

Research Article

Investigating the effect of suspended particles on ground surface temperature and vegetation cover in Khuzestan province in a long period of time (2000-2020)

Maryam marmaziy^{1*}, Abbas Charchi², Seyd Ali Hashemi³

1-Master's degree in environmental geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz

2- Assistant professor, Department of geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz

3- Master's degree in Environmental Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz

Keywords: *Earth monitoring, Hazards, Environmental, Air, Pollution.*

1-Introduction

In recent years, suspended particles as one of the air pollutants have attracted many people due to their role in global climate change, creating health problems and risks. Suspended particles have a significant effect on the absorption and scattering of incoming solar radiation and directly cause a disturbance in the radiation balance. Also, the condensation nuclei of cloud droplets affect the formation of clouds and rain. Issues related to air pollution and aerosols have also been significant environmental problems for the people of the world and, of course, the Middle East region in recent years. Because Iran is located in an arid and semi-arid region and receives only one-third of the world's rainfall, it is constantly faced with sand and dust storms (Zarasvandi et al., 2021). A dust storm is a natural phenomenon occurring in parts of the world with arid and semi-arid regions (Liu et al., 2009). The effects of the dust phenomenon may continue for a long distance from the primary source and cause inappropriate biological effects and much damage in the fields of agriculture, industry, and transportation (Khoshkish et al., 2011).

On the other hand, air vents can significantly affect the formation and destruction of clouds (cloud burning) and the amount of rain (Houghton et al., 2001; Mayahi et al., 2021). Research conducted by (Jourvi et al., 2008) showed that the world's surface always has cloud cover. Because the cloud cover is often at a higher altitude than the aeriols, this limits the possibility of aerosol investigation in cloudy times (Kahn et al., 2005). Therefore, using remote sensing and geographic information systems to monitor dust storms is mandatory and inevitable (Rangzan et al., 2013). Due to its geographic and climatic location and proximity to the deserts of neighboring countries such as Iraq, Syria, and Saudi Arabia, southwest Iran is more exposed to dust systems. This phenomenon has disrupted people's lives in parts of the country, especially in Khuzestan province, and knowing the characteristics of this pollutant can be important for managers in planning.

2-Material and methods

2-1-area of study

The area studied in this research is 64057 square kilometers, 29x57 minutes in the country, 33 minutes and 0 minutes and minutes in the south, 0 degrees and 8 degrees in the southeast, and 29 and 57 minutes (Figure). In terms of elevation and elevation, Khuzestan province can be divided into two mountainous and plain regions. The mountainous region is mainly located in the north and east of the province and includes about 35% of the area. The plains region in Khuzestan started from the south of Dezful, Masjid Suleiman, Ramhormoz, and Behbahan and continues to the south of the province. This area is approximately 65% of the total area of the province.

* Corresponding author: Maryam.marmaziy72@gmail.com

DOI: 10.22055/AAG.2023.43144.2347

Received: 2023-02-28

Accepted: 2023-05-06

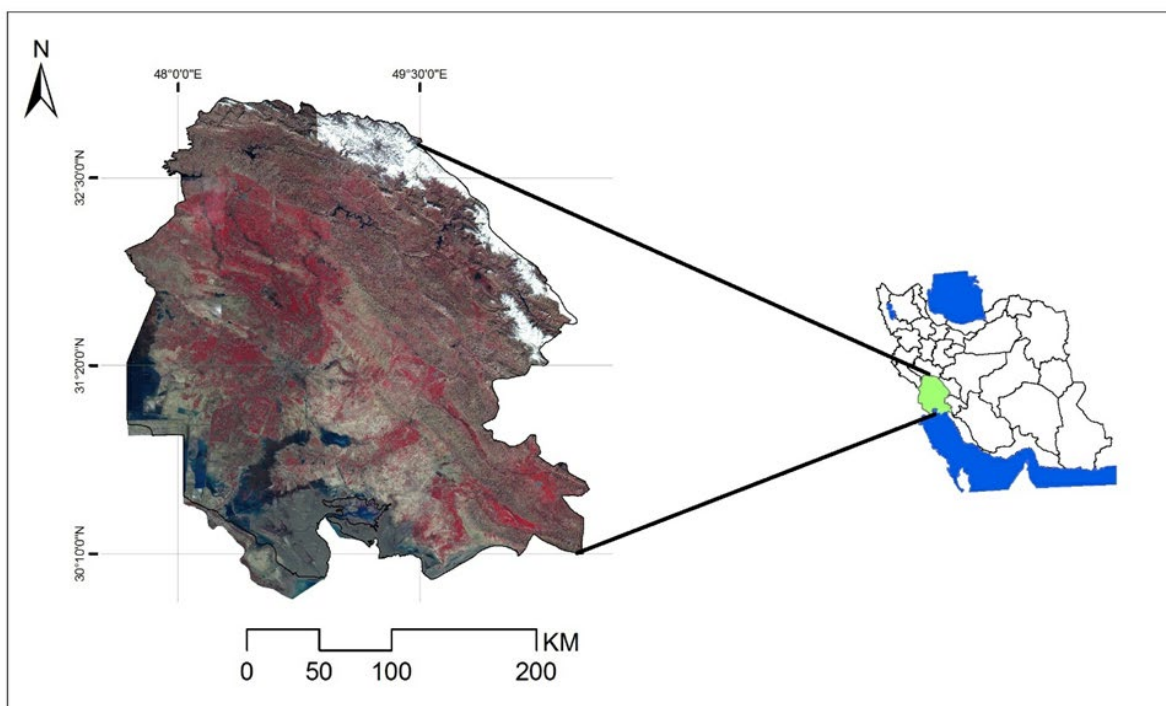


Fig.1. Location of the study area.

MODIS sensor data can be used to obtain a lot of information, including atmospheric temperature and humidity, cloud cover and its properties, weather characteristics, land and sea surface temperatures, natural and artificial fires, ocean color, and vegetation indices (NASA, 2002). This meter is installed on two platforms, Terra and Aqua, with technical differences. The MODIS sensor bands are in the range of 14.235-0.412 micrometers with mechanical power of 250 meters (2 bands), 500 meters (5), and 1000 meters (29 bands). The MODIS sensor is designed to scan in the nadir and the plane perpendicular to the satellite's motion. The maximum sweep length of degrees on both sides of Nadir (110 degrees) leads to a bandwidth of 2330 km centered on the satellite's ground path; its orbital altitude is 705 km (Savtchenko et al., 2004).

Table 1. Data used in research

Sensor	Spatial resolution	Product Name	Parameter type	number
MODIS	250 meters	MOD13Q1	Normal vegetation	1
MODIS	1 meter	MOD11A1	Earth surface temperature	2
MODIS	1 meter	MOD04L2	Optical depth of the atmosphere	3

3-Results and discussions

3-1-Spatial-spatial changes of the vegetation index have been normalized

In this research, the MOD13Q1 product of the MODIS satellite was used to investigate the vegetation changes in the period between 2000 and 2020. Whose maps are shown in Figure 2, and their quantitative information, including area, percentage of the area, and changes in vegetation classes, are given. Based on the obtained results, the changes in the barren land class for the period between 2000 and 2005 showed a 19.4% decrease in area. For the period between 2005 and 2010, the area changes show a 7.1% increase in the area. Between 2010 and 2015, the area increased about 2.78%. Between 2015 and 2020, the area changes decreased by about 12.3%. Finally, in the period under investigation between 2000 and 2020, the changes in barren lands show a 21.82% decrease in the area. The differences in the low-density class between 2000 and 2005, equal to 13.96%, showed an increase in the area. For the period between 2005 and 2010, the area changes show a decrease of 8.36% in the amount of area. Between 2010 and 2015, the area decreased by about 5.48%. Between 2015 and 2020, the area changes showed an increase of about 4.32%. Finally, in the entire period under review between 2000 and 2020, the changes in the low-density class

show a 4.43% area increase. The differences in the average vegetation class between 2000 and 2005 showed a rise of 3.52% in the area. Between 2005 and 2010, the area changes show a 0.66% increase in area. Between 2010 and 2015, the area increased about 0.51%. Between 2014 and 2019, the area changes showed an increase of about 3.57%. Finally, in the period studied between 2000 and 2020, the changes in the low-density class show a 27.8% increase in area. The differences in the dense vegetation class between 2000 and 2005 showed a rise of 1.41% in the area. For the period between 2005 and 2010, the area changes show a 0.48% increase in the amount of area. Between 2010 and 2015, the area increased about 1.19%. Between 2014 and 2019, the area changes showed an increase of about 2.23%. Finally, in the entire studied period between 2000 and 2020, changes in the dense vegetation class show a 5.32% increase in area. The changes in the very dense vegetation class between 2000 and 2005 showed a 0.5% increase in area. For the period between 2005 and 2010, the area changes show an increase in area. Between 2010 and 2015, the area increased about 0.99%. Between 2014 and 2019, the area changes showed an increase of about 2.18%. Finally, in the entire period under review between 2000 and 2020, the changes in the low-density class show a 3.78% increase in area.

