

Research Paper



## Optical Depth Changes of Dust in Connection with Land Use Changes in Central Zagros



Mehdi Pourahmad <sup>1</sup>, Mostafa Karampour\* <sup>2</sup>, Behroz Nasiri <sup>3</sup>



This paper is an open access and licenced under the CC BY NC licence.



DOI:10.22034/GP.2022.51303.2994

**Reference to this article:** Pourahmad, M, Karampour, M; Nasiri, B;. (2023). Optical Depth Changes of Dust in Connection with Land Use Changes in Central Zagros. *Geography and Planning*, 27(85): 13-25.

### Keywords

Aerosol optical depth, AOD index, dust, land use, Central Zagros

Received: 2022/04/28

Accepted: 2022/09/29

Available: 2023/10/22

### ABSTRACT

The aim of this study was to reveal the relationship between land cover changes and changes in aerosol optical depth index in the Middle Zagros. In this regard, two categories of MODIS sensor remote sensing products were used. First, land cover changes in the study area were performed using MODIS sensor land use classification derivative product. In the second part of the research, the trends of dust events were investigated based on the station data of the dust codes of 4 stations of Khorramabad, Shahrekord, Yasuj and Abadeh. In addition, the trend of Aerosol Optical Depth Index (AOD) was examined using MOD04-L2 Madis sensor product for the statistical period 2000 to 2020. The results showed that there were 6 layers of rangeland, forest, agricultural, urban, residential, barren and water areas in the Central Zagros, in which the forest floor has decreased by about 123 square kilometers per year. Rangeland cover, which is the main cover of the study area, has remained relatively stable, and agricultural land uses have increased significantly, from 7% in 2000 to 9.5% in 2020. Urban and residential lands had also increased. On the other hand, a review of the 21-year time series trend of the AOD index indicates an upward trend over the last 21 years. Among the land use classes, the two categories of pastures and forests, which in fact occupy more than 90% of the study area, have shown an inverse relationship with the AOD index. But the class of agricultural lands was directly related to the AOD index. Therefore, the decreasing trend of forest floor in the region has been significantly associated with the increasing trend of AOD in the region and on the other hand, the increasing trend of agricultural land has been associated with the increase of AOD in the region.

\* **Corresponding Author:** Mostafa Karampour

**E-mail:** Karampour.m@lu.ac.ir

1. Phd Student in geography, University of Lorestan, Lorestan, Iran

2. Associate Professor of geography Departemnt, University of Lorestan, Lorestan, Iran.

3. Associate Professor of geography Departemnt, University of Lorestan, Lorestan, Iran.

## **Extended Abstract**

### **Introduction**

In recent years, dust particles have become one of the environmental problems, especially in developing countries. This phenomenon occurs mainly in arid and semi-arid areas as a result of high wind speed and its turbulence on the bare soil surface and prone to erosion. Dust storms are destructive climatic phenomena on synoptic maps, which are affected by the climatic elements of pressure, cloudiness, precipitation, relative humidity, wind, temperature and evaporation. Therefore, with a detailed understanding of the mechanism of the origin of dust in the central Zagros, which is one of the important areas of natural and forest resources and the source of important and abundant rivers in Iran, it is possible to prevent damage to this area to some extent.

### **Data and Method**

In this regard, two categories of MODIS sensor remote sensing products were used. First, land cover changes in the study area were performed using MODIS sensor land use classification derivative product. In the second part of the research, the trends of dust events were investigated based on the station data of the dust codes of 4 stations of Khorramabad, Shahrekord, Yasuj and Abadeh. In addition, the trend of Aerosol Optical Depth Index (AOD) was examined using MOD04-L2 Madis sensor product for the statistical period 2000 to 2020. The study area of this research starts from Lorestan province and includes parts of Ilam province and northeast of Khuzestan, two provinces of Chaharmahal and Bakhtiari, Kohkiluyeh and Boyer Ahmad, limited parts of northwest of Isfahan province and also parts of northwest of Fars province.

### **Results and Discussion**

Based on the monthly average frequency of dust occurrences recorded in 4 stations of Khorramabad, Shahrekord, Yasuj, and Abad, the highest number of dusty days was recorded in July with an average of 14.4 days per month. With the beginning of the hot months of the year, the number of dusty days has increased and reached the maximum in July. From July onwards, the number of dusty days has decreased and reached its lowest value in December, and the average number of dusty days occurred in this month (December). The analysis of the AOD index from the annual MOD04 images of the Terra satellite Madis sensor showed that in the spring season (May), the AOD index in the studied area has increased significantly compared to the winter, and the annual interval of this index in the study period. The study in this season was between 0.25 and 0.57, which showed a significant increase compared to February. On the other hand, in the spring season as well as in the winter season, the Madis meter AOD index shows a relatively continuous increasing trend at the level of the study area.

### **Conclusion**

The results showed that there were 6 layers of rangeland, forest, agricultural, urban, residential, barren and water areas in the Central Zagros, in which the forest floor has decreased by about 123 square kilometers per year. Rangeland cover, which is the main cover of the study area, has remained relatively stable, and agricultural land uses have increased significantly, from 7% in 2000 to 9.5% in 2020. Urban and residential lands had also increased. On the other hand, a review of the 21-year time series trend of the AOD index indicates an upward trend over the last 21 years. Among the land use classes, the two categories of pastures and forests, which in fact occupy more than 90% of the study area, have shown an inverse relationship with the AOD index. But the class of agricultural lands was directly related to the AOD index. Therefore, the decreasing trend of forest floor in the region has been significantly associated with the increasing trend of AOD in the region and on the other hand, the increasing trend of agricultural land has been associated with the increase of AOD in the region.

## References

- Baum, B., W. P. Menzel, R. Frey, D. Tobin, R. Holz, S. Ackerman, 2012: MODIS Cloud Top Property Refinements for Collection 6. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51, 1145-1163, doi: 10.1175/JAMC-D-11-0203.1.
- Dodangeh E, Shao Y, Daghestani M (2006), L-Moments and fuzzy cluster analysis of dust storm frequencies in Iran, *Aeolian Research*, 5:91-99.
- FAN, Y., SHI, P., Dou, W., 2007, The Analysis of Typical Dust Storm in Northern China Using Remote Sensing Data, Environmental Change and Natural Disaster of Ministry of Education P.R.C. 100875.
- Fernandes, Richard; Leblanc, Sylvain G. (2005), "Parametric (modified least squares) and non-parametric (Theil-Sen) linear regressions for predicting biophysical parameters in the presence of measurement errors", *Remote Sensing of Environment*, 95 (3): 303-316, Bibcode:2005RSEnv. 95..303.
- Godínez-Alvarez, H., J.E. Herrick, M. Mattocks, D. Toledo and J. Van Zee. 2009. Comparison of three vegetation monitoring methods: their relative utility for ecological assessment and monitoring. *Ecological Indicators*, 9: 1001-1008.
- King, M. D., S. Platnick, W. P. Menzel, S. A. Ackerman, and P. A. Hubanks, 2013: Spatial and temporal distribution of clouds observed by MODIS onboard the Terra and Aqua satellites. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 51, 3826-3852.
- Kurosaki Y, Mikami M. 2005. Regional difference in the characteristic of dust event in East Asia: relationship among dust outbreak, surface wind, and land surface condition. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 83(1): 1-18.
- Lee Eun-Hee, Sohn Byung-ju (2011), Recent increasing trend in dust frequency over Mongolia and Inner Mongolia
- Lee, J., Baddock, M., Mbuh, M., Gill, T. (2012). Geomorphic and land cover characteristics of aeolian dust sources in West Texas and eastern New Mexico, USA. *Aeolian Research*, 3(4), 459-466.
- Levy, R. C., Mattoo, S., Munchak, L. A., Remer, L. A., Sayer, A. M., Patadia, F., & Hsu, N. C., 2013: The Collection 6 MODIS aerosol products over land and ocean. *Atmospheric Measurement Techniques*, 6, 2989-3034. doi:10.5194/amt-6-2989-2013.
- Levy, R., MaCoo, S., Munchak, L., Kleidman, R., Patadia, F., Gupta, P. (2014). MODIS Atmosphere Team Webinar Series #2: Overview of Collection 6 DarkTarget aerosol Product. Climate & Radiation Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center. (<http://modis.atmos.gsfc.nasa.gov/Webinar2014/MODISAtmWebinar2LevyDT>).
- Miller, S.D., Kuciauskas, A.P., Liu, M., Ji, Q., Reid, J.S., Breed, D.W., Walker, A.L., Al Mandoos, A., (2008), Haboob dust storms of the southern Arabian Peninsula. *J. Geophys. Res.* 113, D01202, doi: 10.1029/2007JD008550.
- Munson, S.M., R.H. Webb and A. Hubbard. 2011. A comparison of methods to assess longterm changes in Sonoran Desert vegetation. *Journal of Arid Environments*, 75: 1228-1231
- Prospero J, Millero F, Trapp J (2015), Temporal variability of the elemental composition of African dust measured in trade wind aerosols at Barbados and Miami, *Aerosol chemistry and impacts on the ocean*, Volume 120, 71-82.
- Reiji, K., L. Bai and J. Wang. 2009. Relationships among dust outbreaks, vegetation cover, and surface soil water content on the Loess Plateau of China, 1999-2000. *Catena*, 77 (3): 292-296
- Reynolds RL, Yount JC, Reheis M, Goldstein H, Chavez P, Fulton R, Whitney J, Fuller C, Forester RM. 2007. Dust emission from wet and dry playas in the Mojave Desert, USA. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32(12): 1811-1827.
- Rivera Rivera, N.I., Gill, T.E., Bleiweiss, M.P., Hand, J.L. (2010). Source characteristics of hazardous Chihuahuan Desert dust outbreaks. *Atmospheric Environmental*, 44: 2457-2468.
- Sayer, A. M., Munchak, L. A., Hsu, N. C., Levy, R. C., Bettenhausen, C., & Jeong, M. J., 2014: MODIS Collection 6 aerosol products: Comparison between Aqua's e-Deep Blue, Dark Target, and "merged" data sets, and usage recommendations. *Journal Of Geophysical Research-Atmospheres*, 119, 965-989.
- Shamaila, Z. Wolfram, S. Yang, P. Xiaoning, Z. Hussein, O. Xiongkui, H. & Joachim, M. 2015. Effect of Dust Deposition on Stomatal Conductance and Leaf Temperature of Cotton in Northwest China. *Water*, 7, 116-131.
- Shao, Y.; Dong, C.H. (2006), A review on East Asian dust storm climate, modelling and monitoring; *Global and Planetary Change*, 52(1-4): 1-22. doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.02.011.
- Song, Z., Wang, J., Wang, S. (2007), Quantitative classification of northeast Asian dust events. *J. Geophys. Res.* 112, D04211, DOI: 10.1029/2006JD007048.
- TAN Minghong, 2016. Exploring the relationship between vegetation and dust-storm intensity (DSI) in China, *J. Geogr. Sci.* 2016, 26(4): 387-396.
- Wu J, Zhao L, Zheng Y, Lü A. 2012. Regional differences in the relationship between climatic factors, vegetation, land surface conditions, and dust weather in China's Beijing-Tianjin Sand Source Region. *Natural hazards*, 62(1): 31-44.
- Zou, X. K., & Zhai, P. M., 2004, Relationship Between Vegetation Coverage and Spring Dust Storms over Northern China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984-2012), 109(D3).



پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## مقاله پژوهشی



## تغییرات عمق اپتیکی گردوغبار در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی در زاگرس مرکزی



مهدی پوراحمد<sup>۱</sup>، مصطفی کرمپور<sup>۲\*</sup>، بهروز نصیری<sup>۳</sup>



این مقاله به صورت دسترسی باز و با لایسنس CC BY NC کپی‌رایت کاملاً قابل استفاده است.



**ارجاع به این مقاله:** پوراحمد، مهدی، کرمپور، مصطفی؛ نصیری، بهروز؛ (۱۴۰۲). تغییرات عمق اپتیکی گردوغبار در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی در زاگرس مرکزی. *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۷ (۸۵): ۱۳-۲۵.

DOI:10.22034/GP.2022.51303.2994



## چکیده

این تحقیق با هدف آشکارسازی ارتباط بین تغییرات پوشش اراضی و تغییرات شاخص عمق اپتیکی آبروسل در محدوده زاگرس میانی انجام گرفت. در این راستا از دو دسته داده‌ها که هر دوی آن‌ها از محصولات سنجنش از دوری سنجنده MODIS بود استفاده گردید. ابتدا تغییرات پوشش اراضی محدوده مورد مطالعه، با استفاده از محصول مشتق طبقه‌بندی کاربری اراضی سنجنده MODIS انجام گردید. در بخش دوم تحقیق به بررسی روندهای رخدادهای گردوغبار براساس داده‌های ایستگاهی کدهای گردوغبار ۴ ایستگاه خرم‌آباد، شهرکرد، یاسوج و آباده، اقدام گردید. علاوه بر آن نیز روند شاخص عمق اپتیکی آبروسل (AOD)، با استفاده از محصول MOD04-L2 سنجنده مودیس برای دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ بررسی گردید. نتایج نشان داد که ۶ طبقه پوشش اراضی مراعاتی، اراضی جنگلی، اراضی کشاورزی، اراضی شهری و مسکونی، اراضی بایر و نیز پهنه‌های آبی در زاگرس مرکزی وجود داشته است که در این میان طبقه جنگلی به طور سالانه حدود ۱۲۳ کیلومتر مربع (۱۲۳۰۰ هکتار) از مساحت آن کاهش پیدا کرده است. پوشش مراعاتی که عمده‌ترین پوشش محدوده مطالعاتی است نسبتاً ثابت مانده است و کاربری‌های اراضی کشاورزی روند افزایش قابل توجهی را طی کرده است و از ۷ درصد سال ۲۰۰۰ به ۹/۵ درصد در سال ۲۰۲۰ رسیده است. اراضی شهری و مسکونی نیز روند افزایشی را طی کرده بودند. اما از طرف دیگر بررسی روند سری زمانی ۲۱ ساله شاخص AOD بیانگر وجود یک روند افزایشی طی ۲۱ سال اخیر بود. از میان طبقات کاربری، دو طبقه مراعاتی و جنگلها که در واقع بیش از ۹۰ درصد از مساحت محدوده مطالعاتی را به خود اختصاص داده‌اند، ارتباط معکوسی با شاخص AOD نشان داده‌اند. و لی طبقه اراضی کشاورزی ارتباط مستقیمی با شاخص AOD داشته است. بنابراین روند کاهشی طبقه جنگلی در سطح منطقه به طور معنی‌داری با روند افزایشی AOD در سطح منطقه همراه بوده است و از طرف دیگر روند افزایش طبقه اراضی کشاورزی همراه با افزایش AOD در سطح منطقه بوده است.

## کلیدواژه‌ها

عمق اپتیکی آبروسل، شاخص AOD، گردوغبار، کاربری اراضی، زاگرس مرکزی

دریافت شده: ۱۴۰۱/۰۲/۰۸

پذیرفته شده: ۱۴۰۱/۰۷/۰۷

منتشر شده: ۱۴۰۲/۰۷/۳۰

\* نویسنده مسئول: مصطفی کرمپور

رایانامه: Karampoor.m@lu.ac.ir

۱. دانشجوی دکتری جغرافیا، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

۲. دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

۳. دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

در کنار حوادث طبیعی از قبیل زلزله، آتش‌فشان، سیل، خشک‌سالی و طوفان‌ها که از مهم‌ترین پدیده‌های آسیب‌رسان به جوامع انسانی و موجودات زنده و محیط طبیعی به شمار می‌روند و خسارات جبران‌ناپذیری از قبیل مرگ‌ومیر، نابودی سکونتگاه‌ها، از بین بردن محیط زندگی و ... به بار می‌آورند. پدیده گردوغبار نیز در جای خود باعث آسیب، مخصوصاً به محیط‌های شهری، مزارع و تأسیسات مختلف می‌گردد. این پدیده در بسیاری از مناطق جهان رخ می‌دهد، ولی آمار نشان می‌دهد که فراوانی رخداد آن‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک به مراتب بیشتر است (عباسی و همکاران، ۱۳۸۷: ۲). پدیده گردوغبار یکی از رخداد‌های محیطی می‌باشد که زمانی که سرعت باد در مناطق مستعد، از حد آستانه (۸ متر بر ثانیه) بیشتر می‌شود، بسته به زبری عناصر سطوح، رطوبت خاک، اندازه دانه، پوشش گیاهی، بافت خاک، باندهای انرژی (نشان‌دهنده چسبندگی ذرات خاک) و توپوگرافی ذرات ریز وارد جریانات اتمسفری نزدیک سطح زمین (لایه مرزی) شده و پدیده گردوغبار را ایجاد می‌نماید (شاهسونی و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۶). پدیده‌های گردوغباری نه تنها حاصل وزش باد‌های شدید که حاصل شرایط ناپایداری در الگوهای سینوپتیکی نیز می‌باشند. پدیده‌های گردوغباری یکی از ویژگی‌های بارز نواحی خشک و بیابانی می‌باشد که هر ساله پهنه‌های وسیعی از ایالات متحده آمریکا، روسیه، چین، مغولستان، ژاپن، استرالیا، عراق، روسیه، سوریه، عربستان، آفریقا، ایران و ... را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد و باعث ایجاد پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی در این نواحی می‌گردد (خوش کیش و همکاران، ۱۳۹۰: ۹۱). از جمله پیامدهای ریزگرد، بروز مشکلات زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی، بروز بیماری‌های قلبی، ریوی، آسم، بیماری‌های پوستی، مشکلات تنفسی، تشدید بیابان‌زایی و خشکسالی، افزایش شوری خاک، تصادفات ترافیکی، کاهش منابع آب، از بین رفتن زمین کشاورزی و آب‌های سطحی، آلودگی هوا، افزایش گونه‌های میکروبی باکتری، ویروس‌ها و قارچ‌ها، ایجاد بارش‌های سنگین می‌باشد (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۱: ۹۹).

مطالعات گوناگون نشان داده است که کاربری اراضی یکی از فاکتورهای مهم در وقوع طوفان‌های گردوغبار خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (ریبعی و همکاران، ۱۳۸۴: ۵۵) بافت سطح خاک، کاربری اراضی (نوع استفاده از زمین)، نوع و شدت فرسایش بادی بر گسترش گردوغبار مؤثر می‌باشند (فان و همکاران، ۲۰۰۷: ۸۷) تغییرات کاربری اراضی در مناطق مختلف به دلایل طبیعی یا انسانی صورت می‌گیرد و اثراتی را به دنبال دارد که نسبت به نوع اثرات بعضی از این تغییرات موجب افزایش آلودگی و یا برهم خوردن تعادل طبیعی منطقه می‌شود (فرج زاده و رستم زاده، ۱۳۸۶: ۴۸). در زاگرس مرکزی نیز طی دو الی سه دهه اخیر تغییرات کاربری اراضی به صورت‌های مختلف حادث شده است که یکی از نتایج این تغییرات کاربری اراضی، ایجاد کانون‌های محلی گردوغبار، در این منطقه است. کاهش مساحت اراضی جنگلی، به زیر کشت رفتن عرصه‌های مرتعی، زراعت زیر اشکوب جنگلی، توسعه عرصه‌های شهری و مسکونی در زیر اشکوب جنگل و اراضی

منابع طبیعی، چرای بیش‌ازحد دام‌ها، فعالیت‌های کشاورزی نادرست، الگوهای کشت نادرست و مبتنی بر بهره‌کشی بیش‌ازحد از زمین، همگی منجر به تغییر در ساختار کاربری اراضی شده است که یکی از مظاهر مخاطره‌آمیز و مخرب این تغییرات کاربری اراضی افزایش فراوانی رخداد‌های گردوغبار و علاوه بر آن افزایش تراکم و غلظت گردوغبار در اتمسفر نزدیک به سطح زمین در زاگرس مرکزی است. بنابراین بررسی ارتباط پوشش گیاهی با وقوع گردوغبار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

با توجه به نقش مهمی که پوشش گیاهی در حفاظت از خاک ایفا می‌کند کاهش تراکم پوشش گیاهی باعث بلند شدن خاک از زمین و پیدایش پدیده گردوغبار می‌شود. بدین ترتیب که در کوتاه‌مدت پوشش گیاهی با سایه‌اندازی و دریافت بارش علاوه بر حفظ رطوبت خاک باعث محفوظ ماندن سطح خاک در مقابل برخورد قطرات باران و کاهش سرعت باد می‌شود، در بلندمدت نیز پوشش گیاهی با افزایش پایداری خاکدانه‌ها و افزایش چسبندگی آن‌ها مانع از بلند شدن ذرات خاک در اثر وزش باد می‌شود و در نهایت از آلودگی هوا جلوگیری می‌کند (Godínez, 2009, 1001; Munson, 2011, 1228).

این مخاطره یکی از پدیده‌های متداول و در ردیف بزرگ‌ترین مشکلات جوی محیطی در مناطق نیمه بیابانی است که این امر هر ساله آثار مخربی برای ساکنان این مناطق دارد و خسارت‌های زیادی را به بخش‌های مختلف وارد می‌کند. در سال‌های اخیر آلودگی ناشی از ذرات گردوغبار به یکی از معضلات زیست‌محیطی به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه تبدیل شده است (علی‌آبادی، ۱۳۹۴: ۳). این پدیده عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک در نتیجه سرعت زیاد باد و تلاطم آن بر روی سطح خاک بدون پوشش و مستعد فرسایش به وجود می‌آید (Miller et al, 2008: 113) که اغلب باعث کاهش میدان دید به کمتر از یک کیلومتر شده و در شدیدترین حالت غلظت ذرات معلق می‌تواند حتی به بیش از ۶۰۰۰ میلی‌گرم در هر مترمکعب هوا برسد (Song et al, 2007: 112). طوفان‌های گردوغبار از پدیده‌های مخرب اقلیمی بر روی نقشه‌های سینوپتیکی بوده که متأثر از عناصر اقلیمی فشار، ابرناکی، بارندگی، رطوبت نسبی، باد، دما و تبخیر است (لشکری و کیخسروی، ۱۳۸۷: ۱۹) که همه‌ساله خسارات جبران‌ناپذیری به سلامتی انسان، مزارع، تأسیسات عمرانی و صنعتی، خطوط مواصلاتی و مراکز جمعیتی وارد می‌کند؛ اما در صورت شناخت منشأ، سازوکار تکوین، نحوه گسترش و ارتباط آن با الگوهای گردش اتمسفری، می‌توان تا حدودی از آسیب‌های آن کاست و یا با آن مقابله نمود (Shao & Dong, 2006: 2). همچنین اثرات محیطی گرد و غبار شامل فرسایش خاک، رسوب گذاری، انتقال حشره کش‌ها و دیگر مواد، خطرناک است. فرسایش خاک بزرگ‌ترین تهدید برای تولید محصولات کشاورزی است، که به علت از بین رفتن مواد مغذی لایه سطحی می‌باشد. ذرات گرد و غبار اتمسفری در پی ممانعت از رسیدن نور خورشید به زمین ۳۰-۵٪ محصولات کشاورزی را، کاهش می‌دهند. کاهش رشد گیاهان و عدم رشد برگ، از پیامدهای مشهود گرد و غبار است. ذرات گرد و غبار معدنی بر تشکیل ابرها، خصوصیات ابرها و میزان



مغولستان در طول سال‌های ۱۹۷۴-۲۰۰۷ با استفاده از داده‌های هواشناسی، میدان دید، شاخص NDVI پرداختند، نتایج نشان داد که گردوغبار در مغولستان و شمال مغولستان در طول ۱۹۹۸-۲۰۰۷ افزایش یافته که این روند افزایشی ناشی از تخریب پوشش گیاهی، کاهش سطح رطوبت خاک مرتبط با تشدید شرایط خشکسالی پس از اواسط ۱۹۹۰ بود. لی و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۱۲) با استفاده از سنجش‌ازدور به بررسی خصوصیات ژئومورفیکی و پوشش سطح زمین مناطق تولید گردوغبار در غرب تگزاس و شرق نیومکزیکو در امریکا پرداختند. برای انجام این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه کاربری اراضی و بازدید میدانی استفاده شد. نتایج حاکی از آن است که زمینه‌ای کشاورزی رها شده با ۵۷ درصد، بیشترین مناطق منشأ گردوغبار را تشکیل می‌دهند. وو و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۱۲) به بررسی عوامل اقلیمی، پوشش گیاهی، شرایط سطح زمین و ارتباط آن‌ها با گردوغبار و خشکسالی در مرکز فلات تبت با استفاده از روش آماری در طی چند سال گذشته پرداخته‌اند و به این نتیجه دست یافتند که از دهه ۱۹۶۰ به بعد، هوا شروع به گرم‌تر شدن کرده است، خشکسالی‌های متعددی در منطقه به وقوع پیوسته است و در نتیجه تعداد وقوع گردوغبار افزایش پیدا کرده است. شامایلا و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۵) بر روی اثر گردوغبار بر روی گیاه پنبه در شمال غرب چین نشان داد که ۲۱ درصد عملکرد و ۹۶ درصد هدایت روزنه نمونه دارای گردوغبار نسبت به نمونه بدون گردوغبار، کاهش پیدا کرده است؛ که این نتیجه بیانگر این موضوع است که روزنه‌های بالایی برگ توسط گردوغبار مسدود شده است. تان و لی<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۵) به مطالعه تأثیر افزایش سطح پوشش گیاهی در کنترل پدیده ریزگرد در شمال چین با استفاده از تصاویر NOAA و مقدار شاخص گیاهی نرمال شده در دو منطقه مدیریت شده و نشده پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که مقدار شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده در منطقه مدیریت شده بیشتر بوده و مقدار پارامترهای ریزگردها به‌صورت معنی‌داری کاهش داشته است. پراسپرو<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۵) در بررسی کلی گردوغبار در جهان نشان دادند که افزایش گردوغبار وابسته به سرعت باد، ویژگی‌های سطح زمین مانند بافت خاک، رطوبت خاک، پوشش گیاهی می‌باشد و سرعت بالای باد باعث افزایش آستانه انتقال ذرات گردوغبار به اتمسفر می‌شود. تان<sup>۱۳</sup> (۲۰۱۶) به مطالعه رابطه بین پوشش گیاهی و شدت گردوغبار طوفان (DSI) در چین پرداخت نتایج رگرسیون چندگانه نشان داد که رابطه بین تغییرات پوشش گیاهی و گردوغبار از منطقه معتدل مرطوب (SHTZ) تا منطقه معتدل خشک (DTZ) ضعیف‌تر می‌شود، زیرا میانگین شاخص‌های گیاهی در منطقه کاهش یافته است. عبدالرحمن و همکاران<sup>۱۴</sup> (۲۰۱۷)، تأثیر تغییرات کاربری اراضی را بر خاک‌های کشاورزی در شمال کانال سوئز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی کردند. تبدیل خاکهای حاصلخیز به شهر، به علت ترویج شهری از نتایج این مطالعه بود.

بارش‌های جوی تأثیر گذار هستند (دل انگیزان و جعفری مطلق، ۱۳۹۱: ۶۶). بنابراین با شناخت دقیق سازو کار منشا گرد و غبارهای زاگرس مرکزی که از مناطق مهم منابع طبیعی و جنگلی و سرچشمه رودهای مهم و پرآب ایران می‌باشد می‌توان تا حدودی از آسیب به این منطقه جلوگیری نمود. چون که با گرد و خاک مراتع نیز کم‌کم به نابودی کشیده شده و در پی آن نیز فرسایش خاک رخ خواهد داد و دامنه این تخریب‌ها گسترده‌تر شده و در آینده خود منبعی برای کانون‌های جدید خواهد بود. در نتیجه افزایش گرد و خاک سلامتی ساکنین این مناطق و دیگر مناطق به خطر خواهد افتاد.

در سطح بین‌الملل زوو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۴) به بررسی رابطه بین پوشش گیاهی و طوفان‌های گردوغبار بهاری بر فراز شمال چین پرداختند نتایج نشان می‌دهد که پوشش گیاهی ضعیف در شمال چین یکی از عوامل مهم برای وقوع مکرر طوفان‌های گردوغبار بهاری است و بیشترین فراوانی وقوع روزهای گردوغباری مربوط به مناطقی است که سطح پوشش گیاهی کمتری را دارند. کاهش شدید پوشش گیاهی بهاری در سال‌های اخیر یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد طوفان‌های مکرر گردوغبار بهاری در شمال چین به‌طور خاص در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ است. کوروساکی و میکامی<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) در منطقه شرق آسیا به بررسی وقوع گردوغبار و ارتباط آن با سطح باد پرداختند. آن‌ها در طی این پژوهش به این نتیجه رسیدند که افزایش سرعت باد و کاهش پوشش گیاهی در منطقه موجب افزایش تعداد وقوع گردوخاک شده است. دودانگه و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۶) در بررسی پدیده گردوغباری در شرق آسیا بیان کرده‌اند که فراوانی توفان‌های گردوغباری در شمال چین مرتبط با اغتشاش‌های هوایی است و تغییرات پوشش سطح زمین و گرمایش جهانی در فراوانی رخداد توفان‌های گردوغباری نقش مؤثری ایفا می‌کنند. رینالدز و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۷) به مطالعه ارتباط بین انتشار گردوغبار با پوشش گیاهی پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که با افزایش انتشار گردوغبار خصوصیات سطحی از جمله پوشش گیاهی و رطوبت خاک کاهش پیدا کرده است. ریچی و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۹) به مطالعه روابط بین وقوع طوفان‌های گردوغبار، پوشش گیاهی و میزان سطح آب خاک در فلات چین، ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۰ پرداختند نتایج نشان داد در مناطقی با شاخص پوشش گیاهی نرمال شده کمتر از ۰/۲ باد با سرعتی حتی کمتر از حد آستانه ذرات خاک را به‌راحتی از زمین بلند می‌کند. ریورا و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۱۰) به بررسی خصوصیات کانون‌های برداشت گردوغبار در بیابان چیچواهون در آمریکا و نقشه کاربری اراضی انجام شد. نتایج نشان داد که کانون‌های MODIS پرداختند. این تحقیق با استفاده از تصاویر برداشت تشخیص داده شده در مناطق کشاورزی رها شده، دشت‌های سیلابی، تپه‌های ماسه‌ای و مناطق بدون پوشش گیاهی واقع شده‌اند. لی و شون<sup>۷</sup> (۲۰۱۱) به بررسی تغییرات بین سالانه وقوع گردوغبار و روند موجود در حوادث گردوغبار در چین و

8 Lee et al  
9 Wu  
10 Shamaila et al  
11 Tan and Li  
12 Prospero  
13 TAN  
14 AbdelRahman

1 Zou et al  
2 Kurosaki & Mikami  
3 Dodangeh et al  
4 Reynolds et al  
5 Reiji et al  
6 Rivera et al  
7 Lee & Sohn

(۱۳۹۸) به بررسی خود تحت عنوان اثر اقلیم بر حیات وحش حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از روش INVEST پرداخت. نتایج تحقیق نشان داد که با خشک شدن دریاچه ارومیه بیابان‌زایی در دشت شبستر افزایش یافته و کانون‌های ریزگرد متناسب با بستر دریاچه ارومیه بر زیستگاه‌های حیات وحش به‌ویژه پرندگان اثر مستقیم داشته و شرایط را برای گونه‌های رأس هرمی محدود ساخته است. فروغی فر و دشتی (۱۳۹۹) تغییرات کاربری اراضی شهرستان شوش را با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست و سنجنده های TM، OLI و MSS بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین کاهش مساحت برای زمین های بدون پوشش و به میزان ۴۹۰۷۸ هکتار و بیشترین افزایش برای اراضی کشاورزی و به میزان ۵۲۶۹۱ هکتار بوده که نشان دهنده تغییر کاربری اراضی بدون پوشش به اراضی کشاورزی است. احمدی و همکاران (۱۴۰۱)، تاثیر کاربری اراضی و پوشش گیاهی را با استفاده از تصاویر سنجنده ETM و OLI استفاده گردید. نتایج به دست آمده نشان می دهد که تغییرات مساحت کاربری‌ها در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ مساحت کاربری‌های محدوده ساخته شده، کشاورزی و باغات افزایش یافته و مساحت اراضی بایر و مراتع کاهش پیدا کرده است. پوشش گیاهی مصنوعی در مجموع روند افزایش داشته و زمین‌های مرتعی روند کاهشی را نشان می دهد.

از بررسی پیشینه تحقیق روشن شد که تحلیل و آشکارسازی ارتباط بین توزیع زمانی و مکانی آبروسل ها با طبقات مختلف پوشش اراضی و استخراج الگومندی بین طبقات پوشش اراضی و غلظت گردوغبار رویکرد جدیدی است که در پیشینه تحقیق چنین رویکردی مشاهده نگردید.

آگاهی از وضعیت پوشش گیاهی، تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین در هر منطقه و روند تغییرات زمانی و مکانی آن‌ها در طول زمان برای برنامه‌ریزی‌های خرد و کلان از اهمیت زیادی برخوردار است. جهت استفاده بهینه از زمین، آگاهی از تغییرات کاربری اراضی ضروری می باشد که این امر معمولا با آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی امکان‌پذیر می‌گردد. سنجش‌ازدور نقش بسیار مهمی در مطالعات منابع طبیعی بخصوص پوشش گیاهی، دمای سطح و تغییرات کاربری در هر مکان و همچنین داشتن قابلیت در دسترس بودن اطلاعات برای زمان‌های مختلف تکنیک‌های ارزشمندی را برای مطالعات و محققین فراهم کرده است. این تحقیق نیز بدنبال بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی و بدنبال آن از بین رفتن پوشش های منطقه زاگرس مرکزی به عنوان سرچشمه روهای بزرگ و زیستگاه گونه های بزرگ گیاهی و جانوری خصوصا جنگل های بلوط ایران است؛ چراکه با از بین رفتن این زیستگاه ارزشمند، که میلیون ها سال برای بوجود آمدن آنها زمان سپری شده است به تدریج کانونهای گرد و غبار پدیدار خواهد شد و این زیستگاه با ارزش در آستانه نابودی و زوال خواهد رفت.

## روش

### موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این تحقیق در شکل (۱) ارائه شده است. همانطور که در این شکل دیده می شود، محدوده مورد مطالعه این تحقیق از استان لرستان شروع شده و شامل بخش هایی از استان ایلام و شمال شرق خوزستان، دو

در ایران نیز موسیوند (۱۳۹۲) به بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین بر فعالیت‌های طوفان‌های گردوغبار در شمال عراق پرداخت نتایج به دست آمده حاکی از رشد اراضی بایر و کاهش شدید اراضی مرتعی در طی دوره مطالعاتی در این تحقیق بوده است. طهماسبی بیرگانی (۱۳۹۲) به مطالعه علل وقوع و تشدید پدیده گردوغبار با تأکید بر منابع آب و تغییر کاربری اراضی پرداختند نتایج این تحقیق نشان داد که طرح‌های ساخت ۱۴ سد بر روی رودخانه فرات و ۸ سد بر روی رودخانه دجله توسط کشور ترکیه باعث کمبود آب و رها شدن اراضی کشاورزی پایین دست در عراق گردیده است و نشان داد یکی از مهم‌ترین دلایل تولید گردوغبار در منطقه کمبود آب و تغییر کاربری اراضی کشاورزی دایر به رها شده می‌باشد. بیات و همکاران (۱۳۹۵) به مطالعه تأثیر ریزگردها بر تغییرات پوشش گیاهی در تالاب شادگان خوزستان پرداختند نتایج این مطالعه بیانگر کاهش ۷/۳۶ درصدی سطح پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ بود. بیشترین و کمترین سطح آب ۲۵/۶۷ و ۱۹/۷۲ درصد به ترتیب مربوط به سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۰ و بیشترین و کمترین سطح پوشش گیاهی ۳۱/۲۱ و ۱۷/۲۷ درصد به ترتیب مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۴ بوده است. همچنین با افزایش طوفان‌های گردوغبار بعد از سال ۲۰۰۲ غلظت سالانه ریزگردها ضریب تبیین بالایی با شاخص NDVI داشت. کرم و همکاران (۱۳۹۶) به آشکارسازی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر توزیع فضایی گردوغبار در شمال غرب ایران پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که طی دوره مورد بررسی دو کاربری زمین‌های بایر و مراتع به ترتیب کاهشی برابر با ۳۵ درصد و ۱۱ درصد را داشته‌اند بیشترین افزایش کاربری‌ها مربوط به نواحی کویری و شوره‌زارها می‌باشد که طی ۱۷ سال رشدی برابر با ۹۵ درصد نسبت به سال ۲۰۰۰ داشته‌اند. توزیع فضایی گردوغبار بر روی کاربری‌های زمین‌های شوره‌زارها و نواحی کویری در هر دو سال بالا بوده است. پورهایمی و همکاران (۱۳۹۷) به مطالعه تعیین ویژگی‌های ژئومورفولوژی و کاربری اراضی کانون‌های برداشت گردوغبار خراسان رضوی پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین تعداد کانون‌های برداشت گردوغبار در کاربری مراتع ضعیف و اراضی دیم رخ داده که حدود ۳۵/۳ درصد از مساحت کل منطقه را در بر گرفته‌اند. کریمی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی تغییرات پوشش گیاهی در کانون‌های داخلی و خارجی ریزگردها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس در استان کرمانشاه پرداختند نتایج نشان داد که در سال ۲۰۰۶ مساحت کلاسه پوشش گیاهی خوب در کانون‌های داخلی و خارجی به ترتیب ۲۸/۲۵ و ۱/۸ درصد بوده اما در سال ۲۰۱۵ مساحت این کلاسه در کانون خارجی ۰/۸۷ درصد و داخلی ۱۸/۶۲ درصد کاهش یافته است که در مهار ریزگردها منطقه را با مشکلاتی روبرو کرده است. سهرابی و همکاران (۱۳۹۷) به مطالعه تحلیل کمی بازخورد پوشش گیاهی بر وقوع گردوغبار در اکوسیستم‌های مناطق خشک (اصفهان) پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد وقوع گردوغبار مربوط به شرق و مرکز استان و کمترین مربوط به بخش‌های دیگر استان است. پوشش گیاهی نیز در طی دوره مورد مطالعه در شرق و مرکز استان کمترین مقدار بوده است. مقدار NDVI نیز در سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۵ کمترین مقدار بوده و بین ۰/۶۹ تا ۰/۱۹- تغییر داشته است. محمدی



جدول (۱). داده‌های مورداستفاده در تحقیق

دوره آماری	منبع	شاخص	نوع داده	داده اصلی
۲۰۰۰-۲۰۲۰	Meteorological Station	ایستگاهی	فرآوانی رخداد	گردوغبار
۲۰۰۰-۲۰۲۰	MODIS AOD(550 nm) (MOD04)	AOD	شدت گردوغبار	محصول
۲۰۰۰-۲۰۱۹	MODIS-WEB	MODIS	لندکاوری سنجنده مودیس	داده‌های کاربری اراضی

### آشکارسازی روند

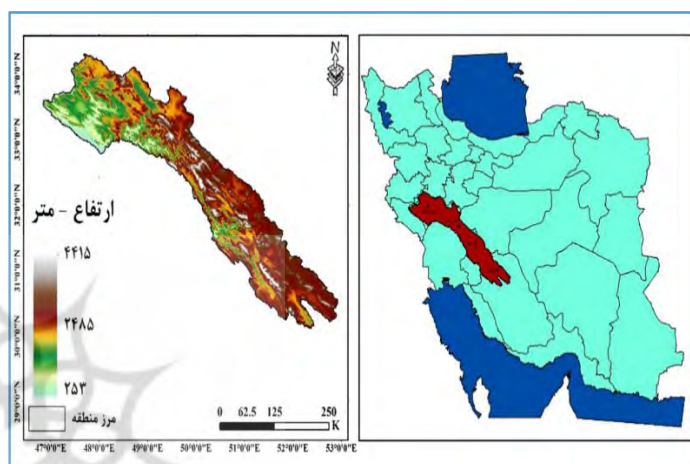
برای بررسی اینکه آیا وضعیت شدت و فرآوانی گردوغبار و نیز تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی در سطح زاگرس میانی طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹، تغییرات معنی‌داری داشته است یا خیر، از آزمون ناپارامتریک تحلیل روند شیب Sen's Slope Estimator و تست ناپارامتریک Mann-Kendal استفاده خواهد شد. تخمینگر شیب Sen، یک روش ناپارامتریک است (Fernandes, 2005) که در آن جهت محاسبه شیب خط روند یعنی  $Q$ ، ابتدا بایستی شیب بین هر جفت داده مشاهداتی، با استفاده از معادله رابطه (۱) محاسبه گردد.

$$Q_i = \frac{x_i - x_k}{k - i} \quad \text{رابطه (۱)}$$

### شاخص عمق اپتیکی آئروسول‌ها (AOD)

یکی از شناخته‌شده‌ترین شاخص‌ها در زمینه پایش ریزگردهای معلق در هوا، شاخص عمق اپتیکی آئروسول‌ها در هوا است که (AOD) نامیده می‌شود که یکی از محصولات سنجنده MODIS می‌باشد (Levy, et al., 2014). محصول (MOD04(MODIS AOD(550 nm) با رزولوشن فضایی ۱۰ کیلومتر از پایگاه اطلاعاتی این سنجنده<sup>۱</sup> دریافت شد (Levy, et al., 2013). عمق اپتیکی آئروسول‌ها معمولاً با افزایش طول موج کاهش می‌یابد و بنابراین مقدار آن در تابش‌های طول موج بلند بسیار کمتر از تابش‌های طول موج کوتاه می‌باشد (Sayer, et al., 2014). محصول AOD سنجنده‌ی MODIS مشخص می‌کند که چه مقدار از پرتو نور پس از عبور از ستونی از جو زمین توسط ذرات گردوغبار و آئروسول‌های موجود در مسیر، تضعیف می‌شود (King et al., 2013). عمق اپتیکی کمتر از ۰/۱ نشان دهنده‌ی هوای صاف و عمق اپتیکی بیشتر از ۴ بیانگر حضور حجم متریکی از هواویزه‌ها است که مانع از رسیدن نور خورشید حتی در میانه‌ی روز به سطح زمین می‌شوند (Baum, et al., 2012). همچنین AOD کمیتی بی بعد بوده و عبارت است از میزان جلوگیری از

استان چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد، بخش‌های محدودی از شمال غرب استان اصفهان و نیز بخش‌هایی از شمال غرب استان فارس می‌شود. این محدوده به صورت نوار نسبتاً باریکی با جهت شمال غربی جنوب شرقی از محدوده ۲۹.۳۰ تا ۳۴.۱۰ درجه عرض شمالی امتداد دارد. دامنه ارتفاعی در سطح منطقه از ۲۵۳ متر در بخش‌هایی از جنوب استان لرستان از جمله شهرستان پلدختر تا بیش از ۴۴۰۰ متر ارتفاعات اشترانکوه و زردکوه متفاوت است. مساحت این منطقه حدود سه میلیون و یکصد هزار هکتار (۳۱۰۰۰ کیلومتر مربع) یعنی ۲ درصد از خاک کشور ایران است که اغلب آن را جنگل‌ها بخصوص جنگل‌های بلوط و مراتع فرا گرفته است (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۹).



شکل ۳-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی

### داده‌ها

در این تحقیق در راستای هدف و ضرورت تحقیق از دو دسته از داده‌ها استفاده شده است. دسته اول داده‌های مربوط به وضعیت سالانه کاربری، پوشش اراضی بود که از محصولات سنجنش از دوری ماهواره مودیس برای دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰ استفاده می‌شود. از طرف دیگر داده‌های مربوط به پایش و بررسی گردوغبار از دو منبع اخذ گردید. دسته اول داده‌های مربوط به شاخص تراکم آئروسول یا عمق اپتیکی آئروسول بود که از محصول AOD سنجنده مودیس استفاده خواهد شد. دسته دوم فرآوانی رخدادهای گردوغبار بود که میانگین فرآوانی ماهانه و سالانه کدهای گردوغبار ۴ ایستگاه سینوپتیک محدوده مورد مطالعه یعنی ایستگاه خرم آباد، یاسوج، شهرکرد و آباده مورد استفاده می‌گیرد. جدول (۱).

1 <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/missions-and-measurements/science-domain/aerosol>

شکل ۱-۴- توزیع فضایی طبقات پوشش اراضی در سطح منطقه مورد مطالعه (زاگرس میانی) مستخرج از طبقات لندکاور محصول MCD12Q1 سنجنده مودیس

مراعات یکی دیگر از کاربری های عمده منطقه به شمار میروند که توزیع فضایی آن ها در سطح منطقه مورد مطالعه در بخش های مرکزی منطقه به ویژه شرق استان لرستان، بخش های شمالی استان چهارمحال و بختیاری دیده می شود. این اراضی مساحتی در حدود ۳۳ هزار هکتار از سطح منطقه را به خود اختصاص داده است که تقریباً ۵۰ درصد از مساحت کل منطقه است. بنابراین میتوان گفت که مراعات اصلی ترین و گسترده ترین پوشش اراضی محدوده مورد مطالعه میباشد. سومین پوشش اراضی عمده در سطح منطقه مورد مطالعه پوشش اراضی کشاورزی است. اراضی کشاورزی در سطح محدوده شامل اراضی دیم و آبی میباشد. این اراضی در سطح محدوده مورد مطالعه مساحتی در حدود ۱۰ درصد از کل منطقه را که برابر ۵۷۰۰ کیلومتر مربع است را به خود اختصاص داده است. در نهایت سه کاربری دیگر شامل اراضی شهری و مسکونی با مساحت ۳۳۰ کیلومتر مربع (مساحت سال ۲۰۲۰ پهنه های شهر و روستایی موجود در منطقه)، اراضی بایر با مساحت ۱۲۳ کیلومتر مربع، و پهنه های آبی با مساحت ۳۱ کیلومتر مربع، در سطح منطقه دیده می شود که این سه کاربری به طور کلی کمتر از ۳ درصد از مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است (جدول ۱-۴).

جدول ۱-۴- مساحت و درصد مساحت طبقات پوشش اراضی در سطح منطقه مورد مطالعه (زاگرس میانی) مستخرج از طبقات لندکاور محصول

MCD12Q1 سنجنده مودیس		
نوع کاربری	مساحت-کیلومتر مربع	درصد مساحت
جنگل	۲۳۱۳۷	۰.۳۹
مراعات	۳۳۰۰۶	۰.۵۱
اراضی کشاورزی	۵۷۰۰	۰.۹
عرصه های شهری و مسکونی	۳۲۹	۰.۰۱
اراضی بایر	۱۲۳	۰.۰۰
پهنه های آبی	۳۱	۰.۰۰

### آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی

در شکل ۹-۴ نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ ارائه شده است. این نقشه کاربری اراضی مبتنی بر داده های ماهواره سنجنش از دوری MODIS با رزولوشن فضایی ۵۰۰ متر است که با استفاده از محصول MCD11Q1 به دست آمده است. همانطور که در این شکل مشاهده می شود، در بخش های مرکزی محدوده به ویژه بخش های شرقی استان لرستان، بخش های وسیعی از استان چهارمحال و بختیاری و بخش های جنوبی استان اصفهان دیده می شود. در این بخش ها که از اقلیم نسبتاً سرد و پربارشی برخوردار است، مراعات متوسط تا غنی دیده می شود. این کاربری در سال ۲۰۰۰، مساحتی در حدود ۳۴۳۴۷ کیلومتر مربع که برابر ۵۵ درصد از مساحت کل منطقه زاگرس

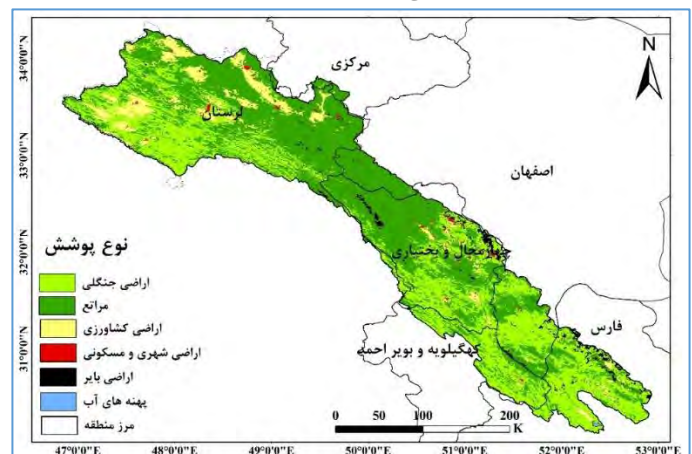
گذر پرتو نور در جوبه خاطر جذب و پراکنش ناشی از وجود هواپیزها در مسیر عبور نور (Sayer, et al., 2014)، پارامتر AOD به صورت انتگرال ضریب تضعیف نوری هواپیزه ها تعریف می شود که در رابطه (۲) ارائه شده است:

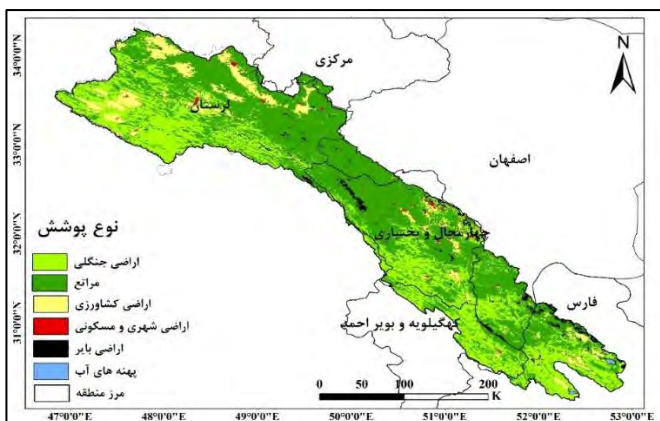
$$AOD = \int_0^{\infty} (\sigma_{ext}) dz \quad \text{رابطه (۲)}$$

### نتایج

#### تحلیل وضعیت پوشش اراضی در سطح منطقه

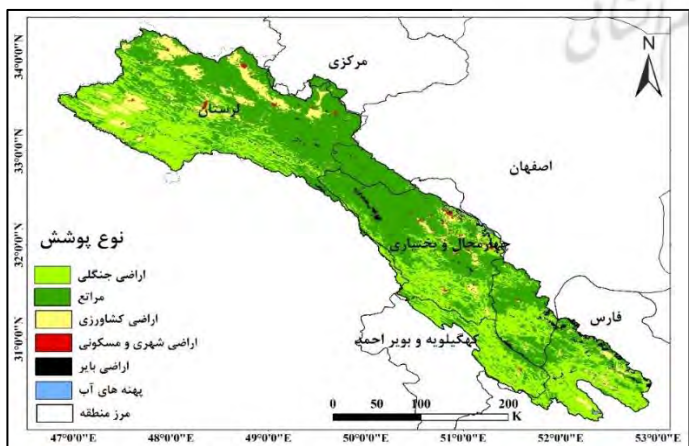
قبل از بررسی و تحلیل روند طبقات پوشش اراضی در سطح منطقه مورد مطالعه لازم است که وضعیت پوشش اراضی به صورت کلی و متوسط مشخص گردد. در همین راستا از محصول MCD12Q1 سنجنده مودیس که یک محصول مشتق پوشش اراضی است برای استخراج وضعیت متوسط پوشش اراضی در سطح منطقه استفاده شد. این وضعیت پوشش اراضی از موزایک سازی ۲ بلوک تصویری سنجنده مودیس شامل H21V05 و H22V05، که کل زاگرس میانی را پوشش می دهد، به دست آمد. نتایج به صورت نقشه شکل ۱-۴ ارائه شده است. همانطور که در این شکل مشاهده میگردد، در سطح منطقه مورد مطالعه ۶ طبقه پوشش اراضی اصلی دیده می شود که شامل اراضی جنگلی، اراضی مرتعی، اراضی کشاورزی دیم و آبی، اراضی بایر، اراضی شهری و مسکونی، و پهنه های آبی است. گونه پوشش جنگلی عمده منطقه از نوع جنگل های بلوط ایرانی است که در استان های لرستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد، شمال شرق خوزستان، بخش هایی از کردستان و کرمانشاه، بخش هایی از استان فارس نیز با تراکم های مختلف دیده می شود. مساحت اراضی جنگلی در سطح منطقه همانطور که در جدول ۱-۴- دیده می شود، حدود ۲۳ هزار کیلومتر مربع بوده است (میانگین دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰)، را به خود اختصاص داده است که بیشترین تراکم این پوشش در بخش های شمالی و بخش های جنوبی منطقه مورد مطالعه یعنی جنوب و جنوب غرب استان لرستان و استان های چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و بخش های شمالی استان فارس دیده می شود. این پوشش اراضی به طور متوسط حدود ۳۹ درصد از کل پوشش منطقه را به خود اختصاص داده است و براین اساس یکی از اصلی ترین و عمده ترین پوشش اراضی عمده منطقه به شمار میرود.





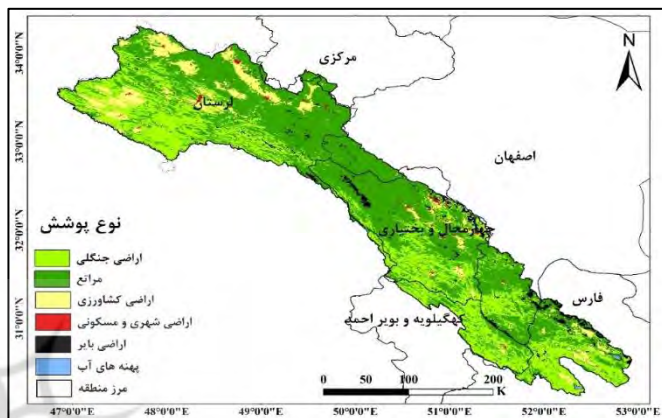
شکل ۴-۱۰- توزیع فضایی طبقات پوشش اراضی سال ۲۰۰۵ در سطح منطقه مورد مطالعه (زاگرس میانی) مستخرج از طبقات لندکاور محصول MCD12Q1 سنجنده مودیس

همانطور که در شکل ۴-۱۱ مشاهده می‌شود، در سال ۲۰۱۰ نیز الگوی توزیع فضایی طبقات کاربری تغییر قابل توجهی نداشته است. طبقه پوشش مراتع شامل مرتع غنی تا فقیر پوشش عمده و اصلی محدوده بوده است در برگرفته. اراضی جنگلی در بخش‌های وسیعی از منطقه مطالعاتی بصورت پراکنده در جنوب استان لرستان، جنوب چهارمحال و بختیاری و بخش‌هایی از شمال استان فارس و همچنین کهگیلویه و بویر احمد مشاهده می‌شود و مساحتی در حدود ۲۲۳۰۲ کیلومتر مربع که برابر ۳۵ درصد از مساحت کل منطقه زاگرس مرکزی است. اراضی کشاورزی (اعم از زراعت آبی، دیم و باغداری) در بخش‌های شمالی و جنوبی منطقه مطالعاتی زاگرس مرکزی دیده می‌شود. پهنه‌های آبی در بخش‌های جنوبی منطقه مطالعاتی یعنی در استان فارس دیده می‌شود. پهنه‌های کشاورزی شامل اراضی زراعی دیم و آبی در دشت‌های شمالی و شمال شرق استان لرستان از جمله دشت‌های سیلاخور شهرستان بروجرد، دشت کوه‌دشت، بخش‌هایی از خرم‌آباد، بخش‌هایی از استان فارس و چهارمحال بختیاری دیده می‌شود. این پوشش اراضی در سال ۲۰۱۰، مساحتی در حدود ۴۷۶۰ کیلومتر مربع از سطح منطقه مورد نظر را در بر گرفته است.



شکل ۴-۱۱- توزیع فضایی طبقات پوشش اراضی سال ۲۰۱۰ در سطح منطقه مورد مطالعه (زاگرس میانی) مستخرج از طبقات لندکاور محصول MCD12Q1 سنجنده مودیس

مرکزی است (جدول ۴-۲ و ۴-۳) را در برگرفته است. اراضی جنگلی در بخش‌های وسیعی از منطقه مطالعاتی بصورت پراکنده در جنوب استان لرستان، جنوب چهارمحال و بختیاری و بخش‌هایی از شمال استان فارس و همچنین کهگیلویه و بویر احمد مشاهده می‌شود که مساحتی در حدود ۲۳۰۷۷ کیلومتر مربع (۳۲ درصد از مساحت کل منطقه زاگرس مرکزی) را در بر می‌گیرد. اراضی کشاورزی (اعم از زراعت آبی، دیم و باغداری) در بخش‌های شمالی و جنوبی منطقه مطالعاتی زاگرس مرکزی دیده می‌شود. پهنه‌های آبی در بخش‌های جنوبی منطقه مطالعاتی یعنی در استان فارس دیده می‌شود.



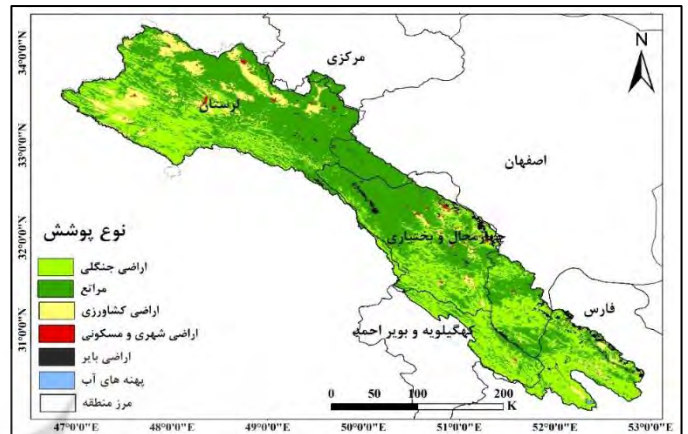
شکل ۴-۹- توزیع فضایی طبقات پوشش اراضی سال ۲۰۰۰ در سطح منطقه مورد مطالعه (زاگرس میانی) مستخرج از طبقات لندکاور محصول MCD12Q1 سنجنده مودیس

شکل ۴-۱۰ نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه طی سال ۲۰۰۵ را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، الگوی توزیع فضایی کاربری‌ها مشابه سال ۲۰۰۰ است، بخش‌های مرکزی محدوده مورد مطالعه که شامل بخش‌های شرقی و شمال شرق استان لرستان، بخش‌های وسیعی از استان چهارمحال و بختیاری و جنوب استان اصفهان، عموماً کاربری اراضی مراتع متوسط تا غنی است. این کاربری در سال ۲۰۰۵، مساحتی در حدود ۳۳۷۵۹ کیلومتر مربع که برابر ۵۴ درصد از مساحت کل منطقه زاگرس مرکزی است (جدول ۴-۲ و ۴-۳) را در برگرفته است. اراضی جنگلی در بخش‌های وسیعی از منطقه مطالعاتی بصورت پراکنده در جنوب استان لرستان، جنوب چهارمحال و بختیاری و بخش‌هایی از شمال استان فارس و همچنین کهگیلویه و بویر احمد مشاهده می‌شود و مساحتی در حدود ۲۴۲۳۲ کیلومتر مربع که برابر ۳۲ درصد از مساحت کل منطقه زاگرس مرکزی است. اراضی کشاورزی (اعم از زراعت آبی، دیم و باغداری) در بخش‌های شمالی و جنوبی منطقه مطالعاتی زاگرس مرکزی دیده می‌شود. پهنه‌های آبی در بخش‌های جنوبی منطقه مطالعاتی یعنی در استان فارس دیده می‌شود.



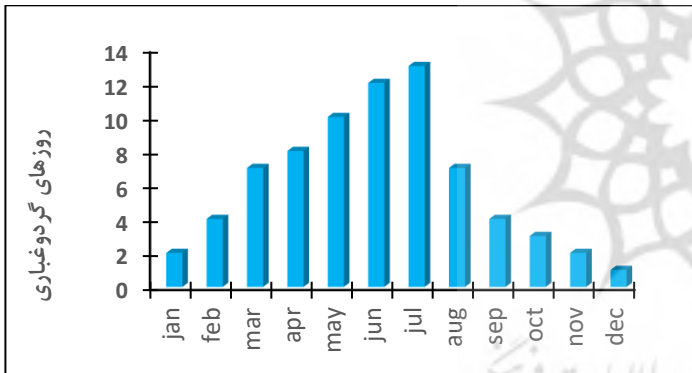
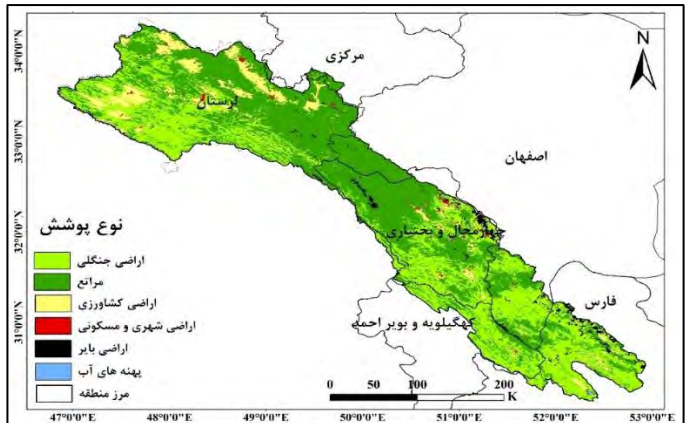
شکل ۴-۱۳- توزیع فضایی طبقات پوشش اراضی سال ۲۰۲۰ در سطح منطقه مورد مطالعه (زاگرس میانی) مستخرج از طبقات لندکاور محصول MCD12Q1 سنجنده مودیس

در شکل ۴-۱۲ نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ ارائه شده است. الگوی توزیع فضایی پوشش ها به همان صورت مانده است، اما به لحاظ تغییرات کمی که در پوشش ها نسبت به دوره های قبل رخ داده است، نتایج در جدول ۴-۳ و ۴-۴ ارائه شده است. در این سال نیز مراتع کاربری اصلی محدوده بوده است که مساحتی در حدود ۵۳ درصد از کل محدوده را پوشش داده است. سهم اراضی زراعی و کشاورزی در این سال به ۹ درصد از کل محدوده رسیده است که نسبت به دوره های قبل افزایشی ۱ درصدی نشان داده است.



شکل ۴-۱۲- توزیع فضایی طبقات پوشش اراضی سال ۲۰۱۵ در سطح منطقه مورد مطالعه (زاگرس میانی) مستخرج از طبقات لندکاور محصول MCD12Q1 سنجنده مودیس

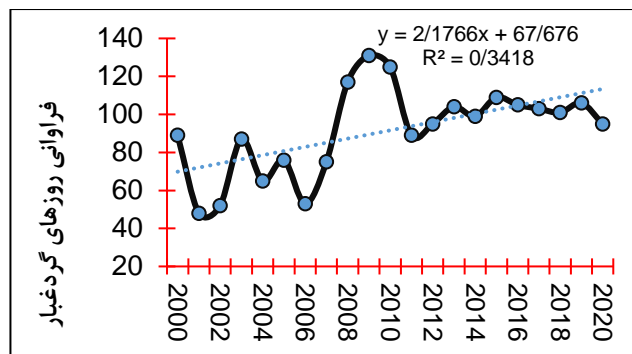
در شکل ۴-۱۳ نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۰ ارائه شده است. در این سال نیز الگوی توزیع فضایی پوشش اراضی تغییرات قابل توجهی نسبت به دوره های قبل از خود نشان نداده است. پوشش جنگلی منطقه به ۲۱۱۴۰ کیلومتر مربع که برابر ۳۳ درصد از سطح منطقه است رسیده است که از این لحاظ، این پوشش طی دوره ۲۱ ساله مورد بررسی به حداقل مساحت خود رسیده است. مراتع نیز در این سال با یک افزایش ناچیز نسبت به سال ۲۰۱۵ مواجه بوده است و مساحت آن به ۳۴۵۰۰ کیلومتر مربع در سطح محدوده رسیده است. اراضی کشاورزی شامل اراضی زراعی دم و آبی در این سال به مساحتی ۵۳۹۰ کیلومتر مربع که برابر ۹ درصد از مساحت منطقه است، رسیده است و این پوشش در سال ۲۰۲۰ به بیشترین مساحت خود در طی دوره مورد بررسی رسیده است.



شکل ۱۴- فراوانی ماهانه رخدادهای گردوغبار کلی میانگین ۴ ایستگاه محدوده مورد مطالعه طی دوره آماری ۲۰۲۰-۲۰۰۰

اما اگر فراوانی سالانه رخدادهای گردوغباری ثبت شده را در سطح محدوده مورد مطالعه بررسی شود، (میانگین ۴ ایستگاه سینوپتیک خرم آباد، شهرکرد، یاسوج و آباده)، یک روند افزایشی توأم با نوسان در فراوانی تعداد رخدادها در گردوغبار در سطح منطقه دیده می شود میانگین روزهای گرد و غباری در منطقه مورد مطالعه طی دوره مورد بررسی ۹۰ روز بوده است. در طول دوره آماری مورد بررسی بالاترین تعداد روزهای گردوغباری مربوط به دو سال ۲۰۱۰ و ۲۰۰۹ با به ترتیب با میانگین سالانه ۱۲۵ و ۱۳۱ روز می باشد و کمترین تعداد روزهای گردوغباری در سال ۲۰۰۱ با میانگین سالانه ۴۸ روز رخ داده است.

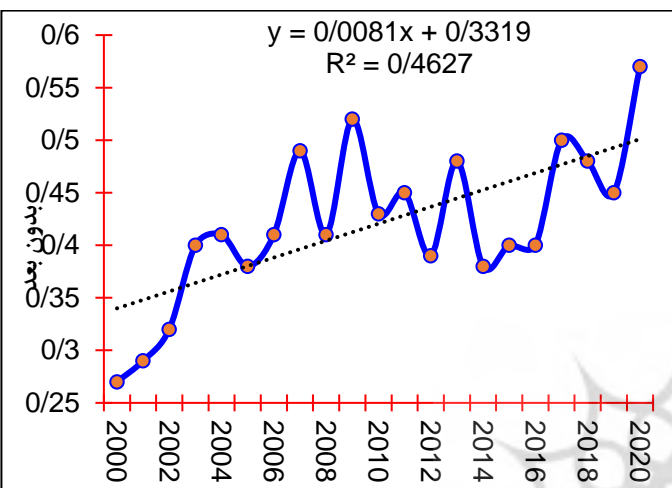
بررسی شاخص بدون بعد عمق اپتیکی آبروسل از روی تصاویر سالانه MOD04 سنجنده مودیس ماهواره ترا، بیانگر آن بود که در فصل بهار (ماه می)، اولاً شاخص AOD در سطح محدوده مورد مطالعه نسبت به زمستان، افزایش قابل توجهی داشته است و بازه سالانه این شاخص در دوره مورد مطالعه در این فصل بین ۰.۲۵ تا ۰.۵۷ بوده است که نسبت به ماه فوریه افزایش قابل توجهی را نشان داده است. از طرف دیگر در فصل بهار نیز همانند فصل زمستان شاخص عمق اپتیکی آبروسل (AOD) سنجنده مودیس در سطح محدوده مطالعاتی یک روند افزایشی نسبتاً مستمر را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵ فراوانی تعداد روزهای گردغبار در سطح محدوده مورد مطالعه

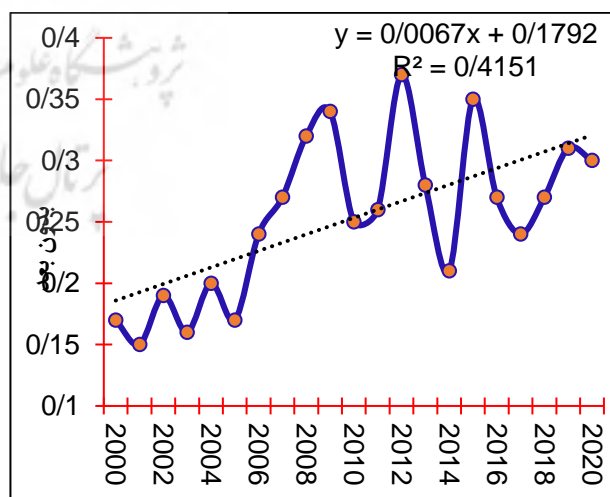
### آشکارسازی روند تغییرات عمق اپتیکی آبروسل در سطح منطقه

در بخش قبل وضعیت توزیع ماهانه و سالانه رخدادهای گردغبار در سطح منطقه مورد مطالعه براساس میانگین ۲۱ ساله ۴ ایستگاه در محدوده ارائه شد. نتایج بخش قبل بیانگر آن بود که فراوانی رخدادهای گردغبار در سطح منطقه مورد مطالعه طی ۲۱ سال اخیر یعنی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، روند افزایشی داشته است. اما برای بررسی روند ۲۱ ساله غلظت گردغبار، از شاخص عمق اپتیکی آبروسل (AOD) که در واقع یک شاخص بدون بعد بیانگر میزان میرایی پرتو سنسور در عبور از یک مقطع اتمسفر است، استفاده گردید. این شاخص از محصول MOD04 سنجنده مودیس که جز محصولات آبروسل این سنجنده است، استفاده شد. این محصول با رزولوشن فضایی ۱۰\*۱۰ کیلومتر، در اشکال ۴-۱۶ تا ۴-۱۹ روندنگار ۲۱ ساله مقادیر AOD در سطح محدوده مورد مطالعه، ارائه شده است. این شاخص در دوره سرد سال (ماه فوریه)، یک روند افزایشی کلی را طی کرده است. در این فصل، به طور متوسط میزان شاخص AOD در سطح منطقه بین ۰.۱۵ تا ۰.۳۵ در نوسان بوده است.



شکل ۱۷-۴-۱۷- روند سری زمانی ۲۱ ساله، شاخص بدون بعد عمق اپتیکی آبروسل (AOD)، در سطح محدوده مورد مطالعه مستخرج از محصول آبروسل سنجنده MODIS (MOD04-10K) برای فصل بهار (ماه می)

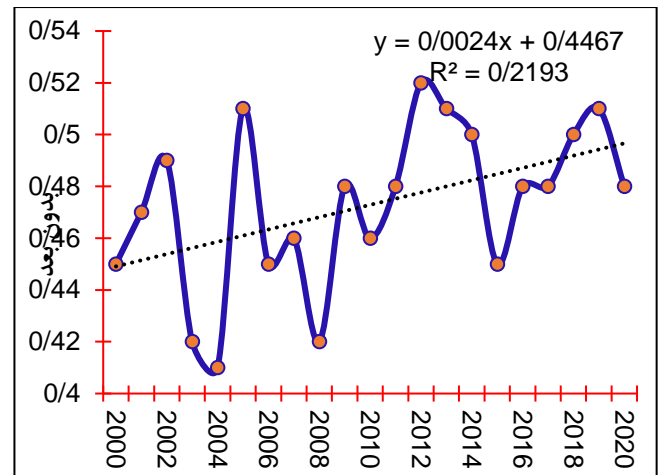
بررسی شاخص بدون بعد عمق اپتیکی آبروسل از روی تصاویر سالانه MOD04 سنجنده مودیس ماهواره ترا، بیانگر آن بود که در فصل تابستان (ماه جولای)، مجدداً شاخص AOD در سطح محدوده مورد مطالعه نسبت به فصل بهار، افزایش قابل توجهی داشته است و بازه سالانه این شاخص در دوره مورد مطالعه در این فصل بین ۰.۴ تا ۰.۵۴ بوده است که نسبت به ماه فوریه افزایش نشان داده است. از طرف دیگر در فصل تابستان نیز همانند فصل زمستان و بهار شاخص عمق اپتیکی آبروسل (AOD) سنجنده مودیس در سطح محدوده مطالعاتی یک روند افزایشی نسبتاً مستمر اما با شیب کمتر نسبت به فصل بهار را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶-۴-۱۶- روند سری زمانی ۲۱ ساله، شاخص بدون بعد عمق اپتیکی آبروسل (AOD)، در سطح محدوده مورد مطالعه مستخرج از محصول آبروسل سنجنده MODIS (MOD04-10K) برای فصل زمستان (ماه فوریه)

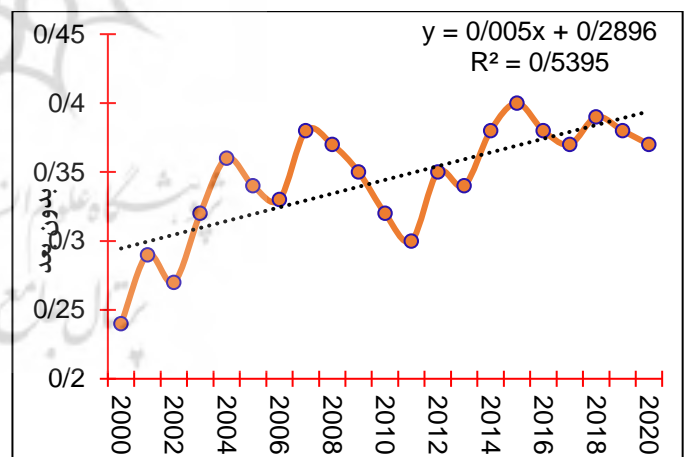


یک روند افزایشی در میانگین فضایی شاخص عمق اپتیکی آبروسل در سطح محدوده مورد مطالعه بود. در بخش تحلیل روند سری زمانی ۲۱ ساله هر کدام طبقات پوشش اراضی ۵ گانه مستخرج از محصول MCD12Q2، در سطح محدوده مورد مطالعه، نیز بیانگر وجود تغییرات روندی در پوشش های اراضی مورد بررسی بود. در این بخش اقدام به ارائه ماتریس همبستگی سری زمانی ۲۱ ساله میانگین فضایی شاخص AOD فصلی در سطح محدوده مطالعاتی با تغییرات هر کدام از طبقات پوشش اراضی طی همان دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰، در سطح اطمینان ۰/۹۵ ( $P\_value = 0.05$ )، با استفاده از مدل همبستگی پیرسون میگردد. همانطور که در این ماتریس همبستگی دیده می شود، به طور کلی رفتار سری زمانی ۲۱ ساله شاخص عمق اپتیکی آبروسل (AOD) در سطح محدوده مورد مطالعه با دو طبقه پوشش اراضی شامل اراضی جنگلی و اراضی مرتعی ارتباط معکوس یا همبستگی معکوس نشان داده است. به عبارت دیگر دو طبقه پوشش اراضی عمده و اصلی منطقه که در واقع بیش از ۹۰ درصد از مساحت محدوده مطالعاتی را به خود اختصاص داده اند، ارتباط معکوس یا همبستگی منفی با روند سری زمانی شاخص AOD نشان داده اند. این همبستگی منفی برای طبقه پوشش جنگلی در سطح اطمینان ۰/۹۵ ( $P\_value = 0.05$ )، کاملاً معنی دار است و بیانگر آن است که روند کاهشی آشکار شده در مساحت این طبقه پوشش اراضی که در سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ با شیب ۱۲۳ کیلومتر مربع در سال آشکار شد، توأم با روند افزایشی در شاخص عمق اپتیکی آبروسل در سطح محدوده مطالعاتی بوده است و این ارتباط به جز در فصل زمستان در سه فصل بهار، پاییز و تابستان معنی دار بوده است (آماره معنی داری sig کمتر از ۰.۰۵ بوده است). مقادیر همبستگی بین روند سری زمانی ۲۱ ساله AOD و روند تغییرات طبقه پوشش جنگلی در سطح منطقه مورد مطالعه همانطور که در ماتریس همبستگی جدول ۴-۵ دیده می شود، برای فصل زمستان برابر ۰.۱۷-، برای فصل بهار برابر ۰.۴۱- و برای فصل تابستان برابر ۰.۴۷- و در نهایت برای فصل پاییز برابر ۰.۳۷- است. این ارتباط منفی که به جز در زمستان در سایر فصول معنی دار بوده است، به وضوح بیانگر نقش و اهمیت پوشش جنگلی منطقه مورد مطالعه در کنترل گردوغبار محلی است. اما در مورد همبستگی پوشش اراضی مراتع که گسترده ترین پوشش اراضی سطح منطقه است، همبستگی مشاهده شده که منفی بوده است، در هیچ فصلی در سطح اطمینان ۰/۹۵ ( $P\_value = 0.05$ )، معنی دار نبوده است. اما بالاترین همبستگی منفی بین تغییرات این کاربری با مقادیر AOD فصل بهار (۰.۱۴-) و تابستان (۰.۱۲-) بوده است که این دو همبستگی در سطح اطمینان ۰/۹۵ معنی دار نبوده اند. یکی دیگر از کاربری های سطح منطقه مورد مطالعه اراضی کشاورزی اعم از اراضی زراعی دیم و آبی بود که ضرایب همبستگی تغییرات ۲۱ ساله این کاربری در سطح منطقه مورد مطالعه با تغییرات ۲۱ ساله شاخص AOD در محدوده مورد مطالعه به صورت فصلی در جدول ۴-۵ ارائه شده است. همانطور که در این جدول دیده می شود، بر خلاف دو کاربری اراضی جنگلی و اراضی مرتعی، اراضی کشاورزی همبستگی مثبت یا ارتباط مستقیمی با تغییرات شاخص AOD در سطح منطقه نشان داده است. این کاربری که مساحتی بین ۸ تا ۱۰ درصد از



شکل ۴-۱۸- روند سری زمانی ۲۱ ساله، شاخص بدون بعد عمق اپتیکی آبروسل (AOD)، در سطح محدوده مورد مطالعه مستخرج از محصول آبروسل سنجنده MODIS (MOD04-10K) برای فصل تابستان (ماه جولای)

بررسی آمار و ارقام شاخص بدون بعد عمق اپتیکی آبروسل بیانگر آن بود که در فصل پاییز (ماه نوامبر)، مجدداً شاخص AOD در سطح محدوده مورد مطالعه نسبت به فصل تابستان، کاهش داشته است و بازه سالانه این شاخص در دوره مورد مطالعه در این فصل بین ۰.۲۵ تا ۰.۴ بوده است که نسبت به ماه تابستان کاهش نشان داده است. از طرف دیگر در فصل پاییز نیز همانند فصل زمستان و بهار شاخص عمق اپتیکی آبروسل (AOD) سنجنده مودیس در سطح محدوده مطالعاتی یک روند افزایشی نسبتاً مستمر اما با شیب کمتر نسبت به فصل بهار را نشان می دهد.



شکل ۴-۱۹- روند سری زمانی ۲۱ ساله، شاخص بدون بعد عمق اپتیکی آبروسل (AOD)، در سطح محدوده مورد مطالعه مستخرج از محصول آبروسل سنجنده MODIS (MOD04-10K) برای فصل پاییز (ماه اکتبر)

#### تحلیل همبستگی سری زمانی تغییرات کاربری اراضی و AOD

در بخش قبلی روند سری زمانی ۲۱ ساله شاخص بدون بعد عمق اپتیکی آبروسل (AOD)، مستخرج از محصول آبروسل سنجنده MODIS (MOD04-L2) در سطح محدوده مورد مطالعه به تفکیک ۴ فصل سال طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰ مورد بررسی قرار گرفت که نتایج بیانگر وجود

اراضی مورد بررسی ۶ کد در محدوده زاگرس مرکزی قرار گرفته است. ۶ طبقه پوشش اراضی مراعی، اراضی جنگلی، اراضی کشاورزی، اراضی شهری و مسکونی، اراضی بایر و نیز پهنه‌های آبی در محدوده مورد مطالعه یعنی در زاگرس مرکزی وجود داشته است.

نتایج حاصل از تحلیل روند ۲۱ ساله این طبقات کاربری اراضی بیانگر آن بود که طبقه جنگلی که به طور متوسط ۳۳ درصد از کل محدوده مورد مطالعه را به خود اختصاص داده بود طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۰، به صورت قابل توجهی روند کاهشی مستمری را طی کرده است و سالانه ۱۲۳ کیلومتر مربع از مساحت آن کاهش پیدا کرده است. از طرف دیگر پوشش مراتع که عمده ترین پوشش محدوده مطالعاتی است و حدود ۵۳ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است، طی دوره مورد مطالعه تغییرات قابل توجهی را نداشته است و نسبتاً ثابت مانده است. یکی دیگر از کاربری های محدوده مورد مطالعه اراضی کشاورزی بود که طی دوره ۲۱ ساله مورد بررسی روند افزایشی قابل توجهی را طی کرده است و سهم این کاربری که در سال ۲۰۰۰ حدود ۷ درصد از کل محدوده مورد مطالعه بود در سال ۲۰۲۰ به ۹.۵ درصد از محدوده مطالعاتی رسیده بود. اراضی شهری و مسکونی نیز یکی دیگر از کاربری‌هایی بوده که در دوره مورد مطالعه روند افزایشی را طی کرده بود. اما از طرف دیگر بررسی روند سری زمانی ۲۱ ساله شاخص عمق اپتیکی آبروسل AOD که در محدوده مورد بررسی با استفاده از محصول MOD04-L2 سنجنده مودیس محاسبه گردید، بیانگر وجود یک روند افزایشی AOD در محدوده مطالعاتی طی ۲۱ سال اخیر بود. دو طبقه پوشش اراضی عمده و اصلی منطقه که در واقع بیش از ۹۰ درصد از مساحت محدوده مطالعاتی را به خود اختصاص داده اند، ارتباط معکوس یا همبستگی منفی با روند سری زمانی شاخص AOD نشان داده اند. این همبستگی منفی برای طبقه پوشش جنگلی در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P\_value = 0.05)، کاملاً معنی دار است و بیانگر آن است که روند کاهشی آشکار شده در مساحت این طبقه پوشش اراضی که در سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ با شیب ۱۲۳ کیلومتر مربع در سال آشکار شد، توأم با روند افزایشی در شاخص عمق اپتیکی آبروسل در سطح محدوده مطالعاتی بوده است و این ارتباط به جز در فصل زمستان در سه فصل بهار، پاییز و تابستان معنی دار بوده است (آماره معنی داری sig کمتر از ۰.۰۵ بوده است). این ارتباط منفی که به جز در زمستان در سایر فصول معنی دار بوده است، به وضوح بیانگر نقش و اهمیت پوشش جنگلی منطقه مورد مطالعه در کنترل گردوغبار محلی است. اما در مورد همبستگی پوشش اراضی مراتع که گسترده ترین پوشش اراضی سطح منطقه است، همبستگی مشاهده شده که منفی بوده است، در هیچ فصلی در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P\_value = 0.05)، معنی دار نبوده است. یکی دیگر از کاربری های سطح منطقه مورد مطالعه اراضی کشاورزی اعم از اراضی زراعی دیم و آبی بود که بر خلاف دو کاربری اراضی جنگلی و اراضی مرتعی، اراضی کشاورزی همبستگی مثبت یا ارتباط مستقیمی با تغییرات شاخص AOD در سطح منطقه نشان داده است. این کاربری که مساحتی بین ۸ تا ۱۰ درصد از محدوده مطالعاتی را به خود اختصاص داده است، در سه فصل بهار، تابستان و پاییز همبستگی مستقیم معنی داری با مقادیر شاخص

محدوده مطالعاتی را به خود اختصاص داده است، در سه فصل بهار، تابستان و پاییز همبستگی مستقیم معنی داری با مقادیر شاخص AOD طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰، ارائه کرده است که گویای آن است افزایش سطح زیر کشت اراضی کشاورزی توأم با افزایش شاخص AOD در سطح محدوده مطالعاتی بوده است. همبستگی روند تغییرات سری زمانی ۲۱ ساله این کاربری اراضی در سطح محدوده مطالعاتی به جز در زمستان ( $R=0.027$ ) در سایر فصول معنی دار بوده است ( $R>50$ ). یکی دیگر از کاربری‌هایی که همبستگی بالایی با تغییرات ۲۱ ساله شاخص عمق اپتیکی آبروسل در سطح منطقه مطالعاتی نشان داده است، کاربری عرصه های شهری و مسکونی بوده است، روند این کاربری طی ۲۱ سال اخیر در سطح منطقه افزایش مستمری را از خود نشان داده است. همبستگی این کاربری با تغییرات فصلی شاخص AOD در سطح محدوده مطالعاتی به جز در فصل زمستان، در سایر فصول معنی دار بوده است و بالاترین همبستگی را نیز با AOD فصل بهار نشان داده است ( $R=0.6$ ) که در سطح اطمینان ۰/۹۵ معنی دار بوده است. در نهایت طبقه پوشش اراضی بایر نیز همبستگی مستقیمی با تغییرات سری زمانی شاخص عمق اپتیکی آبروسل در سطح منطقه ارائه کرده است که بالاترین همبستگی مربوط به فصل تابستان است که برابر ۰.۴۲ بوده است و در سطح اطمینان ۰/۹۵ ( $P\_value = 0.05$ ) معنی دار بوده است.

جدول ۴-۵- ماتریس همبستگی Pearson بین دو شاخص عمق اپتیکی آبروسل فصلی (AOD-MOD04-L2) و تغییرات هر کدام از طبقات پوشش اراضی (MCD12Q2) در سطح اطمینان ۰/۹۵ ( $P\_value = 0.05$ )

ضرایب همبستگی و آماره معنی داری (Sig)	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
اراضی	-۰.۱۷	-۰.۴۱	-۰.۴۷	-۰.۳۷
جنگلی	۰.۰۶۵	۰.۰۲۲*	۰.۰۱۷*	۰.۰۴*
اراضی	-۰.۰۷	-۰.۱۴	-۰.۱۲	-۰.۰۶
مرتعی	۰.۱۲	۰.۲۱	۰.۲۵	۰.۱۷
اراضی	۰.۲۷	۰.۵۲	۰.۵۵	۰.۵۰
کشاورزی	۰.۰۵۵	۰.۰۱۱*	۰.۰۰۹*	۰.۰۱۱*
اراضی	۰.۲۸	۰.۶۰	۰.۵۷	۰.۵۲
شهری و مسکونی	۰.۰۵۷	۰.۰۰۸*	۰.۰۰۸*	۰.۰۱۱*
اراضی بایر	۰.۲	۰.۳۷	۰.۴۱	۰.۳۲
	۰.۰۶۲	۰.۰۳۲*	۰.۰۱۷*	۰.۰۴۵*

\* رابطه آشکار شده در سطح اطمینان ۰/۹۵ ( $P\_value = 0.05$ )، معنی دار بوده است.

## بحث و نتیجه گیری

هدف اساسی این تحقیق بررسی و آشکارسازی ارتباط بین تغییرات پوشش اراضی و تغییرات شاخص عمق اپتیکی آبروسل به عنوان یک شاخص نمایانگر غلظت و تراکم گردوغبار، در محدوده زاگرس میانی بود. به طور کلی در بخش تحلیل تغییرات پوشش اراضی نتایج بیانگر آن بود که از کل ۱۷ کد کاربری

خوش اخلاق، فرامرزی، محمدسعید، نجفی، صمدی، مهدی (۱۳۹۱). واکاوی همید رخداد گردوغبار بهاره در غرب ایران، پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۲: ۱۲۴-۹۹.

خوش کیش، اسدالله، پهلول، علیجانی، حجازی زاده، زهر (۱۳۹۰)، تحلیل سینوپتیکی سامانه های گردوغبار در استان لرستان، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۱: ۹۱-۱۱۱.

دل انگیزان سهراب، جعفری مطلق زینب. (۱۳۹۲). بررسی اثر ریزگرد بر میزان بستری و مرگ و میر بیماران قلبی و تنفسی (مطالعه موردی شهر کرمانشاه، شش ماهه اول سال های ۱۳۸۹-۱۳۹۰). سلامت و محیط زیست. ۶ (۱): ۶۵-۷۶.

ربیعی، حمیدرضا، ضیائی، پرویز، علیمحمدی، عباس، ۱۳۸۴، کشف و باز یابی تغییرات کاربری اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدرس علوم انسانی-برنامه ریزی و آمایش فضا، شماره ۴ (۴۳)، صص ۴۱-۵۴.

سهرابی، طیبه السادات، ولی، عباسعلی، رنجبر فردویی، ابوالفضل، موسوی، سید حجت، ۱۳۹۷، تحلیل کمی بازخورد پوشش گیاهی بر وقوع گرد و غبار در اکوسیستمهای مناطق خشک (مطالعه موردی: استان اصفهان)، مرتع و آبخیزداری، ۷۱ (۴): ۹۷۳-۹۸۵.

شاهسونی، عباس، مریم، یاراحمدی و... (۱۳۸۹): اثرات توفان های گردوغباری بر سلامت و محیط زیست، مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی ۴: ۴۵-۵۶.

طهماسبی بیرگانی، علی محمد، ۱۳۹۲، بررسی علل وقوع و تشدید پدیده گردوغبار با تاکید بر منابع آب و تغییر کاربری اراضی کشاورزی مطالعه موردی حوضه آبخیز دجله و فرات، سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان های گردوغبار ۲۵ و ۲۶ دی ماهف دانشگاه یزد.

عباسی حمیدرضا، رفیعی امام، عمار، روحی پور، حسن (۱۳۸۷)، تحلیل منشاء گرد و غبارهای پوشهر و خوزستان با استفاده از تصاویر ماهواره ای، فصلنامه جنگل و مرتع، شماره ۷۸.

علی آبادی، کاظم؛ اسدی زنگنه، محمدعلی و عباسعلی داداشی رودباری. (۱۳۹۴)، ارزیابی و پایش طوفان گردوغبار با استفاده از روش های سنجش از دور (مطالعه موردی: غرب و جنوب غرب ایران)، فصلنامه امداد و نجات، ۷ (۱): ۱-۲۰.

فرج زاده، منوچهر، رستم زاده، هاشم، ۱۳۸۶، ارزیابی اثر سدهای بزرگ در تغییر کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و (GIS مطالعه موردی: سد ستارخان اهر)، مجله برنامه ریزی و آمایش فضا، ۱۱ (۱): ۴۷-۶۶.

فروغی فر، اکرم؛ دشتی، سولماز. (۱۳۹۹). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی: شهرستان شوش)، برنامه ریزی توسعه کابلی، ۷ (۳): ۱۱۴-۱۰۱.

کرم، امیر، ضیائی، پرویز، یمانی، مجتبی، عنایتی، مریم، ۱۳۹۶، آشکارسازی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر توزیع فضایی گردوغبار در شمالغرب ایران مرکزی، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال ۶، شماره ۳، صص ۹۰-۱۰۴.

کریمی، مهسا، اولادی، جعفر، محمدی، جهانگیر، ۱۳۹۷، بررسی تغییرات پوشش گیاهی در کانون های داخلی و خارجی ریزگردها با استفاده از تصاویر ماهواره ای مودیس مطالعه موردی کرمانشاه، بوم شناسی جنگل های ایران، ۶ (۱۲): ۳۹-۴۷.

لشکری، حسن و قاسم کیخسروی. (۱۳۸۷)، تحلیل آماری سینوپتیکی طوفان های گردوغبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۲۰۰۵-۱۹۹۳، پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۱۷-۳۳: ۶۵.

محمدی، ع. (۱۳۹۸)، مطالعه اثر تغییر اقلیم بر حیات وحش دریاچه ارومیه، اداره کل محیط زیست استان آذربایجان شرقی.

موسیوند، زینب، ۱۳۹۲، بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین بر فعالیت طوفان های گردوغبار مطالعه موردی عراق، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هرمزگان.

AOD طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰، ارائه کرده است که گویای آن است افزایش سطح زیر کشت اراضی کشاورزی توام با افزایش شاخص AOD در سطح محدوده مطالعاتی بوده است. که این مسئله میتواند بیانگر نقش توسعه سطح زیر کشت در ایجاد و توسعه کانون های گردوغبار محلی و افزایش گردوغبار در سطح منطقه باشد. به طور کلی نتایج نشان داد که با از بین رفتن پوشش گیاهی و افزوده شدن زمین های بایر و بدون تراکم پوشش گیاهی در آینده ای نزدیک شاهد به وجود آمدن کانون های محلی ایجاد گردو غبار خواهیم بود. این کانونها به تدریج اتمسفر منطقه را در گیر مسائل زیست محیطی کرده و روند خشک شدن جنگل ها را سرعت خواهد بخشید.

نتایج این تحقیق با تحقیقات لی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) که با استفاده از سنجش از دور نشان دادند که زمین های کشاورزی رها شده، بیشترین مناطق منشأ گردوغبار را در آمریکا تشکیل می دهند. و پژوهش وو و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۲) که نشان دادند با از بین رفتن پوشش گیاهی، زمین گرم تر و کانونهای گردو خاک در تبت افزایش یافته، و همچنین تحقیق تان<sup>۳</sup> (۲۰۱۶) که به مطالعه رابطه بین پوشش گیاهی و شدت گردوغبار طوفان در چین پرداخت و نشان داد که رابطه مستقیمی بین تغییرات پوشش گیاهی و گردوغبار وجود دارد زیرا میانگین شاخص های گیاهی در منطقه کاهش یافته است، در یک راستا می باشد.

همچنین در ایران نتایج تحقیقات کرم و همکاران (۱۳۹۶) به آشکارسازی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر توزیع فضایی گردوغبار در شمال غرب ایران پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که طی دوره مورد بررسی دو کاربری زمین های بایر و مراتع به ترتیب کاهشی برابر با ۳۵ درصد و ۱۱ درصد را داشته اند بیشترین افزایش کاربری ها مربوط به نواحی کویری و شوره زارها می باشد که طی ۱۷ سال رشدی برابر با ۹۵ درصد نسبت به سال ۲۰۰۰ داشته اند. توزیع فضایی گردوغبار بر روی کاربری های زمین های شوره زارها و نواحی کویری در هر دو سال بالا بوده است. و شش گیاهی نیز در طی دوره مورد مطالعه در شرق و مرکز استان کمترین مقدار بوده است با نتایج این تحقیق در یک راستا می باشد و نتایج این تحقیق را تایید می نماید.

## منابع

احمدی عبدالمجید، اکبری ابراهیم، جمال آبادی جواد، آل محمد مریم. (۱۴۰۱). تاثیر کاربری اراضی و پوشش گیاهی بر شکل گیری جزایر حرارتی نمونه موردی: شهر قاین. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۱۴۰۱; ۲۲ (۶۴): ۹۳-۷۹.

بیات، رضا، جعفری، سمیه، قرمز چشمه، باقر، چرخایی، امیرحسین، ۱۳۹۵، مطالعه تأثیر ریزگردها بر تغییرات پوشش گیاهی (مطالعه موردی: تالاب شادگان، خوزستان)، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۷ (۲): ۳۲-۱۷.

پورهایمی، سیما، امیراحمدی، ابوالقاسم، زنگنه اسدی، محمدعلی، صالحی، مهدی، ۱۳۹۷، تعیین ویژگیهای ژئومورفولوژی و کاربری اراضی کانون های برداشت گردوغبار مطالعه موردی خراسان رضوی، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره ۹، شماره ۳۴، صص ۱۴-۲۴.

- Abdelrahman, M., Tahoun, S. & Arafat, S. (2017). Effect of land-use changes on Agricultural Soil at Northern Part of Suez Canal Region. *Acta Scientifhc Agricultur*, 1(3), 1-6.
- Baum, B., W. P. Menzel, R. Frey, D. Tobin, R. Holz, S. Ackerman, 2012: MODIS Cloud Top Property Refinements for Collection 6. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51, 1145-1163, doi: 10.1175/JAMC-D-11-0203.1.
- Dodangeh E, Shao Y, Daghestani M (2006), L-Moments and fuzzy cluster analysis of dust storm frequencies in Iran, *Aeolian Research*, 5:91-99.
- FAN, Y., SHI, P., Dou, W., 2007, The Analysis of Typical Dust Storm in Northern China Using Remote Sensing Data, *Environmental Change and Natural Disaster of Ministry of Education P.R.C.* 100875.
- Fernandes, Richard; Leblanc, Sylvain G. (2005), "Parametric (modified least squares) and non-parametric (Theil-Sen) linear regressions for predicting biophysical parameters in the presence of measurement errors", *Remote Sensing of Environment*, 95 (3): 303 316, Bibcode:2005RSEnv. 95..303.
- Godínez-Alvarez, H., J.E. Herrick, M. Mattocks, D. Toledo and J. Van Zee. 2009. Comparison of three vegetation monitoring methods: their relative utility for ecological assessment and monitoring. *Ecological Indicators*, 9: 1001 -1008.
- King, M. D., S. Platnick, W. P. Menzel, S. A. Ackerman, and P. A. Hubanks, 2013: Spatial and temporal distribution of clouds observed by MODIS onboard the Terra and Aqua satellites. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 51, 3826-3852.
- Kurosaki Y, Mikami M. 2005. Regional difference in the characteristic of dust event in East Asia: relationship among dust outbreak, surface wind, and land surface condition. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 83(1): 1-18.
- Lee Eun-Hee, Sohn Byung-ju (2011), Recent increasing trend in dust frequency over Mongolia and Inner Mongolia
- Lee, J., Baddock, M., Mbuh, M., Gill, T. (2012). Geomorphic and land cover characteristics of aeolian dust sources in West Texas and eastern New Mexico, USA. *Aeolian Research*, 3(4), 459-466.
- Levy, R. C., Mattoo, S., Munchak, L. A., Remer, L. A., Sayer, A. M., Patadia, F., & Hsu, N. C., 2013: The Collection 6 MODIS aerosol products over land and ocean. *Atmospheric Measurement Techniques*, 6, 2989-3034. doi:10.5194/amt-6-2989-2013.
- Levy, R., MaCoo, S., Munchak, L., Kleidman, R., Patadia, F., Gupta, P. (2014). MODIS Atmosphere Team Webinar Series #2: Overview of Collection 6 DarkTarget aerosol Product. *Climate & Radiation Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center.* (<http://modis.atmos.gsfc.nasa.gov/Webinar2014/MODISAtmWebinar2LevyDT>).
- Miller, S.D., Kuciauskas, A.P., Liu, M., Ji, Q., Reid, J.S., Breed, D.W., Walker, A.L., Al Mandoos, A., (2008), **Haboob dust storms of the southern Arabian Peninsula**. *J. Geophys. Res.* 113, D01202, doi: 10.1029/2007 JD008550.
- Munson, S.M., R.H. Webb and A. Hubbard. 2011. A comparison of methods to assess longterm changes in Sonoran Desert vegetation. *Journal of Arid Environments*, 75: 1228-1231
- Prospero J, Millero F, Trapp J (2015), Temporal variability of the elemental composition of African dust measured in trade wind aerosols at Barbados and Miami, *Aerosol chemistry and impacts on the ocean*, Volume 120, 71-82.
- Reiji, K., L. Bai and J. Wang. 2009. Relationships among dust outbreaks, vegetation cover, and surface soil water content on the Loess Plateau of China, 1999 -2000. *Catena*, 77 (3): 292-296
- Reynolds RL, Yount JC, Reheis M, Goldstein H, Chavez P, Fulton R, Whitney J, Fuller C, Forester RM. 2007. Dust emission from wet and dry playas in the Mojave Desert, USA. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32(12): 1811-1827.
- Rivera Rivera, N.I., Gill, T.E., Bleiweiss, M.P., Hand, J.L. (2010). Source characteristics of hazardous Chihuahuan Desert dust outbreaks. *Atmospheric Environmental*, 44: 2457-2468.
- Sayer, A. M., Munchak, L. A., Hsu, N. C., Levy, R. C., Bettenhausen, C., & Jeong, M. J., 2014: MODIS Collection 6 aerosol products: Comparison between Aqua's e-Deep Blue, Dark Target, and "merged" data sets, and usage recommendations. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 119, 965-989.
- Shamaila, Z. Wolfram, S. Yang, P. Xiaoning, Z. Hussein, O. Xiongkui, H. & Joachim, M. 2015. Effect of Dust Deposition on Stomatal Conductance and Leaf Temperature of Cotton in Northwest China. *Water*, 7, 116-131.
- Shao, Y.; Dong, C.H. (2006), **A review on East Asian dust storm climate, modelling and monitoring**; *Global and Planetary Change*, **52(1-4)**: 1-22. [doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.02.011](https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.02.011).
- Song, Z., Wang, J., Wang, S. (2007), **Quantitative classification of northeast Asian dust events**. *J. Geophys. Res.* **112**, D04211, DOI: 10.1029/2006JD007048.
- TAN Minghong, 2016. Exploring the relationship between vegetation and dust-storm intensity (DSI) in China, *J. Geogr. Sci.* 2016, 26(4): 387-396.
- Wu J, Zhao L, Zheng Y, Lü A. 2012. Regional differences in the relationship between climatic factors, vegetation, land surface conditions, and dust weather in China's Beijing-Tianjin Sand Source Region. *Natural hazards*, 62(1): 31-44.
- Zou, X. K., & Zhai, P. M., 2004, Relationship Between Vegetation Coverage and Spring Dust Storms over NSouthern China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984-2012), 109(D3).