Journal of Sustainable City, 6 (3), 2023

Journal of Sustainable City

Online ISSN: 2476-6151

Journal Homepage: www.jscity.ir

Research Paper

Analysis of Land Use and Landscape Changes in Urban and Peripheral Regions The Case Study of Shahroud City

Saeed Hossein Abadi [a], Ebrahim Akbari [b]

[a]. *(Corresponding Author), Department of Geography, Faculty of Humanities ,Bozrogmehr University of Qaenat, Qaen, Iran*
Email: Hosseinabadi@buqaen.ac.ir

[b]. *Department of RS & GIS, University of Tabriz, Tabriz, Iran*
Email: e.akbari.2791@gmail.com

ARTICLEINFO

Keywords:
Land Use,
Land Use Change,
Landscape,
Landscape Ecological Approach,
Shahroud City.

Received:
26 May 2023
Received in revised form:
31 August 2023
Accepted:
26 September 2023
Available online:
30 October 2023
pp. 79-98

ABSTRACT

This research aims to investigate the changes in land use and landscape of Shahroud city from 2000 to 2021 and its forecast for 2031. A descriptive-analytical approach characterizes the present research. The data was obtained through Landsat satellite images - images of ETM+ for 2000 and 2010 and OLI for 2021-. After corrections and pre-processing operations, these images were classified in ENVI 5.3 software using the maximum likelihood algorithm. Then, the produced maps were entered into the FRAGSTATS 4.2 software to measure landscape ecology metrics. The results of the research showed that in the period (2000 to 2031), the total area of rangelands was relatively stable; the area of the built environment increased by 2.48%, and croplands and orchards increased by 1.32% per year. At the same time, the area of vacant lands has decreased by 1.03% annually, which shows that a large part of these vacant lands has been changed in favor of built (urban and rural) croplands and orchards. Although, in the studied period, the metrics of Means Patch Size (MPS) and Largest Patch Index (LPI) for the rangelands, built environment croplands, and orchard lands have improved, the changes in the Interspersion Juxtaposition Index (IJI) show a tendency to interspersion of these land uses during the time. On the scale of the general landscape, the decrease in the metric of CONTAG and LPI and the increase in NP and SHDI indicate that the landscape of Shahroud has become more disintegrated and dispersed. The physical expansion of Shahroud city, which has happened mainly in a sprawl pattern, was one of the main factors in forming such a situation in the landscape.

Citation: Hossein Abadi, S., & Akbari, E. (2023). Analysis of Land Use and Landscape Changes in Urban and Peripheral Regions The Case Study of Shahroud City. *Journal of Sustainable City*, *6* (2), 79-98.
http://doi.org/10.22034/JSC.2024.367302.1663

© The Author(s)
Publisher: Iranian Geography and Urban Planning Association.
This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Extended Abstract

Introduction

This research aims to investigate the changes in land use and landscape of Shahroud city from 2000 to 2021 and its forecast for 2031. Shahroud city, as the second population and economic center of Semnan province, has grown significantly in recent decades. The changes in the population of Shahroud city between 1956 and 2016 have shown this city's significant population and spatial growth in these 60 years. The physical expansion of the city has been accompanied by the dispersion of built-up elements such as roads, facilities, infrastructures, and buildings and the increase of distances between different places and the merge of nearby villages to the city boundaries and all of these processes change the land cover/use and landscape, which ultimately challenges the sustainable development of the region and the city. Therefore, this paper examines the past and future trends of land use and landscape changes in Shahroud using ecological metrics of landscape.

In this research, it is intended to answer the following questions:

- What has changed the land use pattern in Shahroud city based on the ecological metrics of landscape from 2000 to 2021?
- How has the landscape of the studied area changed between 2000 and 2021?
- How will be the pattern of land use and landscape of the studied area in 2031?

Methodology

A descriptive-analytical approach characterizes the present research. The data was obtained through Landsat satellite images - images of ETM+ for 2000 and 2010 and OLI for 2021-. After corrections and pre-processing operations, these images were classified in ENVI5.3 software using the maximum likelihood algorithm. Then, the produced maps were entered into the FRAHSTATS 4.2 software to measure landscape ecology metrics. The metrics used in this research are Number of Patches(NP), Class Area(CA), Percentage of landscape(PLAND), Means of Patch Size (MPS), Largest patch index (LPI), Shannon's Diversity Index(SHDI) and Interspersion Juxtaposition Index (IJI).

Results and discussion

The results of the research showed that in the period (2000 to 2031), the total area of rangelands was relatively stable; the area of the built environment increased by 2.48%, and croplands and orchards increased by 1.32% per year. The area of vacant lands has decreased by 1.03% annually, which shows that a large part of these vacant lands has been changed in favor of built (urban and rural) croplands and orchards. According to the PLAND index, which represents the share of each land use in the entire landscape, the largest area belongs to vacant lands. Although the share of this class has decreased from 66.5% in 2000 year to 55.49% in 2021, it is still the dominant land use in the landscape of Shahroud. At the beginning of the period, the share of the built environment was 13.04% of the total area, which reached 20.14% at the end of the period, and its rank was upgraded from third to second. The PLAND index of rangelands did not change significantly in this period, and its share in 2021 was about 6.68% of the total area. Even though the share of cropland and orchard class increased from 14.96 to 19.69 percent, its rank has degraded from second to third. Although, in the studied period, the metrics of Means Patch Size (MPS) and Largest Patch Index (LPI) for the rangeland, built environment, and agricultural and orchard lands have improved, the changes in the Interspersion Juxtaposition Index (IJI) show a tendency to interspersion of these land uses during the time. The highest amount of IJI belongs to vacant lands, followed by built-up lands; rangelands have the lowest amount. On the scale of the general landscape, the decrease in the metric of CONTAG and LPI and the increase in NP and SHDI indicate that the landscape of Shahroud has become more disintegrated and dispersed.

Conclusion

The most important points that can be obtained from the study of land use changes and the landscape of Shahroud city and its surroundings consist of the following:

1- The physical expansion of Shahroud city has mainly occurred in a sprawl pattern. It has led to the increasing dominance of built environments in the landscape, which has played an important role in the disintegration of the landscape.
2-Maintaining the area and share of rangelands is a positive point. However, this class's decreased integrity and increased fragmentation are considered negative points due to their effect on ecological unsustainability.
3- The area of orchards and croplands increased, and consequently, its share in the landscape has increased. A positive assessment can be made about the non-decrease of the area of this land use despite the city's physical growth. However, whether the increase in its area has negative ecological consequences depends on factors such as water and soil resources management, preservation of natural vegetation and rangeland, etc., which are not discussed in this research.
4- The vacant lands have been faced with a decrease in area and an increase in fragmentation due to the change of this land use to other uses, especially the built environment.
Finally, if land use changes continue until 2031, the region's landscape will be more fragmented and dispersed. Therefore, it is necessary to control urban sprawl by applying strategies such as infill development and focusing on the management and protection of rangelands and agricultural lands so that this process changes the direction of ecological sustainability.

Funding
This article is extracted from a research project that was financially supported by Bozormehr University of Qaenat.

Authors' Contribution
All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest
Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments
The authors would like to acknowledge the financial support of Bozorgmehr University of Qaenat for this research.

مجلــه شــهر پایــدار
شاپا الکترونیکی:2476-6151
Journal Homepage: www.jscity.ir

مقاله پژوهشی

تحلیل تغییرات کاربری اراضی و سیمای سرزمین در مناطق شهری و پیرامون آن‌ها مطالعه موردی: شهر شاهرود

سعید حسین‌آبادی [۱]، ابراهیم اکبری [۲]

۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بزرگمهر قائنات، قاین، ایران. Email: Hosseinabadi@buqaen.ac.ir
۲- گروه سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. Email: e.akbari.2791@gmail.com

اطلاعات مقاله

واژگان کلیدی:
کاربری اراضی،
تغییر کاربری اراضی،
سیمای سرزمین،
اکولوژی سیمای سرزمین،
شاهرود.

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۳/۰۵
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۲/۰۶/۰۹
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۷/۰۴
تاریخ چاپ:
۱۴۰۲/۰۸/۰۸
صص. ۹۸-۷۹

چکیده

هدف این پژوهش بررسی تغییرات کاربری اراضی و سیمای سرزمین در شهر شاهرود در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۰ و پیش‌بینی آن برای سال ۱۴۱۰ است. تحقیق حاضر از نظر ماهیت، توصیفی – تحلیلی می‌باشد. داده‌های موردنیاز از تصاویر ماهواره لندست (تصاویر سنجنده ETM+ برای سال ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ و سنجنده OLI برای سال ۱۴۰۰) استخراج شد. طبقه‌بندی تصاویر در نرم‌افزار ENVI 5.3 با بهره‌گیری از الگوریتم حداکثر احتمال انجام شد و سپس به‌منظور سنجش متریک‌های اکولوژی سرزمین وارد نرم‌افزار FRAGSTATS 4.2 گردید. نتایج تحقیق نشان داد که در دوره مدنظر (۱۳۷۹ تا ۱۴۰۰)، مساحت زمین‌های مرتعی تقریباً ثبات نسبی داشته، کاربری محیط ساخته‌شده ۲/۴۸ درصد و کشاورزی و باغی ۱/۳۲ درصد در سال افزایش مساحت داشته، درحالی‌که مساحت اراضی بایر، سالانه ۱/۰۳ درصد کاهش داشته است که نشان می‌دهد بخش زیادی از این اراضی بایر به نفع اراضی ساخته‌شده (محیط شهری و روستایی)، زراعی و باغی تغییر کاربری یافته‌اند. هر چند در دوره موردبررسی، متریک‌های میانگین مساحت لکه‌ها (MPS) و بزرگ‌ترین لکه (LPI) برای کاربری مرتع، محیط ساخته‌شده و زمین‌های زراعی و باغی بهبودیافته اما تغییرات شاخص مجاورت و پراکندگی (IJI) نشان از گرایش به پراکندگی این کاربری‌ها در طول زمان دارد. در مقیاس کل سیمای سرزمین، کاهش متریک پیوستگی (CONTAG) و مساحت بزرگ‌ترین لکه، افزایش تعداد لکه‌ها (NP) و شاخص تنوع شانون (SHDI) بیانگر آن است که سیمای منطقه موردمطالعه در جهت ازهم‌گسیختگی و پراکندگی تغییریافته است. گسترش فیزیکی شهر شاهرود که بیشتر با الگوی پراکنده رخداده از عوامل اصلی شکل‌گیری چنین وضعیتی در سیمای سرزمین منطقه بوده است.

استناد: حسین‌آبادی، سعید و اکبری، ابراهیم. (۱۴۰۲). تحلیل تغییرات کاربری اراضی و سیمای سرزمین در مناطق شهری و پیرامون آن‌ها مطالعه موردی: شهر شاهرود. *مجله شهر پایدار*، ۶ (۳)، ۹۸-۷۹.

