



The Effect of Landscape Pattern on Urban Temperature Changes in Hamadan

Marziye Shojaei¹, Kamran Shayesteh^{1*}, Behnaz Attaeian²

¹ Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.

² Department of Rangelands and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 16 May 2019

Accepted 28 July 2019

Available online 4 January 2019

Keywords:

Landscape Metrics, Land Surface Temperature, Surface Urban Heat Islands, Surface Urban Heat Sinks.

Citation: Shojaei, M., Shayesteh, K., Attaeian, B. (2019). The Effect of Landscape Pattern on Urban Temperature Changes in Hamadan. *Geography and Sustainability of Environment*, 9 (3), 99-114. doi: [10.22126/GES.2020.3069.1816](https://doi.org/10.22126/GES.2020.3069.1816)

ABSTRACT

Urbanization and urbanized areas have a significant impact on local and global climate. One of the most important its effects is surface urban thermal variations (SUTV), including surface urban heat islands (SUHI) and surface urban heat sinks (SUHS). The purpose of this study is to investigate the impacts of landscape pattern changes and the efficiency of landscape metrics in analyzing surface urban thermal variations in Hamadan using Landsat 8 satellite images. Having calculated land surface temperature (LST), the SUHI and SUHS regions were identified, the existing land uses in these areas were classified and finally landscape metrics at class and landscape levels were extracted using FRAGSTATS software. The results showed that the highest temperature in the study area was seen in the areas with no vegetation cover, in other words the main component of SUHS is agriculture patch, while soil patch is the main constituent of SUHI. The relationships between LST and landscape metrics were also examined. LST and patch density (PD) were negatively correlated. In SUHS, in contrast to island heat areas, LST had a negative correlation with AI metrics and had a positive and significant relationship with PD metrics. The higher the consistency between land use and landscape patterns, the lower the temperature and the higher the fragmentation, the higher the temperature effect. The results indicated that land surface temperature in Hamadan is not affected just by land use composition and land cover, LST in Hamadan is not only affected by the combination of land cover, but also the spatial configuration and structure of the landscape is influenced.

*. Corresponding author E-mail address:

k.shayesteh@malayeru.ac.ir



تأثیر الگوهای سیمای سرزمین بر تغییرات دمای شهری در همدان

مرضیه شجاعی^۱، کامران شایسته^{۱*}، بهناز عطائیان^۲

^۱گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.
^۲گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

چکیده

شهرسازی و مناطق شهری اثر قابل توجهی بر آب‌وهوای محلی و جهانی دارند. یکی از مهم‌ترین این اثرات، تغییرات دمای سطح شهری است که شامل جزایر و چاله‌های حرارتی در سطح شهر می‌شود. نوشتار پیش رو با هدف بررسی تغییر الگوهای سیمای سرزمین و کارایی سنج‌های سیمای سرزمین در تحلیل تغییرات دمای سطح شهری با استفاده از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ در محدوده شهرستان همدان صورت گرفته است. به این منظور پس از محاسبه دمای سطح زمین، جزایر و چاله‌های حرارتی مشخص شد، کاربری‌های موجود در این مناطق شناسایی شده و در نهایت سنج‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس و سیمای سرزمین با نرم‌افزار فراگستات استخراج شد. نتایج این مطالعه نشان داد که بالاترین دما در محدوده مورد مطالعه مربوط به پهنه خاک و فاقد پوشش گیاهی بود؛ به عبارتی مؤلفه اصلی چاله‌های حرارتی، لگه کشاورزی است در حالی که، لگه خاک عضو اصلی تشکیل‌دهنده جزایر حرارتی است. رابطه دمای سطح زمین با سنج‌ها در سطح سیمای سرزمین نیز بررسی شد، در جزایر بین دما و تراکم لکه، همبستگی منفی و در چاله حرارتی؛ برعکس جزیره حرارتی، دما با سنج تراکم لکه رابطه مثبت و معنی‌دار و با سنج شاخص تجمع همبستگی منفی داشت. هرچه پیوستگی بین کاربری و الگوهای سیمای سرزمین بیشتر باشد دما پایین‌تر و هرچه قطعه‌قطعه‌شدگی افزایش یابد، روی دما تأثیر افزایشی دارد. نتایج بیانگر آن است که دمای سطح زمین در شهرستان همدان تنها تحت تأثیر ترکیب کاربری و پوشش سطح زمین نیست؛ بلکه پیکره‌بندی فضایی و ساختار سیمای سرزمین نیز در آن تأثیرگذار است.

مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۸

پذیرش ۶ مرداد ۱۳۹۸

دسترسی آنلاین ۱۴ دی ۱۳۹۸

کلیدواژه‌ها:

سنج‌های سیمای سرزمین، دمای سطح زمین، جزایر حرارتی سطح شهر، چاله‌های حرارتی سطح شهر.

استناد: شجاعی، مرضیه؛ شایسته، کامران؛ عطائیان، بهناز (۱۳۹۸). تأثیر الگوهای سیمای سرزمین بر تغییرات دمای شهری در همدان. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۹ (۳)، ۹۹-۱۱۴.
doi: [10.22126/GES.2020.3069.1816](https://doi.org/10.22126/GES.2020.3069.1816)

مقدمه

فعالیت‌های بشری و تغییر در سیمای طبیعی شهر، تفاوت‌هایی را از نظر دما بین مناطق مرکزی شهر و پیرامون آن ایجاد می‌کند. این پدیده، به‌ویژه در شهرهای بزرگ، بیشتر مشهود است (رمضانی و دخت‌محمد، ۱۳۸۹). تغییرات سطح زمین نتیجه اثر مستقیم شهرنشینی بر محیط‌زیست است (ژو^۱ و همکاران، ۲۰۱۴؛ دنگ و وو^۲، ۲۰۱۳). شهرسازی و مناطق شهری اثر قابل توجهی بر آب‌وهوای محلی و جهانی، اعمال می‌کنند (لی^۳ و همکاران، ۲۰۰۹؛ لازارینی^۴ و همکاران، ۲۰۱۳؛ گریم^۵ و همکاران، ۲۰۰۸؛ باین^۶ و وو، ۲۰۱۰). یکی از مهم‌ترین اثرات، تغییرات حرارتی سطح شهر^۷ است که شامل جزایر حرارتی سطح شهر^۸ و چاله‌های حرارتی سطح شهر^۹ است (کلینتون و گانگ^{۱۰}، ۲۰۱۳). جزایر حرارتی شهری از معمول‌ترین پدیده‌های شهری هستند که در آن‌ها برخی از مناطق شهری و به‌ویژه مراکز شهرها، چند درجه از مناطق اطرافشان گرم‌تر می‌شوند (حاجیلو و همکاران، ۱۳۹۳).

تجزیه و تحلیل چاله‌های حرارتی سطح شهر و درک ارتباط بین الگوهای سیمای شهری و چاله‌های حرارتی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را برای طراحی مکانیزم مؤثر در کاهش این جزایر حرارتی در سطح شهر ارائه دهد (سان و چن^{۱۱}، ۲۰۱۲؛ ژو و همکاران، ۲۰۱۱) و نیز می‌تواند در توصیه‌های خاص برای بهینه‌سازی الگوهای سیمای سرزمین شهری (سان و چن، ۲۰۱۲) و حفاظت از محیط‌زیست مفید باشد (یو^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۲)؛ بنابراین پژوهش‌های مربوط به تأثیر متقابل بین تغییرات دمای سطح شهر و الگوهای سیمای سرزمین شهری اطلاعات ارزشمندی را فراهم می‌کند، همچنین به تصمیم‌گیری برای برنامه‌ریزی شهری و توسعه پایدار این مناطق کمک می‌کند (چن و یو^{۱۳}، ۲۰۱۷).

الگوی سیمای سرزمین ترتیب و ترکیب لکه‌ها در سیمای سرزمین را نشان می‌دهد. در تحلیل الگوی سیمای سرزمین، افزون بر شکل، اندازه و نوع لکه‌ها باید مجاورت لکه‌ها و توزیع الگوهای سیمای سرزمین نیز بررسی شود (جاستن و پاکر^{۱۴}، ۱۹۹۲؛ چانگ^{۱۵} و وو، ۱۹۹۸)؛ بنابراین آگاهی از نحوه توزیع مکانی انواع سیماهای سرزمین در موزایک پیچیده لکه‌ها، به یکی از موضوعات اصلی در مطالعات الگوی سیمای سرزمین تبدیل شده است (ما و فو^{۱۶}، ۲۰۰۰). تغییر الگوی سیمای سرزمین نتیجه کنش متقابل بین طبیعت، زیست‌شناسی و عناصر اجتماعی است (ترنر^{۱۷} و همکاران، ۲۰۰۱) و تأثیرات مستقیم و غیر مستقیمی بر فرایندهای زیستی و غیر زیستی دارد (زنگ^{۱۸} و همکاران، ۲۰۰۸).

