



Reanalyzing the Trend of Long-term Spatial Changes in the Minimum Temperature of Iran

Razieh Fanaei¹ | Yousef Ghavidel²  | Manuchehr Farajzadeh³ 

1. Department of Physical Geography, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: fanaie2005@yahoo.com

2. Corresponding Author, Department of Physical Geography, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: ghavidel@modares.ac.ir

3. Department of Physical Geography, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: farajzam@modares.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 21 Sept 2021

Received in revised form: 19 Nov 2021

Accepted: 22 Nov 2021

Available online: 11 Dec 2021

Keywords:

Spatial Change Trend,
Minimum Temperature Analysis,
Moran's index,
Hot Spots,
Iran.

ABSTRACT

Today, climate change has become a major challenge for human societies. The widespread concern of environmental scientists and researchers about global warming has prompted them to study the time series of climatic parameters, especially temperature to reveal the trends of these parameters over the past few decades. Due to the importance of this issue, the present study was conducted to investigate the trend of spatial changes in the minimum temperature of Iran. In this regard, V20CR networked minimum temperature data with daily time resolution and 1 in 1 degree spatial resolution during the period 2019-1836 have been used. First, the trend of minimum temperature changes was calculated using Mann-Kendall test. Then, using spatial statistical methods such as global and local Moran index and hot spot analysis, the patterns governing Iran's minimum temperature and their dispersion were identified. The results of this study showed that in the cold months of the year the zone is trendless, while the decreasing trend is dominant in Iran in the warm months of the zone. An increasing trend has been observed in the southern regions and to some extent in the southeast of Iran. A declining trend occurred in northwestern Iran in January and is gradually spreading throughout Iran in other months. In May, it reaches its maximum expansion in Iran. According to the World Moran Index, the minimum temperature in Iran has a pleasant pattern. The local Moran index also showed that the northwest of Iran follows the pattern of low cluster and the southern regions of Iran follow the pattern of high cluster. The findings from hot spots indicate that the northwestern regions have cold-temperature spots (negative spatial autocorrelation) and the southern regions have hot-temperature spots (positive spatial autocorrelation).

Cite this article: Fanaei, R., Ghavidel, Y., Farajzadeh, M. (2021). Reanalyzing the Trend of Long-term Spatial Changes in the Minimum Temperature of Iran. *Geography and Sustainability of Environment*, 11 (4), 1-17. DOI: 10.22126/GES.2021.6938.2453



© The Author(s).

DOI: 10.22126/GES.2021.6938.2453

Publisher: Razi University



واکاوی روند تغییرات فضایی بلندمدت دمای حداقل ایران

راضیه فنایی^۱ | یوسف قویدل رحیمی^۲ | منوچهر فرج زاده^۳

۱. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: fanaie2005@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: ghavidel@modares.ac.ir

۳. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: farajzam@modares.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	امروزه تغییرات آب‌وهوا به چالشی بزرگ برای جوامع بشری تبدیل شده است. نگرانی گسترده دانشمندان و محققان علوم محیطی از گرمایش جهانی، آنان را برانگیخت تا سری‌های زمانی پارامترهای اقلیمی، به‌ویژه دما، را مطالعه کنند و در پی آن، به آشکارسازی روندهای این پارامترها طی چند دهه اخیر بپردازند. با توجه به اهمیت این موضوع، پژوهش حاضر با هدف بررسی روند تغییرات مکانی دمای حداقل ایران انجام شده است. در این راستا، از داده‌های دمای حداقل شبکه‌بندی‌شده V20CR با تفکیک زمانی روزانه و توان تفکیک فضایی یک در یک درجه طی مقطع زمانی ۱۸۳۶ تا ۲۰۱۹ استفاده شده است. ابتدا روند تغییرات دمای حداقل با استفاده از آزمون من-کندال محاسبه شد. سپس با استفاده از روش‌های آمار فضایی، از جمله شاخص موران جهانی، محلی و تحلیل لکه‌های داغ، الگوهای حاکم بر دمای حداقل ایران و پراکندگی آن‌ها شناسایی شدند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد در ماه‌های سرد سال، پهنه بدون روند و در ماه‌های گرم، پهنه روند کاهشی بر سطح ایران غالب است. روند افزایشی در مناطق جنوبی و تا حدودی در جنوب شرق ایران مشاهده شده است. روند کاهشی در ماه ژانویه در شمال غرب ایران رخ می‌دهد و در سایر ماه‌ها به تدریج در حال گسترش در کل ایران است، به طوری که در ماه مه به حداکثر گسترش خود در سطح ایران می‌رسد. طبق شاخص موران جهانی، دمای حداقل ایران دارای الگوی خوشه‌ای است. شاخص موران محلی نیز نشان داد که شمال غرب ایران از الگوی خوشه‌ای پایین و نواحی جنوبی ایران از الگوی خوشه‌ای بالا تبعیت می‌کنند. یافته‌های حاصل از لکه‌های داغ نشان‌دهنده آن است که مناطق شمال غربی دارای لکه‌های دمایی سرد (خودهم‌بستگی فضایی منفی) و مناطق جنوبی دارای لکه‌های دمایی داغ (خودهم‌بستگی فضایی مثبت) هستند.
تاریخچه مقاله: تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۳۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۱ دسترسی آنلاین: ۱۴۰۰/۰۹/۲۰	
کلیدواژه‌ها: روند تغییرات فضایی، واکاوی دمای حداقل، شاخص موران، لکه‌های داغ، ایران.	

استناد: فنایی، رضیه؛ قویدل رحیمی، یوسف؛ فرج زاده، منوچهر (۱۴۰۰). واکاوی روند تغییرات فضایی بلندمدت دمای حداقل ایران. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۱ (۴)، ۱-۱۷. DOI: 10.22126/GES.2021.6938.2453



