

تحلیل الگوی رشد شهر تهران با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین^۱

آزاده کاویانی - دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

رحمت‌الله فرهودی* - استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران

آریتا رجبی - استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۸/۲۰ تأیید مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۸

چکیده

امروزه کلان‌شهرها با دربرگرفتن حجم عظیمی از جمعیت به نقاط کانونی تولید و مصرف بدل شده‌اند. این مسئله از یک سو دلایل رشد و توسعه سریع این کلان‌شهرها و مناطق حاشیه آنها را فراهم آورده و از سوی دیگر، مخاطراتی را در زمینه نحوه و چگونگی این توسعه در برابرشان قرار داده است. بدون شناخت و برنامه‌ریزی دقیق، کلان‌شهرها در پیامدهای منفی خود در حوزه‌های محیط زیست، منابع طبیعی، سلامت انسانی و ابعاد اجتماعی و اقتصادی زندگی شهری غرق خواهند شد. بنابراین، پایش الگوهای فضایی - زمانی رشد شهری دارای اهمیتی حیاتی برای برنامه‌ریزی شهری و توسعه پایدار، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه است. هدف اصلی این مطالعه، بررسی تغییرات فضایی - زمانی الگوی کاربری / پوشش اراضی در کلان‌شهر تهران و پیرامون آن در چهار دهه گذشته با استفاده از سنجش از دور و رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین است. برای تولید نقشه‌های کاربری / پوشش اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شده است. تحلیل الگوها نیز در قالب رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین و با استفاده از متریک‌های فضایی انجام گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین افزایش در اراضی ساخته شده رخ داده است و فرایند فضایی - زمانی رشد شهری در کلان‌شهر تهران و پیرامون آن شامل سه مرحله اصلی تشکیل هسته اولیه رشد شهری، پخشایش و هم‌گرایی است. به عبارتی دیگر، رشد شهری در منطقه با شکل‌گیری هسته‌های رشد شروع شده و به مرور با رشد این هسته‌ها، در پیرامون آنها لکه‌های شهری جدیدی شکل گرفته است. این لکه‌ها در امتداد هسته‌های اصلی شهری به رشد خود ادامه داده و بسیاری از آنها به هم پیوسته و تشکیل لکه‌های شهری بزرگ‌تری را داده‌اند.

کلیدواژه‌ها: بوم‌شناسی سیمای سرزمین، رشد شهری، سنجش از دور، کلان‌شهر تهران

* E- mail: rfarhudi@hotmail.com

نویسنده مسئول

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری آزاده کاویانی، با عنوان *ارائه الگوی تغییرات کاربری اراضی شهری و آینده‌نگری روند تغییرات با تأکید بر ملاحظات زیست‌محیطی (مطالعه موردی: شهر تهران)* است که به راهنمایی دکتر رحمت‌الله فرهودی در دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران در حال انجام است.

مقدمه

امروزه شهرنشینی در جهان با چنان سرعتی به پیش می‌رود که در تاریخ شهرنشینی بی‌سابقه بوده و عملاً همه کشورهای جهان اعم از کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه را متأثر کرده است (کاظمی‌پور و حاجیان، ۱۳۸۵: ۲۲). گرچه جهان توسعه‌یافته و کشورهای درحال توسعه در نسبت افراد ساکن در شهرها و همچنین شیوه‌ای که شهرنشینی در آنها رخ داده تفاوت دارند، اما رشد جمعیت شهری روندی جهانی است. از انقلاب صنعتی در اواخر قرن ۱۸ میلادی، جمعیت جهان به‌طور نمایی با سرعت حیرت‌انگیزی افزایش یافت؛ به طوری که از یک میلیارد نفر در سال ۱۸۳۰ به بیش از ۷ میلیارد نفر در سال ۲۰۱۵ رسید. از طرف دیگر، جمعیت شهری جهان بسیار سریع‌تر از جمعیت روستایی افزایش یافت و از ۱۴ درصد در ۱۹۰۰ به ۴۷ درصد در ۲۰۰۵ رسید و تا سال ۲۰۳۰ به ۶۱ درصد خواهد رسید. در اصل، رشد جمعیت روستایی متوقف شده است و انتظار می‌رود که همه رشد آتی جمعیت در نواحی شهری و به‌ویژه نواحی شهری کشورهای درحال توسعه رخ دهد (Wu et al., 2011: 2). سازمان ملل تخمین زده است که جمعیت شهری جهان درحال توسعه از ۲/۰۴۸ میلیارد در سال ۲۰۰۰ به ۳/۹۹۱ میلیارد در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید، در حالی که انتظار می‌رود جمعیت شهری جهان توسعه‌یافته با اندک افزایشی از ۸۷۰ میلیون به ۱/۰۱ میلیارد نفر برسد (Wu, 2008: 41). به بیان دیگر، بیشتر رشد جمعیت جهان بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ در مراکز شهری کشورهای کمتر توسعه‌یافته روی خواهد داد.

در حال حاضر، نواحی شهری تنها حدود ۳ درصد از سطح زمین را پوشانده‌اند، اما به‌طور خاص، مصرف‌کننده ۶۰ درصد از آب آشامیدنی، ۷۶ درصد چوب استفاده‌شده برای اهداف صنعتی، ۷۵ درصد انرژی جهانی و در مقابل، تولیدکننده بیش از ۸۰ درصد گازهای گلخانه‌ای‌اند. اگرچه نواحی شهری نسبت کوچکی از سطح زمین را در بر گرفته‌اند، اما نمی‌توان این نسبت کوچک را نادیده گرفت؛ زیرا پوشش مداوم فرایندهای تغییر شهری و به‌طور خاص، گسترش جهانی جمعیت شهری و نواحی شهری‌شده، سیستم‌های طبیعی و انسانی را در همه مقیاس‌های جغرافیایی تحت تأثیر قرار داده است (Kong et al., 2012: 82). رشد شهری به عنوان فرایندی فضایی و جمعیتی دارای دو وجه متضاد است؛ از یک طرف، شهرهای بزرگ به عنوان موتورهای رشد اقتصادی و اجتماعی عمل می‌کنند و از طرف دیگر، اغلب این شهرها با مشکلات و مسائل اجتماعی، اقتصادی و محیطی نظیر فقر، دست‌اندازی به زمین‌های بارز کشاورزی، افزایش استفاده از اتومبیل شخصی و مصرف سوخت، زوال شهر مرکزی و بهره‌برداری کم از نواحی ساخته‌شده فعلی مواجه‌اند. رشد شهری به‌ویژه در شکل نامطلوب آن، یعنی پراکنده‌رویی شهری به سبب اثرات منفی بر محیط، منابع طبیعی، سلامت انسان و مسائل اجتماعی و اقتصادی نکوهش شده است. میزان اراضی کشاورزی، جنگل‌ها، مراتع، فضاهای باز به‌شدت کاهش یافته و اکوسیستم‌ها و سکونتگاه‌های جانوری با آهنگ هشداردهنده‌ای درهم‌گسیخته‌اند و کیفیت هوا و آب و به دنبال آنها، سلامت انسانی و کیفیت زندگی کاهش یافته است. بنابراین بسیار واضح است که رشد شهرها نکته کلیدی بسیاری از چالش‌هایی است که ما در تعاملات خود با محیط با آنها مواجه شده‌ایم. در واقع، شهرنشینی و رشد شهری چشمگیرترین شکل تبدیل برگشت‌ناپذیر زمین است که هم چشم‌انداز و هم مردم ساکن شهرها و اطراف شهرها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با در نظر گرفتن این موضوع که شهرنشینی با رشد شتابان خود، در آینده‌ای نزدیک به یکی از تغییرات محیطی عمده در جهان تبدیل خواهد شد، تشخیص و درک الگوهای در حال تغییر رشد شهری بسیار حیاتی و ضروری

است. با این حال، الگوهای رشد شهری و فرایند اجتماعی-اقتصادی مستتر در آنها، که سبب شکل‌گیری الگوهای فضایی خاص می‌شود، هنوز در ابتدای راه بوده و به شدت موضوع مطالعه و تحقیق است (Seto and Fragkias, 2005: 872).

اگرچه شهرنشینی پدیده‌ای جهانی است، این پدیده به‌طور چشمگیری در ایران پویاست؛ به‌طوری که رشد شهری بی‌سابقه‌ای در پنج دههٔ اخیر در ایران روی داده است. طی ۵۵ سال گذشته، نسبت شهرنشینی در ایران از ۳۱ درصد در سال ۱۳۳۵، به بیش از ۷۱ درصد در سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). شهرنشینی در ایران طی چند دههٔ اخیر، همانند دیگر کشورهای جهان سوم رو به افزایش است و مرکز ثقل جمعیت کشور به‌طور کنترل‌ناپذیری از روستاها به شهرها انتقال یافته است (سیف‌الدینی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۲). از ابتدای قرن حاضر و به‌طور خاص از دهه‌های ۱۳۳۰ و ۱۳۴۰ در اثر تحولاتی از قبیل اصلاحات اراضی، درهم‌ریختن مناسبات سنتی شهر و روستا، هجوم انبوه مهاجران روستایی به شهرها، افزایش سریع درآمدهای نفت، رشد سریع نیازهای خدماتی، توسعهٔ زیرساخت‌های اقتصادی و ارتباطی، افزایش سریع صنایع اصلی و مونتاژ و به دنبال آن، رشد وسیع دستگاه اداری و دولتی، باعث شده است نقش و کارکردهای شهر تهران به عنوان پایتخت و مرکز تحولات جدید، به نحو بی‌سابقه‌ای گسترده‌تر و پیچیده‌تر شود. رشد پیوسته و متصل به‌ویژه از اواخر دههٔ ۱۳۵۰ جای خود را به رشد ناپیوسته و پیرامونی داد. مهم‌ترین دلایل تغییر الگوی فضایی رشد در این دوره شامل رشد شهری شتابان، اشباع بستر جغرافیایی، گرانی زمین، رشد سریع صنایع و خدمات و هجوم مهاجران جدید به شهر تهران است. در فرایند گسترش ناپیوسته و پیرامونی شهر تهران، تغییرات بسیاری در وضعیت اراضی، سکونتگاه‌های انسانی و نوع فعالیت‌ها در منطقه پدید آمد و بسیاری از اراضی روستایی تحت تأثیر مناسبات فزایندهٔ شهری، کارکردهای پیشین خود را از دست دادند. انتقال رشد شهری و شهرنشینی از شهر تهران به پیرامون بدون هرگونه طرح و برنامهٔ جامعی انجام گرفت. گسترش حاشیه‌نشینی و اسکان غیررسمی و شکل‌گیری کانون‌های جمعیتی خودرو، رشد بی‌قاعدهٔ شهرها و آبادی‌ها و استقرار بی‌رویهٔ مراکز فعالیت در اطراف شهر تهران، از یک سو به دلیل از میان بردن اراضی کشاورزی و چشم‌اندازهای زیبای طبیعی، افزایش حمل‌ونقل موتوری، مصرف انرژی، آلوده کردن محیط زیست، آلودگی هوا، آب و صوت، کاهش تنوع بیولوژیک و ایجاد اختلال در نظام حمل‌ونقل و رفت‌وآمد، منشأ خسارت‌ها و صدمه‌های متعددی در منطقه بوده است. از سوی دیگر، تمرکز فقر در حاشیه‌ها، مشکلات اقتصادی و اجتماعی و فقدان یا کمبود شدید بعضی خدمات و تسهیلات و تجهیزات شهری موجب گسترش نارضایتی عمومی در میان ساکنان منطقه، که عموماً از مهاجران و گروه‌های محروم جامعه‌اند، شده است (غمامی، ۱۳۸۳: ۴؛ منصوریان، ۱۳۹۳: ۳). با این حال، این روند در سال‌های بعد نیز با شتاب فراوان به حرکت خود ادامه داد و در نتیجه، زمین‌های کشاورزی و اراضی جنگلی بیشتری در طول چند دههٔ گذشته به نواحی شهری و سکونتگاه‌های انسانی تبدیل شده‌اند و روزبه‌روز بر دامنهٔ مشکلات اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و محیطی منطقه افزوده شده است (منصوریان، ۱۳۹۳: ۳). بر این اساس، گام نخست در مدیریت، کنترل و مداخلهٔ علمی در شهر تهران و پیرامون آن مستلزم فراهم آوردن دیدی جامع دربارهٔ فرایندها و الگوهای فضایی-زمانی رشد شهری، تحلیل عوامل محرک و سازوکارهای مؤثر بر شهرنشینی و رشد شهری در منطقه است. هدف اصلی مطالعهٔ حاضر، شناخت تغییرات فضایی-زمانی الگوهای کاربری/پوشش اراضی در کلان‌شهر تهران و پیرامون آن و به دنبال آن دستیابی به فرایندهای رشد شهری در محدودهٔ تحت

مطالعه است؛ تا از این رهگذر، ضمن شناخت منطقی و فهم و تحلیل الگوهای فضایی-زمانی کاربری/ پوشش زمین در کلان‌شهر تهران، ابزاری مناسب برای مدیران و برنامه‌ریزان شهری به منظور پیش‌بینی روندهای آینده و کنترل و هدایت این تغییرات برای سامان بخشیدن به توسعه آتی شهر و تخمین کاربری‌ها و در نهایت مدیریت کارآمد و هدفمند کلان‌شهر تهران و پیرامون آن فراهم آید.

