Journal of Natural Environment

Online ISSN: 2423-7817

University of Tehran Press

Homepage: https://jne.ut.ac.ir/

Investigating the impact of climate change on wildlife habitats using GIS remote sensing

(study area: Khabar national park, Kerman province)

Amir Memarzadeh Kiani[1]✉ | Mansour Poursina[2] | Alireza Tajpour[3] | Siavash Rezaeean[3] | Ghazaal Bajestani Moghadam[5]

1. Corresponding Author, Department of Environmental Planning, Management and Education, Kish International Campus, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: amir.memarzadeh@ut.ac.ir
2. Head of Wildlife Protection and Management Department, General Department of Environment of Kerman province, Kerman, Iran. E-mail: poursina396@gmail.com
3. Expert of the Department of Habitat Management and Regional Affairs, General Department of Environment of Kerman Province, Kerman, Iran. E-mail: miralirezatajpour2@gmail.com
4. Department of Environmental Planning, Management and Education, Kish International Campus, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: siavashrezaeian56@gmail.com
5. Department of Forestry, Faculty of Environment and Natural Resources, Islamic Azad University, Faculty of Science and Research, Tehran, Iran. E-mail: ghbm20@yahoo.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 12 September 2023

Received in revised form 08 October 2023

Accepted 17 October 2023

Published online 27 January 2024

Keywords:

Khabar national park,

Thermal images,

Landsat,

NDVI.

ABSTRACT

The distribution of organisms and ecosystems is affected by climate change, in fact, climate change has affected the distribution patterns of a large number of species and even led to displacement, extinction of certain species, destruction and loss of habitats. In this regard, remote sensing technology, due to having a spatial and integrated view of the region, as well as geographic information systems (GIS) due to the ability to analyze and analyze, prepare maps and model, can be efficient in the field of monitoring, planning and dynamic and sustainable management of wildlife habitats. The purpose of this research is to investigate the weather-climate changes in Khabar National Park located in the south of Kerman province using remote sensing technology and Landsat satellite thermal bands and geographic information systems (GIS). Therefore, first, Landsat satellite images and sensors (TM-ETM-TIRS) were prepared in the years 1972 to 2022, then pre-processed, processed images and maps of surface temperature changes (LST) in four seasons and for the years 1988-2000-2010-2014- 2020-2022 has been prepared. Landsat satellite and NDVI index have also been used to monitor vegetation changes. The results of the research showed an increase in the temperature of the earth's surface in the last 40 years and in the 4 investigated seasons. Also, the results of analysis and monitoring of vegetation cover (NDVI) showed a decrease in the average vegetation cover of the region in the studied years. Also, in order to investigate the relationship between vegetation percentage and LST changes, linear regression and SPSS software were used, and R=99% and R2=98% and R2=97% were calculated, which is acceptable and shows that with the reduction of vegetation area, the surface temperature has increased. According to the findings, what is evident is that the trend of climate change and the relative increase in the temperature of the earth's surface and the decrease in vegetation in the study area continues and requires strategic planning and systematic management of the Khabar wildlife habitat in order to maintain the indicators of habitat desirability and the balance and parallelism of ecological relations. And protecting the rich fauna and flora diversity of the region.

Cite this article: Memarzadeh Kiani, A., Poursina, M., Tajpour, A., Rezaeean, S., & Bajestani Moghadam, G. (2024). Investigating the impact of climate change on wildlife habitats using GIS remote sensing (study area: Khabar national park, Kerman province). *Journal of Natural Environment*, 76 (Special Issue), 291-306. DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.365259.2600

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.365259.2600

محیط زیست طبیعی
شاپای الکترونیکی: ۷۸۱۷-۲۴۲۳
Homepage: https://jne.ut.ac.ir/
انتشارات دانشگاه تهران

بررسی تأثیر تغییرات اقلیم بر زیستگاه‌های حیات وحش با استفاده از سنجش از راه دور و GIS (منطقهٔ مورد مطالعه: پارک ملی خبر در استان کرمان)

امیر معمارزاده کیانی[۱]✉ | منصور پورسینا[۲] | علیرضا تاجپور[۳] | سیاوش رضائیان[۴] | غزال بجستانی مقدم[۵]

۱. نویسنده مسئول، گروه برنامه‌ریزی و مدیریت و آموزش محیط‌زیست، پردیس بین‌الملل کیش، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: amir.memarzadeh@ut.ac.ir
۲. رئیس ادارهٔ حفاظت و مدیریت حیات وحش، ادارهٔ کل محیط‌زیست استان کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: poursina396@gmail.com
۳. کارشناس ادارهٔ مدیریت زیستگاه‌ها و امور مناطق، ادارهٔ کل محیط‌زیست استان کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: miralirezatajpour2@gmail.com
۴. گروه برنامه‌ریزی و مدیریت و آموزش محیط‌زیست، پردیس بین‌الملل کیش، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: siavashrezaeian56@gmail.com
۵. گروه جنگلداری، دانشکدهٔ محیط‌زیست و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران. رایانامه: ghbm20@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۰۷

کلیدواژه‌ها:
پارک ملی خبر،
تصاویر حرارتی،
لندست،
NDVI.

چکیده

توزیع موجودات و اکوسیستم‌ها تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی قرار دارد، در واقع تغییرات آب‌وهوا بر الگوهای پراکنش تعداد زیادی از گونه‌ها تأثیر گذاشته و حتی منجر به جابه‌جایی، انقراض گونه‌های خاص، تخریب و از دست دادن زیستگاه‌ها شده است. در این راستا، فناوری سنجش‌ازدور به‌دلیل داشتن دید فضایی و یکپارچه از منطقه و نیز سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) به‌دلیل داشتن قابلیت تجزیه‌وتحلیل، تهیهٔ نقشه و مدل‌سازی می‌توانند در زمینهٔ پایش، برنامه‌ریزی و مدیریت پویا و پایدار زیستگاه‌های حیات وحش کارآمد باشند. هدف این پژوهش بررسی روند تغییرات آب و هوایی–اقلیمی پارک ملی خبر واقع در جنوب استان کرمان با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور و باندهای حرارتی ماهوارهٔ لندست و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌باشد. بنابراین ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست و سنجنده‌های (TM-ETM-TIRS) در سال‌های ۱۹۷۲ الی ۲۰۲۲ تهیه شده است سپس تصاویر اخذشده پیش‌پردازش، پردازش‌شده و نقشه‌های تغییرات دمای سطح (LST) در چهار فصل و برای سال‌های ۱۹۸۸–۲۰۰۰–۲۰۱۰–۲۰۱۴–۲۰۲۰–۲۰۲۲ تهیه‌شده است. همچنین به‌منظور پایش تغییرات پوشش گیاهی از ماهوارهٔ لندست و شاخص NDVI استفاده‌شده است. نتایج پژوهش، افزایش دمای سطح زمین در ۴۰ سال گذشته و در ۴ فصل مورد بررسی را نشان داد. همچنین نتایج تجزیه‌وتحلیل و پایش پوشش گیاهی (NDVI) کاهش میانگین پوشش‌های گیاهی منطقه در سال‌های مورد مطالعه را نشان داد. همچنین به‌منظور بررسی رابطهٔ بین درصد پوشش گیاهی و تغییرات LST از رگرسیون خطی و نرم‌افزار SPSS استفاده‌شده است که مقدار ضریب R=۹۹ درصد و R^2=۹۸ و ضریب تغییرپذیری R مقدار ۹۷ درصد محاسبه شد که قابل‌قبول می‌باشد و نشان‌دهندهٔ این می‌باشد که با کاهش پوشش گیاهی منطقه، دمای سطح افزایش یافته است. با توجه به یافته‌ها آنچه مشهود است روند تغییرات اقلیمی و افزایش نسبی دمای سطح زمین و کاهش پوشش گیاهی در منطقهٔ مورد مطالعه همچنان ادامه دارد و نیازمند برنامه‌ریزی استراتژیک و مدیریت سیستماتیک زیستگاه حیات وحش خبر در جهت حفظ شاخص‌های مطلوبیت زیستگاه و تعادل و توازی روابط اکولوژیک و حفاظت تنوع فون و فلور فاخر منطقه می‌باشد.

استناد: معمارزاده کیانی، امیر؛ **پورسینا، منصور؛** تاجپور، علیرضا؛ رضائیان، سیاوش؛ و بجستانی مقدم، غزال (۱۴۰۲). بررسی تأثیر تغییرات اقلیم بر زیستگاه‌های حیات وحش با استفاده از سنجش از راه دور و GIS (منطقهٔ مورد مطالعه: پارک ملی خبر در استان کرمان). *محیط زیست طبیعی*، ۷۶ (ویژه نامه)، ۳۰۶-۲۹۱.
DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2023.365259.2600

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.