مقدمه

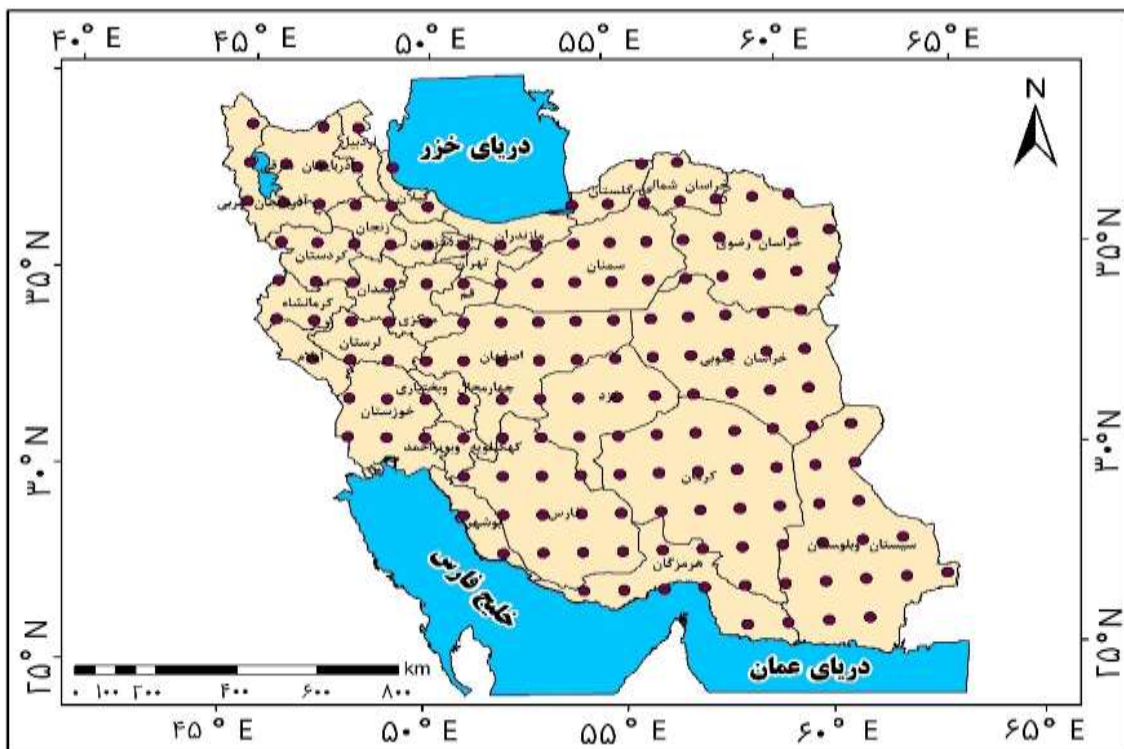
تغییرات اقلیم و نوسان دما از مسائل مهم زندگی بشر هستند. با بررسی تغییرات دما می‌توان تحولات اقلیمی یک منطقه را ردیابی کرد. تغییرات دما به‌عنوان مهم‌ترین نمود تغییر اقلیم در قرن حاضر مورد توجه است (علیجانی و قویدل رحیمی، ۱۳۸۴). مطالعات صورت گرفته در سطوح ملی، منطقه‌ای و جهانی، بیانگر افزایش دما در بسیاری از نقاط جهان و رفتار متفاوت دمای حداقل و حداکثر است. از جمله در شمال نیجریه، دمای حداکثر و حداقل ۱/۵ درجه افزایش یافته است (هس^۱، ۱۹۹۸: ۹۹). در آلاسکا دما در دوره ۱۹۴۹ تا ۱۹۹۸ افزایش داشته است (استافورد^۲ و همکاران، ۲۰۰۰). دمای فصلی و سالانه ژاپن بین ۰/۵۱ تا ۲/۷۷ درجه افزایش یافته است (یو و هوشینو^۳، ۲۰۰۳). دمای سالانه تابستان و زمستان جنوب غرب چین ۰/۳۳ و ۰/۲۶ درجه افزایش یافته است (فان^۴ و همکاران، ۲۰۱۱). دماهای حدی سرد کارپاتیان^۵ روند کاهشی و دماهای حدی گرم آن روند افزایشی داشته‌اند (بیرسان^۶ و همکاران، ۲۰۱۴). در چین شمالی دماهای حدی افزایش داشته‌اند (یو و لی^۷، ۲۰۱۵). از فراوانی وقوع دماهای حداقل زیر ۱۵- درجه شمال غرب ایران کاسته شده است (عالی‌جهان^۸ و همکاران، ۲۰۱۹). دماهای حدی ارتفاعات جنوب غربی چین افزایش داشته است (یوتینگ^۹ و همکاران، ۲۰۲۰). در حوضه رودخانه کوفرنیهون^{۱۰}، دما در زمستان کاهش و در بهار افزایش داشته است (گولاکمادو^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۰). دمای حداکثر در کارا، مانگو و نیامتوگوا^{۱۲} افزایش و در داپانگ کاهش داشته است (گاددجیسو^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۱). دمای حوضه‌های رودخانه‌های منطقه‌ای افزایش داشته است (نامدی و چاکومکا^{۱۳}، ۲۰۲۱). روندهای دهه‌ای دما با تغییرات روزانه ترموسفر پایینی، استراتوسفر و مزوسفر ارتباط نشان دادند (هوانگ و مایر^{۱۴}، ۲۰۲۱). دمای تابستان و پاییز در فوجیان چین روند افزایشی دارد (ما^{۱۵} و همکاران، ۲۰۲۱). در ایران، ۵۹ درصد ایستگاه‌ها روند مثبت دما و ۴۱ درصد روند منفی را نشان دادند (شیرغلامی و قهرمان، ۱۳۸۴). از نظر رحیم‌زاده و نساجی زواره (۱۳۹۲)، دمای حداقل و حداکثر ایران ۰/۴-۰/۵ و ۰/۲-۰/۳ درجه افزایش داشته است. طی ۶۰ سال گذشته، دمای حداقل سالانه مشهد دوبرابر دمای حداکثر افزایش داشته است (شمس و موسوی بایگی، ۱۳۹۳). جنوب شرق و جنوب غرب خراسان رضوی خودهم‌بستگی فضایی مثبت و مناطق شمالی و مرتفع مرکزی خودهم‌بستگی فضایی منفی داشته‌اند (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۴). قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۴) بیان داشتند دمای حداکثر ایران در تابستان افزایش داشته است. دمای ماهانه و فصلی ایران روند افزایشی داشته است (قویدل رحیمی و همکاران، ۱۳۹۶ الف). تغییرات دمای استان فارس از الگوی خوشه‌ای بالا برخوردار است (اسدی و کرمی، ۱۳۹۶). دمای حداقل ایران اغلب ماه‌ها تغییرات معنادار دارد (قویدل رحیمی

1. Hess
2. Stoford
3. Yue & Hoshinio
4. Fan
5. Carpathians
6. Birsan
7. Yu & Li
8. Aalijahan
9. Yuting
10. Kofarnihon
11. Gulakhmadov
12. Gadedjisso
13. Nnamdi & Chukwuemeka
14. Huang & Mayr
15. Ma

و همکاران، ۱۳۹۶ ب). حاتمی زرنه (۱۳۹۸) اظهار داشت امواج گرمایی شمال غرب ایران افزایش داشته است. داده‌های واکاوی دمای حداقل نشان داد سیستم پرفشار و بلوکنیگ، عوامل اصلی وقوع امواج سرمایی شمال شرق ایران هستند (عالی جهان و همکاران، ۱۳۹۷). در دریای عمان نیز دما روندی افزایشی داشته است (بحری و خسروی، ۱۳۹۹). تا کنون پژوهشی در مورد تغییرات فضایی بلندمدت دمای حداقل ایران منتشر نشده است؛ بنابراین در این مطالعه تغییرات بلندمدت فضایی دمای حداقل ایران با استفاده از روش‌های آمار فضایی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، داده‌های دمای حداقل شبکه‌بندی‌شده^۱ V20CR با توان تفکیک فضایی یک در یک درجه طی دوره ۱۸۳۶ تا ۲۰۱۹ از سایت psl.noaa.gov/data/gridded/data.20thC_ReanV3.html اخذ شد. به این ترتیب، دمای حداقل ۱۵۸ نقطه در ایران مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۱ پراکندگی نقاط مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و پراکندگی نقاط مورد مطالعه

ابتدا روند داده‌ها با استفاده از آزمون من-کندال محاسبه شد. به منظور بررسی الگوهای حاکم بر دمای حداقل ایران از روش‌های آمار فضایی موران محلی، جهانی و تحلیل لکه‌های داغ استفاده شد. شاخص موران

1. Version Twentieth Century Reanalysis

متداول ترین شاخص برای اندازه گیری خودهم بستگی مکانی بین پدیده هاست. اگر مقدار شاخص $+1$ یا نزدیک به $+1$ باشد، متغیر دارای خودهم بستگی و الگوی خوشه ای است. چنانچه شاخص -1 یا نزدیک به -1 باشد، داده ها از هم گسسته و دارای الگوی پراکنده خواهند بود. مقدار صفر نشان دهنده الگوی تصادفی داده هاست. فرض صفر این شاخص، مبین نبود خوشه بندی فضایی بین داده هاست. خروجی گرافیکی شاخص، خوشه ای یا پراکنده بودن داده ها را نشان می دهد. شاخص موران جهانی نوع الگو و موران محلی توزیع فضایی الگوهای حاکم بر خوشه های دما را نشان می دهد. مناطقی که از نظر آماری دارای خوشه بندی زیاد هستند، به عنوان لکه داغ و مناطق فاقد خوشه بندی به عنوان لکه سرد شناخته می شوند. خودهم بستگی فضایی موران به بررسی خودهم بستگی فضایی بر اساس مکان پراکنش دو مقدار می پردازد و خصوصیات پدیده ها را در آن مکان تحلیل می کند (گریفیت^۱، ۱۹۸۷: ۲۷). برای محاسبه آماره یا شاخص موران، ابتدا نمره استاندارد z و P -Value محاسبه و سپس به ارزیابی و معنادار بودن شاخص پرداخته می شود. شاخص موران جهانی از رابطه ۱ محاسبه می شود.

$$I = \frac{n}{s_0} \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad \text{رابطه ۱}$$

z تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه i با میانگین آن $(x_i - \bar{x})$ است، w_{ij} وزن بین عارضه i و j است، n تعداد کل عوارض موجود در لایه مورد استفاده است و s_0 جمع کل وزن های فضایی است که از رابطه ۲ به دست می آید.

