



Analysis of earth surface temperature changes with MODIS satellite images and its relationship with climatic factors Case study: Kerman Province

 Ahmad Mazidi*¹,  Forough Mohammadi Ravari²

1- (*Corresponding author) Associate professor of climatology, Department of geography, Yazd University, Yazd, Iran. Email: Mazidi@yazd.ac.ir

2- Ph.D student of climatology, Yazd University, Yazd, Iran. Email: F.mohammadi.5016@gmail.com

Article Info	Extended Abstract
Date of receive: 2024/02/20	Introduction Time series analysis is a suitable tool that is used in mathematical modeling, predicting future events, revealing trends, investigating diffraction in climate data, as well as reconstructing incomplete data, and expanding information. Climatic changes are mainly caused by fluctuations, fluctuations, or changes in climatic elements, especially temperature and precipitation. These developments leave undeniable effects on local phenomena, hence the evidence of the past climate can be traced in all wet and dry, hot and cold environments, and biological areas (Ghayour, 2006:85). The temperature of the earth's surface is an important parameter for evaluating the energy budget of the earth's surface (Trigo et al, 2008:1). With the change in climate (temperature and rainfall), many changes are made on the surface of the earth, including vegetation. In fact, with the increase in temperature and decrease in rainfall, vegetation in the region decreases. Considering the importance of the issue and the relationship between climatic indicators and vegetation, by determining the relationship between them, one can predict the changes based on the other, which leads to an increase in the speed and accuracy of the work. Therefore, it seems important to use satellite images and extract and investigate the relationship between temperature and rainfall factors as well as vegetation in different areas, especially watersheds (Zhu et al, 2016:792). With the expansion of satellite technology, satellite images have widely provided access to information on land resources, and remote sensing tools have taken an important role in obtaining information about climate phenomena, because multi-spectral satellite images have important advantages, including They have the availability and ability of digital interpretation (Lillesand and Kiefer, 1994:750). ... ► Page 128
Date of last review: 2024/05/02	
Date of accept: 2024/05/06	
Date of online publication: 2024/05/06	
Keywords: Land surface temperature, Kerman Province, Precipitation, Vegetation, MODIS	

How to Cite:

Mazidi, A. Mohammadi Ravari, F (2025). Analysis of earth surface temperature changes with MODIS satellite images and its relationship with climatic factors - Case study: Kerman Province. Scientific - Research Quarterly Geographical Data (SEPEHR). 33(132), 127-142.

Materials & Methods

In this research, using monthly rainfall data from a CHIRPS sensor with a spatial resolution of five kilometers, NDVI vegetation index from a MODIS sensor for 16 days, with a resolution of 250 meters, and day and night surface temperature of 8 days from a MODIS sensor with a resolution of one kilometer, to analyze the changes in surface temperature and its relationship with climatic factors in Kerman province during a statistical period of 22 years (2001-2022) were studied. In the investigation of the annual precipitation fluctuations of Kerman province, standardized values of Z have been used, and these values have varied between -1.5 and +1.5. After receiving the data, first the CHIRPS images, then the NDVI and LST images were processed in the ArcGIS software environment and the values were extracted for Kerman province and then analyzed in the Excel software environment.

Results & Discussion

According to SPI results, drought is observed in 2010, 2016, 2018, and 2021, and drought in 2004, 2009, 2017, 2019 and 2020. In the rest of the years, the SPI index has been normal. Also, the seasonal rainfall showed that the highest rainfall was in the winters of 2005, 2017, and 2019 with an amount of 90 mm and more and the lowest rainfall was in the summer of 2019 with an amount of less than 1.04 mm. The value of the vegetation cover index (NDVI) is also in the spring season with a value of 1.05, which has an increasing trend, and the lowest value of the vegetation cover index (NDVI) in the autumn and winter seasons, whose lowest value is 0.35 and 0.42 on December 19 and November 17 with a trend A decrease is shown. The seasonal vegetation also shows that as we move from the west of the region to the east, the amount of vegetation decreases. The seasonal changes in the temperature of the surface of the earth during the day in Kerman province show that the hottest seasons are summer and spring and the coldest season is winter. The seasonal changes in the earth's surface temperature at night also show that the highest surface temperature is related to summer and spring, and the lowest is in autumn and winter.

Conclusion

In general, the results show that according to temperature fluctuations, there is a positive and significant relationship between the temperature of the earth's surface and vegetation (P-value at the 0.01 level). And there is a negative and significant relationship between the temperature of the earth's surface and precipitation. So precipitation has the greatest effect on the variability of the earth's surface temperature and vegetation has the least effect on the surface temperature changes. The increase in day and night temperatures in the spring and summer seasons causes an increase in evaporation and a subsequent decrease in water resources throughout the province and pressure on underground water. On the other hand, with the increase in temperature, the amount of evaporation and transpiration (plants' water needs) will also increase and will lead to a potential decrease in water resources, especially in the eastern regions of the province, but the presence of vegetation can almost reduce the temperature of the earth's surface. In the autumn and winter seasons, during the last decades, with the increase in temperature, the amount of precipitation and vegetation has decreased. Also, an increase in temperature can increase the water demand, which in turn leads to more extraction of surface and underground water resources. This means that the surface temperature has increased significantly in the mentioned statistical period. Also, the different conditions of each region are important factors in determining the type of relationship between temperature, vegetation, and precipitation. The results of this research on the relationship between the earth's surface temperature and climatic factors with the research of Mianabadi et al (2023), and Mazidi et al (2023) based on the method of the experimental relationship between surface temperature and other factors are consistent. According to the findings, the temperature trend in Kerman province is significant and the possibility of heat stress will increase in the future.



فصلنامه علمی - پژوهشی

اطلاعات جغرافیایی (سپهر) دوره ۳۳، شماره ۱۳۲، زمستان ۱۴۰۳

صفحات ۱۴۲ - ۱۲۷

مقاله پژوهشی

doi: <https://doi.org/10.22131/SEPEHR.2024.2022761.3060>

تحلیل تغییرات دمای سطح زمین با تصاویر سنجه MODIS و ارتباط آن با عوامل اقلیمی

مطالعه موردی: استان کرمان

احمد مزیدی*^۱، فروغ محمدی راوری^۲

۱- (*نویسنده مسئول) دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران Mazidi@yazd.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران F.mohammadi.5016@gmail.com

چکیده

برآورد دمای سطح زمین (LST) برای طیف گسترده‌ای از برنامه‌ریزی‌های کاربردی مانند کشاورزی، جزیره حرارتی شهری (UHI)، مدیریت انرژی، فرین‌های آب هوایی و مطالعات دگرگونی آب و هوایی به کار می‌رود. در این پژوهش به منظور تحلیل تغییرات دمای سطح زمین و ارتباط آن با عوامل اقلیمی در استان کرمان از داده‌های ماهواره CHIRPS و MODIS طی دوره آماری ۲۲ ساله (۲۰۰۱-۲۰۲۲) استفاده شد. نتایج ارزیابی میزان بارندگی و دما نشان می‌دهند که بارش در این حوضه از غرب به شرق روند کاهشی و دما روند افزایشی داشته است. بیشترین بارش‌ها مربوط به سال‌های ۲۰۱۹، ۲۰۱۷ و ۲۰۰۹ بوده که میزان آن‌ها به ترتیب ۱۶۳/۰۲، ۱۵۸/۷۲ و ۱۵۸/۴۳ میلی‌متر گزارش شده است و کمترین بارش‌ها مربوط به سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۱۸ با میزان ۶۱/۶۲ و ۷۵/۲۱ میلی‌متر بوده است. بررسی پوشش گیاهی استان کرمان نشان داد که بیشترین مقدار پوشش گیاهی در فصل بهار با میزان ۱/۰۵ دارای روند افزایشی بوده و کمترین مقدار پوشش گیاهی در فصل‌های پاییز و زمستان با میزان ۰/۳۵ روندی کاهشی داشته است. تغییرات فصلی دمای سطح روز و شب استان نیز نشان می‌دهد که گرم‌ترین فصول تابستان و بهار بوده است که دمای روز و شب از غرب به شرق استان روند افزایشی داشته و بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است. به طور کلی نتایج نشان می‌دهند که با توجه به نوسانات دما، بین دمای سطح زمین با پوشش گیاهی رابطه مثبت و معنی‌دار (مقادیر P-value در سطح ۰/۰۱) و دمای سطح زمین و بارش رابطه منفی و معنی‌داری وجود دارد به طوری که بارش بیشترین تأثیر را بر تغییرپذیری دمای سطح زمین و پوشش گیاهی کمترین تأثیر را بر تغییرات دمای سطح دارد.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۱۲/۰۱

