Town & Country Planning *https://jtcp.ut.ac.ir/*
Vol. 13, No. 2, Autumn & Winter 2021-2022 *Print ISSN: 2008-7047*
Manuscript Type: Research Paper *Online ISSN: 2423-6268*
DOI: 10.22059/jtcp.2021.326563.670236

The Examination of the Landscape Metrics Changes Using Urban-Rural Gradiant Analysis Method: The Case Study of Tehran Metropolis

Golazin Radyn Majd[1], Seyed Ali Jozi[2] , Rokhshad Hejazi[3], Mohammad Javad Amiri[4], Hamidreza Ghaffarzadeh[5]

1. PhD Candidate, Department of Environmental Engineering, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4. Assistant Professor, Department of Environmental Planning and Education, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran
5. Assistant Professor, Department of Environmental Economy, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received: July 3, 2021; Accepted: September 5, 2021)

Abstract
The detection of urban landscape changes in urban areas is of utmost importance for the maintenance of the safety of environment and the promotion of sustainable development. To this end, the consideration of the spatial metrics capabilities to describe the landscape structure can be a valuable move to identify the growth models in metropolises. The purpose of this study was to provide the urban-rural gradient analysis of the landscape metrics in Tehran metropolis in the year 2018 as well as the analysis of their change trend in order to investigate the spatial-chronological changes in the landscape. In order to analyze the metrics, the moving window method was used at landscape and class levels. To this end, Landsat 8 satellite images were used, and the landcover was divided into human-made, open, vegetation, and water lands in a supervised manner. As with the gradient analysis, transects with $4_{km}*4_{km}$ dimensions at four directions – namely center-northeast, center-southeast, center-northwest, and center-southwest were directed from District 12 of Tehran Municipality in GIS 10.2 software. The results showed that at the landscape level, the closer we go to the business center of Tehran Metropolis, the number and density of patches increase, while the closer we go to rural areas the average index of landscape shape has relatively uniform changes. At the class level, the more distant we get from the business center of Tehran metropolis, the percentage of human-made patches and open lands increases and that of the vegetation patches decreases. Then, it might be concluded that urban development has brought about an increase in the density of patches in landscape, such that in the central transect, the continuity of landscape is reduced, and the fragmentation of the structural elements of landscape is increased. The land use changes have led to the expansion of the city toward the country and have negatively affected the vegetation and water resources.

Keywords
urban-rural gradient, land use, spatial-temporal changes, Tehran.

Corresponding Author, Email: Jozi2020@yahoo.com

آمایش سرزمین
دورهٔ ۱۳، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰
صفحات ۴۸۹-۴۶۱ (پژوهشی)

Print ISSN: 2008-7047
Online ISSN: 2423-6268
http://jtcp.ut.ac.ir

بررسی روند تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین با استفاده از روش تحلیل گرادیانت شهری- روستایی (مطالعهٔ موردی: کلان‌شهر تهران)

گل‌آذین رادین‌مجد[۱]، سید علی جوزی[۲]، رخشاد حجازی[۳]، محمدجواد امیری[۴]، حمیدرضا غفارزاده[۵]

۱. دانشجوی دکتری تخصصی، گروه محیط زیست، دانشکدهٔ علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران‌شمال، ایران
۲. استاد تمام، گروه محیط زیست، دانشکدهٔ علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران‌شمال، ایران
۳. استادیار، گروه محیط زیست، دانشکدهٔ علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران‌شمال، ایران
۴. استادیار، گروه برنامه‌ریزی و آموزش محیط زیست، دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران، ایران
۵. استادیار، گروه اقتصاد محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۲ ـ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۴)

چکیده

مقدمه: کشف تغییرات الگوی سیمای سرزمین در مناطق شهری برای حفظ امنیت محیط زیست و تشویق به توسعهٔ پایدار از اهمیت بالایی برخوردار است. در این میان، با توجه به ظرفیت سنجه‌های فضایی برای توصیف ساختار سیمای سرزمین، این سنجه‌ها می‌توانند ابزاری ارزشمند برای شناسایی الگوهای رشد در کلان‌شهرها باشند. **هدف:** هدف از این تحقیق تحلیل گرادیانت شهری- روستایی سنجه‌های سیمای سرزمین در کلان‌شهر تهران در سال ۲۰۱۸ و آنالیز روند تغییرات آن‌ها، به منظور بررسی تغییرات مکانی ـ زمانی الگوی سیمای سرزمین، بود. **روش:** برای محاسبهٔ سنجه‌ها روش پنجرهٔ متحرک در دو سطح سیمای سرزمین و کلاس به کار گرفته شد. برای این منظور از تصاویر ماهوارهٔ لندست ۸ استفاده و پوشش زمین در چهار طبقهٔ انسان‌ساخت، اراضی باز، پوشش گیاهی، و آب به صورت نظارت‌شده دسته‌بندی شد. برای تحلیل گرادیانت ترانسکت‌هایی با ابعاد ۴Km*۴Km در چهار جهت مرکز ـ شمال شرق، مرکز- جنوب غرب، مرکز- شمال غرب، و مرکز- جنوب غرب به مرکزیت منطقهٔ ۱۲ شهرداری تهران، در نرم‌افزار GIS 10.2، هدایت شد. **یافته‌ها:** یافته‌ها نشان داد در سطح سیمای سرزمین با نزدیک شدن به مرکز تجاری کلان‌شهر تهران تعداد و تراکم لکه‌ها افزایش و به سمت روستا شاخص متوسط شکل سیمای سرزمین تغییرات نسبتاً یکنواختی دارند. در سطح کلاس نیز با افزایش فاصله از مرکز تجاری کلان‌شهر تهران درصد سیمای سرزمین لکه‌های انسان‌ساخت و اراضی باز در حال افزایش و لکه‌های پوشش گیاهی در حال کاهش است. **نتیجه:** توسعهٔ شهری موجب افزایش تراکم لکه‌ها در سیمای سرزمین شده است؛ طوری که در ترانسکت مرکزی پیوستگی سیمای سرزمین کاهش و ازهم‌گسیختگی اجزای ساختاری سیمای سرزمین افزایش یافته است. تغییر کاربری اراضی باعث گسترش شهر به سمت روستا و تأثیر منفی بر پوشش گیاهی و منابع آبی شده است.

کلیدواژگان

تغییرات مکانی- زمانی، تهران، کاربری اراضی، گرادیانت شهری- روستایی.

رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: Jozi2020@yahoo.com

بیان مسئله

در کشورهای در حال توسعه، مناطق شهری آثار تعیین‌کننده‌ای بر نواحی پیرامون دارند و تسلط خود را از طریق انتقال مداوم منابع انسانی و طبیعی و سرمایه از پیرامون به شهر اعمال می‌کنند. با گسترش نواحی شهری به نواحی حاشیه و تعمیم پدیدهٔ حاشیه‌نشینی شهری و روستانشینی شهری نوعی پیچیدگی خطرآفرین ظاهر شده است و فضاهای شهری و روستاهای پیرامون شهری به هم نزدیک و در نهایت به هم ملحق شده‌اند (هادی‌زادهٔ بزاز ۱۳۹۲: ۸)؛ طوری که تخریب اراضی کشاورزی و صدمات زیست‌محیطی و رشد ناموزون و پراکندهٔ شهر را در پی داشته است (اصغری سراسکان‌رود و اردشیرپی ۱۳۹۹: ۴۰۸). در نتیجه توجه به تغییرات، همچون یک پایه، برای برنامه‌ریزی استفاده از سرزمین ضروری است و ارزیابی سیمای سرزمین شهری یکی از محورهای مطالعاتی حایز اهمیت در تحقیقات جغرافیایی و برنامه‌ریزی سیمای سرزمین و بوم‌شناسی شهری محسوب می‌شود (Zhang et al. 2004: 1). به طور کلی، برنامه‌ریزی محیط زیست به معنی فرایند تخصیص عملکردها در مکان و فضای متناسب برای دستیابی به توسعهٔ پایدار است (Lein 2003: 23). از این رو، برنامه‌ریزی محیط زیست نیاز به کاربرد روش‌های همه‌جانبه‌نگر دارد که امکان بررسی ارتباطات در کنار ناهمگنی‌ها و عدم تجانس‌ها و مطالعات چندمقیاسی را فراهم آورد (زبردست و همکاران ۱۳۹۴: ۱۳). در این زمینه، بوم‌شناسی سیمای سرزمین به عنوان شاخه‌ای بین رشته‌ای از علم بوم‌شناسی شکل گرفت که به مطالعه و اکتشاف روابط بین فرایندهای بوم‌شناسی در محیط زیست و اکوسیستم‌ها به طور خاص می‌پردازد. با توجه به ماهیت بوم‌شناسی ـ فضایی دانش بوم‌شناسی سیمای سرزمین، هدف این علم حرکت در جهت پایداری و مدیریت و برنامه‌ریزی بر اساس الگوها و چیدمان فضایی برای حفظ ساختار و عملکرد طبیعی سرزمین است (زبردست و همکاران ۱۳۹۴: ۳۲). از طرفی تغییر کاربری اراضی یک فرایند پویاست. بنابراین جهت و مقدار تغییر سیمای سرزمین می‌تواند متفاوت باشد. با یکپارچه‌سازی متغیرهای اکولوژیکی و اجتماعی و فیزیکی در رشته‌های مختلف ثابت شده است که پارادایم گرادیانت یک ابزار مفید برای مطالعهٔ عواقب بوم‌شناسی شهرنشینی است (Yu & Ng 2007: 97). همچنین، برای ارتباط الگوی مکانی شهرنشینی با فرایندهای اکولوژیکی روش‌های تحلیل مکانی کمّی مورد نیاز است. در

این میان، آنالیز گرادیانت و آنالیز الگوی سیمای سرزمین به نظر می‌رسد برای چنین مطالعاتی مناسب باشد. از طرف دیگر، بسیاری از سنجه‌های سیمای سرزمین به طور گسترده برای توصیف انواع مختلف الگوهای سیمای سرزمین در چند دهۀ گذشته به کار رفته‌اند. اما در بوم‌شناسی شهری کمتر به آن پرداخته شده است. (Luck & Wu 2002: 328). از آنجا که سنجه‌های سیمای سرزمین می‌توانند تغییرات زمانی ـ مکانی الگوی سیمای سرزمین را توصیف کنند، روشی جایگزین برای اندازه‌گیری تغییر شهری- روستایی ارائه می‌دهند (Aguilera et al. 2011: 231).

