



Research Paper

Analyzing the Impact of Urban Development on the Spatial Changes of the Thermal Island of Sari City

Milad Mansouri¹ , Hematollah Roradeh^{*2} , Taher Safarrad³ 

¹ Ph.D. Student of Climatology, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Arabil, Iran

² Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

³ Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran



[10.22080/USFS.2023.25957.2383](https://doi.org/10.22080/USFS.2023.25957.2383)

Received:

October 1, 2023

Accepted:

December 23, 2023

Available online:

January 5, 2024

Keywords:

Land surface temperature, LST, heat island, urban development, NDVI

Abstract

In today's world, the speed of urbanization is increasing, and with this development, cities replaced a large part of agricultural and forest land. This factor caused the surface temperature of the city to be higher than its surrounding environment and created problems such as the heat island, which significantly affects the air quality and, subsequently, the public health of the society. In this research, the thermal island of the studied area, the process of changes, and its effects were investigated. In this way, Landsat 5 and 8 satellite images for the years 1990 to 2020, as well as software such as ENVI, ARC GIS, and GOOGLE Earth, were used, and the temperature change and hot and cold spots during thirty years were investigated and evaluated. The results were classified and categorized according to the desired goals and showed that the temperature is high in dense, barren, industrial uses, and lower in the parts with vegetation. During 30 years in Sari, the surface temperature and the number of hot spots increased. Most hot spots are concentrated in high-density areas and dense urban constructions while the cold spots in the images are mostly in the outskirts and parts outside the city, which are mostly covered by vegetation and open space; so, the extent of hot spots in 1990 was 14,300 square meters, and in 2020 it reached 267,660 square meters. Based on these results, it can be said that the number of human-made uses has increased in Sari, and more hot spots have appeared in this city and are still increasing.

Copyright © 2024 The Authors. Published by University of Mazandaran. This work is published as an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

*Corresponding Author: Hematollah Roradeh

Address: Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.

Tel: 09113256216

Email: h.roradeh@umz.ac.ir



1. Introduction

In the central part of urban complexes, the emergence of high temperatures is the most obvious climate change caused by urbanization and gives a small heat island. This air temperature decreases as one goes from the center to the city's outskirts.

Weather stations can only measure temperature in places that are already installed and more weather stations are needed. Remote sensing is a technology that replaces traditional methods and can be used to identify heat islands. The important advantage of this method is that compared to traditional methods, it can be covered from the earth's surface.

2. Research Methodology

The study area is Sari city in Mazandaran province. The city is located at a longitude of 53 degrees and 5 minutes and a latitude of 36 degrees and 4 minutes.

Landsat 8 satellite images for 2020 and Landsat 5 satellite images for the years 1990, 2000, and 2010 were used. Google Earth software was used for better accuracy of the images, ENVI 5.3 software was used for atmospheric and radiometric corrections, and finally, ARC GIS 10.8 software was used to prepare the relevant maps.

The red and near-infrared bands were then used to calculate NDVI to obtain a normalized vegetation difference index. After that, Emissivity and then Land Surface Temperature (LST) were calculated.

3. Research Findings

The amount of NDVI in the city's outskirts is higher than in the central parts of the city. In 1990, its lowest limit was -0.06, and the highest was 0.63. In the last period under review (2020), the lowest was -0.41, and the highest was 0.74. Examining the

temperature in the four images shows an increase in the minimum and maximum temperature in the years under review; in 1990, the minimum and maximum were 23.9 and 32. In 2020 these measures reached 28.3 and 37.5, respectively. In another part of the research, hot and cold spots were investigated, and it was found that the hot spots are in the central parts of the city, while the cool spots are in the suburbs and around the city, and the temperature has also been rising. Another part of the synoptic station research was checked with hot spot temperature, which shows hot spots with higher temperatures. Results revealed that the extent of hot and cold spots has increased; its hot spots have reached 0.01 to 0.26 square kilometers and its cold spots from 0.18 to 0.24 square kilometers.

4. Conclusion

Most hot spots are concentrated in high-density areas and dense urban constructions. The cold spots in the images are mostly in the outskirts and parts outside the city, mostly covered by vegetation and open space. With the expansion of this city over the past 30 years, the extent of hot spots in this city has also grown; so the area has increased from 14.300 square meters in 1990 to 267.660 square meters in 2020. The relevant researchers and experts at the regional level can take effective steps and adopt favorable policies from the results of this research to obtain information about the surface temperature of the earth and its relationship with land uses to adjust the heat island.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

The authors contributed equally to the conceptualization and writing of the



article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors appreciate all the scientific consultants in this study.



علمی پژوهشی

واکاوی تأثیر گسترش شهری بر تغییرات مکانی جزیره‌ی حرارتی شهر ساری

میلاد منصوری^۱ ID، همت اله رورده^{۲*} ID، طاهر صفرراد^۳ ID

^۱ دانشجوی دکتری گروه آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
^۲ دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران، بابل‌سر، ایران
^۳ دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه مازندران، بابل‌سر، ایران

[10.22080/USFS.2023.25957.2383](https://doi.org/10.22080/USFS.2023.25957.2383)

چکیده

در دنیای امروز سرعت شهرنشینی رو به افزایش است که با این توسعه، شهرها جایگزین بخش وسیعی از زمین‌های کشاورزی و جنگلی شدند. این عامل سبب شد دمای سطح شهر نسبت به محیط اطراف آن بالاتر باشد و معضلاتی همچون جزیره حرارتی را به وجود آورد که تأثیر زیادی بر کیفیت هوا و متعاقب آن سلامت عمومی جامعه می‌گذارد. در این پژوهش جزیره حرارتی منطقه مورد مطالعه و روند تغییرات و اثرات آن مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب از تصاویر ماهواره‌های ۵ ساله برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ و همین‌طور از نرم‌افزارهایی مانند ENVI, Arc GIS, Google Earth استفاده گردید و تغییر درجه حرارت و نقاط گرم و سرد در طی سی سال مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و نتایج آن با توجه به اهداف موردنظر طبقه‌بندی و دسته‌بندی گردید. نتایج تحقیق نشان داد دما در کاربری‌های متراکم، بایر، صنعتی بالا بوده و در قسمت‌هایی که دارای پوشش گیاهی هستند دارای دمای پایین‌تری هستند. در طول ۳۰ سال در شهر ساری میزان دمای سطحی افزایش پیدا کرده و تعداد نقاط گرم هم در طی این دوره بررسی زیاد شده است به طوری که وسعت نقاط گرم در سال ۱۹۹۰ ۱۴,۳۰۰ متر مربع بوده و در سال ۲۰۲۰ به ۲۶۷,۶۶۰ متر مربع رسیده است. براساس این موضوعات می‌توان گفت که در شهر ساری بر تعداد کاربری‌های انسان‌ساز افزوده شده و نقاط گرمایی بیشتری در این شهر به وجود آمدند که این نقاط در حال افزایش هستند.

تاریخ دریافت:

۹ مهر ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش:

۲ دی ۱۴۰۲

تاریخ انتشار:

۱۵ دی ۱۴۰۲

کلیدواژه‌ها:

دمای سطح زمین، جزیره حرارتی، توسعه شهری، NDVI، ساری

**مقاله مستخرج از پایان‌نامه نویسنده اول است.

* نویسنده مسئول: همت‌الله رورده

آدرس: دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه مازندران، بابل‌سر، ایران.

تلفن: ۰۹۱۱۳۲۵۶۲۱۶

ایمیل: h.roradeh@umz.ac.ir



۱ مقدمه

تطبیق و سازگاری خانه‌ها با اقلیم رسم و عادت بسیار قدیمی است اما در حدود سال‌های دهه ۱۹۳۰ و به‌ویژه بعد از جنگ جهانی دوم با رشد خارق‌العاده شهرنشینی تغییراتی در آب‌وهوای محلی به وجود آمد (اسکورو^۱، ۲۰۱۲: ۵۸). با گسترش زندگی شهرنشینی چشم‌اندازهای طبیعی تبدیل به کاربری‌های انسان‌ساخت با ویژگی‌های متفاوت فیزیکی می‌شود. با تغییر در فضای شهری تأثیر مهمی روی اقلیم محلی گذاشته می‌شود (شمسی‌پور^۲ و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۹) در بخش مرکزی مجتمع‌های شهری، ظهور درجه حرارت‌های بالا آشکارترین تغییری است که به دلیل شهرنشینی در آب‌وهوا به وجود آمده و یک جزیره حرارتی کوچک را تشکیل می‌دهد که هرچقدر از مرکز به‌سوی پیرامون شهر برویم درجه حرارت کمتر می‌شود. در بعضی روزها تفاوت میان این حرارت‌ها برای همان منطقه از تفاوت درجه حرارت موجود میان تابستان و زمستان هم بیشتر است. جزیره حرارتی علاوه بر ایجاد گرما در شب، موجب افزایش تعداد روزهای گرم هم می‌شود. تغییر کاربری و پوشش گیاهی از جمله دلایل ایجاد جزیره حرارتی شهری است. این افزایش دما اثرات مختلف اتمسفری، زیست‌محیطی، اقتصادی و غیره دارد که با بررسی توزیع دما در سطح زمین و عوامل ایجاد آن می‌توان شهرک‌های صنعتی، مسأله‌ی ترافیک و نقاط گرمایی را بررسی نمود. بدین خاطر بررسی و آنالیز پدیده جزیره حرارتی در نواحی شهری دارای اهمیت زیاد است (همتی^۳، ۲۰۱۴). یکی از عناصر آب‌وهوایی که نقش مهمی در آسایش محیط شهری برای انسان ایفا می‌کند دما است. دما به‌خصوص دمای نزدیک سطح زمین که محل زندگی انسان است نقش مهمی در بیان این موضوع دارد که محیط مناسب برای زندگی انسان کجا است. در شهرها

قسمت‌هایی وجود دارند که در فصل تابستان دمای آن بالاتر و مناطقی هم هستند که در فصل زمستان سردتر از دیگر مناطق هستند. این دما بالای سطح شهر باعث ایجاد جزیره حرارتی می‌شود. دمای بالای محیط شهری حاکی از این موضوع است که ظرفیت جذب انرژی در محیط شهری بالاست. اما فضای سبز باعث می‌شود که این قدرت جذب بالا برود و انرژی پراکنده کم شود و سبب کاهش یافتن تبخیر و تعرق گردد. همچنین رنگ آسفالت و مصالح ساختمانی سبب تیره شدن بافت شهری می‌شود که خود عاملی است تا گرما در محیط شهری افزایش پیدا کند. می‌توان با مطالعه و بررسی ارتباط میان کاربری شهری و مناطق با دمای بالا طرح‌ها و برنامه‌هایی برای بهبود شرایط محیط‌زیست با جابه‌جا کردن کاربری شهری انجام داد (مزیدی و نارنگی‌فر^۴، ۲۰۱۶: ۳۲) مانند ایجاد و گسترش پوشش گیاهی در سطوح شهری و همچنین تغییر رنگ وسایل ساختمان و استفاده از رنگ‌های روشن‌تر در پشت‌بام‌ها که ظرفیت جذب کمتری دارند با دگرگون شدن بافت شهری شار حرارتی انرژی ورودی و خروجی دچار تغییر و تعادل آن برهم خورد (روشنی^۵ و همکاران، ۲۰۱۴). علم سنجش‌ازدور امروزه یک فناوری جدیدی است که جایگزین روش‌های سنتی شده و می‌توان در شناسایی و مطالعه جزیره حرارتی از آن بهره جست. یک مزیت مهم این روش آن است که در مقایسه با روش‌های سنتی می‌تواند فضای زیادی از سطح زمین را پوشش دهد که هزینه‌های تخمین دما به روش کلاسیک را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در استخراج دمای سطح زمین این قابلیت را برای کاربر به وجود می‌آورد که به‌تناسب قدرت تفکیک تصاویر ماهواره‌ای، برای هر نقطه دلخواه مقدار دما را محاسبه نماید. لزوم محاسبه دمای سطح زمین به‌طور وسیع تا بدان جا است که می‌توان علاوه برپایش جزیره حرارتی شهرها، در مورد عوامل دخیل