تاریخ آخرین بازنگری:

۱۴۰۳/۰۲/۱۳

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۲/۱۷

تاریخ انتشار:

۱۴۰۳/۰۲/۱۷

واژه‌های کلیدی:

دمای سطح زمین؛

استان کرمان؛

بارش؛

پوشش گیاهی؛

MODIS

استناد به این مقاله:

مزیدی، الف؛ محمدی راوری، ف (۱۴۰۳) تحلیل تغییرات دمای سطح زمین با تصاویر سنجه MODIS و ارتباط آن با عوامل اقلیمی - مطالعه موردی: استان کرمان؛ فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۳۳(۱۳۲)، ۱۴۲-۱۲۷

مقدمه

تحلیل سری‌های زمانی ابزار مناسبی است که در مدل‌سازی ریاضی، پیش‌بینی وقایع آینده، آشکارسازی روند و بررسی پراش در اطلاعات اقلیمی و همچنین بازسازی داده‌های ناقص و گسترش اطلاعات به کار می‌رود. تحولات اقلیمی عمدتاً ناشی از افت و خیز، نوسان یا تغییر عناصر اقلیمی به‌ویژه دما و بارش است. این تحولات اثرات انکارناپذیری بر پدیده‌های مکانی به‌جا می‌گذارند، از این‌رو شواهد اقلیم گذشته را می‌توان در همه محیط‌های آبی و خشکی، گرم، سرد، عرصه‌های زیستی ردیابی نمود (غیور، ۱۳۸۴: ۱۵). تغییرات اقلیمی یکی از موارد مهمی هستند که برای شناخت عوامل طبیعی و انسانی مؤثر بر این تغییرات، باید مورد مطالعه قرار گیرند. در طی دهه‌های گذشته استفاده از ابزار سنجش از دور برای تشخیص چنین تغییراتی در طول زمان، توجه محققان را به خود معطوف کرده است (Singh, 1989: 999). از آن‌جا که دما از عناصر اساسی شکل‌گیری اقلیم است تغییرات آن می‌تواند ساختار آب و هوایی هر محل را دگرگون کند. به همین دلیل است که بررسی روند دما در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی بخش بزرگی از تحقیقات اقلیم‌شناسی را به خود اختصاص داده است. به عبارت بهتر می‌توان گفت بیشتر مطالعات انجام گرفته در مورد تغییرات اقلیم معاصر بر محور تغییرات دما متمرکز بوده است. بررسی‌های پژوهشگران نشان داده که در اکثر نقاط جهان دما در طی سده‌ی گذشته رو به افزایش بوده است. در این مورد تحقیقات بسیار گسترده‌ای در ارتباط با روند افزایش متوسط دمای جهانی و منطقه‌ای انجام پذیرفته است. دمای سطح زمین یک سنجه بسیار مهم برای طیف وسیعی از برنامه‌ریزی‌های کاربردی است. این پارامتر اغلب به‌عنوان دمای پوسته (رویه) سطح زمین نیز شناخته می‌شود که از داده‌های مادون‌قرمز حرارتی سنجش‌از‌دور به دست می‌آید (Weng et al, 2014: 58). دما یکی از مؤلفه‌های مهم اقلیمی در هر منطقه‌ای است که تغییر نوسان آن موجب تغییر در سایر عناصر اقلیمی شده و اثرات زیان‌باری را برای جوامع انسانی

و دیگر اکوسیستم‌های طبیعی به‌وجود می‌آورد (ارسلانی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین دمای سطح زمین یک پارامتر مهم برای ارزیابی بودجه انرژی سطح زمین است (Trigo et al, 2008: 1). با تغییر در اقلیم (دما و بارندگی) تغییرات زیادی در سطح کره زمین از جمله پوشش گیاهی صورت می‌پذیرد. در واقع با افزایش دما و کاهش میزان بارندگی، پوشش گیاهی در منطقه کاهش می‌یابد. با توجه به اهمیت موضوع و ارتباط بین شاخص‌های اقلیمی و پوشش گیاهی با تعیین ارتباط بین آن‌ها می‌توان تغییرات یکی را براساس دیگری پیش‌بینی نمود که منجر به افزایش سرعت و دقت کار می‌شود. بنابراین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و استخراج و بررسی ارتباط فاکتورهای دما و بارندگی و همچنین پوشش گیاهی در مناطق مختلف به‌ویژه حوضه‌های آبخیز با یکدیگر مهم به‌نظر می‌رسد (Zhu et al, 2016: 792). با گسترش فناوری ماهواره، تصاویر ماهواره‌ای دسترسی به اطلاعات منابع زمینی را به‌طور گسترده‌ای فراهم نموده و ابزار سنجش از دور نقش مهمی را در کسب اطلاعات از پدیده‌های اقلیمی برعهده گرفته‌است، چرا که تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی امتیازهای مهمی از جمله در دسترس بودن و توانایی تفسیر رقومی را دارا هستند (Lillesand and Kiefer, 1994: 750).

مطالعات زیادی در رابطه با الگوی تغییرات دمای شب و روز و ارتباط آن با عوامل اقلیمی در جهان و ایران انجام شده است که به برخی از آن‌ها در ذیل اشاره می‌شود:

(گرایزر^۱ و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۷۱)، با بررسی دمای یک صد ساله اروپا نشان دادند که در غرب اروپا چرخه دمای سالانه عقب و در شرق اروپا جلو افتاده است. در شرق اروپا نوسان سالانه دما افزایش معناداری را نشان داد و تقریباً در سراسر منطقه دما روند افزایشی داشته است. (سان^۲ و همکاران، ۲۰۱۴: ۸۱) در برآورد میانگین دمای هوا در سه منطقه در شمال شرق چین با استفاده دمای سطح زمین روز و شب هنگام سنجنده مودیس از روش DTVX استفاده کردند. نتایج پژوهش آنان نشان داده است

1- Grieser

2- Sun

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

تحلیل تغییرات دمای سطح زمین با تصاویر سنجنده MODIS و ارتباط آن با ... / ۱۳۱

رطوبت خاک حوضه‌ی آبریز نشان داد که افزایش معنی‌دار پوشش گیاهی در این منطقه، بیشتر از بارش و عوامل انسانی تحت تأثیر دما و رطوبت خاک است. (روستا و همکاران، ۲۰۲۲: ۲۳۵۷)، در بررسی تغییرات دینامیک دمای سطح زمین روزانه در کشورهای خاورمیانه طی دوره آماری ۲۰۱۸-۲۰۰۱ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس به این نتیجه رسیدند که LST در این کشورها روند صعودی داشته است، همچنین گرم‌ترین کشورها یمن، عمان و عربستان سعودی با $4.7/4$ ، $1.8/4$ و $3.9/8$ درجه سانتی‌گراد و سردترین آن‌ها کشورهای شرقی مانند ایران، ترکیه و عراق با مقدار $19.5/1$ ، $18.1/1$ و $10.5/5$ درجه سانتی‌گراد بوده‌اند.

در ایران نیز (مرادی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۰۱)، در پهنه‌بندی دمای رویه زمین ایران با استفاده از داده‌های مودیس به این نتیجه رسیدند که ایران به دو خوشه کلی گرم و سرد قابل طبقه‌بندی است و خوشه‌بندی مجدد چهار پهنه بسیار گرم، گرم، معتدل و سرد را آشکار ساخته است و خوشه‌های دمای سطح زمین هماهنگی زیادی با ناهمواری‌ها و عرض جغرافیایی دارند. همچنین (مرادی و همکاران، ۱۳۹۵: ۵۱۷) در پژوهشی دیگر با استفاده از داده‌های روز هنگام مودیس شیب دمای سطح زمین را در ایران مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تغییرات زمانی- مکانی چشم‌گیری در شیب دمای سطح زمین ایران دیده می‌شود؛ این دگرگونی از شرایط محیطی و دگرگونی دریافت انرژی خورشید اثر می‌پذیرد. (علی‌مرادی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۵۵) در بررسی پویایی پوشش گیاهی در رابطه با دما و بارش در مراتع حوضه کارون محدوده‌ی استان خوزستان از دمای سطح شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال‌شده که از سنجنده AVHRR ماهواره NOAA برای اوج سبزی‌نگی (ماه آوریل) در یک دوره ۲۷ ساله استخراج شده بود، استفاده کردند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که بین پوشش گیاهی با دمای سطح زمین و دمای هوا، یک رابطه‌ی معکوس و یک رابطه‌ی مثبت با بارش است. این همبستگی فضایی برای دمای سطح زمین نسبت به دو پارامتر دیگر قوی‌تر است. (احمدی و