http://doi.org/10.22034/JSC.2024.367302.1663

© نویسندگان

ناشر: انجمن جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری ایران

مقدمه

زمین، سامانه‌ای پیچیده متشکل از اقتصاد، جامعه و محیط‌زیست است که منبع اساسی و مبنای مادی برای بقا و توسعه انسان می‌باشد و بنابراین استفاده منطقی از آن تضمین مهمی برای توسعه پایدار است (Zhang et al,2022:1). اما یکی از روندهای مهم دهه‌های اخیر که در شیوه بهره‌گیری از زمین‌ها بسیار نقش‌آفرین بوده، رشد شتابان شهرنشینی بوده است. بر پایه آمار سازمان ملل در سال ۱۹۵۰ تنها ۳۰ درصد جمعیت جهان در نواحی شهری می‌زیستند، درحالی‌که این نسبت به ۵۵ درصد در سال ۲۰۱۸ رسید (United Nations, 2018). گرچه شهرنشینی برای رشد اجتماعی و اقتصادی و همچنین معیشت و رفاه مردم سودمند است، اما تأثیر منفی بر محیط طبیعی محلی داشته است. در فرایند شهرنشین شدن مناطق ساخته‌شده در زمین‌های دارای پوشش طبیعی در حال گسترش هستند (Zhang et al,2022:1) و ازاین‌رو شهرنشینی یک فرآیند برگشت‌ناپذیر است که شامل تغییرات در گستره فراخ پوشش و کاربری زمین با تمرکز تدریجی جمعیت انسانی است (Ramachandr,2012:49). شهرنشینی شتابان با تغییرات شدیدتر انواع کاربری زمین، چیدمان نامنظم سیمای سرزمین و محیط اکولوژیکی شکننده همراه شده است (Zhou et al,2014:2). به‌گونه‌ای که از شهرنشینی به‌عنوان «شدیدترین شکل تغییر کاربری زمین که منجر به تغییر برگشت‌ناپذیر سیمای سرزمین می‌شود» تعبیر می‌گردد (Zhang et al,2022:1). تغییرات کاربری و پوشش زمین از مهم‌ترین مشکلات تغییرات محیط‌زیستی در سطوح جهانی تا محلی است. شناسایی، نظارت و پایش تغییرات سطح زمین یک فرایند پیچیده است در این راستا مهم‌ترین روش برای درک و تعیین تغییر پوشش و کاربری زمین، تجزیه‌وتحلیل تغییرات الگوی سیمای سرزمین است (میرسنجری و محمدیاری، ۱۳۹۶: ۸۴). الگوهای سیمای سرزمین به‌عنوان آرایش فضایی عناصر مختلف سیمای سرزمین در اندازه و شکل‌های مختلف تعریف می‌شود. این چیدمان که بازتابگر ناهمگونی سیمای سرزمین است، نتیجه فرآیندهای اکولوژیکی مختلف در مقیاس‌های گوناگون است. الگوهای سیمای سرزمین و فرآیندهای تغییر پویای آن‌ها از اجزای حیاتی اکولوژی سیمای سرزمین است (Liu et al,2010,672). سیمای سرزمین سیستمی پویاست که بسته به‌شدت اثری که انسان بر سیمای سرزمین دارد، فشار و تغییراتی که بر آن وارد می‌شود افزایش می‌یابد؛ که نتیجه آن تغییر سیمای سرزمین در طول زمان است. بسیاری از فشارها بر روی منابع سبب می‌شود که به‌تدریج مناظر آشنا در سیمای سرزمین تغییر کند. همچنین ادامه این روند در آینده سبب ایجاد سیمای سرزمین جدید می‌شود. همه فعالیت‌های انسانی سرانجام منجر به تغییرات مکانی کاربری اراضی می‌گردد (مل حسینی دارانی، ۱۲۲:۱۳۹۷). الگوی سیمای سرزمین شهری تجسم ناهمگونی چشم‌انداز شهری و پیامد شهرنشینی در مقیاس‌های مختلف است (Rao,2021). تغییرات کاربری زمین به‌ویژه در لبه‌های روستا–شهری با گسترش کاربری‌های مسکونی، تجاری و صنعتی و از بین رفتن فضای باز و زمین‌های کشاورزی رخ می‌دهد. این تغییرات کاربری زمین، برای نمونه، با تأثیرگذاری بر اجزاء، عملکردها، فرآیندها و الگوهای سیمای سرزمین، فشار بر محیط را افزایش می‌دهد که منجر به از بین رفتن خاک ارزشمند کشاورزی و تخریب یا تکه‌تکه شدن زیستگاه‌های طبیعی (Zhou et al,2020:2426) و تغییر دمای سطح زمین می‌شود (Shanshan et al,2009:1).

در ایران نرخ شهرنشینی از ۳۱/۴ درصد در سال ۱۳۵۵ به ۷۴ درصد در سال ۱۳۹۵ رسیده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). این رشد شهرنشینی در کشور با گسترش خزنده شهری بر اراضی پیرا شهری همراه بوده است که پیامدهایی چون حاشیه‌نشینی، نابودی اراضی کشاورزی، عدم پاسخگویی برخی از خدمات و کاربری‌ها در شهر، گسستگی بافت‌های فیزیکی، مشکلات زیست‌محیطی به‌ویژه آلودگی و نابسامانی سیمای شهری داشته است. توسعه فیزیکی شهری یا

به‌عبارتی‌دیگر گستردگی شهری که عبارت است از گستردگی مصرف زمین اغلب بدون توجه به اراضی اطراف حادث می‌شود و کاربری اراضی متداول را به نفع توسعه مسکونی و تجاری تکه‌پاره می‌کند (مشکینی و تیموری،۱۳۹۵:۳۷۶).

درباره تغییر الگوی کاربری زمین و گسترش فضایی شهر و تغییرات سیمای سرزمین تحقیقات مختلفی انجام‌شده است. مقاله ستو و فراگیاس (۲۰۰۵) که یک تحلیل پویا بین‌شهری و درون‌شهری از الگوهای مکانی و زمانی تغییر کاربری زمین شهری ارائه کرده جزو نخستین تحلیل‌های مقایسه‌ای از سیستم شهرهای درحال‌توسعه سریع با معیارهای الگوی سیمای سرزمین است. این پژوهش با استفاده از ده تصویر طبقه‌بندی‌شده نقشه‌بردار موضوعی Landsat که از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۹ به‌دست‌آمده است، نرخ سالانه تغییر کاربری زمین شهری را برای چهار شهر در جنوب چین بررسی نموده است. نتایج نشان می‌دهد که فرم شهری می‌تواند در دوره‌های زمانی نسبتاً کوتاهی انعطاف‌پذیر باشد. علیرغم تاریخچه‌های مختلف توسعه اقتصادی و سیاست‌گذاری، این چهار شهر الگوهای مشترکی را در شکل، اندازه و نرخ رشد خود نشان می‌دهند که نشان‌دهنده همگرایی به سمت یک فرم شهری استاندارد استحسن (۲۰۱۷) پایش تغییرات کاربری زمین و الگوهای سیمای سرزمین در ۵ شهر با شهرنشینی شتابان در بنگلادش را هدف تحقیق خود قرار داده است. بازنمایی فضایی این پنج شهر نشان‌دهنده افزایش مستمر مناطق شهری/ساخته‌شده است که جایگزین زمین‌های کشاورزی، پهنه‌های آبی، پوشش گیاهی و تالاب‌ها می‌شود، که در نتیجه ساختار و کارکرد اکوسیستم پیرامون شهرها را دگرگون می‌سازد. ژو[1] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی اثر تغییرات کاربری زمین بر خدمات سیمای سرزمین در حاشیه روستا–شهری را ارزیابی کرده‌اند. این مطالعه، قیمت بازار، ارزش‌گذاری مشروط و روش‌های انتقال ارزش را اعمال کرده و عملکرد آن‌ها را در ارزیابی تأثیر اقتصادی تغییرات کاربری زمین در حاشیه شهری–روستایی آمستلند (هلند) مقایسه نموده است. سرولی و پیندوزی[2] (۲۰۲۱) در پژوهشی، دگرگونی تاریخی الگوهای کاربری زمین پیرامون شهری را بر مبنای سیمای سرزمین و متریک‌های سیمای سرزمین، در منطقه «وزوویوز»[3] را بررسی کرده‌اند. این مقاله بر شواهد مستند از اثرات مستقیم رشد شهری بر زمین‌های روستایی تمرکز دارد. نتایج تغییری قوی در کاربری زمین، در تاکستان‌ها و انواع کلاس‌های شهری، با موزاییک‌های سیمای سرزمین پراکنده‌تر را نشان می‌دهد. این رویکرد نشان می‌دهد که مدل‌سازی تاریخی تغییرات کاربری زمین از درک پویایی کاربری فعلی و الگوهای سیمای سرزمین پشتیبانی می‌کند. علی و حسنات[4](۲۰۲۲) تغییر سیمای سرزمین و تغییر کاربری زمین شهر چاتوگرام[5] بنگلادش از سال ۱۹۹۰ تا را ۲۰۲۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی کرده‌اند.. بر پایه این پژوهش، بخش قابل‌توجهی از زمین‌های دارای پوشش گیاهی تبدیل به ساختمان‌های شهری شده است. میانگین کاهش پهنه‌های آبی و زمین بایر در هرسال به ترتیب ۰,۸۳ و ۰,۲۴ درصد بوده درحالی‌که در مقابل به‌طور متوسط نرخ رشد زمین کشاورزی در هرسال ۰,۵۸ درصد بوده است.

سفیانیان و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای از ترکیب روش تحلیل گرادیان و متریک‌های سیمای سرزمین، برای کمّی کردن الگوی سیمای سرزمین شهر اصفهان استفاده کرده‌اند. به‌طورکلی نتایج پژوهش نشان از بالاتر بودن میانگین اندازه لکّه در حواشی ترانسکت و بیشتر بودن تراکم لکّه و تراکم حاشیه در مرکز شهر است. طبق نتایج این تحقیق، با توسعه فیزیکی شهر، مقادیر تراکم لکّه و تراکم حاشیه بیشتر شده است. این پژوهش نشان داد در طول ترانسکت‌ها نوع کاربری زمین، شکل و تراکم لکّه‌ها تغییریافته است و این تغییرات در دو ترانسکت روندی متفاوت از هم داشته است. کاویانی و

1. Zhou
2. Cervelli&Pindozzi
3. Vesuvius
4. Ali and Hasnat
5. Chattogram

همکاران (۱۳۹۴) تحلیل الگوی رشد شهر تهران با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین را هدف مطالعه خود قرار داده‌اند. برای تولید نقشه‌های کاربری زمین، تصاویر ماهواره‌ای لندست مورداستفاده قرارگرفته است. تحلیل الگوها نیز با کاربست متریک‌های فضایی سیمای سرزمین صورت پذیرفته است. نتایج پژوهش نشانگر آن است که کاربری ساخته‌شده بیشترین افزایش را داشته است و فرایند فضایی- زمانی گسترش شهری در کلان‌شهر تهران و اطراف آن در سه مرحله اصلی شامل شکل‌گیری هسته نخستین شهری، پخشایش و هم‌گرایی انجام‌شده است. ناصری و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله‌ای به تحلیل تغییرات کاربری اراضی شهرستان ملایر با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷ مساحت کاربری مسکونی و منابع آب کاهش و مساحت کاربری کشاورزی و اراضی بایر افزایش‌یافته است. همچنین تعداد پهروها، شکل سیمای سرزمین و پراکندگی در کل سیمای سرزمین کاهش‌یافته است. هدایت و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به آشکارسازی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهر پردیس با سنجه‌های سیمای سرزمین تا سال ۲۰۴۰ پرداخته‌اند. نتایج حاصل از پیش‌بینی برای سال ۲۰۴۰ نشان می‌دهد که زمین‌های بایر این شهر نسبت به سال ۲۰۲۰ کاهش چشمگیر نزدیک به ۱۳۰ هکتار دارد. مناطق انسان‌ساخت در سال ۲۰۴۰ نیز افزایش تقریباً ۵ درصدی نسبت به سال ۲۰۲۰ دارد و این میزان به ۱۱۱۳ هکتار می‌رسد که نسبت به سال ۲۰۲۰ افزایش ۷۵ هکتاری را دارد.