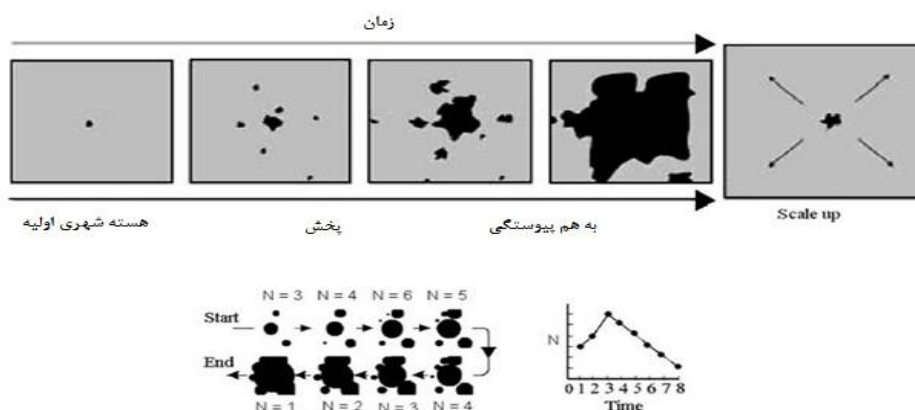
مبانی نظری

موضوع کاربری/ پوشش زمین و تغییرات آن به عنوان فاکتوری اساسی در نحوه کارکرد نظام‌های محیطی، اقتصادی و اجتماعی، توجه فزاینده‌ای را از جانب محققان در حوزه‌های مختلف علمی از قبیل برنامه‌ریزی شهری، محیط زیست، اقتصاد، منابع طبیعی و جامعه‌شناسی به خود جلب کرده است. مطالعات مربوط به کاربری/ پوشش زمین با وجود تنوع در مقیاس‌های زمانی و فضایی دربرگیرنده موضوعاتی از قبیل تئوری‌های فضایی و غیرفضایی کاربری/ پوشش زمین، دلایل تغییرات و پیامدهای تغییر کاربری/ پوشش زمین، روش‌شناسی و مطالعات موردی به منظور تدارک رویکردی یکپارچه برای تحلیل تغییرات کاربری/ پوشش زمین است.

براساسولیس در کتاب الگوهای تحلیلی تغییر کاربری زمین، بر اساس معیار سنت نظریه‌پردازی، گونه‌شناسی سه‌گانه‌ای را برای دسته‌بندی تئوری‌های موجود تغییر کاربری/ پوشش زمین در سه قلمرو اصلی به کار گرفته است: ۱. سنت نظریه‌پردازی اقتصاد شهری و منطقه‌ای؛ ۲. سنت نظریه‌پردازی جامعه‌شناختی (و اقتصاد سیاسی)؛ ۳. سنت نظریه‌پردازی طبیعت-جامعه (یا انسان-طبیعت) (رفعیان و محمودی، ۱۳۸۸: ۸۷). با این حال، مهم‌ترین شکل دسته‌بندی تئوری‌های کاربری/ پوشش زمین نزد جغرافی‌دانان، دسته‌بندی دوگانه شامل تئوری‌های فضایی و غیرفضایی است. اثرات تغییر کاربری/ پوشش زمین نیز به‌طور کلی به دو دسته اثرات زیست‌محیطی و اثرات اجتماعی-اقتصادی تقسیم می‌شود، که در این میان، دسته اول یا همان اثرات زیست‌محیطی توجه بیشتری را به خود جلب کرده است (Briassoulis, 2000). با این حال، می‌توان تخریب محیط زیست و زمین‌های کشاورزی (Bhatta, 2010: 31)، کاهش فضاها، باز، مشکلات ترافیکی، زوال شهری و از بین رفتن مفهوم اجتماع (مشکینی و دیگران، ۱۳۸۹: ۱۸۱) را برخی از مهم‌ترین اثرات تغییر کاربری/ پوشش زمین و به‌طور خاص در شکل رشد پراکنده شهری خلاصه کرد.

رشد شهری هم به عنوان یک الگوی کاربری زمین شهری، یعنی آرایش فضایی یک ناحیه کلان‌شهری در یک لحظه زمانی و هم به عنوان یک فرایند یعنی تغییر در ساختار فضایی شهرها در طول زمان در مرکز توجه قرار می‌گیرد. اگر رشد شهری به عنوان یک الگو در نظر گرفته شود، پدیده‌ای ایستا است و اگر به عنوان یک فرایند در نظر گرفته شود، پدیده‌ای پویا تلقی می‌شود. برخی از محققان رشد شهری را به عنوان پدیده‌ای ایستا مد نظر دارند، در حالی که برخی دیگر آن را به عنوان پدیده‌ای پویا تحلیل کرده‌اند. هرولد و همکاران (۲۰۰۵)، با استفاده از تصویرسازی مفهومی و کلی، شمایی فرضی از فرایند رشد شهری ارائه کرده‌اند (شکل ۱). بر مبنای این چارچوب، گسترش منطقه شهری از یک هسته یا مرکز قدیمی آغاز می‌شود، رشد می‌کند و به سمت مراکز توسعه منفرد جدید پخش می‌گردد. این فرایند پخش در امتداد خط سیر رشد ارگانیک و توسعه رو به بیرون استمرار می‌یابد. پس از آن، تغییرات فضایی تکاملی و پیوسته به سمت

به هم پیوستگی لکه‌های منفرد شهری حرکت می‌کند. این مرحله انتقالی در اصل شامل توسعه فضاهای باز بین هسته مرکزی شهر و مراکز پیرامونی است. این الگوی مفهومی رشد ادامه می‌یابد و سیستم به سمت وضعیت اشباع و متراکم شدن پیشروی می‌کند. در شکل ۱ این انباشت نهایی می‌تواند به عنوان یک هسته شهری اولیه برای شهرنشینی مجدد در محدوده‌ای با وسعت بیشتر و با جزئیات کمتر در نظر گرفته شود. در اغلب مطالعات سنتی شهری، این افزایش اندازه مقیاس با تغییر دادن گستره فضایی دایره متحدالمرکز پیرامون هسته مرکزی شهر نمایش داده شده است (Bhatta, 2010: 15).



شکل ۱. چارچوب متوالی رشد شهری (Bhatta, 2010: 15)

سنجش از دور به عنوان یک دید منحصر به فرد از پویای فضایی و زمانی فرایندهای تغییر پوشش / کاربری اراضی، به طور گسترده‌ای برای پایش رشد شهری کاربرد دارد. نقشه‌های کاربری / پوشش زمین مستخرج از داده‌های سنجش از دور، پویای رشد شهری را به طور واضح نمایش می‌دهد؛ اما برخی از الگوها و ویژگی‌های مستتر در آن به طور آشکاری قابل مشاهده نیستند. متریک‌های فضایی، به طور قابل اعتمادی، الگوها و فرایندهای فضایی - زمانی رشد شهری را کمی‌سازی کرده، درک ساختار و ریخت‌شناسی نواحی شهری ناهمگن را بهبود داده و پیوند میان ساختار، الگو و فرایند را در مطالعات بوم‌شناختی شهری تسهیل بخشیده است. متریک‌های فضایی یا سیمای سرزمین را می‌توان به عنوان شاخص‌های کمی برای توصیف ساختارها و الگوهای سیمای سرزمین تعریف کرد. دلیل این توجه فزاینده، کمک متریک‌ها به استخراج مؤلفه فضایی در ساختار شهری و در پویای تغییر و فرایندهای رشد است (Alberti and Waddell, 2000; Barnsley and Barr, 2000; Herold et al., 2002). هرولد و دیگران (۲۰۰۵)، استدلال کرده‌اند که کاربرد تلفیقی سنجش از دور و متریک‌های فضایی می‌تواند اطلاعات به لحاظ فضایی سازگارتر و مفصل‌تری درباره تغییرات الگوی رشد شهری در مقایسه با استفاده جداگانه از این رویکردها فراهم آورد.

روش پژوهش

به منظور دستیابی به هدف اصلی تحقیق، به دو مرحله اصلی شامل تولید نقشه‌های کاربری / پوشش اراضی با استفاده از

تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل نقشه‌های کاربری/ پوشش اراضی با استفاده از متریک‌های فضایی به منظور استخراج فرایندها و الگوهای رشد شهری این مطالعه توجه شده است.

برای بررسی تغییرات فضایی- زمانی کاربری/ پوشش اراضی در شهر تهران و نواحی پیرامون آن، ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM، MSS، و ETM+ در چهار مقطع زمانی ۱۳۵۲، ۱۳۶۴، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۲ نقشه‌های کاربری/ پوشش اراضی در سطح منطقه تحت مطالعه تولید شده است. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای به کار گرفته شده در جدول ۱ آمده است. برای تولید نقشه‌های پوشش اراضی از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا و نرم‌افزار eCognition استفاده شده است. در این روش تنها به بازتاب طیفی پدیده‌های روی زمین اکتفا نمی‌شود، بلکه شکل، الگوها و مساحت پدیده‌ها نیز به کار گرفته می‌شود. در طبقه‌بندی تصاویر به کار گرفته شده، پس از پیش پردازش تصاویر، مراحل اصلی کار این گونه است: ۱. قطعه‌بندی تصویر با روش Multi-resolution؛ ۲. طبقه‌بندی تصاویر با روش نظارت‌شده؛ ۳. ارزیابی صحت نتایج.

