتی و ۵٪ مربوط به رشد فیزیکی شهر بوده است. در گام بعدی برای بررسی میزان فشردگی یا اسپرال بودن فرم مناطق شهر کرج از مدل آنتروپی شانون استفاده شده و به کمک آن فرم هر محله یعنی کاربری مسکونی تقسیم بر مساحت ساخته شده هر محله محاسبه شده است.

$$H = -\sum P_i \ln P_i$$

$$G = \frac{H}{\ln K}$$

مجموعه فراوانی در لگاریتم نپری فراوانی، H

فراوانی، P<sub>i</sub>

لگاریتم نپری فراوانی، Ln P<sub>i</sub>

تعداد طبقات، K

میزان آنتروپی G

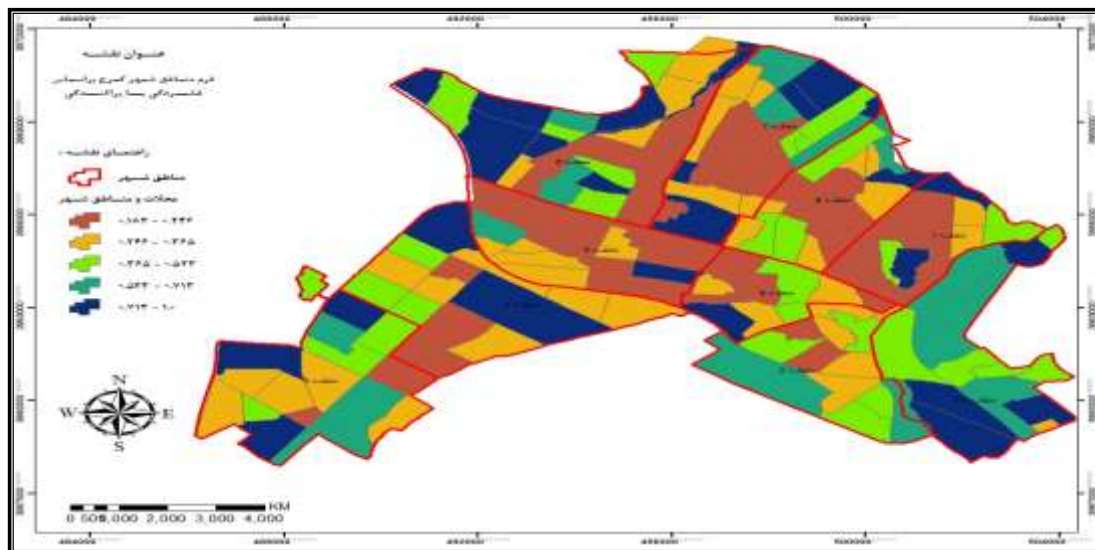
در این مدل، هرچه عدد به دست آمده به صفر نزدیک باشد، نشان دهنده تراکم و فشردگی و هرچه به ۱ نزدیک باشد، نشان دهنده وضعیت اسپرال و پراکندگی محله است. (شکل ۵).

## جدول-۳: میزان آنتروپی مناطق شهر کرج در سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۹۵

Table 3: The entropy of Karaj city in the years 1987-2017

مقدار آنتروپی شانون		
۱۳۹۵	۱۳۶۵	مناطق شهری
-۰/۲۵۲	-۰/۲۳۰	منطقه ۱
-۰/۲۰۷	-۰/۲۷۱	منطقه ۲
-۰/۲۶۲	-۰/۲۷۹	منطقه ۳
-۰/۲۵۸	-۰/۲۲۰	منطقه ۴
-۰/۲۱۳	-۰/۲۳۴	منطقه ۵
-۰/۲۸۱	-۰/۱۶۸	منطقه ۶
-۰/۲۴۹	-۰/۲۳۹	منطقه ۷
-۰/۱۹۵	-۰/۱۶۲	منطقه ۸
-۰/۱۴۹	-۰/۱۹۸	منطقه ۹
-۰/۲۵۰	-۰/۲۸۷	منطقه ۱۰

همان‌طور که از شکل زیر مشخص است، بیشترین محلات با فرم فشرده در محلات مرکزی شهر یعنی مناطق ۱، ۲، ۵، ۷، ۸ و ۹ قرار دارد و دارای فشردگی بالایی از لحاظ فرم شهری و جمعیتی است که از دلایل این موضوع تجمع امکانات و خدمات شهری و دسترسی‌پذیری این مناطق است. همچنین محلاتی مانند: معراج، شهرک کوثر، ریحانه، باغ سیب، باغ ارتش و طرخانی، فرم اسپرال و تراکم جمعیتی پایینی دارند. در ساختار کلی شهر مشهود است که محلات حاشیه به خصوص منطقه ده شهر، میزان اسپرال بیشتر است؛ زیرا کمبود امکانات و خدمات شهری، فقر و نبود دسترسی‌پذیری مناسب و موانع طبیعی به خصوص در قسمت‌های شرقی شهر وجود دارد. همچنین با توجه به آمار موجود بیش از ۱۰۰ هزار اسکان غیررسمی در حاشیه شهر کرج استقرار یافته که این مسئله در مناطق ده و شش بر توسعه آینده شهر اثرگذار است و بعد اجتماعی شهر را در این مناطق با مشکلات جدی مواجه می‌کند. همان‌طور که از نقشه مشخص است، در حاشیه مناطق شهری میزان آنتروپی نزدیک به یک است و در مناطق مرکزی فشردگی بالاتری دارد.