مقدمه

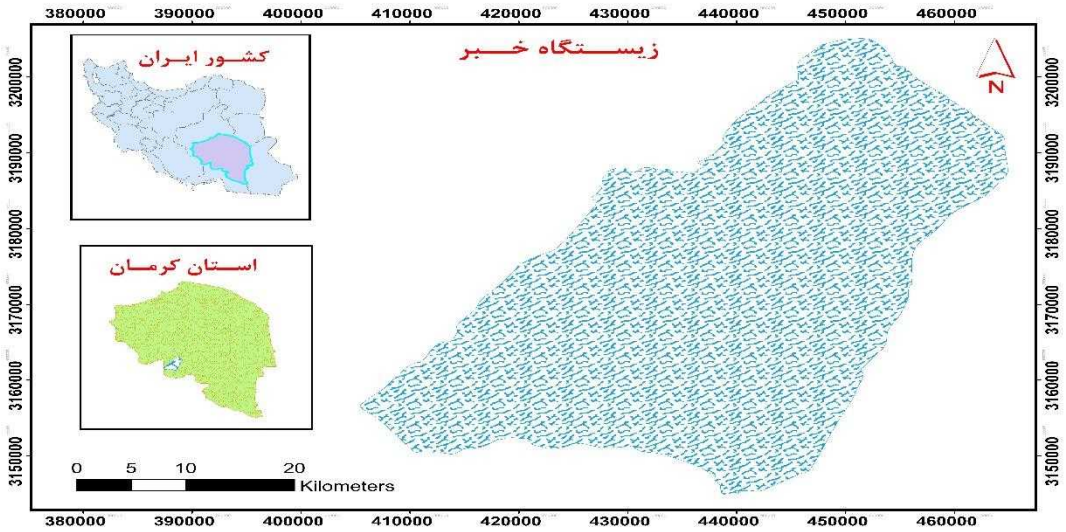
یکی از مسائل کلیدی قرن حاضر حفاظت محیط‌زیست است. تخریب تدریجی محیط‌زیست، افزایش مداخلات انسانی و کاهش منابع طبیعی به یک معضل بزرگ تبدیل شده است. فعالیت‌های انسانی سطح زمین، اقیانوس‌ها و جو زمین را به‌ویژه در ۲۰۰ سال گذشته تغییر داده است. در سراسر جهان، کیفیت محیط‌زیست با مشکلاتی مانند تغییرات اقلیمی و گرم شدن زمین، آلودگی آب، کاهش وسعت جنگل‌ها و افزایش بیابان‌زایی تهدید می‌شود (Tappa *et al*., 2020). باوجود عدم قطعیت باقی‌مانده، به‌طور گسترده پذیرفته‌شده است که آب‌وهوا در حال تغییر است. براساس گزارش پنجم ارزیابی هیئت بین دولتی تغییرات آب‌وهوایی، غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر، یعنی دی‌اکسید کربن (CO2)، متان (CH4) و اکسید نیتروژن (NO2) به سطوح بی‌سابقه‌ای در ۸۰۰ سال گذشته افزایش یافته است. افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای (گازهای گلخانه‌ای) می‌تواند منجر به گرم شدن بیشتر شود که به‌نوبهٔ خود می‌تواند بر آب‌وهوای جهان تأثیر بگذارد و منجر به تغییر آب‌وهوا می‌شود (Karini *et al*., 2018). تأثیرات تغییرات آب‌وهوایی در حال حاضر در هر گوشه از جهان احساس می‌شود و بشریت در کوتاه‌مدت در معرض تأثیرات شدیدتر قرار دارد (Sauterey *et al*., 2023). در توافق پاریس، هدف بر آن شد که دمای هوا تا ۱/۵ درجهٔ سانتی‌گراد کمتر شود و انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۰۳۰ به نصف کاهش یابد (Tom *et al*., 2020) .تغییرات آب‌وهوایی تأثیر قابل‌توجهی بر سلامت انسان ازجمله سلامت جسمی و روانی دارد. اثرات تغییر اقلیم بر سلامت روان می‌تواند تأثیرات مستقیم مانند تجربهٔ یک رویداد آب‌وهوایی شدید یا غیرمستقیم‌تر، مانند استرس ناشی از مهاجرت یا تعطیلی مدارس داشته باشد (Martin *et al*., 2023). همچنین تأثیرات آن بر پیامدهای منفی اقتصادی مدت‌هاست که به‌طورکلی تأیید و اثبات‌شده است (Laino *et al*., 2023). مطالعات نشان می‌دهد که بلایای طبیعی و گرم شدن تدریجی زمین به‌طور قابل‌توجهی بر رشد اقتصادی بلندمدت تأثیر می‌گذارد (Shear *et al*., 2023). همچنین انتظار می‌رود خطرات مرتبط با تغییرات آب‌وهوا در اروپا، به موارد مربوط به امواج گرما، خشکسالی و رویدادهای بارندگی شدید و بلایای مربوط به آن تأثیر بگذارد (Ma *et al*., 2023) و برای کنترل آن از دههٔ ۱۹۹۰ تا در سال ۲۰۰۵، سیاست‌های مختلف آب‌وهوایی، ازجمله دستورالعمل کیوتو، اجرایی شد و متعاقباً، در دسامبر ۲۰۱۵، ۱۹۷ کشور به‌اتفاق آرا توافقنامهٔ پاریس (PA) را برای کاهش پیامدهای تغییرات آب‌وهوایی تصویب کردند (Abudu *et al*., 2023). توزیع موجودات و اکوسیستم آن‌ها تحت تأثیر تغییرات آب‌وهوایی قرار دارد در واقع، تغییرات آب‌وهوا بر الگوهای پراکنش تعداد زیادی از گونه‌ها تأثیر گذاشته و حتی منجر به انقراض گونه‌های خاصی شده است (Heikkinen *et al*., 2021). در حال حاضر، تغییرات آب‌وهوایی باعث تخریب و نابودی زیستگاه‌ها شده است که منجر به تغییر پراکنش گونه‌ها شده است که به‌نظر می‌رسد پاسخی به روند گرمایش عمومی‌باشد (Zhang *et al*., 2022). این تغییرات نه‌تنها جریان توزیع جغرافیایی زیستگاه‌ها را تحت تأثیر قرار داده است بلکه ترکیب گونه‌های حیات وحش و پراکنش آیندهٔ آن‌ها را نیز تغییر داده است (Katuwal *et al*., 2023). همچنین تغییرات اقلیمی باعث از بین رفتن اکوسیستم‌های طبیعی و تغییر در مناسب بودن آب‌وهوا برای وقوع گونه‌ها در داخل و خارج از مناطق حفاظت‌شده می‌شود. (Riggio *et al*., 2021). همچنین آب‌وهوا می‌تواند اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر جمعیت حیات وحش داشته باشد و ممکن است عوامل متعددی را به‌طور همزمان درگیر کند (Heikkinen *et al*., 2022). برای مثال، شواهد فزآینده‌ای وجود دارد که نشان می‌دهد گونه‌ها در مناطقی باکیفیت پایین زیستگاه در مناظر تغییریافته توسط انسان، مستعدتر در برابر اثرات نامطلوب اقلیمی هستند؛ و جایی که کیفیت زیستگاه به‌دلیل تغییرات آب‌وهوایی کاهش یافته است. در موارد شدید، همزمان تغییرات آب‌وهوا و زیستگاه می‌تواند منجر به تغییر اکوسیستم شود (Riggio *et al*., 2022). ایران یکی از مناطق کم آب دنیاست که به‌دلیل وابستگی زیاد آن به کشاورزی حساس به اقلیم، در برابر تأثیرات تغییرات آب‌وهوایی بسیار آسیب‌پذیر است. ایران دارای طیف گسترده‌ای از شرایط آب‌وهوایی در سراسر مناطق با بارندگی قابل‌توجه است. درحالی‌که بخش شمالی کشور کاملاً مرطوب با سیل‌های پرهزینهٔ مکرر است، بخش جنوبی خشک و با کمبود آب زیاد است (Karini *et al*., 2018). بدین‌منظور ایران کشوری پهناور با شرایط اقلیمی متنوع است که به‌دلیل موقعیت منحصربه‌فرد و ویژگی‌های توپوگرافی آن شامل مجموعهٔ بسیار متنوعی از حیات وحش می‌باشد. رویکردهای مختلف می‌تواند اهمیت و ارزش حیات وحش را به‌عنوان بخشی از تنوع زیستی ایران مورد بازنگری قرار دهد، اما به‌دلیل مجموعه‌ای از کاستی‌ها، انسان این منبع ارزشمند را از دست می‌دهد و آیندهٔ آسیب‌دیدهٔ اجتناب‌ناپذیری را تضمین می‌کند (Mohammadi *et al*., 2018).

پارک ملی خبر و پناهگاه حیات‌وحش روچون، در جنوب استان کرمان و در محدودهٔ شهرستان‌های بافت و ارزوئیه واقع شده است. این منطقه با برخورداری از ذخایر زیستی منحصربه‌فرد و طبیعت زیبا و به نسبت بکر، دارای ویژگی‌های بوم‌شناختی متنوع مناطق خشک و نیمه‌خشک است. براساس مطالعات انجام‌شده، درمجموع ۷۳۰ گونهٔ گیاهی از منطقه گزارش شده است. از این منطقه بیش از ۱۵۰ گونه از انواع مهره‌داران اعم از پستانداران، پرندگان، خزندگان، دوزیستان و آبزیان نیز گزارش‌شده است (Pourmirzaei *et al*., 2020). ولی با توجه به تغییرات اقلیمی و خشک‌سالی‌های اخیر بسیاری از گونه‌ها و جانوران آن از بین رفته و یا منقرض‌شده‌اند بنابراین استفاده از روش‌های علمی و پژوهشی به‌منظور بررسی علل انقراض و یا از بین رفتن گونه‌ها و حیات وحش این زیست‌بوم‌ها کاملاً محسوس می‌باشد. بنابراین امروزه به‌دلیل داشتن تنوع تصاویر ماهواره‌ای کاربردهای آن در حفاظت محیط‌زیست و پارک‌های ملی کارآمد می‌باشد. بنابراین هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیرات تغییرات اقلیم بر زیستگاه‌های حیات وحش با استفاده از فناوری سنجش از راه دور و GIS در پارک ملی خبر در جنوب استان کرمان می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی در جهان در مورد زیستگاه‌های حیات وحش، اکوسیستم‌ها، گونه‌های گیاهی، پایش‌های اکولوژیک و ارزیابی مناسب بودن زیستگاه‌ها، ارزیابی تالاب‌ها، تغییرات اقلیمی زیستگاه‌ها، خدمات اکوسیستم، ارزیابی پویایی پوشش گیاهی، جنگل و ... انجام شده است. هرکدام از صاحب‌نظران از روش‌های مختلف استفاده کردند. ولی ابزارهای قدرتمند سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی با توجه به داشتن دید مکانی از بهترین و کارآمدترین روش‌هایی می‌باشد که برای مدیریت زیستگاه‌ها حیات وحش امروزه استفاده می‌شود. بدین‌منظور در موارد زیر نمونه‌های از مطالعاتی که در مورد زیستگاه‌های حیات وحش در مناطق مختلف جهان و همچنین کشور ایران انجام شده است اشاره می‌شود. Dueñas و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی به ارزیابی اثرات تغییر آب‌وهوا بر تنوع زیستی حیات وحش جزایر گالاپاگوس پرداختند. در این پژوهش تأثیرات افزایش رویدادهای آب‌وهوایی شدید بررسی و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج پژوهش تأثیرات بلندمدت تغییرات اقلیمی بر روی جزایر گالاپاگوس را نشان داد. Getachew و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی به ارزیابی تلفات فعلی و پیش‌بینی‌شدهٔ خاک تحت تغییر کاربری اراضی و اقلیم با استفاده از روش مدل و فنّاوری سنجش‌ازدور و GIS در حوضهٔ دریاچهٔ تانا، حوضهٔ رودخانهٔ نیل، اتیوپی پرداختند. در این پژوهش خطرات فرسایش خاک با در نظر گرفتن تغییرات کاربری اراضی و اقلیم ارزیابی شده است. شبیه‌سازی تغییر کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌ای CA_Markov انجام شد؛ و برای ارزیابی تأثیرات اقلیم از مدل‌های آماری استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که به‌ترتیب ترکیب تغییرات کاربری اراضی و اقلیم و تغییرات آب‌وهوایی حاکی از تشدید فرسایش خاک در حوضه است. بر این اساس، اثرات تغییر اقلیم بر میانگین سالانهٔ اتلاف خاک نسبتاً بیشتر از اثرات ترکیبی تغییر اقلیم و کاربری اراضی است. St- Laurent و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به ارزیابی نرخ برداشت چوب برای کاهش اثرات تغییرات آب‌وهوا در مورد کیفیت زیستگاه کاریبو شمالی در شرق کانادا پرداختند. در این پژوهش با استفاده از یک مجموعه شبیه‌سازی حساس به آب‌وهوا که ادغام‌های ناشی از آب‌وهوا را در برمی‌گیرد، به ارزیابی و بررسی اینکه چگونه تغییر آب‌وهوا بر روی زیستگاه کاریبوی شمالی در افق ۲۰۳۰ تا ۲۱۰۰ و در منطقهٔ مورد مطالعه تأثیر می‌گذارد، پرداختند. Kufa و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم بر تناسب زیستگاه و پراکنش پیش‌بینی‌شدهٔ کوه‌های جفا گوئرزا با استفاده از الگوریتم MaxEnt در ارتفاعات شرقی اتیوپی پرداختند. هدف از این مطالعه پیش‌بینی مناسب بودن زیستگاه و مدل‌های توزیع کوه‌های جفا گوئرزا در شرق ارتفاعات اتیوپی تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم با استفاده از مدل MaxEnt حداکثر آنتروپی می‌باشد. نتایج پژوهش نشان داد که تناسب زیستگاه مستقیماً با فصلی بودن بارندگی و بارندگی مرطوب‌ترین سه‌ماهه مرتبط بود. Namkha و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با داشتن داده‌های ۵۵ گونه پرنده به ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم بر روی زیستگاه‌های طبیعی جنوب شرقی آسیا، با تمرکز بر مناطق حفاظت‌شده پرداختند که نتایج تحقیق تأثیر تغییرات اقلیم بر جابجایی و انقراض گونه‌ها را نشان داد. Neilson و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به ارزیابی تأثیرات مستقیم و باواسطهٔ آب‌وهوا بر زیستگاه و جغرافیای زیستی کاریبو شمالی در کانادا پرداختند. در این پژوهش تأثیر محرک‌های آب‌وهوا بر زیستگاه و جنگل‌های شمالی کاریبو کانادا برآورد و مقایسه شدند. بنابراین پژوهشگران در ایران و کشورهای دنیا با روش‌ها و ابزارهای مختلف مانند روش‌های آماری، مدل‌سازی‌های محیط‌زیستی،مدل‌های کاربردی و غیره به بررسی موضوع تغییرات اقلیم و تأثیرات آن در محیط‌زیست مخصوصاً زیستگاه‌های حیات وحش پرداخته‌اند ولی در این پژوهش از فناوری