⁴ Mazidi & Nengifar

⁵ Roushani

¹ Scuro

² Shamsipoor

³ Hemati



نتایج نشان می‌دهد که تغییرات کاربری به‌ویژه در بخش کشاورزی می‌تواند تحت تأثیر شرایط اقلیمی باشد. وابستگی‌های مؤلفه‌های اقلیمی به یکدیگر و متأثر بودن رطوبت خاک و پوشش گیاهی از این مؤلفه‌ها، از نتایج دیگر این مطالعه است. به‌طوری که با افزایش دما شاهد کاهش میزان رطوبت و سطح پوشش گیاهی هستیم. زمان‌هایی که رطوبت خاک نسبت به سال‌های دیگر بیشتر است، با توجه به نقش خنک‌کنندگی تبخیر، دما پایین و پوشش گیاهی مطلوب است. در نتیجه بین مؤلفه‌های مختلف وابستگی روشنی وجود دارد و تغییر در پارامتری بقیه پارامترها را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. در پژوهشی ابراهیمی^۵ و همکاران (۲۰۱۹) به ارتباط کاربری‌های اراضی شهری با تغییرات ویژگی‌های تابش برای شهرهای میانی استان مازندران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۴-۵ و ۸ پرداختند. نتایج تحقیق بیانگر آن بود که مقدار شار تابش در کاربری‌های انتخاب‌شده دارای تفاوت معناداری بوده که این تفاوت‌ها به دلیل تغییر در مقادیر انرژی خروجی به وجود آمده‌اند که خود متأثر از توسعه شهرها و تغییر کاربری است. شریعتمداری^۶ و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله خود تحت عنوان برنامه‌ریزی منظر مبتنی بر خرد اقلیم باهدف کاهش آلاینده‌های هوا در کلان‌شهرها، منطقه ۲۲ شهر تهران را مورد بررسی قرار داد که نتایج تحقیق نشان می‌دهد با کاهش شدت جزیره گرمایی از طریق بهبود برخی عناصر منظر شهری، دستیابی به محیطی سالم همراه با کاهش آلاینده‌های مضر بر سلامتی انسان امکان‌پذیر خواهد شد. در پژوهشی نادیزاده^۷ و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی تغییرات مکانی-زمانی کاربری اراضی، گسترش شهری و تأثیر آن بر افزایش دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر چندزمانه‌ی لندست برای شهر گرگان پرداختند که نتایج نشان می‌دهد با تبدیل کاربری فضای سبز به

در پیدایش این پدیده با دقت و اطمینان بالا تصمیم‌گیری کرد (خسروی^۱ و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۲۰). ولی ایستگاه‌های هواشناسی فقط قادر به اندازه‌گیری دما در نقاط خاصی می‌باشند که قبلاً در آنجا نصب شده‌اند و به دلیل اینکه ایستگاه‌های هواشناسی کافی وجود ندارد دریافت داده‌های دمایی با مشکل مواجه می‌شود. امروزه با پیشرفت در زمینه‌ی فن‌آوری‌های نوین، این نقیصه توسط علم سنجش‌ازدور (RS) برطرف شده است. مطالعات مختلفی برای به دست آوردن دمای سطح زمین با استفاده از سنجش‌ازدور انجام گرفت. پال و زائول^۲ (۲۰۱۷) با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای به بررسی رابطه کاربری شهری و دمای هوا در شهر مالدا (هندوستان) پرداخت. نتایج بیانگر آن است که در سطوح مختلف شهری دماهای متفاوتی ثبت شده است و همین‌طور با تغییر کاربری شهر از فضاهای کشاورزی و زمین‌های بایر به سازه‌های انسان‌ساز دمای هوا تا ۲ درجه بالا می‌رود. سبحانی و منصور^۳ (۲۰۲۳) به واکاوی نقش تغییرات دما در کاربری‌های اراضی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره لندست برای شهرستان آمل پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد دما در کاربری‌های متراکم و صنعتی بالا و قسمت‌هایی که دارای پوشش گیاهی هستند دارای دمای پایین‌تری هستند. در طول ۳۰ سال در شهر آمل میزان دمای سطحی افزایش پیدا کرده و بر تعداد این نقاط گرم افزوده شده و یک رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی به وجود آمد. به‌طوری که در سال ۲۰۲۰ کاربری شهری دارای دما ۴۰ درجه سانتی‌گراد است که به دلیل جذب بیشتر حرارت در نواحی شهری است. درحالی که در کاربری جنگلی دما سطح زمین ۲۸ درجه است که جاذب کمتر حرارت است. در پژوهشی زینالی^۴ و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی تغییرات کاربری ارضی و مؤلفه‌های اقلیمی در شهرستان مشکین‌شهر پرداختند. بررسی

⁵ Ebrahimi

⁶ Shariatmadari

⁷ Nadizadeh

¹ Khosravi

² Pal & ziaul

³ Sobhani & Mansouri

⁴ Zaynali



یافته‌ها همچنین تغییراتی را که با الگوهای دما اتفاق می‌افتد نشان می‌دهد و بیشتر توزیع را در محدوده دما تغییر داده است. رضایی و خوش‌گفتار^۴ (۲۰۱۰) به بررسی دمای سطح زمین و ارتباط آن با طبقات پوشش کاربری اراضی شهری با استفاده از داده‌های حسگر etm، برای شهر تهران پرداختند نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان‌دهنده وابستگی شدید بین درجه حرارت سطح و مقادیر NDVI برای انواع پوشش - کاربری زمین است. شهر ساری مرکز و پرجمعیت‌ترین شهر استان مازندران محسوب می‌شود به دلیل افزایش مهاجرت‌ها از مناطق دیگر و همچنین از روستا به این شهر شاهد رشد جمعیت هستیم که نتیجه آن تأثیر روی بافت شهری است. افزایش جمعیت در این شهر باعث گسترش بی‌رویهی شهر و اضافه شدن محلات جدید که اغلب بی‌برنامه هم هستند، شدند که باعث تغییر در تراکم و بافت فیزیکی شهر می‌شود. با این روند می‌توان انتظار داشت در این شهر جزیره حرارتی شکل بگیرد. در این تحقیق از داده‌های ماهواره در مدت‌زمان طولانی استفاده و تصاویر با یکدیگر مقایسه شده و به دنبال آن هست که تغییرات کاربری اراضی و توسعه و گسترش شهر روی آب‌وهوای محلی چه اثراتی می‌گذارد و این تأثیر بر روی کدام پارامترهای آب‌وهوایی است که می‌توان در این زمینه راه‌حل‌هایی ارائه کرد.

۲ مبانی نظری

۲٫۱ شهرسازی و میکروکلیماتولوژی شهری

بیشتر جمعیت دنیا در زمان حاضر در شهرها زندگی می‌کنند. در قرن ۲۰ شهرسازی‌ها برای کل دنیا با سرعت شروع شد. با شروع شهرسازی، شرایط طبیعی سطوح تغییر پیدا می‌کنند و تغییراتی در اقلیم‌های شهری ایجاد می‌کند. انسان می‌تواند اثرات بسیاری را بر محیط ایجاد کند که از محدوده

زمین آیش، بیشترین تغییرات دمای سطح زمین رخ می‌دهد. از دیگر نتایج این پژوهش کاهش طبقات دمایی خیلی سرد و سرد و افزایش طبقات دمایی نرمال و گرم است که مهم‌ترین دلیل آن افزایش مساحت کاربری‌های ساخته‌شده و آیش است. یولاه^۱ و همکاران (۲۰۱۹) به تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی تغییرات پوشش زمین و اثرات آن بر دمای سطح زمین در محیط آلپ منطقه هیمالیا پایین پاکستان پرداختند که تجزیه و تحلیل LST برای LULCهای مختلف طبقات نشان دادند، مناطق ساخته‌شده دارای بالاترین درجه حرارت و به دنبال آن سطوح بایر، کشاورزی و پوشش گیاهی است. نیلیه بروجنی^۲ و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی رابطه پوشش گیاهی شهری و درجه حرارت سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست TM و OLI و سنجه LST در شهر اصفهان پرداختند که نتایج آن نشان داد که در دوره مورد مطالعه، تخریب شدید در پوشش سبز منطقه رخ داده و بخش عمده‌ی این تغییرها در جهت تبدیل شدن به منطقه‌های شهری بوده است. همچنین، نتایج حاصل نشان‌دهنده وجود یک رابطه معکوس بین دمای سطح زمین و سنجه NDVI است. نتایج بیانگر پیشرفت جزایر حرارتی شهری به سمت منطقه‌هایی است که با فقر پوشش گیاهی و توسعه کاربری‌های ساخت‌وساز شده مسکونی، صنعتی و ... مواجه بوده‌اند. همچنین نتایج گویای تسریع افزایش دما در سال‌های اخیر نسبت به سال‌های دورتر است.

احمدی و نارنگی فرد^۳ (۲۰۱۵) در مقاله‌ای به تشخیص تغییر کاربری اراضی و تأثیر آن بر دامنه دمایی منطقه یک شهر شیراز پرداختند یافته‌ها نشان داد که در ۴ بازه زمانی و ۶۳/۸ کیلومتر مربع برای از بین رفتن پوشش گیاهی و زمین بایر و ۱۷/۱۳ کیلومتر مربع از شهر برای منطقه افزایش یافته است. پایین‌ترین سطح طبقه پوشش گیاهی بسیار قوی است و بیشترین افزایش در سطح بایر است.

