

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره دو، اردیبهشت ماه ۱۴۰۰

## تحلیل گرادیانته شهری- روستایی سیمای سرزمین کلان شهر تهران (سال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ میلادی)

گل آذین رادین مجد<sup>۱</sup>

سید علی جوزی<sup>۲\*</sup>

[sajozi@yahoo.com](mailto:sajozi@yahoo.com)

رخشاد حجازی<sup>۳</sup>

محمدجواد امیری<sup>۴</sup>

حمیدرضا غفارزاده<sup>۵</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۹/۳/۲۹

### چکیده

**زمینه و هدف:** گسترش شهری موجب تغییرات زیربنایی در ساختار و کارکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین و تغییر تدریجی ساختار مکانی و الگوی سیمای سرزمین می‌شود. با توجه به اهمیت درک اجزای محیط زیست شهری و چگونگی تعاملات بین این اجزاء، هدف از این مطالعه تحلیل گرادیانته شهری- روستایی کلان‌شهر تهران با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین برای کمی کردن الگوی سیمای سرزمین می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** اطلاعات تحقیق در سال ۱۳۹۸ گردآوری و از ترکیب آنالیز گرادیانته و سنج‌های سیمای سرزمین برای کمی‌سازی الگوی سیمای سرزمین تهران استفاده شد. نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸ مربوط به سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ در نرم‌افزار ENVI 5.3 به طبقات انسان‌ساخت، اراضی باز، پوشش گیاهی و آب طبقه‌بندی شدند. ترانسکت‌هایی با ابعاد ۴Km\*۴Km در چهار جهت اصلی، با عبور از منطقه ۱۲ طراحی و برای محاسبه سنج‌های تعداد لکه، تراکم لکه، تراکم لبه، درصد سیمای سرزمین، میانگین مساحت لکه‌ها و متوسط شاخص شکل در سطح سیمای سرزمین و کلاس از روش پنجره متحرک استفاده شد.

- 
- ۱- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، ایران
  - ۲- استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، ایران. \* (مسئول مکاتبات)
  - ۳- استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، ایران
  - ۴- استادیار، گروه برنامه ریزی و آموزش محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، ایران
  - ۵- استادیار، گروه اقتصاد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، ایران

**یافته‌ها:** از سال ۲۰۰۸ تا سال ۲۰۱۸ توسعه شهری موجب افزایش تراکم لکه‌ها در سیمای سرزمین شده است. به طوری که در ترانسکت مرکزی پیوستگی سیمای سرزمین کاهش و از هم گسیختگی اجزای ساختاری سیمای سرزمین افزایش یافته است. در سطح سیمای سرزمین تعداد لکه‌ها و تراکم لبه افزایش و میانگین مساحت لکه‌ها و متوسط شاخص شکل کاهش یافته است. در سطح کلاس نیز میانگین مساحت لکه‌های اراضی باز و انسان‌ساخت افزایش یافته است.

**بحث و نتیجه‌گیری:** در طول ترانسکت‌ها علاوه بر تغییرات کاربری‌ها، شکل و تراکم لکه‌ها نیز تغییر کرده و روند این تغییرات در طول ترانسکت‌ها از هم متفاوت است. درصد اراضی انسان‌ساخت ماتریس غالب در ترانسکت‌های نزدیک به مرکز تجاری تهران می‌باشند و مساحت لکه‌های پوشش گیاهی و آبی از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ کاهش یافته است.

**واژه‌های کلیدی:** گرادانته شهری- روستایی، بوم‌شناسی سیمای سرزمین، سنجه‌های سیمای سرزمین، کلان‌شهر تهران.

## **Urban-rural Gradient Landscape Analysis of Tehran Metropolitan in 2008 and 2018**

**Golazin Radyn Majd<sup>1</sup>**  
**Seyed Ali Jozi<sup>2\*</sup>**  
[sajozi@yahoo.com](mailto:sajozi@yahoo.com)  
**Rokhshad Hejazi<sup>3</sup>**  
**Mohammad Javad Amiri<sup>4</sup>**  
**Hamidreza Ghaffarzadeh<sup>5</sup>**

Admission Date: September 6, 2020

Date Received: June 18, 2020

### **Abstract**

**Background and Objective:** Urban expansion causes fundamental changes in the ecological landscape structure and function and a gradual change in the spatial structure and pattern of the landscape. Due to the importance of understanding the components of urban environment and how to understand the interactions between these components, the aim of this study is the urban-rural gradient analysis of Tehran using landscape metrics to quantify the landscape pattern.

**Method:** Research data were collected in 2019 and the combination of gradient analysis and landscape metrics has been used to quantify the pattern of Tehran landscape. Land use maps of Tehran were classified using Landsat 7 and 8 satellite images related to 2008 and 2018 in ENVI 5.3 in categories of built-in land, open land, vegetation land and water. For the gradients analysis, a number of 4km×4km transects were designed in the four main directions, and passing through region 12 of Tehran. To calculate the metrics of Number of Patches, Patch Density, Edge Density, Percentage of Landscape, Mean Patch Size and Mean Shape Index on both landscape and class levels used the moving-window technique.

**Findings:** From 2008 to 2018, urban development has increased the Patch Density in the landscape. So in the central transect the continuity of the landscape has decreased and the fragmentation of the structural components has increased. At the level of the landscape, the Number of Patches and the Edge Density have increased dramatically. However, the Mean Patch Size and the Mean Shape Index have decreased. At the class level, the Mean Patch Size of open lands and built-in land has increased.

---

1- PhD Candidate, Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Iran.

2- Professor, Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Iran. \*(Corresponding Author)

3- Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Iran.

4- Assistant Professor, Department of Environmental Planning & Education, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran.

5- Assistant Professor, Department of Environmental Economy, Faculty of Natural Resources & Environment, Islamic Azad University, Science & Research Branch, Iran.

**Discussion and Conclusion:** Along transects in addition to land use changes, Shape and Patch Density have also changed, and the process of these changes along transects is different. The percentage of built-in lands is the dominant matrix in transects near the commercial center of Tehran, and the area of vegetation lands and water has decreased from 2008 to 2018.