جدول ۱. فهرست تصاویر سنجش از دور به کار گرفته در تحقیق

ردیف/ گذر	نوع سنجنده	سنجنده	پلاتفرم	تاریخ	تعداد باند	قدرت تفکیک مکانی
۳۵/۱۶۵	Multi Spectral	MSS	LAND SAT-3	۱۳۵۲/۱۹۷۲	۴	۷۹ متر
۳۵/۱۶۴	Multi Spectral	TM	LAND SAT-5	۱۳۶۴/۱۹۸۵	۶	۳۰ متر
۳۵/۱۶۴	Multi Spectral	TM	LAND SAT-5	۱۳۷۱/۱۹۹۲	۶	۳۰ متر
۳۵/۱۶۴	Pan + Multi Spectral	ETM+	LAND SAT-7	۱۳۷۹/۲۰۰۰	۸	۳۰ متر
۳۵/۱۶۴	Pan + Multi Spectral	OLI	LAND SAT-8	۱۳۹۳/۲۰۱۴	۱۱	۳۰ متر

قطعه‌بندی اولین مرحله در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در روش شیء‌گرا است. در این مطالعه، قطعه‌بندی تصاویر با روش Multi-resolution انجام گرفته است. داده‌های ورودی برای قطعه‌بندی تصاویر MSS شامل باندهای ۱، ۲، ۳ و ۴ و در تصاویر TM و ETM+ شامل باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ است. وزن مربوط به پارامترهای شکل، رنگ، نرمی و فشردگی با امتحان ارزش‌های مختلف به منظور دستیابی به بهترین ارزش برای پارامترها انتخاب شده است. مجموعه پارامترهای نهایی پس از آزمون و خطاهای مختلف برای باندها برابر ۱، برای مقیاس ۵، برای شکل ۰/۲، برای رنگ ۰/۸، برای نرمی و فشردگی نیز ۰/۵ است. طبقه‌بندی، گام اساسی دیگر برای استخراج عوارض از تصاویر ماهواره‌ای با روش شیء‌گرا است. بر این اساس، ابتدا شاخص‌های گوناگونی برای هر کدام از قطعات تصویر تعریف شد و سپس با استفاده از روش نظارت‌شده، با لحاظ کردن داده‌های تعلیمی، طبقه‌بندی تصاویر انجام گرفت. پس از طبقه‌بندی تصاویر در پنج کلاس اصلی شامل اراضی ساخته‌شده شهری، اراضی صنعتی، اراضی بایر، پوشش گیاهی و آب، به منظور بهبود نتایج طبقه‌بندی از روش بصری استفاده شد. در این روش سعی شد تا با مروری بر نتایج طبقه‌بندی و انطباق آنها با تصاویر، خطاهای احتمالی اصلاح شود. برای ارزیابی دقت نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، از عکس‌های هوایی (عکس‌برداری شده در سال‌های ۱۳۵۸ و ۱۳۷۴ با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰ و ۱/۸۰۰۰)، تصاویر با کیفیت بالای آیکونوس (تصویربرداری سال ۱۳۸۰ با قدرت تفکیک ۱ متر) و نرم‌افزار Google Earth استفاده شد.

برای مدل‌سازی فرایندها و الگوهای تغییر کاربری / پوشش زمین در منطقه تحت مطالعه از متریک‌های فضایی استفاده شد. متریک‌های فضایی یکی از کارآمدترین روش‌ها برای درک ساختار، کارکرد و پوشش سیمای سرزمین اند و نقش محوری در یافتن راه‌حل‌ها و هدایت آینده شهری پایدار دارند. متریک‌های فضایی الگوریتم‌هایی اند که برای کمی‌سازی خصوصیات فضایی پچ‌ها، کلاس‌ها و کل سیمای سرزمین استفاده می‌شوند. این متریک‌ها ما را قادر به کمی‌سازی ناهمگنی فضایی کلاس‌های کاربری و شناسایی تغییرات در الگوهای رشد شهری می‌کنند. در این مطالعه، تغییرات کاربری / پوشش اراضی در منطقه تحت مطالعه با استفاده از متریک‌های فضایی و در نرم‌افزار FRAGSTATS بررسی و تجزیه و تحلیل شده است. محققان مختلف متریک‌های زیادی برای توصیف و کمی‌سازی تغییرات فضایی - زمانی سیمای سرزمین به کار گرفته‌اند، اما هنوز اتفاق نظری درباره نحوه انتخاب متریک‌ها وجود ندارد. بر این اساس، در مطالعه حاضر با توجه به اهداف تحقیق، نوع داده‌های در دسترس، نحوه طبقه‌بندی تصاویری ماهواره‌ای و مرور مطالعات قبلی (Deng et al., 2009; Herold et al., 2003; Herold et al., 2002; Ji et al., 2006; Luck & Wu, 2007; Weng, 2007; Tang et al., 2006; Seto & Fragkias, 2005; 2002)، متریک‌های فضایی زیر برای کمی‌سازی تغییرات کاربری / پوشش اراضی در شهر تهران و نواحی پیرامون به کار گرفته شده‌اند:

تعداد پچ‌ها (NP): این متریک تعداد پچ‌های هر کلاس کاربری خاص را در سیمای سرزمین محاسبه می‌کند. شاخص تعداد پچ‌ها ارزش تفسیری محدودی دارد، زیرا هیچ‌گونه اطلاعاتی را درباره مساحت، توزیع یا تراکم پچ‌ها در اختیار محقق قرار نمی‌دهد؛ با این حال، این متریک افزایش یا کاهش تعداد پچ‌های یک کلاس کاربری خاص را در طول زمان نشان می‌دهد (رابطه ۱).

$$NP = N \quad (1)$$

در این رابطه، N مجموع تعداد پچ‌های یک کلاس کاربری خاص در سیمای سرزمین است.

درصد سیمای سرزمین (PLAND): این متریک برابر مجموع مساحت پچ‌های یک کلاس کاربری خاص به مترمربع، تقسیم بر مساحت کل سیمای سرزمین است. واحد سنجش این متریک به صورت درصد است و دامنه ارزش‌های آن از ۰ تا ۱۰۰ است (رابطه ۲).

$$PLAND = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100) \quad (2)$$

در این رابطه، a_{ij} = مساحت پچ i به مترمربع و A = مجموع مساحت سیمای سرزمین به مترمربع است.

تراکم پچ (PD): این متریک برابر مجموع تعداد پچ‌های یک کلاس کاربری خاص، تقسیم بر مساحت کل سیمای سرزمین است. واحد سنجش این متریک تعداد به ازای ۱۰۰ هکتار است (رابطه ۳).

$$PD = \frac{n_i}{A} (10000) (100) \quad (3)$$

در این رابطه، n_i = تعداد پچ‌های کلاس کاربری i و A = مجموع مساحت سیمای سرزمین به مترمربع است. شاخص بزرگ‌ترین پچ (LPI): این شاخص اندازه‌ای ساده از نسبت مساحتی از کل سیمای سرزمین است که توسط بزرگ‌ترین پچ از یک کلاس کاربری خاص پوشانده شده است. شاخص بزرگ‌ترین پچ برابر مساحت بزرگ‌ترین پچ یک کلاس کاربری خاص به مترمربع تقسیم بر کل مساحتی از سیمای سرزمین است که توسط آن کلاس کاربری پوشانده شده است (رابطه ۴).

$$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} \times 100 \quad (4)$$

در این رابطه، a_{ij} = مساحت پچ ij به مترمربع و A = مجموع مساحت پچ‌های یک کلاس کاربری خاص به مترمربع است.

شاخص شکل منظر (LSI): شاخص شکل سیمای سرزمین اندازه‌ای استاندارد شده از مجموع لبه یا تراکم لبه که برای اندازه سیمای سرزمین تنظیم شده، در اختیار ما قرار می‌دهد. ارزش شاخص شکل منظر بزرگ‌تر و مساوی عدد ۱ است. شاخص شکل منظر زمانی برابر ۱ است که سیمای سرزمین شامل یک پچ منفرد مربع از یک کلاس کاربری خاص یا حداکثر فشردگی باشد. ارزش این شاخص زمانی افزایش می‌یابد که شکل سیمای سرزمین ناهمگن‌تر شود، یا اینکه طول لبه‌ها در یک کلاس کاربری خاص افزایش یابد (رابطه ۵).

$$LSI = \frac{0.25 \sum_{k=1}^m e_{ik}}{\sqrt{A}} \quad (5)$$

در این رابطه، e_{ik} مجموع طول لبه‌ها در سیمای سرزمین بین پچ‌های کلاس کاربری i و k و A مساحت کل سیمای سرزمین است.

میانگین اندازه پچ (MPS): این متریک میانگین مساحت پچ‌های یک کلاس کاربری خاص را محاسبه می‌کند. متریک میانگین اندازه پچ‌ها، تابعی از تعداد پچ‌های یک کلاس کاربری خاص و اندازه هر پچ است و می‌تواند در طول زمان افزایش یا کاهش یابد. ارزش‌های نزولی متریک میانگین اندازه پچ بیانگر این است که پچ‌های جدید در مقایسه با پچ‌های موجود با سرعت بیشتری در حال رشدند (رابطه ۶).

$$MPS = \frac{\sum a_{ij}}{n_i} (1/10000) \quad (6)$$

در این رابطه، a_{ij} مساحت پچ i در کلاس کاربری j و n_i تعداد پچ‌های کلاس کاربری i است. الگوی فضایی - زمانی رشد شهری مورد انتظار در کلان‌شهر تهران و تغییرات ارزش متریک‌ها با مرور مطالعات قبلی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. تغییر ارزش متریک‌های فضایی مورد نظر همگام با رشد شهری

متریک‌های فضایی	دوره‌های زمانی رشد شهری		
	تشکیل هسته اولیه رشد شهری	رشد شهری شتابان و پراکنده	هم‌گرایی رشد شهری
کل ناحیه شهری	افزایش	افزایش	افزایش
تعداد پج‌های شهری	افزایش	افزایش	کاهش
میانگین اندازه پج شهری	افزایش	کاهش	افزایش
مساحت بزرگ‌ترین پج شهری	افزایش	کاهش	افزایش
تراکم پج‌های شهری	نسبتاً پایدار	افزایش	کاهش
شکل سیمای سرزمین	نسبتاً منظم	افزایش بی‌نظمی	کاهش بی‌نظمی

Reference: Seto and Fragkias, 2005: 878; Seifolddini and Mansourian, 2014.

یافته‌های پژوهش و تجزیه و تحلیل

الگوی کاربری / پوشش اراضی شهر تهران

برای تولید نقشه کاربری / پوشش اراضی کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۵۲ از تصاویر ماهواره‌ای MSS با قدرت تفکیک مکانی ۷۹ متر استفاده شد. نقشه کاربری / پوشش اراضی تولیدشده دارای پنج کلاس شامل اراضی بایر، اراضی شهری، پوشش گیاهی، اراضی صنعتی و پهنه‌های آبی بوده و دقت کلی نتایج طبقه‌بندی ۸۸/۳ درصد است. نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در سال ۱۳۵۲ نشان می‌دهد که بیش از ۷۱ درصد از مساحت محدوده تحت مطالعه را اراضی بایر تشکیل داده‌اند. مساحت اراضی بایر در محدوده تحت مطالعه ۱۰۲۴۰۱ هکتار بوده است. اراضی شهری به عنوان دومین کلاس عمده، بیش از ۱۴/۶ درصد محدوده را در بر گرفته است. مساحت این کلاس کاربری در سال ۱۳۵۲، ۲۰۸۶۸ هکتار بوده است. سومین کلاس عمده در منطقه، پوشش گیاهی است که با مساحت حدود ۱۶۸۷۰ هکتار بیش از ۱۱/۸ درصد از مساحت محدوده تحت مطالعه را شامل می‌شود. کاربری صنعتی و پهنه‌های آبی نیز به ترتیب با مساحت حدود ۲۵۶۷ و ۶۷ هکتار بالغ بر ۱/۸ و ۰/۰۵ درصد از مساحت محدوده تحت مطالعه را تشکیل داده‌اند (جدول ۱ و شکل ۲).