$$s = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad \text{رابطه ۲}$$

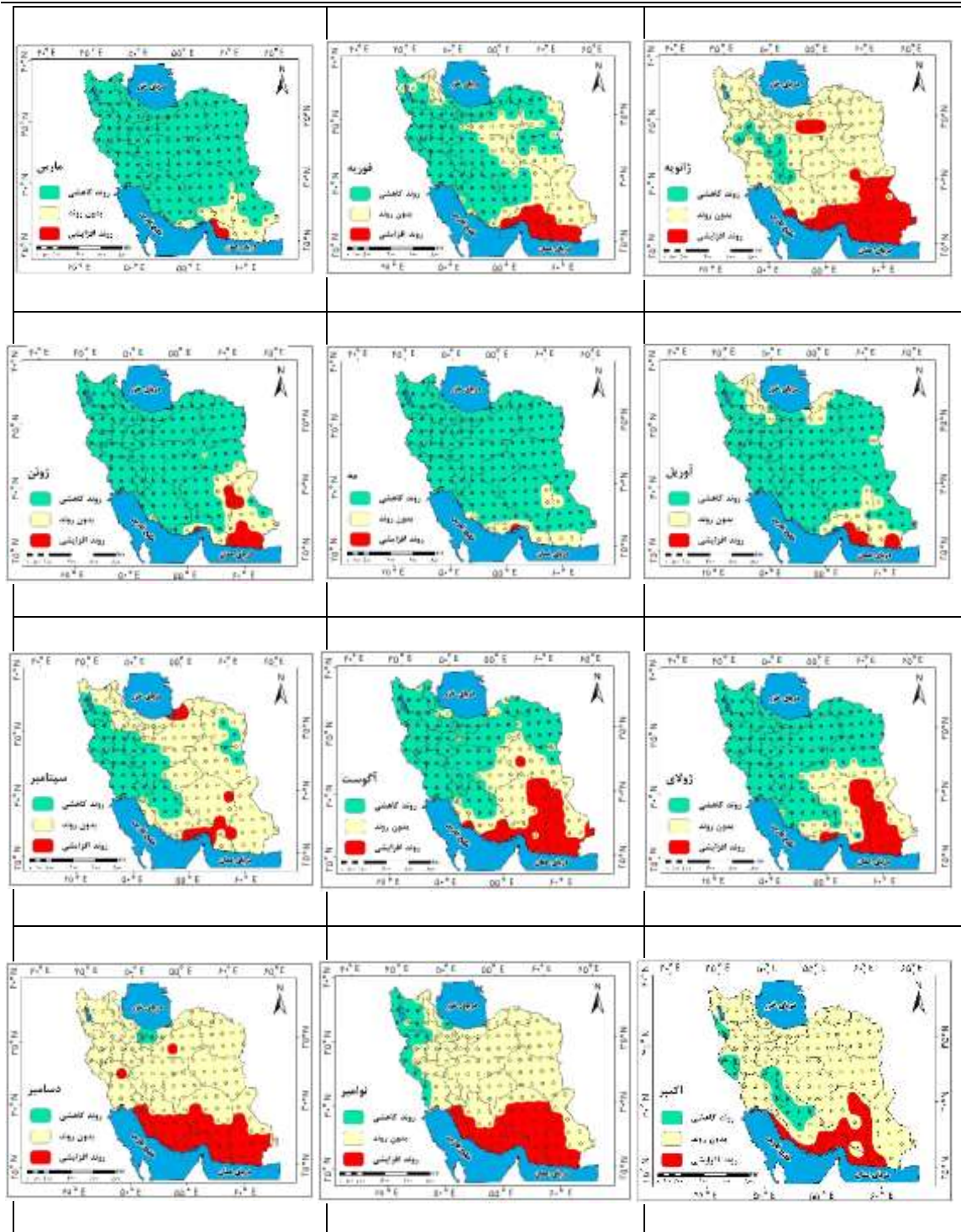
لکه های داغ از آماره گتیس-اورد جی برای عوارض موجود در داده ها استفاده می کند (راجرسون^۲، ۲۰۰۶: ۲۷۵). نمره z نشان می دهد در کدام مناطق داده ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه بندی شده اند. عارضه ای لکه داغ تلقی می شود که هم خود عارضه و هم عارضه های همسایه آن از نظر آماری معنادار باشند. امتیاز z برای خروجی نهایی زمانی به دست می آید که مجموع محلی عارضه و همسایه آن به طور نسبی با جمع کل عارضه ها مقایسه شود (جاکوز و گرپلینگ^۳، ۲۰۰۳: ۲). آماره گتیس-اورد جی از رابطه ۳ محاسبه می شود.

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{\sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} \quad \text{رابطه ۳}$$

x_j مقدار خصیصه برای عارضه j ، W_{ij} وزن فضایی بین عارضه i و j ، و n تعداد کل عارضه‌هاست.

نتایج

برای بررسی تغییرات دمای حداقل ایران، روند آن محاسبه و نتایج آن بر روی نقشه نشان داده شد. در ماه ژانویه روند کاهشی در غرب ایران و قسمت‌هایی از استان‌های اصفهان، مرکزی، کرمانشاه، کردستان، لرستان، همدان و کل استان چهارمحال و بختیاری رخ داده است (شکل ۲). روند افزایشی در جنوب و جنوب شرق در محدوده سیستان و بلوچستان، کرمان، فارس و کل هرمزگان مشاهده می‌شود. در جنوب استان سمنان نیز روند افزایشی رخ داده است. در ماه فوریه روند کاهشی گسترش یافته و مناطقی از مرکز، شمال، غرب، جنوب، و شمال شرق ایران را دربر گرفته و ۵۱/۸۵ درصد از مساحت ایران را پوشانده است (جدول ۱). در مقابل، گسترش پهنه افزایشی کمتر شده است. در ماه مارس، گسترش پهنه روند کاهشی همچنان افزایش یافته و تقریباً کل کشور را فراگرفته است. پهنه روند افزایشی کاهش پیدا کرده و محدود به شرق استان هرمزگان شده است. در ماه آوریل، قسمت‌هایی از شمال و شمال غرب از پهنه روند کاهشی خارج شده و بدون روند هستند، ولی روندهای کاهشی همچنان تا جنوب را فراگرفته‌اند. طی ماه مه، همچنان پهنه روند کاهشی در سطح ایران غالب است. در ماه مه، روند افزایشی کاهش چشمگیری داشته و به کمترین گسترش خود طی ماه‌های سال رسیده است. در این ماه فقط مرکز استان هرمزگان روند افزایشی داشته است. از ماه ژوئن گسترش روندهای کاهشی کم شده و روندهای افزایشی گسترش یافته‌اند. روندهای افزایشی تا قسمت‌هایی از شرق ایران گسترش پیدا کرده‌اند. در ماه‌های ژولای و آگوست، شرق و قسمت‌هایی از مرکز ایران از پهنه روند کاهشی خارج شده و بدون روند هستند. در مقابل، پهنه روند افزایشی گسترش یافته و تا شرق ایران پیشروی داشته است. در ماه سپتامبر، روند کاهشی در غرب و قسمت‌هایی از شمال غرب و شمال شرق مشاهده شده است. در ماه‌های اکتبر و نوامبر، پهنه روند کاهشی محدود به غرب کشور شده و بیشتر وسعت کشور را پهنه بدون روند پوشش داده است. در ماه دسامبر، روند کاهشی به کمترین گسترش خود طی ماه‌های سال رسیده و ۱/۵۴ درصد از مساحت ایران را فراگرفته است. در ماه‌های نوامبر و دسامبر پهنه روند افزایشی به بیشترین گسترش خود رسیده و ۲۲/۴ درصد از مساحت ایران را پوشش داده و همچنان در جنوب ایران مشاهده شده است.

