Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems

Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Spatial distribution of land surface temperature in Zanjan Province

Ghobad Rostamizad[1], Hassan Shadman[*2]

1. Professor Assistant of Soil Conservation and Watershed Management Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Zanjan, Iran, Email: gh.rostamizad@areeo.ac.ir
2. Researcher of Soil Conservation and Watershed Management Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Zanjan, Iran, Email: h.shadman.a@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:

Research Paper

Article history

Received: 12 May 2024

Revised: 03 July 2024

Accepted: 05 July 2024

Published online: 16 November 2024

Keywords:

Land surface temperature, Modis, Spatial distribution, Zanjan.

ABSTRACT

Land surface temperature is a parameter that affects many natural and human processes. In this study, the spatial distribution of surface temperature in Zanjan Province from 2001 to 2023 was investigated. In addition, the effects of elevation, longitude, and latitude on the temperature distribution of the land surface, its spatial pattern, and the temperature zones of the province were evaluated and revealed using partial correlation methods, G* statistic, and clustering analysis, respectively. The results showed that the mean temperature of the land surface is 24.6 °C during the day and 5.3 °C at night. The relationship between elevation, longitude, and latitude with surface temperature is negative. elevation has the greatest effect on temperature, but the effect of latitude and longitude is weak. However, the temperature decreases by moving from south to north, west to east, and from lowlands to high elevations. The land surface temperature in the province follows a cluster pattern with a certainty of 95% or more, in which the lowlands and heights of the province have played the most role in its formation; Also, the province can be divided into four temperature zones, where the direction and boundaries of the zones follow the shape of the land. The mean daytime land surface temperature of the earth in the first group is 23.9 °C, the second group is 27.3 °C, the third group is 28.8 °C, and the fourth group is 18.8 °C. In addition, the mean temperature at night in the first group was 4.4 °C, the second group was 6.9 °C, the third group was 12.1 °C, and the fourth group was 1.9 °C.

Citation: Rostamizad, G.H., & Shadman, H. (2024). Spatial distribution of land surface temperature in Zanjan province, *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 12(3), 45-60.

DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association

© Author(s)

***Corresponding author:** Hassan Shadman

Address: Researcher of Soil Conservation and Watershed Management Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Zanjan, Iran

Tel: +989111837520

Email: h.shadman.a@gmail.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Spatial distribution of land surface temperature in Zanjan Province

Ghobad Rostamizad[1], Hassan Shadman[*2]

1. Professor Assistant of Soil Conservation and Watershed Management Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Zanjan, Iran, Email: gh.rostamizad@areeo.ac.ir
2. Researcher of Soil Conservation and Watershed Management Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Zanjan, Iran, Email: h.shadman.a@gmail.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Land surface temperature is a parameter that affects many natural and human processes. For example, the temperature of the land surface affects energy consumption in cities; Or the growth of plants is affected by the temperature of the land surface and soil. On the other hand, the physics of the land surface, land use, topography, amount, and aspect of slope have a significant effect on this parameter. Therefore, the temperature of the land surface can be diverse in short distances. The review of the conducted studies shows that the temperature of the land surface has been evaluated and investigated less in spatial scales larger than the city. Knowing the spatial and temporal distribution of the surface temperature on regional scales can be one of the bases for explaining climate variability and the relationships between environmental factors and climate on regional and smaller scales. However, especially in our country, few studies can be found that have investigated the temporal or spatial distribution of the land surface temperature on scales larger than the city. In this study, the spatial distribution of the mean temperature of the land surface in Zanjan Province in the period 2001-2023 has been investigated using MODIS products for day and night. In this regard, the mean annual temperature, its variability, the relationship of the land surface temperature with longitude, latitude, and elevation, and the spatial pattern of temperature and temperature zones were investigated.

Methodology: Zanjan Province is located in the northwest of Iran with an area of nearly 22164 square kilometers between the provinces of Guilan, Ardabil, Eastern Azerbaijan, Western Azerbaijan, Kurdistan, Hamadan, and Qazvin. The elevation of the province is between 264 and 3300 m, and the direction of its mountains is mostly north-west to south-east. Therefore, the slopes mostly have an eastern, northeastern, western, and southwestern aspect. The height lands of the province are separated by valleys and lower lands, and the slope is between 0° and 57°. The land surface temperature survey was performed using the MOD11A2 V6.1 MODIS product, Terra satellite. The spatial resolution of these data is 1000 m by 1000 m and is available to users in the form of 8-day means. The data were received from the Google Earth Engine website from 2001 to 2023. In addition, an SRTM digital elevation model with a spatial resolution of 90 m by 90 m was used to identify elevation features. To analyze the surface temperature, the received temperature data, which are mean of 8 days, were converted to annual mean for day and night. Then, the mean and standard deviation of the annual land surface temperature from 2001 to 2023 were calculated and displayed. Partial correlation was used to investigate the relation between latitude, longitude, elevation, and temperature. In addition, the G^* method was used to identify the spatial pattern of temperature distribution, and clustering analysis was used for zoning the land surface temperature.

Results and Discussion: The highest mean temperature of the land surface of the province during the days was between 26 and 31 °C, and the lowest value was between 11 and 16 °C. At night, the highest mean temperature was 9–13 °C and the lowest was between 0 and 3 °C.

The analysis of the relationship between the temperature of the land surface with longitude, latitude, and elevation showed that the relation between the temperature of all three mentioned factors in the province is

***Corresponding author:** Hassan Shadman
Address: Researcher of Soil Conservation and Watershed Management Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Zanjan, Iran
Tel: +989111837520
Email: h.shadman.a@gmail.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

negative and significant with more than 99% confidence. The zoning of the land surface temperature using the cluster analysis method showed that Zanjan Province is divided into four zones. The first group covered the largest area of the province (49.36 percent) with a mean temperature of 23.9 °C on days and 4.4 °C at night. The second temperature zone experienced a mean temperature of 27.3 °C on days and 6.9 °C at night. The third zone contains the warmest lands of the province with mean temperatures of 28.8 and 12.1 °C during the day and night. At the end of the fourth group, it is the coldest temperature zone of the province with a mean day temperature of 18.8 and 1.9 °C at night.

Conclusion: The result of this study showed that the mean temperature of the land surface was 24.6 ± 3.6 degrees at day and 5.3 ± 2.6 degrees Celsius at night. The zones with maximum and minimum temperatures are more affected by the elevation, so they coincide with the highest and lowest lands of the province. The partial correlation test also shows that the effect of elevation on the spatial distribution of land surface temperature is greater than that of latitude and longitude. Also, the maximum and minimum temperature clusters that follow the lows and highs of the land indicate the presence of significant spatial correlation in the mountains and lowlands of the province. The clustering of land surface temperature of the province also shows that there are four distinct temperature zones in Zanjan. The spatial distribution of these four zones also follows the elevations of the earth more than anything else. Such a way that the warmest temperature zone corresponds to the Ghezel OzanValley in the northeast and the coldest temperature zone corresponds to the highest lands and mountains of the province. Therefore, among the three factors of altitude, longitude, and elevation, elevation has the most effect on the spatial distribution of land surface temperature.

Ethical Considerations

Data availability statement: All information and results are presented in the text of the article.

Authors' contribution: **Gh.R.:** Modeling, analysis, and writing. **H.Sh.:** Modeling, analysis, and writing.

Conflicts of interest: This article was extracted from the research project with approved code 01-29-047-00037-000893.

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

توزیع مکانی دمای سطح زمین در استان زنجان

قباد رستمی‌زاد[۱]، حسن شادمان[۲*]

۱. استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران، gh.rostamizad@areeo.ac.ir

۲. محقق بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران، h.shadman.a@gmail.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۲۳ اردیبهشت ۱۴۰۳
بازنگری: ۱۳ تیر ۱۴۰۳
پذیرش: ۱۵ تیر ۱۴۰۳
انتشار برخط: ۲۶ آبان ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی: دمای سطح زمین، توزیع مکانی، مودیس، زنجان.