که تفاوت دمای شب روز در جنگل‌های انبوه و مناطق کوهستانی بیشینه خواهد بود. (چن^۱ و همکاران، ۲۰۱۶: ۸۶۵)، تغییرات روزانه‌ی دمای هوا را در پکن، با استفاده از داده‌ی ماهواره‌های ترا و آکوا الگوریتم‌های گوناگون، در دوره‌ی زمانی سال ۲۰۰۹ تا سال ۲۰۱۰ بررسی کردند. نتایج نشان داد، در الگوریتم‌های متفاوت، دمای روزانه‌ی هوای برآوردی دارای خطای RMSE بین $1.62/1$ تا $2.33/3$ درجه‌ی سانتی‌گراد است. (دیداری^۲ و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۱۴۹)، با استفاده از مدل آماری داده‌های دمای سطح زمین سنجنده مادیس، دمای هوا را در ارتفاع پنج سانتی‌متری زمین، در استان فارس تخمین زدند. نتایج نشان داد دقت مدل پیشنهادی مناسب بوده اما دقت برآورد در فصل زمستان کمتر از دیگر فصل‌ها بوده است و دارای خطای RMSD $3.55/5$ درجه‌ی سانتی‌گراد بود. (میسلین^۳ و همکاران، ۲۰۱۸: ۱)، با استفاده از روش شاخص پوشش گیاهی دما و نیز تصاویر ماهواره‌ای، دمای بیشینه و کمینه‌ی هوا را در تایلند تخمین زدند. نتایج نشان داد که روش ذکرشده کارآیی چشمگیری در تخمین دمای هوا دارد؛ میانگین خطای مطلق در تخمین بیشینه‌ی دمای هوا $1.09/1$ تا $5.42/5$ درجه‌ی سانتی‌گراد و در تخمین کمینه‌ی دمای هوا $1.32/1$ تا $1.61/1$ درجه‌ی سانتی‌گراد برآورد شد. (لیو^۴ و همکاران، ۲۰۱۹: ۴۶۲)، به منظور یافتن الگوهای تغییر پوشش گیاهی حوضه‌ی نیمه خشک- نیمه مرطوب رودخانه‌ی وی^۵ واقع در کشور چین، از روش من-کندال و در کنار آن موجک متقابل استفاده نمودند. آن‌ها ابتدا الگوهای تغییر پوشش گیاهی حوضه‌ی رودخانه را به کمک شاخص اختلاف نرمال‌شده‌ی پوشش گیاهی (NDVI) به دست آوردند و سپس روابط بین سری زمانی پوشش گیاهی با مؤلفه‌های بارش، دما و رطوبت خاک را به وسیله‌ی آزمون موجک متقابل یافتند. مطالعه‌ی همبستگی بین سری‌های NDVI سالانه و سری‌های بارش، دما و

1- Chen

2- Didari

3- Misslin

4- Liu et all

5- Wei River

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تغییرات دمای سطح زمین و ارتباط آن با عوامل اقلیمی در استان کرمان است.

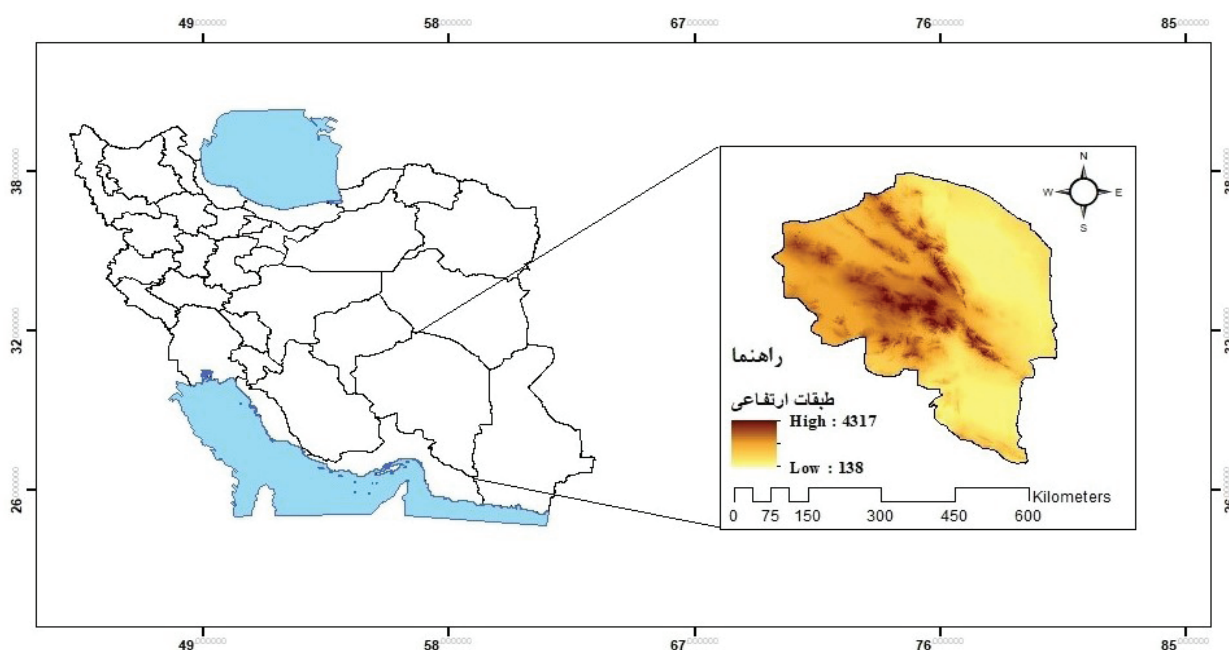
روش تحقیق

معرفی منطقه مورد بررسی

استان پهناور کرمان با وسعت ۱۸۳۲۸۵ کیلومتر مربع در جنوب شرقی فلات ایران واقع شده و به لحاظ وسعت مقام اول را دارد. این استان از شرق به استان سیستان و بلوچستان، از شمال غرب و غرب به استان یزد و از جنوب غرب به استان فارس و از جنوب به استان هرمزگان محدود می‌شود. این استان بین ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است (جعفرپور، ۱۳۷۱: ۳۱). استان کرمان به دلیل وسعت و تنوع جغرافیایی زیاد از موقعیت ویژه‌ای برخوردار است. به نحوی که این استان در مرکزیت جنوب شرق به عنوان چهار راه ارتباطی اتصال شمال به جنوب و شرق به غرب محسوب می‌شود (عاب‌اینی، ۱۳۸۱: ۵) (نگاره ۱).

همکاران، (۱۳۹۷: ۹۳۱)، با رویکردی نوین براساس برون‌داد تصاویر سنجنده مادیس، وضعیت LST زود هنگام ایران را در ماه‌های گوناگون سال بررسی کردند. نتایج نشان داد، از غرب به شرق و از شمال به جنوب ایران، در تمامی ماه‌های سال افزایش دمای سطح زمین دیده می‌شود. همچنین دمای سطح زمین به شدت متأثر از عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریاست. (مزیدی و محمدی، ۱۴۰۱: ۱). به بررسی روند تغییرات دما و بارش ایستگاه همدید شیراز در دوره‌ی آماری ۲۵ ساله با بازه‌ی زمانی (۱۹۹۶-۲۰۲۰) با روش آماری رگرسیون خطی و آماری منکندال برای آزمون معنی داری روند تغییرات سری دمایی و بارش و نمره استاندارد Z پرداختند و به این نتیجه رسیدند که روند کلی تغییر دما و بارش در دوره آماری مذکور در شیراز کاهش یافته است.

شناخت چگونگی روند تغییرات اقلیمی به ویژه روند تغییرات دما و تأثیر آن بر روی عوامل دیگر مانند بارش و پوشش گیاهی از جمله مواردی است که در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران علوم جوی قرار داشته است.



نگاره ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه به همراه مشخصات ارتفاعی

که در آن NIR، بازتاب در باند فرورسرخ نزدیک و RED، انعکاس در باند سرخ است. از دیدگاه نظری مقدار این شاخص در محدوده ۱+ و ۱- است. مقادیر این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم به سوی یک میل می‌کند ولی ابر، برف و آب با مقادیر منفی مشخص می‌شوند. سنگ‌ها و خاک‌های بایر که واکنش‌های طیفی مشابه در دو باند مورد استفاده دارند با مقادیر نزدیک به صفر دیده می‌شوند. در این شاخص خاک معمولی، معادل یک منظور می‌شود (چوبین^۲ و همکاران، ۲۰۱۴: ۲۰۵۳). هر قدر فاصله‌ی شاخص یک پیکسل بالاتر از اندازه‌ی خاک باشد نشان‌دهنده‌ی تراکم پوشش گیاهی است (Allison, Brown et al. 1989: 1965).

