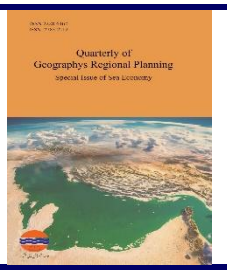
Iranian Association of Geopolitical

Geography (Regional Planning)

Summer 2024. Vol 14. Issue 55

ISSN (Print): 2228-6462 - ISSN (Online): 2783-2112

Journal Homepage: https://www.jgeoqeshm.ir/



Research Paper

Investigating the Impact of Climate Change on Wildlife Fodder in the Pastures of National Parks and Protected Areas (Case Study: Golestan National Park)

Mostafa Alinaghizadeh[1], Abolfazl Aslani Kordkandi[*2]

1. Assistant Prof., Dept. of Agricultural, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran
2. Department of Engineering, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran

ARTICLEINFO

PP: 312-328

Use your device to scan and read the article online

Keywords: *Climate Change, Wildlife Fodder, Satellite Images, SPI*

Abstract

Global warming and climate change are among the most important and critical environmental issues of the world in this century. Today, global climate change is one of the biggest threats to biodiversity, which is very vital for the economy of human societies and social development. Therefore, understanding how climate change affects biodiversity and wildlife around the world is a necessary and vital issue. The onset of drought is usually accompanied by a decrease in rainfall, which is known as meteorological drought. With the lack of rainfall and its inappropriate distribution, soil moisture is reduced and the growth of pasture plants and other plants is affected. In recent years, the use of satellite images to monitor vegetation changes and drought monitoring has increased. Although climate change has left a huge and deep impact on different ecosystems and societies, but it seems that the greatest impact has occurred on the largest ecosystem on the planet, i.e., pastures. Therefore, the current research has used satellite images and meteorological data to investigate the effects of climate change on the vegetation of grasslands in Golestan National Park, using the comparative method of past and present time periods. The results of the regression model show that there is a direct correlation between SPI and NDVI, and it is concluded that for one unit change in the standard rainfall index, the value of NDVI changes to 0.041.

Citation: Alinaghizadeh, M., Aslani Kordkandi, A. (2024). **Investigating the Impact of Climate Change on Wildlife Fodder in the Pastures of National Parks and Protected Areas (Case Study: Golestan National Park).** Geography (Regional Planning), 14(55), 312-328.

DOI: 10.22034/jgeoq.2024.398647.4042

[*] **Corresponding Author:** Abolfazl Aslani Kordkandi **Email:** Alinaghizadeh62@pnu.ac.ir

Copyright © 2024 The Authors. Published by Qeshm Institute. This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Extended Abstract

Introduction

Global warming and climate change are among the most important and critical environmental issues of the world in this century. Today, global climate change is considered as one of the biggest threats to biodiversity, which imposes double and double pressure on the extinction of biodiversity. Estimates show that in the next 50 years, climate change will cause the extinction of more than one million species of wildlife. The increase in the surface temperature of water and land and climate change directly and indirectly affect wildlife and their habitats and are effective in their destruction and extinction. Currently, a major factor threatening wildlife is global climate change, so understanding how climate change affects biodiversity and wildlife around the world is a necessary and vital issue.Usually, the transformation and change in climate is a natural phenomenon that occurs on a time scale of several thousand years, the climate changes that happened recently were much more intense compared to the climate changes two million years ago, and the earth in During the last two decades, it has reached the peak of its heat in the last two thousand years. Among the most important effects of climate change is its impact on ecosystems and biodiversity. In general, the biological resources of the planet are very vital for the economy of human societies and social development is called with the lack of rainfall and its improper distribution, soil moisture is reduced and the growth of pasture plants and other plants is affected. Golestan National Park is located in Golestan province with an area of 87,402 hectares and its circumference is 147 km. According to the latest studies conducted in Golestan National Park, 69 mammal species have been identified, the most important of which are leopard, wolf, palas cat, sheng, forest otter, fox, brown bear, ram and sheep, all and he mentioned goat, deer, maral, shoka, tshi and rabbit. In recent years, due to the occurrence of drought and decrease in rainfall, Golestan National Park's pastures have suffered from fodder poverty and the feeding of wildlife in this park has faced problems. Drought and the subsequent lack of fodder, in addition to dispersing wildlife, especially deer, from safe areas and making them vulnerable, also affects the quantity and quality of their reproduction. And this has caused Golestan National Park rangers to distribute fodder when necessary in order to deal with the effects of drought and prevent deer from leaving the park. In recent years, the use of satellite images to monitor vegetation cover changes and drought monitoring has increased. Therefore, the present research has used satellite images and meteorological data to investigate the effects of climate change on the vegetation of grasslands in Golestan National Park. In this research, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) And the standardized precipitation index (SPI) is investigated in evaluating the impact of climate changes on the state of wildlife fodder using satellite and meteorological data in Golestan National Park pastures.

Methodology

In order to investigate and monitor the effects of climate change on the vegetation of grasslands in Golestan National Park, 16-day NDVI images of the MODIS sensor were used in a 10-year time frame with a spatial resolution of 250 meters. Necessary pre-processing was done on satellite images including geometric, atmospheric and radiometric correction. Atmospheric and radiometric correction was done by flash method (FLAASH) on the environmental metadata file (ENVI), then supervised classification method and maximum similarity algorithm were used for vegetation classification. Here, the user specifies samples for each overlay in the digital image. These samples are called Training site. In this method, the amount of variance and correlation of the spectral values of different bands is calculated for the sample areas, and this property is used to connect an unclassified pixel to one of Spectral groups or samples are also used. In this study, the estimation of annual dry periods was obtained using the Standard Rainfall Index (SPI).

Results and Conclusion

In this research, the process of changes in vegetation and wildlife fodder caused by climate change in Golestan National Park was investigated. The time period (series) of remote sensing data due to its unique features such as successive observation of ground surfaces and quick access to information on wide areas with low cost and time, accurate information collection and They provide complete information in time and space and are considered as an important tool in investigating and identifying the phenological variability of plants. For this purpose, the Normalized Difference

Vegetation Index (NDVI) was extracted using Landsat, TM, ETM+ and OLI satellite images for the years 2011 to 2020 (10 years) and Using the Standardized Precipitation Index (SPI) the drought trend was investigated. The total changes of NDVI index are classified into 4 classes: no vegetation, weak vegetation, medium vegetation and dense vegetation. Also, the kappa coefficient and overall accuracy for the NDVI vegetation index were investigated, and the results showed that the kappa coefficient and overall accuracy for the TM gauge is higher than the OLI and ETM+ gauges. The SPI index also showed mild drought in 2011, 2012, 2018, 2019, 2020, moderate drought in 2013, 2014 and 2017, and severe drought in 2015 and 2016. is Also, the results of the regression model show that the Pearson correlation coefficient between SPI and NDVI is equal to 0.04 and the significance level is 0.001, so there is a direct correlation between these two variables. According to the linear regression model, the regression results show that the constant value of the model is equal to 0.108 and the value of the unstandardized coefficient of determination is 0.041 and the T value is equal to 52.97 and the significance level is equal to 0.001 is Therefore, it is inferred that for one unit change in the standard precipitation index, the NDVI value changes by 0.041. In order to investigate the process of drought and vegetation changes in different years in a region, it is suggested to use images that were taken in the same seasons and on the same date. More in the field of monitoring the climatic changes of protected areas and national parks, it is suggested that satellite images with Higher spatial resolution and spectral resolution should be used to reveal more detailed changes, for example, the changes occurred in types of vegetation. Implementation of other image classification methods such as Object-oriented classification and other basic pixel methods, including the classification method in decision making and comparison With the results of this study, it is suggested to use more time series between the time period of the present study. It will make it possible to track climate changes and its effect on wildlife fodder. Due to the limitation in the spatial range of this research, which is limited to Golestan National Park, the obtained result can be generalized. Not to other protected areas and national parks. Therefore, it is suggested to evaluate this test in other time periods and geographical areas as well.

References

1. Akhani, Hossein (1383). Illustrated flora of Golestan National Park. University of Tehran Publishing Institute, pp. 590-1. [In Persian]
2. Arman, Zahra (2013). Investigating the effects and consequences of climate change on agriculture and natural resources, National Conference on Climate Change and Engineering Sustainable Development of Agriculture and Natural Resources, Tehran, Tolo Farzin Science and Technology Company. [In Persian]
3. Askarizadeh, Diana, Arzani, Hossein, Jafari, Mohammad, Bazarafshan, Javad, Prentiss, Ain Kolin (2019). Investigating past, present and future vegetation cover changes in central Alborz pastures in relation to climate change. Remote sensing and geographic information system in natural resources, volume 9, number 3, pp. 1-18. [In Persian]
4. Atai, Houshmand and Dashtaki, Mohammad Abbasi (2014). Investigating the impact of climate change on ecosystems and biodiversity, the first national conference on natural environment, Rasht. [In Persian]
5. Azad, Ali Asghar, Farajzadeh Assal, Manouchehr, Barna, Reza (2018). Analysis of the effect of climate change on the quality of natural habitats (case study: Sahand Mountain). Natural Geography, Volume 12, Number 44, pp. 1-15[In Persian]
6. Bayat, Mina, Arzani, Hossein, Jalili, Adel (2015). The effect of climatic conditions on the production and coverage of steppe pastures (case study: Alavijah and Khondab - Isfahan province). Pasture and Desert Research of Iran, Volume 23, Number 2, pp. 357-372. [In Persian]
7. Brown, J. N., Ash, A., MacLeod, N., & McIntosh, P. (2019). Diagnosing the weather and climate features that influence pasture growth in Northern Australia. Climate Risk Management, 24, 1-12.
8. Fadel Dehkordi, Leila, Azernivand, Hossein, Zare Chahoki, Mohammad Ali, Mahmoudi Kahn, Farhad, Khaliqi Sigaroudi, Shahram (2015). Drought monitoring using NDVI vegetation cover index of pastures of Ilam province, Volume 69, Number 1, pp. 141-154. [In Persian]

9. Faraj Elhi, Asghar, Zare Chahuki, Mohammad Ali, Azarnivand, Hussein, Yari, Reza, Qolinejad, Bahram (2011). Investigating environmental factors affecting the distribution of grassland plant communities in Bijar protected area. Volume 19, Number 1 (Serial 46), pp. 108-119. [In Persian]

10. Gharibi, Shiva, Jamshid Nejad, Amir, Mirkarimi, Seyedhamed (2016). Estimating the amount of waste produced due to tourism activity and presenting its management plan (Case study: Golestan National Park road margin). Journal of Geographical Survey of Space, 7 (24), 72-85. [In Persian]

11. Hao R, Yu D, Liu Y, Liu Y, Qiao J, Wang X, Du J. (2017). Impacts of changes in climate and landscape pattern on ecosystem services. Science of the Total Environment, 579: 718-728.