سنجش‌ازدور، شاخهٔ سنجش‌ازدور حرارتی به‌عنوان یکی از روش‌های جدید و کاربردی به بررسی تأثیرات تغییرات اقلیم بر زیستگاه حیات وحش پرداخته شده است. بنابراین این پژوهش به‌دنبال پاسخ به این سؤال می‌باشد که آیا با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور حرارتی و GIS می‌توان تأثیرات بلندمدت اقلیم بر زیستگاه حیات وحش را بررسی کرد.

روش‌شناسی پژوهش

محدودهٔ مورد مطالعه: پارک ملی خبر و پناهگاه حیات‌وحش روچون با مساحت ۱۷۸۶۰۸ هکتار در جنوب استان کرمان و در محدودهٔ شهرستان بافت و ارزوئیه واقع شده است. این منطقه دارای اقلیم و ویژگی‌های بوم‌شناختی متنوع شامل مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی پارک ملی خبر ترسیم شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی پارک ملی خبر

در فصل سرد منطقهٔ مورد مطالعه تحت تأثیر توده هوای سرد سیبری قرار می‌گیرد و زمستان‌های سرد بر این منطقه حکمرانی می‌کند همچنین جریان زمستانهٔ پرفشار آزر از اقیانوس اطلس شمالی، کرمان و این منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عمده منشأ بارندگی‌های زمستانهٔ این منطقه را سیستم کم‌فشار مدیترانه و سودان در برگرفته است. در فصل گرم کویرهای مرکزی و لوت به‌مثابه کانون‌های توزیع، حرارت به مناطق مجاور نموده و شرایط گرم و خشک کویری را بر بخش‌های از کرمان و منطقهٔ تحت مطالعه را تحمیل می‌نماید. وقوع دماهای حداکثر مطلق ۵۰ تا ۵۱ درجهٔ سانتی‌گراد در بم تأثیر این مراکز فشار حرارتی را در کویرهای مرکزی و لوت بر بخش‌های وسیعی از کرمان نشان می‌دهد. همچنین بررسی ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه نشان می‌دهد که بیشترین ضریب تغییرات بارندگی سالیانه در ایستگاه دراشگفت به میزان ۶۰ درصد و کمترین میزان ضریب تغییرات بارندگی سالیانه در ایستگاه بافت به میزان ۲۲ درصد مشاهده می‌گردد. مقدار ضریب تغییرات بارندگی در اکثر ایستگاه‌های محدودهٔ مطالعاتی بیشتر از ۴۰ درصد می‌باشد که بیانگر نامنظم بودن پدیدهٔ بارندگی سالیانه در محدودهٔ مطالعاتی است. بررسی توزیع بارندگی ماهیانه در محدودهٔ مطالعاتی نشان می‌دهد که بیشترین ضریب تغییرات بارندگی در ماه‌های خرداد تا شهریور می‌باشد و در حقیقت بارندگی در این ماه‌های سال کاملاً نامنظم می‌باشد.کمترین ضریب تغییرات بارندگی ماهیانه در دی، بهمن و اسفند به‌وقوع پیوسته و نشان‌دهندهٔ این واقعیت می‌باشد که بارندگی در این ماه‌ها سال از پراکندگی کمتری برخوردار می‌باشند. همچنین بیشترین ضریب تغییرات بارندگی در کلیهٔ ایستگاه‌ها مربوط به فصل تابستان و پاییز می‌باشند. و در حقیقت بارندگی در این فصول سال کاملاً نامنظم می‌باشد.کمترین ضریب تغییرات بارندگی فصلی در زمستان به‌وقوع پیوسته و نشان‌دهندهٔ این واقعیت می‌باشد که بارندگی در این فصل سال از پراکندگی کمتری برخوردار می‌باشند. منطقهٔ مورد مطالعه، گسترهٔ به نسبت وسیعی از مناطق مرتفع و برف‌گیر کوه خبر و دامنه‌های سرسبز و پوشیده از درخت و درختچه‌زار این کوهستان، دشت‌های استپی، بخش‌های به نسبت معتدل و ارتفاعات نیمه‌گرمسیری تا دشت‌های گرمسیری را در خود جای داده است و از شرایط فیزیوگرافی و عوامل اقلیمی متفاوتی

برخوردار است. ازنظر طبقه‌بندی اقلیمی بیشتر مساحت پارک ملی را خشک نیمه‌سرد در برگرفته است. این تنوع سبب ایجاد سیستم‌های بوم‌شناختی متفاوتی شده است و مجموعهٔ ارزشمندی از پوشش گیاهی منطقهٔ سردسیر و گرمسیر را در ارتفاعی بین ۱۰۰۰ تا ۳۸۴۵ متر در خود جای داده است. براساس جمع‌آوری گیاهان طی سال‌های مختلف، در مجموع ۷۳۰ گونه و تقسیمات زیرگونه‌ای از منطقه شناسایی شد که از این تعداد ۶ گونه سرخس و ۷ گونه بازدانه است. ۷۱۷ گونه نهان‌دانه نیز شناسایی شد که ۱۰۰ گونهٔ آن تک‌لپه و ۶۱۷ گونه دولپه‌ای است و به ۷۹ تیره و ۳۷۱ جنس تعلق دارد. در منطقهٔ مورد مطالعه به‌دلیل شرایط اقلیمی متفاوت و وجود زیستگاه‌های مختلف اعم از کوهستانی، تپه‌ماهوری، دشتی، مرتعی، جنگلی و تالابی، شاهد حضور تنوع خوبی از انواع مهره‌داران هستیم. علاوه بر این خاطرنشان می‌شود، طی تهیهٔ طرح جامع مدیریت منطقه، دو منطقهٔ امن با عنوان کوه بزرگ خبر و دق علی جان تعریف شده است که در کنار سایر زون‌ها، نقش بوم‌شناختی منحصربه‌فرد فردی دارد. تنوع مهره‌داران شناسایی‌شده براساس مطالعات طرح مدیریت، شامل پستانداران (۳۴ گونه) پرندگان (۹۶ گونه)، خزندگان (۲۲ گونه)، یک‌گونه آبزی و ۲ گونه دوزیست است (Pourmirzaei *et al*., 2020).