شاخص دمای سطح زمین (LST)^۳

دمای سطح زمین یکی از پارامترهای مهم کنترل فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی زمین و به این دلیل، اهمیت ویژه‌ای را در مطالعه اقلیم شهری دارد. به طوری که باعث تغییر در دمای هوای پایین‌ترین لایه‌های اتمسفر شهر می‌شود (Voogt & Oke, 2003:370). در این پژوهش دمای سطح زمین در چهار فصل با استفاده از رابطه‌های (۲) تا (۶) محاسبه شده است.

$$\text{Winter LST} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \text{LST}_i}{12} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\text{Spring LST} = \frac{\sum_{i=13}^{24} \text{LST}_i}{12} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\text{Summer LST} = \frac{\sum_{i=25}^{46} \text{LST}_i}{12} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\text{Fall LST} = \frac{\sum_{i=37}^{46} \text{LST}_i}{12} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$\text{Yearly LST} = \frac{\sum_{i=1}^{46} \text{LST}_i}{46} \quad \text{رابطه (۶)}$$

2- Choubin

3- Land Surface Temperature

داده‌های مورد استفاده

در پژوهش حاضر، از داده‌های بارش ماهانه سنجنده CHIRPS با تفکیک مکانی پنج کیلومتر و از آدرس اینترنتی (<https://disc.gsfc.nasa.gov>)، پوشش گیاهی NDVI سنجنده مودیس ۱۶ روزه، با وضوح ۲۵۰ متر و دمای سطح زمین روز و شب ۸ روزه سنجنده مودیس با وضوح یک کیلومتر از آدرس اینترنتی (<https://lpdaac.usgs.gov>) طی دوره‌ی آماری ۲۲ ساله (۲۰۰۱-۲۰۲۲) استفاده شده است. پس از دریافت داده‌ها، ابتدا تصاویر CHIRPS و سپس تصاویر NDVI و LST در محیط نرم‌افزار ARCGIS پردازش شده و مقادیر برای استان کرمان استخراج و در ادامه در محیط نرم‌افزار اکسل مورد بررسی قرار گرفت.

پایگاه بارش CHIRPS

پایگاه بارش CHIRPS پایگاهی با بیش از سی سال اطلاعات بارش است. اطلاعات بارش این پایگاه از سال ۱۹۸۱ به بعد موجود است. این پایگاه عرض جغرافیایی بین 50°N - 50°S و تمام طول‌های جغرافیایی را پوشش می‌دهد. تفکیک مکانی اطلاعات بارش این پایگاه ۰/۰۵ درجه است که براساس اطلاعات ماهواره‌ای و ایستگاهی تهیه شده است. اطلاعات پایگاه CHIRPS در مطالعات ارزیابی روند و پیش خشکسالی استفاده می‌شود (Maidment et al, 2015:8157) نسخه دوم این اطلاعات در فوریه ۲۰۱۵ ارائه شده و در مقیاس زمانی شش ساعته تا سه ماهه موجود است.

شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)

این شاخص توسط Tucker معرفی شده است و از معروف‌ترین، ساده‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌هایی است که در زمینه‌ی مطالعات پوشش گیاهی شناخته شده است (کاسا، ۱۹۹۰). این شاخص به صورت معادله (۱) تعریف می‌شود (حسینی و همکاران، ۲۰۱۱).

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

1- Kassa

می‌توانند به همان روش نشان داده شوند. علاوه بر دوره‌های خشکسالی، دوره‌های ترسالی هم به وسیله‌ی این شاخص بررسی می‌شوند. یک حادثه‌ی خشکسالی هر زمانی که SPI، به‌طور مداوم منفی باشد و شدت آن به ارقام ۱- یا کمتر برسد، اتفاق می‌افتد. این حادثه زمانی که SPI، به مقادیر مثبت برگردد، تمام می‌شود (نوریان و همکاران، ۱۳۸۱).

جدول ۱: طبقه بندی خشکسالی براساس شاخص SPI

(کمالی و همکاران، ۱۳۸۱: ۱۰۰)

وضعیت	شاخص SPI
ترسالی بسیار شدید	۲ و بیشتر
ترسالی شدید	۱/۹۹ تا ۱/۵
ترسالی متوسط	۱/۴۹ تا ۱
نزدیک به نرمال	۰/۹۹ تا -۰/۹۹
خشکسالی متوسط	-۱ تا -۱/۴۹
خشکسالی شدید	-۱/۵ تا -۱/۹۹
خشکسالی بسیار شدید	-۲ و کمتر

یافته‌ها

به‌منظور ارزیابی تغییرات دمای سطح زمین استان کرمان و ارتباط آن با عوامل اقلیمی، آمار سالانه بارش CHIRPS طی دوره آماری ۲۲ ساله (۲۰۰۱-۲۰۲۲) در نظر گرفته شد. میانگین بارش سالانه استان کرمان نشان می‌دهد که بیشترین بارش‌ها مربوط به سال‌های ۲۰۱۹، ۲۰۱۷ و ۲۰۰۹ بوده است که میزان آن‌ها به ترتیب ۱۶۳/۰۲، ۱۵۸/۷۲ و ۱۵۸/۴۳ میلی‌متر و کمترین بارش‌ها مربوط به سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۱۸ با میزان ۶۱/۶۲ و ۷۵/۲۱ میلی‌متر بوده است. همچنین با بررسی نوسان‌های بارش استان کرمان از مقادیر استاندارد شده Z استفاده شده که این مقادیر بین -۱/۵ تا +۱/۵ در تغییر بوده است. با توجه به نتایج SPI در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۶، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۱ خشکسالی و در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۷، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ ترسالی مشاهده می‌شود. در بقیه سال‌ها شاخص SPI نرمال نشان داده شده است (نگاره ۲).

که در این روابط، تصاویر هر سال براساس تاریخ شماره‌گذاری است.

شاخص بارش استاندارد (SPI)^۱

شاخص بارش استاندارد شده توسط مکی و همکارانش در سال ۱۹۹۳ به‌منظور تعیین و پایش خشکسالی در کلرادو ارائه شد. شاخص SPI، برای محاسبه احتمال بارش در هر بازه‌ی زمانی کاربرد دارد، اساساً از این شاخص برای بازه‌های زمانی (۳، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸، ۳۶) ماهه استفاده می‌شود و برای کمک به ارزیابی شدت خشکسالی اهمیت زیادی دارد. این شاخص در آنالیز داده‌های بارندگی و همچنین برای کمی کردن کمبود بارش در مقیاس‌های زمانی گوناگون کاربرد دارد. به‌منظور تفسیر و بررسی نتایج حاصل از این محاسبه جدول (۱) ارائه شده است. ویژگی اصلی شاخص SPI، انعطاف‌پذیری در اندازه گیری وضعیت خشکسالی منطقه است به‌دلیل اینکه مدت زمان خشکسالی‌ها بسیار گسترده هستند. هرگاه مقادیر SPI، به‌طور مداوم منفی باشند به عبارتی مقدار آن به ۱- و کمتر برسد، نشان‌دهنده‌ی وقوع خشکسالی و مقادیر مثبت آن معرف ترسالی است (آسیبی، ۱۳۸۵: ۴۹). این شاخص از معادله‌ی (۷) محاسبه می‌شود.

$$SPI = \frac{x_i - \bar{x}}{SD} \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در این معادله x_i = بارش هر ماه یا سال، \bar{x} = میانگین بارش در طول دوره‌ی آماری و SD = انحراف از معیار هستند. لازم به توضیح است که شاخص SPI، یک متغیر استاندارد شده است که انحرافات بیشتر یا کمتر از میانگین را نشان می‌دهد و نتایج آن برای مقیاس کوتاه مدت کاملاً صحیح نیست زیرا توزیع اولیه‌ی بارش دارای چولگی است. (کمالی و همکاران، ۱۳۸۱: ۹۸). میانگین SPI، در مقیاس زمانی در یک موقعیت صفر خواهد بود و انحراف معیار آن برابر یک است، این یک مزیت محسوب می‌شود زیرا SPI، نرمال شده است. بنابراین اقلیم‌های خشک‌تر و مرطوب‌تر

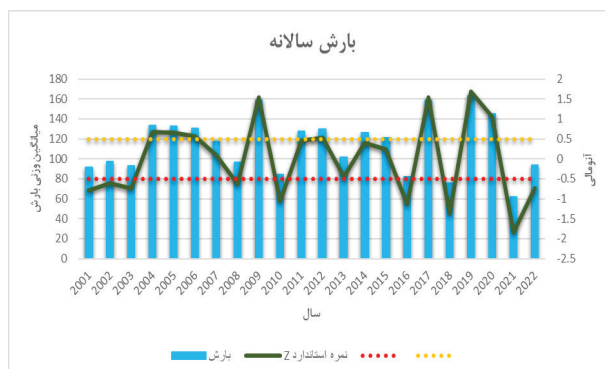
1- Standard Precipitation Index

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مزم)