12. Magee, T. K, P. L. Ringold, and M. A. Bollman. (2008): Alien Species Importance in Native Vegetation along Wade Able Streams, John Day River Basin, Oregon, USA. Plant Ecol. 195: 287-307.

13. Majnounian, Henrik and colleagues (1378). Birth certificate of Golestan National Park, Tehran, Publications of Environmental Protection Organization, pp. 1-129. [In Persian]

14. McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, 17-22 January 1993, 179-184.

15. Motamedi, Javad, Alilou, Fatemeh (2012). The effect of climatic factors on fodder production of pasture species of Khoi grassland ecosystems, the second national conference on climate change and its impact on agriculture and environment, Urmia, West Azerbaijan Province Agricultural and Natural Resources Research Center. [In Persian]

16. Munkhtsetseg, E., Kimura, R., Wang, J., & Shinoda, M. (2007). Pasture yield response to precipitation and high temperature in Mongolia. Journal of arid environments, 70(1), 94-110.

17. Nazri, Omid and Yarmohammadi, Fariba (2007). Global climate changes and wildlife, the second specialized conference and exhibition of environmental engineering, Tehran, https://civilica.com/doc/37198. [In Persian]

18. Pettorelli, N,Vik, O, Mysterud. A, Gaillard. J. M. Tucker. C. J and Stenseth .N. C. (2005): Using The Satellite –Derived NDVI to Assess Ecological Responses to Environmental Change. J. Trends in Ecology and Evolution, 9 (20), 503-510.

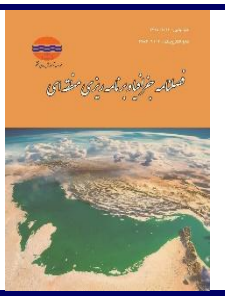
19. Qalipour, Mustafa, Salman Mahini, Abdul Rasul (2011). Investigating the effects of climate change on biodiversity, ecosystems and mitigation strategies, the second environmental planning and management conference, Tehran, University of Tehran. [In Persian]

20. Safavi-Gardini, Maryam, Zaguri, Amir Ali, Ghaffari Mehr, Azam. Shibanian, Abbas (2014). Investigating the impact of climate change on the vegetation cover of pastures in Fasa city, the second international conference on environment and natural resources, Shiraz, Kharazmi Higher Institute of Science and Technology. [In Persian]

21. Shams Ali, Nizami, Balochi, Bagher, Raigani, Behzad, Shams Esfandabad, Bahman (2016). Investigating climate change and its effects on the desirable habitats of Asiatic cheetah in the center of Iran (case study: Yazd province). Volume 11, Number 3, pp. 1-12. [In Persian]

22. Shirdali, Azim, Khani Temlia, Zabihullah, Rezaei, Hossein (2017). Investigating the effect of climate change on the future temperature trend of Abhar Plain. Environment and Water Engineering, 4(1), 47-60. doi: 10.22034/jewe.2018.55974 [In Persian]

23. Zare Khormizi, Hadi, Ghaffarian Malmiri, Hamidreza (2016). Drought monitoring and its effect on the vegetation of Yazd province using remote sensing technologies, Volume 5, Number 10, pp. 68-86. [In Persian]



فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای)

دوره ۱۵، شماره ۵۵، تابستان ۱۴۰۳

شاپا چاپی: ۶۴۶۲- ۲۲۲۸ شاپا الکترونیکی: ۲۱۱۲ -۲۷۸۳

Journal Homepage: https://www.jgeoqeshm.ir/

انجمن ژئوپلیتیک ایران

مقاله پژوهشی

بررسی تاثیر تغییرات اقلیمی بر علوفه حیات وحش در مراتع پارک‌های ملی و مناطق حفاظت‌شده (مطالعه موردی: پارک ملی گلستان)

مصطفی علی‌نقی‌زاده*- استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

ابوالفضل اصلانی کردکندی- گروه فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

شماره صفحات: ۳۲۸-۳۱۲

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

واژه‌های کلیدی:

تغییرات اقلیمی، علوفه حیات وحش، تصاویر ماهواره‌ای، SPI

چکیده

امروزه تغییرات جهانی اقلیم به عنوان یکی از بزرگ ترین تهدیدات تنوع زیستی که برای اقتصاد جوامع انسانی و توسعه اجتماعی بسیار حیاتی است، مطرح می‌باشد. درک آنکه تغییر اقلیم چگونه بر تنوع زیستی و حیات وحش در سرتاسر جهان تأثیرگذار است مسأله ای ضروری و حیاتی است. شروع خشکسالی به طور معمول با کاهش بارندگی همراه است که این مرحله به خشکسالی هواشناسی موسوم است. با کمبود بارش و توزیع نامناسب آن، رطوبت خاک کاهش یافته و رویش گیاهان مرتعی و سایر گیاهان تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در سالهای اخیر استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای پایش تغییرات پوشش گیاهی و پایش خشکسالی افزایش یافته است. اگرچه تغییر اقلیم بر اکوسیستم و جوامع مختلف تاثیر بسیار زیاد و عمیقی برجای گذاشته که برخی از این اثرات نمایان و برخی هنوز به خوبی شناخته نشده است، ولی به نظر می‌رسد بیشترین تاثیر بر روی بزرگترین اکوسیستم کره زمین یعنی مراتع رخ داده است. از این رو تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هواشناسی برای بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر پوشش گیاهی مراتع در پارک ملی گلستان استفاده کرده است. به کارگیری روش مقایسه‌ای بازه های زمانی گذشته و حال برای سناریوی روند تغییرات در اثر تغییر اقلیم و به تبع آن تغییر اکوسیستم پارک ملی گلستان، هدف اصلی مطالعه حاضر می‌باشد. نتایج حاصل از مدل رگرسیونی نشان می‌دهد بین دو شاخص SPI و NDVI همبستگی مستقیم وجود دارد و استنباط می شود که به ازای یک واحد تغییر در شاخص بارش استاندارد مقدار NDVI به میزان ۰.۰۴۱ تغییر نماید.

استناد: علی‌نقی‌زاده، مصطفی؛ اصلانی کردکندی، ابوالفضل. (۱۴۰۳). **بررسی تاثیر تغییرات اقلیمی بر علوفه حیات وحش در مراتع پارک‌های ملی و مناطق حفاظت‌شده (مطالعه موردی: پارک ملی گلستان).** فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۱۴(۵۵). صص: ۳۲۸-۳۱۲

DOI: 10.22034/jgeoq.2024.398647.4042

* **نویسنده مسئول:** مصطفی علی‌نقی‌زاده، **پست الکترونیکی:** Alinaghizadeh62@pnu.ac.ir

مقدمه

گرم شدن آب و هوای کرهٔ زمین و تغییر اقلیم از مهمترین و بحرانی ترین مسائل زیست محیطی جهان در قرن حاضر است. امروزه تغییرات جهانی اقلیم به عنوان یکی از بزرگترین تهدیدات تنوع زیستی که فشار مضاعف و دو چندانی بر انقراض تنوع زیستی تحمیل می‌نماید، مطرح می‌باشد. برآوردها نشان می‌دهد که تا ۵۰ سال آینده تغییر اقلیم عامل انقراض بیش از یک میلیون گونه از حیات وحش است. افزایش درجه حرارت سطح آبها و خشکی‌ها و تغییر اقلیم بصورت مستقیم و غیرمستقیم بر حیات وحش و زیستگاههای آنها اثر گذاشته و در نابودی و انقراض آنها مؤثر است. در حال حاضر یک عامل عمده تهدید کننده حیات وحش تغییر اقلیم جهانی است، بنابراین درک آنکه تغییر اقلیم چگونه بر تنوع زیستی و حیات وحش در سرتاسر جهان تأثیرگذار است مسأله ای ضروری و حیاتی است (طبیعی و یارمحمدی، ۱۳۸۷: ۲). معمولاً دگرگونی و تغییر در اقلیم پدیده‌ای طبیعی است که در مقیاس زمانی چند هزار ساله رخ می دهد، تغییرات اقلیمی که اخیراً به وقوع پیوست در مقایسه با تغییرات اقلیمی دو میلیون سال پیش بسیار شدیدتر بوده است و زمین در طول دو دهه گذشته به اوج گرمای خود در دوهزار سال اخیر رسیده است. از جمله مهمترین اثرات تغییر اقلیم تأثیر آن بر زیست بوم‌ها و تنوع زیستی می‌باشد. به طور کلی منابع زیست شناختی کره زمین برای اقتصاد جوامع انسانی و توسعه اجتماعی بسیار حیاتی است (عطایی و عباسی دشتکی، ۱۳۹۴). شـروع خشکسالی به طور معمول با کاهش بارندگی همراه است که این مرحله به خشکسالی هواشناسی موسوم است. با کمبود بارش و توزیع نامناسب آن، رطوبت خاک کاهش یافته و رویش گیاهان مرتعی و سایر گیاهان تحت تأثیر قرار می‌گیرد. پارک ملی گلستان با وسعت ۸۷,۴۰۲ هکتار در استان گلستان واقع شده است و محیط آن ۱۴۷ کیلومتر است. بر اساس آخرین مطالعات انجام شده در پارک ملی گلستان ۶۹ گونه پستاندار شناسایی شده است که از مهمترین آنها می توان به پلنگ، گرگ، گربه پالاس، شنگ، سمور جنگلی، روباه، خرس قهوه ای، قوچ و میش، کل و بز، آهو، مرال، شوکا، تشی و خرگوش اشاره کرد. در سال‌های اخیر به دنبال وقوع خشکسالی و کاهش بارندگی‌ها، مراتع پارک ملی گلستان دچار فقر علوفه شده و تغذیه حیات وحش این پارک با مشکل مواجه شده است. خشکسالی و به دنبال آن کمبود علوفه علاوه بر پراکنده و دور شدن حیات‌وحش به‌خصوص آهو از مناطق امن و آسیب‌پذیر شدن آن‌ها بر کمیت و کیفیت زاد و ولد آن‌ها نیز تأثیر می‌گذارد. و این امر موجب شده است محیط‌بانان پارک ملی گلستان به منظور مقابله با آثار سوء خشکسالی و جلوگیری از خروج آهوها از پارک اقدام به توزیع علوفه در مواقع ضروری می‌کنند. در سـال‌های اخیر اسـتفاده از تصـاویر ماهواره‌ای برای پایش تغییرات پوشـش گیاهی و پایش خشکسالی افزایش یافته اسـت. از این رو تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هواشناسی برای بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر پوشش گیاهی مراتع در پارک ملی گلستان استفاده کرده است.

