

شبیه‌سازی رشد و توسعه آتی شهر تا سال ۱۴۱۰ با استفاده از مدل CA_SLEUTH (نمونه مطالعاتی: شهر همدان)

حامد لقمانی*

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۱۱/۲۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۲/۱۰

چکیده

به‌رغم اینکه مفهوم راهبردهای توسعه‌ی شهری حدود دو دهه است که وارد ادبیات مدیریت شهری شده، اما رویکرد غالب توسعه در سیستم‌های مدیریت شهری در کشور ما به گونه‌ای است که تنها در حد هدایت و راهبری طرح‌های هادی یا جامع شهری، تغییرات کاربری و گسترش سرمایه‌های فیزیکی محدود مانده است، به‌طوری‌که شهرها به‌شکلی بی‌برنامه رشد نموده و محدوده‌های شهری در مدت کوتاهی به‌چندین برابر وسعت اولیه‌ی خود رسیده‌اند، این معضل به الگوی گسترش افقی معروف گردیده و منشأ بسیاری از مشکلات در شهرهای کشورهای در حال توسعه شده است، لذا بررسی الگوی گسترش شهرها یکی از مسایلی است که می‌تواند استراتژی توسعه را در افق دوردست جهت توانمندسازی مدیریت شهری فراهم سازد. روش پژوهش، تحلیلی - تطبیقی و به‌صورت مطالعه‌ی اسنادی بوده و جهت بررسی بیشتر به‌مشاهده‌ی مستقیم و غیرمستقیم، پرداخته شده است. محقق در این پژوهش با در نظر گرفتن شاخص‌هایی نظیر مساحت، جمعیت، تراکم کلی مسکونی و با بهره‌گیری از مدل‌های کمی کاربردی و نوین آنتروپی شانون، هلدن، ضریب جینی و سلولهای خودکار CA-SLEUTH به‌صورت ترکیبی، به تحلیل الگوی گسترش فیزیکی شهر همدان طی سال‌های ۱۳۵۵-۱۳۹۰ پرداخته و هدف نهایی آن شبیه‌سازی رشد شهر در راستای توسعه‌ی پایدار شهری می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که شهر همدان تا سال ۱۳۷۵ به‌صورت پراکنده و از سال ۱۳۷۵ به بعد به صورت عمودی و فشرده رشد نموده است لذا با در نظر گرفتن جمیع جوانب شهرسازی می‌توان از الگوی پیوسته‌ی قطاعی با توسعه‌ی سیستم شبکه‌ی ارتباطی متقاطع و مورب بهره‌گرفت تا توسعه‌ی فیزیکی شهر یک روند معقولانه‌تری را در راستای نیل به رشد و توسعه‌ی پایدار شهری طی نماید.

واژگان کلیدی

شبیه‌سازی رشد شهر، سلولهای خودکار CA_SLEUTH، توسعه پایدار شهری، شهر همدان

مقدمه

از مهمترین ویژگی‌های عصر ما شهرنشین شدن جمعیت و در پی آن توسعه‌ی شهرهای بزرگ و کوچک است. طی دوره‌ی ۱۹۹۰ تا ۲۰۳۰ بیش از ۳ میلیارد نفر به جمعیت نواحی شهری اضافه می‌شوند که از این میزان، ۹۰ درصد در نقاط شهری کشورهای رو به پیشرفت خواهد بود (Flood, 1997: 1635). افزایش جمعیت شهرنشین در کشورها مسایل مختلفی را دامن‌گیر شهرها کرد که از آن جمله می‌توان به عدم تعادل‌های فضایی، نوسان شدید در قیمت زمین و مسکن، خزش شهری، قطبش اجتماعی (Williams et al, 2000: 229)، آلودگی‌های زیست‌محیطی، مصرف بیشتر انرژی، توسعه‌ی بدون برنامه‌ریزی، افزایش هزینه‌های زیرساخت‌ها، به زیر ساخت و ساز رفتن اراضی مرغوب کشاورزی (رهنما و عباس‌زادگان، ۱۳۸۷: ۹۳)، چند برابر شدن محدوده‌های شهری، شکل‌گیری بافت‌های کم‌تراکم در حاشیه‌های شهر و دشواری‌های خدمات‌رسانی اشاره کرد (سیف‌الدینی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۵۶). با شدت گرفتن مشکلات در شهرها و در راستای چاره‌اندیشی برای بحران‌های به‌وجود آمده، تلاش‌ها به شناخت الگوهای رشد و توسعه‌ی شهری و تحقق فرم شهری مطلوب و پایدار معطوف شده است. در این میان گروهی از برنامه‌ریزان، طرفدار پخش وسیع‌تر و پراکنده‌تر شهرها بوده و گروه دیگر در مقابل گروه اول، به تجمع و تمرکز بیشتر شهرها اعتقاد داشته و بیان می‌کنند که مسایل و مشکلات شهری را بایستی از راه بالابردن تراکم در مناطق شهری و تمرکز کردن کاربری‌های شهری در کنار یکدیگر از بین برد (رهنما و عباس‌زادگان، ۱۳۸۷: ۲۱). هر الگویی، نسبت به نوع گسترش خود، پیامدها و نتایج متفاوتی را به‌همراه دارد، در این میان شناخت کامل و دقیق الگوهای موجود شهری، بیان علت وجودی و شناسایی نقاط قوت و ضعف آنها، می‌تواند مسیر رسیدن به فرم پایدار شهری را هموار کند (ماجدی، ۱۳۷۸: ۶).

بیان مسئله

در تمام شهرهای جهان گسترش و توسعه‌ی شهر در جهات عمودی و افقی یکی از عوامل مورد توجه مدیران و برنامه‌ریزان شهری می‌باشد. جمعیت شهرها هم به‌علت رشد طبیعی بالا و هم بر اثر مهاجرت‌های روستائیان به شهر، با سرعت بالایی رشد یافت، رشد کالبدی شهر و ساخت و سازهای شهر نه بر مبنای نیاز، بلکه بر پایه‌ی بورس بازی و سوداگری زمین صورت گرفت، که این امر باعث نابسامانی بازار زمین شهری و خصوصاً بلااستفاده ماندن بخش وسیعی از اراضی داخل محدوده‌ی شهر و عارضه‌ی منفی گسترش افقی یا پراکندگی شهرها شده است (اطهاری، ۱۳۷۹: ۳۶). با رشد صنعت و تکنولوژی بر گستره‌ی شهرها و در این رهگذر، رشد و توسعه‌ی کالبدی شهرها، نه تنها از عوامل طبیعی بلکه از عوامل انسانی نیز تاثیر پذیرفت، در واقع بر اثر تحولات اقتصادی، اجتماعی و سیاسی سده‌ی حاضر در ایران، جمعیت شهرنشین کشور همواره روند افزایشی را در این سال‌ها طی کرده، تا جایی که درصد شهرنشینان کشور از حدود ۳۱ درصد در سال ۱۳۳۵ به حدود ۷۰ درصد در سال ۱۳۸۵ و ۷۲ درصد در سال ۱۳۹۰ رسیده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). شهر همدان نیز مراحل توسعه و گسترش خود را بسیار سریع‌تر از آهنگ طبیعی طی نمود، چنان‌که علی‌رغم رشد ناچیز جمعیتی، مساحت و وسعت این شهر از رشد سریعی در دهه‌های اخیر برخوردار بوده است، لذا شهر همدان نیز از این معضل جان سالم به در نبرده است. این امر لزوم برنامه‌ریزی و هدایت آگاهانه، سازماندهی اساسی و طراحی مناسب شهری را به منظور جلوگیری از ساخت و ساز در زمین‌های کشاورزی و توسعه‌ی ناموزون و پراکنده شهری افزایش داده است، بنابراین مطالعه‌ی دقیق و شناخت همه‌جانبه‌ی الگوهای گسترش و توسعه کالبدی-فضایی شهر، عوامل مؤثر بر آنها و نهایتاً ارائه‌ی الگویی بهینه و پایدار، بیش از پیش ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش درصدد یافتن پاسخی به این امر مهم بوده و رهیافت‌های آن می‌تواند راهکارهای مناسبی را در اختیار مسئولان و مدیران شهری برای برنامه‌ریزی‌های آتی و گسترش کالبدی-فضایی مطلوب و پایدار شهر قرار دهد. نهایتاً مسئله اصلی تحقیق را می‌توان به‌صورت چگونه یافتن الگوی بهینه و پایدار روند توسعه کالبدی-فضایی شهر همدان درجهت نیل به رشد و توسعه‌ی پایداری شهری بیان کرد.

پیشینه تحقیق

در انجام هر تحقیق پژوهشی باید کلیه‌ی اسناد، نوشته‌ها، کتاب‌ها و تحقیقاتی که دیگران انجام داده‌اند، مورد بررسی قرار گیرد تا مسئله‌ی مورد تحقیق را بیشتر بشناسیم، افرادی را که در زمینه‌ی مورد نظر صاحب ایده و نظریه‌ی شناسایی نمود، از مدل‌ها، روش‌ها، نتایج و دستاوردهای پژوهشی دیگران استفاده نمود و از کار تکراری خودداری نماییم (پوراحمد، ۱۳۷۸: ۶). توسعه‌ی کالبدی هر شهری در مقاطع زمانی مختلف، تحت تاثیر نیروهای خاص اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، نظامی و طبیعی صورت می‌گیرد که با درنظر گرفتن این عوامل نظریات مختلفی در باب توسعه‌ی شهری ارائه گردیده است که در ذیل به مهمترین آنها اشاره می‌کنیم.

- **ارنست برگس**، این محقق آمریکایی با بررسی‌هایی که بر روی شهر شیکاگو انجام داد، نظریه‌ی دواير متحدالمرکز را ارائه می‌دهد (فرید، ۱۳۷۳: ۱۰۸). برگس به دنبال توجه خاصی که به تاثیر شرایط آب و هوایی بر توسعه و تکامل جمعیت شهر دارد، گسترش شهر را به صورت دایره‌ای شکل فرض می‌کند و حداکثر توسعه و انبساط شهر را به‌صورت دواير کاملاً متداخل نشان می‌دهد (حبیبی و پوراحمد، ۱۳۸۴: ۵).

- **لوتیز مامفورد**، مرحله ی رشد شهرها را به شش مرحله تقسیم بندی می کند: الف: اتوپولیس، شهر کل واحدی است که اساس اقتصادی آن کشاورزی است. ب: پولیس، در این مرحله شهر واحدی کوچک با فعالیت بازرگانی و تجاری است. ج: متروپولیس، در این مرحله شهر به نهایت رشد خود می رسد. د: مگالوپولیس، شهری که به دلیل گسترش بیش از حد به شکلی درهم و پیچیده در می آید. و: تیرانوپولیس، در این شهرها در تمام زمینه های تجاری و بازرگانی، قدرت نظامی و ... زوال بیشتری نمایان می شود. ل: نگرپولیس، در این مرحله شهر در بدترین وضعیت خود بوده که بدان مرده شهری گفته می شود (سلیمانی و بکایی فرد، ۱۳۷۶: ۳۳).