تولید نقشه کاربری / پوشش اراضی کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۶۴ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر انجام گرفت. دقت کلی نتایج طبقه‌بندی ۹۲/۴ درصد است. نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در سال ۱۳۶۴ نشان می‌دهد که اراضی شهری با مساحتی بالغ بر ۳۸۹۲۱ هکتار، بیش از ۲۷ درصد از محدوده تحت مطالعه با مرکزیت کلان‌شهر تهران را شامل می‌شوند. پوشش گیاهی شامل مزارع کشاورزی، باغ‌ها، جنگل‌ها و پارک‌ها مساحتی حدود ۲۸۳۵۷ هکتار دارند، که دربرگیرنده ۱۹/۸ درصد از مساحت منطقه است. اراضی بایر شامل مناطق کوهستانی، زمین‌های آیش کشاورزی و زمین‌های بدون استفاده به عنوان عمده‌ترین کلاس دارای مساحتی بیش از ۶۹۸۱۸ هکتار و ۴۸/۹ درصد کل منطقه است. مناطق صنعتی و کلاس آب به ترتیب با مساحت ۵۶۰۹ و ۶۷ هکتار، حدود ۳/۹ و ۰/۰۵ درصد از اراضی کلان‌شهر تهران را در بر گرفته‌اند. (جدول ۱ و شکل ۲).

برای تولید نقشه کاربری/ پوشش اراضی کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۷۱ از تصاویر ماهواره‌ای TM با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استفاده شد. دقت کلی نتایج طبقه‌بندی ۹۲/۸ درصد است. نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که در سال ۱۳۷۱، بیش از ۴۲ درصد از محدوده تحت مطالعه را اراضی بایر در بر گرفته‌اند؛ مساحت این کلاس در سال ۱۳۷۱، ۶۰۱۵۲ هکتار بوده است. اراضی شهری به عنوان دومین کلاس اصلی در منطقه، مساحتی بالغ بر ۴۶۸۸۰ هکتار داشته، یا ۳۲/۸۳ درصد از سطح منطقه را پوشانده است. پوشش گیاهی به عنوان کاربری مهم دیگر در منطقه، دارای مساحتی حدود ۲۸۷۹۷ هکتار است که ۲۰/۱۷ درصد از مساحت محدوده تحت مطالعه را پوشانده است. بیش از ۴/۸ درصد از منطقه، که ۶۸۸۶ هکتار است، دارای کاربری صنعتی است و تنها ۵۸ هکتار پهنه‌های آبی در منطقه مشاهده شده است. نتایج مربوط به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای سال ۱۳۷۱ در جدول ۱ و شکل ۲ مشاهده می‌شود.

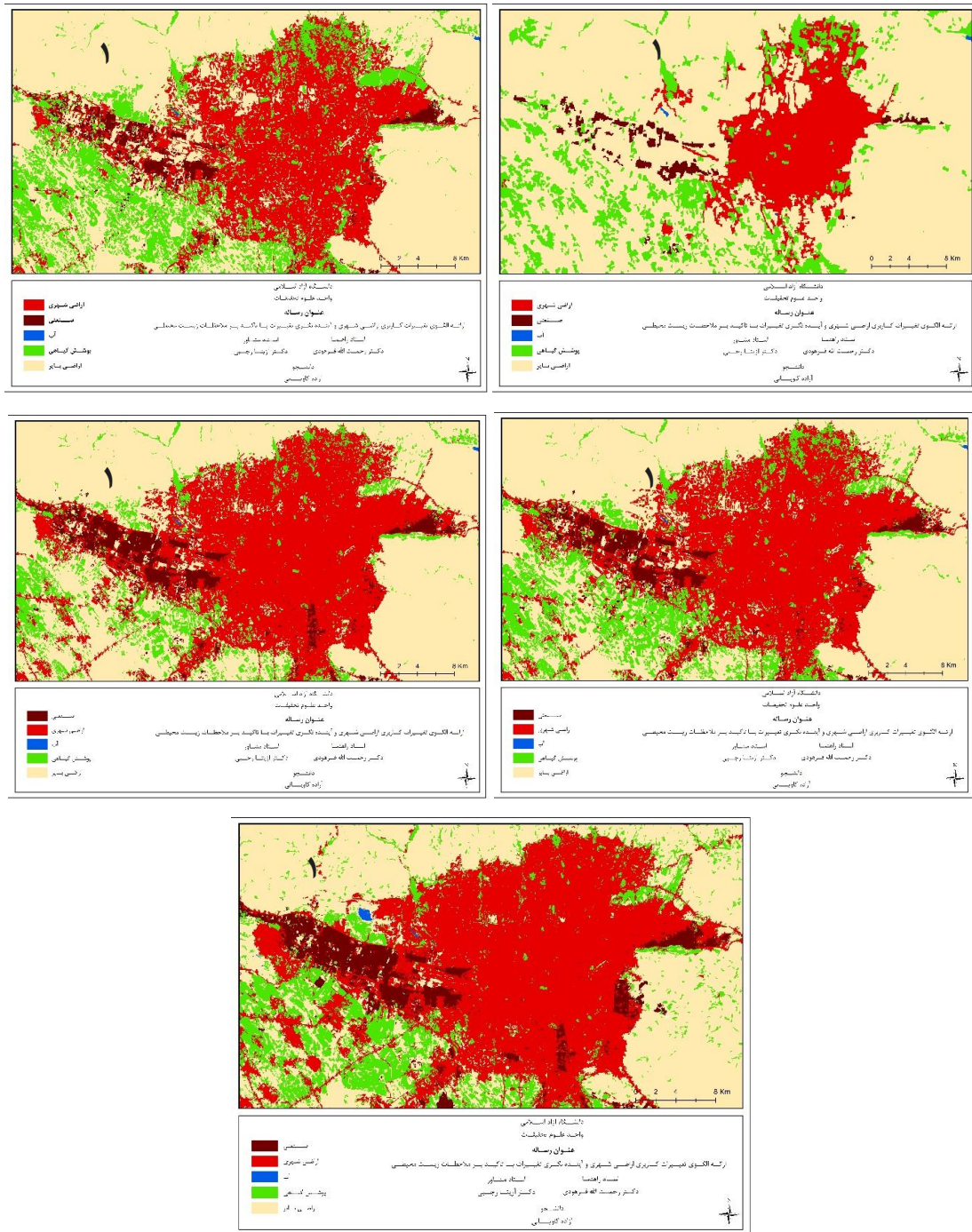
تولید نقشه کاربری/ پوشش اراضی کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۷۹ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر در باندهای مرئی و قدرت تفکیک ۱۵ متر در باند پانکروماتیک انجام گرفت. دقت کلی نتایج طبقه‌بندی ۹۵/۶ درصد است.

در سال ۱۳۷۹ اراضی بایر همچنان به عنوان کلاس اصلی در محدوده کلان‌شهر تهران، بیش از ۴۰ درصد از اراضی و ۵۷۳۸۹ هکتار از سطح منطقه را پوشانده است. نواحی شمالی و جنوب شرقی منطقه دارای بیشترین میزان اراضی بایر است. مساحت اراضی شهری با مساحتی حدود ۵۰۴۱۷ هکتار است و بیش از ۳۵ درصد مساحت منطقه را در بر گرفته است. در سال ۱۳۷۹ کلاس پوشش گیاهی با مساحتی بالغ بر ۲۷۰۶۴ هکتار حدود ۱۸/۹۶ درصد از محدوده تحت مطالعه را شامل می‌شود. این اراضی عمدتاً در جنوب غربی و جنوب کلان‌شهر تهران واقع شده‌اند. کلاس‌های کاربری صنعتی و پهنه‌های آبی نیز با مساحت‌های ۷۸۴۶ و ۵۷ هکتار، به ترتیب ۵/۴۹ و ۰/۰۴ درصد از کل منطقه را در بر گرفته‌اند (جدول ۳ و شکل ۲).

جدول ۳. الگوی کاربری/ پوشش اراضی کلان‌شهر تهران (۱۳۵۲-۱۳۹۳)

کاربری/ پوشش	۱۳۵۲		۱۳۶۴		۱۳۷۱		۱۳۷۹		۱۳۹۳	
	مساحت (Ha)	درصد	مساحت (Ha)	درصد	مساحت (Ha)	درصد	مساحت (Ha)	درصد	مساحت (Ha)	درصد
ساخته‌شده شهری	۲۰۸۶۸/۹۵	۱۴/۶۲	۳۸۹۲۱/۰۹	۲۷/۲۶	۴۶۸۸۰/۶۹	۳۲/۸۳	۵۰۴۱۷/۲۲	۳۵/۳۱	۵۶۷۶۷/۰۲	۳۹/۷۶
صنعتی	۲۵۶۷/۱۶	۱/۸۰	۵۶۰۹/۷۹	۳/۹۳	۶۸۸۶/۱۱	۴/۸۲	۷۸۴۶/۱۳	۵/۴۹	۹۸۵۴/۱۹	۶/۹۰
پوشش گیاهی	۱۶۸۷۰/۱۱	۱۱/۸۱	۲۸۳۵۷/۲۸	۱۹/۸۶	۲۷۷۹۷/۵۸	۲۰/۱۷	۲۷۰۶۴/۴۴	۱۸/۹۶	۲۷۴۸۳/۱۰	۱۹/۲۵
آب	۶۷/۳۳	۰/۰۵	۶۷/۷۹	۰/۰۵	۵۸/۲۴	۰/۰۴	۵۷/۷۱	۰/۰۴	۱۶۴/۳۴	۰/۱۱
اراضی بایر	۱۰۲۴۰۱/۳۷	۷۱/۷۲	۶۹۸۱۸/۹۷	۴۸/۹۰	۶۰۱۵۲/۳۲	۴۲/۱۴	۵۷۳۸۹/۴۳	۴۰/۱۹	۴۸۵۰۶/۲۸	۳۳/۹۷
کل اراضی	۱۴۲۷۷۴/۹۳	۱۰۰	۱۴۲۷۷۴/۹۳	۱۰۰	۱۴۲۷۷۴/۹۳	۱۰۰	۱۴۲۷۷۴/۹۳	۱۰۰	۱۴۲۷۷۴/۹۳	۱۰۰

برای تولید نقشه کاربری/ پوشش اراضی در کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۹۳ از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ اخذ شده توسط ماهواره لندست ۸ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر در باندهای مرئی، قدرت تفکیک ۱۵ متر در باند پانکروماتیک و قدرت تفکیک رادیومتریک بسیار بهتر در مقایسه با دیگر سنجنده‌های خانواده لندست استفاده شد. دقت کلی نتایج طبقه‌بندی ۹۷/۸ درصد است.



شکل ۲. الگوی کاربری/ پوشش اراضی کلان‌شهر تهران (۱۳۹۳-۱۳۵۲)

منبع: رساله دکتری نگارنده

در سال ۱۳۹۳ به عنوان آخرین مقطع زمانی تحت مطالعه، اراضی شهری به عنوان عمده‌ترین کلاس کاربری با مساحت حدود ۵۶۷۶۷ هکتار بیش از ۳۹ درصد از مساحت منطقه تحت مطالعه را به خود اختصاص داده است. اراضی بایر به عنوان دومین کلاس عمده، دارای مساحتی حدود ۴۸۵۰۶ هکتار است که این میزان بیش از ۳۳/۹ درصد از کل محدوده تحت مطالعه را شامل می‌شود. مساحت کلاس پوشش گیاهی در محدوده کلان‌شهر تهران ۲۷۴۸۳ هکتار است که دربرگیرنده بیش از ۱۹ درصد مساحت محدوده تحت مطالعه است. کلاس‌های اراضی صنعتی و پهنه‌های آبی نیز به ترتیب با مساحت ۹۸۵۴ و ۱۶۴ هکتار، ۶/۹ درصد و ۰/۱۱ درصد از مساحت منطقه تحت مطالعه را در بر دارند. نتایج مربوط به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در سال ۱۳۹۳ در جدول ۱ و شکل ۲ نمایش داده شده است.