چکیده

دمای سطح زمین یکی از فراسنج‌های اثرگذار بر بسیاری از فرایندهای طبیعی و انسانی است. در این پژوهش توزیع مکانی دمای سطح زمین در استان زنجان در دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ با استفاده از فراورده MOD11A2 V6.1 مودیس بررسی شده است. در این راستا اثر ارتفاع طول و عرض جغرافیایی بر پراکندگی دمای سطح زمین، الگوی مکانی آن و پهنه‌های دمایی استان به‌ترتیب با استفاده از روش‌های همبستگی جزئی، آماره G^* و تحلیل خوشه‌ای ارزیابی و آشکار شد. یافته‌ها نشان داد که میانگین دمای سطح زمین در روز ۲۴/۶ و در شب ۵/۳ درجه سلسیوس بوده است. بررسی اثر عوامل مکانی بر دمای سطح زمین نشان داد که رابطه ارتفاع طول و عرض جغرافیایی با دمای سطح زمین منفی است. از این‌رو با حرکت از جنوب به شمال، غرب به شرق و زمین‌های پست به بلندی‌ها دما کاهش می‌یابد. با این‌همه ارتفاع بیش‌ترین اثر را بر دما دارد و اثر طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی ضعیف‌تر است. ازاین‌رو اثر ارتفاع می‌تواند بر اثر طول و عرض جغرافیایی چیره شود. دمای سطح زمین در استان، با اطمینان ۹۵ درصد و بیش‌تر از یک الگوی خوشه‌ای پیروی می‌کند که پستی‌ها و بلندی‌های استان بیش‌ترین نقش را در شکل‌گیری آن داشته‌اند؛ به‌گونه‌ای که خوشه‌های بیشینه دما هماهنگ با زمین‌های پست و خوشه‌های کمینه دما هماهنگ با بلندی‌ها است. پهنه‌بندی دمای سطح زمین نشان داد که گستره استان را می‌توان به ۴ پهنه دمایی بخش کرد؛ به‌گونه‌ای که میانگین دمای روزهنگام و شب هنگام سطح زمین در هر چهار پهنه با اطمینان بیش از ۹۹ درصد متفاوت هستند. ارتفاع و شکل زمین در ایجاد پهنه‌های چهارگانه دمایی برجسته‌ترین نقش را داشته‌اند؛ ازاین‌رو گرم‌ترین پهنه هماهنگ با زمین‌های پست شمال شرقی استان (دره قزل اوزن) و سردترین پهنه هماهنگ با مرتفع‌ترین نواحی استان هستند. هم‌چنین سمت و سوی پهنه‌ها در بیش‌تر نواحی شمال غربی جنوب شرقی است. دمای روزهنگام سطح زمین در گروه نخست ۲۳/۹، گروه دوم ۲۷/۳، گروه سوم ۲۸/۸ و گروه چهارم ۱۸/۸ درجه سلسیوس است. هم‌چنین میانگین دمای شب‌هنگام سطح زمین در گروه نخست، ۴/۴، گروه دوم ۶/۹، گروه سوم ۱۲/۱ و گروه چهارم ۱/۹ درجه سلسیوس بوده است. از این‌رو گروه سوم گرم‌ترین و گروه چهارم سردترین پهنه‌های دمایی هستند.

استناد: رستمی‌زاد، قباد، و شادمان، حسن. (۱۴۰۳) توزیع مکانی دمای سطح زمین در استان زنجان. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۲(۳)، ۴۵-۶۰

DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

© نویسندگان

* **نویسنده مسئول:** حسن شادمان
نشانی: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
تلفن: ۰۹۱۱۱۸۳۷۵۲۰
پست الکترونیکی: h.shadman.a@gmail.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]

مقدمه

دمای سطح زمین (LST)[1] یکی از فراسنج‌های اثرگذار بر بسیاری از فرایندهای طبیعی و انسانی است. برای نمونه دمای سطح زمین بر مصرف انرژی در شهرها اثر دارد؛ و یا رویش گیاهان از دمای سطح زمین و خاک اثر می‌پذیرد. از سوی دیگر فیزیک سطح زمین، کاربری زمین، پستی‌ها و بلندی‌ها، اندازه و راستای شیب به شکل چشم‌گیری بر این فراسنج اثر دارند. از این‌رو دمای سطح زمین می‌تواند در مسافت‌های کوتاه بسیار گوناگون و نایکنواخت باشد.

برخلاف اندازه‌گیری‌های دمای هوا، دمای سطح زمین که با به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای، برآورد می‌شود ارزیابی ژرفی در زمینه‌ی حساسیت‌های مکانی فراهم می‌کنند (Estoque et al., 2017; Zhou et al., 2018). شناخت پراکنش مکانی دمای سطح زمین به‌ویژه در سده کنونی که مقابله با دگرگونی‌های آب‌وهوایی، مهم‌ترین اولویت برای حفظ سلامت زیست‌بوم‌ها و آسایش انسان است (Prieur-Richard et al., 2019) نه‌تنها سودمند که بایسته است. با نگرش به این که گزارش‌های انجمن بین دولتی تغییر اقلیم (IPCC)[2] و کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد دگرگونی‌های آب‌وهوا (UNFCCC)[3] به‌طور پیاپی بر پیامدهای بزرگ گرمایش جهانی پافشاری می‌کنند (Garcia, 2021; Pachauri et al., 2014)، پژوهشگران فراوانی در تلاش هستند تا توزیع مکانی و زمانی فراسنج‌های آب‌وهوایی، هم‌چنین فرایندها و پیامدهای دگرگونی‌های آب‌وهوا را بررسی و آشکار کنند. در این بین شناخت توزیع مکانی دمای سطح زمین می‌تواند زمینه‌های نخست برای شناسایی و تبیین کنش‌های بین ویژگی‌های آب‌وهوایی، محیطی، انسانی و اقتصادی را فراهم کند (Deilami et al., 2018). از سوی دیگر افزایش پیامدهای دگرگونی‌های آب‌وهوایی در محیط‌های شهری که خود پیامد کارکردهای انسانی و رشد بی‌رویه شهرها است (Broto & Bulkeley, 2013)؛ سبب شده است تا پژوهش‌های مرتبط با دمای سطح زمین بیش‌تر بر محیط‌های شهری و جزیره‌های گرمایی شهری متمرکز باشند. برای نمونه Deilami et al (۲۰۱۸) به بررسی عوامل زمانی و مکانی کارگر بر جزیره‌های گرمایی پرداخته‌اند. Li et al (۲۰۱۹) الگوهای زمانی–مکانی پدیده‌ی جزیره گرمایی شهری در هانگژو[4] را بررسی کردند و اثر افزایش جمعیت و فضای سبز بر آن را نشان دادند. Liu et al (۲۰۲۰) اثر پوشش– کاربری زمین را در ۱۰ شهر بزرگ چین بر دمای سطح زمین ارزیابی کردند و نشان دادند که پوشش زمین و توزیع جمعیت اثر درخور توجهی بر جزیره‌های گرمایی دارند. Wang & Murayama (۲۰۲۰) نشان دادند که گسترش نواحی شهری اثر ویژه‌ای بر دمای سطح زمین دارد. Wang et al (۲۰۲۰) ارتباط بین چشم‌انداز شهری، جمعیت و دمای سطح زمین در سه شهر بزرگ پیرامون رودخانه یانگتسه[5] را بررسی کردند.

نادی‌زاده شورابه و حمزه (۱۳۹۸) اثر متغیرهای محیطی و جمعیتی در توزیع مکانی دمای سطح زمین در کلان‌شهر تهران را ارزیابی کرده‌اند. یافته‌ها نشان داد که با افزایش شاخص‌های NDVI، NDWI و NDBI دمای سطح زمین به‌ترتیب کاهش، کاهش، و افزایش می‌یابد. اقدر و همکاران (۱۳۹۹) توزیع مکانی و تغییرات دمای سطح زمین با توجه به نقشه‌های کاربری زمین و شاخص پوشش گیاهی در شهرستان بهبهان را مورد واکاوی قرار دادند. طحانی یزدلی و همکاران (۱۴۰۲) دگرگونی‌های دمای سطح زمین و پیوند آن با پوشش زمین در شهر کاشان را مورد پایش قرار داده و نشان دادند که دمای سطح زمین در این شهر به شکل خوشه‌ای توزیع شده است. اسماعیلی (۱۴۰۱) تاثیر گسترش شهرنشینی بر روی دمای سطح زمین در شهر تبریز را ارزیابی کرده است.

نمونه پژوهش‌هایی که بیان شد نشان می‌دهد که دمای سطح زمین در مقیاس‌های مکانی فراتر از شهر کم‌تر مورد توجه بوده است. حال آن‌که شناخت توزیع مکانی و زمانی دمای سطح زمین در مقیاس‌های ناحیه‌ای می‌تواند یکی از پایه‌های تبیین تنوع آب‌وهوایی و پیوندهای بین عوامل محیطی و آب‌وهوا در مقیاس‌های ناحیه‌ای و کوچک‌تر باشد. با این‌همه به‌ویژه در کشور ما پژوهش‌های اندکی را می‌توان یافت که توزیع زمانی یا مکانی دمای سطح زمین را در مقیاس‌های فراتر از شهر بررسی کرده باشند. برای نمونه مرادی و همکاران (۱۳۹۵) شیب دمای سطح زمین در ایران را با استفاده از داده‌های روز هنگام مودیس بررسی کرده‌اند. احمدی و همکاران (۱۳۹۷) در دو پژوهش جداگانه میانگین‌های دمای سطح زمین در گستره کشور را برای ماه‌های مختلف سال در هنگام روز و هنگام شب به‌دست آورده‌اند. ذولفقاری و همکاران (۱۴۰۲) روند دمای سطح زمین در ایران مرکزی را برای دوره ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۶ بررسی کرده‌اند.

