

تحلیلی بر تغییرات ساختار فضایی شهر اصفهان با گریزی بر آلودگی هوا

مصطفی قدمی*

پریناز یوسفیان**

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۰۵

چکیده:

شهر، به‌عنوان یکی از دستاوردهای بشر از دیرباز مورد توجه تمدن‌ها بوده است، لیکن از ابتدای قرن نوزدهم توجه به مسائل شهری شکل جدیدتری به خود گرفت. زیرا رشد صنعت و تکنولوژی بر گسترده‌ی شهرها افزود و در این رهگذر رشد و توسعه‌ی کالبد شهرها نه تنها از عوامل طبیعی بلکه از عوامل انسانی نیز تأثیر پذیرفت. هدف از این مطالعه، بررسی و شناخت الگو و ساختار فضایی کلان شهر اصفهان و بررسی تأثیر ساختار فضایی فعلی بر روی آلودگی هوای موجود در این شهر است. پژوهش حاضر به لحاظ هدف کاربردی و براساس ماهیت و روش کار توصیفی - تحلیلی است. در این پژوهش از مدل‌های آنتروپی، موران و هلدرن برای تعیین ساختار فضایی شهر اصفهان و پس از تعیین ساختار فضایی، با استفاده از مدل‌سازی جاذب سفر به بررسی وضعیت موجود آلودگی هوا در شهر اصفهان پرداخته شده است. یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد، در حال حاضر ساختار فضایی شهر اصفهان بدون مرکز (دیس پرس) است. گسترش پراکنده و بدون مرکز سبب افزایش آلودگی در شهر اصفهان شده است، البته هم‌اکنون آلودگی هوا از مشکلات جدی این شهر به حساب می‌آید با تقویت هسته مرکزی شهر، میزان آلودگی هوا به مقدار چشم‌گیری کاهش می‌یابد. از طرف دیگر با بررسی وضعیت موجود ساختار فضایی، مشخص گردید؛ بیشترین سهم را در وسایل نقلیه، تاکسی و بعد از آن سواری شخصی در آلودگی هوای شهر اصفهان دارا هستند. با بررسی غلظت آلاینده‌ها مشخص گردید، در بین آلاینده‌ها منواکسید کربن، بیشترین غلظت آلاینده را دارا می‌باشد.

واژگان کلیدی: ساختار فضایی شهر، اصفهان، آلودگی هوا

* استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه مازندران

** کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه مازندران، parinaz_yousefian@yahoo.com

۱-مقدمه:

۱-۱- بیان مسئله:

شهر، به‌عنوان یکی از دستاوردهای بشر از دیرباز مورد توجه تمدن‌ها بوده است، لیکن از ابتدای قرن نوزدهم توجه به مسائل شهری شکل جدیدتری به خود گرفت. زیرا رشد صنعت و تکنولوژی بر گستردگی شهرها افزود و در این رهگذر رشد و توسعه‌ی کالبد شهرها نه تنها از عوامل طبیعی بلکه از عوامل انسانی نیز تأثیر پذیرفت. در واقع بر اثر تحولات اقتصادی، اجتماعی و سیاسی سده حاضر در ایران، جمعیت شهرنشین کشور همواره روندی افزایشی را در این سال‌ها طی کرده تا جایی که درصد شهرنشینان کشور از حدود ۳۱ درصد در سال ۱۳۳۵ به ۷۰ درصد در سال ۱۳۸۵ رسیده است (سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن، ۱۳۸۵).

چگونگی رشد هر شهر تحت تأثیر عوامل متعددی چون محدودیت طبیعی و امکانات آن، سیاست‌های برنامه‌ریزان و چگونگی مصرف زمین و بسیاری عوامل دیگر قرار دارد. از این‌رو، امروزه آگاهی از ساختار فضایی و شکل شهر می‌تواند یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در میزان موفقیت برنامه‌ریزان و دست‌اندرکاران شهری باشد و به بهبود محیط‌های شهری کمک شایانی بنماید. اهمیت این مسئله سبب شده که در سال‌های اخیر، روش‌ها و مدل‌های چندی برای سنجش فرم شهری به‌کاررفته شوند (رهنما و عباس زاده، ۱۳۸۷: ۹۹).

از طرفی آلودگی هوا از معضلات زندگی شهری به‌ویژه برای ساکنین شهرهای بزرگ می‌باشد؛ به‌طوری‌که بی‌توجهی و عدم اتخاذ راهکارهای مناسب و به‌موقع برای جلوگیری و مبارزه با آن خسارات جبران‌ناپذیری را برای سلامت جوامع شهری در بر خواهد داشت. امروزه پیامدهای مختلف آلودگی هوا باعث شده است که نظارت و کنترل کیفیت هوا به‌صورت امری گریزناپذیر در جوامع مطرح شود (جوانبخت امیری، ۱۳۸۵: ۴۳).

بنابراین، در دو دهه اخیر، توجه برنامه‌ریزان شهری به‌سوی آن دسته از الگوهای توسعه شهری جلب شده است که قادرند با نزدیک ساختن کانون‌های فعالیت به یکدیگر از حجم تقاضا برای سفر بکاهند. گزینه‌های کاربری زمین مشخص‌کننده محل فعالیت‌ها و تعیین‌کننده فرصت‌ها برای مبادی و مقاصد سفر هستند (ردیر^۱، ۲۰۰۹: ۲).

همان‌طور که می‌دانیم ساختار فضایی شهر می‌تواند بر آلودگی تأثیر داشته باشد، ساختار فضایی نشان‌دهنده‌ی توزیع جمعیت در پهنه فضا است. هدف از این مطالعه مشخص شدن ساختار فضایی شهر اصفهان و درک بهتر آلودگی هوا ناشی از حمل و نقل و ترافیک و شناسایی مناطقی که به‌طور بالقوه بیش از همه تحت تأثیر آلاینده‌ها قرار دارند بنابراین طراحی ساختار فضایی که بتواند خود را با شرایط موجود و آتی شهر تطبیق دهد و درعین حال پایدار باشد، از

^۱ Rodier

اهمیت بسیاری برخوردار است (برتد^۱، ۲۰۰۲: ۲۶). این در حالی است که امروزه علیرغم تشدید مسائل و معضلات متعدد ناشی از گسترش سریع شهرنشینی، سیر تکاملی ساختار فضایی و فرم شهری، اغلب مورد پایش قرار نمی‌گیرد (برتد و مالپز^۲، ۲۰۰۳: ۶).

۱-۲- اهمیت و ضرورت

در ایران، شهرها در ابتدا به علت رشد ارگانیک، از توسعه فیزیکی آرامی برخوردار بودند؛ اما از زمانی که گسترش شهرها ماهیتی برون‌زا به خود گرفت و به‌ویژه در دوره شهرنشینی سریع؛ یعنی از دهه ۱۳۴۰ به بعد که جمعیت شهرها هم به علت رشد طبیعی بالا و هم بر اثر مهاجرت‌های روستاییان به شهر با سرعت بسیار بالایی رشد یافت، رشد کالبد شهر و ساخت‌وسازهای شهر نه بر مبنای نیاز، بلکه بر پایه بورس‌بازی و سوداگری زمین صورت گرفت. این امر باعث نابسامانی بازار زمین شهری و مخصوصاً بلااستفاده ماندن بخش وسیعی از اراضی داخل محدوده شهر و عارضه منفی گسترش افقی شهرها شده است (اطهاری، ۱۳۷۹: ۳۶).

یکی از بحران‌هایی که در حال حاضر شهرهای بزرگ کشور را در بر گرفته بحران آلودگی هوا است. در ایران تاکنون مطالعات جامع در مورد آلودگی هوا در شهرهای تهران، شیراز، اراک، تبریز، اهواز، مشهد و اصفهان انجام گرفته است. براساس اطلاعات به دست آمده، برخی از آلاینده‌های هوا از جمله CO و ذرات معلق در بسیاری از مناطق شهری بیشتر از حد مجاز تعیین شده می‌باشد که یکی از مهم‌ترین علل این آلودگی‌ها وسایل نقلیه موتوری (منابع متحرک) است (زرندی و رزاقی، ۱۳۸۸: ۵۲). شهر اصفهان پس از تهران مقام دوم آلودگی هوای ایران را دارا می‌باشد (ضرابی، ۱۳۸۹: ۱۵۱). رشد روز افزون استفاده از وسائط نقلیه موتوری در حمل و نقل کلانشهرها، در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته، هماهنگی بین سیاست‌های حمل و نقل شهری و سیاست‌های توسعه شهر را ایجاب می‌نماید (شعار و جوادی، ۱۳۸۵: ۲).

از سوی دیگر بحران انرژی و آلودگی‌های محیطی در شهرهای ماشینی، باعث تغییر دیدگاه‌ها در تصمیم‌گیری سیاست‌های شهری شده است و دیدگاه شهر فشرده به خاطر پیامدهای مثبتی همچون (کاهش طول سفرها و کاهش مصرف سوخت و غیره) در برابر نگرش رشد پراکنده شهری پذیرفته شده است. عنصر اساسی لازم برای پذیرش دیدگاه شهر فشرده (شهری با تراکم بالا و کاربری مختلط اراضی) و رشد هوشمند شهری، اندازه‌گیری میزان فشردگی و پراکنش شکل شهر است. بطور خلاصه، چارچوب شهر پایدار شامل کاربری فشرده با کارایی بالای زمین، کاهش استفاده از اتومبیل، آلودگی کمتر، احیاء مسکن، سبک زندگی مناسب، اقتصاد پایدار، اکولوژی اقتصادی سالم، مشارکت مردم در سطح محلی و مداخله اجتماعی و حفظ

^۱ Bertaud

^۲ Bertaud & Malpezzi

توان‌های بومی است (حسینی، ۱۳۸۹: ۲۰۰). مسأله پیچیده آلودگی هوای اصفهان که بر اثر عوامل مختلفی در طی چند دهه اخیر به شکل حاضر در آمده است، نیازمند شناختی دقیق و موثر از منابع و عواملی است که موجب انتشار در سطح این شهر گردیده است (ضرابی، ۱۳۸۹: ۱۵۱). به این ترتیب می‌توان به نقش و تاثیر کلیدی ساختار فضایی شهر اصفهان در میزان چگونگی آلودگی هوای این شهر و همچنین سایر پیامدهای آن پی برد. توجه به ساختار فضایی شهرها و ارتباط آن با آلودگی هوای شهر باید به عنوان یکی از مهم ترین مسائل مطرح شود، به ویژه در کلان شهرهایی از جمله اصفهان که با مشکل شدید آلودگی هوا رو به رو هستند. با توجه به اثرات آلودگی هوای شهرها و محیط کالبدی نامناسب شهر بر زندگی شهروندان؛ پرداختن به بحث ساختار فضایی شهر و رابطه آن با حمل و نقل شهری، آلودگی هوای ناشی از آن و عوامل موثر بر آن به منظور کاهش اثرات آن و هدایت تغییرات در جهت مناسب، ضروری به نظر می‌رسد.