³ Ahmadi & Narengi fard

⁴ Rezaei & Khoshgoftar

¹ Ullah

² Niliyeh Borojeni



یک شهر با نواحی اطراف آن تمایز داشته باشد. شهرها پیچیدگی‌های مخصوص به خود را دارند که از مواد مختلف پوشیده شده‌اند. هر یک از این مواد آلودگی مخصوص خود را دارد که می‌تواند درصد تابش‌های جزئی و بازتابش را در سطح شهرها تغییر دهد. شهرها توان جذب بیشتری از تابش ورودی خورشید را دارند و بدین دلیل میزان آلودگی آن ۱۰ الی ۱۵ درصد کاهش می‌یابد. فاکتور مهم دیگری که برای اقلیم شهر باید مورد توجه قرار گیرد مواد تشکیل‌دهنده‌ی ساختمان‌ها است که دارای ظرفیت و هدایت حرارتی زیاد و بالایی هستند که ترکیب ظرفیت حرارتی بالا با آلودگی پایین فاکتور مهم برای اقلیم شهر است. سومین عاملی که در اقلیم شهر اثر می‌گذارد آلودگی هوا است. این عامل سبب می‌گردد تا ترکیب اتمسفر شهر تغییر کند میزان جذب افزایش یابد و میزان عبور کاهش پیدا کند که نتیجه‌ی همه این موضوعات باعث می‌شود که میزان انرژی تابشی که از خورشید به زمین می‌رسد کاهش یابد. آلودگی هوای شهرها توسط وسایل نقلیه، صنایع، سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی تولید می‌گردند. از نظر پراکندگی، این مراکز آلودگی با محل قرارگیری صنایع و خیابان‌ها و ترافیک آن ارتباط ویژه‌ای دارد و بیشتر، نواحی مرکزی شهرها را شامل می‌گردد. از نظر زمانی ساعت‌های از روز که ترافیک بیشتر است میزان آلودگی افزایش می‌یابد همین‌طور حداکثر تمرکز آن در زمستان‌ها است که ناشی از سوخت‌های فسیلی حاصل از وسایل گرمایشی و پایداری اتمسفر است که اجازه اختلاط هوای آلوده و تمیز را باهم نمی‌دهد. عامل چهارم گرمای آنتروپوژنیک است که از سیستم‌های گرم‌کننده در زمستان، دستگاه‌های تهویه در تابستان، سوخت‌های فسیلی، وسایل نقلیه و غیره در شهرها تولید می‌شود. وضعیت طبیعی شهر در فاکتور آنتروپوژنیک تأثیر می‌گذارد به‌عنوان مثال شهری که در دره قرار گرفته و باد به آن نمی‌رسد آلودگی بیشتری دارد (همتی، ۲۰۱۴). اقلیم شهری را

کوچک‌مقیاس مانند قطع درختان برای ساخت یک پارکینگ تا در مقیاس‌های بزرگ مانند مصرف سوخت‌های فسیلی و تأثیر دی‌اکسید کربن بر اقلیم جهانی را شامل شود (همتی، ۲۰۱۴).

۲،۲ توسعه شهری

توسعه فیزیکی شهرها به معنای رشد کمی و کیفی کاربری‌های شهری در ابعاد افقی و عمودی است. با گسترش شهرها و فعالیت‌های صنعتی در شهرهای بزرگ، تغییرات زیادی در خصوصیات ظاهری و فیزیکی سطح زمین، آلودگی هوا، تغییرات دمایی و دیگر پارامترهای هواشناختی ایجاد می‌گردد و جزیره حرارتی در شهر تشکیل می‌شود. (رنجبر سعادت‌آبادی^۱ و همکاران، ۲۰۰۵). گروه‌های مختلف شهری به‌طور گسترده و وسیعی در مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با همدیگر تعامل و همکاری دارند. در این اجتماع ساکنان شهرها برای آنکه نیازها و احتیاجات خود را تأمین کنند با یکدیگر تعامل داشته ولی به گروه‌های اجتماعی جداگانه‌ای تقسیم می‌گردند (حکمت نیا و موسوی^۲، ۲۰۰۶: ۴۵).

۲،۳ فاکتورهای کنترل‌کننده‌ی اقلیم

شهر

شهرسازی‌ها محیط فیزیکی را تغییر می‌دهند که بر اثر آن تغییراتی در تخلیه انرژی، شار رطوبتی، شرایط حرارتی و سیستم چرخ باد می‌شود (اوک^۳، ۱۹۸۲). از جمله فاکتورهایی که باید در اقلیم شهر مدنظر قرار بگیرند عبارت‌اند از موقعیت، اندازه، جمعیت و توزیع کاربری اراضی شهری است. یک شهر علاوه بر اجزای داخلی که با رشد و گسترش آن فاکتورهای جدیدی به آن اضافه می‌گردد تحت تأثیر مقیاس‌های ماکرو و متوسط مانند ارزش جغرافیایی و پدیده‌های آبی و پوشش گیاهی قرار دارند. پوشش گیاهی در شهرها بخش کوچکی را به خود اختصاص داده‌اند. اقلیم شهرها به‌طور کل تحت تأثیر چهار عامل مهم قرار می‌گیرند و سبب می‌گردند که اقلیم

³ Oke

¹ Ranjbar Saadatabadi

² Hekmatnia & Mousavi

طول روز به دلیل انرژی خورشید شدیدتر است. جزایر اتمسفری در طول روز ضعیف هستند و در غروب و شب به خاطر آزادسازی گرما از روبنا ساختمان‌ها تشدید می‌گردد (رنجبر سعادت‌آبادی و همکاران، ۲۰۰۵).

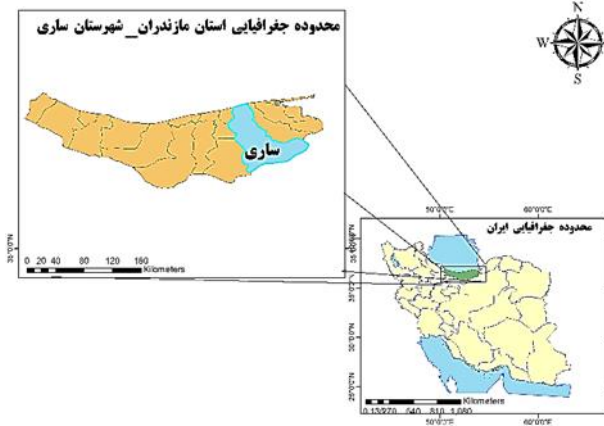
۳ روش تحقیق

شهر ساری در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵ دقیقه و عرض ۳۶ درجه و ۴ دقیقه از شرق به فاصله حدود ۱۰ کیلومتر به شهر سورک و شمال خاوری به فاصله حدود ۲۵ کیلومتر به نکا و از شمال به فاصله ۲۷ کیلومتر به دریای مازندران و از غرب به فاصله ۱۰ کیلومتر به قائم‌شهر و از جنوب به فاصله ۳۰ کیلومتر به سد شهید رجایی (سلیمان تنگه) و کیاسر و از آنجا به شهرستان‌های دامغان و مهدی‌شهر و همچنین شهر سمنان (تقریباً ۱۲۰ کیلومتر) محدود است.

می‌توان از طریق روش‌های کنترل کرد مانند ساخت بسترهای آبی و پوشش گیاهی مناسب در مراکز شهرها و ساخت‌وساز در مسیر بادها از جمله عواملی است که می‌تواند اثرات آنتروپوژنیک را کاهش دهد.

۲٫۴ جزیره حرارتی

رشد زیاد و بی‌برنامه در شهرها به خصوص شهرهای بزرگ که دلایل آن رشد طبیعی جمعیت و افزایش مهاجرت از روستا به شهرها است به دنبال خود افزایش آلودگی و تغییر در محیط‌زیست را داشته است. جزیره حرارتی به دلیل ایجاد پوشش متفاوت و تغییر سطوح شهری در روی زمین و اتمسفر شکل می‌گیرد. در یک روز گرم فصل تابستان خورشید سطوح خشک و بی‌پناه و همین‌طور پشت‌بام خانه‌ها و جاده‌ها را گاهی ۳۰ تا ۵۰ درجه سلسیوس در مقایسه با محیط اطراف گرم‌تر می‌کند. سطوحی که زیر سایه یا نواحی مرطوب مانند همه شهری قرار دارند و دمای آن تقریباً مانند دمای هوا است. جزیره حرارتی در طی شب و روز وجود دارد اما میزان آن در



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

۳٫۱٫۱ محاسبه‌ی دمای روشنایی

تصحیحات داده‌های تصویر حرارتی در دو مرحله انجام می‌شود

الف) تبدیل ارزش‌های رقومی باند ۶ در لندست ۵ و همین‌طور باند ۱۰ در لندست ۸ به رادیانس طیفی

۳٫۱ داده‌ها و روش کار

در این پژوهش از تصاویر سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۲۰ سنجنده TM لندست ۵ و از تصاویر سال ۲۰۲۰ سنجنده OLI/TIRS لندست ۸ در گذر ۱۶۴ و ردیف ۳۵ استفاده شده است.



رابطه ۵:

$$\varepsilon_i = 1.0094 + 0.0047 \ln(\text{NDVI})$$

۳/۱/۴ محاسبه دمای سطح زمین (LST)

LST برای محاسبه دمای سطح زمین استفاده می‌شود. با بهره‌گیری از LST می‌توان دماهای نزدیک به سطح زمین را محاسبه کرد که با توجه به موضوع پژوهش نیاز مبرمی به این اطلاعات است. LST دمای سطح زمین برحسب کلون را نشان می‌دهد که برای تبدیل آن به درجه سانتی‌گراد می‌بایست عدد موردنظر منهای ۲۷۳/۱۵ شود.

$$S_t = \frac{T_B}{1 + (\lambda \times T_B / \rho) \ln \varepsilon} \quad \text{رابطه ۶:}$$

هات اسپات در تحلیل هات اسپات (نقاط گرم شهر) با استفاده از یک روش معین، مناطق داغ یا سرد معنی‌دار آماری در یک محدوده معین مشخص می‌گردد که هر یک از این‌ها معنا و تفسیر مخصوص خود را دارد. تحلیل هات اسپات موردنظر این پژوهش از دستور Hot spot Analysis (Getis-Ord Gi) در نرم‌افزار Arc Gis استفاده می‌کند. در ارتباط با روش این دستور می‌توان عنوان نمود که تحلیل هات اسپات آن با توجه به مجموعه‌ای از ویژگی‌های وزنی، برای شناسایی نقاط سرد و داغ معنی‌دار با استفاده از Getis-Ord Gi به کار می‌رود.

۴ یافته‌ها و بحث

مقادیر عددی NDVI در تاریخ ۱۳/۰۶/۱۹۹۰ بین ۰.۰۶ تا ۰.۶۳ و وسعت بیشتر شهر در محدوده عددی ۰.۰۸ تا ۰.۲۳ است که در این نقشه با رنگ قرمز مشخص است. در تصاویر دیده‌شده میزان NDVI در اطراف شهر بیشتر است و در قسمت‌های داخل شهر با توجه به وجود ساختمان‌های مسکونی و مراکز تجاری و صنعتی دارای NDVI کمتر است. در اطراف شهر فضاهای باز شهری و پوشش گیاهی بیشتری دارد و دارای NDVI بیشتری می‌باشند که در این نقشه به رنگ سبز مشخص است. در تاریخ

(ب) تبدیل رادیانس طیفی به دمای روشنایی سنجنده برحسب کلون

دمای روشنایی برحسب کلون TB:

تابش طبیعی مؤثر بر دیافراگم حسگر ماهواره L:

ثابت تصحیح K1, K2:

$$T = \frac{K_2}{\ln\left[\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right]}$$

۳/۱/۲ محاسبه NDVI

برای محاسبه NDVI از باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک استفاده شد تا شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شود.

$$\text{رابطه ۲: NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

در لندست برای محاسبه میزان NDVI به صورت رابطه ۳ محاسبه می‌گردد (Allen et. 2002:13)

رابطه ۳ برای لندست ۴ و ۵

$$\text{رابطه ۴: NDVI} = (\text{band4} - \text{band3}) / (\text{band4} + \text{band3})$$

رابطه ۴ برای لندست ۸:

$$\text{رابطه ۵: NDVI} = (\text{band5} - \text{band4}) / (\text{band5} + \text{band4})$$

مقدار شاخص NDVI در محدوده -۱ و +۱ قرار می‌گیرد.