مبانی نظری

امروزه عده زیادی از پژوهشگران بر این باورند که فعالیت دما و دخالت‌های نادرست انسان در اکوسیستم باعث سرعت تغییر اقلیم و محیط گردیده است. تغییر اقلیم به معنای تغییر نوع و فراوانی موجودات زنده است. دخالت نادرست انسان در طبیعت، به خصوص در سده‌های اخیر، باعث شده است که محققان علوم طبیعی، خبر از باز شدن مبحث جدیدی فرا روی بشر در حال توسعه به نام تغییرات اقلیمی بدهند (آرمان، ۱۳۹۳). در حال حاضر ایران به دلیل ریزش‌های کم جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن و واقع بودن در کمربند خشک کره زمین در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد. ایران از جمله کشورهایی است که در حال حاضر از تنش شدید اقلیمی رنج می‌برد (شیردلی و همکاران، ۲۰۱۷: ۵۵). اگرچه تغییر اقلیم بر اکوسیستم و جوامع مختلف تاثیر بسیار زیاد و عمیقی برجای گذاشته که برخی از این اثرات نمایان و برخی هنوز به خوبی شناخته نشده است، ولی به نظر می‌رسد بیشترین تاثیر بر روی بزرگترین اکوسیستم کره زمین یعنی مراتع رخ داده است. چرا که عرصه‌های مرتعی به دلیل محدودیت‌های رطوبتی با کمترین تغییر در بارش و یا افزایش دما و در حقیقت کاهش اثر بخش بارش عکس‌العمل شدید نشان می‌دهند. تغییر اقلیم و گرمایش جهانی در مراتع مناطق مرتفع باعث کاهش تنوع زیستی و در مناطق پایین دست مرگ و میر و زوال گونه‌های مرتعی را به دنبال داشته است. تغییر اقلیم جهانی با پیامدهای بی شمار ناشناخته‌اش بر تنوع زیستی و بوم سازگان ها در حال وقوع است. یکی از پیامدهای منفی تغییر

اقلیم، اضمحلال تنوع زیستی است. تنوع زیستی طیف وسیعی از موجودات ریز و درشت اعم از باکتری ها تا گیاهان و جانوران را در بر می‌گیرد که هر کدام به نحوی تحت تاثیر پدیده تغییر اقلیم قرار می‌گیرند. تنوع زیستی به دلیل جنبه‌های علمی، اقتصادی، زیبایی شناختی، دارویی و غیره برای انسان ارزشمند و حائز اهمیت است. تغییر اقلیم می تواند تنوع زیستی و بوم سازگان ها را از مسیر ایجاد تغییرات در فصل رشد، فنولوژی، تولید اولیه، پراکنش گونه‌ها، روابط متقابل بوم شناختی، پویایی، ترکیب و تنوع جوامع زیستی و سایر عوامل تحت تاثیر قرار دهد (قلی پور و سلمان ماهینی، ۱۳۹۱). تغییرات اقلیمی بخصوص بارندگی و درجه حرارت اثر زیادی بر مرتع دارد. به طوری با کاهش شدید میزان بارندگی و افزایش درجه حرارت در مقایسه با میانگین سالانه پوشش گیاهی مراتع دستخوش تغییرات زیادی خواهند شد. بنابراین یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه ریزان مرتع شناخت عوامل ایجاد کننده تغییرات بخصوص آب و هوا و تأثیراین عوامل بر فاکتورهای اصلی مدیریت مرتع نظیر پوشش گیاهی است. تولید و تراکم دو فاکتور بسیار مهم از پوشش گیاهی هستند که کاربرد عمده ای در مدیریت مرتع و حفاظت خاک دارند (صفوی گردینی و همکاران، ۱۳۹۴). یکی از مهمترین عوامل مؤثر در مدیریت پایدار مراتع، اطلاع از تولید گونه‌های مرتعی و پایش تغییرات تولید مراتع تحت تغییرات بلند مدت اقلیمی (خشکسالی، ترسالی و سال نرمال از نظر بارندگی) است. تولید علوفه مراتع متاثر از عوامل مختلف اکولوژیکی است. یکی از عوامل موثر بر تولید علوفه مراتع، عوامل اقلیمی و تغییرات آن در دوره‌های مختلف می‌باشد. از این رو یکی از روش‌های برآورد تولید، بررسی رابطه بین مقادیر تولید علوفه گونه‌های مرتعی با متغیرهای اقلیمی موثر بر آن می‌باشد (معتمدی و علیلو، ۱۳۹۲). از سوی دیگر شناخت ویژگی‌های پوشش گیاهی و روابط موجود در بین گونه های گیاهی و نیز عوامل محیطی همواره مورد توجه بوم شناسان بوده است (Magee و همکاران، ۲۰۱۸: ۲۹۲). دلیل این توجه، اهمیت زیاد پوشش گیاهی از نظر زیستگاهی، تولید انرژی و دیگر ویژگی‌های مهم گیاهان بر روی کره زمین می‌باشد. پوشش‌های گیاهی، به علل مختلف و به مرور زمان در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی دچار تغییر شده که شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین نیاز به آشکارسازی، پیش‌بینی و مراقبت چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت به سزایی برخوردار است (Pettorelli، ۲۰۰۵: ۵۰۵). یکی از مهمترین مشکلاتی که در مسئله بررسی تغییرات پوشش گیاهی وجود دارد عدم ورود اطلاعات مکانی دقیق از گذشته می‌باشد. تصاویر ماهواره‌ای و فناوری سنجش از دور این امکان را فراهم می‌کند تا با اتکا به اطلاعات تولیدی از آن به برنامه بهتری جهت مدیریت محیط زیست دست یافت. به کارگیری روش مقایسه‌ای بازه‌های زمانی گذشته و حال برای سناریوی روند تغییرات در اثر تغییر اقلیم و به تبع آن تغییر اکوسیستم پارک ملی گلستان، هدف اصلی مطالعه حاضر می‌باشد. از این رو تحقیق حاضر به دنبال پاسخ به این سوال است که تغییرات اقلیمی چه تاثیری بر علوفه حیات وحش در پارک ملی گلستان دارد؟

در این تحقیق کاربرد شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص بارش استاندارد شده (SPI) در ارزیابی تاثیر تغییرات اقلیم بر وضعیت علوفه حیات وحش با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و هواشناسی در مراتع پارک ملی گلستان بررسی می‌شود.

پیشینه پژوهش

آزاد و همکاران (۱۳۹۸: ۱۲) به مطالعه شناخت وضعیت موجود محیط زیست با استفاده از تکنولوژی نوین از جمله بهره‌گیری از توان تکنولوژی علم سنجش از دور، GIS و نرم افزار INVEST پرداختند. برای انجام این مطالعه از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ استفاده گردید. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تغییر اقلیم و افزایش دما نه تنها در میزان بارندگی، نوع بارندگی، میزان نفوذ آب سطحی به آب‌های سطحی و افزایش سیل خیزی منطقه و فرسایش تاثیر منفی گذاشته، بلکه زمینه را برای تخریب بیشتر توسط عوامل انسانی فراهم نموده است. شمس و همکاران (۱۳۹۸: ۸) طی یک دوره ۱۴ ساله (۱۳۸۰ تا ۱۳۹۳)، به بررسی تغییرات اقلیمی زیستگاه های یوز در محدوده ای به مساحت ۹/۲ میلیون هکتار در استان یزد که مهم ترین مناطق انقراض محلی جمعیت یوز در ایران است، پرداختند.. ارزیابی تغییرات بیشینه درجه حرارت زمین در زیستگاه های مطلوب یوزپلنگ نشان می‌دهد که ۲۴ درصد از سطح این منطقه، با افزایش میانگین درجه