تهران امروز به عنوان کلان‌شهر با مشکلات فراوانی مواجه است. تهران از ساختار کالبدی و فضایی و عملکردی متناسب با نیازش برخوردار نیست و با شاخص‌های پایداری و استانداردهای زیستی فاصلۀ زیادی دارد. ازدحام کاربری‌های ناسازگار و نامناسب فضاهایی آزاردهنده به وجود آورده است. در چنین شرایطی نظریات جدید توسعۀ شهری در چهارچوب توسعۀ پایدار به منزلۀ راه‌حل‌های نوین با اجماع نظر جامعۀ بین‌المللی روبه‌رو شده و به منزلۀ تنها راه‌حلی که سبب مشارکت جهانی در تلاش برای کاهش آثار منفی گسترش جمعیت و شهرنشینی می‌شود از سوی همۀ کلان‌شهرهای دنیا حمایت شده است (کوخائی و مثنوی ۱۳۹۳: ۵۶۰). با توجه به هدف این تحقق، که بررسی روند تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین با استفاده از روش تحلیل گرادیانت شهری ـ روستایی در کلان‌شهر تهران است، در این مطالعه از رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین شهری به عنوان مبنای علمی مناسب برای درک ساختار و فرایندهای طبیعی و تعاملات بین زیرسیستم‌های انسانی و طبیعی در محیط زیست‌های شهری استفاده می‌شود. در نتیجه می‌توان با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و روش تحلیل گرادیانت، تغییرات فضایی کاربری اراضی را در طول ترانسکتی خاص بررسی کرد (Yu & Ng 2007: 97). با ترکیب تحلیل گرادیانت با سنجه‌های سیمای سرزمین، به فرایند شهرنشینی، هم در مقیاس مکانی هم در مقیاس زمانی، و پویایی آن با استفاده از رویکردی کمّی‌تر پرداخته می‌شود. لذا، در این تحقیق پاسخ به پرسش‌های ذیل جستجو می‌شود:

۱. تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین در کلان‌شهر تهران چگونه است؟

۲. چه راهکارهایی را می‌توان از نتایج ارزیابی روند تغییرات سیمای سرزمین در برنامه‌ریزی و مدیریت توسعۀ شهری- روستایی ارائه کرد؟

مبانی نظری

جهت بررسی تأثیر اختلالات انسانی بر محیط زیست (Nagy & Lockaby 2011: 75) و سیستم‌های اجتماعی (Timm et al. 2016: 93) و سیستم‌های طبیعی‌ـ انسانی (Ostrom 2009: 420) گرادیانت شهری ـ روستایی ابزار مفیدی است. مناطق شهری به طور معمول دارای جمعیت متراکم، زمین‌های طبیعی اندک، و سطح نفوذناپذیر فراوان هستند؛ درحالی‌که مناطق روستایی دارای تراکم جمعیت کم، زمین‌های طبیعی یا زیر کشت زیاد، و سطح نفوذناپذیر کم‌اند (Ratcliffe et al. 2016: 8). با این حال، پژوهشگران حوزه‌های علوم اجتماعی و زیست‌محیطی مدت‌هاست به وجود نگاه فراتر از دوگانگی سادهٔ شهری‌ـ روستایی اذعان کرده‌اند و خصوصیات ظریف‌تر شهرنشینی را تشخیص داده‌اند (Kaminski et al. 2021: 3). مرتبط کردن الگوی مکانی گسترش شهری به فرایندهای بوم شناسی سیمای سرزمین نیازمند استفاده از روش‌های تجزیه‌وتحلیل مکانی و کمّی است. الگوی مکانی کاربری‌ها فرایندهای بنیادین انسانی را منعکس می‌کند و بوم‌شناسی شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تجزیه‌وتحلیل گرادیانت و تجزیه‌وتحلیل الگوی سیمای سرزمین بین این روش‌ها از این نظر مناسب اند. از زمان ابداع روش ترکیبی تجزیه‌وتحلیل گرادیانت سیمای سرزمین این روش کاربرد زیادی در مطالعهٔ الگو و روند گسترش شهری پیدا کرده است (Luck & Wu 2002: 337). در این روش، یک یا چند ترانسکت در جهات مختلف سیمای سرزمین و به صورت بلوک‌بندی شده با پنجره‌های متحرک، که دارای اندازه‌ای ثابت است، روی نقشهٔ سیمای سرزمین قرار می‌گیرد و سنجه‌های سیمای سرزمین را محاسبه می‌کنند. هدف از اجرای روش گرادیانت این است که مشخص شود با فاصله گرفتن از مرکز شهر ویژگی‌های سیمای سرزمین چه تغییری می‌کند و گسترش شهر چه تأثیری بر آن‌ها می‌گذارد و آیا تغییرات همهٔ کاربری/ پوشش‌های مختلف از نظر سنجه‌های مختلف مشابه است یا منحصربه‌فرد (Rafiee et al. 2009). چهارچوب گرادیانت شهری‌ـ روستایی در درک الگوهای بوم‌شناسی در اطراف شهرها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با تحلیل گرادیانت بر نقشه‌های کاربری اراضی می‌توان در خصوص چگونگی تغییر کاربری‌ها اطلاعات سودمندی به دست آورد (Carreiro et al. 2009: 310).

پیشینهٔ نظری پژوهش

شهرنشینی یک فرایند پیچیده است شامل جمعیت شهری، گسترش مقیاس شهری، و یک سری تغییرات اقتصادی و اجتماعی. ماهیت آن تغییر ساختار اقتصادی شهری، ساختار اجتماعی، و ساختار فضایی است. در روند شهرنشینی و صنعتی شدن، مشکلات تکه‌تکه شدن فضایی و تغییر کاربری نگران‌کننده‌اند. زیرا این‌ها ثبات اکوسیستم شهری را تضعیف می‌کنند. بنابراین، مطالعات سیمای سرزمین مورد توجه گسترده قرار گرفته و موضوع تحقیقات علمی زیادی شده است (Huang et al. 2021: 771). با دخالت انسان، سیمای سرزمین به لکه‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شود (Forman 1995: 8). هر چه تعداد لکه‌ها کمتر باشد و کاربری‌ها یکنواخت‌تر باشند، آسیب‌پذیری سیمای سرزمین کمتر است (Gergeh & Turner 2017: 119). بنابراین سنجه‌های سیمای سرزمین شاخص‌های حساسیت محیط‌اند. مثلاً لکه‌های بزرگ‌تر از حساسیت کمتری برخوردارند و در مقابل تخریب مقاوم‌تر و در نتیجه سالم‌ترند (Farnia 2008: 296).

یکی از چالش‌های مهم در مطالعه و مدیریت سیمای سرزمین کمّی‌سازی ناهمگنی مکانی در روش و مقیاس مناسب با توجه به پدیده‌های تحت بررسی است (Li & Wu 2004: 390). کمّی‌سازی وضعیت محیط به مدیریت و پایش آن کمک می‌کند. برای کمّی‌سازی روش‌های مختلفی وجود دارد. یکی از این روش‌ها استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین است (McGarigal et al. 2009: 450). سنجه‌ها یکی از روش‌های بسیار مفید برای سنجش وضعیت سیمای سرزمین‌اند. مبنای اصلی محاسبات کمّی‌سازی سیمای سرزمین بر فرایند تکه‌تکه‌شدگی قرار داده شده است (Kaminski et al. 2021: 3) که فرایندی مهم برای نشان دادن اختلال انسانی در سطح ساختار و عملکرد محیط است. حفظ یکپارچگی و پایداری سیمای سرزمین بر اساس اصول اکولوژیک به کاهش یا بهبود اثر فعالیت‌های انسان بر تنوع زیستی و پویایی سیماهای محلی منجر می‌شود. رویکرد پژوهش حاضر این است که در جهت بررسی روند تغییرات کاربری شهر تهران در سال ۲۰۱۸ از سنجه‌های سیمای سرزمین- شامل تعداد لکه، تراکم لکه، متوسط شاخص شکل، درصد سیمای سرزمین- بهره بگیرد.

پیشینهٔ تجربی پژوهش

در داخل و خارج از کشور پژوهش‌هایی در حوزهٔ تغییرات سیمای سرزمین با استفاده از سنجه‌های

مربوطه انجام شده است که به برخی از موارد نزدیک به موضوع پژوهش حاضر اشاره می‌شود.

اورتیز ـ بائز[1] و همکارانش (۲۰۲۱) الگوهای سیمای سرزمین را در رابطه‌های شهری ـ روستایی در کلان‌شهر کویتو[2] در کشور اکوادور با استفاده از پنج پوشش/ کاربری زمین در شش ترانسکت بررسی کردند. نتایج نشان داد انتشار از هستهٔ شهری آغاز می‌شود و به بخش‌های روستایی گسترش می‌یابد. همچنین، سطح قابل توجه ازهم‌گسیختگی برای پوشش گیاهی مناطق غیرشهری مشخص شد که پایداری محیط زیست را تهدید می‌کند. ژیا[3] و همکارانش (۲۰۲۱) تأثیر الگوهای سیمای سرزمین بر خدمات اکوسیستم مربوط به آب را در رودخانهٔ لیائوهه[4] چین بررسی کردند. ایشان با بهره‌گیری از سنجه‌های سیمای سرزمین و مدل ارزیابی یکپارچهٔ خدمات به پژوهش در دورهٔ زمانی سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۵ پرداختند. نتایج نشان داد خدمات اکوسیستم مربوط به آب از زمان رهاسازی زمین‌های کشاورزی بهبود یافته است و این خدمات به طور قابل توجهی به تعداد لکه‌های سیمای سرزمین بستگی دارد. کامینسکی[5] و همکارانش (۲۰۲۱) در پژوهشی به معرفی یک رویکرد جدید جهت پایداری حیات وحش و منابع طبیعی با استفاده از بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین در جهت گرادیانت‌های شهری ـ روستایی پرداختند. آن‌ها مجموعهٔ ترکیب پوشش زمین و سنجه‌های ساختاری را توسعه دادند و از آن‌ها به مثابهٔ ورودی جهت فرایند آنالیز خوشه‌ای بهره گرفتند. نتایج آنالیز خوشه‌ای روی گرادیانت‌های پنج شهر مشخص کرد وجود جنگل‌ها بر توسعهٔ شهرها بسیار تأثیرگذار است. هوانگ[6] و همکارانش (۲۰۲۱) در پژوهشی بر شهر فوژه در چین به بررسی الگوی سیمای سرزمین در رابطه با ساختار شبکهٔ اکولوژیکی جهت برنامه‌ریزی فضای سبز شهری پرداختند. ایشان سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱ را جهت بررسی انتخاب کردند. نتایج نشان داد توسعهٔ شهری در مرکز شهر آشکار است و تکه‌تکه شدن فضای سبز شهری مسئله ای جدّی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ است. آگیلرا[7] و همکارانش (۲۰۱۱) سنجه‌های سیمای سرزمین را در آنالیز الگوهای کاربری اراضی شهری در دو منطقهٔ

1. Ortiz-Báez
2. Quito
3. Xia
4. Liaohe
5. Kaminski
6. Huang
7. Aguilera

کلان‌شهر اسپانیایی به کار بردند. در این تحقیق، برای کمّی‌سازی ویژگی‌های فضایی رشد شهر در مناطق کلان‌شهری در جنوب اروپا از سنجه‌های فضایی برای برنامه‌ریزی اراضی استفاده شد. هاس و مکدانل[1] (۲۰۰۶) به کمّی‌سازی گرادیانت شهری ـ روستایی شهر ملبورن پرداختند. در این تحقیق، با استفاده از تجزیه‌وتحلیل مؤلفه‌های اصلی، آن‌ها از هفده روش معمول برای ارزیابی شهرنشینی استفاده کردند که شامل متغیرهای جمعیت‌شناختی و متغیرهای فیزیکی و سنجه‌های سیمای سرزمین بود.