در پژوهش حاضر، به بررسی تغییرات سیمای سرزمین و کاربری اراضی شهر شاهرود با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین پرداخته می‌شد. شهر شاهرود به‌عنوان دومین قطب جمعیتی و اقتصادی استان سمنان با دار بودن جاذبه‌های طبیعی، صنعتی، اقتصادی و گردشگری در طی دهه‌های اخیر رشد قابل‌توجه داشته است. این روند متأثر از رشد جمعیت و ورود مهاجران منجر به ساخت‌وسازهای بدون برنامه و تغییرات زیاد در ساختار فضایی کالبدی شهر و گسترش آن در زمین‌های کشاورزی و پیرامونی اطراف شده است (فردوسی و بابایی، ۲:۱۳۹۷). تحولات جمعیت شهر شاهرود در ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ نشان‌دهنده افزایش چشمگیر جمعیت این شهر در این ۶۰ سال بوده است (بر اساس داده‌های مرکز آمار ایران، ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵) به‌تدریج جمعیت این شهر بیش از ۸ برابر شده است. این در حالی است که مساحت شهر گسترش بسیار بیشتری نسبت به جمعیت داشته است به‌نحوی‌که مساحت طی دوره مذکور ۸۶ برابر رشد داشته است (فردوسی و بابایی، ۲:۱۳۹۷). نتایج مدل هلدرن نیز نشان می‌دهد که در دوره ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۰ فقط ۴۸ درصد از رشد فیزیکی شهر در جهت پاسخگویی به نیازهای جمعیت بوده است و ۵۲ درصد رشد افقی و بدقواره (اسپرال) بوده است (فردوسی و بابایی، ۱۴:۱۳۹۷). گسترش کالبدی شهر با پراکندگی عناصر کالبدی انسان‌ساخت همچون راه‌ها، تأسیسات و تجهیزات، ساختمان‌ها، افزایش فواصل بین مکان‌های مختلف و... همراه بوده است. از سوی دیگر رشد این شهر به‌مرورزمان باعث ادغام روستاهای نزدیک در شهر می‌شود همه این موارد با تغییر پوشش و کاربری زمین می‌تواند مانعی در جهت توسعه پایدار شهر و منطقه باشد. ازاین‌رو مطالعه ابعاد این رشد و تأثیرات آن در تغییر سیمای سرزمین و مدل‌سازی روند آتی آن دارای اهمیت است. بنابراین این مقاله به بررسی روند گذشته و آینده تغییر کاربری اراضی و سیمای سرزمین شهر شاهرود با بهره‌گیری از متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین می‌پردازد. سؤالات این پژوهش عبارت است از:

- الگوی کاربری زمین در شهر شاهرود بر اساس متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۰ چه تغییراتی کرده است؟

-سیمای سرزمین محدوده موردمطالعه طی دوره ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۰ چه تغییراتی کرده است؟

-الگوی کاربری زمین و سیمای سرزمین در منطقه موردمطالعه برای افق ۱۴۱۰ چگونه خواهد بود؟

مبانی نظری

مفهوم سیمای سرزمین در دانش جغرافیا

Landscape که در فارسی به چشم‌انداز و سیمای سرزمین ترجمه‌شده است؛ یکی از مفاهیم بنیادین دانش جغرافیاست. در جغرافیا، مفهوم چشم‌انداز از آغاز قرن بیستم موردمطالعه قرار گرفت. با پیروی از سنت «هومبولت[۱]» و دیگر طبیعت‌گرایان رمانتیک، واژه چشم‌انداز به بخش‌های کمابیش گسترده‌ای از فضا اشاره داشت که از نظر بصری با ویژگی‌های طبیعی و فرهنگی تا اندازه‌ای همگن نمایان می‌شد. کارل ساوئر[۲]، جغرافیدان آمریکایی، چشم‌انداز را به‌عنوان ناحیه‌ای که از ترکیبی متمایز از اشکال طبیعی و فرهنگی در یک‌زمان تشکیل‌شده است، تعریف کرد. رویکرد ساوئر از تجزیه‌وتحلیل مورفولوژیکی چشم‌انداز، با در نظر گرفتن تنها جنبه‌های مادی فرهنگ، پشتیبانی می‌کند (Freitas,2003:6). از نظر کورئا و روسندال[۳] (۱۹۹۸) تأثیر فرهنگ بر چشم‌انداز طبیعی در طول زمان ابعاد بسیاری را نشان می‌دهد. بنابراین، چشم‌انداز دارای یک بعد ریخت‌شناسانه است، که مجموعه‌ای از اشکال ایجادشده توسط طبیعت و انسان است، یک بعد کارکردی که جنبه فضایی را نشان می‌دهد و یک بعد نمادین که دارای معانی، بیانگر ارزش‌ها، باورها، اسطوره‌ها و آرمان‌شهرهاست. با توجه به تعدد معنایی واژه «چشم‌انداز/سیمای سرزمین» در درازنای تاریخ، ذکر این نکته بایسته است که همیشه با مفهوم فضایی (سرزمین، استان، کشور، منطقه، قلمرو) و همچنین با مفهوم مجموعه و گروه مرتبط است. جکسون[۴] (۱۹۸۴) «سیمای سرزمین» را به‌عنوان ترکیبی از فضاهایی که توسط انسان ایجاد یا تغییر داده‌شده است تعریف می‌کند تا به‌عنوان پایه یا پس‌زمینه وجود جمعی ما استفاده شود. لوچیاری[۵] (۲۰۰۱) از این ایده پشتیبانی می‌کند و می‌گوید که «سیمای سرزمین» همیشه بیانگر بیان مادی معنایی است که توسط جامعه به محیط داده می‌شود (Freitas,2003:6). یکی از کاربردهای مفهوم «سیمای سرزمین» در جغرافیا، در نظر گرفتن آن به‌عنوان سامانه‌ای پویا با ساختار فضایی تشکیل‌شده توسط عناصر طبیعی و فرهنگی است. بنابراین رویکرد جغرافیایی مفهوم سیمای سرزمین بر روابط بین فرآیندهای طبیعی و فرهنگی در یک بخش فضایی تأکید دارد. بسته به رویکردهای طبیعی یا فرهنگی/ نمادین، یکی از دو فرآیند چیرگی خواهد داشت. به‌طوری‌که در رویکرد جغرافیای طبیعی بیشتر بر فرآیندهای طبیعی و در رویکرد جغرافیای فرهنگی و نمادین، بیشتر بر فرآیندهای فرهنگی پافشاری می‌شود. به هر رو، تفاوت بین این رویکردها بیشتر در ابعاد ریخت‌شناسانه، کارکردی یا نمادین است (Freitas,2003:6).

رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین

رویکرد اکولوژی به سیمای سرزمین نیز یکی از رویکردهای رو به گسترش می‌باشد. این رویکرد در دهه ۱۹۸۰ میلادی مطرح‌شده و در دهه ۱۹۹۰ به‌سرعت افزایش‌یافته است (نوحه‌گر و همکاران، ۱۹۸:۱۳۹۴). اکولوژی سیمای سرزمین برای نخستین بار در سال ۱۹۳۸ توسط ترول[۶]، جغرافی‌دان آلمانی به‌کاربرده شد پس از وی، افراد مختلفی در جهت پیشبرد اکولوژی سیمای سرزمین تلاش نمودند که از آن میان می‌توان به آلدو لئوپولد[۷]، فورمن[۱]، سانفیلد[۲]، ناوه[۳]، لیبرمن[۴]، رایسر[۵]

1. Humboldt
2. Carl O. Sauer
3. Correa and Rosendal
4. Jackson
5. Luchiari
6. Troll
7. Aldo Leopold

و وینک[6] اشاره کرد (شعبانی و همکاران، ۱۸۶:۱۳۸۹). از نظر ترول (۱۹۹۷) چشم‌انداز / سیمای سرزمین را می‌توان بخشی از سطح زمین پنداشت که با یک پیکربندی فضایی نمایان تعریف می‌شود (Freitas,2003:6). اکولوژی سیمای سرزمین دانشی کاملاً بین‌رشته‌ای است که رویکردهای بیوفیزیکی و تحلیلی را در علوم طبیعی و اجتماعی ادغام می‌کند و روابط بین الگوهای فضایی و فرایندهای اکولوژیکی و روابط بین انسان و مناظر اطراف آن در سطح سیمای سرزمین را بررسی می‌کند (محمودزاده و مسعودی، ۱۸۱:۱۳۹۸). برای تفسیر ساختار سیمای سرزمین لازم است ترکیب و توزیع فضایی عناصر ساختاری بررسی گردد. بررسی کمی ترکیب و توزیع فضایی عناصر ساختاری سیمای سرزمین از طریق متریک‌های سیمای سرزمین امکان‌پذیر است (شعبانی و همکاران، ۱۸۹:۱۳۸۹). بسیاری از بوم‌شناسان سیمای سرزمین، روابط مابین عناصر تشکیل‌دهنده سیمای سرزمین (شامل ناهمگنی فضایی و پیوستگی میان عناصر سیمای سرزمین) را برای بهینگی عملکرد بوم‌شناختی سیمای سرزمین شهری ضروری می‌دانند (فتوحی و برق جلوه، ۲۷۸:۱۳۹۷).

تغییر کاربری زمین و اکولوژی سیمای سرزمین در مناطق شهری

نظریه تغییر سیمای سرزمین از رویکرد «تغییر کاربری و پوشش زمین»(LUCC[7]) رابطه بین فعالیت‌های انسانی و تکامل سیمای سرزمین را از دو فرآیند کشاورزی و شهرنشینی روشن می‌سازد. این نظریه دو دینامیک برآمده از هم‌کنش بین فرآیندهای انسانی و بیوفیزیکی، یعنی تغییر کاربری زمین و تغییر پوشش زمین و پیوند آن با تغییرات محیطی را بررسی می‌کند. پوشش زمین به‌عنوان وضعیت بیوفیزیکی سطح زمین یا ویژگی‌های زمین است و کاربری زمین همچون روشی که در آن جامعه از زمین برای توسعه فعالیت‌های اقتصادی استفاده می‌کند، تعریف می‌شود (Montero & Vialse-Hurtado,2015). شهرنشینی به‌عنوان یکی از نیروهای محرکه پایه در شکل‌گیری سیستم‌های کاربری زمین امروزی، کمابیش دربرگیرنده دگرگونی کاربری غیرشهری به شهری است. پیامد آشکار تغییر کاربری زمین در پی شهرنشینی، گسترش فضایی مناطق ساخته‌شده –که دلالت بر تغییر چشمگیر ویژگی‌های پوشش زمین دارد– همراه با تغییرات در ساختار فضایی و فرم شهری است (Nuissl & Siedentop,2021:76). شهرها ممکن است در ظاهر معماری و شرایط محیطی خود بسیار متفاوت باشند، اما یک وجه مشترک این است که تنوع و آرایش فضایی عناصر سیمای سرزمین آن‌ها بی‌گمان از فرآیندهای فیزیکی، اکولوژیکی و اجتماعی–اقتصادی در داخل و خارج از مرزهای خود تأثیر می‌پذیرد و تأثیر می‌گذارد. (Wu,2008:42). رشد شتابان مناطق شهری به مشکلات پیچیده‌ای مانند تراکم ترافیک، آلودگی محیطزیست، کاهش فضای باز، فرسودگی مراکز کهن شهر و توسعه بی‌برنامه یا برنامه‌ریزی نشده زمین انجامیده است. پراکندگی شهری، شکل خاصی از گسترش شهری با ویژگی‌های کم تراکم، پراکنده، وابسته به خودرو و تأثیرگذار بر محیطزیست و اجتماعی تعریف می‌شود. پیامدهای منفی این‌گونه از گسترش شهری شامل افزایش ترافیک و تقاضا برای جابه‌جایی، تکه‌تکه شدن کاربری اراضی و کاهش چشم‌اندازهای جذاب، تغییرات چرخه هیدرولوژیکی و رژیم‌های سیلاب (Rahimi,2016:2) ازهم‌گسیختگی سیمای سرزمین، ویرانی زیستگاه حیات‌وحش و کاهش گوناگونی زیستی است (Ademola&Takashi,2007:5).

1. Forman
2. Zonneveld
3. Naveh
4. Lieberman
5. Risser
6. Vink
7. Land Use /Cover Change

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر رویکرد، توصیفی – تحلیلی می‌باشد و از نظر روش، در دسته تحقیقات کمی جای می‌گیرد. در این تحقیق با استفاده از شیوه کتابخانه‌ای برجسته‌ترین مفاهیم، متغیرها و نظریات مرتبط با موضوع استخراج و تدوین شد. منبع اصلی داده‌های اولیه برای تحلیل سیمای سرزمین و کاربری‌ها، داده‌های چند زمانه سنجش‌ازدور است که از طریق تصاویر ماهواره لندست با توان تفکیک ۳۰ متر، سنجنده ETM سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹، سنجنده OLI برای سال‌های ۱۴۰۰ از سایت USGS فراهم آمد. پیش از انجام عملیات مربوط به پردازش تصاویر، تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری با استفاده از نرم‌افزار ENVI 5.3 بر روی تصاویر انجام شد. در این مرحله از روش FLAASH برای تصحیح اتمسفری استفاده‌شده است. پس از اعمال تصحیحات و پیش‌پردازش، این تصاویر در نرم‌افزار ENVI 5.3 از طریق الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی گردید. برای استخراج نقشه پوشش اراضی و آشکارسازی تغییرات تصاویر برآمده از طبقه‌بندی، تصاویر در ۴ طبقه (محدوده ساخته‌شده، باغات و کشاورزی، بایر و مراتع) دسته‌بندی شدند. سپس نقشه‌های تولیدشده جهت اندازه‌گیری متریک‌های سیمای سرزمین وارد نرم‌افزار FRAGSTATS 4.2 گردیدند. این نرم‌افزار متریک‌ها را در سه سطح لکه، کلاس اراضی و سیمای سرزمین به دست می‌آورد (عنابستانی و همکاران، ۱۹۴:۱۴۰۰). متریک‌های سیمای سرزمین ابزارهای مهمی هستند که برای شناخت ساختار سیمای سرزمین و تغییرات آن استفاده می‌شوند. متریک‌های سیمای سرزمین عبارت است از: متریک مساحت / تراکم / لبه، متریک‌های شکل، متریک ناحیه مرکزی، متریک‌های انزوا/مجاورت، متریک‌های تنوع، یکسانی، پیوستگی و تسلط (Gökyer,2013). متریک سیمای سرزمین در اکولوژی سیمای سرزمین برای توصیف الگوهای سیما و اندازه‌گیری جنبه‌های مختلف ناهمگونی استفاده می‌شود. به‌عنوان شاخص‌های کمی از ترکیب ساختاری و پیکربندی فضایی سیمای سرزمین، معیارهای سیمای سرزمین به‌طور فزاینده‌ای برای بیان کمی توسعه پایدار زمین شهری استفاده‌شده است (Shao,2022:1).