---

[1]- Land Surface Temperature
[2]- Intergovernmental Panel on Climate Change
[3]- United Nation Framework Convention on Climate Change
[4]- Hangzhou
[5]- Yangtze

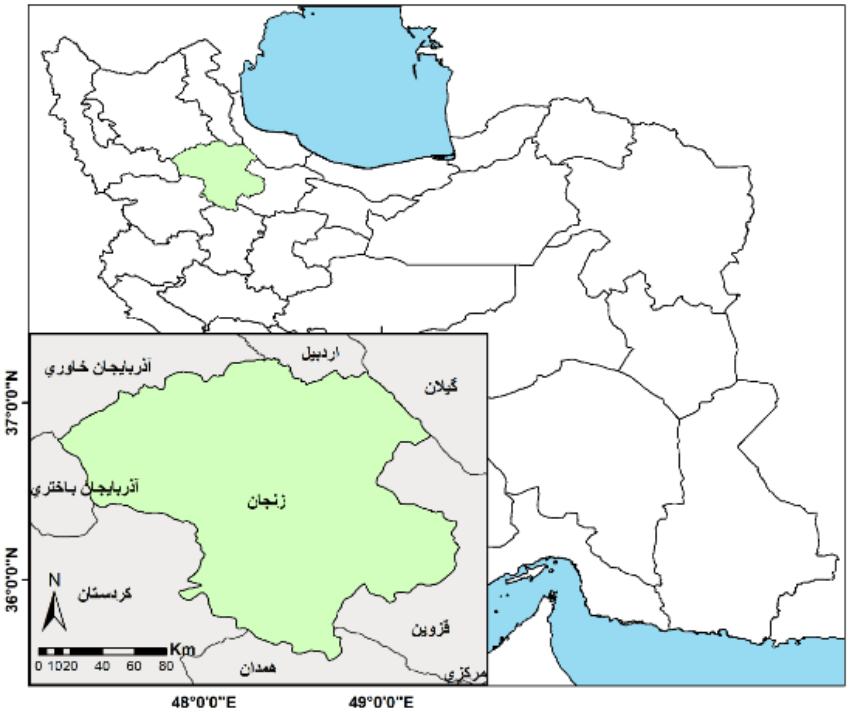
[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]

در پژوهش پیش رو کوشش شده است تا توزیع مکانی میانگین دمای سطح زمین در استان زنجان، در دوره ۲۰۰۱– ۲۰۲۳ با به‌کارگیری فراورده‌های مودیس برای روز و شب بررسی شود. در این راستا میانگین‌های دمای سالانه، تغییرپذیری آن، ارتباط دمای سطح زمین با طول، عرض جغرافیایی و ارتفاع، الگوی مکانی دما و پهنه‌های دمایی در گستره استان بررسی و نشان داده شده است.

مواد و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

شکل ۱ جایگاه سیاسی و جغرافیایی هم‌چنین شکل ۲ برخی ویژگی‌های طبیعی استان زنجان را نشان می‌دهند. این استان در شمال غربی ایران با گستره‌ای نزدیک به ۲۲۱۶۴ کیلومتر مربع با مختصات ۳۷/۲۳ تا ۳۵/۵۳ درجه عرض شمالی و ۴۷/۱۸ تا ۴۹/۴۵ درجه طول شرقی در میان استان‌های گیلان، اردبیل، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کردستان، همدان و قزوین جای دارد. ارتفاع استان بین ۲۶۴ تا ۳۳۰۰ متر و راستای کوهستان‌های آن بیش‌تر شمال غربی– جنوب شرقی است. از این‌رو دامنه‌ها نیز بیش‌تر دارای سمت‌وسوهای شرقی، شمال شرقی، غربی و جنوب غربی هستند. بلندی‌های استان به‌وسیله دره‌ها و زمین‌های پست‌تر از هم جداشده و اندازه شیب بین صفر تا ۵۷ درجه است.

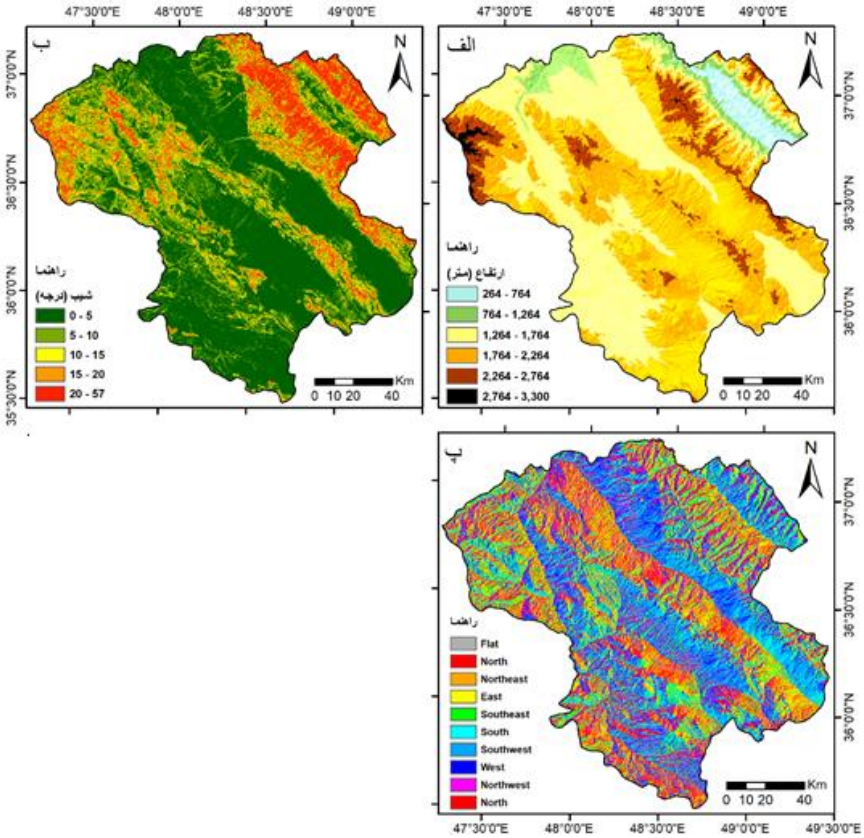


شکل ۱– جایگاه سیاسی و جغرافیایی استان زنجان

Figure 1- Political location of Zanjan Province

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]



شکل ۲- ارتفاع (الف)، شیب (ب) و جهت شیب (پ) در استان زنجان

Figure 2- Elevation (الف), slope (ب) and direction of slope (پ) in Zanjan province

روش تحقیق

در این پژوهش برای بررسی دمای سطح زمین در استان زنجان از فراورده MOD11A2 V6.1 مودیس، از ماهواره ترا استفاده شده است. توان تفکیک مکانی این داده‌ها ۱۰۰۰ متر در ۱۰۰۰ متر بوده و به شکل میانگین‌های ۸ روزه در دسترس کاربران است. روش برآورد دمای سطح زمین در این فراورده یک الگوریتم پنجره مجزا است. داده‌های یاد شده از تارنمای سامانه گوگل ارث انجین[1] در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ دریافت شده است. هم‌چنین برای بررسی ویژگی‌های ارتفاعی از مدل رقومی ارتفاعی SRTM با توان تفکیک مکانی ۹۰ متر در ۹۰ متر استفاده شده است.

برای واکاوی دمای سطح زمین استان زنجان نخست داده‌های دمایی دریافتی که در بازه‌های زمانی ۸ روز هستند به میانگین‌های سالانه برای روز و شب تبدل شد. سپس میانگین و انحراف معیار سالانه دمای سطح زمین در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ محاسبه و نمایش داده شد. برای بررسی اثر پستی و بلندی‌های زمین، طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی بر دمای سطح زمین از همبستگی جزئی استفاده شد. در همبستگی جزئی رابطه میان دو متغیر بدون اثر یک یا چند متغیر دیگر بررسی می‌شود. شمار متغیرهای کنترل، پایه همبستگی جزئی را مشخص می‌کند. برای نمونه با یک همبستگی جزئی پایه دو می‌توان رابطه بین عرض جغرافیایی و دما را بدون اثر ارتفاع و طول جغرافیایی، با رابطه زیر به‌دست آورد:

$$r_{xy.mz} = \frac{r_{xy.m} - r_{xz.m} - r_{yz.m}}{\sqrt{1-r_{xz.m}^2}\sqrt{1-r_{yz.m}^2}} \quad (۱)$$

در این‌جا $r_{xy.mz}$ رابطه x و y با حذف اثر m و z است (برای مثال x عرض جغرافیایی، y دما، m طول جغرافیایی و z ارتفاع).