شکل - ۷: وضعیت آنتروپی مناطق و محلات شهر کرج  
**Figure 7: Entropy status of areas and neighborhoods of Karaj city**

در این بخش از تحقیق وضعیت شهر طی سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۹۵ ارزیابی و تحلیل شد و همچنین وضعیت فرم شهر از لحاظ اسپرال یا فشردگی مورد ارزیابی قرار گرفت؛ لذا با توجه به این نتایج در این مرحله به دنبال تدوین سناریوهای محتمل و پیش روی توسعه و تحولات فرم شهر کرج برای آینده شهر هستیم تا نتایج به یک برنامه‌ریزی مناسب منتهی شود.

#### سناریونویسی

در ابتدا ۱۲ پیشران اصلی و اثرگذار بر آینده توسعه و تحولات فضایی فرم شهری کرج با مطالعه اسناد فرادستی توسعه شهر و نظر کارشناسان و چرخش داده‌ای و نظری بین کارشناسان انتخاب شد. در واقع، هدف از انتخاب این پیشران‌ها تعیین سناریوهای محتمل در بستر هر کدام از آنهاست. (جدول ۶).

## جدول - ۴: پیشران‌های کلیدی

Table 4: Key drivers

زمینه	پیشران	ردیف
مدیریتی	مدیریت شهری	۱
طبیعی	ساختار طبیعی شهر و اطراف آن	۲
اجتماعی	رشد جمعیت	۳
اقتصادی	وضعیت اقتصادی	۴
اجتماعی	وضعیت اجتماعی	۵
اجتماعی	امکانات و خدمات شهری	۶
مدیریتی	نهادهای اجرایی	۷
ساختاری	هم‌جواری با کلان‌شهر تهران	۸
مدیریتی	ساختار طرح‌های شهری	۹
اجتماعی	مهاجرت‌پذیری شهر	۱۰
طبیعی-ساختاری	راه‌های ارتباطی	۱۱
ساختاری	متغیرهای پیش‌بینی‌نشده	۱۲

بعد از شناسایی و تعیین مهم‌ترین پیشران‌های مؤثر بر تغییرات آینده فرم شهری کرج، کارشناسان برای هرکدام از پیشران‌ها فرض‌هایی مطرح و امتیاز (برحسب درصد) هرکدام را بیان کردند؛ در یک چرخش چند مرحله‌ای، تمام کارشناسان به هرکدام از فرض‌ها امتیازاتی دادند. درنهایت این فرض‌ها و امتیازات بعد از ورود به نرم‌افزار Morphol تجزیه و تحلیل شدند (جدول ۷) که در نتیجه خروجی نهایی ارائه شد.

جدول- ۵: فرض‌های مطرح‌شده برای هرکدام از پیشران‌ها

Table 5: Hypotheses for each of the drivers

Variable	Hypothesis 1	Hypothesis 2	Hypothesis 3	Hypothesis 4	Hypothesis 5	
مدیریتی	1- طرح‌های شهری	پیش‌بینی توسعه شهر در منطقه ۶ به دلیل سرانه مسکونی بالا	ایجاد شهر جدید کوچک در اطراف کلان‌شهر	جلوگیری از توسعه فضایی بیشتر شهر به سمت مناطق اطراف	ایجاد کمربند سبز در اطراف شهر	فشرده‌سازی شهر در مناطق ۱۰، ۳ و ۴
	2- نهادهای اجرایی شهر	هماهنگی نهادها در زمینه توسعه یکدست شهر	ادامه وضعیت موجود	نداشتن برنامه هماهنگ و جهت‌گیری‌های سازمانی	بخشی‌نگری نهادهای مرتبط با شهر	-----
	3- مدیریت شهری	داشتن برنامه‌های مدیریتی پایدار در توسعه شهر کرج	داشتن برنامه‌های مبتنی بر فشرده‌سازی شهر	داشتن برنامه برای تدوین و طراحی شهر در ارتباط با مصرف انرژی	ادامه شرایط کنونی	-----
طبیعی	4- ساختار طبیعی شهر	وجود شرایط کوهستانی در بخش‌های شرقی و شمالی شهر	نبود شرایط طبیعی توسعه شهر در بخش‌های جنوبی	توسعه شهر در قسمت‌های غربی شهر به دلیل کاهش موانع طبیعی	عدم اثرگذاری ساختارهای طبیعی اطراف شهر در تغییرات آینده فرم شهر	اثرگذاری موانع طبیعی درون شهر در تغییرات آینده فرم شهر
	5- راه‌های ارتباطی	تأثیرگذاری راه‌های ارتباطی اتوبان قزوین بر پراکنده‌رویی شهر	توسعه نواری فرم شهر در محورهای جاده چالوس	توسعه شهر به سمت کلان‌شهر - تهران و اتصال به یک شبکه شهری زنجیره‌ای	-----	-----
وضعیت اجتماعی	6- رشد جمعیت	پیش‌بینی افزایش جمعیت شهر برای سال ۱۴۱۴ به میزان ۲۷۰۰ میلیون هفتصد هزار براساس طرح‌های شهری	افزایش دو برابری جمعیت تا سال هدف و فشرده‌سازی فرم شهر به‌جای توسعه فضایی	ایجاد شهرهای جدید و توسعه شهر در محورهای جدید فضایی و توسعه پراکنده‌رویی شهر	محقق‌نشدن پیش‌بینی‌های جمعیتی براساس برآوردهای صورت‌گرفته در طرح‌های شهری	-----
	7- مهاجرپذیری شهر	افزایش تعداد مهاجران در سال هدف به بیش از ۱۰۰ هزار نفر	کاهش روند مهاجرت شهر	حفظ وضعیت فعلی و مهاجرت به شهر به‌عنوان یک شهر خوابگاهی و دانشجویی	اثرگذاری مهاجران بر پراکنده‌رویی شهر به حاشیه‌های اطراف	سامان‌دهی مهاجران در مراکز جمعیتی کنونی و فشرده‌سازی فرم شهر
	8- شرایط اجتماعی	اثرگذاری فقر و معضلات اجتماعی شهر بر فرم پراکنده شهر	عدم اثرگذاری شرایط اجتماعی بر توسعه فرم شهر	ادامه روند کنونی	-----	-----
وضعیت اقتصادی	9- وضعیت اقتصادی شهر	توسعه و گسترش کارخانجات به سمت نواحی غربی و پراکنده‌رویی شهر به این سمت	افزایش و توسعه فعالیت‌های اقتصادی به سمت کلان‌شهر تهران	شروع روند زوال شهری فرم شهر با تأثیرپذیری از این پیشران	ادامه روند کنونی و توسعه نامتوازن فعالیت‌های اقتصادی در جهات مختلف	-----
ساختاری	10- امکانات و خدمات شهری	تأثیرگذاری امکانات و خدمات مناطق مرکزی شهر بر فرم شهر فشرده	دستیابی به خدمات و امکانات کلان‌شهر تهران و تأثیر بر پراکنده‌رویی شهر کرج	برنامه‌ریزی برای توسعه متوازن امکانات و خدمات به همه مناطق شهر	حفظ شرایط کنونی	-----
	11- متغیرهای کلان پیش‌بینی‌نشده	اثرگذاری متغیرهایی مانند خشک‌سالی بر روند توسعه فرم شهر	اثرگذاری عاملی پیش‌بینی‌نشده مانند حوادث سیاسی بر روند کنونی توسعه فرم شهر	اثرگذاری عاملی کلان مانند تغییرات پایتخت بر تغییرات فشرده‌گی یا پراکنده‌گی شهر	ادامه روند سال‌های گذشته و حرکت به سمت فشرده‌گی بیشتر	-----
موقعیت جغرافیایی	12- هم‌جواری با کلان‌شهر تهران	اثرگذاری تهران بر کشیدگی فضایی و پراکنده‌رویی شهر	افزایش فشار جمعیتی تهران بر شهر کرج و تراکم و فشرده‌گی بیشتر شهر کرج	مهاجرت و جابه‌جایی به سمت تهران جهت دستیابی به اشتغال، امکانات و خدمات بیشتر	-----	-----