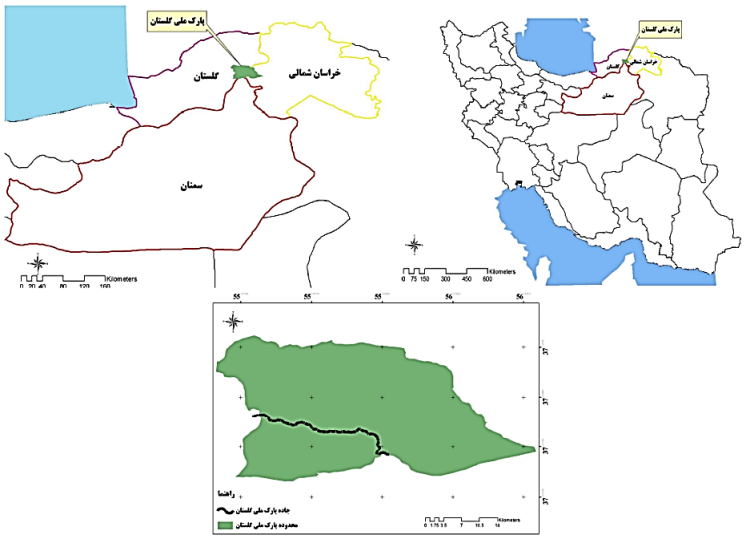
حرارت طی این دوره مواجه شده است. هم چنین کاهش مجموع بارش سالیانه در قسمتی از مناطق جنوبی منطقه مطالعاتی مشهود است. اما بررسی‌ها برای شناسایی دلایل تغییرات زیستگاه یوزپلنگ آسیایی نشان داد که فاکتورهای تغییرات اقلیمی، شامل تغییرات بیشینه دمای سطح زمین و تغییرات مجموع بارش سالیانه، طی دوره مطالعه معنی‌دار نیست. از اینرو به نظر می‌رسد بیشترین دلیل تغییرات در زیستگاه های جنوبی منطقه مطالعاتی از زیستگاه‌های یوزپلنگ آسیایی طی دوره این پژوهش، عوامل غیراقلیمی است و عوامل انسانی به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر این تغییرات اثر داشته‌اند. عسکری‌زاده و همکاران (۱۳۹۷: ۱۲) از شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده +TM، ETM و OLI برای سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵ (۳۰ سال) استفاده کردند. با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) روند خشکسالی مورد بررسی قرار گرفت. جهت پیش‌بینی تغییرات آتی پوشش گیاهی مراتع از مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. نتایج نشان داد که شاخص (NDVI) از سال‌های گذشته تا حال نوسان داشته است به طوریکه ضمن افزایش موقتی تغییرات در بعضی سال‌ها ۱۳۶۶ (۰.۸۶)، ۱۳۸۱ (۰.۸۷)، ۱۳۸۴ (۰.۸۷) و ۱۳۹۴ (۰.۸۶)؛ اما روند تغییرات کلی به صورت کاهش در میزان این شاخص در سال‌های ۱۳۷۴ (۰.۵۳)، ۱۳۷۶ (۰.۶۵)، ۱۳۷۹ (۰.۶۲) و ۱۳۸۷ (۰.۶۱) به خصوص برای طبقات متوسط تا خیلی فقیر بوده است. همبستگی بالا (۹۱/۵٪) بین شاخص SPI و NDVI نشان می‌دهد که تقریباً در تمامی سال‌های کاهش پوشش گیاهی، خشکسالی شدید تا متوسط رخ داده است. همچنین مدل پیش‌بینی مارکوف تغییرات کاهشی شدیدی در میزان شاخص پوشش گیاهی برای سال‌های ۲۰۳۱ و ۲۰۴۵ پیش‌بینی می‌کند. زارع خورمیزی و غفاریان مالمیری (۱۳۹۶: ۱۵۰) به منظور تعیین تأثیر خشکسالی‌ها بر تغییرات پوشش گیاهی ابتدا شدت‌های خشکسالی را با استفاده از شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI سالانه توسط داده‌های بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی در استان یزد بررسی کردند. سپس به منظور پهنه‌بندی شاخص‌های خشکسالی پنج روش درون یابی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. در مرحله بعد، با استفاده از سری‌های زمانی ۱۶ روزه شاخص NDVI سنجنده MODIS طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ میانگین NDVI فصلی و سالانه محاسبه شد. سپس روابط بین شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI با شاخص NDVI در پوشش‌های مختلف استان یزد بررسی شد. بر اساس نتایج پهنه بندی شاخص‌های خشکسالی، در سال های آبی ۲۰۰۰-۱۹۹۹ و ۲۰۰۸-۲۰۰۷ استان یزد در وضعیت خشکسالی شدید قرار داشته است. ارزیابی نتایج همبستگی پوشش‌های گیاهی مختلف استان یزد با شاخص‌های خشکسالی نشان داد جنگل‌های نیمه انبوه، مناطق بیشه زار و درختچه‌زار و مراتع بیشترین و جنگل‌های در دست کاشت و مناطق زراعی و باغات کمترین تاثیر پذیری را نسبت به خشکسالی داشته‌اند. بر اساس نتایج نقشه ضریب تشخیص(R^2) ، بالاترین میزان همبستگی مابین میانگین NDVI فصل بهار با شاخص خشکسالی SPI سالانه در جنگل های نیمه انبوه، مناطق بیشه زار و درختچه زار، مراتع درجه ۲ و مراتع درجه ۳ مشاهده شد به طوری که به ترتیب ۵۷، ۵۰، ۴۴ و ۴۱ درصد تغییرات شاخص NDVI فصل بهار در این مناطق تابع دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی می‌باشد. بیات و همکاران (۱۳۹۵: ۳۶۵) میزان تأثیر سه عامل مهم اقلیمی بارش، درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا بر روی میزان پوشش تاجی و تولید علوفه در یک دوره ده ساله (۱۳۷۷-۱۳۸۶) و سال ۱۳۹۲ در مراتع استپی علویجه و خونداب در استان اصفهان را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج یازده سال بررسی در مراتع استپی نشان داد، متوسط تاج پوشش ۱۲ درصد و متوسط تولید ۱۲۴/۵ کیلوگرم در هکتار بوده است و در میان شکل‌های مختلف رویشی بوته‌ای‌ها بیشترین درصد پوشش و تولید و گندمیان کمترین درصد پوشش و تولید را به خود اختصاص دادند. نتایج رگرسیون ساده نشان دادند، پوشش تاجی کل در مراتع استپی به ترتیب تحت تأثیر بارندگی سالانه و درجه حرارت قرار دارند و با افزایش بارندگی سالانه و کاهش درجه حرارت میزان پوشش افزایش می‌یابد و تولید کل در این مراتع تحت تأثیر بارندگی سالانه و بارش‌های فصول سرد و حداقل دما می‌باشند. تولید دراز مدت در هر دو مرتع مورد بررسی با استفاده از بارندگی سالانه برآورد شد، میانگین تولید دراز مدت در مرتع علویجه و خونداب به ترتیب برابر ۵۵ و ۱۷۶/۶ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. فاضل دهکردی و همکاران (۱۳۹۵: ۱۵۰) به منظور شناسایی شاخص مناسب برای ارزیابی و پایش خشکسالی، اطلاعات بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی استان ایلام از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ و تصاویر ماهواره MODIS با فاصله زمانی ۱۶ روزه را بررسی کردند. محاسبه SPI بر اساس میزان بارش انجام گردید، بنابراین اطلاعات بارش برای محاسبه این شاخص و تصاویر ماهواره‌ای برای محاسبه NDVI بکار گرفته شد.

همچنین اطلاعات درصد تاج پوشش در تیپ‌های مرتعی انتخاب شده از بین سایت های مورد مطالعه در "طرح ملی ارزیابی مراتع در مناطق مختلف آب و هوایی" استخراج گردید. سپس به بررسی همبستگی بین SPI با NDVI و همچنین تاج پوشش گیاهی و شاخص ماهواره ای پرداخته شد. نتایج نشان داد که بیشترین همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی و فرم رویشی پهن برگان و گندمیان یکساله است. نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین SPI و NDVI در بازه زمانی مختلف، مبین آن است که SPI در دوره زمانی سه و شش ماهه، با شاخص NDVI در سطح یک درصد همبستگی دارد. بررسی میزان کارایی مدل‌های رگرسیونی، مدل در بازه زمانی سه و شش ماهه را برای پایش خشکسالی مناسب نشان داد. نتایج حاصل از رگرسیون بین شاخص‌ها بیانگر این مطلب است که NDVI معیار مناسبی برای ارزیابی و پایش خشکسالی است. قلی پور و سلمان ماهینی (۱۳۹۱) به بررسی دلایل تغییر اقلیم، نمونه هایی از مطالعات صورت گرفته در زمینه اثرات تغییر اقلیم بر جنبه های مختلف تنوع زیستی و بوم سازگان ها و راه‌کارهای تخفیف اثرات تغییر اقلیم بر تنوع زیستی و بوم سازگان‌ها پرداخته‌اند. بر اساس یافته های این تحقیق علاوه بر اینکه تغییر اقلیم یکی از عوامل اصلی اضمحلال تنوع زیستی محسوب می‌شود، می تواند اثرات منفی عواملی نظیر تخریب و قطعه قطعه شدگی زیستگاه، بهره برداری بی رویه، گونه‌های مهاجم خارجی و آلودگی‌ها را نیز تشدید نماید. Brown و همکاران (۲۰۱۹: ۶) در مطالعه ای به بررسی و تشخیص ویژگی‌های آب و هوایی موثر بر رشد مراتع در شمال استرالیا پرداختند. نوسانات سالانه بارش به شدت بر رشد مرتع تأثیر می‌گذارد. این مطالعه در رابطه با چراگاه‌های مناطق استوایی نیمه خشک شمال شرقی استرالیا انجام شده است. نتایج بدست آمده از این تحقیقات می‌تواند برای درک چگونگی ادغام مدل‌های آب و هوایی پویا در فرایند تصمیم گیری مهم باشد. نتایج حاکی از این بود که متغیرهایی غیر از بارندگی کل در پیش بینی رشد مرتع اهمیت دارد. مطالعه Hao و همکاران (۲۱۰۷: ۷۲۲) به اثرات تغییر اقلیم بر خدمات اکوسیستمی گراسلندهای چین نشان داده است که عامل بارندگی نقش اساسی در تغییرات این خدمات ایفا میکند و اثر آن نیز از طریق مقایسه شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص بارش استاندارد شده (SPI) در طی ۱۴ سال قابل تشخیص و بررسی است. Munkhtsetseg و همکاران (۲۰۰۷: ۱۰۲) در بررسی اثر بارندگی و دمای حداکثر بر تولید مراتع مغولستان، افزایش دمای ماه جولای به همراه کاهش بارش در ژوئن را عامل اصلی کاهش تولید گونه‌های گیاهی این منطقه شامل Stipa glareosa و Artemisia frigida بیان کردند.