در ایران فروتن و همکارانش (۱۴۰۰) به ارزیابی روند تکه‌تکه‌شدگی شهری با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین پرداختند. ایشان، با بهره‌گیری از تصاویر ماهوارهٔ لندست، چهار کاربری مسکونی، کشاورزی، فضای سبز، و زمین‌های بایر را استخراج و سنجه‌های تعداد لکه، تراکم لکه، و بزرگ‌ترین لکه را به کار گرفتند. دورهٔ زمانی مورد مطالعهٔ ایشان سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ بود. نتایج نشان داد مساحت کاربری‌های مسکونی و فضای سبز شهری در این دوره افزایش و در مقابل مساحت زمین‌های کشاورزی و بایر کاهش یافته است. مهرفروز و همکارانش (۱۳۹۸) با استفاده از گرادیانت‌های سیمای سرزمین به ارزیابی روند تغییرات پایداری اکولوژیک فضاهای سبز شهری سبزوار پرداختند. ایشان نقشهٔ فضایی هر سنجهٔ سیمای سرزمین را تهیه کردند که پس از تلفیق آن‌ها نقشهٔ پایداری به دست آمد. نتایج نشان داد پایداری اکولوژیک فضاهای سبز شهری در بخش درونی و مرکزی شهر بیشتر است و با حرکت از مرکز به حاشیه از پایداری کاسته می‌شود. بوذری و همکارانش (۱۳۹۵) تحلیل گرادیانت شهری- روستایی را به منظور شناسایی عوارض توسعهٔ شهری کلان‌شهر تهران، در سال ۲۰۱۶، با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین انجام دادند. نتایج این پژوهش حاکی از پیوستگی بالای لکه‌های انسان‌ساخت و کاهش محسوس مساحت لکه‌های پوشش گیاهی و اراضی باز در مرکز تجاری کلان‌شهر تهران و ازهم‌گسیختگی بالا در لکه‌های پوشش گیاهی با افزایش فاصله از ترانسکت مرکزی بود. ذوقی و همکارانش (۱۳۹۳) به ارزیابی ازهم‌گسیختگی فضای سبز شهری با رویکرد سیمای سرزمین در منطقهٔ ۵ شهر تهران در دورهٔ زمانی سال ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۸پرداختند. نتایج این تحلیل‌ها نشان داد طی دورهٔ مطالعه تغییر محسوسی در مساحت فضای سبز منطقه رخ نداده است؛ اما بروز ازهم‌گسیختگی در فضای سبز شهری منطقه انکارناپذیر است. زبردست و همکارانش (۱۳۹۰) در مطالعه ای با عنوان «بررسی تغییرات ناشی از جاده در پارک ملی

1. Hahs & McDonnell

گلستان در فاصلهٔ سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۹» با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین از شاخص‌های مساحت طبقه، تعداد لکه، متوسط اندازهٔ لکه، کل حاشیه، تراکم حاشیه، متوسط حاشیهٔ لکه، متوسط شاخص شکل، متوسط نسبت محیط به مساحت ابعاد فراکتال، متوسط فاصله از نزدیک‌ترین همسایه، و فرایندهای تغییر سرزمین شامل سوراخ‌شدگی، حذف، کاهش اندازه، جداافتادگی، و دوتکه‌سازی استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان‌دهندهٔ افزایش ازهم‌گسیختگی در پارک ملی گلستان در سطح سیمای سرزمین و طبقهٔ جنگل متراکم بود.

مواد و روش‌ها

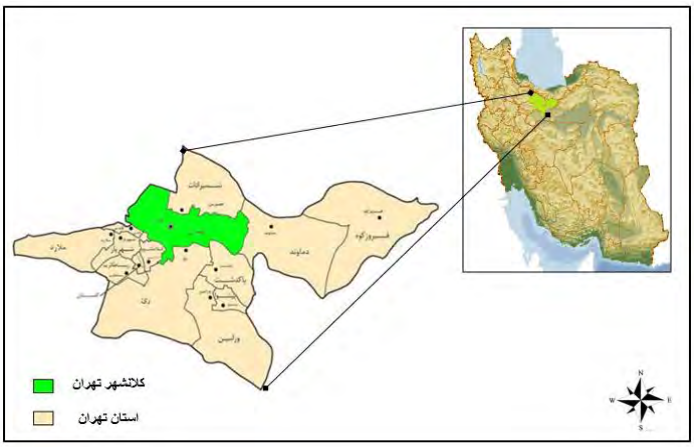
معرفی منطقهٔ مطالعاتی

محدودهٔ مورد مطالعه کلان‌شهر تهران با مساحتی نزدیک به ۱۹۰۰۰ کیلومتر مربع بود. تهران به لحاظ موقعیت جغرافیایی جایگاهی ویژه دارد. استقرار در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه‌های البرز منابع سرشار و غنی آب و شرایط آب‌وهوایی معتدلی به ارمغان آورده است. دشت‌های جنوبی، به جز مناطق شوره‌زار و کویری، بستر مناسبی برای استقرار کشاورزی و انواع فعالیت‌های این بخش به شمار می‌آید. از نظر موقعیت مکانی، با توجه به شرایط و ساختگاه تهران برای استقرار جمعیت، نوعی مرکزیت مکانی برای دسترسی و مدیریت سرزمین در اختیار دارد (شکل ۱).

آماده‌سازی تصاویر و داده‌های مورد استفاده

به منظور تهیهٔ نقشهٔ پوشش زمین در این تحقیق تصویر ماهوارهٔ Landsat 8 (OLI–TIRS) از تارنمای سازمان زمین‌شناسی امریکا[1] با فرمت GeoTiff، بیضوی مرجع WGS ۱۹۸۴، واقع در زون ۳۹ شمالی و سیستم تصویر UTM تهیه شد. زاویهٔ آزیموت خورشیدی ۱۰۷/۴۹ درجه و زاویهٔ ارتفاع خورشیدی نیز ۶۸/۰۷ درجه می‌باشد. همچنین این تصاویر در شرایط جوّی صاف (پوشش ابری کمتر از ۱٪) مربوط به سال ۲۰۱۸ استخراج شده است. سپس، بعد از دریافت مرز کلان‌شهر تهران از مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، اقدام به برش تصاویر و آماده‌سازی برای اصلاحات شد.

1. United States Geological Survey. http://glovis.usgs.gov/



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان تهران

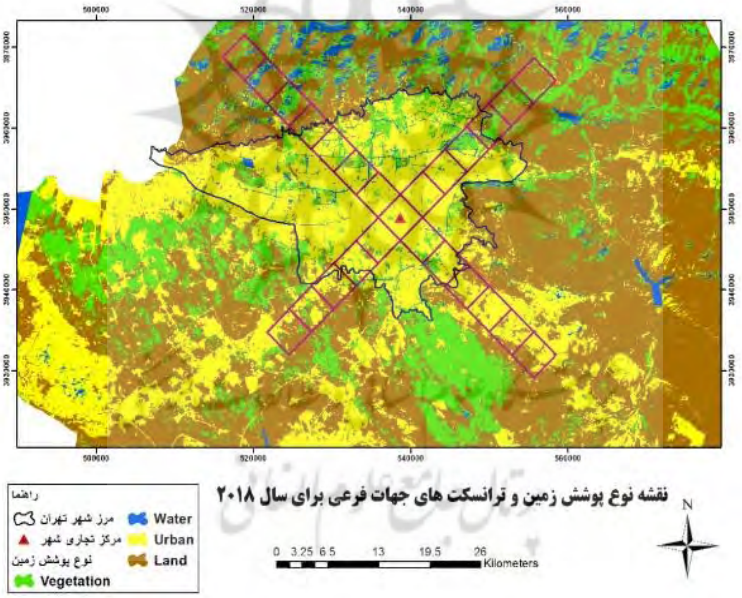
جهت تصحیح رادیومتریک از روش cos Θ و جهت تصحیح اتمسفری تصاویر از الگوریتم تصحیح اتمسفری سریع[1] بهره گرفته شد. تصحیح هندسی تصاویر با استفاده از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور انجام شد. سپس با بهره‌گیری از شاخص OIF[2] بهترین ترکیب باندی جهت ساختن تصویر کاذب رنگی به صورت ترکیب باندی ۴ و ۵ و ۶ تعیین شد. بعد از این مرحله تعداد ۱۰۰ نقطه از عوارض طبیعی و انسان‌ساخت مشابه روی نقشه- مانند تقاطع جاده‌ها، میادین، محل اتصال خطوط آبراهه‌ای- انتخاب شدند. همچنین خطای RMS[3] کمتر از ۰/۴۷ پیکسل برآورد شد. پس از اعمال تصحیحات یادشده، در مرحلهٔ بعد تصاویر بارزسازی شدند.

برای تهیهٔ نقشهٔ پوشش زمین از تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. این نقشه در چهار طبقهٔ پوشش گیاهی، آب، سطوح انسان‌ساخت، و اراضی باز با توجه به هدف و مقیاس مطالعه و نظر کارشناسی و به صورت طبقه‌بندی نظارت‌شده تهیه شد. الگوریتم حداکثر شباهت در محیط نرم‌افزار ENVI 5.4 بدین منظور به کار رفت. در این مطالعه، هدف بررسی گرادیانت شهری- روستایی در جهات فرعی در دو سطح سیمای سرزمین و کلاس در کلان‌شهر تهران بود. بنابراین، ترانسکت‌های عبوری در جهت جغرافیایی فرعی به مرکزیت مرکز تجاری کلان‌شهر تهران (بازار بزرگ) در

1. quick atmospheric correction
2. optimum index factor
3. root mean square error

محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.7 با روش فاصله‌ـ آزیموت در بلوک‌هایی با ابعاد ۴×۴ کیلومتر ایجاد شد (شکل ۲).

کمّی کردن الگوی سیمای سرزمین به وسیلهٔ سنجه‌های سیمای سرزمین به عنوان روشی معمول در بوم‌شناسی سیمای سرزمین مورد توجه قرار گرفته است. این سنجه‌ها با توجه به هدف مطالعه انتخاب می‌شوند. جهت کمّی‌سازی عوارض توسعهٔ شهری در این پژوهش و با توجه به مرور مطالعات و نظر کارشناسان، فهرست سنجه‌های سیمای سرزمین بالقوه با در نظر گرفتن وجود همبستگی بین آن‌ها به چهار سنجه کاهش یافت که در دو سطح سیمای سرزمین و کلاس با استفاده از نرم‌افزار Fragstats 4.2 کمّی‌سازی شدند. در سطح سیمای سرزمین سنجه‌های تعداد لکه[1]، تراکم لکه[2]، متوسط شاخص شکل[3] و در سطح کلاس علاوه بر سنجه‌های یادشده سنجهٔ درصد سیمای سرزمین[4] نیز بررسی شد (جدول ۱).