[1]- Google earth engine

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]

برای بررسی همبستگی مکانی و خوشه‌های بیشینه و کمینه دما از آماره گتیس ارد جی استار[1] استفاده شده است. گتیس و ارد (۱۹۹۱) برای شناسایی الگوی فضایی داده‌ها، آماره جی استار (G^*) را پیشنهاد داده‌اند. این آماره از مجموع ارزش‌های وزن‌دهی شده پیکسل‌ها در فاصله d از پیکسل iام نسبت به مجموع ارزش همگی پیکسل‌ها به‌دست می‌آید (Fischer., 2006):

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^{N} w_{ij}(d) x_j}{\sum_{j=1}^{N} x_j} \qquad (۲)$$

در رابطه بالا $w_{ij}(d)$ وزن غیر صفر پیکسل‌های همسایه است که از پیکسل iام به پیرامون کاسته می‌شود. با این همه تفسیر اندازه Z آماره بالا آسان‌تر و روشن‌تر است:

$$Z_i(d) = \frac{G_i^*(d) - E(G_i^*(d))}{\sqrt{\mathrm{var}(G_i^*(d))}} = \frac{\sum_j w_{ij}(d) x_j - w_i^* \bar{x}}{s\sqrt{\frac{w_i^*(n - w_i^j)}{n-1}}} \qquad (۳)$$

در این رابطه:

$$w_i^* = \sum_{i=1}^{N} w_{ij}(d) \qquad (۴)$$

$$s^2 = \sum_{j=1}^{N} \frac{x_j^2}{n - \bar{x}^2} \qquad (۵)$$

از این‌رو اندازه‌های مثبت و معنی‌دار نشان‌گر اندازه‌های بزرگ در داده‌ها با الگوی خوشه‌ای است. هم‌چنین اندازه‌های منفی و معنی‌دار این آماره نشان‌گر اندازه‌های کوچک در داده‌ها با الگوی خوشه‌ای است. از سوی دیگر اندازه‌های نزدیک به صفر نشان‌دهنده پراکندگی در داده‌ها است (Dai., 2010). در پایان برای پهنه‌بندی دمای سطح زمین در استان زنجان نخست تحلیل خوشه‌ای به روش پایگانی به روی داده‌های میانگین و انحراف معیار دمای روز و شب انجام شد و سپس برای شناسایی شمار گروه‌ها از آزمون t گروه‌های غیرهمبسته استفاده شد.

در روش تحلیل خوشه‌ای جایگاه ویژه‌ای به هر مشاهده در یک فضای چند بعدی داده می‌شود؛ که ابعاد را شمار ویژگی‌های اندازه‌گیری شده مشخص می‌کند. هم‌چنین به برای سنجش فاصله بین مشاهدات از روش‌های ریاضی استفاده می‌شود. از این‌رو تحلیل خوشه‌ای روشی مناسب برای شناسایی همانندی میان افرادِ یک گردایه است. در این پژوهش برای شناسایی فاصله‌ی بین افراد از روش فاصله اقلیدسی[2] به شکل زیر استفاده‌شده است (فرشادفر، ۱۳۸۴):

$$e_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_{ij} - x_{ik})^2} \qquad (۶)$$

که در آن x_{ij} اندازه ویژگی iام بر روی فرد jام و x_{ik} اندازه ویژگی iام روی فرد kام است. برای ادغام افراد در گروه‌ها نیز از روش Ward استفاده شده است. در روش Ward در هر گام، کمبود اطلاعاتی که بر اثر دسته‌بندی افراد در دسته‌ها به وجود می‌آید را می‌توان از روی مجموع مربعات خطای (SSE) هر نقطه از میانگین دسته‌ای که به آن وابستگی دارد، به‌دست آورد. از این‌رو در هر گام دو دسته‌ای که ادغام آن‌ها سبب کمینه شدن مجموع مربعات خطا شود، با هم ترکیب می‌شوند؛ بنابراین مشاهداتی که در یک جفت از گروه‌ها مجموع مربعات خطای کمینه داشته باشند، در یک دسته جای می‌گیرند. در این‌جا مجموع مربعات خطا به شکل زیر برآورد می‌شود (فرشادفر، ۱۳۸۴):

$$SSE = \sum_{j=1}^{k} \left[\sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}^2 - \frac{1}{n_j} \left[\sum_{i=1}^{n_j} x_{ij} \right]^2 \right] \qquad (۷)$$

که x_{ij} نمره فرد iام در دسته jام است. K شمار همه‌ی دسته‌ها در هر گام و n_j شمار افراد در دسته jام است.

[1]- Getis - Ord G* statistic
[2]- Euclidean Distance

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]

نتایج و بحث

میانگین دمای روز و شب

جدول ۱ آماره‌های میانگین دمای سطح زمین استان زنجان در روز و شب را نشان می‌دهد. بر پایه جدول یادشده میانگین دمای روز هنگام در دوره مورد بررسی ۳/۶ ± ۲۴/۶ درجه سلسیوس بوده؛ هم‌چنین فراوانی پیکسل‌های با دمای کم‌تر از میانگین بیش‌تر از پیکسل‌های با دمای بالاتر از میانگین است؛ به بیان دیگر در بیش‌تر گستره استان دمای روز هنگامِ سطح زمین گرایش به اندازه‌های کم‌تر از میانگین دارد. با این همه اندازه چولگی نشان می‌دهد که دمای بیش‌تر پیکسل‌ها نزدیک به میانگین است؛ از این‌رو انحراف‌های بیش‌تر از میانگین چندان رایج نیست. در شب هنگام میانگین دما به ۲/۶ ± ۵/۳ درجه سلسیوس رسیده است. هم‌چنین چولگی داده‌ها همانند دمای روز هنگام است از این‌رو در شب‌ها نیز بیش‌تر پیکسل‌ها گرایش به دماهای کم‌تر از میانگین داشته‌اند. کشیدی دمای شب هنگام از دمای روز هنگام نیز بیش‌تر بوده و نشان می‌دهد که در هنگام شب نیز بیش‌تر گستره استان دماهایی نزدیک به میانگین داشته‌اند.

جدول ۱- آماره‌های میانگین دمای سطح زمین در استان زنجان

Table 1- Mean surface temperature statistics in Zanjan Province

	Mean (C°)	Standard deviation (C°)	Skewness	Kurtosis
Day mean temperature	24.6	3.6	0.5	**3**
Night mean temperature	5.3	2.6	0.5	**3.7**

شکل ۳ دسته‌بندی میانگین و انحراف معیار سالانه دمای سطح زمین در استان زنجان را نشان می‌دهد. هم‌چنین گستره زیرپوشش هریک از دسته‌های دمایی در جدول ۲ دیده می‌شود. با نگرش به شکل و جدول یادشده سمت‌وسوی دسته‌های دمایی در بیش‌تر بخش‌های استان شمال غربی- جنوب شرقی است. از این‌رو پراکنش مکانی دما از پستی‌ها و بلندی‌های زمین و راستای آن‌ها پیروی می‌کند. از سوی دیگر می‌توان دید که هرچند ناهمسانی میانگین دمای شب هنگام و روز هنگام کمابیش زیاد است ولی بیشینه و کمینه انحراف معیار بین شب و روز تفاوت چندانی ندارند.

الف) میانگین و انحراف معیار دمای روز هنگام

بیش‌ترین میانگین دما در روز بین ۲۶ تا ۳۱ درجه سلسیوس و هماهنگ با زمین‌های پست و هموار استان بوده است. این بخش‌ها که بیش‌تر در جنوب غربی، شمال شرقی و شمال استان دیده می‌شوند ۳۶/۱ درصد از گستره استان زنجان را پوشش می‌دهند. کم‌ترین اندازه‌های دمای روز هنگام (۱۱ تا ۱۶ درجه سلسیوس) هماهنگ با بلندترین چکادهای استان در شمال شرقی و شمال غربی، جای دارند. بخش‌های یادشده تنها ۱/۵ درصد از گستره استان را شامل می‌شوند. دماهای بین ۲۱ تا ۲۶ درجه سلسیوس با بیش‌ترین گستره زیرپوشش (۴۹/۹ درصد) در تمامی بخش‌های استان دیده می‌شوند؛ با این همه بیش‌ترین پیوستگی و گسترش این دسته دمایی در بخش‌های میانی استان است. بین این دسته دمایی و سردترین زمین‌های استان دماهای ۱۶ تا ۲۱ درجه سلسیوس جای دارند که بیش‌تر هم‌سو با خطالرأس‌های اصلی بوده و ۱۲/۵ درصد از گستره استان را دربر می‌گیرند. بیش‌ترین اندازه انحراف معیار دمای روز هنگام بین ۱/۶ تا ۲ درجه سلسیوس است که گستره‌ای برابر با ۴۶/۷۷ درصد از استان را پوشش می‌دهد. این نواحی در تمامی بخش‌های استان به شکل پراکنده دیده می‌شوند با این همه بیش‌ترین پیوستگی این دسته در بخش‌های میانی استان با راستای شمال غربی — جنوب شرقی است و بیش‌ترین هم‌پوشی را با دسته دمایی ۲۱ تا ۲۶ درجه سلسیوس دارد. از سوی دیگر انحراف معیارهای بین ۱/۲ تا ۱/۶ درجه سلسیوس که در ۴۵/۷۷ درصد از گستره استان دیده می‌شوند بیش‌ترین هماهنگی را با دماهای ۲۶ تا ۳۱ درجه سلسیوس دارند. کم‌ترین گستره استان (۷/۴۵ درصد) دارای کم‌ترین اندازه‌های انحراف معیار (۱/۲ تا ۰/۸) نیز بوده است. بیش‌ترین فشردگی این بخش‌ها هماهنگ با دره قزل‌اوزن در شمال شرقی استان است.