روش‌شناسی: این پژوهش به‌دنبال بررسی اثرات عوامل تغییرات اقلیم بر زیستگاه حیات وحش خبر می‌باشد. بدین‌جهت به‌منظور بررسی روند تغییرات اقلیمی از تصاویر ماهواره‌ای لندست و در چند دهه و در فصل‌های زمستان، پاییز، بهار و تابستان (سال‌های ۱۹۷۲ تا ۲۰۲۲) که از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا[1] تهیه شده است استفاده گردید. با توجه به اینکه روند تغییرات اقلیم در بلندمدت و در چند دهه بررسی می‌شود این پژوهش به‌دنبال بررسی تأثیرات اقلیم در چند دهه و در چهار فصل می‌باشد. تصاویر از سال ۱۹۷۲ (اولین تصویر موجود) تا ۲۰۲۲ (به مدت ۵۰ سال و ۵ دهه) اخذ شده و مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین یکی دیگر از دلایل اینکه روند تغییرات در بلندمدت در نظر گرفته شده است بررسی روند شیب تغییرات در ۵۰ سال گذشته می‌باشد به‌طوری‌که آیا در ۵۰ سال گذشته روند تغییرات اقلیمی صعودی و یا نزولی بوده است. همچنین در این پژوهش از فنون سنجش‌ازدور حرارتی و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی[2] که به شیوه‌ای مؤثر و کارآمد با یکدیگر ترکیب شدند، استفاده شده است. بدین‌منظور یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تغییرات اقلیمی منطقه، روند تغییرات حرارتی (دمای سطح زمین) می‌باشد که با استفاده از باندهای حرارتی تصاویر لندست به‌دست آورده می‌شود. همچنین یکی دیگر از عوامل مورد بررسی در محدودهٔ مورد مطالعه روند تغییرات پوشش گیاهی منطقه می‌باشد که در سال‌های مورد مطالعه و با استفاده از شاخص نرمال شدهٔ پوشش گیاهی[3] و تصاویر لندست محاسبه و به‌دست آورده شده است. درنهایت داده‌های خام سنجش‌ازدور که به‌وسیلهٔ سنجنده‌های مختلف از سطح زمین برداشت می‌شوند، ممکن است دارای کمبودها و خطاهایی باشند؛ بنابراین برای استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لازم است تا کمبودها، جبران و خطاها حذف شوند. همچنین در این مطالعه از نرم‌افزار Arc GIS برای تهیهٔ خروجی و از نرم‌افزارهای ERDAS. ENVI5.3 و IDRISI به‌منظور انجام پردازش، تجزیه‌وتحلیل تصاویر لندست و نهایتاً تعیین نقشه‌ها، استفاده‌شده است. جدول های ۱ و ۲، مشخصات تصاویر ماهواره‌ای لندست به‌همراه سنجنده و باندهای حرارتی ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای لندست

سیستم مختصات	ROW	PATH	سنجنده	ماهواره	تاریخ اخذ تصویر
یو تی ام- زون-۳۹	۰۳۵	۱۶۵	"Mss"	لندست -۳	۱۹۷۲
یو تی ام- زون-۳۹	۰۳۵	۱۶۵	"TM"	لندست -۵	۱۹۸۴
یو تی ام- زون-۳۹	۰۳۵	۱۶۵	"ETM"	لندست -۷	۲۰۰۰
یو تی ام- زون-۳۹	۰۳۵	۱۶۵	"ETM"	لندست -۷	۲۰۱۰
یو تی ام- زون-۳۹	۰۳۵	۱۶۵	"OLI"	لندست -۸	۲۰۱۴
یو تی ام- زون-۳۹	۰۳۵	۱۶۵	"OLI"	لندست -۸	۲۰۲۰
یو تی ام- زون-۳۹	۰۳۵	۱۶۵	"OLI"	لندست -۹	۲۰۲۳

[1] USGS
[2] GIS
[3] Normalized difference vegetation index

جدول ۲- مشخصات تصاویر باند حرارتی ماهواره‌ای لندست

سیستم مختصات	باند حرارتی	ROW	PATH	سنجنده	ماهواره	تاریخ اخذ تصویر	
						ماه	سال
یو تی ام- زون-۳۹	۶	۰۳۵	۱۶۵	"TM"	لندست -۵	۱۲-۰۸-۰۵-۰۲	۱۹۸۸
یو تی ام- زون-۳۹	۶	۰۳۵	۱۶۵	"ETM"	لندست -۷	۱۲-۰۸-۰۵-۰۲	۲۰۰۰
یو تی ام- زون-۳۹	۱۰	۰۳۵	۱۶۵	"TIRS"	لندست -۸	۱۲-۰۸-۰۵-۰۲	۲۰۱۰
یو تی ام- زون-۳۹	۱۰	۰۳۵	۱۶۵	"TIRS"	لندست -۸	۱۲-۰۸-۰۵-۰۲	۲۰۱۴
یو تی ام- زون-۳۹	۱۰	۰۳۵	۱۶۵	"TIRS"	لندست -۸	۱۲-۰۸-۰۵-۰۲	۲۰۲۰
یو تی ام- زون-۳۹	۱۰	۰۳۵	۱۶۵	"TIRS"	لندست -۹	۱۲-۰۸-۰۵-۰۲	۲۰۲۳

در این تحقیق پیش‌پردازش‌های رادیومتریک و اتمسفر یک به‌عنوان تصحیحات اولیه بر روی تصاویر صورت گرفت تا میزان دقت و صحت نقشهٔ نهایی تولیدشده در این بخش افزایش یابد. گام اول این فرآیند، تبدیل مقادیر ارزش سلول‌های تصاویر (مقادیر خام) به‌مقادیر تابش طیفی (رادیانس) و گام دوم مربوط به تبدیل مقادیر تابش طیفی به بازتاب زمینی است. با استفاده از معادلهٔ ۱ مقادیر تصویر خام (ارزش سلول‌های تصویر لندست) را می‌توان به نقشهٔ رادیانس تبدیل کرد. ازاین‌رو در گام نخست نقشهٔ رادیانس با استفاده از این روش محاسبه گردید. پس از آن نقشهٔ حاصل با استفاده از معادلهٔ ۱ به مقدار بازتاب زمینی تبدیل شد. بنابراین برای تبدیل ارزش‌های خام تصویر به رادیانس برای تصاویر لندست TM و ETM از رابطهٔ ۱ استفاده می‌شود (Xu *et al*., 2020).

$$L\lambda = (\frac{LMAX-LMIN}{Qcalmax-Qcalmin})\,(Qcal - Qcalmin) + LMIN$$ رابطهٔ ۱

که Lλ: رادیانس طیفی در سنجنده، Qcal: ارزش پیکسل در باند مورد نظر، Qcalmin: حداقل ارزش پیکسل، Qcalmax: حداکثر ارزش پیکسل، LMIN و LMAX: حداقل و حداکثر رادیانس طیفی در سنجنده می‌باشد. همچنین میزان ضریب انعکاس برای سنجندهٔ TM5.ETM7 لندست از رابطهٔ ۲ محاسبه می شود.

$$p\lambda = \frac{\pi \times L\lambda \times d^2}{ESUN\,\lambda \times cos\,\theta s}$$ رابطهٔ ۲

که در آن pλ: ضریب انعکاس، π=۳/۱۴۵۹، Lλ: رادیانس طیفی در سنجنده، d: فاصله زمین تا خورشید (واحد نجومی) ESUN میانگین تابش خورشید وθ: زاویهٔ تابش خورشید (درجه) می‌باشد (*Weng et al*., 2009).

برای به‌دست آوردن رادیانس طیفی در سنجندهٔ OLI از رابطهٔ ۳ استفاده می‌شود:

$$L\lambda = ML*Qcal+AL$$ رابطهٔ ۳

در این رابطه، Lλ: رادیانس در بالای اتمسفر (watts/m2*srad*μm) ML: ضریب تبدیل ضربی، Qcal: ارزش‌های پیکسلی ۱۰ و AL۱۱: ضریب تبدیل تجمیع‌کننده است.

به‌دست آوردن دمای درخشندگی: داده‌های باندهای حرارتی می‌تواند از رادیانس طیفی در سنجنده به دمای درخشندگی تبدیل شوند. دمای درخشندگی با فرض اینکه زمین جسم سیاه می‌باشد و شامل تأثیرات اتمسفر (جذب و تشعشع) است. برای به‌دست آوردن دمای درخشندگی برای سنجنده‌های ماهوارهٔ لندست از رابطهٔ ۴ محاسبه می‌شود (Taloor *et al*., 2021).

$$T = \frac{K2}{Ln(\frac{K1}{L\lambda}+1)}$$ رابطهٔ ۴

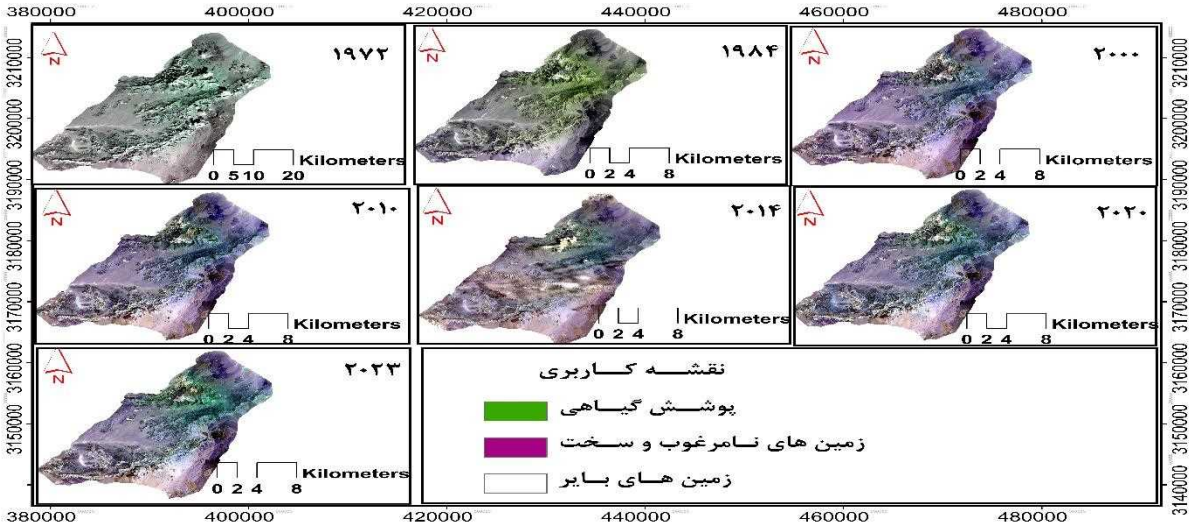
که در آن T: دمای مؤثر در درخشندگی در سنجنده برحسب کلوین، K2: ضریب کالیبراسیون ۲ برحسب کلوین،K1: ضریب کالیبراسیون ۱ برحسب W (m st μm) و Lλ: رادیانس طیفی در سنجنده است. ضرایب K1 و K2 بر اساس جدول ۳ محاسبه می‌شود.