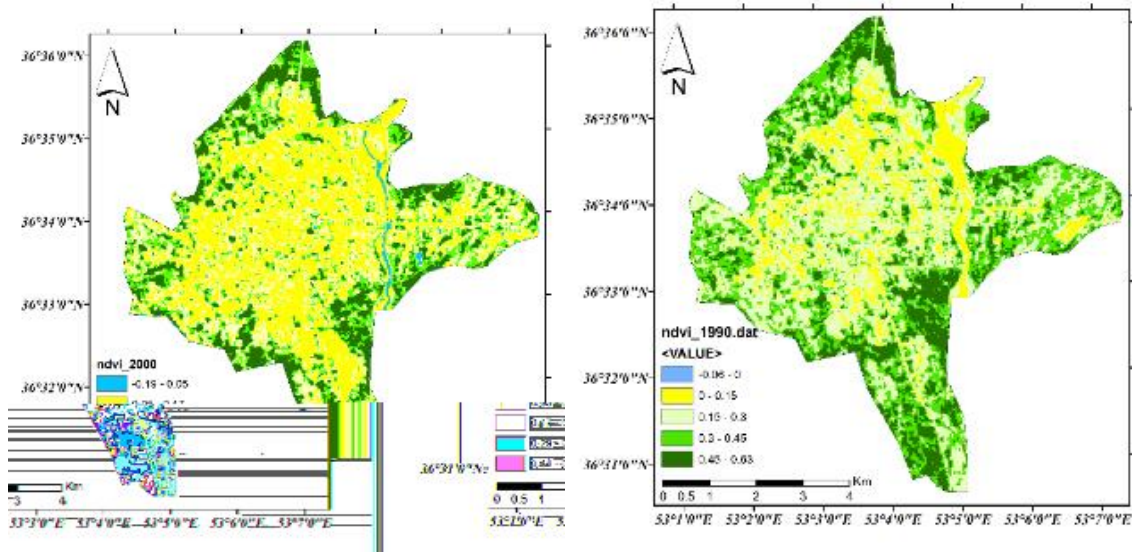
۳/۱/۳ گسیلمندی (Emissivity)

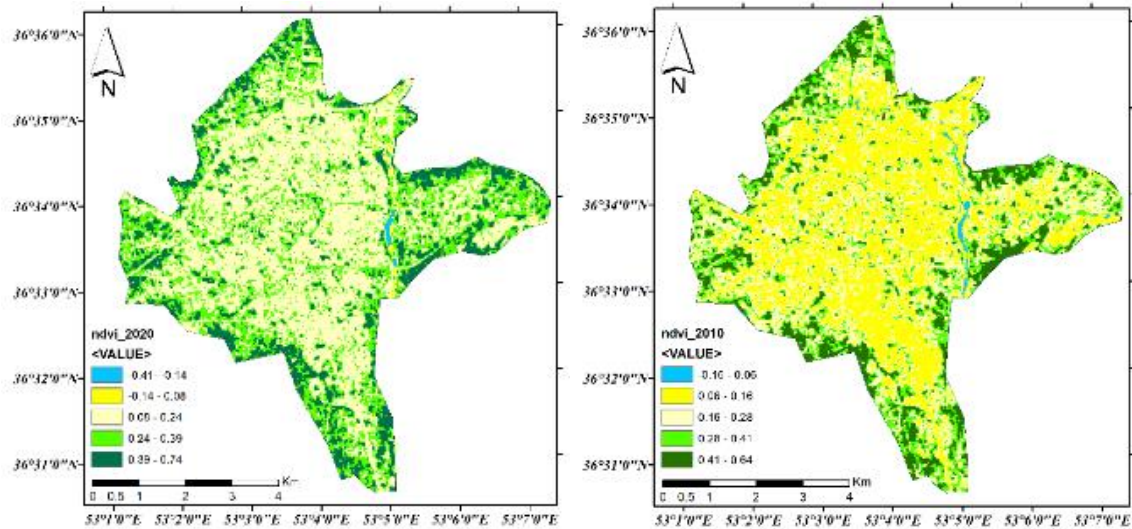
گسیلمندی مقدار بازتابش یک پدیده نسبت به جسم سیاه است. جسم سیاه کل انرژی که به آن می‌تابد را بازتاب می‌کند و مقدار گسیلمندی برای جسم سیاه ۱ است ولی برای برخی اجسام دیگر با توجه به ویژگی آن جسم مقادیر گسیلمندی بین ۰ تا ۱ است. پس از محاسبه NDVI که توضیحات مربوط به آن در این پژوهش ذکر شده است باید Emissivity استفاده کنیم



کمتر شده است و مقادیر عددی پایین‌تری به ثبت رسیده است. در تاریخ ۲۰۲۰/۰۶/۱۵ میزان NDVI بین ۰،۴۱- تا ۰،۷۴ قرار گرفته و بیشترین میزان آن در محدوده عددی ۰،۰۹ تا ۰،۳۱ است که در این تصویر با رنگ قرمز مشخص است. در سال ۲۰۲۰ با مشاهده تصویر به این نکته می‌رسیم که میزان کلی NDVI کم شده است و مانند سال‌های قبل میزان بالای آن محدود به حاشیه شهر است که می‌توان به این نکته پی برد در مناطق داخلی شهر به دلیل شرایط فیزیکی شهر و پوشیده شدن شهر با ساختمان‌های مسکونی و تجاری دارای میزان NDVI کمتری است.

۲۰۰۰/۰۶/۰۱ مقادیر ndvi بین ۰،۱۹- تا ۰،۶۵ قرار گرفته و وسعت بیشتر شهر در محدوده عددی ۰،۰۶ تا ۰،۲۱ است. در این تصویر بیشترین میزان ndvi مطابق انتظار در حاشیه و حومه شهر قرار دارد و کمترین آن که میزان قابل توجهی هم است در قسمت‌های داخلی و مرکزی است. میزان NDVI در تاریخ ۲۰۱۰/۰۶/۰۴ بین ۰،۱۶- تا ۰،۶۴ است و بیشترین وسعت شهر در محدوده ۰،۰۶ تا ۰،۲ قرار دارد. در این سال مانند دوره قبلی میزان ndvi در حاشیه شهر زیاد و در مناطق داخلی کمتر است ولی به‌طور کل در این دوره میزان NDVI نسبت به دو دوره قبلی که تصاویر آن در این پژوهش آورده شده

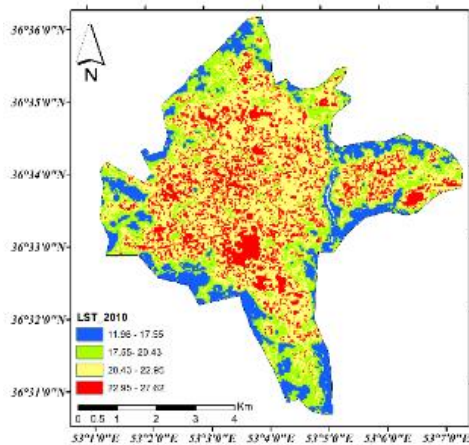
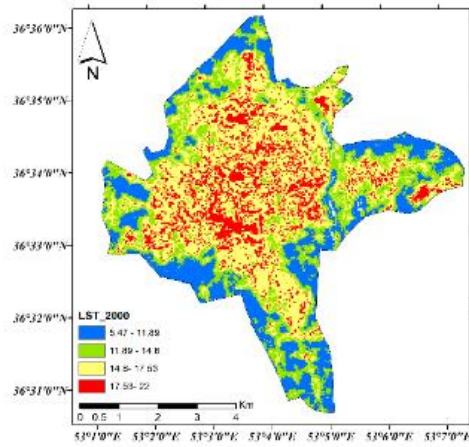
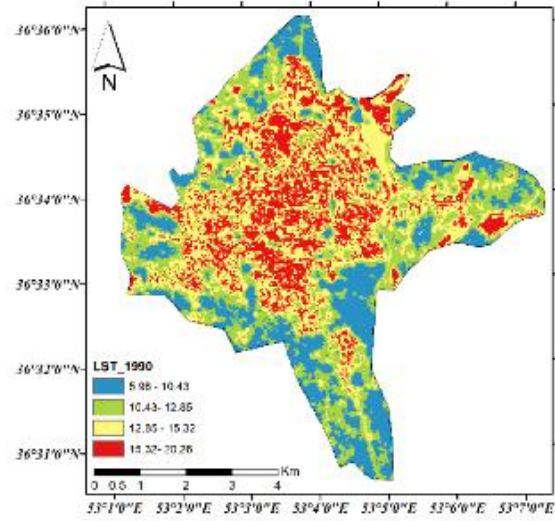


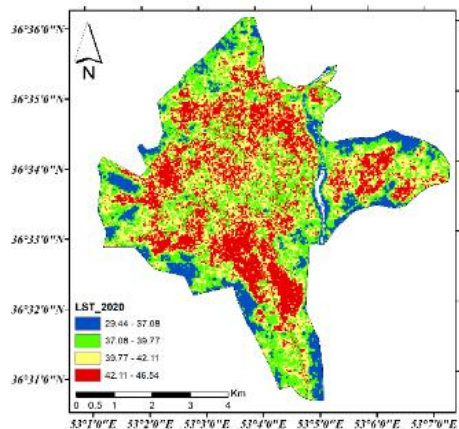


شکل ۲- نقشه NDVI شهر ساری - در تاریخ ۱۳/۰۶/۱۹۹۰، ۱/۰۶/۲۰۰۰، ۴/۰۶/۲۰۱۰، ۵/۰۶/۲۰۲۰

اطراف رود تجن به دلیل شرایط خاص این منطقه و وجود رود و پوشش گیاهی دارای دمای پایینی است. موضوع بعدی حائز اهمیت آن است که میزان دمای شهری چه در حاشیه و چه در داخل شهر روند افزایشی داشته و از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ می‌توان با کمک راهنمای نقشه‌ی ذکرشده فهمید که این روند حالت افزایشی داشته و طی ۳۰ سال دمای سطح شهر افزایش داشته است. با مشاهده نقشه سال ۱۹۹۰ می‌توان به این نکته پی برد که میزان دما در حاشیه و مرکز شهر روند بالایی را نشان نمی‌دهد و در طی این سال‌ها شاهد این موضوع هستیم که میزان تراکم و وسعت نقاط خنک یا حداقل دما در سطح شهر به‌طور کل کاهش پیدا کرده و نقطه مقابل آن در سراسر شهر میزان دما و حداکثر دما حالت افزایشی به خود گرفته است. این موضوع را می‌توان به دلیل وجود مراکز تجاری، مسکونی، اداری و تراکم بالای شهری در مرکز شهر دانست.