1- Zhou

2- Deng & Wu

3- Li

4- Lazzarini

5- Grimm

6- Buyantuyev

7- Surface urban thermal variations(SUTV)

8- Surface urban heat islands (SUHI)

9- Surface urban heat sinks (SUHS)

10- Clinton & Gong

11- Sun & Chen

12- Yue

13- Yu

14- Gustafson & Parker

15- Chang& Wu

16- Ma & Fu

17- Turner

18- Zeng

برای تجزیه و تحلیل الگوی سیمای سرزمین از سنجها استفاده می‌شود (محمدپور و همکاران، ۱۳۹۳). سنجهای سیمای سرزمین، شاخص‌هایی کمی هستند که به‌منظور اندازه‌گیری و توصیف الگوی یک سیمای سرزمین نقشه‌سازی شده در سطوح مختلف به‌کار می‌روند. تحلیل سنجهای سیمای سرزمین می‌تواند در سطوح سیمای پهن یا طبقه به‌کار رود تا ترکیب الگوی آرایش فضایی عناصر سیمای سرزمین و همچنین فرایندهای اکولوژیکی درگیر را توضیح دهد. سنجهای سیمای سرزمین، ساختار فضایی سیمای سرزمین را به‌مثابه مجموعه‌ای واحد و دارای هویت معین در هر زمان تشریح می‌کنند و برای به‌دست‌آوردن طبقه‌بندی اولیه از وضعیت سیمای سرزمین مفید هستند (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۳).

به‌منزله فاکتور مهم محیط‌زیستی، دمای سطح زمین پارامتر بسیار مهمی در مطالعات تغییرات حرارتی سطح شهر (وَنگ^۱، ۲۰۰۹؛ لازارینی، ۲۰۱۳؛ دَنگ و وو، ۲۰۱۳؛ هِلدن^۲ و همکاران، ۲۰۱۳) و نیز به‌طور عمده برای ارزیابی تغییرات دمای سطح شهر و تجزیه و تحلیل رابطه بین آن و الگوهای سیمای سرزمین شهری است (وَنگ، ۲۰۰۹). داده‌های سنجش‌ازدور به این دلیل که دیدگاه پیوسته و هم‌زمانی از مناطق وسیع، برای اندازه‌گیری دمای سطح زمین و مطالعه تغییرات دمای سطح شهر و ارتباط آن با الگوهای سیمای سرزمین شهری را فراهم می‌کند، منبع منحصربه‌فردی از اطلاعات است (وَنگ، ۲۰۰۷؛ وَنگ، ۲۰۰۹؛ مینت^۳ و همکاران، ۲۰۱۳؛ هو و برانسل^۴، ۲۰۱۳). برداشت داده‌های دمایی با ماهواره با توجه به محدود بودن تعداد ایستگاه‌های سینوپتیک در سطح شهر و بالابودن هزینه جمع‌آوری اطلاعات زمینی مزایایی دارد؛ از جمله: ارزان بودن هزینه جمع‌آوری داده‌ها با ماهواره نسبت به جمع‌آوری زمینی، امکان برداشت داده‌ها از تمامی سطوح شهر و تشخیص جزایر حرارتی شهرها، همچنین امکان تشخیص جزئیات میکروکلیمایی شهری با کمک تصاویر گرفته‌شده از الگوهای حرارت سطحی فراهم می‌آید (عظیمی، ۱۳۸۷).

روش‌های سنجش‌ازدور، یکی از بهترین روش‌های نو برای محاسبه دمای سطح زمین با توجه به شرایط مکانی است. در سال‌های اخیر مطالعاتی در این زمینه در کشور انجام شده است که در آن‌ها ارتباط دمای سطح زمین با پوشش گیاهی و توسعه شهری (دشتکیان و دهقانی تفتی، ۱۳۸۶) یا تحلیل جزایر حرارتی شهری با استفاده از سنجش‌ازدور و رابطه آن با توسعه دوست‌دار محیط‌زیست (عقیلی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۲) بررسی شده است. در مطالعات بسیاری نیز تنها به روند تغییرات توسعه شهری با استفاده از سنجهای سیمای سرزمین و سنجش‌ازدور (تیموری و همکاران، ۱۳۹۳) به‌منظور برنامه‌ریزی برای دستیابی به توسعه پایدار پرداخته شده است، درحالی‌که در کشورهای دیگر نیز در پژوهش‌هایی تأثیر ساختار سیمای سرزمین بر جزایر حرارتی سطح شهر (لی و همکاران، ۲۰۱۱) بررسی شده است. ارتباط قوی بین دمای سطح زمین و معیارهای سیمای سرزمین، نشان می‌دهد که پیکره‌بندی سیمای سرزمین شهری نیز تحت تأثیر جزیره حرارتی شهری قرار دارد. در هر سیمای سرزمین یک‌سری فرایندها و الگوهای مکانی و زمانی وجود دارد که مطالعه این الگوها با مطالعه سنجهای سیمای سرزمین صورت می‌گیرد.

مطالعات صورت‌گرفته کاربرد گسترده این سنجها در بررسی تأثیر فعالیت‌های گوناگون در سیمای سرزمین را نشان می‌دهد. در پژوهش‌هایی که تاکنون در زمینه سیمای سرزمین انجام شده، تمرکز بیشتر بر متریک‌های الگوی سیمای سرزمین است. با توجه به اینکه مطالعاتی که در ایران انجام‌شده همه به بررسی

1- Weng

2- Heldens

3- Myint

4- Hu & Brunzell

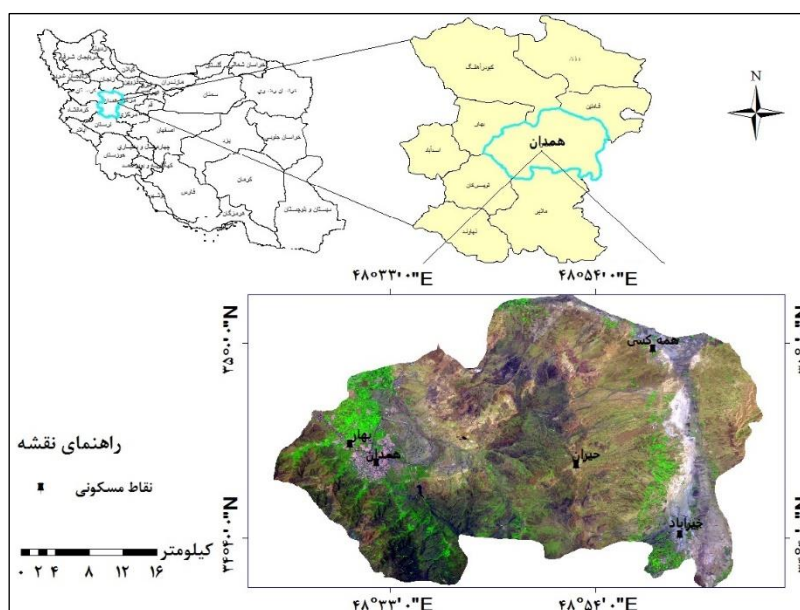
رابطه بین دما و پوشش گیاهی پرداخته‌اند و پژوهشی در زمینه دمای سطح زمین و سنجش‌های سیمای سرزمین، صورت نگرفته است، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تغییرات الگوهای سیمای سرزمین شهری بر دمای سطح شهر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ انجام شده است.

معرفی منطقه مورد بررسی

شهرستان همدان در ناحیه میانی استان و در گستره‌ای به مساحت ۲۸۳۱ کیلومتر مربع واقع شده است. این شهرستان در محدوده مدار $35^{\circ} 48'$ طول شرقی و $52^{\circ} 34'$ عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. از نظر طبیعی در منطقه‌ای کوهستانی واقع شده است. آب‌وهوای استان همدان متغیر است و به‌طور معمول زمستان‌های سرد و پربرف و تابستان‌های معتدل و ییلاقی دارد که تحت تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاع، مکان، امتداد کوه‌ها و فاصله از دریا است. به‌طور کلی دره‌های شمالی کوه الوند و شمال استان سردتر و جنوب استان ملایم‌تر است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تغییرات الگوهای سیمای سرزمین شهری بر دمای سطح شهر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ انجام شده است. سه فاکتور کلیدی مورد بحث در نوشتار پیش رو عبارت‌اند از: ۱- مجموعه‌ای از داده‌ها برای استنتاج دمای سطح زمین و رده‌بندی سیمای سرزمین؛ ۲- شاخص برای توصیف الگوهای سیمای سرزمین و ۳- تجزیه و تحلیل برای بررسی ویژگی الگوهای سیمای سرزمین و جزایر و چاله‌های حرارتی سطح شهر (چن و یو، ۲۰۱۷). برای تهیه تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه، یک فریم تصویر ماهواره‌ای بدون ابر گذر ۱۶۶ و ردیف ۳۶ سنجنده ماهواره لندست ۸ مربوط به فصل رویش (به‌دلیل قابل تفکیک بودن طبقه مرتع از کشاورزی) سال ۱۳۹۴ انتخاب و از تارنمای سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۱ دریافت شد. عملیات پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای گرفته‌شده با نرم‌افزار انوی^۲ صورت گرفت.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهر همدان

1- United States Geological Survey (USGS)

2- ENVI

در پژوهش حاضر برای بارسازی تصاویر از روش تعدیل خطی هیستوگرام و از الگوریتم حداکثر احتمال^۱ که از روش های طبقه بندی نظارت شده است برای رده بندی الگوهای سیمای شهری استفاده شد. سیمای سرزمین به هشت طبقه آب، سطوح نفوذناپذیر، خاک، کشاورزی، مرتع، دیم، شوره زار و سایر، تقسیم و نقاط به صورت بصری طبقه بندی شدند؛ بیش از دویست نقطه تصادفی برای هر کلاس در نظر گرفته شد که نیمی از آن ها تعلیمی و نیمی دیگر برای صحت و اعتبار است؛ سپس از تصاویر گوگل ارث^۲ منطقه مورد مطالعه استفاده شد تا صحت و اعتبار نتایج طبقه بندی با یک ماتریس خطا مشخص شود (کانگلتن^۳، ۱۹۹۱).