تغییرات فضایی - زمانی کاربری / پوشش اراضی کلان‌شهر تهران (۱۳۵۲-۱۳۹۳)

تولید نقشه‌های پوشش و کاربری اراضی در سال‌های مختلف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای امکان کمی‌سازی و پایش تغییرات را در کلان‌شهر تهران فراهم می‌آورد. نتایج به‌طور واضح نشان می‌دهد که الگوی کلی تغییرات در منطقه کلان‌شهری تهران در جهت افزایش مداوم اراضی ساخته‌شده، شامل کاربری‌های شهری و صنعتی است. در مقابل، اراضی بایر به سبب زیر کشت رفتن و تبدیل به اراضی شهری و صنعتی روند کاهشی داشته است.

مساحت اراضی بایر در محدوده تحت مطالعه در سال ۱۳۵۲ بیش از ۱۰۲۴۰۱ هکتار بوده است؛ این میزان حدود ۷۱/۷ درصد از کل مساحت محدوده تحت مطالعه را شامل می‌شود. در فاصله سال‌های ۱۳۵۲ تا ۱۳۶۴ با کاهش حدود ۳۲ هزار هکتار از مساحت اراضی بایر، مساحت این کلاس پوشش اراضی به حدود ۶۹ هزار هکتار کاهش می‌یابد. در این دوره زمانی، سهم اراضی بایر از کل مساحت منطقه تحت مطالعه با نرخ رشد سالانه ۳/۱۴- درصد به حدود ۴۸/۹ درصد می‌رسد. این روند کاهشی در دوره‌های بعدی نیز ادامه می‌یابد؛ به‌طوری که در پایان دوره زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۱ مساحت اراضی بایر با نرخ رشد سالانه ۲/۱۵- درصد به حدود ۶۰ هزار هکتار کاهش می‌یابد. در انتهای این دوره ۷ ساله با کاهش مطلق ۹۶۶۶ هکتار از مساحت اراضی بایر در محدوده تحت مطالعه، سهم این کلاس پوشش اراضی از مساحت کل محدوده تحت مطالعه به ۴۲ درصد نزول می‌یابد. در بازه زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۹ میزان مطلق کاهش اراضی بایر حدود ۲۷۰۰ هکتار بوده است. در پایان این دوره، با نرخ رشد سالانه ۰/۵۹- درصد، سهم اراضی بایر از کل مساحت محدوده تحت مطالعه به حدود ۴۰ درصد کاهش می‌یابد. مساحت اراضی بایر در آخرین دوره تحت بررسی، یعنی در فاصله سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ با کاهش مطلق ۸۸۸۳ هکتار به حدود ۴۸ هزار هکتار می‌رسد. نرخ رشد اراضی بایر در این دوره ۱۳ ساله، ۱/۲۸- بوده است و سهم این کلاس پوشش اراضی در پایان دوره به ۳۳/۹ درصد کل مساحت محدوده تحت مطالعه کاهش می‌یابد. در کل می‌توان گفت که در بازه زمانی ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۳ به میزان ۵۳۸۹۵ هکتار از مساحت اراضی بایر کاسته شده و نرخ رشد سالانه اراضی بایر در این دوره ۴۱ ساله معادل ۱/۸۵- درصد بوده است؛ به‌طوری که سهم اراضی بایر از کل مساحت محدوده تحت مطالعه از ۷۱/۷ درصد در سال ۱۳۵۲ به حدود ۳۳/۹ درصد در سال ۱۳۹۳ کاهش یافته است (جدول ۳). مهم‌ترین دلایل کاهش اراضی بایر، به زیر کشت رفتن بخشی از این اراضی و تبدیل بخش‌هایی از آن به اراضی ساخته‌شده، شامل کاربری‌های شهری و صنعتی است.

اراضی ساخته‌شده شهری در سال ۱۳۵۲ بیش از ۲۳ هزار هکتار از اراضی محدوده تحت مطالعه را در بر گرفته‌اند. تمرکز اصلی اراضی شهری در سال ۱۳۵۲ در کلان‌شهر تهران بوده است. در سال ۱۳۶۴ با گذشت ۱۲ سال، تغییرات شایان ملاحظه‌ای در محدوده تحت مطالعه روی می‌دهد. اراضی ساخته‌شده شهری در سال ۱۳۶۴ به بیش از ۴۴ هزار هکتار افزایش می‌یابد. میزان افزایش مطلق اراضی شهری در این دوره ۲۱۰۹۴ هکتار و نرخ رشد سالانه اراضی شهری در این دوره زمانی معادل ۵/۴۹ درصد بوده است. بیشترین میزان تغییرات در کلان‌شهر تهران و غالباً به‌صورت رشد پیرامونی و پیوسته رخ داده است. در سال ۱۳۶۴، اراضی ساخته‌شده شهری بیش از ۴۴ هزار هکتار از مساحت محدوده تحت مطالعه را شامل شده‌اند. این میزان با افزایش ملموسی در سال ۱۳۷۱ به حدود ۵۳ هزار هکتار رسیده است. افزایش مطلق اراضی شهری در این دوره ۷ ساله ۹۲۳۵ هکتار و نرخ رشد سالانه اراضی شهری در این دوره زمانی ۳/۱۹ درصد بوده است که کاهش شایان توجهی را در مقایسه با دوره قبل نشان می‌دهد. بیشترین میزان تغییرات به‌صورت رشد درون‌زا و در قسمت‌های جنوب غربی محدوده تحت مطالعه دیده می‌شود. مساحت اراضی ساخته‌شده شهری در کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۷۱، ۵۳۷۶۶ هکتار بوده است. در سال ۱۳۷۹ میزان اراضی شهری با افزایش اندکی به بیش از ۵۸ هزار هکتار افزایش یافته است. میزان افزایش مطلق اراضی شهری در این دوره ۸ ساله ۴۴۹۶ هکتار و نرخ رشد سالانه اراضی شهری در این دوره زمانی ۱/۱۵ درصد است. بیشترین میزان تغییرات در شمال و شرق کلان‌شهر تهران رخ داده است. در این دوره با پر شدن فضای موجود در امتداد محورهای اصلی منطقه، رشد در پیرامون محورهای فرعی و بارگذاری در فضای میان محورهای اصلی آغاز می‌شود. مساحت اراضی ساخته‌شده شهری در کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۷۹، ۵۸۲۶۳ هکتار بوده است. در سال ۱۳۹۳ میزان اراضی شهری با افزایش شایان توجهی به بیش از ۶۶ هزار هکتار افزایش یافته است. میزان افزایش مطلق اراضی شهری در این دوره ۱۳ ساله ۸۳۵۷ هکتار و نرخ رشد سالانه اراضی شهری در این دوره زمانی ۱/۰۳ درصد است. بیشترین میزان تغییرات در پیرامون کلان‌شهر تهران، عمدتاً در نواحی پیرامونی شمال، شمال غربی، غرب، جنوب غربی و جنوب کلان‌شهر تهران رخ داده است. هم‌زمان با تحولات اجتماعی، اقتصادی و سیاسی ایران معاصر، کلان‌شهر تهران به عنوان پیچیده‌ترین سازمان فضایی کشور تغییرات شایان توجهی را تجربه کرده است. در ۴۰ سال گذشته اراضی شهری افزایش بی‌سابقه‌ای در محدوده کلان‌شهر تهران داشته است؛ به‌طوری که میزان اراضی ساخته‌شده شهری از ۲۳ هزار هکتار در سال ۱۳۵۲ به بیش از ۶۶ هزار هکتار در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است. میزان افزایش مطلق اراضی شهری در این دوره ۴۰ ساله ۴۳۱۸۵ هکتار و نرخ رشد سالانه اراضی شهری ۲/۶۵ درصد بوده است (جدول ۳).

مساحت اراضی صنعتی در محدوده تحت مطالعه در سال ۱۳۵۲ بیش از ۲۵۶۷ هکتار بوده است؛ این میزان حدود ۱/۸ درصد از کل مساحت محدوده تحت مطالعه را شامل می‌شود. در فاصله سال‌های ۱۳۵۲ تا ۱۳۶۴ با افزایش حدود ۳ هزار هکتار به مساحت اراضی صنعتی، مساحت این کلاس پوشش اراضی به حدود ۵۶۰۰ هکتار افزایش می‌یابد. در این دوره زمانی، سهم اراضی صنعتی از کل مساحت منطقه تحت مطالعه با نرخ رشد سالانه ۱/۸ درصد به حدود ۳/۹۳ درصد می‌رسد. این روند افزایشی در دوره‌های بعدی نیز ادامه می‌یابد؛ به‌طوری که در پایان دوره زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۱ مساحت اراضی صنعتی با نرخ رشد سالانه ۳/۹۳ درصد به حدود ۶۸۸۶ هکتار افزایش می‌یابد. در انتهای این دوره ۷ ساله با

افزایش مطلق ۱۲۷۶ هکتار به مساحت اراضی صنعتی در محدوده تحت مطالعه، سهم این کلاس پوشش اراضی از مساحت کل محدوده تحت مطالعه به ۴/۸ درصد افزایش می‌یابد. در بازه زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۹ میزان افزایش مطلق اراضی صنعتی حدود ۹۶۰ هکتار است؛ در پایان این دوره با نرخ رشد سالانه ۱/۶۴ درصد، سهم اراضی صنعتی از کل مساحت محدوده تحت مطالعه به حدود ۵/۵ درصد افزایش می‌یابد. مساحت اراضی صنعتی در آخرین دوره تحت بررسی یعنی در فاصله سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ با افزایش مطلق ۲۰۰۸ هکتار به حدود ۹۸۵۴ هکتار می‌رسد؛ نرخ رشد اراضی صنعتی در این دوره ۱۳ ساله ۱/۷۷ است و سهم این کلاس پوشش اراضی در پایان دوره به ۶/۹ درصد کل مساحت محدوده تحت مطالعه افزایش می‌یابد. در کل می‌توان گفت که در بازه زمانی ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۳ حدود ۷۲۸۷ هکتار به مساحت اراضی صنعتی افزوده شده و نرخ رشد سالانه اراضی صنعتی در این دوره ۴۱ ساله ۳/۴۲ درصد بوده است؛ به طوری که سهم اراضی صنعتی از کل مساحت محدوده تحت مطالعه از ۱/۸ درصد در سال ۱۳۵۲ به حدود ۶/۹ درصد در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است (جدول ۳).

