



Detecting the Effectiveness of Land-Use Changes in the Spatial Distribution of Dust Concentration in Khuzestan Province Using MODIS Sensor Products

Iraj Baronian¹  | Reza Borna² | Manizheh Zhorian³ | Jafar Morshedi⁴

1. Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Iran. E-mail: erajbarouniyan@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Iran. E-mail: bornareza@yahoo.com
3. Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Iran. E-mail: manijeh2002@yahoo.com
4. Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Iran. E-mail: Jafarmorshedi@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Today, dust events in western and southwestern Iran have become one of the most important environmental hazards. The main purpose of this study is to reveal the relationship between land cover changes and dust distribution in Khuzestan province during the last two decades. In this regard, land cover data of MODIS sensor, Aerosol optical depth product of the same sensor aerosol and cross-analysis matrix technique were used to reveal the relationship among them. The results showed that firstly, the dominant coverings of Khuzestan province were generally pastures, barren lands, agricultural lands and urban areas. Analyzing the 20-year trend of these uses showed that rangelands, decreasing trend, agricultural and urban lands had an increasing trend and barren lands also had a relatively stable trend. However, the results of spatial analysis of AOD index showed that the mean and standard deviation of this index have reached from 0.35 ± 0.09 in 2000 to 0.44 ± 0.04 , in 2020 in the province during the last two decades. The important finding obtained by the cross-analysis matrix along with the analysis of periodic trends was that the use of medium to rich rangelands, which had not increased in the last two decades, the level of AOD in this use, with a slope of 6500 hectares per year, had a decreasing trend, while the agricultural land use on which the AOD index has had an increasing trend, with an annual slope of 18,700 hectares has had a significant increasing trend. Therefore, in general, it can be said that the increase in the area under cultivation of agricultural lands, and the lack of control of barren lands in the province, has led to the intensification of dust in the province over the past two decades.
Article history: Received: 23 Sep. 2021 Accepted: 16 Nov. 2021	
Keywords: Land Use Change / Land Cover, Dust, Aerosol Optical Depth, Khuzestan Province	

Cite this article: Baronian, I., Borna, R., Zehori, M., Morshedi, J. (2021). Detecting the Effectiveness of Land-use Changes in the Spatial Distribution of Dust Concentration in Khuzestan Province using MODIS Sensor Products, *Geography and Sustainability of Environment*, 11 (3), 97-114. DOI: 10.22126/ges.2021.6935.2452





آشکار سازی تأثیر گذاری تغییرات کاربری زمین ها در توزیع فضایی غلظت گردوغبار استان خوزستان با استفاده از محصولات سنجنده MODIS

ایرج بارونیان^۱ | رضا برنا^۲ | منیژه ظهوریان^۳ | جعفر مرشدی^۴

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.. رایانامه: erajbarouniyan@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: bornareza@yahoo.com

۳. استادیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: manijeh2002@yahoo.com

۴. استادیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: Jafarmorshedi@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	امروزه، رخداد های گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران، تبدیل به یکی از مهمترین مخاطرات زیست محیطی شده است. هدف اساسی این پژوهش آشکار سازی ارتباط بین تغییرات پوشش زمین ها و توزیع گردوغبار در سطح استان خوزستان طی دو دهه اخیر است. در این راستا از داده های طبقه های پوشش زمین ها سنجنده مادیس، محصول عمق اپتیکی آئروسول همین سنجنده و نیز تکنیک ماتریس تحلیل متقاطع، برای آشکار سازی ارتباط بین آن ها استفاده شد. نتایج نشان داد که پوشش های غالب استان خوزستان بیشتر مراتع، زمین های بایر، زمین های کشاورزی و پهنه های شهری بودند. تحلیل روند ۲۰ ساله این کاربری ها نشان داد که مراتع، روند کاهشی، زمین های کشاورزی و شهری روند افزایشی و زمین های بایر نیز روند به طور نسبی ثابتی را طی کرده بود. اما از طرف دیگر، نتایج حاصل از تحلیل فضایی شاخص AOD نشان داد که میانگین و انحراف معیار فضایی این شاخص در سطح استان طی دو دهه اخیر، از 0.35 ± 0.09 در سال ۲۰۰۰ به 0.44 ± 0.04 ، در سال ۲۰۲۰، رسیده بود. نتیجه مهمی که ماتریس تحلیل متقاطع در کنار تحلیل روند دوره ای به دست داد این بود، کاربری مراتع متوسط تا غنی که طی دو دهه اخیر میزان AOD در سطح این کاربری افزایش پیدا نکرده بود، با شیب ۶۵۰۰ هکتار در سال، روند کاهشی داشته در حالی که کاربری زمین های کشاورزی که شاخص AOD، روی آن روند افزایشی داشته است، با شیب سالانه ۱۸۷۰۰ هکتار روند افزایشی قابل توجهی داشته است. بنابراین به طور کلی می توان گفت، افزایش سطح زیر کشت زمین های کشاورزی، و عدم کنترل زمین های بایر در سطح استان، روند تشدید گردوغبار در سطح استان را طی دو دهه اخیر منجر شده است.

استناد: بارونیان، ایرج، برنا، رضا؛ ظهوریان، منیژه؛ مرشدی، جعفر (۱۴۰۰). آشکار سازی تأثیر گذاری تغییرات کاربری زمین ها در توزیع فضایی غلظت

گردوغبار استان خوزستان با استفاده از محصولات سنجنده MODIS. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۱ (۳)، ۹۷-۱۱۴. DOI: 10.22126/ges.2021.6935.2452



مقدمه

تغییرات گسترده‌ای در چند دهه اخیر به واسطه فعالیت‌های انسانی در نواحی پیرامون شهرها و کلان شهرها در بسیاری از کشورهای جهان ایجاد شده است، که به طور غالب به صورت تغییر کاربری‌های طبیعی از قبیل مراتع، جنگل‌ها، زمین‌های بایر، نواحی تالابی و مانداب‌های موقت و دایم، درختزارها و غلزارهای طبیعی، و تبدیل آن به کاربری‌های انسان منشأ از قبیل شهرها و کلان شهرها، شهرک‌های صنعتی، زمین‌های کشاورزی، فضاهای سبز انسانی، دریاچه‌های مصنوعی و مراتع دامپروری و غیره بوده است. این الگوی تغییر در پوشش و کاربری زمین‌ها در مقیاس جهانی تا اندازه ای تأثیرگذار است که حتی تأثیرات آن در تغییرپذیری زمانی و مکانی عناصر اقلیمی و گردش عمومی جو نیز بازتاب شده است (ژائو^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). تغییر کاربری زمین‌ها پس از سوخت‌های فسیلی مهم‌ترین منبع انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق انسان به اتمسفر و یکی از دلایل عمده رخدادهای جهانی تغییر اقلیم است (ژانگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۶).

این الگوی تغییرات انسان منشأ در پوشش/کاربری زمین‌ها که در بالا گفته شد، به صورت دومینووار، یک زنجیره ناهنجاری‌های محیطی را تولید و تحریک می‌کند. افزایش نرخ فرسایش خاک در زمین‌ها تغییر کاربری یافته، تغییر در ظرفیت نفوذپذیری خاک و افزایش ضریب رواناب سطحی و سیل‌خیزی، کاهش حاصلخیزی خاک و به تبع آن کاهش عملکرد محصولات زراعی و باغی و سپس افزایش مصرف کودها، توسعه بیابان‌زایی و کانون‌های گردوغبار و سپس افزایش رخدادهای گردوغبار، از تبعات تغییرات کاربری زمین‌ها است (خی و سیکلیک^۳، ۲۰۱۵). اما رابطه بین تغییرات کاربری زمین‌ها و افزایش گردوغبار یک رابطه یک طرفه نیست. همانطور که تغییرات انسان منشأ کاربری/پوشش زمین‌ها در نهایت منجر به افزایش فراوانی و شدت گردوغبار خواهد شد، تزریق هزاران تن ریزگردهای که در بین آن‌ها ریزگردهای نمکی نیز یافت می‌شود، می‌تواند تا صدها کیلومتر دورتر از کانون گردغبار، حاصلخیزی خاک را کاهش داده و گاهی منجر به شور شدن خاک و تبدیل زمین‌های کشاورزی به زمین‌های بایر و لم یزرع شوند (هراتی^۴ و همکاران، ۲۰۲۱).

کشور ایران به ویژه منطقه غرب و جنوب غرب ایران به طور متناوب با پدیده گردوغبار و مشکلات آن مواجه است. در غرب و جنوب غرب ایران مناطق بیابانی مانند بیابان‌های جنوب عراق، عربستان سعودی و در فاصله دورتر شمال آفریقا قرار دارد که این مجاورت، باعث رخداد مکرر پدیده گردوغبار با شدت‌های متفاوت در طول سال در این بخش از کشور می‌شود (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۱). اما در جنوب غرب کشور و به ویژه استان خوزستان، تنها کانون‌های خارجی و بیابان‌های عراق و عربستان، منشأ و منبع گردوغبار منطقه نیستند. در این استان، علاوه بر کانون‌های خارجی، نقش کانون‌های داخل استان نیز در تزریق ریزگردها به هوای استان بسیار مهم است (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۸). در این میان نقش تغییرات کاربری گسترده در استان خوزستان از جمله خشک شدن هورها و تالاب‌ها، مراتع تخریب‌شده با چرای بیش از حد دام، زمین‌های کشاورزی دیم متروکه، گسترش زمین‌های کشاورزی آبی (دیناروند و همکاران، ۱۳۹۷)، از جمله تغییرات مهمی هستند که با افزایش فراوانی و شدت رخدادهای گردوغبار با منشأ محلی در استان خوزستان همراه شده‌اند.