جدول ۳- ضرایب K1 و K2 برای ماهوارهٔ لندست

ضریب سنجنده (بانده)	ضریب کالیبراسیون ۱	ضریب کالیبراسیون ۲ (برحسب کلوین)
L5-TM B6	۶۰۷/۷۶	۱۲۶۰/۵۶
L7-ETM+B6	۶۶۶/۰۹	۱۲۸۲/۷۱
L8-9-OLI B10	۷۷۷/۸۹	۱۳۲۱/۰۸
L8-9-OLI B11	۴۸۰/۸۹	۱۲۰۱/۱۴

برای انجام تصحیح اتمسفری از تحلیل میزان انرژی دریافت شده توسط سنجنده‌ها بهره گرفته شد. بر این اساس، بر اثر جذب انرژی الکترومغناطیس خورشید توسط ذرات جو، میزان انرژی دریافت شده توسط سنجنده تغییر خواهد کرد. و این میزان تغییر انرژی دریافتی را می‌توان در باندهای مادون قرمز و پوشش‌های آب موجود در تصاویر شناسایی کرد. به‌عبارت‌دیگر، رفتار طیفی آب در باند مادون قرمز باعث می‌شود تا تمام انرژی الکترومغناطیس خورشید جذب‌شده و هیچ بازتابی نداشته باشد (Doxani *et al.*, 2023). بنابراین چنانچه مقدار ارزش عددی سلول‌های این پوشش، عددی غیر از مقدار صفر را نشان دهند، این امر نشان‌دهندهٔ افزایش میزان جذب انرژی توسط سنجنده است و با حذف این مقادیر از کلیهٔ باندها می‌توان تصاویر را از لحاظ اتمسفری تصحیح نمود. ازاین‌رو، برای انجام تصحیح اتمسفری ارزش عددی سلول‌های از باند ۴ تصاویر که با قطعیت نشان‌دهندهٔ پوشش آب عمیق بودند، شناسایی شدند. سپس این مقدار عددی از سایر باندهای تصاویر کم شد تا میزان اضافهٔ انرژی جذب‌شده توسط سنجنده تعدیل و تصحیحات اتمسفری انجام شود. بدین‌منظور تصاویر ماهواره‌ای منطقهٔ مورد مطالعه، کالیبره شدن و تصحیحات مورد نیاز بر روی آن‌ها اعمال شد و به‌منظور تهیهٔ نقشه‌های حرارتی از الگوریتم‌های ذکرشده استفاده شد و نقشهٔ پهنه‌بندی حرارتی در سال‌های مورد مطالعه به‌دست آورده شد.

بررسی عوامل تأثیرگذار در تغییرات اقلیمی زیستگاه‌های حیات‌وحش خبر: همان‌طور که ذکر شد این پژوهش به‌دنبال ارزیابی و بررسی اثرات عوامل تغییرات اقلیم در زیستگاه حیات وحش خبر می‌باشد. بدین‌منظور از یکی مهم‌ترین عوامل اقلیمی تأثیرگذار در زیستگاه حیات وحش منطقهٔ مورد مطالعه تغییرات دمای سطح زمین[4] (LST) می‌باشد که با استفاده از تصاویر لندست و باندهای حرارتی به‌دست آورده می‌شود. از عوامل دیگر که در اقلیم منطقه تأثیر می‌گذارد پوشش گیاهی می‌باشد که با استفاده از تصاویر لندست و شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI به‌دست آورده می‌شود. در شکل ۲ تصاویر ماهواره‌ای لندست و سال‌های مورد بررسی منطقهٔ مورد ارائه شده است.



شکل ۲. تصاویر ماهواره‌ای لندست زیستگاه حیات وحش خبر

روند تغییرات پوشش گیاهی: کاهش پوشش گیاهی نقش مهمی در تنوع زیستی و انقراض زیستگاه‌های حیات وحش دارد همچنین رابطه و همبستگی قوی بین LST و شاخص‌های پوشش گیاهی وجود دارد (Zhang *et al.*, 2022). به‌طوری‌که کاهش تراکم پوشش گیاهی نقش زیادی در افزایش دمای سطح زمین دارد. بدین‌منظور در این پژوهش با استفاده از تصاویر لندست به‌منظور بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی از شاخص NDVI استفاده می‌شود.

شاخص پوشش گیاهی NDVI: به‌منظور پایش پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره لندست و شاخص پوشش گیاهی استفاده شده است. NDVI از ساده‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌هایی می‌باشد که در زمینهٔ مطالعات و بررسی‌های پوشش گیاهی شناخته شده است. شاخص NDVI از رابطهٔ ۵ محاسبه می‌شود (Zubairi and Majed, 2013):

[4]Land Surface Temperature

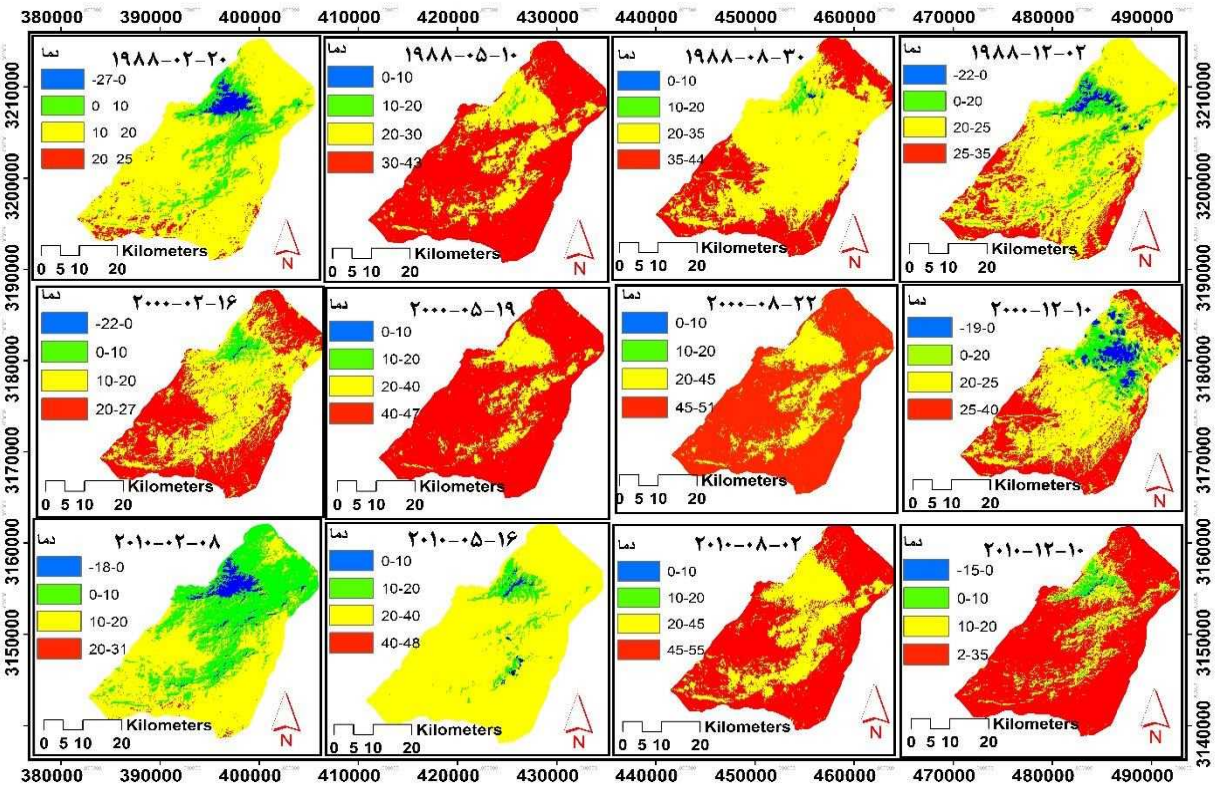
$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$$ رابطهٔ ۵

که NIR: انعکاس در باند مادون‌قرمز و نیز RED: بازتاب در باند سرخ می‌باشد. میزان این فاکتور به جهت پوشش گیاهی متراکم به‌سوی عدد یک میل می‌کند ولی ابرها، 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. بدین‌منظور شاخص پوشش گیاهی NDVI بر روی تصاویر لندست اعمال شد و نقشهٔ پوشش گیاهی منطقهٔ یک، از سال ۱۹۸۹ الی ۲۰۲۲ در پنج طبقهٔ خیلی کم‌رنگ قرمز، نسبتاً کم‌رنگ نارنجی، تراکم متوسط رنگ زرد، نسبتاً زیاد سبز کم‌رنگ و تراکم خیلی زیاد بارنگ سبز تیره تهیه شد.

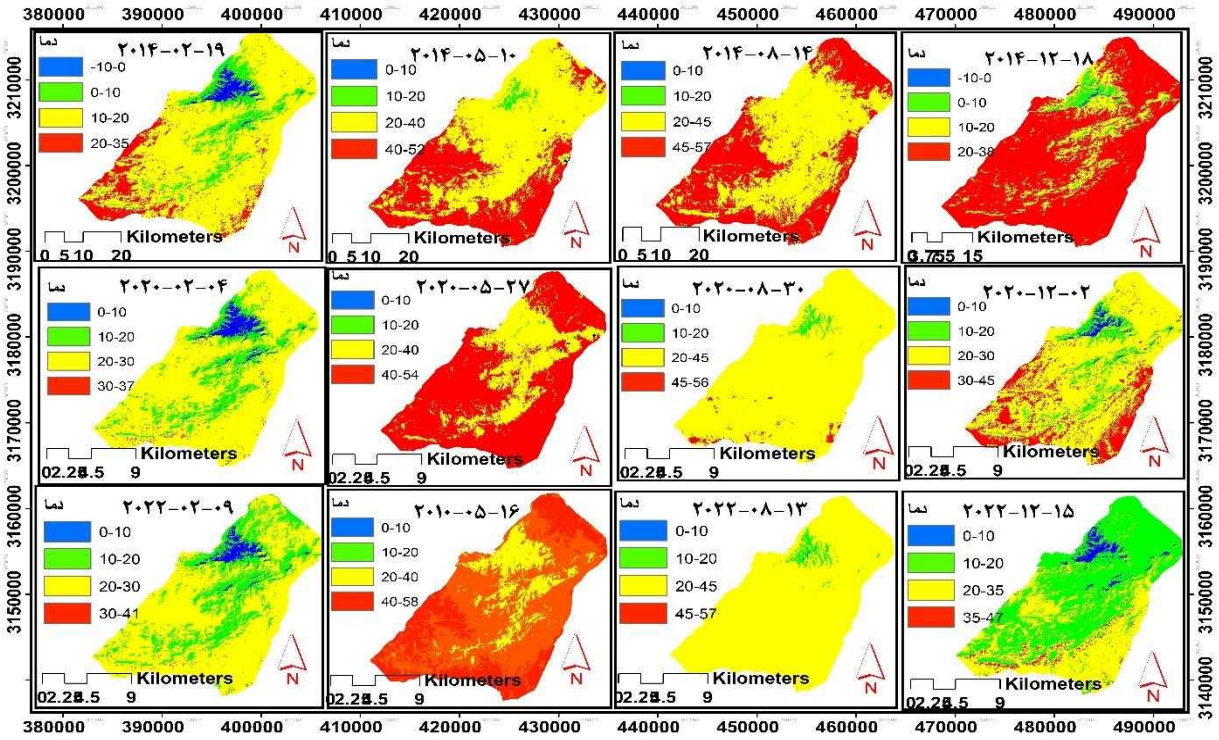
تغییرات دمای سطح زمین: نتایج تحقیقات جدید نشان می‌دهد که تغییرات آب‌وهوا از جمله افزایش دمای سطح و خشکسالی بر حیات وحش و زیستگاه‌های آن‌ها اثر مهمی دارد و در نابودی و انقراض آن‌ها بسیار اثرگذار است (Zhang *et al*., 2022). بنابراین یکی از شاخص‌های مهم در شناسایی روند تغییرات، اقلیمی زیستگاه‌های حیات وحش، شناسایی تغییرات درجهٔ حرارت سطح کرهٔ زمین (LST) می‌باشد.LST به‌دلیل اینکه یکی از پارامترهای کلیدی در فیزیک سطح زمین در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی است، یک شاخص خوب برای نمایش تعادل انرژی در سطح زمین است. داده‌های سری زمانیLST برای تعیین و پایش پارامترهای اقلیمی از جمله دما و خشکسالی در سال‌های مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