ب) میانگین و انحراف معیار دمای شب هنگام

میانگین دمای سطح زمین استان در شب بین ۳- تا ۱۳ درجه سلسیوس بوده است. کم‌ترین اندازه‌های دما (۰ تا ۳- درجه سلسیوس) که ۱/۳ درصد از گستره استان را پوشش می‌دهند هماهنگ با بلندی‌های شمال غربی و بخش کوچکی از دره قزل‌اوزن در شمال غربی هستند. پس از این دسته، دماهای بین صفر تا ۳ درجه سلسیوس دیده می‌شوند که ۱۳/۷۲ درصد از گستره استان را پوشش داده‌اند. این بخش‌ها بیش‌تر هماهنگ با خطالرأس‌های اصلی و در راستای شمال غربی- جنوب شرقی هستند. دماهای بین ۳ تا ۶ درجه سلسیوس که بیش‌ترین گسترش مکانی (۴۹/۲۳ درصد) را دارند در تمامی پهنه استان دیده می‌شوند با این همه در بخش‌های میانی و جنوب غربی از پیوستگی چشم‌گیری برخوردارند. دماهای ۶ تا ۹ درجه در شمال و شمال غربی استان یک ناحیه پیوسته را ایجاد کرده‌اند و از این ناحیه به سوی بخش‌های میانی و جنوب غربی استان گسترش یافته‌اند. پوشش مکانی این دسته برابر با ۲۹/۱۸ درصد از گستره استان است. بیش‌ترین

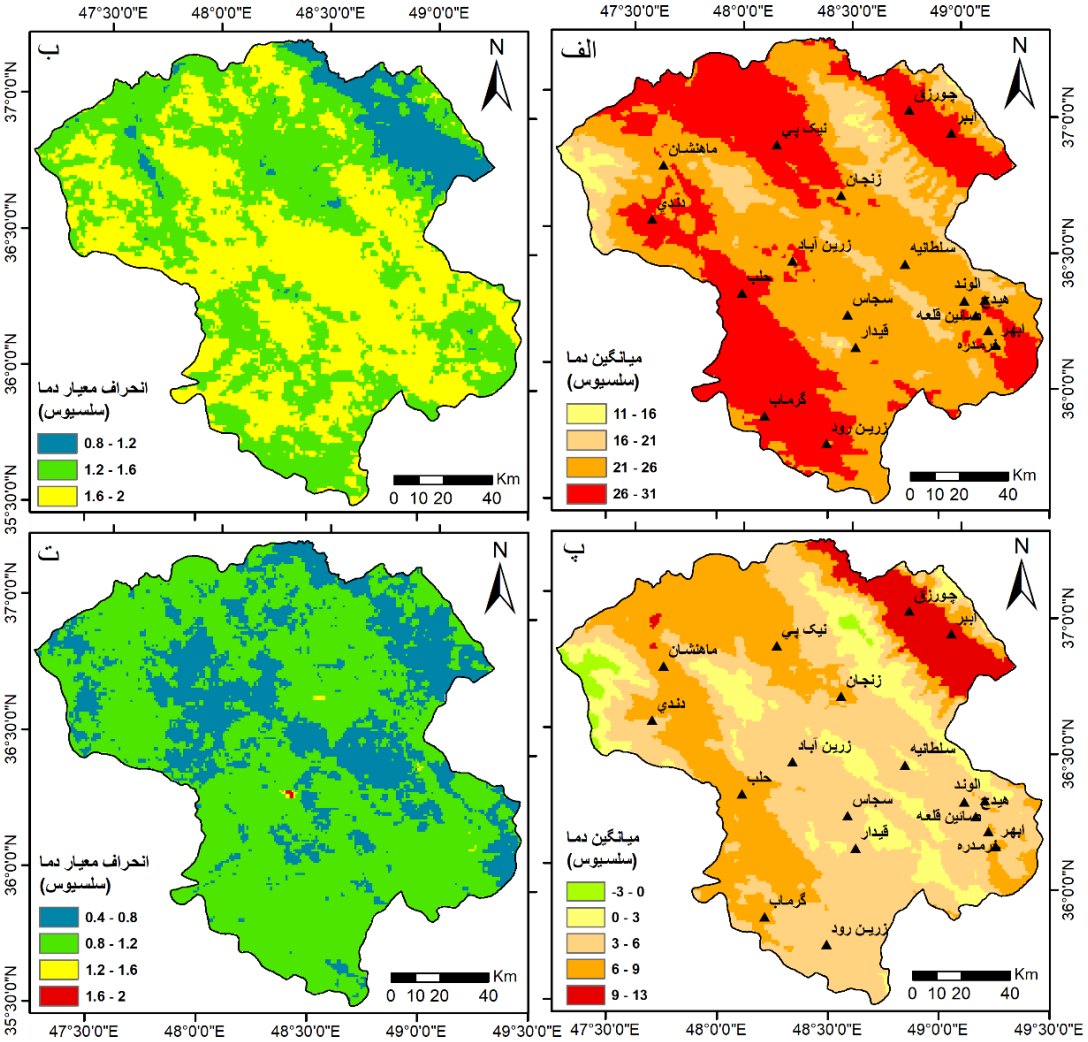
[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]

میانگین دمای شب هنگام ۹ تا ۱۳ درجه سلسیوس بوده که هماهنگ با دره قزل‌اوزن در شمال شرقی استان و بخش‌های کوچکی در شمال غربی است. این نواحی تنها ۶/۵۶ درصد از گستره استان را پوشش داده‌اند.

دامنه انحراف معیار دمای شب هنگام در برابر دمای روز هنگام بزرگ‌تر است. به‌گونه‌ای که ۲۸/۶۸ درصد از گستره استان تغییرپذیری بین ۰/۴ تا ۰/۸ درجه سلسیوس را نشان می‌دهد. این بخش‌ها بیش‌تر هماهنگ با دسته‌های دمایی ۳ تا ۶ و ۹ تا ۱۳ درجه سلسیوس هستند. با این همه ۷۱/۱۹ درصد از گستره استان دارای انحراف معیار دمای ۰/۸ تا ۱/۲ درجه سلسیوس بوده است. دسته‌های انحراف معیار ۱/۲ تا ۱/۶ و ۱/۶ تا ۲ درجه به‌ترتیب ۰/۱ و ۰/۰۳ درصد از پهنه استان را پوشش می‌دهند و در دو ناحیه کوچک در بخش‌های مرکزی دیده می‌شوند.

با نگرش به آن‌چه گفته شد بخش‌هایی از استان که دمای سطح زمین آن‌ها در هنگام روز بین ۲۶ تا ۳۱ درجه سلسیوس بوده است در هنگام شب معمولا دماهای بین ۶ تا ۱۳ درجه را از سر گذرانده‌اند. از سوی دیگر دماهای روز هنگام ۲۱ تا ۲۶ درجه بیش‌تر با دسته دمایی شب هنگام ۳ تا ۶ درجه سلسیوس هماهنگ است. هم‌چنین دماهای ۱۶ تا ۲۱ درجه روز هنگام هماهنگی چشم‌گیری با دماهای صفر تا ۳ درجه شب هنگام داشته‌اند. در پایان می‌توان دید که بخش‌های دارای دمای ۱۱ تا ۱۶ درجه در روز بیش‌تر با دماهای ۳- تا صفر درجه سلسیوس در شب هماهنگ هستند.



شکل ۳- میانگین دمای روز هنگام (الف)، انحراف معیار دمای روز هنگام (ب)، میانگین دمای شب هنگام (پ) و انحراف معیار دمای شب هنگام در استان زنجان

Figure 3- Mean day temperature (الف), standard deviation of day temperature (ب), mean night temperature (پ) and standard deviation of night temperature in Zanjan Province

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]

جدول ۲- دسته‌های میانگین و انحراف معیار دمای سطح زمین در استان زنجان به همراه گستره آن‌ها

Table 2- Groups of mean and standard deviation of land surface temperature in Zanjan Province with their area

	Temperatuer (C°)	Area (km²)	Area (%)
Daytime mean temperature	11 - 16	319.33	1.5
	16 - 21	2719.38	12.5
	21 - 26	10864.6	49.9
	26 - 31	7865.97	36.1
Standard deviation of daytime temperature	0.8 – 1.2	1622.71	7.45
	1.2 – 1.6	9965	45.77
	1.6 - 2	10183.2	46.77
Nighttime mean temperature	-3 - 0	284.06	1.3
	0 - 3	2988.55	13.72
	3 - 6	10721.2	49.23
	6 - 9	6356.17	29.18
	9 - 13	1429.34	6.56
Standard deviation of nighttime temperature	0.4 – 0.8	6245.2	28.68
	0.8 – 1.2	15501.6	71.19
	1.2 – 1.6	21.33	0.1
	1.6 - 2	7.13	0.03

همبستگی میانگین دمای شبانه‌روزی با عوامل مکانی

برای رسیدن به دریافتی بهتر از پیوند دمای سطح زمین با عوامل مکانی در استان زنجان، همبستگی میانگین دمایِ شبانه‌روزی سطح زمین با ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی، با به‌کارگیری روش همبستگی جزئی بررسی شده است که دستاورد آن در جدول ۳ دیده می‌شود. بر پایه این جدول پیوند بین دما و هر سه عامل یاد شده در استان منفی و با اطمینان بیش از ۹۹ درصد معنی‌دار است. از این‌رو با حرکت از غرب به شرق، از جنوب به شمال و از پستی‌ها به بلندی‌ها دمای سطح زمین کاهش می‌یابد؛ با این همه پیوند بین دما با طول و عرض جغرافیایی کمابیش سست بوده است. از این‌رو اثر پستی‌ها و بلندی‌ها بر اندازه دما به شکل چشم‌گیری بیش از دو عامل دیگر است. وجود رابطه معنی‌دار بین دمای سطح زمین و ارتفاع در استان کرمان (حمزه و همکاران، ۱۳۹۷) نیز گزارش شده است.