**Keywords:** Urban-rural Gradient, Landscape Ecology, Landscape Metrics, Tehran Metropolitan.

#### مقدمه

افزایش می‌یابد و پیچیدگی شکل ابتدا افزایش و بعد نوسان می‌یابد (۱۱). ونگ<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تنوع گیاهی در طول گرادیانت شهری- روستایی و رابطه آن با درجه شهرنشینی در شانگهای، چین پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که توسعه شهری می‌تواند به تنوع گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد (۱۲). در ایران، مختاری و همکاران (۱۳۹۱)، اثرات جاده را بر سیمای سرزمین اصفهان با استفاده از آنالیز گرادیانت و سنجش‌های سیمای سرزمین کمی نمودند. نتایج نشان داد جاده-ها موجب افزایش از هم گسیختگی لکه‌ها در سیمای سرزمین شده‌اند (۵). بوذری و همکاران (۱۳۹۵)، تحلیل گرادیانت شهری- روستایی به منظور شناسایی عوارض توسعه شهری کلان‌شهر تهران با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین را انجام دادند. نتایج حاکی از پیوستگی بالای لکه‌های انسان‌ساخت و کاهش مساحت لکه‌های پوشش گیاهی و اراضی باز در مرکز کلان‌شهر تهران و از هم گسیختگی بالا در لکه‌های پوشش گیاهی با افزایش فاصله از ترانسکت مرکزی است (۶). با توجه به اهمیت موضوع، هدف از این مطالعه تحلیل گرادیانت شهری- روستایی تهران با استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین برای کمی کردن الگوی سیمای سرزمین در یک دوره ده ساله از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ می‌باشد.

#### روش کار

در این پژوهش جهت بررسی تغییرات سیمای سرزمین یک دوره ده ساله از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ در نظر گرفته شد که هم شرایط گذشته و هم وضعیت جاری بررسی شود. بر این اساس ابزار گردآوری اطلاعات تحقیق در سال ۱۳۹۸ انجام گرفته

بر اساس نظریه ستو و فرگکیاس<sup>۱</sup>، در حال حاضر، نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری ساکن هستند (۱). رشد شهرها و تعامل آنها با نواحی اطرافشان موجب تغییرات محیط زیستی هم در مقیاس محلی و هم در مقیاس منطقه‌ای شده است (۲ و ۳). گسترش شهری موجب تغییرات زیربنایی در ساختار و کارکرد اکولوژیکی سیمای سرزمین و تغییر تدریجی ساختار مکانی و الگوی آن می‌شود (۴). در این میان، اصول بوم‌شناسی سیمای سرزمین می‌تواند به عنوان رهیافتی همه‌جانبه‌نگر در سیمای سرزمین به کار گرفته شود (۵). از دهه ۱۹۵۰ میلادی، مفهوم گرادیانت‌های محیط زیستی که نشان‌دهنده توالی خطی از شرایط محیطی است، برای درک الگوهای افقی جوامع و گونه‌ها در بوم‌شناسی مورد استفاده قرار گرفت (۶). بر اساس آن درجه توسعه شهری و شدت اثرات انسانی بر روی کاربری‌ها به عنوان یک گرادیانت در نظر گرفته می‌شود (۷). این تحلیل به همراه سنجش‌های سیمای سرزمین که شاخص‌هایی توسعه‌یافته برای یافتن الگوی نقشه‌های طبقه‌بندی شده و الگوریتم‌هایی برای کمی کردن خصوصیات مکانی لکه‌ها، کلاس‌ها یا موزایک‌های کل سیمای سرزمین هستند (۷)، شدت توسعه شهری، تغییرات اکوسیستم و بازتاب اثرات انسانی بر محیط زیست را نمایش می‌دهند (۶). در نتیجه روش ترکیبی تحلیل گرادیانت و سنجش‌ها برای نشان دادن تغییرات سیمای سرزمین بر اثر توسعه شهری روشی بسیار کارآمد است (۱۰). ارفو دای<sup>۲</sup> و همکارانش (۲۰۱۸) به تحلیل گرادیانت شهری- روستایی سیمای سرزمین در اطراف مناطق مناطق کوهستانی هنگدوان در چین پرداختند. نتایج مشخص کرد که از مرکز شهر تا مناطق روستایی، پیوستگی کاهش و سپس

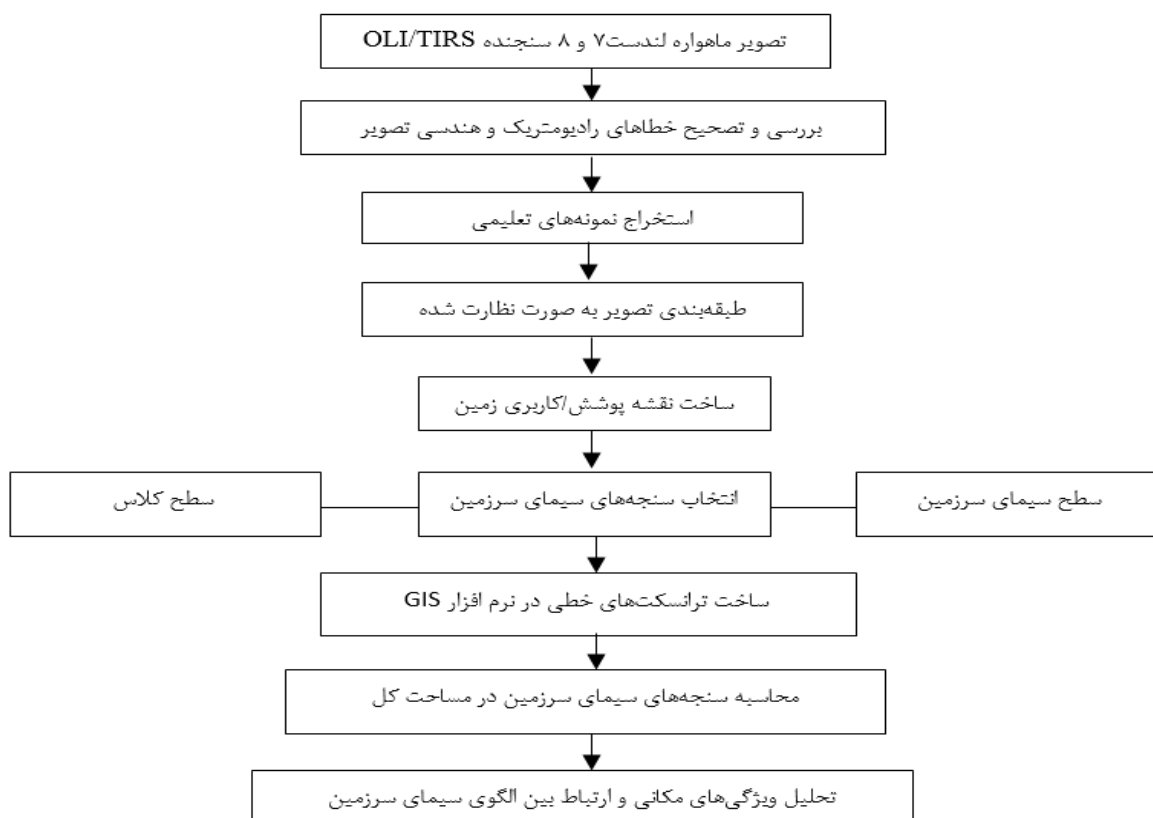
1- Seto & Fragkias  
2- Erfu Dai

شمال و شرق و اراضی مسطح و دشت کویر در منتهی‌الیه جنوب دو پدیده توپوگرافی مهم‌اند که موجب تشکیل ساختار سیمای سرزمین خاص در این منطقه شده است. با توجه به شرایط و ساختگاه تهران برای استقرار جمعیت، نوعی مرکزیت مکانی برای دسترسی و مدیریت سرزمین را در اختیار دارد (۱۳) (شکل ۱).