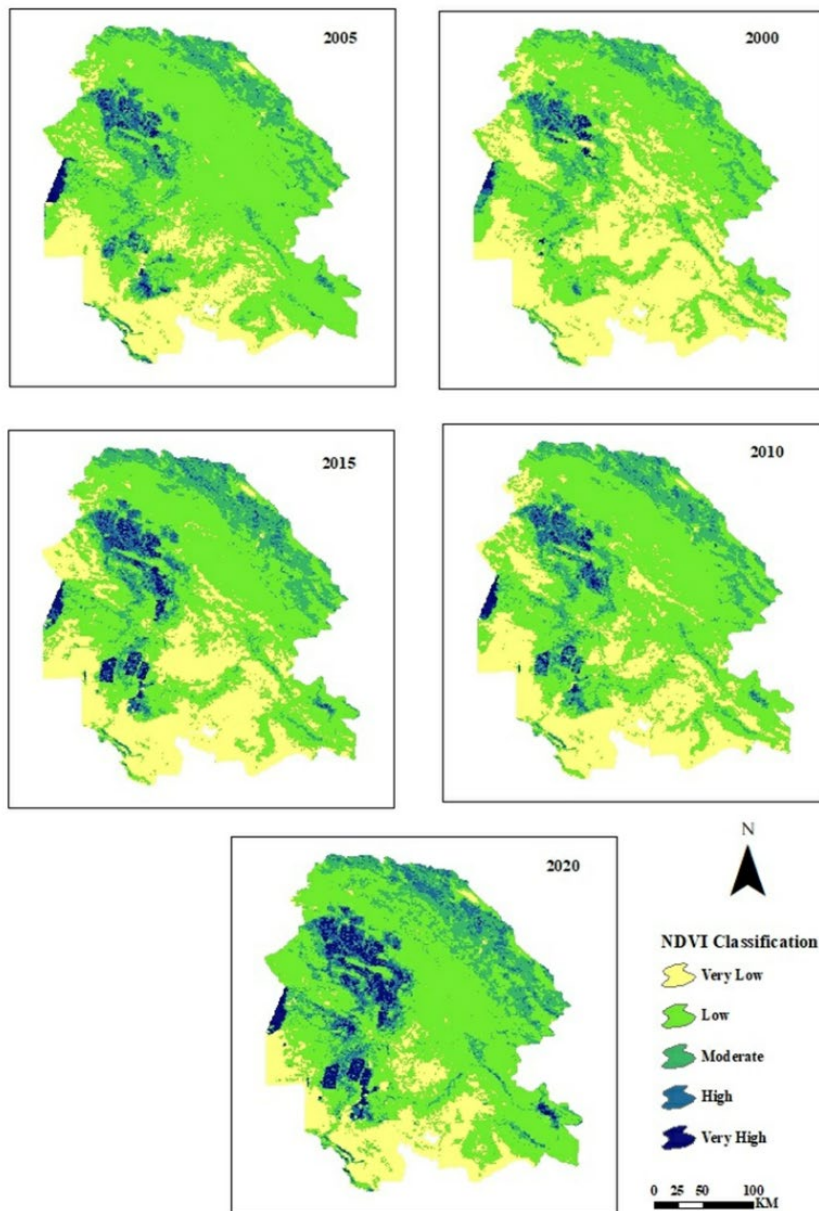


Fig. 2. Temporal and spatial changes of vegetation cover in Khuzestan province..

3-2- Investigating the role of dust on vegetation and ground temperature

The analysis each class was performed between 2000, 2005, 2010, 2015 and 2020 (Fig. 3) to investigate the role of dust on the state of vegetation and the temperature of the earth's surface. The results obtained for the research period show an almost similar general trend for all four periods. The results show that low AOD values and surface temperature are associated with high vegetation values in the very low class. For the low area class, the AOD index has increased, but still, the vegetation has a higher area percentage. In the medium class, with the increase in the area of the AOD index, the area value of the vegetation index has significantly decreased, and the area value of the average temperature class shows a slight increase. For the high class, the area value of the surface temperature index is higher than the AOD and vegetation indices. Finally, in the very high class, the area values of the AOD and vegetation indices are very low, and the area value of the surface temperature index is the highest. In Khuzestan province, dust storms have a high correlation with climatic parameters, so the weather's dryness and the soil's decrease in moisture have a direct relationship with the frequency of occurrence and the increase in the concentration of dust storms (Shafiei et al., 2017). Therefore, it can be concluded that the rise in dust occurs due to the lack of vegetation. Also, increasing the surface temperature is effective in increasing the amount of dust.

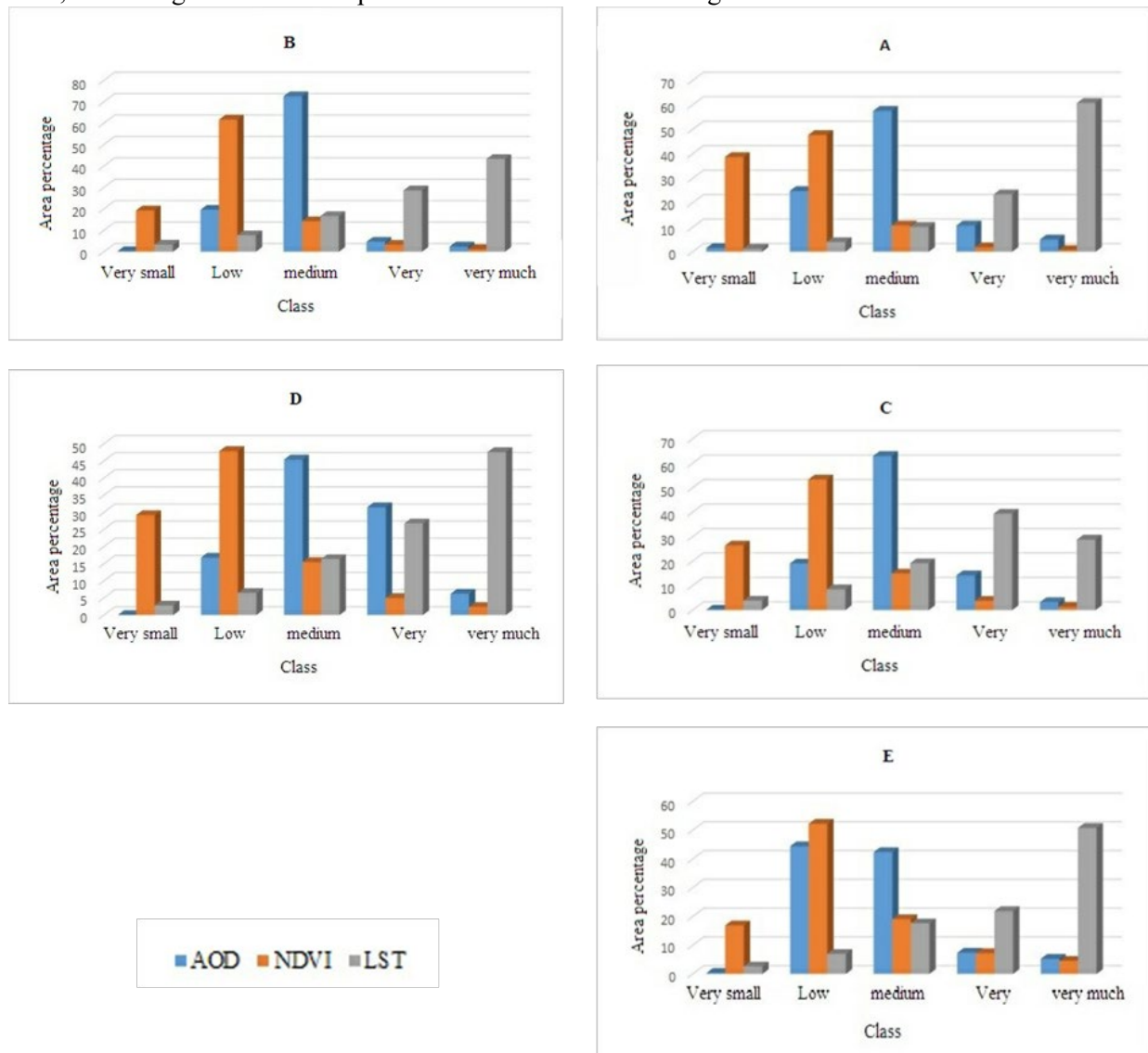


Fig. 3. The relationship between optical depth index, vegetation and land surface temperature.

4- Conclusion

In this research, after extracting AOD indices, NDVI vegetation index, and land surface temperature (LST) index, the relationship between dust and vegetation indices and land surface temperature was investigated. The results show that low AOD values and surface temperature are associated with high vegetation values in the very low class. For the low area class, the AOD index has increased, but still, the vegetation has a higher area percentage. In the medium class, with the increase in the area of the AOD index, the area value of the vegetation index has significantly decreased, and the area value of the average temperature class shows a slight increase. The surface temperature area value for the high class is higher than the AOD and vegetation indices. Finally, in the very high class, the area values of the AOD and vegetation indices are very low, and the area value of the surface temperature index is the highest. Therefore, it can be concluded that the increase in dust occurs due to the lack of vegetation. Also, increasing the surface temperature is effective in increasing the amount of dust.

3-References

- Houghton, J.T., Ding, Y.D. Griggs, J.G., Noguer, D.J., van der Linden, M., Dai, P.J., Johnson, X., 2001. Climate change 2001: the scientific basis. The Cambridge University Press. P. 650.
- Ju, J., Roy, D.P. 2008. The availability of cloud-free Landsat ETM+ data over the conterminous United States and globally. *Remote Sensing of Environment* 112(3), 1196-1211. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.08.011>
- Kahn, R.A., Gaitley, B.J., Martonchik, J.V., Diner, D.J., Crean, K.A., Holben, B. 2005. Multiangle Imaging Spectroradiometer (MISR) global aerosol optical depth validation based on 2 years of coincident Aerosol Robotic Network (AERONET) observations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 110(D10). <https://doi.org/10.1029/2004JD004706>
- Khoshkish, A., Alijani, B., Hejazizadeh, Z. 2011. Synoptic analysis of dust storms in the Lorestan Province, Iran, *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences* 11(21), 91-110.
- Rangzan, K., Zarasvandi, A., Abdolkhani, A., Mojaradi, B., 2014. Modeling of Air Pollution using MODIS Data: Khuzestan Dust storm. *Advanced Applied Geology*, 4(4), 38-45.
- Shafiei, F., Darvishi Boloorani, A., Pourmanafi, S., Shahsavani, A. 2017. Dust Storms Chemical Elements Estimation and Density Identification Using MODIS Images and CALIPSO Data. *Iranian Journal of Remote Sensing GIS* 8(2), 1-16.
- Zarasvandi, A., Moore, F., Nazarpour, A. 2011. Mineralogy and Morphology of Dust Storms particles in Khuzestan province: XRD and sem Analysis concerning. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy* 19(3), 511-518.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Marmazi, M., Charchi, A., Hashemi, A., 2023. Investigating the effect of suspended particles on ground surface temperature and vegetation cover in Khuzestan province in a long period of time (2000-2020). *Adv. Appl. Geol.* 13(3), 794-813.