جدول ۳- همبستگی جزئی بین دما، ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی

Table 3- Partial correlation between temperature, elevation, longitude and latitude

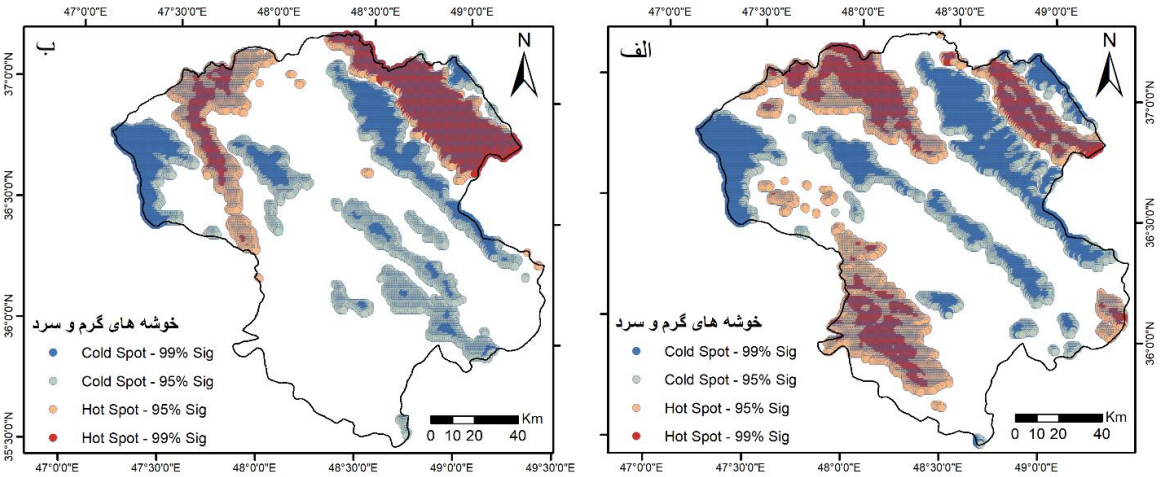
Independent variable	Correlation coefficient	P value
Longitude	-0.26	**0**
Latitude	-0.29	**0**
Elevation	-0.83	**0**

الگوی مکانی دمای سطح زمین در روز و شب

شکل ۴ خوشه‌های بیشینه و کمینه دمای سطح زمین را که همبستگی مکانی آن‌ها با اطمینان بیش از ۹۵ درصد معنی‌دار است نشان می‌دهد. بر پایه شکل یادشده خوشه‌های کمینه دما در شب و روز، هماهنگ با پستی‌ها و بلندی‌های استان هستند. از این‌رو افزایش ارتفاع در شمال غربی، بخش‌هایی از مرکز، جنوب، شرق و شمال شرقی استان گستره‌هایی را ساخته که میانگین دمای سطح زمین در آن‌ها کمینه است. از سوی دیگر خوشه‌های بیشینه دما هماهنگ با زمین‌های پست استان هستند؛ با این همه کنش‌های عوامل مکانی و تابش در روز باعث شده است تا خوشه‌های بیشینه دما بین شب و روز اختلاف زیادی داشته باشند. روی هم رفته گستردگی خوشه‌های بیشینه در روز بیش‌تر از شب بوده است به گونه‌ای که در شب هنگام این خوشه‌ها تنها در نیمه شمالی استان دیده می‌شوند. با این وجود پیوستگی و گستردگی خوشه‌های بیشینه دما در دره‌های شمال شرقی و شمال غربی استان در هنگام شب بیش از روز بوده است. این رخداد می‌تواند پیامد وجود دامنه‌هایی با راستاهای جغرافیایی گوناگون، پیرامون این دره‌ها باشد. از این‌رو در هنگام روز به‌دلیل وجود نور خورشید، همواره بخشی از دامنه‌ها در سایه و بخشی دیگر در برابر آفتاب هستند. به بیان دیگر ناهمسانی مکانی دمای روز به‌دلیل کنش‌های تابش خورشیدی– دامنه بیش از شب بوده است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]



شکل ٤- خوشه‌های بیشینه و کمینه دمای روز هنگام (الف) و شب هنگام (ب) در استان زنجان

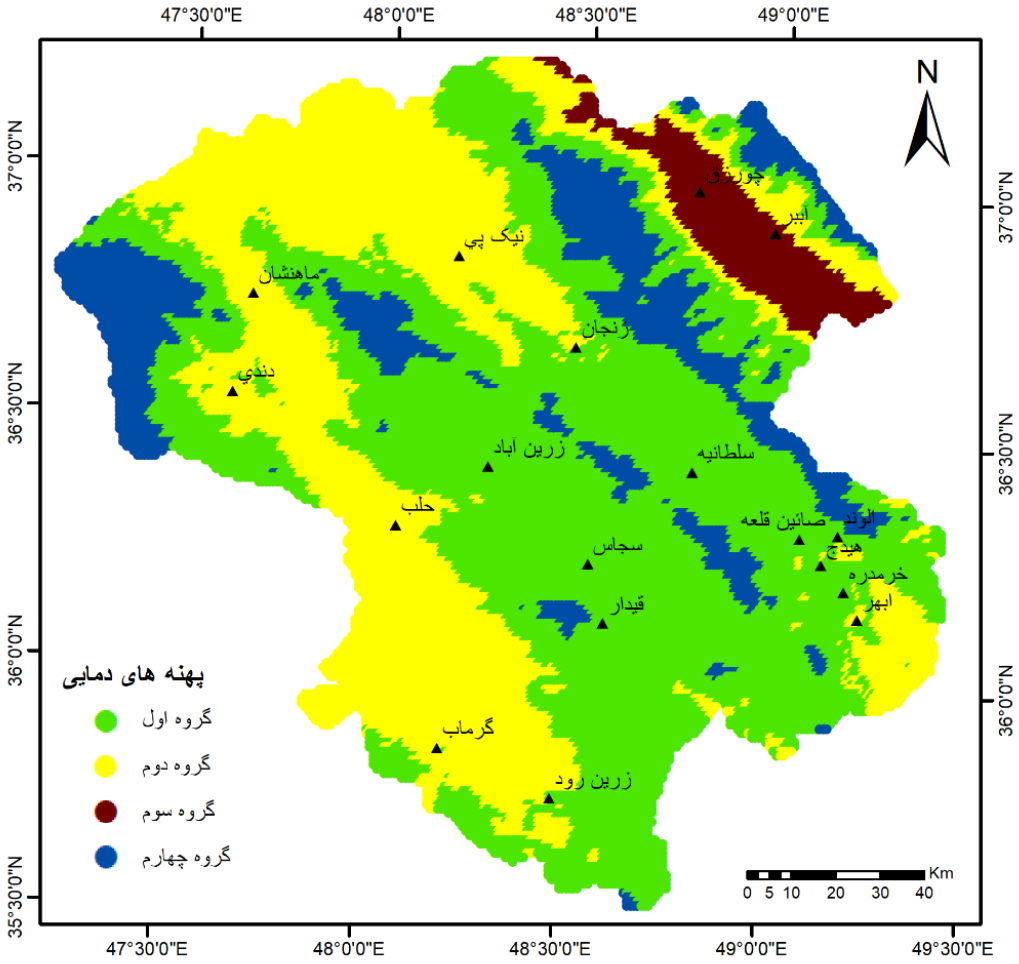
Figure 4- The maximum and minimum clusters of day (الف) and night (ب) temperatures in Zanjan Province