معرفی منطقه مورد مطالعه

موقعیت جغرافیایی

پارک ملی گلستان منطقه‌ای کوهستانی است که در منتهی الیه شرق جنگل‌های شمال کشور واقع شده است. این پارک از نظر موقعیت جغرافیایی در حد فاصل ″۳۴ و ′۱۶ و °۳۷ تا ″۰۰ و ′۳۱ و °۳۷ عرض شمالی و ″۰۰ و ′۴۳ و °۵۵ تا ″۴۵ و ′۱۷ و °۵۶ طول شرقی بین شهرستان‌های گنبد قابوس و بجنورد قرار گرفته است. این پارک در ۵۵ کیلومتری شرق گنبد قابوس و ۱۱۵ کیلومتری غرب بجنورد و در مسیر بزرگراه آسیایی تهران – مشهد واقع شده است و در حوزه قضایی استان‌های خراسان شمالی، گلستان و سمنان قرار دارد اما از نظر تشکیلات و مسئولیت حفاظتی تحت نظارت اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان گلستان قرار گرفته است (مجنونیان و همکاران، ۱۳۷۸: ۱۳).



شکل ۱. موقعیت قرار گیری پارک ملی گلستان در ایران

منبع: غریبی و همکاران، ۱۳۹۶: ۷۶

آب و هوا و اقلیم

پارک ملی گلستان، از نظر طبقه‌بندی اقلیمی، دارای سه اقلیم متمایز است. در شرق و جنوب شرقی پارک، اقلیم خشک دیده می‌شود، در قسمت میانی و شمالی پارک اقلیم نیمه‌خشک وجود دارد و در بخش‌های غربی و جنوب غربی، اقلیم نیمه مرطوب دیده می‌شود (مجنونیان و همکاران، ۱۳۷۸: ۱۴). بیش‌ترین فراوانی بادها، بادهای غربی با سرعت ۶ متر در ثانیه و شدیدترین بادهای منطقه دارای جهت شمالی شرقی با سرعت ۱۲ متر در ثانیه می‌باشد. دامنه نوسانات بارندگی در پارک از ۲۰۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر که از غرب به شرق کاسته شده و مناطق مرتفع پارک نسبت به مناطق پست از نزولات کمتری برخوردارند. میانگین سالیانه بارش از ۱۴۲ میلی متر در دشت کالپوش واقع در جنوب پارک تا ۸۶۶ میلی متر در تنگه گل واقع در مرکز پارک متفاوت است (آخانی، ۱۳۸۳: ۵۰). دمای متوسط سالانه پارک بین ۱۱/۵ تا ۱۷/۵ درجه سانتی گراد و متوسط رطوبت هوا نیز بین ۶۰ تا ۸۳ درصد متغیر است و رطوبت نسبی هوا در زمستان تا ۱۰۰ درصد اشباع می‌رسد و در تابستان به ۱۸ درصد تقلیل می‌یابد (مجنونیان و همکاران، ۱۳۷۸: ۱۵).

گونه‌های گیاهی و حیوانی

پارک ملی گلستان به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی خود، آخرین حد رویش‌های جنگل‌های هیرکانی را در البرز شرقی در مرز تحول آن به سمت چیرگی رویش‌های ایرانی - تورانی در خود جای داده است. تنوع رویشگاهی و زیستگاهی پارک ملی گلستان در طبقه بندی‌های جنگل‌های خزان‌دار مناطق پست هیرکانی، جنگل‌های خزان‌دار مناطق مرتفع هیرکانی، بیشه‌های خزان‌دار هیرکانی در مناطق مرتفع و پست، جوامع علفی و درختچه‌ای، جوامع مختلف جنگل‌های خزان‌دار مناطق مرتفع همراه با بیشه‌زارهای خزان‌دار هیرکانی، جوامع مختلف خزان‌دار و سوزنی‌برگ، بیشه‌های پیرو، دارستان و بیشه‌های ارس، رویش گیاهان و جوامع کوهسری و رویش گیاهان استپی و خشکی‌پسند (مجنونیان و همکاران، ۱۳۷۸: ۵۳) قرار می‌گیرند.

پارک ملی گلستان به‌عنوان نخستین پارک ملی ایران یک هشتم گونه‌های گیاهی، یک سوم گونه‌های پرندگان و بیش از پنجاه درصد گونه‌های پستانداران کشور را به خود اختصاص داده است. تاکنون ۶۹ گونه پستاندار وابسته به ۶ راسته و ۲۱ خانواده و ۵۰ جنس در پارک ملی گلستان شناسایی شده است. از راسته حشره‌خواران ۳ گونه خارپشت، ۶ گونه حشره‌خور، از راسته خفاش‌ها ۱۸ گونه، از راسته خرگوشان (لاگامورفا) ۲ گونه خرگوش و پایکا، از راسته جوندگان ۱۸ گونه، از راسته گوشت‌خواران ۱۶ گونه و از راسته زوج سمان ۶ گونه در پارک گزارش شده است. از جمله پستانداران مهم پارک که در بیشتر مناطق پارک دیده می‌شوند می‌توان به خارپشت اروپایی، حشره خور کوچک، خفاش گوش موشی، گرگ، خرس قهوه‌ای،

گربه جنگلی، خوک وحشی (گراز) و پلنگ اشاره نمود. تشی، سمور جنگلی، مرال و شوکا نیز عمدتاً در مناطق جنگلی دیده می‌شوند. خرگوش، موش صحرایی، پایکا و قوچ و میش اوریال نیز اغلب در مناطق استپی پراکندگی دارند. کل و بز نیز، مناطق کوهستانی و صخره‌ای پارک را به‌عنوان زیستگاه خود انتخاب نموده‌اند (مجنونیان و همکاران، ۱۳۷۸: ۹۰). بارزترین جانور جنگلی پارک ملی گلستان مرال است. مرال به زیستگاهی نیازمند است که تلفیقی از درختان بلند و کهن‌سال، مناطق باز جنگلی و چمن‌زار باشد. از جمله ویژگی‌های برجسته پارک ملی گلستان حضور شمار زیادی از پرندگان شکاری است، برخی از این گونه‌ها در این منطقه به تولیدمثل نیز می‌پردازند، هما، عقاب دوبرار و عقاب پریا در این میان نمونه وارند. تاکنون ۱۵۰ گونه پرنده متعلق به ۱۴ راسته، ۴۲ خانواده و ۸۹ جنس در پارک شناسایی شده است (مجنونیان و همکاران، ۱۳۷۸: ۴۳). خزندگان و دوزیستان از زیستمندان مهجوری هستند که باوجود اهمیت اکولوژیکی خود کمتر مورد توجه قرارگرفته‌اند (همان منبع: ۲۴). تا کنون ۵۴ خزنده و دوزیست در پارک گزارش شده است در این میان انواع مارها، افعی، آگاما، لاک‌پشت، قورباغه و وزغ قابل ذکر است (آخانی، ۱۳۸۳: ۸۰). در رودخانه مادرسو (دوغ)، به‌عنوان مهم‌ترین محیط آبی پارک، تاکنون ۱۰ گونه به‌قرار زیر شناسایی شده است: سیاه ماهی، قزل آلای رنگین‌کمان، لوچ خاردار، گاو ماهی رودخانه‌ای، گاو ماهی، ماهی لپک، عروس ماهی، سس ماهی، اورنج و سگ ماهی جویباری (مجنونیان و همکاران، ۱۳۷۸: ۳۴).

روش پژوهش

بررسی روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی (NDVI)

به منظور بررسی و پایش اثرات تغییرات اقلیمی بر پوشش گیاهی مراتع در پارک ملی گلستان از تصاویر NDVI ۱۶ روزه سنجنده MODIS در بازه زمانی ۱۰ ساله با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر استفاده شد. پیش پردازش‌های لازم بر روی تصاویر ماهواره‌ای شامل تصحیح هندسی، اتمسفری و رادیومتریکی انجام شد. تصحیح اتمسفری و رادیومتریک توسط روش فلاش (FLAASH) بر روی فایل فراداده در محیط (ENVI) انجام گردید، سپس از روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر شباهت جهت کلاس‌بندی پوشش گیاهی استفاده شد. در اینجا کاربر نمونه‌هایی را برای هر پوششی در تصویر دیجیتالی مشخص می‌کند. این نمونه‌ها Training site نامیده می‌شوند. طبقه‌بندی بر اساس نمونه‌های آموزشی است که کاربر با امضاهای طیفی به نرم افزار معرفی کرده است. نرم افزار طبقه‌بندی کننده تصویر ماهواره‌ای تعیین می‌کند که هر کلاسی چقدر به داده‌های آموزشی شباهت دارد و بر آن اساس طبقه بندی می‌کند. از میان روش‌های طبقه بندی نظارت شده، روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال، تا کنون به عنوان دقیق‌ترین و پر استفاده‌ترین روش نظارت شده ذکر شده است. در این روش میزان کمی واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی باندهای مختلف، برای مناطق نمونه محاسبه می‌شود و از همین خاصیت برای ارتباط یک پیکسل طبقه‌بندی نشده به یکی از گروه‌ها یا نمونه‌های طیفی نیز استفاده می‌شود. تصحیحات رادیومتریک و هندسی مورد نیاز جهت آماده سازی تصاویر برای پردازش انجام شد. همچنین تصحیح اتمسفری بر روی تصاویر با استفاده از الگوریتم FLAASH در نرم افزار ENVI انجام گردید. یکی از مهمترین منابع به وجود آوردنده خطای هندسی در تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات مدار حرکت ماهواره است که دلیل آن تغییرات میدان گرانش زمین است. با استفاده از نقاط کنترل زمینی، نصب تجهیزاتی مانند GPS، INS وstar tracker در ماهواره و یا به کارگیری معادلات کپلری، اثرات این خطا تصحیح می‌شود. به طور کلی تصحیح خطاها روابط ویژه خود را دارد که به خصوصیات سنجنده بستگی دارد. معمولا شرکت‌های فضایی تصاویر تصحیح شده را در اختیار کاربران قرار می‌دهند. آژانس فضایی آمریکا NASA مسئولیت آرشیو و انتشار تصاویر ماهواره‌ای Landsat را در اختیار آژانس تحقیقات زمین‌شناسی این کشور USGS قرار داده است. پایگاه داده USGS این تصاویر را که تصحیحات هندسی به آنها اعمال شده و دارای سیستم مختصات UTM اند، به صورت رایگان در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد. لازم به ذکر است که تصحیحات توپوگرافی نیز با استفاده از مدل‌های ارتفاعی رقومی جهانی به تصاویر اعمال می‌شود. در این تحقیق برای تصحیح اثر اتمسفری از روش الگوریتم FLAASH برای کاهش اثر آن استفاده شده است. این روش از مدل‌های فیزیکی انتقال انرژی الکترومغناطیسی برای تصحیح اثرات اتمسفر استفاده می‌کند. پس از استخراج شاخص های پوشش گیاهی در نرم افزار ENVI، طبقه بندی