تحلیل تغییرات دمای سطح زمین با تصاویر سنجده MODIS و ارتباط آن با ... / ۱۳۵

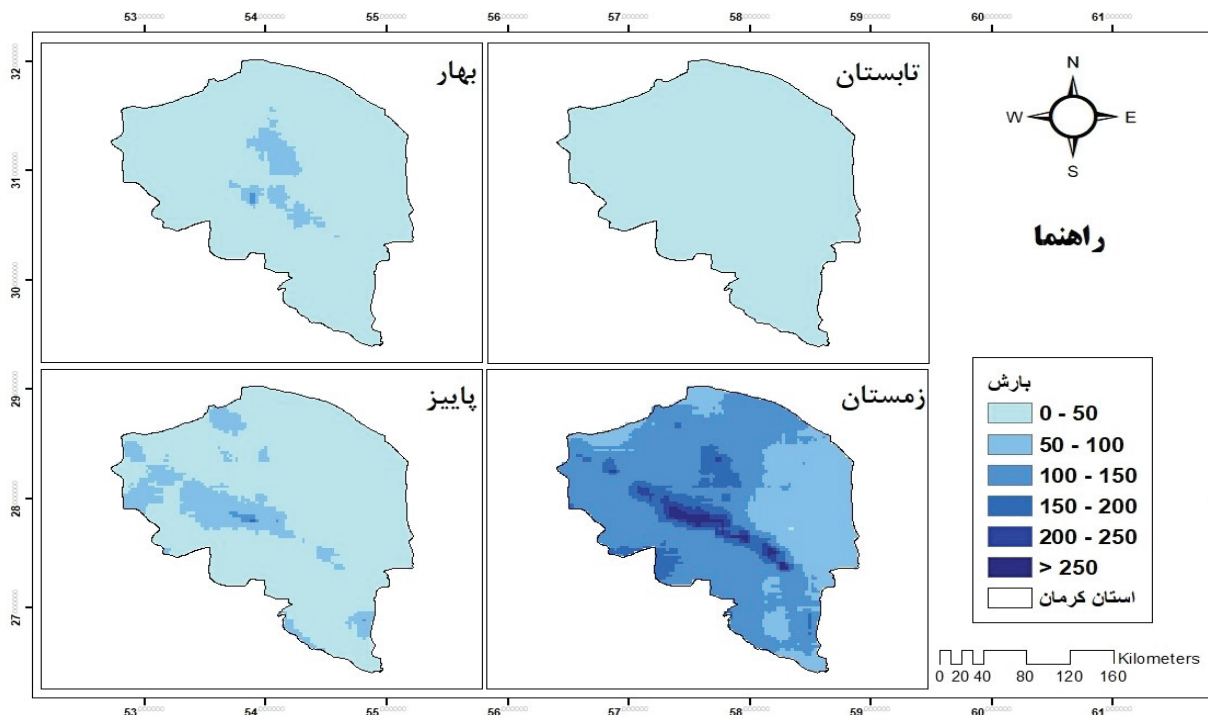
غرب، جنوب غرب و شمال استان مشاهده می‌شوند. به‌طور کلی هرچه از سمت غرب به سمت شرق می‌رویم از میزان بارش‌ها کاسته می‌شود. در فصل پاییز بیشترین بارش‌ها در قسمت شمال و غرب پراکنده شده‌اند و بقیه استان بارشی کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر را داشته است. در فصل بهار نیز بارش ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر در قسمت مرکز استان مشاهده می‌شود و در بقیه قسمت‌های استان بارش کمتر از ۵۰ میلی‌متر وجود دارد و در فصل تابستان بارش در تمامی قسمت‌های استان کمتر از ۵۰ میلی‌متر بوده است.

به‌منظور بررسی سری زمانی تغییرات اقلیمی فصلی استان کرمان، آمار فصلی بارش CHIRPS طی دوره آماری ۲۲ ساله (۲۰۰۱-۲۰۲۲) در نظر گرفته شد. نگاره ۴ بارش استان کرمان را در فصول مختلف سال نشان می‌دهد. بیشترین بارش‌ها مربوط به فصل زمستان در سال‌های ۲۰۱۷، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۹ با میزان ۹۰ میلی‌متر به بالا بوده است. همچنین بررسی نوسان‌های بارش فصل زمستان استان کرمان از

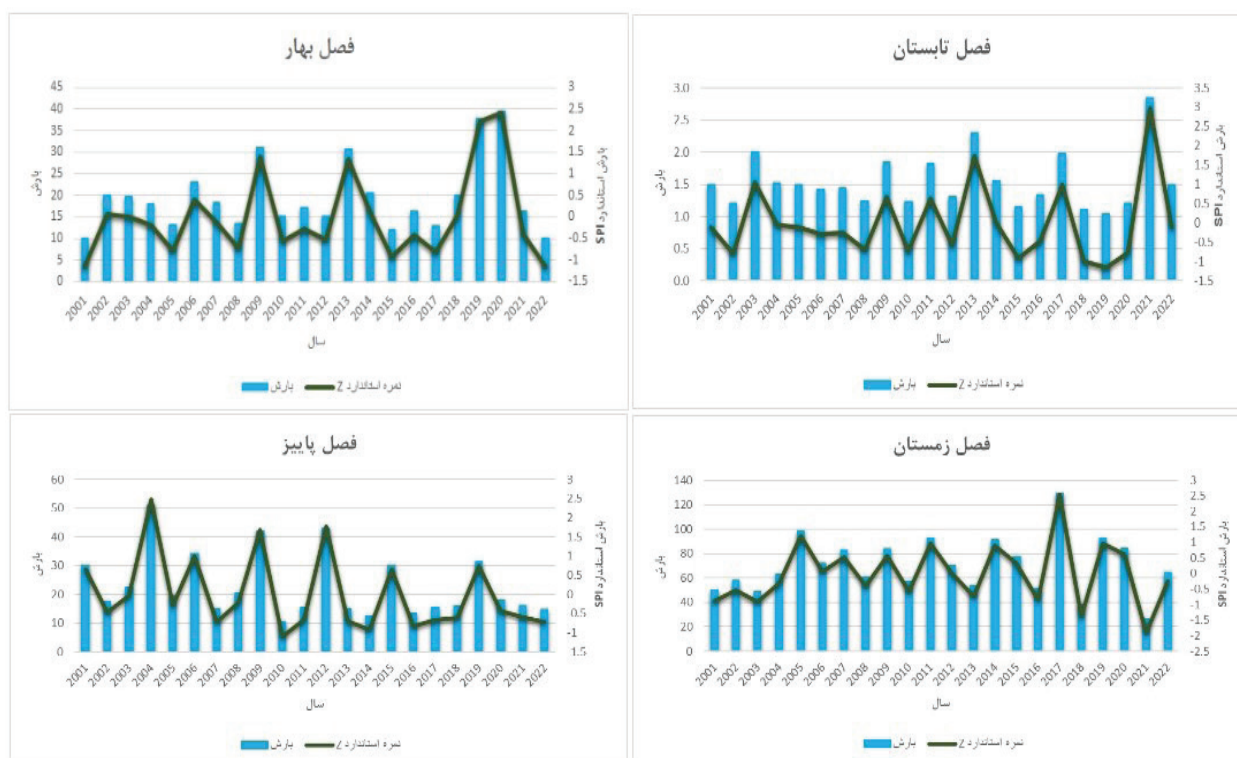


نگاره ۲: بارش سالانه و SPI استان کرمان براساس داده‌های ماهواره CHIRPS، طی دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۲۲

نگاره ۳، سری زمانی تغییرات اقلیمی بارش فصلی استان کرمان را نشان می‌دهد. بیشترین بارش‌ها به ترتیب در فصول زمستان، پاییز، بهار و تابستان بوده است. در فصل زمستان بارش‌های سنگین در قسمت‌های مرکزی، غرب و جنوب غربی استان به‌صورت نواری طولی شکل متمرکز شده است و بارش‌های ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر نیز در مرکز،



نگاره ۳: بارش فصلی (میلی‌متر) استان کرمان، براساس داده‌های ماهواره CHIRPS، طی دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۲۲



نگاره ۴: بارش فصلی (میلی متر) و SPI استان کرمان براساس داده‌های ماهواره CHIRPS، طی دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۲۲

آماري ۲۲ ساله (۲۰۰۱-۲۰۲۲) با توجه به تاريخ تصاویر ماهواره‌ای نشان داده شده است (نگاره ۵). با توجه به نمودار بيشتري مقدار شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در فصل بهار با مقدار ۱/۰۵ که دارای روند افزایشی بوده و کمترین مقدار شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در فصل‌های پاییز و زمستان که کمترین مقدار آن ۰/۳۵ و ۰/۴۲ در ۱۹ دسامبر و ۱۷ نوامبر با روندی کاهشی نشان داده شده‌اند. نتایج بررسی پوشش گیاهی فصلی استان کرمان نیز در تأیید نگاره ۶ است که بيشتري پوشش گیاهی در فصل بهار در قسمت‌های شمال، غرب، جنوب و شرق پراکنده شده‌اند. پوشش گیاهی در فصل تابستان به صورت پراکنده مشخص شد. این فصل نسبت به فصل بهار از پوشش گیاهی کمتری برخوردار است. در فصل پاییز و زمستان پوشش گیاهی به حداقل خود رسیده است (نگاره ۶).