پهنه‌بندی دمای سطح زمین

شکل ۵ دستاورد پهنه‌بندی دمای سطح زمین و جدول ۴ برخی از ویژگی‌های هر یک از این پهنه‌ها را نشان می‌دهند. هم‌چنین بر پایه جدول ۵ میانگین دمای همه‌ی پهنه‌ها با اطمینان بیش از ۹۵ درصد در شب و روز ناهمسان است. همان‌گونه که دیده می‌شود استان زنجان از نظر دمای سطح زمین به چهار پهنه بخش می‌شود. گروه نخست با میانگین دمای روزانه ۲۳/۹ و میانگین دمای شبانه ۴/۴ درجه سلسیوس، بیش‌ترین گستره استان (۴۹/۳۶ درصد) را پوشش داده است. هرچند که این پهنه دمایی در همه‌ی نواحی استان دیده می‌شود؛ ولی بیش‌ترین فشردگی و پیوستگی را در بخش‌های میانی و جنوبی دارد. هم‌چنین پهنه یادشده بیش‌تر در اشکوب‌های ارتفاعی ۱۲۶۴ تا ۱۷۶۴ و به‌ویژه ۱۷۶۴ تا ۲۷۶۴ متر گسترش یافته است. پهنه دمایی دوم که پس از پهنه نخست از نظر گستردگی (۳۳/۹۸ درصد) جایگاه دوم را دارد؛ میانگین دمای روزانه ۲۷/۳ و شبانه ۶/۹ درجه سلسیوس را نشان می‌دهد. هرچند که گروه دمایی دوم نیز در نواحی گوناگون استان دیده می‌شود ولی بیش‌ترین گستردگی را در شمال، غرب و جنوب غربی دارد. هم‌چنین این پهنه هماهنگی بسیار زیادی با بلندی‌های میان ۱۲۶۴ تا ۱۷۶۴ متر دارد. پهنه سوم با میانگین دمای ۲۸/۸ و ۱۲/۱ درجه سلسیوس در روز و شب، گرم‌ترین زمین‌های استان را در خود جای داده است. این گروه از نظر گستردگی نیز کوچک‌ترین (۴/۲۲ درصد) پهنه دمایی است و تنها در شمال شرقی و بیش‌تر در بلندی‌های ۲۶۴ تا ۷۶۴ متر دیده می‌شود. هم‌چنین این گروه کم‌ترین اندازه انحراف معیار دما در روز و شب را داشته است. در پایان گروه چهارم با میانگین دمای روزانه ۱۸/۸ و شبانه ۱/۹ درجه سلسیوس سردترین پهنه دمایی استان است. این پهنه دمایی بیش‌تر با راستای شمال غربی- جنوب شرقی و هماهنگ با اشکوب ارتفاعی ۲۲۶۴ تا ۳۳۰۰ متر در گستره استان دیده می‌شود. درخور بیان است که در همه‌ی گروه‌ها با کاهش میانگین دما، انحراف معیار دما افزایش داشته است. از این‌رو در پهنه‌های سردتر و دارای ارتفاع بیش‌تر، تغییرپذیری میانگین دمای سطح زمین بیش‌تر بوده است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]



شکل ۵- پهنه‌بندی دمای سطح زمین در استان زنجان

Figure 5- The land surface temperature zoning in Zanjan Province

جدول ٤- ویژگی‌های پهنه‌های دمایی

Table 4 - Features of temperate zones

Group	Mean of temperatuer (C°)		Standard deviation (C°)		Area (%)
	Day	Night	Day	Night	
First	23.9	4.4	1.6	1.2	**49.36**
Second	27.3	6.9	1.4	1.3	**33.98**
Third	28.8	12.1	1.1	0.6	**4.22**
Fourth	18.8	1.9	1.9	1.4	**12.44**

جدول ۵- آماره P مقایسه میانگین دمای گروه‌ها در روز و شب

Table 5- The P statistic to compare the mean temperature of the clusters in the day and night

Group	First		Second		Third	
	Day	Night	Day	Night	Day	**Night**
First	0	0	0	0	0	**0**
Second			0	0	0	**0**
Third					0	**0**

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تلاش شد تا توزیع مکانی دمای سطح زمین استان زنجان در دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ با استفاده از سری زمانی فراورده MOD11A2 V6.1 مودیس بررسی شود. در این راستا اثر ارتفاع طول و عرض جغرافیایی بر پراکندگی دمای سطح زمین، الگوی مکانی آن و پهنه‌های دمایی استان به‌ترتیب با استفاده از روش‌های همبستگی جزئی، آماره G^* و تحلیل خوشه‌ای ارزیابی و آشکار شد. یافته‌های پژوهش

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]

نشان داد که میانگین روز هنگام دمای سطح زمین در استان زنجان ۳/۶ ± ۲۴/۶ درجه و میانگین شب هنگام آن ۲/۶ ± ۵/۳ درجه سلسیوس بوده است. رخداد دماهای بسیار زیاد یا بسیار کم نسبت به میانگین چندان رایج نبوده و بیش‌تر زمین‌های استان گرایش به دماهای نزدیک به میانگین دارند. بیش‌ترین میانگین دمای روز هنگام بین ۲۶ تا ۳۱ درجه و کم‌ترین اندازه‌های آن بین ۱۱ تا ۱۶ درجه سلسیوس بوده است. از سوی دیگر بیشینه‌های دمای شبانه بین ۹ تا ۱۳ و کمینه‌های آن بین صفر تا ۳ درجه سلسیوس است. گستره‌های دارای بیشینه و کمینه دما، بیش‌تر زیر اثر ارتفاع بوده، به‌گونه‌ای که با بلندترین و پست‌ترین زمین‌های استان هماهنگ هستند. آزمون همبستگی جزئی انجام شده نیز نشان می‌دهد که اثر ارتفاع بر توزیع مکانی دمای سطح زمین بیش‌تر از طول و عرض جغرافیایی بوده است. هم‌چنین خوشه‌های بیشینه و کمینه دما که از شکل پستی‌ها و بلندی‌ها پیروی می‌کنند نشان‌گر وجود همبستگی مکانی معنی‌دار در کوهستان‌ها و زمین‌های پست استان هستند. از سوی دیگر ناهمسانی خوشه‌های بیشینه بین شب و روز در دره‌ها نشان می‌دهد که چگونه کنش‌های تابش- جهت دامنه می‌توانند بر شکل‌گیری پهنه‌های دمایی نقش داشته باشند. به‌گونه‌ای که در شب با نبود تابش‌های مستقیم خورشیدی، گستردگی خوشه‌های بیشینه دما در دره‌ها و دشت‌های بین کوهستانی افزایش می‌یابد.

تغییرپذیری دمای سطح زمین در شب و روز نزدیک بوده است. با این همه در شب هنگام کمینه تغییرپذیری کوچک‌تر و هم‌چنین گستره‌های دارای بیشینه تغییرپذیری، نسبت به روز کم‌تر هستند. این وضعیت نیز می‌تواند پیامد توزیع ناهمگون تابش‌های دریافتی در هنگام روز، در شیب‌ها و جهت‌های جغرافیایی ناهمسان باشد. خوشه‌بندی دمای سطح زمین استان نیز نشان می‌دهد که چهار پهنه دمایی متمایز در گستره است وجود دارد. توزیع مکانی این چهار پهنه نیز بیش از هر چیز از پستی و بلندی‌های استان پیروی می‌کند. به‌گونه‌ای که گرم‌ترین پهنه دمایی هماهنگ با دره قزل‌اوزن در شمال شرقی و سردترین پهنه دمایی هماهنگ با بلندترین زمین‌ها و چکادهای استان هستند؛ بنابراین از بین سه عامل ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع بیش‌ترین اثر را بر پراکندگی مکانی دمای سطح زمین در گستره استان زنجان داشته است. وجود رابطه معنی‌دار بین دمای سطح زمین و ارتفاع در استان کرمان نیز گزارش شده است. با نگرش به اثر دمای سطح زمین بر فرایندهای شیمیایی، فیزیکی و زیستیِ زمین، یافته‌های این پژوهش می‌تواند به‌عنوان بخشی از اطلاعات ضرروی در مدیریت زمین و مهندسی محیط طبیعی کاربرد داشته باشد. به‌ویژه آن‌که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و فرآورده‌های آن‌ها پوشش کامل‌تری نسبت به داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی که در یک گستره جغرافیایی به شکل پراکنده توزیع شده‌اند و داده‌های آن‌ها نیازمند درون‌یابی است؛ به‌دست می‌دهند. هم‌چنین افزایش شمار تصاویر برداشت شده از یک ناحیه جغرافیایی در گذر زمان سبب شده است تا واکاوی آن‌ها دستاوردهای معتبرتری نسبت به گذشته داشته باشد. با این همه پیشنهاد می‌شود که رابطه دمای سطح زمین با اندازه و جهت شیب، هم‌چنین کاربری زمین در استان بررسی شود. روشن است که برای این بررسی به‌ویژه اثر اندازه و راستای شیب بر دمای سطح زمین نیاز است تا از داده‌های با توان تفکیک مکانی بیش‌تری استفاده شود.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است.

مشارکت نویسندگان: **قباد رستمی‌زاد:** مدل‌سازی، تحلیل و نگارش. **حسن شادمان:** مدل‌سازی، تحلیل و نگارش.

تضاد منافع نویسندگان: این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی با کد مصوب ۰۱-۲۹-۰۴۷-۰۰۰۳۷-۰۰۰۸۹۳ است.