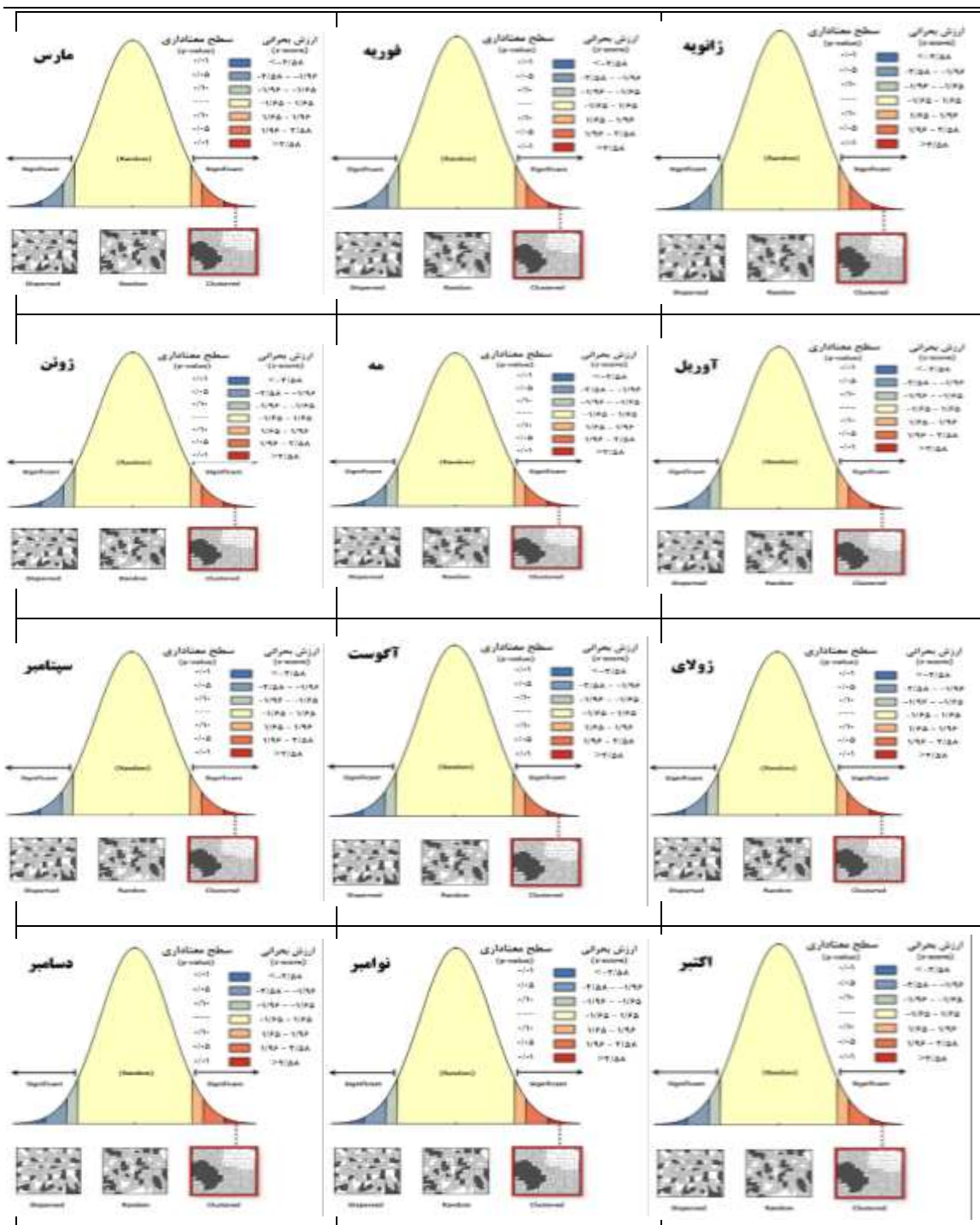


شکل ۲. روند دمای حداقل ایران

جدول ۱. مساحت و درصد مناطق تحت پوشش روند دمای حداقل

ماه	روند کاهشی		بدون روند		روند افزایشی	
	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
ژانویه	۱۲۰۶۱۹/۷	۷/۳۷	۱۱۶۹۱۳۱	۷۱/۵۲	۳۴۴۹۰۵/۶	۲۱/۰۹
فوریه	۸۴۷۵۷۴/۳	۵۱/۸۵	۶۵۸۷۳۵/۷	۴۰/۳	۱۲۸۲۰۸/۱	۷/۸۴
مارس	۱۴۰۷۷۶۱	۸۶/۱۲	۲۰۱۶۱۶/۸	۱۲/۳۳	۲۵۲۳۳/۶۷	۱/۵۴
آوریل	۱۳۲۸۵۲۱	۸۱/۲۹	۲۶۰۵۴۵/۲	۱۵/۹۴	۴۵۱۰۴/۷۹	۲/۷۶
مه	۱۴۹۲۴۱۰	۹۱/۲۹	۱۳۷۸۳۲/۵	۸/۴۳	۴۴۸۹/۸۹	۰/۲۷
ژوئن	۱۳۱۲۷۶۳	۸۰/۳۱	۲۲۸۶۰۵/۸	۱۳/۹۸	۹۳۰۵۵/۳۲	۵/۶۹
ژولای	۱۰۴۸۷۷۴	۶۴/۱۶	۳۸۵۴۰۶/۵	۲۳/۵۸	۲۰۰۲۶۱/۴	۱۲/۲۵
آگوست	۸۳۵۶۴۳/۲	۵۱/۱۳	۵۲۰۰۶۰/۹	۱۳/۸۲	۲۷۸۶۲۶/۷	۱۷/۰۴
سپتامبر	۵۰۵۸۵۳/۳	۳۰/۹۴	۱۰۴۹۸۴۶	۶۴/۲۲	۷۸۸۴۴/۳۳	۴/۸۲
اکتبر	۱۵۳۹۷۹	۹/۴۲	۱۲۴۴۳۰۳	۷۶/۱۳	۲۳۶۱۲۱/۷	۱۴/۴۴
نوامبر	۱۵۷۸۱۵/۸	۹/۶۵	۱۱۱۰۶۱۱	۶۷/۹۴	۳۶۶۱۶۲/۶	۲۲/۴
دسامبر	۲۵۲۳۲/۵۴	۱/۵۴	۱۲۴۲۳۸۷	۷۶	۳۶۶۹۷۳/۷	۲۲/۴۵

خروجی گرافیکی شاخص موران جهانی نشان می‌دهد دمای حداقل در تمام ماه‌ها دارای الگوی خوشه‌ای است (شکل ۳). مقدار P-value در تمام ماه‌ها صفر و مقدار Z بزرگ است؛ بنابراین فرض نبود خودهم‌بستگی فضایی بین داده‌ها رد می‌شود (جدول ۲). با توجه به این مقادیر و مقدار عددی شاخص موران می‌توان گفت دمای حداقل ایران از الگوی خوشه‌ای تبعیت می‌کند و در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد معنادار است. مقدار شاخص موران برای تمام ماه‌ها متفاوت و به این معناست که الگوی پراکنش فضایی دمای حداقل از فاصله‌ای به فاصله دیگر یا از مقیاسی به مقیاس دیگر متفاوت است. به عبارت دیگر، این شاخص وجود تفاوت‌های فضایی دمای حداقل در فاصله‌ها و مقیاس‌های مختلف را نشان می‌دهد. اگر توزیع فضایی دمای حداقل برای تمام کشور طبیعی و نرمال بود و از فاصله‌ای به فاصله دیگر متفاوت نبود، شاخص موران مقدار ۰/۰۶۳- را نشان می‌داد.



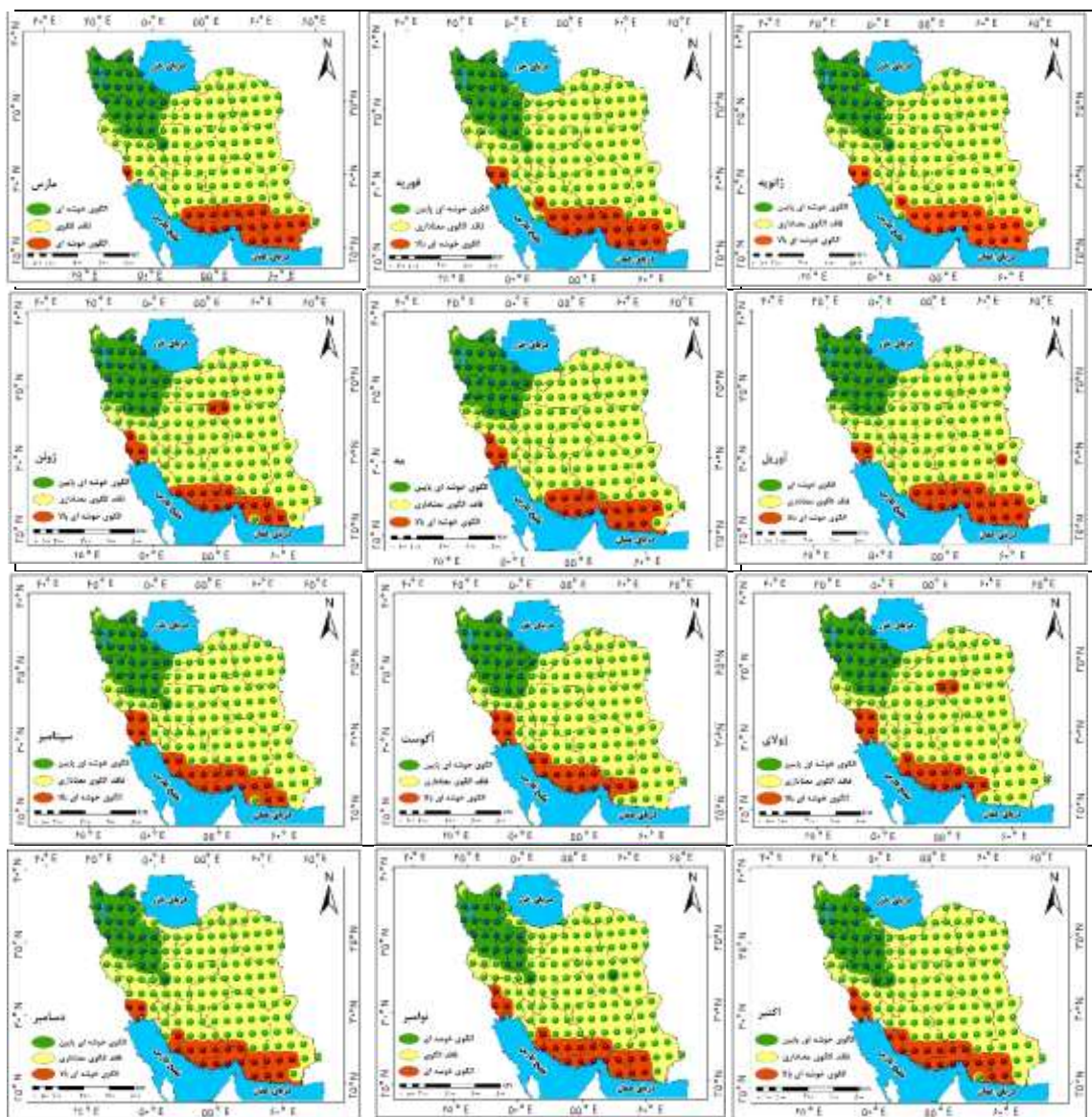
شکل ۳. خروجی شاخص موران جهانی در توزیع دمای حداقل ایران