در دنیای امروزه آگاهی از ساختار فضایی شهرها، شکل و الگوهای گسترش کالبدی - فضایی آن‌ها می‌تواند به میزان زیادی مهم و تأثیرگذار در موفقیت برنامه‌ریزان و دست‌اندرکاران شهری باشد و به بهبود محیط‌های شهری برای پاسخگویی به نیازهای شهروندان کمک شایانی بنماید. امروزه شهر تنها یک سیستم کالبدی یا طبیعی نیست، بلکه بستر زندگی انسان‌هاست و بنابراین مکانی برای تحقق آرمان‌ها، بروز خلاقیت‌ها و جستجوی سعادت و رضایت آنان محسوب می‌شود (قاسمی و رحمان پور، ۱۳۸۷: ۲)، بنا به اهمیت این موضوع، در تحقیق حاضر به بررسی ساختار فضایی شهر اصفهان و تأثیر آن بر میزان آلودگی هوای موجود در شهر و تجزیه و تحلیل و ارائه پیشنهاداتی در این خصوص پرداخته می‌شود. تجزیه و تحلیل داده‌های نشان می‌دهد که کدام ساختار فضایی خاص در شهر اصفهان غالب است.

۱-۳- مبانی نظری:

شهر اجتماعی از انسان‌ها است با تعداد و تراکم معین و متناسب جمعیت، با بافت و ساختار کالبدی یکپارچه و بهم‌پیوسته شامل محلات، کوی‌ها و مناطق مسکونی، فضاهای فرهنگی و تجاری، اداری و خدماتی که بیشتر ساکنان شاغل دائمی آن در شغل‌های غیر کشاورزی به کار مشغول هستند (حکمت نیا، ۱۳۸۵: ۲۰). منظور از ساختار فضایی شهر، الگوی کاربری اراضی، فرم، شکل و طرح حوزه‌های شهری و نحوه توزیع فعالیت‌ها، عناصر و اجزای ترکیب دهنده شهر می‌باشد (زیاری، ۱۳۷۸: ۳۶).

ساختار فضایی شهر نظم و رابطه بین عناصر کالبدی کاربری‌ها را در شهر نشان می‌دهد (چن و همکاران^۱، ۲۰۰۶: ۶۰۷). به عبارت دیگر ساختار فضایی به مجموعه‌ای از ارتباطات ناشی از فرم شهری و تجمع مردم، حمل‌ونقل و جریان کالا و اطلاعات اشاره دارد (رُدِریو و همکاران^۲، ۲۰۰۹). در ارزیابی عملکردهای گوناگون ساختار فضایی شهر، اندازه‌گیری سه ویژگی مهم آن، که در شاخص سازی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرد، لازم و ضروری است. این سه جنبه مهم ساختار فضایی شامل: الگوی سفر روزانه، متوسط تراکم ساخته شده، نیمرخ تراکم و درصد شیب می‌باشد (پرتد، ۲۰۰۱: ۲-۱).

ساختار فضایی یک شهر اثرات قابل توجهی بر کارایی و کیفیت زیست محیطی شهری دارد، شکل یک شهر و الگوی توزیع جمعیت و تخصیص کاربری و فعالیت‌ها در کیفیت هوا و به تبع آن شاخص‌های دیگر شهر، نقش ایفا می‌کند. امروزه بقاء شهرها بستگی به یافتن راه‌حل‌های خلاق و سریع برای مسائل و مشکلات دارد (رزاقی و همکاران، ۱۳۹۰: ۷۶).

رشد بی‌رویه شهرنشینی و افزایش جمعیت شهرنشین در کشورهای مختلف بعد از جنگ جهانی دوم لزوم توجه به مسائل شهری را برای برنامه ریزان و دست‌اندرکاران امور شهری ناگزیر ساخته است. مسئله‌ای که در این خصوص بیش از همه توجه همگان را به خود جلب کرده، توجه به الگوهای رشد و توسعه شهری بوده است (پورا احمد، ۱۳۹۱: ۵۰). الگوهای رشد شهری بعد از جنگ جهانی دوم، عمدتاً به صورت گسترش افقی و مبتنی بر حمل‌ونقل شخصی (ماشین) بوده و به الگوی شهر ماشینی مشهور شده است (نیومن^۳، ۲۰۰۲: ۳۴). اتومبیل و پیشرفت حمل‌ونقل در توسعه این الگو نقش بسیار مؤثری را ایفا کرده است (رهنما و عباس‌زاده، ۱۳۸۵). قبل از توسعه فراگیر صنعتی و مدرنیزاسیون، محل کار و زندگی نیز به هم نزدیک بود و در مجموع مردم نیازهای اساسی خود را به آسانی، در فاصله کوتاه از محل زندگی و از طریق پیاده‌روی تأمین می‌کردند و کمتر مجبور به سفر بودند و شهرها غالباً شکل متمرکز و فشرده می‌گرفتند (بوالحسنی، ۱۳۸۲: ۸۷؛ پاسیون^۴، ۲۰۰۱: ۲۴۸)؛ اما با تخصصی شدن مشاغل، تنوع در کاربری زمین، تغییر الگوی کاربری زمین و پراکندگی مکانی فعالیت‌ها، علاوه بر افزایش حجم سفرهای روزانه، بر محدوده سفرها یا حوزه نفوذ کاربری‌ها تأثیر گذاشته است. به گونه‌ای که افراد برای تأمین نیازهای اساسی خود مجبور به طی مسافت‌های طولانی به‌ویژه با اتومبیل شخصی می‌باشند (بوالحسنی، ۱۳۸۲: ۸۶، مزینی، ۱۳۸۱: ۱۸۷). با گسترده شدن شهرها و دور شدن کاربری‌ها از یکدیگر دسترسی سریع، مطمئن و ارزان به نقاط مورد نظر، موضوع بسیار

^۱ Cheng et al

^۲ Rodrigue et al

^۳ Newman

^۴ Pacione

پیچیده و پرهزینه‌ای را پدید آورده است (بحرینی، ۱۳۸۲: ۲۰۳). پیامد چنین ساختار فضایی گسترده شهری، افزایش انگیزه و تمایل استفاده از اتومبیل شخصی، کاهش تقاضا برای حمل‌ونقل عمومی، افزایش مصرف سوخت و آلودگی، تراکم ترافیک و سختی روزافزون دسترسی به تسهیلات و خدمات شهری است (برند فرای، ۱۳۸۳: ۳۱).

بحران انرژی و آلودگی‌های محیطی در شهرهای ماشینی، باعث تغییر دیدگاه‌ها در تصمیم‌گیری سیاست‌های شهری شده است و دیدگاه شهر فشرده به خاطر پیامدهای مثبتی همچون (کاهش طول سفرها و کاهش مصرف سوخت و غیره) در برابر نگرش رشد پراکنده شهری پذیرفته شده است. عنصر اساسی لازم برای پذیرش دیدگاه شهر فشرده و رشد هوشمند شهری، اندازه‌گیری میزان فشردگی و پراکنش شکل شهر است. شهر فشرده نیز به معنای شهری است که دارای تراکمی نسبتاً بالا و کاربری مختلط اراضی بوده و بر اساس یک نوع سیستم حمل‌ونقل عمومی کارآمد شکل گرفته باشد؛ و همچنین دارای معیارهایی برای تشویق پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری می‌باشد (آربرو^۱، ۲۰۰۵: ۴۴). به‌طور کلی، شهرهایی که ساختار فضایی آن‌ها فشرده و متراکم است، به دلیل فشردگی بافت و نزدیکی فعالیت‌ها به یکدیگر فاصله‌ها کاهش یافته و دسترسی به مراکز مختلف شهر در حداقل زمان امکان‌پذیر است. بدین ترتیب دسترسی به اکثر مراکز خرید، آموزش، تفریح و غیره به‌صورت پیاده یا دوچرخه امکان‌پذیر است و در صورتی که ارائه تسهیلات مناسب حمل‌ونقل عمومی به‌آسانی می‌توان از این سیستم‌ها بهره گرفت، با این وضع استفاده از خودروی شخصی برای رفتن به محل کار، مدرسه و غیره کاهش یافته و به‌تبع آن بسیاری از مشکلات شهری حل شده و زمینه دستیابی به شکل پایدار شهری فراهم می‌شود (حسینی، ۱۳۸۹: ۲۰۰).

در یک نتیجه‌گیری کلی شکل شهری فشرده در مقایسه با دیگر اشکال توسعه شهری پایین‌ترین تولید از انتشارات دی‌اکسید کربن را دارد و این امر به کاربرد وسیع‌تر حمل‌ونقل عمومی و کاهش مسافت سفر با وسایل نقلیه بستگی دارد. در پژوهش حاضر به بررسی ساختار فضایی شهر اصفهان و به‌دنبال آن وضع موجود آلودگی با ساختار فضایی فعلی می‌باشد.