جدول ۱. انواع متریک‌های سیمای سرزمین مورداستفاده در پژوهش

نام متریک (سنجه)	معادل انگلیسی	مشخصه	واحد	محدوده تغییرات	تعریف	منبع
تعداد لکه	Number of Patches	NP	ندارد	NP>0	مجموع تعداد لکه‌ها در هر کاربری	Aguilera et al,2011
مساحت کلاس	Class Area	CA	هکتار	CA>0	مجموع مساحت لکه‌ها از یک نوع	McGarigal et al., 2002
میانگین اندازه لکه‌ها	Means of Patch Size	MPS	هکتار	MPS>0	نسبت مساحت کل لکه‌های با کاربری مشابه به تعداد آن‌ها	McGarigal et al., 2002
درصد سیمای سرزمین	Percent of landscape	PLAND	درصد	0<PLAND<100	نسبت مساحت هر کاربری به مجموع مساحت سیمای سرزمین (به درصد)	Aguilera et al,2011
شاخص بزرگ‌ترین لکه	Largest patch index	LPI	درصد	0<PLAND<100	نسبت مساحت بزرگ‌ترین لکه به مساحت کل سیما (به درصد)	McGarigal et al., 2002
میزان پراکندگی و مجاورت	Interspersion Juxtaposition Index	IJI	درصد	0<IJI<100	زمانی که نوع لکه مربوطه تنها با ۱ نوع لکه دیگر مجاور باشد، IJIبه عدد ۰ نزدیک می‌شود اما ا IJI = 100 .زمانی است که لکه حداکثر مجاورت را در کنار سایر انواع لکه‌ها قرار گیرد).	McGarigal et al., 2002
تنوع شانون	Shannon Diversity Index	SHDI	بدون واحد	SHDI>=0	تنوع لکه‌ها را نشان می‌دهد. اگر در سیمای سرزمین فقط ۱ لکه باشد این شاخص برابر	McGarigal et al., 2002

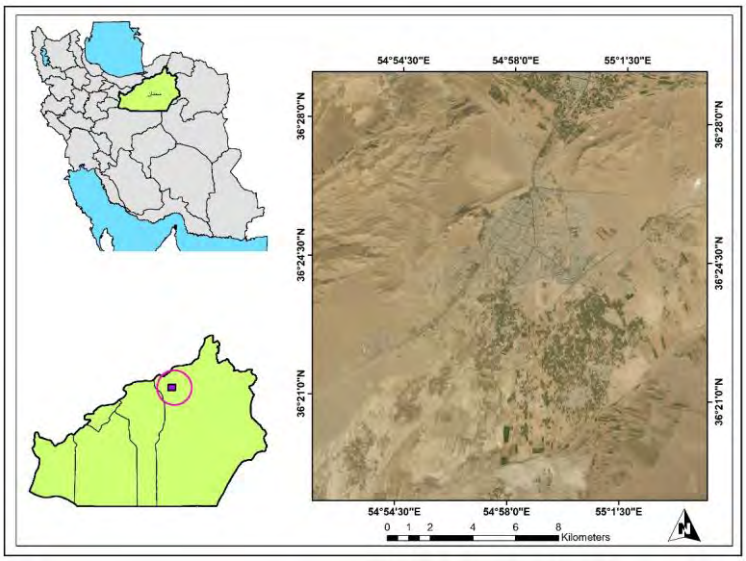
				صفر است و با افزایش تعداد انواع لکه‌ها افزایش می‌یابد.	
شاخص پیوستگی	Contagion index	CONTAG	درصد	0<CONTAH<100	صفر نشان‌دهنده عدم پیوستگی لکه‌ها و صد نشان‌دهنده حداکثر پیوستگی و یکپارچگی است.	Khan et al,2021

جدول ۲ . ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

سال میلادی	تاریخ شمسی	سنجنده	شاخص کاپا	ضریب صحت
۲۰۰۰	28/02/1379	ETM	۹۱/۲۰	۹۴/۵۴
۲۰۱۰	25/04/1389	ETM	۹۰/۳۵	۹۱/۴۶
۲۰۲۱	۲۰/۰۴/۱۴۰۰	OLI	۹۳/۷۳	۹۶/۶۵

محدوده موردمطالعه

شهر شاهرود، مرکز شهرستان شاهرود در ۷۰ کیلومتری شرق شهر دامغان و ۲۶۰ کیلومتری غرب سبزوار، بر سر راه تهران به خراسان واقع‌شده است. این شهر از نظر موقع ریاضی در عرض شمالی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه از خط استوا و طول شرقی ۵۵ درجه و ۲ دقیقه از نصف‌النهار گرینویچ در ضلع شمال غربی شهرستان شاهرود واقع‌شده و میانگین ارتفاع آن تقریباً ۱۳۴۵ متر از سطح دریاهای آزاد است. شاهرود در پناه کوه‌های سنگی است که از ناحیه شمال شرقی تا جنوب غربی امتداد دارد بنا شده است. بستر طبیعی شهر هموار بوده و به‌جز تعداد معدودی واحدهای مسکونی در دامنه کوه قله مشرف بر غرب ناحیه مرکزی «امتداد خیابان رزمندگان» تمام سطوح ساخته‌شده شهر در اراضی پست واقع‌شده است. البته لازم به ذکر است که در حال حاضر با ساخته‌شدن شهرک گل‌ها تعداد دیگری از واحدهای مسکونی در دامنه کوه قرارگرفته است (پورمحمدی و تقی‌پور،۱۰:۱۳۸۹). شهر شاهرود حدفاصل بین کویر و جنگل است. به‌تدریج به فاصله ۵۰ کیلومتری شمال آن جنگل وجود دارد درحالی‌که در حاشیه جنوبی آن دشت کویر است (زند مقدم، ۱۳۹۶:۱۲۶). بر پایه سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵ این شهر با جمعیت حدود ۱۵۰۱۲۹ نفر، دومین شهر استان سمنان محسوب می‌گردد. محدوده موردمطالعه در این تحقیق فراتر از محدوده قانونی شهر است و زمین‌های اطراف را نیز شامل می‌شود چرا که پدیده رشد شهری مناطق پیرامون را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. مساحت محدوده موردمطالعه حدود ۱۱۵۵ هکتار است.



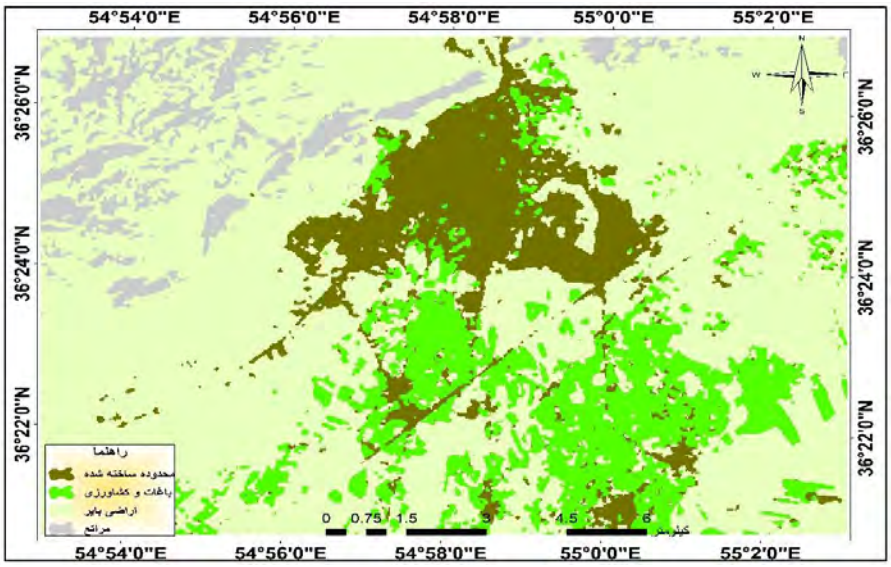
شکل ۱. محدوده موردمطالعه

یافته‌ها

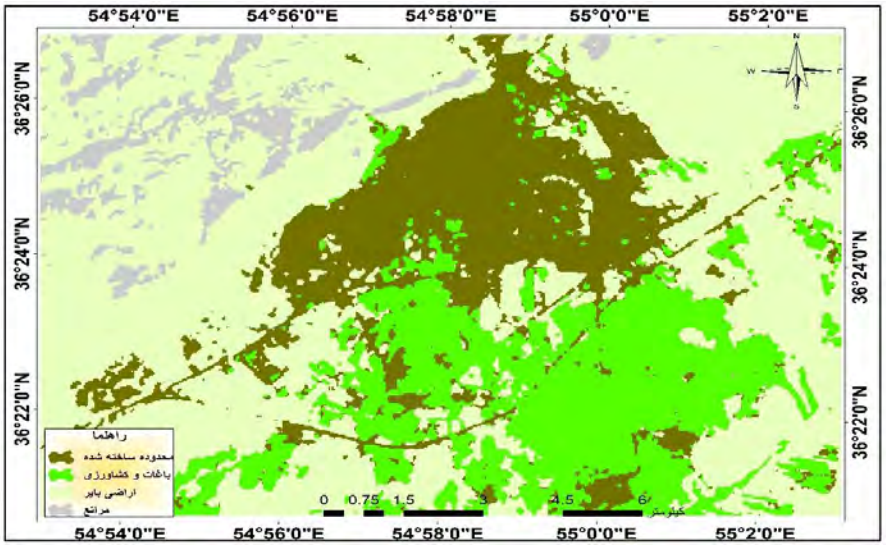
در این بخش، نخست به توصیف تغییرات کاربری‌ها با توجه به نقشه‌های تولیدشده پرداخته می‌شود؛ سپس متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین در دو مقیاس کلاس کاربری و کل سیمای سرزمین- که از نرم‌افزار FRAGSTATS 4.2 استخراج‌شده و در قالب جداول شماره ۳ تا ۵ نمایش داده‌شده- موردبررسی و تحلیل قرار می‌گیرد:

تحلیل تغییرات با استفاده از نقشه کاربری اراضی

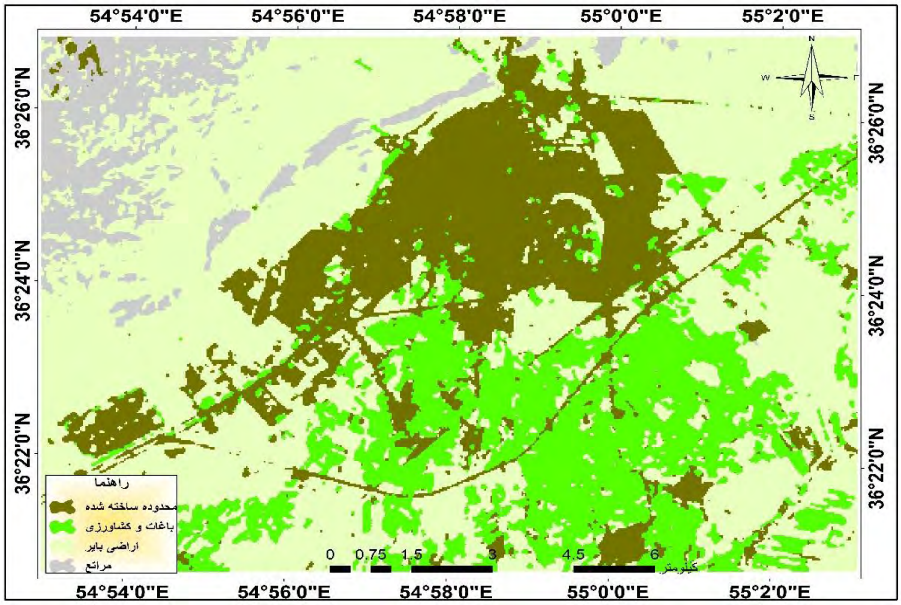
بررسی تغییرات کاربری زمین در شهرها و حاشیه شهرها می‌تواند به درک مناسب تغییرات محیطی و فضایی کمک کند. در این تحقیق با توجه به تصاویر ماهواره‌ای و با در نظر گرفتن ۴ کلاس برای منطقه موردمطالعه برای سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ نقشه‌های کاربری زیر به‌دست‌آمده. آن‌گونه که از نقشه‌ها پیداست از سال ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۰ بخش‌های ساخته‌شده شهری در همه جهات مخصوصاً در سمت جنوب غربی گسترش داشته است. گسترش فیزیکی شهر بیشتر به‌صورت پراکنده و گسیخته بوده است. بدین‌سان با یک نگاه کلی و توصیفی به نظر، پراکنده‌گویی شهری (Urban Sprawl) -که ناسازگار با توسعه پایدار شهری می‌باشد- در این شهر رخ‌داده است.