برای محاسبه دمای سطح زمین از باند حرارتی تصویر لندست ۸ و نرم افزار انوی استفاده شد. پیش پردازش بر روی تصاویر ماهواره ای، به دست آوردن بازتابندگی و دمای درخشندگی در بالای اتمسفر در سطح سنجنده است. بازتابش برای سنجنده^۴ از رابطه^۱ تعیین شد:

$$\rho\lambda' = MpQcal + Ap \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه، $\rho\lambda$: بازتاب سیاره ای؛ Mp : فاکتور تبدیل ضربی ($0/00002$)؛ $Qcal$: مقادیر پیکسل محصول استاندارد کوانتیزه شده و کالیبره شده؛ Ap : ضریب تبدیل جمعی ($0/1$) است.

برای تبدیل ارزش های پیکسل به تابش طیفی در سنجنده از رابطه^۲ استفاده شد:

$$L\lambda = ML Qcal + AL \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه، $L\lambda$: رادیانس بالای اتمسفر ($Watts / (m^2 * srad * \mu m)$)؛ ML : عامل تغییر مقیاس ضرب شونده که از فایل متادیتا در داخل پوشه باندهای تصویر به دست می آید ($RADIANCE_MULT_BAND_x$ - که x شماره باند مورد نظر است)؛ $Qcal$: باند مورد نظر (باند شماره x)؛ AL : عامل تغییر مقیاس اضافه شونده که از فایل متادیتا در داخل پوشه باندهای تصویر به دست می آید ($RADIANCE_ADD_BAND_x$ ، که x شماره باند مورد نظر است).

دمای درخشندگی با استفاده از ضرایب کالیبر لسیون سنجنده از رابطه^۳ به دست آمد:

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \quad \text{رابطه ۳}$$

که در این رابطه، K_1 : ثابت تبدیل حرارتی که از فایل متادیتا به دست می آید ($K1_CONSTANT_BAND_x$ - که x شماره باند مورد نظر است)؛ K_2 : ثابت تبدیل حرارتی که از فایل متادیتا به دست می آید ($K2_CONSTANT_BAND_x$ - که x شماره باند مورد نظر است)؛ $K_1 = 774/89$ و $K_2 = 1321/08$ ؛ $L\lambda$: رادیانس بالای اتمسفر ($Watts / (m^2 * srad * \mu m)$).

برای محاسبه توان تشعشعی سطح زمین از روش جیمز مونز و سوپرینو^۵ (۲۰۰۸) استفاده شد. در این روش، دمای سطح زمین با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک سنجنده های لندست برآورد می شود و بازتاب براساس شاخص های پوشش گیاهی^۶ و با توجه به کسر پوشش

1- Maximum likelihood

2- Google Earth

3- Congalton

4- Operational Land Image(OLI)

5- Jiménez-Muñoz & Sobrino

6- NDVI

گیاهی^۱ به دست می‌آید (لنی و همکاران، ۱۹۹۶).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad \text{رابطه ۴}$$

در رابطه ۴، بازتاب باند مادون قرمز نزدیک و بازتاب باند قرمز است. برای به دست آوردن کسر پوشش گیاهی، تصاویر شاخص پوشش گیاهی به صورت خطی بین خط خاک خشک و پوشش گیاهی متراکم قرار می‌گیرد. این عملیات خطی می‌تواند خطای رخ داده در عملیات کالیبراسیون و تصحیح اتمسفری را کاهش دهد (امیری^۳ و همکاران، ۲۰۰۹).

$$FVC = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad \text{رابطه ۵}$$

در این رابطه ۵، $NDVI_{min}$: مربوط به کمترین مقدار $NDVI$ و $NDVI_{max}$: مربوط به بیشترین مقدار $NDVI$ (پوشش گیاهی متراکم) است. با به دست آوردن FVC توان تشعشعی از رابطه ۶ محاسبه شد:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= a + b\rho_{red} \quad (FVC=0) \\ \varepsilon &= 0.99 \quad (FVC=1) \\ \varepsilon &= \varepsilon_s(1-FVC) + \varepsilon_v FVC \quad (0 < FVC < 1) \end{aligned} \quad \text{رابطه ۶}$$

در این رابطه، $b\rho_{red}$: بازتاب در باند قرمز سنجنده؛ OLI : (باند ۴)؛ a و b ضرایب همبستگی خطی بازتاب باند قرمز با توان تشعشعی ε_s ، ε_v : توان تشعشعی خاک و ε_v : توان تشعشعی پوشش گیاهی است. با به دست آوردن مقادیر توان تشعشعی، دمای سطح زمین برای تصویر از رابطه ۷ استفاده شد (آرتیس و کارنان^۴، ۱۹۸۲).

$$T_s = \frac{T}{\left[1 + \left(\frac{\lambda T}{\alpha} \right) \ln \varepsilon \right]} \quad \text{رابطه ۷}$$

که در آن λ : طول موج رادیانس ساطع شده؛ $\alpha = hc/k$ ؛ h : ثابت پلانک (6.626×10^{-34} Js)، C : سرعت نور، k : ثابت استفان بولتزمن (1.38×10^{23} J/K) و ε : توان تشعشعی است.

برای شناسایی تغییرات دمای سطح شهر از روش پیشنهادشده هو و برانسل (۲۰۱۳) به منظور شناسایی جزایر حرارتی و چاله‌های حرارتی سطح شهر براساس تغییر دمای سطح، در کل منطقه مورد مطالعه استفاده شد. ابتدا، میانگین دمای سطح زمین و انحراف معیار کل منطقه محاسبه و مناطقی که در آن‌ها دمای سطح زمین بیش از یک انحراف معیار بالاتر از میانگین دمای سطح زمین بود، به طور تجربی به مثابه جزایر حرارتی و مناطق با دمای سطح زمین کمتر از یک انحراف معیار پایین‌تر از میانگین، به منزله چاله‌های حرارتی تعریف شد (چن و یو، ۲۰۱۷).

برای تجزیه و تحلیل تغییر الگوهای سیمای سرزمین در درون یک منطقه، تغییرات دمای سطح شهر براساس نتایج طبقه‌بندی، مجموعه‌ای از سنجه‌های سیمای سرزمین (از جمله ترکیب و پیکره‌بندی)، در داخل منطقه جزایر حرارتی و چاله‌های حرارتی سطح شهر محاسبه شد. شش کلاس و سه سیمای سرزمین براساس سنجه‌های سیمای سرزمین با استفاده از نرم‌افزار فراگستات^۵ محاسبه شد.

1- FVC

2- Lenney

3- Amiri

4- Artis & Carnahan

5- Fragstats

سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس شامل موارد ذیل است: درصد پوشش سیمای سرزمین^۱، سنجه بزرگ‌ترین تکه^۲، تراکم لکه^۳، شاخص تجمع^۴، درجه پیچیدگی شکل لکه^۵ و میانگین فاصله اقلیدوسی نزدیک‌ترین همسایه^۶. سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح سیمای سرزمین شامل درصد پوشش سیمای سرزمین، سنجه بزرگ‌ترین لکه و شاخص تجمع است. محاسبه سنجه‌ها در سطح کلاس باروش بدون نمونه‌گیری^۷ انجام شد. برای محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح سیمای سرزمین، از پنجره متحرک^۸ ۳×۳ استفاده شد.

به منظور تجزیه و تحلیل بیشتر ارتباط بین دمای سطح زمین و الگوی سیمای سرزمین، از ۱۰٪ کل پیکسل‌های جزایر حرارتی و چاله‌های حرارتی سطح شهر سطح پیوسته‌ای از سنجه‌های فضایی سطح سیمای سرزمین و مقدار دمای سطح زمین استخراج شد. در نهایت از همبستگی اسپیرمن برای بررسی پیوستگی بین دمای سطح زمین و سنجه‌های فضایی سطح سیمای سرزمین در جزایر و چاله‌های حرارتی سطح شهر استفاده شد (چن و یو، ۲۰۱۷). سنجه‌های استفاده‌شده در پژوهش و مفهوم ارائه‌کننده آن‌ها در زیر شرح داده شده است (ترنر و همکاران، ۲۰۰۱).