- **همر هویت**، با تعادل نظریه ی ارنست برگس، نظریه ی ساخت قطاعی شهر را ارائه می کند. هویت معتقد است که با دگرگونی هایی که در نتیجه ی عملکرد امکانات حمل و نقل در سطوح شهری مشاهده می شود، شکل دایره ای مناطق متحدالمرکز تعدیل شده و به شکل شعاعی یا ستاره ای در می آید و توسعه ی شهرها ساخت ستاره ای به شهر می بخشد (شکویی، ۱۳۸۰: ۵۱۹).

- **چانسی هاریس و ادوارد اولمن**، با الگوپذیری از نظریات برگس و هویت، ساخت چند هسته ای شهر را ارائه می کند. این طرح زیربنای کاملاً جغرافیایی داشته و بر اساس اختلاف در مورفولوژی و توپوگرافی زمین تنظیم شده است (فرید، ۱۳۷۳: ۱۴۷). علاوه بر این نظریات ساخت عمومی شهرها، ساخت خطی و کریدوری، ساخت طبیعی شهر، توسعه ی دریاور شهری، ساخت آشفته ی شهری، شهر فشرده و پراکنده و ... نیز ارائه شده اند که در فصل سوم تحت عنوان مبانی نظری تحقیق آورده شده است.

همچنین مطالعات و پژوهش های بسیاری در زمینه ی توسعه ی شهر و الگوهای رشد شهری، در داخل و خارج از کشور انجام شده است که در ادامه به بررسی برخی از آنها پرداخته می شود:

- **حسین شکویی** (۱۳۸۰) در کتاب خود تحت عنوان دیدگاه های نو در جغرافیای شهری، در مورد توسعه ی شهرها و وابستگی های فضایی توضیح می دهد که مراکز سکونتگاهی برای توسعه ی هر چه بهتر باید دارای امکانات مساعدی باشد تا با عرضه ی خدمات بیشتر و قبول تنوع کارکردی در سلسله مراتب سکونتگاهی به درجه ی بالاتری در نظام سلسله مراتبی دست یابند و رشد آن هر چه بهتر صورت گیرد.

- **زهره دانشپور** (۱۳۸۵) در کتاب خود تحت عنوان دگرگونی مشکلات شهرهای جدید، تجارب ایجاد شهرهای جدید در ایران و جهان، به موضوع ایجاد شهرهای جدید اشاره کرده است به نحوی که توسعه ی شهرهای جدید در کشورهای مختلف دنیا را می توان از یک رو به نگرانی در مورد پیامدهای اجتماعی و کالبدی شرایط زیست در شهرهای بزرگ و وجود انواع مشکلات چون شرایط نامناسب مسکونی، ازدحام، کمبود فرصت شغلی، کیفیت بد رفاهی، وضعیت نامناسب بهداشت و از سوی دیگر به فاصله ی طولانی محل سکونت در حومه ی شهرهای بزرگ و محل کار افراد ساکن در آن حومه و شرایط زیست نامناسب در برخی از مجتمع های زیستی برنامه ریزی نشده نسبت داد. در صورت عدم توجه به پایداری سکونت و نقش تلقیات راهبردی در برنامه ریزی شهرهای جدید آن شهرها در مقاطع مختلف زمانی و در دوران مختلف توسعه ی خود با مشکلات متفاوتی روبرو خواهند شد که آماده نبودن و درک نکردن آن مشکلات موجب انباشت هر چه بیشتر مشکلات خواهد شد.

- **سید حسین بحرینی** (۱۳۸۶) در کتاب خود با عنوان فرآیند طراحی شهری، معتقد است که شهرهای ما در گذشته از نظر توجه به محدودیت های اکولوژیکی محل مانند آب، توسعه ی سازگار با طبیعت، صرفه جویی در منابع، استفاده از مصالح بومی، استفاده از آب جهت تلطیف هوا، ایجاد باغ ها و باغچه ها در فضاهای عمومی و اطراف شهرها نمونه های خوبی بوده اند، لیکن امروزه شهرسازی ما به تبع از الگوی کلاسیک توسعه که نسبت به خصوصیات بومی بی اعتناست، توسعه شرایط ناپایداری را در شهرها پدید آورده است.

- **محمد رحمانی** (۱۳۹۲) نیز در کتاب خود تحت عنوان شهر با مفاهیم توسعه، به بررسی مفاهیم توسعه از دیدگاه های مختلف پرداخته، سپس این مفاهیم توسعه را در زمینه ی مسائل شهر و شهرسازی از ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و کالبدی، سیاسی، نظامی و... شهر مورد ارزیابی قرار داده است.

- **حبیبی و پورا احمد** (۱۳۸۴) در کتاب خود با عنوان توسعه کالبدی- فضایی شهرسندج با ارائه ی پنج فرضیه ساختار فیزیکی شهرسندج را بررسی کرده و ضمن بررسی روند توسعه شهر به بررسی وضعیت کاربری های شهر و کمبودهای موجود پرداخته و در نهایت مکان بهینه ای را برای توسعه آتی شهر ارائه نموده اند.

- **عباس علی محمدی سراب و همکاران** (۱۳۸۹) در پژوهش خود به "ارزیابی کارایی مدل سلول های خودکار (CA) در شبیه سازی گسترش اراضی شهری در حومه ی جنوب غرب تهران" پرداخته و ضمن مشخص کردن قابلیت های این مدل برای پیش بینی و مدلسازی تغییرات کاربری در شرایط منطقه ی مورد مطالعه، ارزیابی و بررسی های بیشتر برای بهینه سازی این مدل در شرایط مختلف را توصیه نموده است.

در یک جمع بندی کلی از سوابق مربوط به این پژوهش می‌توان این گونه بیان داشت که با وجود اینکه مطالعات و پژوهش‌های بسیاری در این زمینه با استفاده از مدل‌ها و ابزارهای مختلف، در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است، مشخص است که هریک از آنها از دیدگاه-های متفاوت به بررسی توسعه‌ی شهر، الگوهای توسعه‌ی شهری و همچنین مدل‌سازی و شبیه‌سازی رشد شهر با استفاده از یک مدل خاص پرداخته‌اند، لذا در این پژوهش با بهره‌گیری از کلیه‌ی تجارب، بررسی‌ها، نتایج و پیشنهادات صورت گرفته در داخل و خارج از کشور و با استفاده از مدل‌های کمی کاربردی و نوین مرتبط با موضوع، نظیر مدل‌های آنتروپی شانون، هلدن، ضریب جینی، سلول‌های خودکار CA-SLEUTH و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به صورت ترکیبی، ضمن تعیین الگوی گسترش کالبدی- فضایی شهر همدان طی دهه‌های گذشته، به مدل‌سازی و شبیه‌سازی توسعه‌ی شهر و ارائه‌ی راهکارهای کارآمد و نوین در راستای نیل به رشد هوشمند و پایدار در توسعه‌ی شهری پرداخته شده است.

روش شناسی تحقیق

از آنجایی که نوع تحقیق کاربردی می‌باشد، در این پژوهش برای دستیابی به اطلاعات و داده‌های مورد نیاز، روش تحقیق، توصیفی-تحلیلی و تطبیقی، به صورت مطالعه‌ی اسنادی- کتابخانه‌ای بوده و جهت بررسی بیشتر موضوع به مشاهده‌ی مستقیم و غیرمستقیم و همچنین مطالعات میدانی پرداخته شده است. در این میان از اسناد و مدارک مکتوب، کتاب‌های علمی و تخصصی در زمینه‌ی مورد پژوهش، مطبوعات (شامل مجلات و مقالات علمی و پژوهشی)، اسناد و برخی از شبکه‌های اطلاع رسانی و سایت‌های اینترنتی آکادمیک، سازمان‌ها و نهادهای دولتی و غیردولتی در راستای نیل به اهداف پژوهش، بهره فراوانی گرفته شده است. روش تجزیه و تحلیل اطلاعات با توجه به روش و هدف پژوهش، بهره‌گیری از روش تحلیل محتوا، تفسیرگرایی و تحلیل گفتمان، آمار توصیفی و آمار استنباطی می‌باشد. به عبارت دیگر در این پژوهش به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از مدل‌های کمی کاربردی و نوین مرتبط با موضوع، نظیر مدل‌های آنتروپی شانون، هلدن، ضریب جینی، سلول‌های خودکار CA-SLEUTH و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است.

معرفی مدل‌های تحلیلی توسعه‌ی شهری

اخیراً روش‌های کمی به عنوان وسیله‌ای برای طبقه بندی و تجزیه و تحلیل سیستماتیک الگوهای رشد شهری ضروری شده است (Glaster et al, 2001). مدل‌ها ابزار مناسبی برای ترجمان پیچیدگی‌های فرآیندهای خارجی در بیان ساده می‌باشند، از این رو از گذشته تاکنون، روش‌ها و مدل‌های مختلفی توسط محققان توسعه یافته است تا از طریق به کارگیری این مدل‌ها بتوان پیچیدگی پویایی رشد شهر و روند رشد را تعیین و شبیه‌سازی نمود (Candau, 2002). همان طور که اشاره شد با توجه به اهداف تحقیق، در این پژوهش با بهره‌گیری از کلیه‌ی تجارب، بررسی‌ها، نتایج و پیشنهادات صورت گرفته در داخل و خارج از کشور و با استفاده از مدل‌های کمی و کاربردی نوین و مرتبط با موضوع، نظیر مدل‌های آنتروپی شانون، هلدن، ضریب جینی، سلول‌های خودکار CA-SLEUTH و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به صورت ترکیبی، ضمن تعیین الگوی گسترش کالبدی- فضایی شهر همدان طی دهه‌های گذشته، به مدل‌سازی و شبیه‌سازی توسعه‌ی شهر و ارائه‌ی راهکارهای کارآمد و نوین در راستای نیل به رشد هوشمند و پایدار در توسعه‌ی شهری پرداخته شده است، بدین منظور شایسته است که در این قسمت جهت آشنایی با مدل‌های فوق، به تشریح ساختار کلی هریک از آنها پرداخته شود.