است. به طور خلاصه روش مورد استفاده در این پژوهش در نمودار ۱ نشان داده شده است.

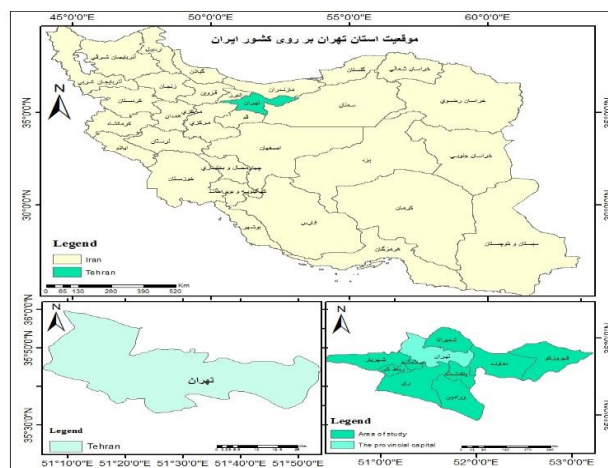
#### - منطقه مطالعاتی

تهران با مساحتی نزدیک به ۱۹۰۰۰ کیلومترمربع در موقعیت جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۳ دقیقه، ۵۱ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است. از نظر طبیعی رشته کوه‌های البرز در



#### نمودار ۱- فرآیند تحقیق

Figure 1. Research process



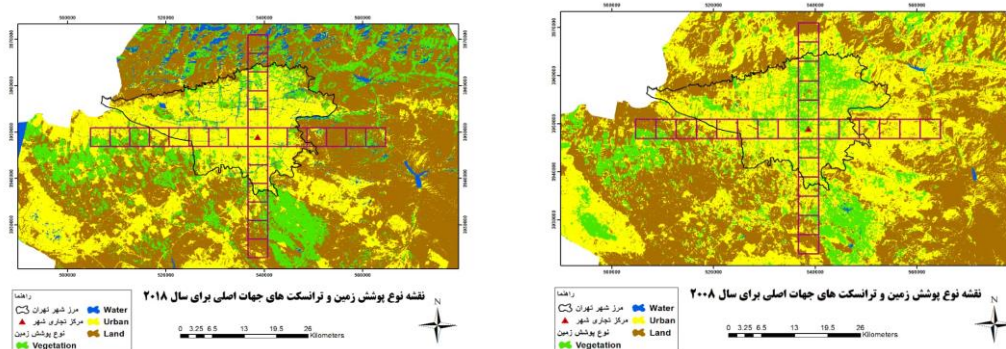
شکل ۱- موقعیت استان تهران

Figure 1. Tehran Province Location

صورت طبقه‌بندی نظارت شده در چهار طبقه پوشش گیاهی، آب، سطوح انسان‌ساخت و اراضی باز تهیه و ترانسکت‌های عبوری مرکز-شمال، مرکز-شرق، مرکز-جنوب و مرکز-غرب به مرکزیت منطقه ۱۲ در نرم‌افزار ArcGIS 10.7 با روش فاصله-آزیموت در بلوک‌هایی با ابعاد ۴×۴ کیلومتر ایجاد شد (شکل ۲). در این پژوهش از سنجه‌های تعداد لکه (Number of Patches)، تراکم لکه (Density Patch)، درصد سیمای سرزمین (Percentage of Landscape)، تراکم لکه (Edge Density)، میانگین مساحت لکه‌ها (Mean Patch Size) و متوسط شاخص شکل (Mean Shape Index) استفاده شد. این سنجه‌ها در دو سطح سیمای سرزمین و کلاس با استفاده از نرم افزار Fragstats 4.2 کمی‌سازی شدند.

پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای: تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸ (سال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸) تهیه و تصاویر با استفاده از روش  $\cos \theta$  الگوریتم تصحیح اتمسفری سریع (Quick Atmospheric Correction) و روش تصحیح هندسی با استفاده از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور تصحیح شدند. سپس تعداد ۱۰۰ نقطه از عوارض طبیعی و انسان‌ساخت بر روی نقشه انتخاب شد و با بررسی RMSE (Root Mean Square Error) به دست آمده نقاطی که دارای خطای بالایی بودند حذف و نهایتاً با خطای کمتر از ۰/۴۷ پیکسل زمین مرجع گردید. پس از اعمال تصحیحات ذکر شده، در مرحله بعد تصاویر بارزسازی شدند.

نقشه پوشش زمین و ترانسکت‌های عبوری: نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم حداکثر شباهت در نرم افزار ENVI 5.4 تهیه شد. طبقات پوشش زمین به



شکل ۲- نقشه پوشش زمین و ترانسکت‌های عبوری کلانشهر تهران مربوط به سال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸

Figure 2. Land cover maps and transects through the metropolis of Tehran in 2008 and 2018

## نتایج

تغییرات تعداد لکه‌ها در سطح سیمای سرزمین در سال ۲۰۰۸ در طول ترانسکت مرکز به شمال، از مرکز تا فاصله ۱۲ کیلومتری روندی افزایشی داشته که نشان دهنده بالاترین از هم گسیختگی در بین ترانسکت‌های هدایت شده سمت شمال می‌باشد. از مرکز به سمت جنوب، تا فاصله ۸ کیلومتری روند افزایشی داشته و سپس روند کاهشی دارد. می‌توان به پیوستگی بالا در جنوبی‌ترین ترانسکت عبوری و کاهش از هم گسیختگی در طول این ترانسکت‌ها اشاره کرد. در طول ترانسکت مرکز به شرق، تا فاصله ۸ کیلومتری افزایش یافته ولی از فاصله ۱۲ کیلومتری این روند کاهش می‌یابد که به معنی کاهش از هم گسیختگی می‌باشد. از مرکز به سمت غرب، با افزایش فاصله از مرکز به استثنای ترانسکت واقع در فاصله ۲۰ کیلومتری تعداد لکه‌ها کاهش می‌یابد. در نتیجه افزایش پیوستگی و کاهش از هم گسیختگی لکه‌ها با فاصله گرفتن از مرکز تجاری کلانشهر تهران مشاهده می‌شود. در سال ۲۰۱۸ در طول ترانسکت مرکز به شمال، تا فاصله ۱۲ کیلومتری از مرکز تعداد لکه‌ها افزایش زیادی می‌یابد که می‌توان به کاهش پیوستگی و افزایش از هم گسیختگی لکه‌ها اشاره کرد. از مرکز به سمت جنوب، تا فاصله ۸ کیلومتری به صورت افزایشی می‌باشد و سپس از فاصله ۱۲ کیلومتری به تدریج تغییرات تعداد لکه‌ها کاهش می‌یابد. در طول ترانسکت مرکز به شرق و مرکز به غرب، تغییرات تعداد لکه‌ها از اصول خاصی تبعیت نمی‌کند (جدول ۱).