با توجه به ویژگی‌های چهار تصویر که در ژوئیه سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ برداشت شده است این خصوصیت بارز و مشخص نمایان است که نواحی حاشیه‌ای و بیرونی شهر دارای دمای پایین‌تری است و مرکز شهر دمای بالاتری را نشان می‌دهد. در حواشی شهر با توجه به شرایط و عوامل مختلفی مانند فضای باز شهری و تراکم پایین ساختمان‌ها دمای شهری میزان پایین‌تری را نشان می‌دهد همچنین یکی دیگر از عواملی که سبب این موضوع می‌شود وجود زمین‌های کشاورزی در اطراف شهرها است. در برخی نقاط داخلی هم شاهد دمای پایین هستیم که به‌خاطر وجود پارک‌ها و همین‌طور فضای باز شهری در این نواحی است. در برخی از قسمت‌های شهر مانند جنوب که جاده‌ها و کمربندی‌ها از آنجا عبور می‌کند شاهد این هستیم که اطراف این جاده‌ها میزان دمای پایینی را نسبت به دیگر نقاط پرازدحام شهری نشان می‌دهد. در





شکل ۳- نقشه دمای سطح زمین، شهر ساری - در تاریخ ۱۳/۰۶/۱۹۹۰، ۱/۰۶/۲۰۰۰، ۴/۰۶/۲۰۱۰، ۴/۰۶/۲۰۲۰

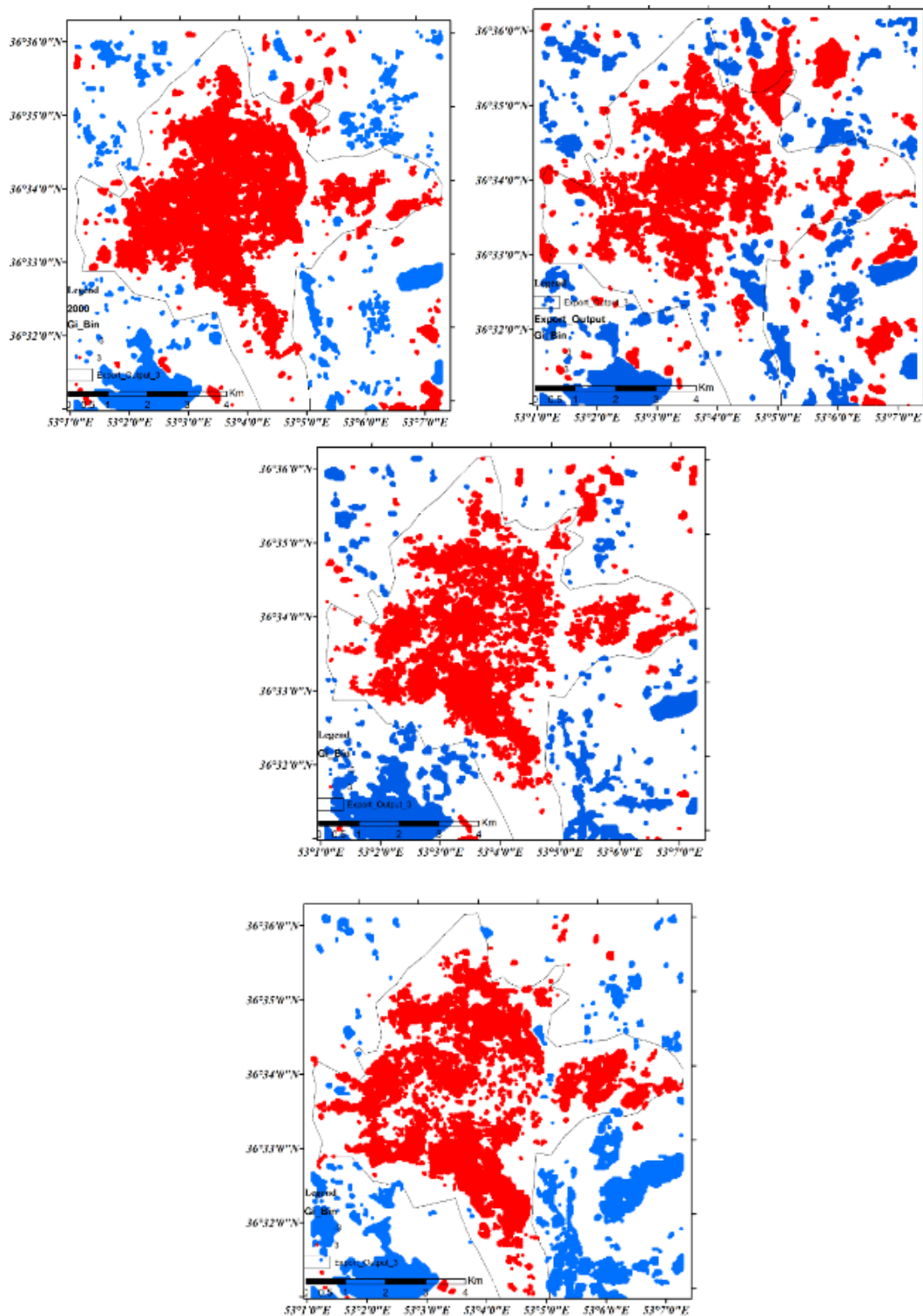
سال	حداقل دما	حداکثر دما	میانگین دما
۱۹۹۰	۲۳/۹	۴۰/۱	۳۲
۲۰۰۰	۲۳/۵۴	۴۰/۹۵	۳۲/۵
۲۰۱۰	۲۶/۸	۴۶/۴۸	۳۶/۶۴
۲۰۲۰	۲۸/۳	۴۶/۵۴	۳۷/۵

جدول ۱- میانگین، حداکثر و حداقل دمای سطح شهر ساری از سال ۱۹۹۰-۲۰۲۰

محاسبات Getis-Ord آماری مکانی را نشان می‌دهد. عمده فضاهای جغرافیایی از توزیع نرمال به خصوصی پیروی می‌کنند که اگر وضعیت آنها مورد بررسی و در یک قالب توزیع نرمال قرار بگیرد. ۹۰ درصد آن در حالت عادی و ۱۰ درصد آن در وضعیت خاص قرار می‌گیرد که در واقع این ۱۰ درصد، هات اسپات یا مناطق گرم و سرد محسوب می‌گردد (HTPP, 2015) (GMAO))

۴/۱ نقاط گرم و سرد شهر

یک عارضه برای معنادار بودن باید ارزش بالایی داشته باشد که به وسیله سایر عوارض با ارزش بالا احاطه شده‌اند. هنگامی که مجموع موضعی متفاوت از مجموع موضعی مورد انتظار است و وقتی تفاوت خیلی بزرگ برای نتیجه شانس تصادفی بودن است، نتایج z-score آماری معنادار است. معادله زیر



شکل ۴- نقشه هات اسپات (نقاط گرم) شهر ساری - در تاریخ ۱۳/۰۶/۱۹۹۰، ۱/۰۶/۲۰۰۰، ۴/۰۶/۲۰۲۰، ۲۰/۰۶/۲۰۲۰

سال ۱۹۹۰ میانگین هات اسپات (لکه‌های گرم) ۳۷ و میزان نقاط سرد یا خنک ۲۶/۴ بوده است. در طی

جدول شماره ۲-۴ نقاط گرم و سرد شهر ساری از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۲۰ مورد بررسی قرار گرفت. در



شهری و سطوح غیرقابل نفوذ شهری میزان دمای سطح شهر بالا رفته است. موضوع دیگری که باید مورد بررسی قرار بگیرد میزان lst و $ndvi$ است که در نقاط گرم شهر شاهد این موضوع هستیم که میزان دمای سطح شهر بالا و مقدار آن (۱۶/۰۶) است و نقطه مقابل آن میزان $ndvi$ آن کم و حدود (۰/۲) است. در نقاط سرد و مناطقی که کمترین دمای شهری ثبت شده است میزان lst یا دمای سطح زمین نسبت به نقاط گرم خیلی پایین است. در سال ۱۹۹۰ میزان LST در این نقاط (۶/۸) بوده ولی میزان $NDVI$ آن نسبت به نقاط گرم بالاتر بوده و عدد (۰/۵۱) ثبت رسیده است. از این اطلاعات می‌توان این نتیجه را گرفت مقدار $NDVI$ که بیانگر میزان پوشش گیاهی است در نقاط سرد بیشتر است و دمای این نقاط را پایین نگه داشته است. در دوره‌های بعدی این روند به صورت معناداری ادامه پیدا کرده است و اختلاف میان LST و $NDVI$ در نقاط گرم و سرد این روند را حفظ کرده‌اند. در سال ۲۰۰۰ میزان LST نقاط گرم شهر (۱۷/۵۲) و میزان $NDVI$ آن (۰/۱۷) بوده ولی در نقاط خنک‌تر شهر میانگین LST برابر با (۶/۳۶) و $NDVI$ آن (۰/۵۲) است. با دقت و تأمل در این اعداد این نکته به دست می‌آید که هر چقدر میزان LST در نقاط گرم شهری زیاد باشد مقدار $NDVI$ کاهش می‌یابد و هر چقدر در نقاط گرم LST کاهش پیدا کند میزان $NDVI$ که نشان‌دهنده پوشش گیاهی است افزایش پیدا می‌کند. در ۲۰۱۰ میانگین دمای نقاط گرم و سرد افزایش یافته و به ترتیب به ۲۳.۳۶ و ۱۰/۹ رسیده است. این اعداد نشان‌دهنده تغییرات در پوشش سطح زمین و پوشیده شدن نقاط بیشتری از سطح زمین با مصالح ساختمانی و سطوح غیرقابل نفوذ شهری است. در سال ۲۰۲۰ نقطه اوج افزایش دمای سطح زمین است و میزان دمای نقاط گرم و سرد به ۴۲/۷۴ و ۳۱/۵۲ رسیده است. این داده‌ها بیانگر این نکته هستند که میزان حداقل دما در شهر افزایش چشمگیری داشته است و در تمام نقاط شهری این افزایش دما محسوس است. با توجه به این موضوعات می‌توان این نکته را عنوان کرد که سطوح

دوره‌های بعدی یعنی سال ۲۰۰۰ میزان هات اسپات با ۳۶/۵۲ و میزان کلد اسپات (لکه‌های خنک) به ۲۰ رسیده است که شاهد روند تقریباً ثابت و اندکی کاهشی هستیم. سال ۲۰۱۰ این روند افزایشی برای میزان نقاط گرم ادامه پیدا کرده و مقدار آن به ۴۲ رسیده است. همچنین در نقاط سرد هم شاهد افزایش دما نسبت به سال‌های قبل هستیم که میزان آن به ۳۲ رسیده و حالت افزایشی داشته است در دوره آخر یعنی سال ۲۰۲۰ میانگین دمای نقاط گرم و همین‌طور نقاط سرد افزایش چشمگیری داشته به طوری که میانگین ۴۲/۷ برای نقاط گرم و ۳۱/۵ برای لکه‌های سرد را شاهد هستیم. در این سال میزان حداکثر و حداقل دما روند افزایشی بالایی را به ثبت رساندند و این موضوع بیانگر گرمایش سطوح شهری بالا در شهر ساری در طی سالیان اخیر است. روند میانگین دمایی نقاط سرد و گرم در طی این چهار دوره صعودی بوده و می‌توان نتیجه گرفت که میزان حداقل و حداکثر دما در شهر افزایش پیدا کرده است. این نتیجه را نمی‌توان به‌تنهایی به گرمایش جهانی مرتبط دانست و این افزایش زیاد دما وابستگی زیادی به پوشش سطح زمین دارد. با بررسی نقشه‌های سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ مشخص می‌گردد که میزان ساخت‌وسازها و ساختمان‌های مسکونی زیاد شده و از طرفی دیگر پوشش گیاهی و فضای باز شهری که دارای دمای سطح پایینی هستند و جای خود را به این کاربری‌ها داده‌اند. در اطراف شهر ساری میزان ساخت‌وسازها بیشتر شد و وسعت مناطق مسکونی به تبع آن خیلی گسترده‌تر شده‌اند. ساختمان‌های شهری به دلیل خصوصیات فیزیکی خود و جذب گرمای زیاد و همین‌طور نفوذپذیری بالای خودشان سبب می‌گردد میزان آلودگی پایینی بیاید و جذب گرما زیاد شود. این عامل به همراه ظرفیت و هدایت حرارتی بالا سبب می‌شوند تا سطوح شهری دارای گرمای زیادی شوند. در دوره‌های قبلی که اندازه‌گیری انجام شد میزان پوشش گیاهی زیاد بود و همین عامل سبب گردید که دمای سطوح شهری زیاد نباشد. با از بین رفتن این سطوح و جایگزین شدن آن با ساختمان‌های



نقاط گرم کاهش یافته و عدد ۱۲ را نشان می‌دهد و در نقاط سرد این مقدار به (۵۷/۰) افزایش یافته است.