کلاس ها در نرم افزار IDRISI انجام گردید. جهت طبقه‌بندی از روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم بیشترین شباهت استفاده شد. ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر با استفاده ضریب کاپا انجام شد. در طبقه‌بندی مقادیر کمتر از صفر به دلیل اینکه عاری از پوشش گیاهی هستند و بیشتر اثر انعکاس مناطق برفی و آب و رطوبت را شامل می‌شوند، صفر در نظر گرفته شدند و مقادیر بیشتر از صفر با توجه به نوع منطقه در ۴ گروه تقسیم بندی شد. سپس مساحت و وضعیت هر یک از کلاس‌های پوشش گیاهی محاسبه و استخراج شد. به منظور بررسی روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در بازه زمانی ۱۰ ساله، داده‌های آماری مربوط به ایستگاه‌های کلیماتولوژی و سینوپتیک هم جوار استخراج و پس از داده کاوی داده‌های ایستگاه‌ها و برقراری رابطه رگرسیونی بین آن‌ها داده‌های اقلیمی زمانی و مکانی مورد مطالعه استخراج گردید. شاخص NDVI که یکی از شاخص‌های اصلی پوشش گیاهی ماهواره‌ای است، از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\mathrm{NDVI} = \frac{NIR-RED}{RED-NRI}$$

در این رابطه *NIR* انعکاس نور در باند مادون قرمز و *RED* انعکاس نور در باند قرمز است. دامنه شاخص فوق رنجی بین ۱+ تا ۱− داشته که اعداد منفی برای پوشش‌های آبی مانند دریاها و دریاچه‌ها، اعداد مثبت برای پوشش گیاهی و عدد صفر بیانگر مناطق فاقد پوشش گیاهی است. مقدار شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی (NDVI) در پارک ملی گلستان در سال‌های مختلف در کل دوره آماری (۲۰۱۱–۲۰۲۰) در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین تغییرات کل شاخص NDVI در دوره آماری بر حسب کیلومتر در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱. مقدار شاخص NDVI در پارک ملی گلستان در طی دوره آماری ده ساله

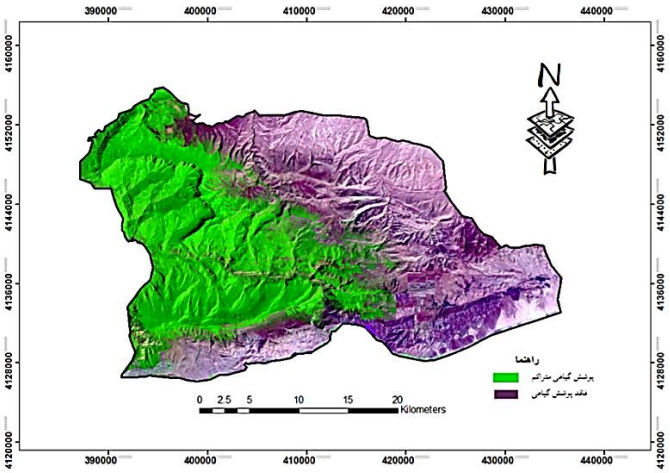
NDVI	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰
ایستگاه ۱	۰.۴۶	۰.۳۳	۰.۸۴	۰.۷۲	۰.۷۴	۰.۲۹	۰.۷۳	۰.۵۲	۰.۳۱	۰.۴۸
ایستگاه ۲	۰.۶۵	۰.۶۵	۰.۴۴	۰.۴۹	۰.۶۵	۰.۵۴	۰.۸۷	۰.۸۱	۰.۸۴	۰.۲۹
ایستگاه ۳	۰.۹۳	۰.۲۳	۰.۵۸	۰.۳۸	۰.۷۶	۰.۲۴	۰.۴۷	۰.۲۳	۰.۵۵	۰.۸۵

جدول ۲. تغییرات کل شاخص NDVI در پارک ملی گلستان در دوره آماری بر حسب کیلومتر

سال میلادی	فاقد پوشش گیاهی	پوشش گیاهی ضعیف	پوشش گیاهی معمولی	پوشش گیاهی متراکم
۲۰۱۱	۳۱.۶۳	۳۰۲.۵۹	۳۸۱.۸۵	۲۰۲.۸۳
۲۰۱۲	۲۹.۰۱	۳۶۴.۳۱	۳۱۳.۹۳	۲۱۱.۶۵
۲۰۱۳	۲۲.۰۸	۲۲۳.۲۵	۳۹۲.۵۴	۲۸۱.۰۳
۲۰۱۴	۳۳.۸۷	۲۴۶.۱۶	۳۸۰.۸۳	۲۵۸.۰۴
۲۰۱۵	۱۹.۵۵	۳۱۲.۵۱	۳۷۷.۲۹	۲۰۹.۵۵
۲۰۱۶	۱۹.۰۱	۳۲۰.۴	۳۶۱.۹۶	۲۱۷.۵۳
۲۰۱۷	۲۲.۶۵	۳۴۴.۳۸	۳۲۱.۸۴	۲۳۰.۰۳
۲۰۱۸	۲۲.۸۶	۳۵۳.۳۴	۳۱۲.۸۴	۲۲۹.۸۶
۲۰۱۹	۲۰.۷۳	۲۹۴.۵۹	۳۶۶.۵۴	۲۳۷.۰۴
۲۰۲۰	۲۱.۵۴	۳۴۷.۸۳	۳۱۷.۹۴	۲۳۱.۵۹

این مرحله از تحقیق، با استفاده از ابزارهای پردازش تصویر که در نرم افزار ENVI4.8 قرار دارد، انجام شد. تصاویردریافت شده از سنجنده‌های فضایی معمولا نیازمند انجام یکسری تصحیحاتی می‌باشند که در مرحلـه پیش پردازش و توسط ایستگاه دریافت‌کننده تصویر و بنابه درخواست کاربر، برروی تصاویراعمال می‌گردند. علاوه براین تصحیحات در بررسی پوشش ابری تصاویر، کنترل کیفیت نمایشی تصاویرتولید شده با رنگهای کاذب، نداشتن گپ اطلاعاتی، نبود خطوط جا افتاده بر روی تصویر و اعمال تصحیحات مربوط به نرمال سازی تصاویر می‌باشد. در این مرحله مواردی از قبیل بررسی پوشش کامل تصاویر، بررسی وضعیت پوشش ابری منطقه، بررسی تصاویر، نرمال سازی تصاویری مجاور یکدیگر که دارای اخـتلاف زیـادی بـودند ونبود

گـپ در منطقه تحت‌پوشش مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات کل شاخص NDVI در ۴ کلاس فاقد پوشش گیاهی، پوشش گیاهی ضعیف، پوشش گیاهی متوسط و پوشش گیاهی متراکم طبقه‌بندی شده است. رنگ سبز پررنگ نشان دهنده پوشش گیاهی متراکم، سبز کم رنگ نشان دهنده مناطق با پوشش گیاهی متوسط، رنگ بنفش پر رنگ نشان دهنده مناطق با پوشش گیاهی ضعیف و بنفش کم رنگ نشان دهنده مناطق فاقد پوشش گیاهی است.



شکل ۲. تصاویر NDVI طبقه بندی شده در طی دوره آماری در پارک ملی گلستان

منبع: نگارندگان

جدول ۳ بیانگر این موضوع است که ضریب کاپا و صحت کلی برای شاخص پوشش گیاهی NDVI مقدار قابل قبولی داشته و همچنین ضریب کاپا و صحت کلی برای سنجنده TM بیشتر از دو سنجنده OLI و +ETM می باشد.