در طول ترانسکت‌های عبوری مرکز به شمال، از مرکز تا

در طول ترانسکت‌های مرکز به شمال، تراکم لکه‌ها در سطح سیمای سرزمین در سال ۲۰۰۸ به صورت یکنواخت تا فاصله ۱۲ کیلومتری افزایش می‌یابد. در نتیجه میزان پیوستگی کاهش و به میزان از هم گسیختگی افزوده می‌شود. در ادامه، از فاصله ۱۶ کیلومتری تا شمالی‌ترین ترانسکت عبوری تراکم لکه‌ها روند کاهشی دارد. از سویی دیگر، در طول ترانسکت‌های مرکز به جنوب، تراکم لکه‌ها روند منظمی ندارد. در طول ترانسکت‌های مرکز به شرق، تراکم لکه‌ها تا فاصله ۱۶ کیلومتری روند کاهشی یکنواختی دارند. از فاصله ۲۰ تا ۲۴ کیلومتری مجدداً تراکم لکه رو به افزایش می‌گذارد که نشان‌دهنده افزایش از هم گسیختگی می‌باشد. در طول ترانسکت‌های مرکز به غرب، تراکم لکه‌ها تا فاصله ۲۴ کیلومتری رو به کاهش است. که این امر نمایانگر توزیع کمتر الگوی از هم گسیختگی می‌باشد. در سال ۲۰۱۸ تراکم لکه‌ها در طول ترانسکت‌های مرکز به شمال، تا فاصله ۱۲ کیلومتری به صورت افزایشی می‌باشد. در طول ترانسکت‌های مرکز به جنوب، تراکم لکه‌ها از مرکز تا فاصله ۱۲ کیلومتری به طور یکنواخت افزایش یافته و سپس روند آن نزولی می‌شود. در طول ترانسکت‌های مرکز به شرق، تراکم لکه‌ها روند منظمی ندارد. در طول ترانسکت‌های مرکز به غرب، تراکم لکه‌ها روند یکنواختی ندارد. (جدول ۲).

۲۴ کیلومتری روند کاهشی یکنواختی دارد که نشان دهنده افزایش مجاورت می‌باشد. در سال ۲۰۱۸ مقادیر سنجه تراکم لبه در طول ترانسکت‌های مرکز به شمال، تا فاصله ۱۲ کیلومتری به شدت افزایش می‌یابد که این امر نشان دهنده میزان مجاورت کم در این ترانسکت‌ها می‌باشد. با بررسی ترانسکت‌های مرکز به جنوب، تا فاصله ۱۲ کیلومتری از ۷۷/۵۲ متر در هکتار به ۱۶۰/۵ متر در هکتار می‌رسد. در طول ترانسکت‌های مرکز به شرق، تراکم لبه از نظم مشخصی پیروی نمی‌کند و در طول ترانسکت‌های مرکز به غرب، مقادیر سنجه تراکم لبه تا فاصله ۲۸ کیلومتری افزایش و از فاصله ۳۲ کیلومتری به بعد کاهش می‌یابد (جدول ۳).

فاصله ۱۲ کیلومتری به تدریج افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده کاهش مقادیر مجاورت در ترانسکت‌های یاد شده می‌باشد. سپس مقادیر سنجه تراکم لبه شروع به کاهش ناگهانی می‌نماید. این کاهش حاکی از افزایش مجاورت در طول سیمای سرزمین ترانسکت‌های مذکور می‌باشد. در طول ترانسکت‌های مرکز به جنوب، مقادیر سنجه تراکم لبه روند منظمی ندارد. در طول ترانسکت‌های مرکز به شرق، مقادیر سنجه تراکم لبه تا فاصله ۲۰ کیلومتری از ۱۳۰/۶ متر در هکتار به ۵۹/۱ متر در هکتار می‌رسد. ولی در فاصله ۲۴ کیلومتری این وضعیت تغییر یافته و به طور ناگهانی تراکم لبه افزایش می‌یابد. در طول ترانسکت‌های مرکز به غرب، مقادیر سنجه تراکم لبه تا فاصله

جدول ۱- مقادیر کمی سنجه تعداد لکه در طول ترانسکت‌ها در سطح سیمای سرزمین - سال ۲۰۱۸ و ۲۰۰۸

Table 1. Quantitative measurements of Number of Patches along transects at landscape level – 2008 & 2018

۲۰۱۸		۲۰۰۸		تعداد لکه (NP)	C.B.D (km)
W-E	S-N	W-E	S-N		
-	-	-	-	۲۸	
۸۶۹	-	۲۹۴	-	۲۴	
۴۹۹	۳۴۴	۲۳۶	۱۴۵	۲۰	
۳۵۷	۸۲۰	۲۲۹	۳۵۶	۱۶	
۵۴۲	۱۴۲۵	۲۴۵	۴۳۴	۱۲	
۶۶۰	۱۰۵۳	۳۰۵	۳۸۴	۸	
۵۰۱	۷۴۳	۳۰۷	۳۹۸	۴	
۵۳۹	۵۳۹	۳۶۱	۳۶۱	۰	
۵۱۲	۶۱۹	۳۶۰	۳۵۲	-۴	
۵۷۴	۷۰۱	۳۴۳	۴۴۴	-۸	
۴۵۰	۶۶۰	۳۵۲	۴۱۱	-۱۲	
۵۶۳	۴۶۲	۳۹۵	۴۲۱	-۱۶	
۳۹۹	۲۹۲	۳۱۰	۳۲۲	-۲۰	
۲۹۹	۲۳۶	۲۴۹	۱۵۲	-۲۴	
۴۰۹	-	۳۲۶	-	-۲۸	
۳۴۹	-	۲۷۴	-	-۳۲	



جدول ۲ - مقادیر کمی سنجه تراکم لکه در طول ترانسکت‌ها در سطح سیمای سرزمین - سال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸

Table 2. Quantitative measurements of Patch Density metric along transects at landscape level - 2008 &amp; 2018