مساحت پوشش گیاهی در محدوده تحت مطالعه در سال ۱۳۵۲ بیش از ۱۶۸۷۰ هکتار بوده است؛ این میزان حدود ۱۱/۸ درصد از کل مساحت محدوده تحت مطالعه را شامل می‌شد. در فاصله سال‌های ۱۳۵۲ تا ۱۳۶۴ با افزایش حدود ۱۱ هزار هکتار به مساحت پوشش گیاهی، مساحت این کلاس پوشش اراضی به حدود ۲۸۳۵۰ هکتار افزایش می‌یابد. در این دوره زمانی، سهم پوشش گیاهی از کل مساحت منطقه تحت مطالعه با نرخ رشد سالانه ۴/۴۲ درصد به حدود ۱۹/۸۶ درصد می‌رسد. این روند افزایشی در دوره بعدی با آهنگ کندتری ادامه می‌یابد؛ به طوری که در پایان دوره زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۱ مساحت پوشش گیاهی با نرخ رشد سالانه ۰/۲۲ درصد به حدود ۲۸۷۹۷ هکتار افزایش می‌یابد. در انتهای این دوره ۷ ساله، با افزایش مطلق ۴۴۰ هکتار به مساحت پوشش گیاهی در محدوده تحت مطالعه، سهم این کلاس پوشش اراضی از مساحت کل محدوده تحت مطالعه به ۲۰/۱۷ درصد افزایش می‌یابد. در بازه زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۹ میزان کاهش مطلق پوشش گیاهی حدود ۱۷۳۳ هکتار بوده است. در پایان این دوره با نرخ رشد سالانه ۰/۷۷- درصد، سهم پوشش گیاهی از کل مساحت محدوده تحت مطالعه به حدود ۱۸/۹۶ درصد کاهش می‌یابد. مساحت پوشش گیاهی در آخرین دوره تحت بررسی یعنی در فاصله سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ با افزایش مطلق ۴۱۸ هکتار به حدود ۲۷۴۸۳ هکتار می‌رسد. نرخ رشد پوشش گیاهی در این دوره ۱۳ ساله ۰/۱۲ بوده و سهم این کلاس پوشش اراضی در پایان دوره به ۱۹/۲۵ درصد کل مساحت محدوده تحت مطالعه افزایش می‌یابد. در کل می‌توان گفت که در بازه زمانی ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۳ حدود ۱۰۶۱۳ هکتار به مساحت پوشش گیاهی افزوده شده و نرخ رشد سالانه پوشش گیاهی در این دوره ۴۱ ساله ۱/۲۳ درصد بوده است؛ به طوری که سهم پوشش گیاهی از کل مساحت محدوده تحت مطالعه از ۱۱/۸۱ درصد در سال ۱۳۵۲ به حدود ۱۹/۲۵ درصد در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است (جدول ۳).

مساحت پهنه‌های آبی در محدوده تحت مطالعه در سال ۱۳۵۲ بیش از ۶۷ هکتار بوده است؛ این میزان حدود ۰/۰۵ درصد از کل مساحت محدوده تحت مطالعه را شامل می‌شد. در فاصله سال‌های ۱۳۵۲ تا ۱۳۶۴ مساحت پهنه‌های آبی تغییر چندانی نداشته و در همان رقم ۶۷ هکتار باقی می‌ماند. این روند ثابت در دوره بعدی به روندی کاهشی تبدیل می‌شود؛ به طوری که در پایان دوره زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۱ مساحت پهنه‌های آبی با نرخ رشد سالانه ۲/۱۴- درصد به

حدود ۵۸ هکتار کاهش می‌یابد. در انتهای این دوره ۷ ساله با کاهش مطلق ۹/۵۵ هکتار از مساحت پهنه‌های آبی در محدوده تحت مطالعه، سهم این کلاس پوشش اراضی از مساحت کل محدوده تحت مطالعه به ۰/۰۴ درصد کاهش می‌یابد. در بازه زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۹ مساحت پهنه‌های آبی در محدوده تحت مطالعه تقریباً ثابت بوده است. مساحت پهنه‌های آبی در آخرین دوره تحت بررسی یعنی در فاصله سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ با افزایش مطلق ۱۰۶ هکتار به حدود ۱۶۴ هکتار می‌رسد. نرخ رشد پهنه‌های آبی در این دوره ۱۳ ساله ۸/۳۸ درصد بوده و سهم این کلاس پوشش اراضی در پایان دوره به ۰/۱۱ درصد کل مساحت محدوده تحت مطالعه افزایش می‌یابد. در کل می‌توان گفت که در بازه زمانی ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۳ حدود ۹۷ هکتار به مساحت پهنه‌های آبی افزوده شده و نرخ رشد سالانه پهنه‌های آبی در این دوره ۴۱ ساله ۲/۲۵ درصد بوده است؛ به طوری که سهم پهنه‌های آبی از کل مساحت محدوده تحت مطالعه از ۰/۰۵ درصد در سال ۱۳۵۲ به حدود ۰/۱۱ درصد در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است (جدول ۴).

جدول ۴. تغییرات فضایی- زمانی کاربری / پوشش اراضی در محدوده تحت مطالعه (۱۳۵۲-۱۳۹۳)

کاربری	۱۳۵۲-۱۳۶۴	۱۳۶۴-۱۳۷۱	۱۳۷۱-۱۳۷۹	۱۳۷۹-۱۳۹۳	۱۳۵۲-۱۳۹۳
اراضی شهری	تغییرات مطلق (هکتار)	+۱۸۰۵۲/۱۴	+۷۹۵۹/۶	+۳۵۳۶/۵۳	+۳۵۸۹۸/۰۷
	نرخ رشد سالانه (درصد)	۵/۳۳	۲/۶۹	۰/۹۱	۰/۹۲
اراضی بایر	تغییرات مطلق (هکتار)	-۳۲۵۸۲/۴	-۹۶۶۶/۶۵	-۲۷۶۲/۸۹	-۵۳۸۹۵/۰۹
	نرخ رشد سالانه (درصد)	-۳/۱۴	-۲/۱۵	-۰/۵۹	-۱/۲۸
اراضی صنعتی	تغییرات مطلق (هکتار)	+۳۰۴۲/۶۳	+۱۲۷۶/۳۲	+۹۶۰/۰۲	+۷۲۸۷/۰۳
	نرخ رشد سالانه (درصد)	۶/۷۳	۲/۹۷	۱/۶۴	۱/۷۷
پوشش گیاهی	تغییرات مطلق (هکتار)	۱۱۴۸۷/۱۷	۴۴۰/۲۹	-۱۷۳۳/۱۳	+۱۰۶۱۲/۹۹
	نرخ رشد سالانه (درصد)	۴/۴۲	۰/۲۲	-۰/۷۷	۰/۱۲
پهنه‌های آبی	تغییرات مطلق (هکتار)	۰/۴۶	-۹/۵۵	-۰/۵۳	+۹۷/۰۱
	نرخ رشد سالانه (درصد)	+۰/۰۵۷	-۲/۱۴	-۰/۱۱	+۸/۳۸

تحلیل الگوهای فضایی - زمانی رشد اراضی شهری در کلان‌شهر تهران

بررسی رشد شهری در کلان‌شهر تهران بر اساس میزان مطلق تغییرات، نرخ رشد سالانه اراضی شهری و نمایش فضایی آنها، درک و شناختی اولیه در زمینه تغییرات فضایی - زمانی رشد شهری فراهم می‌آورد. استفاده از متریک‌های فضایی در قالب رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین می‌تواند درک ما را نسبت به فرایندها و الگوهای رشد شهری در محدوده تحت مطالعه تکمیل کند. به منظور بررسی و تحلیل فضایی - زمانی الگوی تغییرات کاربری اراضی شهری در کلان‌شهر تهران و محدوده پیرامون آن از متریک‌های فضایی استفاده شده است.

متریک درصد اراضی شهری از کل منظر: متریک درصد اراضی شهری از کل منظر، یکی از سنج‌های مورد استفاده به منظور اندازه‌گیری سهم کاربری‌های گوناگون در محدوده تحت مطالعه است. انتظار می‌رود با گذر زمان و افزایش جمعیت شهری در یک منطقه، سهم کاربری‌های شهری در آن منطقه افزایش یابد. با توجه به رشد شتابان جمعیت شهری در کلان‌شهر تهران و نواحی پیرامون آن در چند دهه اخیر، نسبت اراضی شهری به دیگر کاربری‌ها در محدوده تحت مطالعه به سرعت افزایش یافته است. نتایج تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که سهم اراضی شهری از کل مساحت محدوده تحت مطالعه در سال ۱۳۵۲، ۱۴/۶ درصد بوده است. این میزان با افزایش شایان توجهی در سال ۱۳۹۳ به عدد ۳۹/۷۶ درصد از کل محدوده تحت مطالعه افزایش یافته است. بنابراین، می‌توان گفت که با توجه به رشد شتابان جمعیت در کلان‌شهر تهران و نواحی پیرامون آن، مساحت اراضی شهری در مقایسه با دیگر کاربری‌ها به سرعت افزایش یافته است (نمودار ۱).

متریک تعداد پچ‌های شهری: متریک تعداد پچ‌های شهری، سنج‌ای از نواحی شهری منفصل است که انتظار می‌رود در دوره شتابان رشد شهری افزایش یابد و به‌مرور با گسترش پچ‌های شهری و ترکیب آنها به عنوان یک پچ پیوسته شهری، کاهش یابد (Seifoddini and Mansourian, 2014: 73). هم‌زمان با تغییرات رشد شهری در کلان‌شهر تهران و محدوده پیرامون آن، متریک تعداد پچ‌های شهری تغییرات شایان توجهی داشته است. تعداد پچ‌های شهری در محدوده تحت مطالعه در سال ۱۳۵۲ در کمترین میزان ۹۵ پچ بوده است. تعداد پچ‌های شهری در سال ۱۳۶۴ هم‌زمان با رشد شتابان در منطقه، با بیشترین میزان رشد به بیش از ۶۹۱ پچ افزایش می‌یابد. تعداد پچ‌های شهری در سال ۱۳۷۱ با کاهش شایان توجهی به مرز ۵۹۰ پچ شهری رسیده است. در سال ۱۳۷۹ تعداد پچ‌ها با ادامه روند کاهش خود به حدود ۴۹۴ پچ نزول یافته است و این وضعیت تا سال ۱۳۹۳ ادامه می‌یابد؛ به طوری که تعداد پچ‌های شهری در سال ۱۳۹۳ به حدود ۳۲۴ پچ کاهش می‌یابد. بررسی کلی روند تغییرات تعداد پچ‌های شهری در محدوده تحت مطالعه نشان می‌دهد که در دهه ۱۳۵۰ با توجه به تمرکز رشد در مرکز کلان‌شهر تهران و پیوسته بودن این رشد، تعداد پچ‌های شهری در کمترین تعداد ممکن بوده است؛ اما با آغاز رشد شتابان و گسسته در پیرامون کلان‌شهر تهران از دهه ۱۳۶۰، به سرعت بر تعداد پچ‌های شهر افزوده می‌شود. با این حال، از دهه ۱۳۷۰ با توجه به وجود فضاهای خالی فراوان میان پچ‌های شهری و تمرکز رشد در این فضاهای خالی بینابینی، تعداد پچ‌های شهری روند کاهش پیدا کرده و این وضعیت تا زمان حاضر نیز ادامه یافته است (نمودار ۱).