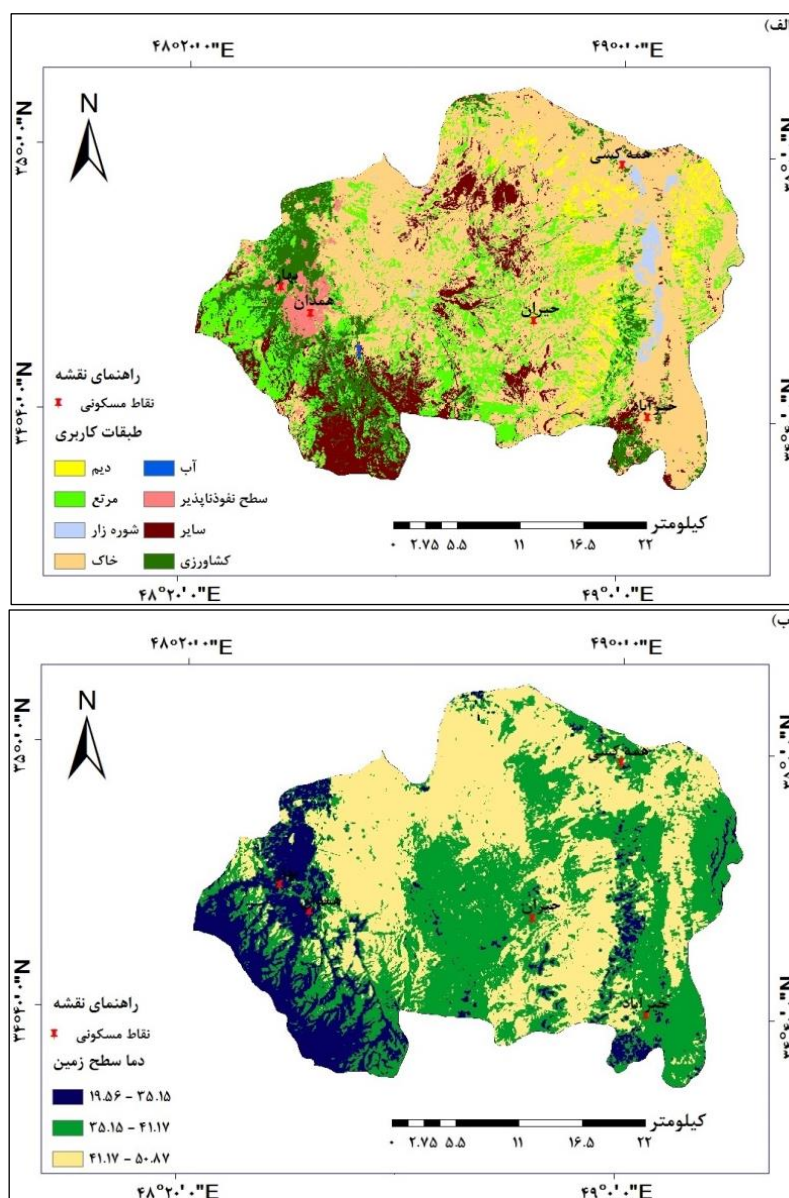
- درصد پوشش سیمای سرزمین: نسبت درصد هر نوع تکه (کلاس) را اندازه‌گیری می‌کند.
- سنجه بزرگ‌ترین لکه: سنجه بزرگ‌ترین لکه برابر مساحت بزرگ‌ترین لکه در سیمای سرزمین تقسیم بر کل مساحت سیمای سرزمین ضرب در ۱۰۰ برای تبدیل به درصد است.
- تراکم لکه: این سنجه تعداد تکه‌ها را در واحد سطح نشان می‌دهد و امکان مقایسه بین مساحت‌های مختلف را فراهم می‌کند و به مثابه شاخص گسستگی استفاده می‌شود. واحد آن تعداد تکه در ۱۰۰ هکتار سطح سیمای سرزمین است.
- میانگین فاصله اقلیدوسی نزدیک‌ترین همسایه: متوسط فاصله بین لکه‌های مشابه از یک طبقه به متر است. این سنجه بیانگر میزان ایزوله بودن آن‌هاست. افزایش این شاخص، به معنی افزایش فاصله میان پهنوهای هم‌نوع و دشواری ارتباط میان آن‌هاست که از علائم بروز ازهم‌گسیختگی در سیمای سرزمین است.
- شاخص تجمع: یکی دیگر از سنجه‌هایی که می‌تواند برای مطالعه الگوهای پوشش زمین مفید باشد، شاخص تجمع است؛ گرایش به تجمع مکانی را برای نوع خاصی لکه مشخص می‌کند. میزان آن بین ۰ تا ۱۰۰ است و واحد آن درصد است.
- درجه پیچیدگی شکل لکه: درجه پیچیدگی لکه‌ها براساس نسبت محیط به سطح (مساحت) (زبردست و همکاران، ۱۳۹۰).

نتایج

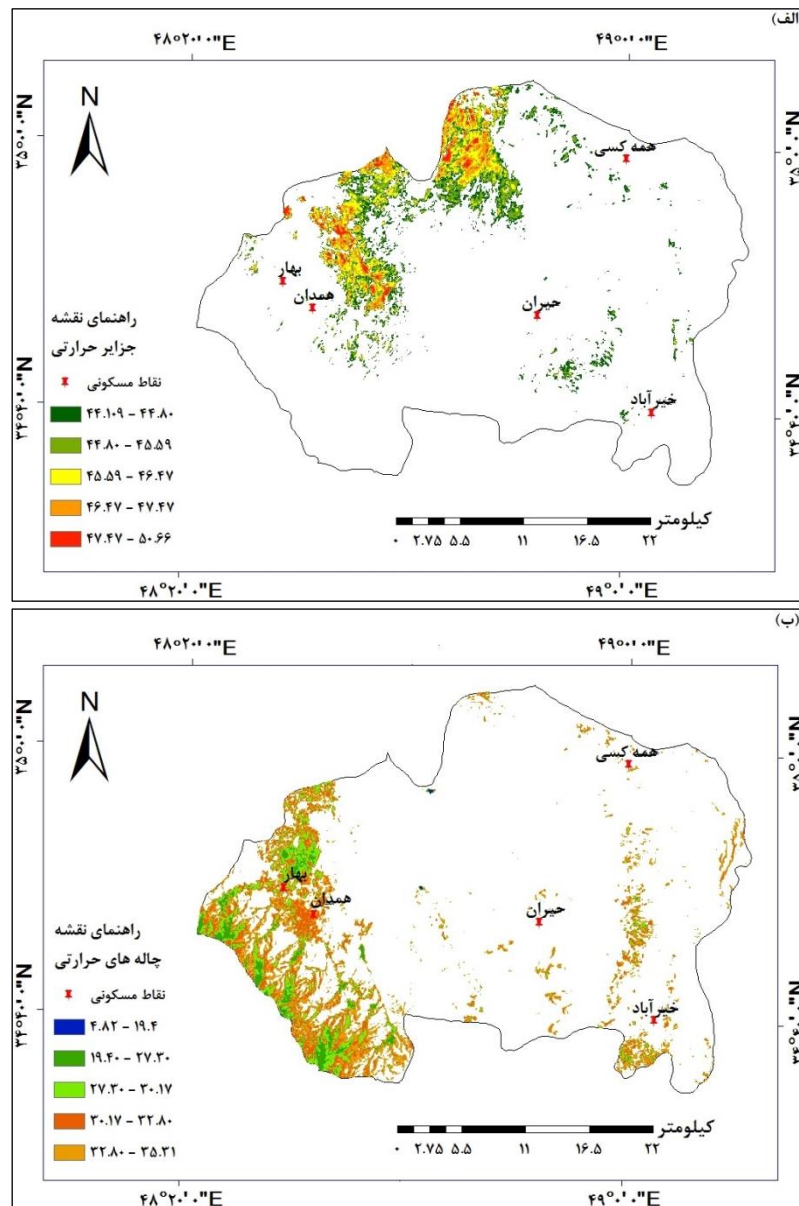
با توجه به نتایج پژوهش حاضر، هشت کاربری در منطقه مورد مطالعه مشخص شد که عبارت‌اند از: کشاورزی:

- 1- Percentage of landscape (PLAND)
- 2- Largest Patch Index (LPI)
- 3- Patch density (PD)
- 4- Aggregation Index (AI)
- 5- Fractal dimension index (FRAC AM)
- 6- Mean Nearest-Neighbor (ENN MN)
- 7- No Sampling
- 8- Moving Window

شامل همه باغ‌ها و زمین‌های کشت آبی، کشاورزی دیم، خاک: شامل زمین‌های لخت، شوره‌زار، مراتع: شامل پوشش گیاهی متوسط تا فقیر است. سطح نفوذناپذیر شامل ساختمان‌ها و سطوح حمل‌ونقل، آب و سایر کاربری‌ها مانند کوه و صخره است (شکل ۲ الف). نتایج مربوط به دمای سطح زمین حاصل از تصاویر ماهواره‌ای در (شکل ۲ ب) نشان داده شده است. نقشه‌های دمایی، الگوهای مکانی در سیمای حرارتی را نمایان ساخت و شکل‌های گوناگون همبستگی با پوشش زمین را فراهم آورد (شکل ۳) توزیع جزایر حرارتی و چاله‌های حرارتی سطح شهر را در شهرستان همدان نشان می‌دهد که جزایر حرارتی سطح شهر، $30.9/93$ کیلومتر مربع و چاله‌های حرارتی سطح شهر، $424/0.2$ کیلومتر مربع از مساحت شهرستان را به خود اختصاص داده‌اند. میانگین دمای سطح زمین در جزایر حرارتی، $45/57$ و در چاله‌های حرارتی، $31/44$ بود. نواحی چاله‌های حرارتی، کمترین دمای سطح زمین را در میان تمام نقاط شهری به دلیل حضور پوشش گیاهی متراکم داشت و جزایر حرارتی به طور عمده شامل خاک لخت و پوشش گیاهی تنک است.