DOI: 10.22055/AAG.2023.43144.2347

URL: https://aag.scu.ac.ir/article_18575.html

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers

بررسی اثر ذرات معلق بر دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در استان خوزستان در بازه زمانی طولانی مدت (۱۳۷۹-۱۳۹۹)

مریم مرزى

دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

عباس چرچى

استادیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

سید علی هاشمی زاد

دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

Maryam.marmazy72@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۶

چکیده

مسائل مرتبط با آلودگی هوا و هواویزها نیز یکی از مشکلات عمده زیست محیطی برای ساکنان جهان و البته منطقه خاورمیانه در سال‌های اخیر بوده است. تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر ذرات معلق بر دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در استان خوزستان برای بازه زمانی بین سالهای ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ انجام شد. در این راستا برای رسیدن به هدف تحقیق از سه محصول عمق اپتیکی هواویز (AOD)، محصول شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و محصول دمای سطح زمین (LST) استفاده و اقدام به بررسی رابطه میان این پارامترها شد. برای این منظور محصولات در پنج دوره ۱۳۷۹، ۱۳۸۴، ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۹ تهیه گردید و در نهایت در پنج طبقه خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه بندی شد. نتایج بیانگر این مطلب است که در کلاس خیلی کم پایین بودن مقادیر AOD با بالا بودن مقادیر پوشش گیاهی همراه است. برای کلاس کم مقدار مساحت شاخص AOD افزایش یافته ولی همچنان پوشش گیاهی دارای درصد مساحت بیشتری می‌باشد. در کلاس متوسط با افزایش مساحت شاخص AOD مقدار مساحت شاخص پوشش گیاهی شدت کاهش یافته و مقدار مساحت کلاس دمایی متوسط مقداری افزایش را نشان می‌دهد. برای کلاس زیاد مقدار مساحت شاخص دمای سطح بیشتر از شاخص‌های AOD و پوشش گیاهی می‌باشد. در نهایت در کلاس خیلی زیاد مقادیر مساحت شاخص‌های AOD و پوشش گیاهی بسیار کم و مقدار مساحت شاخص دمای سطح بیشترین مقدار می‌باشد. در استان خوزستان طوفان‌های گرد و غبار همبستگی بالایی با پارامترهای اقلیمی دارد، به طوریکه خشکی آب و هوا و کاهش رطوبت موجود در خاک با فراوانی وقوع و افزایش غلظت هواویزها رابطه مستقیم دارد. بنابراین می‌توان اینگونه استنباط کرد که افزایش گردوغبار در اثر کمبود پوشش گیاهی رخ می‌دهد. همچنین افزایش دمای سطح در بالارفتن مقادیر گردوغبار موثر است.

واژه‌های کلیدی: پایش زمین، مخاطرات، زیست محیطی، آلودگی هوا

۱- مقدمه

ساکنان جهان و البته منطقه خاورمیانه در سال‌های اخیر بوده است. با توجه به اینکه کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و تنها یک‌سوم از بارش‌های جهان را دریافت می‌کند، به‌طور مستمر با طوفان‌های ماسه و خاک مواجه می‌باشد (Zarasvandi et al, 2021). طوفان گرد و غبار یک رویداد طبیعی است که در بخش‌هایی از جهان که دارای مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند شکل می‌گیرد (Liu et al, 2009). اثرات پدیده‌ی گردوغباری ممکن است تا فاصله زیادی از منبع اصلی تداوم داشته و سبب بروز اثرات نامناسب زیستی و بروز

در سال‌های اخیر ذرات معلق به‌عنوان یکی از آلاینده‌های هوا توجه زیادی را به دلیل نقش آن در تغییر آب و هوای جهانی، ایجاد مسائل آلودگی و خطرات بهداشتی به خود جلب کرده است. ذرات معلق تأثیر زیادی در جذب و پراکنش تابش‌های ورودی خورشید دارند و مستقیماً باعث اختلال در تعادل تابشی می‌شوند. همچنین به‌عنوان هسته تراکم قطرات ابر، تشکیل ابر و باران را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مسائل مرتبط با آلودگی هوا و هواویزها نیز یکی از مشکلات عمده زیست محیطی برای

خراسان رضوی انجام دادند. در این پژوهش سعی شده است تا ارتباط میان گردوغبار با استفاده از شاخص عمق نوری هواویز (AOD) و عوامل بارش و پوشش گیاهی با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI مورد بررسی قرار گیرد. نتایج این پژوهش نشان داد که ارتباط معنی داری در بیشتر شهرستانهای استان خراسان رضوی بین گردوغبار، پوشش گیاهی و بارش وجود دارد. جنوب غرب ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی و اقلیمی و نزدیکی به بیابانهای کشورهای مجاور مانند عراق، سوریه و عربستان بیشتر در معرض سامانه‌های گردوغبار قرار گرفته است. این پدیده در بخش‌هایی از کشور به‌ویژه در استان خوزستان زندگی مردم را دچار اختلال کرده است و آگاهی از ویژگی‌های این آلاینده می‌تواند در برنامه‌ریزی برای مدیران حائز اهمیت باشد. در این راستا به منظور بررسی تاثیر هواویزها بر دمای سطح زمین و سبزیگی پوشش گیاهی از محصولات سنجش از دوری ماهواره مودیس استفاده گردید. برای این هدف از سه محصول عمق اپتیکی هواویز (AOD)، محصول شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و محصول دمای سطح زمین (LST) استفاده و اقدام به بررسی رابطه میان این پارامترها شد.

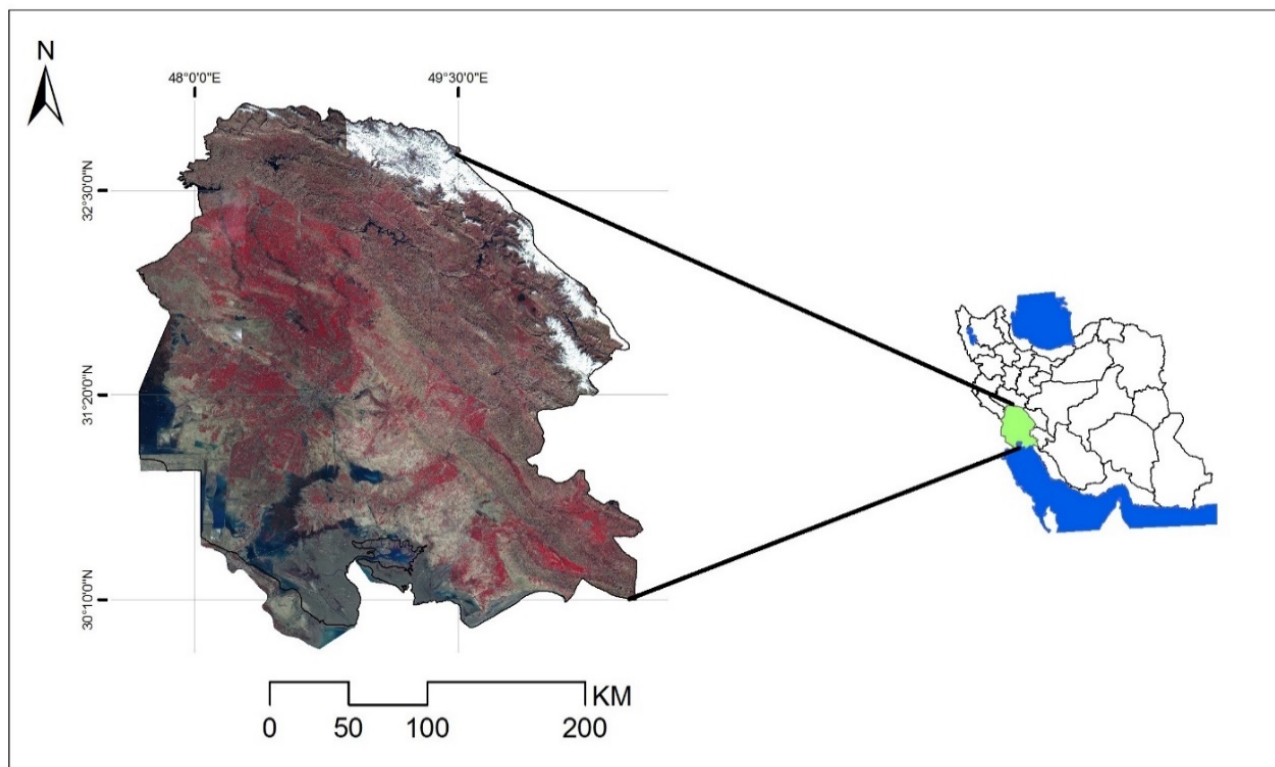
۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر استان خوزستان با وسعتی معادل ۶۴۰۵۷ کیلومتر مربع بین مدار جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی، در جنوب غربی کشور ایران قرار دارد (شکل ۱). از نظر پستی و بلندی استان خوزستان را می‌توان به دو منطقه کوهستانی و جلگه‌ای تقسیم نمود؛ منطقه کوهستانی به‌طور عمده در شمال و شرق استان قرار دارد و حدود ۳۵ درصد مساحت استان را شامل می‌شود. منطقه جلگه‌ای در خوزستان از جنوب دزفول، مسجد سلیمان، رامهرمز و بهبهان آغاز شده تا جنوب استان ادامه دارد؛ وسعت این منطقه تقریباً ۶۵ درصد از مساحت کل استان می‌باشد. همچنین استان خوزستان به دلیل داشتن اقلیم گرم و خشک، دارای پوشش گیاهی منحصر به فردی است. این استان بخشی از منطقه خشک و نیمه خشک جنوب غربی ایران را شامل می‌شود و در نتیجه، بیشترین تعداد گونه‌های گیاهی در این استان شامل گیاهانی هستند که می‌توانند در شرایط خشکسالی و دمای بالا زندگی کنند. پوشش گیاهی استان خوزستان شامل انواعی از

خسارات فراوان در زمینه‌های کشاورزی، صنعتی، حمل‌ونقل... گردد (Khoshkish et al, 2011). از طرف دیگر هواویزها می‌توانند به روند تشکیل و از بین رفتن ابرها (ابر سوزی) و همچنین بر میزان بارش نیز تأثیرات قابل توجهی وارد نمایند (Houghton et al, 2001; Mayahi et al, 2021). مطابق تحقیقات انجام‌شده توسط Roy و Ju (2008) نشان دادند که حدود ۳۵ درصد از سطح جهان همواره دارای پوشش ابری می‌باشد. به دلیل اینکه پوشش ابری غالباً در ارتفاع بالاتری نسبت به هواویزها قرار دارند این امر سبب محدود شدن امکان بررسی هواویز در مواقعی ابری می‌شود (Kahn et al, 2005). استفاده از سنجش‌از‌دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای نظارت و پایش طوفان‌های گردوغبار امری الزامی و اجتناب‌ناپذیر است (Rangzan et al., 2013).