مدل آنتروپی شانون

از این مدل برای تجزیه و تحلیل و تعیین مقدار پدیده‌ی رشد بی‌قوارگی یا پراکندگی شهری استفاده می‌گردد (حکمت نیا و موسوی، ۱۳۸۵: ۱۲۹). آنتروپی شانون برای تبدیل مقادیر به دامنه‌ی بین صفر تا یک از سایر مدل‌های کاربردی در سنجش فرم شهری بهتر است، زیرا تحت تأثیر و تعداد خرده ناحیه‌ها قرار نمی‌گیرد (رهنما و عباس زادگان، ۱۳۸۷). ساختار کلی مدل به شرح زیر است که در آن H : مقدار آنتروپی شانون و P_i نسبت مساحت ساخته شده‌ی (تراکم کلی مسکونی) منطقه‌ی i به کل مساحت ساخته شده‌ی مجموع مناطق و n مجموع مناطق می‌باشد (حکمت نیا و موسوی، ۱۳۸۵: ۱۲۹).

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \times \ln p_i \quad n=4$$

ارزش مقدار آنتروپی شانون از صفر تا $\ln(n)$ است که در آن مقدار صفر بیانگر توسعه‌ی کالبدی- فضایی خیلی متراکم (فشرده) و مقدار $\ln(n)$ بیانگر توسعه‌ی کالبدی پراکنده‌ی شهری است. در واقع زمانی که ارزش آنتروپی از مقدار $\ln(n)$ بیشتر باشد، رشد بی‌قواره (اسپرال)، گسترش افقی یا پراکندگی شهری اتفاق افتاده است (همان: ۱۲۹).

مدل هلدن

یکی از روش‌های اساسی برای مشخص نمودن رشد بی‌قواره‌ی شهری (اسپرال)، گسترش افقی یا پراکندگی شهری استفاده از روش هلدن است. جان هلدن در سال ۱۹۹۱ روشی را برای تعیین نسبت رشد افقی شهر و رشد جمعیت به کار برد (حکمت نیا و موسوی، ۱۳۸۵: ۱۳۸۵).

ص ۱۲۹). با استفاده از این روش می توان مشخص نمود که چه مقدار از رشد شهر ناشی از رشد جمعیت و چه مقدار ناشی از رشد بی قواری شهری بوده است (رفیعی، ۱۳۸۷: ص ۱۰۲). ساختار کلی مدل هلدن به شرح زیر می باشد، به طوری که نسبت لگاریتم طبیعی جمعیت پایان دوره به آغاز دوره منهای نسبت لگاریتم طبیعی سرانه ی ناخالص پایان دوره به آغاز دوره، با نسبت لگاریتم طبیعی وسعت شهر در پایان دوره به آغاز دوره برابر خواهد بود (حکمت نیا و موسوی، ۱۳۸۵: ۱۳۳).

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

ضریب جینی

ضریب جینی شاخصی برای اندازه گیری توزیع نابرابر جمعیت و اشتغال در نواحی مختلف یک شهر است. این ضریب دامنه ای بین صفر تا یک دارد. مقدار صفر نشان دهنده ی توزیع کاملاً عادلانه و مقدار یک نشان دهنده ی توزیع کاملاً ناعادلانه در پارامتر مورد نظر است، به عبارت دیگر ضریب های جینی بالاتر (نزدیک به یک) به این معنی است که تراکم جمعیت و اشتغال تا حد زیادی در خرده نواحی کمتری بالاست (توزیع نامتعادل جمعیت و مساحت و پراکندگی شهری) و ضریب جینی نزدیک به صفر به این معنی است که جمعیت یا اشتغال در شهر به صورت عادلانه ای توزیع شده است (توزیع متعادل جمعیت و مساحت و فشرده گی شهر). ضریب جینی به صورت زیر محاسبه می گردد؛ که در آن N تعداد مناطق مختلف شهری، X_i نسبت وسعت منطقه ی i به کل وسعت مناطق مختلف و Y_i نسبت جمعیت یا اشتغال منطقه ی i به جمعیت کل مناطق مختلف است (حام و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۱).

$$Gini = 0.5 \sum_{i=1}^N |X_i - Y_i|$$

سلول های خودکار CA-SLEUTH

سلول های خودکار مفهوم جدیدی نیست. اولین بار در سال ۱۹۴۰ توسط Von Neumann و Ulam در زمینه ی علوم کامپیوتر و هوش مصنوعی معرفی شد. بعد از آن Conway از سلول های خودکار استفاده کرد و تئوری بازی حیات را به منظور به کارگیری در هوش مصنوعی (ربات ها) ارائه کرد. سلول های خودکار در آن زمان با استقبال مواجه نشد، اما از آن زمان سلول های خودکار در علوم مختلف شامل فیزیکی، ریاضی، علوم طبیعی و GIS مورد استفاده قرار گرفت. سلول های خودکار از پنج جزء به شرح زیر تشکیل شده است: فضای سلولی (Cell space): فضای سلولی از مجموعه ای از سلول ها تشکیل شده است. در تئوری، سلول ها می توانند هر شکل هندسی داشته باشند، اما تاکنون بیشتر از مربع استفاده شده است، تا بیشترین شباهت را با محیط رستری GIS داشته باشد. وضعیت سلول (Cell State): وضعیت سلول ارائه کننده ی وضعیت های مختلف آن سلول است. به عنوان مثال کاربری های مختلف اراضی. گام های زمانی (Time Step): سلول های خودکار در توالی زمان تکامل می یابند. در هر گام، سلول ها براساس قوانین انتقال شبکه به روز می شوند.

قوانین انتقال (Transition Rules): قوانین انتقال بخش اصلی سلول های خودکار هستند که تکامل و پویایی سلول های خودکار را در گام های زمانی هدایت می کنند. براساس قوانین انتقال، وضعیت پیشین سلول و شرایط همسایه های آن سلول، وضعیت آن سلول در آینده مشخص می شود (Singh, 2003).

همسایه ها (Neighborhoods): هر سلول خودکار در یک فضای دو بعدی سلولی دارای تعدادی سلول که دقیقاً کنار آن قرار گرفته شده است. که به آنها همسایه گفته میشود.

مدل SLEUTH

در مطالعه ی حاضر از مدل SLEUTH که بر پایه ی سلول های خودکار استوار است، استفاده شده است. شیب، کاربری اراضی، مستثنیات (محدودیت ها)، مناطق شهری و شبکه های حمل و نقل و لایه ی سایه روشن پستی و بلندی ها، از اطلاعات لایه های ورودی این مدل می باشد. SLEUTH شامل دو بخش عمده ی اجرایی کالیبراسیون و پیش بینی است. در بخش کالیبراسیون بر اساس سوابق تاریخی منطقه ی مورد نظر، بهترین مجموعه برای ضرایب پنج گانه استخراج می شود. در بخش پیش بینی، قوانین رشد مهمترین نقش را دارند که توسط ضرایب تعیین شده در مرحله ی قبل کنترل می شوند. قوانین رشد و ضرایب تواما تشکیل دهنده ی قوانین انتقال در سلول های خودکار در مدل SLEUTH هستند. انواع مختلف قوانین رشد در مدل SLEUTH به شرح زیر هستند:

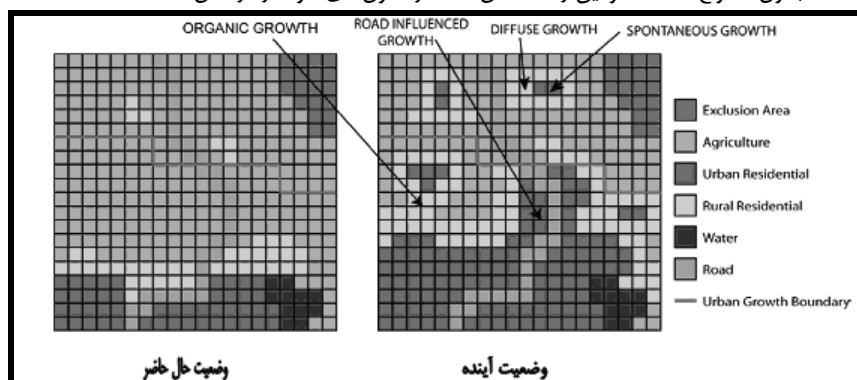
رشد خود به خودی (Spontaneous growth): این شکل رشد، شهرسازی و مناطق انسان ساخته ای را در بر می گیرد که در اراضی با شیب مناسب در مناطق دور از کانون های شهری حاضر صورت می پذیرد.

رشد انتشاری یا ریزنده (Diffusive growth): این نوع رشد شهر زمانی رخ می دهد که شهرسازی جدید نزدیک مراکز مسکونی حاضر با تغییر کاربری اراضی مناطق اطراف به کاربری مسکونی صورت می پذیرد.

رشد ذاتی (Organic growth): این نوع رشد مربوط به رشد ذاتی شهرهاست که در داخل شهر و حاشیه‌ی آن رخ می‌دهد و مناطقی که هنوز ساخته نشده‌اند، به کاربری مسکونی تغییر کاربری پیدا می‌کنند.

رشد متأثر از جاده (Road Influenced growth): در این نوع رشد شهرها، تاثیر جاده‌ها و شبکه‌ی حمل و نقل بر توسعه‌ی شهر و ساخت و سازهای جدید مورد بررسی قرار می‌گیرد (Yang & Lo, 2002).

جدول ۱: انواع مختلف قوانین رشد اعمال شده در سلول‌های خودکار در مدل SLEUTH



(منبع: Yang & Lo, 2002)

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

گسترش ابزارهای جدید تحلیلی، این امکان را در اختیار برنامه‌ریزان قرار داده است که با شناخت عمیق‌تر به مکان‌گزینی بهینه‌ی کاربری‌های شهری و همچنین شبیه‌سازی رشدشهرها بپردازند، ازجمله این ابزارها، مدل‌های تلفیق اطلاعات و بانک‌های اطلاعاتی مکان-محور GIS است که امکان ایجاد نتایج ترکیبی را از لایه‌های منفرد اطلاعاتی فراهم می‌سازد. آنچه که در تمام تعاریف از سیستم فوق برداشت می‌شود واژه‌های سیستم، داده‌ها و تحلیل است و آنچه استنباط می‌شود این است که GIS اولاً یک سیستم است، ثانیاً نیاز به داده دارد که این داده‌ها، فضائی و غیرفضائی هستند و می‌توانند نگهداری و بازایی شوند، ثالثاً قدرت تحلیل دارد و می‌تواند بین داده‌های فضائی و غیرفضائی ارتباط منطقی برقرار کند و این همان ویژگی GIS است که آن را از سایر سیستم‌های اطلاعاتی مجزا می‌نماید (فرهادی، ۱۳۸۷: ص ۸۹)، به‌طوری‌که یکی از عملکردهای مفید آن جهت برنامه‌ریزی و مدیریت، تحلیل و ایجاد نقشه‌های کاربری‌ها و شبیه‌سازی رشدشهرها و همچنین تلفیق با سایر مدل‌های تحلیلی به‌عنوان پایگاهی برای مدیریت داده‌ها، تجزیه و تحلیل فضایی می‌باشد. تحلیل کاربری‌ها بر مبنای GIS که در تنوع گسترده‌ای به‌کار گرفته می‌شوند، حائز راهبردهای اکولوژیکی جهت تعیین تناسب زمین و سکونتگاه برای حیوانات و گونه‌های مختلف گیاهی، تناسب زمین برای کشاورزی، ارزیابی اثرات زیست محیطی، انتخاب بهترین مکان برای تسهیلات عمومی و خصوصی و برنامه‌ریزی منطقه‌ای می‌باشد (Malczewski, 2004: pp1-65).