شکل ۲. نقشهٔ پوشش زمین و ترانسکت‌های عبوری کلان‌شهر تهران، مربوط به سال ۲۰۱۸

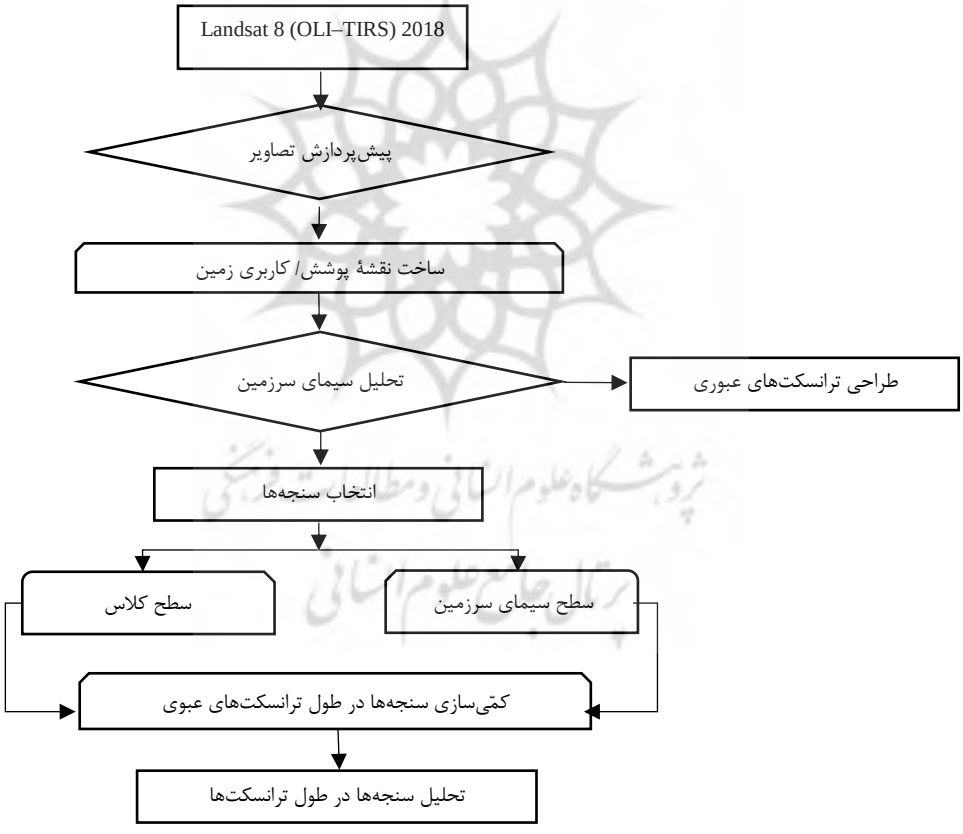
1. number of patches
2. patch density
3. mean shape index
4. percentage of landscape

جدول ۱. سنجه‌های به‌کاررفته در مطالعه

سطح بررسی		سنجه	علامت اختصاری	واحد	دامنه
سطح کلاس	سطح سیمای سرزمین	تعداد لکه	NP	ندارد	NP≥1
		تراکم لکه	PD	تعداد لکه در هر ۱۰۰ هکتار	PD≥0
		متوسط شاخص شکل	MSI	ندارد	MSI≥1
		درصد سیمای سرزمین	PLAND	درصد	0<PLAND≤100

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

در این پژوهش، ارزیابی سیمای سرزمین در دو سطح سیمای سرزمین و کلاس در سال ۲۰۱۸ انجام شد. با توجه به اینکه جهات اصلی در پژوهش‌های قبلی بررسی شده است، در این مطالعه به بررسی جهات فرعی پرداخته شد. روش مورد استفاده در این پژوهش به طور خلاصه در نمودار ۱ آمده است.



نمودار ۱. فرایند تحقیق

یافته‌های پژوهش

آنالیز گرادیانت شهری- روستایی در سطح سیمای سرزمین

سنجه‌های تعداد لکه‌ها (NP) از سنجه‌های توزیع سیمای سرزمین هستند که تعداد یا تراکم لکه‌های گسسته در سیمای سرزمین یا نوع لکه یا کلاس خاص را کمّی‌سازی می‌کنند. تعداد لکه را می‌توان در دو سطح سیمای سرزمین و کلاس به کار برد. طبق نتایج حاصل از کمّی‌سازی سنجه‌های سیمای سرزمین مشاهده می‌شود تغییرات تعداد لکه‌ها (NP) در طول ترانسکت مرکز به شمال شرقی و ترانسکت مرکز به جنوب غربی در سطح سیمای سرزمین روند یکنواختی ندارد؛ طوری که افزایش در تعداد لکه‌ها نشان‌دهندهٔ افزایش ازهم‌گسیختگی و کاهش در تعداد لکه‌ها، با در نظر گرفتن افزایش تدریجی سنجهٔ میانگین مساحت لکه، نشان‌دهندهٔ کاهش ازهم‌گسیختگی بین لکه‌ها و افزایش پیوستگی است. در فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری از مرکز تجاری شهر تهران در طول ترانسکت مرکز به شمال شرق بیشترین تعداد لکه (۷۸۹ لکه) وجود ازهم‌گسیختگی بالا در این ترانسکت عبوری را نشان می‌دهد (جدول ۲).

در طول ترانسکت مرکز به شمال غربی، تغییرات تعداد لکه‌ها از مرکز تا فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری به‌تدریج افزایش می‌یابد و از ۵۳۹ لکه به ۸۴۱ لکه می‌رسد. اما در فاصلهٔ ۱۶ کیلومتری تعداد لکه‌ها به‌تدریج کاهشی و در نتیجه از میزان ازهم‌گسیختگی کاسته می‌شود. در طول ترانسکت مرکز به جنوب شرقی به صورت یکنواخت تعداد لکه‌ها کاهش می‌یابد. در نتیجه از این ترانسکت به سمت جنوب شرقی میزان پیوستگی افزایش و ازهم‌گسیختگی کاهش می‌یابد (جدول ۳).

جدول ۲. مقادیر کمّی سنجهٔ تعداد لکه (NP) در طول ترانسکت‌ها در سطح سیمای سرزمین در جهت مرکز- شمال شرقی و مرکز- جنوب غربی

فاصله از مرکز (km)	۲۸	۲۴	۲۰	۱۶	۱۲	۸	۴	۰	-۴	-۸	-۱۲	-۱۶	-۲۰	-۲۴	-۲۸	-۳۲
تعداد لکه‌ها	-	۴۴۹	۵۱۱	۵۸۶	۷۸۹	۷۳۱	۴۴۰	۵۳۹	۵۸۰	۵۰۳	۳۸۷	۳۳۴	۲۲۹	-	-	-

جدول ۳. مقادیر کمّی سنجهٔ تعداد لکه (NP) در طول ترانسکت‌ها در سطح سیمای سرزمین در جهت مرکز- شمال غربی و مرکز- جنوب شرقی

فاصله از مرکز (km)	۲۸	۲۴	۲۰	۱۶	۱۲	۸	۴	۰	-۴	-۸	-۱۲	-۱۶	-۲۰	-۲۴	-۲۸	-۳۲
تعداد لکه‌ها	۲۷۲	۵۲۹	۴۹۱	۵۶۳	۸۴۱	۷۸۷	۷۰۳	۵۳۹	۵۴۱	۵۴۱	۲۵۷	۲۳۸	۳۸۷	۲۷۴	-	-

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود تراکم لکه‌ها در طول ترانسکت‌های مرکز به شمال شرق ابتدا کمی کاهش و سپس تراکم تا فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری افزایش بیشتری یافته است که نشان‌دهندهٔ افزایش میزان ازهم‌گسیختگی در این بخش از ترانسکت‌های عبوری است. بعد از این ترانسکت، مجدداً شاهد روند نزولی تراکم لکه‌ها هستیم که نشان می‌دهد به سمت شمال شرقی‌ترین ترانسکت از میزان ازهم‌گسیختگی کاسته و به میزان پیوستگی افزوده می‌شود. در طول ترانسکت‌های مرکز به جنوب غربی، تغییرات تراکم روند کاهشی دارد. به طور کلی در این جهت ازهم‌گسیختگی در حال کاهش و پیوستگی در حال افزایش است.

در طول ترانسکت‌های مرکز به شمال غرب، تراکم لکه‌ها تا فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری افزایش یافته است. ولی در فاصلهٔ ۱۶ کیلومتری این روند به‌شدت کاهش و تا شمال غربی‌ترین ترانسکت این حالت کاهشی ادامه یافته است. در طول ترانسکت‌های مرکز به جنوب شرق، تراکم لکه‌ها روند کاهشی نسبتاً یکنواختی دارد. در نتیجهٔ این امر الگوی ازهم‌گسیختگی به سمت ترانسکت‌های جنوب شرقی در حال کاهش و میزان پیوستگی در حال افزایش است (جدول ۵).

جدول ٤. مقادیر کمّی سنجهٔ تراکم لکه (PD) در طول ترانسکت‌ها در سطح سیمای سرزمین در جهت مرکز- شمال شرقی و مرکز- جنوب غربی

فاصله از مرکز (km)	۲۸	۲۴	۲۰	۱۶	۱۲	۸	۴	۰	-۴	-۸	-۱۲	-۱۶	-۲۰	-۲۴	-۲۸	-۳۲
تراکم لکه	-	۲۸,۱	۳۱,۸۴	۳۶,۶۹	۴۹,۱۱	۴۵,۷۴	۲۷,۳۹	۳۳,۵۶	۳۶,۲۹	۳۱,۳۱	۲۴,۲۱	۲۰,۷۸	۱۸,۷۱	-	-	-

جدول ۵. مقادیر کمّی سنجهٔ تراکم لکه (PD) در طول ترانسکت‌ها در سطح سیمای سرزمین در جهت مرکز- شمال غربی و مرکز- جنوب شرقی

فاصله از مرکز (km)	۲۸	۲۴	۲۰	۱۶	۱۲	۸	۴	۰	-۴	-۸	-۱۲	-۱۶	-۲۰	-۲۴	-۲۸	-۳۲
تراکم لکه	۱۷,۰۲	۳۲,۹۳	۳۰,۷۲	۳۳,۰۵	۵۲,۶۳	۴۸,۹۹	۴۳,۷۶	۳۳,۵۶	۳۳,۶۶	۳۳,۸۵	۱۶	۱۴,۹	۲۴,۱	۱۷,۱۶	-	-

سنجهٔ متوسط شاخص شکل عبارت است از میانگین نسبت محیط به مساحت. اگر این شاخص برابر با ۱ باشد، لکه‌ها شکل مربعی خواهند داشت و با افزایش پیچیدگی شکل لکه‌ها مقدار آن افزایش پیدا می‌کند. در طول ترانسکت‌های عبوری مرکز به شمال شرق مقادیر

کمّی‌سازی‌شدهٔ متوسط شاخص شکل در فاصلهٔ ۱۶ کیلومتری به حداکثر خود می‌رسد و سپس از ۱۶ تا ۲۰ کیلومتری روند نسبتاً ثابتی دارد. بعد از این ترانسکت این روند نزولی می‌شود. از سوی دیگر، در طول ترانسکت‌های عبوری مرکز به جنوب غرب، مقادیر کمّی‌سازی‌شدهٔ متوسط شاخص شکل از مرکز تجاری کلان‌شهر تهران تا فاصلهٔ ۸ کیلومتری به‌شدت افزایش می‌یابد و از ۱/۱۳۹ به ۱/۲۹۹ می‌رسد. این روند صعودی تا انتهایی‌ترین ترانسکت در جنوب غرب به‌تدریج ادامه می‌یابد. این امر نشان‌دهندهٔ پیچیدگی زیاد در طول این ترانسکت عبوری است (جدول ۶).