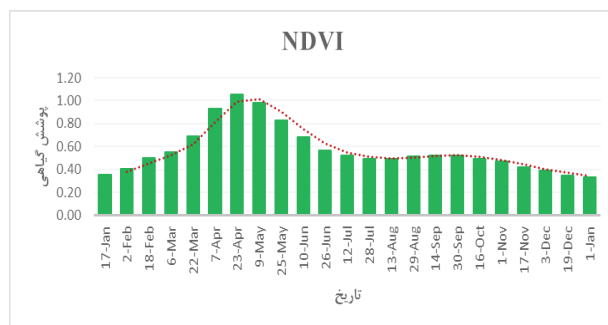
مقادير استاندارد شده Z نشان می‌دهد که در سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۱ خشکسالی، در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۰۵، ۲۰۱۷ و ۲۰۱۹ ترسالی و بقیه سال‌ها نرمال بوده‌اند. میزان کمترین بارش مربوط به فصل تابستان بوده است که کمترین آن مربوط به سال ۲۰۱۹ با میزان کمتر از ۱/۰۴ میلی‌متر بوده است و بررسی نوسان‌های بارش فصل تابستان استان کرمان از مقادير استاندارد شده Z نشان می‌دهد که بيشتري مقدار بارش در سال ۲۰۲۱ با مقدار ۲/۸۴ میلی‌متر بوده است و بقیه سال‌ها در این فصل بدون بارش یا بارش خیلی ناچیز بوده است. در فصل پاییز سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۱۰، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۶ خشکسالی و سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۲ ترسالی را تجربه کرده‌اند و در فصل بهار خشکسالی در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۸، ۲۰۱۵، ۲۰۱۷ و ۲۰۲۲ اتفاق افتاده و فقط در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ ترسالی و بقیه سال‌ها وضعیت نرمال مشاهده شده است.

میانگین پوشش گیاهی استان کرمان نیز طی دوره

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سیر)

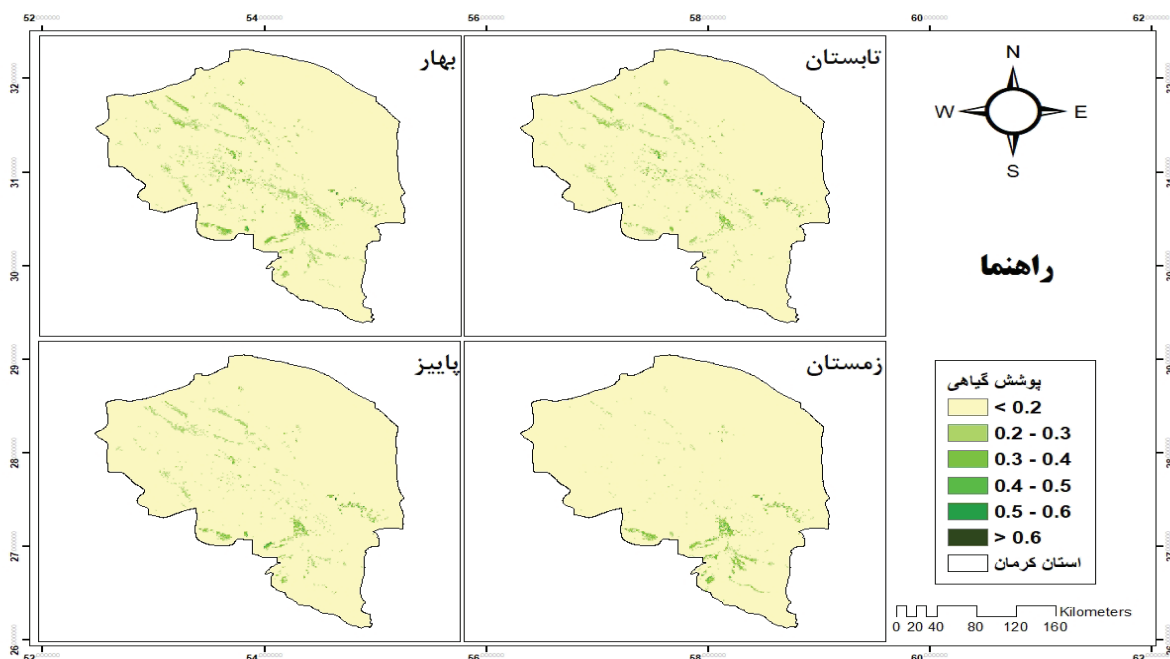
تحلیل تغییرات دمای سطح زمین با تصاویر سنجده MODIS و ارتباط آن با ... / ۱۳۷

از سمت غرب به سمت شرق استان حرکت کنیم دما تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. در فصل تابستان تنها در قسمت‌های شمالی و غرب استان به صورت نواری پراکنده در سطح زمین روز، دمای ۴۰-۳۰ درجه حاکم است و این دما در شب به کمتر از ۲۵ درجه کاهش داشته که به دلیل وجود ارتفاعات در قسمت غرب و شمال استان است و در بقیه قسمت‌های استان در روز دمای بالای ۵۰ درجه و در شب دمای بالای ۲۰ درجه حاکم است. دمای روز در فصل پاییز نیز از ۳۰ درجه و در شب از ۲۰ درجه افزایش نداشته است و قسمت‌های شمالی، مرکزی و حاشیه‌های غربی استان در روز دمای ۳۰-۲۰ و ۲۰-۱۰ درجه و در شب دمای کمتر از ۱۵ درجه حاکم است، همچنین این قسمت‌های استان در فصل زمستان در روز دمای کمتر از صفر تا ۲۰ درجه، در شب دمای کمتر از ۵- درجه حاکم است و در بقیه قسمت‌های استان دمای سطح زمین در روز دمای ۳۰-۲۰ درجه و دمای سطح زمین در شب کمتر از ۱۰ درجه گسترش یافته است.