یک جنبه غالباً نادیده گرفته شده از تعامل زمین و جو که می‌تواند به ویژه در محیط‌های خشک بسیار مهم باشد، توانایی پوشش گیاهی برای تعدیل گردو غبار و نقشی است که هواویزها ی گرد و غبار در بارش باران ایفا می‌کنند (Rosenfeld et al, 2001). در مطالعات قبلی، تاثیر عوامل اقلیمی بر شدت گردو غبار توجه زیادی را به خود جلب کرده و عواملی همچون بارش، دما و سرعت باد به این دلیل که همه آنها داده‌های نقطه‌ای هستند که توسط ایستگاه‌های مشاهده هواشناسی ثبت شده‌اند (Shao and Dong, 2006; Zhu et al., 2008). در مقابل، تاثیر پوشش گیاهی بر فعالیت گردوغبار و دمای سطح زمین غالباً نادیده گرفته می‌شود، به دلیل اینکه غالباً رخدادهای گردوغبار غالباً بصورت نقطه‌ای ثبت می‌شوند، در حالی که پوشش گیاهی در غالباً داده‌های هوایی ثبت می‌شود (Tan, 2016). Zahedi و همکاران (2016) با هدف تمایز ابر و هواویزها از داده ماهواره CALIPSO در بخش شرقی ایران به مطالعه پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که الگوریتم CAD عملکرد خوبی در جداسازی ابر و هواویز دارد. Shafiee و همکاران (2016) به منظور بررسی طوفان‌های گردوغبار با استفاده از تصاویر MODIS و CALIPSO شهر اهواز را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که روزهای گرم سال میزان غلظت و تراکم گردوغبار بیشتر از روزهای سرد سال است و ارتفاع گردوغبار به شش کیلومتری سطح زمین می‌رسد. Kermani و همکاران (2022) در تحقیقی با عنوان بررسی روند تغییرات گردوغبار و ارتباط آن با بارش و پوشش گیاهی در استان

گیاهان بومی و باغی می شود.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه.
Fig. 1. Location of the study area.

۳- داده مورد استفاده

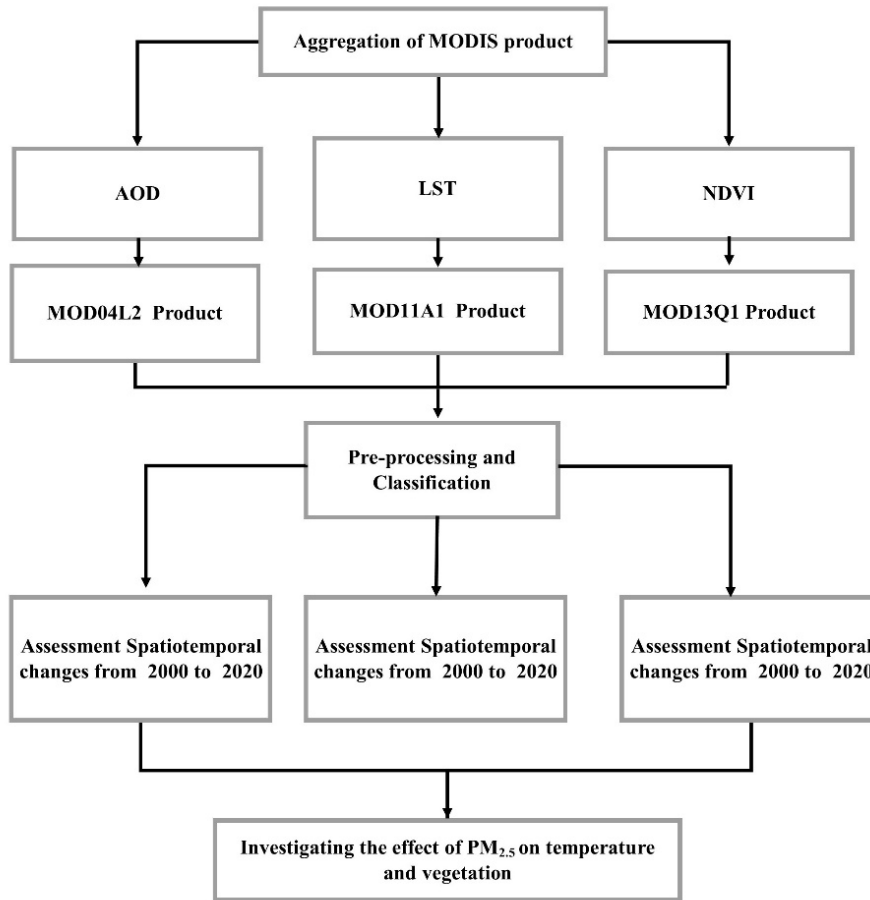
داده های سنجنده MODIS می تواند برای کسب اطلاعات زیادی از جمله، دما و رطوبت جوی، پوشش ابر و خواص آن، ویژگی های هواویزها، دمای سطح خشکی و دریا، آتش سوزی های طبیعی و مصنوعی، رنگ اقیانوس و شاخص های گیاهی به کار می روند (NASA, 2002). این سنجنده بر روی دو سکوی Terra و Aqua نصب شده که تفاوت های فنی بین

آن ها وجود دارد. باندهای سنجنده MODIS در محدوده ی طیفی ۰/۴۱۲-۱۴/۲۳۵ میکرومتر با توان تفکیک مکانی ۲۵۰ متر (۲ بانده)، ۵۰۰ متر (۵ بانده) و ۱۰۰۰ متر (۲۹ بانده) قرار دارند (Savtchenko et al, 2004). در این مطالعه از سه سری محصول ماهواره مادیس استفاده شده است که اسامی آنها در جدول ۱ ارائه شده است. در شکل ۲ نمودار جریان ی روش اجرای تحقیق و در تحقیق آورده شده است.

جدول ۱- داده های مورد استفاده در تحقیق.

Table 1. Data used in research.

Sensor	Spatial Resolution	Product	Parameter	Row
MODIS	250 meter	MOD13Q1	NDVI	1
MODIS	1000 meter	MOD11A1	LST	2
MODIS	1000 meter	MOD04L2	AOD	3



شکل ۲- نمودار جریان‌ی مراحل انجام تحقیق.

Fig. 2. Flowchart of research steps.

شود) و نور قرمز (که توسط گیاهان جذب می‌شود) می‌تواند نقاط دارای پوشش گیاهی را نمایان سازد. شاخص NDVI براساس رابطه‌ی محاسبه می‌شود (Rouse et al., 1974). در تحقیق حاضر جهت بررسی تغییرات پوشش گیاهی از محصول پوشش گیاهی ماهواره مودیس تحت عنوان MOD13Q1 استفاده گردید و براساس جدول ۲ طبقه‌بندی آن صورت گرفت. این محصول برای هر ۱۶ روز در قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر به عنوان یک محصول شبکه‌ای سطح ۳ در سیستم تصویر سینوسی در دسترس است. این محصول شامل بازتابندگی باندهای قرمز، آبی و مادون قرمز نزدیک، شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و EVI از سنجنده مودیس ماهواره تراست (Clark et al, 2010; Quintano et al, 2011).

$$NDVI = \frac{BNIR - BR}{BNIR + BR} \quad (\text{رابطه ۱})$$

۴- روش پژوهش

۴-۱- محصول شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)

بازتابش طیفی گیاهان سالم (با کلروفیل) بیشتر در طول موج الکترومغناطیسی مادون قرمز نزدیک (NIR) و طول موج سبز نسبت به سایر طول موجها اتفاق می‌افتد. گیاهان سالم که حاوی کلروفیل هستند، نور آبی و بیشتر طول موجهای قرمز را جذب می‌کنند. به همین دلیل است که گیاهان به رنگ سبز دیده می‌شوند. همچنین به همین دلیل است که طول موج طیفی مادون قرمز نزدیک به حسگرهای ماهواره‌ها بازتابش می‌شوند. شاخص پوشش گیاهی (NDVI) شاخصی است که به منظور توصیف پوشش گیاهی توسعه یافته و با استفاده از تفاوت بین مادون قرمز نزدیک (که قویاً توسط گیاهان بازتابش می‌

جدول ۲- طبقه بندی محصول پوشش گیاهی نرمال شده

Table 2. Normalized vegetation product classification.

Class	Row
0.1	Very Low 1
0.1-0.2	Low 2
0.2-0.3	Moderate 3
0.3-0.4	High 4
0.4 <	Very High 5

۵- محصول عمق اپتیکی

عمق اپتیکی هواویز (AOD) یکی از پارامترهای مهم در مطالعه ی گردوغبارها می باشد. عمق اپتیکی هواویز در واقع به توزیع هواویزهای گردوغبار موجود در جو اشاره دارد. این کمیت وابسته به طول موج، به صورت کاهش نور در واحد طول بر روی یک مسیر مشخص تعریف می شود. مسیر اپتیکی عمودی، فاصله عمودی از سطح زمین در قسمت فوقانی جو می باشد. مقدار عمق اپتیکی می تواند با تراکم تعداد هواویزه ها و ویژگی های آن ذرات متفاوت باشد. بالا بودن مقادیر AOD نشان دهنده ی تراکم هواویزه ها در امتداد ستون عمودی هوا بوده و به عبارتی

دید در امتداد آن ستون کم می باشد. در تحقیق حاضر MOD04_L2 (ورژن ۰۶) مودیس، به منظور بررسی عمق اپتیکی گردو غبار از وب سایت <https://lpdaac.usgs.gov/> دریافت شد. این محصول برای بازه زمانی بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ به منظور بدست آوردن تحلیل آماری تغییرات عمق اپتیکی در این سال ها مورد استفاده قرار گرفت. همچنین جهت طبقه بندی شاخص عمق اپتیکی از جدول ۳ استفاده شد. داده های روزانه عمق اپتیکی هواویز سطح ۲ مودیس (MOD04_L2)، دارای قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر مربع هستند (Pozzer et al., 2015).

جدول ۳- طبقه بندی محصول عمق اپتیکی.

Table 3. Optical depth product classification.