در طول ترانسکت‌های عبوری مرکز به شمال غرب، مقادیر کمّی‌سازی‌شدهٔ متوسط شاخص شکل تا شمال غربی‌ترین ترانسکت به‌تدریج افزایش می‌یابد و به بیشترین حد خود یعنی ۱/۳۹۵ می‌رسد. در طول این ترانسکت عبوری بر میزان پیچیدگی افزوده و از میزان پایداری کاسته می‌شود. در طول ترانسکت‌های عبوری مرکز به جنوب شرق، مقادیر کمّی‌سازی‌شدهٔ متوسط شاخص شکل در طول ترانسکت روند صعودی دارد و به طور کلی در طول این ترانسکت میزان پیچیدگی در حال افزایش است (جدول ۷).

جدول ۶. مقادیر کمّی سنجهٔ متوسط شاخص شکل (MSI) در طول ترانسکت‌ها در سطح سیمای سرزمین در جهت مرکز- شمال شرقی و مرکز- جنوب غربی

فاصله از مرکز (km)	۲۸	۲۴	۲۰	۱۶	۱۲	۸	۴	۰	-۴	-۸	-۱۲	-۱۶	-۲۰	-۲۴	-۲۸	-۳۲
متوسط شاخص شکل	۰	۱٫۳۰۴	۱٫۳۵	۱٫۳۵۴	۱٫۳۷۶	۱٫۱۹۱	۱٫۲۲۶	۱٫۱۳۹	۱٫۲۱۶	۱٫۲۹۹	۱٫۲۹۲	۱٫۲۱۹	۱٫۳۲۵	۰	۰	۰

جدول ۷. مقادیر کمّی سنجهٔ متوسط شاخص شکل (MSI) در طول ترانسکت‌ها در سطح سیمای سرزمین در جهت مرکز- شمال غربی و مرکز- جنوب شرقی

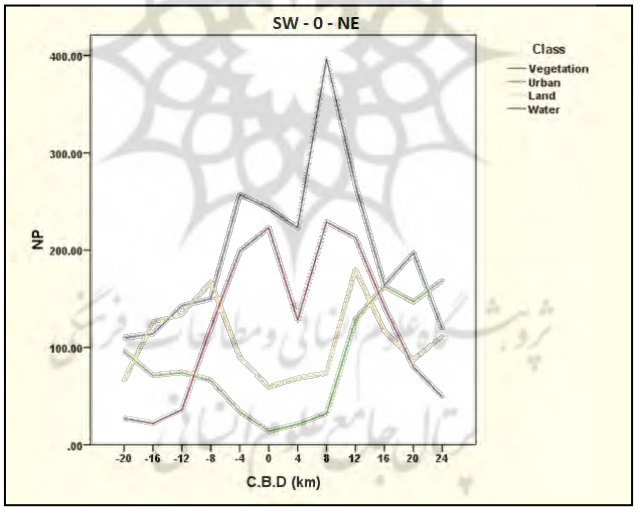
فاصله از مرکز (km)	۲۸	۲۴	۲۰	۱۶	۱۲	۸	۴	۰	-۴	-۸	-۱۲	-۱۶	-۲۰	-۲۴	-۲۸	-۳۲
متوسط شاخص شکل	۱٫۳۵۵	۱٫۳۵	۱٫۳۱۷	۱٫۲۸۱	۱٫۲۴۶	۱٫۲۸۱	۱٫۲۰۷	۱٫۱۳۸	۱٫۲۶۱	۱٫۲۷۶	۱٫۳۳۶	۱٫۲۷۸	۱٫۲۶۹	۱٫۲۴۳	۰	۰

آنالیز گرادیانت شهری- روستایی در سطح کلاس

در طول ترانسکت‌های مرکز به شمال شرق، تعداد لکه‌های انسان‌ساخت در سطح کلاس از ترانسکت مرکزی به سمت شمال شرق به‌تدریج افزایش می‌یابد. در نتیجه به سمت شمال شرق

ازهم‌گسیختگی افزایش و پیوستگی کاهش پیدا می‌کند. لکه‌های اراضی باز تا فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری به بیشترین تعداد خود می‌رسد و پس از آن با کاهش ازهم‌گسیختگی از تعداد لکه‌ها کاسته می‌شود. تعداد لکه‌های پوشش گیاهی نیز از ترانسکت مرکزی تا فاصلهٔ ۸ کیلومتری به‌شدت روند صعودی دارد. دلیل آن کاهش تعداد لکه‌های انسان‌ساخت در طول این ترانسکت‌های عبوری است. ولی پس از آن از تعداد لکه‌های پوشش گیاهی تا انتهایی‌ترین ترانسکت عبوری کاسته می‌شود.

در طول ترانسکت‌های مرکز به جنوب غرب، تعداد لکه‌های انسان‌ساخت در سطح کلاس به سمت مرکز تجاری کلان‌شهر تهران به صورت یکنواخت در حال کاهش است. در نتیجه به سمت ترانسکت مرکزی ازهم‌گسیختگی کمتری وجود دارد. تعداد لکه‌های اراضی باز در فاصلهٔ ۸ کیلومتری به حداکثر (۱۵۰ لکه) می‌رسد. در این ترانسکت حداکثر ازهم‌گسیختگی مشاهده می‌شود. تعداد لکه‌های پوشش گیاهی از ترانسکت مرکزی به سمت جنوب غرب در حال کاهش است و به تبع آن ازهم‌گسیختگی افزایش می‌یابد (شکل ۳).

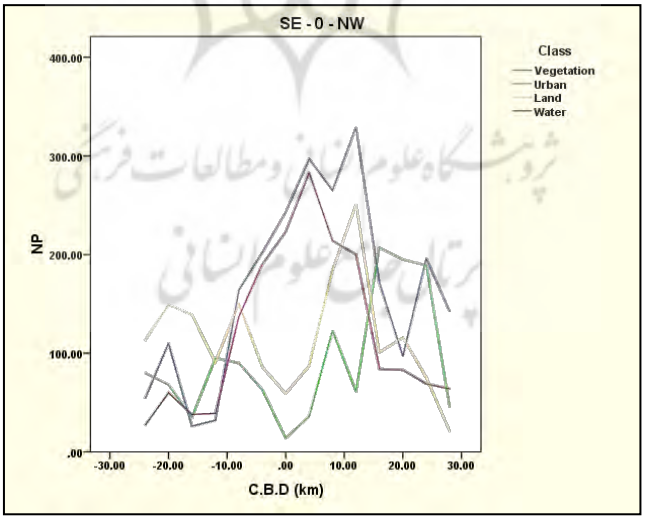


شکل ۳. تغییرات سنجهٔ تعداد لکه در طول ترانسکت مرکز- شمال شرق و مرکز- جنوب غرب

از سوی دیگر، در طول ترانسکت‌های مرکز به شمال غرب تعداد لکه‌های انسان‌ساخت شیب منظمی ندارد؛ طوری که بیشترین تعداد لکه در فاصلهٔ ۱۶ کیلومتری (۲۰۷ لکه) و کمترین آن در

فاصلهٔ ۴ کیلومتری (۳۶ لکه) مشاهده می‌شود. تعداد لکه‌های اراضی باز نیز تا فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری به‌شدت افزایش می‌یابد و پس آن شاهد روند نزولی تا فاصلهٔ ۲۸ کیلومتری هستیم. این امر نمایانگر کاهش ازهم‌گسیختگی به سمت آخرین ترانسکت‌های عبوری است. تعداد لکه‌های پوشش گیاهی تا فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری به حداکثر خود می‌رسد و بعد از آن با شیب زیادی از تعداد لکه‌ها کاسته می‌شود. می‌توان گفت با افزایش تعداد لکه‌های انسان‌ساخت ازهم‌گسیختگی افزایش می‌یابد و از تعداد لکه‌های پوشش گیاهی کاسته می‌شود.

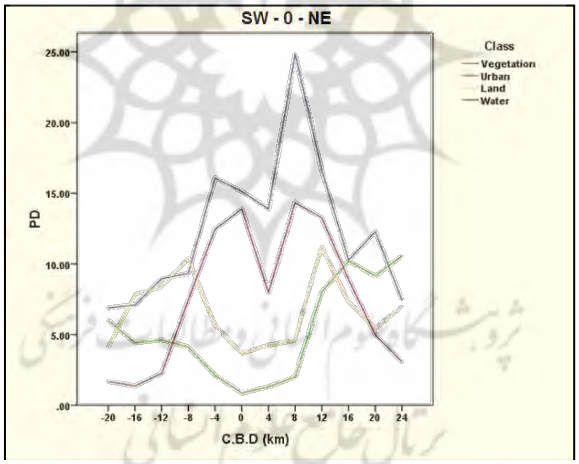
در طول ترانسکت‌های مرکز به جنوب شرق، تعداد لکه‌های انسان‌ساخت تا فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری از مرکز افزایش نسبی دارد و پس از آن کاهش می‌یابد. در نتیجه به سمت ترانسکت‌های جنوب شرقی کمی پیوستگی بیشتر می‌شود. تعداد لکه‌های اراضی باز نیز روند منظمی ندارد. تا فاصلهٔ ۸ کیلومتری به‌تدریج افزایش می‌یابد و سپس کمی از تعداد آن کاسته می‌شود و این روند افزایش و کاهش تا آخرین ترانسکت ادامه می‌یابد. این وضعیت به دلیل عدم پیوستگی در طول این ترانسکت در پی افزایش تعداد لکه‌های انسان‌ساخت است. تعداد لکه‌های پوشش گیاهی از مرکز به سمت آخرین ترانسکت در جنوب شرق به‌شدت کاسته شده است که عدم پیوستگی در کل این ترانسکت را نشان می‌دهد (شکل ۴).



شکل ٤. تغییرات سنجهٔ تعداد لکه در طول ترانسکت مرکز ـ جنوب شرق و مرکز ـ شمال غرب در سطح کلاس

نتایج کمّی‌سازی تراکم لکه‌ها نشان می‌دهد در طول ترانسکت‌های مرکز به شمال غرب تراکم لکه‌های انسان‌ساخت به دلیل افزایش ازهم‌گسیختگی در این جهت در حال افزایش است. تراکم لکه‌های اراضی باز در فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری به اوج رسیده و به سمت ترانسکت مرکزی روند نزولی دارد. تراکم لکه‌های پوشش گیاهی از فاصلهٔ ۸ کیلومتری به سمت مرکز کاسته می‌شود. این وضعیت به دلیل افزایش پیوستگی در اراضی باز در این ترانسکت است.