جدول ۳. ضریب کاپا و صحت کلی در تصاویر به دست آمده از سه سنجنده ماهواره لندست (TM، +ETM و OLI)

سنجنده	شاخص پوشش گیاهی	ضریب کاپا	صحت کلی
TM	NDVI	۰.۷۵	۰.۸۳
ETM+	NDVI	۰.۶۲	۰.۷۴
OLI	NDVI	۰.۵۷	۰.۶۸

محاسبه شاخص بارش استانداردشده (SPI)

در این مطالعه برآورد دوره‌های خشک سالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) به دست آمد. این شاخص به منظور کمی کردن کمبود بارش یا میزان خشکسالی در بازه‌های زمانی چندگانه توسط مک‌کی و همکاران در سال ۱۹۹۳ طراحی شده است (McKee، ۱۹۹۳: ۱۸۰). به منظور بررسی تاثیر تغییرات اقلیم بر ترکیب و پوشش گیاهی مراتع پارک ملی گلستان در ابتدا جهت برآورد شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، از آمار بارش ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه استفاده شد. شاخص بارش استاندارد شده بر پایه این حقیقت که کسری بارش تأثیرات متفاوتی بر بر آب‌های زیر زمینی، ذخیره منابع، رطوبت خاک، پوشش برف و جریان جویبار دارد استوار است. شاخص بارش استاندارد شده کسری بارش را برای مقیاس‌های زمانی چند گانه (۳،۶،۱۲،۲۴،۴۸ ماهه) محاسبه می‌کند. این مقیاس‌های زمانی تأثیر خشکسالی را بر موجود بودن منابع آبی متفاوت را منعکس می‌کند. شرایط رطوبتی خاک دو برابر ناهنجاری‌های بارش در یک مقیاس به نسبت کوتاه واکنش نشان می‌دهند در حالی که آب‌های زیرزمینی، جریان رودخانه و منابع ذخیره در یک دوره طولانی‌تر به ناهنجاری‌های بارش واکنش می‌دهند. شاخص بارش استاندارد شده با اختلاف بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی خاص محاسبه می‌شود و سپس با تقسیم بر انحراف معیار، بدست می‌آید. محاسبه شاخص SPI برای هر منطقه معین بر پایه آمار درازمدت بارندگی (حداقل ۳۰ سال) برای یک دوره سه،

شش ماهه و ... می‌باشد. این آمار درازمدت به یک تابع توزیع احتمال (تابع احتمال گاما) برازش یافته، تابع حاصل برای پیدا کردن احتمال تجمعی بارندگی برای یک ایستگاه و برای ماه معین و مقیاس زمانی مشخص می‌تواند استفاده شود. این احتمال سپس به متغیر تصادفی نرمالZ ، تبدیل می‌شود. شاخص SPI یک مقدار نرمال شده با میانگین صفر و انحراف معیار یک می باشد. از این رو شاخص SPI مقدار انحرافات استانداردی است که یک رویداد مشخص از شرایط نرمال منحرف می‌شود. مقادیر SPIمثبت نمایانگر بارش بیشتر از مقدار بارش متوسط و مقادیر SPI منفی بیانگر بارش کمتر از مقدار بارش متوسط می‌باشد. چون SPI نرمال است اقلیم‌های خشک و مرطوب را می‌توان به یک روش نشان داد و دوره های مرطوب را نیز می‌توان با استفاده شاخص SPI پایش کرد. برای محاسبهٔ این شـــاخص ابتدا توزیع گاما بر داده‌های بلندمدت بارندگی برازش داده شـــد، ســـپس تابع تجمعی توزیع با اســـتفاده از روابط احتمالاتی به متغیر تصـادفی توزیع نرمال اسـتاندارد با میانگین صفر و انحراف معیار یک تبدیل گردید.

$$\mathrm{SPI} = \frac{Pi-P}{SD}$$

Pi مقدار شاخص در زمان مورد نظر، P متوسط بارندگی در دوره زمانی مورد مطالعه و SD انحراف استاندارد بارش است.

جدول ٤. طبقه بندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص SPI

SPI	شدت خشکسالی
۰ تا ۰/۹۹-	خشکسالی ملایم
۱- تا ۱/۴۹-	خشکسالی متوسط
۱/۵- تا ۱/۹۹-	خشکسالی شدید
کمتر از ۲-	خشکسالی خیلی شدید

نتایج حاصل از محاسبه شاخص بارش استاندارد شده (SPI) در سال‌های مختلف دوره آماری در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۵. مقدار شاخص SPI در سال‌های مختلف در طی دوره آماری

SPI	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰
ایستگاه ۱	-۰.۱۱	-۰.۸۷	-۰.۵۲	-۰.۶۳	-۱.۴۲	-۱.۷۵	-۱.۶۷	-۰.۹۲	-۰.۴۳	-۰.۳۲
ایستگاه ۲	-۰.۹۳	-۰.۷۷	-۱.۷۳	-۱.۸۳	-۲.۳۱	-۱.۶۴	-۰.۷۲	-۰.۸۳	-۱.۳	-۰.۲۲
ایستگاه ۳	-۰.۶۵	-۰.۴۲	-۱.۳۶	-۰.۶۶	-۱.۷۳	-۱.۳۲	-۱.۹۳	-۰.۷۵	-۰.۵۹	-۰.۶۴

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این تحقیق با استفاده از سری‌های زمانی ۱۶ روزه شاخص NDVI سنجنده MODIS طی یک دوره ۱۰ ساله، شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی (NDVI) محاسبه شد. در نهایت دو شاخص SPI و NDVI با استفاده از آنالیز رگرسیونی و آزمون پیرسون مورد مقایسه قرار گرفت. مقدار این همبستگی بین −۱ تا +۱ متغیر است. مقادیر مثبت به معنای همبستگی مستقیم و مقادیر منفی به معنای همبستگی معکوس و مقدار صفر نیز به معنای فقدان همبستگی است. درصد تغییرات کل شاخص NDVI و میانگین SPI در طی دوره آماری در جدول زیر آمده است. بر اساس نتایج به دست امده، شاخص SPI در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۸، ۲۰۱۹، ۲۰۲۰ خشکسالی ملایم، در سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۷ خشکسالی متوسط و در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ خشکسالی شدید را نشان داده است.

جدول ٦. درصد تغییرات کل شاخص NDVI و میانگین SPI در پارک ملی گلستان

سال میلادی	نمایه SPI سالانه	میانگین SPI سالانه	میانگین NDVI	پوشش گیاهی ضعیف(٪)	پوشش گیاهی متوسط(٪)	پوشش گیاهی خوب(٪)
۲۰۱۱	خشکسالی ملایم	−۰.۵۶	۰.۶۸	۱۱.۵۳	۷۶.۶۴	۱۱.۸۳
۲۰۱۲	خشکسالی ملایم	−۰.۶۹	۰.۴	۱۰.۶۵	۷۸.۷۱	۱۰.۶۴
۲۰۱۳	خشکسالی متوسط	−۱.۲	۰.۶۲	۱۵.۷۶	۶۹.۰۴	۱۴.۸۴
۲۰۱۴	خشکسالی متوسط	−۱.۰۴	۰.۵۳	۱۴.۹۴	۶۸.۱۳	۱۶.۹۳
۲۰۱۵	خشکسالی شدید	−۱.۸۲	۰.۷۲	۱۰.۶۵	۷۷.۵	۱۱.۸۵
۲۰۱۶	خشکسالی شدید	−۱.۵۷	۰.۳۶	۱۱.۷۵	۷۰.۶۱	۱۷.۶۴
۲۰۱۷	خشکسالی متوسط	−۱.۴۴	۰.۶۹	۱۵.۰۵	۷۳.۴۲	۱۱.۵۳
۲۰۱۸	خشکسالی ملایم	−۰.۸۳	۰.۵۲	۱۴.۰۴	۶۷.۹۲	۱۸.۰۴
۲۰۱۹	خشکسالی ملایم	−۰.۷۷	۰.۵۷	۱۲.۶۵	۷۲.۵	۱۴.۸۵
۲۰۲۰	خشکسالی ملایم	−۰.۳۹	۰.۵۴	۱۳.۸۵	۷۴.۰۳	۱۲.۱۲

خلاصه مدل رگرسیونی و ضریب متغیرهای رگرسیونی

در این مرحله دو شاخص SPI و NDVI با آزمون پیرسون مورد مقایسه قرار گرفت. مقدار این همبستگی بین −۱ تا +۱ متغیر است. مقادیر مثبت به معنای همبستگی مستقیم و مقادیر منفی به معنای همبستگی معکوس و مقدار صفر نیز به معنای فقدان همبستگی است. نتایج حاصل از مدل رگرسیونی نشان می‌دهد ضریب همبستگی پیرسون بین دو شاخص SPI و NDVI معادل ۰.۰۴ و سطح معنی داری برابر ۰.۰۰۲ می‌باشد در نتیجه بین این دو متغیر همبستگی مستقیم وجود دارد (جدول ۷). با توجه به مدل رگرسیون خطی، نتایج رگرسیونی نشان می‌دهد که مقدار ثابت مدل برابر با ۰.۱۰۸ و مقدار ضریب تبیین استاندارد نشده ۰.۰۴۱ و مقدار T معادل ۵۲.۹۷ و سطح معنی داری معادل ۰.۰۰۱ می‌باشد. لذا اینطور استنباط می‌شود که به ازای یک واحد تغییر در شاخص بارش استاندارد مقدار NDVI به میزان ۰.۰۴۱ تغییر می‌کند (جدول ۸).