Class	Row
0.1 >	Very Low 1
0.1-0.15	Low 2
0.15-0.2	Moderate 3
0.2-0.25	High 4
0.25 <	Very High 5

۶- محصول دمای سطح زمین

دمای سطح زمین (LST) تابع اصلی در تبادل امواج تابشی طول موج بلند و شارهای حرارتی تلاطمی در سطح مشترک جو و زمین است که یکی از پارامترهای اصلی در فرآیندهای فیزیکی سطحی در چرخه انرژی و توازن آب در سامانه جو و زمین، در مقیاس های محلی و جهانی به شمار می رود. داده های ۸ روزه ی

درجه حرارت سطح زمین مودیس (MOD11A2) نیز محصول شبکه ای سطح ۳ و با سیستم تصویر سینوسی و قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر است (Fu et al., 2011). در تحقیق حاضر جهت طبقه بندی محصول دمای سطح زمین مودیس از جدول ۴ استفاده شد.

جدول ۴- طبقه بندی محصول دمای سطح زمین.

Table 4. Earth surface temperature product classification.

Class	Row
30 > Very Low	1
30-35 Low	2
35-40 Moderate	3
40-45 High	4
45 < Very High	5

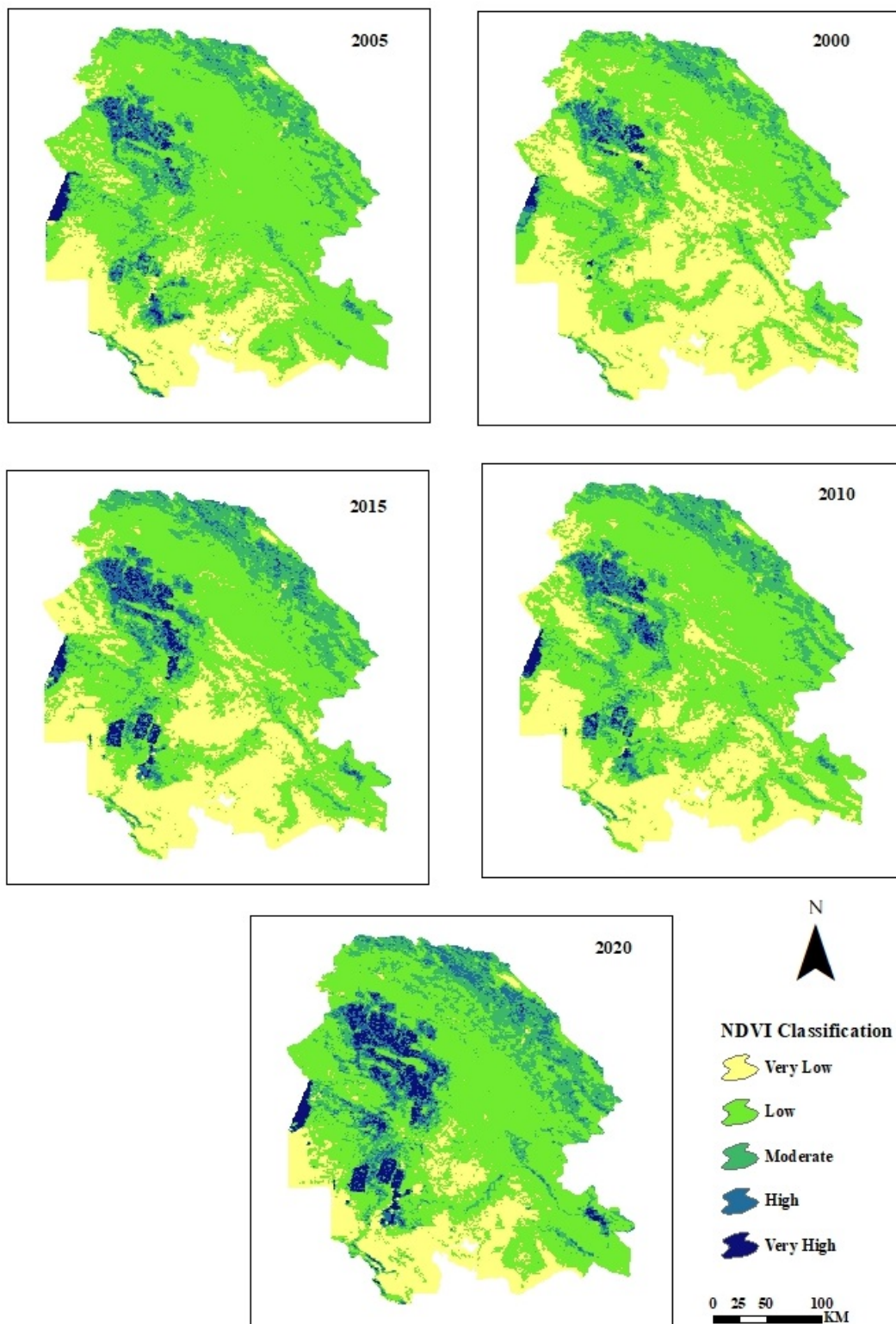
۷- بحث و نتایج

۷-۱- تغییرات زمانی-مکانی شاخص پوشش گیاهی نرمال شده

در تحقیق حاضر از محصول MOD13Q1 ماهواره مودیس جهت بررسی تغییرات پوشش گیاهی در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ استفاده شد. که نقشه‌های آن در شکل ۳ و اطلاعات کمی آن شامل مساحت، درصد مساحت و تغییرات رخ داده در کلاس‌های پوشش گیاهی در جدول ۵ آورده شده است. براساس نتایج بدست آمده تغییرات رخ داده در کلاس اراضی بایر برای بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ برابر با ۱۹/۴ درصد کاهش در مقدار مساحت را نشان داد. برای بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ مساحت اراضی بایر ۷/۱ درصد افزایش یافته است و در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ در حدود ۲/۷۸ درصد کاربری بایر مساحت آن افزایش یافته است، در حالیکه در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹، حدود ۱۲/۳ درصد کاهش در مقدار مساحت بخش بایر مشاهده شد. در نهایت در کل دوره مورد بررسی بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ سهم اراضی بایر ۲۱/۸۲ درصد کاهش یافته است. تغییرات رخ داده در کلاس کم تراکم برای بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ نشان می‌دهد که این کلاس ۱۳/۹۶ درصد افزایش یافته است. برای بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹، حدود ۸/۳۶ درصد مساحت کاهش یافته و در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ حدودا ۵/۴۸ درصد سهم این کلاس کاهش پیدا کرده است. از طرف دیگر برای بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ مساحت در حدود ۴/۳۲ درصد افزایش را نشان داد. در نهایت در کل دوره مورد بررسی بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ مساحت کلاس کم تراکم، ۴/۴۳ درصد افزایش

پیدا کرده است. تغییرات رخ داده در کلاس پوشش گیاهی متوسط برای بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ نشان داد که مساحت ۳/۵۲ درصد افزایش یافته و در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ حدود ۰/۶۶ درصد افزایش مساحت را نشان می‌دهد. در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ حدود ۰/۵۱ درصد افزایش در مساحت مشاهده شد و در دوره زمانی بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ مساحت این کلاس حدود ۳/۵۷ درصد افزایش یافته است. در نهایت در کل دوره مورد بررسی تغییرات کلاس متوسط ۸/۲۷ درصد افزایش مساحت را نشان می‌دهد.

همچنین در کلاس پوشش گیاهی متراکم برای بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ برابر با ۱/۴۱ درصد افزایش مساحت مشاهده شده و در بازه ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ تقریبا ۰/۴۸ درصد افزایش برآورد شد. از طرف دیگر برای زمانی بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ مساحت مقداری در حدود ۱/۱۹ درصد افزایش یافته است. برای بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ مساحت در حدود ۲/۲۳ درصد افزایش داشته است. در نهایت در کل دوره مورد بررسی بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ مساحت کلاس پوشش گیاهی متراکم ۵/۳۲ درصد افزایش را نشان می‌دهد. در کلاس پوشش گیاهی خیلی متراکم برای بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ برابر با ۰/۵ درصد مساحت افزایش یافته است. برای بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ افزایش مساحت ۰/۱ درصدی این کلاس مشاهده گردید. همچنین در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ مساحت در حدود ۰/۹۹ درصد افزایش پیدا کرده است و برای بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ مقداری در حدود ۲/۱۸ درصد افزایش دیده شد. در نهایت در کل دوره مورد بررسی بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ در کلاس خیلی تراکم ۳/۷۸ درصد مساحت افزایش یافته است.



شکل ۳- تغییرات زمانی مکانی پوشش گیاهی در استان خوزستان.
 Fig. 3. Temporal and spatial changes of vegetation cover in the Khuzestan province.

جدول ۵- مساحت و درصد مساحت کلاس‌های شاخص پوشش گیاهی.

Table 5. The area and percentage of the area of vegetation indicator classes.

Class					Unit	Period
Very High	High	Moderate	Low	Very Low		
464	1171	6619	29307	23750	KM ²	2000
0.75	1.91	10.79	47.79	38.73	%	
774	2040	8780	37869	11851	KM ²	2005
1.26	3.32	14.31	61.76	19.32	%	
838	2338	9185	32741	16210	KM ²	2010
	3.81	14.98	53.39	26.43	%	
1447	3069	9501	29377	17915	KM ²	2015
2.36	5	15.49	47.91	29.22	%	
8786	4436	11692	32025	10368	KM ²	2020
4.54	7.23	19.07	52.23	16.91	%	
0.5	1.41	3.52	13.96	-19.4	%	2000-2005
0.1	0.48	0.66	-8.36	7.1	%	2005-2010
0.99	1.19	0.51	-5.48	2.78	%	2010-2015
2.18	2.23	3.57	4.32	-12.3	%	2015-2020
3.78	5.32	8.27	4.43	-21.82	%	2000-2020