اما نکته قابل توجهی که باید در نظر داشت این است که همراه شدن یا همزمان شدن تغییرات کاربری زمین‌های گسترده در استان خوزستان (اصغری پوده و همکاران، ۱۳۹۵؛ درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۸؛ دیناروند و همکاران، ۱۳۹۷)، با افزایش

1. Zhao

2. Zhang

3. Xi & Skolik

4. Harati

فراوانی و شدت گردوغبار با منشأ کانون‌های محلی در این استان، به راحتی یک رابطه علت و معلولی را تبیین نمی‌کند، و اثبات این رابطه نیاز به ارزیابی و تحلیل‌های دقیق دارد. این همزمانی و همراه شدن بین تغییرات کاربری/پوشش زمین‌ها نه تنها در خوزستان بلکه کشور عراق نیز آشکار شده است. کاهش در وسعت مراتع غنی و متوسط و افزایش معنادار زمین‌های بایر، و از طرف دیگر، همزمان با آن، افزایش فرکانس و شدت رخداد‌های گردوغبار در کشور عراق (موسیوند، ۱۳۹۴: ۴۵)، به نوعی می‌تواند شاهدهی دیگری بر ادعای ارتباط بین تغییر کاربری زمین‌ها و افزایش فراوانی و شدت رخداد‌های گردوغبار باشد. نمونه بارز دیگری از ارتباط همزمان بین تغییرات پوشش زمین‌ها و افزایش فرکانس و شدت رخداد‌های گردوغبار را می‌توان در ایران مرکزی مشاهده کرد، در این بخش از کشور، افزایش ۹۵ درصدی زمین‌های کویری و شوره‌زارها، طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۸، همراه با افزایش معنادار در فراوانی و شدت گردوغبار بوده است (کرم و همکاران، ۱۳۹۶).

نکته مهمی که در این میان به فراوانی روی آن تأکید شده است و روایی آن کم و بیش اثبات شده است این است که وجود و تراکم پوشش گیاهی در طی سال در سطح زمین یکی از مهمترین کنترل‌کننده‌های گردوغبار در مبدأ است، این مسئله در پژوهش‌های مختلف و در مناطق مختلف دنیا از جمله بیابان‌های شمال غرب چین (هونگلی^۱ و همکاران، ۲۰۰۳)، بیابان‌های شرق آسیا (کریسولاکیس^۲ و همکاران، ۲۰۰۵؛ شو^۳ و همکاران، ۲۰۱۴؛ آموس^۴ و همکاران، ۲۰۲۱) و نیز حوضه آبریز شرق دریاچه ارومیه (هراتی و همکاران، ۲۰۲۱)، دیده شده است. یافته مشترک این پژوهش‌ها این بود که با کاهش روند تراکم و سبزیگی پوشش گیاهی غیرکشاورزی (مراتع) روند افزایشی در فراوانی و غلظت رخداد‌های گردوغبار دیده شده است. در این میان بهره‌گیری از محصولات سنجش از دوری به ویژه سنجنده مادیس، می‌تواند به صورت قابل قبولی این ارتباط و همزمانی را آشکار کرده و به نوعی جنبه علت و معلولی مسئله را اثبات کند. بنابراین در این پژوهش سعی شد به صورت مستقیم با به کارگیری محصولات سنجنده مادیس شامل محصول طبقه‌های پوشش زمین‌های سالانه و محصول عمق ایتیکی آئروسول این سنجنده، اقدام به آشکارسازی و اثبات ارتباط بین تغییرات کاربری/پوشش زمین‌ها در استان خوزستان و فراوانی و شدت رخداد‌های گردوغبار در این استان شود.

معرفی منطقه مورد بررسی

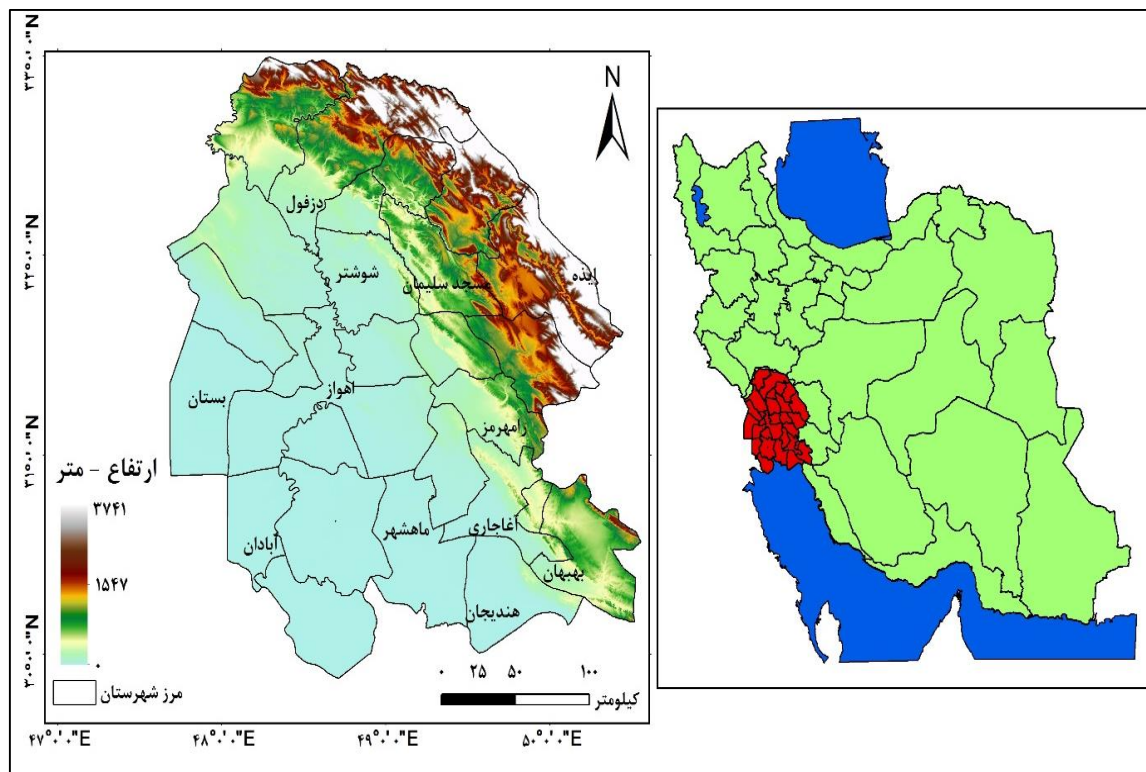
موقعیت مورد مطالعه این پژوهش استان خوزستان است که از لحاظ مخاطرات محیطی یکی از پرچالش‌ترین استان‌های کشور به شمار می‌رود. این استان با مساحتی حدود ۶/۵ میلیون هکتار، حدود ۴ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده است (شکل ۱). گردغبار یکی از عمده‌ترین و مهمترین چالش‌های این استان است آثار مخرب آن در ابعاد مختلفی از قبیل، کیفیت منابع آب، کیفیت و عملکرد محصولات کشاورزی، صنایع و شبکه‌های انتقال انرژی، کیفیت هوای شهرها قابل ردیابی است. اما علاوه بر این چالش‌های گسترده در سطح استان، استان خوزستان یکی از پرطرفت‌ترین استان‌های کشور از لحاظ کشاورزی به شمار می‌رود، به طوری که براساس گزارش وزارت جهاد کشاورزی، در طی ۵ سال اخیر استان خوزستان در زمینه حجم تولید محصولات کشاورزی (بین ۱۳ تا ۱۵ میلیون تن محصول زراعی باغی در سال)، رتبه نخست تولیدات محصولات کشاورزی را داشته است. این کشاورزی عظیم استان خوزستان، روند تشدید تغییرات کاربری زمین‌های استان را می‌تواند به دنبال داشته باشد.

1. Honglie

2. Chrysoulakis

3. Shao

4. Amos



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

هدف اساسی این پژوهش آشکارسازی ارتباط فضایی بین غلظت یا تراکم ذرات معلق اتمسفری و تغییرات کاربری زمین‌ها در استان خوزستان طی ۲ دهه اخیر بود. در این راستا، برای بررسی وضعیت تغییرات کاربری زمین‌های استان، از محصول کلاس‌های پوشش زمین‌های سنجنده مادیس تحت عنوان MCD12Q2 با تفکیک فضایی یک کیلومتری طی دوره آماری ۲۰۲۰-۲۰۰۰ استفاده شد (جدول ۱). این محصول به صورت سالانه تهیه شده و جز محصولات کامپوزیت سنجنده مادیس به شمار می‌رود. در این محصول که به صورت فایل HDF از پایگاه داده‌های این سنجنده^۱ اخذ شد، طبقه‌های پوشش زمین‌ها بر اساس سیستم طبقه‌بندی برنامه بین‌المللی ژئوسفر-بیوسفر^۲، به ۱۷ پوشش یا کاربری زمین‌های تفکیک شده است. بعد از تفکیک سالانه هر کدام از این طبقه‌های کاربری زمین‌ها برای استان، مساحت سالانه هر طبقه کد کاربری در استان محاسبه شد و روند ۲۱ ساله آن (۲۰۲۰-۲۰۰۰) به دست آمد. لازم به ذکر است که کلیه محصولات مادیس برای استان خوزستان در دو بلوک تصویری H21v05 و H22V05، پوشش داده می‌شود، بنابراین دو بلوک تصویری گفته شده برای استان خوزستان طی دوره آماری ۲۰۲۰-۲۰۰۰ اخذ و موزاییک‌سازی شد. بر این اساس برای این پژوهش طی دوره آماری ۲۰۲۰-۲۰۰۰، به‌طور کلی ۴۲ تصویر از محصول پوشش زمین‌ها، استفاده شد.

1. <https://lpdaac.usgs.gov/products/mcd12q1v006>

2. International Geosphere-Biosphere Program (IGBP)

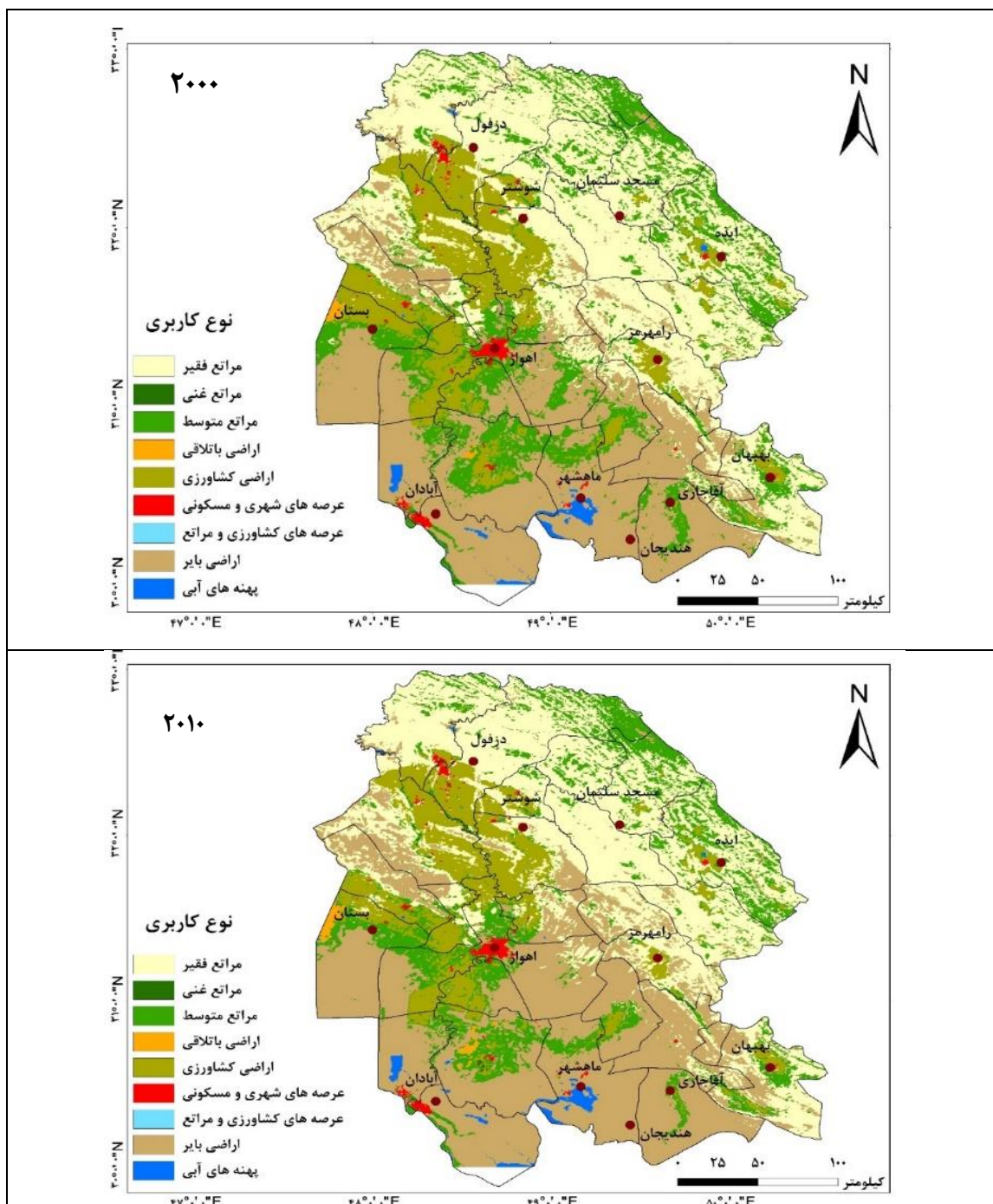
جدول ۱. انواع داده‌های استفاده شده در این پژوهش				
نوع داده	منبع	رزولوشن فضایی	دوره آماری	تعداد تصاویر اخذ شده
طبقه‌های کاربری زمین‌ها	محصول MCD12Q1 سنجنده مادیس	۱ کیلومتر	سالانه ۲۰۲۰-۲۰۰۰	۴۲ تصویر سالانه
عمق اپتیکی آئروسول	MOD04-3K، MYD04-3K	۳ کیلومتر	ماهانه ۲۰۲۰-۲۰۰۰	

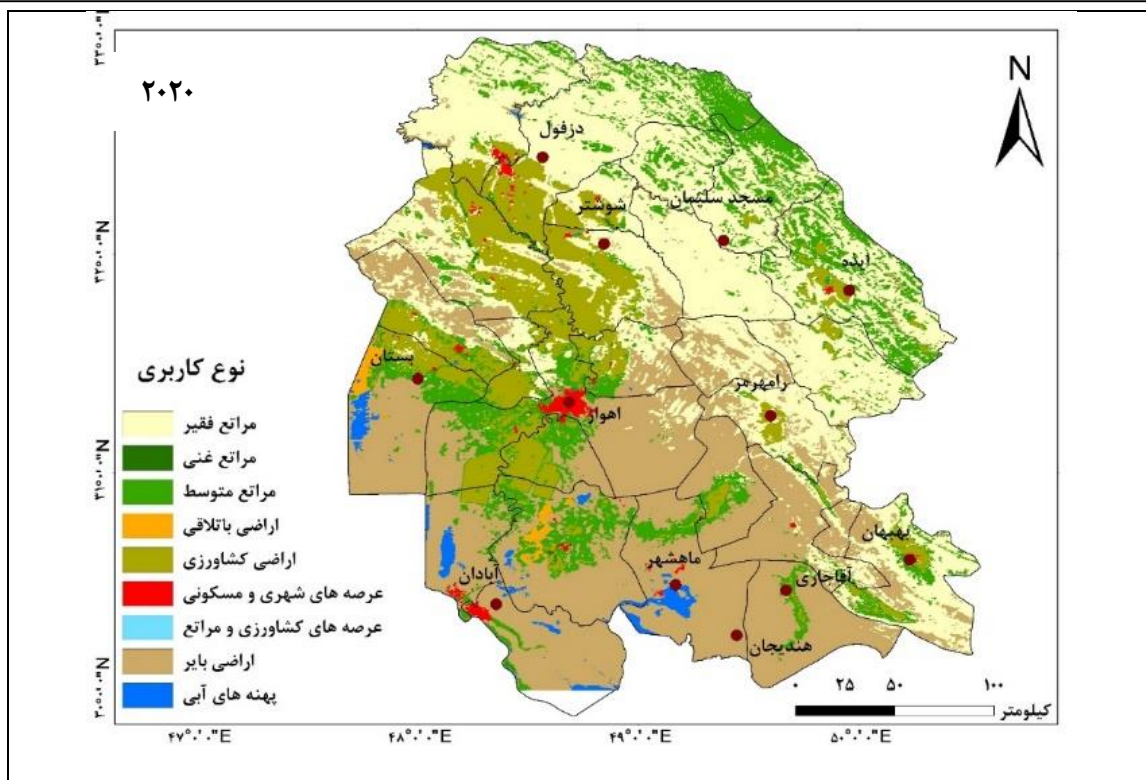
اما داده‌هایی که در این پژوهش برای بررسی کیفیت هوای استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت، داده‌های شاخص عمق اپتیکی آئروسول^۱، سنجنده مادیس بود. این داده‌ها در مقیاس روزانه و با تفکیک فضایی ۳ کیلومتر و ۱۰ کیلومتر تولید می‌شوند (جدول ۱). در این پژوهش از آنجا که فقط هدف بررسی وضعیت آئروسول‌های بهاره و تابستانه اتمسفر استان خوزستان بود، در نتیجه از ۳۶۵۰ فریم تصویر محصول AOD سنجنده مادیس ماهواره ترا^۲ (MOD04-3K) و آکوا^۳ (MYD04-3K) با تفکیک فضایی ۳ کیلومتر برای استان خوزستان استفاده شد. مقادیر سالانه فصلی شاخص عمق اپتیکی آئروسول، برای ماه‌های دوره گرم سال (آوریل تا سپتامبر) به صورت روزانه تحلیل و پایگاه داده شبکه‌بندی شده یک کیلومتری (اندازه پیکسل سایز محصول MCD12Q2) تولید شد. در نهایت از تکنیک تحلیل ماتریس متقاطع^۴، در نرم افزار ARC-GIS، برای آشکارسازی ارتباط بین طبقه‌های پوشش زمین‌ها و توزیع شاخص AOD در هر کدام از طبقه‌های پوشش زمین‌ها استفاده شده است.

نتایج

طبقه‌های پوشش زمین‌های استان خوزستان طی سه دوره آماری ۱۰ ساله با استفاده از محصول کامپوزیت سنجنده مادیس بررسی شد. نتیجه‌ها بیانگر آن بود که در سطح استان خوزستان ۹ کد کاربری یا طبقه پوشش کاربری قابل شناسایی و استخراج بود (شکل ۲). پوشش‌های غالب استان خوزستان بیشتر مراتع فقیر (کمتر از ۳۰ درصد پوشش گیاهی)، مراتع متوسط تا غنی (بین ۴۰ تا ۶۰ درصد پوشش گیاهی)، زمین‌های بایر (کد ۱۶ IGBP)، زمین‌های کشاورزی (کد ۱۲ IGBP) با ترکیب ۶۰ درصد آبی، ۴۰ درصد دیم، هستند، این پوشش‌ها بیش از ۹۰ درصد از مساحت استان خوزستان (برابر ۵۴ هزار کیلومتر مربع) را تشکیل داده‌اند. در کنار این پوشش‌های عمده و اصلی، پوشش‌های خرد دیگری وجود دارند که شامل زمین‌های شهری و مسکونی (کد ۱۳ IGBP)، پهنه‌های آبی (کد ۱۷ IGBP)، زمین‌های باتلاقی و نیزاری (کد ۱۱ IGBP) نیز وجود دارد که مجموع مساحت آن‌ها به کمتر از ۱۰ درصد از مساحت استان می‌رسد.

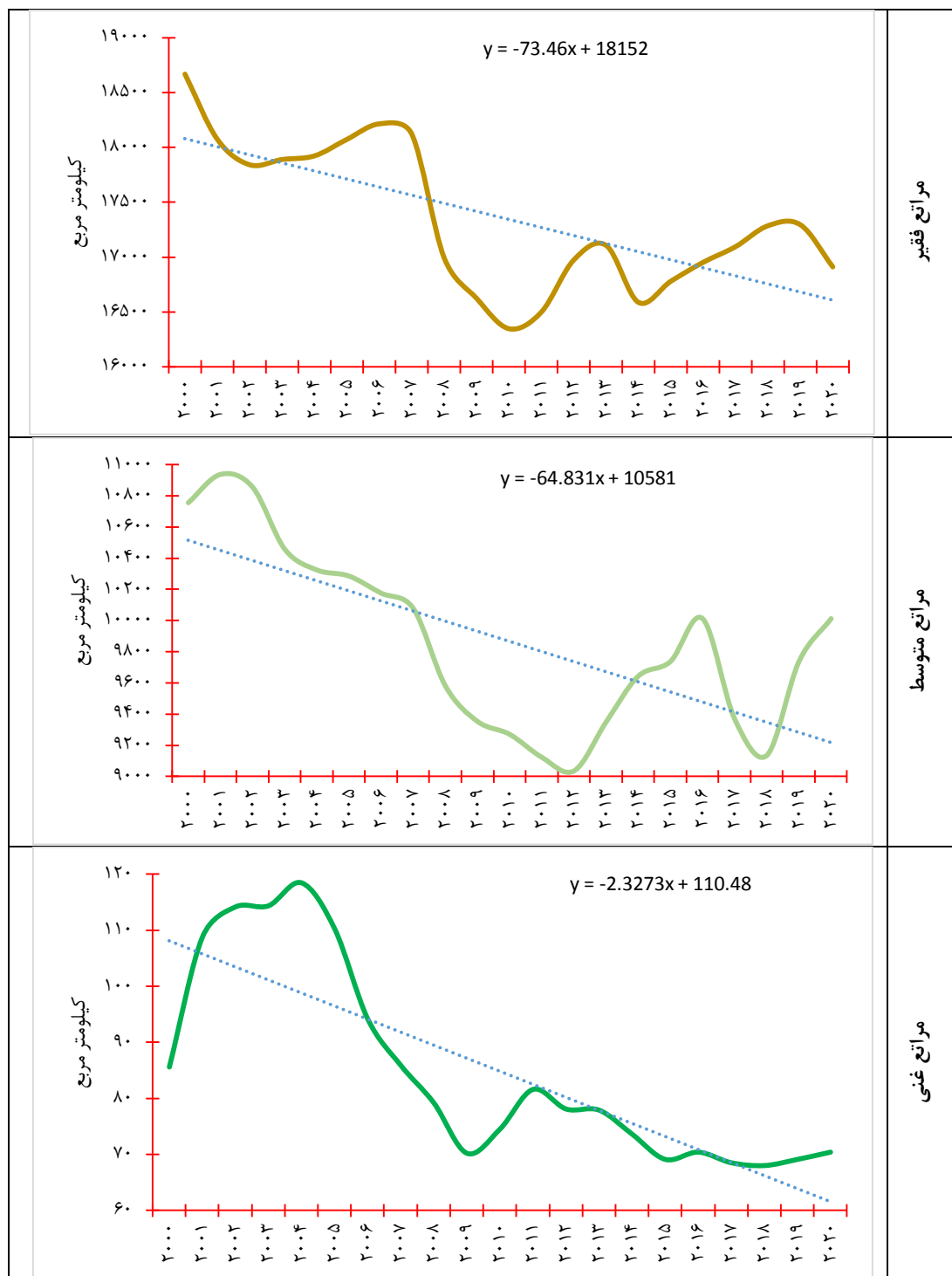
1. Aerosol Optical Depth(AOD)
2. Terra
3. AQUA
4. Cross-tabulation matrix(CTM)





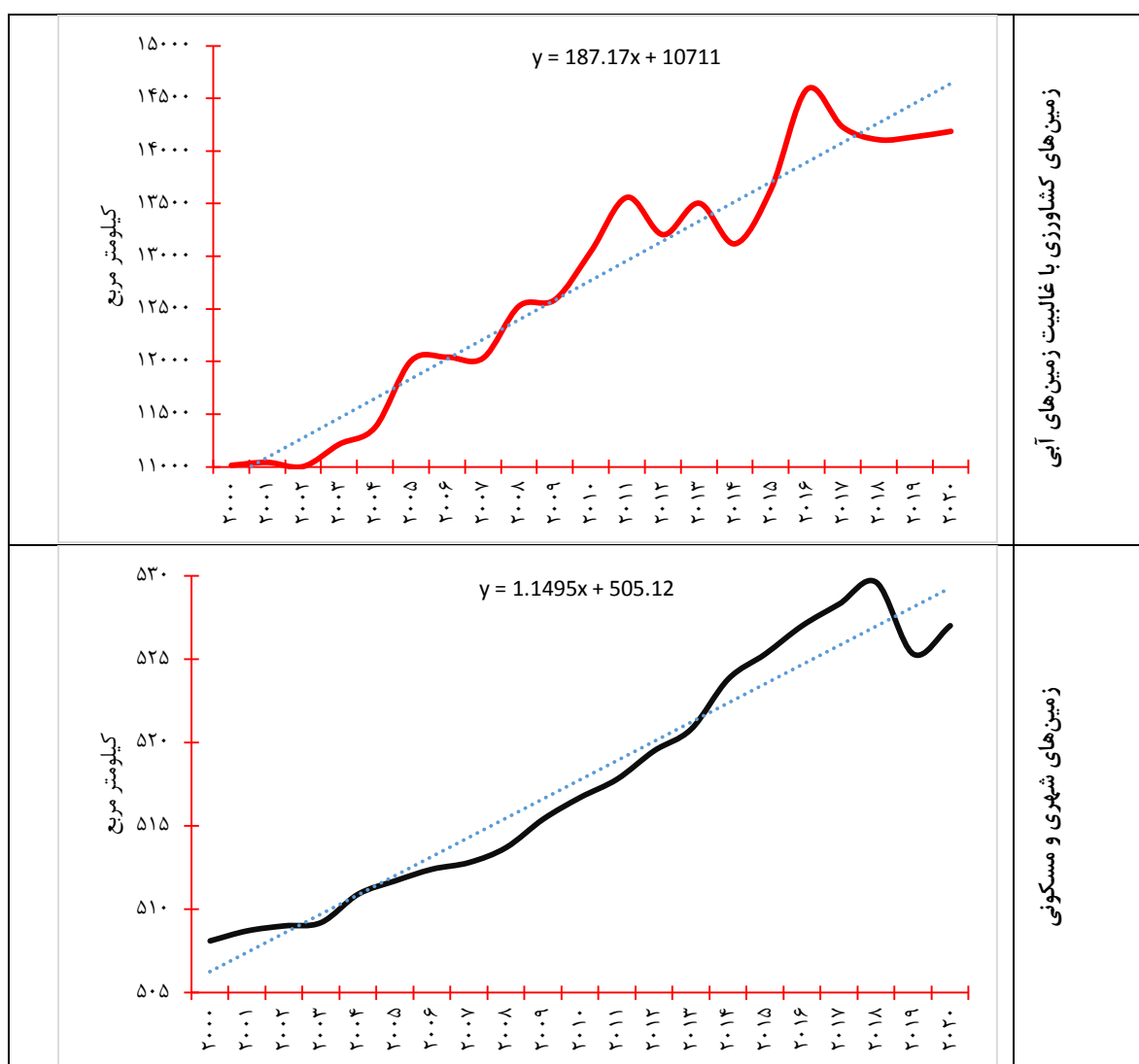
شکل ۲. توزیع فضایی طبقه‌های پوشش زمین‌ها سال ۲۰۰۰ استان خوزستان مبتنی بر محصول MCD12Q2 سنجنده مادیس

بررسی روند ۲۰ ساله پوشش زمین‌های استان خوزستان با استفاده از داده‌های سالانه محصول MCD12Q2 سنجنده مادیس که در شکل ۳ ارائه شده است، بیانگر آن بود که در طی دو دهه اخیر، مراعات استان خوزستان روند کاهشی داشته است. مراعات استان که در قالب سه نوع مرتع، مورد بررسی قرار گرفته است، همگی دارای روند کاهشی مستمر طی ۲۰ سال اخیر بوده‌اند. مراعات فقیر که در محصول MCD12Q2 سنجنده مادیس با کد ۹ طبقه بندی IGBP ارائه شده است، این مراعات بیشتر مراعات مشجر کم‌تراکم با پوشش گیاهی کمتر از ۳۵ درصد، را شامل می‌شوند. این مراعات در سطح استان مساحتی حدود ۱۷۳۰۰ کیلومتر مربع (۱/۷ میلیون هکتار) را در بر گرفته‌اند. این مراعات به طور متوسط طی دوره آماری مورد بررسی با شیب سالانه ۷۳ کیلومتر مربع روند کاهشی از خود نشان داده‌اند. اما مراعات متوسط استان که از نوع مراعات متوسط مشجر است (کد ۸ IGBP)، و سطح پوشش گیاهی آن‌ها ۴۰ تا ۷۰ درصد است، مساحتی حدود ۹۵۰ هزار هکتار داشته و این مراعات نیز طی دوره مورد بررسی روند کاهشی داشته است. این نوع مراعات نیز با شیب کاهشی ۶۴ کیلومتر مربع در سال، طی دو دهه اخیر روند کاهشی از خود نشان داده‌اند. مراعات غنی استان که بیشتر در بخش‌های شمال شرق استان یعنی شهرستان‌های مسجد سلیمان، ایذه و دزفول قرار گرفته‌اند، مساحتی در حدود ۸۵۰۰ هکتار داشته پوشش گیاهی در حدود ۶۰ تا ۷۵ درصد دارند. این نوع مراعات نیز روند کاهشی با شیب ۲ کیلومتر مربع در سال از خود نشان داده‌اند.

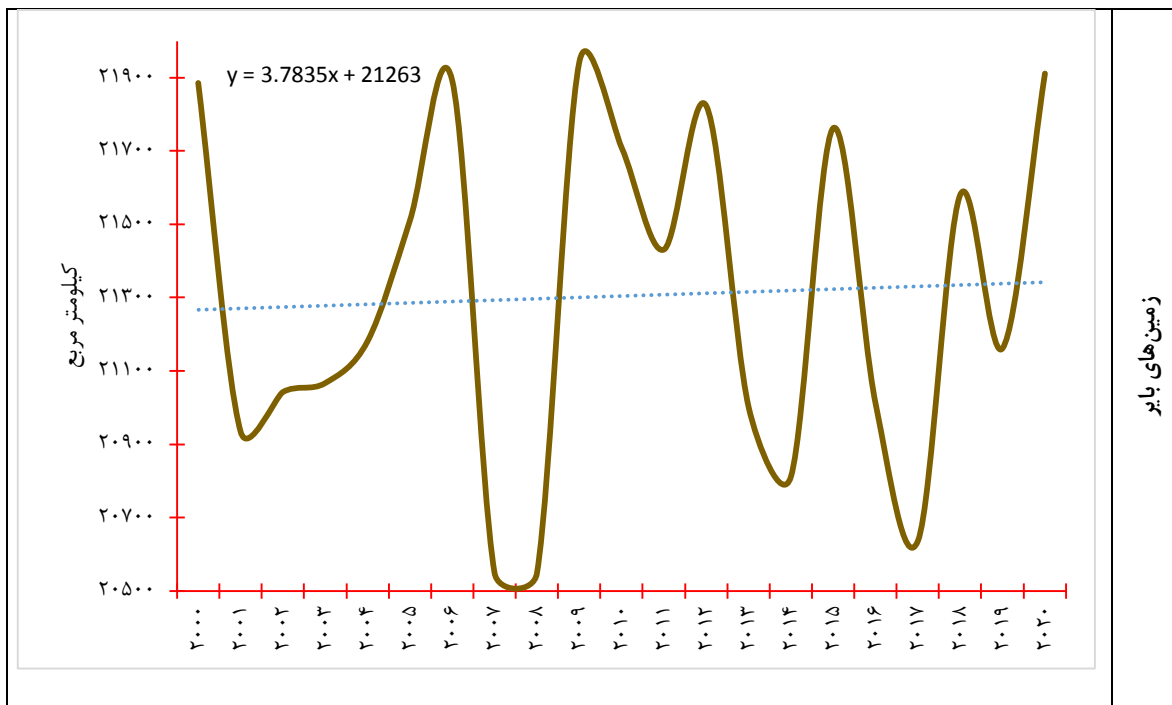


شکل ۳. روند تغییرات ۲۰ ساله پوشش مراغه در استان خوزستان مستخرج از محصول MCD12Q2 سنجنده مادیس

دسته دوم از کاربری‌هایی که مورد بررسی قرار گرفت، کاربری‌های مرتبط با فعالیت‌های انسان بود که شامل زمین‌های کشاورزی و ساخت‌های شهری و مسکونی هستند. زمین‌های کشاورزی (کد ۱۲ IGBP) با ترکیب ۶۰ درصد آبی و ۴۰ درصد دیم، به طور متوسط در سطح استان خوزستان، ۱۲۵۰ هزار هکتار داشته‌اند. این زمین‌ها بیشتر در بخش‌های مرکزی استان شامل شهرستان‌های، دزفول، اندیمشک، شوشتر و اهواز، گسترش یافته‌اند. این زمین‌ها با شیب ۱۸۷ کیلومتر مربع در سال، طی دو دهه اخیر روند افزایشی مستمری داشته‌اند. کاربری پوشش زمین‌های شهری و مسکونی (کد ۱۳ IGBP)، نیز طی دو دهه اخیر دارای روند افزایشی مستمری با شیب ۱/۱ کیلومتر مربع در سال بوده است (شکل ۴).



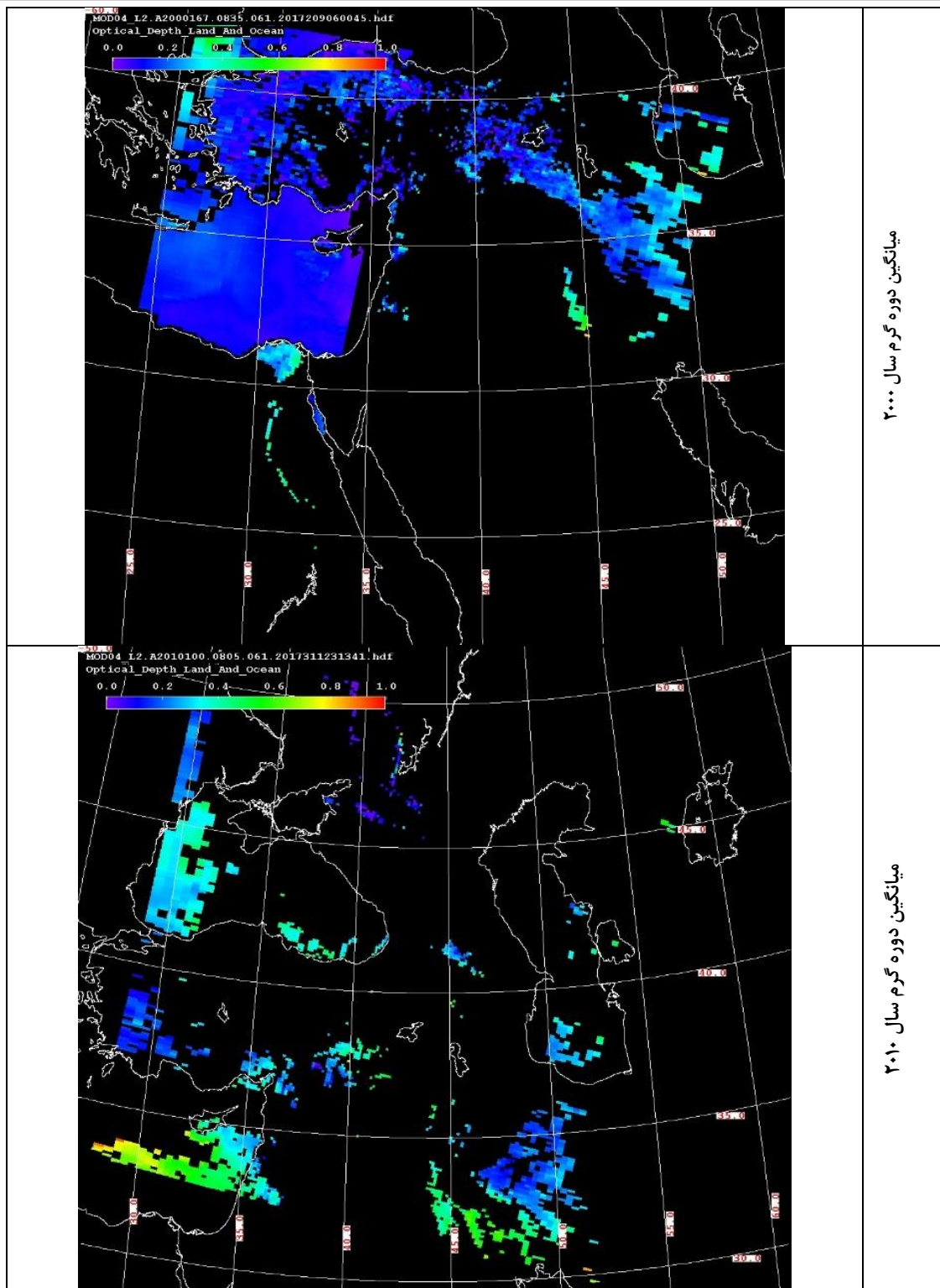
شکل ۴. روند تغییرات ۲۰ ساله پوشش زمین‌های کشاورزی و زمین‌های شهری و مسکونی خوزستان مستخرج از محصول MCD12Q2 سنجنده مادیس

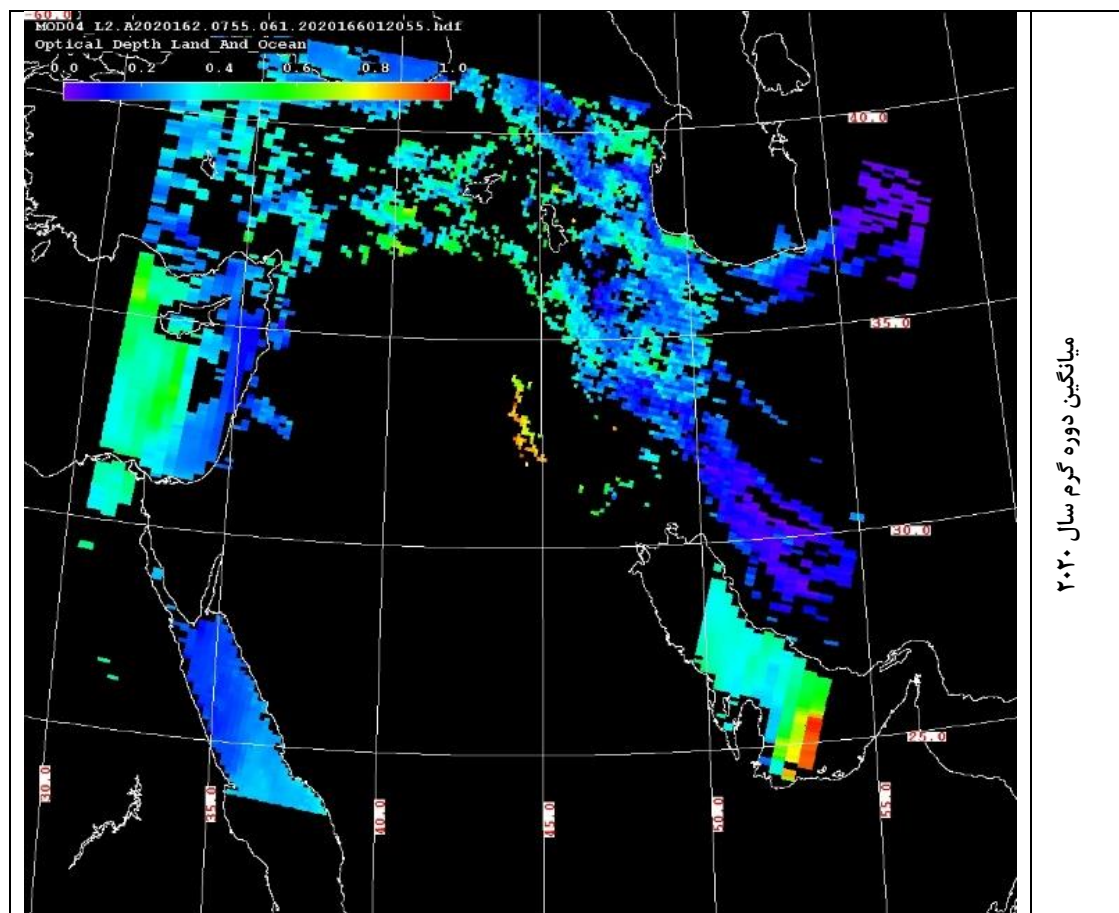


شکل ۵. روند تغییرات ۲۰ ساله پوشش زمین‌های بایر استان خوزستان مستخرج از محصول MCD12Q2 سنجنده مادیس

یکی دیگر از کاربری‌های عمده در سطح استان خوزستان، کاربری زمین‌های بایر (کد ۱۷ IGBP)، بود این کاربری بیشتر در بخش‌های جنوبی استان متمرکز بوده و مساحتی در حدود ۳۰ درصد از کل استان (۲ میلیون هکتار) را به خود اختصاص داده است. روند تغییرات این کاربری نیز طی دو دهه اخیر، معنادار نبوده است و روند خاصی را طی نکرده است. اما نوسانات سالانه محدود در مساحت این پوشش در سطح استان دیده شده است. به طور کلی این پوشش با شیب سالانه ۳/۷ کیلومتر در سال، طی دو دهه اخیر روند افزایشی ناچیزی از خود نشان داده است (شکل ۵).

شکل ۶ وضعیت توزیع فضایی شاخص عمق اپتیکی آئروسول (AOD) محصول MOD04-3K سنجنده مادیس در دوره گرم سال در سه دوره زمانی مورد بررسی را نشان می‌دهد همانطور که دیده می‌شود وضعیت توزیع فضایی شاخص عمق اپتیکی آئروسول (AOD) محصول MOD04-3K سنجنده مادیس، در سطح منطقه مورد مطالعه بیانگر آن بود که مقادیر شاخص AOD که گویای مقادیر غلظت گردوغبار در سطح منطقه است، طی سه دوره مورد بررسی در سطح استان خوزستان روند افزایشی داشته است. در سال ۲۰۰۰، در دوره گرم سال (میانگین ماه‌های آوریل تا سپتامبر) میانگین فضایی شاخص عمق اپتیکی آئروسول (AOD) محصول MOD04-3K سنجنده مادیس در سطح استان خوزستان برابر 0.35 ± 0.09 بوده است که این مقدار در سال ۲۰۱۰، به 0.39 ± 0.07 رسیده است. به عبارت دیگر، در سال ۲۰۱۰، علاوه بر اینکه میانگین فضایی شاخص AOD در سطح استان خوزستان افزایش پیدا کرده است، توزیع فضایی آن نیز در سطح استان کمی هم‌گون‌تر شده است.





شکل ۶. وضعیت توزیع فضایی شاخص عمق اپتیکی ایروسول (AOD) محصول MOD04-3K سنجنده مادیس در دوره گرم سال در سه دوره زمانی مورد بررسی

در سال ۲۰۲۰، میانگین فضایی شاخص عمق اپتیکی آئروسول (AOD) محصول MOD04-3K سنجنده مادیس در سطح استان خوزستان برابر 0.4 ± 0.04 بوده است که نسبت به دو دوره قبل یعنی سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۰۰، به صورت قابل توجهی افزایش داشته است و علاوه بر آن توزیع فضایی آن نیز در سطح استان هم‌گون‌تر شده است (جدول ۲).

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار فضایی شاخص عمق اپتیکی ایروسول (AOD) محصول MOD04-3K سنجنده مادیس در دوره گرم سال در سه دوره زمانی مورد بررسی

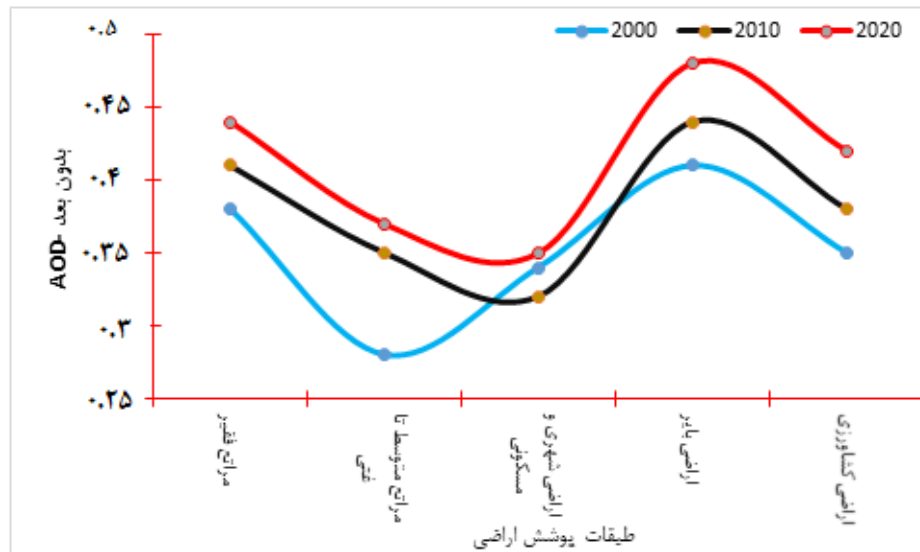
دوره زمانی مورد بررسی	میانگین فضایی شاخص AOD در سطح استان	انحراف معیار فضایی شاخص AOD در سطح استان
۲۰۰۰	۰/۳۵	۰/۰۹
۲۰۱۰	۰/۳۹	۰/۰۸
۲۰۲۰	۰/۴۴	۰/۰۴

اما با اجرای تکنیک ماتریس تحلیل متقاطع، میانگین و انحراف معیار فضایی شاخص AOD سنجنده مادیس، به تفکیک هر کدام از پوشش‌های زمین‌ها استخراج شده از محصول MCD12Q2، سنجنده مادیس به دست آمد (جدول ۳). نتایج بیانگر آن بود که بالاترین میزان شاخص AOD مربوط به پوشش زمین‌های بایر بود که این مقدار در سال ۲۰۰۰، برای این پوشش برابر 0.41 ± 0.08 بود که در سال ۲۰۱۰ به 0.44 ± 0.05 و در سال ۲۰۲۰ به 0.48 ± 0.08 رسیده است. در زمین‌ها با پوشش مراتع فقیر نیز الگوی مشابهی دیده شد. مقادیر شاخص AOD در این کاربری طی سه دوره زمانی مورد بررسی روند افزایشی قابل توجهی داشته است، به صورتی که در سال ۲۰۰۰ میانگین فضایی شاخص AOD دوره گرم سال روی این پوشش زمین‌ها در سطح استان، برابر 0.38 ± 0.07 بود در حالی که در سال ۲۰۱۰ به 0.41 ± 0.05 و در سال ۲۰۲۰ نیز به 0.44 ± 0.04 رسیده بود. این روند افزایشی در یکی دیگر از کاربری‌های عمده استان یعنی کاربری کشاورزی نیز الگوی مشابهی را طی سه دوره مورد بررسی، داشته است. در زمین‌های با کاربری کشاورزی، در سال ۲۰۰۰ میانگین فضایی شاخص AOD دوره گرم سال برابر 0.35 ± 0.04 بوده است که در سال ۲۰۱۰ به مقدار 0.38 ± 0.05 و در سال ۲۰۲۰ به مقدار قابل توجه 0.42 ± 0.03 رسیده است.

یکی دیگر از کاربری‌های عمده سطح استان، مراتع متوسط تا غنی بود که این مراتع نیز طی دوره مورد بررسی به صورت قابل توجهی روند کاهشی را طی دو دهه اخیر طی کرده بودند. در زمین‌های با پوشش مراتع متوسط تا غنی، در سال ۲۰۰۰ میانگین فضایی شاخص AOD دوره گرم سال برابر 0.28 ± 0.03 بوده است که در سال ۲۰۱۰ به مقدار 0.35 ± 0.03 و در سال ۲۰۲۰ به مقدار قابل توجه 0.37 ± 0.02 رسیده است. اما یکی دیگر از کاربری‌هایی که در این پژوهش از لحاظ شاخص عمق اپتیکی آئروسول مورد بررسی قرار گرفت، کاربری زمین‌های شهری و مسکونی بود. نتایج حاصل از بررسی روند ۲۰ ساله تغییرات این کاربری بیانگر آن بود که طی ۲۰ سال اخیر، این کاربری در سطح استان خوزستان روند افزایشی مستمری را داشته است. اما همزمان با افزایش این کاربری در سطح استان، مقادیر شاخص AOD نیز در سطح این کاربری روند افزایشی داشته است به طوری که در سال ۲۰۰۰ میانگین و انحراف معیار فضایی شاخص AOD روی این کاربری برابر 0.33 ± 0.02 بود که در سال ۲۰۱۰ این مقدار به 0.35 ± 0.01 و در سال ۲۰۲۰ نیز به 0.37 ± 0.01 رسیده بود. بنابراین به طور کلی، در همه کاربری‌ها، مقادیر شاخص عمق اپتیکی آئروسول، روند افزایشی داشته است (شکل ۷).

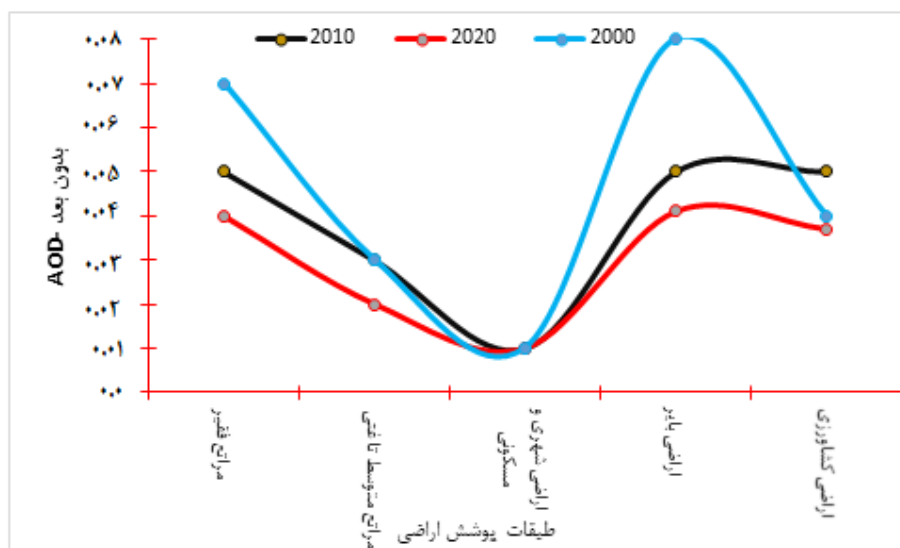
جدول ۳. مقادیر میانگین و انحراف معیار فضایی شاخص عمق اپتیکی آئروسول (AOD)، محصول MOD04-3K سنجنده مادیس به تفکیک طبقه‌های پوشش زمین‌ها مستخرج از محصول (MOD12Q2) سنجنده مادیس

نوع کاربری	میانگین فضایی $\pm$ انحراف معیار فضایی سال ۲۰۰۰	میانگین فضایی $\pm$ انحراف معیار فضایی سال ۲۰۱۰	میانگین فضایی $\pm$ انحراف معیار فضایی سال ۲۰۲۰
مراتع فقیر	0.38 ± 0.07	0.41 ± 0.05	0.44 ± 0.04
مراتع متوسط تا غنی	0.28 ± 0.03	0.29 ± 0.03	0.29 ± 0.02
زمین‌های شهری و مسکونی	0.33 ± 0.02	0.35 ± 0.01	0.39 ± 0.01
زمین‌های بایر	0.41 ± 0.08	0.44 ± 0.05	0.49 ± 0.04
زمین‌های کشاورزی	0.35 ± 0.04	0.38 ± 0.05	0.45 ± 0.03



شکل ۷. مقادیر میانگین فضایی شاخص عمق اپتیکی آبروسل (AOD)، محصول MOD04-3K سنجنده مادیس به تفکیک طبقه‌های پوشش زمین‌ها مستخرج از محصول (MOD12Q2) سنجنده مادیس

اما روند انحراف معیار یا تغییرپذیری فضایی شاخص عمق اپتیکی آبروسل، در سطح کاربری‌های استان، برخلاف میانگین فضایی این شاخص روی کاربری‌های مورد بررسی، طی دو دهه اخیر، روند کاهشی داشته است. این مسئله گویای آن است همزمان با افزایش شاخص عمق اپتیکی آبروسل در سطح کاربری‌های استان، میزان ضریب تغییرات توزیع این شاخص در سطح کاربری‌ها، کاهش داشته است و توزیع فضایی شاخص AOD در سطح کاربری‌ها همگون‌تر شده است (شکل ۸).



شکل ۸. مقادیر انحراف معیار فضایی شاخص عمق اپتیکی آبروسل (AOD)، محصول MOD04-3K سنجنده مادیس به تفکیک طبقه‌های پوشش زمین‌ها مستخرج از محصول (MOD12Q2) سنجنده مادیس

بحث

تغییرات کاربری زمین‌ها امروزه یکی از عمده‌ترین دلایل و محرک‌های رخداد جهانی تغییر اقلیم و مخاطرات همراه با آن است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۶). به طور کلی در سطح جهان الگوی اصلی تغییرات کاربری زمین‌ها به صورت گسترش سطح زیر کشت زمین‌های کشاورزی و باغی، افزایش پهنه‌های شهری و مسکونی، گسترش شهرک‌های صنعتی و تجاری، و از طرف دیگر کاهش سطح مراتع و جنگل‌ها، تبدیل مراتع مرغوب به مراتع متوسط و ضعیف است (ژاو، ۲۰۰۶، آموس، ۲۰۲۱). علاوه بر آن در بسیاری از کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا، از جمله ایران، علاوه بر الگوی عمومی تغییر اقلیم انسان منشأ که در بالا گفته شد، تغییرات طبیعی در پوشش زمین به واسطه گسترش زمین‌های بیابانی و کویری، خشک شدن پهنه‌های آبی و تبدیل آن به کانون‌های تغذیه ریزگردها (ژانگ، ۲۰۱۶؛ هراتی، ۲۰۲۱) نیز دیده شده است.

نتایج این پژوهش نیز که با تحلیل داده‌های سالانه محصول پوشش زمین‌ها سنجنده مادیس طی ۲۰ سال (۲۰۲۰-۲۰۲۰) انجام گرفت، نشان داد که به طور کلی در استان خوزستان مراتع (اعم از مراتع فقیر تا غنی)، روند کاهشی قابل توجهی را در طی دو دهه اخیر داشته‌اند. در حالی که زمین‌های کشاورزی به ویژه کشت‌های آبی و زمین‌های شهری و مسکونی روند افزایشی و زمین‌های بایر نیز روند نسبتاً ثابتی را طی کرده بود. شاید بتوان ردپای این تغییر کاربری‌های عظیم را آماری که وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۹) در مورد استان خوزستان ارائه کرده است، بررسی کرد. به طوری که طی ۵ سال اخیر (منتهی به سال ۱۴۰۰) به صورت مستمر از لحاظ حجم تولید محصولات کشاورزی (اعم از زراعی و باغی) استان خوزستان سالانه با تولید ۱۳ تا ۱۷ میلیون تن محصول زراعی و باغی رتبه اول تولیدات کشاورزی را در سطح کشور داشته است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۷) این کشاورزی گسترده و عظیم، یکی از مهمترین مولدهای این الگوی تغییرات کاربری زمین‌ها است. اما از طرف دیگر، خشکسالی‌های اخیر و عدم رعایت حقابه هورها و تالاب‌های سطح استان از جمله هورالعظیم و هور منصوریه (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۸) سبب شده است که روند خشک شدن این پهنه‌های مرطوب به سمت زمین‌های بایر با رسوبات ریز، شدت بگیرد.

یکی از مهمترین پدیده‌های این تغییر کاربری‌های گسترده در سطح استان به صورت افزایش فراوانی رخدادهای گردوغبار ظاهر شده است. نکته قابل توجهی که در این پژوهش آشکار شد این بود که همزمان با این روند درهم‌تینده طبیعی-انسانی تغییرات کاربری/پوشش زمین‌ها در سطح استان خوزستان، از طرف دیگر، نتایج حاصل از تحلیل فضایی شاخص گردوغبار سنجنده مادیس نشان داد که میانگین و انحراف معیار فضایی این شاخص در سطح استان طی دو دهه اخیر، از $0/35 \pm 0/09$ در سال ۲۰۰۰ به $0/44 \pm 0/04$ ، در سال ۲۰۲۰، رسیده بود که گویای آن بود که نه تنها غلظت گردوغبار در اتمسفر استان خوزستان به طور کلی افزایش چشمگیری پیدا کرده است، بلکه توزیع گردوغبار در سطح استان نیز همگون‌تر شده است که این همگون‌تر شدن توزیع گردوغبار نیز در سطح استان خود به اندازه افزایش غلظت گردوغبار اهمیت دارد زیرا گویای توزیع فضایی گسترده‌تر گردوغبار در سطح استان است. این نتیجه به خودی خود، تنها یک همزمانی را بین گردوغبار و تغییرات کاربری زمین‌ها در سطح استان آشکار می‌کند، که اگر نمونه‌های مشابه دیگری نیز بتوان برای آن پیدا کرد، تا حدود زیادی روایی و صحت این رابطه آشکار می‌شود.

یکی از نمونه‌های بارز تغییرات کاربری/پوشش زمین‌ها که این مورد نیز در نتیجه تعامل فاکتورهای طبیعی و انسانی ایجاد و تشدید شده است، حواشی دریاچه ارومیه است که در نتیجه خشک شدن دریاچه عرصه‌های خشک نمکی زیادی در منطقه

ایجاد شده است و از طرف دیگر، مساحت زمین‌های کشاورزی در این منطقه روند افزایشی داشته است، در این جا نیز روند افزایشی در شدت و فراوانی رخدادهای گردوغبار دیده شده است (هراتی و همکاران، ۲۰۲۱). چنین نتیجه‌ای در ایران مرکزی نیز تا حدودی دیده شده است اما در این جا نقش تغییرات کاربری انسان منشأ ضعیف‌تر بوده است (کرم و همکاران، ۱۳۹۶). در این پژوهش گامی فراتر برای اثبات تأثیرگذاری تغییرات کاربری زمین‌ها روی افزایش شدت رخدادهای گردوغبار برداشته شد. در این بخش از پژوهش دیده شد که دقیقاً کاربری‌هایی که نقش کنترل‌کننده در گردوغبار داشته‌اند یا به نوعی طی دو دهه اخیر میزان AOD روی آن‌ها ثابت مانده بود، روند کاهشی را طی کرده بودند (مراعات متوسط تا غنی) (پوشش گیاهی ۴۰ تا ۶۵ درصد)) اما بالعکس کاربری‌هایی که میزان شاخص AOD روی آن‌ها طی دو دهه اخیر افزایش پیدا کرده بود (زمین‌های کشاورزی)، طی دو دهه اخیر روند افزایشی قابل توجهی را طی کرده بودند. براساس این نتیجه جدید می‌توان از لحاظ آینده‌نگاری انتظار داشت که در صورتی که وضعیت دو پیشران گردوغبار در سطح منطقه همین خط سیر ۲۰ سال اخیر را طی کند، یعنی زمین‌های کشاورزی به ویژه زمین‌های کشت آبی، روند افزایشی داشته باشند و از طرف دیگر، مراعات استان روند کاهشی داشته باشند، باید انتظار رخدادهای گردوغبار با شدت و تراکم بسیار شدیدتری را در سطح استان داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که به طور کلی طی دو دهه اخیر شاخص تراکم گردوغبار دوره گرم سال در سطح استان خوزستان افزایش پیدا کرده است به طوری که شاخص AOD در دوره گرم سال در سطح استان به طور متوسط ۰/۳۵ بوده است در حالی که با افزایش مستمری که داشته است در سال ۲۰۲۰ به ۰/۴۴ رسیده است. با بررسی الگوی تغییرات کاربری زمین‌ها و ارتباط آن با تغییرات شاخص AOD در سطح استان مشخص شد که روند افزایشی شاخص AOD در سطح استان به طور کلی ناشی از کاهش مساحت مراعات متوسط تا غنی، افزایش مسمتر سطح زیرکشت کاربری کشاورزی (کشت آبی)، و نیز عدم کنترل زمین‌های بایر در سطح استان بوده است.

منابع

- اصغری پوده؛ زهرا؛ نعمت الهی، شکوفه؛ شفیعی زاده، محمد؛ فاخران اصفهانی، سیما (۱۳۹۵). تأثیر تغییرات کاربری اراضی در گسترش گرد و غبار و خشک شدن تالاب شادگان. دومین کنفرانس بین المللی اکولوژی سیمای سرزمین.
- درگاهیان، فاطمه؛ تیموری، سارا؛ لطفی نسب اصل، سکینه؛ رضوی زاده، سمانه (۱۳۹۸). بررسی تغییر کاربری زمین در هور منصوریه و ارتباط آن با رخدادهای خشک‌سالی و گرد و غبار در کلان‌شهر اهواز. *پژوهش‌های/بخیزداری*، ۳۲(۴)، ۹۴-۱۰۴
- دیناروند مهری؛ کنشلو، هشام؛ فیاض، محمد؛ (۱۳۹۷). پوشش گیاهی کانون‌های گردوغبار در استان خوزستان، نشریه *طبیعت/ایران*، ۳(۳)، ۴۲-۳۲
- سلیمانی، آرزو؛ عسگری، حسین محمد؛ دادالهی، سهراب؛ علمی زاده، علی؛ خزاعی، هیوا (۱۳۹۴). ارزیابی عمق اپتیکی حاصل از تصاویر ماهواره مادیس در خلیج فارس. *مجله علوم و فنون دریایی*، ۱۴(۴)، ۸۳-۷۵
- سلیمانی، کریم؛ آزموده، علی (۱۳۸۹). بررسی نقش تغییر کاربری اراضی بر برخی از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و فرسایش پذیری خاک. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۲(۷۴)، ۲۳-۱۱.

- صبر، ابوطالب (۱۳۹۴). بررسی انتشار ریزگردها در اثر تغییرات کاربری اراضی کشاورزی جنوب شهر تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد ناپیوسته، رشته ی تحصیلی مهندسی منابع طبیعی - محیط زیست، دانشگاه تهران.
- عزیزی، قاسم؛ میری، مرتضی؛ نبوی، سید امید (۱۳۹۱). ردیابی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۲ (۷)، ۸۱-۶۳
- کرم، امیر؛ ضیاییان، پرویز؛ یمانی، مجتبی؛ عنایتی، مریم (۱۳۹۶). آشکارسازی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر توزیع فضایی گردوغبار در شمال غرب ایران مرکزی. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۳ (۲۳)، ۱۰۴-۹۰
- موسیوند، زینب (۱۳۹۲). بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین بر فعالیت طوفان‌های گردوغبار (مطالعه موردی: عراق). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هرمزگان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی.
- وزارت جهاد کشاورزی، (۱۳۹۹)، آمارنامه کشاورزی ۱۳۹۷-۱۳۹۹.

References

- Amos, P.K., Tai, A.B., Perry, H.L., Ma, A., Yuk-Chun Chan, C., Ming-Keung Chow, A., David, A., Ridley, D., Jasper, F., Kok, E. (2021). Impacts of climate and land cover variability and trends on springtime East Asian dust emission over 1982–2010: A modeling study. *Atmospheric Environment*, 254, 1-15, 118348 doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118348
- Asghari Podeh, Z., Nematilahi, Sh., Shafieizadeh, M., Fakhraan Esfahani, S. (2015). Impact of land use changes on the spread of dust and drying of Shadegan wetland. *The Second International Conference on Landscape Ecology*. (In Persian).
- Azizi, Q., Miri, M., Nabavi, S.O. (2012). Dust detection in the western half of Iran. *Geographical Studies of Arid Areas*, 2 (7), 63-81. (In Persian).
- Chrysoulakis, N., Proedrou, M., Cartalis, C. (2005). Variations and trends in annual and seasonal means of precipitable water in Greece as deduced from radiosonde measurements, Tech. rep., Institute of Applied Mathematics. *Toxicol and Environ Chem.*, 84(1–4), 1–6
- Dargahian, F., Teimori, S., Lotfinasbasl, S., Razavizadeh, S. (2019). Land use Changes in the Mansouriyeh Wetland and its Relation with the Occurrence of Drought and Dust Formation in the Ahwaz Metropolis, *Watershed Management Research*, 32(4), 94-104. (In Persian).
- Dinarvand M., Keneshloo H., Fayyaz M. (2018). Vegetation of dust sources in Khuzestan Province. *Journal of Iran Nature*. 3(3), 32-42. (In Persian).
- Harati, H., Kiadaliri, M., Tavana, A., Rahnavard, A., Amirnezhad, R. (2021). Urmia Lake dust storms occurrences: investigating the relationships with changes in water zone and land cover in the eastern part using remote sensing and GIS. *Environ Monit Assess*, 193(2), 70. doi: 10.1007/s10661-021-08851-3.
- Honglie, Q., Junping, Z., Xinguang, D. (2003). Land-use and land-cover changes and dust storms in Tarim Basin, northwest China, Proc. SPIE 4890, *Ecosystems Dynamics, Ecosystem-Society Interactions, and Remote Sensing Applications for Semi-Arid and Arid Land*, https://doi.org/10.1117/12.465921

- Karam, A., Ziaeeian, P., Yamani, M., Enayati, M. (2018). Detection of the effect of land use change on the spatial distribution of dust in northwestern central Iran. *Quantitative Gemorphological Research*, 6(3), 90-104. (In Persian).
- Ministry of Jihad Agriculture, (1399), Agricultural Statistics 1397-1399, (In Persian).
- Musivand, Z. (2013). Investigating the effects of land use change and land cover on the activity of dust storms (Case study: Iraq). Master Thesis, Hormozgan University, Faculty of Literature and Humanities. (In Persian).
- Sabr, A., (2015). Investigation of dust emissions due to changes in agricultural land use in the south of Tehran. Discontinuous Master's Thesis, Department of Natural Resources Engineering - Environment, University of Tehran. (In Persian).
- Shao, Y., Wyrwoll, K.-H., Chappell, A., Huang, J., Lin, Z., McTainsh, G.H., Mikami, M., Tanaka, T.Y., Wang, X. and Yoon, S. (2014). Dust cycle: An emerging core theme in Earth system science. *Journal of Aeolian Research*, 2, 181-204.
- Solaimani, K., Azmoudeh, A. (2011). Investigation of Land Use Change Effects on some Physical and Chemical Properties. *well as the Soil Erodibility*, 42(4), 111-123. (In Persian).
- Solaymani, A., Mohamad Askari, H., Alidadolahi, S., Elmizadeh, H., Khazaei, SH. (2016). Evaluation of optical depth from MODIS satellite imagery in the Persian Gulf. *Journal of Marine Science and a Technology*, 14 (4), 75-83. (In Persian).
- Wilkerson Walter, D. (1991). Dust and sand forecasting in Iraq and adjoining countries. *USAF Environmental Technical Applications Center*, pp72.
- Xi, X., Sokolik, I. N. (2015). Assessments of the contribution of land use change to the dust emission in Central Asia. In AGU Fall Meeting Abstracts.
- Zhang, D.F., Gao, X.J., Zakey, A., Giorgi, F. (2016). Effects of climate changes on dust aerosol over East Asia from RegCM3. *Advances in Climate Change Research*, 7(3), 145-153.
- Zhao, C., Peng, H., Jiang, D., Tian, X., Lei, X. (2006). Land use change in Asia and the ecological consequences, *Ecological Research*, 21(6), 890-896.