شکل ۲. کاربری اراضی منطقه موردمطالعه در سال ۱۳۷۹



شکل ۳. کاربری اراضی منطقه موردمطالعه در سال ۱۳۸۹



شکل ٤. کاربری اراضی منطقه موردمطالعه در سال ۱۴۰۰

تحلیل تغییرات متریک‌های سرزمین در مقیاس کاربری اراضی در شاهرود

با توجه به شاخص CA که بیانگر مساحت هر کاربری است؛ در دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ دو نوع کاربری محیط ساخته‌شده و کشاورزی (زراعی و باغی) افزایش مساحت داشته است به‌تدریج نرخ رشد سالانه آن‌ها به ترتیب ۴/۷ و ۳/۶ درصد بوده است در مقابل از مساحت کاربری مرتع سالانه ۱/۸۳ درصد و بایر ۲/۹ درصد کاسته شده است. در دوره دوم، روند تغییرات تفاوت قابل‌توجهی پیداکرده است به‌طوری‌که مساحت کاربری ساخته‌شده با اینکه روند افزایشی داشته و به ۳۴۸۳ هکتار رسیده؛ اما رشد سالانه آن به‌مراتب نسبت به دوره قبل کندتر شده است (۰/۵ درصد). کاربری زراعی و باغات برخلاف دوره نخست، در دوره دوم رشد منفی داشته و با کاهش مساحت روبرو بوده است. در کاربری بایر روند کاهشی مساحت ادامه یافته ولی آهنگ کاهش آن آهسته‌تر شده است. در دوره دوم روند تغییرات مساحت زمین‌های مرتعی تقریباً عکس دوره اول بوده است (افزایش سالانه ۲/۹۶ درصد به‌جای کاهش سالیانه ۲/۹ درصد دوره اول). این افزایش احتمالاً به دلیل بازیابی پوشش گیاهی طبیعی در زمین‌های کشاورزی رها شده و کشت نشده و یا به دلیل احیای پوشش گیاهی مراتعی که در دوره اول یا پیش از آن به زمین‌های بایر تبدیل‌شده بودند و در دوره دوم احیاشده‌اند. (جدول شماره ۳). در کل دوره ۲۱ ساله، رشد چشمگیری در کاربری محیط ساخته‌شده (۲/۴۸ درصد در سال) و زراعی و باغی (سالانه ۱/۳۲ درصد) در سال به وجود آمده است که این افزایش سطح، بیشتر از طریق تغییر کاربری زمین‌های بایر روی داده است به‌گونه‌ای که این کاربری سالانه ۱/۰۳ درصد کاهش مساحت داشته است. میانگین رشد مساحت کاربری مرتع نیز سالانه نزدیک ۰/۱۳ درصد بوده است که روی‌هم‌رفته نشان‌گر ثبات نسبی در این کاربری است.

از نظر متریک PLAND که بیانگر سهم هر کاربری در سیمای سرزمین است، بیشترین سهم از کل محدوده، از آنِ زمین‌های بایر می‌باشد. هر چند سهم این کلاس از ۶۶/۵ درصد در سال ۱۳۷۹ به ۵۵/۴۹ درصد در سال ۱۴۰۰ کاهش‌یافته است؛ اما همچنان در سیمای سرزمین شاهرود چیرگی دارد. کاربری محیط ساخته‌شده در آغاز دوره ۱۳/۰۴ درصد مساحت محدوده را داشته که در پایان دوره به ۲۰/۱۴ درصد رسیده است و رتبه آن از سوم به دوم بهبودیافته است. کاربری مرتع تقریباً در این شاخص تغییری نداشته و سهم آن در سال ۱۴۰۰ حدود ۶/۶۸ درصد از کل محدوده

بوده است. سهم کاربری زراعی و باغات نیز افزایشی بوده است اما رتبه آن از دوم به سوم فرو کاسته شده است. با توجه به این متریک، کاربری مرتع سهم خود را در کل محدوده حفظ کرده است و تغییر آشکاری نداشته است. اما کاربری بایر به سود کاربری ساخته‌شده، زراعی و باغی کاهش سطح داشته است. حفظ سهم پوشش مرتعی که نکته مثبتی است به دلیل این است که بخش قابل‌توجهی از نیاز کشاورزی و سکونتی به فضا از طریق زمین‌های بایر پاسخ‌داده‌شده است.

جدول ۳. تغییر کاربری اراضی بر اساس متریک‌های سیمای سرزمین در محدوده موردمطالعه

شاخص	سال	محیط ساخته‌شده (شهری و روستایی)	زراعی و باغات	زمین‌های بایر	مرتع
مساحت کلاس کاربری (CA)	۱۳۷۹	۲۰۸۲	۲۵۸۸	۱۱۴۹۸	۱۱۲۵
	۱۳۸۹	۳۲۹۷	۳۶۰۱	۹۵۵۷	۸۳۸
	۱۴۰۰	۳۴۸۳	۳۴۰۶	۹۲۴۹	۱۱۵۵
نرخ تغییر سالانه مساحت کلاس کاربری (به درصد)	۱۳۸۹-۱۳۷۹	۴/۷	۳/۳۶	-۱/۸۳	-۲/۹
	۱۴۰۰-۱۳۹۰	۰/۵	-۰/۵۱	-۰/۳	۲/۹۶
	رشد سالیانه کل دوره	۲/۴۸	۱/۳۲	-۱/۰۳	۰/۱۳
درصد سهم کاربری در کل سیمای سرزمین (PLand)	۱۳۷۹	۱۲/۰۴	۱۴/۹۶	۶۶/۴۹	۶/۵۱
	۱۳۸۹	۱۹/۰۶	۲۰/۸۲	۵۵/۲۷	۴/۸۵
	۱۴۰۰	۲۰/۱۴	۱۹/۶۹	۵۳/۴۹	۶/۶۸
تعداد لکه (NP)	۱۳۷۹	۳۶۷	۲۶۸	۲۴۸	۱۹۰
	۱۳۸۹	۳۴۷	۱۶۹	۱۹۸	۱۳۲
	۱۴۰۰	۳۴۸	۳۱۱	۴۰۳	۹۷
	تغییرات کل دوره (درصد)	-۵/۱۸	۱۶/۰۴	۶۲/۵	-۴۸/۹۵
شاخص متوسط اندازه لکه‌ها (MPS)	۱۳۷۹	۵/۶۷	۹/۶۶	۴۶/۳۶	۵/۹۲
	۱۳۸۹	۹/۵	۲۱/۳۱	۴۸/۲۷	۶/۳۵
	۱۴۰۰	۱۰/۰۱	۱۰/۹۵	۲۲/۹۵	۱۱/۹۱
شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI)	۱۳۷۹	۹/۳۲	۶/۹	۳۸/۶۳	۱/۰۱
	۱۳۸۹	۱۴/۸۶	۱۵/۹۳	۲۶/۴۲	۱/۶۸
	۱۴۰۰	۱۵/۶۳	۱۳/۶۵	۲۹/۰۵	۴/۷۲
شاخص پراکندگی و مجاورت (IJI)	۱۳۷۹	۶۱/۴۳	۵۲/۴۶	۹۷/۷۸	۱/۲۶
	۱۳۸۹	۶۱/۱۴	۶۲/۴۳	۹۹/۳۲	۰/۵۸
	۱۴۰۰	۶۵/۱۲	۵۶/۴۶	۹۶/۸۱	۱۶/۸۶

متریک تعداد لکه (NP) در کاربری ساخته‌شده، نزدیک ۵ درصد و برای مراتع حدود ۴۹ درصد کاهش داشته است که بیانگر این است که این کاربری‌ها باگذشت زمان یکپارچگی بیشتری پیداکرده‌اند. شمار لکه‌های کاربری کشاورزی (زراعی و باغی) و بایر در سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ روندی کاهشی داشته ولی از سال ۱۳۸۹ تا ۱۴۰۰ به‌شدت روند افزایشی داشته است؛ یعنی در ابتدا زمین‌های مربوط به هر کدام از این کاربری‌ها، گرایش به یکپارچگی داشته اما با گذشت زمان تکه‌تکه شده و انسجام خود را ازدست‌داده‌اند.

شاخص میانگین مساحت لکه‌ها (MPS) که عبارت است از تقسیم مساحت یک کلاس با کاربری‌های مشابه به تعداد لکه‌های آن، شاخصی است که اثر مساحت و تعداد لکه هر دو در آن دیده می‌شود و تصویر مناسبی از تغییر وضعیت کاربری‌ها ارائه می‌دهد. طبق جدول ۳ در کل دوره موردمطالعه، میانگین اندازه لکه‌های ساخته‌شده، مراتع و زراعی- باغی افزایش‌یافته که به معنی افزایش یکپارچگی اراضی این کاربری‌ها بوده است اما لکه‌های اراضی بایر به قطعات کوچک‌تر تجزیه‌شده است. باوجوداین تغییرات، اراضی بایر با میانگین حدود ۲۲/۹۵ هکتار همچنان دارای قطعاتی بزرگ‌تر از سایر

کاربری‌هاست و سه کاربری دیگر شرایطی نزدیک به هم دارند. به‌تدریج متوسط لکه‌های محیط ساخته‌شده، کشاورزی و مرتع به ترتیب، ۱۰/۰۱ هکتار، ۱۰/۹۵ و ۱۱/۹۱ هکتار شده است.

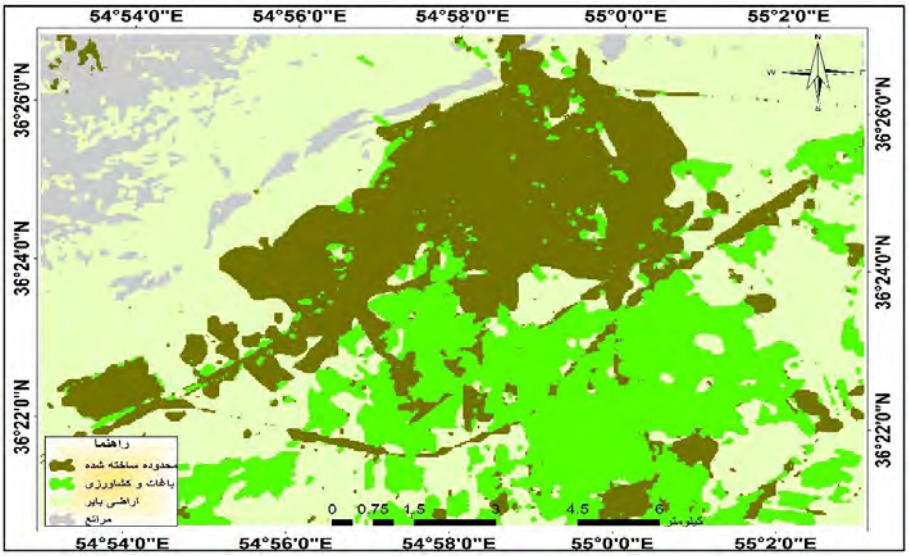
متریک بزرگ‌ترین لکه (LPI) در مقیاس کلاس کاربری، حاصل تقسیم مساحت بزرگ‌ترین لکه بر مساحت همه لکه‌های مربوط به یک کلاس است (زاهدی کلالی و همکاران،۱۴۰۰:۲۱۰) که به‌صورت درصد بیان می‌شود. در واقع این متریک به معنای آن است که بزرگ‌ترین لکه در یک کلاس کاربری چند درصد کل مساحت آن کلاس کاربری را به خود اختصاص داده است. عدد ۱۰۰ به این معنی است که کل کاربری مدنظر در قالب یک لکه در محدوده حضور دارد و هر چه عدد کوچک‌تر باشد نشان از تجزیه لکه عمده و اصلی آن کاربری دارد. این شاخص برای کاربری بایر روندی کاهشی داشته و از ۳۸/۶۳ درصد در آغاز دوره به ۲۹/۰۵ درصد در پایان دوره رسیده است که نشان می‌دهد لکه اصلی (بزرگ‌ترین لکه) کاربری‌های بایر کوچک‌تر شده به کاربری‌های دیگر تبدیل‌شده است. اما روند تغییر این شاخص در سه دسته کاربری دیگر افزایشی بوده است که نشان‌دهنده متصل شدن زمین‌های جدید به بزرگ‌ترین لکه هر کدام از این کاربری‌ها و در نهایت بزرگ‌تر شدن لکه عمده آن‌ها می‌باشد.