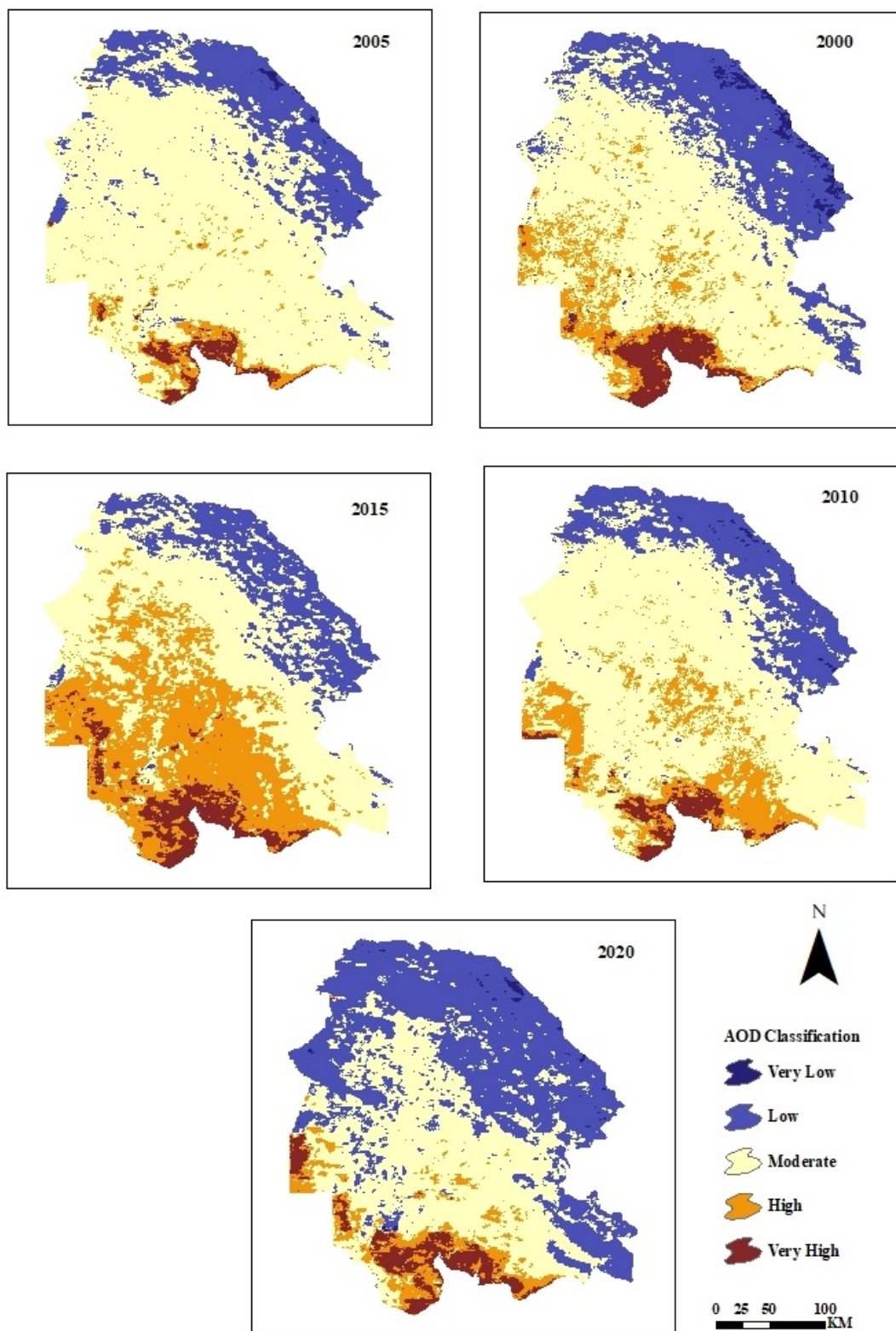
جهت بررسی تغییرات دمای سطح زمین در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ استفاده شد. که نقشه‌های آن در شکل ۵ و اطلاعات کمی آن شامل مساحت، درصد مساحت و تغییرات رخ داده در کلاس‌های پوشش گیاهی در جدول ۷ آورده شده است. براساس نتایج بدست آمده کمترین تغییرات کلاس دمایی خیلی کم مربوط به بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ به مقدار ۰/۱۶ درصد کاهش و بیشترین تغییرات مربوط به بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ بصورت ۲/۰۵ درصد افزایش در مقدار مساحت ارزیابی شد. کمترین تغییرات کلاس دمایی خیلی شدید برای بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ مقداری در حدود ۳/۲۶ درصد را نشان داد. بیشترین تغییرات رخ داده در این کلاس دمایی نیز برای سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ مقداری در حدود ۱۷/۴۶ درصد ارزیابی شد. نتایج بدست آمده برای کل دوره مورد بررسی بیان‌گر تغییر ۱/۳۱ درصدی کلاس دمایی خیلی کم بصورت افزایش مساحت، افزایش کلاس کم به مقدار ۷/۳۲ درصد، افزایش کلاس دمایی متوسط به مقدار ۱/۳۲ درصد، کاهش کلاس دمایی شدید به مقدار ۱/۶ درصد و در نهایت کاهش مساحت کلاس بسیار شدید به مقدار ۱۰ درصد را نشان داد.

۷-۲- تغییرات زمانی-مکانی شاخص عمق اپتیکی

در تحقیق حاضر از محصول MOD04_L2 ماهواره مودیس جهت بررسی تغییرات عمق اپتیکی هواویز (AOD) در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ استفاده شد. که نقشه‌های آن در شکل ۴ و اطلاعات کمی آن شامل مساحت، درصد مساحت و تغییرات رخ داده در کلاس‌های پوشش گیاهی در جدول ۶ آورده شده است. براساس نتایج بدست آمده کمترین تغییرات در طبقه خیلی کم مربوط به بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ به مقدار کاهش ۰/۰۸ درصد از مساحت و بیشترین تغییرات نیز مربوط به بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ به صورت کاهش ۱/۲۷ درصدی از سهم مساحت بوده است. همچنین کمترین تغییرات کلاس خیلی شدید در بین دوره‌های مورد مطالعه در حدود ۰/۷۶ درصد برای بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ بدست آمد. بیشترین تغییرات رخ داده در این کلاس نیز برای سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ مقداری در حدود ۲/۹۳ درصد افزایشی ارزیابی شد.

۷-۳- تغییرات زمانی-مکانی شاخص دمای سطح زمین

در تحقیق حاضر از محصول MOD11A2 ماهواره مودیس



شکل ۴- تغییرات زمانی مکانی ذرات معلق در جو در استان خوزستان.
 Fig. 4. Time-spatial changes of suspended particles in the atmosphere in Khuzestan province.

جدول ۶- مساحت و درصد مساحت کلاس‌های شاخص AOD.

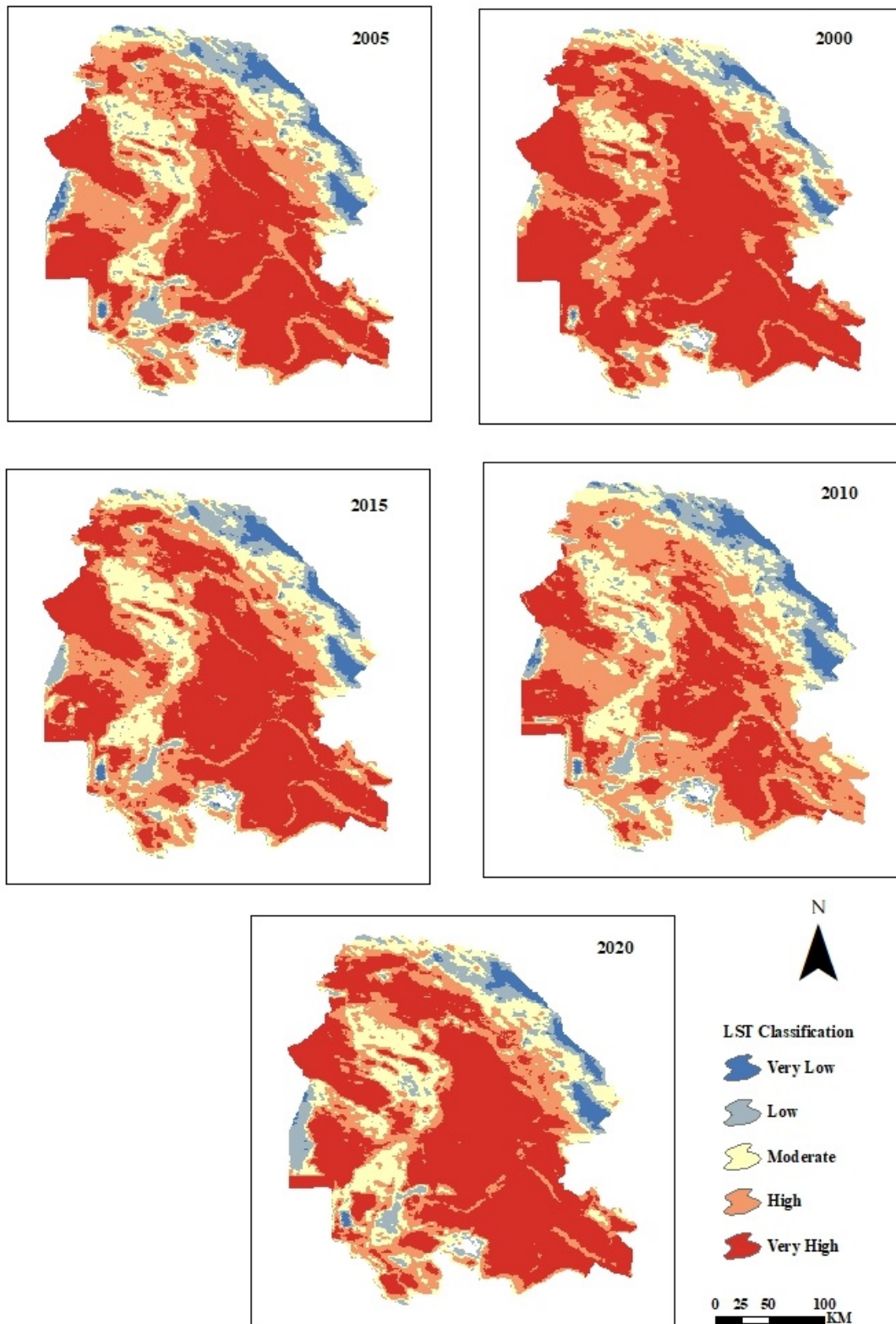
Table 6. Area and area percentage of AOD index classes.

Class					Unit	Period
Very High	High	Moderate	Low	Very Low		
3119	6668	35524	15355	977	KM ²	2000
5.06	10.81	57.62	24.9	1.58	%	
1568	2911	44820	12137	192	KM ²	2005
2.54	4.72	72.72	19.69	0.31	%	
2038	8807	38863	11764	141	KM ²	2010
3.3	14.29	63.07	19.09	0.23	%	
3845	19414	27978	10338	10	KM ²	2015
6.24	31.52	45.42	16.78	0	%	
3277	4550	26093	27356	255	KM ²	2020
5.32	7.39	42.4	44.45	0.41	%	
-2.51	-6.09	15.09	-5.21	-1.27	%	2000-2005
0.76	9.56	-9.64	-0.6	-0.08	%	2005-2010
2.93	17.23	-17.64	-2.3	-0.21	%	2010-2015
-0.91	-24.12	-3.02	27.67	0.39	%	2015-2020
0.26	-3.42	-15.22	19.55	-1.17	%	2000-2020

جدول ۷- مساحت و درصد مساحت‌های شاخص دمای سطح زمین.