۱-۴- پیشینه پژوهش:

لاو و همکاران^۲ (۱۹۹۸)، در مقاله‌ای تحت عنوان " الگوی پراکندگی فضایی سفرهای کلان‌شهری "، سه نوع خاص از ساختار فضایی شهر و الگوهای رفت‌وآمد پاسخگو را با استفاده از فاصله رفت‌وآمد و یک تابع تراکم شهری در مناطق کلان‌شهری هلند مورد مقایسه قرار دادند: مدل‌های متمرکز، نا متمرکز و جریان عبوری. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل جریان عبوری فاصله

^۱ Arbury

^۲ Lawe & et al

رفت و آمد را بهتر نشان می‌دهند و ساختار شهری چندهسته‌ای را در هلند منعکس می‌کنند. دای و همکاران^۲ (۲۰۰۱)، در مقاله‌ای با عنوان "ارزیابی توسعه شهری و تغییر کاربری زمین در چین با استفاده از GIS"، به بررسی روند شهرنشینی و ویژگی‌های زمانی و فضایی توسعه شهری در شهر شی جی آژونگ^۳ بر روی روند تغییرات کاربری زمین در سالهای ۱۹۴۳ تا ۲۰۰۱ پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد؛ ساختار شهری گسترده، با پراکنش فعالیت‌های اقتصادی در فضاهای شهری، مدت زمان سفر را افزایش می‌دهد و در نتیجه تمایل شهروندان به استفاده از اتومبیل شخصی زیاد می‌گردد، بطوریکه تقاضا برای استفاده از حمل و نقل عمومی کاهش می‌یابد. پل زین^۴ (۲۰۰۴)، در مقاله‌ای با عنوان "ارتباط بین کاربری زمین، فرم شهر و سفرهای موتوری"، به بررسی ارتباط میان فرم شهر با کاربری زمین و سفرهای موتوری پرداخته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، فرم شهر یکی از فاکتورهای مهم در رفتار سفر می‌باشد و دسترسی حاصل از سفر را تحت تاثیر قرار می‌دهد. ونسه و هدل^۵ (۲۰۰۶)، در مقاله‌ای با عنوان "بررسی فرم شهر و کاربرد اتومبیل در آلمان"، بیان داشتند، آلمان به عنوان یک شهر صنعتی، تقاضا برای سفر با وسایل نقلیه موتوری افزایش داده است، که برخی مشاهدات در این خصوص افزایش ۱۲،۱ درصدی را بین سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۲ نشان می‌دهد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد فرم و الگوی شهری نقشی مهم در تقاضای سفر شهروندان با حمل و نقل موتوری دارد. بورگر و همکاران^۶ (۲۰۱۱)، در مقاله‌ای تحت عنوان "توسعه ناهمگن ساختار فضایی شهر: شواهدی از الگوهای رفت و آمد در مناطق - شهر انگلیس و ولز، ۱۹۸۱-۲۰۰۱"، به بررسی توسعه ناهمگن ساختار فضایی شهری در رابطه با الگوهای رفت و آمد، در مناطق - شهر انگلیس و ولز پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد؛ تمام مناطق شهری تغییر به سوی یک ساختار فضایی چندمرکزی را تجربه نمی‌کنند.

ضرابی و همکاران (۱۳۸۹)، در مقاله‌ای با عنوان "بررسی و ارزیابی منابع ثابت و متحرک در آلودگی هوای شهر اصفهان"، میزان آلاینده‌های منابع ثابت و متحرک شهر اصفهان را محاسبه و ارزیابی می‌نماید. نتایج حاصل از این تحقیق به صورت خلاصه نشان می‌دهد که، از مجموع کل آلاینده‌های واردشده به شهر اصفهان ۱۳ درصد متعلق به صنایع شهری، ۱۱ درصد مربوط به منابع خانگی و ۷۶ درصد از کل آلاینده‌ها مربوط به منابع آلوده‌کننده ناشی از ترافیک در شهر اصفهان می‌باشد. منافی و کلانتری (۱۳۹۰)، در مقاله‌ای تحت عنوان "بررسی مشکلات حمل و نقل و ترافیک شهر زنجان و راهکارهای ساماندهی آن"، به بررسی مشکلات و مسائل

^۲ Dai et al

^۱ Shijiazhuang

^۳ Polzin

^۴ Vance & Hedel

^۵ Burger & et al

ترافیک و حمل‌ونقل شهر زنجان در منطقه کنونی و بررسی راهکارهای ساماندهی آن می‌پردازند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد؛ در شهر زنجان مشکلات ترافیک و حمل‌ونقل با توجه به گسترش انواع وسایل نقلیه موتوری و تغییرات فزاینده جمعیتی به یکی از اصلی‌ترین مشکلات شهرنشینی تبدیل شده است. منطقه ۴ شهر به دلیل عدم استقرار کاربری‌های جاذب سفر به‌عنوان منطقه‌ای سفرساز مطرح می‌شود. این امر بایستی مورد توجه برنامه‌ریزان و مهندسين ترافیک واقع شود، تا از طریق استقرار کاربری‌های مورد نیاز، از تحمیل سفرهای غیرضروری به سیستم حمل و نقل و شبکه شهری جلوگیری شود.

پيله‌ور و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله‌ای تحت عنوان "بررسی تأثیر کنش فضایی بر تعادل فضایی در ساختار شهری بجنورد با استفاده از فن چیدمان فضا"، به بررسی ساختار فضایی شهر بجنورد و نقش عوامل کالبدی عملکردی در شکل‌دهی به این ساختار پرداخته‌اند. این بررسی با مطالعه‌ی همکنش‌های فضایی کاربری‌ها و میزان هم‌پیوندی شبکه‌ی شهری برای دستیابی به ساختار فضایی مناسب، انجام شده است. نتیجه‌ی پژوهش نشان می‌دهد همبستگی بین موقعیت مکانی مناطق و میان کنش فضایی یا وجود ندارد یا در کمترین مقدار قرار دارد. بنابراین ساختار کالبدی فضایی شهر نامتعادل بوده و میزان یکپارچگی مناطق بسیار کم است. هدی عبدالله وند (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان "بررسی تأثیر ساختار فضایی شهر بر آلودگی هوا (مطالعه موردی: شهر تهران)" به بررسی وضعیت آلودگی هوا در شهر تهران پرداخته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، وضعیت آلودگی در وضعیت مطلوبی قرار ندارد و ساختارهای فضایی پراکنده بیشترین پتانسیل آلاینده‌گی را دارا می‌باشند. در مقابل ساختار فضایی فشرده پتانسیل کمتری در آلاینده‌گی هوا دارا می‌باشند.

۱-۵- سوالات و فرضیه تحقیق

با توجه به آن چه که در بیان مسئله ذکر شد، هدف اصلی تحقیق حاضر تأثیر ساختار فضایی شهر بر آلودگی هوای شهر اصفهان می‌باشد. در حالت کلی و با توجه به موضوع پژوهش حاضر، سؤال پژوهش عبارت است از:
آیا ساختار فضایی شهر اصفهان پراکنده است؟
فرضیه موردسنجش در این تحقیق عبارت است از:
به نظر می‌رسد ساختار فضایی شهر اصفهان پراکنده است.

۱-۶- شیوه جمع آوری اطلاعات

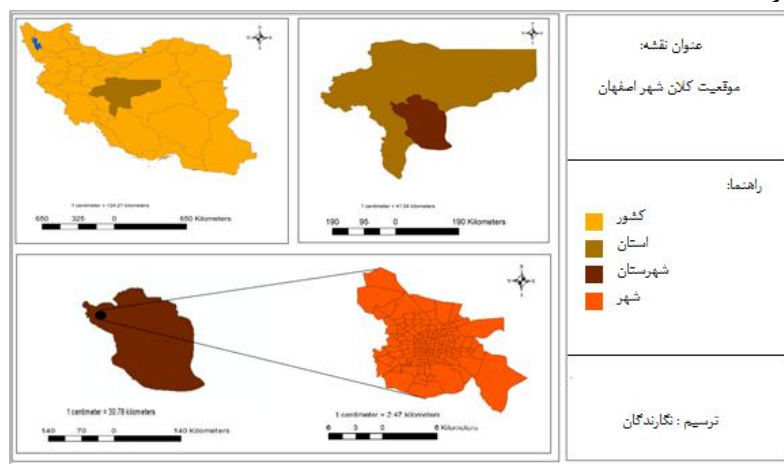
به دلیل پیچیدگی و چندبعدی بودن سطح مورد مطالعه، تحقیق حاضر از طریق مراجعه به سازمان‌های مربوطه و از طریق مراجعه به سایت‌های وابسته به سازمان‌های در ارتباط با

موضوع، به گردآوری اطلاعات پرداخته شده است. فرمت نقشه‌های اصلی جی.آی.اس بوده، به صورتی که تمام فیله‌های اطلاعاتی آن کامل می‌باشد. تجزیه و تحلیل‌های آماری به دست آمده و برای سناریوسازی از محیط اکسل استفاده شده است.

علاوه بر این، از مدل‌هایی چون آنتروپی شانون، مدل هلدرن، و مدل موران بهره برده ایم. مدل آنتروپی شانون، هلدرن و موران روند گسترش کالبدی - فضایی شهر اصفهان را در طی یک دوره زمانی مورد بررسی قرار داده و بیان می‌دارد که رشد کالبدی شهر مورد نظر در یک دوره زمانی چه روندی را به لحاظ گستردگی (اسپرال) یا تمرکز طی نموده است. شاخص موران نیز جهت شناخت ساختار کالبدی - فضایی شهر اصفهان مورد استفاده قرار گرفته است و پس از تعیین ساختار فضایی، با مدل سازی جاذب سفر، آلودگی هوا در وضعیت موجود در شهر اصفهان بررسی شده است.

۲- محدوده مورد مطالعه محدوده پژوهش

شهر اصفهان در ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی در مرکز ایران با ارتفاع متوسط ۱۵۷۰ متر از سطح دریا در ساحل زاینده رود قرار گرفته است. مساحت شهر اصفهان در حدود ۵۵۰۷۲ هکتار می‌باشد و جمعیت سال ۱۳۹۰ شهر اصفهان بالغ بر ۱۹۰۸۹۶۸ نفر می‌باشد. این شهر از ۱۵ منطقه شهرداری در سال ۱۳۹۰ تشکیل شده است. این تحقیق در محدوده شهر اصفهان، با توجه به اهمیت ساختار فضایی شهرها جهت کاهش آلودگی هوا با توجه به نقش حساس این کلان شهر در استان، انجام می‌شود. محدود مورد بررسی در این تحقیق ۱۸۸ زن ترافیکی مناطق ۱۴ گانه شهر اصفهان می‌باشد. در این بررسی تعداد سفرهای تولید شده و جذب شده روزانه به هر یک از این زن‌ها مشخص و سپس به تحلیل پرداخته شده است.