شکل ۲. الف: نقشه کاربری‌های سرزمین و ب: نقشه دمای سطح زمین شهرستان همدان سال ۱۳۹۴



شکل ۳. الف: نقشه جزیره حرارتی و ب: چاله‌های حرارتی سطح شهر، شهرستان همدان سال ۱۳۹۴

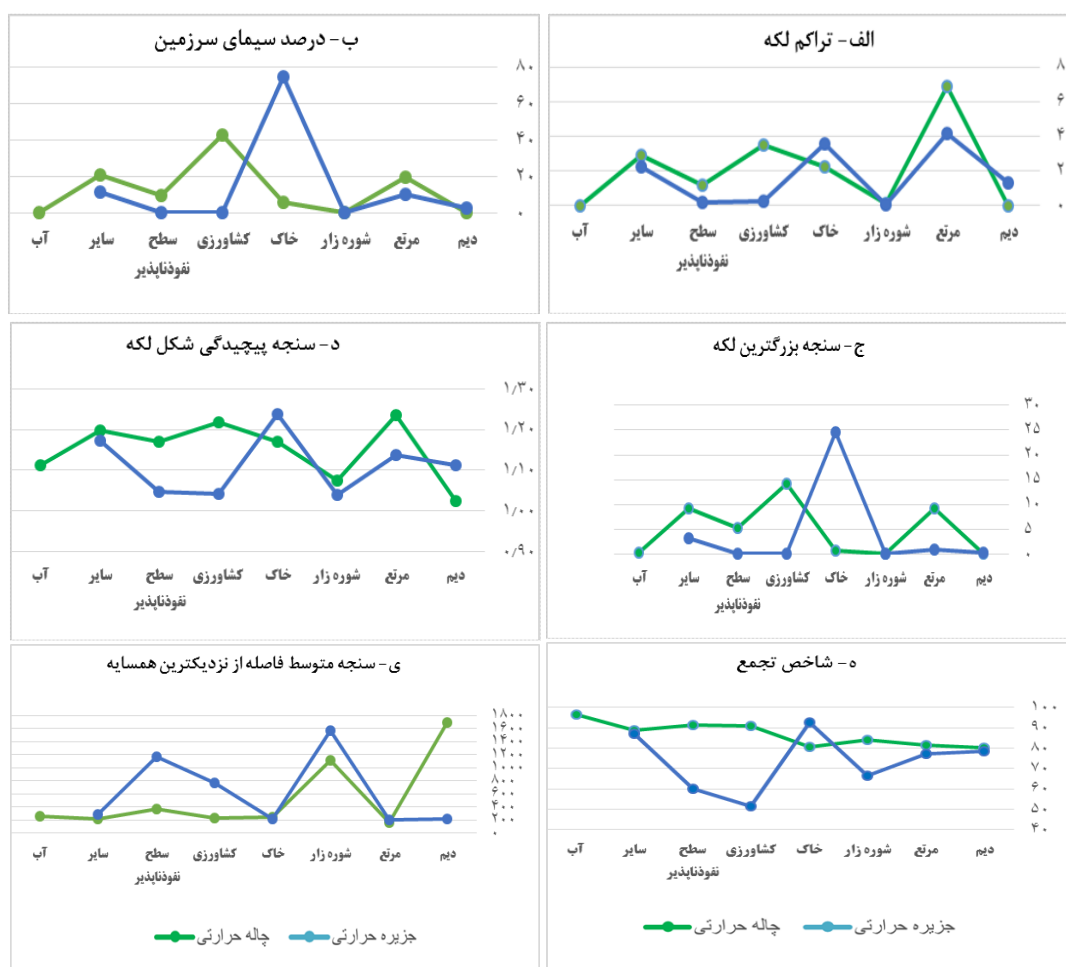
شش سنجه سیمای سرزمین در سطح کلاس با روش بدون نمونه‌گیری در نرم‌افزار فراگستات محاسبه شد (جدول ۱ و ۲). الگوهای سیمای سرزمین در سطح کلاس نیز، در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول ۱. سنجه‌های محاسبه‌شده در سطح کلاس سیمای سرزمین در جزایر حرارتی سطح شهر

درصد پوشش	تراکم لکه	شاخص بزرگ‌ترین لکه	درجه پیچیدگی شکل	میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه	شاخص تجمع	جزایر حرارتی
۳/۰۶۸۹	۱/۳۱۰۴	۰/۳۲۲۱	۱/۱۱۱۴	۲۱۱/۹۲۵۷	۷۸/۴۷۹۳	دیم
۱۰/۴۶۶۱	۴/۱۵۳۸	۰/۸۱۸۸	۱/۱۳۷۹	۲۰۰/۰۷۴۶	۷۷/۴۰۴۴	مرتع
۰/۰۲۰۳	۰/۰۲۹	۰/۰۰۴۹	۱/۰۳۹۱	۱۵۶۴/۴۰۴۶	۶۶/۶۶۶۷	شوره‌زار
۷۴/۷۴۵۳	۳/۵۷۶۱	۲۴/۵۱۶۷	۱/۲۳۹۵	۲۲۰/۹۱۶۸	۹۲/۴۲۷۸	خاک
۰/۰۸۸۶	۰/۲۳۸۸	۰/۰۰۸۱	۱/۰۴۰۸	۷۶۷/۷۶۲۵	۵۱/۶۵۲۲	کشاورزی
۰/۰۷۱۷	۰/۱۴۸۵	۰/۰۱۰۲	۱/۰۴۷۴	۱۱۷۲/۴۱۲۳	۵۹/۹۵۶۷	سطح نفوذناپذیر
۱۱/۵۳۳۹	۲/۲۲۳۷	۳/۱۹۶۴	۱/۱۷۱۸	۲۸۱/۴۶۲۹	۸۷/۲۲۶۵	سایر

جدول ۲. سنجه‌های محاسبه‌شده در سطح کلاس سیمای سرزمین در چاله‌های حرارتی سطح شهر

چاله‌های حرارتی	شاخص تجمع	میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه	درجه پیچیدگی شکل	شاخص بزرگ‌ترین لکه	تراکم لکه	درصد پوشش
دیم	۸۰	۱۶۶۹/۱۷۶	۱/۰۲۵۱	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۱۷
مرتج	۸۱/۲۸۲۴	۱۵۷/۱۳۵	۱/۲۳۶۱	۹/۲۵۳۴	۶/۸۸۴۹	۱۹/۹۲۴۵
شوره زار	۸۴/۱۴۶	۱۱۰۶/۰۴۷۵	۱/۰۷۵۸	۰/۰۷۲۲	۰/۱۰۶۲	۰/۳۴۶۱
خاک	۸۰/۶۳۰۸	۲۳۵/۲۵۵۶	۱/۱۷۱	۰/۷۸۸۷	۲/۲۲۷۳	۶/۱۹۶۶
کشاورزی	۹۰/۷۴۱۱	۲۲۲/۰۹۰۴	۱/۲۱۹۲	۱۴/۱۶۴۷	۳/۵۱۰۹	۴۲/۷۳۱۳
سطح نفوذناپذیر	۹۱/۴۸۶۳	۳۶۱/۱۷۵۲	۱/۱۶۹۳	۵/۳۲۷۱	۱/۱۹۸۶	۹/۶۰۹۳
سایر	۸۸/۹۶۵۱	۲۱۹/۰۹۵	۱/۱۹۷۶	۹/۲۱۱۴	۲/۸۷۶۲	۲۰/۹۲۱۹
آب	۹۶/۴۷۰۶	۲۵۸/۶۵۹	۱/۱۱۱۵	۰/۲۴۱۹	۰/۰۰۲۴	۰/۲۴۱۹



شکل ۴. سنجه‌های سیمای سرزمین در جزایر حرارتی سطح شهر و چاله‌های حرارتی سطح شهر در سطح کلاس، شهرستان همدان سال ۱۳۹۴

رابطه بین دمای سطح زمین و سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح احتمال ۰/۰۱ بررسی شد (جدول ۳). در جزایر حرارتی، بین دمای سطح زمین و تراکم لکه همبستگی منفی با ضریب همبستگی (۰/۳۹۵-)؛ و همبستگی مثبت با شاخص تجمع و بزرگ‌ترین لکه به ترتیب با ضریب همبستگی ۰/۲۶۰/۲۱۶ وجود داشت. در چاله‌های حرارتی؛ برعکس جزیره حرارتی، شاخص تجمع و بزرگ‌ترین لکه همبستگی منفی و سنجه تراکم لکه همبستگی مثبتی با دمای سطح زمین داشتند. همبستگی منفی نشان‌دهنده تأثیر کاهشی بر دمای سطح زمین و همبستگی مثبت بیانگر اثر افزایشی متوسط بر دمای سطح زمین است.