Table 7. The area and percentage of the areas of the surface temperature index.

Class					Unit	Period
Very High	Very Low	Moderate	Low	Very Low		
37190	14363	6284	2459	805	KM ²	2000
60.86	23.5	10.28	4.02	1.31	%	
26517	17553	10216	4757	2059	KM ²	2005
43.39	28.72	16.71	7.78	3.37	%	
17657	24099	11733	5221	2392	KM ²	2010
28.89	39.44	19.2	8.54	3.91	%	
29077	16361	10001	3951	1713	KM ²	2015
41.58	26.77	16.36	6.46	2.8	%	
31072	13385	10758	4278	1610	KM ²	2020
50.85	21.9	17.6	7	2.63	%	
-17.46	5.22	6.43	3.75	2.05	%	2000-2005
-14.5	10.71	2.43	0.75	0.54	%	2005-2010
18.68	-12.66	-2.83	-2.07	-1.11	%	2010-2015
3.26	-4.87	1.23	0.53	-0.16	%	2015-2020
-10.01	-1.6	7.32	2.97	1.31	%	2000-2020



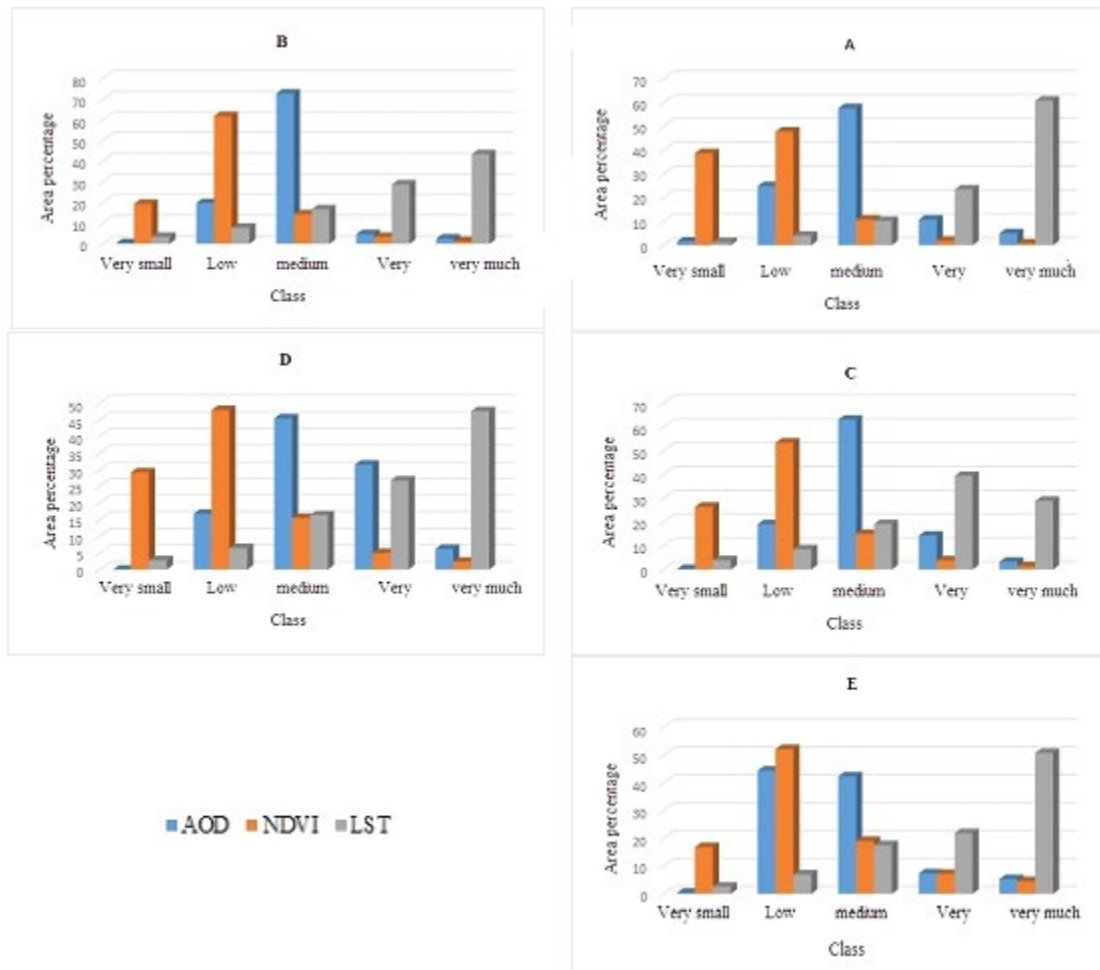
شکل ۵- تغییرات زمانی مکانی دمای سطح زمین در استان خوزستان.
Fig. 5. Temporal variations of ground surface temperature in Khuzestan province.

شاخص پوشش گیاهی شدت کاهش یافته و مقدار مساحت کلاس دمایی متوسط مقداری افزایش را نشان می‌دهد. برای کلاس زیاد مقدار مساحت شاخص دمایی سطح بیشتر از شاخص‌های AOD و پوشش گیاهی می‌باشد. در نهایت در کلاس خیلی زیاد مقادیر مساحت شاخص‌های AOD و پوشش گیاهی بسیار کم و مقدار مساحت شاخص دمایی سطح بیشترین مقدار می‌باشد. در استان خوزستان طوفان‌های گرد و غبار همبستگی بالایی با پارامترهای اقلیمی دارد، به طوری که خشکی آب و هوا و کاهش رطوبت موجود در خاک با فراوانی وقوع و افزایش غلظت هواویزها رابطه مستقیم دارد (Shafiei et al., 2017). بنابراین می‌توان اینگونه استنباط کرد که افزایش گردوغبار در اثر کمبود پوشش گیاهی رخ می‌دهد. همچنین افزایش دمایی سطح در بالارفتن مقادیر گردوغبار موثر است.

۷-۴- بررسی نقش گرد و غبار بر پوشش گیاهی و دمایی

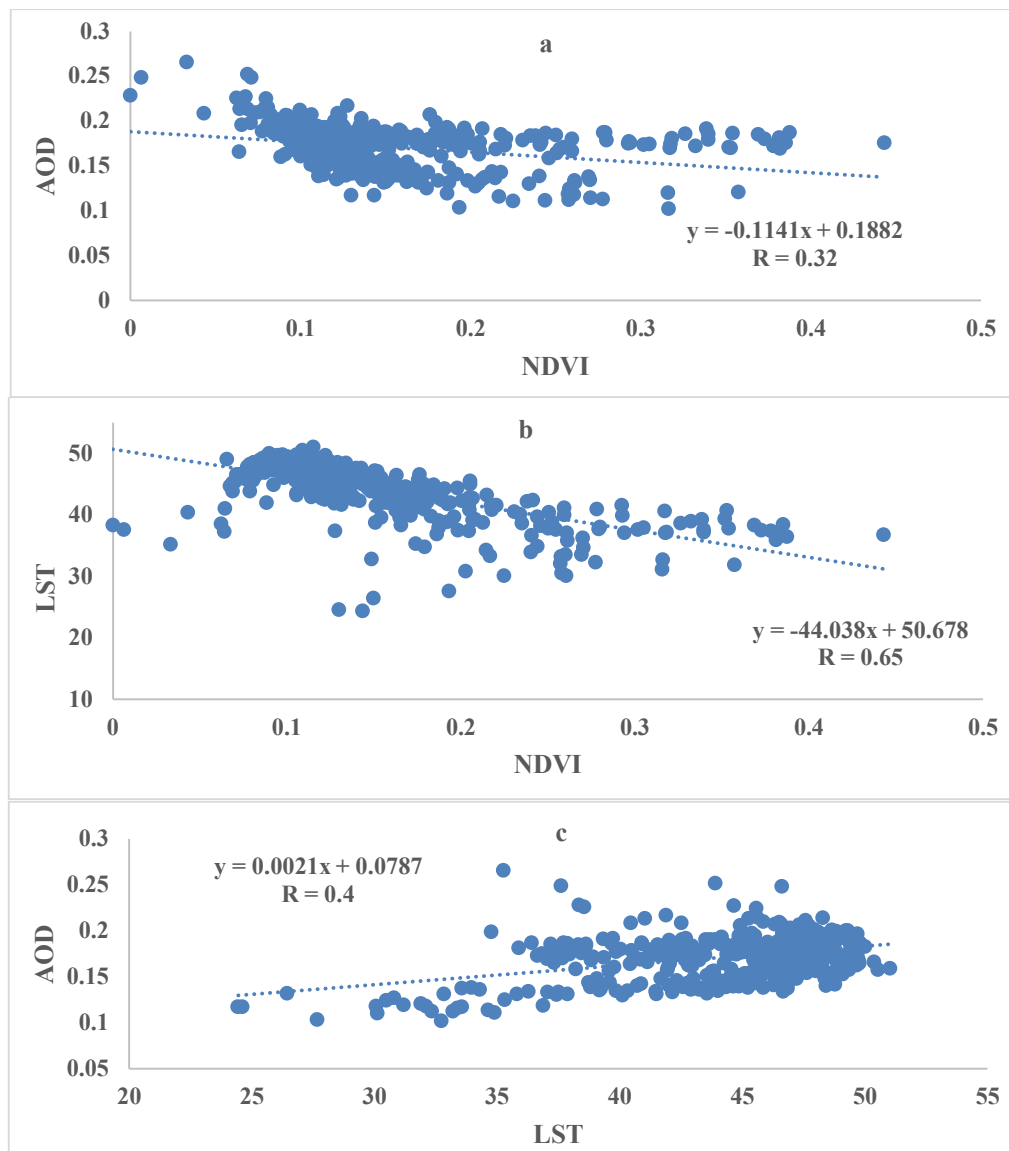
زمین

جهت بررسی نقش گردوغبار بر وضعیت پوشش گیاهی و دمایی سطح زمین از تجزیه و تحلیل آمار مربوط به درصد مساحت مربوط به هر کلاس در بازه‌های زمانی بین سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۴، ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۹ استفاده شد (شکل ۶). نتایج بدست آمده برای بازه زمانی تحقیق روند کلی تقریباً مشابهی را برای هر چهار دوره نشان می‌دهد. نتایج بیانگر این مطلب است که در کلاس خیلی کم پایین بودن مقادیر AOD و دمایی سطح زمین با بالا بودن مقادیر پوشش گیاهی همراه است. برای کلاس کم مقدار مساحت شاخص AOD افزایش یافته ولی همچنان پوشش گیاهی دارای درصد مساحت بیشتری می‌باشد. در کلاس متوسط با افزایش مساحت شاخص AOD مقدار مساحت



شکل ۶- رابطه بین شاخص عمق اپتیکی، پوشش گیاهی و دمایی سطح زمین.