شکل شماره (۱): موقعیت شهر اصفهان در کشور، استان و شهرستان اصفهان

۳- یافته‌ها

۳-۱- بررسی تغییرات فضایی شهر اصفهان

طبق آمار ارائه‌شده در جدول زیر و همچنین آمارنامه شهر اصفهان (۱۳۹۰)، جمعیت شهر اصفهان از ۲۸۷۸۹۸ در سال ۱۳۳۵ شمسی به ترتیب به ۴۵۰۵۷۲ نفر در سال ۱۳۴۵، ۶۹۶۰۶۳ نفر در سال ۱۳۵۵، ۱۰۴۲۷۲۸ نفر در سال ۱۳۶۵، ۱۱۶۵۴۹۴ نفر در سال ۱۳۷۰، ۱۳۱۰۶۵۹ نفر در سال ۱۳۷۵، ۱۶۲۴۸۳۸ نفر در سال ۱۳۸۵، و ۱۷۹۶۹۶۷ نفر در سال ۱۳۹۰ شمسی رسیده و طی همین مدت وسعت شهر نیز از ۱۹۷۳ هکتار در سال ۱۳۳۵ به حدود ۴۰ هزار هکتار در سال ۱۳۹۰ و بیش از ۴۴ هزار هکتار در نیمه اول سال ۱۳۹۲ رسیده است. لازم به ذکر است، هرچند قسمتی از این رشد و توسعه فیزیکی و مربوط به ادغام مراکز سکونتی همچون خوراسگان، رهنان، ملک شهر، خانه اصفهان و روستاهای اطراف می‌باشد، ولی میزان گسترش پیکره شهر مادر نیز بسیار قابل توجه بوده است (کشاورز، ۱۳۹۲: ۱۰۲).

شکل شماره (۲): روند افزایش جمعیت و وسعت شهر اصفهان (۱۳۳۵-۱۳۹۰)

سال	جمعیت	مساحت (هکتار)	تراکم
۱۳۹۰	۱۷۹۶۹۶۷	۵۵۰۷۲	۹۱
۱۳۷۵	۷۸۲۶۱۶۱	۴۷۰۰۰	۹۱
۱۳۸۰	۱۶۲۶۳۰۷	۱۷۴۱۳	۹۳۰۳۹۶۱
۱۳۷۵	۱۳۱۰۶۵۹	۱۷۳۶۸	۷۵۰۴۶۴
۱۳۶۵	۱۰۴۲۷۲۸	۶۰۰۰	۱۷۳۰۷۸۸
۱۳۵۴	۶۶۱۵۱۰	۷۴۲۸	۸۹۰۰۵۶۲
۱۳۴۶	۴۲۴۰۴۵	۳۶۳۶	۱۱۶۶۲۴
۱۳۳۵	۲۸۷۸۹۸	۲۲۶۲	۱۲۱۰۸۲۶
۱۳۰۲	-	۱۵۱۵	-

مأخذ: آمارنامه شهر اصفهان، ۱۳۹۱

علاوه بر آن، روند توسعه فیزیکی این شهر نشان می‌دهد که، هیچ الگو و برنامه‌ای برای استفاده صحیح از زمین و هدایت شهر به سمت توسعه وجود نداشته است، به طوری که با وجود اراضی خالی در داخل شهر در هر دوره، گرایش بیشتری به ساخت و ساز در حاشیه و اطراف شهر مشاهده می‌شود. همچنین توسعه متخلخل و جسته و گریخته که از ویژگی‌های الگوی

پراکندگی شهری است. در الگوی توسعه فیزیکی اصفهان مشهود است؛ به نحوی که ساخت و ساز در اکثر دوره ها و خصوصاً در دهه های ۶۵ و ۷۵ به صورت لکه ای و قطعات پراکنده و بی‌نظم بوده است و حتی با وجود مشخص شدن محدوده قانونی شهر تا سال ۱۴۰۰ عملاً این محدوده رعایت نشده است و مقدار زیادی از وسعت شهر بیرون از محدوده مذکور قرار گرفته است؛ که همه این موضوعات بیانگر الگوی پراکندگی شهری و افزایش شدید وسعت شهر در هر دوره است.

شهر اصفهان در سال ۱۳۰۲ هجری شمسی مساحتی حدود ۱۵۱۵ هکتار داشته است که این محدوده در نقشه فعلی شهر منطبق بر دو منطقه ۳ و ۱ می‌باشد، اما تمام سطح فعلی این دو منطقه را پوشش نمی‌دهد. علاوه بر این قسمت‌هایی از منطقه ۵ فعلی که محل قرارگیری محله اقلیت ارمنی‌های اصفهان (جلفا) می‌باشد نیز، در این سال جزئی از شهر محسوب می‌گردیده است. در مجموع تا سال ۱۳۰۲ شمسی به استثنای محله ی جلفا که در قسمت جنوبی ساحل زاینده رود قرار گرفته است، تمام سطح ساخته شده شهر در ساحل شمالی زاینده رود واقع بوده است. در بازه زمانی بین سال های ۱۳۰۲ تا ۱۳۳۵ شمسی کالبد شهر در طی یک فرآیند تدریجی و آرام در اطراف مناطق ساخته شده قبلی رشد می‌کند و مساحت شهر از ۱۵۱۵ هکتار در سال ۱۳۰۲ به حدود ۲۳۶۳ هکتار در سال ۱۳۳۵ می‌رسد. برخلاف روند آرام توسعه فیزیکی شهر در این دوره، با آغاز دوره ی بعدی یعنی در حد فاصل بین سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۵۴ شمسی شهر به شکل بی سابقه در تمام جهت شروع به توسعه و رشد می‌کند. به شکلی که تنها در فاصله ۱۱ سال وسعت شهر از ۲۳۶۳ هکتار در سال ۱۳۳۵ به رقمی حدود ۳۶۳۶ هکتار در سال ۱۳۴۶، ۴۶۰۰ هکتار در سال ۱۳۵۰ و ۷۴۲۸ هکتار در سال ۱۳۵۴ شمسی می‌رسد. در جریان این سیر شدید توسعه مناطق ۳ و ۱ فعلی به صورت کامل زیر پوشش توسعه قرار می‌گیرد. منطقه ۵ که در دوره قبلی فقط شامل محله جلفا می‌گردید؛ نیز به صورت تقریباً کامل تحت ساخت و سازهای شهری قرار می‌گیرد. منطقه‌ی ۶ فعلی که در دوره‌ی قبلی تنها محدوده کمی از آن برای احداث ساختمان و تأسیسات شهری در نظر گرفته شده بود نیز بصورت گسترده‌ای به زیر پوشش ساختمان‌ها و تأسیسات شهری می‌رود. حدود نیمی از مناطق ۴ و ۱۰ به همراه قسمت‌هایی از مناطق ۷، ۸، ۹، ۱۳ و ۱۴ فعلی در مسیر توسعه شهر قرار گرفته و در آن‌ها عملیات ساختمان سازی انجام می‌گیرد. روند رشد توسعه فیزیکی سرسام آوری که از دهه ۱۳۴۰ شمسی آغاز گردیده بود با همان شدت ادامه می‌یابد، به شکلی که وسعت شهر از ۷۴۲۸ هکتار در سال ۱۳۵۴ به ۶۰۰۰ هزار هکتار در سال ۱۳۶۵، ۱۷۶۸ هکتار در سال ۱۳۷۵ و ۱۷۴۱۳ هکتار در سال ۱۳۸۰ می‌رسد. مقایسه این اعداد نشان می‌دهد، در حالی که در نیمه اول سده حاضر و در فاصله چهل و هشت سال وسعت شهر اصفهان از ۱۵۱۵ هکتار به ۴۶۰۰ هکتار رسیده، در نیمه‌ی دوم همین سده و تنها در مدت بیست و پنج

سال وسعت شهر از ۴۶۰۰ هکتار در سال ۵۰ به ۱۷۳۶۸ هکتار در سال ۱۳۷۵ رسیده است. پس از این دوره بیست و پنج ساله که باید از آن با عنوان ((دوره اوج توسعه فیزیکی شهر اصفهان)) یاد نمود، روند توسعه فیزیکی شهر در زمین‌های اطراف که اکثراً هم از زمین‌های مرغوب کشاورزی هستند کاهش محسوس یافت اما متوقف نشد و تا امروز نیز ادامه دارد. از جمله دلایلی که موجب کاهش نسبی روند توسعه شهر در سال‌های اخیر گردیده می‌توان به دو مورد بسیار مهم اشاره نمود، نخست وضع قوانین شهری به منظور مقابله با تغییر کاربری زمین‌های با ارزش کشاورزی واقع در داخل و اطراف شهر و دیگری گرایش به توسعه در ارتفاع. هم‌اکنون با توجه به پیشرفت‌های به وجود آمده در تکنولوژی ساخت ابزارهای ساختمان سازی و همچنین احیای مفاهیم بازسازی، باززنده سازی و نوسازی بافت‌های فرسوده شهری و در کنار آن بالا رفتن قیمت زمین در شهرها و ارزشمند شدن دوباره زمین در بافت‌های داخلی و فرسوده شهر، گرایش زیادی به سمت احداث و ساخت آپارتمان، برج‌ها و مجتمع‌های بزرگ مسکونی در بین شهروندان و برج‌سازان به وجود آمده است. بحث توسعه در ارتفاع خود مبحثی مفصل و جداگانه است که احتیاج به تحقیقات و پژوهش‌های کامل‌تری دارد. به هر ترتیب روند توسعه فیزیکی شهر اصفهان که از سال ۱۳۰۲ تا به امروز آن در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت، همچنان ادامه دارد. به شکلی که در حال حاضر وسعت شهر اصفهان به رقمی بیش از ۴۴ هزار هکتار در قالب ۱۵ منطقه خدماتی شهری رسیده است (www.isfahan.ir). نکته‌ای که در اینجا لازم است به آن اشاره شود؛ این است، قسمتی از این توسعه فیزیکی مربوط به رشد طبیعی شهر بوده و قسمت دیگری نیز مربوط به اتصال و ادغام روستاها و نقاط سکونت گاهی اطراف به پیکره اصلی شهر مادر می‌گردد. بهترین نمونه این مورد اتصال بخش خوراسگان به شهر اصفهان می‌شود که در جریان آن بخش خوراسگان و روستاهای واقع شده در فاصله آن با شهر اصفهان همگی در قالب منطقه ۱۵ شهرداری به شهر اصفهان الحاق گردیده و در آینده‌ای نزدیک این امکان نیز وجود دارد که شهر جدید بهارستان با توسعه ساخت و سازها و اشغال اراضی حائل بین آن و شهر اصفهان به بدنه اصلی شهر اصفهان متصل گردد. در این پژوهش به دلیل اینکه بخش خوراسگان به تازگی به کلان شهر اصفهان الحاق شده و نیز نبودن اطلاعات کافی در مورد این منطقه، در بررسی حاضر الحاق نگردیده است.