غیرقابل نفوذ و جذب‌کننده زیاد که در سطح شهر پوشیده شده‌اند سبب جذب گرما در این شهر شده و میزان دما در we این شهر را افزایش داده است. در نقطه مقابل آن میزان NDVI مطابق انتظار در

جدول ۲- میانگین نقاط گرم و سرد شهر ساری از سال ۱۹۹۰-۲۰۲۰

سال		LST	NDVI
1990	HOT	37	0/2
	COLD	26/4	0/51
2000	HOT	36/52	0/17
	COLD	20	0/52
2010	HOT	42	0/16
	COLD	30/2	0/56
2020	HOT	42/74	0/2
	COLD	31/52	0/57

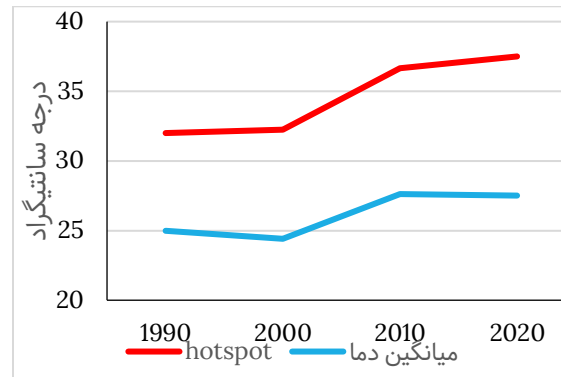
پایین می‌شود و در مقابل پوشش گیاهی در برخی نقاط شهری موجود است که سبب منعکس شدن بیشتر انرژی رسیده به سطح زمین و جذب کمترین انرژی می‌شود. این عوامل گفته شده سبب اختلاف دمایی بین نقاط مختلف شهری می‌گردد. با توجه به کاربری‌های شهری که یک قسمت آن دارای جذب زیاد و قسمت دیگر دارای جذب کمتری است این موضوع روشن می‌شود که بیشتر سطح شهر دارای نقاط جاذب گرمایی است و به همین خاطر شاهد لکه‌های داغ با وسعت زیاد و شاخص پوشش گیاهی با درصد کم در شهرها هستیم. در بیرون شهر به دلیل وجود کاربری‌هایی با خصوصیات جاذب گرمایی کم شاهد نقاطی با دمای پایین یا اصطلاحاً لکه‌های سرد هستیم در این مناطق وسعت قسمت‌هایی با کاربری‌های تجاری و مسکونی کم هستند و بیشتر زمین‌های کشاورزی و روستاهایی با تراکم جمعیت و بناهای کم پوشیده شدند. این خصوصیات سطح زمین سبب می‌شوند در مناطق خارج از شهر شاهد نقاطی با دمای پایین و شاخص کسر پوشش گیاهی ndvi بالا باشیم.

میانگین دمای نقاط گرم از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۲۰ روند رشد چشمگیری داشته است و میانگین دمای برداشته شده از ایستگاه روند متعادل‌تر و با فراز و نشیب کمتری بوده است. با توجه به این نمودار می‌توان این موضوع را درک کرد که افزایش دما در نقاط گرم در طی سالیان اخیر به دلیل شرایط سطح زمین است و گرمایش جهانی و تغییر اقلیم در کنار این موضوعات در افزایش دمای شهر نقش‌آفرینی می‌کنند. با توجه به وسعت شهر ساری که در طی این چهار دوره روند افزایشی پیدا کرده و میزان ساخت‌وساز و کاربری‌های مسکونی و غیره زیاد شده برخی از نقاط با پوشش گیاهی جای خود را به مناطق مسکونی داده‌اند. مناطق مسکونی و بناهای ساخته شده سبب افزایش دمای سطح شهر می‌شوند. میانگین دمای ایستگاه برای ارتفاع دو متر به بالا است ولی دمای LST برای دمای چسبیده به سطح زمین است. این دما متأثر از فضای شهری و کاربری‌های تجاری، مسکونی و غیره است که با توجه به خصوصیات فیزیکی هرکدام از این کاربری‌ها مانند جنس، رنگ و شکل سبب جذب گرما و انعکاس



جدول ۳- میانگین، حداکثر و حداقل دما داده مدل مرا ۲۰۱۰-۲۰۲۰ از سال ۱۹۹۰-۲۰۲۰

سال	حداقل دما	حداکثر دما	میانگین دما
۱۹۹۰	۲۰/۴۱	۲۹/۸۱	۲۴/۹۸
۲۰۰۰	۲۰/۱۴	۲۹	۲۴/۴۱
۲۰۱۰	۲۳/۱۹	۳۲/۳۱	۲۷/۶۲
۲۰۲۰	۲۳/۲۵	۳۲/۰۷	۲۷/۵۳



نمودار ۱- تفاوت میانگین دمای سطوح شهری و دمای اخذشده از مدل مرا برای شهر ساری از سال ۱۹۹۰-۲۰۲۰

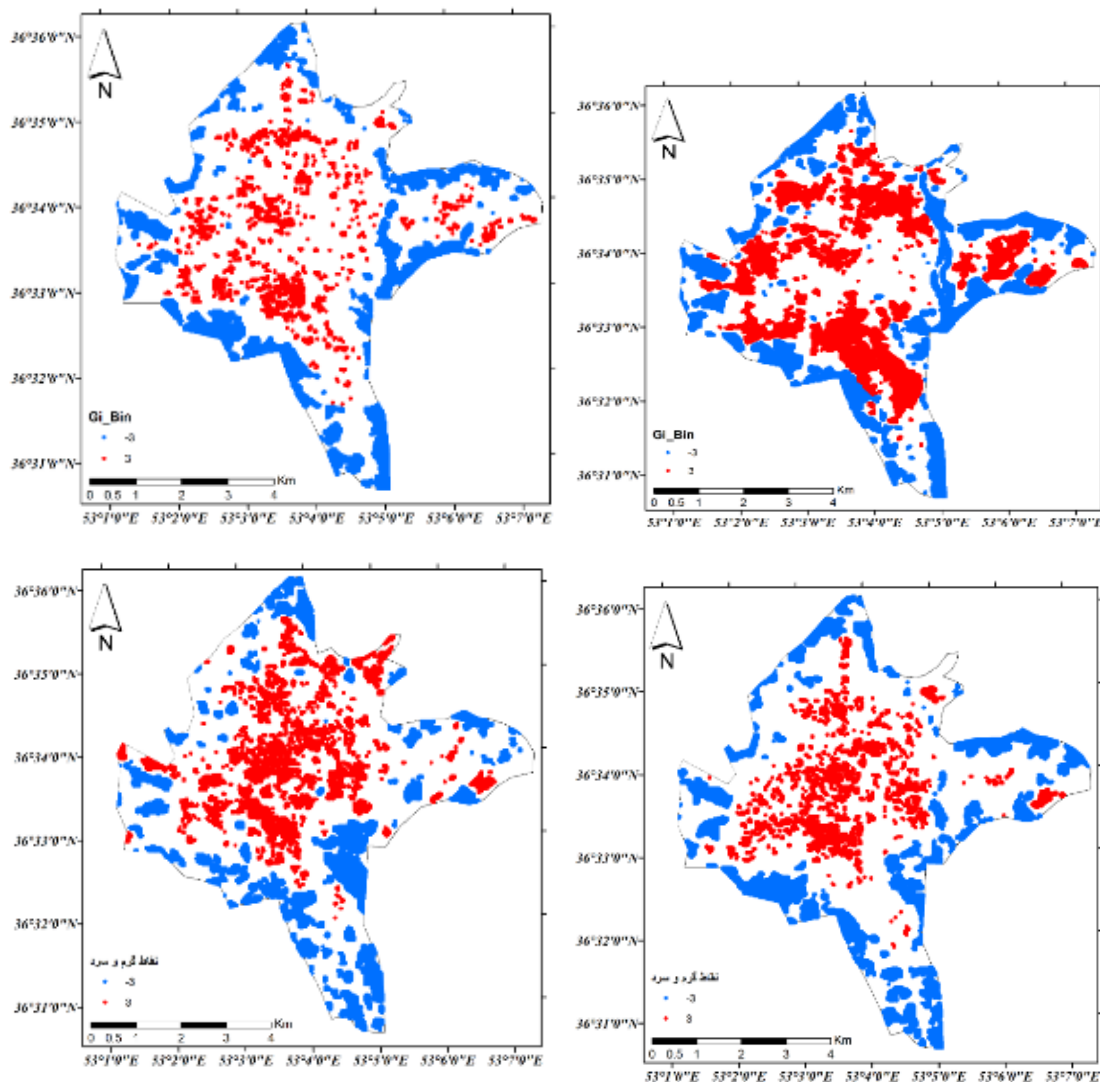
شماره ۴ نشان می‌دهد که وسعت نقاط گرم زیاد شدند. در سال ۱۹۹۰ وسعت نقاط گرم در شهر ساری حدود ۱۴ هزار متر مربع بوده است. این رقم در سال ۲۰۰۰ به ۹۳ هزار متر مربع رسیده که روند افزایشی حدود ۶ برابری به ثبت رسیده است. در سال ۲۰۱۰ روند معنی‌داری را نشان نمی‌دهد و تقریباً با فراز و نشیب وسعت این مناطق ادامه پیدا کرده است. اما در آخرین دوره بررسی یعنی سال ۲۰۲۰ میزان نقاط گرم افزایش محسوسی داشته و به ۲۶۷۶۶۰ متر مربع رسیده یعنی افزایش ۱۸ برابری نسبت به سال ۱۹۹۰ داشته است. در طی ۳۰ سال مورد بررسی در شهر ساری این نکته مشخص گردید که وسعت لکه‌های گرم افزایش خیلی زیادی پیدا کردند و این موضوع روشن‌کننده‌ی این نکته مهم است که کاربری‌های ساخته‌شده بر روی دمای شهر تأثیر زیادی بر جای می‌گذارند و باعث بالا رفتن دمای هوا در شهرها می‌شود و هرچقدر وسعت این نقاط

۴،۲ گستره نقاط گرم و سرد

شاخص‌های LST و NDVI برای درون شهر طی چهار دوره مورد بررسی قرار گرفته است. در نقاط خنک و سرد این نکته محرز است که میزان حداقل دما در نقاط شهری در طی این دوران نسبت به حواشی شهر میانگین بالایی را نشان می‌دهد. میانگین حداقل دمای سطوح شهری در طی چهار دوره از قسمت‌های بیرونی شهر بیشتر است که نشان‌دهنده‌ی آن است پوشش گیاهی و مناطق سرد در شهر مقدار آن اندک است که باعث شده میزان حداقل دما در شهر پایین باشد. در نقاط سرد هر چه از سال ۱۹۹۰ به سال ۲۰۲۰ نزدیک می‌شویم مقدار NDVI کاهش یافته که بیانگر روند نزولی پوشش گیاهی و روند افزایشی کاربری‌های مسکونی، تجاری و غیره است. این کاربری‌ها به تدریج جای پوشش گیاهی را گرفتند و باعث شدن میانگین حداقل و حداکثر دما افزایش یابد و اطلاعات جدول

¹ (MERRA-2)

زیادتر شود میانگین حداکثر دمای شهر هم بالاتر می‌رود.



