



Evaluation of Dust Emission Potential of Geomorphology Classes in Ilam Province with an Emphasis on Land Use Change

Majid Ahmadi Molaverdi^a, Iraj Jabbari^{b*}, Amanollah Fathnia^c

^a PhD in Geomorphology, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Razi University, Kermanshah, Iran

^b Associate Professor, Department of Geography, Geomorphology, Faculty of Literature and Humanities, Razi University, Kermanshah, Iran

^c Assistant Professor, Department of Geography, Geomorphology, Faculty of Literature and Humanities, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 21 November 2021

Revised: 18 January 2022

Accepted: 18 February 2022

Abstract

Dust entrainment, transport, and deposition are important geomorphic surface processes that have adverse environmental effects and consequences. Various natural environments are resistant to wind erosion until they lose their stability. When human activities change the stability of the geomorphic surfaces, areas prone to wind erosion and the potential for dust emission increases. This study tried to evaluate the dust emission potential of geomorphology classes in Ilam province with an emphasis on land use change. For this purpose, at first, the geomorphology map was produced based on the preferential dust sources (PDS) geomorphic classification scheme with a combination of remote sensing data and a number of thematic maps (lithology and soil). Then, using Landsat 7 (ETM+) and Landsat 8 (OLI) images, land use was extracted for 2000 and 2015, respectively. By comparing them, then, a land use change map was produced. Finally, the land use change map was overlaid on the geomorphology map to determine the status of land use change in each geomorphology class. The results showed that in Ilam province there are 6 classes of geomorphology based on the preferential dust sources (PDS) geomorphic classification scheme. In most of these classes, the most important change of land use that has taken place has been the change of land use from rangeland to agriculture. Although geomorphology classes of 2a, 3c and 7 have little potential for dust emission, land use change not only in these three classes but also in other geomorphology classes has increased the dust emission potential of geomorphology classes.

Keywords: Dust Emission Potential, Geomorphology, Land Use Change, Ilam Province

*. Corresponding author: Iraj Jabbari

E-mail: iraj.jabbari@razi.ac.ir

Tel: + 989188332017

How to cite this Article: Ahmadi-Molaverdi, M., Jabbari, I., & Fathnia, A. (2022). Evaluation of dust emission potential of geomorphology classes in Ilam province with an emphasis on land use change. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 11(3), 101-121.

DOI:10.22067/geoeh.2022.73769.1134



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 11, Issue 3 - Number 43, Fall 2022

<https://geoeh.um.ac.ir>



<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73769.1134>



جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال یازدهم، شماره چهل و سوم، پاییز ۱۴۰۱، صص ۱۲۱-۱۰۱

مقاله پژوهشی

ارزیابی پتانسیل انتشار گردوغبار کلاس‌های ژئومورفولوژی استان ایلام با تأکید بر تغییر کاربری اراضی

مجید احمدی ملاوردی - دانش‌آموخته دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

ایرج جباری^۱ - دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

امان‌اله فتح‌نیا - استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۳۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۲۸ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۱/۲۹

چکیده

برداشت، حمل و رسوب‌گذاری گردوغبار، فرایندهای سطحی ژئومورفیک مهمی هستند که آثار و پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوبی برجای می‌گذارند. محیط‌های طبیعی مختلف تا وقتی که پایداری خود را از دست ندهند، در مقابل فرسایش بادی مقاوم هستند؛ اما وقتی فعالیت‌های انسان پایداری این سطوح ژئومورفیک را تغییر می‌دهد، مناطق مستعد فرسایش بادی بیشتر شده و پتانسیل انتشار گردوغبار افزایش یابد. در این پژوهش سعی شد پتانسیل انتشار گردوغبار کلاس‌های ژئومورفولوژی استان ایلام با تأکید بر تغییر کاربری اراضی ارزیابی شود. بدین منظور در ابتدا نقشه ژئومورفولوژی بر اساس طرح طبقه‌بندی ژئومورفیک خاستگاه‌های گردوغبار ترجیحی (PDS) و با ترکیبی از داده‌های سنجش‌ازدور و تعدادی نقشه موضوعی (سنگ‌شناسی و خاک) تهیه گردید. سپس با استفاده از تصاویر لندست ۷ (سنجنده ETM⁺ و لندست ۸ (سنجنده OLI) کاربری اراضی به ترتیب برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ استخراج و با مقایسه آنها، نقشه تغییر کاربری اراضی تهیه شد. سرانجام نقشه تغییر کاربری اراضی بر روی نقشه ژئومورفولوژی انطباق داده شد تا وضعیت تغییر کاربری در هر کلاس ژئومورفولوژی مشخص گردد. نتایج نشان داد در استان ایلام ۶ کلاس ژئومورفولوژی بر اساس طرح طبقه‌بندی ژئومورفیک خاستگاه‌های

Email: iraj.jabbari@razi.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۸۳۳۲۰۱۷

نحوه ارجاع به این مقاله:

احمدی ملاوردی، مجید؛ جباری، ایرج؛ فتح‌نیا، امان‌اله. (۱۴۰۱). ارزیابی پتانسیل انتشار گردوغبار کلاس‌های ژئومورفولوژی

استان ایلام با تأکید بر تغییر کاربری اراضی. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۱(۳). صص ۱۲۱-۱۰۱

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73769.1134>

گردوغبار ترجیحی (PDS) وجود دارد. در اکثر این کلاس‌ها مهم‌ترین تغییر کاربری که صورت گرفته است، تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی بوده است. هرچند از نظر ژئومورفولوژی سطوح آبرفتی پرشیب، درشت‌دانه و برش‌یافته (۲a)؛ سطوح آبرفتی کم شیب، ریزدانه و برش‌یافته (۳c) و سطوح با انتشار کم (۷) پتانسیل کمی در انتشار گردوغبار دارند، اما تغییر کاربری اراضی نه‌تنها در این سه کلاس، بلکه در سایر کلاس‌های ژئومورفولوژی باعث شده است پتانسیل انتشار گردوغبار کلاس‌های ژئومورفولوژی افزایش یابد.

کلیدواژه‌ها: پتانسیل انتشار گردوغبار، ژئومورفولوژی، تغییر کاربری اراضی، استان ایلام.

۱- مقدمه

برداشت، حمل و رسوب‌گذاری گردوغبار، فرایندهای سطحی ژئومورفیک^۱ مهمی هستند که آثار و پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوبی برجای می‌گذارند (شین - فا^۲ و همکاران، ۲۰۰۱؛ می^۳ و همکاران، ۲۰۰۸). به‌طور کلی در مناطق مختلف، عوامل متعددی پتانسیل تولید گردوغبار را افزایش و باعث انتشار آن به داخل جو می‌شوند که شامل: نوع خاک، رطوبت خاک، خاک بدون پوشش، تثبیت ضعیف ذرات خاک و عدم تراکم و سله بستن رسوبات، زبری سطح، ساختار خاکدانه‌های خاک‌های سطحی، تأثیر کوهستان (باد فون)، شرایط هوایی خشک، پوشش گیاهی و پراکنندگی آن، سیستم هوای محلی و بیرونی، گرمایش و سرمایش زمین، بارش کوتاه‌مدت، وسعت جنگل‌زدایی، خشک‌سالی‌های بلندمدت، تغییرات کاربری زمین و فعالیت‌های انسانی (مه‌آب‌های سطحی و برداشت بی‌رویه از آن، ایجاد سدها و انحراف مسیر رودخانه)، بارندگی ناکافی، سرعت زیاد باد برای غلبه بر سرعت آستانه اصطکاک، اندازه و قطر ذرات (وجود رسوبات ریزدانه به‌اندازه سیلت) و افزایش فرکانس عبور امواج کوتاه و سریع باد است (احمدی ملاوردی^۴ و همکاران، ۲۰۲۱؛ راشکی^۵ و همکاران ۲۰۲۱؛ هوانگ^۶ و همکاران، ۲۰۰۶؛ کیو^۷ و همکاران، ۲۰۰۶؛ میری^۸ و همکاران، ۲۰۰۹؛ طائی سمیرمی و همکاران، ۱۳۹۲؛ انگلستدتر^۹ و همکاران، ۲۰۰۶).