در طول ترانسکت‌های مرکز به جنوب شرق، تراکم لکه‌های انسان‌ساخت به‌تدریج افزایش می‌یابد. در نتیجه میزان ازهم‌گسیختگی در طول این ترانسکت‌ها در حال افزایش است. تراکم لکه‌های اراضی باز از مرکز تا فاصلهٔ ۸ کیلومتر افزایش می‌یابد و سپس روند آن رو به کاهش می‌گذارد. این امر ناشی از افزایش لکه‌های انسان‌ساخت و ازهم‌گسیختگی است. تراکم لکه‌های پوشش گیاهی در نتیجهٔ افزایش تراکم لکه‌های انسان‌ساخت است و پیوستگی در این ترانسکت‌ها کاهش می‌یابد (شکل ۵).

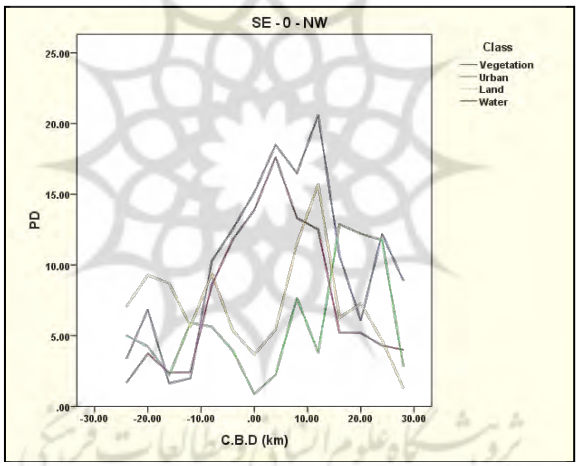


شکل ۵. تغییرات سنجهٔ تراکم لکه در طول ترانسکت مرکز- شمال شرق و مرکز- جنوب غرب

در طول ترانسکت‌های مرکز به شمال غرب، تراکم لکه‌های انسان‌ساخت روند یکنواختی ندارد و دارای نوسان است. بیشترین تراکم در فاصلهٔ ۱۶ کیلومتری رخ می‌دهد که دارای بیشترین ازهم‌گسیختگی است. تراکم لکه‌های اراضی باز در فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری به حداکثر مقدار خود

می‌رسد که نمایانگر افزایش ازهم‌گسیختگی و کاهش پیوستگی است. تراکم لکه‌های پوشش گیاهی در فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری از مرکز به‌شدت کاهش می‌یابد. دلیل آن می‌تواند افزایش تعداد لکه‌های انسان‌ساخت و کاهش پیوستگی باشد.

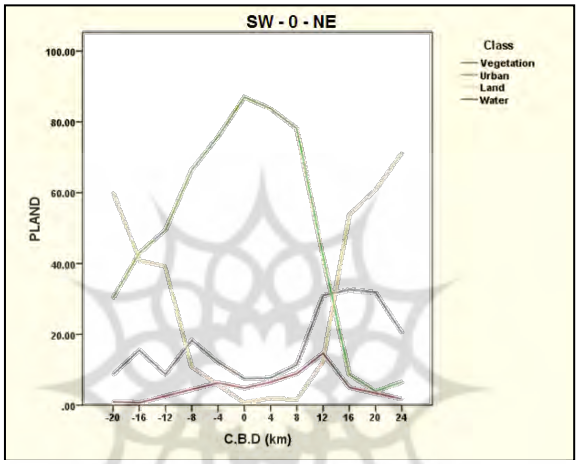
در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت جنوب شرق، تراکم لکه‌های انسان‌ساخت تا فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری در حال افزایش است. ولی پس از آن از مقدار آن‌ها کاسته و بر میزان پیوستگی افزوده می‌شود. تراکم لکه‌های اراضی باز در ۸ کیلومتری به حداکثر خود می‌رسد و پس از این ترانسکت تا فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری از مقدار آن کاسته می‌شود؛ سپس مجدداً افزایش می‌یابد. تراکم لکه‌های پوشش گیاهی تا فاصلهٔ ۱۶ کیلومتری به‌شدت کاهش می‌یابد. در نتیجه میزان پیوستگی کاهش می‌یابد و بر میزان ازهم‌گسیختگی افزوده می‌شود (شکل ۶).



شکل ۶. تغییرات سنجهٔ تراکم لکه در طول ترانسکت مرکز- شمال غرب و مرکز- جنوب شرق در سطح کلاس

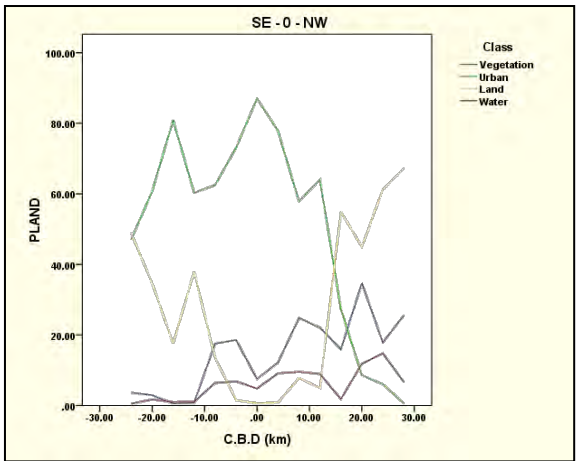
سنجهٔ درصد سیمای سرزمین در واقع درصدی از سیمای سرزمین است که به یک نوع خاص از پوشش زمین اختصاص دارد. این سنجه شاخص اندازه‌گیری ترکیب سیمای سرزمین است و به ویژگی‌های مرتبط با فراوانی انواع لکه‌ها درون سیمای سرزمین، بدون در نظر گرفتن ویژگی مکانی، و نحوهٔ قرارگیری و موقعیت لکه‌ها درون موزاییک اشاره دارد. در تحلیل ترانسکت‌های عبوری از مرکز تجاری شهر تهران به سمت شمال شرق، درصد سیمای سرزمین اراضی

انسان‌ساخت به سمت مرکز به‌شدت افزایش دارد و از درصد اراضی باز نیز به‌شدت کاسته شده است. درصد سیمای سرزمین پوشش گیاهی نیز به سمت ترانسکت مرکزی کاهش یافته است. در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت جنوب غرب از فاصلهٔ ۲۰ کیلومتری به سمت مرکز درصد سیمای سرزمین اراضی انسان‌ساخت روند صعودی و اراضی باز روند نزولی دارند. درصد سیمای سرزمین پوشش گیاهی به سمت مرکز کم می‌شود (شکل ۷).



شکل ۷. تغییرات سنجهٔ درصد سیمای سرزمین در طول ترانسکت مرکز- شمال شرق و مرکز- جنوب غرب

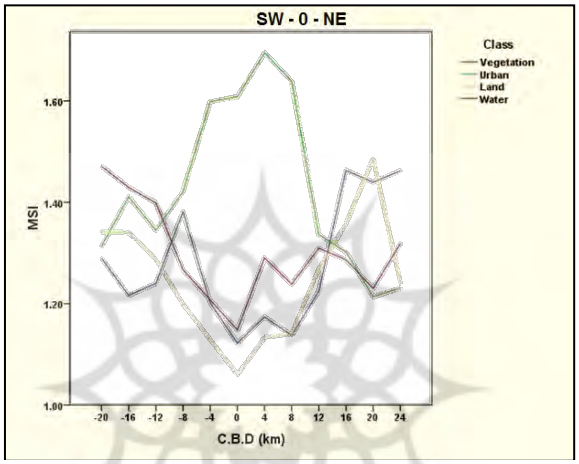
در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت شمال غرب، درصد سیمای سرزمین اراضی انسان‌ساخت به سمت شمال غرب روند نزولی دارد. این در حالی است که هر چه از مرکز تجاری شهر به سمت شمال غرب می‌رویم درصد اراضی باز بیشتر می‌شود. همچنین درصد سیمای سرزمین پوشش گیاهی به سمت ترانسکت‌های شمال غربی روند یکنواختی ندارد. ولی به طور کلی کمی افزایش نشان می‌دهد. در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت جنوب شرق، درصد سیمای سرزمین اراضی انسان‌ساخت از ترانسکت‌های جنوب شرق به سمت مرکز در حال افزایش است. از طرف دیگر درصد اراضی باز به سمت مرکز کاهش یافته است. درصد سیمای سرزمین پوشش گیاهی از مرکز تا فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری افزایش نشان می‌دهد. ولی بعد از این ترانسکت از مقدار آن به‌شدت کاسته می‌شود (شکل ۸).



شکل ۸. تغییرات سنجهٔ درصد سیمای سرزمین در طول ترانسکت مرکز- جنوب شرق و مرکز- شمال غرب در سطح کلاس

سنجهٔ متوسط شاخص شکل بیان‌کنندهٔ میانگین نسبت محیط به مساحت است. اگر این شاخص برابر با ۱ باشد، لکه‌ها شکل مربعی خواهند داشت و با افزایش پیچیدگی شکل لکه‌ها مقدار آن افزایش پیدا می‌کند. پیچیدگی شکل سیمای سرزمین می‌تواند به ناپایداری لکه‌های سیمای سرزمین منجر شود؛ به صورتی که هر چه میزان این پیچیدگی بیشتر باشد احتمال حساسیت آن در مقابل تخریب بیشتر می‌شود. بنابراین نامنظم‌تر شدن شکل سیمای سرزمین از وقوع تخریب و اختلال‌های مصنوعی در اکوسیستم حکایت دارد. طبق نتایج حاصل از کمّی‌سازی این سنجه در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت شمال شرق، مقادیر کمّی‌سازی‌شدهٔ متوسط شاخص شکل سیمای سرزمین لکه‌های انسان‌ساخت از ترانسکت مرکزی تا فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری به‌شدت کاهش می‌یابد و پس از آن این روند نزولی تا شمال شرقی به‌تدریج ادامه می‌یابد. این امر حاکی از افزایش پایداری در طول ترانسکت به سمت شمال شرقی است. از سوی دیگر مقادیر کمّی‌سازی‌شدهٔ اراضی باز تا فاصلهٔ ۲۰ کیلومتری افزایش می‌یابد که افزایش پیچیدگی در این ترانسکت‌ها را نشان می‌دهد. متوسط شاخص شکل لکه‌های پوشش گیاهی در فاصلهٔ ۱۶ کیلومتری به حداکثر مقدار می‌رسد. در نتیجه بی‌نظمی در این فاصله افزایش می‌یابد. در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت جنوب غرب، مقادیر کمّی‌سازی‌شدهٔ متوسط شاخص شکل سیمای سرزمین

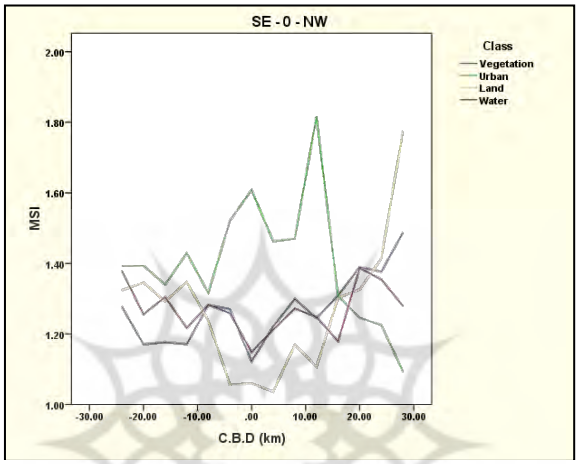
لکه‌های انسان‌ساخت از مرکز به سمت ترانسکت‌های جنوب غرب روند نزولی دارد. در نتیجه پایداری رو به افزایش است؛ درحالی‌که متوسط شاخص شکل اراضی باز به سمت جنوب غرب روند صعودی دارد که حاکی از افزایش پیچیدگی و بی‌نظمی این لکه‌هاست. در خصوص شاخص شکل لکه‌های پوشش گیاهی می‌توان گفت از نظم خاصی پیروی نمی‌کند. بیشترین مقدار آن در فاصلهٔ ۸ کیلومتری و کمترین مقدار آن در ترانسکت مرکزی است (شکل ۹).