شکل ۵- هات اسپات داخل شهر ساری - تاریخ ۲۰۰۰/۰۶/۰۱

جدول ۴- میانگین دما، پوشش گیاهی و وسعت نقاط گرم و سرد شهر ساری از سال ۱۹۹۰-۲۰۲۰

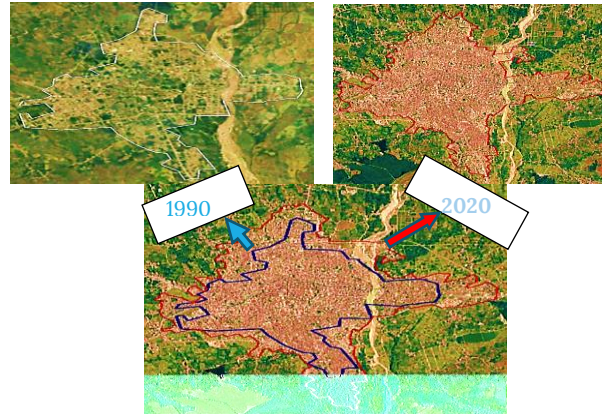
سال		LST	NDVI	مساحت
1990	HOT	37	0/18	14/300
	COLD	26/4	0/45	183/780
2000	HOT	36/52	0/18	93/150
	COLD	20	0/42	209/850
2010	HOT	43	0/17	66/990
	COLD	30/2	0/39	190/410
2020	HOT	42/74	0/2	267/660
	COLD	31/52	0/39	246/600



۴،۳ تغییر گستره شهر

با مطالعه و تحلیل لکه‌های داغ این نتیجه را می‌توان گرفت که طی ۴ دوره‌ای که برداشت انجام شده و لکه‌های گرم آن مشخص و معین شد بر میزان و وسعت این نقاط اضافه شده است. در سال ۱۹۹۰ وسعت مناطق با گرمای بالا نسبت به سال‌های بعدی که اندازه‌گیری انجام شده کمتر بوده و بیشترین نقطه تمرکز در قسمت‌های شمالی و مرکزی شهر ساری بوده است. با بررسی تصویر ماهواره‌ای سال ۱۹۹۰ مشاهده می‌گردد که مناطق مسکونی و تجاری شهر بیشتر در بخش‌های شمالی و مرکزی متمرکز است. بعد از آن با تطبیق دادن نقشه‌ها نتایج این نتیجه را می‌توان برداشت کرد که ارتباط معناداری بین مناطق مسکونی و نقاط حرارتی و جزیره حرارتی وجود دارد. این نقاط گرمایی را حتی می‌توان بیرون از شهر مشاهده کرد این قسمت‌ها مناطقی هستند که دارای سکنه‌اند و باعث شده که دمای سطح زمین در این نقاط بالا باشد. قسمت‌های جنوبی شهر که دارای نقاط مسکونی کمتری هستند و فضای باز شهری در این نقاط زیاد است مشاهده می‌گردد که دمای پایین‌تری نسبت به قسمت‌های شمالی و مرکزی شهر دارد و همان‌طوری که ذکر شد نبود فضاهای مسکونی و پوشیده شدن شهر با پوشش گیاهی و زمین‌های خالی از ساختمان است. در سال ۲۰۰۰ شاهد افزایش وسعت نقاط گرما هستیم. همان‌طوری که در تصاویر سال‌های بعد مشخص است وسعت نقاطی که دارای حرارت و گرمای بیشتری هستند، افزایش یافته است. با تطبیق دادن نقاط گرمایی که در تصاویر مشاهده می‌گردند با تصاویر ماهواره‌ای این سال آگاه به این مطلب می‌شویم که وسعت مناطق مسکونی نسبت به سال‌های گذشته زیاد شده است که خود عاملی هستند تا این نقاط حرارتی در

شهر نمود بیشتری پیدا کنند. در سال ۲۰۱۰ این روند گسترش لکه‌های گرم بیشتر شده‌اند که می‌توان این موضوع را با افزایش جمعیت شهر ساری مرتبط دانست که سبب گردید مناطق مسکونی و اداری هم زیاد شوند. با این روند وسعت قسمت‌هایی که دارای گرمای بالاتر یا در واقع جزایر حرارتی هستند بیشتر شدند و ما شاهد این هستیم که در شهر ساری یک جزیره حرارتی تشکیل شده و دمای بیشتری نسبت به مناطق اطراف دارند و هرچقدر به زمان حاضر نزدیک‌تر می‌شویم این گرما و حرارت در شهر با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی شهر یعنی گسترش حمل‌ونقل و همین‌طور افزایش جمعیت و... بیشتر گردیده‌اند. سال ۲۰۲۰ که آخرین دوره مورد نظر این پژوهش است شاهد این موضوع هستیم که روند افزایشی دما ادامه پیدا کرده است و در مناطق بیشتری شاهد لکه‌های گرم و نقاطی با دمای بالا هستیم. در مورد تغییر مکان جزیره حرارتی شهر ساری می‌توان عنوان کرد که در سال ۱۹۹۰ در شهر ساری جزیره حرارتی و گرمایی بیشتر در نقاط مرکزی و غربی شهر بوده است که ساخت‌وساز بیشتر در این مناطق سبب این عامل شده است ولی در دوره‌های بعد شاهد این موضوع هستیم که در مناطق شرقی و جنوبی این نقاط گرم گسترش پیدا کردند. با مطالعه و بررسی نقشه‌های شهری در این چهار دوره می‌توان مشاهده کرد که ساختمان‌های تجاری، اداری و مسکونی بیشتر شدند و در قسمت‌های دیگر شهر گسترده شده‌اند و سبب شدند نقاط گرمایی و حرارتی به این نقاط هم برسد و دمای این قسمت‌های شهر را بالا ببرند. در دوره‌های بعدی یعنی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ این روند و الگو ادامه پیدا کرده است و الگوی پراکنش جزایر حرارتی به قسمت‌های جنوبی رسیده است و در دوره‌های آخر بررسی می‌توانیم مشاهده کنیم که در جنوب و شرق ساری هم این نقاط و لکه‌های داغ وجود دارند.



شکل ۶- مساحت شهر ساری در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰

جدول ۵- میزان مساحت شهر ساری در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰

سال	۱۹۹۰	۲۰۲۰
مساحت (کیلومتر مربع)	۱۹/۳۳	۳۲/۷۵

است که هرچقدر تراکم ساختمان‌ها در یک شهر بیشتر شود میزان دمای سطحی بالا می‌رود. قسمت‌هایی از شهر که دارای تراکم فشرده و بالا هستند در قیاس با بخش‌های کم تراکم و داری فضای سبز شهری از دمای بالاتری برخوردار هستند. در بخش دیگری از تحقیق که میزان لکه‌های داغ و سرد مورد بررسی قرار گرفتند تمرکز بیشتر نقطه‌های گرم در قسمت‌های پرتراکم و ساخت‌وسازهای فشرده‌ی شهری بوده است که به‌خاطر خصوصیات فیزیکی خاص این مناطق است. لکه‌های سرد موجود در تصاویر بیشتر در حاشیه و قسمت‌های خارج از شهر هستند که بیشتر از پوشش گیاهی و فضای باز پوشیده شده‌اند. این موضوع سبب می‌شود که دمای این قسمت‌های شهر و همین‌طور خارج از شهر پایین باشد. میزان NDVI یا شاخص پوشش گیاهی در نقاط سرد نسبت به نقاط گرم بیشتر است و شرایط متضادی را نسبت به LST به وجود آورده که در آن هرچقدر NDVI بالاتر باشد میزان LST یا دمای سطح زمین پایین‌تر است و با افزایش LST میزان NDVI آن کاهش پیدا می‌کند.

۵ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

دمای سطح زمین یا LST یکی از بخش‌های مهم در مطالعه شهرها است که میزان دمای چسبیده به سطح زمین را مورد بررسی قرار می‌دهد. با توجه به ارزیابی‌هایی که به عمل آمده و چهار تصویری که در طی ۳۰ سال برداشت شد این موضوع روشن و مشخص شد که در همه ادوار میزان دما در قسمت‌های مرکزی شهر بالا است. در قسمت‌های مرکزی شهر به دلیل تمرکز کاربری‌های انسان‌ساز و تراکم ساختمانی شهری و پوشش گیاهی اندک و ویژگی‌هایی همچون عدم نفوذپذیری، رنگ، شکل و غیره شاهد دماهای بالاتری هستیم. میانگین دما در سال ۱۹۹۰ برابر با ۳۲ بوده در سال ۲۰۰۰ این عدد به ۳۲/۵ و در سال ۲۰۱۰ به ۳۶/۶ درجه سانتی‌گراد رسیده اما در سال ۲۰۲۰ این میزان افزایش زیادی داشته و به ۳۷/۵ درجه سانتی‌گراد رسیده است. این افزایش دما به علت زیاد شدن بناهای ساختمانی است که سبب بالا رفتن دمای سطوح شهری می‌شود. در ۴ تصویر این موضوع محرز شده