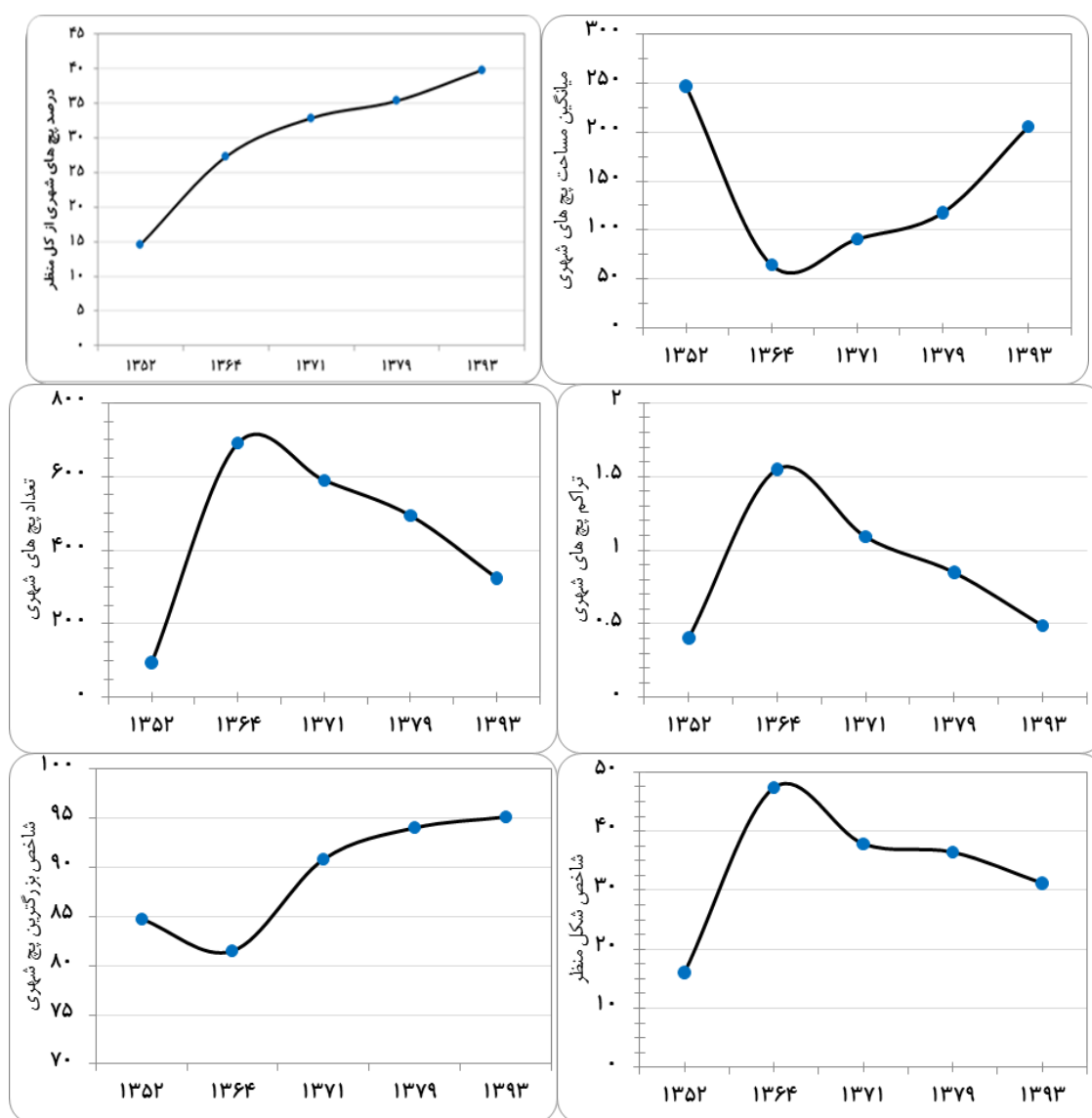
متریک میانگین اندازه پچ‌های شهری: متریک میانگین اندازه پچ‌ها تابعی از تعداد پچ‌های شهری و مساحت

هر پج شهری است و می‌تواند در طول زمان افزایش یا کاهش یابد. ارزش‌های نزولی متریک میانگین مساحت پج‌های شهری بیانگر این است که مراکز شهری جدید در مقایسه با نواحی شهری موجود با سرعت بیشتری در حال رشدند. به عبارت دیگر، رشد شهری بیشتر به عنوان فرایند شکل‌گیری هسته‌های جدید یا چندگانه رخ می‌دهد تا گسترش و الحاق (Seto & Fragkias, 2005: 878). نتایج متریک میانگین اندازه پج‌های شهری در محدوده تحت مطالعه نشان می‌دهد که در سال ۱۳۵۲ میانگین مساحت پج‌های شهری ۲۴۶ هکتار بوده است و این نشان‌دهنده تسلط الگوی رشد متمرکز در منطقه است. در سال ۱۳۶۴ ارزش متریک به ۶۴/۵ هکتار کاهش می‌یابد. این کاهش شایان توجه در متریک میانگین اندازه پج‌های شهری نشان‌دهنده ورود به الگوی رشد پراکنده است. میانگین اندازه پج‌ها در سال ۱۳۷۱، ۹۰/۹ هکتار بوده است. گرچه ارزش متریک افزایش یافته است، اما همچنان میانگین اندازه پج‌ها در حد پایینی قرار دارد. سال ۱۳۷۹ میانگین اندازه پج‌ها با تداوم روند افزایشی خود به عدد ۱۱۷/۹ هکتار رسیده و این میزان با رشد شایان توجهی در سال ۱۳۹۲ به ۲۰۵/۸ هکتار رسیده است (نمودار ۱). در تحلیلی کلی می‌توان گفت که بیشترین ارزش میانگین متریک اندازه پج‌های شهری مربوط به دهه ۱۳۵۰ است؛ زمانی که الگوی رشد در کلان‌شهر تهران به صورت رشد متمرکز بوده است. با آغاز و شدت گرفتن رشد شهری پراکنده در دهه ۱۳۶۰، میانگین مساحت پج‌های شهری به کمترین میزان در چهل سال اخیر رسیده است. از دهه ۱۳۷۰ تا زمان حاضر با توجه تمرکز رشد شهری در فضاهای بینابینی پج‌های شهری، ارزش مربوط به متریک میانگین مساحت پج‌های شهری دارای روند صعودی بوده است؛ به طوری که ارزش این متریک در دهه ۱۳۹۰ به بیش از ۲۰۰ هکتار می‌رسد.

متریک تراکم پج‌های شهری: متریک تراکم پج‌های شهری تابعی از تعداد پج‌های شهری و مساحت محدوده تحت مطالعه است. به عبارت دیگر، با افزایش تعداد پج‌های شهری، ارزش این متریک افزایش می‌یابد و با کاهش تعداد پج‌های شهری، ارزش این متریک با کاهش مواجه می‌شود. نتایج تحلیل برای متریک تراکم پج‌های شهری نشان می‌دهد کمترین میزان تراکم در سال ۱۳۵۲ مشاهده می‌شود. در این دوره تراکم پج‌ها ۰/۴۱ در هکتار بوده است. به مرور با رشد شهری پراکنده و شکل‌گیری هسته‌های جدید شهری در منطقه، ارزش متریک در سال ۱۳۶۴ به بالاترین میزان خود یعنی حدود ۱/۵۵ پج در هکتار می‌رسد. با آغاز فرایند هم‌گرایی و ادغام پج‌های شهری از سال ۱۳۷۱، تراکم پج‌ها کاهش یافته است؛ به طوری که در سال ۱۳۷۱ عدد ۱/۰۹ و در سال ۱۳۷۹ عدد ۰/۸۵ در هکتار را نشان می‌دهد. در سال ۱۳۹۳ متریک با کاهش شایان توجهی عدد ۰/۴۹ در هکتار را نشان می‌دهد (نمودار ۱).

متریک بزرگ‌ترین پج شهری: متریک بزرگ‌ترین پج، حاصل تقسیم مساحت بزرگ‌ترین پج بر مساحت همه پج‌های مربوط به یک کلاس کاربری است. در آغاز فرایند رشد شهری، متریک بزرگ‌ترین پج در بالاترین میزان قرار داشته و سپس در دوره رشد پراکنده به سبب شکل‌گیری هسته‌های جدید، رو به کاهش نهاده و نهایتاً در دوره هم‌گرایی افزایش می‌یابد. نتایج تحلیل متریک بزرگ‌ترین پج در کلان‌شهر تهران و محدوده پیرامون آن نشان می‌دهد که در سال ۱۳۵۲، ارزش متریک در پایین‌ترین میزان خود، یعنی ۸۴/۷ قرار داشته و سپس با گذر زمان دارای روند افزایشی بوده است؛ به طوری که ارزش متریک بزرگ‌ترین پج شهری در سال ۱۳۶۴ به عدد ۹۱/۵ و در سال ۱۳۷۱ به عدد ۹۳/۸ هکتار رسیده است. این روند افزایشی مساحت بزرگ‌ترین پج شهری در سال‌های بعدی نیز ادامه یافته و در سال ۱۳۷۹، ۹۴ هکتار و در سال ۱۳۹۳، ۹۵/۱ هکتار بوده است (نمودار ۱).

شاخص شکل منظر: شاخص شکل سیمای سرزمین مجموع طول لبه یک کلاس کاربری خاص تقسیم بر حداقل طول لبه برای همان کلاس در فشرده‌ترین شکل ممکن است. در آغاز فرایند رشد شهری در یک منطقه، انتظار می‌رود که ارزش شاخص شکل منظر در پایین‌ترین میزان ممکن باشد و سپس با شروع پراکنده‌رویی، ارزش این شاخص به سرعت افزایش یافته و نهایتاً به دنبال هم‌گرایی پیچ‌های پراکنده، ارزش شاخص شکل منظر کاهش یابد. نتایج تحلیل متریک شکل منظر در کلان‌شهر تهران و محدوده پیرامون آن نشان می‌دهد که ارزش این متریک در سال ۱۳۵۲ در پایین‌ترین میزان خود یعنی ۱۵/۵ بوده و سپس با گذر زمان در دهه ۱۳۶۰ روندی افزایشی را طی کرده و در سال ۱۳۶۴ به عدد ۴۷ رسیده است. به دنبال هم‌گرایی پیچ‌های شهری در دهه ۷۰ و ۸۰ ارزش متریک شکل منظر در سال‌های ۱۳۷۱، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۳ به ترتیب به اعداد ۳۸، ۳۶/۵ و ۳۱/۲ می‌رسد که نشان‌دهنده فشرده‌تر شدن شکل شهری در محدوده تحت مطالعه است.



نمودار ۱. تحلیل فرایندها و الگوهای رشد شهری با استفاده از متریک‌های فضایی (۱۳۵۲-۱۳۹۳)

نتیجه‌گیری

شهرنشینی و رشد شهری به عنوان پدیده‌ای جهانی، همه کشورهای دنیا را تحت تأثیر قرار داده است. شدت تأثیرات این پدیده در ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه در چند دهه اخیر به اوج خود رسیده است. اندرکنش نیروها و عوامل محرک گوناگون درونی و بیرونی و تحولات ناشی از آنها، موتور محرک شهرنشینی در ایران بوده است؛ اما فرایند شهرنشینی و رشد شهری در ایران با توجه به شدت و ضعف عوامل محرک و تحولات جامعه، در هر دوره زمانی خود را در قالب الگوهای خاصی بازنمایی کرده است.

شهرنشینی و رشد شهری در ایران تحت تأثیر عملکرد ساختار متمرکز کشور در راستای بسط روابط سرمایه‌داری پیرامونی از سال ۱۳۰۰ در مسیر تمرکزگرایی قدم می‌گذارد. این فرایند تمرکزگرایی خود را در قالب الگوی نخست شهری نشان می‌دهد. در این الگو، شهر تهران به سبب وجود صرفه‌های ناشی از تجمع تا سال اواخر دهه ۱۳۵۰ بیش از یک چهارم جمعیت شهری ایران را به خود اختصاص می‌دهد. در واقع، بازتاب فضایی تحولات اجتماعی، اقتصادی و سیاسی ایران تا اواسط دهه ۱۳۵۰، تمرکز رشد در شهر تهران است. با کاهش صرفه‌های ناشی از تجمع و اوج گرفتن مشکلات ناشی از الگوی نخست شهری، سیاست‌های لازم برای مقابله با رشد شتابان و فزاینده نخست شهری در ایران اتخاذ می‌شود. بنابراین، از دهه ۱۳۵۰ به بعد، شهرنشینی و رشد شهری ایران در مسیر تمرکززدایی قدم می‌گذارد؛ اما فرایند تمرکززدایی در ایران همانند دیگر کشورهای در حال توسعه، خود را به صورت پراکنش متمرکز نشان می‌دهد.

نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که در بازه زمانی ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۳ به میزان ۵۳۸۹۵ هکتار از مساحت اراضی بایر کاسته می‌شود و نرخ رشد سالانه اراضی بایر در این دوره ۴۱ ساله ۱/۸۵- درصد است؛ به طوری که سهم اراضی بایر از کل مساحت محدوده تحت مطالعه از ۷۱/۷ درصد در سال ۱۳۵۲ به حدود ۳۳/۹ درصد در سال ۱۳۹۳ کاهش می‌یابد. مهم‌ترین دلایل کاهش اراضی بایر، به زیر کشت رفتن بخشی از این اراضی و تبدیل بخش‌هایی از آن به اراضی ساخته‌شده، شامل کاربری‌های شهری و صنعتی است. در ۴۰ سال گذشته اراضی شهری افزایش بی‌سابقه‌ای در محدوده کلان‌شهر تهران داشته است؛ به طوری که میزان اراضی ساخته‌شده شهری از ۲۳ هزار هکتار در سال ۱۳۵۲ به بیش از ۶۶ هزار هکتار در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است. میزان افزایش مطلق اراضی شهری در این دوره ۴۰ ساله ۴۳۱۸۵ هکتار و نرخ رشد سالانه اراضی شهری ۲/۶۵ درصد است. در بازه زمانی ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۳ حدود ۷۲۸۷ هکتار به مساحت اراضی صنعتی افزوده می‌شود و نرخ رشد سالانه اراضی صنعتی در این دوره ۴۱ ساله ۳/۴۲ درصد است؛ به طوری که سهم اراضی صنعتی از کل مساحت محدوده تحت مطالعه از ۱/۸ درصد در سال ۱۳۵۲ به حدود ۶/۹ درصد در سال ۱۳۹۳ افزایش می‌یابد. مساحت پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۳ حدود ۱۰۶۱۳ هکتار افزایش داشته و نرخ رشد سالانه پوشش گیاهی در این دوره ۴۱ ساله ۱/۲۳ درصد است؛ به طوری که سهم پوشش گیاهی از کل مساحت محدوده تحت مطالعه از ۱۱/۸۱ درصد در سال ۱۳۵۲ به حدود ۱۹/۲۵ درصد در سال ۱۳۹۳ افزایش می‌یابد. سهم پهنه‌های آبی از کل مساحت محدوده تحت مطالعه نیز با نرخ رشد سالانه ۲/۲۵ درصد از ۰/۰۵ درصد در سال ۱۳۵۲ به حدود ۰/۱۱ درصد در سال ۱۳۹۳ افزایش می‌یابد. بنابراین، می‌توان کاهش شدید اراضی بایر و افزایش شدید اراضی ساخته‌شده شامل اراضی شهری و صنعتی را مهم‌ترین تغییرات کاربری/پوشش زمین در چهار دهه اخیر در کلان‌شهر تهران و محدوده پیرامون آن دانست.

داده‌های سنجش از دور در ترکیب با متریک‌های فضایی می‌توانند منبع منحصر به فردی از اطلاعات را برای بررسی چگونگی تغییر خصوصیات فضایی شهرها در طول زمان فراهم آورند. تغییر در متریک‌ها در طول زمان به عنوان نشانه‌هایی تعبیر می‌شوند که معرف فرایندهای کلی رشد شهری و تأثیر این فرایندها بر ساختار فضایی شهری در مقیاس منطقه‌ای و شهری اند. الگوهای رشد شهری در این پنج مقطع زمانی تحت مطالعه شواهد تجربی کافی را برای اکتشاف قاعده‌مندی‌های عام در زمینه پوشش فضایی - زمانی رشد شهری کلان‌شهر فراهم آورد؛ به طوری که می‌توان آن را در قالب یک چارچوب نظری خلاصه کرد. نتایج نشان داد که تکامل فضایی شهری در کلان‌شهری تهران می‌تواند به عنوان فرایند سه مرحله‌ای تشکیل هسته‌های اولیه، پخشایش و هم‌گرایی توصیف شود؛ همان فرایندی که در بسیاری از مطالعات رشد شهری در مناطق مختلف دنیا نشان داده شده است. بر مبنای این چارچوب، گسترش منطقه شهری از یک هسته یا مرکز قدیمی آغاز می‌شود، رشد می‌کند و به سمت مراکز توسعه منفرد جدید پخش می‌گردد. این فرایند پخش در امتداد خط سیر رشد ارگانیک و توسعه روبه‌بیرون استمرار می‌یابد. پس از آن، تغییرات فضایی تکاملی و پیوسته به سمت به هم پیوستگی لکه‌های منفرد شهری حرکت می‌کند. این مرحله انتقالی در اصل شامل توسعه فضاهای باز بین هسته مرکزی شهر و مراکز پیرامونی است. این الگوی مفهومی رشد ادامه می‌یابد و سیستم به سمت وضعیت اشباع و متراکم شدن پیشروی می‌کند. این انباشت نهایی می‌تواند به عنوان یک هسته شهری اولیه برای شهرنشینی مجدد در محدوده‌ای با وسعت بیشتر و با جزئیات کمتر در نظر گرفته شود. از متریک‌های فضایی برای آزمون چارچوب مفهومی تحت نظر استفاده شد.

نتایج تحلیل متریک‌های فضایی در کلان‌شهر تهران و پیرامون آن نشان داد که در مرحله شکل‌گیری هسته‌های شهری اولیه، درصد پچ‌های شهری از کل منظر، تعداد پچ‌های شهری، تراکم پچ‌ها و شاخص شکل منظر در کمترین میزان و میانگین مساحت پچ‌های شهری و متریک بزرگ‌ترین پچ در بیشترین میزان قرار دارد. در مرحله پخشایش، تعداد زیادی از لکه‌های شهری جدید در پیرامون هسته‌های اولیه شهری شکل می‌گیرند. بر این اساس، تعداد پچ‌ها و تراکم پچ‌های شهری و شاخص شکل منظر به سرعت افزایش می‌یابد، میانگین مساحت پچ‌ها و شاخص بزرگ‌ترین پچ رو به کاهش می‌گذارد، سهم پچ‌های شهری در منظر بیشتر می‌شود و میانگین فاصله پچ‌های شهری به شدت کاهش می‌یابد. در پایان این مرحله، فرایند هم‌گرایی نخستین نشانه‌های خود را در ساختار شهری منطقه نشان می‌دهد. در فاز نخست مرحله هم‌گرایی، با گسترش و رشد لکه‌های شهری، برخی از پچ‌های شهری به هم پیوند می‌خورند و لکه‌های بزرگ‌تری شکل می‌گیرد؛ بنابراین تعداد پچ‌های شهری و تراکم آنها کاهش می‌یابد، میانگین مساحت پچ‌های شهری و شاخص بزرگ‌ترین پچ افزایش می‌یابد و فاصله میان پچ‌های شهری نیز رو به کاهش می‌گذارد. فاز دوم در مرحله هم‌گرایی با کاهش در ارزش متریک‌های تعداد پچ، تراکم پچ و شاخص شکل منظر و افزایش در ارزش متریک‌های بزرگ‌ترین پچ، سهم پچ‌های شهری از کل منظر و میانگین مساحت پچ‌های شهری همراه است. زمانی این چرخه به پایان می‌رسد که در منطقه تنها شاهد یک پچ شهری منفرد باشیم که حاصل هم‌گرایی همه پچ‌های شهری موجود در منطقه تحت مطالعه است.

مقایسه نتایج این مطالعه با دیگر مطالعات (Li et al., 2004; Zhang et al., 2011; Yu et al., 2007; Yu et al., 2006; Yang et al., 2003; Xu et al., 2007; Luck et al., 2002; Ji et al., 2006; Aguilera, 2011;

(Seifolddini and Mansourian, 2014) نشان می‌دهد که فرایند رشد شهری در اغلب شهرها و در کشورهای مختلف در قالب فازهای متوالی رشد شهری که به حالت موجی به سمت بیرون از مرکز شهر در حرکت‌اند، قابل توصیف است. اما نکته مهم در این بحث این است که الگوی حاصل از این فرایند فضایی - زمانی در دوره‌های مختلف تحت تأثیر DNA شهری (عوامل گوناگونی از قبیل توپوگرافی، زیرساخت‌هایی مثل شبکه حمل‌ونقل، مکان‌یابی صنایع و...) فرم‌های مختلفی به خود می‌گیرد و الگوهای متنوعی را در مناطق گوناگون ایجاد می‌کند. یافته‌های پژوهش در این ارتباط، نظر هرولد را مبنی بر تکامل فضایی شهری به عنوان فرایند دو مرحله‌ای پخشایش و هم‌گرایی تأیید می‌کند.

منابع

- رفعیان، مجتبی؛ محمودی، مهران؛ (۱۳۸۸). الگوهای تحلیلی تغییر کاربری زمین، انتشارات آذرخش، تهران.
- سیف‌الدینی، فرانک؛ منصوریان، حسین؛ پوراحمد، احمد؛ درویش‌زاده، روشنک؛ (۱۳۹۳). پویایی فضایی- زمانی نظام شهری ایران (۱۳۹۰-۱۳۳۵)، پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، شماره ۱.
- غمامی، مجید؛ (۱۳۸۳). مجموعه شهری تهران: گزیده مطالعات طرح راهبردی توسعه کالبدی، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، تهران.
- منصوریان، حسین؛ (۱۳۹۳). تبیین الگوهای رشد شهری در منطقه کلان‌شهری تهران، رساله دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- Alberti, M. Waddell, P. (2000) An integrated urban development and ecological simulation model.
- Integr Assess 1:215-227.
- Barnsley, M.J. and Barr, S.L. (2000). Monitoring urban land use by earth observation. *Surveys in Geophysics*, 21, 269-289.
- Bhatta, B. (2010) *Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data*. Springer, Heidelberg.
- Briassoulis, H. (2000) *Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches*. Regional Research Institute, West Virginia University.
- Deng, J.S., Wang, K., Hong, Y., Qi, J.G. (2009). Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. *Landscape and Urban Planning*. 94(3-4):187-198.
- Herold, M., Goldstein, N. and Clarke, K.C. (2003). The spatio-temporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 286-302.
- Herold, M., Clarke, K.C. and Scepan, J. (2002). Remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban landuse. *Environment and Planning A*, 34(8), 1443-1458.
- Herold, M., Couclelis, H. and Clarke, K.C. (2005). The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban change. *Computers, Environment, and Urban Systems*, 29, 339-369.
- Kong, F., Yin, H., Nakagoshi, N., James, P. (2012). Simulating urban growth processes incorporating a potential model with spatial metrics. *Ecological Indicators*, 20, 82-91.
- Ji, W., Ma, J., Twibell, R.W. and Underhill, K. (2006). Characterizing urban sprawl using multistage remote sensing images and landscape metrics. *Computers, Environment and Urban Systems*, 30, 861-879.
- Luck, M. and Wu, J. (2002). A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. *Landscape Ecology*, 17(4), 327-339.
- Seifoddini, F and Mansourian, H. (2014). Spatial-Temporal Pattern of Urban Growth in Tehran Megapole. *Journal of Geography and Geology*; Vol. 6, No. 1, 70-80.
- Seto, K.C. and Fragkias, M. (2005). Quantifying spatiotemporal patterns of urban land-use change in four cities of China with timer series landscape metrics. *Landscape Ecology*, 20, 871-888.

- Tang, J., Wang, L., Yao, Z. (2006). Analyzing Urban Sprawl Spatial Fragmentation Using Multi-temporal Satellite Images. *GIScience & Remote Sensing*, 2006, 43, No.3, p. 1–15.
- Weng, Q., Liu, H. and Lu, D. (2007). Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States. *Urban Ecosystem*, 10, 203–219.
- Wu, J.G. (2008). Making the case for landscape ecology: an effective approach to urban sustainability. *Landscape and Ecology*, 27, 41–50.
- Wu, J. G., Jenerette, G. D., Buyantuyev, A., & Redman, C. L. (2011). Quantifying spatiotemporal patterns of urbanization: The case of the two fastest growing metropolitan regions in the United States. *Ecological Complexity*, 8, 1, 1–8.