جدول ۲. نتایج خودهمبستگی فضایی شاخص موران جهانی

ماه	شاخص موران	شاخص موران مورد انتظار	واریانس	Z-score	P-value	مساحت (متر)
ژانویه	۰/۷۶	-۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۴۱	۱۱/۹۶	۰	۱۱۱۳۴۷/۳۷
فوریه	۰/۷۷	-۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۴۱	۱۲/۱۲	۰	۱۱۱۳۴۷/۳۷
مارس	۰/۷۸	-۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۴۱	۱۲/۲۴	۰	۱۱۱۳۴۷/۳۷
آوریل	۰/۷۹	-۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۴۱	۱۲/۴۷	۰	۱۱۱۳۴۷/۳۷
مه	۰/۸۱	-۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۴۱	۱۲/۸۲	۰	۱۱۱۳۴۷/۳۷
ژوئن	۰/۸۳	-۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۴۱	۱۳/۱۵	۰	۱۱۱۳۴۷/۳۷
ژولای	۰/۸۱	-۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۴۱	۱۲/۸۵	۰	۱۱۱۳۴۷/۳۷
آگوست	۰/۷۸	-۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۴۱	۱۲/۳۲	۰	۱۱۱۳۴۷/۳۷
سپتامبر	۰/۷۶	-۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۴۱	۱۱/۹۳	۰	۱۱۱۳۴۷/۳۷
اکتبر	۰/۷۱	-۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۴۱	۱۱/۲۹	۰	۱۱۱۳۴۷/۳۷
نوامبر	۰/۷	-۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۴۱	۱۱/۱۷	۰	۱۱۱۳۴۷/۳۷
دسامبر	۰/۷۳	-۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۴۱	۱۱/۶۲	۰	۱۱۱۳۴۷/۳۷

شاخص موران محلی، پراکندگی توزیع خوشه‌ای، تصادفی، پراکنده و تراکم خوشه‌ها را در پهنه‌های مختلف نشان می‌دهد. مناطق سبزرنگ الگوی خوشه‌ای پایین و مناطق نارنجی‌رنگ الگوی خوشه‌ای بالا را نشان می‌دهند (شکل ۴). مناطق زردرنگ فاقد الگوی معنادار هستند. مشاهده می‌شود که تقریباً در تمام ماه‌ها، پهنه فاقد الگوی معنادار در نواحی مرکزی ایران است. گوشه شمال غربی در تمام ماه‌ها از الگوی خوشه‌ای پایین و قسمت‌های جنوب، جنوب شرقی و قسمتی از غرب کشور، واقع در استان خوزستان، از الگوی خوشه‌ای بالا برخوردارند. در ماه ژوئن و ژولای در قسمت کوچکی از مرکز ایران، واقع در جنوب استان سمنان، الگوی خوشه‌ای بالا مشاهده شد. بیشترین گسترش پهنه الگوی خوشه‌ای بالا در ماه ژانویه است. در این ماه، مثل سایر ماه‌ها، شمال غرب از الگوی خوشه‌ای پایین برخوردار است. الگوی خوشه‌ای بالا در نیمه جنوبی، جنوب شرقی و قسمت‌هایی از غرب مشاهده شد. در این ماه، الگوی خوشه‌ای بالا ۱۴/۶۴ درصد از مساحت کشور را تحت پوشش خود قرار داده‌اند. کمترین گسترش پهنه الگوی خوشه‌ای بالا در ماه ژولای بوده و ۱۰/۹۸ درصد از مساحت کشور را فراگرفته است. در این ماه، بیشترین مساحت کشور فاقد الگوی معناداری است، به طوری که این پهنه ۷۳/۴۴

درصد از مساحت ایران را دربر گرفته است. کمترین مساحت الگوی خوشه‌ای پایین در ماه نوامبر با مساحت ۱۳/۸۷ درصد و بیشترین مساحت در ماه‌های مارس و آوریل با مساحت ۱۶/۵۲ درصد از کل کشور است (جدول ۳).



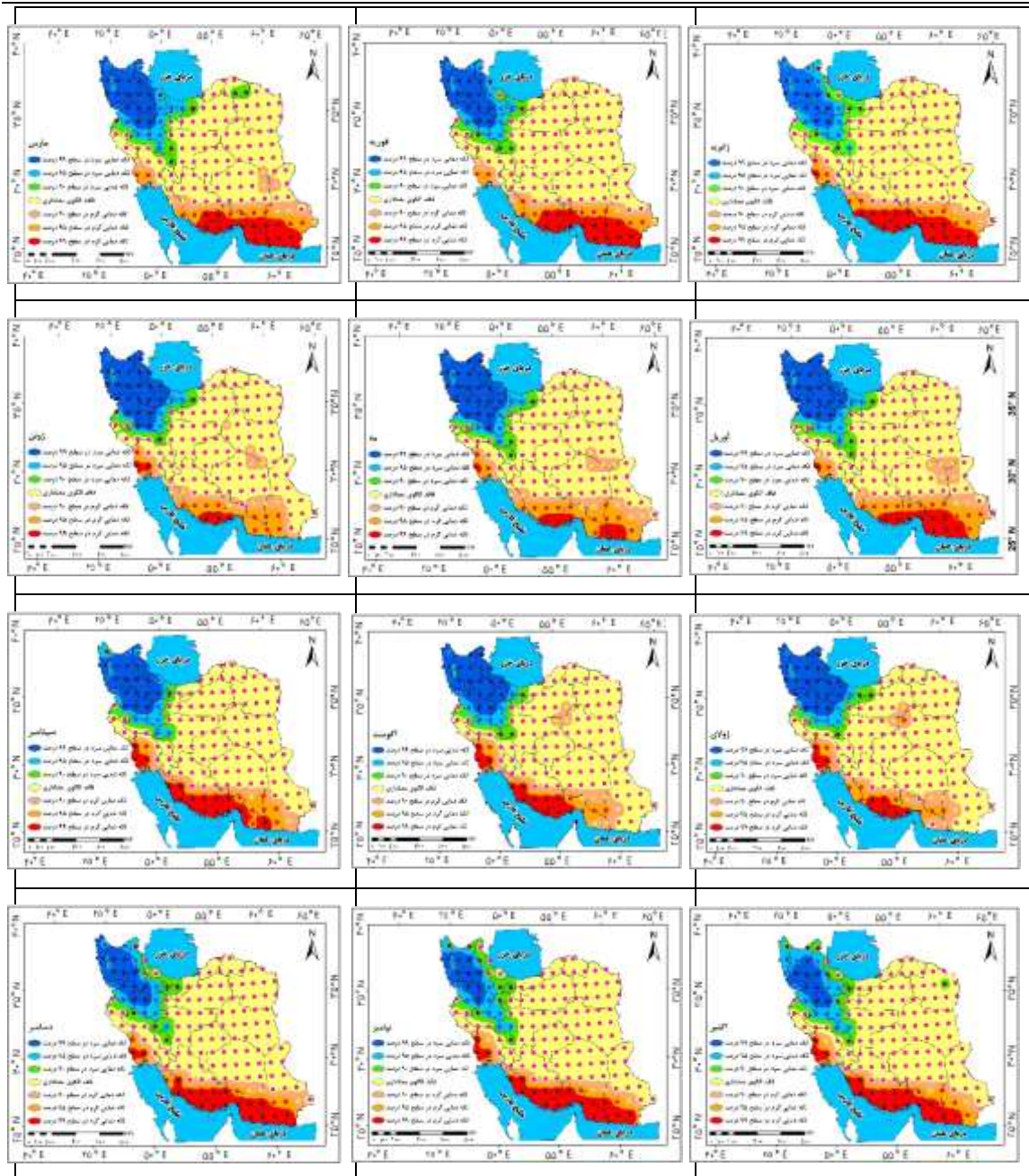
شکل ۴. نتایج پراکندگی شاخص موران محلی دمای حداقل ایران

الگوی خوشه‌ای پایین	فاقد الگوی معناداری	الگوی خوشه‌ای بالا

جدول ۳. مساحت و درصد مناطق تحت پوشش حاصل از شاخص موران

ماه	الگوی خوشه‌ای پایین		فاقد الگوی معناداری		الگوی خوشه‌ای بالا	
	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
ژانویه	۲۳۳۷۴۰/۱	۱۴/۳	۱۱۶۱۲۷۰	۷۱/۰۵	۲۳۹۴۱۳/۷	۱۴/۶۴
فوریه	۲۴۰۹۸۴	۱۴/۷۴	۱۱۵۶۰۱۷	۷۰/۷۲	۲۳۷۴۵۳	۱۴/۵۲
مارس	۲۷۰۰۸۸/۸	۱۶/۵۲	۱۲۲۸۶۷۲	۶۹/۰۵	۲۳۵۷۹۶/۶	۱۴/۴۲
آوریل	۲۷۰۱۱۲/۱	۱۶/۵۲	۱۱۳۰۷۴۸	۶۹/۱۷	۲۳۳۶۷۷/۹	۱۴/۲۹
مه	۲۶۱۷۰۴/۹	۱۶	۱۱۷۲۳۶۸	۷۱/۷۱	۲۰۰۶۵۲/۸	۱۲/۲۷
ژوئن	۲۶۱۷۰۴/۹	۱۶	۱۱۷۵۴۴۴	۷۱/۹	۱۹۷۶۶۷/۹	۱۲/۰۹
ژولای	۲۵۴۶۳۴/۵	۱۵/۵۷	۱۲۰۰۵۸۳	۷۳/۴۴	۱۷۹۵۶۲/۶	۱۰/۹۸
آگوست	۲۵۴۶۳۴/۵	۱۵/۵۷	۱۱۹۸۰۹۲	۷۳/۲۸	۱۸۲۰۹۳/۲	۱۱/۱۳
سپتامبر	۲۶۱۴۴۸	۱۵/۹۹	۱۱۵۰۱۹۴	۷۰/۳۵	۲۲۳۱۶۸/۹	۱۳/۶۵
اکتبر	۲۴۷۸۲۳	۱۵/۱۶	۱۱۶۲۶۰۷	۷۱/۱۲	۲۲۴۱۶۶/۲	۱۳/۷۱
نوامبر	۲۲۶۷۹۴/۷	۱۳/۸۷	۱۱۸۸۷۷۵	۷۲/۷۲	۲۱۹۰۰۷/۳	۱۳/۳۹
دسامبر	۲۳۰۰۲۷/۹	۱۴/۰۷	۱۱۸۰۲۰۱	۷۲/۲	۲۲۴۲۰۹/۹	۱۳/۷۱