۳-۲- تغییرات تراکم ناخالص جمعیت شهر اصفهان (۱۳۹۰-۱۳۷۵)

بررسی تغییرات تراکم ناخالص جمعیت در شهر اصفهان طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰، نشان دهنده کاهش تراکم ناخالص جمعیت در کل شهر اصفهان می‌باشد. به طوری که در سال ۱۳۷۵ مقدار تراکم ناخالص جمعیت در شهر اصفهان برابر با ۸۰ نفر در هکتار بوده است؛ در حالی که در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ به ترتیب به ۳۵ نفر در هکتار و ۳۸ نفر در هکتار رسیده

است. و همچنین از ده منطقه شهر اصفهان در سال ۱۳۷۵ دو منطقه از لحاظ تراکم ناخالص جمعیت جزء مناطق کم تراکم بوده است؛ در حالی که در سال های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ هشت منطقه از مناطق چهاردهگانه شهر اصفهان جزء مناطق کم تراکم شهر محسوب شده‌اند. این امر نشان از پراکندگی جمعیت در طی سال های اخیر در شهر اصفهان می‌باشد.

شکل شماره (۳): تغییرات تراکم ناخالص جمعیت کل شهر و مناطق شهر اصفهان (۱۳۷۵-۱۳۹۰)

تفسیر	نتایج			تراکم ناخالص جمعیت
	۱۳۹۰	۱۳۸۵	۱۳۷۵	
پراکندگی جمعیت در شهر اصفهان	۳۸	۲۵	۸۰	تراکم ناخالص جمعیت کل شهر (هکتار)
پراکندگی جمعیت در شهر اصفهان	۸ منطقه از ۱۴ منطقه در گروه کم تراکم قرار دارند.	۸ منطقه از ۱۴ منطقه در گروه کم تراکم قرار دارند.	۲ منطقه از ۱۰ منطقه در گروه کم تراکم قرار دارند.	تراکم ناخالص جمعیت مناطق (هکتار)

مأخذ: محاسبات نگارندگان

۳-۳- سنجش فرم کالبدی و تحلیل گسترش کالبدی- فضایی شهر اصفهان

در کشور ما تا زمانی که الگوی رشد شهری ارگانیک و عوامل درون زا و محلی تعیین کننده رشد شهری بوده‌اند، زمین شهری کفایت کاربری‌های سنتی شهری را می‌داشته و حسب شرایط اقتصادی و اجتماعی و امنیتی شهر فضای شهر را به طور ارگانیک سامان می‌داده است. لیکن از زمانی که مبنای توسعه و گسترش شهرها ماهیتی برون زا به خودگرفت با پدیده موتوریزه شدن شهرها، درآمدهای حاصل از نفت در اقتصاد شهری تزریق شد و شهرهای ما در نظام اقتصادی جهانی و تحت تاثیر آن قرار گرفت. سرمایه گذاری در زمین شهری تشدید شد و این نقطه ضعف اصلی بازار خصوصی بدون برنامه زمین، الگوی توسعه بسیاری از شهرهای ایران را دیکته است (ماجدی، ۱۳۷۸: ۶). به عبارت دیگر، این تغییرات کالبدی و تحولات فضایی شهرها، چنان سریع و شتاب زده عمل کرده است که پس از دوره‌ای کوتاه، اکنون شهرهای کشور نه تنها توانایی حفظ ویژگی‌های سنتی و اصیل خود را ندارند، بلکه اصول تازه و علمی نیز بر کالبد آن‌ها و رشد و توسعه آیندشان با مشکلات بسیاری همراه است (موسوی و دیگران، ۱۳۸۹: ۳۶). از این رو در دهه های اخیر در ایران رشد و گسترش شهرها به صورت نوعی معضل یا مسئله درآمده و لزوم توجه به مسائل شهری- و به ویژه مسائل کالبدی آن- در قالب چارچوبی علمی، اهمیت و ضرورت یافته است (ابراهیم‌زاده و رفیعی، ۱۳۸۸: ۱۲۵).

امروزه آگاهی از ساختار فضایی و شکل شهر می‌تواند یکی از عوامل تاثیر گذار در میزان موفقیت برنامه ریزان و دست اندرکاران شهری باشد و به بهبود محیط‌های شهری کمک شایانی

بنماید. اهمیت مسأله سبب شده که در سال‌های اخیر روش‌ها و مدل‌های چندی برای سنجش فرم شهری به‌کار گرفته شود. مدل‌های عمده بررسی شده در این پژوهش آنتروپی، موران و هلدرن می‌باشد، که بعد از معرفی این مدل‌ها، تحلیلی از الگوی عملی که با این مدل کار شده است صورت گرفته و نتایج آن‌ها بررسی شده است و در نهایت ساختار فضایی کلان اصفهان با استفاده از این ضرایب برآورد شده است.

۳-۱-۳-۳- مدل هلدرن

یکی از روش‌های اساسی برای مشخص نمودن رشد بیقواره شهری، استفاده از روش «هلدرن» است. جان هلدرن در سال ۱۹۹۱ روشی را برای تعیین نسبت رشد افقی شهر و رشد جمعیت به کار برد. با استفاده از این روش می‌توان مشخص نمود چه مقدار از رشد شهر ناشی از رشد جمعیت و چه مقدار ناشی از رشد بیقواره شهری بوده است. وی در این روش از فرمول سرانه ناخالص زمین استفاده کرده است (حکمت نیا و موسوی، ۱۳۸۵: ۱۳۳-۱۳۱).

نتایج حاصل از مدل هلدرن در مورد شهر اصفهان نشان می‌دهد که در فاصله سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۹۰ حدود ۲۳ درصد از رشد فیزیکی، مربوط به رشد جمعیت و ۷۷ درصد رشد شهر مربوط به رشد افقی و اسپرال شهر بوده است که نتیجه آن کاهش تراکم ناخالص جمعیت و افزایش سرانه ناخالص زمین شهری و نهایتاً گسترش افقی بدقواره (اسپرال) شهر اصفهان بوده است.

بطور کلی با توجه به نتایج بدست آمده از یافته‌ها می‌توان بیان داشت، مقدار آنتروپی شانون شهر اصفهان در سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ نشانگر رشد پراکنده (اسپرال) گسترش فیزیکی شهر می‌باشد. که همین امر موجب بدقواره شدن شهر و نابودی بخشی از اراضی مرغوب کشاورزی گردیده است. در بررسی متناسب بودن اندازه گسترش شهر با جمعیت در طی دهه ی (۱۳۷۵-۱۳۹۰) با استفاده از مدل هلدرن به این نتیجه رسیدیم که در حدود ۲۳ درصد از گسترش شهر با رشد جمعیت هماهنگ بوده و ۷۷ درصد گسترش فیزیکی، ناشی از رشد بی قواره و ناموزون (اسپرال) شهر بوده است. در عین حال چگونگی این نسبت‌ها را در دهه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. که نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که این عدم تناسب بیشتر مربوط به دهه‌های (۱۳۶۵-۱۳۷۵) می‌باشد، به طوری که در این دهه، رشد مساحت شهر بیش از ۳ برابر رشد جمعیت آن بوده است. در مجموع رشد و گسترش شهر اصفهان به نسبت رشد جمعیت از سال ۱۳۷۵ تا سال ۱۳۹۰ تقریباً حد بالایی قرار داشته است، بطوریکه رشد گسترش شهر اصفهان در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۷۵، ۸ برابر شده است و این رشد نسبت به تغییر جمعیت بالاتر بوده است. به عبارت دیگر علیرغم اینکه جمعیت شهر

نیز طی این دوره افزایش داشته، ولی گسترش فیزیکی شهر عملاً بر افزایش جمعیت آن پیشی گرفته و در واقع رشد اسپرال شهری را سبب شده است.

۲-۳-۳- مدل آنتروپی شانون

به منظور تحلیل شکل شهر و برنامه‌ریزی برای چگونگی گسترش فیزیکی آتی آن، از مدل های متعددی استفاده می شود، که یکی از پرکاربردترین آن ها مدل آنتروپی شانون می باشد. از این مدل برای تجزیه و تحلیل مقدار پدیده رشد بی قواره شهری استفاده می گردد. ساختار کلی مدل به شرح زیر است (حکمت نیا و موسوی، ۱۳۸۵: ۱۲۹).

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \times \ln(P_i)$$

در این رابطه

H: مقدار آنتروپی شانون

Pi: نسبت مساحت ساخته شده (تراکم کلی مسکونی) منطقه i به کل مساحت ساخته شده

مجموع مناطق

n: تعداد مناطق

ارزش مقدار آنتروپی شانون از صفر تا یک $\ln(n)$ (لگاریتم نپر) است. مقدار صفر بیانگر توسعه فیزیکی خیلی متراکم (فشرده) شهر است. در حالی که مقدار $\ln(n)$ بیانگر توسعه فیزیکی پراکنده شهری است. زمانی که ارزش آنتروپی از مقدار $\ln(n)$ بیشتر باشد، رشد بی قواره شهری (اسپرال) اتفاق افتاده است.