علاوه بر موارد ذکر شده، یکی از عواملی که منجر به تولید گردوغبار می‌شود ژئومورفولوژی است. این عامل از آنجا که ذخیره و موجودی رسوبات کانون‌های گردوغبار را تعیین می‌کند؛ لذا به‌شدت، انتشار گردوغبار را تحت‌تأثیر

1 Geomorphic Surface Processes

2 Xin-fa

3 Mei

4 Ahmadi-Molaverdi

5 Rashki

6 Huang

7 Qu

8 Miri

9 Engelstaedter

قرار می‌دهد (پاراجولی^۱ و همکاران، ۲۰۱۴ و بادوک^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). باتوجه به عوامل ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که در رابطه با پیدایش پدیده گردوغبار نه تنها عوامل طبیعی بلکه عوامل انسانی نیز مؤثر هستند. فعالیت‌های نامناسب انسانی منجر به بیابان‌زایی^۳ می‌شود که امروزه در روند روبه‌رشد و فراوانی و شدت توفان‌های گردوغبار نقش عمده‌ای دارد. به‌عنوان نمونه ۳۹ درصد از خاستگاه‌های گردوغباری که از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ در عراق و سوریه شناسایی شده است، در مناطقی قرار دارد که تازه توسط انسان به بیابان تبدیل شده‌اند (مریدنژاد^۴ و همکاران، ۲۰۱۵). بیابان‌زایی در شمال چین نیز به‌طور قابل توجهی باعث افزایش گردوغبار شده است (وانگ^۵ و همکاران، ۲۰۲۱؛ ژوانگ^۶ و همکاران، ۲۰۰۱). نتیجه این نوع فعالیت‌های نامناسب انسان در طبیعت، در تغییر و تخریب سطوح ژئومورفیک^۷ ظاهر می‌شود. از آنجایی که ژئومورفولوژی محلی بر روی شرایط سطحی از جمله نوع خاک، بافت و ترکیبات موجود در آن تأثیر دارد لذا با تغییر سطوح ژئومورفولوژی شرایط برای تسریع فرایند بادی و انتشار گردوغبار فراهم می‌گردد (مولین و چیاپلو^۸، ۲۰۰۶؛ مانک سیسک^۹ و همکاران ۲۰۱۷؛ فیلیپ^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۷؛ وب^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۴، راوی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۰؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ وارد^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۴). از این رو می‌توان گفت تا وقتی که محیط‌های طبیعی مختلف پایداری خود را از دست ندهند در مقابل فرسایش بادی مقاوم هستند؛ اما وقتی فعالیت‌های انسان پایداری سطوح ژئومورفیک را تغییر می‌دهد مناطق مستعد فرسایش بادی ممکن است بیشتر شده و انتشار گردوغبار ناگهان افزایش یابد.

در مقیاس منطقه‌ای یکی از مناطق مهم تولید گردوغبار که در سال‌های اخیر فراوانی و شدت فعالیت‌های گردوغبار در آنجا افزایش چشمگیری داشته است بخش‌هایی از خاورمیانه، عربستان و مرکز و جنوب غرب آسیا هست (برومندی^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۱؛ بلورانی^{۱۵} و همکاران، ۲۰۲۰؛ کلینگ مولر^{۱۶} و همکاران، ۲۰۱۶؛ نوتارو^{۱۷}، ۲۰۱۵؛ راشخی، ۲۰۱۴) این افزایش علاوه بر دلایل طبیعی، به نظر می‌رسد که با تغییر کاربری و پوشش اراضی در

1 Parajuli

2 Baddock

3 Desertification

4 Moridnejad

5 Wang

6 Zhuang

7 Geomorphic Surfaces

8 Moulin & Chiapello

9 Munkhtsetseg

10 Philip

11 Webb

12 Ravi

13 Ward

14 Broomandi

15 Bloorani

16 Klingmüller

17 Notaro

ارتباط باشد و نواحی که بیشتر مستعد بیابان‌زایی بوده‌اند تحت‌تأثیر گردوغبار قرار داشته‌اند (حمیدی^۱، ۲۰۱۳). در کشور ما نیز فراوانی وقوع پدیده گردوغبار در استان‌های غربی به‌ویژه استان ایلام در سال‌های اخیر روند روبه‌رشدی داشته است (باغبانان و همکاران^۲، ۲۰۲۱؛ حمزه^۳ و همکاران، ۲۰۲۱؛ بلورانی و همکاران، ۲۰۱۴؛ گریوانی^۴ و همکاران، ۲۰۱۱؛ عزیزی و همکاران، ۲۰۱۲)؛ به‌نحوی که در استان ایلام از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ حدود ۱۳۵۲ روز گردوغبار ثبت شده که ایستگاه‌های دهلران (۳۳۸) ایلام (۲۵۸) ایوان (۲۵۶) بالاترین تعداد روزهای همراه با گردوغبار را داشته‌اند. میزان تعداد روزهای همراه با پدیده گردوغبار از سال ۱۳۶۵ در شهر ایلام از ۲ روز به ۱۰۲ روز در سال ۱۳۸۹ رسیده است. در همین دوره زمانی در ایستگاه دهلران روزهای همراه با پدیده گردوغبار از ۴ روز به ۱۰۵ افزایش یافته است. تحلیل نقشه‌ها و آمارهای سازمان هواشناسی نشان‌دهنده این است که در استان ایلام تعداد روزهای همراه با پدیده گردوغبار و تعداد روزهایی همراه با رخداد غلظت بیش‌ازحد مجاز هوا، در طول سه دهه گذشته و تقریباً هر سال نسبت به سال‌های قبل بیشتر شده است (بوچانی و فاضلی، ۱۳۹۰). در استان ایلام از نظر ژئومورفولوژی شرایط مساعدی برای تولید گردوغبار وجود دارد. به‌عنوان مثال در بخش‌هایی از این استان فرایندهای رسوب‌گذاری و تراکم رسوب‌ها و همچنین فرایندهای رودخانه‌ای حاکم است. از آنجاکه چنین محیط‌هایی حاوی سطوح ژئومورفیک آبرفتی و رودخانه‌ای دارای ذرات ریز به‌اندازه گردوغبار هستند بنابراین، این مناطق پتانسیل تولید گردوغبار را دارند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر این در این استان فرایندهای بادی نیز وجود دارد که عمدتاً در غرب و جنوب غرب استان ایلام قرار دارد لذا در این مناطق نیز شرایط برای انتشار گردوغبار فراهم است. از این رو در این پژوهش سعی شده است با استفاده از طرح طبقه‌بندی ژئومورفیک خاستگاه‌های گردوغبار ترجیحی^۵ بولارد و همکاران (۲۰۱۱) پتانسیل کلاس‌های ژئومورفولوژی استان ایلام در انتشار گردوغبار ارزیابی شود؛ اما این طرح فقط با استفاده از پارامترهایی مانند رسوب‌شناسی، ویژگی‌های خاک، ذخیره و موجودی رسوب^۶ پتانسیل انتشار گردوغبار در واحدهای مختلف ژئومورفولوژی را نشان می‌دهد و وضعیت پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی در ارزیابی پتانسیل انتشار گردوغبار را نادیده گرفته است. در صورتی که این عامل یعنی تغییر کاربری اراضی می‌تواند پتانسیل انتشار گردوغبار در هر منطقه را افزایش دهد. از این رو هدف این پژوهش این است که با دخالت این عامل، وضعیت تغییر کاربری در هریک از این کلاس‌های ژئومورفولوژی (که پتانسیل متفاوتی در تولید گردوغبار دارند) نیز مورد ارزیابی قرار گیرد و با نتایج حاصل از ترکیب عوامل مختلف ژئومورفولوژی و تغییر کاربری اراضی بتوان با دقت بالاتری به برآورد و پیش‌بینی انتشار گردوغبار در مناطق مختلف استان ایلام کمک کرد.

1 Hamidi

2 Baghbanan

3 Hamzeh

4 Gerivani

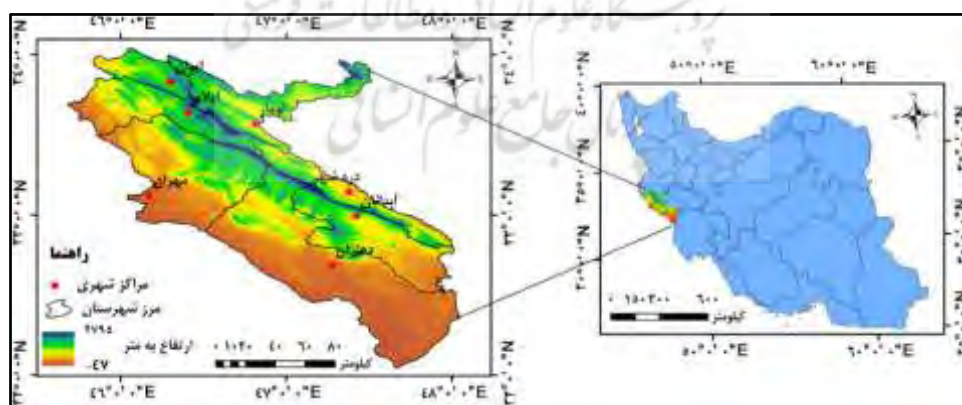
5 Preferential Dust Source (PDS)

6 Sediment supply and availability

۲- مواد و روش

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان ایلام در غرب کشور ایران، هم‌مرز با کشور عراق می‌باشد. این استان در منطقه‌ای کوهستانی و در حاشیه جنوب غربی رشته‌کوه‌های زاگرس قرار گرفته است. بخش اعظم مساحت استان در قسمت‌های شمالی و شمال شرقی را مناطق کوهستانی تشکیل داده است که با شیب‌های تند به دشت‌های هموار و کم ارتفاع در بخش‌های جنوبی و غربی استان منتهی می‌شوند. ارتفاع این دشت‌ها از ۳۰۰ متر کمتر است، اما با ارتفاعات مجاور حدود ۲۵۰۰ متر اختلاف ارتفاع دارند (شکل ۱). جریان‌های حاصل از بارش در ارتفاعات مذکور به‌صورت جریان‌های سطحی یا چشمه وارد دشت‌های یاد شده می‌شود و پهنه‌های آبرفتی که بستر مناسبی را برای تولید گردوغبار فراهم می‌کنند را تشکیل می‌دهند البته در بین نواحی کوهستانی نیز پهنه‌های آبرفتی به چشم می‌خورد که در مقایسه با دشت‌های مناطق جنوب و غرب استان از گسترش و ضخامت کمتری برخوردارند. استان ایلام از نظر اقلیمی دارای آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. بیشترین میزان بارندگی در نواحی شمالی و شمال‌غربی و کمترین میزان بارندگی در محدوده جنوب و جنوب غربی استان تمرکز دارد. میزان بارندگی سالیانه استان در نقاط مختلف آن بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر در نوسان است. میزان حداکثر و حداقل سالانه دما در این استان از ۴۵ درجه در گرم‌ترین نواحی جنوبی تا حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر در کوهستان‌ها متغیر است. وجود جنگل‌ها در شرق و شمال شرق استان موجب تعدیل دما و تا اندازه‌ای مهار آب‌های سطحی شده است در این نواحی به دلیل ارتفاع زیاد و کوهستانی بودن منطقه، اقلیم سرد حاکم است. در حالی که در غرب استان که پوشش گیاهی تنک و ارتفاع کمی دارد، اقلیم گرم و خشک حاکم می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان ایلام

۲-۲- روش انجام پژوهش

در این پژوهش برای شناسایی پتانسیل انتشار گردوغبار در مناطق مختلف استان ایلام، نخست نقشه ژئومورفولوژی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های پایه در محیط Arc GIS تهیه شد. در مرحله بعد کاربری اراضی موردنیاز بود که با استفاده از تصاویر لندست برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ کاربری اراضی با استفاده از نرم‌افزار ENVI 5.3 استخراج و با مقایسه آن‌ها، نقشه تغییر کاربری اراضی تهیه شد. سرانجام برای ارزیابی پتانسیل کلاس‌های ژئومورفولوژی در انتشار گردوغبار، نقشه تغییر کاربری اراضی با نقشه ژئومورفولوژی انطباق داده شد.

۲-۲-۱- تهیه نقشه کلاس‌های ژئومورفولوژی

برای تهیه نقشه ژئومورفولوژی استان ایلام، از طرح طبقه‌بندی ژئومورفیک کانون‌های گردوغبار ترجیحی (PDS) بولارد و همکاران (۲۰۱۱) استفاده شد. طرح کانون‌های گردوغبار ترجیحی از طریق ویژگی‌های خاک، رسوب‌شناسی، ذخیره و موجودی رسوب به طبقه‌بندی سطح زمین با توجه به پتانسیل متفاوتشان در انتشار گردوغبار می‌پردازد. بر اساس این طرح سطوح ژئومورفولوژی خاصی از زمین نسبت به سطوح دیگر برای کانون گردوغبار دائمی تر و مطلوب‌تر هستند (بولارد و همکاران، ۲۰۱۱). هفت کلاس مختلف سطوح ژئومورفیک در طرح PDS وجود دارد که شامل: سیستم‌های دریاچه‌ای (۱) مانند دریاچه‌های فصلی و خشک (پلایا و کفه‌های سبنا)، رسوبات آبرفتی پرشیب مانند پدیمت و مخروط‌افکنه (۲)، رسوبات آبرفتی کم شیب مانند دشت‌های آبرفتی، دشت‌های سیلابی و کانال‌های فصلی (۳)، سیستم‌های سنگی (۴)، سیستم‌های بادی مانند تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای (۵)، لس‌ها (۶) و سطوحی که انتشار کمی دارند مانند سنگ بستر (۷) هستند (جدول ۱).

در این طرح آمده است که دریاچه‌های خشک و فصلی، سطوح آبرفتی پرشیب، ریزدانه و برش نیافته بالاترین پتانسیل برای انتشار دائمی گردوغبار دارند. خاستگاه‌هایی که پتانسیل متوسطی دارند شامل سطوح آبرفتی کم شیب ریزدانه، پهنه‌های ماسه‌ای و بعضی از سیستم‌های تپه ماسه‌ای هستند. سطوح سنگی (مانند، سنگفرش بیابانی^۱)، سطوح آبرفتی درشت‌دانه و سنگ بستر و دیوریکراست‌ها بعید به نظر می‌رسد منبع گردوغبار باشند. از مزیت‌های این طرح این است که داده‌های موردنیاز آن به‌سادگی قابل دسترس هستند و محل و محدوده واحدهای ژئومورفولوژیکی در آن با استفاده از سنجش‌ازدور ماهواره‌ای، عکس هوایی، نقشه‌های زمین‌شناسی، خاک و توپوگرافی و داده‌های میدانی به‌سادگی قابل تشخیص‌اند. این روش همچنین مقایسه انتشار گردوغبار در محیط‌های ژئومورفولوژیکی متنوع (مناطق مختلف) را تسهیل می‌کند.

جدول ۱- طبقه‌بندی ژئومورفولوژی خاستگاه گردوغبار (بادوک و همکاران، ۲۰۱۱)

کلاس‌های اصلی ژئومورفولوژی	زیر کلاس‌های ژئومورفولوژی	کد	اهمیت انتشار گردوغبار
دریاچه	دائمی	1a	کم
	فصلی	1b	متوسط تا زیاد
	خشک - سفت و محکم شده	1c	کم
	خشک - سفت و محکم نشده	1d	متوسط تا زیاد
سیستم‌های آبرفتی پرشیب	درشت‌دانه و برش‌یافته	2a	کم
	درشت‌دانه و برش‌نیافته	2b	کم
	ریزدانه و برش‌یافته	2c	متوسط
	ریزدانه و برش‌نیافته	2d	متوسط تا زیاد
سیستم‌های آبرفتی کم شیب	درشت‌دانه و برش‌یافته	3a	کم
	درشت‌دانه و برش‌نیافته	3b	متوسط
	ریزدانه و برش‌یافته	3c	کم
	ریزدانه و برش‌نیافته	3d	متوسط
سطوح سنگی	سطوح سنگی	4	کم
سیستم‌های بادی	پهنه‌های ماسه‌ای	5a	کم تا متوسط
	تپه‌های ماسه‌ای بادی	5b	کم تا زیاد
لس‌ها	لس‌ها	6	کم تا متوسط
سطوح با انتشار کم	سطوح با انتشار کم	7	کم

برای تهیه نقشه کلاس‌های ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه از ترکیبی از داده‌های سنجش‌ازدور و تحلیل تصاویر لندست ۸، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ از شرکت‌های عامل نفت ایران و سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران و نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان ایلام (مشخصات بافت خاک منطقه از این نقشه استخراج شده است) در محیط Arc GIS استفاده شد. داده‌های سنجش‌ازدور شامل تصاویر گوگل ارث، تصاویر رنگی واقعی لندست ۸ و مدل رقومی ارتفاعی (۳۰ متر) که نقشه منحنی میزان‌های ساده و نقشه ناهمواری‌ها از آن استخراج شده بود برای تمایز بین سطوح کم شیب و پرشیب و همچنین درجه برش سیستم‌های آبرفتی استفاده شد. بعد از تعیین حدود کلاس‌های ژئومورفولوژی، هر پولیگون به یکی از ۱۷ طبقه ژئومورفیک طبقه‌بندی شده (جدول ۱) توسط بولارد و همکاران (۲۰۱۱) بر اساس تفسیر نقشه‌های خاک و زمین‌شناسی و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای اختصاص داده شد.

۲-۲-۲- تهیه نقشه تغییر کاربری اراضی

برای تهیه نقشه کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ (سنجنده ETM⁺) برای سال ۲۰۰۰ و لندست ۸ (سنجنده OLI) برای سال ۲۰۱۵ از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا دریافت شد (جدول ۲).

جدول ۲- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده‌شده

سال	ماهواره	سنجنده	قدرت تفکیک فضایی	تعداد تصاویر	تاریخ تصویر
۲۰۰۰	LANDSAT 7	ETM ⁺	۳۰	۳ تصویر	ماه ژوئن (خرداد) ۲۰۰۰
۲۰۱۵	LANDSAT 8	OLI	۳۰	۳ تصویر	ماه ژوئن (خرداد) ۲۰۱۵

به منظور استخراج طبقات کاربری اراضی در مرحله پیش‌پردازش در ابتدا خط‌هایی که بر روی تصاویر خام وجود داشت، از قبیل خط‌های رادیومتری و اتمسفری با استفاده از الگوریتم^۱ QUAC تصحیح گردید. لازم به ذکر است که بر روی این تصاویر، تصحیح هندسی صورت نگرفت زیرا در ایستگاه گیرنده تصحیح می‌شوند. سپس عمل فیوژن با باند پانکروماتیک انجام شد و قدرت مکانی تصاویر به ۱۵ متر افزایش پیدا کرد. در مرحله پردازش از روش طبقه‌بندی نظارت شده^۲ تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد و بعد از استخراج نمونه‌های تعلیمی بر روی گوگل ارث (۳۵۹۳ نمونه آموزشی و ۱۳۳۸ نمونه آزمایشی)، با الگوریتم بیشینه مشابهت^۳ در نرم‌افزار ENVI 5.3 طبقات کاربری اراضی جنگل، مرتع، کشاورزی و اراضی ساخته‌شده برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ استخراج شد. سرانجام برای تهیه نقشه تغییر کاربری اراضی دو نقشه کاربری اراضی تهیه شده برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ در محیط GIS به روش کدگذاری با هم مقایسه شدند و در مجموع هفت نوع تغییر کاربری اراضی از جمله: جنگل به مرتع، جنگل به کشاورزی، مرتع به کشاورزی، جنگل به اراضی ساخته‌شده، مرتع به اراضی ساخته‌شده و کشاورزی به اراضی ساخته‌شده که در انتشار گردوغبار مؤثر هستند، استخراج گردید. نتایج حاصل از اعتبارسنجی ضریب کاپا و دقت کلی برای طبقه‌بندی‌های به کار گرفته شده نشان داد ضریب کاپا برای طبقه‌بندی سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ به ترتیب برابر ۰/۸۷ و ۰/۹۰ هست درحالی‌که شاخص دقت کلی به ترتیب برای این دو سال ۹۴/۶۴ و ۹۶/۱۶ بوده است.

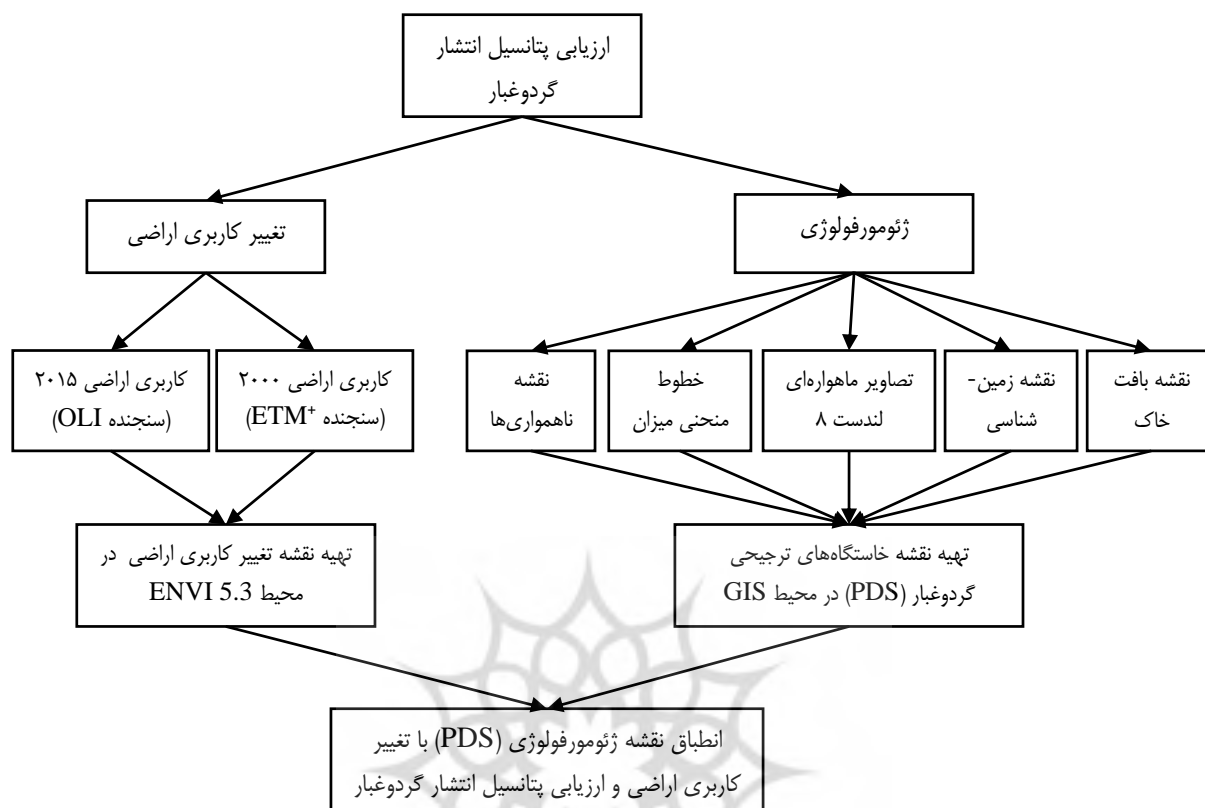
۲-۲-۳- انطباق نقشه تغییر کاربری اراضی با نقشه ژئومورفولوژی

بعدها اینکه نقشه تغییر کاربری اراضی و نقشه ژئومورفولوژی تهیه شدند، در محیط Arc GIS این دو نقشه بر روی هم منطبق شدند و انواع و میزان تغییرات کاربری اراضی در هریک از کلاس‌های ژئومورفولوژی شناسایی شده در استان ایلام، مشخص گردید. روش کلی پژوهش به صورت نمودار در شکل ۲ ارائه شده است.

1 Quick Atmospheric Correction

2 Supervised Classification

3 Maximum Likelihood



شکل ۲- نمودار کلی روش پژوهش

۳- نتایج و بحث

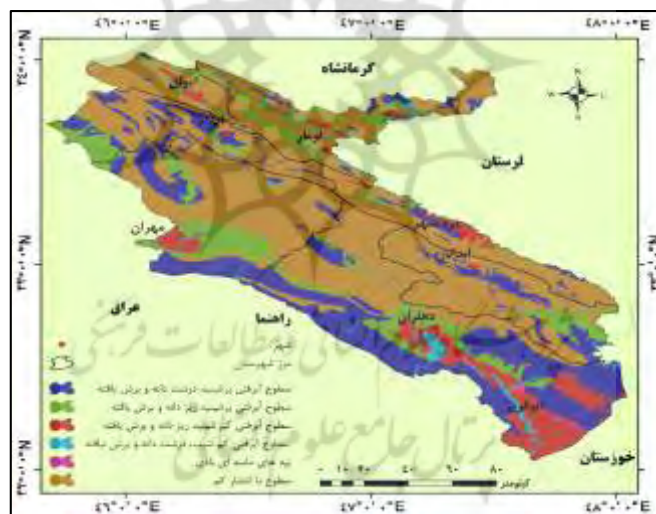
۳-۱- انواع کلاس‌های ژئومورفولوژی در استان ایلام

از ۱۷ کلاس ژئومورفیک شناسایی شده توسط بولارد و همکاران (۲۰۱۱)، ۶ کلاس در استان ایلام وجود دارد (جدول ۳). سطوح با انتشار کم (۷) که طبق طبقه‌بندی PDS مشخص شده‌اند، بخش‌های وسیعی (۵۴٪) از شمال، نواحی مرکزی و شرق استان ایلام را پوشش می‌دهند و شامل نواحی کوهستانی، پرتگاه‌ها و صخره‌های سنگی و رسوبات کوه‌رفتی می‌شوند (شکل ۳). دو سیستم آبرفتی کم شیب و پرشیب که معمولاً در مجاورت هم قرار دارند به‌صورت گسترده‌ای در جنوب و غرب منطقه مشاهده می‌شوند. البته نواحی کوچکی از این نوع ژئومورفولوژی که شامل دشت‌های میانکوهی هست به‌صورت پراکنده در سایر بخش‌های استان ایلام (نواحی کوهستانی) وجود دارد. سیستم‌های آبرفتی پرشیب (۲a و ۲c) در مجموع حدود ۳۶٪ از مساحت منطقه مورد مطالعه را در بر می‌گیرند که

شامل عوارضی مانند شیب‌های پایکوهی (پدیمنت^۱) و مخروط افکنه است. در حالی که سیستم‌های آبرفتی کم شیب (۳c و ۳d) مساحت کمتری (۱۰٪) را می‌پوشانند و حاوی دشت‌های آبرفتی وسیع، دشت‌های سیلابی، رودخانه‌های دائمی و رودهای فصلی هستند. کوچک‌ترین نوع ژئومورفولوژی از نظر وسعت سیستم‌های بادی (۵b) هست که در جنوب استان ایلام واقع شده است و دارای تپه‌های ماسه‌ای درشت‌دانه هست.

جدول ۳- کلاس‌های مختلف ژئومورفولوژی در استان ایلام

کلاس‌های ژئومورفولوژی	کد	مساحت (km ²)	مساحت (%)
سطوح آبرفتی پرشیب، درشت‌دانه و برش‌یافته ^۲	2a	۴۶۰۴/۹	۲۳
سطوح آبرفتی پرشیب، ریزدانه و برش‌یافته ^۳	2c	۲۵۹۵/۳۴	۱۳
سطوح آبرفتی کم شیب، ریزدانه و برش‌یافته ^۴	3c	۱۶۵۹/۲۹	۸
سطوح آبرفتی کم شیب، درشت‌دانه و برش‌نیافته ^۵	3d	۴۴۶/۷۵	۲
تپه‌های ماسه‌ای بادی ^۶	5b	۴۲/۴۲	۰/۲
سطوح با انتشار کم ^۷	7	۱۰۷۲۸/۴۵	۵۳/۸
جمع		۲۰۰۷۷/۱۵	۱۰۰



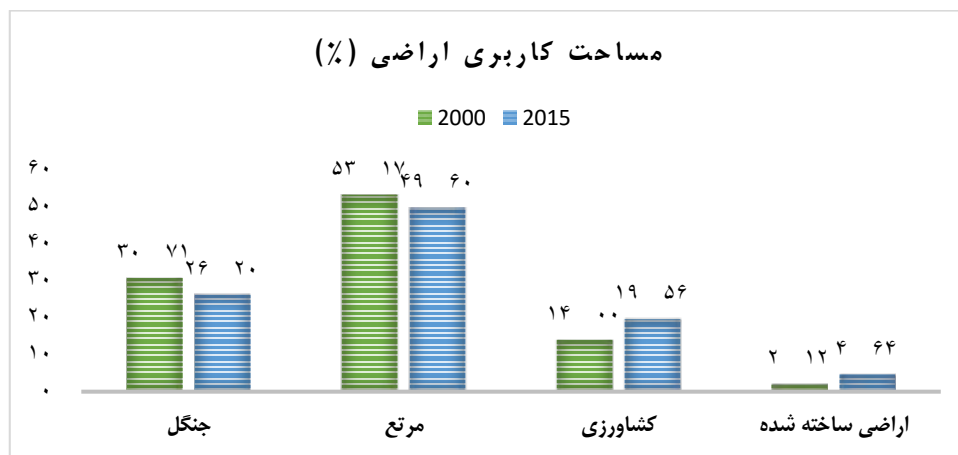
شکل ۳- کلاس‌های ژئومورفولوژی بر اساس طبقه‌بندی بولارد و همکاران (۲۰۱۱)

- 1 Piedmont
- 2 High relief alluvial, armoured, incised
- 3 High relief alluvial, unarmoured, incised
- 4 Low relief alluvial, unarmoured, incised
- 5 Low relief alluvial, unarmoured, unincised
- 6 Aeolian sand dunes
- 7 Low emission surfaces

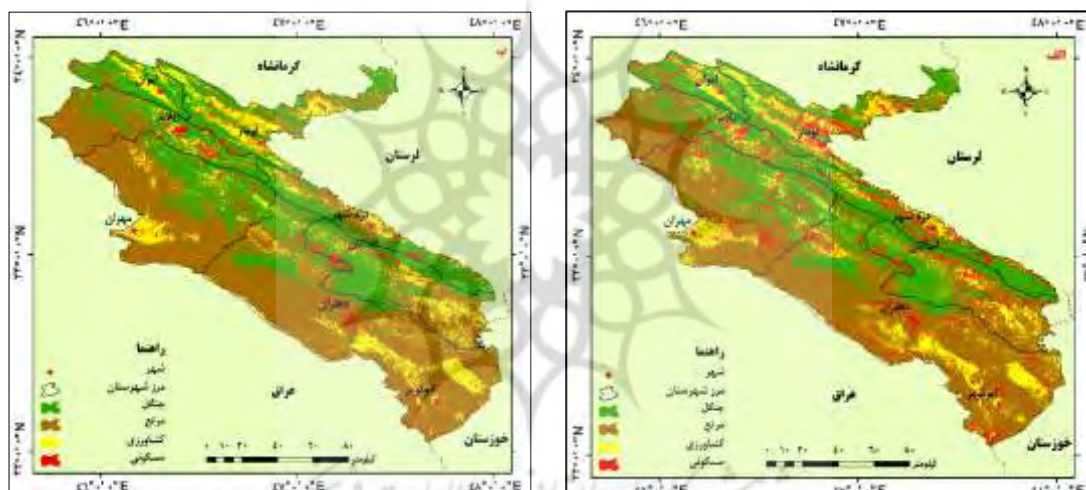
۳-۲- انواع کاربری اراضی در استان ایلام (سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵)

کاربری اراضی در این پژوهش به چهار نوع کلی شامل: نواحی جنگلی، مرتعی، کشاورزی و اراضی ساخته‌شده طبقه‌بندی گردید. با بررسی کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ نتایج نشان داد که بزرگ‌ترین ناحیه در سال ۲۰۰۰ ناحیه مرتعی بود که حدود ۱۰۷۳۲ کیلومترمربع وسعت داشته است و ۵۳/۱۷٪ از مساحت کل منطقه مورد بررسی را پوشانده است. این کاربری غالباً در حاشیه غربی و جنوبی استان ایلام دیده می‌شود و در سایر مناطق به صورت پراکنده وجود دارد. در این سال (۲۰۰۰) بعد از اراضی مرتعی، اراضی جنگلی با پوشاندن ۳۰/۷۱٪ از مساحت منطقه مورد مطالعه دومین نوع کاربری اراضی از نظر وسعت هست؛ یعنی حدود ۶۱۲۷ کیلومترمربع از مساحت منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است. اراضی جنگلی ارتفاعات واقع در قسمت میانی منطقه مورد مطالعه با روند شمال غربی - جنوب شرقی را پوشانده‌اند. اراضی کشاورزی که به صورت پراکنده در بخش‌های مختلف استان دیده می‌شوند حدود ۲۷۹۲ کیلومترمربع وسعت داشته است که ۱۴٪ از مساحت استان ایلام را دربر گرفته‌اند. در سال ۲۰۰۰ کمترین میزان کاربری مربوط به اراضی ساخته‌شده بوده که ۲/۱۲٪ از مساحت منطقه مورد مطالعه یعنی حدود ۴۲۴ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۴ و ۵).

در سال ۲۰۱۵ تغییر و تحولاتی در ارتباط با تغییر کاربری اراضی به وجود آمده است، اما ترتیب وسعت کاربری‌های اراضی مانند سال ۲۰۰۰ هست. در سال ۲۰۱۵ نیز بزرگ‌ترین ناحیه به کاربری مرتعی اختصاص دارد که حدود ۱۰۰۲۲ کیلومترمربع وسعت داشته است و ۴۹/۶٪ از مساحت کل منطقه مورد بررسی را پوشانده است، اما نسبت به سال ۲۰۰۰ وسعت آن کاهش یافته است. اراضی جنگلی در سال ۲۰۱۵ حدود ۵۲۲۸ کیلومترمربع از مساحت منطقه مورد مطالعه که برابر با ۲۶/۲٪ از مساحت منطقه هست را دربر گرفته است این کاربری نیز مانند کاربری مرتعی از وسعت آن کاسته شده است. اراضی کشاورزی ۱۹/۵۶٪ از مساحت منطقه مورد مطالعه یعنی حدود ۳۸۹۹ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده است. این نوع کاربری در سال ۲۰۱۵ نسبت به سال ۲۰۰۰ افزایش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. کاربری اراضی ساخته‌شده در این سال ۴/۶۴٪ از مساحت منطقه مورد بررسی یعنی ۹۲۷ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده است که روند آن نیز افزایشی بوده است. به‌طورکلی در سال ۲۰۱۵ نسبت به سال ۲۰۰۰ وسعت اراضی جنگلی و مرتعی کاهش یافته است؛ درحالی‌که وسعت اراضی کشاورزی و اراضی ساخته‌شده افزایش یافته است (شکل ۴ و ۵).



شکل ۴- درصد مساحت انواع مختلف کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۰۰.

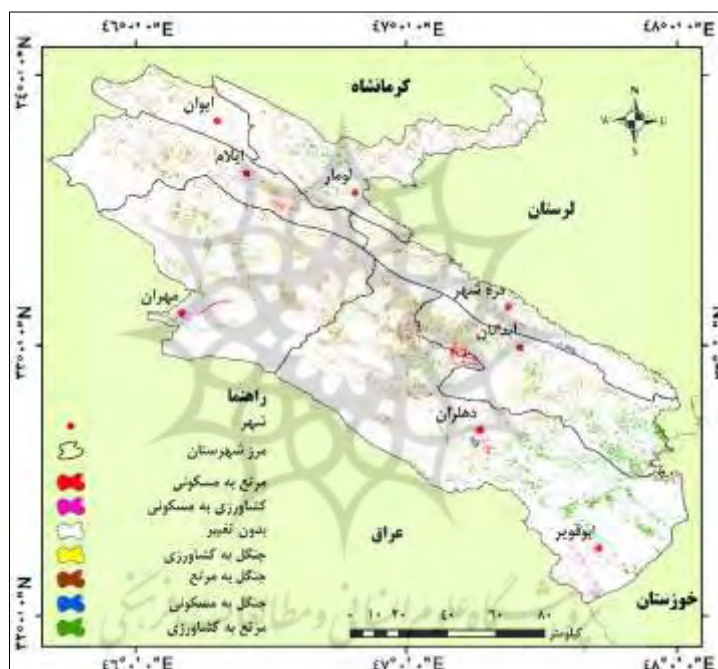


شکل ۵- کاربری اراضی استان ایلام در سال ۲۰۰۰ (الف) و سال ۲۰۱۵ (ب)

۳-۳- وضعیت تغییر کاربری اراضی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵

نتایج آشکارسازی تغییرات و مقایسه دو نقشه کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ نشان داد که در طی این بازه زمانی ۱۵ ساله تقریباً در ۹۱٪ از اراضی منطقه مورد مطالعه تغییر کاربری اراضی صورت نگرفته است. با این وجود طی بازه زمانی مورد نظر، منطقه مورد مطالعه دستخوش تغییراتی در زمینه کاربری اراضی شده است (شکل ۶ و جدول ۴). بیشترین تغییرات عمدتاً شامل تخریب جنگل‌ها و تبدیل آن به اراضی مرتعی و همچنین اراضی مرتعی به کشاورزی است. در این دوره به میزان ۶۰۹ کیلومتر مربع از اراضی جنگلی به مرتعی تبدیل شده‌اند که معادل با ۳/۰۳٪

از کل مساحت منطقه مورد مطالعه است. علاوه بر این بخش دیگری از جنگل‌ها تخریب و اراضی کشاورزی و اراضی ساخته‌شده تبدیل شده‌اند؛ این تغییرات حدود ۱/۴۴٪ (۲۳۴ کیلومتر مربع) از کل مساحت منطقه مورد بررسی را در برمی‌گیرد. از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ اراضی مرتعی نیز به‌طور گسترده‌ای دچار تخریب و تغییر کاربری اراضی شده‌اند. به‌عنوان نمونه به میزان ۵۷۹ کیلومتر مربع از اراضی جنگلی که معادل با ۲/۹٪ از کل مساحت منطقه مورد مطالعه است، به اراضی کشاورزی تبدیل شده‌اند. علاوه بر این حدود ۱۳۱ کیلومتر مربع از مراتع استان ایلام به اراضی ساخته‌شده تبدیل شده‌اند که برابر با ۰/۶۶٪ از کل مساحت این استان است. بخش کوچکی از اراضی کشاورزی به اراضی ساخته‌شده تغییر کاربری داده‌اند که حدود ۵۵ کیلومتر مربع (۰/۲۷٪) است (شکل ۶ و جدول ۴).



شکل ۶- طبقات مختلف تغییر کاربری اراضی.

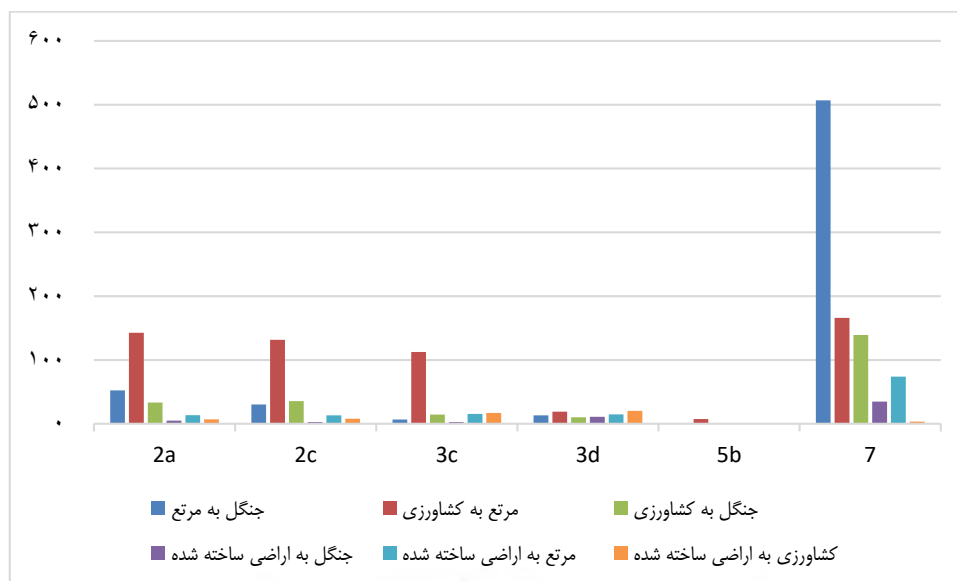
جدول ۴- مساحت طبقات مختلف تغییرات کاربری اراضی

انواع تغییر کاربری اراضی	مساحت (km ²)	مساحت (%)
بدون تغییر	۱۸۴۱۱/۸۳	۹۱/۷
جنگل به مرتع	۶۰۹/۶۲	۳/۰۳
مرتع به کشاورزی	۵۷۹/۵۴	۲/۹
جنگل به کشاورزی	۲۳۲/۸۱	۱/۱۶
جنگل به اراضی ساخته‌شده	۵۶/۶	۰/۲۸

انواع تغییر کاربری اراضی	مساحت (km ²)	مساحت (%)
مرتفع به اراضی ساخته شده	۱۳۱/۱۸	۰/۶۶
کشاورزی به اراضی ساخته شده	۵۵/۵۷	۰/۲۷
جمع	۲۰۰۷۷/۱۵	۱۰۰

۳-۴- وضعیت تغییر کاربری اراضی در کلاس های مختلف ژئومورفولوژی

وضعیت تغییر کاربری اراضی در کلاس های مختلف ژئومورفولوژی نشان می دهد که در کلاس ۲a هر هفت نوع تغییر کاربری اتفاق افتاده است. بیشترین وسعت تغییر کاربری اراضی در این کلاس (۲a) مربوط به طبقه مرتفع به کشاورزی است که حدود ۱۴۲ کیلومترمربع (۰/۵۶٪) از تغییرات صورت گرفته در این کلاس ژئومورفولوژی را به خود اختصاص داده است (شکل ۷). در کلاس ۲c نیز هر هفت تغییر کاربری اراضی که در انتشار گردوغبار مؤثر هستند رخ داده است، اما بیشترین تغییرات عمدتاً شامل تخریب مراتع و تبدیل آن به اراضی کشاورزی است. میزان این تغییرات در کلاس ۲c حدود ۱۳۱ کیلومترمربع (۰/۵۹٪) از کل تغییرات صورت گرفته در این کلاس ژئومورفولوژی است (شکل ۷). در کلاس ۳c نیز مانند دو کلاس ۲a و ۲c هفت نوع تغییر کاربری اراضی مشاهده می شود که مجدداً در این کلاس بیشترین تغییرات مربوط به تخریب مراتع و تبدیل آن ها به اراضی کشاورزی است. در این کلاس حدود ۱۱۲ کیلومترمربع از اراضی مرتعی به کشاورزی تبدیل شده اند که معادل ۶۶٪ از کل تغییرات کاربری در این کلاس ژئومورفولوژی است (شکل ۷). در کلاس ۳d نیز هفت نوع تغییر کاربری اراضی صورت گرفته است اما برخلاف سایر کلاس های ژئومورفولوژی، تفاوت قابل ملاحظه ای در میزان تغییرات کاربری اراضی وجود ندارد. به عبارت دیگر در این کلاس (۳d) هر هفت نوع تغییر کاربری اراضی به میزان یکسانی اتفاق افتاده است (شکل ۷). در کلاس ۵b فقط یک نوع تغییر کاربری اراضی صورت گرفته است و حدود ۷ کیلومترمربع از اراضی مرتعی در این کلاس به اراضی کشاورزی تبدیل شده اند (شکل ۷). در کلاس ۷ که شامل مناطق کوهستانی و ارتفاعات هست نیز هر هفت نوع تغییر کاربری اراضی رخ داده است اما برخلاف سایر کلاس های ژئومورفولوژی در این کلاس بیشترین تغییرات کاربری مربوط به تخریب اراضی جنگلی و تبدیل آن ها به اراضی مرتعی است. این تغییرات حدود ۵۰۶ کیلومترمربع است که معادل ۰/۵۴٪ از کل تغییرات کاربری در کلاس ۷ است (شکل ۷). در این کلاس (۷) تبدیل مراتع و جنگل ها به اراضی کشاورزی نیز به صورت قابل ملاحظه ای به چشم می خورد. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد در اکثر کلاس های ژئومورفولوژی به استثنای کلاس ۷، تخریب مراتع و تبدیل آن ها به اراضی کشاورزی باعث شده است پتانسیل انتشار گردوغبار این کلاس ها افزایش یابد. کلاس ۷ هر چند که از نظر ژئومورفولوژی پتانسیل کمی در انتشار گردوغبار دارد اما تخریب جنگل های این کلاس و تبدیل آن ها به مراتع و سایر کاربری ها زمینه را برای انتشار گردوغبار تسهیل کرده است.



شکل ۷- وضعیت تغییر کاربری اراضی در کلاس های مختلف ژئومورفولوژی

در این پژوهش برای تهیه نقشه ژئومورفولوژی از طرح طبقه بندی ژئومورفیک خاستگاه های گردوغبار ترجیحی (PDS) بولارد و همکاران (۲۰۱۱) استفاده شد. طرح خاستگاه های گردوغبار ترجیحی از طریق رسوب شناسی، ویژگی های خاک، ذخیره و موجودی رسوب به طبقه بندی سطح زمین با توجه به پتانسیل متفاوتشان در انتشار گردوغبار می پردازد. به طور کلی ویژگی های سطحی کلاس های ژئومورفولوژی حساسیت طبقات ژئومورفولوژی در مقابل فرسایش بادی را تحت تأثیر قرار می دهند. بر اساس طرح PDS کلاس ۲a که شامل پدیمت ها و مخروط افکنه ها است به دلیل جور شدگی ضعیف رسوبات، مقدار سیلت کم و وجود رسوبات و سطوح درشت دانه که زبری سطح را افزایش و پتانسیل بادی را کاهش می دهد، پتانسیل کمی در انتشار گردوغبار دارند. در مقابل، کلاس ۲c به دلیل اینکه حاوی رسوبات ریزدانه است پتانسیل متوسطی در انتشار گردوغبار دارند. در این سطوح به ویژه وقتی رسوبات ریزدانه توسط سیلاب ها بیشتر شود پتانسیل انتشار گردوغبار نیز افزایش می یابد (رهاییس^۱، ۲۰۰۶؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۸). در این طرح آمده است کلاس ۳c که شامل دشت های آبرفتی است امکان دارد حاوی گراول هایی^۳ باشند که می تواند باعث زبری سطح شوند و در نتیجه پتانسیل انتشار گردوغبار در این سطوح را کاهش دهد. در مقابل، کلاس ۳d که شامل دشت های سیلابی هستند به دلیل وجود ذرات رسوبی ریزدانه پتانسیل متوسطی در انتشار گردوغبار دارند. در این سطوح اگر ذخایر رسوبات ریزدانه توسط سیلاب ها بیشتر شود و پوشش گیاهی پراکنده وجود داشته

1 Poor sorting

2 Reheis

3 Gravels

باشد پتانسیل انتشار گردوغبار افزایش می‌یابد (مکتینش و استرانگ^۱، ۲۰۰۷). بر اساس طرح PDS کلاس ۵b که حاوی تپه‌های ماسه‌ای است دارای پتانسیل متوسطی در انتشار گردوغبار است. تپه‌های ماسه‌ای فعال، جوان یا کوچک^۲ چون حاوی ذرات ریزدانه کمی هستند پتانسیل کمی در انتشار گردوغبار دارند اما تپه‌های ماسه‌ای بزرگ، باثبات‌تر و قدیمی‌تر^۳ ممکن است ذرات ریزتری را در ساختار تپه جمع کنند لذا پتانسیل بالایی در انتشار گردوغبار دارند. در کلاس ۷ که شامل کوه‌های مرتفع و کم‌ارتفاع هستند به دلیل اینکه ذخایر رسوبی وجود ندارد یا رسوبات ریزدانه در دسترس نیست، بنابراین انتشار گردوغبار نیز کم است (بولارد و همکاران، ۲۰۱۱). این سطوح مگر در معرض تغییر کاربری اراضی قرار بگیرند و گردوغبار کمی تولید کنند.

مناطقی که در معرض تغییر کاربری اراضی قرار گرفته، بیشتر پتانسیل انتشار گردوغبار را دارند؛ زیرا فعالیت‌های آنتروپوژنیک باعث کاهش پوشش گیاهی و تخریب خاک شده و در نتیجه پایداری خاک این محیط‌ها در مقابل فرسایش بادی را کاهش می‌دهد (هیلد و سپراکلن^۴، ۲۰۱۵؛ دیو^۵ و همکاران، ۲۰۱۸؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ تان^۶ و همکاران، ۲۰۱۴) علاوه بر این در چنین محیط‌هایی نه تنها خاکی که تازه در معرض فرسایش بادی قرار گرفته، حاوی ذرات ریز (سیلت) زیادی است (ژنگ^۷ و همکاران، ۲۰۱۶) بلکه به سرعت آستانه باد کمتری نیز برای حمل این ذرات نیاز دارد (تگن^۸ و همکاران، ۲۰۰۴). باتوجه به مطالبی که در بالا ذکر شد، اصولاً گردوغبار از عوارض ژئومورفولوژی که غنی از رسوبات آبرفتی (رسوبات ریزدانه) هستند منشأ می‌گیرد (هائنبرگر و نیکول^۹، ۲۰۱۴). اگر این عوارض دارای پوشش گیاهی مرتعی فقیر و اراضی کشاورزی باشند برای تولید گردوغبار مستعدتر هستند زیرا در این نوع مراتع، تراکم پوشش گیاهی کم و خاک لخت محافظت نشده، پتانسیل انتشار گردوغبار را افزایش می‌دهد (انگلسنادر^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۳) و در اراضی زراعی نیز اقدامات کشاورزی با تخریب سطح زمین، پایداری خاک را در مقابل فرسایش بادی کاهش و به‌طور مؤثری وجود ذرات ریزدانه برای انتشار گردوغبار را افزایش می‌دهند (کانداکجی^{۱۱} و همکاران ۲۰۲۰؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ لی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۰۹).

- 1 McTainsh & Strong
- 2 Active, young or small sand dunes
- 3 More stable or older
- 4 Heald & Spracklen
- 5 Du
- 6 Tan
- 7 Zheng
- 8 Tegen
- 9 Hahnenberger & Nicoll
- 10 Engelstaedter
- 11 Kandakji
- 22 Lee

نتایج این پژوهش نیز نشان داد در اکثر کلاس های ژئومورفولوژی مهم ترین تغییر کاربری که صورت گرفته است تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی بوده است. هرچند از نظر ژئومورفولوژی کلاس های ۲a و ۳c و ۷ پتانسیل کمی در انتشار گردوغبار دارند؛ بنابراین تخریب مراتع و تبدیل آنها به اراضی کشاورزی نه تنها در این سه کلاس، بلکه در سایر کلاس های ژئومورفولوژی باعث شده است پتانسیل انتشار گردوغبار این کلاس ها افزایش یابد. همان طور که اشاره شد کلاس ۷ از نظر ژئومورفولوژی پتانسیل کمی در انتشار گردوغبار دارد و مهم ترین تغییر کاربری که در این کلاس اتفاق افتاده است تبدیل جنگل ها به مراتع است، لذا تخریب گسترده جنگل های این کلاس و تبدیل آنها به مراتع و سایر کاربری ها زمینه را برای انتشار گردوغبار تسهیل کرده است.

۴- جمع بندی

این پژوهش پتانسیل انتشار گردوغبار کلاس های ژئومورفولوژی استان ایلام با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی را ارزیابی کرد. در استان ایلام ۶ کلاس ژئومورفولوژی بر اساس طرح طبقه بندی ژئومورفیک خاستگاه های گردوغبار ترجیحی (PDS) بولارد و همکاران (۲۰۱۱) شناسایی شد. این کلاس های ژئومورفولوژی که پتانسیل متفاوتی در انتشار گردوغبار دارند، عبارت اند از: کلاس ۲a (پتانسیل کم)، ۲c (پتانسیل متوسط)، ۳c (پتانسیل کم)، ۳d (پتانسیل متوسط)، ۵b (پتانسیل کم تا زیاد) و ۷ (پتانسیل کم). نتایج این پژوهش نشان داد در اکثر کلاس های ژئومورفولوژی مهم ترین تغییر کاربری که صورت گرفته، تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی بوده است. هرچند از نظر ژئومورفولوژی کلاس های ۲a و ۳c و ۷ پتانسیل کمی در انتشار گردوغبار دارند؛ اما تخریب مراتع و تبدیل آنها به اراضی کشاورزی نه تنها در این سه کلاس، بلکه در سایر کلاس های ژئومورفولوژی باعث شده است پتانسیل انتشار گردوغبار این کلاس ها افزایش یابد. به طور کلی می توان گفت که تغییر کاربری اراضی در هر حالتی شرایط را برای تولید گردوغبار تسهیل می کند؛ چون با این نوع فعالیت ها جنگل ها، مراتع و زمین های کشاورزی تخریب می شوند و خاک و پوشش گیاهی آنها تا شعاع قابل ملاحظه ای آسیب می بیند که با وزش باد شرایط را برای انتشار گردوغبار فراهم می کند.

کتابنامه

بوچانی، محمدحسین؛ فاضلی، داریوش؛ ۱۳۹۰. چالش‌های زیست‌محیطی و پیامدهای ناشی از آن ریزگردها و پیامدهای آن در غرب کشور ایران. *فصلنامه رهنامه سیاستگذاری سیاسی. دفاعی و امنیتی*. سال ۲. شماره ۳. ۱۲۵-

<https://www.magiran.com/paper/1080323>. ۱۴۵

طائی سمیرمی، سیاوش؛ مرادی، حمیدرضا؛ خداقلی، مرتضی؛ احمدی آخورمه، مریم؛ ۱۳۹۲. شناخت و بررسی عوامل مؤثر بر پدیده گردوغبار در غرب ایران. *فصلنامه انسان و محیط‌زیست*. دوره ۱۱. شماره ۴. ۱-

https://he.srbiau.ac.ir/article_3276.html?lang=fa. ۱۰

- Ahmadi-Molaverdi, M., Jabbari, I., Fathnia, A. 2021. Relationship Between Land Use Changes and the Production of Dust Sources in Kermanshah Province, Iran. *Chinese Geographical Science*, 31(6), 1057-1069. <https://doi.org/10.1007/s11769-021-1235-3>
- Azizi, G., Shamsipour, A., Miri, M., Safarrad, T. 2012. Synoptic and remote sensing analysis of dust events in southwestern Iran. *Natural hazards*, 64(2), 1625-1638. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0328-9>
- Baddock, M. C., Bullard, J. E., Bryant, R. G. 2009. Dust source identification using MODIS: a comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin, Australia. *Remote Sensing of Environment*, 113(7), 1511-1528. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.03.002>
- Baddock, M. C., Gill, T. E., Bullard, J. E., Acosta, M. D., Rivera Rivera, N. I. 2011. Geomorphology of the Chihuahuan Desert based on potential dust emissions. *Journal of Maps*, 7(1), 249-259. <https://doi.org/10.4113/jom.2011.1178>
- Baddock, M. C., Ginoux, P., Bullard, J. E., Gill, T. E. 2016. Do MODIS defined dust sources have a geomorphological signature?. *Geophysical Research Letters*, 43(6), 2606-2613. <https://doi.org/10.1002/2015GL067327>
- Baghbanan, P., Ghavidel, Y., Farajzadeh, M. 2021. Spatial Analysis of the Temporal Long-Term Variations in Frequency of Dust Storm Days in Iran. *Pure and Applied Geophysics*, 178(10), 4181-4194. <https://doi.org/10.1007/s00024-021-02820-0>
- Bolloorani, A. D., Kazemi, Y., Sadeghi, A., Shorabeh, S. N., Argany, M. 2020. Identification of dust sources using long term satellite and climatic data: A case study of Tigris and Euphrates basin. *Atmospheric Environment*, 224, 117299. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117299>
- Bolloorani, A. D., Nabavi, S. O., Bahrami, H. A., Mirzapour, F., Kavosi, M., Abasi, E., Azizi, R. 2014. Investigation of dust storms entering Western Iran using remotely sensed data and synoptic analysis. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12(1), 124. <https://doi.org/10.1186/s40201-014-0124-4>
- Broomandi, P., Karaca, F., Guney, M., Fathian, A., Geng, X., Kim, J. R. 2021. Destinations frequently impacted by dust storms originating from southwest Iran. *Atmospheric Research*, 248, 105264. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105264>
- Bullard, J. E., Harrison, S. P., Baddock, M. C., Drake, N., Gill, T. E., McTainsh, G., Sun, Y. 2011. Preferential dust sources: A geomorphological classification designed for use in global dust cycle models. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 116(F4). <https://doi.org/10.1029/2011JF002061>
- Du, H., Wang, T., Xue, X., Li, S. 2018. Modelling of sand/dust emission in Northern China from 2001 to 2014. *Geoderma*, 330, 162-176. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.05.038>

- Engelstaedter, S., Kohfeld, K. E., Tegen, I., Harrison, S. P. 2003. Controls of dust emissions by vegetation and topographic depressions: An evaluation using dust storm frequency data. *Geophysical Research Letters*, 30(6). <https://doi/abs/10.1029/2002GL016471>
- Engelstaedter, S., Tegen, I., Washington, R. 2006. North African dust emissions and transport. *Earth-Science Reviews*, 79(1-2), 73-100. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.06.004>
- Gerivani, H., Lashkaripour, G. R., Ghafoori, M., Jalali, N. 2011. The source of dust storm in Iran: a case study based on geological information and rainfall data. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 6, 297-308. [https:// profdoc.um.ac.ir/ articles/ a/1019133.pdf](https://profdoc.um.ac.ir/articles/a/1019133.pdf)
- Hahnenberger, M., Nicoll, K. 2014. Geomorphic and land cover identification of dust sources in the eastern Great Basin of Utah, USA. *Geomorphology*, 204, 657-672. [https:// doi.org/ 10.1016/ j.geomorph.2013.09.013](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.09.013)
- Hamidi, M., Kavianpour, M. R., Shao, Y. 2013. Synoptic analysis of dust storms in the Middle East. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 49(3), 279-286. [https:// doi.org/1 0.1007/s13143-013-0027-9](https://doi.org/10.1007/s13143-013-0027-9)
- Hamzeh, N. H., Kaskaoutis, D. G., Rashki, A., Mohammadpour, K. 2021. Long-Term Variability of Dust Events in Southwestern Iran and Its Relationship with the Drought. *Atmosphere*, 12(10), 1350. <https://doi.org/10.3390/atmos12101350>
- Heald, C. L., Spracklen, D. V. 2015. Land use change impacts on air quality and climate. *Chemical reviews*, 115(10), 4476-4496. <http://dx.doi.org/10.1021/cr500446g>
- Huang, M., Peng, G., Zhang, J., Zhang, S. 2006. Application of artificial neural networks to the prediction of dust storms in Northwest China. *Global and Planetary change*, 52(1-4), 216-224. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.02.006>
- Kandakji, T., Gill, T. E., Lee, J. A. 2020. Identifying and characterizing dust point sources in the southwestern United States using remote sensing and GIS. *Geomorphology*, 353, 107019. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.107019>
- Klingmüller, K., Pozzer, A., Metzger, S., Stenchikov, G. L., Lelieveld, J. 2016. Aerosol optical depth trend over the Middle East. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(8), 5063-5073. <https://doi.org/10.5194/acp-16-5063-2016>
- Lee, J. A., Gill, T. E., Mulligan, K. R., Acosta, M. D., Perez, A. E. 2009. Land use/land cover and point sources of the 15 December 2003 dust storm in southwestern North America. *Geomorphology*, 105(1-2), 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.12.016>
- McTainsh, G., Strong, C. 2007. The role of aeolian dust in ecosystems. *Geomorphology*, 89(1-2), 39-54. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.07.028>
- Mei, D., Xiushan, L., Lin, S., Ping, W. A. N. G. 2008. A dust-storm process dynamic monitoring with multi-temporal MODIS data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37. [https:// www. isprs. org/ proceedings/ XXXVII/ congress/7_pdf/5_WG-VII-5/39.pdf](https://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/7_pdf/5_WG-VII-5/39.pdf)
- Miri, A., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M. R., Panjehkeh, N., Ghanbari, A. 2009. Environmental and socio economic impacts of dust storms in Sistan Region, Iran. *International journal of environmental studies*, 66(3), 343-355. <https://doi.org/10.1080/00207230902720170>
- Moridnejad, A., Karimi, N., Ariya, P. A. 2015. Newly desertified regions in Iraq and its surrounding areas: Significant novel sources of global dust particles. *Journal of Arid Environments*, 116, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.01.008>
- Moulin, C., Chiapello, I. 2006. Impact of human induced desertification on the intensification of Sahel dust emission and export over the last decades. *Geophysical Research Letters*, 33(18). <https://doi/pdf/10.1029/2006GL025923>
- Munkhtsetseg, E., Shinoda, M., Ishizuka, M., Mikami, M., Kimura, R., Nikolich, G. 2017. Anthropogenic dust emissions due to livestock trampling in a Mongolian temperate grassland.

- Atmospheric Chemistry and Physics, 17(18), 11389. <https://doi.org/10.5194/acp-17-11389-2017>
- Notaro, M., Yu, Y., Kalashnikova, O. V. 2015. Regime shift in Arabian dust activity, triggered by persistent Fertile Crescent drought. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 120(19), 10-229. <https://doi/pdf/10.1002/2015JD023855>
- Parajuli, S. P., Yang, Z. L., Kocurek, G. 2014. Mapping erodibility in dust source regions based on geomorphology, meteorology, and remote sensing. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 119(9), 1977-1994. <https://doi/pdf/10.1002/2014JF003095>
- Philip, S., Martin, R. V., Snider, G., Weagle, C. L., van Donkelaar, A., Brauer, M., ... & Zhang, Q. 2017. Anthropogenic fugitive, combustion and industrial dust is a significant, underrepresented fine particulate matter source in global atmospheric models. *Environmental Research Letters*, 12(4), 044018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa65a4>
- Qu, J. J., Hao, X., Kafatos, M., Wang, L. 2006. Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements. *IEEE Geoscience and remote sensing letters*, 3(4), 484-486. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1715300>
- Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Eriksson, P. G., Rautenbach, C. D. W., Flamant, C., Vishkaee, F. A. 2014. Spatio-temporal variability of dust aerosols over the Sistan region in Iran based on satellite observations. *Natural hazards*, 71(1), 563-585. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0927-0>
- Rashki, A., Middleton, N. J., Goudie, A. S. 2021. Dust storms in Iran—Distribution, causes, frequencies and impacts. *Aeolian Research*, 48, 100655. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2020.100655>
- Ravi, S., D'Odorico, P., Huxman, T. E., Collins, S. L. 2010. Interactions between soil erosion processes and fires: implications for the dynamics of fertility islands. *Rangeland Ecology & Management*, 63(3), 267-274. <https://doi.org/10.2111/REM-D-09-00053.1>
- Reheis, M. C. 2006. A 16-year record of eolian dust in Southern Nevada and California, USA: Controls on dust generation and accumulation. *Journal of Arid Environments*, 67(3), 487-520. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.03.006>
- Tan, M., Li, X., Xin, L. 2014. Intensity of dust storms in China from 1980 to 2007: A new definition. *Atmospheric environment*, 85, 215-222. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.12.010>
- Tegen, I., Werner, M., Harrison, S. P., Kohfeld, K. E. 2004. Relative importance of climate and land use in determining present and future global soil dust emission. *Geophysical research letters*, 31(5). <https://doi/pdf/10.1029/2003GL019216>
- Wang, X., Cai, D., Chen, S., Lou, J., Liu, F., Jiao, L., ... & Che, H. 2021. Spatio-temporal trends of dust emissions triggered by desertification in China. *Catena*, 200, 105160. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105160>
- Wang, X., Cheng, H., Che, H., Sun, J., Lu, H., Qiang, M., ... & Lang, L. 2017. Modern dust aerosol availability in northwestern China. *Scientific reports*, 7(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09458-w>
- Wang, X., Liu, J., Che, H., Ji, F., Liu, J. 2018. Spatial and temporal evolution of natural and anthropogenic dust events over northern China. *Scientific Reports*, 8(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20382-5>
- Wang, X., Xia, D., Wang, T., Xue, X., Li, J. 2008. Dust sources in arid and semiarid China and southern Mongolia: Impacts of geomorphological setting and surface materials. *Geomorphology*, 97(3-4), 583-600. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.09.006>
- Wang, Y. Q., Zhang, X. Y., Arimoto, R. 2006. The contribution from distant dust sources to the atmospheric particulate matter loadings at XiAn, China during spring. *Science of the Total*

- Environment, 368(2-3), 875-883. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.03.040>
- Ward, D. S., Mahowald, N. M., Kloster, S. 2014. Potential climate forcing of land use and land cover change. Atmospheric Chemistry and Physics, 14(23), 12701-12724. <https://doi.org/10.5194/acp-14-12701-2014>
- Webb, N. P., Herrick, J. E., Duniway, M. C. 2014. Ecological site based assessments of wind and water erosion: informing accelerated soil erosion management in rangelands. Ecological Applications, 24(6), 1405-1420. <https://jornada.nmsu.edu/bibliography/14-027.pdf>
- Xin-fa, Q., Yan, Z., Qi-long, M. 2001. Sand-dust storms in China: temporal-spatial distribution and tracks of source lands. Journal of Geographical Sciences, 11(3), 253-260. <https://doi.org/10.1007/BF02892308>
- Zheng, Y., Zhao, T., Che, H., Liu, Y., Han, Y., Liu, C., ... & Zhou, Y. 2016. A 20-year simulated climatology of global dust aerosol deposition. Science of The Total Environment, 557, 861-868. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.086>
- Zhuang, G., Guo, J., Yuan, H., Zhao, C. 2001. Composition, source and grain size fraction of the dust storms in China in 2000 and its influence to the global environments. Chinese Sciences Bulletin, 46, 191-197. <https://doi.org/10.1007/BF02900460>