شکل ۹. تغییرات سنجهٔ متوسط شاخص شکل در طول ترانسکت مرکز- شمال شرق و مرکز- جنوب غرب

لکه‌های انسان‌ساخت از ترانسکت مرکزی تا فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری به حداکثر می‌رسد و سپس مقدار آن به طور ناگهانی کاهش می‌یابد و این روند کاهش به سمت آخرین ترانسکت در شمال غرب ادامه می‌یابد. در نتیجه از فاصلهٔ ۱۲ کیلومتری به بعد از مقدار پیچیدگی و بی‌نظمی کاسته می‌شود. مقادیر کمّی‌سازی‌شدهٔ متوسط شاخص شکل لکه‌های اراضی باز از مرکز به سمت شمال غرب افزایش می‌یابد و به حداکثر خود در فاصلهٔ ۳۰ کیلومتری می‌رسد. مقادیر متوسط شاخص شکل لکه‌های پوشش گیاهی نیز به سمت شمال غرب افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت جنوب شرق مقادیر کمّی‌سازی‌شدهٔ متوسط شاخص شکل سیمای سرزمین لکه‌های انسان‌ساخت نظم مشخصی ندارد. از آخرین ترانسکت در جنوب شرق به سمت ترانسکت مرکزی روند این لکه‌ها صعودی است؛ طوری که به سمت مرکز تجاری شهر پیچیدگی

بیشتر می‌شود. متوسط شاخص شکل اراضی باز از مرکز به سمت جنوب شرق بیشتر می‌شود. بنابراین، در این جهت ناپایداری این لکه‌ها افزایش می‌یابد. مقادیر کمّی‌سازی‌شدهٔ شاخص شکل لکه‌های پوشش گیاهی تا فاصلهٔ ۸ کیلومتری افزایش می‌یابد؛ سپس تا فاصلهٔ ۲۰ کیلومتری روند نسبتاً ثابتی دارد. پس از آن مجدداً مقدار آن صعودی می‌شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. تغییرات سنجهٔ متوسط شاخص شکل در طول ترانسکت مرکز- جنوب شرق و مرکز- شمال غرب در سطح کلاس

نتیجه

دیدگاه چندمقیاسی و در نتیجه نگاه جامع‌تر به الگوی فضایی گرادیانت شهری ـ روستایی و تغییرات آن بسیار مهم است. زیرا ایجاد این الگوی فضایی ـ زمانی و تأثیر اجتماعی و اکولوژیکی آن تحت تأثیر فرایندها در مقیاس‌های مختلف از مناطق روستایی تا شهری و فراتر از آن قرار می‌گیرد. از آنجا که گذر زمان اکوسیستم‌ها را دچار تغییر می‌کند و این تغییرات یا کند و قابل پیش‌بینی یا سریع و پیش‌بینی‌ناپذیر هستند، با بررسی تغییرات سیستم طی زمان می‌توان الگوهای اختلالات گذشته و آثار تجمعی تغییرات را مشخص کرد. با درک تغییرات، می‌توان پی برد چگونه پویایی محیط زیست طی زمان تغییرات شهر را شکل می‌دهد و چه آثاری در آینده دارند. با توجه به موارد یادشده به نظر می‌رسد ارزیابی سیمای سرزمین بر اساس مدل گرادیانت شهری- روستایی می‌تواند ارتباطات و تعاملات زمانی ـ فضایی را شناسایی کند و برای ارزیابی آثار برنامه‌های توسعهٔ

پیشنهادی معیارها و اهداف غنی‌تری داشته باشد. همچنین، با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین می‌توان ساختار فضایی سیمای سرزمین را کمّی کرد. از طریق ایجاد ارتباط میان ساختار و عملکرد سیمای سرزمین و درک بهتر فرایندهای اکولوژیک می‌توان به ارزیابی سیمای سرزمین به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار آن پرداخت. در نتیجه استفاده از سنجه‌ها، ضمن صرفه‌جویی در زمان، نتایج قابل قبولی ارائه می‌دهد. بنابراین، در این پژوهش مدل‌سازی فضایی گرادیانت شهری- روستایی به منظور شناسایی عوارض توسعهٔ شهری و بررسی تغییرات سیمای سرزمین کلان‌شهر تهران با رویکرد بوم‌شناسی با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین انجام شد. در مطالعه‌ای که اورتیز- بائز و همکارانش (۲۰۲۱) انجام دادند نیز نتایج حاکی از تأثیر شهرنشینی بر بخش‌های روستایی بود. این نتایج به‌وضوح پیچیدگی الگوهای فضایی سیمای سرزمین شهری و روستایی را آشکار می‌کند و تغییرات محلی را در الگوهای استفاده از زمین نشان می‌دهد. در پژوهش هوانگ و همکارانش (۲۰۲۱) نیز نتایج حاکی از توسعهٔ شهری در مرکز شهر فوژه در چین و تکه‌تکه شدن فضای سبز شهری از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ بود. همچنین در مطالعهٔ آگیلرا[1] و همکارانش (۲۰۱۱) از سنجه‌های فضایی برای تعیین کمّیّت فرایندهای فضایی رشد شهری برای هر سناریو استفاده شد و از این طریق توانستند تکامل بالقوهٔ رشد شهری را در دو منطقهٔ شهری اسپانیا پیش‌بینی کنند.

در پژوهش حاضر، کلان‌شهر تهران منطقهٔ مورد مطالعه در نظر گرفته شد. زیرا این کلان‌شهر به علت رشد بی‌رویهٔ جمعیت، توسعه بدون برنامه‌ریزی شهری، و سیاست‌های اعمالی از نظر بوم‌شناسی شهری در وضعیت بحرانی قرار دارد و نیازمند برنامه‌ریزی جامع و اصولی است. مطالعهٔ انجام‌شده چندین شاخص مکانی را پیشنهاد می‌کند که از اهمیتی ویژه برای درک الگوهای بوم‌شناختی در امتداد گرادیانت شهر به روستا برخوردارند. در این تحقیق، مطالعهٔ روند تغییرات کاربری اراضی با مقایسهٔ تصاویر ماهواره‌ای نشان‌دهندهٔ تغییرات زیاد در کاربری اراضی محدودهٔ شهری است. این موضوع نقش تحولات جمعیتی و به تبع آن نیاز به مسکن و سایر کاربری‌های مورد نیاز شهری را نشان می‌دهد. این تحلیل نشان داد ساختار سیمای سرزمین در طول گرادیانت شهری- روستایی از مرکز به سمت نواحی روستایی در حال تغییر است و با افزایش فاصله از مرکز

1. Aguilera

تجاری شهر درصد سطح نفوذناپذیر و تراکم سطوح انسان‌ساخت و تجمع مناطق مسکونی کاهش می‌یابد و کاربری اراضی تغییر می‌کند. از این رو، تغییرات چشمگیر در منشأ، اندازه، شکل، و تعداد لکه‌ها در امتداد ترانسکت‌های هدایت‌شده مشهود است. از سویی دیگر، با نزدیک شدن به ترانسکت مرکزی درصد اراضی با پوشش انسان‌ساخت به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. به طور کلی، با بررسی ترانسکت‌های عبوری در کلان‌شهر تهران مشخص شد میانگین مساحت لکه‌های انسان‌ساخت بیشترین درصد سیمای سرزمین را دارد، پس از آن لکه‌های اراضی باز بیشترین درصد سیمای سرزمین را به خود اختصاص می‌دهد، و طبقهٔ پوشش گیاهی در ترانسکت‌های عبوری واقع در منتهی‌الیه ترانسکت‌های عبوری در رتبهٔ بعدی قرار می‌گیرد. در خصوص فرایندهای فضایی لکه‌های سیمای سرزمین باید به ازهم‌گسیختگی زیستگاه‌ها، که در فاز میانی تخریب زیستگاه حادث می‌شود، اشاره کرد. در طول ترانسکت‌های عبوری در جهات مورد بررسی تقریباً در ترانسکت‌های میانی بالاترین میزان ازهم‌گسیختگی و کاهش پیوستگی سیمای سرزمین حادث شده است.

در حالت کلی در سطح سیمای سرزمین با افزایش فاصله از مرکز تجاری کلان‌شهر تهران تعداد لکه‌ها افزایش، میانگین مساحت لکه‌ها کاهش، تراکم لبه افزایش، پیوستگی کاهش، و شاخص شکل سیمای سرزمین افزایش می‌یابد. در سطح کلاس نیز با افزایش فاصله از مرکز تجاری کلان‌شهر تهران تراکم لکه‌ها افزایش، میانگین مساحت لکه‌های اراضی انسان‌ساخت کاهش، میانگین مساحت لکه‌های اراضی باز و پوشش گیاهی افزایش، تراکم لبه‌ها افزایش، شاخص شکل سیمای سرزمین افزایش، درصد سیمای سرزمین لکه‌های انسان‌ساخت کاهش، و لکه‌های پوشش گیاهی و اراضی باز افزایش می‌یابد.