جدول ۳. رابطه بین الگوهای سیمای سرزمین و دمای سطح زمین در شهرستان همدان سال ۱۳۹۴

تراکم لکه	شاخص تجمع	سنجه بزرگترین لکه
دما در جزایر حرارتی	۰/۳۹۵**	۰/۲۶۰**
دما در چاله‌های حرارتی	۰/۴۵۸**	-۰/۲۸۸**
	-۰/۱۹۹**	

بحث

در کل منطقه مورد مطالعه، میانگین دمای سطح زمین، ۳۹/۷۱، انحراف معیار ۴/۴، حداقل دما ۱۹/۵۶ و حداکثر آن ۵۰/۸۷ درجه سانتی گراد بود. طبقه یک دمایی نشان‌دهنده خنک‌ترین پهنه‌ها یا همان چاله‌های حرارتی سطح شهر است و مناطق کوهستانی و بخش‌های کشاورزی با پوشش گیاهی متراکم را شامل می‌شود. طبقه دو دمایی، بخش عمده‌ای از نواحی مرکزی شهرستان که پوشش گیاهی تنک دارند را دربر می‌گیرد و طبقه سه دمایی یا همان جزایر حرارتی سطح شهر است که بیشتر در مجاورت بخش‌های کشاورزی قرار گرفته‌اند و پوشش گیاهی به‌مراتب کمتر از طبقه دو دارند یا پوشش گیاهی ندارند. حداکثر دمای سطح اراضی، مربوط به زمین‌های بایر است و در اراضی با پوشش گیاهی کمابیش متراکم، دمای سطح به‌شدت پایین آمده است. سطوح پوشیده از گیاه، دمای سطح کمتری دارند و پوشش گیاهی آثار خنک‌کنندگی بر پیرامون دارد.

از آنجاکه سیمای سرزمین دارای الگوی پیچیده‌ای است، برای کمی‌سازی و تحلیل این الگوها سنجه‌های متنوعی لازم است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲) همان‌طور که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود، درون جزایر حرارتی و چاله‌های حرارتی سطح شهر تراکم لکه کاربری مرتع بیشتر از سایر کاربری‌ها است. درواقع طبقه مرتع بیشترین میزان تراکم و پراکندگی را داشته و در نتیجه از بالاترین میزان گسستگی برخوردار است. آنالیز درصد هر کاربری در سطح کلاس، ترکیب سیمای سرزمین را به‌صورت عمومی نشان می‌دهد (بی‌همتای طوسی و همکاران، ۱۳۹۲). در منطقه مورد مطالعه در سطح کلاس، طبقه خاک بخش عظیمی از جزایر حرارتی سطح شهر را اشغال می‌کند و کمترین درصد، مربوط به طبقه کشاورزی است؛ درحالی‌که درون چاله‌های حرارتی سطح شهر پهرو کشاورزی بیشترین درصد را به خود اختصاص داده است و این نشان‌دهنده این است که ترکیب سیمای سرزمین تأثیر عمده‌ای بر دمای سطح زمین دارد.

بررسی نتایج حاصل از شاخص بزرگ‌ترین لکه، بیان‌کننده میزان غالبیت لکه‌ها (کاربری‌ها) در سیمای سرزمین است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲) که درون چاله‌های حرارتی سطح شهر، لکه‌های کشاورزی (۹/۲۱) و در جزایر حرارتی، لکه خاک (۲۴/۵۱) به‌مثابه پوشش غالب است. سنجه بزرگ‌ترین لکه برای کاربری‌های کشاورزی، دیم، شوره‌زار، مرتع و سایر درون جزایر حرارتی به‌ترتیب ۳/۱۹، ۰/۳۲، ۰/۰۰، ۰/۸۱ و ۰/۰۱٪ است. در کل خروجی این شاخص این‌گونه تفسیر می‌شود که اگر اندازه بزرگترین لکه خیلی کوچک باشد، عدد صفر و اگر کل کلاس از یک لکه تشکیل شده باشد، عدد ۱۰۰ را به خود اختصاص می‌دهد. هرچه اندازه لکه‌ها بزرگ‌تر باشد، از لحاظ شکل ساده‌تر هستند و پیوستگی بیشتری دارند. در جزایر حرارتی سطح شهر پهرو خاک شکل پیچیده‌تر و بالاترین میزان تجمع را دارد. در چاله‌های حرارتی سطح شهر طبقه مرتع، نسبت به سایر طبقات، شکل پیچیده‌تری دارد و آب نیز با ۹۶/۴۷٪، بیشترین میزان تجمع را دارد. مؤلفه اصلی چاله‌های حرارتی سطح شهر، پهرو کشاورزی است؛ درمقابل، مؤلفه اصلی جزایر حرارتی سطح شهر، خاک است. براساس این نتایج، بسط پوشش گیاهی می‌تواند راه‌حل مناسبی برای کاهش جزایر حرارتی سطح شهر باشد.

سنجه نزدیک‌ترین همسایه میزان تکه‌تکه‌شدگی پهروهای یک کلاس را نشان می‌دهد (کیانی و فقهی،

۱۳۹۴) که طبقه دیم و شوره‌زار بیشترین مقدار این سنجه را به‌ترتیب درون چاله‌های حرارتی و جزایر حرارتی سطح شهر به خود اختصاص دادند و نسبت به سایر طبقات یکپارچگی کمتری داشتند. پهرو مرتع نیز کمترین مقدار این سنجه و بیشترین ارتباط را در دو ناحیه داشت. این نتایج نشان می‌دهد که دمای سطح زمین تحت تأثیر کاربری اراضی مختلف سطح زمین تغییر می‌یابد.

در سطح سیمای سرزمین که کل پهنه به‌مثابه سیمایی یکپارچه در نظر گرفته شد؛ در چاله‌های حرارتی سطح شهر میان سنجۀ شاخص تجمع و سنجۀ بزرگ‌ترین لکه و دما، همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت؛ یعنی پیکره‌بندی سیمای سرزمین با لکه‌های بزرگ در چاله‌های حرارتی سطح شهر می‌تواند باعث کاهش دما شود. در جزیره حرارتی این رابطه به‌صورت عکس است و دما با تراکم لکه رابطه منفی و با دو سنجۀ شاخص تجمع و شاخص بزرگ‌ترین لکه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. افزایش سنجۀ تراکم لکه نشان‌دهنده تخریب و قطعه‌قطعه‌شدگی در الگوهای سیمای سرزمین است و اثر قطعه‌قطعه‌شدگی سیمای سرزمین با افزایش تراکم لکه و کاهش شاخص بزرگ‌ترین لکه قابل مشاهده است (بی‌همتای طوسی و همکاران، ۱۳۹۲). سنجۀ بزرگ‌ترین لکه به‌طور گسترده‌ای به‌مثابه شاخص تکه‌تکه‌شدگی سیمای سرزمین استفاده می‌شود و در صورتی که مساحت بزرگ‌ترین اندازه لکه کم باشد، پدیده تکه‌تکه‌شدگی بیشتر است (بران^۱ و همکاران، ۲۰۰۶)؛ بنابراین ممکن است افزایش تخریب و قطعه‌قطعه‌شدگی الگوهای سیمای سرزمین در چاله‌های حرارتی سطح شهر، منجر به افزایش دما شود. تجزیه و تحلیل الگوهای سیمای سرزمین داخل چاله‌های حرارتی سطح شهر می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را برای کاهش اثرات جزایر حرارتی سطح شهر فراهم کند؛ همچنین برای کاهش اثرات دمای شهری و آسایش بیشتر شهروندان در مناطق شهری، به طراحی مؤثر الگوهای سیمای سرزمین کمک کند تا چاله‌های حرارتی سطح شهر توسعه یابد.

درحالی‌که انتظار می‌رفت پهنه‌های متراکم شهری حداکثر دما را داشته باشد (چن و یو، ۲۰۱۷)، در این مطالعه سطوح نفوذناپذیر، دمای بالایی نداشت؛ بلکه نقش اصلی را پوشش گیاهی داشت؛ به‌طوری‌که مناطق با پوشش زیاد، دمای کم و مناطق با پوشش گیاهی کم و خاک لخت دمای بالایی را نشان داد (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۲، فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴) و در تغییرات دمایی منطقه مورد مطالعه مؤثر بود. نتایج این مطالعه، تفاوت میان الگوهای سیمای سرزمین را درون جزایر حرارتی و چاله‌های حرارتی سطح شهر نمایان ساخت و همچنین تعیین کرد که تأثیر روی تغییرات دمای سطح شهر تنها مربوط به ترکیب سیمای سرزمین نیست؛ بلکه پیکره‌بندی (ترتیب) نیز مؤثر است؛ اما ترکیب سیمای سرزمین تأثیر بیشتری دارد. اندازه‌گیری یک‌سری از سنجه‌های فضایی در سطح کلاس و سطح سیمای سرزمین، مشخص می‌کند که ترکیب سیمای سرزمین تأثیر قوی‌تری بر تغییرات دمای سطح شهر نسبت به پیکره‌بندی سیمای سرزمین دارد (چن و یو، ۲۰۱۷). بر این اساس، اندازه‌گیری الگوهای سیمای سرزمین به وسیله سنجه‌های سیمای سرزمین (شاخص تنوع شانون، شاخص تجمع، تراکم لکه و شاخص پیچیدگی شکل) و نحوه ارتباط آن‌ها با پارامتر مورد بررسی صورت می‌گیرد (خی^۲ و همکاران، ۲۰۱۳) که در این مطالعه، بین شاخص تجمع و سنجۀ بزرگ‌ترین لکه با دمای سطح زمین، همبستگی منفی و بقیۀ سنجه‌ها، همبستگی مثبتی با دمای سطح زمین داشتند. نتایج به‌طور نسبی آشکار ساخت که به‌وسیله تعدیل یا اصلاح ترکیب و پیکره‌بندی سیمای سرزمین در

1- Brown

2- Xie

سطح کلاس و سیمای می‌توان اثرات جزایر حرارتی سطح شهر را کاهش یا اثرات چاله‌های حرارتی سطح شهر را افزایش داد. دمای سطح زمین می‌تواند با رویکرد طراحی و برنامه‌ریزی سیمای سرزمین کاهش یابد؛ درواقع اصول اکولوژی سیمای سرزمین می‌تواند به‌مثابه رهیافتی همه‌جانبه‌نگر در طراحی سیمای سرزمین شهرها به‌کار گرفته شود (سفیانیان و همکاران، ۱۳۹۲).

نتیجه‌گیری

به‌منظور سنجش جزیره حرارتی شهری، پوشش گیاهی می‌تواند فاکتور مهمی در شناسایی جزایر حرارتی در شهر باشد، زیرا پوشش گیاهی و دما ارتباط منفی قابل توجهی باهم دارند. این موضوع بیانگر این امر است که با افزایش فراوانی پوشش گیاهی در شهر، جزایر حرارتی کمتری در شهر وجود خواهند داشت. روابط بین دمای سطح زمین و سنجش‌های سیمای سرزمین شهری، معیارهای مهمی برای برنامه‌ریزی شهری و مدیریت استفاده از زمین برای کاهش جزایر حرارتی شهری فراهم می‌کند. نتایج پژوهش حاضر برای برنامه‌ریزان و کارشناسان دمای سطح منطقه در زمینه کسب اطلاع از وضعیت دمای سطح زمین و ارتباط آن‌ها با کاربری‌های اراضی می‌تواند راهگشای تصمیمات مدیریتی برای حفاظت از منابع طبیعی و کشاورزی باشد و به برنامه‌ریزی شهری برای مدیریت اثرات چاله‌های حرارتی سطح شهر کمک کند.

منابع

- بی‌همتای طوسی، ندا؛ سفیانیان، علیرضا؛ فاخران، سیمای (۱۳۹۲). بررسی تغییرات پوشش اراضی در منطقه مرکزی اصفهان با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین. *بوم‌شناسی کاربردی*، ۲ (۶)، ۷۷-۸۷.
- تیموری، حسن؛ مرادی، عباس؛ تیموری، حسین (۱۳۹۳). استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین و سنجش‌ازدور در ارزیابی روند تغییرات توسعه شهری به‌منظور برنامه‌ریزی برای دستیابی به توسعه پایدار. *اولین کنفرانس ملی شهرسازی، مدیریت شهری و توسعه پایدار*، تهران: مؤسسه ایرانیان، انجمن معماری ایران.
- حاجیلو، مرضیه؛ المدرسی، سید علی؛ زرنگ، نسیم؛ سرکارگردکانی، علی (۱۳۹۳). پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصویر سنجنده ETM+ و OLI (مطالعه موردی: استان قم). *همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی سنجش‌ازدور و GIS در آمایش سرزمین*، یزد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، شهرداری یزد.
- دشتکیان، کاظم؛ دهقانی تفتی، محمدعلی (۱۳۸۶). بررسی دمای سطح زمین در ارتباط با پوشش گیاهی و توسعه شهری با استفاده از سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در مناطق بیابانی، مطالعه موردی: منطقه یزدشکذر. *نشریه پژوهش و سازندگی*، ۲۰ (۴)، ۱۶۹-۱۷۹.
- رمضانی، بهمن؛ دخت محمد، مریم (۱۳۸۹). شناخت محدوده مکانی تشکیل جزیره گرمایی در شهر رشت. *پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، ۱ (۱)، ۴۹-۶۴.
- زبردست، لعبت؛ یآوری، احمد رضا؛ صالحی، اسماعیل؛ مخدوم، مجید (۱۳۹۰). بررسی تغییرات ساختاری ناشی از جاده در پارک ملی گلستان در فاصله سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۹ با استفاده از متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین. *پژوهش‌های محیط‌زیست*، ۲ (۴)، ۱۱-۲۰.
- سفیانیان، علیرضا؛ مختاری، زهرا؛ خوجه‌الدین، سید جمال؛ ضیایی، حمیدرضا (۱۳۹۲). تحلیل گرادیان الگوی سیمای سرزمین شهری مطالعه موردی: شهر اصفهان. *پژوهش جغرافیایی/انسانی*، ۴۵ (۱)، ۸۷-۱۰۴.
- عظیمی، فریده (۱۳۸۷). پهنه‌بندی دمای سطح شهر اهواز با استفاده از تصاویر حرارتی سنجنده ETM. *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*، ۵ (۱۷)، ۹۷-۱۱۰.

عقیلی‌نصب، زهرا؛ محمدزاده، مرجان؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ زارعی، حسین (۱۳۹۲). تحلیل جزایر حرارتی شهری با استفاده از سنجش‌ازدور و رابطه آن با توسعه دوست‌دار محیط‌زیست. محیط‌زیست و توسعه، ۴ (۸)، ۷۹-۸۸.

فیضی‌زاده، پختیار؛ دیده‌بان، خلیل؛ غلام‌نیا، خلیل (۱۳۹۴). برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا (مطالعه موردی: حوضه آبریز مهاباد). اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۵ (۹۸)، ۱۷۱-۱۸۱.

کیانی، واحد؛ فقهی، جهانگیر (۱۳۹۴). بررسی ساختار پوشش / کاربری حوزه آبخیز سفیدرود با استفاده از سنجش‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲ (۱۷)، ۱۳۱-۱۴۱.

محمدپور، مهدی، عبدی، ناصر؛ المدرسی، سیدعلی (۱۳۹۳). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای و متریک‌های سیمای سرزمین: مطالعه موردی شهر ارومیه. نخستین همایش ملی کاربری مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش‌ازدور و GIS) در آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد.

میرزایی، محسن؛ ریاحی‌بختیاری، علیرضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ غلامعلی‌فرد، مهدی (۱۳۹۲). بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۸۹. کولوژی کاربردی، ۲ (۴)، ۳۷-۵۵.

هاشمی، سیدمحمود؛ علوی‌پناه، سیدکاظم، دیناروندی، مرتضی (۱۳۹۲). ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط‌زیست شهری با کاربرد سنجش از دور حرارتی. محیط‌شناسی، ۳۹ (۱)، ۸۱-۹۲.

یوسفی، الهام؛ صالحی، اسماعیل؛ قسامی، فاطمه؛ جهانی‌شکیب، فاطمه (۱۳۹۳). تحلیل وضعیت اکولوژیکی فضای سبز شهر بیرجند براساس متریک‌های سیمای سرزمین (با تأکید بر وضعیت پارک‌های محله‌ای و منطقه‌ای). فضای جغرافیایی، ۱۴ (۴۶)، ۷۱-۸۸.

References

- Aghilinasab, Z., Mohammadzadeh, M., Salman Mahini, A.R. & Zarei, H. (2013). Analysis of Urban Heat Islands Using Remote Sensing and its Relationship with Environment-Friendly Development, *Environment and Development*, 4 (8), 79-88. (In Persian)
- Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A. & Alavipanah, SK. (2009). Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. *Remote Sensing of Environment*, 113 (12), 2606-2617.
- Artis, D. A. & Carnahan, W. H. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, 12 (4), 313-329
- Azimi, F. (2008). Thermal classification of Ahvaz city using ETM Thermal Images. *Geographical Journal of Territory*, 5 (17), 97-110. (In Persian)
- Bihanta Toosi, N., Safianian, A. & Fakheran, S. (2013). Analysis of Land Cover Changes in the Central Part of Isfahan (Iran) Using Landscape Metrics, *Iranian Journal of Applied Ecology*, 2 (6), 87-77. (In Persian)
- Brown, G. S., Retti, W. J. & Mallory, F. F. (2006). Application of a variance decomposition method to compare satellite and aerial inventory data: a tool for evaluating wildlife- habitat relationships, *Journal of Applied Ecology*, 43, 73-184
- Buyantuyev, A. & Wu, J.G. (2010). Urban heat islands and landscape heterogeneity: linking spatiotemporal variations in surface temperatures to land-cover and socioeconomic patterns. *Landscape Ecology*, 25, 17-33.
- Chang, X. L. & Wu, J. G. (1998). Spatial analysis of pattern of sandy landscapes in Kerqin, Inner Mongolia [J], *Acta Ecologica Sinica*, 18 (3), 225-232.
- Chen, Y. & Yu, S. (2017). Impacts of urban landscape patterns on urban thermal variations in Guangzhou, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 54, 65-71.
- Clinton, N. & Gong, P. (2013). MODIS detected surface urban heat islands and sinks: global

- locations and controls. *Remote Sensing of Environment*. 134, 294-304.
- Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*. 37, 35-46.
- Dashtekian, K. & Dehghani Tafti, M. A. (2007). Land surface temperature analysis of desert area in relation with vegetation and urban development using RS and GIS, case study: Yazd-Ashkezar area, *Journal of Pajouhesh & Sazandegi*, 20 (4), 169-179. (In Persian)
- Deng, C. & Wu, C. (2013). Estimating very high resolution urban surface temperature using a spectral unmixing and thermal mixing approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 23, 155-164.
- Feyzizadeh, B., Dideban, Kh. & Gholamnia, Kh. (2015). Extraction of Land Surface Temperature (LST) based on Landsat Satellite Images and Split Window Algorithm Study area: Mahabad Catchment, *Journal of Geographical Data (SEPEHR)*, 25 (98), 171-181. (In Persian)
- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N. E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X. & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319, 756-760.
- Gustafson, E. J. & Parker, G. R. (1992). Relationship between land cover proportion and indices of landscape spatial pattern, *Landscape Ecology*, 7, 101-110.
- Hajilo, M., Al-Modarsi, A., Zarang, N. & Sarkargradakani, A. (2014). Monitoring of Land Surface Temperature and Investigating the Relationship between Land Use and Surface Temperature Using ETM + and OLI Sensors (Case Study: Qom Province), *First National Conference on the Application of Spatial Analysis Advanced Models in Land Use Planning*, Yazd, Islamic Azad University of Yazd, Yazd Municipality. (In Persian)
- Hashemi, S. M., Alavipanah, S. K. & Dinarvandi, M. (2013). LST Assessment Using Thermal Remote Sensing in Urban Environment. *Journal of Environmental Studies*, 39 (1), 81-92. (In Persian)
- Heldens, W., Taubenbock, H., Esch, T., Heiden, U. & Wurm, M. (2013). Analysis of Surface Thermal Patterns in Relation to Urban Structure Types: A Case Study for the City of Munich, *Thermal Infrared Remote Sensing: sensors, methods, applications*. 17, 475-493.
- Hu, L.Q. & Brunsell, N.A. (2013). The impact of temporal aggregation of land surface temperature data for surface urban heat island (SUHI) monitoring. *Remote Sens. Environ*, 134, 162-174.
- Jimenez-Muñoz, J.C. & Sobrino J. (2008). Split window coefficients for land surface temperature retrieval from low-resolution thermal infrared sensors. *Geoscience and Remote Sensing Letters*, 5 (4), 806-809.
- Kiyani, V. & Feqhhi, J. (2015). Investigation of Cover/Land Use Structure of Sefidrood Watershed by Landscape Ecology Metrics. *Journal of Environmental Science and Technology*, 2 (17), 131-141. (In Persian)
- Lazzarini, M., Marpu, P. R. & Ghedira, H. (2013). Temperature-land cover interactions: the inversion of urban heat island phenomenon in desert city areas. *Remote Sensing of Environment*, 130, 136-152.
- Lenney, M. P., Woodcock, C. E., Collins, J. B. & Hamdi, H. (1996). The status of agricultural lands in Egypt: the use of multi temporal NDVI features derived from Landsat TM. *Remote Sensing of Environment*, 56 (1), 8-20.
- Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X. & Wu, J. (2011). Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: a case study of Shanghai, China. *Remote Sensing of Environment*. 115, 3249-3263.
- Li, J.J., Wang, X.R., Wang, X.J., Ma, W.C. & Zhang, H. (2009). Remote sensing evaluation of urban heat island and its spatial pattern of the Shanghai metropolitan area, China. *Ecol. Complexity*, 6, 413-420.
- Ma, K. M. & Fu, B. J. (2000). Spatial neighboring and distribution regularities of landscape types in Donglingshan mountain region, *Acta Ecologica Sinica*, 20 (5), 748-752.
- Mirzayi, M., Riahi Bakhtiari, A., Salman Mahini, A. R. & Gholamalifard, M. (2013). Investigating the Land Cover Changes in Mazandaran Province Using Landscape Ecology's Metrics Between 1984 - 2010, *Iranian Journal of Applied Ecology*, 2 (4), 37-55. (In Persian)
- Mohammadpour, M., Abdi, N. & al-Modarsi, A. (2014). Detecting Land Use Changes Using

- Satellite Images and Landscape Metrics Processing: A Case Study in Urmia, *First National Conference on the Application of Spatial Analysis Advanced Models in Land Use Planning*, Islamic Azad University, Yazd Branch. (In Persian)
- Myint, S. W., Wentz, E. A., Brazel, A. J. & Quattrochi, D. A. (2013). The impact of distinct anthropogenic and vegetation features on urban warming. *Landscape Ecology*, 28, 959-978.
- Ramezani, B. & Dokht Mohammad, M. (2010). Recognition of the Spatial Heat Island Formation in Rasht. *Research and Urban Planning*, 1 (1), 49-64. (In Persian)
- Soffianian, A., Mokhtari, Z., Khajeddin, S. J. & Ziaei, H. R. (2013). Gradient Analysis of Urban Landscape Pattern Case Study: Isfahan City. *Human Geography Research*, 45 (1), 87-104. (In Persian)
- Sun, R., Chen, L. (2012). How can urban water bodies be designed for climate adaptation?. *Landscape Urban Planning*, 105, 27-33.
- Teymouri, H., Moradi, A. & Teymouri, H. (2014). Using Landscape Metrics and Remote Sensing in Evaluating the Process of Urban Development Changes for Planning to Achieve Sustainable Development, *First National Conference on Urban Planning, Urban Management and Sustainable Development*, Iranian Institute of Architecture, Tehran, Iran. (In Persian)
- Turner, M. G., Gardner, R. H. & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practice*, Springer-Verlag, New York, NY, USA.
- Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: methods, applications, and trends. *ISPRS J. Photogramm. Remote sensing*, 64, 335-344.
- Weng, Y.C. (2007). Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization. *Landscape and urban planning*, 81 (4), 341-353.
- Xie, M., Wang, Y., Chang, Q., Fu, M. & Ye, M. (2013). Assessment of landscape patterns affecting land surface temperature in different biophysical gradients in Shenzhen, China. *Urban Ecosystems*, 16 (4), 871-886.
- Yousefi, E., Salehi, E., Qasami, F. & Jahani-Shakib, F. (2014). The Ecological Status of Green Space in Birjand with Emphasis on the Regional and Local Parks Based on Landscape Metrics. *Journal of Geographical Space*, 14 (46), 71-88. (In Persian)
- Yue, W., Liu, Y., Fan, P., Ye, X. & Wu, C. (2012). Assessing spatial pattern of urban thermal environment in Shanghai, China. *Stochastic Environ. Res. Risk Assess*, 26 (7), 899-911.
- Zebardast, L., Yavari, A. R., Salehi, E. & Makhdoum, M. (2011). Using Landscape Ecological Metrics to Investigate Impacts of Road on Structural Changes in Golestan National Park During 1987 to 2010, *Environmental Researches*, 2 (4), 11-20. (In Persian)
- Zeng, Y. N., Wu, G. P., Zhan, F. B. & Zhang, H. H. (2008). Modeling Spatial Land Use Pattern Using Autologistic Regression, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Part B2*, 115-118
- Zhou, D., Zhao, S., Liu, S., Zhang, L. & Zhu, C. (2014). Surface urban heat island in China's 32 major cities: spatial patterns and drivers. *Remote Sensing of Environment*, 152, 51-61.
- Zhou, W., Huang, G. & Cadenasso, M. L. (2011). Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. *Landscape Urban Planning*, 102, 54-63.