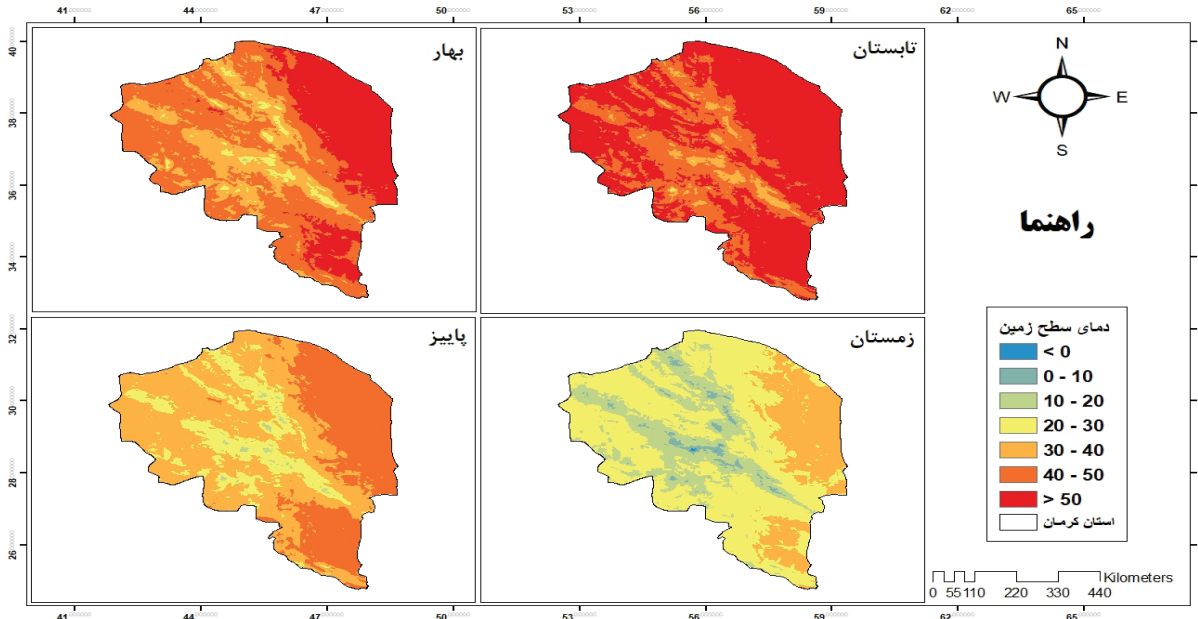


نگاره ۵: میانگین پوشش گیاهی استان کرمان طی دوره آماری ۲۰۲۲-۲۰۰۱

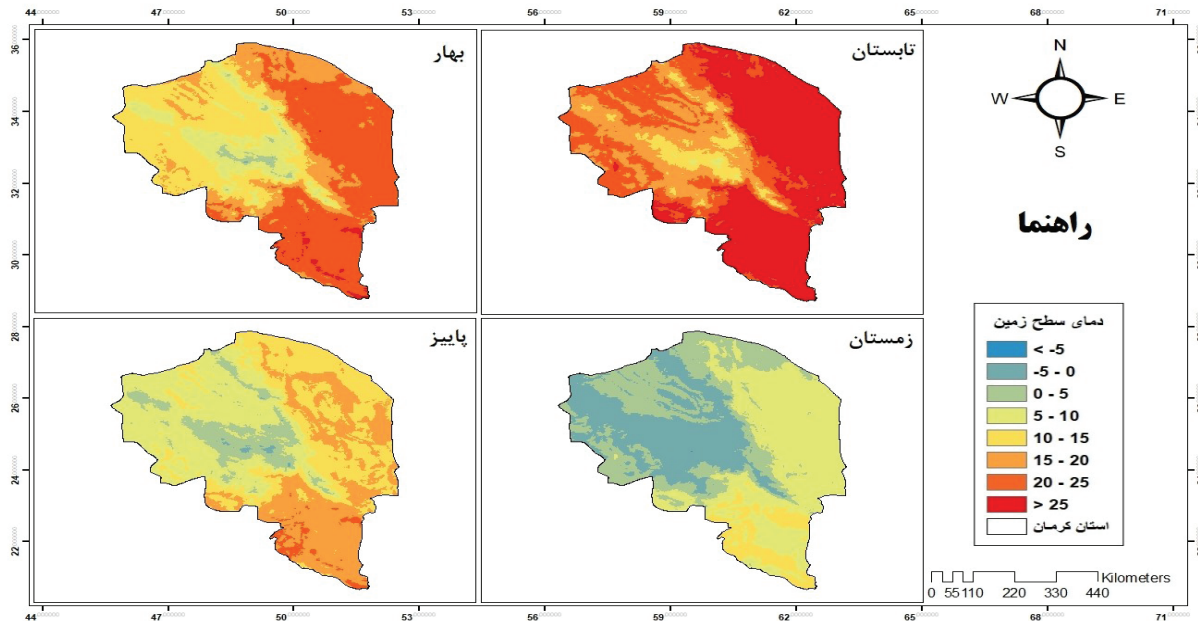
برای مقایسه بهتر تغییرات وضعیت دمای سطح زمین طی دوره آماری (۲۰۲۲-۲۰۰۱)، طبقه‌بندی دمایی روز و شب استان کرمان با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS استخراج و در نگاره‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. در بررسی دمای روز استان در فصل بهار، در قسمت‌های شمالی و غرب استان دمای ۴۰ تا ۳۰ درجه متمرکز شده است که هرچه از سمت غرب به سمت شرق استان می‌رویم دمای ۳۰ درجه حاکم شده است. دمای شب در این فصل در قسمت‌های شمال و غرب استان کمتر از ۱۰ درجه بوده است و هرچه



نگاره ۶: میانگین فصلی پوشش گیاهی استان کرمان طی دوره آماری ۲۰۲۲-۲۰۰۱



نگاره ۷: میانگین فصلی دمای سطح زمین روز در استان کرمان طی دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۲۲

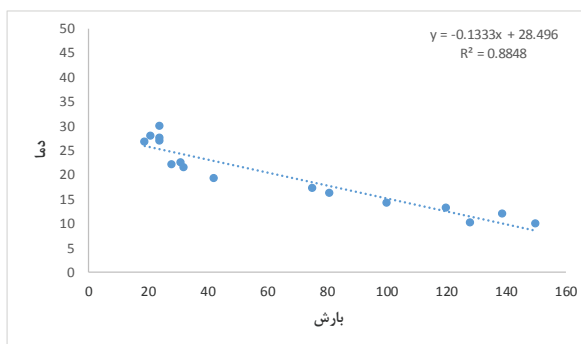
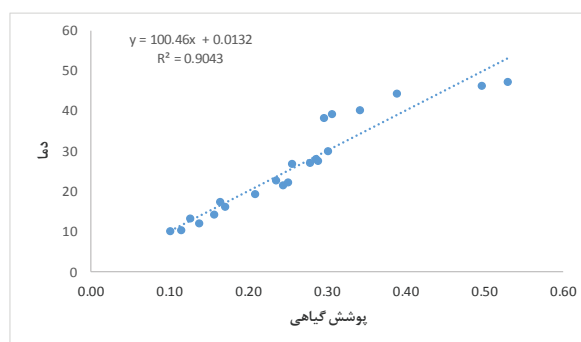


نگاره ۸: میانگین فصلی دمای سطح زمین شب در استان کرمان طی دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۲۲

نگاره ۹ تغییرات فصلی دمای سطح زمین در روز را در استان کرمان طی دوره آماری نشان می‌دهد. گرم‌ترین فصول تابستان و بهار و سردترین فصل زمستان هستند. همچنین در فصل پاییز دمای سطح زمین (LST) متوسط است. در جدول ۲، طبقه‌بندی مساحت دمایی نشان می‌دهد که بیشترین مساحت دمایی در فصول بهار و تابستان در دمای بالای ۴۰ درجه بوده که ۱۵۲۶۴۱ و ۱۷۸۷۷۶ کیلومتر مربع از منطقه را در بر گرفته‌اند. همچنین در فصول پاییز و زمستان

دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS و ارتباط آن با عوامل اقلیمی در استان کرمان از داده‌های بارش ماهانه CHIRPS، پوشش گیاهی NDVI و دمای سطح زمین LST روز و شب سنجنده مودیس طی دوره آماری ۲۲ ساله (۲۰۰۱-۲۰۲۲) استفاده شد. نتایج نشان می‌دهند میزان بارندگی سالانه از غرب به شرق روند کاهشی دارد. با توجه به نتایج SPI در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۶، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۱ خشکسالی و در سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۹، ۲۰۱۷، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ ترسالی مشاهده می‌شود. در بقیه سال‌ها شاخص SPI نرمال نشان داده شده است. در کل بیشترین بارش‌ها مربوط به فصل زمستان و کمترین آن‌ها مربوط به فصل تابستان در استان بوده است. نتایج بررسی سری زمانی پوشش گیاهی نشان داد که بیشترین مقدار پوشش گیاهی در فصل بهار دارای روند افزایشی بوده و کمترین مقدار پوشش گیاهی در فصل‌های پاییز و زمستان با روندی کاهشی رخ داده است. همچنین پوشش گیاهی در فصل بهار در قسمت‌های شمال، غرب، جنوب و شرق پراکنندگی بیشتری نسبت به پوشش گیاهی در فصل تابستان داشته و در فصل پاییز و زمستان پوشش گیاهی به حداقل خود رسیده است. تغییرات فصلی دمای سطح روز و شب استان نیز نشان می‌دهد که گرم‌ترین فصول تابستان و بهار بوده و دما از غرب به شرق استان دارای روند افزایشی بوده است. افزایش دمای روز و شب در فصول بهار و تابستان باعث افزایش تبخیر و متعاقب آن کاهش منابع آب در سراسر استان و فشار به آب‌های زیرزمینی می‌شود. از طرفی با افزایش دما میزان تبخیر-تعرق (نیاز آبی گیاهان) نیز افزایش یافته و کاهش بالقوه منابع آب به خصوص در مناطق شرقی استان را به همراه خواهد داشت اما وجود پوشش گیاهی تقریباً می‌تواند دمای سطح زمین را کاهش دهد. در فصول پاییز و زمستان نیز طی دهه‌های اخیر با افزایش دما از میزان بارش و پوشش گیاهی کاسته شده است. همچنین افزایش دما می‌تواند افزایش تقاضا برای آب را به همراه داشته باشد که این مسئله به نوبه خود برداشت بیشتر از منابع آب سطحی و زیرزمینی را به

در نگاره ۱۱ روابط بین LST، بارش و پوشش گیاهی به دست آمده با استفاده از رگرسیون خطی ارائه شده است. نتایج نشان‌دهنده این است که بین دما و بارش رابطه منفی و معنی‌داری وجود دارد. LST همچنین با پوشش گیاهی رابطه مثبت و معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ دارد. در کل با افزایش میزان دما در ماه یا فصل خاص، پوشش گیاهی افزایش و بارش کاهش می‌یابد. بارش بیشترین تأثیر را بر تغییرپذیری LST و پوشش گیاهی کمترین تأثیر را بر تغییرات LST دارد.