پرداختند که نتایج آن روند کاهش پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. به طوری که روند این تغییرات بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۰ ۷،۲۱۵ کیلومتر مربع و از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ حدود ۶۴/۱۵۳ کیلومتر مربع بوده است. همچنین زمین‌های بایر و کشاورزی به ترتیب روند افزایشی و کاهش را داشته است و با توجه به نقشه‌های دمایی، دمای شهرستان مریوان روند افزایشی را در دوره‌های زمانی مورد مطالعه داشته که میزان این تغییرات از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ به میزان ۵ درجه‌ی سلسیوس بوده که به دمای شهرستان افزوده شده است. همچنین در این مطالعه به منظور تعیین رابطه‌ی بین دمای سطح و تغییرات کاربری‌ها، حداکثر دمای هر کاربری محاسبه شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد با افزایش مساحت زمین‌های مسکونی و بایر و همچنین کاهش پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی در دوره‌های مورد مطالعه، دما روند افزایشی داشته است. ابراهیمی و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر آلودگی و دمای سطح زمین را بررسی کردند. بدین منظور از ۳ شکل ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸ برای ماه آگوست، سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ محدوده شهرهای ساری تا چالوس استفاده شد. ویژگی‌های حرارتی شهری با بررسی روابط بین دمای سطح زمین (LST) و شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص تفاوت نرمال شده مناطق ساخته شده (NDBI) تجزیه و تحلیل شد. ارتباط معکوس و معنادار بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی و ارتباط مستقیم و معنادار بین دمای سطح زمین با هر یک از متغیرهای آلودگی (Albedo) و شاخص اراضی ساخته شده نشان داده شد. طی سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۷، اراضی انسان‌ساخت که سطوح نفوذناپذیر را شکل می‌دهند، جایگزین سطوح طبیعی و نفوذپذیر شده‌اند؛ به عبارت دیگر کاهش شاخص پوشش گیاهی و افزایش شاخص اراضی ساخته شده و آلودگی در منطقه مورد مطالعه مشاهده شده است. تغییرات رخ داده در پوشش سطح زمین به صورت افزایش دمای سطح زمین در

در بخش دیگری از پژوهش میزان دمای سطح زمین با دمای ایستگاه سینوپتیک مقایسه شده و این نتیجه به دست آمده که میانگین دمای نقاط گرم (LST) از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۲۰ روند روبه رشدی داشته ولی میانگین دمای برداشته شده از ایستگاه روند افزایشی متعادل‌تر و با فراز و نشیب کمتری مواجه بوده است که بیانگر این موضوع بسیار مهم است که دمای چسبیده و حوالی سطح زمین بسیار بالاتر رفته و این افزایش دما وابستگی معناداری با خصوصیات سطح زمین دارد. میزان مساحت لکه‌های گرم مورد بررسی در این پژوهش، دارای اهمیت زیادی بوده و روند آن افزایش معناداری داشته است. اگر مساحت لکه‌های گرم و داغ را با نقشه‌های واقعی سطح زمین تطابق بدهیم این موضوع روشن می‌شود که با گسترش این شهر در طی این ۳۰ سال میزان وسعت لکه‌های گرم این شهر هم رشد داشته است. به طوری که میزان مساحت از ۱۴/۳۰۰ متر مربع در سال ۱۹۹۰ به ۲۶۷/۶۶۰ متر مربع در سال ۲۰۲۰ رسیده است. در نقشه‌ای که از گوگل ارث گرفته شده میزان مساحت سال‌های ۱۹۹۰ با ۲۰۲۰ مقایسه گردید. این مسأله از این نقشه‌ها روشن شد که وسعت شهر ساری افزایش داشته و از ۱۹/۳ در سال ۱۹۹۰ به ۳۲/۷۵ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۰ رسیده است. این اعداد هم‌سو و مطابق با افزایش وسعت نقاط داغ شهر است. محققان و کارشناسان مربوطه در سطح منطقه می‌توانند از نتایج این تحقیق برای کسب اطلاع از دمای سطح زمین و ارتباط آن با کاربری‌های اراضی برای تعدیل جزیره حرارتی گام‌های مؤثری برداشته و سیاست‌های مطلوبی را اتخاذ نمایند.

نتایج تحقیق با پژوهش‌های دیگران که در این زمینه کار کردند مقایسه شده که دارای همخوانی و نتایج مشابه است. درویشی و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی وضعیت پراکندگی تابش‌های حرارتی و ارتباط آن با نوع کاربری‌های موجود، در شناخت میکروکلیمای نواحی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست طی یک دوره ۳۳ ساله



رفته، درختان منطقه قطع شده یا در توسعه فضای سبز استاندارد لازم رعایت نشده است. دو ناحیه گرم یا همان جزیره گرمایی با دمای سطحی بالا در حال شکل‌گیری و توسعه بر روی سایر بخش‌های هم‌جوار است. نیمه شرقی منطقه ۱ بخصوص بخش جنوب شرقی آن به‌عنوان یک بخش بسیار گرم در تمام فصول خودنمایی می‌کند. در فصول گرم دمای سطحی در این ناحیه بسیار افزایش می‌یابد. در صورتی‌که بخش میانی که هنوز توانسته تا حدود زیادی فضای سبز خود را حفظ کند از شرایط بهتری برخوردار است.

شهرها نمود پیدا کرده است. افزایش اراضی ساخته‌شده با افزایش آلبیدو و افزایش دمای سطح زمین هم‌راستا بوده است. افزایش ساخت‌وساز در شهرها به‌واسطه افزایش سطوح نفوذناپذیر منجر به افزایش آلبیدو و متعاقب آن افزایش دمای سطحی شده است. منصور^۱ و همکاران (۲۰۱۹) به تأثیر تغییرات کاربری و کاهش فضای سبز شهری بر تشدید جزیره گرمایی و آلودگی شهر تهران با استفاده از داده‌های ایستگاه شمیرانات و تصاویر ماهواره لندست ۸ پرداختند که نتایج نشان داد در منطقه ۱ به دلیل ساخت‌وسازهای غیراصولی و بدون ضابطه در چند دهه‌ی اخیر، پوشش گیاهی از بین

¹ Mansouri



منابع

- Ahmadi, Mahmoud & Narengi Fard Mehdi (2015). Detection of land use change and its effect on temperature ranges in region one of Shiraz city, Quarterly Journal of Environmental Sciences, 13(2), 111-120 (In Persian).
- Darvishi, Shadman; Rashidpour, Mostafa & Solaimani, Karim (2019). Investigating the relationship between land use changes and surface temperature using satellite images Case study: Marivan city, Geography and Development Quarterly, 17 (15), 143-162 (In Persian).
- Ebrahimi, Abbas; Safarrad, Taher & Janbaz Qobadi, Gholamreza (2019). The relationship between urban land uses and changes in radiation characteristics, a case study: middle cities of Mazandaran province, urban structure and function studies, 6(21), 161-178. (In Persian)
- Ebrahimi, Abbas, Safarrad, Taher & Janbaz Qobadi, Gholamreza (2023). Evaluation of land use changes and its effect on surface albedo and surface temperature, Physical Geography, 15 (59), 1-21 (In Persian).
- Hekmatnia, Hassan and Mousavi, Mir Najaf (2006). Application of the model in geography with emphasis on urban and regional planning, Alam Novin Publications, Yazd (In Persian.)
- Hemmati, Yaser (2014). Investigation of land surface temperature and its relationship with urban use using Landsat 8 satellite images in Kermanshah. Master Thesis, University of Tabriz.
- HTPP//Global Modeling and Assimilation Office (GMAO) (2015), inst3_3d_asm_Cp: MERRA-2 3D IAU State, Meteorology Instantaneous 3-hourly (p-coord, 0.625x0.5L42), version 5.12.4, Greenbelt, MD, USA: Goddard Space Flight Center Distributed Active Archive Center (GSFC DAAC), Accessed Enter User Data Access Date at doi: 10.5067/VJAFPL1ICSIV.
- Khosravi, Yunus, Heydari, Mohammad Ali, Tavakoli, Azadeh, Zamani, Abbas Ali (201۷). Analysis of the relationship between temporal changes in surface temperature and the spatial pattern of land use changes (a case study of Zanjan city), Space Planning and Planning, 21(3), 119-144. (in Persian)
- Mansouri, Sahar; Khalidi, Shahriar; Borna Reza & Asadian, Farideh (2019), The effect of changes in usage and reduction of urban green space on the aggravation of heat island and pollution in Tehran (Case study: Region 1), Geography (Quarterly Scientific and Research Journal of the Geographical Society of Iran), 17 (63), 114-129 (In Persian).
- Mazedi, Ahmad & Narangi Fard, Mehdi (2016). The impact of urban



- development and land use changes on the climatic elements of Shiraz and Fasa, *Geographical Sciences Land Use Research Journal*, 16(40), 131-154 (In Persian).
- Nadizadeh Shorabeh; Saman, Hamzeh, Saeed; Kiavarz, Majid & Afsharipour, Seyed Karim (2018). Investigating spatial-temporal changes in land use, urban expansion and its effect on growth Earth surface temperature using multi-temporal Landsat images (Case study: Zahar Gorgan), *Urban Planning Geography Research*, 6(3), 545-568. (in persian)
- Nilyeh Borojni, Marzieh & Ahmadi Nadushan, Mozghan (2019). Investigating the relationship between urban vegetation and land surface temperature using Landsat TM and OLI satellite images and LST measurements in Isfahan city, *Environmental Sciences Quarterly*, 17(4) 163-178. (in persian)
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108, 1-24.
- Pal, s., & Ziaul, s. (2017). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre The *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1), 125-145. (In Persian)
- Ranjbar Saadati; Abbas, Azadi, Majid; AkbariBidokhdi & Aliakbar Sadeghi Hoseini, Sayed Alireza (2005). A case study of Tehran thermal island and its numerical simulation, *Journal of Earth and Space Physics*, 31, 87-63 (In Persian)
- Rezaei, Yousef and Khoshgoftar, Mehdi (2000). Investigation of land surface temperature and its relationship with urban land use coverage classes using ETM sensor data, *Case study of Tehran, Geomatics Conference*. (In Persian)
- Roshni, Ahmed: Qaemi, Hoshang, Hejazizadeh, Zahra. (2014), Long-term temporal-spatial changes of net radiation flux in Iran, *Geography and Environmental Hazards*, 10, 55-72.
- Scuro, G. (2012). *Climate and city*, translated by Kazem Jajarmi, Goharbar Thoughts, Tehran. (In Persian)
- Shamsipoor, Ali Akbar; Azizi, Qasem; Karimi Ahmadabad Mostafa; Moqbel, Masoumeh (1393). Assessing the Physical Surface Temperature Patterns in Urban Environment (Case Study: Tehran) *Natural Geographical Research*, 46(1), 59-76. (In Persian)
- Shariatmadari, Ehsan; Sanmari, Mohammad Mahdi; Madi, Hossein, and Mehrabani Golzar, Mohammad Reza. (2019). Landscape planning based on microclimate with the aim of reducing air pollutants in metropolises Case study: district 22 of



- Tehran Bagh Nazar, 16(72), 41-52. (In Persian).
- Sobhani, Behrouz & Mansouri, Milad. Analyzing the role of temperature changes in urban land uses using Landsat satellite images, a case study of Amel city (1402), Environmental Science Studies, 8(4), 7437-7448(in persian)
- Ullah, S., Ahmad, K., Sajjad, R. U., Abbasi, A. M., Nazeer, A., & Tahir, A. A. (2019). Analysis and simulation of land cover changes and their impacts on land surface temperature in a lower Himalayan region. Journal of Environmental Management, 245, 348-357.
- Zaynali, B., Mollanouri, E., & Safary, S. (2022). Investigation of land use changes and climatic components in Meshkinshahr city. Journal of Water and Soil Resources Conservation, 12(3), 15-31. (In Persian)