یافته‌های پژوهش

پهنه‌بندی دمای سطح زیستگاه حیات‌وحش: با توجه به شکل‌های ۳ و ۴ نقشهٔ پهنه‌بندی دمای سطح زمین در پارک ملی خبر از سال ۱۹۸۸ الی ۲۰۲۲ با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست و باندهای حرارتی ترسیم شده است. این نقشه پهنه‌بندی در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان و از کم‌ترین دما تا بیشترین دما در چهار طبقهٔ سرد (با رنگ آبی) نیمه‌سرد (بارنگ سبز) گرم (با رنگ زرد) و خیلی گرم با رنگ (قرمز) تهیه شده است. همچنین در جدول‌های ۴و ۵ دمای طبقه‌های سطح زمین پارک ملی در چهار فصل و در چهار طبقه از کمترین دما تا بیشترین دما ترسیم‌شده است. و در شکل‌های ۷-۴ دمای سطح زمین در طبقات سرد و گرم در چهار فصل ارائه شده است.



شکل ۳- نقشهٔ طبقه‌بندی دمای سطح زمین در سال‌های ۱۹۸۸ الی ۲۰۱۰



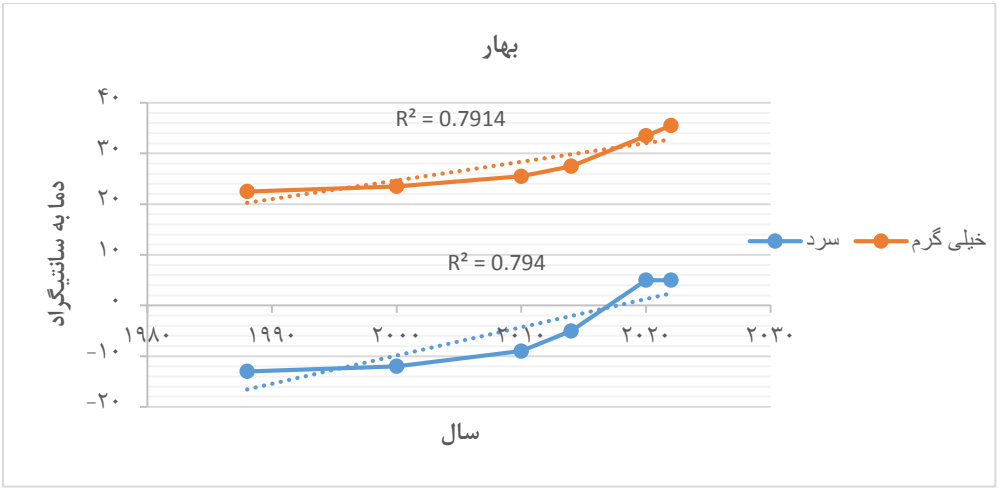
شکل ٤- نقشهٔ طبقه‌بندی دمای سطح زمین در سال‌های ۲۰۱٤ الی ۲۰۲۲

جدول ٤- دمای طبقه‌ها در فصل‌های تابستان و بهار

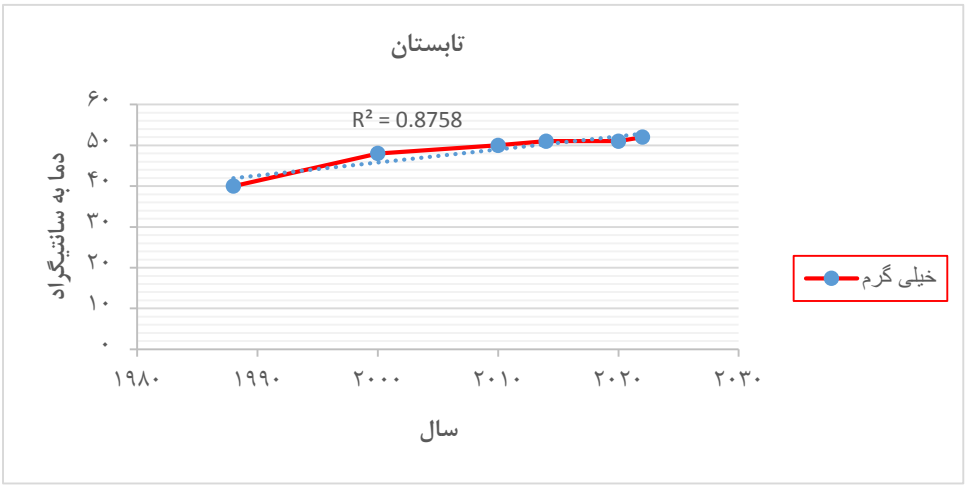
سال	بهار				تابستان			
	دمای طبقه‌ها (سانتی‌گراد)				دمای طبقه‌ها (سانتی‌گراد)			
	سرد	نیمه سرد	گرم	خیلی گرم	سرد	نیمه سرد	گرم	خیلی گرم
۱۹۸۸	-۰-۲۷	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۲۵-۲۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۳۵-۲۰	۴۴-۳۵
۲۰۰	-۰-۲۲	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۲۷-۲۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۴۵-۲۰	۵۱-۴۵
۲۰۱۰	-۰-۱۸	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۳۱-۲۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۴۵-۲۰	۵۵-۴۵
۲۰۱۴	۱۰-۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۳۵-۲۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۴۵-۲۰	۵۷-۴۵
۲۰۲۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۲۰-۱۰	۳۷-۳۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۴۵-۲۰	۵۶-۴۵
۲۰۲۲	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۳۰-۲۰	۴۱-۳۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۴۵-۲۰	۵۷-۴۵

جدول ٥- دمای طبقات به سانتی‌گراد در فصل‌های زمستان و پاییز

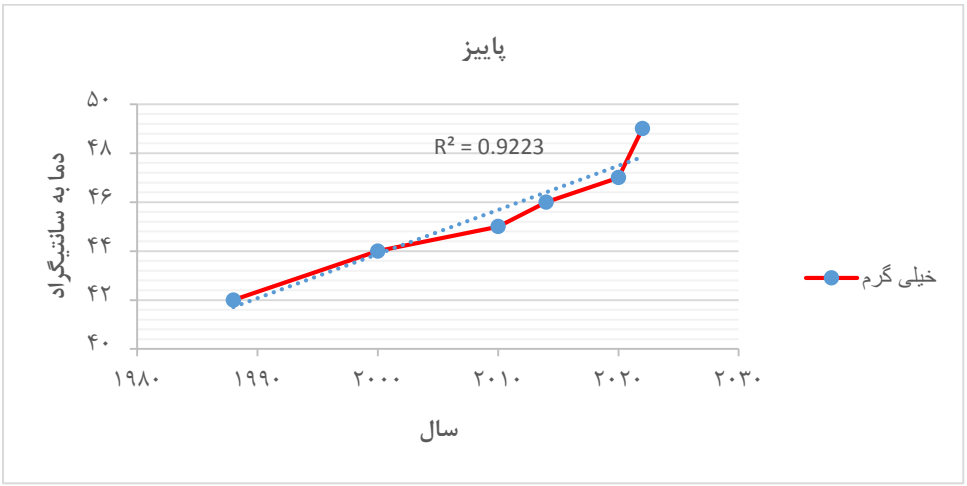
سال	پاییز				زمستان			
	دمای طبقات به سانتی‌گراد				دمای طبقات به سانتی‌گراد			
	سرد	نیمه سرد	گرم	خیلی گرم	سرد	نیمه سرد	گرم	خیلی گرم
۱۹۸۸	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۴۰-۲۰	۴۳-۴۰	-۰-۲۲	۲۰-۰	۲۵-۲۰	۳۵-۲۵
۲۰۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۴۰-۲۰	۴۷-۴۰	-۰-۱۹	۲۰-۰	۲۵-۲۰	۴۰-۲۵
۲۰۱۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۴۰-۲۰	۴۸-۴۰	-۰-۱۵	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۳۵-۲۰
۲۰۱۴	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۴۰-۲۰	۵۲-۴۰	-۰-۱۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۳۸-۲۰
۲۰۲۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۴۰-۲۰	۵۴-۴۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۳۰-۲۰	۴۵-۳۰
۲۰۲۲	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۴۰-۲۰	۵۸-۴۰	۱۰-۰	۲۰-۱۰	۳۵-۲۰	۴۷-۳۵