نگاره ۱۱: نمودارهای پراکنندگی روابط بین LST و پوشش گیاهی (بالا) و بارش (پایین) در کرمان، طی دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۲۲

نتیجه‌گیری

برخی از پدیده‌ها و عوارض سطح زمین نظیر پوشش گیاهی، به دلایل مختلف در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی به مرور زمان دچار تغییر شده که شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین نیاز به آشکارسازی، پیش‌بینی و مراقبت چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. به‌منظور تحلیل تغییرات

- 4- Allison, E., et al. (1989). Monitoring drought-affected vegetation with AVHRR. In Proceedings of the 12th Canadian Symposium on Remote Sensing Geoscience and Remote Sensing Symposium (Vol. 4, pp. 1965–1967). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.1989.577746>
- 5- Ariza, J. P., et al. (2018). Structural setting of the Chanic orogen (Upper Devonian) at central-western Argentina from remote sensing and aeromagnetic data: Implications in the evolution of the proto-Pacific margin of Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*, 88, 352–366. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.08.021>
- 6- Arsalani, M., Azizi, G., & Khoshakhlaq, F. (2012). Reconstruction of maximum temperature changes in Kermanshah province using tree rings. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 1, 97–110. [In Persian]
- 7- Asiayi, M. (2006). Drought indices. Tehran: Sokhan Gostar Publishing, pp. 1–176. [In Persian]
- 8- Chen, Y., et al. (2016). Estimating daily maximum air temperature with MODIS data and a daytime temperature variation model in Beijing urban area. *Remote Sensing Letters*, 7(9), 865–874. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2016.1193792>
- 9- Choubin, B., et al. (2017). Watershed classification by remote sensing indices: A fuzzy c-means clustering approach. *Journal of Mountain Science*, 14(10), 2053–2063. <https://doi.org/10.1007/s11629-017-4357-4>
- 10- Didari, S., et al. (2017). Estimation of daily minimum land surface air temperature using MODIS data in southern Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 130, 1149–1161. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1945-0>
- 11- Ghiyouri, H., & Asakereh, H. (2005). Application of Fourier models in estimating and forecasting monthly temperatures: A case study of Mashhad. *Geographical Research Journal*, 20(2), 83–99. [In Persian]
- 12- Grieser, J., et al. (2002). Statistical time series decomposition into significant components and application to European temperature. *Theoretical and Applied Climatology*, 71, 171–183. <https://doi.org/10.1007/s007040200003>
- 13- Hosseini, S., et al. (2011). Estimating relationship between vegetation dynamic and precipitation in central Iran. In Proceedings of Toledo Conference (pp. 1–12).
- 14- Jafarpoor, E. (1992). *Climatology*. Tehran: Tehran

دنبال دارد. به این معنا که دمای سطح در دوره آماری مذکور به طور معناداری افزایش داشته است. این یافته با آنچه تحت عنوان افزایش گرمای جهانی در دنیای علمی مطرح است، همخوانی و مطابقت دارد و به نوعی مؤید آن رخداد اقلیمی است. به طور کلی نتایج نشان می دهد که با توجه به نوسانات دما، تأثیر این عنصر بر روی بارش و پوشش گیاهی در استان کرمان مورد تأیید است که بین LST با پوشش گیاهی رابطه مثبت و معنی دار در سطح ۰/۰۱ و LST و بارش رابطه منفی و معنی داری وجود دارد. بارش بیشترین تأثیر را بر تغییرپذیری LST و پوشش گیاهی کمترین تأثیر را بر تغییرات LST دارد. همچنین شرایط متفاوت هر منطقه نیز از عوامل مهمی است که در تعیین نوع روابط بین دما، پوشش گیاهی و بارش اثرگذار است. نتایج این تحقیق در خصوص ارتباط دمای سطح زمین با عوامل اقلیمی، با پژوهش های میان آبادی و همکاران (۱۴۰۲) و مزیدی و همکاران (۱۴۰۲) مبنی بر روش رابطه تجربی بین دمای سطح و سایر عوامل همخوانی دارد و مطابق یافته ها، روند دما در استان کرمان معنی دار بوده و احتمال وقوع تنش های گرمایی در آینده افزایش خواهد داشت.

تعارض منافع

در این پژوهش، حامی مالی و تعارض منافع وجود ندارد.

References

- 1- Abedini, Y. (2009). Climatic zoning of Zanjan region and analysis of its meteorological stations. 10th Tehran Geophysics Conference, pp. 1–12. [In Persian]
- 2- Ahmadi, M., et al. (2019). Air and ground temperature estimation using GLDAS and NCEP/NCAR. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 13(4), 931–944. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-01945-0>
- 3- Alimoradi, S., Khorani, A., & Esmaeilpour, Y. (2017). Vegetation dynamics in relation to temperature and precipitation in the Karun watershed rangelands, Khuzestan province. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 17(44), 155–177. [In Persian]

- Analysis of land surface temperature trends in Iran using MODIS early data. *Journal of Natural Geography Research*, 48(4), 517–532. [In Persian]
- 24- Nourian, A. M. (2002). National report on natural disaster risk management. Tehran: National Meteorological Organization. [In Persian]
- 25- Rousta, I., et al. (2021). Dynamics of daytime land surface temperature (LST) variabilities in the Middle East countries during 2001–2018. *Pure and Applied Geophysics*, 178(6), 2357–2377. <https://doi.org/10.1007/s00024-021-02765-4>
- 26- Singh, A. (1989). Review article: Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10(6), 989–1003. <https://doi.org/10.1080/01431168908903939>
- 27- Sun, H., et al. (2014). Estimating mean air temperature using MODIS day and night land surface temperatures. *Theoretical and Applied Climatology*, 118, 81–92. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1033-7>
- 28- Trigo, I. F., et al. (2008). An assessment of remotely sensed land surface temperature. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D17). <https://doi.org/10.1029/2008JD010035>
- 29- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 370–384.
- 30- Weng, Q., et al. (2014). Generating daily land surface temperature at Landsat resolution by fusing Landsat and MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 145, 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.003>
- 31- Zhu, Z., et al. (2016). Greening of the Earth and its drivers. *Nature Climate Change*, 6(8), 791–795.
- University Press, pp. 1–372. [In Persian]
- 15- Kamali, G. (2009). Applied meteorology. Tehran: Meteorological Research Institute & Raja Publishing, pp. 1–272. [In Persian]
- 16- Kassa, A. (1990). Drought risk monitoring for Sudan using NDVI. (Master's thesis, University College London).
- 17- Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W., 1994, 1905433, English, Book, USA, (Ed. 3), New York, Remote sensing and image interpretation., (xvi + 750 pp.), John Wiley and Sons, Inc., Remote sensing and image interpretation.
- 18- Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (1994). Remote sensing and image interpretation (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- 19- Maidment, R. I., et al. (2015). Recent observed and simulated changes in precipitation over Africa. *Geophysical Research Letters*, 42(19), 8155–8164. <https://doi.org/10.1002/2015GL065765>
- 20- Mazidi, A., & Mohammadi Ravari, F. (2022). Analyzing temperature and precipitation trends of Shiraz synoptic station using the Mann-Kendall statistical method. 6th International Congress on Agricultural Development, Natural Resources, Environment, and Tourism in Iran, pp. 1–14. [In Persian]
- 21- Misslin, R., et al. (2018). Estimating air temperature using MODIS surface temperature images for assessing Aedes aegypti thermal niche in Bangkok, Thailand. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6875-0>
- 22- Moradi, M., Salahi, B., & Masoudian, S. A. (2016). Zoning land surface temperature in Iran using MODIS data. *Journal of Environmental Hazards*, 5(7), 101–116. [In Persian]
- 23- Moradi, M., Salahi, B., & Masoudian, S. A. (2016).

COPYRIGHTS

©2025 by the authors. Published by National Geographical Organization. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons [Attribution-NoDerivs 4.0 International \(CC BY-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/)