۲۰۱۸		۲۰۰۸		C.B.D (km)	تراکم لکه (NP)
W-E	S-N	W-E	S-N		
-	-	-	-	۲۸	
۵۴/۶۳	-	۱۸/۵	-	۲۴	
۳۱/۱۴	۲۱/۶۲	۱۴/۷۳	۹/۱۱۴	۲۰	
۲۲/۴۳	۵۱/۱۶	۱۴/۳۹	۲۲/۲۲	۱۶	
۳۴/۰۷	۸۹/۵۹	۱۵/۴	۲۷/۲۹	۱۲	
۴۱/۱۸	۶۶/۲۳	۱۹/۰۴	۲۴/۱۳	۸	
۳۱/۴۸	۴۶/۳۶	۱۹/۳	۲۴/۸۵	۴	
۳۳/۸۸	۳۳/۸۸	۲۲/۷	۲۲/۷	۰	
۳۱/۹۴	۳۸/۸۹	۲۲/۴۶	۲۲/۱۳	-۴	
۳۶/۰۷	۴۳/۷۳	۲۱/۵۶	۲۷/۷۱	-۸	
۲۸/۲۹	۴۱/۴۷	۲۲/۱۳	۲۵/۸۳	-۱۲	
۳۵/۱۳	۲۹/۰۳	۲۴/۶۴	۲۶/۴۶	-۱۶	
۲۵/۰۸	۱۸/۲۱	۱۹/۴۸	۲۰/۰۹	-۲۰	
۱۸/۷۹	۱۴/۸۴	۱۵/۶۵	۹/۵۵۳	-۲۴	
۲۵/۵۱	-	۲۰/۳۴	-	-۲۸	
۲۱/۹۳	-	۱۷/۲۱	-	-۳۲	

## جدول ۳- مقادیر کمی سنجه تراکم لبه در طول ترانسکت‌ها در سطح سیمای سرزمین- سال ۲۰۱۸ و ۲۰۰۸

Table 3. Quantitative measurements of Edge Density metric along transects at landscape level – 2008 &amp; 2018

۲۰۱۸		۲۰۰۸			تراکم لبه (NP)
W-E	S-N	W-E	S-N		
-	-	-	-	۲۸	C.B.D (km)
۱۹۹/۲	-	۱۱۱/۲	-	۲۴	
۱۵۱/۸	۹۹/۷۴	۵۹/۱	۵۷/۶۱	۲۰	
۷۳/۹۴	۱۷۱	۸۶/۰۲	۱۱۶/۷	۱۶	
۱۲۷/۳	۲۳۷/۵	۸۹/۹۶	۱۷۲/۶	۱۲	
۱۶۰/۸	۱۸۴/۹	۱۱۸/۶	۱۷۶/۸	۸	
۱۰۰/۳	۱۲۳/۸	۱۱۲/۱	۱۶۸/۳	۴	
۷۷/۵۲	۷۷/۵۲	۱۳۰/۶	۱۳۰/۶	۰	
۸۰/۲۴	۱۱۳/۲	۱۲۹/۷	۱۲۷/۶	-۴	
۱۲۷/۷	۱۴۰/۲	۱۲۹/۱	۱۴۴/۳	-۸	
۹۸/۷۶	۱۶۰/۵	۱۱۹/۷	۱۵۷/۴	-۱۲	
۱۱۳/۲	۱۴۱/۳	۱۱۲/۴	۱۴۹	-۱۶	
۱۱۱/۶	۹۵/۵	۱۲۲/۹	۱۳۴/۵	-۲۰	
۱۰۵/۹	۷۵/۲۶	۱۲۲/۷	۵۲/۰۴	-۲۴	
۱۱۸/۹	-	۱۳۱/۸	-	-۲۸	
۹۲/۶۷	-	۷۹/۰۶	-	-۳۲	

یابد و هر چه از مرکز به سمت روستا پیش می‌رویم میانگین لکه‌های انسان ساخت کاهش می‌یابد. میانگین مساحت لکه‌های اراضی باز و پوشش گیاهی تغییر چشمگیری دیده نمی‌شود. از مرکز به سمت غرب، میانگین مساحت لکه‌های انسان ساخت افزایش می‌یابد. این امر نمایانگر افزایش از هم گسیختگی و کاهش پیوستگی می‌باشد. میانگین لکه‌های اراضی باز و پوشش گیاهی به سمت غرب نیز روند افزایشی دارند. در سال ۲۰۱۸ در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت شمال، میانگین لکه‌های انسان ساخت از فاصله ۲۰ کیلومتری به سمت ترانسکت مرکزی به شدت افزایش می‌یابد. از سوی دیگر تراکم لکه‌های انسان ساخت در طول این ترانسکت‌ها روند نزولی دارد. این امر ناشی از افزایش از هم گسیختگی و کاهش پیوستگی این لکه‌ها می‌باشد. در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت جنوب، میانگین

میانگین لکه‌های انسان ساخت در سال ۲۰۰۸ در سطح کلاس در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت شمال، تا فاصله ۱۲ کیلومتری به تدریج کاهش می‌یابد. لذا، از فاصله ۱۲ کیلومتری به بعد از هم گسیختگی افزایش می‌یابد. این درحالی است که از مقدار لکه‌های اراضی باز به سمت مرکز کاسته می‌شود. که این امر کاهش پیوستگی این لکه‌ها را نشان می‌دهد. میانگین لکه‌های پوشش گیاهی با تغییر کمی مواجه است. از مرکز به سمت جنوب، میانگین لکه‌های انسان ساخت در فاصله ۸ کیلومتری افزایش می‌یابد و سپس از مقدار آن کاسته می‌شود. میانگین لکه‌های اراضی باز در حال افزایش می‌باشد ولی میانگین مساحت لکه‌های پوشش گیاهی تغییر چشمگیری نشان نمی‌دهد. از مرکز به سمت شرق، میانگین مساحت لکه‌های انسان ساخت تا فاصله ۲۰ کیلومتری به تدریج افزایش می‌

های اراضی باز در فاصله ۱۶ کیلومتری به بیشترین مقدار خود می‌رسد. از مرکز به سمت غرب، میانگین مساحت لکه‌های انسان‌ساخت به سمت مرکز روند صعودی دارد ولی، میانگین لکه‌های اراضی باز و پوشش گیاهی به سمت مرکز کاهش می‌یابد. لذا، از هم گسیختگی به سمت مرکز شهر افزایش یافته و پیوستگی کاهش می‌یابد (جدول ۴).

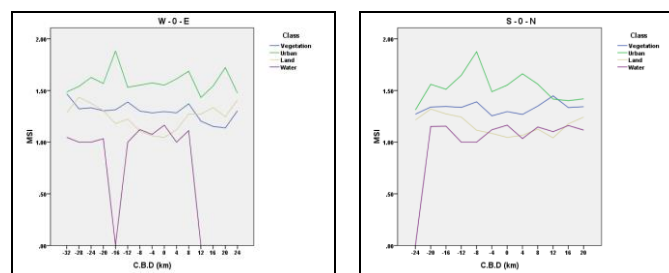
لکه‌های انسان‌ساخت نیز از سمت روستا به سمت مرکز به شدت افزایش می‌یابد. همچنین میانگین لکه‌های اراضی باز به سمت روستا افزایش نشان می‌دهد. از مرکز به سمت شرق، میانگین مساحت لکه‌های انسان‌ساخت تا ترانسکت مرکزی افزایش زیادی دارد. این امر نمایانگر افزایش از هم گسیختگی به سمت مرکز تجاری شهر می‌باشد. در این میان، میانگین لکه-

جدول ۴ - مقادیر کمی سنجه میانگین لکه‌ها در طول ترانسکت‌ها در سطح کلاس - سال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸  
Table 5. Quantitative measurements of Mean Patch Size along transcripts at class level- 2008 & 2018

میانگین لکه‌ها (MPS)															
۲۰۱۸							۲۰۰۸								
W-E				S-N			W-E				S-N				
آب	اراضی باز	انسان ساخت	پوشش گیاهی	آب	اراضی باز	انسان ساخت	پوشش گیاهی	آب	اراضی باز	انسان ساخت	پوشش گیاهی	آب	اراضی باز	انسان ساخت	پوشش گیاهی
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۵/۵۸	۵/۹۱	۰/۷۳	۱/۸۴	-	-	-	۳/۸۴	۰	۳/۸۴	۳/۸۳	۰/۸۹	-	-	-	-
۰/۳۷	۱۹/۹۵	۰/۶۵	۱/۸۹	۳۵/۰۷	۰/۴۴	۱/۸۳	۰/۴۰	۰	۱/۳۸	۱۵/۴۴	۰/۴۰	۰/۱۹	۱۶/۱۰	۱۴/۲۰	۲/۲۴
۰/۳۵	۸۵/۸۰	۰/۲۵	۰/۸۲	۳/۱۶	۱/۱۹	۲/۰۹	۲/۴۰	۰	۲/۴۰	۴۳/۹۷	۰/۵۸	۰/۴۱	۱/۱۵	۱۰/۵۷	۴/۷۳
۰/۹۱	۲۲/۸۴	۱/۸۱	۰/۵۸	۰/۱۶	۴/۹۹	۱/۱۸	۲/۶۹	۰	۲/۵۶	۳۳/۲۶	۲/۶۹	۰/۳۶	۰/۲۱	۳/۱۱	۸/۹۶
۰/۳۸	۳/۰۶	۲/۸۵	۱/۸۶	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۸۱	۳/۴۰	۰/۱۹	۱/۴۳	۲۹	۳/۴۰	۰/۹۱	۱/۲۰	۴/۳۱	۶/۷۴
۰/۸۳	۰/۲۳	۴۵/۹۳	۰/۷۳۴	۰/۱۸	۷/۱۴۴	۷/۱۴۴	۱/۲۱	۰/۴۴	۰/۴۹	۱۸/۳۰	۲/۲۱	۰/۱۸	۰/۳۲	۵/۷۰	۴/۳۹
۰/۳۲	۰/۱۷	۱۱۵/۶	۰/۴۸	۰/۱۷	۱۱۵/۶	۰/۴۸	۱/۶۲	۰/۴۲	۰/۲۱	۱۲/۲۶	۳/۲۵	۰/۴۲	۰/۲۱	۱۲/۲۶	۳/۲۵
۰/۴۱	۰/۱۸	۸۷/۹۵	۰/۴۲	۰/۳۲	۲۴/۲۴	۲۴/۲۴	۱/۰۶۲	۰/۴۲	۰/۲۶	۱۷/۰۱	۲/۳۷	۰/۴۲	۰/۴۷	۹/۷۲	۴/۵۱
۰/۶۹	۰/۴۴	۲۵۵/۹	۰/۹۶	۰/۷۱	۱۵/۳۸	۱۵/۳۸	۱/۰۴۲	۰/۴۴	۰/۵۲	۱۱/۷۶	۴/۲۹	۰/۱۲	۰/۴۹	۲۲/۴۲	۲/۷۴
۰/۷۸	۰/۸۸	۳۳/۲۵	۰/۶۸	۱/۴۱	۵/۴۲	۵/۴۲	۲/۵۱	۰/۰۹	۱/۷۳	۳۰/۷۱	۲/۰۳	۰/۱۸	۱/۷۶	۱۳/۰۳	۲/۵۰
۰/۶۵	۰/۵۱	۴۴/۷۱	۰/۸۳	۶/۶۸	۳/۴۷	۳/۴۷	۴/۱۱	۰	۱/۱۹	۶۸/۳۱	۱/۱۲	۰/۵۴	۲/۰۶	۸/۶۷	۳/۲۴
۰/۸۷	۲/۹۶	۱۳/۵۶	۱/۴۴	۱۵/۹۹	۱/۱۲	۴/۵۰	۴/۵۰	۰/۲۱	۴/۴۵	۱۳/۴۵	۱/۶۳	۰/۷۹	۶/۵۷	۵/۴۵	۲/۰۹
۰/۸۶	۳/۲۶	۲/۸۸	۱/۶۹۹	۳۹/۱۱	۱/۰۱	۱/۰۱	۱/۰۱	۰/۰۹	۹/۶۸	۷/۵۹	۲/۹۰	۰	۲۰/۱۹	۶/۳۲	۰/۹۸
۰/۳۲	۲/۱۲	۶/۱۲	۷/۶۳	-	-	-	-	۰/۰۹	۱۰/۴۴	۲/۸۸	۴/۱۱	-	-	-	-
۰/۳۶	۱/۴۷	۹/۰۴	۲۲/۸۲	-	-	-	-	۰/۱۳۳	۱۶/۹۳	۱/۴۶	۱۳/۹۸	-	-	-	-

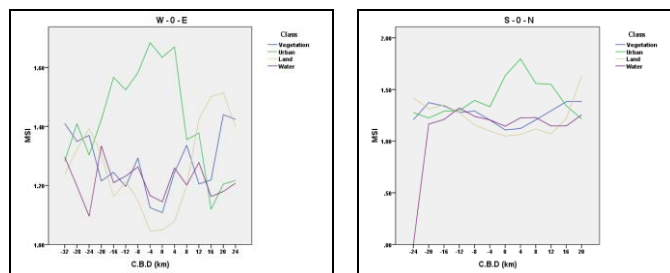
ساخت در فاصله ۱۶ کیلومتری بیشترین مقدار پیچیدگی و ناپایداری را دارد. متوسط شاخص شکل اراضی باز تا فاصله ۲۸ کیلومتری روند صعودی دارد که نمایانگر افزایش پیچیدگی این لکه‌ها به سمت غرب می‌باشد (شکل ۳). در سال ۲۰۱۸ از مرکز به سمت شمال، لکه‌های انسان‌ساخت تا فاصله ۴ کیلومتری به بیشترین مقدار خود می‌رسد و به تدریج از مقدار آن کاسته می‌شود. متوسط شاخص شکل اراضی باز به تدریج تا فاصله ۲۰ کیلومتری افزایش می‌یابد که ناشی از پیچیدگی این لکه‌ها می‌باشد. از مرکز به سمت جنوب، لکه‌های انسان‌ساخت روند کاهشی دارد. این امر نمایانگر افزایش پایداری در این لکه‌ها می‌باشد. از سوی دیگر متوسط شاخص شکل اراضی باز رو به افزایش است. لکه‌های پوشش گیاهی تا فاصله ۲۰ کیلومتری افزایش می‌یابد ولی پس از آن از مقدار آن کاسته می‌شود. از مرکز به سمت شرق، لکه‌های انسان‌ساخت از نظم مشخصی پیروی نمی‌کند. متوسط شاخص شکل لکه‌ها پوشش گیاهی نیز روند منظمی ندارد. از مرکز به سمت غرب، روند مقادیر کمی‌سازی شده متوسط شاخص شکل لکه‌های انسان‌ساخت نزولی است. ولی متوسط شاخص شکل لکه‌های پوشش گیاهی به سمت غرب رو به افزایش است. در نتیجه پیچیدگی این لکه‌ها روند صعودی دارد. همچنین متوسط شاخص شکل اراضی باز در فاصله ۲۴ کیلومتری به بیشترین مقدار می‌رسد که حاکی از افزایش بی‌نظمی در این ترانسکت می‌باشد (شکل ۴).

در سال ۲۰۰۸ بیشترین متوسط شاخص شکل در لکه‌های انسان‌ساخت در سطح کلاس در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت شمال، در فاصله ۴ کیلومتری از مرکز می‌باشد. این امر حاکی از حرکت به سمت ناپایداری و پیچیده‌تر شدن شکل سیمای سرزمین می‌باشد. متوسط شاخص شکل در لکه‌های اراضی باز به سمت شمال روند صعودی داشته که نشان از پیچیده‌تر شدن این لکه‌ها به سمت شمال دارد. متوسط شاخص شکل در لکه‌های پوشش گیاهی تا فاصله ۱۲ کیلومتری از مرکز حالت صعودی دارد که حاکی از افزایش بی‌نظمی در مرز لبه‌های آن‌ها است. در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت جنوب، لکه‌های انسان‌ساخت به تدریج افزایش یافته و در فاصله ۸ کیلومتری به حداکثر مقدار و در فاصله ۲۴ کیلومتری به کمترین مقدار می‌رسد. که نمایانگر افزایش پایداری به سمت جنوب می‌باشد. همچنین متوسط شاخص شکل لکه‌های اراضی باز از فاصله ۸ کیلومتری به سمت ترانسکت‌های جنوبی روند نزولی دارد. در حالی که این سنجه در لکه‌های پوشش گیاهی در طول ترانسکت عبوری از نظم خاصی تبعیت نمی‌کند. از مرکز به سمت شرق، لکه‌های انسان‌ساخت از نظم خاصی پیروی نمی‌کند. در صورتی که مقادیر کمی‌سازی شده این سنجه در لکه‌های اراضی باز به تدریج به سمت شرقی‌ترین ترانسکت افزایش می‌یابد که این امر ناشی از افزایش پیچیدگی به سمت شرق می‌باشد. از مرکز به سمت غرب، مقادیر کمی‌سازی شده متوسط شاخص شکل لکه‌های انسان-



شکل ۳- تغییرات سنجه متوسط شاخص شکل در سطح کلاس - سال ۲۰۰۸

Figure 3. Change of the Mean Patch Size metric at the class level - 2008

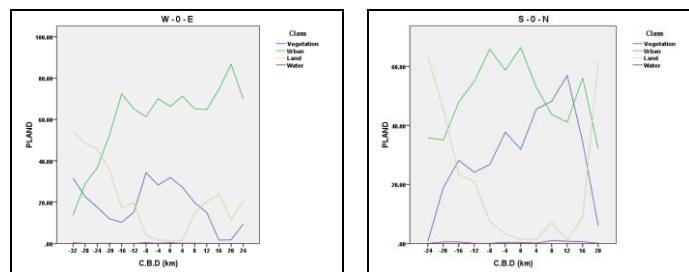


شکل ۴- تغییرات سنجه متوسط شاخص شکل در سطح کلاس - سال ۲۰۱۸

Figure 4. Change of the Mean Patch Size metric at the class level - 2018

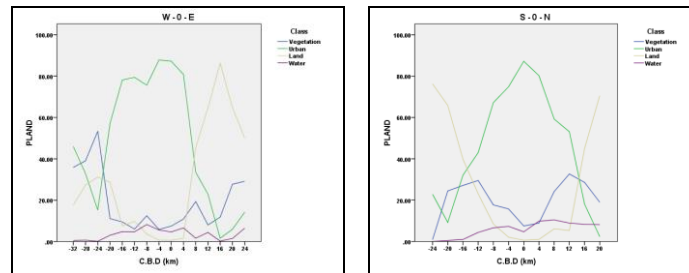
پوشش گیاهی افزایش می‌یابد (شکل ۵). بیشترین درصد سیمای سرزمین در سطح کلاس در سال ۲۰۱۸ از مرکز به سمت شمال، در بین طبقات پوششی زمین مربوط به اراضی انسان‌ساخت می‌باشد و کمترین درصد سیمای سرزمین مربوط به اراضی باز می‌باشد. از مرکز به سمت جنوب، اراضی انسان‌ساخت بیشترین درصد سیمای سرزمین را از فاصله ۲۰ کیلومتری تا ترانسکت مرکزی به خود اختصاص داده‌اند. در حالی که درصد اراضی باز به حداقل می‌رسد. در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت شرق، درصد سیمای سرزمین اراضی انسان‌ساخت نسبت به سایر طبقات پوشش زمین بیشتر است. درصد اراضی باز در مرکز نزدیک به صفر می‌باشد. در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت غرب، درصد سیمای سرزمین از مرکز تجاری کلان‌شهر تهران تا فاصله ۲۴ کیلومتری به حداقل می‌رسد. سپس از این ترانسکت به سمت غربی‌ترین ترانسکت در فاصله ۳۲ کیلومتری مجدداً مقدار آن افزایش می‌یابد (شکل ۶).

در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت شمال، بیشترین درصد پوشش سیمای سرزمین در سطح کلاس در سال ۲۰۰۸ در بین همه ترانسکت‌ها متعلق به اراضی انسان‌ساخت است به جز شمالی‌ترین ترانسکت که بیشترین درصد پوشش در این ترانسکت اراضی باز می‌باشد. که علت آن افزایش ارتفاع و محدودیت در ساخت سطوح انسان‌ساخت است. در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت جنوب، درصد سیمای سرزمین اراضی انسان‌ساخت به سمت مرکز در حال افزایش می‌باشد. در نتیجه در طول این ترانسکت از فاصله ۲۴ کیلومتری به سمت مرکز از اراضی باز به شدت کاسته می‌شود. در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت شرق، درصد سیمای سرزمین اراضی انسان‌ساخت نسبت به سایر طبقات پوشش زمین بیشتر است. در طول ترانسکت‌های مرکز به سمت غرب، بیشترین درصد سیمای سرزمین اراضی انسان‌ساخت در فاصله ۱۶ کیلومتری می‌باشد. پس از این ترانسکت به سمت غربی‌ترین ترانسکت عبوری از مقدار آن کاسته می‌شود ولی مقدار اراضی باز و



شکل ۵- تغییرات سنجه درصد سیمای سرزمین در سطح کلاس - سال ۲۰۰۸

Figure 5. Change of the Percentage of Landscape metric at the class level - 2008



شکل ۶- تغییرات سنجه درصد سیمای سرزمین در سطح کلاس - سال ۲۰۱۸

Figure 6. Change of the Percentage of Landscape metric at the class level – 2018

### بحث و نتیجه گیری

از ترانسکت مرکزی بیشتر می‌شود به دلیل کاهش مجاورت لکه‌ها در طول ترانسکت‌های عبوری میزان پیوستگی کاهش و میزان از هم گسیختگی افزایش یافته است. در طول ترانسکت-های عبوری هم در سال ۲۰۰۸ و هم در سال ۲۰۱۸ با دور شدن از مرکز تجاری فضاهای باز و سطوح پوشش گیاهی افزایش می‌یابد. به طور کلی از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ میانگین مساحت لکه‌های انسان‌ساخت افزایش و مساحت لکه‌های پوشش گیاهی، آبی و اراضی باز تا حدودی کاهش یافته است. که این امر نشان‌دهنده تأثیر عوارض توسعه شهری بر ساختار و عملکرد الگوی سیمای سرزمین در کلان‌شهر تهران در طول زمان می‌باشد. نتایج پژوهش بودری و همکاران (۱۳۹۵) نیز حاکی از افزایش پیوستگی لکه‌های انسان‌ساخت و کاهش مساحت لکه‌های پوشش گیاهی و اراضی باز در مرکز تجاری کلان‌شهر تهران می‌باشد. در نهایت با توجه به گستردگی این موضوع پیشنهاد می‌شود که از نتایج حاصل در پیش‌بینی وضعیت آینده الگوی سیمای سرزمین در تهران و ادغام آن با سایر مدل‌های ارزیابی برای تحلیل جمعیت‌شناسی، فضای سبز و یا آب و هوا استفاده شود. این یافته‌ها می‌تواند بینشی برای برنامه‌ریزی شهری و حفاظت از منابع طبیعی در مناطق شهری را فراهم کند. با این حال، مکانیسم‌های اساسی درجه شهرسازی و تغییرات الگوی سیمای سرزمین نیاز به مطالعه بیشتر دارند.

در این پژوهش با استفاده از تحلیل گرادینت شدت گسترش شهر، تغییرات سیمای سرزمین، عوارض توسعه شهری و بازتاب اثرات انسانی بر محیط زیست در طول ترانسکت‌های عبوری در سال ۲۰۱۸ و ۲۰۰۸ بررسی شد. سنجه‌های منتخب در دو سطح سیمای سرزمین و کلاس در چهار جهت اصلی کمی-سازی شدند. دای و همکاران (۲۰۱۸) نیز در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که گسترش اراضی شهری در شهرهای کوهستانی دارای ویژگی‌های مشترک با شهرهای دشتی است، اما دارای خصوصیات منحصر به فردی نیز می‌باشد. آن‌ها پیشنهاد نمودند که از ترکیب سنجه‌های سیمای سرزمین و گرادینت شهری-روستایی به عنوان یک روش مناسب برای بازتاب روند پراکندگی شهری و تأثیرات آن بر الگوی سیمای سرزمین در سطح سیمای سرزمین استفاده شود. نتایج پژوهش ونگ و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد چگونه شهرنشینی بر تنوع گیاهی تاکسون‌های مختلف تأثیر می‌گذارد و روابط مکانی بین درجه شهرنشینی و تنوع گونه‌های مختلف گیاه وجود دارد. تحلیل گرادینت سیمای سرزمین کلان‌شهر تهران نشان داد ساختار سیمای سرزمین در طول گرادینت شهری-روستایی از مرکز به سمت روستا در بازه‌های زمانی مختلف تغییر می‌کند. به طوری که با نزدیک شدن به ترانسکت مرکزی درصد اراضی انسان‌ساخت به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. همچنین مقایسه نتایج نشان می‌دهد، تعداد و تراکم لکه‌ها و تراکم لبه با فاصله گرفتن از مرکز هم در سال ۲۰۰۸ و هم در سال ۲۰۱۸ بیشتر می‌شود و به طور کلی از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ این روند افزایشی دیده می‌شود. این امر حاکی از آن است هر چه فاصله

### Reference

1. Seto, K.C., Fragkias, M., 2005. Quantifying spatiotemporal patterns of

- as Components of Ecosystems pp 175-189.
8. Gustafson, E.J., 1998. Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art? *Ecosystems* 1, 143-156.
  9. McGarigal, K., Cushman, S. A. and Neel, M. C., Ene, E., 2002, FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps, Computer Software Program Produced by the Authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
  10. Weng, Y., 2007, Spatial Changes of Landscape Pattern in Response to Urbanization, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 81, No. 4, PP. 341-353.
  11. Dai, E., Wang, Y., Ma, L., Yin, L., Wu, Z., 2018, 'Urban-Rural' Gradient Analysis of Landscape Changes around Cities in Mountainous Regions: A Case Study of the Hengduan Mountain Region in Southwest China. *Sustainability*, Volume 10, Issue 4, 10, 1019.
  12. Wang, M., Li, J., Kuang Sh., He, Y., Chen, G., Huang, Y., Song, C., Anderson, P. and Łowicki, D., 2020, Plant Diversity along the Urban-Rural Gradient and Its Relationship with Urbanization Degree in Shanghai, China. *Forests*, Volume 11, Issue 2, 10.3390/f11020171.
  13. Municipality of Tehran, 1385, Atlas of Tehran Metropolis, <http://atlas.tehran.ir/Default.aspx?tabid=165>
  - urban land-use change in four cities of China with time series landscape metrics. *Landscape Ecol.* 20, 871-888.
  2. Alberti, M., 2005. The Effects of Urban Pattern on Ecosystem Function. *Integration Regional Science Review*, 168- 190.
  3. Parivar, Parstoo, Formulating an integrated framework for strategic environmental assessment of urban development plans based on resilience thinking and the principles of urban ecology- a case of Tehran. Ph.D. thesis, Graduate Faculty of Environment, University of Tehran, 1392, (In persian)
  4. Wang, Y., Li, J., Fan, Z., Wang, X., 2008, GIS- based Urban Mosaic and Its Gradient Analysis, IEEE, the Second International Conference On Bioinformatics and Biomedical Engineering (ICBBE 2008), Shanghai, China.
  5. Mokhtari, Zahra et al., Quantify the effects of the road on the pattern of urban landscape using gradient analysis and metric landscape. *Journal of Geographical Research*, Year 27, Issue 1, Spring 2012, Consecutive Issue 104.
  6. Bouzari, Sh., Yavari, A.R., Amiri, M.J. 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, 2016, 26-27 Oct., Isfahan University of Technology, Iran. (In persian)
  7. McDonnell, M. J., Pickett S.T.A., Pouyat, R.V., 1993. The Application of the Ecological Gradient Paradigm to the Study of Urban Effects. *Humans*