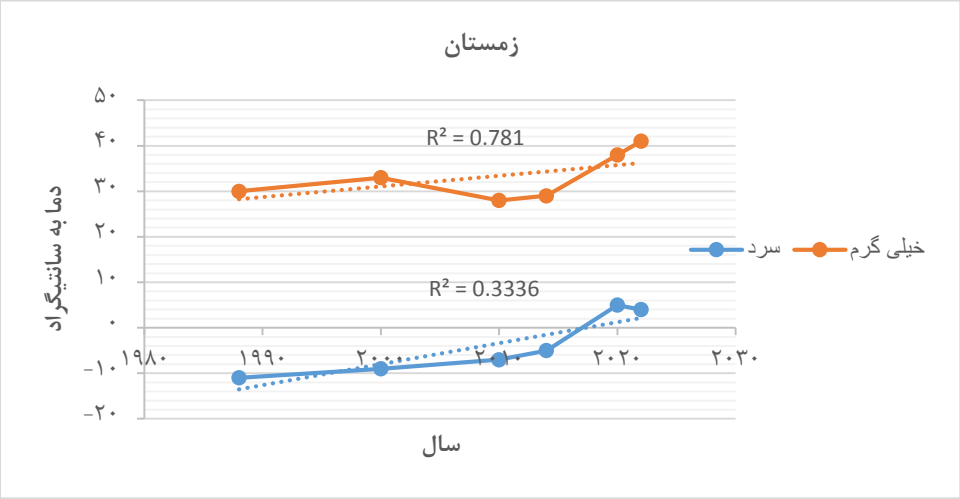
شکل ٤- دمای طبقه‌ها در فصل بهار



شکل ٥- دمای طبقه‌ها در فصل تابستان



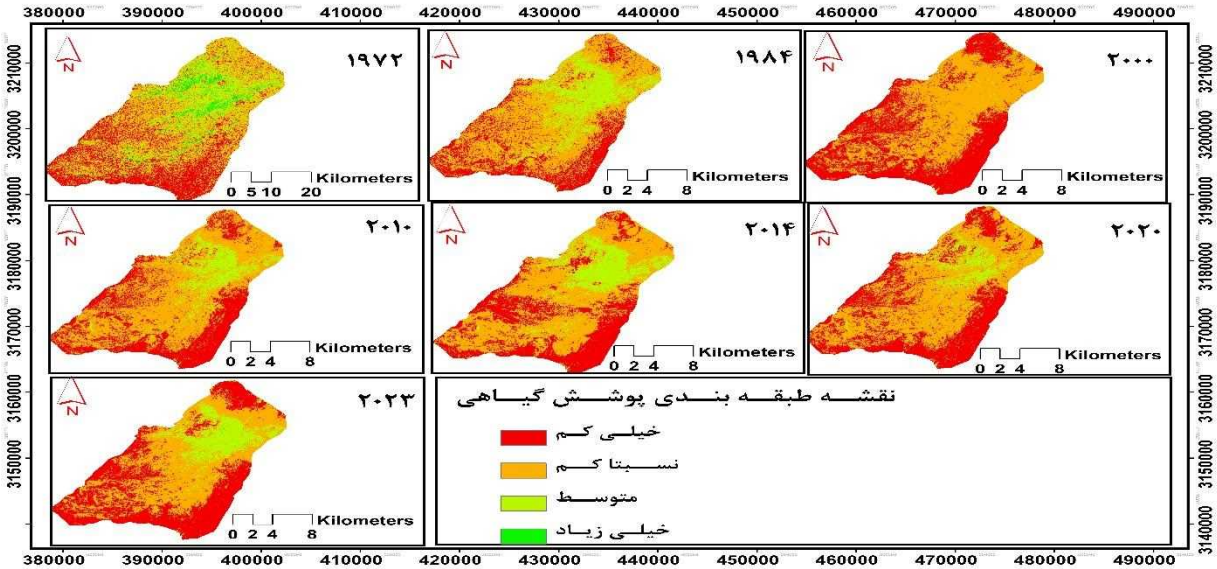
شکل ٦- دمای طبقه‌ها در فصل پاییز



شکل ۷- دمای طبقه‌ها در فصل‌های تابستان و بهار

نتایج نمودارها، جدول‌ها و نقشه‌های پهنه‌بندی دمای زمین در سطح زیستگاه حیات وحش خبر، نشانداد که افزایش دما در همهٔ فصل‌ها کاملاً امری مشهود به‌نظر می‌رسد به‌طوری‌که در فصل بهار و در طبقهٔ سرد دما از ۲۷- در سال ۱۹۸۸ به ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد و در طبقهٔ گرم از ۲۰+ به ۴۱ + درجهٔ سانتی‌گراد در سال ۲۰۲۲ افزایش پیدا کرده است. در فصل زمستان دمای سطح از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۲۲ در طبقهٔ سرد از ۲۲ – به ۱۰+ و در طبقهٔ گرم از ۲۵ + به ۴۷+ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش داشته است و در فصل پاییز و تابستان در طبقهٔ خیلی گرم به‌ترتیب از دمای ۴۰+ به ۵۸+ و از دمای ۳۵+ به ۵۷+ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش داشته است.

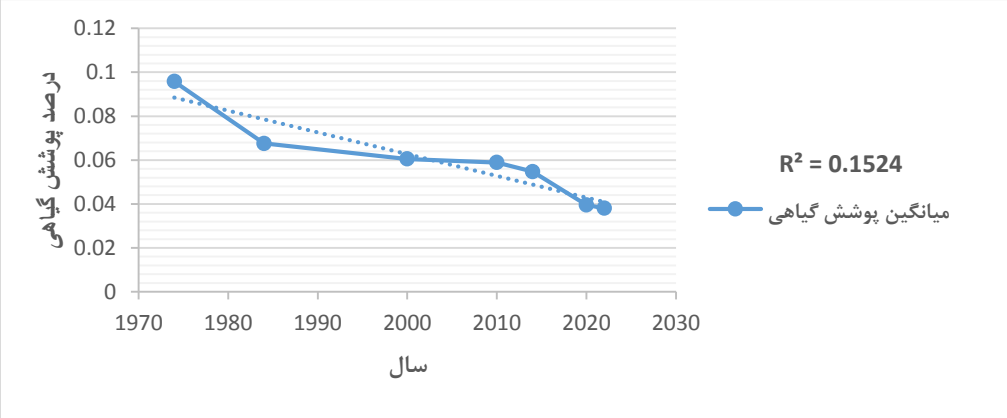
پهنه‌بندی پوشش گیاهی: با توجه به شکل ۸ نقشهٔ پهنه‌بندی طبقه‌بندی پوشش گیاهی در پارک ملی خبر از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۲۳ با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست و شاخص NDVI ترسیم شده است. این نقشه پهنه‌بندی از کم‌ترین تراکم پوشش گیاهی تا بیشترین و در چهار طبقهٔ خیلی کم، نسبتاً کم، متوسط و خیلی زیاد تهیه شده است. همچنین در جدول ۶ خصوصیات آماری شاخص NDVI در سال‌های مورد مطالعه ارائه شده است. در شکل ۹ نیز روند تغییرات پوشش گیاهی در سال‌های مورد مطالعه ارائه شده است.



شکل ۸- نقشهٔ طبقه‌بندی پوشش گیاهی

جدول ٦. پارامترهای آماری پوشش گیاهی

سال	حداقل	حداکثر	میانگین
۱۹۷۴	-۰/۵۳۳۸۳۵	۰/۴۰۰۰۰	۰/۰۹۵۷۸۷
۱۹۸۴	-۰/۱۵۳۸۴۶	۰/۵۶۷۹۰۱	۰/۰۶۷۵۵۳
۲۰۰۰	-۰/۳۷۵۷۰۲	۰/۴۸۸۶۶	۰/۰۶۰۵۲۶
۲۰۱۰	-۰/۱۳۳۹۳۴	۰/۴۹۹۲۴۱	۰/۵۸۸۷۴
۲۰۱۴	-۰/۰۳۲۴۸۲	۰/۴۴۹۵۵۳	۰/۰۵۴۷۶۵
۲۰۲۰	-۰/۱۹۹۶۶۱	۰/۵۳۵۸۸۶	۰/۰۳۹۶۰۸
۲۰۲۲	-۰/۱۰۴۵۴۱	۰/۵۱۸۰۳۶	۰/۰۳۸۰۶



شکل ۹- میانگین درصد پوشش گیاهی در سال‌های موردمطالعه

نتایج نقشهٔ پهنه‌بندی پوشش گیاهی شکل ۹ و جدول ۷ نشان داد که روند پوشش گیاهی در منطقهٔ مورد مطالعه یک روند نسبتاً کاهشی بوده و مقدار تراکم پوشش گیاهی هر ساله نسبت به سال‌های قبل کمتر شده است. همچنین در این پژوهش با استفاده از رگرسیون خطی یک رابطهٔ خطی بین درصد پوشش گیاهی و تغییرات LST برقرار است که نتایج همبستگی، رابطهٔ قوی و خطی بین تغییرات دما و تراکم پوشش گیاهی را نشان داد به‌طوری‌که مقدار ضریب R=۹۹ درصد و R^2 =۹۸ و ضریب تغییرپذیری R مقدار ۹۷ درصد به‌دست آورده شد که قابل‌قبول می‌باشد.

جدول ۷. ضریب آماری R و R2 بین درصد پوشش گیاهی و تغییرات LST

مدل ورود	ضریب R	ضریب R^2	ضریب تغییرپذیری R^2	تخمین خطا	ضریب تغییرپذیری R و درجه آزادی				
					ضریب تغییرپذیری R	F	df1	df2	Sig. F
۱	۰/۹۹۲	۰/۹۸۳	۰/۹۷۹	۰/۰۰۱۷	۰/۹۸۳	۲۳۲/۳۱۰	۱	۴	۰

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش بررسی روند تغییرات آب‌وهوایی-اقلیمی پارک ملی و زیستگاه حیات وحش خبر واقع در جنوب استان کرمان با استفاده از فنّاوری سنجش‌ازدور شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست و باندهای حرارتی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) بود. بنابراین با توجه به پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست و باندهای حرارتی نقشهٔ پهنه‌بندی حرارتی (LST) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در سال‌های مورد مطالعه تهیه شد. با توجه به یافته‌ها آنچه مشهود است روند تغییرات اقلیمی مانند افزایش نسبی دمای سطح زمین در منطقهٔ مورد مطالعه همچنان ادامه دارد و نیازمند برنامه‌ریزی جامع و سیستماتیک و ارائه راهبردهای متناسب مدیریتی در جهت حفظ شاخصهای مطلوبیت و تعادل و توازی شاخصهای اکولوژیک زیستگاه منحصر به فرد خبر و جلوگیری از جابجای و افزایش نرخ انقراض حیات‌وحش در آن می‌باشد. با توجه به بررسی منابع و پژوهش‌های انجام شده، مشخص شد که موضوعات و پژوهش‌های مختلفی با موضوع مورد بررسی مشابهت دارد که ازجمله موارد زیر را می‌توان بیان کرد: Ashrafzadeh و همکاران