در این بخش از تحقیق و پس از مطرح کردن و امتیازدهی فرضیه‌ها، خروجی نهایی به‌عنوان سناریوهایی با اینرسی بالا ارائه شد و همان‌طور که از جدول سناریوها مشخص است، سناریوهای اول تا سوم احتمال وقوع و اثرگذاری‌شان بالای ۷۵٪ بر فرم شهری کرج در آینده است و تغییرات اندک محتمل در این جدول سناریو، در قالب رنگ قرمز، مربوط به سناریوهای هم‌جواری با کلان‌شهر تهران و متغیرهای کلان پیش‌بینی‌نشده است.

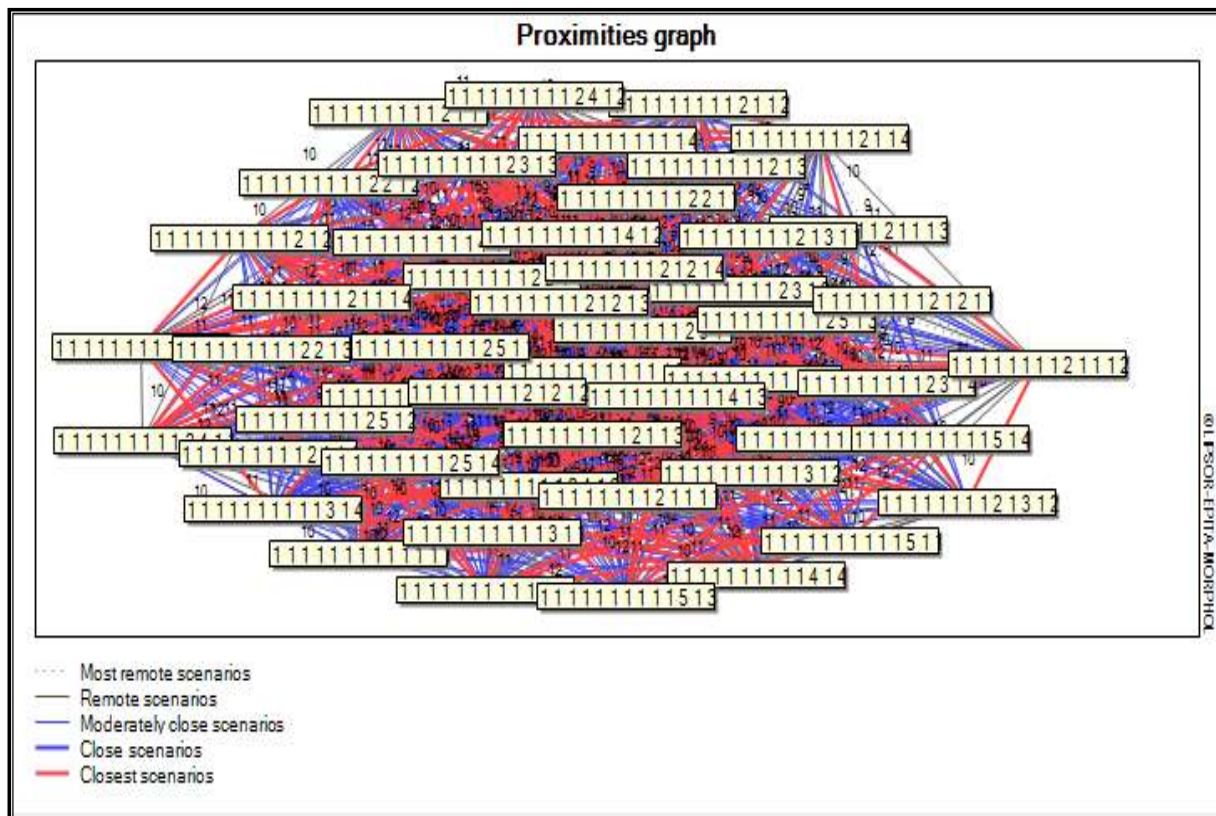


List of scenarios				
S1	S2	S3	S4	S5
0	0	0	0	0
فشرده سازی شهر در مناطق 3، 6، 10 و 4	فشرده سازی شهر در مناطق 3، 6، 10 و 4	فشرده سازی شهر در مناطق 3، 6، 10 و 4	فشرده سازی شهر در مناطق 3، 6، 10 و 4	فشرده سازی شهر در مناطق 3، 6، 10 و 4
هماهنگی نهادهای در زمینه توسعه یکدست شهر	هماهنگی نهادهای در زمینه توسعه یکدست شهر	هماهنگی نهادهای در زمینه توسعه یکدست شهر	هماهنگی نهادهای در زمینه توسعه یکدست شهر	هماهنگی نهادهای در زمینه توسعه یکدست شهر
داشتن برنامه های مبتنی بر فشرده سازی شهر	داشتن برنامه های مبتنی بر فشرده سازی شهر	داشتن برنامه های مبتنی بر فشرده سازی شهر	داشتن برنامه های مبتنی بر فشرده سازی شهر	داشتن برنامه های مبتنی بر فشرده سازی شهر
تاثیرگذاری موانع طبیعی لزوم شهر در تغییرات آینده فرم شهر	تاثیرگذاری موانع طبیعی لزوم شهر در تغییرات آینده فرم شهر	تاثیرگذاری موانع طبیعی لزوم شهر در تغییرات آینده فرم شهر	تاثیرگذاری موانع طبیعی لزوم شهر در تغییرات آینده فرم شهر	تاثیرگذاری موانع طبیعی لزوم شهر در تغییرات آینده فرم شهر
تاثیرگذاری راههای ارتباطی اتوبان قزوین بر پراکنده رویی شهر	تاثیرگذاری راههای ارتباطی اتوبان قزوین بر پراکنده رویی شهر	تاثیرگذاری راههای ارتباطی اتوبان قزوین بر پراکنده رویی شهر	تاثیرگذاری راههای ارتباطی اتوبان قزوین بر پراکنده رویی شهر	تاثیرگذاری راههای ارتباطی اتوبان قزوین بر پراکنده رویی شهر
افزایش دو برابری جمعیت تا سال هدف و فشردگی سازی فرم شهر بجای توسعه فضایی	افزایش دو برابری جمعیت تا سال هدف و فشردگی سازی فرم شهر بجای توسعه فضایی	افزایش دو برابری جمعیت تا سال هدف و فشردگی سازی فرم شهر بجای توسعه فضایی	افزایش دو برابری جمعیت تا سال هدف و فشردگی سازی فرم شهر بجای توسعه فضایی	افزایش دو برابری جمعیت تا سال هدف و فشردگی سازی فرم شهر بجای توسعه فضایی
تاثیر گذاری مهاجران بر پراکنده رویی شهر به حاشیه های اطراف	تاثیر گذاری مهاجران بر پراکنده رویی شهر به حاشیه های اطراف	تاثیر گذاری مهاجران بر پراکنده رویی شهر به حاشیه های اطراف	تاثیر گذاری مهاجران بر پراکنده رویی شهر به حاشیه های اطراف	تاثیر گذاری مهاجران بر پراکنده رویی شهر به حاشیه های اطراف
تاثیرگذاری فقر و معضلات اجتماعی شهر بر فرم پراکنده شهر	تاثیرگذاری فقر و معضلات اجتماعی شهر بر فرم پراکنده شهر	تاثیرگذاری فقر و معضلات اجتماعی شهر بر فرم پراکنده شهر	تاثیرگذاری فقر و معضلات اجتماعی شهر بر فرم پراکنده شهر	تاثیرگذاری فقر و معضلات اجتماعی شهر بر فرم پراکنده شهر
توسعه و گسترش کارخانجات به سمت نواحی غربی و تغییرات پراکنده رویی شهر به این سمت	توسعه و گسترش کارخانجات به سمت نواحی غربی و تغییرات پراکنده رویی شهر به این سمت	توسعه و گسترش کارخانجات به سمت نواحی غربی و تغییرات پراکنده رویی شهر به این سمت	توسعه و گسترش کارخانجات به سمت نواحی غربی و تغییرات پراکنده رویی شهر به این سمت	توسعه و گسترش کارخانجات به سمت نواحی غربی و تغییرات پراکنده رویی شهر به این سمت
دستیابی به خدمات و امکانات کلانشهر تهران و تاثیر بر فشرده سازی شهر در بخش های غربی شهر کرج	دستیابی به خدمات و امکانات کلانشهر تهران و تاثیر بر فشرده سازی شهر در بخش های غربی شهر کرج	دستیابی به خدمات و امکانات کلانشهر تهران و تاثیر بر فشرده سازی شهر در بخش های غربی شهر کرج	دستیابی به خدمات و امکانات کلانشهر تهران و تاثیر بر فشرده سازی شهر در بخش های غربی شهر کرج	دستیابی به خدمات و امکانات کلانشهر تهران و تاثیر بر فشرده سازی شهر در بخش های غربی شهر کرج
تاثیرگذاری متمیز های مانند خشکسالی بر روند توسعه فرم شهر	تاثیرگذاری متمیز های مانند خشکسالی بر روند توسعه فرم شهر	تاثیرگذاری متمیز های مانند خشکسالی بر روند توسعه فرم شهر	تاثیرگذاری متمیز های مانند خشکسالی بر روند توسعه فرم شهر	تاثیرگذاری متمیز های مانند خشکسالی بر روند توسعه فرم شهر
(شهرک های صنعتی) ?	(شهرک های صنعتی) ?	(شهرک های صنعتی) ?	(شهرک های صنعتی) ?	(شهرک های صنعتی) ?
تاثیر گذاری تهران بر کشیدگی فضایی و پراکنده رویی شهر	تاثیر گذاری تهران بر کشیدگی فضایی و پراکنده رویی شهر	تاثیر گذاری تهران بر کشیدگی فضایی و پراکنده رویی شهر	تاثیر گذاری تهران بر کشیدگی فضایی و پراکنده رویی شهر	تاثیر گذاری تهران بر کشیدگی فضایی و پراکنده رویی شهر

شکل - ۸: سناریوهای نهایی

Figure 8: Final scenarios

همان‌طور که از نمودار نهایی سناریوهای خروجی مشخص است، سناریوهای نزدیک به هم و دارای اینرسی بالا، بیشترین تعداد (خطوط قرمز و آبی) را از سناریوی ۱ تا ۱۰ تشکیل می‌دهند. همچنین سناریوهای پرت و بی‌اعتبار تا سناریوی ۱۰ هیچ‌گونه جایگاهی در خروجی ندارند و این نشان از اعتبار بالای این سناریوهای خروجی است.



شکل - ۹: خروجی نمودار نهایی سناریوها با توجه به اعتبار آنها

Figure 9: Output of the final diagram of the scenarios according to their validity

در تحلیل نهایی از سناریوهای به دست آمده، می‌توان گفت که تعداد سناریوهای با احتمال بینابین به میزان ۵ عدد از ۱۲ سناریوی موجود، نشان از وضعیت حساس و بینابینی تغییرات آینده فرم شهر کرج دارد که اگر برنامه‌ریزی مناسب در حوزه پیشران‌های هم‌جواری با کلان‌شهر تهران، رشد جمعیت، دسترسی به امکانات و خدمات شهری و راه‌های ارتباطی صورت گیرد، می‌تواند به همراه سه سناریوی مطلوب در حوزه پیشران‌های مدیریت شهری، طرح‌های شهری و نهادهای اجرایی، توسعه فضایی و فرم شهر را به سمت وسویی مطلوب و برنامه‌ریزی شده حرکت دهد. در غیر این صورت، ۴ سناریوی فاجعه در زمینه پیشران‌های مهاجرپذیری، وضعیت اجتماعی، وضعیت اقتصادی و متغیرهای کلان پیش‌بینی نشده (مانند خشک‌سالی) می‌تواند تأثیر منفی بالایی بر پراکنده‌رویی و توسعه نامتوازن، بی‌برنامه و حاشیه‌نشینی فرم فضایی شهر داشته باشد.

## جدول - ۶: سناریوهای تحلیلی

Table 6: Analytical scenarios

ردیف	پیشران	سناریو	وضعیت
۱	مدیریت شهری	با توجه به اثرگذاری بالایی فشرده‌سازی شهرها بر مصرف انرژی و استفاده حداکثری از زمین شهری و سایر امکانات، داشتن برنامه‌های مبتنی بر فشرده‌سازی شهر از اولویت‌های مدیران شهری است.	مطلوب
۲	ساختار طبیعی شهر و اطراف آن	اثرگذاری موانع طبیعی درون شهر در تغییرات آینده فرم شهر، با توجه به رودخانه و موانع کوهستانی در درون و اطراف شهر کرج این سناریو می‌تواند در آینده شهر برای فشرده‌سازی مؤثر باشد.	بینابین
۳	رشد جمعیت	افزایش دو برابری جمعیت تا سال هدف و فشرده‌سازی فرم شهر به‌جای توسعه فضایی به دلیل نداشتن شرایط	بینابین
۴	وضعیت اقتصادی	توسعه و گسترش کارخانجات به سمت نواحی غربی و تغییرات پراکنده‌رویی شهر به این سمت	فاجعه
۵	وضعیت اجتماعی	اثرگذاری فقر و معضلات اجتماعی شهر بر فرم پراکنده شهر، به دلیل توسعه حاشیه‌نشینی و پراکنده‌رویی محلات حاشیه شهر	فاجعه
۶	امکانات و خدمات شهری	دستیابی به خدمات و امکانات کلان‌شهر تهران و تأثیر بر پراکنده‌رویی شهر کرج	بینابین
۷	نهادهای اجرایی	هماهنگی نهادها در زمینه توسعه یکدست شهر، این هماهنگی در قالب تدوین و اجرای طرح‌های توسعه شهر در آینده برای توسعه متوازن فرم شهر در سال هدف نمایان می‌شود.	مطلوب
۸	هم‌جواری با کلان‌شهر تهران	اثرگذاری تهران بر کشیدگی فضایی و پراکنده‌رویی شهر، این سناریو اگر اقداماتی از قبیل انتقال مراکز اشتغال و دسترسی‌پذیری به خدمات و امکانات در سطح شهر و نزدیکی شهر کرج انجام نشود، دارای قدرت اتفاق بالاست.	بینابین
۹	ساختار طرح‌های شهری	فشرده‌سازی شهر در مناطق ۳، ۴، ۶ و ۱۰ با توجه به سرانه بالا و پراکنده‌رویی فعلی این مناطق	مطلوب
۱۰	مهاجرت‌پذیری شهر	اثرگذاری مهاجران بر پراکنده‌رویی شهر به حاشیه‌های اطراف	فاجعه
۱۱	راه‌های ارتباطی	اثرگذاری راه‌های ارتباطی اتوبان قزوین بر پراکنده‌رویی شهر، البته سرانه مسکونی بالا، نبود موانع طبیعی در این بخش شهر هم بر این سناریو تأثیرگذار است.	بینابین
۱۲	متغیرهای پیش‌بینی نشده	اثرگذاری متغیرهای مانند خشک‌سالی بر روند توسعه فرم شهر، این سناریو با توجه به مشکلات و معضلات آبی درجه احتمال بالا دارد.	فاجعه

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۰

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

امروزه برنامه‌ریزی برای توسعه فرم و شکل شهر در آینده که هم تأمین‌کننده نیازهای شهر و شهروندان به بهترین شکل و هم حفظ‌کننده محیط‌زیست شهر باشد، یکی از استراتژی‌های مهم برنامه‌ریزان و شهرسازان است. لذا در تحقیق حاضر هدف تحلیلی بر توسعه فضایی فرم شهری کرج با رویکرد آینده‌پژوهی است؛ زیرا توسعه فضایی شهرها که متأثر از عوامل طبیعی و انسانی است، همیشه در طرح‌های شهری بخشی اساسی را به خود اختصاص داده است؛ بنابراین تغییر و تحولات فرم شهری کرج از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ در بعد جمعیتی و فیزیکی تجزیه و تحلیل شد. در نهایت، با توجه به خروجی‌های ارائه‌شده می‌توان به این نتیجه‌گیری رسید که رشد و توسعه شهر کرج و تغییرات فرم آن در طی ۴ دهه گذشته بیشتر متأثر از عوامل جمعیتی بوده است و این عامل خود از متغیرهای دیگری مانند نزدیکی به کلان‌شهر تهران، مهاجرپذیری بالا و رشد طبیعی جمعیت تأثیر گرفته است. به طوری که عدد نهایی به دست آمده از مدل هلدن نشان داد که ۹۵٪ از رشد و توسعه شهر و به دنبال تغییرات فرم شهر کرج، متأثر از عامل جمعیتی بوده است که این موضوع با توجه به ۴ برابر شدن جمعیت در این مقطع زمانی توجیه‌پذیر است. همچنین در بعد تغییرات فرم شهر از لحاظ پراکنده‌رویی یا فشردگی نتایج مدل آنتروپی در سال ۶۵ و ۹۵ مؤید این مطلب است که مناطق ۱، ۲، ۵، ۸ و ۹ فشردگی بالایی نسبت به سایر مناطق شهری و مناطق ۳، ۶ و ۱۰ تقریباً فرمی پراکنده دارند. در بخش بعدی تحقیق، کارشناسان ۱۲ پیشران کلیدی اثرگذار بر آینده فضایی فرم شهر کرج را انتخاب کردند که در قالب نرم‌افزار Morphol سناریوپردازی شد. در نهایت سناریوهایی دارای ۵ سناریوی بینابین، ۳ سناریوی مطلوب و ۴ سناریوی فاجعه است. تعداد سناریوهای با احتمال بینابین به میزان ۵ عدد از ۱۲ سناریوی موجود، نشان از وضعیت حساس و بینابینی تغییرات آینده فرم شهر کرج دارد که اگر برنامه‌ریزی مناسب در حوزه پیشران‌های هم‌جواری با کلان‌شهر تهران، رشد جمعیت، دسترسی به امکانات و خدمات شهری و راه‌های ارتباطی صورت گیرد، تأثیرگذاری مثبت بالایی در تعیین تغییرات فضایی فرم شهر می‌تواند داشته باشد. همچنین سناریوهای مطلوب، بیشتر بر بستر امور مدیریتی و طرح‌های پیش روی شهر کرج قرار دارند. لذا با توجه به نتیجه‌گیری نهایی پیشنهادات زیر مطرح می‌شود:

- برنامه‌ریزی در بستر فراهم‌سازی شرایط توسعه فشرده شهر در بخش‌های با شرایط توسعه؛
- جلوگیری از پراکنده‌رویی شهر به سمت تهران در شرق و غرب کرج؛
- برنامه‌ریزی برای استفاده از سناریوهای بینابین به عنوان فرصت به جای تبدیل شدن به تهدید در جهت توسعه فرم کرج؛
- جلوگیری از وقوع سناریوهای فاجعه در زمینه وضعیت اقتصادی، اجتماعی و جمعیتی شهر برای توسعه شهر به صورت نامتوازن و بی‌برنامه؛
- استفاده از ظرفیت داخلی مناطق شهر برای توسعه فشرده‌سازی شهر.

## منابع

- ۱- اجزا شکوهی، محمد و شاکرمی، کیان (۱۳۹۷). شناسایی متغیرهای مؤثر بر توسعه اقتصادی-اجتماعی آینده شهرستان‌های ایران با رویکرد برنامه‌ریزی سناریوی مبنا (نمونه موردی: شهرستان خرم‌آباد). فصل‌نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس، ۱۰(۳۸)، ۷۲-۴۹.
- ۲- یزی، خدارحم و وحدتی، معصومه (۱۳۹۳). ارزیابی میزان فشردگی / پراکنش رشد شهری و تأثیر آن بر افزایش هزینه‌های اقتصادی خانوار در شهر بجنورد. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۸ (۴۹)، ۱۸-۱.
- ۳- محمدرضا پورجعفر و همکاران (۱۳۹۱). بررسی روند توسعه فیزیکی شهر جدید سهند و تعیین محدوده‌های مناسب به منظور توسعه آتی آن. مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال چهارم، شماره سیزدهم، تابستان ۱۳۹۱.
- ۴- نسترن جواهری تقدس و همکاران (۱۳۹۹). آینده پژوهی نقش شهرهای جدید در ایجاد تعادل ساختار فضایی-کالبدی کلان‌شهرها با رویکرد و سیاست‌های آمایش سرزمینی. سیاست‌های راهبردی و کلان، ۸ (۳۲)، ۲۰۰-۱۸۱.
- ۵- حسین حاتمی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۷). آینده پژوهی در بافت فرسوده شهری-مطالعه موردی: ناحیه یک، منطقه ۹ شهر تهران. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»، ۲۸ (۱۰۹)، ۵۵-۳۷.
- ۶- حاتمی‌نژاد، حسین و محمدی، روح‌الله (۲۰۱۳). رهیافتی به شکل پایدار شهری. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»، ۲۱ (۸۴۱)، ۷-۲.
- ۷- حکمت‌نیا، حسن و موسوی، میرنجف (۱۳۸۷). کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای. انتشارات علم نوین. چاپ اول.
- ۸- ده‌زاده سیلابی، پروین و احمدی‌فرد، نرگس (۱۳۹۸). تعیین پیشران‌های کلیدی مؤثر بر توسعه گردشگری با رویکرد آینده‌پژوهی (مطالعه موردی: شهرستان‌های استان مازندران). جغرافیا و پایداری محیط، ۹ (۱)، ۸۹-۷۳.
- ۹- رستگاری، حمزه (۱۳۹۵). بررسی تطبیقی تأثیر فرم شهر بر رفتار سفر شهری و مصرف سوخت وسایل نقلیه. محیطی هفت حصار، شماره نوزدهم / سال ششم / بهار ۱۳۹۶.
- ۱۰- محمدرحیم رهنما و همکاران (۱۳۹۷). شناسایی و تحلیل پیشران‌های مؤثر بر توسعه منطقه‌ای استان البرز با رویکرد برنامه‌ریزی سناریوی مبنا. مجله آمایش سرزمین، ۱۰ (۱)، ۱۶۶-۱۳۹.
- ۱۱- زیپارو، آبرتو و اسدزاده، هانیه (۲۰۲۰). آینده‌پژوهی ساختار فضایی منطقه‌ای در ایران (افق ۲۰۴۰). فصلنامه چشم‌انداز شهرهای آینده، ۱ (۱)، ۳۳-۵۰.
- ۱۲- فرانک سیف‌الدینی و همکاران (۱۳۹۱). تبیین پراکنش و فشردگی فرم شهری در آمل با رویکرد فرم شهری پایدار. پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۴۴ (۸۰ تابستان ۱۳۹۱)، ۱۷۶-۱۵۵.

- ۱۳- کیان شاکرمی و همکاران (۱۳۹۹). ارزیابی و تحلیل وضعیت آینده حکمروایی مطلوب شهری در شهرهای ایران بر پایه فرض سناریوی مبنا (مطالعه موردی: شهر تهران). آینده‌پژوهی مدیریت، ۳۱ (شماره ۲ "پیاپی ۱۲۱").
- ۱۴- شجاع، سعیده و همکاران (۱۳۹۸). فراتحلیل رابطه فرم شهر و انرژی: مروری بر رویکردها، روش‌ها، مقیاس‌ها و متغیرها. دانش شهرسازی، ۳ (۱)، ۸۵-۱۰۷.
- ۱۵- پانته‌آ علی‌پور کوهی و همکاران (۱۳۹۸). تحلیل فرم-ریخت‌شناسانه هسته تاریخی شهر خرم‌آباد با بهره‌گیری از تکنیک‌های **Agraph** و **Spacemate**. نامه معماری و شهرسازی، ۱۲ (۲۵)، ۸۵-۱۱۰.
- ۱۶- آزاده قرائی و همکاران (۱۳۹۷). تبیین ارتباط میان فرم شهر و پایداری اجتماعی نمونه موردی: مناطق ۲۲ گانه شهر تهران، نشریه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی توسعه کالبدی. سال سوم، شماره ۷ (سری جدید)، پیاپی ۱۱، پاییز ۱۳۹۷. صص ۷۹-۹۳.
- ۱۷- غلامرضا گودرزی و همکاران (۱۳۹۵). ارائه چارچوب پیشنهادی آینده‌نگاری منطقه‌ای به‌مثابه حوزه پژوهشی میان‌رشته‌ای: مورد مطالعه سند توسعه آمایش استان یزد، فصلنامه مطالعات میان‌رشته‌ای در علوم انسانی، دوره هشتم، شماره ۲، بهار ۱۳۹۵، صص ۱۵۵-۱۳۳.
- ۱۸- مهدیون، جعفر و شکوهی، علی (۱۳۹۸). تحلیل شاخص‌های کالبدی - محیطی زیست‌پذیری شهر زنجان با رویکرد آینده‌پژوهی، فصلنامه علمی - فضایی جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۷۱، صص ۱۵۷-۱۳۵.
- ۱۹- نیک‌پور، عامر و لطفی، صدیقه (۱۳۹۴). تحلیل رابطه میان فرم شهر و شاخص دسترسی (مورد مطالعه: شهر بابلسر). برنامه‌ریزی فضایی، ۷ (۳)، ۸۵-۱۰۶.
- ۲۰- الهی، مسعود (۱۳۹۲). توسعه پایدار در شهرسازی: فرم شهر، انرژی جمعی و آینده بدون کربن. کنفرانس ملی معماری و شهرسازی. دانشگاه آزاد اسلامی ۱۳۹۲.
- 21- Alobaydi, D., Bakarman, M. A., & Obeidat, B. (2016). The Impact of Urban Form Configuration on the Urban Heat Island: The Case Study of Baghdad, Iraq. *Procedia Engineering*, 145, 820-827.
- 22- Asfour, O. S., & Alshawaf, E. S. (2015). Effect of housing density on energy efficiency of buildings located in hot climates. *Journal of Energy and Buildings*, 91, 131-138.
- 23- Bardhan, R., Kurisu, K., & Hanaki, K. (2015). Does compact urban forms relate to good quality of life in high density cities of India? Case of Kolkata. *Cities*, 48, 55-65.
- 24- Cajot, S., Peter, M., Bahu, J. M., Guignet, F., Koch, A., & Maréchal, F. (2017). Obstacles in energy planning at the urban scale. *Journal of Sustainable Cities and Society*, 30, 223-236.
- 25- Clark, T. A. (2013). Metropolitan density, energy efficiency and carbon emissions: Multi-attribute tradeoffs and their policy implications. *Journal of Energy Policy*, 53, 413-428.
- 26- Dawodu, A., & Cheshmehzangi, A. (2017). Impact of Floor Area Ratio (FAR) on Energy Consumption at Meso Scale in China: Case Study of Ningbo. *Energy Procedia*, 105, 3449-3455.
- 27- Geneletti, D. (2012). Environmental assessment of spatial plan policies through land use scenarios: A study in a fast-developing town in rural Mozambique. *Journal of Environmental Impact Assessment Review*, 32(1), 1-10.
- 28- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756-760.

- 29- Hamidi, S., & Ewing, R. (2014). A longitudinal study of changes in urban sprawl between 2000 and 2010 in the United States. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 128, 72-82.
- 30- Han, Y., & Jia, H. (2017). Simulating the spatial dynamics of urban growth with an integrated modeling approach: A case study of Foshan, China. *Journal of Ecological Modelling*, 353, 107-116.
- 31- Heinonen, J., Jalas, M., Juntunen, J. K., Ala-Mantila, S., & Junnila, S. (2013). Situated lifestyles: I. How lifestyles change along with the level of urbanization and what the greenhouse gas implications are- a study of Finland. *Journal of Environmental Research Letters*, 8(2), 025003.
- 32- Hsieh, S., Schüler, N., Shi, Z., Fonseca, J. A., Maréchal, F., & Schlueter, A. (2017). Defining density and land uses under energy performance targets at the early stage of urban planning processes. *Energy Procedia*, 122, 301-306.
- 33- Javanroodi, K., Nik, V. M., & Mahdavinejad, M. (2019). A novel design-based optimization framework for enhancing the energy efficiency of high-rise office buildings in urban areas. *Journal of Sustainable Cities and Society*, 49, 101597.
- 34- Liu, C., & Shen, Q. (2011). An empirical analysis of the influence of urban form on household travel and energy consumption. *Journal of Computers, Environment and Urban Systems*, 35(5), 347-357.
- 35- Liu, C., & Shen, Q. (2011). An empirical analysis of the influence of urban form on household travel and energy consumption. *Journal of Computers, Environment and Urban Systems*, 35(5), 347-357.
- 36- Lord, D., & Mannering, F. (2010). The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(5), 291-305.
- 37- Mannering, F. L., & Bhat, C. R. (2014). Analytic methods in accident research: Methodological frontier and future directions. *Journal of Analytic Methods in Accident Research*, 1, 1-22.
- 38- Marique, A. F., Dujardin, S., Teller, J., & Reiter, S. (2013). School commuting: the relationship between energy consumption and urban form. *Journal of Transport Geography*, 26, 1-11.
- 39- Mörtberg, U., Goldenberg, R., Kalantari, Z., Kordas, O., Deal, B., Balfors, B., & Cvetkovic, V. (2017). Integrating ecosystem services in the assessment of urban energy trajectories— A study of the Stockholm Region. *Journal of Energy Policy*, 100, 338-349.
- 40- Muñiz, I., Calatayud, D., & Dobaño, R. (2013). The compensation hypothesis in Barcelona measured through the ecological footprint of mobility and housing. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 113, 113-119.
- 41- Najaf, P., Thill, J. C., GZhang, W., & Fields, M. G. (2018). City-level urban form and traffic safety: A structural equation modeling analysis of direct and indirect effects. *Journal of Transport Geography*, 69, 257-270.
- 42- Ogle, J., Delparte, D., & Sanger, H. (2017). Quantifying the sustainability of urban growth and form through time: An algorithmic analysis of a city's development. *Journal of Applied Geography*, 88, 1-14.
- 43- Sadownik, B., & Jaccard, M. (2001). Sustainable energy and urban form in China: the relevance of community energy management. *Journal of Energy Policy*, 29(1), 55-65.
- 44- Sampaio, H. C., Dias, R. A., & Balestieri, J. A. P. (2013). Sustainable urban energy planning: The case study of a tropical city. *Journal of Applied Energy*, 104, 924-935.
- 45- St Clair, P. (2009). Low-energy design in the United Arab Emirates—Building design principles. *Environment Design Guide*, 1-10.
- 46- Wei, Y. D., & Ewing, R. (2018). Urban expansion, sprawl and inequality. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 177, 259-265.
- 47- Williams, K. (2014). *Urban form and infrastructure: a morphological review*. Bristol: University of the West of England.
- 48- Wulf, T., Meißner, P., & Stubner, S. (2010). *A scenario-based approach to strategic planning: Integrating planning and process perspective of strategy*. HHL Leipzig Graduate School of Management.

- 49- Yin, C., Yuan, M., Lu, Y., Huang, Y., & Liu, Y. (2018). Effects of urban form on the urban heat island effect based on spatial regression model. *Journal of Science of the Total Environment*, 634, 696-704.
- 50- Yongling, Y. (2011). Energy Consumption and Space Density in Urban Area. *Energy Procedia*, 5, 895-899.