مدل آنتروپی برای شناخت گستردگی شهر اصفهان در دوره های زمانی ۹۰-۱۳۷۵ انجام گرفته است. محاسبات نشان می دهد، مقدار آنتروپی شهر اصفهان در سال ۱۳۷۵ برابر ۲,۲۲۴ بوده است، در حالی که حداکثر ارزش $\ln(11) = 2,302$ بوده است. نزدیک بودن مقدار آنتروپی به مقدار حداکثر (۲,۳۰۲)، نشانگر رشد پراکنده (اسپرال) گسترش فیزیکی شهر می باشد. در سال ۱۳۸۵ مناطق ۱۰ گانه شهر اصفهان به ۱۴ منطقه افزایش یافت. مقدار آنتروپی برآورد شده در این سال، برابر با ۲,۳۹۸ محاسبه شده، در حالیکه حداکثر ارزش $\ln(14) = 2,639$ بوده است. که این امر نشان می دهد که طی ده سال اخیر، گسترش فیزیکی شهر، باز هم بصورت پراکنده بوده است. (با کاهش این ضریب طی سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ مقدار پراکنده‌گی و رشد غیر متراکم شهر کمتر شده و شهر به سوی رشد فشرده حرکت می کند.

شکل شماره (۴): محاسبه میزان آنتروپی شانون شهر اصفهان برای سال ۱۳۷۵

ناحیه	مساحت ۷۵	pi	Ln(pi)	pi* Ln (pi)
۱	۹۲۳,۰۶	۰,۰۵۷۹۸۲	-۲,۸۴۷۶۲	-۰,۱۶۵۱۱
۲	۱۱۱۶,۲۳	۰,۰۷۰۱۱۶	-۲,۶۵۷۶	-۰,۱۸۶۳۴
۳	۱۱۵۵,۳	۰,۰۷۲۵۷	-۲,۶۲۳۲	-۰,۱۹۰۳۷
۴	۱۲۷۵,۲۵۵	۰,۰۸۰۱۰۵	-۲,۵۲۴۴۱	-۰,۲۰۲۲۲
۵	۳۱۷۲,۹۵	۰,۱۹۹۳۱	-۱,۶۱۲۹	-۰,۳۲۱۴۷
۶	۱۷۵۸,۷۱	۰,۱۱۰۴۷۴	-۲,۲۰۲۹۸	-۰,۲۴۳۳۷
۷	۱۳۷۸,۷۱	۰,۰۸۶۶۰۴	-۲,۴۴۶۴۱	-۰,۲۱۱۸۷
۸	۲۴۶۰,۹۷	۰,۱۵۴۵۸۶	-۱,۸۶۷۱	-۰,۲۸۸۶۱
۹	۱۱۹۹,۸۲	۰,۰۷۵۳۶۷	-۲,۵۸۵۳۹	-۰,۱۹۴۸۵
۱۰	۱۴۷۸,۷	۰,۰۹۲۸۸۵	-۲,۳۷۶۳۹	-۰,۲۲۰۷۳
مجموع	۱۵۹۹۱,۷۱	۱	-۲۳,۷۴۴	۲,۲۲۴۹۴
آنتروپی به دست آمده				۰,۹۶

مأخذ: محاسبات نگارندگان

شکل شماره (۵): محاسبه میزان آنتروپی شانون شهر اصفهان برای سال ۱۳۸۵

ناحیه	مساحت ۸۵	pi	Ln(pi)	pi*Ln (pi)
۱	۸۰۰	۰,۰۱۶۸	-۴,۰۸۸	-۰,۰۶۹
۲	۲۱۰۰	۰,۰۴۴۰	-۳,۱۲۳	-۰,۱۳۷
۳	۱۱۰۰	۰,۰۲۳۱	-۳,۷۷۰	-۰,۰۸۷
۴	۷۵۰۰	۰,۱۵۷۲	-۱,۸۵۰	-۰,۲۹۱
۵	۶۰۰۰	۰,۱۲۵۸	-۲,۰۷۳	-۰,۲۶۱
۶	۶۶۰۰	۰,۱۳۸۴	-۱,۹۷۸	-۰,۲۷۴
۷	۲۸۵۰	۰,۰۵۹۷	-۲,۸۱۸	-۰,۱۶۸
۸	۲۰۵۰	۰,۰۴۳۰	-۳,۱۴۷	-۰,۱۳۵
۹	۱۹۵۰	۰,۰۴۰۹	-۳,۱۹۷	-۰,۱۳۱
۱۰	۲۱۰۰	۰,۰۴۴۰	-۳,۱۲۳	-۰,۱۳۷
۱۱	۱۱۰۰	۰,۰۲۳۱	-۳,۷۷۰	-۰,۰۸۷
۱۲	۸۲۰۰	۰,۱۷۱۹	-۱,۷۶۱	-۰,۳۰۳
۱۳	۳۴۵۰۰	۰,۰۷۲۳	-۲,۶۲۷	-۰,۱۹۰
۱۴	۱۹۰۰	۰,۰۹۳۸	-۳,۲۲۳	-۰,۱۲۸
مجموع	۴۷۷۰۰	۱		۲,۳۹۸
آنتروپی محاسبه شده				۰,۹۰

مأخذ: محاسبات نگارندگان

ضریب آنتروپی شانون برای سال ۱۳۹۰ شهر اصفهان برابر با ۲,۳۹۸ محاسبه شده است. در حالیکه حداکثر ارزش $\ln(14) = 2,639$ بوده است. با مقایسه میزان آنتروپی محاسبه شده سال ۱۳۹۰ با سال‌های قبل نشان از توسعه فیزیکی متراکم شهر است؛ چرا که از میزان حداکثر کمتر می‌باشد. لیکن در دراز مدت به طور نسبی در مقایسه با دوره های قبل یعنی ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ شهر به سمت بی قواره و رشد اسپرال در حرکت است. اگرچه این مقدار رشد اندک می‌باشد.

شکل شماره (۶) : محاسبه میزان آنتروپی شانون شهر اصفهان برای سال ۱۳۹۰

ناحیه	مساحت ۹۰	pi	Ln (pi)	pi*ln(pi)
۱	۸۱۰	۰,۰۱۷	-۴,۰۸۵	-۰,۰۶۹
۲	۲۱۴۵	۰,۰۴۵	-۳,۱۱۱	-۰,۱۳۹
۳	۱۱۵۲	۰,۰۲۴	-۳,۷۲۳	-۰,۰۸۹
۴	۷۵۰۲	۰,۱۵۶	-۱,۸۶۰	-۰,۲۹۰
۵	۶۰۰۲	۰,۱۲۵	۲,۰۸۳	-۰,۲۶۰
۶	۶۷۰۷	۰,۱۳۹	-۱,۹۷۱	-۰,۲۷۵
۷	۲۸۵۷	۰,۰۵۹	-۲,۸۲۵	-۰,۱۶۸
۸	۲۰۳۹	۰,۰۴۲	-۳,۱۶۲	-۰,۱۳۴
۹	۲۰۲۵	۰,۰۴۲	-۳,۱۶۹	-۰,۱۳۳
۱۰	۲۱۴۶	۰,۰۴۵	-۳,۱۱۱	-۰,۱۳۹
۱۱	۱۰۹۷	۰,۰۲۳	-۳,۷۸۲	-۰,۰۸۶
۱۲	۸۲۲۳	۰,۱۷۱	-۱,۷۶۸	-۰,۳۰۲
۱۳	۳۵۳۴	۰,۰۷۳	-۲,۶۱۵	-۰,۱۹۱
۱۴	۱۹۳۷	۰,۰۴۰	-۳,۲۱۳	-۰,۱۲۹
مجموع	۴۸۱۶۶	۱		۲,۴۰
آنتروپی محاسبه شده				۰,۹۱

مأخذ: محاسبات نگارندگان

۳-۳-۳- مدل موران

معمولاً برای اندازه گیری مقدار تجمع یا پراکندگی پارامترها از ضریب موران استفاده می‌شود که با اندازه گیری خود همبستگی فضایی می‌توانند سطح تجمع را تخمین بزنند. با کمک مدل موران می‌توان ساختار و هسته شهر را به دست آورد. ضریب موران بین مقادیر ۱- و ۱+ محاسبه می‌شود. مقدار ۱+ بیانگر الگوی کاملاً متمرکز یا الگوی تک قطبی می‌باشد. هر چه مقدار آن کاهش یابد، الگوی رشد شهر نیز به سمت چند قطبی بودن پیش خواهد رفت. هنگامی که مقدار آن به صفر برسد، بیانگر الگوی تصادفی می‌باشد و مقدار ۱- نیز الگوی شطرنجی شهر را نشان می‌دهد. در تعیین الگوی شهر نمی‌توان برای این مقادیر مرز مشخصی

تعیین نمود و باید علاوه بر این مقدار به اندازه شهر، تراکم‌ها در سطح شهر و هم چنین به مقادیر ضریب آنتروپی توجه نمود (رهنما و عباس‌زاده، ۱۳۸۷: ۱۲۲).

$$I = \frac{n \sum \sum w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{w \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

X_i ضریب فاصله‌ای یا نسبی در واحد ناحیه‌ای، n_i تعداد واحدهای ناحیه‌ای، W_{ij} وزن شاخص مورد نظر که در اینجا جمعیت و میزان سفر می‌باشد. ضریب موران بین -۱ تا +۱ متغیر است. -۱ برابر تعامل فضایی منفی و ۱ برابر تعامل فضایی مثبت می‌باشد. اگر تعامل فضایی وجود نداشته باشد، ضرایب مورد انتظار موران برابر است با:

$$E_i = -\frac{1}{(n-1)}$$

مقدار ضریب موران برای جمعیت شهر اصفهان در سال ۱۳۹۰ در سطح ۹۵ درصد اطمینان معنی دار بوده است. ضریب موران (۰,۲۶) نشان می‌دهد، الگوی رشد شهری به الگوی تصادفی (۰) نزدیک است. که این توزیع تصادفی در بلوک‌های مختلف آماری شهر، بیانگر این است که الگوی قطبی در شهر وجود ندارد و پخش جمعیت به صورت رندمی بوده است. در نتیجه توزیع جمعیت تصادفی بوده و ساختار شهر ناموزون و پراکنده می‌باشد

از مجموع روش‌های استفاده شده می‌توان نتیجه گرفت که الگوی توسعه فیزیکی شهر اصفهان، از نوع الگوی پراکندگی شهری است. با توجه به اینکه یافته‌های محققان در مورد این نوع الگوی رشد شهری، پیامدهای منفی زیادی در بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی؛ از جمله از بین رفتن زمین‌های کشاورزی پیرامون شهر، تخریب و آلودگی منابع آب و خاک، آلودگی هوا، افزایش هزینه ارائه خدمات شهری، افزایش طول و زمان مسافرت‌های شهر و به دنبال آن افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی مانند بنزین، جدایی‌گزینی اجتماعی، عدم توجه به مصرف زمین یا مصرف بی‌رویه این منبع مهم و غیره را به بار آورده است و با توجه به لزوم هدایت توسعه شهر به سمت پایداری بیشتر، لزوم تغییر آن و استفاده از راهکارهایی جهت فشردگی بیشتر شهر احساس می‌گردد.