با استفاده از شاخص موران محلی، مناطق دارای خودهم‌بستگی فضایی مثبت (الگوی خوشه‌ای بالا) و خودهم‌بستگی فضایی منفی (الگوی خوشه‌ای پایین)، مشخص شدند. برای اطمینان از این نتایج، از لکه‌های داغ (GI) استفاده شد. تحلیل لکه‌های داغ برای همه عوارض موجود در داده‌ها و بر اساس امتیاز Z محاسبه می‌شود. این شاخص نشان می‌دهد کدام بخش از داده‌ها به مقادیر کم و زیاد خوشه‌بندی شده‌اند. به عبارتی اگر مجموعه‌ای از عوارض وزن‌دهی شده وجود داشته باشد، این ابزار خوشه‌های عوارض با مقادیر بالا (لکه‌های داغ) و خوشه‌های عوارض با مقادیر کم (لکه‌های سرد) را شناسایی می‌کند. در تمام ماه‌ها، لکه‌های سرد در شمال غرب وجود دارد و با پیشروی به‌طرف مرکز ایران از معناداری آن کم می‌شود. لکه‌های داغ در مناطق جنوب، جنوب شرق، و غرب کشور مشاهده می‌شود و با حرکت به‌سمت مرکز ایران از سطح معناداری آن‌ها کم می‌شود. مناطق مرکزی ایران فاقد الگوی معناداری است. در ماه مارس، در شمال شرق بین استان‌های خراسان رضوی و خراسان شمالی لکه‌های دمایی سرد در سطح معناداری ۹۰ درصد وجود دارد. در ماه‌های مارس تا آگوست، لکه داغ در سطح معناداری ۹۰ درصد در مناطقی از شرق کشور و جنوب استان سمنان مشاهده شده است. طی ماه اکتبر، لکه دمایی سرد در سطح معناداری ۹۰ درصد در گوشه شمال شرق ایران، واقع در استان خراسان رضوی، خودنمایی می‌کند. درصد مساحت پهنه‌های دارای لکه‌های گرم و سرد نشان می‌دهد لکه دمایی سرد در سطح معناداری ۹۹ درصد در ماه ژوئن از بیشترین وسعت و در ماه اکتبر از کمترین وسعت برخوردار بوده است (جدول ۴). در سطح معناداری ۹۵ درصد، ماه اکتبر بیشترین و ماه ژوئن کمترین وسعت را داشته‌اند. در سطح معناداری ۹۰ درصد، بیشترین درصد مساحت متعلق به ماه نوامبر و کمترین آن متعلق به ماه سپتامبر است. لکه دمایی گرم در سطح معناداری ۹۹ درصد در ماه آوریل بیشترین و در ماه اکتبر کمترین وسعت را داشته است. در سطح معناداری ۹۵ درصد، بیشترین وسعت پهنه در ماه مه و کمترین آن در ماه نوامبر مشاهده شده است. در سطح معناداری ۹۰ درصد، ماه نوامبر از بیشترین و ماه ژوئن از کمترین وسعت برخوردار بوده است. در ماه ژولای نیز پهنه فاقد الگوی معناداری، از بیشترین گسترش در سطح ایران برخوردار است (شکل ۵).



شکل ۵. نتایج پراکندگی آماره گنیس-اورد جی (لکه داغ) دمای حداقل ایران

لکه دمایی گرم ٪۹۹	لکه دمایی گرم ٪۹۵	لکه دمایی گرم ٪۹۰	فاقد الگوی معناداری	لکه دمایی سرد ٪۹۰	لکه دمایی سرد ٪۹۵	لکه دمایی سرد ٪۹۹
----------------------	----------------------	----------------------	---------------------	----------------------	----------------------	----------------------

جدول ۴. درصد مناطق تحت پوشش آماره گتیس-اورد جی (لکه داغ)

ماه	لکه دمایی سرد			فاقد الگوی معناداری	لکه دمایی گرم	
	سطح ۹۹٪	سطح ۹۵٪	سطح ۹۰٪		سطح ۹۵٪	سطح ۹۰٪
ژانویه	۷/۲۸	۵/۷۹	۵/۱۶	۵۹/۴۲	۵/۵۷	۶/۴۴
فوریه	۷/۸۵	۶/۳	۴/۹۵	۵۹/۸	۵/۸۶	۶/۳۶
مارس	۹/۰۲	۷/۳۴	۶/۳	۵۳/۳۲	۸/۹۹	۶/۶۱
آوریل	۱۱/۴۹	۵/۵	۵/۲	۵۲/۷	۱۰/۲۷	۸/۹۸
مه	۱۱/۹۱	۵/۲۴	۵/۳۳	۵۴/۹۵	۹/۸۵	۹/۳۳
ژوئن	۱۲/۵۵	۳/۹۴	۴/۲۴	۵۹/۲۸	۹/۵۲	۸/۳۸
ژولای	۱۱/۶۵	۳/۹۶	۴/۰۷	۶۱/۲۸	۹/۲	۵/۷۴
آگوست	۱۰/۲۹	۵/۰۶	۴/۱۵	۶۰/۸۱	۸/۵۸	۵/۲۲
سپتامبر	۹/۱۹	۵/۷۶	۳/۹۶	۶۱/۱۴	۵/۸۷	۶/۷۸
اکتبر	۴/۹۵	۷/۶	۶/۷۹	۶۰/۰۱	۵/۵	۵/۹۲
نوامبر	۵/۷۱	۵/۹۵	۷/۰۲	۶۰/۷	۵/۷۷	۴/۶۳
دسامبر	۶/۸۴	۶/۰۴	۶/۷۱	۵۹/۴۹	۵/۸۶	۵/۳۵

بحث

آشکارسازی تغییرات عناصر اقلیمی برای نشان دادن تغییر اقلیم شامل دو بعد مهم زمان و فضای تغییرات است. هرچه طول دوره آماری طولانی تر و فضای تغییرات گسترده تر باشد، ابعاد تغییرات عناصر جوی، به ویژه دما، را با دقت بیشتری می توان آشکارسازی کرد. اهمیت دما و تأثیر آن بر شرایط محیطی و زیست محیطی بر کسی پوشیده نیست. تغییرات دما نقش بسیار مهمی در زندگی بشر دارد و با بررسی دمای یک منطقه می توان تغییرات اقلیمی آن منطقه را بررسی کرد. افزون بر آن، نوع تغییرات رخ داده نیز مهم است. از این رو، طی سال های اخیر، پژوهشگران زیادی روند تغییرات دما را بررسی کرده اند. پژوهش های انجام شده نشان داد روند افزایشی عمدتاً در مناطق جنوبی و مرکز و روند کاهشی در شمال غرب، مرکز، غرب و شرق ایران رخ داده است. مسئله مورد مطالعه این پژوهش، تغییرات فضایی دمای حداقل - که در بحث تغییرات اقلیمی از دمای متوسط و حداکثر بسیار مهم تر است - طی بازه ۱۸۴ ساله و در مقیاس فضایی کل ایران است. بررسی ها نشان داد طی ماه های سرد سال پهنه بدون روند در سطح کشور بیشتر خودنمایی می کند. در ماه های مارس، آوریل، مه، ژوئن و ژولای تقریباً بیشتر وسعت ایران را پهنه روند کاهشی پوشش می دهد. در سایر نقاط ایران نیز روند افزایشی دما مشاهده شده است؛ از جمله در حوضه آبریز طشک-بختگان طی دوره ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰، دما ۳/۵ درصد افزایش داشته است (ایمانی و همکاران، ۱۳۹۹). در دشت بیرجند، دما روند افزایشی داشته و پیش بینی ها نیز نشانگر افزایش آن در آینده است (خیاط و همکاران، ۱۳۹۹). کاشکی و همکاران (۱۳۹۹) پیش بینی کردند دمای آذربایجان طی دوره ۲۰۱۶ تا ۲۰۷۳ افزایش خواهد داشت. نتایج حاصل شده نشان می دهد نسبت به مطالعات قبلی که اغلب در بازه های زمانی زیر ۵۰ سال انجام گرفته، نتایج متفاوت تر و دقیق تری به دست آمده است. این نتایج بسیار مهم و کاربردی اند و باید در برنامه ریزی ها، پایه تصمیم گیری ها قرار گیرند. داده های بلندمدت دمای حداقل و روش های تحلیل فضایی دقیق در فضای ایران نشان داد تقریباً کل پهنه ایران کمابیش و با شدت و ضعف هایی مستعد تغییر اقلیم است و دمای حداقل اغلب مناطق در ۱۸۴ سال گذشته روندی صعودی و روبه گرمایش داشته است؛ با این حال مناطقی مثل شمال غرب ایران در بازه زمانی یادشده، روندی کاهشی و سرمایشی پیموده است. مطالعات انجام شده با داده های کوتاه مدت تر تا حدودی نتایج متفاوت تری دارند و تقریباً همگی به افزایش دمای حداقل و گرمایش اشاره دارند. علت این