متریک IJI نشان‌دهنده نحوه پراکندگی لکه در سیمای سرزمین بوده (زبردست و همکاران، ۱۳۹۴) و شاخصی برای سنجش انقطاع سرزمین است (قربانی و همکاران، ۱۴۰۰:۱۴). در سال‌های موردبررسی، بیشترین مقدار IJI در اراضی بایر و سپس اراضی ساخته‌شده و کمترین میزان پراکندگی در مراتع دیده می‌شود. بررسی روند تغییرات این متریک، نشان می‌دهد که در دوره ۲۱ ساله موردبحث، شاخص پراکندگی برای کاربری اراضی ساخته‌شده از ۶۱/۴۳ درصد در سال ۱۳۷۹ به ۶۵/۱۲ درصد در ۱۴۰۰ رسیده است که به‌نوعی تأییدکننده حاکمیت الگوی پراکنده‌گویی شهری (اسپرال) می‌باشد. در کاربری باغات و زراعی در دوره اول افزایش در این شاخص مشاهده می‌شود اما در دوره دوم روند کاهشی بوده است. ولی در کل دوره ۲۱ ساله افزایش نسبی در این شاخص وجود دارد. در کاربری بایر در دوره اول میزان پراکندگی افزایش‌یافته؛ اما در دوره دوم روندی کاهشی داشته؛ به‌گونه‌ای که در پایان دوره، شاخص مزبور نسبت به سال ۱۳۷۹ حدود ۱ درصد کمتر است ولی باز هم پراکندگی این کاربری بسیار بالاست. در نهایت شاخص IJI برای کاربری مرتع در کل دوره افزایش‌یافته که نشانگر پراکندگی و تکه‌تکه شدن این کاربری در طول دوره موردمطالعه است.

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی برای سال ۱۴۱۰

در این تحقیق، نقشه کاربری اراضی برای محدوده موردمطالعه در سال ۱۴۱۰ پیش‌بینی و تهیه شد. طبق شکل ۵ و نیز شاخص CA و PLAND در منطقه موردمطالعه برای کاربری‌های ساخته‌شده، باغات، کشاورزی روندی افزایشی خواهد داشت و مساحت این کاربری‌ها افزایش خواهد یافت. پیش‌بینی می‌شود که مساحت مراتع تغییر آن‌چنانی نکند اما زمین‌های بایر در افق پیش‌بینی‌شده با کاهش مساحت روبه‌رو شوند. کاهش متریک تعداد لکه (NP) و افزایش شاخص میانگین اندازه لکه‌های هر کلاس کاربری (MPS) اراضی ساخته‌شده، مرتع و باغی و زراعی در ده سال آینده نشانگر این است که اندازه قطعات هر کدام از این کاربری‌ها بزرگ‌تر می‌شوند اما اراضی بایر روندی معکوس با سه نوع کاربری دیگر را طی خواهند کرد با این زمین‌ها به تکه‌های کوچک‌تر تجزیه می‌شوند. متریک LPI برای همه کاربری به‌جز کاربری اراضی بایر روندی کاهشی خواهد داشت. نهایت شاخص IJI برای همه کاربری‌ها افزایشی خواهد بود. این شاخص برای اراضی بایر به حدود ۹۹ درصد می‌رسد که نشانگر پراکندگی شدید این کاربری در ۱۴۱۰ خواهد بود و علت آن تقسیم این زمین‌ها و اختصاص آن‌ها به کاربری‌های دیگر است. این شاخص برای کاربری محیط ساخته‌شده (شهری و روستایی) نیز

به حدود ۷۲ درصد می‌رسد که این هم نشانگر رشد پراکنده ساخت‌وسازها در محدوده موردمطالعه خواهد بود.



شکل ۵. پیش‌بینی کاربری اراضی منطقه موردمطالعه در سال ۱۴۱۰

جدول ٤. نتایج پیش‌بینی متریک‌های کاربری اراضی برای افق ۱۴۱۰

کلاس کاربری	CA	PLAND	NP	MPS	LPI	IJI
محیط ساخته‌شده	۴۲۱۶	۲۴/۳۷	۲۴۹	۱۶/۹۳	۱۸/۹۶	۷۲/۷۴
اراضی زراعی و باغی	۳۸۹۵	۲۲/۵۲	۲۸۹	۱۳/۴۸	۱۶/۲۴	۲۲/۶۳
اراضی بایر	۷۹۷۷	۴۶/۱۳	۴۲۷	۱۸/۶۸	۲۶/۷۳	۹۹/۲۴
مراتع	۱۲۰۵	۶/۹۶	۹۲	۱۳/۱	۵/۱۴	۲۰/۹۸

تجزیه‌وتحلیل متریک‌ها در سطح سیمای سرزمین

در این مرحله کل محدوده موردمطالعه به‌عنوان یک سیمای واحد در نظر گرفته‌شده است. همان‌طور که جدول ۵ نشان می‌دهد، تعداد لکه در سیمای سرزمین در سال ۱۳۷۹، ۱۰۷۳ عدد بوده است که در ۱۳۸۹ به ۸۴۶ عدد رسیده است که به معنای یکپارچگی بیشتر در سیمای منطقه موردنظر است ولی در دوره بعد مجدداً افزایش‌یافته است و به عدد ۱۱۵۹ رسیده که نشان می‌دهد در دوره دوم روند تغییر پوشش زمین در جهت از هم گسیختی پیش رفته است. پیش‌بینی برای ۱۴۱۰ که بر اساس ۲۱ سال گذشته صورت گرفته نشان می‌دهد که در افق مدنظر تعداد لکه‌ها کاهش می‌یابد. شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI) طی ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۰ با کاهش مواجه بوده که به‌نوعی بیانگر تجزیه لکه اصلی و عمده سیمای سرزمین را نشان می‌دهد. پیش‌بینی نیز نشان می‌دهد که روند کاهشی این شاخص تا سال ۱۴۱۰ ادامه خواهد داشت. شاخص پیوستگی (CONTAG) از حدود ۵۳/۳۲ درصد در سال ۱۳۷۹ به ۴۶ درصد در سال ۱۴۰۰ رسیده است که نشان‌دهنده کاهش میزان پیوستگی سیمای سرزمین در این دوره دارد.

تنوع شانون (SHDI) یکی از سنجه‌های اندازه‌گیری تنوع تکه‌های سیمای سرزمین است و از نظر مفهومی عکس پیوستگی (CONTAG) است (میرسنجری و محمدیاری، ۱۹۵:۱۴۰۱). شاخص تنوع شانون (SHDI) در آغاز دوره حدود ۰/۹۸ بوده است و به‌مرورزمان این شاخص افزایش‌یافته و در پایان دوره به ۱/۱۶ رسیده است که نشان‌گر قرارگیری لکه‌های با کاربری گوناگون کنار همدیگر بیشتر شده که نمایانگر کاهش یکپارچگی سیمای سرزمین است. پیش‌بینی‌ها برای ده سال آینده (۱۴۱۰) نیز نشان می‌دهد که تنوع لکه‌ها همچنان با افزایش مواجه خواهد شد و به ۱/۲۲ خواهد

رسید.

جدول ۵. تجزیه‌وتحلیل متریک‌ها در مقیاس سیمای سرزمین

سال	NP	LPI	CONTAG	SHDI
۱۳۷۹	۱۰۷۳	۳۸/۶۳	۵۳/۳۲	۰/۹۸
۱۳۸۹	۸۴۶	۲۶/۴۲	۴۹/۶	۱/۱۲
۱۴۰۰	۱۱۵۹	۲۹/۰۵	۴۶/۰۶	۱/۱۶
۱۴۱۰	۱۲۰۲	۲۶/۷۳	۴۶/۴	۱/۲۲

بحث

در این مقاله، تغییر سیمای سرزمین در مقیاس کلاس کاربری و کل سیمای سرزمین در شهر شاهرود و محدوده پیرامون آن (در منطقه‌ای به وسعت ۱۷۲۹۳ هکتار) بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۰ موردبررسی قرار گرفت. در سطح کلاس‌های کاربری، بررسی شاخص‌ها نشان‌دهنده این است که در دوره مدنظر (۱۳۷۹ تا ۱۴۰۰) تغییر کاربری‌ها بیشتر به نفع چشم‌اندازهای انسان‌ساخت (محیط ساخته‌شده شهری و روستایی، مزارع و باغات) بوده است و بیشتر این تغییر کاربری در زمین‌های بایر صورت گرفته است که در نهایت باعث کاهش سهم این کاربری در محدوده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که محیط ساخته‌شده (شهری و روستایی) بیشترین رشد سالیانه مساحت را داشته است و سهم خود را از حدود ۱۲ درصد کل مساحت سیما به ۲۰ درصد رسانده است در درجه بعدی مزارع و باغات هستند که با نرخ رشد سالیانه ۱/۳ درصدی مساحت را سهم خود را از حدود ۱۵ درصد کل منطقه به حدود ۱۹/۷ رسانده است. کاربری مرتع رشد سالیانه مثبت ۰/۱۳ را نشان داده که به معنی حفظ مراتع بوده است. به نظر می‌رسد ساخت‌وسازهای شهری و روستایی و نیز احداث و گسترش باغات و مزارع بیشتر در زمین‌های بایر صورت گرفته است و به همین دلیل اراضی بایر کاهش سطح داشته‌اند و سهم آن‌ها از حدود ۶۶/۴۹ درصد به ۵۵/۴۹ درصد تقلیل یافته است. طبق این دو متریک یعنی مساحت کاربری‌ها (CA) و فراوانی نسبی آن‌ها (Pland) می‌توان افزایش سهم چشم‌اندازهای شهری را در منطقه مشاهده نمود. نکته مثبتی که وجود دارد این است که این افزایش باعث کاهش مساحت و سهم کاربری مرتعی و زراعی و باغی نشده است. حتی کاربری زراعی و باغی افزایش نیز داشته و افزایش مساحت آن‌ها با کاهش مراتع همراه نبوده است.

شاخص تعداد لکه (NP) نشان می‌دهد که تعداد لکه‌ها در دو کاربری کشاورزی (زراعی و باغی) و بایر افزایش‌یافته است که بیانگر افزایش پراکندگی و ازهم‌گسیختگی این دو کاربری است؛ اما در مقابل، کاربری ساخته‌شده و مرتع روندی کاهشی داشته که بیانگر گرایش به یکپارچگی در این کاربری‌هاست. استفاده صرف از این متریک ممکن است گمراه‌کننده باشد زیرا کاهش آن در برخی موارد، حاکی از یکپارچگی بیشتر و در برخی موارد حذف شدن تدریجی یک کاربری است. ازاین‌رو باید آن را در کنار متریک مساحت استفاده نمود. متریک میانگین اندازه (MPS) که از تقسیم مساحت هر کاربری به تعداد لکه‌های آن کاربری به دست می‌آید اثر مساحت و تعداد لکه‌ها را در کنار هم قرار می‌دهد و مکمل خوبی برای متریک NP و CA می‌باشد. نتایج حاصله از این متریک بیانگر افزایش میانگین اندازه لکه‌های کاربری مرتع، محیط ساخته‌شده و زارعی – باغی و به عبارتی افزایش یکپارچگی در هر کدام از این کاربری‌هاست؛ اما کاهش این متریک برای کاربری بایر به معنی تجزیه شدن آن است که ناشی از تغییر کاربری این اراضی به کاربری‌های دیگر است.