پیشنهاد

با توجه به گستردگی مطالعات سیمای سرزمین و پویایی روند تغییرات آن، مدل‌سازی مکانی ابزاری مناسب برای درک بهتر علت تغییرات کاربری اراضی پوشش زمین است. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، ادامهٔ این مطالعه برای فهم سازوکارهای شکل‌گیری الگوی سیمای سرزمین شهری نیاز به مطالعات بین‌رشته‌ای جامع‌تری دارد. با در نظر گرفتن وضعیت توسعه در کلان‌شهر

تهران، می‌توان روند تغییرات را با استفاده از سنجه‌های مختلف مورد بررسی و مقایسهٔ دقیق‌تری قرار داد و نیز می‌توان از نتایج حاصل در پیش‌بینی وضعیت آیندهٔ الگوی سیمای سرزمین در شهرها استفاده کرد. این مطالعه نشان داد روش ارزیابی سیمای سرزمین را می‌توان با سایر روش‌های ارزیابی محیط زیست جهت پیش‌بینی دقیق‌تر توسعهٔ شهری استفاده کرد. در نهایت، پیشنهاد می‌شود برای محدوده‌های شهری جهت دستیابی به نتایج بهتر از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالاتر به منظور تولید نقشه‌های کاربری اراضی استفاده کرد تا جزئیات بیشتری نمایان شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود از نتایج حاصل جهت برنامه‌های آینده در طرح‌های جامع شهری و سیاست‌گذاری‌ها استفاده شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

اصغری سراسکان‌رود، ا.؛ ع. اردشیرپی (۱۳۹۹). «پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیرهٔ مارکوف (مطالعهٔ موردی: شهرستان یاسوج)»، *آمایش سرزمین*، د ۱۲، ش ۲، صص ۴۰۷ ـ ۴۳۰.

بوذری، ش.؛ ا. یاوری؛ م. امیری (۲۰۱۶). «تحلیل گرادیانت شهری ـ روستایی به منظور شناسایی عوارض توسعهٔ شهری کلان‌شهر تهران با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین»، دومین کنفرانس بین‌المللی ILAE- IRAN، دانشگاه صنعتی اصفهان.

ذوقی، م.؛ ا. یاوری؛ ح. بحرینی؛ ا. ه. احسانی (۱۳۹۳). «کنگرهٔ بین‌المللی ارزیابی ازهم‌گسیختگی فضای سبز شهری با رویکرد سیمای سرزمین (مطالعهٔ موردی: شهر تهران، منطقهٔ ۵)»، دومین کنفرانس بین‌المللی ساختار، معماری و توسعهٔ شهری، تبریز.

زبردست، ل. (۱۳۹۰). «تحلیل امکان استفاده از اکولوژی سیمای سرزمین در جهت کاهش عدم قطعیت ارزیابی اثرات محیط زیستی (مطالعهٔ موردی: جادهٔ گذرنده از پارک ملی گلستان)»، رسالهٔ دکتری برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران.

زبردست، ل.؛ ا. یاوری؛ پ. پریور؛ ا. ستوده (۱۳۹۴). *مقدمه‌ای بر مفاهیم پایهٔ اکولوژی سیمای سرزمین با کاربرد در برنامه‌ریزی محیط زیست*، تهران، آوای نشر.

فروتن، س.؛ م. شریعت؛ م.م. خیرخواه زرکش؛ ر. سرور (۱۴۰۰). «ارزیابی روند تکه‌تکه‌شدگی شهری با استفاده از سنجه‌ها»، *آمایش سرزمین*، ۱۳ (۱)، صص ۱ ـ ۲۰.

کوخائی، ط.؛ م. مثنوی (۱۳۹۳). «طراحی محیطی زیرساخت‌های اکولوژیک منظر شهری با استفاده از اصل پیوستگی با انشعابات (AWOP) به منظور ارتقای کیفیت زندگی شهری (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۲ شهرداری تهران)»، *محیط‌شناسی*، د ۴۰، ش ۳، صص ۵۵۹ ـ ۵۷۲.

مهرفروز، ا.؛ ه. سلطانی‌فرد؛ ک. علی‌آبادی؛ ه. کراچی (۱۳۹۸). «ارزیابی روند تغییرات پایداری اکولوژیک فضاهای سبز شهری با استفاده از گرادیان‌های سیمای سرزمین (مطالعهٔ موردی: شهر سبزوار)»، *فضای جغرافیایی*، ۱۹ (۶۶)، صص ۹۹ ـ ۱۱۹.

هادی‌زاده بزاز، م. (۱۳۹۲). «مدیریت اراضی حریم شهرها؛ راهکاری اصولی در کاهش مشکلات شهری (نمونه: کلان‌شهر مشهد)»، *معماری و شهرسازی هفت شهر*، د ۴، ش ۴۳ و ۴۴، صص ۶ ـ ۱۶.

References

Aguilera, F., Valenzuelaa, L M., & Botequilha-Leitãob, A. (2011). "Landscape metrics in the analysis of urban land use patterns: A case study in a Spanish metropolitan area", *Landscape and Urban Planning*, 99, pp. 226-238.

Asghari Sereskanrood, S. & Ardeshirpey, A. (2020). "Prediction of Land Use Changes Using CA-Markov: A Case Study of Yasuj City", *Town and Country Planning*, Vol. 12, No. 2, pp. 407-430. (in Persian)

Bouzari, Sh., Yavari, A.R., & Amiri, M.J. (2016). "Urban rural gradient analysis to identify the effects of urban development in the Tehran metropolis with the ecological approach of landscape", The second international conferees of LASE-IRAN, Isfahan University of Technology. (in Persian)

Carreiro, M. M., Pouyat, R. V., Tripler, C. E. & Zhu, W.-X. (2009). "Carbon and nitrogen cycling in soils in remnant forests along urban-rural gradients: case studies in the New York metropolitan area and Louisville, Kentucky", In Ecology of Cities and Towns: A Comparative Approach, eds. M. J. McDonnell, A. K. Hahs and J. H. Breuste, New York: Cambridge University Press, pp. 308–328.

Farina, A. (2008). *Principles and methods in landscape ecology: towards a science of the landscape*, Springer Science & Business Media, Vol. 3.

Foroutan, S., Shariat, M., Kheirkhah Zarkesh, M.M., & Sarvar, R. (2021). "Assessing the fragmentation trend of Rey city using metrics", *Town and Country Planning*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-20. (in Persian)

Gergel, S. E. & Turner, M. G. (Eds.) (2017). *Learning landscape ecology: a practical guide to concepts and techniques*, Springer.

Hadizadeh Bazzaz, M. (2013). "Management of Urban Peripheral Lands; A systematic strategy to Reduce Urban Problems, case study Mashhad Metropolis", *Journal of The Urban Development and Organization Haft Shar*, Vol. 4, Issue 43 & 44, pp. 6-16. (in Persian)

Hahs, A. K. & McDonnell, M. J. (2006). "Selecting independent measures to quantify Melbourne's urban-rural gradient", *Landscape and Urban Planning*,78, pp. 435–448.

Huang, B. X., Chiou, S. C., & Li, W. Y. (2021). "Landscape Pattern and Ecological Network Structure in Urban Green Space Planning: A Case Study of Fuzhou City", *Land*, 10(8), 769.

Kaminski, A., Bauer, D. M., Bell, K. P., Loftin, C. S., & Nelson, E. J. (2021). "Using landscape metrics to characterize towns along an urban-rural gradient", *Landscape Ecology*, pp. 1-20.

Kokhani, T. & Masnavi, M. (2014). "Environmental Design for Ecological Infrastructure of Urban Landscape through Aggregate with Outlier Principle (AWOP) in Order to Enhance the Quality of Urban Life; the Case of District Two, Tehran City", *Journal of Environmental Studie*, Vol. 40, No. 3, pp. 559-572. (in Persian)

Lein, J. K. (2003). *Integrated Environmental Planning*, Ohio: a Blackwell Publishing Company.

Li, H. & Wu, J. (2004). "Use and misuse of landscape indices", *Landscape ecology*, 19 (4), pp. 389-399.

Luck, M. & Wu, J. (2002). "A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study

from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA", *Landscape Ecology*, 17, pp. 327-339.

McGarigal, K., Tagil, S., & Cushman, S. A. (2009). "Surface metrics: an alternative to patch metrics for the quantification of landscape structure", *Landscape ecology*, 24 (3), pp. 433-450.

Mehrforouz, A., Soltanifard, H., Aliabadi, K., & Karachi, H. (2019). "Assesment of chenges in ecological sustainability of urban green spaces using landscape gradients (Case Study: Sabzevar City)", *Geographical Space*, Vol. 19, No. 66, pp. 99-119. (in Persian)

Mokhtari, Z., Safianian, A., Khajadin, S.J., & Ziaei, H. (2012). "Quantifying the effects of the road on the landscape pattern of Isfahan using gradient analysis and landscape metrics", *Geographical Research*, Vol. 27, No. 1, pp. 185-203.

Municipality of Tehran (1385). Atlas of Tehran Metropolis, http://atlas.tehran.ir/Default.aspx?tabid=165.

Nagy, R. C. & Lockaby, B. G. (2011). "Urbanization in the Southeastern United States: Socioeconomic forces and ecological responses along an urban-rural gradient", *Urban Ecosystems*, 14 (1), pp. 71-86.

Ortiz-Baez, P., Cabrera-Barona, P., & Bogaert, J. (2021). "Characterizing landscape patterns in urban-rural interfaces", *Journal of Urban Management*, 10, pp. 46–56.

Ostrom, E. (2009). "A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems", *Science*, 325 (5939), pp. 419-422.

Rafiee, R., Samlan mahini, A., & Khorasani, N. (2009). "Assessment of changes in urban green spaces of Mashad city using satellite data", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11, pp. 431–438.

Ratcliffe, M., Burd, C., Holder, K., & Fields, A. (2016). "Defining rural at the US Census Bureau", *American community survey and geography brief*, 1 (8).

Timm, S., Frydenberg, M., Janson, C., Campbell, B., Forsberg, B., Gislason, T., & Schlünssen, V. (2016). "The urban-rural gradient in asthma: a population-based study in Northern Europe", *International journal of environmental research and public health*, 13 (1), 93.

TT, R. (1995). *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*, Cambridge University Press.

Wang, M., Li, J., Kuang Sh., He, Y., Chen, G., Huang, Y., Song, C., Anderson, P., & Łowicki, D. (2020). "Plant Diversity along the Urban–Rural Gradient and Its Relationship with Urbanization Degree in Shanghai, China", *Forests*, Vol. 11, Issue 2, 10.3390/f11020171.

Xia, H., Kong, W., Zhou, G., & Sun, O. J. (2021). "Impacts of landscape patterns on water-related ecosystem services under natural restoration in Liaohe River Reserve, China", *Science of the Total Environment*, 148290.

Yu, X. J. & Ng C. N. (2007). "Spatial and temporal dynamics of urban sprawl along two urban–rural transects: A case study of Guangzhou, China", *Landscape and Urban Planning*, 79, pp. 96–109.

Zbardast, l. (1390). "Analysis of the possibility of using the ecology of the land landscape to reduce the uncertainty of environmental impact assessment, Case study: Road

passing through Golestan National Park", PhD Thesis in Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran. (in Persian)

Zebardast, L., Yavari, A., Parivar, P., & Sotoudeh, A. (2015). "An Introduction to Principles of Landscape Ecology with Application in Environmental Planning", Tehran, Avaye Ghalam. (in Persian)

Zhang, L., Wu, J., Yu, Z., & Shu, J. (2004). "A GIS-based Gradient Analysis of Urban Landscape Pattern of Shanghai Metropolitan Area, China", *Landscape and Urban Planning*, Vol. 69, No. 1, pp. 1-16.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی