



Comparative Analysis of the Effects of Vegetation on the Amount of Thermal Energy and Temperature of Urban areas (Case Study: Sari City)

Manizhe Teimouri¹, Mehrdad Ramezanipour^{*2}, Ameneh Haghzad³,
Kia Bozorgmehr⁴

Document Type
Research Paper

Received
2023/05/06

Accepted
2024/01/01

1. Phd student in Geography and Urban Planning, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalus, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalus, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalus, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalus, Iran.

DOI: 10.22034/eiap.2024.191713

Abstract

The city of Sari, as one of the most populated cities in Iran, is facing the increasing growth of urbanization, which has led to many transformations in this city. The aim of the current research is the comparative analysis of the effects of vegetation on increasing thermal energy and increasing temperature in Sari city. Considering that the current research has done a comparative analysis of the effects of vegetation on increasing thermal energy and increasing temperature in Sari city in three time periods from 1378 to 1398, it can be said that the community studied in this research was the local situation (temperature and vegetation cover) of Sari city. Also, the data of the current research in the field of air pollutants includes Landsat and Sentinel data. The data analysis of the current research is based on the processing of Landsat and Sentinel satellite data and using ArcGIS and Terrset software. The results of the present research showed that in the above three periods, the temperature of the earth's surface has increased in parallel with the reduction of vegetation in Sari city, and in 1378, with the lowest degrees Celsius from 19 to 32, it reached 23 to 41 degrees Celsius in 1398. And with the reduction of the amount of vegetation based on the constructions and the physical expansion of the city, the temperature has increased significantly. The results of the calculation of the correlation between the surface heat of Sari city areas show that there is a spatial correlation (point to point) of 0.47 between the surface heat energy of Sari city areas in 1378 and 1398, which means that 0.053 of the area of Sari city during The temperature pattern has changed in the last two decades.

Key words: vegetation, thermal energy, urban environment, Sari city.

Introduction

Cities are the most important centers of resource consumption and waste production and consumption due to population density and economic and social activities. Now, the physical expansion of cities changes the levels of thermodynamic properties to a great extent, and the change in specific heat temperature causes an increase in temperature in urban areas compared to suburban areas. In this context, Sari city is one of the cities located in the north of Iran, which on the one hand has seen an increasing physical and physical growth in the last few decades, and on the other hand, the increase in population and building density and its unbridled growth have created many challenges such as the destruction of green spaces. and the vegetation in and around the city of Sari has increased, and the development of artificial environments and the physical growth of residential centers has been effective in increasing pollution and energy consumption in the city of Sari and has led to the formation of thermal islands in the city of Sari. The urban heat island phenomenon is one of the most common urban phenomena in which some urban areas have different temperatures from other areas, which are called heat island areas. Studying this phenomenon and investigating its mechanism is very important for urban planning and the perspective of city construction, and during the last two decades, due to its importance in environmental studies and management activities, it has become one of the most important scientific topics in the field of urban planning. , urban environment and urban geography have become.

Research Methodology

In this research, a detailed description of the method of extracting the temperature ranges of the city of Sari and the use of satellite images and TerrSet and GIS software has been provided, and it also allows the researcher to analyze the data accurately. Using TerrSet and GIS software, this research has been able to accurately analyze the temperature and its changes in the city of Sari. The data analysis has been done by converting the digital values of the image to spectral radiance, and the following conversion function has been used to convert the digital values of the image to spectral radiance.

$L \lambda$: expressing the amount of spectral radiance; Q_{cat} : indicating the digitized amount of calibrated DN; $Q_{cal \min}$: indicating the minimum value of Q_{cat} corresponding to $L_{MIN} \lambda$; and $Q_{cal \max}$: expressing the maximum value of Q_{cat} corresponding to $L_{MAX} \lambda$.

L_{MIN} and L_{MAX} indicate the minimum and maximum spectral radiation, whose values are 0 and 255, respectively, in terms of ($WM-2 \text{ SR}-1\mu\text{M}-1$). In the atmospheric corrections on the original image, the atmospheric space is usually considered uniform, so the atmospheric corrections will not have much effect on the analysis of this study.

The normalized differential vegetation index that uses the near-infrared band and the red channel is the result of the difference of the near-infrared band and the red band divided by the sum of these two bands.

As can be seen in the following formula, the NDVI index can be calculated: $NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)}$

In this way, in this formula, NDVI is the normalized differential vegetation index, Red is the red band, NIR is the Near-Infrared band. Healthy vegetation (which has chlorophyll) reflects more light in the near-infrared and green spectrum than other wavelengths, but absorbs more in the red and light blue bands. This is why that our eyes see vegetation as green. Satellite sensors such as Landsat and Sentinel-2 satellites both have NIR and Red bands to obtain and calculate NDVI.

The result of the NDVI formula mentioned above creates values between -1 and +1. If the reflectance value in the red channel is low, and the reflectance value in the near infrared channel is high, this situation will lead to high NDVI values. In any case, NDVI is also a standard method for measuring vegetation health. If the NDVI value is high, the vegetation is in a healthier condition, and if the NDVI value is low, the vegetation is usually weak or lost. In general, if you want to see changes in vegetation over time, you should apply atmospheric corrections.

NDVI value fluctuates between -1 and +1. It is necessary to explain that for the calculation of NDVI using the images of Landsat satellites 4 to 7, Band 4 is used as NIR band and Band 3 is used as Red band, and for Landsat 8 satellite images Band 5 is used as NIR and from Band 4 is used as Red.

Research findings

The state of vegetation in the areas of Sari city in 2018 is such that this amount varies between 0.20 and 0.58. Most of the areas whose vegetation status is +1 or close to +1 are related to dense and healthy urban green space, which has a significant impact on the temperature level of the city and its environment by reducing the

vegetation status to zero from the amount of green space is reduced. In the districts of Sari city, it shows that in 1378 district 13 had the lowest temperature with a temperature of 19.84 degrees, district 19 with 32.88 degrees and district 20 with 32.03 degrees had the highest temperature in Sari city, which was mostly due to construction. And there is a lack of green space in these areas, and the temperature difference in 2018 was between 12 degrees among the areas of the city. In order to measure and estimate the thermal energy of the surface areas in 2018 using Landsat 8 satellite images at the end of August 2018 with no cloud cover and clear weather. After the extraction process, the thermal energy intensity map of Sari city was prepared. Its results show that the temperature decreases from the west and center of the city to the east and south. Correlation between ground surface temperature and vegetation cover in the areas of Sari city in 2018 shows that according to the estimate shown in the above figure, the correlation between the thermal energy of the surface areas in Sari city and the normalized vegetation cover index value is close to 92.83%. The type of communication is still inverse. As the vegetation increases, the temperature decreases, this means that in the central core, this intensity is much higher than the edges and areas close to the edges of the city, in other words, the temperature decreases by moving from the center to the outskirts of the city. To be Urban physical and physical policies are the main factor in changing the thermal pattern of Sari city, because the adoption of different policies in this field leads to changes in movement, activity and living patterns in the areas of Sari city. As a result, by changing each of these patterns, the amount of heat of the surfaces and as a result the intensity of thermal energy and finally the amount of energy balance in the surface will undergo changes. Also, in order to analyze the trend of thermal changes in the surface of Sari city, raster layers for the years 1378 and 1398 were measured using the Mann-Kendall method and in the ArcGIS environment. The resulting map shows that the intensity of heat islands in the western areas of Sari city is much higher than in the eastern part.

Conclusion

The current research was conducted with the aim of comparative analysis of the effects of vegetation on increasing thermal energy and increasing city temperature. In this regard, the effects of urban heat islands are a phenomenon whereby an urban area is significantly warmer than the surrounding areas. Urban heat islands refer to a phenomenon in which urban areas are significantly warmer than the surrounding areas. This difference in temperature is due to the different effects that urban factors have in dealing with environmental conditions. This article focuses more on the three components of temperature; The amount of vegetation cover and the amount of built-up land in the city of Sari is to do a comparative analysis of the effects of vegetation cover on the increase in thermal energy and the increase in temperature in the city of Sari. Few researches in the city of Sari have analyzed these components using Sentinel and Landsat data. In the present study, with the approach of processing satellite images, suitable vegetation that moderates the weather and reduces the effects of heat islands in Sari city, because in 2018, the amount of vegetation in most areas of Sari city is in a better condition with a value of 0.58. The temperature of the city has an inverse relationship, which decreases with the increase of green space.

The impact of urban development on the environment and climate change is a serious issue that is currently being investigated around the world. The increase in population density and the physical expansion of cities leads to the reduction of natural resources and the increase of urban heat islands. This causes an increase in air temperature, energy consumption and greenhouse gas emissions. One of the ways to properly manage urban development and reduce the effects of urban heat islands is to create green spaces and appropriate vegetation. Trees, plants and pastures can be effective in moderating temperature and increasing air quality. The creation of parks, gardens, gardens and public green spaces creates suitable grounds for increasing urban vegetation and reducing the effects of heat islands.

References

- Adeli Sardo, Salehi Ismail, F. & Salehi, R\ (2016). Comparative analysis of environmental status report (SOER) of Tehran and London to reach the sustainability components of the urban environment. *Environment*, 43(4), 665-682.(in Persian)
- Abadi, H., Saeedi, Yaqubzadeh, M. & Forozan Mehr, M. (2019). Identification of dust and its analysis on Moody's satellite images (case study: Zabol city). *Geographical Explorations of Desert Regions*. 8(1) , 167-186.(in Persian)

- Mehrabadi, S. (1400). Individual and combined intelligent modeling of forest destruction (area: Sari city), *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*. Y 21. N 60, pp. 297-313.(in Persian)
- Habitat. U. N. (2020). *World Cities Report 2020: The value of sustainable urbanization*. Nairobi, Kenya.
- Deilami, K., Kamruzzaman, M. & Liu, Y. (2018). Urban heat island effect a systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 67, 30-42.
- Kotharkar, R., Ramesh, A. & Bagade. A. (2018). Urban heat island studies in South Asia: A critical review. *Urban Climate*. 24, 1011-1026.
- Liang, Z., Wu. S., Wang, Y. & Wei, F., Huang, J., Shen, J. & Li, S. (2020). The relationship between urban form and heat island intensity along the urban development gradients. *Science of the Total Environment*, 708, 135011.
- Hathway, E. A. & Sharples, S. (2012). The interaction of rivers and urban form in mitigating the Urban Heat Island effect: A UK case study. *Building and Environment*, 58, 14–22.

تحلیل تطبیقی اثرات پوشش گیاهی بر میزان انرژی حرارتی و دمای مناطق شهری (مطالعه موردی: شهر ساری)

منیژه تیموری^۱، مهرداد رضوانی‌پور^{۲*}، آمنه حقزاد^۳، کیا بزرگمهر^۴

۱. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران
۲. استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران
۳. استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران
۴. استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۱۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۱۶

چکیده

شهر ساری به عنوان یکی از شهرهای پرجمعیت ایران با رشد فزاینده شهرنشینی روبه‌رو است که منجر به ایجاد دگرگونی‌های بسیاری در این شهر شده است. هدف تحقیق حاضر، تحلیل تطبیقی اثرات پوشش گیاهی بر افزایش انرژی حرارتی و افزایش دمای شهر ساری است. با توجه به این که تحقیق حاضر به تحلیل تطبیقی اثرات پوشش گیاهی بر افزایش انرژی حرارتی و افزایش دمای شهر ساری در سه مقطع زمانی از ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ پرداخته است، می‌توان گفت جامعه مورد بررسی در این تحقیق وضعیت محلی (دما و پوشش گیاهی) شهر ساری بوده است. همچنین داده‌های پژوهش حاضر در زمینه آلاینده‌های هوا مشتمل بر داده‌های لندست و سنتینل است. تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش حاضر مبتنی بر پردازش داده‌های ماهواره لندست و سنتینل و با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS و Terrset صورت گرفته است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در سه مقطع زمانی فوق، دمای سطح زمین به موازات کاهش پوشش گیاهی در شهر ساری افزایش یافته است و در سال ۱۳۷۸ با کمترین درجه سلسیوس از ۱۹ تا ۳۲، به میزان ۲۳ تا ۴۱ درجه سلسیوس در سال ۱۳۹۸ رسیده است و با کاهش میزان پوشش گیاهی براساس ساخت و سازها و گسترش فیزیکی شهر، درجه حرارت به میزان قابل توجه افزایش یافته است. نتایج محاسبه همبستگی بین حرارت سطح نواحی شهر ساری نشان می‌دهد بین میزان انرژی گرمایی سطح نواحی شهر ساری در سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۸ به مقدار ۰/۴۷ همبستگی فضایی (نقطه به نقطه) وجود دارد، این بدان معناست که ۰/۰۵۳ از مساحت شهر ساری در طی دو دهه اخیر الگوی میزان حرارت خود را تغییر داده است.

کلید واژه‌ها: پوشش گیاهی، انرژی حرارتی، محیط‌زیست شهری، شهر ساری.

سرآغاز

(Mazouz, 2004). عدم توجه کافی به مسایل محیط‌زیستی در شهرسازی امروزی آثار تخریبی وسیع و گاهی جبران‌ناپذیر را بر محیط‌زیست شهرها برجای گذاشته است و انواع آلودگی‌ها از جمله آلودگی هوا، آب، خاک، آلودگی صوتی و ... را به دنبال داشته است. با تخریب محیط‌زیست و ایجاد محیط‌های انسان‌ساخت، سیمای کلی شهرها را عواملی همچون تراکم جمعیت، انواع آلودگی‌ها، انباشت زباله و فقدان هویت شهری شکل داده است (Hosseiniabadi et al., 2014). در دهه‌های اخیر نواحی شهری تنها ۲ درصد از مساحت زمین را شامل می‌شد اما امروزه مناطق شهری جزو چشم‌اندازهای غالب هستند و نقش مهمی بر اکوسیستم محلی و جهانی دارند (Fathi et al., 2022) هم انسان به شکل دادن محیط می‌پردازد و هم محیط طبیعی (با ویژگی‌هایی که دارد) بر انسان، فرهنگ و رفتار او تاثیر می‌گذارد (Honga et al., 2019).

محیط‌زیست پیرامون این محدوده‌های انسان‌ساخت با چالش‌هایی نظیر تعارض و تخریب اراضی کشاورزی، آلودگی منابع آب منطقه و فاضلاب‌های شهری و صنعتی، سفره‌های ذخیره آب سطحی و زیرسطحی، آلودگی و کاهش کیفیت هوا و به ویژه تغییرات دمایی و ایجاد جزایر حرارتی (Adeli et al., 2018) که در پیرامون مراکز شهری و جمعیتی این ناحیه شکل می‌گیرد روبه‌رو است و گاهی اتخاذ سیاست‌هایی که بتواند پایداری محیط‌زیست را تامین نماید را با مشکل مواجه می‌کند (Abedini & Daghestani, 2021). اما آنچه اهمیت مشکلات و نارسایی‌ها را بیشتر نمایان می‌سازد این است که این مشکلات تک بُعدی نبوده و گاهی به صورت طیفی و چندبُعدی بر هم اثرگذار بوده و روند آسیب‌زایی به محیط را تشدید می‌کند (Newman & Jennings, 2009; Cobbinah, 2015).

در این چارچوب، شهر ساری یکی از شهرهای واقع در شمال ایران می‌باشد که از یک سو در چند دهه اخیر رشد فیزیکی و کالبدی فزاینده داشته و از سوی دیگر افزایش جمعیت و تراکم ساختمانی و رشد لجام گسیخته آن موجب چالش‌های متعددی از قبیل نابودی فضای سبز و پوشش گیاهی در درون و پیرامون این شهر شده است و توسعه محیط‌های مصنوع و رشد کالبدی

جهان همچنان افزایش جمعیت شهری را تجربه می‌کند و نرخ شهرنشینی در بسیاری از مناطق شهری از دهه‌های گذشته افزایش یافته است (Habitat, 2020). تخمین زده می‌شود که بیش از ۶۰ درصد از آن در سال ۲۰۳۰ در شهرها زندگی می‌کنند (2020 United Nation.) و ۹۶ درصد از رشد شهری در مناطق کم‌تر توسعه یافته شرق آسیا، جنوب آسیا و آفریقا با سه کشور هند، چین و نیجریه رخ خواهد داد که ۳۵ درصد از کل افزایش جمعیت شهری جهانی از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۵۰ را شامل می‌شود (Habitat, 2020) رشد فزاینده شهرنشینی با تغییرات پوشش زمین که گرمای اضافی را به جو آزاد می‌کند و با انتشار آلاینده‌های هوا، که با ابرها و تابش در تعامل هستند، بر چرخه آب و هوا و هیدرولوژی تاثیر می‌گذارد (Deilami et al., 2018; Kotharker et al., 2018; Li et al., 2017; Liang et al., 2020; Yao et al., 2018). این رشد فزاینده باعث می‌شود که شهرها انرژی بیشتری مصرف کنند و بخشی از این انرژی به شکل گرما آزاد می‌شود، که با تابش خورشید تشدید می‌شود (Manoli et al., 2019). از این رو شهرها به دلیل تراکم جمعیت و فشردگی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی، مهمترین مراکز مصرف منابع و تولیدکننده مواد زاید و آلودگی به شمار می‌روند (Xing et al., 2009). افزایش ۳۵ درصدی غلظت گاز دی اکسیدکربن نسبت به ۱۵ سال پیش در سال ۲۰۰۵، تاییدی بر این مسئله است (Iea, 2008). در عین حال، گسترش فیزیکی شهرها، خواص ترمودینامیکی سطح را تا حد زیادی تغییر می‌دهد و تغییر ظرفیت گرمای ویژه، منجر به افزایش دما در نواحی شهری نسبت نواحی حومه‌شهر می‌شود (Huang & Wang, 2019; Oke, 1973). فرم و شکل شهری و ویژگی‌های فیزیکی که نواحی ساخته شده شهری را تشکیل می‌دهند، از جمله شکل، اندازه، تراکم و پیکربندی سکونتگاه‌ها در مقیاس‌های مختلف: منطقه‌ای، شهری، واحدهای همسایگی، بلوک و خیابان، اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر روی سلامت زیستی شهروندان دارد (Yang et al., 2022; Ahfeldt & pietrostefani, 2017; Cairnes, 1996; Giridharan et al., 2004; Hathway & Harples, 2012; Masmoudi &

نگرش به توسعه با هدف پایداری در راهبردهای سنتی که رشد صنعتی را تعقیب می‌کنند، می‌توان بر کیفیت محیط‌زیستی شهرها تاثیر مثبتی ایجاد کرد. در این بررسی اقتصاد، فن آوری، انرژی و محیط‌زیست چارچوب مفهومی را تشکیل می‌دهند (Byrne et al., 1993). در سال‌های اخیر روش‌های گوناگون از جمله استفاده از شاخص‌های محیط‌زیستی برای ارزیابی چرخه زندگی شهرها، صنایع و کانون‌های انسان‌ساخت به کار برده شده است. محققان کانادا در سال ۲۰۱۱ به بررسی سلامت محیط‌زیست در تورنتو پرداختند (Toronto, 2011).

طی تحقیقی دیگر که در دانشگاه کیوتو و لندن صورت گرفت، ۱۳ سری شاخص برای ارزیابی پایداری شهرها توسعه یافته، ارائه شده است (Mori & Christodoulou, 2012). در ایران نیز محققان مدل ارزیابی کیفیت محیط‌زیست شهری را تهیه کردند و ۱۲ شاخص اصلی، جستجو و تدوین شده است (Bahraini & Tabibian, 1999). همچنین تحقیقات متعددی در زمینه محیط‌زیست شهری و تحلیل مقایسه‌ای شاخص‌های آن، توسط (Faryadi & Taheri, 2009) طی سال‌های متعدد صورت گرفته است.

ارزیابی پایداری محیط‌زیست نشانگر اقدامات مادی و غیرمادی است که اطلاعاتی کلیدی در مورد تاثیرات محیط‌زیست، رعایت مقررات، روابط ذی‌نفعان و سیستم‌های سازمانی فراهم می‌آورد و نشانگر تعاریفی از اثربخشی و بهره‌وری اقدامات انجام گرفته در محیط‌زیست می‌باشد (Henri & Journeault, 2008). این نوع ارزیابی آثار مثبت و منفی طرح بر محیط را مورد تاکید قرار می‌دهد و شیوه‌ای است که متخصصان برای توصیف و تحلیل آثار عمده فعالیت‌های محیطی به کار می‌گیرند تا از طریق شناخت عوامل موثر در اثرگذاری محیطی، به ویژه آثار منفی را به حداقل برسانند. موضوع مورد تاکید در این زمینه ظرفیت نگه داشت منطقه‌ای برای جامعه انسانی است که به صورت حداکثر میزان مصرف منابع و خروج و تصفیه پسماند به طور مشخص در یک منطقه، برنامه‌ریزی معین بدون لطمه زدن و آسیب رساندن تصاعدی بر یکپارچگی، وحدت اکولوژیکی و بهره‌وری زیستی، مورد تاکید می‌باشد (Badri & Eftekhari, 1994).

مراکز سکونتگاهی بر افزایش آلودگی و مصرف انرژی در شهر ساری موثر بوده و منجر به شکل‌گیری جزایر حرارتی در این شهر گشته است. پدیده جزیره حرارتی شهری، از معمول‌ترین پدیده‌های شهری است که در آنها برخی از مناطق شهری دمایی متفاوت با سایر مناطق دارند که اصطلاحاً به این مناطق جزیره حرارتی گفته می‌شود. مطالعه این پدیده و بررسی سازوکار یا مکانیسم آن برای برنامه‌ریزی‌های شهری و چشم‌انداز ساخت و سازهای شهر اهمیت بسیاری دارد و در طول دو دهه اخیر به دلیل اهمیت آن در مطالعات محیطی و فعالیت‌های مدیریتی به یکی از موضوعات مهم علمی در حوزه شهرسازی، محیط‌زیست شهری و جغرافیای شهری تبدیل شده است. این پژوهش بر آن است تا به این سوال پاسخ دهد که اثرات پوشش گیاهی بر افزایش انرژی حرارتی و افزایش دمای شهر ساری در کدام نواحی آن بیشتر است و چه عاملی در افزایش آن موثر بوده است؟

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

قبل از دهه آخر قرن بیستم به ندرت بحثی از شهرنشینی در زمینه پایداری می‌شد و تنها به عنوان عاملی موثر در مسایل محیط‌زیستی جهان مطرح بود. ردپای اکولوژیک شهرها اثری فوق‌العاده بر مناطق پیرامونی آن‌ها داشته است و با وجود مرکزیت شهرها در فرایند توسعه، بحث‌های مربوط به شهرنشینی و پایداری، تا حد زیادی به صورت دو موضوع جدا از هم شکل گرفته‌اند. از طرف دیگر به دلیل نقش کلیدی که برای شهرها در رشد پایدار اقتصادی مورد انتظار بوده است، از نظر برخی، این رشد آن قدر با پایداری ارتباط نزدیکی داشته که شهرها باید به آن برسند (Kazemi Mohammadi, 2001). حرکت‌های جهانی از کنفرانس استکهلم آغاز شد و در آن مسایلی چون شهر سالم، توسعه کالبدی سریع، تخریب سرزمین، گسترش و افزایش شهرها و غیره به میان آمد. در واقع این کنفرانس عرصه تحولات فکری تازه در برخورد با مسایل محیط‌زیست بود. در چین، بایرن و همکاران با مطالعه بر روی پنج شهر آن و از جمله پکن، به این نتیجه رسیده‌اند که با تغییر

Met استفاده کرده و به بررسی موضوع پرداختند و مقایسه سطح تعادل انرژی (تابش ورودی و خروجی) در منطقه شهری یا مناطق روستایی موید یافته‌های اولیه محققین است.

(Hosseiniabadi et al., 2019) در مطالعه‌ای به شناسایی گرد و غبار و تحلیل آن بر روی تصاویر ماهواره‌ای مودیس (مطالعه موردی: شهرستان زابل) پرداختند. در این خصوص از تصاویر ماهواره‌های سنجنده مودیس استفاده شد و پس از اعمال دو شاخص گرد و غبار آکرم و TDI روی این تصاویر، مقایسه‌ای بین نتایج آنها با یکدیگر و همچنین با نتایج شاخص پوشش گیاهی انجام گرفت. یافته‌های تحقیق نشان داد که در هر چهار رویداد گرد و غبار، بهترین کارایی مربوط به شاخص TDI بوده و این شاخص نتایج بهتر و قابل قبول‌تری را در منطقه مورد مطالعه با توجه به میزان واقعی گرد و غبار ارائه داده است. همچنین نقشه NDVI حاکی از رابطه مستقیم پوشش گیاهی منطقه با پدیده گرد و غبار و ضعف پوشش گیاهی در نواحی دارای شدت بالای گرد و غبار است.

(Pakdaman et al., 2019) در مطالعه خود به تبیین رابطه الگوی پراکنش شهری با توسعه پایدار (مطالعه موردی: شهر ساری) پرداختند. بر اساس نتایج این تحقیق، گسترش شهر به صورت افقی بوده و توزیع نامناسب خدمات وجود دارد. تحلیل‌ها توزیع نامناسب کاربری‌ها را در شهر ساری تایید می‌کند. علاوه بر این ضریب اسپیرمن به دست آمده ۰/۱۵ بود که نشان‌دهنده ارتباط ضعیف بین پراکنش جمعیت و توزیع خدمات در سطح نواحی شهر ساری است. رشد عمودی نیز در بعضی نواحی و رشد پراکنده در غالب نواحی در طی زمان باعث توزیع نامناسب خدمات در سطح شهر و ساخت و سازهای بی‌رویه در حاشیه این شهر شده است.

(Gholami et al., 2019) به بررسی سرمایه فرهنگی و رفتار محیط‌زیستی در مطالعه موردی شهر ساری پرداختند. بدین منظور از نظریات بوردیو و تومه به عنوان چارچوب تئوری استفاده شد. روش تحقیق، پیمایشی و شیوه نمونه‌گیری، خوشه‌ای چند مرحله‌ای می‌باشد. حجم نمونه طبق فرمول کوکران ۴۰۰ نفر به دست آمد و ابزار گردآوری داده‌ها پرسشنامه محقق بوده است.

ارزیابی پایداری محیط‌زیست شامل ارزیابی تأثیرات مستقیم از پروژه در محیط‌زیست با توجه به جایگزین‌ها و تلاش برای کاهش اثرات زیان بار محیطی می‌باشد (Satcliffe et al., 2009). ارزیابی پایداری به طور فزاینده‌ای تحت تأثیر مجموعه‌ای از ابزارهای ارزیابی می‌باشد (Nessa, 2007). این ابزارها در قالب و چارچوب‌های ارزیابی توسعه پایدار قابل استفاده می‌باشند. چارچوب‌های ارزیابی در انتخاب ابزارهای مناسب و کارآمد و سهولت استفاده از آن‌ها موثر و مفید می‌باشند.

در رابطه با ارزیابی اثرات محیط کالبدی شهری بر انرژی و آلودگی هوای محیط‌زیست شهری طیف وسیعی از مطالعات در سطح جهان و ایران وجود دارد. از نمونه کارهای قابل ملاحظه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

(Yarong et al., 2022) در مقاله‌ای با عنوان تغییرات مکانی و زمانی جزیره‌های گرمایی در منطقه شهری اصلی ژنگ‌ژو به تأثیر دوطرفه شهرنشینی و جنگل‌کاری شهری پرداخته‌اند و در این مطالعه، اثر جزیره حرارتی شهری در شهر ژنگ‌ژو چین، و تأثیر جنگل‌کاری شهری بر آن بررسی شده است. نتایج نشان داد که با افزایش توسعه شهری، جزیره حرارتی شهری افزایش یافته و افزایش پوشش گیاهی با بهبود این اثر و کاهش آن همراه بوده است. این تحلیل نشان داده که عواملی مانند تراکم جمعیت و پوشش گیاهی تأثیر مستقیمی بر جزیره حرارتی شهری دارند. این یافته‌ها به بهبود برنامه‌ریزی شهری و کاهش جزایر حرارتی شهری کمک می‌کنند.

(Nardino & Lauraccia, 2019) در مقاله‌ای با عنوان اثرات تغییرات کاربری اراضی در نواحی پیرامون شهری و ایجاد جزایر حرارتی در شهرها به این نتیجه رسیدند که تغییرات کاربری اراضی در تغییرات دمایی در سطح شهرها و نواحی پیرامونی آن‌ها تأثیر مستقیمی دارد. این محققین با رصد تغییرات دمایی بین نواحی شهری و نواحی روستایی پیرامون آن‌ها در دره پو در کشور ایتالیا به این نتیجه رسیدند که در نواحی شهری به علت تراکم بیشتر جمعیت، نیاز بیشتری به مصرف انرژی برای ایجاد شرایط مطلوب آسایشی در روز و شب می‌باشد. این محققین جهت دستیابی به اهداف، از قابلیت نرم‌افزاری ENVI

گرفته می‌شود (Sobrino et al., 2004)؛ بنابراین تصحیحات اتمسفری، تاثیر چندانی بر روی آنالیز این مطالعه نخواهد داشت. شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده که از باند مادون قرمز نزدیک و کانال قرمز استفاده می‌کند، نتیجه تفاضل باند مادون قرمز نزدیک و باند قرمز تقسیم بر مجموع این دو باند است. بدین صورت که در فرمول زیر مشاهده می‌شود، شاخص NDVI را می‌توان محاسبه نمود:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{NIR + RED}$$

بدین صورت که در این فرمول NDVI شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده است، Red باند قرمز، NIR باند مادون قرمز نزدیک یا Near-Infrared می‌باشد. پوشش گیاهی سالم (که دارای کلروفیل است مقدار بیشتری از نور در طیف مادون قرمز نزدیک و سبز را به نسبت سایر طول موج‌ها انعکاس می‌دهد اما مقدار بیشتری در باند قرمز و آبی روشن جذب می‌کند. به همین دلیل است که چشم‌های ما پوشش گیاهی را به رنگ سبز مشاهده می‌کند. سنسورهای ماهواره‌ها همچون ماهواره‌های لندست و سنتینل-۲ هر دو دارای باندهای NIR و Red برای به دست آوردن و محاسبه NDVI هستند.

نتیجه فرمول NDVI که در بالا بدان اشاره شد، مقادیری بین ۱- تا ۱+ ایجاد می‌نماید. در صورتی که مقدار انعکاس در کانال قرمز کم باشد، و مقدار انعکاس در کانال مادون قرمز نزدیک بالا باشد، این وضعیت منتهی به مقادیر بالای NDVI خواهد شد. در هر صورت NDVI یک روش استاندارد برای اندازه‌گیری سلامت پوشش گیاهی نیز می‌باشد. در صورتی که مقدار NDVI بالا باشد، پوشش گیاهی از وضعیت سالم‌تری برخوردار است و در صورتی که مقدار NDVI پایین بیاید، معمولاً پوشش گیاهی ضعیف و یا از بین می‌رود. به طور کلی در صورتی که بخواهید تغییرات پوشش گیاهی در طول زمان را مشاهده کنید، در این صورت بایستی تصحیحات اتمسفری را اعمال کنید.

مقدار NDVI بین ۱- و ۱+ نوسان دارد. لازم به توضیح است که برای محاسبه NDVI با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست ۴ تا ۷ از باند ۴ به عنوان باند NIR و از باند ۳ به عنوان

نتایج حاکی از آن است که میانگین رفتار محیط‌زیستی در بین افراد نسبتاً بالا بوده و میانگین آن از عدد ۵ برابر با ۳/۷۸ می‌باشد. بین متغیرهای سرمایه فرهنگی و رفتار محیط‌زیستی رابطه معنادار مثبت وجود دارد. بیشتر منابع تحقیقی که تا کنون در سطح کشور در زمینه تحقیق حاضر و بررسی اثرات محیط مصنوع بر محیط‌زیست (با تاکید بر اقلیم) صورت گرفته است، به بررسی توصیفی موضوع بسنده کرده و تلاش شده است که جنبه‌های مختلف این موضوع مورد اشاره قرار گیرد؛ این در حالی است که محققین کمتر به بررسی تحلیلی و یا تطبیقی این موضوع پرداخته‌اند. اما در مطالعات خارجی به ویژه در سالیان اخیر توجه بسیار زیادی به تغییرات خرد اقلیم شهری شده است. موضوعی که نتایج آن می‌تواند به اشکال مختلف به سلامت شهروندان و نیز بر کیفیت محیط‌زیست اثر مستقیم بگذارد.

روش تحقیق

در این پژوهش، توصیف دقیقی از روش استخراج دامنه‌های دمایی شهر ساری و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزارهای TerrSet و GIS ارایه شده است و همچنین امکان تجزیه و تحلیل دقیق داده‌ها را به پژوهشگر می‌دهد. با استفاده از نرم‌افزارهای TerrSet و GIS، این پژوهش قادر به تحلیل دقیق دما و تغییرات آن در شهر ساری شده است. تحلیل داده‌ها از طریق تبدیل ارزش‌های رقومی تصویر به رادیانس طیفی صورت گرفته است و برای تبدیل ارزش‌های رقومی تصویر به رادیانس طیفی از تابع تبدیل زیر استفاده شده است (Chander & Groenevela, 2009).

L_{λ} : بیان‌کننده میزان رادیانس طیفی؛ Q_{cat} : نشان‌دهنده میزان رقومی‌سازی شده DN کالیبره شده؛ $Q_{cal min}$: نشان‌دهنده مینیمم مقدار Q_{cat} متناظر با L_{MIN} ؛ و $Q_{cal max}$: بیان‌کننده ماکزیمم مقدار Q_{cat} متناظر با L_{MAX} است.

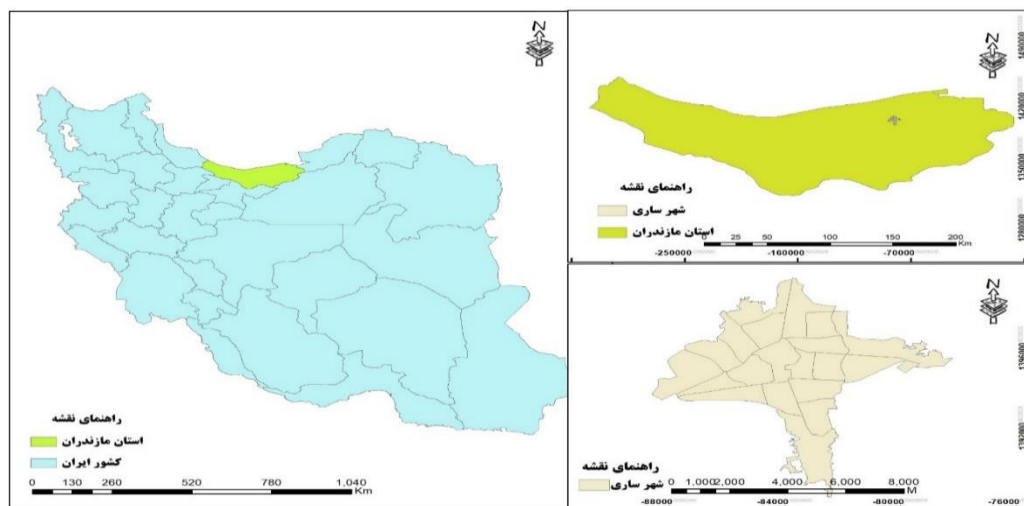
L_{MIN} و L_{MAX} : نشان‌دهنده کم‌ترین و بیش‌ترین تابش طیفی می‌باشند که مقادیر آنها به ترتیب ۰ و ۲۵۵ بر حسب $(\mu M^{-1} SR^{-2} WM)$ می‌باشد. در تصحیحات اتمسفری بر روی تصویر اصلی، معمولاً فضای اتمسفری به شکل یکنواخت در نظر

و هوای نیمه‌معتدل بوده و در قسمت‌های دشتی، زمین‌ها به کشت برنج، باغات مرکبات، پنبه و گندم اختصاص یافته و در قسمت جنگلی بهره‌وری از چوب‌های جنگلی و طرح‌های جنگل‌داری به شیوه سنتی نیز رایج است. با گسترش ارتباطات و جاده درون جنگل‌ها، بافت و ساخت در روستاها نسبت به دوری و نزدیکی به شهر، تغییرات کلی و کیفی یافته‌اند. رود تجن یکی از رودهای مهم مازندران از کوه‌های این شهرستان سرچشمه گرفته که پس از بهم پیوستن سه رود اصلی زارم‌رود، سفیدرود و گرماب‌رود به وجود آمده است و ضمن سیراب نمودن زمین‌های تشنه کشاورزی، قسمتی از آن در زیر زمین انباشته و قسمتی از آن به دریای خزر می‌ریزد (Mehrabadi, 2021). موقعیت محدوده شهر ساری در شکل (۱) نشان داده شده است.

باند Red استفاده می‌شود و برای تصاویر ماهواره لندست ۸ از باند ۵ به عنوان NIR و از باند ۴ به عنوان Red استفاده می‌شود.

منطقه مورد مطالعه

شهر ساری با مساحتی معادل ۴۰۲۸/۶ هکتار در جنوب‌شرقی دریای خزر قرار گرفته که قسمت اعظم آن را مناطق جنگلی پهن برگ تشکیل می‌دهد. موقعیت جغرافیایی آن به شرح زیر می‌باشد: شهر ساری در ۵۳ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی، ۳۴ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. ارتفاع شهر از سطح دریاهای آزاد ۱۸/۵ متر و مسافت آن تا ساحل دریای خزر ۲۴ کیلومتر است. (Lotfi et al., 2014). از شمال به دریای خزر، از جنوب به رشته کوه‌های البرز، از غرب به شهرستان قائم‌شهر، از شرق به شهرستان بهشهر محدود است. دارای آب

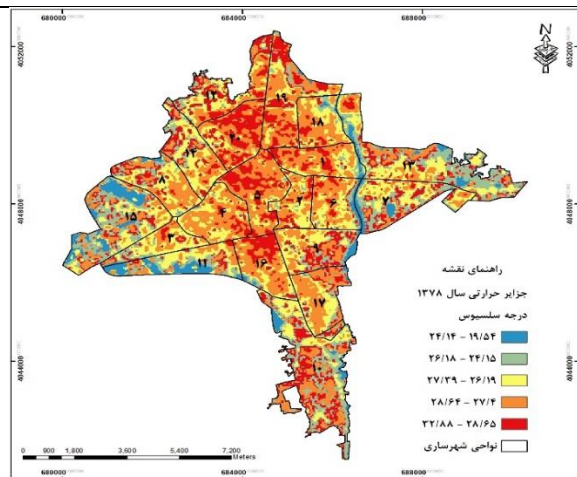


شکل (۱): منطقه مورد مطالعه (findings research)

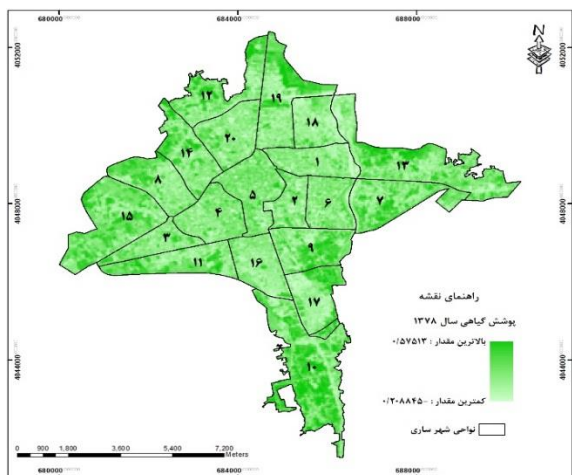
ماهوره‌ای به مقیاس فیزیکی تابش، محاسبه میزان درخشندگی طیفی است. بعد از محاسبه درخشندگی طیفی برای نرم‌الایز کردن خروجی مرحله قبل بر پایه Emissivity ابتدا این مقدار بر پایه NDVI محاسبه شد و سپس لایه درخشندگی طیفی براساس متغیر DN تهیه شد. این متغیر، یک متغیر اختصاص یافته به یک پیکسل است که در یک بازه ۰ تا ۲۵۵ طیفی تعریف شده است و انرژی تعیین شده در سیستم سنجش از راه دور بین

یافته‌های پژوهش

برای سنجش الگوی حرارتی شهر ساری از تصاویر لندست ۵ در سال ۱۳۷۸ استفاده شد و این تصاویر بدون پوشش ابری و صاف یا به اصطلاح پاک و از باند ۶ حرارتی برای استخراج الگو و جزایر حرارتی شهر ساری در سال ۱۳۷۸ با استفاده از تصویر پایه شاخص پوشش گیاهی در نرم‌افزار TerrSet و تکنیک‌های سنجش از دور اخذ شد. اولین گام در تبدیل اطلاعات تصاویر



شکل (۲): وضعیت پوشش گیاهی در نواحی شهری ساری در سال ۱۳۷۸

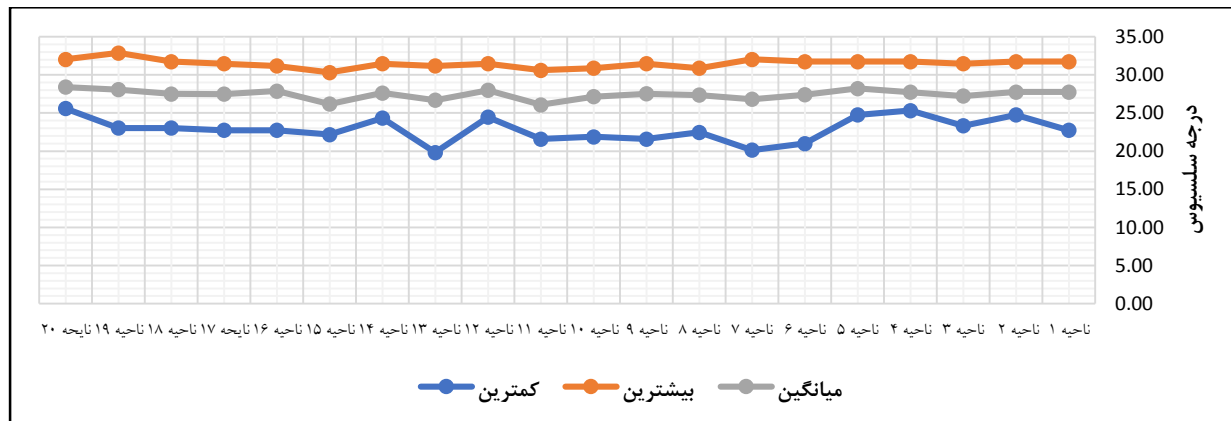


شکل (۳): شدت انرژی حرارتی شهری ساری در سال ۱۳۷۸

۲۵۶ بخش تقسیم شده است و امکان دارد که برای یک پیکسل چند DN متفاوت مربوط به باندهای مختلف ثبت شده باشد و سنسورهای درخشندگی طیفی مقدار انرژی طیفی دریافت شده توسط سنسورهای ماهواره‌ای را نشان می‌دهد. در انتها با نرمالایز کردن باندهای حرارتی بر پایه مقدار ارزش Emissivity برای هر باند، میزان شدت حرارت سطح شهر ساری به صورت نقشه فضایی تولید شده است (شکل ۳).

براساس شکل (۲) وضعیت پوشش گیاهی نواحی شهری ساری در سال ۱۳۷۸ به گونه‌ای است که این میزان بین ۰/۲۰ و ۰/۵۸ متغیر می‌باشد. اکثر نواحی که میزان وضعیت پوشش گیاهی آن‌ها ۱+ یا نزدیک به ۱+ می‌باشد، مربوط به فضای سبز شهری متراکم و سالم است که تاثیر بسزایی در میزان سطح دمای شهر و محیطزیست آن دارد. با کاهش میزان وضعیت پوشش گیاهی به سمت صفر از میزان فضای سبز کاسته آن می‌شود در شکل (۲) تیره شدن رنگ سبز با افزایش میزان پوشش گیاهی و کاهش طیف رنگ سبز به معنای پایین بودن مقدار این شاخص در موقعیت فضایی مکانی است.

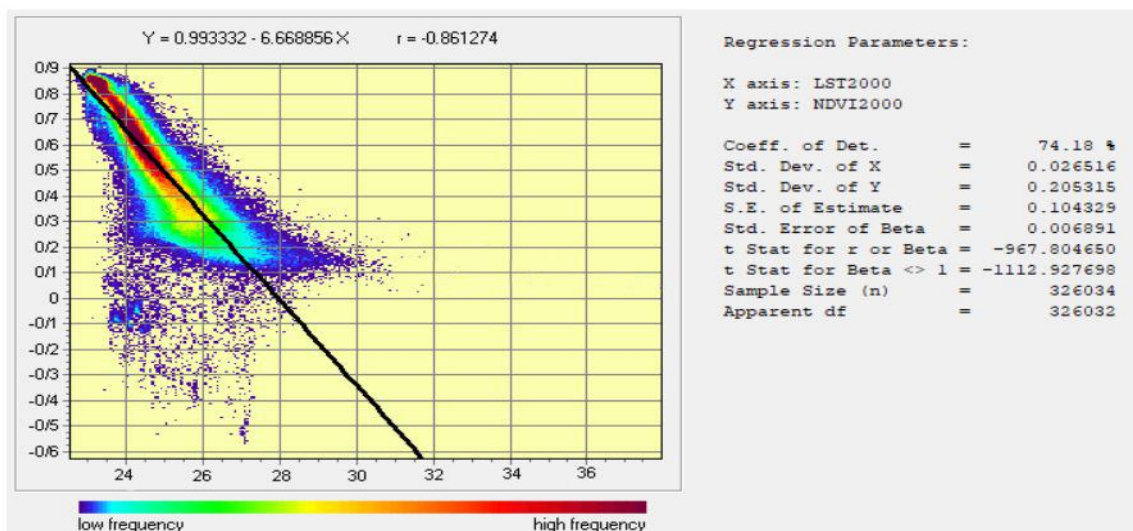
بررسی نواحی شهری ساری نشان می‌دهد در سال ۱۳۷۸ ناحیه ۱۳ با دمای ۱۹/۸۴ کمترین درجه حرارت، ناحیه ۱۹ با ۳۲/۸۸ درجه و ناحیه ۲۰ با ۳۲/۰۳، بیشترین درجه حرارت را داشته‌اند که بیشتر ناشی از تراکم ساختمانی و کمبود فضای سبز در این نواحی می‌باشد و اختلاف دما در سال ۱۳۷۸ در بین نواحی شهر بین ۱۲ درجه بوده است (شکل ۳).



شکل (۴): میزان شدت جزایر حرارتی در نواحی شهری ساری در سال ۱۳۷۸

پوشش گیاهی یا میزان آن صفر یا در همسایگی صفر است. مقایسه این مقدار همبستگی نسبت به سایر پژوهش‌هایی که در خارج از کشور انجام شده نه تنها بر درستی آنها صحت می‌گذارد، بلکه از مقدار بالاتری از همبستگی هم برخوردار می‌باشد. اگر محور پوشش گیاهی را مدنظر قرار دهیم در دمای ۱۹ تا ۲۸ درجه پوشش گیاهی قوی وجود دارد که همین عامل می‌تواند در کاهش دما دخیل باشد.

شکل (۵) همبستگی بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در سال ۱۳۷۸ را نشان می‌دهد که این ارتباط از یک تابع نرمال که دارای چولگی شدید بوده، پیروی می‌کند. به طور محسوس واضح است که میزان ارتباط بین دما و پوشش گیاهی سطوح نواحی شهر ساری در سال ۱۳۷۸ نزدیک به ۷۴/۱۸ درصد و از نوع رابطه معکوس است، چرا که با افزایش پوشش گیاهی از میزان دما کاسته می‌شود و از این شکل کاملاً مشخص است که در سال ۱۳۷۸ بیشینه دما مربوط به نواحی بوده که دارای فقدان

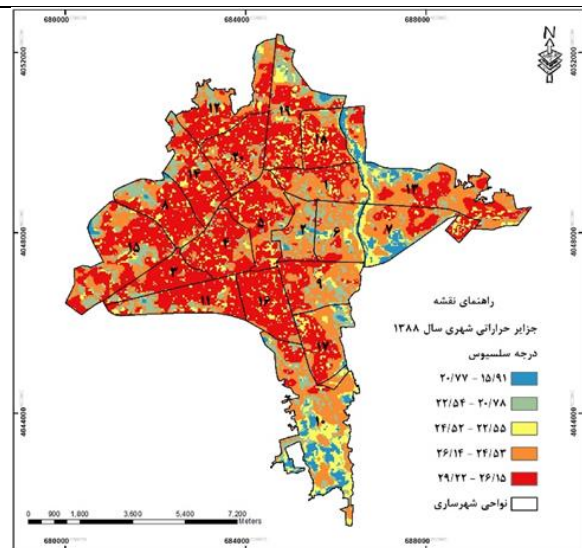


شکل (۵): برآورد همبستگی بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در سال ۱۳۷۸

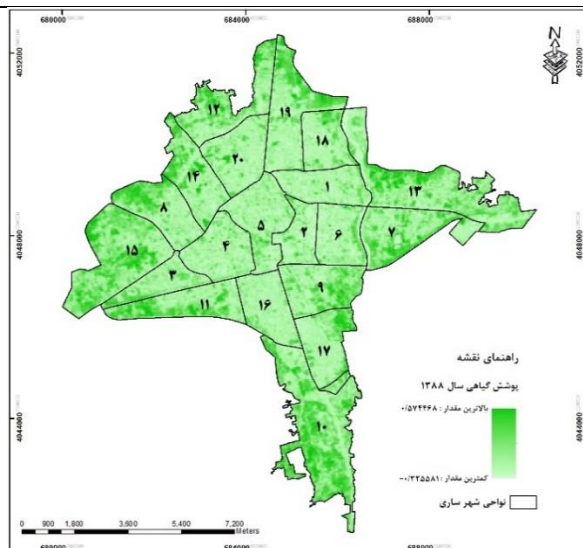
می‌توان به احیاء رودهای شهری، احیا پارک‌های بزرگ و جنگلی شهری و حتی روند افزایش بهره‌بری از پوشش گیاهی در حاشیه معابر اصلی و بزرگراهی داخل شهری اشاره نمود. این در حالی است که در بافت مرکزی به علت فشردگی بافت شهری از میزان آن کاسته شده است.

جهت سنجش و برآورد انرژی حرارتی سطوح نواحی در سال ۱۳۸۸ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ در اواخر مرداد سال ۱۳۸۸ با وضعیت بدون پوشش ابرناکی و هوای صاف بهره گرفته شده است. بعد از طی مراحل استخراج، نقشه شدت انرژی حرارتی شهر ساری تهیه شد. نتایج آن نشان می‌دهد از غرب و مرکز شهر به شرق و جنوب آن از شدت درجه حرارت کاسته می‌شود (شکل ۷).

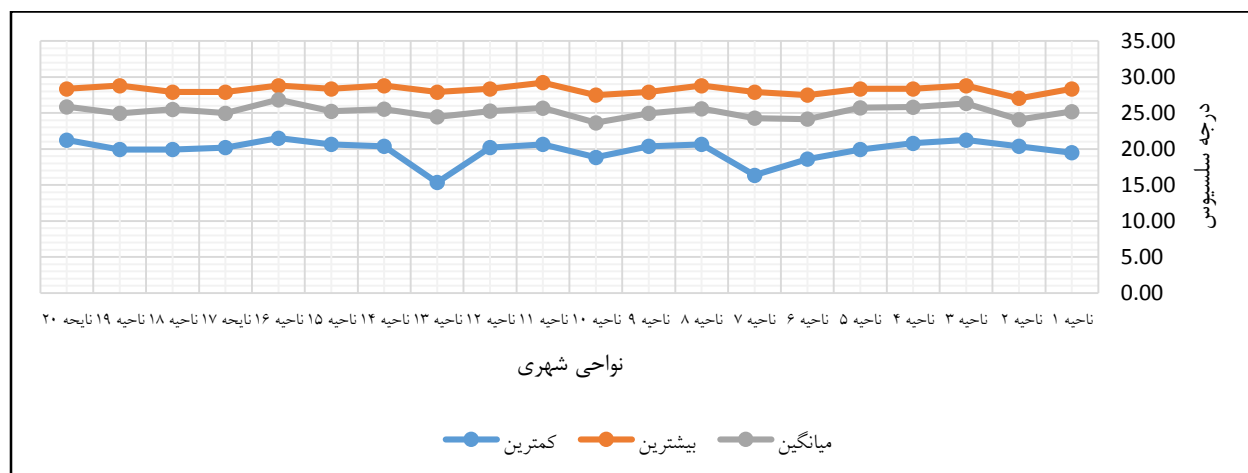
با افزایش تیرگی رنگ سبز، شاخص نرمال شده و پوشش گیاهی افزایش و با کاهش تیرگی، این مقدار کاهش یافته است (شکل ۶). از جمله اقداماتی که باعث افزایش شاخص سبزیگی شهری در برخی از نواحی شهری ساری نسبت به یک دهه اخیر شده



شکل (۷): شدت انرژی حرارتی شهر ساری در سال ۱۳۸۸



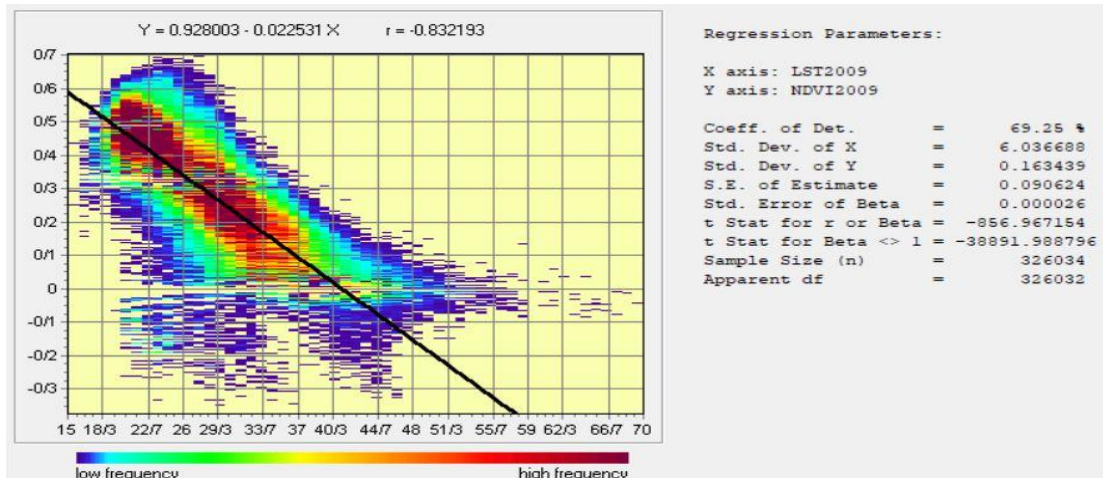
شکل (۶): وضعیت پوشش گیاهی در نواحی شهر ساری در سال ۱۳۸۸



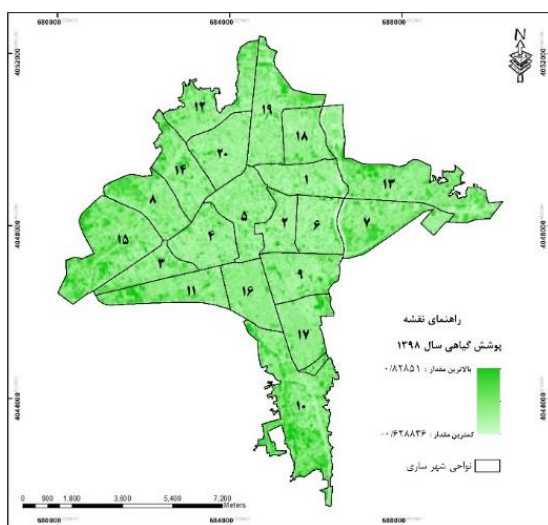
شکل (۸): میزان شدت جزایر حرارتی در نواحی شهر ساری در سال ۱۳۸۸

معکوسی با مقدار پوشش گیاهی شهری در یک دهه اخیر داشته است. نکته حایز اهمیت، مقایسه این دو معادله رگرسیونی در بازه‌های زمانی سال ۱۳۷۸ و سال ۱۳۸۸ است که نشان از کاهش میانگین حرارت سطح، افزایش میانگین شاخص پوشش گیاهی و کاهش همبستگی بین حرارت سطح با مقدار شاخص مذکور در هر بازه‌ی زمانی دارد. بنابراین شاید بتوان این نکته را گواهی بر تایید اثرگذاری ابعاد و شاخص‌های دیگر بر تغییرات مقدار حرارت سطوح شهری دانست.

شکل (۹) همبستگی بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در نواحی شهر ساری در سال ۱۳۸۸ را نشان می‌دهد. طبق برآوردی که در شکل هم مشخص شده، میزان ارتباط بین انرژی حرارتی سطوح نواحی در شهر ساری با مقدار شاخص نرمال شده پوشش گیاهی نزدیک به ۰/۷۰ بوده و نوع ارتباط همچنان معکوس می‌باشد. این بدین معناست که در اقلیم و مورفولوژی خاص هم با افزایش پوشش گیاهی، انرژی حرارتی سطوح کاهش می‌یابد و در واقع میزان دمای محیط نواحی شهری ارتباط بالا ولی



شکل (۹): برآورد همبستگی بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در سال ۱۳۸۸

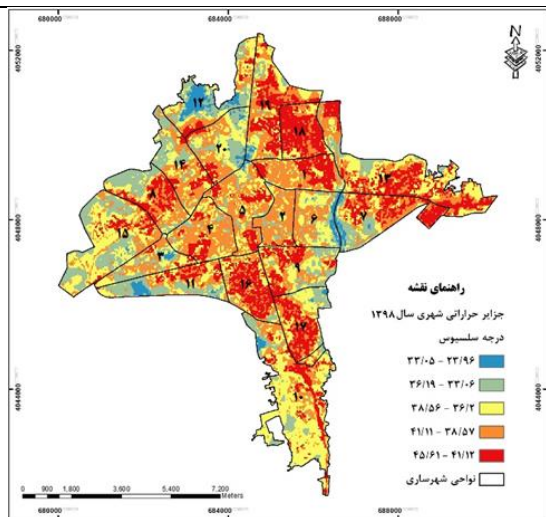


شکل (۱۰): وضعیت پوشش گیاهی در نواحی شهر ساری در سال ۱۳۹۸

شکل (۱۳) همبستگی بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی را در نواحی شهر ساری در سال ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. طبق برآوردی که در شکل فوق هم مشخص شده، میزان ارتباط بین انرژی حرارتی سطوح نواحی در شهر ساری با مقدار شاخص نرمال شده پوشش گیاهی نزدیک به ۹۲/۸۳ درصد بوده و نوع ارتباط همچنان معکوس می‌باشد. به طوری که با افزایش پوشش گیاهی از میزان دما کاسته می‌شود. این بدین معناست که در هسته مرکزی، این شدت به مراتب بیشتر از لبه‌ها و نواحی

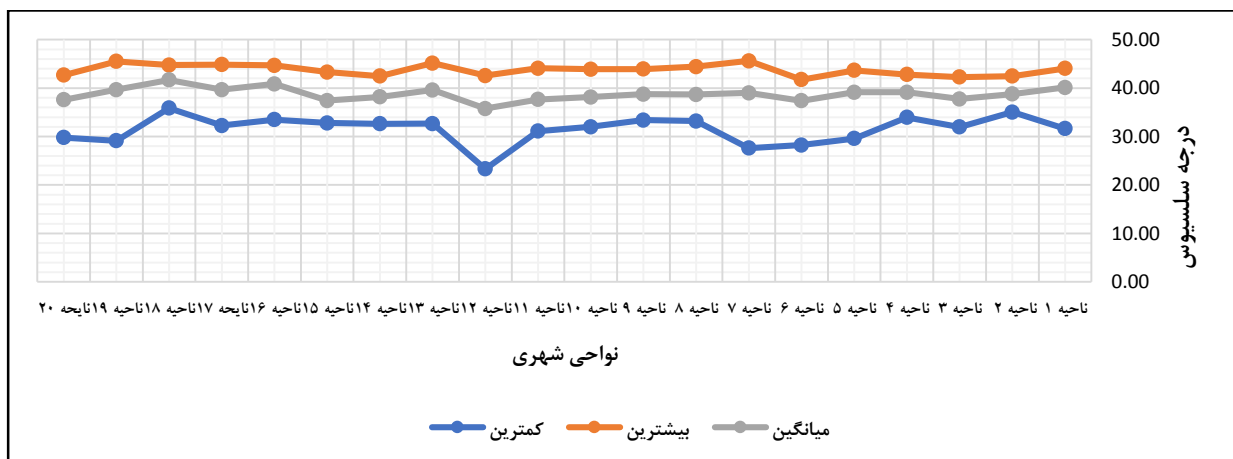
شکل (۱۱) شدت میزان درجه حرارت در نواحی شهر ساری را نشان می‌دهد، نتایج آن گویای شدت جزایر حرارتی در ناحیه ۸ با بیشترین دمای ۴۴/۴۱ درجه سلسیوس، ناحیه ۱۸ با بیشترین دمای ۴۴/۴۷ درجه سلسیوس، ناحیه ۱۳ با بیشترین دمای ۴۵/۱۳ درجه سلسیوس و ناحیه ۱۹ با بیشترین دمای ۴۵/۵۲ درجه سلسیوس می‌باشد که در شکل (۱۱) با رنگ قرمز در طبقه ۴۱ تا ۴۵ درجه سلسیوس نشان داده شده است و کمترین شدت جزایر حرارتی در ناحیه ۱۲ با کمترین دمای ۲۳/۳۰ درجه سلسیوس می‌باشد که به رنگ آبی در ۲۳/۹۶ تا ۳۳/۰۵ نشان داده شده است (شکل ۱۱).

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد بعد از پردازش‌های اولیه، نقشه پوشش گیاهی NDVI برای سال ۱۳۹۸ استخراج شد، با توجه به این که دامنه تغییرات این شاخص بین -۱ و +۱ می‌باشد محدوده تغییرات این شاخص برای سال ۱۳۹۸ بین کمترین مقدار ۰/۶۲- و بیشترین مقدار ۰/۸۲+ است. با توجه به این که مرکز شهر شامل بافت مسکونی متراکم است میزان این شاخص در این محدوده به حداقل می‌رسد که با رنگ سبز روشن نشان داده شده است این در حالی است که لبه حاشیه‌ای شهر ساری که دارای بافت مسکونی کم است به رنگ سبز تیره نشان داده شده است و میزان آن به ۰/۸۲ می‌رسد (شکل ۱۰).

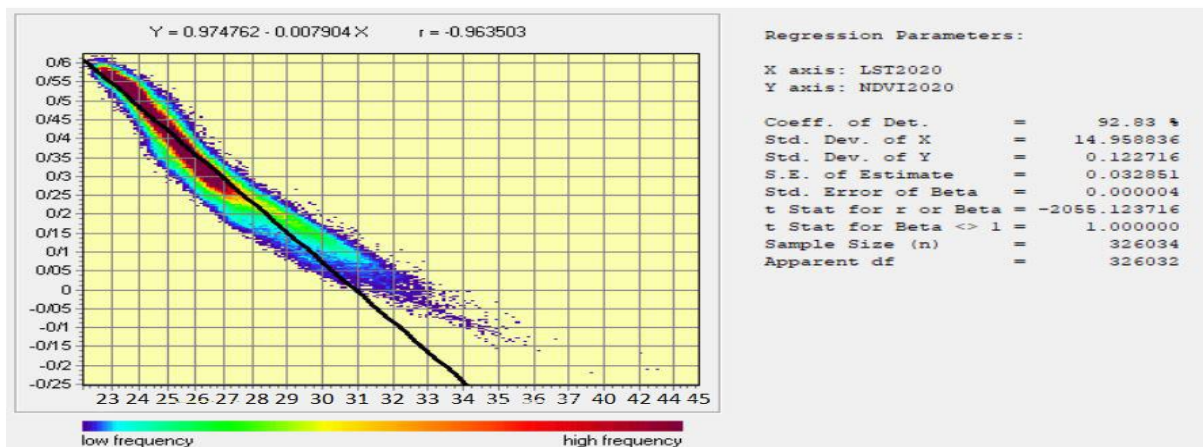


شکل (۱۱): شدت انرژی حرارتی شهرسازی در سال ۱۳۹۸

نزدیک به لبه‌های محدوده شهر است. به عبارت دیگر از میزان دما با حرکت از مرکز به حاشیه شهر کاسته می‌شود (شکل ۱۳). بعد از سنجش و تهیه نقشه‌های انرژی حرارتی در سه دهه متفاوت، برای ارزیابی تغییرات انرژی در این نواحی و تحولات یک دهه اخیر که بخش اعظم آن نتیجه تغییراتی در سیاست‌های مختلف مدیریت شهری و کالبدی بوده است، از تغییرات زمانی- مکانی انرژی حرارتی سطوح شهر بهره گرفته شد که ادامه این فرایند به صورت تحلیل همبستگی روندی- فضایی ارایه شده است.



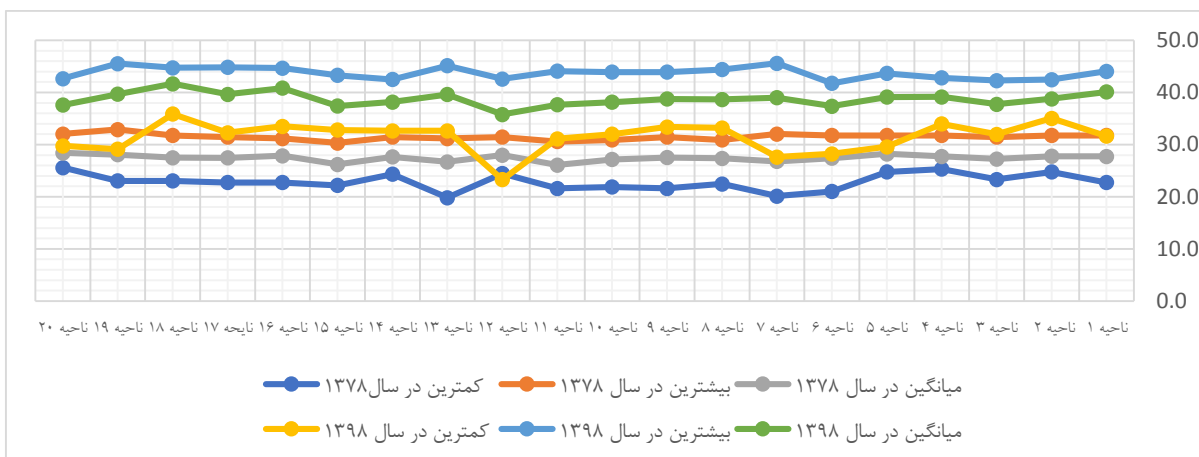
شکل (۱۲): میزان شدت جزایر حرارتی در نواحی شهرسازی در سال ۱۳۹۸



شکل (۱۳): برآورد همبستگی بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در سال ۱۳۹۸

به ۴۱/۷ در سال ۱۳۹۸ درجه سلسیوس رسیده است این مقادیر نشان می‌دهد از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ میزان شدت حرارت در نواحی شهر ساری افزایش یافته است. توسعه کالبدی شهر و فشرده‌گی بافت مسکونی در هسته مرکزی شهر، رشد عمودی و تکمیل ساخت و ساز در نواحی مرکزی، کاهش پارک‌های بزرگ مقیاس شهری و بزرگرهای از جمله عوامل اصلی افزایش میانگین حرارت در سطح کل شهر در دهه‌های اخیر بوده است.

در برآورد لایه‌ی فضایی- مکانی انرژی حرارتی سطوح زمین، خروجی‌های آن برای برآورد دمای سطح و انرژی حرارتی در سطوح نواحی شهر ساری در قالب شکل (۱۴) جهت مقایسه مشخصات آماری برای سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۸ نشان داده شده است. کمینه حرارت در سال ۱۳۷۸ برابر با ۱۹/۸ درجه سلسیوس و در سال ۱۳۹۸ برابر با ۲۳/۳ درجه سلسیوس است. همچنین میانگین حرارت سطوح نواحی شهر ساری در سال ۱۳۷۸ از ۲۸/۴



شکل (۱۴): مقایسه میزان شدت حرارت در نواحی شهر

سیاست‌های فیزیکی و کالبدی شهری اصلی‌ترین عامل تغییر الگوی حرارتی شهر ساری است چرا که اتخاذ سیاست‌های مختلف در این حوزه منجر به تغییر الگوهای حرکتی، فعالیتی و زیستی در نواحی شهر ساری می‌گردد. در نتیجه با تغییر هر یک از این الگوها مقدار حرارت سطوح و در نتیجه شدت انرژی حرارتی و نهایتاً میزان تعادل انرژی در سطح، دستخوش تغییرات خواهد شد. همچنین در راستای تحلیل روند تغییرات حرارتی در سطح شهر ساری از روش من کندانال و در محیط ArcGIS لایه‌های رستری برای سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۸ مورد سنجش قرار گرفت. نقشه حاصل از آن نشان می‌دهد که شدت جزایر حرارتی در نواحی غربی شهر ساری به مراتب نسبت به شرق آن بیشتر است. با توجه به نقشه‌ای که مقدار آزمون من-کندانال را به صورت فضایی نشان می‌دهد، هر چه طیف رنگ به سمت آبی پیش می‌رود مقدار آزمون به ۱- نزدیک و هر چه طیف رنگ به سمت قرمز حرکت کند مقدار آزمون به ۱+ نزدیک

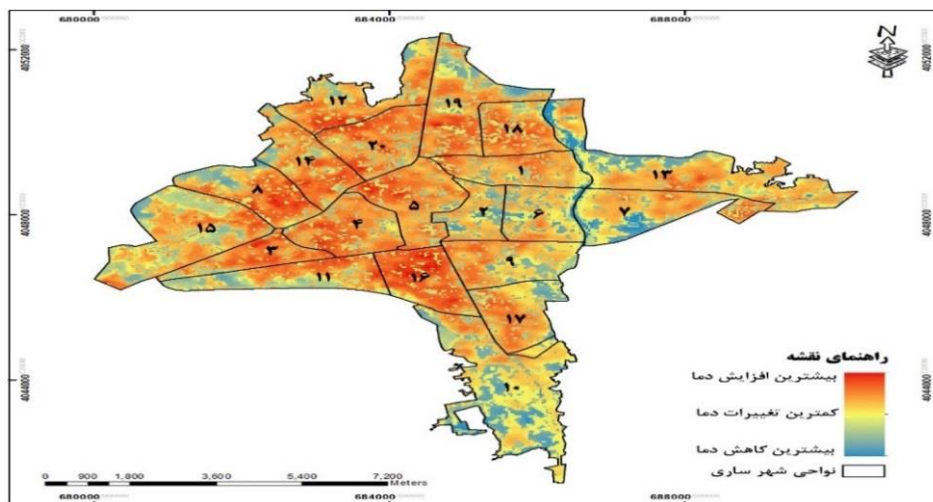
بعد از تهیه نقشه‌های جزایر حرارتی و انتقال نتایج آن به نرم‌افزار اکسل اقدام به محاسبه همبستگی حرارت در سطح نواحی شهر ساری شد. همان‌گونه که در جدول (۱) نشان داده شده است بین میزان انرژی گرمایی سطح نواحی شهر ساری در سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۸ به مقدار ۰/۴۷ همبستگی فضایی (نقطه به نقطه) وجود دارد این بدان معناست که ۰/۰۵۳ از مساحت شهر ساری در طی دو دهه اخیر الگوی میزان حرارت خود را تغییر داده است.

جدول (۱): همبستگی فضایی بین حرارت سطح شهر ساری بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸

حرارت سطوح نواحی در سال ۱۳۹۸	حرارت سطوح نواحی در سال ۱۳۷۸	
۰/۱۵	۱	حرارت سطوح نواحی در سال ۱۳۷۸
۱	۰/۱۵	حرارت سطوح نواحی در سال ۱۳۹۸

هم بافت‌های قرمز رنگ نشان‌دهنده تغییرات در الگوی کارکردی و فعالیتی در بخش‌هایی از نواحی ۸، ۱۶، ۱۴ و ۵ است که در طول یک دهه اخیر باعث افزایش در حرارت سطوح و مثبت شدن آزمون من- کندال در حوزه‌های غربی و جنوبی شهر شده است.

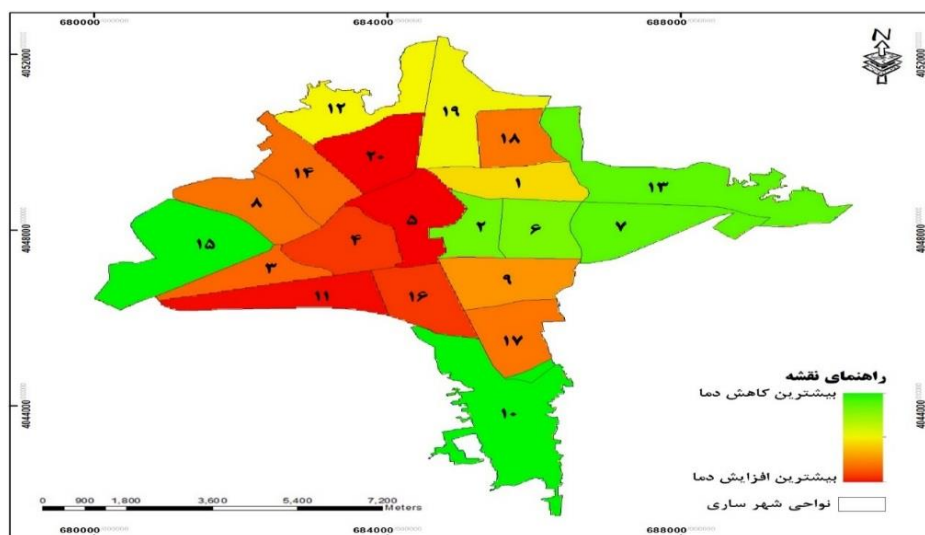
است. با توجه به تغییرات کالبدی و همچنین سیاست‌های شهرسازانه در حوزه جنوبی و شرقی شهر ساری به ویژه در نواحی ۷، ۱۰ و ۱۳ و همچنین قسمت غربی ناحیه ۱۵ مقدار آزمون من- کندال منفی بوده و کاهش حرارت سطوح را در طی یک دهه اخیر به همراه داشته است. همچنین از قسمت دیگر



شکل (۱۵): طیف میزان تغییرات انرژی حرارتی سطوح نواحی شهر ساری در سه دهه اخیر

حرارت و نواحی ۱۵ و ۱۰ بیشترین کاهش حرارت را داشته‌اند به عبارت دیگر نواحی سبز رنگ بیشترین کاهش دما و نواحی تیره و قرمز بیشتر افزایش دما را نشان می‌دهد.

در ادامه، نقشه میانگین میزان تغییرات حرارت در سطح نواحی شهر ساری برای سه دهه اخیر بر حسب درجه سلسیوس نشان داده شده است (شکل ۱۶). نواحی ۲۰، ۵ و ۱۱ بیشترین افزایش



شکل (۱۶): میانگین میزان تغییرات انرژی حرارتی سطوح در نواحی شهری در سه دهه اخیر

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تحلیل تطبیقی اثرات پوشش گیاهی بر افزایش انرژی حرارتی و افزایش دمای شهر انجام شده است. در این راستا اثرات جزایر حرارتی شهری پدیده‌ای است که به موجب آن، یک منطقه شهری به طور قابل توجهی گرم‌تر از مناطق اطراف می‌باشد. این اختلاف دما به دلیل تاثیرات مختلفی است که عوامل شهری در برخورد با شرایط محیطی دارند.

این مقاله بیشتر متمرکز بر سه مولفه دما، پوشش گیاهی و میزان اراضی ساخته شده در شهر ساری است تا به تحلیل تطبیقی اثرات پوشش گیاهی بر افزایش انرژی حرارتی و افزایش دمای شهر ساری بپردازد که کمتر پژوهشی در شهر ساری با استفاده از داده‌های سنتینل و لندست به تجزیه و تحلیل این مولفه‌ها پرداخته است.

دمای شهر ساری به دلیل پدیده جزایر حرارتی و نیز تغییر اقلیم به طور مداوم در حال افزایش است و باعث افزایش مصرف انرژی برای سیستم‌های سرمایشی می‌شود. از این رو کاهش اثرات پدیده جزایر حرارتی شهری به یک مسئله مهم تبدیل شده است. دلایل متعددی برای ایجاد جزایر حرارتی شهری وجود دارد؛ به طور مثال، سطوح تیره از قبیل پیاده‌روها و نمای ساختمان‌ها جاذب درصد زیادی از انرژی خورشیدی می‌باشند، سطوحی مانند انواع بتن و آسفالت به دلیل ماهیت و جنسی که دارند از ظرفیت گرمایی و تابش سطحی بیشتری در مقایسه با مناطق حاشیه شهرها برخوردار هستند. این مواد باعث تغییر در بیلان انرژی مناطق شهری می‌شود. از دلایل دیگر ایجاد پدیده جزایر حرارتی شهری کمبود تبخیر و تعرق بوده که می‌تواند به دلیل کمبود و فقدان پوشش گیاهی در مناطق شهری باشد. فقدان یا کمبود پوشش گیاهی در مناطق شهری، نبود عواملی چون سایه و عدم گردش هوای خنک را موجب می‌گردد و مصرف انرژی برای برقرار کردن شرایط آسایش در محیط‌های مصنوع را افزایش می‌دهد. بنابراین بررسی راه‌های کاهش مصرف انرژی و یا ذخیره آن ضروری است. با اضافه شدن محلات جدید به محدوده شهرها، تقاضا برای خدمات و

تسهیلات شهری بیشتر شده و از طرف دیگر بر اثر تراکم جمعیت در شهرها و نیز رواج مبادلات اقتصادی در آنها، قیمت زمین به شدت افزایش پیدا می‌کند.

در مطالعه حاضر با رویکرد پردازش تصاویر ماهواره‌ای، پوشش گیاهی مناسب موجب تعدیل هوا و کاهش اثرات جزایر حرارتی شهر ساری شده است چرا که در سال ۱۳۷۸ میزان پوشش گیاهی در بیشتر نواحی شهر ساری با مقدار ۰/۵۸ از وضعیت بهتری برخوردار است و با مقدار دمای شهر رابطه معکوس دارد و با افزایش فضای سبز از میزان دما کاسته می‌شود؛ بنابراین در سال ۱۳۷۸ میزان دما با کمترین میزان ۱۹ تا ۳۲ درجه سلسیوس از وضعیت بهتری نسبت به سال ۱۳۹۸ با میزان ۲۳ تا ۴۵ درجه سلسیوس برخوردار است و مشخص گردید که مناطق ساخته شده شهری می‌توانند موجب تشدید پدیده جزایر حرارتی شهری شوند. ساخت و سازهای شهری جدید بر گسترش افقی و عمودی شهر تاثیر بسیار زیادی داشته است و این مسئله باعث از بین رفتن مراتع و منابع طبیعی شده است. بدون شک توسعه هر کشور در گرو داشتن صنعتی پاک و عاری از آلودگی است. این در حالی است که تغییر اقلیم همه بخش‌های اقتصادی را تا اندازه‌ای تحت تاثیر قرار می‌دهد و پیامدهای ناشناخته و گسترده‌ای بر اکوسیستم‌های طبیعی دارد. تاثیر توسعه شهری بر محیط‌زیست و تغییر اقلیم مسئله‌ای جدی است که در حال حاضر در سراسر جهان مورد بررسی قرار می‌گیرد. افزایش تراکم جمعیت و گسترش فیزیکی شهرها منجر به کاهش منابع طبیعی و افزایش جزایر حرارتی شهری شده است. این موضوع باعث افزایش دمای هوا، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. یکی از راه‌های مدیریت مناسب توسعه شهری و کاهش اثرات جزایر حرارتی شهری، ایجاد فضای سبز و پوشش گیاهی مناسب است. درختان، گیاهان و مراتع می‌توانند در تعدیل دما و افزایش کیفیت هوا موثر باشند. ایجاد پارک‌ها، باغ‌ها، باغچه‌ها و فضاهای سبز عمومی زمینه‌های مناسبی برای افزایش پوشش گیاهی شهری و کاهش اثرات جزایر حرارتی ایجاد می‌کند.

منابع

- Hosseini Abadi, S., Yaqubzadeh, M. & Forozan Mehr, M. (2019). Identification of dust and its analysis on Moody's satellite images (case study: Zabul city). *Geographical Explorations of Desert Regions*, 8(1)167-186
- Fathi, R., Shafaqi, S. & Beyk Mohammadi, H. (1400). Analyzing the physical structure of worn-out urban fabrics with a sustainable development approach (case example: worn-out fabric of Amel city). *Amish Environment*, 14(52), 83-100.
- Adeli Sardo, F., Salehi, I. & Salehi, R. (2016). Comparative analysis of environmental status report (SOER) of Tehran and London to reach the sustainability components of the urban environment. *Environment*, 43(4), 665-682.
- Abedini, A., Dagestani, M. (2019). Investigating the effect of artificial and natural vegetation in green walls on noise pollution (case study: Valiasr Abhar Street). *Quarterly Journal of Environmental Studies, Natural Resources and Sustainable Development*, 4(4): 25-13.
- Bahraini, H. & Tabibian, M. (1377). Urban Environment Quality Assessment Model, *Environmental Journal* 41-56. Number 21.
- Badri, S. A. & Ruknuddin Iftikhari. A. (2012). Sustainability assessment: concept and method, *Geographical Research Quarterly*,. Number 69.
- Hosseiniabadi, S., Yaqubzadeh, M. & Forozanmehr, M. (2019). Identification of dust and its analysis on MODIS satellite images(case study: Zabul city). *Journal of Geographical Exploration of Desert Regions*, 8(1), 186-167.
- Gholami, A., Abbasi. A. A. & Hyderabad, A. (2019). Cultural Capital and Environmental Behavior (Case Study: Sari City), *Social Research Quarterly*, Year 12, Number 48, pp. 103-123.
- Lotfi, S., Gadami, M. & Derakhshande, S. (2014). evaluation and ranking of factors affecting the environmental sustainability of northern cities of Iran (case study: Sari city), *Shahr Padayar magazine*, year 2, number 1, pp. 24-48.
- Mehrabadi, S. (1400). Individual and combined intelligent modeling of forest destruction (area: Sari city), *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, year 21, number 60, pp. 297-313.
- Kazemimohammadi, M. & Seyyed Mehdi. (2012). evaluation of sustainable development in the urban development of Qom city, doctoral thesis under the guidance of Dr. Hossein Shakoui, Tarbiat Modares University of Tehran.
- Habitat, U. N. (2020). *World Cities Report 2020: The value of sustainable urbanization*. Nairobi, Kenya.
- Deilami, K., Kamruzzaman, M. & Liu, Y. (2018). Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 67, 30-42.
- Kotharkar, R., Ramesh, A. & Bagade. A. (2018). Urban heat island studies in South Asia: A critical review. *Urban Climate*, 24, 1011-1026.
- Li, X., Zhou, Y., Asrar, G. R., Imhoff, M. & Li, X. (2017). The surface urban heat island response to urban expansion: A panel analysis for the conterminous United States. *Science of the Total Environment*, 605, 426-435.

- Liang, Z., Wu, S., Wang, Y., Wei, F., Huang, J., Shen, J. & Li, S. (2020). The relationship between urban form and heat island intensity along the urban development gradients. *Science of the Total Environment*, 708, 135011.
- Yao, R., Wang, L., Huang, X., Zhang, W., Li, J. & Niu, Z. (2018). Interannual variations in surface urban heat island intensity and associated drivers in China. *Journal of Environmental Management*, 222, 86-94.
- Manoli, G., Faticchi, S., Schläpfer, M., Yu, K., Crowther, T. W., Meili, N. & Bou-Zeid, E. (2019). Magnitude of urban heat islands largely explained by climate and population. *Nature*, 573(7772), 55-60.
- Xing, Y., Horner, R. M. W., El-Haram, M. A. & Bebbington, J. (2009, September). A framework model for assessing sustainability impacts of urban development. In *accounting forum* (Vol. 33, No. 3, pp. 209-224). No longer published by Elsevier.
- IEA. (2008). *Issues behind Competitiveness and Carbon Leakage: Focus on heavy industry*.
- Huang, X. & Wang, Y. (2019). Investigating the effects of 3D urban morphology on the surface urban heat island effect in urban functional zones by using high-resolution remote sensing data: A case study of Wuhan, Central China. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 152, 119-131.
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* (1967). 7(8), 769-779.
- Ahfeldt, G. M. & Pietrostefani, E. (2017). The compact city in empirical research: A quantitative literature review. *Serc discussion papers* (pp. 1-36).
- Hathway, E. A. & Sharples, S. (2012). The interaction of rivers and urban form in mitigating the Urban Heat Island effect: A UK case study. *Building and Environment*, 58, 14-22.
- Giridharan, R., Ganesan, S. & Lau, S. S. Y. (2004). Daytime urban heat island effect in high-rise and high-density residential developments in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 36, 525-534.
- Cairnes, L. (1996). The compact city: A sustainable urban form. *Urban Design International*, 1, 293-294.
- Masmoudi, S. & Mazouz, S. (2004). Relation of geometry, vegetation and thermal comfort around buildings in urban settings. the case of hot arid regions. *Energy and Buildings*, 36(7), 710-719.
- Hong, J. W., Hong, J., Kwon, E. E. & Yoon, D. (2019). Temporal dynamics of urban heat island correlated with the socio-economic development over the past half-century in Seoul. Korea. *Environmental Pollution*, 254, 112934.
- Newman, P. & Jennings, I. (2012). *Cities as sustainable ecosystems: principles and practices*. Island press.
- Cobbinah, P. B. & Korah, P. I. (2016). Religion gnaws urban planning: the geography of places of worship in Kumasi, Ghana. *International Journal of urban sustainable development*, 8(2), 93-109.
- Byrne, Y. A., Brandet, R. & Port, O. (1993). *The Virtual corporation Business week*, February & 36-41.
- Toronto, G. G. (2011). *The Living City Report Card, An assessment of the environment health of the Greater Toronto Area*. Toronto: Toronto & region conservation.
- Mori, K. & Christodoulou, A. (2012). Review of sustainability indices and indicators: Towards a new city sustainability Index (CSI). *Environmental Impact Assessment Review*. (32):44-106.
- Henri, J. & Journeault, M. (2008). Environmental performance indicators: An empirical study of Canadian manufacturing firms. *Journal of Environmental Management*. 87. pp.165-176.

- Sutcliffe L, et al. (2009). Development of a framework for assessing sustainability in new product development, International conference on engineering design, Stanford University, Stanford, CA, USA.
- Nessa, B. (2007). Categorizing tools for sustainability assessment, *Ecological Economics*, 60, PP. 498 – 508.
- Nardino, M. & Laruccia, N. (2019). Land Use Changes in a Peri-Urban Area and Consequences on the Urban Heat Island. *Climate* 2019, 7, 133.
- Faryadi, S. & Taheri, S. (2009). Interconnections of urban green spaces and environmental quality of Tehran. *3* (2), 199-208.
- Yang, Y., Song, F., Ma, J., Wei, Z., Song, L. & Cao, W. (2022). Spatial and temporal variation of heat islands in the main urban area of Zhengzhou under the two-way influence of urbanization and urban forestry. *Plos one*, 17(8), e0272626.
- United Nations. (2020). Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/goal-11/>.