تا اینجای بحث که حفظ مساحت و سهم مراتع بوده است نکته مثبت است. اینکه مزارع و باغات نه‌تنها کاهش مساحت

نداشته بلکه افزایش‌یافته‌اند و افزایش آن‌ها در قالب لکه‌های بزرگ‌تر نسبت به قبل بوده نیز می‌تواند مثبت ارزیابی شود. افزایش سهم کاربری ساخته‌شده با توجه به اینکه با افزایش میانگین لکه‌ها همراه بوده نیز می‌تواند نشانگر آن باشد که علی‌رغم نفوذ این کاربری در منطقه، چون در طول زمان لکه‌های بزرگ‌تری شکل‌گرفته رشد یکپارچه‌تر شده است؛ اما شتاب در نتیجه‌گیری، صرفاً بر اساس متریک‌های مساحت، تعداد و میانگین لکه‌ها، ممکن است نادرست باشد و نتوان درک درستی از تغییرات کاربری منطقه به دست آورد ازاین‌رو متریک‌هایی که به شکل لکه‌ها و توزیع فضایی آن‌ها اشاره دارند می‌تواند به نتیجه‌گیری بهتر کمک کند. متریک IJI که بیانگر پراکندگی و مجاورت لکه‌های هر کاربری است و شاخصی مناسب برای بیان توزیع فضایی لکه‌هاست از آن جمله‌اند. در کاربری‌های مرتع، محیط ساخته‌شده و زراعی و باغی، متریک IJI نشان از افزایش ازهم‌گسیختگی دارد.

بنابراین:

– افزایش وسعت کاربری اراضی ساخته‌شده باعث شده سهم این کاربری در کل سیمای سرزمین افزایش چشمگیر داشته باشد. افزایش میانگین مساحت هر کدام از لکه‌های این کاربری نکته مثبت قلمداد می‌شود اما شاخص IJI به‌نوعی پراکنده‌گویی شهری را نشان می‌دهد و در کل می‌توان افزایش غلبه چشم‌اندازهای شهری در منطقه با گرایش به پراکنده‌گویی فضایی را از آن نتیجه گرفت.

–کاربری باغی و زراعی، افزایش مساحت داشته و بالطبع سهم آن نیز در کل سیمای سرزمین بیشتر شده است. با اینکه شاخص تعداد لکه و میانگین مساحت لکه‌های این کاربری نشان از یکپارچگی بیشتر دارد؛ اما شاخص مجاورت (IJI) نشان از انقطاع و ازهم‌گسیختگی این کاربری دارد. اینکه افزایش سهم این کاربری در سیمای سرزمین مثبت است یا خیر؛ بستگی به نوع کشاورزی منطقه و مدیریت منابع آب‌وخاک دارد و محل بحث آن در این مقاله نیست اما از عدم کاهش یافتن مساحت آن علی‌رغم رشد کالبدی شهر می‌توان برداشتی مثبت داشت.

–کاربری مرتع: حفظ مساحت و سهم این کاربری از کل سیما و حتی بهبود در این شاخص‌ها، ارزشمند است؛ اما افزایش شاخص IJI که نشانگر ازهم‌گسیختگی است نکته منفی است؛ زیرا انقطاع در یک اکوسیستم طبیعی مثل مرتع پیامدهای منفی اکولوژیکی در پی خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

برای جمع‌بندی نهایی، مقیاس سیمای سرزمین می‌تواند تصویری جامع و کلان از وضعیت منطقه بدهد. در مقیاس سیمای سرزمین، شاخص تعداد لکه کمی افزایش داشته است که به معنی انقطاع در سیمای سرزمین است شاخص LPI هم نشان‌دهنده کاهش سهم بزرگ‌ترین لکه در سیمای سرزمین است که علت آن تغییر کاربری و تجزیه اراضی بایر است که بزرگ‌ترین لکه سیمای سرزمین است. کاهش شاخص CONTAG و افزایش تنوع شانون (SHDI)، نشانگر کاهش یکپارچگی و پیوستگی در سیمای سرزمین منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد.

بنابراین در کل می‌توان گفت سیمای سرزمین شهر شاهرود و محدوده پیرامون آن، در طول زمان دچار گسستگی شده است. گسترش کالبدی شهر و توسعه کشاورزی و باغات در پیرامون شهر مهم‌ترین عوامل تغییر سیمای سرزمین بوده است. چنانچه الگوی تغییر کاربری‌ها به همین این نحو ادامه یابد؛ پیش‌بینی می‌شود تا سال ۱۴۱۰ سیمای سرزمین منطقه با گسستگی و پراکندگی بیشتر مواجه خواهد شود. ازاین‌رو لازم است که از طریق کاربست راهبردهایی چون توسعه درونی (میان‌افزاری) شهری، رشد پراکنده شهری کنترل شود و بر مدیریت و حفاظت از مراتع و زمین‌های

کشاورزی تمرکز شود تا این روند در جهت پایداری اکولوژیکی تغییر جهت پیدا کند. توسعه درون‌زا با استفاده از ظرفیت‌های درونی شهر مثل اراضی خالی درون بافت و اراضی قهوه‌ای می‌تواند بخشی از نیاز شهر به فضا را پاسخ دهد و از گسترش شهر به پیرامون بکاهد. مدیریت بر زمین‌های کشاورزی و کنترل توسعه آن در حد ظرفیت اکولوژیکی منطقه نیز می‌تواند از رشد غیراصولی این کاربری بکاهد. ضمن آنکه مدیریت بر کاربری اراضی و سیمای سرزمین منطقه نیازمند مدیریت یکپارچه و هماهنگی بین تمامی سازمان‌های مرتبط است.

حامی مالی

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی به شماره ابلاغیه ۸۹۳۷۷ مورخ ۱۴۰۱/۰۴/۲۲ با استفاده از اعتبارات پژوهشی «دانشگاه بزرگمهر قائنات» انجام‌شده است.

سهم نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

نویسنده از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند، تشکر و قدردانی می‌نماید.

منابع

پورمحمدی، محمدرضا و تقی‌پور، علی‌اکبر. (۱۳۸۹). ارزیابی مکان‌یابی کاربری‌های آموزشی شهر شاهرود. *مجله فضای جغرافیایی*، ۱۰(۳۲)، ۲۷-۱.

زاهدی کلاکی، ابراهیم؛ متولی، صدرالدین؛ محمودزاده، حسن و جانباز قبادی، غلامرضا. (۱۴۰۰). تبیین ساختار اکولوژی شهری در راستای ارتقای ضریب تاب‌آوری زیست‌محیطی با استفاده از تحلیل متریک‌های سیمای سرزمین (مطالعه موردی شهر بهشهر). *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۵(۷۸)، ۲۱۸-۱۹۷. Doi:10.22034/gp.2021.42841.2741

زبردست، لعبت؛ یاوری، احمدرضا؛ پریور، پرستو و ستوده، احد. (۱۳۹۴). *مقدمه‌ای بر مفاهیم پایه اکولوژی سیمای سرزمین با کاربرد در برنامه‌ریزی محیط‌زیست*. چاپ اول. تهران: انتشارات آوای قلم.

زندمقدم، محمدرضا. (۱۳۹۶). بررسی نقش ویژگی‌های ژئومورفیک در مکان‌یابی مناطق بهینه به‌منظور احداث مجتمع‌های مسکونی، نمونه موردی شهر شاهرود. *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*، ۱۴(۵۶)، ۱۳۶-۱۲۱.

ساسان‌پور، فرزانه؛ علیزاده، سهیل و اعرابی مقدم، حامد. (۱۳۹۷). قابلیت سنجی زیست‌پذیری مناطق شهری ارومیه با مدل RALSPI. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۸(۴۸)، ۲۵۸-۲۴۱. Doi:10.29252/jgs.18.48.241

سفیانیان، علیرضا؛ مختاری، زهرا؛ خواجه‌الدّین، سیّد جمال‌الدین و ضیایی، حمیدرضا. (۱۳۹۲). تحلیل گرادیان الگوی سیمای سرزمین شهری (مطالعه موردی: شهر اصفهان). *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۴۵(۱)، ۸۷-۱۰۴. doi: 10.22059/jhgr.2013.30040

شعبانی، نگین؛ ابرکار، مهرو؛ پریور، پرستو و کوچک‌زاده، محسن. (۱۳۸۹). معرفی و کاربرد رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین در مقیاس شهر نمونه موردی: شهر تهران. *نشریه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۱۲(۴)، ۱۹۷-۱۸۵.

عنابستانی، علی‌اکبر؛ عنابستانی، زهرا و اکبری، ابراهیم. (۱۴۰۰) تحلیل تغییرات ساختاری سیمای سرزمین و الگوهای توسعه شهری با استفاده از تصاویر ماهوارهای چند زمانه موردمطالعه: کلان‌شهر مشهد. *فصلنامه اطلاعات جغرافیایی سپهر*، ۳۰(۱۱۹)، ۱۸۹-۲۰۶. Doi:10.22131/sepehr.2021.247894

فردوسی، سجاد و بابائی، یاور. (۱۳۹۷). تحلیلی بر روند رشد جمعیت و رشد فیزیکی شهر شاهرود. *مجله بررسی‌های آمار رسمی ایران*، ۲۹ (۱)، ۱۹-۱. DOR: 20.1001.1.25385798.1397.29.1.1.1

فتوحی، امید و برق جلوه، شهیندخت. (۱۳۹۷). برنامه‌ریزی شبکه‌های بوم‌شناختی سیمای سرزمین شهری، مطالعه موردی: شهر تهران. *محیط‌شناسی*، ۴۴(۲)، ۲۹۷-۲۷۷. Doi: 10.22059/jes.2018.243435.1007520

قربانی، رسول؛ روستایی، شهریور و کرباسی، پوران. (۱۴۰۰). خزش شهر مراغه و تغییرات کاربری اراضی پیراشهر. *توسعه فضاهای پیرا شهری*، ۳(۱)، ۱-۱۸. DOR: 20.1001.1.26764164.1400.3.1.1.5

کاویانی، آزاده؛ فرهودی، رحمت‌الله و رجبی، آزیتا. (۱۳۹۴). تحلیل الگوی رشد شهر تهران با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین. *پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، ۳(۴)، ۴۰۷-۴۲۹. Doi: 10.22059/jurbangeo.2015.57410

محمودزاده، حسن و مسعودی، حسن. (۱۳۹۸). تحلیلی بر تغییرات ساختاری سیمای سرزمین کلان‌شهر تبریز با استفاده از مبانی اکولوژی سیمای سرزمین و با تأکید بر مفهوم پیوستگی. *فصلنامه آمایش سرزمین*، ۱۱(۲)، ۱۷۹-۲۰۴. Doi:10.22059/jtcp.2019.288093.670019

مرکز آمار ایران (۱۳۹۵) سرشماری عمومی نفوس و مسکن.

مشکینی، ابوالفضل و تیموری، اصغر. (۱۳۹۵). سنجش گستردگی شهری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از RS و GIS، نمونه موردی: شهر کرج طی دوره ۱۳۶۳-۱۳۹۱. *معماری و شهرسازی آرمان‌شهر*، ۹(۱۷)، ۳۷۵-۳۸۲.

مل حسینی دارانی، کبری؛ مرتضوی، ثمر؛ حسینی، سید محسن؛ شایسته، کامران و فلاحتکار، سامره. (۱۳۹۹). کمی سازی معیارهای بصری پوشش اراضی با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین، مطالعه موردی: جنگل‌های دو هزار سه هزار تنکابن. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۲(۱۰)، ۱۱۹-۱۳۲. Doi: 10.22034/jest.2020.29055.3769

میرسنجری، میر مهرداد و محمدیاری، فاطمه. (۱۳۹۶). پایش تغییرات سیمای سرزمین با استفاده از تحلیل گرادیان (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان). *جغرافیا و پایداری محیط*، ۷(۱)، ۹۶-۸۳.

میرسنجری، میرمهرداد و محمدیاری، فاطمه. (۱۴۰۱). تحلیل کاربری سرزمین در شهرستان بهبهان با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین. *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۴(۳)،۱۹۱-۲۰۴. doi: 10.22034/jest.2021.25842.3476

ناصری، سکینه؛ شایسته، کامران و ایلدرمی، علیرضا. (۱۳۹۸). تحلیل تغییرات کاربری اراضی شهرستان ملایر با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین .*مطالعات علوم محیط‌زیست*،۴(۴)، ۲۱۲۲-۲۱۱۴.