کاربرد ضرایب آنتروپی شانون، موران و هلدرن در تعیین فرم فضایی شهر نتایج مثبتی داشته و تجارب نشان می‌دهد که این الگوها می‌تواند ساختار و شکل شهر را بیان نماید. بنابراین، می‌توان کاربرد این مدل و ضرایب را برای محاسبه درجه پراکندگی مناسب دانست و در مطالعات بعدی از آن بهره گرفت.

شکل شماره (۷) : نتایج حاصل از مدل‌های سنجش فرم شهری اصفهان

تفسیر	نتایج			مدل
	۱۳۹۰	۱۳۸۵	۱۳۷۵	
پراکندگی	۰,۹۱	۰,۹۰	۰,۹۶	آنتروپی شانون جمعیت مناطق
پراکندگی	۳۸	۳۵	۸۰	تراکم ناخالص جمعیت کل شهر
پراکندگی	۸ منطقه از ۱۴ منطقه در گروه کم تراکم قرار دارند.	۸ منطقه از ۱۴ منطقه در گروه کم تراکم قرار دارند.	۲ منطقه از ۱۰ منطقه در گروه کم تراکم قرار دارند.	تراکم ناخالص جمعیت مناطق
پراکندگی		۰,۲۶		مدل موران
پراکندگی	$۲۴+۷۶=۱$	$\%۲۰+\%۷۶=۱$	$\%۲۰+\%۸۰=۱$	مدل هلدرن

مأخذ: محاسبات نگارندگان

۴-۳- بررسی میزان آلودگی در وضع موجود شهر اصفهان

میزان آلودگی را در وضع موجود شهر اصفهان، براساس سه آلاینده استاندارد اندازه‌گیری شده در کلان شهر اصفهان در سال ۱۳۹۲ توسط سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان مورد بررسی قرار داده‌ایم. که نتایج زیر حاصل گردید:

میزان کل آلودگی ۱۱۱۲۱۱۱,۱۰۷ گرم به‌صورت روزانه می‌باشد و بیشترین آلودگی مربوط به تاکسی با ۴۱۵۵۲۶,۰۱۷۴ گرم می‌باشد و کمترین آلودگی مربوط به مینی بوس با ۵۷۸۰,۶۸۶۱۱۹ گرم می‌باشد.

با بررسی میزان آلاینده‌ها به تفکیک، بیشترین میزان آلودگی مربوط به منواکسید کربن با ۸۵۱۳۶۹,۸۵۶۵ گرم است، در بین وسایل نقلیه بیشترین تولید منواکسید کربن مربوط به تاکسی با ۳۸۱۸۶۷,۶۶۵۶ گرم و بعد از آن سواری با ۳۴۳۵۰۲,۱۷۲ گرم می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مینی بوس و اتوبوس به دلیل استفاده از گازوئیل منواکسید کربن تولید نمی‌کنند.

بیشترین میزان هیدروکربور تولید شده مربوط به موتور با ۵۳۲۶۲,۲۷۵۳۴ گرم، بعد از آن تاکسی با ۲۸۹۰۷,۰۵۹۶ گرم می‌باشد. همچنان سهم اتوبوس و مینی بوس در تولید این آلاینده صفر است.

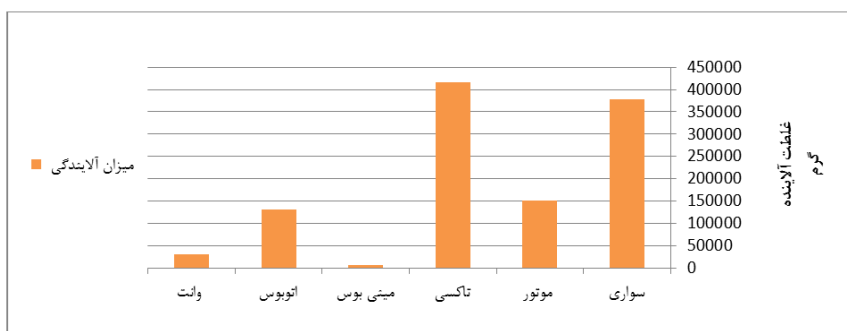
در بررسی‌های مربوط به اکسید نیتروژن، بیشترین میزان متعلق به اتوبوس با ۱۳۰۱۰۱,۷۹۰۲ گرم و بعد از آن اتومبیل شخصی با ۶۳۱۷,۸۱۵۰۹۸ گرم و کمترین میزان متعلق به وانت با ۵۹۳,۷۳۶۰۶۵ گرم است.

شکل شماره (۸): میزان آلودگی تولید شده در وضعیت موجود شهر اصفهان (۱۳۹۲)

میزان آلودگی به تفکیک وسایل نقلیه	اکسید نیتروژن (Nox)	هیدروکربورها (Hc)	منواکسید کربن (co)	مجموع آلودگی (گرم)
سواری	۶۳۱۷,۸۱۵,۰۹۸	۲۸۶۴۲,۳۰۱۶۲	۳۴۳۵۰۲,۱۷۲	۳۷۸۴۶۲,۲۸۸۷
موتور	۰	۵۳۲۶۲,۲۷۵۳۴	۹۸۳۳۷,۹۴۹۰۴	۱۵۱۵۰,۲۲۴۴
تاکسی	۳۸۵۱,۲۹۲۱۷۴	۲۹۸۰۷,۰۵۹۶	۳۸۱۸۶۷,۶۶۵۶	۴۱۵۵۲۶,۰۱۷۴
مینی بوس	۵۷۸۰,۶۸۶۱۱۹	۰	۰	۵۷۸۰,۶۸۶۱۱۹
اتوبوس	۱۳۰۱۰۱,۷۹۰۲	۰	۰	۱۳۰۱۰۱,۷۹۰۲
وانت	۵۹۳,۷۳۶۰۶۵	۲۳۸۴,۲۹۴۴۳۴	۲۷۷۶۲,۰۶۹۸۸	۳۰۷۴۰,۱۰۰۳۸
مجموع آلودگی	۱۴۶۶۴۵,۳۱۹۶	۱۱۴,۹۵,۳۹۱	۸۵۱۳۶۹,۸۵۶۵	۱۱۱۲۱۱۱,۱۰۷

مأخذ: محاسبات نگارندگان

نمودار زیر نشان دهنده سهم هر یک از وسایل نقلیه در آلودگی هوا در وضع موجود شهر اصفهان می باشد. بیشترین آلودگی متعلق به تاکسی می باشد و کمترین سهم را مینی بوس در آلودگی هوای شهر اصفهان دارد.



شکل شماره (۹): میزان انتشار آلاینده به تفکیک وسایل نقلیه شهر اصفهان (۱۳۹۲)

مأخذ: محاسبات نگارندگان

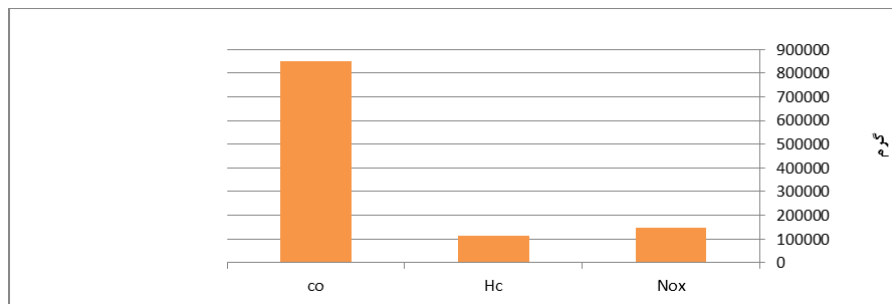
در جدول فوق میزان انتشار آلاینده‌ها به تفکیک در وضع موجود شهر اصفهان در سال ۱۳۹۲ مشخص گردیده است. همان‌طور که از نتایج مشخص است، بیشترین غلظت آلودگی متعلق به منواکسید کربن با ۸۵۱۳۶۹,۸۵۶۵ گرم می باشد و کمترین میزان آلودگی متعلق به هیدروکربور با ۱۱۴,۹۵,۹۳۱ گرم می‌باشد.

جدول شماره (۱۰): میزان آلاینده به تفکیک در شهر اصفهان (۱۳۹۲)

غلظت (تن)	غلظت (گرم)	نوع آلاینده	علائم اختصاری
۰,۱۴۶	۱۴۶۶۴۵,۳۱۹۶	اکسید نیتروژن	NOx
۰,۱۱۴	۱۱۴۰۹۵,۹۳۱	هیدروکربورها	Hc
۰,۸۵۱	۸۵۱۳۶۹,۸۵۶۵	منواکسید کربن	Co
۱,۱۱۲	۱۱۱۲۱۱۱,۱۰۷	مجموع آلاینده‌ها	-

مأخذ: محاسبات نگارندگان

نمودار فوق نشان‌دهنده‌ی سهم بالای منواکسیدکربن در آلودگی هوای در وضع موجود کلان شهر اصفهان می‌باشد.