Fig. 6. The relationship between optical depth index, vegetation and land surface temperature.



شکل ۷- رگرسیون بین شاخص عمق اپتیکی، پوشش گیاهی و دمای سطح زمین.

Fig. 7. The regression between optical depth index, vegetation, and land surface temperature.

دو پارامتر یک رابطه معکوس وجود دارد و ضریب رگرسیون بین این دو لایه نیز ۰/۶۵ می باشد، بنابراین می توان گفت با افزایش پوشش گیاهی میزان دما کاهش یافته است. در نهایت شکل ۷c رابطه پوشش گیاهی با دمای سطح زمین را در استان خوزستان نشان داده شد. نتایج این بخش نیز نشانگر این موضوع است که بین این دو پارامتر یک رابطه مستقیم وجود دارد و ضریب رگرسیون بین این دو لایه نیز حدود ۰/۴ می باشد، بنابراین می توان گفت با افزایش میزان هواویزها در اتمسفر میزان دمای افزایش پیدا می کند و یا می توان این چنین نیز استنباط کرد که هواویزها غالباً در مناطقی مشاهده می شوند که دمای هوا بالاتر و رطوبت کمتری در سطح خاک وجود داشته باشد.

همچنین به منظور بررسی دقیق تر روابط آماری بین سه پارامتر مذکور ضریب رگرسیون بین پارامترهای مختلف به صورت دو به دو تهیه و نتایج آن نیز در شکل ۷ ارائه گردید. همانطور که شکل ۷a نشان می دهد رابطه پوشش گیاهی با هواویزها یک رابطه معکوس بوده و ضریب رگرسیون بین این دو لایه نیز ۰/۳۲ می باشد، بنابراین می توان گفت با افزایش پوشش گیاهی میزان هواویزها کاهش یافته و یا به عبارت دیگر با افزایش میزان هواویزها مقدار سبزینگی در محدوده مورد مطالعه کاهش پیدا کرده است. از طرف دیگر شکل ۷b رابطه پوشش گیاهی با دمای سطح زمین را در استان خوزستان به تصویر کشیده است. نتایج این بخش نیز نشان داده است که بین این

و دمای سطح زمین با بالا بودن مقادیر پوشش گیاهی همراه است. برای کلاس کم مقدار مساحت شاخص AOD افزایش یافته ولی همچنان پوشش گیاهی دارای درصد مساحت بیشتری می‌باشد. در کلاس متوسط با افزایش مساحت شاخص AOD مقدار مساحت شاخص پوشش گیاهی بشدت کاهش یافته و مقدار مساحت کلاس دمایی متوسط مقداری افزایش را نشان می‌دهد. برای کلاس زیاد مقدار مساحت دمای سطح بیشتر از شاخص‌های AOD و پوشش گیاهی می‌باشد. در نهایت در کلاس خیلی زیاد مقادیر مساحت شاخص‌های AOD و پوشش گیاهی بسیار کم و مقدار مساحت شاخص دمای سطح بیشترین مقدار می‌باشد. بنابراین می‌توان اینگونه استنباط کرد که افزایش گردوغبار در اثر کمبود پوشش گیاهی رخ می‌دهد. همچنین افزایش دمای سطح در بالارفتن مقادیر گردوغبار موثر است.

Rangzan و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه ای که با هدف ارزیابی اثر ذرات کوچکتر از ۲/۵ میکرون بر عوامل محیطی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که این ذرات با دما رابطه مستقیم و با پوشش گیاهی رابطه معکوس دارند که نتایج مطالعه آنها همسو با نتایج به دست آمده در این پژوهش می‌باشد.

۸- نتیجه گیری

در تحقیق حاضر پس از استخراج شاخص‌های AOD، شاخص پوشش گیاهی NDVI و شاخص دمای سطح زمین (LST) اقدام به بررسی رابطه گرد و غبار با شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین شد. این محصولات هر کدام در پنج کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه بندی گردید و در نهایت تجزیه و تحلیل آنها انجام گرفت. نتایج بیانگر این مطلب است که در کلاس خیلی کم، پایین بودن مقادیر AOD

مراجع

- Clark, M.L., Aide, T.M. Grau, H.R., Riner, G., 2010. A scalable approach to mapping annual land cover at 250 m using MODIS time series data: A case study in the Dry Chaco ecoregion of South America. *Remote Sensing of Environment* 114, 2816-2832. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.07.001>
- Fu, G., Shen, Z., Zhang, X., Shi, P., Zhang, Y., Wu, J., 2011. Estimating air temperature of an alpine meadow on the Northern Tibetan Plateau using MODIS land surface temperature. *Acta Ecologica Sinica* 31, 8-13. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2010.11.002>
- Houghton, J.T., Ding, Y.D. Griggs, J.G., Noguer, D.J., van der Linden, M., Dai, P.J., Johnson, X., 2001. *Climate change 2001: the scientific basis*. The Cambridge University Press. P. 650.
- Ju, J., Roy, D.P. 2008. The availability of cloud-free Landsat ETM+ data over the conterminous United States and globally. *Remote Sensing of Environment* 112(3), 1196-1211. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.08.011>
- Kahn, R.A., Gaitley, B.J., Martonchik, J.V., Diner, D.J., Crean, K.A., Holben, B. 2005. Multiangle Imaging Spectroradiometer (MISR) global aerosol optical depth validation based on 2 years of coincident Aerosol Robotic Network (AERONET) observations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 110(D10). <https://doi.org/10.1029/2004JD004706>
- Kermani, F., Rayegani, B., Nezami, B., Goshtasb, H., Khosravi, H. 2022. Assessing the vegetation trends in arid and semi-arid regions (Case study: Touran Protected Area). *Desert Ecosystem Engineering* 6(17), 1-14. <https://doi.org/10.22052/6.17.1>
- Khoshkish, A., Alijani, B., Hejazizadeh, Z. 2011. Synoptic analysis of dust storms in the Lorestan Province, Iran, *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences* 11(21), 91-110.
- Liu, Z., Vaughan, M., Winker, D., Kittaka, C., Getzewich, B., Kuehn, R., Hostetler, C. 2009. The CALIPSO lidar cloud and aerosol discrimination: Version 2 algorithm and initial assessment of performance. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 26(7), 1198-1213.
- Mayahi, J., Eskandari dameneh, H., Zarasvandi, A., 2021. Assessments Land Cover change Effects on Soil Erosion Trend in Hoor al-Azim wetland, Southwestern of Iran. *Journal of Natural Environmental Hazards* 10(27), 107-122. <https://doi.org/10.22111/jneh.2020.33269.1626>
- NASA, MODIS Brochures, GSFC, (MODIS Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). 2002.
- Pozzer, A., de Meij, A. Yoon, J. Tost, H. Georgoulas, A., Astitha, M., 2015. AOD trends during 2001–2010 from observations and model simulations. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15, 5521-5535. <https://doi.org/10.5194/acp-15-5521-2015.2015>

- Quintano, C., A. Fernández-Manso, A., Stein, Bijker, W. 2011. Estimation of area burned by forest fires in Mediterranean countries: A remote sensing data mining perspective. *Forest Ecology and Management* 262, 1597-1607. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.07.010>
- Rangzan, K., Zarasvandi, A., Abdolkhani, A., Mojaradi, B., 2014. Modeling of Air Pollution using MODIS Data: Khuzestan Dust storm. *Advanced Applied Geology* 4(4), 38-45.
- Rangzan, K., Zarasvandi, A., kabolizadeh, M., mohammadi, S., Mayahi, J. 2022. Spatiotemporal evaluation of PM2.5 concentration in Khuzestan province and examining the factors affecting it. *Environmental Sciences* 20(2), 199-222. <https://doi.org/10.52547/envs.2022.33613>
- Rosenfeld, D., Y. Rudich, and R. Lahav. 2001. Desert dust suppressing precipitation: A possible desertification feedback loop, *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.* 98, 5975-5980. <https://doi.org/10.1073/pnas.101122798>.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. 1974. Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. Remote Sensing Center, Texas AM University. Conference paper, No. E75-10354.
- Savtchenko, D. Ouzounov, S. Ahmad, J. Acker, G. Leptoukh, J. Koziana, D. Nickless, D., 2004. Terra and Aqua MODIS products available from NASA GES DAAC, *Advances in Space Research* 34, 710 - 714. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2004.03.012>
- Shafiei, F., Darvishi Bolorani, A., Pourmanafi, S., Shahsavani, A. 2017. Dust Storms Chemical Elements Estimation and Density Identification Using MODIS Images and CALIPSO Data. *Iranian Journal of Remote Sensing GIS* 8(2), 1-16.
- Shao, Y., Dong, C.H., 2006. A review on East Asian dust storm climate, modelling and monitoring. *Global and Planetary Change*, 52: 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.02.011>
- Tan, M. 2016. Exploring the relationship between vegetation and dust-storm intensity (DSI) in China. *Journal of Geographical Sciences*, 26(4), pp.387-396. <https://doi.org/10.1007/s11442-016-1275-2>
- Zahediasl, S., Faridhosseini, A., Choi, Y., Shad, R., Seyedin, A. 2017. Initial Assessment of Cloud and Aerosol Discrimination over the Eastern Regions of Iran Using CALIOP Satellite Data. *Journal of Civil and Environmental Engineering* 47 (86), 21-33.
- Zarasvandi, A., Moore, F., Nazarpour, A. 2011. Mineralogy and Morphology of Dust Storms particles in Khuzstan province: XRD and sem Analysis concerning. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy* 19(3), 511-518.
- Zhu C, Wang B, Qian W. 2008. Why do dust storms decrease in northern China concurrently with the recent global warming *Geophysical Research Letters* 35 :L18702. <https://doi.org/10.1029/2008GL034886>