نوحه گر، احمد؛ جباریان امیری، بهمن و افراخته، روشنک .(1394) .تحلیل کاربری سرزمین در بخش مرکزی گیلان با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین. *جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای*، ۱۵(۵)، ۱۹۷-۲۱۴. Doi: 10.22111/gaij.2015.2079

هدایت، سید مهدی؛ داودپور، زهره و ذاکرحقیقی، کیانوش. (۱۴۰۰). آشکارسازی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهر جدید پردیس با سنجه‌های سیمای سرزمین تا سال ۲۰۴۰. *مهندسی جغرافیایی سرزمین*، ۷(۲)، ۴۶۱-۴۷۶. DOR: 20.1001.1.25381490.1402.7.2.14.0

References

Ademola, K. B., & Takashi, O. (2007). Spatial determinants of urban land use change in Lagos, Nigeria. *Land Use Policy, 24*(2), 502-515. Doi:10.1016/j.landusepol.2006.09.001

Aguilera-Benavente, F., Valenzuela-Montes, L., & Botequilha-Leitão, 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,* 226-238. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2010.10.004.

Ali, M., & Hasnat, G. (2022). *Urban landscape change detection using GIS and RS: Chattogram City Corporation, Bangladesh.* In: *Urban Ecology and Global Climate Change* (pp 104–120). edition1. Publisher: Wiley, Blackwell. doi:10.1002/9781119807216.ch6

Anabestani, A., Anabestani, Z., & Akbari, E. (2021). Analysis of structural changes in the landscape and urban development patterns using multi-time satellite imagery- Case study: Mashhad Metropolitan. *Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 30(119*), 189-206. doi: 10.22131/sepehr.2021.247894 [In Persian].

Cervelli, E., & Pindozzi, S. (2022). The Historical Transformation of Peri-Urban Land Use Patterns, via Landscape GIS-Based Analysis and Landscape Metrics, in the Vesuvius Area. *Applied Sciences*. 12(5), 1-25. Doi: 10.3390/app12052442.

Ferdowsi, S., & Babaei, Y. (2018). an analysis of population growth and physical growth of Shahrood city. *Iranian Journal of Official Statistics* Studies, 29(1),1-19. DOR: 20.1001.1.25385798.1397.29.1.1.1 [In Persian].

Fotoohi, O., & Barghjelve,S. (2018). The planning process of an urban landscape system's ecological networks (case study: The city of the Tehran). *Journal of Environmental Studies, 44(2)*, 277-297. doi: 10.22059/jes.2018.243435.1007520 [In Persian].

Ghorbani, R., Rostaei, S., & Karbasi, P. (2021). Creep of Maragheh city and land use changes of Peripheral. *Preipheral Urban Spaces Development*, *3*(1), 1-18. Dor:20.1001.1.26764164.1400.3.1.1.5 [In Persian].

Gkyer, E. (2013). *Understanding Landscape Structure Using Landscape Metrics*.edition1. InTech. doi: 10.5772/55758

Hassan, M. (2017). Monitoring land use/ land cover change, urban growth dynamics and landscape pattern analysis in five fastest urbanized cities in Bangladesh. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 7. 69-83. Doi:10.1016/j.rsase.2017.07.001.

Hedayat, S. M., Davodpour, Z., & Zaker Haghighi, K. (2023). Detection and simulation of land use changes in the new city of Pardis with Landscape Metrics by 2040. *Geographical Engineering of Territory*, *7*(2), 461-476. doi: 10.22034/jget.2023.160270 [In Persian].

Herold, M., Scepan, J., & Clarke, K.C. (2002). The Use of Remote Sensing and Landscape Metrics to Describe Structures and Changes in Urban Land Uses. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 34(8), 1443-1458. Doi: 10.1068/a3496

Kaviani, A., Farhoodi, R., & Rajabi, A. (2015). Analysis of Urban Growth Pattern in Tehran City by Landscape Ecology Approach. *Geographical Urban Planning Research (GUPR), 3*(4), 407-429. doi: 10.22059/jurbangeo.2015.57410 [In Persian].

Khan, A., Chatterjee, S., &Weng,Y. (2021). *Characterizing thermal fields and evaluating UHI effects*. Editor(s): Ansar Khan, Soumendu Chatterjee, Yupeng Weng, Urban Heat Island Modeling for Tropical Climates, Elsevier. Doi:10.1016/B978-0-12-819669-4.00002-7.

Knorn, J., Rabe, A., Radeloff, V., Kuemmerle, T., Kozak, J., & Hostert, P. (2009). Land cover mapping of largeareas using chain classification of neighboring Landsat satellite images. *Remote Sensing of Environment, 113*, 957– 964. Doi: /10.1016/j.rse.2009.01.010

Leitao, A. B., & Ahren, J. (2002). Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59(2), 65-93. Doi:10.1016/S0169-2046(02)00005-1

Liu, J., Nijkamp, P., Huang, X., & Lin, D. (2017). Urban livability and tourism development in China: Analysis of sustainable development by means of spatial panel data. *Habitat international*, 68, 99-107. Doi: 10.1016/j.habitatint.2017.02.005

Liu, X., Li,X., Chen, Y., Tan, Z., Li, Sh.,& Ai, B., (2010). A new landscape index for

quantifying urban expansion using multi-temporal remotely sensed data. *Landscape Ecol, 25*, 671–682. Doi:10.1007/s10980-010-9454-5

Liu, X., Ma, L., Li, X.,Ai, Bin., Li, S. & He, Z. (2014). Simulating urban growth by integrating landscape expansion index LEI and cellular automata. *International Journal of Geographical Information Science. 28(1),* 148-163. DOI: 10.1080/13658816.2013.831097

Liu, X; Li, X and Chen, Y (2002), A new landscape index for quantifying urban expansion using multi-temporal remotely sensed data. *Landscape Ecology*, *25*, 671-682. Doi: 10.1007/s10980-010-9454-5

Mahmoudzadeh, H., & Masoudi, H. (2019). The Analysis of Structural Landscape Changes in Tabriz City Using Landscape Ecology Principles with an Emphasis on the Connectivity Concept. *Town and Country Planning*, *11*(2), 179-204. doi:10.22059/jtcp.2019.288093.670019 [In Persian].

McGarigal, K., Cushman, S.A., Neel, M.C., & Ene, E. (2002), *FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps. Forest Science Department.edition1: Publisher:* Oregon State University, Corvallis.

Melhosseini Darani, K., Mortazavi, S., Hosseini, S. M., Shayesteh, K., & Falahatkar, S. (2020). Quantification Visual Criteria of Land Cover Using Landscape Metrics (Case Study: Tonekabon Forests of Dohezar-Sehezar). *Journal of Environmental Science and Technology*, *22*(10), 119-132. doi: 10.22034/jest.2020.29055.3769 [In Persian].

Meshkini, A., & Teymouri, A. (2017). Analyzing Urban Sprawl and Its Impact on Land Use Changes, Case Study: Karaj. *Armanshahr Architecture & Urban Development*, *9*(17), 375-387. [In Persian].

Mirsanjari, M. M., & Mohammadyari, F. (2017). Monitoring the Landscape Changes Applying Gradient Analysis Case Study (County Behbehan). *Geography and Environmental Sustainability*, *7*(1), 83-96. [In Persian].

Montero, A., & Viales-Hurtado, R. (2015). The theory of change in the landscape from land use and land cover change (lucc approach). Its usefulness in environmental history. *Reflexiones*, *94*, 24-33.

Naseri, S., HYESTEH, K., & Ildoromi, A. (2019). Analysis of Land Use Changes in Malayer County Using Landscape Metrics. *Journal of Environmental Science Studies*, *4*(4), 2114-2122. [In Persian].

Nohegar, D. A., Jabariyan amiri, D. B., & Afrakhte, R. (2015). Land Use Analysis on Guilan Central District Using Landscape Ecology Approach. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, *5*(15), 197-214. doi: 10.22111/gaij.2015.2079 [In Persian].

Nuissl, H., &Siedentop, S. (2021). *Urbanisation and Land Use Change*. In: Weith, T., Barkmann, T., Gaasch, N., Rogga, S., Strauß, C., Zscheischler, J. (eds) Sustainable Land Management in a European Context. Human-Environment Interactions, vol 8. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-50841-8_5

Pourmohammadi, M.R., & Taghipour, A.A.. (2010). An evaluation of educational land use patterns of the city of shahroud. *Geographic Space*, 10(32), 1-27. [In Persian].

R. Freitas, S. (2003). Landscape: where geography and ecology converge. *Holos Environment 3(2)*:150–155. Doi:10.14295/holos.v3i2.1125

Rahimi, A. (2016).A methodological approach to urban land-use change modeling using infill development pattern—a case study in Tabriz, Iran. *Ecological process*, 5(1),1-15. Doi: 10.1186/s13717-016-0044-6

Ramachandra, T. V., Bharath, H., & Sreekantha, S. (2012). Spatial Metrics based Landscape Structure and Dynamics Assessment for an emerging Indian Megalopolis. *(IJARAI) International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence, 1(1*), 48-57. Doi:10.14569/IJARAI.2012.010109

Rao, Y.; Dai, J.; Dai, D.; He,Q.; Wang, H. (2021).Effect of compactness of urban growth on regional landscape ecological security. *Land, 10(8)*,1-17. Doi: 10.3390/land10080848

Sasanpour, F., Alizadeh, S., & Aarabi Moghadam, H. (2018). Investigating the Feasibility of Urumia Urban Areas Livability using RALSPI Model. *Jgs, 18 (48)*, 241-258. doi: 10.29252/jgs.18.48.241 [In Persian].

Shabani, N., Abarkar, M., Parivar, P., & kouchekzadeh, M. (2011). introducing and applying landscape ecological approach in city scale (case study: the city of tehran). *Journal Of Environmental Science And Technology, 12(4)*, 185-197. [In Persian].

Shanshan,W., Xi, Ch., An-ming, B., & Kurban, A. (2009). The impacts of urban landscape pattern on urban land surface temperature: Taking Urumqi as an Example. *Joint Urban Remote Sensing Event*, 1-6. doi: 10.1109/URS.2009.5137535.

Shao, S., Yu, M., Huang, Y., Wang, Y., Tian, J., & Ren, C. (2022). Towards a Core Set of Landscape Metrics of Urban Land Use in Wuhan, China. *ISPRS Int. J. Geo-Inf, 11*(5), 2-81. doi: 10.3390/ijgi11050281

Soffianian, A., Mokhtari, Z., Khajeddin, S. J., & Ziaei, H. R. (2013). Gradient Analysis of Urban Landscape Pattern(Case Study from Isfahan City). *Human Geography Research, 45*(1), 87-104. doi: 10.22059/jhgr.2013.30040 [In Persian].

Statistical Centre of Iran. (2016). *Population and Housing Censuses.* [In Persian].

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Online Edition. Available from* https://esa.un.org/unpd/wup/ Publication.

Wu, J. (2008) Making the Case for Landscape Ecology, An Effective Approach to Urban Sustainability. *Landscape Journal, 27 (1)*,41-50. doi: 10.3368/lj.27.1.41

Zahedikelaki, E., Motevalli, S., Mahmoudzadeh, H., & Ganbaz ghobadi, G. (2022). Explanation of urban ecology structure in order to improvement environmental resilience using the analysis of landscape metrics (Case study of Behshahr city). *Geography and Planning, 25* (78), 197-218. doi:10.22034/gp.2021.42841.2741 [In Persian].

Zandmoghadam, M. R. (2018). Examine the role of geomorphic features in order to locate optimal sites for construction of residential complexes Case Study: Shahrood city. *Journal of* Territory, 14(56), 121-136. [In Persian].

Zebardast,L.,Yari,A.H.,Parivar,P.,&Sotoudeh,A. (2016).*An introduction to principles of landscape ecology with application in environment planning*. Edition 1. Publisher: Avaye Ghalam. [In Persian].

Zhang, S.; Guan, Z.; Liu, Y.,&Zheng, F. (2022). land use/cover change and its relationship with regional development in Xixian new area, China. *Sustainability, 14(11),*.1-17. doi:10.3390/su14116889

Zhou,T., Kennedy, E., Koomen, E., & Eveline S. van Leeuwen. (2020). Valuing the effect of land use change on landscape services on the urban–rural fringe. *Journal of Environmental Planning and Management, 63(13),* 2425-2445. doi: 10.1080/09640568.2020.172673.