تفاوت‌ها طول دوره آماری و محدودیت‌های داده‌ای است؛ زیرا در پژوهش‌های پیشین، اغلب مطالعات ایستگاهی است، ولی در این مطالعه، این نقیصه به دلیل وجود داده‌های شبکه‌بندی‌شده دقیق و همچنین روش‌های تحلیل فضایی برطرف شده است و بر این اساس، نتایج بسیار دقیق‌تر است و بهتر می‌تواند تغییرات فضایی روند دمای حداقل را تبیین کند. شاخص موران جهانی نشان داد دمای حداقل ایران از الگوی خوشه‌ای پیروی می‌کند. طبق نتایج شاخص موران محلی، شمال غربی ایران در تمام ماه‌ها از الگوی خوشه‌ای پایین و قسمت‌های جنوب و جنوب شرقی از الگوی خوشه‌ای بالا برخوردارند. نواحی مرکزی تقریباً در تمام ماه‌ها فاقد الگوی معناداری است. تحلیل لکه‌های داغ نشان داد در تمام ماه‌ها، لکه‌های سرد در شمال غرب و لکه‌های داغ در مناطق جنوبی، واقع در حاشیه خلیج فارس و دریای عمان، وجود دارد.

نتایج حاصل شده از روش‌های مختلف به‌نوعی نشانگر صحت روش‌های انجام شده است. طبق نتایج هر سه روش، سه پهنه کاملاً متمایز از نظر دمای حداقل در ایران وجود دارد: نخست، پهنه شمال غربی که دارای روند کاهشی است و از الگوی خوشه‌ای پایین و لکه‌های سرد برخوردار است؛ دوم، پهنه جنوبی که روند افزایشی دارد و از الگوی خوشه‌ای بالا برخوردار است و لکه‌های داغ در این منطقه ظاهر شده است؛ و سوم، پهنه مرکزی که فاقد الگوی معناداری است. با وجود روند افزایشی و لکه‌های داغ در حاشیه خلیج فارس و دریای عمان می‌توان ادعان کرد افزایش دمای رخ داده می‌تواند متأثر از ارتفاع، عرض جغرافیایی، عوامل بیرونی و حتی اثر رطوبتی دریا و بخار آب جو باشد. به‌طور کلی دمای ایران متأثر از ارتفاع، عرض جغرافیایی و رطوبت جو است. در نواحی جنوبی کشور، پرفشار جنب حاره و در نواحی شمالی پرفشار سیبری اثر ویژه‌ای بر دما دارند. نوسان دما در نواحی شمالی و جنوبی ایران به‌علت رطوبت جو بسیار اندک است، اما نقش بخار آب و اثر گلخانه‌ای آن را در سواحل جنوبی نمی‌توان از نظر دور داشت. در نواحی جنوبی کشور، رطوبت جو تأثیر بسیار مهمی در افزایش دمای این مناطق دارد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر برای اولین بار روند تغییرات زمانی-مکانی دمای حداقل ایران طی دوره ۱۸۳۶ تا ۲۰۱۹ واکاوی شده است. به این منظور، از روش‌های آمار فضایی، شامل موران جهانی، محلی و تحلیل لکه‌های داغ، استفاده شد. نتایج بررسی روند نشان داد در ماه‌های سپتامبر، اکتبر، نوامبر، دسامبر و ژانویه روند خنثا بر سطح ایران غالب است. روند کاهشی در ماه ژانویه در غرب ایران مشاهده شده و به‌تدریج در ماه‌های دیگر در کل کشور گسترش یافته و در ماه مه به بیشترین حد گسترش خود رسیده و ۹۱/۲۹ درصد از مساحت ایران را دربر گرفته است. روندهای کاهشی از غرب شروع شده و به‌تدریج شمال، مرکز و شرق ایران را فراگرفته و تا قسمت‌هایی از جنوب پیشروی داشته است. روند افزایشی در مناطق جنوب و قسمت‌هایی از جنوب شرق، و شرق رخ داده است. با گسترش روند کاهشی، از پهنه روندافزایشی کاسته شده، تا جایی که در ماه مه که حداکثر گسترش روند کاهشی است، پهنه روند افزایشی فقط ۰/۲۷ درصد از پهنه ایران را دربر گرفته و به مناطق مرکزی استان هرمزگان محدود شده است. روند افزایشی در ماه دسامبر به حداکثر وسعت خود رسیده و ۲۲/۴۵ درصد از مساحت ایران را فراگرفته است. نتایج شاخص موران جهانی نشان داد دمای حداقل ایران در تمام ماه‌ها از الگوی خوشه‌ای تبعیت می‌کند. طبق نتایج شاخص موران محلی، شمال غرب ایران در تمام ماه‌ها از الگوی خوشه‌ای پایین و نواحی جنوبی در تمام ماه‌ها از الگوی خوشه‌ای بالا تبعیت می‌کنند. لازم به ذکر است الگوی خوشه‌ای بالا در بعضی ماه‌ها در قسمت‌هایی از شرق و مرکز نیز مشاهده شده است. با توجه به نتایج حاصل از تحلیل لکه‌های داغ، لکه دمای سرد در تمام ماه‌ها در شمال غرب ایران رخ داده است، به‌طوری که در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، لکه‌های سرد در سطح معناداری ۹۹ درصد مشاهده شده، با پیشروی به سمت نواحی مرکزی از سطح معناداری آن کاسته می‌شود. لکه‌های دمایی گرم در سطح معناداری ۹۹

درصد در تمام ماه‌ها در نواحی جنوبی مشاهده شده، با حرکت به سمت نواحی مرکزی از سطح معناداری آن کاسته می‌شود. در قسمت‌هایی از شرق ایران لکه‌های گرم در سطح معناداری ۹۰ درصد مشاهده شده است.

منابع

- اسدی، مهدی؛ کرمی، مختار (۱۳۹۶). بازنمایی تغییرپذیری دما در استان فارس با استفاده از آمار فضایی. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۳۲ (۱)، ۷۵-۶۴.
- انتظاری، علیرضا؛ داداشی رودباری، علیرضا؛ اسدی، مهدی (۱۳۹۴). ارزیابی خودهم‌بستگی فضایی تغییرات زمانی مکانی جزایر گرمایی در استان خراسان رضوی. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۴ (۴)، ۱۲۵-۱۴۶.
- ایمانی امیرآباد، سمیه؛ فرخ‌نیا، اشکان؛ مرید، سعید؛ روزبهانی، رضا (۱۳۹۹). بررسی روند تغییرات زمانی مکانی دما و بارش در حوضه آبریز طشک‌بختگان. *نشریه مهندسی عمران/امیرکبیر*، ۵۲ (۱۱)، ۱-۱۳.
- بحری، علی؛ خسروی، یونس (۱۳۹۹). بررسی روند بلندمدت تغییرات زمانی مکانی دمای سطح دریای عمان. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۰ (۵۸)، ۱۱۹-۲۱۷.
- حاتمی زرنه، داریوش؛ حجازی‌زاده، زهرا؛ ناصرزاده، محمدحسین (۱۳۹۸). تحلیل نوسانات زمانی امواج گرمایی منطقه شمال غرب ایران و ارتباط آن‌ها با گازهای گلخانه‌ای و ناهنجاری‌های دمایی کره زمین. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۹ (۵۲)، ۳۵-۵۶.
- خیاط، امیر؛ امیرآبادی‌زاده، مهدی؛ پوررضا بیلندی، محسن؛ خزیمه‌نژاد، حسین (۱۳۹۹). بررسی پارامترهای دما و بارش تحت تأثیر تغییر اقلیم (مطالعه موردی: دشت بیرجند). *مهندسی آبیاری و آب/ایران*، ۱۱ (۴۱)، ۲۰۰-۲۱۰.
- رحیم‌زاده، فاطمه؛ نساجی زواره، مجتبی (۱۳۹۲). روند و تغییرپذیری دما در ایران در دوره ۱۹۶۰-۲۰۱۰ پس از تعدیل ناهمگنی‌های غیرطبیعی موجود در داده‌ها. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۹ (۴)، ۱۸۱-۱۹۶.
- شمس، شیده؛ موسوی بایگی، محمد (۱۳۹۳). بررسی روند تغییرات حدی دمای شهر مشهد در مقیاس‌های مختلف. *نشریه آب و خاک*، ۲۸ (۱)، ۴۶-۶۰.
- شیرغلامی، هادی؛ قهرمان، بیژن (۱۳۸۴). بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران. *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۰ (۱)، ۲۳-۹.
- عالی جهان، مهدی؛ صلاحی، برومند؛ قویدل، یوسف؛ فرج‌زاده، منوچهر (۱۳۹۷). رویکردی نوین در شناسایی و تحلیل امواج سرمای (مطالعه موردی: شمال شرق ایران). *پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۹ (۳۳ و ۳۴)، ۱-۱۴.
- علیجانی، بهلول؛ قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۴). مقایسه و پیش‌بینی تغییرات دمای سالانه تبریز با ناهنجاری‌های دمایی کره زمین با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی. *جغرافیا و توسعه*، ۳ (۶)، ۲۱-۳۸.
- قویدل رحیمی، یوسف؛ فرج‌زاده، منوچهر؛ عالی جهان، مهدی (۱۳۹۴). تحلیلی آماری از ارتباط دماهای بیشینه ایران با متوسط جهانی ناهنجاری‌های دمایی خشکی‌ها و اقیانوس‌ها. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۵ (۳۶)، ۱۸۱-۲۰۳.
- قویدل رحیمی، یوسف؛ فرج‌زاده، منوچهر؛ عالی جهان، مهدی (۱۳۹۶ الف). ارزیابی اثر ناهنجاری‌های کره زمین بر دماهای متوسط ماهانه و فصلی ایران. *فضای جغرافیایی*، ۱۷ (۵۸)، ۷-۲۵.
- قویدل رحیمی، یوسف؛ فرج‌زاده، منوچهر؛ عالی جهان، مهدی (۱۳۹۶ ب). نقش ناهنجاری‌های دمایی کره زمین در تغییرپذیری دماهای حداقل ایران. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۱ (۵۹)، ۲۴۳-۲۶۱.