(۲۰۱۹) در پژوهشی به تأثیرات تغییرات آب‌وهوا بر محیط‌زیست و ارتباطات جمعیت‌های گونهٔ مارمولک (*Neurergus kaiseri*) آسیب‌پذیر و بومی در ایران پرداختند که نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که متغیرهای آب و هوایی مربوط به دما و بارش بیشترین مشارکت را در توزیع جانوری دارند، همچنین تغییرات آب‌وهوای پیش‌بینی‌شده تأثیر منفی بر محیط‌های مناسب مارمولک‌ها خواهد داشت و احتمالاً باعث تغییراتی در محدودهٔ ارتفاع برخی از گونه‌ها خواهد شد. در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای و GIS برای نقشه‌سازی استفاده شده است. Heikkinen و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی مشابه به بررسی و ارزیابی گونه‌های زیستگاه‌های اتحادیهٔ اروپا در عرض جغرافیایی بالا به‌دلیل خطرات تغییرات آب‌وهوا پرداختند و نتایج نشان داد که تعداد زیادی از گونه‌ها که اثرپذیری قابل توجهی به شرایط آب‌وهوایی بالا را دارند، برنامه‌ریزی حفاظتی مبتنی بر آب‌وهوا می‌تواند به آن‌ها متمرکز شود. در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای و GIS برای نقشه‌سازی استفاده شده است. Namkhan و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی تأثیر تغییرات آب‌وهوا بر زیستگاه‌های طبیعی را با استفاده از ۵۵ گونه از خانوادهٔ فازیانیدها را بررسی کردند. نتایج مطالعهٔ آن‌ها نشان داد که تغییرات آب‌وهوا احتمالاً زیستگاه‌های طبیعی مناطق جنوب شرق آسیا را کاهش داده شده است. Dueñas و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی تأثیر افزایش رویدادهای آب و هوایی شدید (رویدادهای ال‌نینو–نینا و نوسان جنوبی) و تغییرپذیری اقلیمی بر تنوع زیستی جزایر گالاپاگوس را ارزیابی کردند. نتایج این پژوهش به درک پیامدهای گستردهٔ تغییرات اقلیمی در جزایر گالاپاگوس کمک می‌کند و می‌تواند برای درک تأثیرات بر سایر جزایر جهانی دیگر، که اغلب مناطقی با سطح بالایی از تنوع زیستی (انحصاری) هستند، استفاده شود. Riggio و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به پایش طولانی‌مدت تأثیر تغییر اقلیم و زیستگاه در مورد تناسب پرندگان آوازخوان تودرتو حفره پرداختند. یافته‌های پژوهش آن‌ها نشان داد که افزایش پیش‌بینی‌شدهٔ دما و بارش بهار ممکن است سلامتی پرندگان خوانندهٔ تخم‌گذار در کالیفرنیا را کاهش دهد. به‌طورکلی، نتایج پژوهش اهمیت نظارت بلندمدت را در تفکیک تأثیرات تغییرات جهانی بر سلامتی بیان می‌کنند. به‌عنوان جمع‌بندی از نتایج یافته‌های تحقیق و پژوهش‌های مشابه انجام‌شده می‌توان بیان کرد که افزایش شیب روند تغییرات اقلیمی در ایران و سایر کشورها امری کاملاً مشهود و قابل پیش‌بینی می‌باشد و این روند تغییرات باعث تأثیرات منفی بر شاخص های مطلوبیت زیستگاه‌ها، مناطق حفاظت‌شده و همچنین باعث جابجایی گونه، قرار گرفتن در گرداب انقراض و تهدید حیات وحش به‌خصوص در منطقهٔ مورد مطالعه شده است. با توجه به تنوع بسیار بالای زیستگاهی در کشور ایران که متاثر از شاخصهایی همچون شیب، جهت، ارتفاع، الگوهای برودت و بارش، زاویه تابش خورشید، بافت و ساختمان خاک، تیپ و تراکم پوشش گیاهی و کیفیت و کمیت منابع آب می باشد و نیز اشراف به این موضوع که تعداد معدودی از زیستگاههای شاخص کشور همچون پارک ملی خبر در بستر یک خرد اقلیم ارزشمند در مناطق خشک و نیمه بیابانی با میانگین بارش کمتر از ۱۰۰ میلیمتر واقع گردیده اند، لذا اولویت ارائه استراتژی های مدیریتی و نیز ضمانت اجرا در مناطقی همچون پارک ملی خبر بسیار حائز اهمیت می باشد.

References

Abudu, H., Wesseh Jr, P.K., Lin, B., 2023. Does political propaganda matter in mitigating climate change? Insights from the United States of America. Journal of Management Science and Engineering 8(3), 386-397.

Ashrafzadeh, M.R., Naghipour, A.A., Haidarian, M., Kusza, S., Pilliod, D.S., 2019. Effects of climate change on habitat and connectivity for populations of a vulnerable, endemic salamander in Iran. Global Ecology and Conservation 19, e00637.

Dueñas, A. Jiménez-Uzcátegui, G., Bosker, T., 2021. The effects of climate change on wildlife biodiversity of the Galapagos Islands. Climate Change Ecology 2, 100026.

Doxani, G., Vermote, E.F., Roger, J.C., Skakun, S., Gascon, F., Collison, A., De Keukelaere, L., Desjardins, C., Frantz, D., Hagolle, O., Kim, M., Louis, J., Pacifici, F., Pflug, B., Poilve, H., Ramon, D., Richter, R., Yin, F., 2023. Atmospheric Correction Inter-comparison eXercise, ACIX-II Land: An assessment of atmospheric correction processors for Landsat 8 and Sentinel-2 over land. Remote Sensing of Environment 285, 113412.

Getachew, B., Manjunatha, B.R., Bhat, G.H., 2021. Assessing current and projected soil loss under changing land use and climate using RUSLE with Remote sensing and GIS in the Lake Tana Basin,

Upper Blue Nile River Basin, Ethiopia. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science 24(3), 907-918.

Heikkinen, R. K., Aapala, K., Leikola, N., Aalto, J., 2022. Quantifying the climate exposure of priority habitat constrained to specific environmental conditions: Boreal aapa mires. Ecological Informatics 72, 101828.

Heikkinen, R. K., Kartano, L., Leikola, N., Aalto, J., Aapala, K., Kuusela, S., Virkkala, R., 2021. High-latitude EU Habitats Directive species at risk due to climate change and land use. Global Ecology and Conservation 28, e01664.

Kufa, C. A., Bekele, A., Atickem, A., 2022. Impacts of climate change on predicted habitat suitability and distribution of Djaffa Mountains Guereza (*Colobus guereza gallarum*, Neumann 1902) using MaxEnt algorithm in Eastern Ethiopian Highland. Global Ecology and Conservation 35, e02094.

Katuwal, H. B., Sharma, H. P., Rokka, P., Bhusal, K.P., Bhattarai, B.P., Koirala, S., Luitel, S. CH., Yadav, SH., Sah, G., Baral, H. S., Poudyal, P.L., Wang, L., Quan, R.C., 2023. The effects of climate and land use change on the potential distribution and nesting habitat of the Lesser Adjutant in Nepal. Avian Research 14, 100105.

Karimi, V., Karami, E., Keshavarz, M., 2018. Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran. Journal of Integrative Agriculture 17(1), 1-15.

Laino, E., Iglesias, G., 2023. Extreme climate change hazards and impacts on European coastal cities: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 184, 113587.

Mohammadi, F., Mahmoudi, H., Ranjbaran, Y., Ahmadzadeh, F., 2022. Compilation and prioritizing human-wildlife conflict management strategies using the WASPAS method in Iran. Environmental Challenges. Environmental Challenges 7, 100482.

Martin, G., Cosma, A., Roswell, T., Anderson, M., Treble, M., Leslie, K., Card, K.G., Closson, K., Kennedy, A., Gislason, M. 2023. Measuring negative emotional responses to climate change among young people in survey research: A systematic review. Social Science & Medicine 329, 116008.

Ma, R., Yuan, R., Fu, X., 2023. Climate change opportunity and corporate investment: Global evidence. Journal of Climate Finance 3, 100013.

Namkhan, M., Sukumal, N., Savini, T., 2022. Impact of climate change on Southeast Asian natural habitats, with focus on protected areas. Global Ecology and Conservation 39, e02293.

Neilson, E.W., Castillo-Ayala, C., Beckers, J.F., Johnson, C.A., St-Laurent, M.H., Mansuy, N., Price, D., Kelly, A., Parisien, M.A., 2022. The direct and habitat-mediated influence of climate on the biogeography of boreal caribou in Canada. Climate Change Ecology 3, 100052.

Priadka, P., Brown, G. S., DeWitt, P. D., Mallory, F. F., 2022. Habitat quality mediates demographic response to climate in a declining large herbivore. Basic and Applied Ecology 58, 50-63.

Pourmirzaei, A., 2020. Introduction of Khabar National Park as the only national park in the southeast of the country and Rochun Wildlife Sanctuary. Nature of Iran 6(5), 91-100. (in Persian)

Riggio, J., Engilis Jr, A., Cook, H., De Greef, E., Karp, D. S., Truan, M. L., 2023. Long-term monitoring reveals the impact of changing climate and habitat on the fitness of cavity-nesting songbirds. Biological Conservation 278, 109885.

Shear, F., Ashraf, B. N., Butt, S., 2023. Sensing the heat: climate change vulnerability and foreign direct investment inflows. Research in International Business and Finance 66, 102005.

Sauterey, B., Le Gland, G., Cermeño, P., Aumont, O., Lévy, M., Vallina, S. M., 2023. Phytoplankton adaptive resilience to climate change collapses in case of extreme events–A modeling study. Ecological Modelling 483, 110437.

St-Laurent, M. H., Boulanger, Y., Cyr, D., Manka, F., Drapeau, P., Gauthier, S., 2022. Lowering the rate of timber harvesting to mitigate impacts of climate change on boreal caribou habitat quality in eastern Canada. Science of The Total Environment 838(3), 156244.

Taloor, A. K., Manhas, D. S., Kothyari, G. C., 2021. Retrieval of land surface temperature, normalized difference moisture index, normalized difference water index of the Ravi basin using Landsat data. Applied Computing and Geosciences 9, 100051.

Thapa, R., Neupane, B., Ranabhat, S., Poudel, M., Panthi, S., 2022. Habitat suitability of wild water buffalo (Bubalus arnee) in Babai flood plain of Bardia National Park, Nepal. Global Ecology and Conservation 23, e01172.

Tam, K. P., Chan, H. W., Clayton, S., 2023. Climate change anxiety in China, India, Japan, and the United States. Journal of Environmental Psychology 87, 101991.

Xu, Y., Feng, L., Zhao, D., Lu, J., 2020. Assessment of Landsat atmospheric correction methods for water color applications using global AERONET-OC data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 93, 102192.

Weng, Q., 2009. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 64(4), 335-344.

Zhang, J., Jiang, F., Li, G., Qin, W., Wu, T., Xu, F., Hou, Y., Song, P., Cai, Z., Zhang, T., 2021. The four antelope species on the Qinghai-Tibet plateau face habitat loss and redistribution to higher latitudes under climate change. Ecological Indicators 123, 107337.

Zubiri, M., Majd, A., 2013. Familiarity with remote sensing technology and its application in natural resources. University of Tehran Publishing and Printing Institute. (In Persian)