جدول ۷. خلاصه مدل رگرسیونی

متغیرها	ضریب همبستگی پیرسون	ضریب تعیین	ضریب تعیین تعدیل شده	سطح معنی داری
SPI*NDVI	۰.۰۴	۰.۶۱	۰.۵۲	۰.۰۰۱

جدول ۸. ضریب متغیرهای رگرسیونی

متغیرها	مقدار ثابت	ضریب تعیین استاندارد نشده	مقدار T	سطح معنی داری
SPI*NDVI	۰.۱۰۸	۰.۰۴۱	۵۲.۹۷	۰.۰۰۱

نتیجه‌گیری

در این تحقیق روند تغییرات پوشش گیاهی و علوفه حیات وحش ناشی از تغییرات اقلیمی در پارک ملی گلستان بررسی شد. دوره (سری) زمانی داده‌های سنجش از دور به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد همچون مشاهده پی در پی سطح‌های زمینی و دست‌یابی سریع به اطلاعات نواحی گسترده با هزینه و زمان کم، مجموعه اطلاعات دقیق و کامل در بازه زمانی و مکانی را فراهم می‌کنند و به عنوان ابزاری مهم در بررسی و شناسایی تغییرپذیری‌های فنولوژیکی گیاهان به شمار می‌آیند. بدین منظور شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده TM، ETM+ و OLI برای سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ (۱۰ سال) استخراج گردید و با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) روند خشکسالی مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات کل شاخص NDVI در ۴ کلاس فاقد پوشش گیاهی، پوشش گیاهی ضعیف، پوشش گیاهی متوسط و پوشش گیاهی متراکم طبقه بندی شده است. همچنین ضریب کاپا و صحت کلی برای شاخص پوشش گیاهی NDVI

مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد ضریب کاپا و صحت کلی برای سنجنده TM بیشتر از دو سنجنده OLI و +ETM می‌باشد. شاخص SPI نیز در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۸، ۲۰۱۹، ۲۰۲۰ خشکسالی ملایم، در سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۷ خشکسالی متوسط و در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ خشکسالی شدید را نشان داده است. همچنین نتایج حاصل از مدل رگرسیونی نشان می‌دهد ضریب همبستگی پیرسون بین دو شاخص SPI و NDVI معادل ۰.۰۴ و سطح معنی‌داری برابر ۰.۰۰۱ می‌باشد در نتیجه بین این دو متغیر همبستگی مستقیم وجود دارد. با توجه به مدل رگرسیون خطی، نتایج رگرسیونی نشان می‌دهد که مقدار ثابت مدل برابر با ۰.۱۰۸ و مقدار ضریب تعیین استاندارد نشده ۰.۰۴۱ و مقدار T معادل ۵۲.۹۷ و سطح معنی داری معادل ۰.۰۰۱ می‌باشد. لذا اینطور استنباط می‌شود که به ازای یک واحد تغییر در شاخص بارش استاندارد مقدار NDVI به میزان ۰.۰۴۱ تغییر می‌کند.

پیشنهادات

به منظور بررسی روند خشکسالی و تغییرات پوشش گیاهی در سال‌های مختلف در یک منطقه، پیشنهاد می‌گردد تصاویری که در فصول مناسب و تاریخ یکسان برداشت شده اند، مورد استفاده قرار گیرد. جهت انجام تحقیقات بیشتر در زمینه نظارت بر تغییرات اقلیمی مناطق حفاظت شده و پارک‌های ملی، پیشنهاد می‌گردد که از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی و تفکیک طیفی بالاتر جهت آشکارسازی تغییرات جزیی تر برای مثال تغییرات رخ داده در انواع پوشش‌های گیاهی استفاده گردد. اجرای دیگر روش‌های طبقه‌بندی تصاویر مانند طبقه‌بندی شیءگرا و دیگر روش‌های پیکسل پایه از جمله روش طبقه‌بندی در تصمیم گیری و مقایسه با نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌گردد. استفاده از سری زمانی بیشتر بین بازه زمانی مطالعه حاضر مسلماً امکان ردیابی تغییرات اقلیمی و اثر آن بر علوفه حیات وحش را امکانپذیر خواهد نمود. باتوجه به محدودیت در بازه مکانی این تحقیق، که محدود به پارک ملی گلستان است، نتیجه بدست آمده قابل تعمیم به سایر مناطق حفاظت شده و پارک‌های ملی نیست. لذا پیشنهاد می‌شود در بازه‌های زمانی و قلمروهای مکانی دیگر نیز این آزمون مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع

۱. آخانی، حسین (۱۳۸۳). فلور مصور پارک ملی گلستان. موسسه انتشارات چاپ دانشگاه تهران، صص ۱-۵۹۰.

۲. آرمان، زهرا (۱۳۹۳). بررسی اثرات و پیامدهای تغییر اقلیم بر کشاورزی و منابع طبیعی، همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی، تهران، شرکت علم و صنعت طلوع فرزین.

۳. آزاد، علی اصغر، فرج زاده اصل، منوچهر، برنا، رضا (۱۳۹۸). تحلیل اثر تغییر اقلیم بر کیفیت زیستگاههای طبیعی (مطالعه موردی: کوهستان سهند). جغرافیای طبیعی، دوره ۱۲، شماره ۴۴، صص ۱-۱۵.

٤. بیات، مینا، ارزانی، حسین، جلیلی، عادل (۱۳۹۵). تأثیر شرایط اقلیمی بر تولید و پوشش مراتع استپی (مطالعه موردی: علویجه و خوندان- استان اصفهان). تحقیقات مرتع و بیابان ایران، دوره ۲۳، شماره ۲، صص ۳۵۷-۳۷۲.

۵. زارع خورمیزی، هادی، غفاریان مالمیری، حمیدرضا (۱۳۹۶). پایش خشکسالی و تأثیر آن بر پوشش گیاهی استان یزد با استفاده از فناوری‌های سنجش از دور، دوره ۵ , شماره ۱۰، صص ۶۸-۸۶.

٦. شمس علی، نظامی، بلوچی، باقر، رایگانی، بهزاد، شمس اسفند آباد، بهمن (۱۳۹۶). بررسی تغییرات اقلیمی و اثرات آن بر زیستگاه‌های مطلوب یوزپلنگ آسیایی در مرکز ایران (مطالعه موردی: استان یزد). دوره ۱۱ , شماره ۳، صص ۱-۱۲.

۷. شیردلی، عظیم، خانی تملیه، ذبیح الله، رضایی، حسین (۱۳۹۷). بررسی اثر تغییر اقلیم بر روند دمایی آتی دشت ابهر. محیط زیست و مهندسی آب, ۴(۱), ۴۷-۶۰. doi: 10.22034/jewe.2018.55974

۸. صفوی گردینی، مریم، بزرگی، امیرعلی، غفاری مهر، اعظم. شیبانیان، عباس (۱۳۹۴). بررسی تاثیر تغییرات اقلیمی بر پوشش گیاهی مراتع شهرستان فسا، دومین کنفرانس بین المللی محیط زیست و منابع طبیعی، شیراز، موسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی.

۹. طبیعی، امید و یارمحمدی، فریبا (۱۳۸۷). تغییرات جهانی اقلیم و حیات وحش،دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران،https://civilica.com/doc/37198.

۱۰. عسکری‌زاده، دیانا، ارزانی، حسین، جعفری، محمد، بذرافشان، جواد، پرنتایس، آین کولین (۱۳۹۷). بررسی گذشته، حال و آینده تغییرات پوشش گیاهی مراتع البرز مرکزی در ارتباط با تغییر اقلیم. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۹، شماره ۳، ص ۱-۱۸.

۱۱. عطایی، هوشمند و دشتکی، محمد عباسی (۱۳۹۴). بررسی تاثیر پدیده تغییرات آب و هوایی (تغییر اقلیم) بر زیست بوم‌ها و تنوع زیستی، اولین همایش ملی محیط زیست طبیعی، رشت.

۱۲. غریبی، شیوا، جمشید نژاد، امیر، میرکریمی، سیدحامد (۱۳۹۶). برآورد حجم زباله تولید شده ناشی از فعالیت گردشگری و ارائه طرح مدیریتی آن (مطالعه موردی: حاشیه جاده پارک ملی گلستان). مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۷ (۲۴)، ۸۵-۷۲.

۱۳. فاضل دهکردی، لیلا، آذرنیوند، حسین، زارع چاهوکی، محمدعلی، محمودی کهن، فرهاد، خلیقی سیگارودی، شهرام (۱۳۹۵). پایش خشکسالی با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI مراتع استان ایلام، دوره ۶۹ , شماره ۱، صص ۱۴۱- ۱۵۴.

۱٤. فرج الهی، اصغر، زارع چاهوکی، محمدعلی، آذرنیوند، حسین، یاری، رضا، قلی نژاد، بهرام (۱۳۹۱). بررسی عوامل محیطی موثر بر پراکنش اجتماعات گیاهی مراتع در منطقه حفاظت شده بیجار. دوره ۱۹، شماره۱ (پیاپی ۴۶) ، صص ۱۱۹-۱۰۸.

۱۵. قلی پور، مصطفی، سلمان ماهینی، عبدالرسول (۱۳۹۱). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تنوع زیستی، بوم سازگان‌ها و راهکارهای تخفیف اثرات، دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران.

۱٦. مجنونیان، هنریک و همکاران (۱۳۷۸). شناسنامه پارک ملی گلستان، تهران، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، صص ۱۲۹-۱.

۱۷. معتمدی، جواد، علیلو، فاطمه (۱۳۹۲). تاثیر عوامل اقلیمی بر تولید علوفه گونه‌های مرتعی زیست بوم‌های مرتعی خوی، دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی.

18. Brown, J. N., Ash, A., MacLeod, N., & McIntosh, P. (2019). Diagnosing the weather and climate features that influence pasture growth in Northern Australia. Climate Risk Management, 24, 1-12.
19. Hao R, Yu D, Liu Y, Liu Y, Qiao J, Wang X, Du J. (2017). Impacts of changes in climate and landscape pattern on ecosystem services. Science of the Total Environment, 579: 718-728.
20. Magee, T. K, P. L. Ringold, and M. A. Bollman. (2008): Alien Species Importance in Native Vegetation Along Wade Able Streams, John Day River Basin, Oregon, USA. Plant Ecol. 195: 287-307.
21. McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, 17-22 January 1993, 179-184.
22. Munkhtsetseg, E., Kimura, R., Wang, J., & Shinoda, M. (2007). Pasture yield response to precipitation and high temperature in Mongolia. Journal of arid environments, 70(1), 94-110.
23. Pettorelli, N,Vik, O, Mysterud. A, Gaillard. J. M. Tucker. C. J and Stenseth .N. C. (2005): Using The Satellite –Derived NDVI to Assess Ecological Responses to Environmental Change. J. Trends in Ecology and Evolution, 9 (20), 503-510.