شکل شماره (۱۱): میزان آلاینده به تفکیک در شهر اصفهان (۱۳۹۲)

مأخذ: محاسبات نگارندگان

بررسی‌های صورت گرفته در وضع موجود، نشان‌دهنده‌ی این امر می‌باشد، که تاکسی‌ها بیشترین سهم را در آلودگی هوای شهر اصفهان دارا می‌باشند و مینی‌بوس‌ها، کمترین سهم را در آلودگی‌های این کلان شهر دارند، بعد از تاکسی از لحاظ آلودگی، به ترتیب اتومبیل شخصی، موتور، اتوبوس و وانت می‌باشند.

با بررسی مدل‌های ساختار فضایی مختلف مشخص گردید، شهر اصفهان از یک الگوی پراکنده در رشد شهری پیروی می‌کند. از طرف دیگر، با بررسی میزان آلودگی در وضع موجود مشخص گردید که بیشترین میزان آلودگی متعلق به تاکسی و بعد از آن سواری می‌باشد. که این امر نشان‌دهنده سهم بالای جا به جایی‌ها توسط تاکسی و اتومبیل شخصی است؛ زیرا رشد پراکنده سبب افزایش میزان سفرها و به تبع آن جابه‌جایی بیشتر و آلودگی بیشتر در هوای شهر اصفهان می‌شود. با فشرده سازی در این شهر و تقویت حمل و نقل عمومی می‌توان از سهم تاکسی و سواری در جا به جایی‌ها کاست.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

تعیین ساختار فضایی شهر اصفهان از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ با استفاده از مدل‌های مختلف از جمله مدل هلدن و آنتروپی شانون و موران، حاکی از این است، که رشد شهری اصفهان به سمت پراکندگی می‌رود. این نتایج نشان از این دارد، در محدوده مورد مطالعه، جمعیت به‌طور پراکنده توزیع شده است و هسته متراکم و معنی‌داری وجود ندارد. توزیع پراکنده جمعیت و ساختار فضایی پراکنده شهر از یک‌سو سبب افزایش میزان سفر می‌شود، و از سوی دیگر سهم استفاده از تاکسی و اتومبیل شخصی را به بالاترین مقدار در جابه‌جایی‌ها رسانده است. نتیجه به دست آمده نشان از پراکندگی توزیع جمعیت و فعالیت در سطح شهر است، در نتیجه پراکندگی نامناسب جمعیت و فعالیت در سطح شهر، می‌تواند عامل مهمی در افزایش و جذب سفر و به تبع آن، آلودگی بیشتر هوای شهر باشد.

مدل‌های انجام شده در مورد شهر اصفهان، نشان‌دهنده پراکندگی در ساختار فضایی شهر و عدم وجود یک هسته مرکزی قوی، از لحاظ جمعیتی است. از طرف دیگر با سناریوسازی ساختار فضایی اصفهان در وضع موجود آلودگی هوا، مشخص گردید؛ بیشترین سهم آلودگی هوا در وسایل نقلیه، متعلق به تاکسی می‌باشد و بعد از آن سواری شخصی بالاترین سهم را در آلودگی هوای شهر اصفهان داراست، که این امر نشان‌دهنده ضعف در سیستم حمل و نقل عمومی است. چراکه اگر سیستم حمل و نقل عمومی شهر اصفهان کار آمد بود، سهم تاکسی و سواری در کمترین میزان از لحاظ آلودگی قرار می‌گرفت. با راه‌اندازی خطوط مترو در بخش میانی و پیرامونی، و تقویت سیستم اتوبوس در بخش مرکزی می‌توان تا حد زیادی از سفر با تاکسی و وسایل نقلیه شخصی کاست.

منابع

- ابراهیم زاده، عیسی، رفیعی، قاسم (۱۳۸۸)، مکان‌یابی بهینه جهان‌گسترش شهری با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۵، صص ۷۰-۴۵.
- اطهری، کمال (۱۳۷۹)، به سوی کارآمدی دخالت دولت در بازار زمین شهری، فصلنامه اقتصاد مسکن، شماره ۳۰، سازمان ملی زمین و مسکن.
- بحرینی، سید حسین (۱۳۸۲)، فرآیند طراحی شهری، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.
- برندفرای، هیلد (۱۳۸۳)، طراحی شهر به سوی یک شکل پایدارتر شهر، ترجمه: سید حسین بحرینی، انتشارات شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری.
- پور احمد، احمد (۱۳۸۹)، قلمرو فلسفه‌ی جغرافیا، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم.
- پیله‌ور، علی‌اصغر، عطایی، سینا، زارعی، عبدا... (۱۳۹۱)، بررسی تأثیر میان‌کنش فضایی بر تعادل فضایی در ساختار شهری بجنورد با استفاده از فنّ چیدمان فضا، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۷۹، صص ۸۷-۱۰۲.

- جوانبخت امیری، ستاره(۱۳۸۵)، محاسبه اثر بین آلودگی هوا و عناصر هواشناسی در تهران با رویکرد آنالیز رگرسیون، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
- حکمت نیا، حسن و قنبری، ابوالفضل(۱۳۸۵)، اصول و روش های برنامه ریزی شهری، انتشارات مفاخر، چاپ اول.
- حکمت نیا، حسن، موسوی، میرنجف(۱۳۸۵)، کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه ریزی شهری و ناحیه ای، انتشارات علم نوین، چاپ اول.
- رزاقی، حبیب اله، زیاری، کرامت اله، سعیدی رضوانی، نوید(۱۳۹۰)، مدل چنددهسته ای و چندمرکزی شهر و کلانشهری، از نظریه تا عمل (مورد شهر کرج)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شماره سوم، شماره پیاپی ۱۰۲. صص ۷۴-۱۰۰.
- رهنما، محمد رحیم، عباسزاده، غلامرضا(۱۳۸۵)، مطالعه تطبیقی شهر مشهد و سیدنی، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، شماره ششم.
- رهنما، محمد رحیم، عباسزاده، غلامرضا(۱۳۸۷)، اصول، مبانی و مدل های سنجش فرم کالبدی شهر، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول.
- زیاری، کرامت الله(۱۳۷۸)؛ اصول و روش های برنامه ریزی منطقه ای، انتشارات دانشگاه یزد، چاپ اول.
- شعار، کمال، جوادی، امیر(۱۳۸۵)، بررسی اثرات متقابل سیاستهای حمل و نقل شهری و توسعه و کاربری زمین، هفتمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران.
- ضرابی، اصغر، محمدی، جمال، عبداللهی، علی اصغر (۱۳۸۹)، بررسی و ارزیابی منابع ثابت و متحرک در آلودگی هوای شهر اصفهان، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، دوره جدید، سال هشتم، شماره ۲۶.
- ضرابی، اصغر، محمدی، جمال، عبداللهی، علی اصغر (۱۳۸۹)، بررسی و ارزیابی منابع ثابت و متحرک در آلودگی هوای شهر اصفهان، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، دوره جدید، سال هشتم، شماره ۲۶.
- عبدالله وند، هادی(۱۳۹۲)، بررسی تأثیر ساختار فضایی شهر بر آلودگی هوا(مطالعه موردی: شهر تهران)، پایان نامه کارشناسی ارشد گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران.
- کشاورز، امین(۱۳۹۲)، بررسی قابلیت ها و محدودیت های ژئومورفولوژیکی در روند توسعه فیزیکی شهرها(نمونه موردی: شهر اصفهان)، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی شهری، دانشگاه اصفهان.
- لینچ، کوین(۱۳۸۱)، تئوری شکل شهر، ترجمه: حسین بحرینی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.
- ماجدی، حمید(۱۳۷۸)، زمین مساله اصلی توسعه شهری، مجله آبادی، شماره ۳۳، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی ایران.

- منافی، سمیه، کلانتری، محسن (۱۳۹۰)، بررسی مشکلات حمل و نقل و ترافیک شهر زنجان و راهکارهای ساماندهی آن، فصلنامه دانش انتظامی زنجان، سال اول، شماره اول.
- Arbury, J., (۲۰۰۵). from urban sprawl to compact city – An analysis of urban growth management in Auckland. [Http://portal.jarbury.net/thesis.pdf](http://portal.jarbury.net/thesis.pdf).
- Bertaud, A., (۲۰۰۱). Metropolis :A Measure of the Spatial Organization of V Large Cities.
- Bertaud, A., (۲۰۰۲). Not on Transition and urban spatial structur. ABCDE conference, Washington.
- Burger, M.J., de Goei, B., Laan, V., & Huisman, L., F.J.M., (۲۰۱۱). Heterogeneous development of metropolitan spatial structure: Evidence from commuting patterns in English and Welsh city-regions (۱۹۸۱-۲۰۰۱). *Cities* ۲۸, pp: ۱۶۰-۱۷۰.
- Cheng, J., Jan, T., Mingjun, P., Ningrui, D., & Peter, H., (۲۰۰۶). Urban land administration and planning in China: Opportunities and constraints of spatial data models. *Land Use Policy* ۲۳, pp: ۶۰۴-۶۱۶.
- Dai F.C & Lee C.F. & Zhang X.H (۲۰۰۱), “GIS-Based geo-environmental evaluation for urban land-use planning, *Engineering Geology*.
- Lawe, J.C., (۱۹۹۸). Patterns of spatial dispersion in metropolitan commuting. *Urban Geography* ۱۹, pp: ۲۳۲-۲۵۳.
- Newman, P.W., (۲۰۰۲). IS there a role for physical planner?. *Journal of the American Planning Association*, ۵۸.
- Pacione, M., (۲۰۰۱). *Urban Geography: a global perspective*. Routledge.
- Rodrigue, J.P., (۲۰۰۹). Claude Comtois, Brian Slack. *The Geography of Transport Systems*, Routledge.
- Vance, Colin & Hedel, Ralf, (۲۰۰۶), “On The Link between Urban Form and Automobile Use”, Evidence From German Survey Data, RWI :Discussion paper.