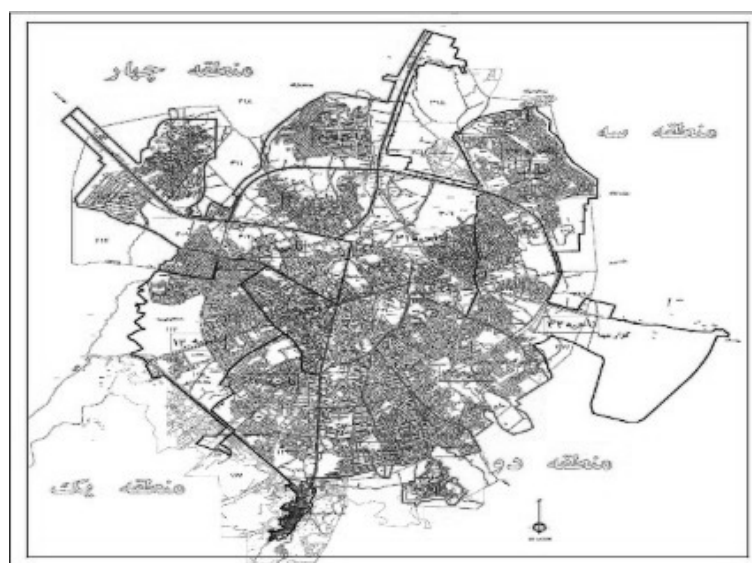
شناخت محدوده مورد مطالعه

استان همدان با مساحت ۱۹۴۹۱ کیلومتر مربع در حدود ۲/۱ درصد از مساحت کل کشور را در بر می‌گیرد. استان همدان جزو استان‌های غربی ایران است که از شمال به استان زنجان، از جنوب به استان لرستان، از شرق به استان مرکزی و از غرب به استان‌های کرمانشاه و کردستان محدود می‌گردد و از جنوب شهر به کوهستان الوند ختم می‌شود. از نظر تقسیمات کشوری مشتمل بر ۹ شهرستان، ۲۷ شهر، ۲۳ بخش و ۷۲ دهستان و ۱۲۱۲ روستا می‌باشد. شهرستان‌های این استان شامل همدان، ملایر، تویسرکان، نهاوند، اسدآباد، کبودرآهنگ، بهار، فامنین و رزن می‌باشند و مرکز آن شهر همدان است (معاونت برنامه‌ریزی استانداری همدان، ۱۳۹۰). شهر همدان در حال حاضر دارای ۳ ورودی و خروجی اصلی و ۱ ورودی فرعی می‌باشد. جمعیت شهر همدان در سال ۱۳۹۰ مطابق سرشماری مرکز آمار ایران برابر ۵۲۵۷۹۴ نفر و ۱۲۸۴۸۰ خانوار بوده که نسبت به جمعیت سال ۱۳۸۵ نرخ رشدی معادل ۱۸۵ درصد را داشته است.

یافته‌های تحقیق

نتایج مدل آنتروپی شانون

شهر همدان بر اساس منطقه‌بندی موجود، به چهار منطقه مطابق شکل زیر تقسیم‌بندی شده است، لذا ارزش آنتروپی شانون شهر طی سال‌های ۹۰-۱۳۵۵ به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:



جدول ۲: محاسبه‌ی محاسبه ارزش آنتروپی شهر همدان در سال ۱۳۵۵

شهر همدان	مساحت (هکتار)	P_i	$\ln P_i$	$P_i \times \ln P_i$
منطقه ۱	۸۶۷	۰.۲۹۷۷	-۱.۲۱۱۷	-۰.۳۶۰۷
منطقه ۲	۱۲۳۴	۰.۴۲۳۸	-۰.۸۵۸۵	-۰.۳۶۳۸
منطقه ۳	۶۱۳	۰.۲۱۰۵	-۱.۵۵۸۳	-۰.۳۲۸۰
منطقه ۴	۱۹۸	۰.۰۶۸۰	-۲.۶۸۸۲	-۰.۱۸۲۸
مجموع	۲۹۱۲	$\sum P_i = 1$	$\sum P_i \times \ln P_i$	-۱.۲۳۵۳

$$H=۱.۲۳۵۳$$

(منبع: محاسبات نگارنده)

جدول ۳: محاسبه‌ی محاسبه ارزش آنتروپی شهر همدان در سال ۱۳۷۵

شهر همدان	مساحت (هکتار)	P_i	$\ln P_i$	$P_i \times \ln P_i$
منطقه ۱	۱۹۴۰	۰.۲۶۸۳	-۱.۳۱۵۶	-۰.۳۵۲۰
منطقه ۲	۱۶۵۰	۰.۲۲۸۲	-۱.۴۷۷۵	-۰.۳۳۷۲
منطقه ۳	۲۰۹۰	۰.۲۸۹۱	-۱.۲۴۱۰	-۰.۳۵۸۸
منطقه ۴	۱۵۵۰	۰.۲۱۴۴	-۱.۵۳۹۹	-۰.۳۳۰۲
مجموع	۷۲۳۰	$\sum P_i = 1$	$\sum P_i \times \ln P_i$	-۱.۳۷۹۲

$$H=۱.۳۷۹۲$$

(منبع: محاسبات نگارنده)

جدول ۴: محاسبه‌ی ارزش آنتروپی شهر همدان در سال ۱۳۹۰

شهر همدان	مساحت (هکتار)	P_i	$\ln P_i$	$P_i \times \ln P_i$
منطقه ۱	۱۱۵۵	۰.۲۰۳۲	-۱.۵۹۳۶	-۰.۳۲۲۸
منطقه ۲	۱۲۳۰	۰.۲۱۶۴	-۱.۵۳۰۶	-۰.۳۳۱۲
منطقه ۳	۱۹۰۰	۰.۳۳۴۲	-۱.۰۹۶۰	-۰.۳۶۶۳
منطقه ۴	۱۴۰۰	۰.۲۴۶۳	-۱.۴۰۱۲	-۰.۳۴۵۱
مجموع	۵۶۸۵	$\sum P_i = 1$	$\sum P_i \times \ln P_i$	-۱.۳۵۶۴

$$H=۱.۳۵۶۴$$

(منبع: محاسبات نگارنده)

نتایج مدل هلدن

جدول ۵: داده‌های مورد نیاز مدل هلدن (منبع: مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰ و شهرداری همدان، ۱۳۹۳)

دوره	جمعیت (نفر)	سرانه‌ی ناخالص (مترمربع)	وسعت شهر (هکتار)
شروع دوره (۱۳۵۵)	۱۶۵۷۸۵	۵۷	۲۹۱۲
پایان دوره (۱۳۹۰)	۵۲۵۷۹۴	۹۲	۵۶۸۵

$$Ln \frac{525794}{165785} - Ln \frac{92}{57} = Ln \frac{5685}{2912}$$

$$1.1542 - 0.4787 = 0.6690$$

$$\frac{1.1542}{0.6690} - \frac{0.4787}{0.6690} = \frac{0.6690}{0.6690}$$

$$1.7253 - 0.7155 \approx 1$$

نتایج ضریب جینی

جدول ۶: داده‌های مورد نیاز مدل ضریب جینی (منبع: مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰ و شهرداری همدان، ۱۳۹۳)

شهر همدان	مساحت (هکتار)			جمعیت (نفر)		
	۱۳۵۵	۱۳۷۵	۱۳۹۰	۱۳۵۵	۱۳۷۵	۱۳۹۰
منطقه ۱	۸۶۷	۱۹۴۰	۱۱۵۵	۴۲۳۶۰	۹۷۶۷۰	۱۰۵۸۱۵
منطقه ۲	۱۲۳۴	۱۶۵۰	۱۲۳۰	۶۵۲۵۰	۸۵۵۷۵	۱۱۲۷۵۰
منطقه ۳	۶۱۳	۲۰۹۰	۱۹۰۰	۳۸۹۰۰	۱۲۵۹۹۵	۱۷۶۷۱۲
منطقه ۴	۱۹۸	۱۵۵۰	۱۴۰۰	۱۹۲۷۵	۹۲۰۴۱	۱۳۰۵۱۷
مجموع	۲۹۱۲	۷۲۳۰	۵۶۸۵	۱۶۵۷۸۵	۴۰۱۲۸۱	۵۲۵۷۹۴

$$Gini_{1355} = 0.0724$$

$$Gini_{1375} = 0.1196$$

$$Gini_{1390} = 0.0039$$

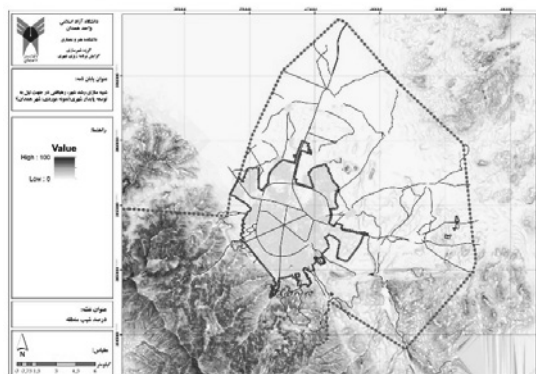
نتایج مدل CA-SLEUTH

جدول ۷: اطلاعات مورد نیاز مدل (منبع: نگارنده)

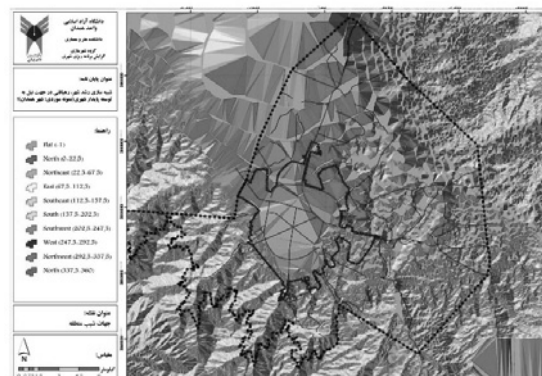
فرمت	تعداد	لایه
GIF	۱	شیب Slope
GIF	۱	مستثنیات (محدودیت‌های توسعه) Excluded
GIF	۳	مناطق شهری (منطقه شهری / غیر شهری) Urban
GIF	۲	شبکه‌ی حمل و نقل Transportation
GIF	۱	سایه روشن پستی و بلندی‌ها Hillshade

لایه‌های ورودی در محیط GIS و به کمک داده‌های سنجش از دور و مدل رقومی ارتفاع (DEM) تهیه شد. از آنجایی که در محیط GIS داده‌های گوناگونی از منطقه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد، تمام داده‌های مورد استفاده باید از نظر هندسی باهم، همخوانی و مطابقت داشته باشد و همچنین از سامانه‌ی مختصات و پروژکسیون واحدی تبعیت کند. بنابراین در این تحقیق تمام داده‌های مورد استفاده به کمک نقاط کنترل و نقشه ۱/۲۵۰۰۰ توپوگرافی به‌عنوان مبنا با RMS قابل قبول ($RMS < 1$) مورد تطابق هندسی قرار گرفته‌اند، از طرفی داده‌ی مورد استفاده باید اندازه‌ی سلول یکسانی داشته باشند. بنابراین کلیه‌ی لایه‌ها به اندازه‌ی سلول یکسان نمونه‌گیری مجدد شد.

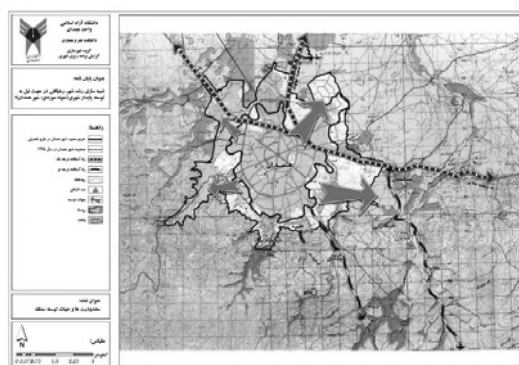
درصد شیب منطقه مورد مطالعه به همراه جانمایی مستحذات شهر



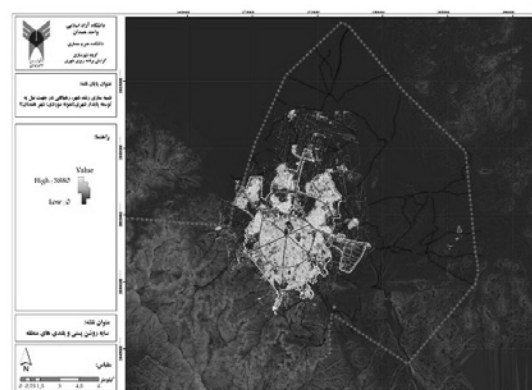
جهات شیب منطقه مورد مطالعه



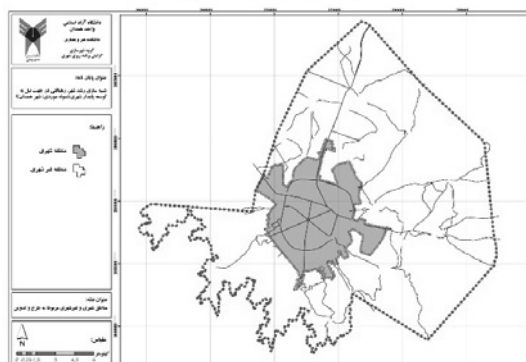
مستثنیات (محدودیت‌ها) منطقه مورد مطالعه



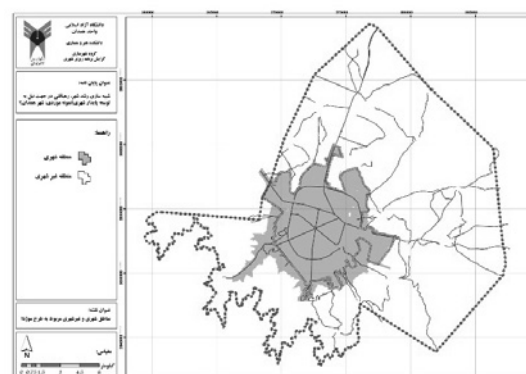
سایه روشن پستی و بلندی‌های منطقه مورد مطالعه به همراه جانمایی مستحذات شهر



مناطق شهری و غیرشهری مربوط به طرح و تدوین



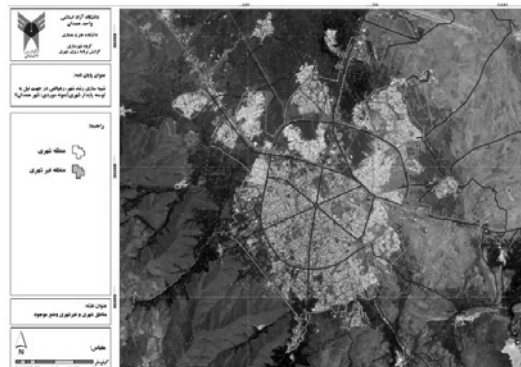
مناطق شهری و غیرشهری مربوط به طرح موزدا



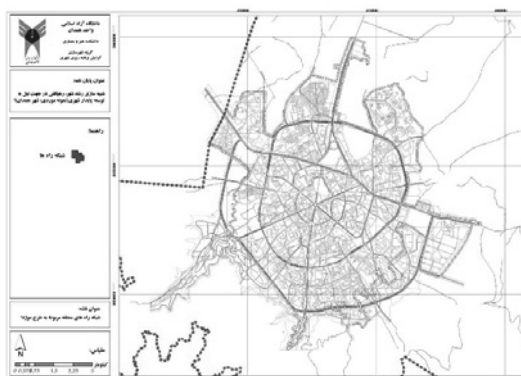
شبکه راههای منطقه‌ی مورد مطالعه مربوط به طرح و تدوین



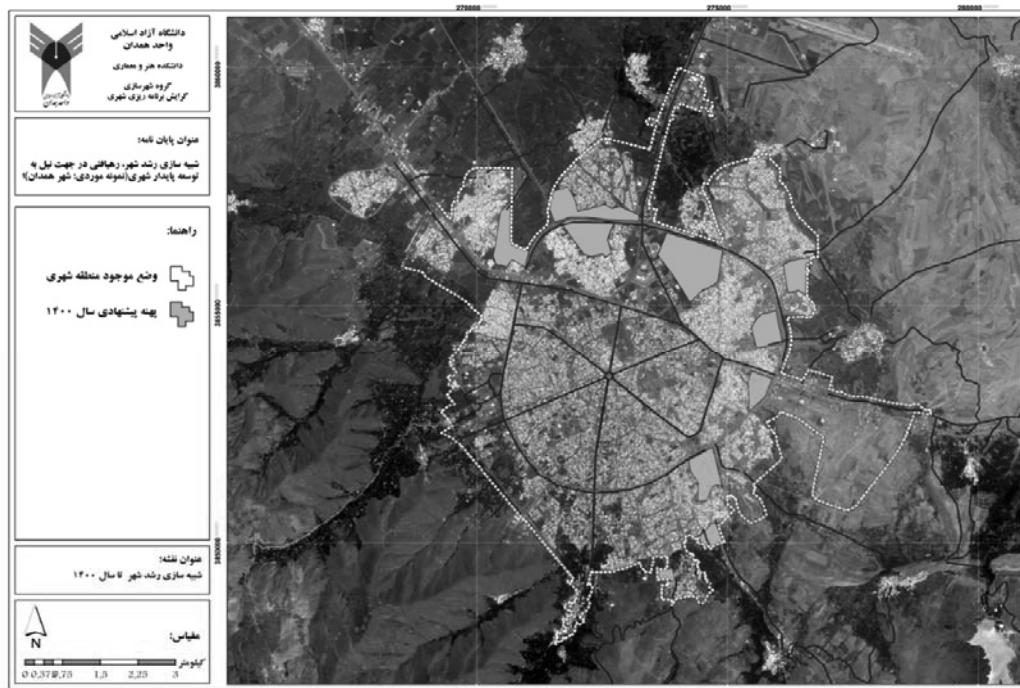
مناطق شهری و غیر شهری وضع موجود



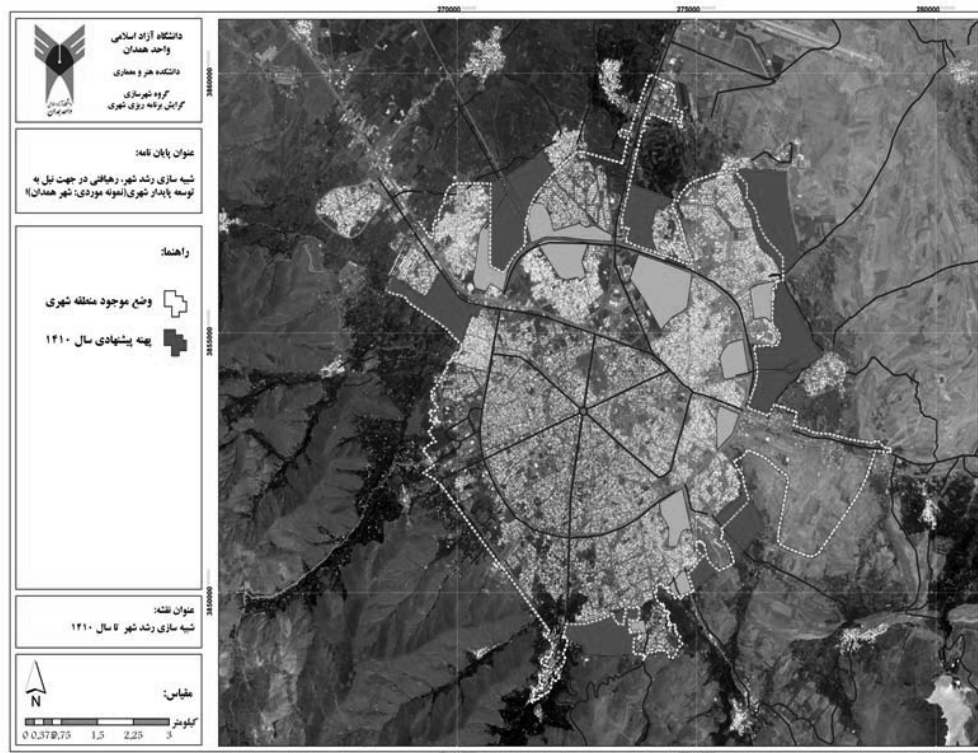
شبکه راههای منطقه‌ی مورد مطالعه مربوط به طرح موزدا



نقشه ۱: شبیه سازی رشد شهرهمدان تا سال ۱۴۰۰



نقشه ۲: شبیه سازی رشد شهر همدان تا سال ۱۴۱۰



تجزیه و تحلیل یافته های پژوهش

بررسی های صورت گرفته نشان می دهد مقدار آنتروپی شهر همدان در سال ۱۳۵۵ برابر (۱.۲۳۵۳)، در سال ۱۳۷۵ برابر (۱.۳۷۹۲) و در سال ۱۳۹۰ برابر (۱.۳۵۶۴) بوده است، در حالی که حداکثر ارزش آنتروپی $Ln(4) = ۱.۳۸۶۳$ می باشد. نزدیک بودن مقادیر آنتروپی به دست آمده به مقدار حداکثر طی دهه های گذشته، نشانگر گسترش افقی، پراکنده، غیرمترکم و پدیده ی رشد بی قوارگی (اسپرال) شهر و روند صعودی آن تا سال ۱۳۷۵ بیانگر گسترش افقی و پراکنده شهر می باشد اما این مقدار طی سال های ۱۳۷۵ تا کنون روند نزولی به خود گرفته که بیانگر رشد و توسعه شهر به صورت فشرده و عمودی بوده است. نتایج حاصل از تحلیل مدل هلدن شهر همدان در فاصله ی سال های ۹۰-۱۳۵۵ نشان می دهد که حدود ۲۹ درصد از رشد شهر مربوط به رشد جمعیت و حدود ۷۱ درصد از رشد شهر مربوط به رشد افقی و اسپرال شهر بوده است، به عبارت دیگر گسترش کالبدی- فضایی شهر از رشد جمعیت پیشی گرفته و منجر به ایجاد گسترش نامتعادل کالبدی شهری و ایجاد بی قوارگی شهری شده است. تحلیل های صورت گرفته جهت سنجش پراکنش جمعیت و نوع گسترش کالبدی- فضایی شهر با استفاده از مدل ضریب جینی برای سه دوره با احتساب نسبت زمین و جمعیت نشان می دهد این مقدار برای شهر همدان در سال ۱۳۵۵ برابر (۰.۰۷۲۴)، در سال ۱۳۷۵ برابر (۰.۱۱۹۶) و در سال ۱۳۹۰ برابر (۰.۰۰۳۹) می باشد. مقدار به دست آمده طی سال های ۷۵-۱۳۵۵ بیانگر توزیع نامتعادل جمعیت شهر و مساحت و میل به پراکندگی شهر در طی دهه های پیشین است؛ اما این مقدار در سال ۱۳۹۰ کاهش یافته، به طوری که از عدد ۰.۱۱۹۶ به ۰.۰۰۳۹ رسیده است، که خود بیانگر آن است که شهر همدان با وجود اینکه دارای توزیع نامتعادل جمعیت و مساحت بوده است، اما تاحدودی به سمت متعادل شدن پارامترهای مورد نظر در طی سال های گذشته سوق پیدا نموده است، به عبارتی بیانگر رشد و توسعه شهر به صورت فشرده و عمودی طی سال های اخیر می باشد. در نقشه توسعه آتی شهر همدان تا سال ۱۴۰۰ مناطق شهری در وضع موجود به رنگ سفید و مناطق شهری در سال ۱۴۰۰ با رنگ نارنجی نمایش داده شده است. تا سال ۱۴۰۰ در حدود ۵۸۷ هکتار به مساحت شهر همدان به صورت توسعه درون زا افزوده خواهد شد. همان طور که در نقشه مشاهده می شود، تا سال ۱۴۰۰ بیشتر این رشد به صورت توسعه درون زا در اراضی بایر، خالی و رها شده داخل محدوده شهر در قسمت شمال و شرق به وقوع خواهد پیوست. دلیل این امر که رشد و توسعه ی شهر همدان در آینده در قسمت های غربی و جنوبی محدود می باشد، به دلیل موانع و محدودیت های طبیعی (باغات و زمین های زراعی حاصلخیز، ارتفاعات الوند، رودخانه و ...) و مصنوعی (راه های مواصلاتی، گورستان و ...)

موجود می‌باشد. نکته‌ای که در رابطه با رشد شهری همدان تا سال ۱۴۰۰ باید مدنظر قرار داد این است که در قسمت شمال و شرق شهر به دلیل وجود اراضی بایر رها شده در داخل محدوده شهر، رشد زیادی وجود خواهد داشت. در نقشه توسعه آتی شهر همدان تا سال ۱۴۱۰ مناطق شهری در وضع موجود به رنگ سفید و مناطق شهری در سال ۱۴۱۰ با رنگ قرمز نمایش داده شده است. تا سال ۱۴۱۰ در حدود ۱۲۹۵ هکتار به مساحت شهر همدان افزوده خواهد شد. همان‌طور که در نقشه مشاهده می‌شود، تا سال ۱۴۱۰ بیشتر این رشد به صورت توسعه درون‌زا و برون‌زا در اراضی متصل شمالی، شرقی و جنوب شرقی شهر به وقوع خواهد پیوست. دلیل این امر که رشد و توسعه‌ی شهر همدان در این دهه در قسمت‌های فوق بیشتر از سایر قسمت‌ها می‌باشد، وجود موانع و محدودیت‌های شهری مذکور است. نکته‌ای که در رابطه با رشد شهر همدان تا سال ۱۴۱۰ باید مدنظر قرار داد این است که در قسمت شمال و شرق شهر به دلیل وجود اراضی بایر متصل به شهر، رشد پیوسته‌ی بیشتری وجود خواهد داشت. به‌طور کلی با توجه به عوامل و موارد ذکر شده در مورد موانع رشد شهر، تمایل ساکنین بیشتر متمایل به توسعه در سمت شمال، شرق و جنوب شرق در محدوده و به‌طرف زمین‌های زراعی دیم می‌باشد که به‌نظر می‌رسد تنها گزینه‌ی منطقی رشد شهر محسوب می‌گردد. در این وضعیت که توسعه در گرداگرد شهر با موانع طبیعی و غیرطبیعی جدی مواجه است، تنها مسیر توسعه این جهت بوده که با تدبیری درست می‌بایست از قرار گرفتن کاربری مسکونی در مجاورت جاده مانع به‌عمل آورد و با فاصله‌ای مناسب امکان توسعه‌ی آتی شهر را در بخش شمالی و شرقی فراهم آید. البته ذکر این نکته ضروری است که در توسعه‌ی بلندمدت در این جهت باید تدابیری اندیشیده شود که عوامل مصنوع محدودکننده و زیان آور برای ساکنین، نظیر گورستان، استقرار صنایع، تأسیسات و خطوط انتقال انرژی و کاربردهای مشابه که معمولاً در پروژه‌های غیرشهری دسته‌بندی می‌شوند، محدود گشته یا به مکان دیگری انتقال یابد.

نتیجه گیری و ارائه پیشنهادها

تحولات شهرسازی بعد از دهه‌ی ۷۰ میلادی، هم تعاریف و روش‌های مربوط به تهیه‌ی طرح‌های شهرسازی را در داخل نظامات رسمی شهرسازی کشورهای مختلف، تا حدودی تغییر دادند، و هم بیش از آن به طرح مباحث و نظریات جدید در بین مجامع علمی و تحقیقاتی دامن زدند. این مباحث و نظریات جدید تحت عناوین مختلفی مانند طرح‌های راهبردی، طرح‌های ساختاری، طرح‌های فضایی و روش‌هایی مانند طرح‌ریزی تساوی طلب، طرح‌ریزی و کالتی و گرایش‌هایی مانند شهرسالم، شهرسازی هوشمند، توسعه‌ی شهری پایدار و چالش‌هایی مانند هویت شهری و هویت فرهنگی، شرایط فکری و نظری، ناپایداری را بر محیط‌های کار حرفه‌ای حاکم کرده است؛ در حالی که روش‌های رسمی طرح‌ریزی و اسناد ملاک عمل کنترل توسعه به این شدت تغییر نکرده‌اند، عمده‌ی تغییرات مربوط به میزان مشارکت مردم در فرایند طرح‌ریزی و توزیع سطوح مختلف تصمیم‌گیری بین نهادها و مراجع مختلف است. در سال‌های بعد از انقلاب، طرح‌های تفصیلی که باید سند اصلی ملاک عمل کنترل توسعه به شمار روند، به کلی متزلزل و دستخوش تغییرات دم به دم بوده‌اند و آنچه مرتباً در کمیسیون‌های ماده‌ی ۵ تصویب می‌شود، تابع هیچ قاعده‌ی تنظیم‌کننده‌ای که منطبق بر اساس طرح جامع باشد نیست. از طرفی طرح‌های تفصیلی به هیچ وجه نقش متوازن‌کننده‌ی اقدامات عمرانی شهرداری‌ها را در توسعه‌ی محلات و نواحی ندارند. در سال‌های اخیر گرایش زیادی به تغییر عنوان طرح‌های جامع به طرح‌های ساختاری- راهبردی پیدا شده است. بانک جهانی نیز طرح‌هایی را که به‌طور نمونه برای بعضی شهرها تهیه می‌کند، طرح راهبردی نامیده است. شیوه‌ی بررسی و تصویب طرح‌ها نیز، خصوصاً در راستای تفویض اختیارات لازم به شهرداری‌ها و شوراهای شهر، باید تغییر کند. مجموعه‌ی این تغییرات مستلزم بازنگری در اصول و روش‌های طرح‌ریزی شهری است که البته به‌عنوان یکی از سیاست‌های پایه باید به تصویب مراجع ذی‌ربط خود برسد. نهادهای مسئول تهیه‌ی طرح‌های شهرسازی در نبود سیاست‌های پایه‌ی مصوب، یا طرح‌هایی تهیه خواهند کرد که در هنگام مواجه شدن با شرایط ایجاب‌کننده‌ی آن سیاست‌ها کارایی خود را از دست داده و دستخوش تغییرات اساسی می‌شوند؛ و یا با مفروض گرفتن سیاست‌های مورد نظر، طرح‌هایی تهیه خواهند کرد که اجرا کنندگان آنها به دلیل مصوب نبودن آن سیاست‌ها به میل خود هم آن سیاست‌های مفروض و هم ضوابط مبتنی بر آنها را کنار گذاشته یا تغییر می‌دهند. مهم‌تر اینکه اصولاً عرصه‌های سیاستگذاری در شهرسازی یک کشور آن قدر متعدد است که اگر در هیچ یک از آنها سیاستگذاری نشده باشد، طرح شهرسازی پایه‌ی محکمی برای احکام خود نخواهد داشت. در حال حاضر شهرداری‌ها که کار طرح‌ریزی و کنترل توسعه‌ی شهرها را به عهده دارند در موارد زیر با مشکل مواجه‌اند:

- درآمد اصلی آنها متکی به فروش تراکم و تخریب فضای زیست شهرهاست و اختیارات قانونی کافی برای کسب درآمد از منابع دیگر ندارند.
- در زمینه‌ی رعایت طرح‌های جامع و اصول و ضوابط شهرسازی به هیچ کس پاسخگو نیستند.
- کنترلی بر کیفیت ساخت و سازها، جز آنچه مربوط به وصول عوارض پروانه ساختمانی است، نداشته و مسئولیتی در این زمینه برای خود قائل نیستند.

- بخش شهرسازی و معماری آنها به علت تمرکز ماموریتش بر کسب درآمد به هر قیمت، مرتباً از تخصص شهرسازی و معماری مورد نیاز برای کنترل توسعه و ارتقای کیفیت محیط تخلیه می‌شود.
- اختیار و مسئولیت برای تهیه طرح‌های شهرسازی ندارند.
- به‌علت سلطه‌ی اندیشه‌ی کسب درآمد اصلی از بازار ساخت و ساز، رابطه‌ی شهرداری به رابطه‌ی شهرداری با مالک زمین تقلیل یافته است.

شوراها نیز که مسئول انتخاب شهردار و ناظر بر کار او هستند، فاقد اختیارات کافی در سطح متداول در اکثر کشورهای دنیا می‌باشند. بخشی از مشکلات شهرداری‌ها نیز ناشی از نبود یک مرکز واحد نظارت و هماهنگی است. تجربه‌ی تقسیم نظارت و هماهنگی بین وزارت کشور و وزارت مسکن و شهرسازی تجربه‌ی ناموفقی بوده است. کار اصلی شهرداری‌ها امروز، در همه جای دنیا شهرسازی است و بقیه‌ی کارهای آن‌ها تحت الشعاع شهرسازی یا آمیخته با شهرسازی است. وزارت کشور که یک وزارتخانه سیاسی است، فاقد شرایط لازم برای هدایت و نظارت و هماهنگی شهرداری‌هایی است که بستر کار اصلی آنها شهرسازی است. به هر حال مجموعه‌ی امور نظارتی و هماهنگی شهرداری‌ها باید به یک نهاد مرکزی واحد واگذار شود. به عبارت دیگر فقدان یک نظام هدایت و کنترل سالم و قوی بزرگترین ضایعه‌ی شهرسازی کنونی ماست. توسعه‌های شهری و ساخت و سازها، اساساً در یک فضای ذهنی مستقل از طرح‌های شهرسازی عمل می‌کنند؛ نه اسناد متقن و نه نظامی مطمئن و نه اصولاً هدفی برای هدایت و کنترل آنها، غیر از کسب درآمد وجود دارد. شهرداری‌ها باید از یک طرف توسعه را برنامه‌ریزی و هدایت و از طرف دیگر آن را کنترل کنند. سند ملاک عمل کنترل، که طرح تفصیلی است، در کمیسیون‌های ماده‌ی ۵، بر حسب مقتضیات موردی و بدون پایبندی به قواعد اساسی تنظیم‌کننده‌ی توسعه، دم به دم، مخدوش و نامتوازن و بی اثر می‌شود. ساخت و سازها نیز جز در سطح زیر بنا، با هدف دریافت عوارض ساختمان و تراکم هرچه بیشتر کنترل نمی‌شوند. کنترل، دروازه‌ی خروجی، فرایند توسعه است. اگر کنترل نباشد هر تدبیری برای طرح ریزی بی فایده است. اگر کنترل اعمال شده بود همین روش‌های ضعیف طرح ریزی که تا به حال داشتیم نیز می‌توانست در ارتقای کیفیت، نحوه و الگوی توسعه‌ی شهرها مؤثر باشد. در این راستا به رغم اینکه مفهوم راهبردهای توسعه‌ی شهری حدود دو دهه است که وارد ادبیات مدیریت شهری شده، اما رویکرد غالب توسعه در سیستم‌های مدیریت شهری در کشور ما به گونه‌ای است که تنها در حد هدایت و راهبری طرح‌های هادی یا جامع شهری، تغییرات کاربری و گسترش سرمایه‌های فیزیکی محدود مانده است، به عبارت دیگر، پارادایم‌های غالب در فرایند توسعه‌ی شهری در ایران، طوری شکل گرفته است که بیشتر به بعد اقتصادی توسعه توجه دارد، این در حالی است که در دنیای امروز، استراتژی‌های توسعه‌ی اقتصادی بدون در نظر داشتن ابعاد انسانی، اجتماعی و زیست محیطی آن، پویایی‌هایی را ایجاد می‌کند که به موجب آن، عوامل اصلی توسعه یافتگی، به جای آنکه به‌عنوان پیشران برای فرایند توسعه عمل کنند، با تأخیرهای زمانی، در مقابل توسعه قرار می‌گیرند، در این حالت، این گونه توسعه‌ها را ناپایدار تلقی می‌کنند. در دهه‌های اخیر شهرها به‌شکلی بی‌برنامه رشد کردند و محدوده‌های شهری در مدت کوتاهی به چندین برابر وسعت اولیه‌ی خود رسیدند؛ این معضل به الگوی گسترش افقی یا پراکندگی شهری معروف گردیده و منشأ بسیاری از مشکلات در شهرهای کشورهای در حال توسعه شده است، لذا از آنجا که الگوی توسعه‌ی کالبدی هر شهر تأثیر اساسی بر پایداری یا ناپایداری توسعه‌ی آن دارد، مدیران، متولیان و برنامه‌ریزان شهری می‌بایست به‌منظور هدایت این الگو برای توسعه‌ی پایدار شهری، از الگوی توسعه‌ی کالبدی و رشد کالبدی موجود شهرها شناخت کافی داشته باشند. شهرهمدان نیز از این قاعده مستثنا نبوده است، به‌طوری‌که نتایج حاصل از تحلیل پژوهش بر اساس مدل‌های مورد استفاده نشان داد که شهر طی دهه‌های گذشته (تا قبل از سال ۱۳۷۵) دارای الگوی گسترش افقی، پراکنده، غیرمتراکم و پدیده‌ی رشد بی‌قوارگی (اسپرال) بوده و گسترش کالبدی شهر به صورت پراکنده بوده اما از سال ۱۳۷۵ به بعد به صورت عمودی و فشرده رشد نموده و موجبات افزایش تراکم جمعیتی و ازدحام جمعیتی در حوزه‌های مرکزی شهر همدان است. شهر همدان در طول دوران حیات خود هم به‌صورت طبیعی و خودرو و هم به‌صورت از پیش اندیشیده، در بطن خود از الگوهای مختلف گسترش پیروی کرده و در این فراز و نشیب، گاه با مشکلات عدیده‌ای روبه رو شده که هم اکنون گریبان شهروندان و مدیریت شهر را گرفته است، لذا از آنجا که طی چند سال آتی روند گسترش کالبدی - فضایی شهر ادامه خواهد داشت، بی‌تردید باید قسمتی از فضاهای باز به زیر ساخت و ساز برود، از این رو چنانچه از هم اکنون برنامه ریزی برای چگونگی گسترش آتی آن صورت نپذیرد، شهر در آینده‌ای نه چندان دور دچار مسایل و معضلات فراوانی می‌گردد، که به از بین رفتن رفاه شهروندی و عدم دستیابی به شهری سالم خواهد انجامید. لذا بر اساس آنچه گفته شد، با در نظر گرفتن جمیع جوانب شهرسازی با هماهنگ کردن رشد سایر کاربری‌ها با رشد کاربری مسکونی می‌توان به رشد متعادل شهری کمک نمود، بر این اساس باید از الگوی پیوسته‌ی قطاعی با توسعه‌ی سیستم شبکه‌ی ارتباطی متقاطع و مورب بهره‌گرفت تا توسعه‌ی فیزیکی شهر یک روند معقولانه‌تری را در راستای نیل به رشد هوشمند و پایدار در توسعه‌ی شهری طی نماید.

پیشنهادهای

با توجه به مطالعات و تحلیل صورت گرفته پیشنهادات و راهکارهای ذیل به منظور رشد و گسترش کالبدی- فضایی مطلوب و پایدار شهر همدان ارائه می گردد:

۱. ضرورت دارد تمام امکانات درجهت ممانعت از گسترش بی رویه ی شهر به کار رود، بنابراین ابتدا اولویت توسعه بر ساخت و ساز در اراضی خالی داخل شهر می باشد تا از توسعه ی بی برنامه به سمت پهنه های آسیب پذیر و پهنه های اکولوژیکی جلوگیری شود. در این راستا الگوی پیوسته ی قطعی با توسعه ی سیستم شبکه ی ارتباطی متقاطع و مورب شهر، البته با در نظر گرفتن زیر ساخت های مناسب با در نظر گرفتن جمیع جوانب شهرسازی با هماهنگی کردن رشد سایر کاربری ها با رشد کاربری مسکونی، می تواند از توسعه ی بدون برنامه شهر جلوگیری نماید و در نهایت منجر به گسترش مطلوب و پایدار شهر گردد.

۲. داشتن زیستگاهی آرام، سالم و به دور از مشکلات شهری در دنیای امروزی امری است که اگر محال نباشد، به سادگی هم امکان پذیر نخواهد بود، از این رو لازم است زمینه ی مشارکت بین مسئولان (برنامه ریزان)، پژوهشگران و مردم به وجود آید تا با همکاری مشترک، زمینه ی رفاه شهروندی فراهم گردد، لذا از آنجا که طی چند سال آتی روند گسترش فیزیکی شهر همدان ادامه خواهد داشت، بی تردید باید قسمتی از فضاهای باز به زیر ساخت و ساز برود، از این رو چنانچه هم اکنون برنامه ریزی برای چگونگی گسترش آتی آن صورت نپذیرد، شهر در آینده ای نه چندان دور دچار مسایل و معضلات فراوانی می گردد که منجر به از بین رفتن رفاه شهروندی و عدم دستیابی به شهری سالم خواهد شد.

۳. ایجاد مجتمع های مسکونی در نواحی کم تراکم به عنوان راه حل اساسی برای حل مشکل مسکن شهری و محدود کردن گسترش فیزیکی شهر و جلوگیری از ساخت و ساز در اراضی کشاورزی با هدف حفظ زمین های با ارزش کشاورزی و باغات قلمداد می شود، بر این اساس، استقرار مازاد جمعیت در فضاهای خالی محدوده ی شهر، نیازمند برآورده ساختن نیازهای معقول و منطقی ساکنان شهر و همچنین آسیب ندیدن کیفیت زندگی آنهاست.

۴. در شرایط موجود گسترش فیزیکی شهر همدان باعث رشد بی رویه ی کاربری مسکونی در مقایسه با سایر کاربری ها گردیده و با توجه به پراکندگی فضایی- مکانی این کاربری در سطح شهر، امر خدمات رسانی با مشکل و هزینه ی بیشتری ممکن می گردد، لذا لازم است سایر کاربری ها نیز هماهنگ با کاربری مسکونی رشد و توسعه یابند و کاستی های شهر همدان از این بابت جبران گردد، که این امر خود به رشد متعادل شهری نیز کمک خواهد نمود. البته فقط توسعه ی کمی کاربری ها کفایت نمی کند، بلکه باید به جنبه ی کیفی کاربری ها نیز توجه کرد، چراکه بعضی از کاربری ها از نظر کمی تقریباً وضعیت مناسبی دارند ولی از جهت کیفی به هیچ وجه در وضعیت استاندارد نیستند؛ که نمونه ی بارز آن وضعیت خیابان ها و پارک های داخل شهر همدان است که از وضعیت مطلوبی برخوردار نمی باشند.

۵. به علت بالا بودن سطح آب های زیرزمینی، چشم انداز الوند (تپه گنجانم و عباس آباد) و نیز واقع شدن زمین های با قابلیت بالای کشاورزی و باغات، از توسعه ی شهر به سمت جنوب، جنوب غربی، و افزایش تراکم در این قسمت از شهر تا حد امکان جلوگیری گردد.

۶. از ساخت و سازهای بی رویه که در مسیر راه های ارتباطی بین شهری صورت می گیرد، جلوگیری به عمل آید، زیرا این امر موجب بالا رفتن هزینه ی خدمات رسانی به این محدوده ها، مشکلات ترافیکی و افزایش مساحت شهر می شود.

۷. مسئولین شهری باید بر کم و کیف توسعه ی شهرها و افزایش جمعیت آنها نظارت داشته باشند. عواملی که توسعه ی فضایی شهرها را تحت تاثیر قرار می دهند باید شناسایی و کنترل شوند، که انجام این امر مستلزم نگرستن به مسایل در قالب یک دید سیستمی است (یعنی بررسی عوامل در قالب یک مجموعه). به عبارت دیگر نباید تنها در خود شهرها ریشه های مشکلات شهری را جستجو کرد، بلکه این تغییر و تحولات از جو سیاسی، اقتصادی و اجتماعی حاکم در هر زمان و مکان، تاثیر پذیر می باشد.

۸. زمین های شهری و خارج از آن باید تحت کنترل و نظارت سازمان های شهری (دولتی و غیردولتی مانند شوراهای شهر) درآمده و از بورس بازی و بالا رفتن قیمت آن جلوگیری شود. همچنین اعمال روش های شهرک سازی و تخصیص زمین های اطراف شهرها برای ایجاد مناطق مسکونی نباید باعث نابودی و بلعیدن اراضی کشاورزی اطراف شهر گردد (هر چند که این امر تاکنون به ندرت صورت پذیرفته و حتی خود طرح های شهرسازی به این مسئله دامن زده اند).

۹. شناخت و معرفی بافت های مسئله دار به منظور تهیه ی برنامه و طرح های مداخله نظیر مشارکت شهرداری در نوسازی، بهسازی، توانمندسازی و بازسازی بافت های فرسوده و تغییر کاربری های مجاز شهری.

۱۰. مسئله ای دیگر که در شهرهای بزرگ نظیر شهر همدان مشاهده می شود، تقدم شهرنشینی بر شهرگرایی در قسمت های حاشیه ای شهر است. یعنی ساکنین حاشیه های شهر از فرهنگ لازم شهری برخوردار نیستند و مهاجرین روستایی هستند که در شهر ساکن شده اند و

محل سکونت بیشتر حالت روستا دارد تا یک محیط شهری. در این صورت تفاوت مابین شهرگرایی و شهرنشینی بیشتر نمود می‌یابد اما می‌توان با آموزش‌های همگانی، زندگی شهری را در ساکنین این نوع از شهرها القا کرد.

۱۱. سیاست‌گذاری مناسب توزیع تراکم ساختمانی متناسب با ساختار و سازمان فضایی شهر، تجمیع اراضی مسکونی ریزدانه، اعطای وام‌های بلندمدت، بهره‌گیری از فرصت‌ها و امکانات شهر جهت گسترش فضاهای سبز عمومی، تفرجگاهی، گردشگری و

۱۲. با توجه به قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، استفاده از آن بهترین ابزار برای برنامه ریزی و مدیریت بهینه در جهت توسعه‌ی پایدار می‌باشد.

۱۳. اخذ مالیات از اراضی و ساختمان‌های خالی موجود در سطح شهر به عبارت دیگر زمین‌های خالی و یا در دست ساخت رها شده در مسیر کریدورهای حمل و نقل باید مشمول مالیات‌های سنگین ارزش افزوده شوند تا زمانیکه به کاربری کامل و سازگار با موقعیت مکانی خود تبدیل شوند.

۱۴. پهنه بندی کاربری‌ها و اصلاح ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری متناسب با پهنه موردنظر و بهره‌گیری از طرح‌های راهبردی - ساختاری.

۱۵. با توجه به محدودیت‌های موجود در جنوب، غرب و جنوب غربی شهر (مناطق ۱ و ۲ شهرداری) به دلیل وجود باغات و محدودیت زمین، توسعه آتی در این مناطق پیشنهاد نمی‌گردد. در مناطق ۳ و ۴ (شمال، شرق، شمال غربی و شمال شرقی) با توجه به وجود زمین‌های کافی جهت توسعه در این مناطق پیشنهاد می‌گردد.

۱۶. تعداد و نوع متغیرها نیز می‌تواند بر روی نتایج تحلیل تاثیرگذار باشد. استفاده از تعداد بیشتر و تنوع ماهیت متغیرها بر روی نتایج اثر مثبت دارد و بالاخره باید به استفاده از مدل‌ها و تکنیک‌های دیگر و مقایسه‌ی نتایج آنها با یکدیگر اشاره کرد مدل SLEUTH تنها عوامل محیطی (فیزیکی) را در امر مدلسازی دخالت می‌دهد، لذا نتایج مدلسازی، تنها بر پایه‌ی عوامل فیزیکی می‌باشد و فاکتورهای اقتصادی و اجتماعی در آن دخالت داده نشده است؛ بنابراین نتایج این مدل نیز همانند هر مدل دیگری می‌تواند با واقعیت فاصله داشته باشد (دلیل این اختلاف‌ها نیز دخالت دادن فاکتورهای محدود در امر مدلسازی می‌باشد)، لذا پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی از مدل‌هایی همچون مدل سلول‌های خودکار شهری، فازی، شبکه‌های عصبی - مصنوعی، شبکه‌های عصبی - فازی، تصادفی، مدل کلو، مدل - های عامل مبنای، مدل‌های آماری - فضایی، مدل‌های فراکتالی، روش زنجیره‌ی مارکوف، رگرسیون لجستیک، وزن‌های شاهد و ... و تلفیق آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS به ارزیابی، شبیه‌سازی و مدلسازی رشد شهری کلانشهر همدان و سایر کلانشهرهای کشور پرداخته شود و نتایج مطالعات با پژوهش حاضر مقایسه گردد.

فهرست منابع

۱. اطهری، کمال (۱۳۷۹). به سوی کارآمدی دخالت دولت در بازار زمین شهری. فصلنامه اقتصاد مسکن. شماره ۳۰، سازمان ملی زمین و مسکن.
۲. بحرینی، سیدحسین (۱۳۸۶). تحلیل فضاهای شهری. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم.
۳. پوراحمد، احمد (۱۳۷۸). بررسی علل عدم تحقق مدیریت یکپارچه شهری در ایران. فصلنامه جغرافیای انسانی، سال اول، شماره ۲.
۴. حام، مهدی و همکاران (۱۳۸۹). تحلیلی بر الگوی گسترش کالبدی - فضایی شهر گرگان با استفاده از مدل‌های آنروپی شانون و هلدن. مجله پژوهش و برنامه ریزی شهری، سال اول، شماره سوم، صص ۱۸-۱.
۵. حبیبی، کیومرث و پور احمد، احمد (۱۳۸۴). توسعه کالبدی - فضایی شهرسندج با استفاده از GIS. انتشارات دانشگاه کردستان.
۶. حکمت نیا، حسن و موسوی، میر نجف (۱۳۸۵). کاربرد مدل در جغرافیا با تاکید بر برنامه ریزی شهری و ناحیه ای. انتشارات علم نوین.
۷. دانشپور، زهره (۱۳۸۵). دگرگونی مشکلات شهرهای جدید. مجموعه مقالات تجارب ایجاد شهرهای جدید در ایران و جهان، چاپ اول، نشر شرکت عمران شهرهای جدید.
۸. رحمانی، محمد (۱۳۹۲). شهر با مفاهیم توسعه. انتشارات امید انقلاب با همکاری دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، چاپ اول.
۹. رهنما، محمدرحیم و عباس زادگان، غلامرضا (۱۳۸۷). اصول، مبانی و مدل‌های سنجش فرم کالبدی شهر. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول.
۱۰. سلیمان، محمد و یکانی فرد، احمد (۱۳۷۶). درآمدی بر مبانی برنامه ریزی شهری. انتشارات جهاد دانشگاهی تربیت معلم تهران.
۱۱. سیف الدینی، فرانک و همکاران (۱۳۹۱). تبیین پراکنش و فشردگی فرم شهری در آمل با رویکرد فرم شهری پایدار. پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۸۰، صص ۱۷۶-۱۵۵.
۱۲. شکویی، حسین (۱۳۸۰). دیدگاه‌های نو در جغرافیای شهری. انتشارات سمت.

۱۳. علی محمدی سراب، عباس و همکاران (۱۳۸۹). ارزیابی کارایی مدل سلول های خودکار در شبیه سازی گسترش اراضی شهری در حومه جنوب غرب تهران. مجله برنامه ریزی و آمایش فضا، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، دوره چهاردهم، شماره ۲، صص ۸۱-۱۰۲.
۱۴. فرید، یدالله (۱۳۷۳). کاربرد جغرافیا در روش تحقیق شهر و روستا. انتشارات دانشگاه تبریز، چاپ دوم.
۱۵. ماجدی، حمید (۱۳۷۸). زمین مساله اصلی توسعه شهری. مجله آبادی، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، شماره ۳۳.
16. Candau, J.T. (2002). Temporal Calibration Sensitivity of the SLEUTH Urban Growth Model. M.Sc. Theses. Santa Barbara University. pp.116.
17. Flood, Joe. (1997). Urban and housing indicators. Urban Studies, 34(10): 1635-1665.
18. Glaster, G, et al. (2001). Wrestling sprawl to the ground defining and measuring an Elusive concept, housing policy debate, volume 12, issue 4.
19. Malczewski, Jack. (2004). "GIS-based land use suitability analysis: A critical overview, department of geography, university of western Ontario, London, Canada N6A 5C2, and Progress in planning 62, 3-65.
20. Williams, Burton, Jenks. (2000). Achieving Sustainable Urban Form, United Kingdom: E&FN Spon.
21. Yang, X. C.P, Lo. (2002). Modeling Urban Growth and Landscape in the Atlanta Metropolitan Area. International journal of Geographical Information Science, Vol. 17(5): 464-488.