منابع

۱. احمدی، محمود، داداشی رودباری، عباسعلی و احمدی، حمزه. (۱۳۹۷). واکاوی دمای روزهنگام سطح زمین ایران مبتنی بر برون‌داد سنجنده MODIS. *علوم محیطی*، ۱۶(۱)، ۶۸-۴۷. **https://envs.sbu.ac.ir/article_97918.html**

۲. احمدی، محمود، داداشی رودباری، عباسعلی، و احمدی، حمزه. (۱۳۹۷). پایش دمای شب هنگام سطح زمین در گستره ایران مبتنی بر برونداد سنجنده MODIS. *تحقیقات جغرافیایی*، ۳۳(۱)، ۱۹۰-۱۷۴. **doi: 10.29252/geores.33.1.174**

۳. اسماعیلی، سمیرا. (۱۴۰۱). کاربرد سنجش از دور حرارتی و GIS در ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیطهای شهری (مورد مطالعه شهر تبریز). *سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی*، ۲(۳)، ۲۳-۱. **https://rsgi.tabrizu.ac.ir/article_15374.html**

۴. اقدر، حسین، شایسته، کامران، محمدیاری، فاطمه و رنگزن، کاظم. (۱۳۹۹). ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین شهرستان بهبهان در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۲ با کاربرد سنجش از دور حرارتی. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۲(۳)، ۸۳۲- ۸۱۷. **doi: 10.22059/jhgr.2019.236547.1007487**

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]

۵. حمزه، سعید، میجانی، نعیم و کریمی فیروزجائی، محمد. (۱۳۹۷). مدل‌سازی ارتباط دمای سطح زمین، شرایط توپوگرافی و پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۰(۱)، ۵۵-۳۳. **doi: 10.22059/jphgr.2018.215259.1006930**

۶. ذوالفقاری، مریم، رایگانی، بهزاد، نظامی بلوچی، باقر، گشتاسب، حمید و جهانی، علی. (۱۴۰۲). واکاوی روند دمای سطح زمین در ایران مرکزی به پایهٔ سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای در طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۶. مدیریت بیابان، ۱۱(۳)، ۳۶-۱۷. **doi: 10.22034/jdmal.2023.2008659.1433**

۷. طحانی یزدلی، مصطفی، روستا، ایمان و عبدالعظیمی، هادی. (۱۴۰۲). تحلیل رابطه تغییرات زمانی دمای سطح زمین با الگوی فضایی تغییرات کاربری اراضی در راستای پایداری محیطی (مطالعه موردی: شهر کاشان). جغرافیا و پایداری محیط، ۱۳(۱)، ۲۰-۱. **doi: 10.22126/ges.2022.8014.2551**

۸. فرشادفر، عزت‌ا...، ۱۳۸۴، اصول و روش‌های آماری چند متغیره، چاپ دوم، انتشارات صدف، کرمانشاه.

۹. مرادی، مسعود، صلاحی، برومند و مسعودیان، سیدابوالفضل. (۱۳۹۵). بررسی شیب دمای سطح زمین در ایران با داده‌های روزهنگام مودیس. پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۴۸(۸)، ۵۳۲-۵۱۷. **doi: 10.22059/jphgr.2016.60823**

۱۰. نادی‌زاده شورابه، سامان، و حمزه، سعید. (۱۳۹۸). بررسی تأثیر پارامترهای محیطی و جمعیتی بر توزیع مکانی دمای سطح کلان‌شهر تهران با تلفیق مدل‌های آماری و مدل تک‌پنجره. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی ۵۱(۲)، ۲۸۲-۲۶۳. **doi: 10.22059/jphgr.2019.268626.1007292**

References

1. Aghdar, H., Shayesteh, K., Mohammadyari, F., & Rangzan, K. (2020). Evaluation of spatial distribution of earth surface temperature in Behbahan during 2000 _ 2014 period using thermal remote sensing. *Human Geography Research*, 52(3), 817-832. doi: 10.22059/jhgr.2019.236547.1007487 [In Persian]
2. Ahmadi, M., Dadashi Roudbari, A., & Ahmadi, H. (2018). Analysis of daytime land surface temperature in Iran based on the MODIS sensor output. *Environmental Sciences*, 16(1), 47-68. [In Persian]
3. Ahmadi, M., Dadashi Roudbari, A., & Ahmadi, H. (2018). Analysis of nighttime land surface temperature in Iran based on the MODIS sensor output. *Geographical Research*, 33(1), 174-190. doi: 10.29252/geores.33.1.174 [In Persian]
4. Broto, V. C., & Bulkeley, H. (2013). A survey of urban climate change experiments in 100 cities. *Global environmental change*, 23(1), 92-102. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.07.005
5. Dai, X., Guo, Z., Zhang, L., & Li, D. (2010). Spatio-temporal exploratory analysis of urban surface temperature field in Shanghai, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 24, 247–257. https://doi.org/10.1007/s00477-009-0314-2
6. Deilami, K., Kamruzzaman, M., & Hayes, J. F. (2016). Correlation or causality between land cover patterns and the urban heat island effect? Evidence from Brisbane, *Australia. Remote Sensing*, 8(9), 716. https://doi.org/10.3390/rs8090716
7. 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. https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.12.009
8. Esmaeeli, S. (2022). The application of thermal remote sensing and GIS in the assessment of the spatial distribution of land surface temperature in urban environments (The case of study of Tabriz city). *Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences*, 2(3), 23-1. https://rsgi.tabrizu.ac.ir/article_15374.html [In Persian]
9. Estoque, R. C., Murayama, Y., & Myint, S. W. (2017). Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Science of the Total Environment*, 577, 349-359. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.195
10. Farshadfar, A. (2005). Multivariate statistical principles and methods. Second edition, Sadaf Press., Kermanshah. [In Persian]
11. Fischer, M, M. 2006. Spatial Analysis and GeoComputation, *Springer Books, Springer, No.* 978-3-540-35730-8, June. https://doi.org/10.1007/3-540-35730-0
12. Garcia, M. L. C. T. (2021). The United Nations framework convention on climate change: orchestration as a governance mode Universidade de São Paulo].
13. Hamzeh, S., Mijani, N., & Karimi Firozjaei, M. (2018). Modeling the relationship between land surface temperature, topography and vegetation cover using Landsat 8 Satellite Imagery. *Physical Geography Research*, 50(1), 35-55. doi: 10.22059/jphgr.2018.215259.1006930 [In Persian]
14. Li, F., Sun, W., Yang, G., & Weng, Q. (2019). Investigating spatiotemporal patterns of surface urban heat islands in the Hangzhou Metropolitan Area, China, 2000–2015. *Remote Sensing*, 11(13), 1553. https://doi.org/10.3390/rs11131553

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]

15. Liu, F., Zhang, X., Murayama, Y., & Morimoto, T. (2020). Impacts of land cover/use on the urban thermal environment: a comparative study of 10 megacities in China. *Remote Sensing*, 12(2), 307. https://doi.org/10.3390/rs12020307
16. Moradi, M., Salahi, B., & Masoodian, S. A. (2016). Analysis of land surface temperature gradient of Iran using MODIS Terra and Aqua data. *Physical Geography Research*, 48(4), 517-532. doi: 10.22059/jphgr.2016.60823 [In Persian]
17. Nadizadeh Shorabeh, S., & Hamzeh, S. (2019). Investigating the effects of environmental and demographic parameters on the spatial distribution of surface temperature of Tehran by combining statistical and mono-window models. *Physical Geography Research*, 51(2), 263-282. doi: 10.22059/jphgr.2019.268626.1007292 [In Persian]
18. Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., ... & van Ypserle, J. P. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 151). Ipcc. https://epic.awi.de/id/eprint/37530/
19. Prieur-Richard, A.-H., Walsh, B., Craig, M., Melamed, M. L., Colbert, M. L., Pathak, M., Bulkeley, H. (2019). Global research and action agenda on cities and climate change science.
20. Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of environmental sciences*, 20(1), 120-128.
21. Tahani Yazdli, M., Rousta, I., & Abdolazimi, H. (2023). Analyzing the Relationship between Temporal and Spatial Changes in Daily Surface Temperature and the Spatial Pattern of Land Cover Changes in the Direction of Environmental Sustainability (Case Study: Kashan city_ Iran). *Geography and Environmental Sustainability*, 13(1), 1-20. doi: 10.22126/ges.2022.8014.2551 [In Persian]
22. Wang, L., Hou, H., & Weng, J. (2020). Ordinary least squares modelling of urban heat island intensity based on landscape composition and configuration: A comparative study among three megacities along the Yangtze River. *Sustainable Cities and Society*, 62, 102381.
23. Wang, R., & Murayama, Y. (2020). Geo-simulation of land use/cover scenarios and impacts on land surface temperature in Sapporo, Japan. *Sustainable Cities and Society*, *63*, 102432. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102432
24. Zhou, D., Xiao, J., Bonafoni, S., Berger, C., Deilami, K., Zhou, Y. Sobrino, J. A. (2018). Satellite remote sensing of surface urban heat islands: Progress, challenges, and perspectives. *Remote Sensing*, *11*(1), 48. https://doi.org/10.3390/rs11010048
25. Zolfaghari, M., Rayegani, B., Nezami Balouchi, B., Goshtasb, H., & Jahani, A. (2023). Analyzing the trend of the temperature parameters related to the central plateau of Iran Using a time series of satellite data. *Desert Management*, 11(3), 17-36. doi: 10.22034/jdmal.2023.2008659.1433 [In Persian]

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-07-21]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.3.5.2]