- کاشکی، عبدالرضا؛ ایمانی‌پور، حسین؛ فیروزیزدی، مینا (۱۳۹۹). واکاوی تغییرات دمای استان آذربایجان شرقی با رویکرد تغییر اقلیم با استفاده از مدل SDSM. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۱ (۴۱)، ۵۸-۴۴.
- Aalijahan, M., Salahi, B., Ghavidel, Y. & Farajzadeh Asl, M. (2019). A new approach in temporal-spatial reconstruction and synoptic analysis of cold waves in the northwest of Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(1-2), 341-352.
- Alijahan, M., Salahi, B., Ghavidel, Y. & Farajzadehasl, M. (2018). A new approach in the identification and analysis of cold waves (Case study: North East Iran). *Journal of climate research*, 9(33, 34), 1-14 (In Persian).
- Alijani, B. & Ghavidel, Y. (2005). Comparison and prediction of annual temperature changes in Tabriz with earth temperature abnormalities using linear regression and artificial neural network methods. *Journal of Geography and Development*, 3(6), 21-38 (In Persian).
- Asadi, M. & Karami, M. (2017). Representation of temperature variability in Fars province using spatial statistics. *Journal of Geographical Research*, 32(1), 64-75 (In Persian).
- Bahri, A. & Khosravi, Y. (2020). Investigation of long-term trend of spatio-temporal changes of sea surface temperature in Oman sea. *Researches in Geographical Sciences*, 20(58), 199-217 (In Persian).
- Birsan, M-V, Dumitrescu, A., Micu, D. & Cheval, S. (2014). Changes in annual temperature extremes in the Carpathians since AD 1961. *Natural Hazards*, 74(3), 1899-1910.
- Entezari, A., Dadashi rudbari, A. & Asadi, M. (2016). Assessing the autocorrelation of spatial-temporal temperature change in heat islands of Khorasan Razavi province. *Geography and environmental hazards*, 4(4), 125-146 (In Persian).
- Fan, Z-X, Brauning, A., Thomas, A., Li, J-B & Cao, K-F (2011). Spatial and temporal temperature trends on the Yunnan Plateau (Southwest China) during 1961-2004. *International Journal of Climatology*, 31(14), 2078-2090. <https://doi.org/10.1002/joc.2214>.
- Gadedjisso-Tossou, A., Adjegan, K. I. & Kablan, A. K. M. (2021). Rainfall and emperature trend analysis by mann-kendall test and significance for rainfed cereal yields in Northern Togo. *Sci*. 3(1), 17, 1-20. <https://doi.org/10.3390/sci3010017>.
- Ghavidel Rahimi Y., farajzadeh, M. & Alijahan, M. (2015). Statistical analysis of relationships between monthly maximum temperatures in Iran and Global Mean Land-Ocean Temperature Anomalies. *Researches in Geographical Sciences*, 15(36), 181-203 (In Persian).
- Ghavidel Rahimi Y., Farajzadehasl, M. & Alijahan, M. (2017 b). The Global Land-Ocean Temperature Anomalies role in changeability of minimum temperatures in Iran. *Journal of Geography and Planning*. 21(59), 243-261 (In Persian).
- Ghavidel Rahimi, Y., Farajzadehasl, M. & Alijahan, M. (2017 a). The assessment of Iran monthly and seasonal mean temperatures sensitivity to Global land-Oceans mean temperature. *Journal of Geographical Space*, 17(58). 25-47 (In Persian).
- Griffith, D. (1987). Spatial autocorrelation: a primer. Resource Publication in Geography. Washington. *Association of American geographers*, 82.
- Gulakhmadov, A., Chen, X., Gulakhmadov, N., Liu, T., Davlyatov, R., Sharofiddinov, S. & Gulakhmadov, M. (2020). Long-Term Hydro-Climatic Trends in the Mountainous Kofamihon River Basin in Central Asia. *Water*, 12(8). 2140. <https://doi.org/10.3390/w12082140>.
- Hatami, D., Hejazizadeh, Z. & Naserzadeh, M. (2019). Analysis of heat waves temporal fluctuation in North-West region of Iran and their relationship with greenhouse gases and Global Land-Ocean Temperature Anomalies. *Researches in Geographical Sciences*, 19(52), 35-56 (In Persian).

- Hess, T. M. (1998). Trends in reference evapo-transpiration in North East arid zone of Nigeria 1981-1991. *Journal Arid Environ*, 38(1), 99-115.
- Huang, F. T. & Mayr, H. G. (2021). Temperature decadal trends, and their relation to diurnal variations in the lower thermosphere, stratosphere, and mesosphere, based on measurements from SABER on TIMED. *Annales Geophys*, 39, 327-339.
- Imani, S., Farokhnia, A., Morid, S. & Roozbahani, R. (2020). Spatio-temporal analysis of temperature and precipitation trends in Tashk-Bakhtegan watershed. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 52(11), 1-13 (In Persian).
- Jacquez, G. M. & Greiling, D. A. (2003). Local clustering in breast, lung and colorectal cancer in Long Island, New York. *International Journal of Health Geographics*, 2(3), 1-12.
- Kashki, A., Imanipour, H. & Firoozyazdi, M. (2020). Analysis of temperature changes in East Azerbaijan province with a climate change approach using the SDSM model. *Arid Regions Geographic Studies*, 11(41), 44-58 (In Persian).
- Khayat, A., Amirabadizadeh, M., Pourreza-Bilondi, M. & Khozayemeh Nezhad, H. (2020). Study temperature and precipitation parameters under the effect of climate change (Case study: Birjand plain). *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 11(41), 200-210 (In Persian).
- Ma, Z., Guo, Q., Yang, F., Chen, H., Li, W., Lin, L. & Zheng, C. (2021). Recent changes in temperature and precipitation of the summer and autumn seasons over Fujian province, China. *Water*, 13. 1900. <https://doi.org/10.3390/w13141900>.
- Nnamdi Ekwueme, B. & Chukwuemeka Agunwamba, J. (2021). Trend analysis and variability of air temperature and rainfall in regional river basins. *Civil Engineering Journal*, 7(05), 816-826.
- Rahimzadeh, F. & Nasaji Zavare, M. (2015). Trends and variability of temperature during 1961-2010 over Iran, after adjustment of non-climatic inhomogeneities. *Journal of Geographical Research*, 29(4), 181-196 (In Persian).
- Rogerson, P. A. (2006). *Statistics Methods for Geographers: students Guide*, Los Angeles, California, SAGE Publications Ltd.
- Shams, Sh. & Mousavi Baygi, M. (2014). The investigation of Mashhad extremum temperature in different scale. *Journal of Water and Soil*, 28(1), 46-60 (In Persian).
- Shirgholami, H. & Ghahraman, B. (2005). Study of time trend changes in annual mean temperature of Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources*, 9(1), 9-24 (In Persian).
- Stofford, J. M., Wendler, G. & Curtis, J. (2000). Temperature and precipitation of Alaska: 50 year trend analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 67, 33-44.
- Yu, Zh. & Li, X. (2015). Recent trends in daily temperature extremes over northeastern China (1960-2011). *Quaternary International*, 380-381, 35-48.
- Yue, Sh. & Hoshinio, M. (2003). Temperature trends in Japan 1900-1996. *Theoretical and Applied Climatology*, 75(1), 15-27.
- Yuting, X., Quanlianga, Ch., Jiayu, Zh. & Ping, H. (2020). Trends in extreme high temperature at different altitudes of Southwest China during 1961-2014. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 13(5), 417-425.