

Identification and Characterization of Dust Source in Khorasan Razavi Province, Iran

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Pourhashemi S.¹ MA,
Amirahmadi A.*¹ PhD,
Zangane Asadi M.A.¹ PhD,
Salehi M.² PhD

How to cite this article

Pourhashemi S, Amirahmadi A, Zangane Asadi M.A, Salehi M. Identification and Characterization of Dust Source in Khorasan Razavi Province, Iran. Geographical Researches Quarterly Journal. 2019;34(1):1-10.

¹Department of Geomorphology, Geography Faculty, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

²Department of statistical, basic Science Faculty, Neyshaboor University, Neyshaboor, Iran

*Correspondence

Address: Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Tohid Shahr, Sabzevar, Khorasan Razavi, Iran
Phone: +98 (51) 44013378
Fax: +98 (51) 44013271
amirahmadi1388@gmail.com

Article History

Received: August 06, 2018

Accepted: November 28, 2018

ePublished: February 05, 2019

ABSTRACT

Aims & Backgrounds One of the phenomena in arid and semi-arid regions is dust storm. Dust is one of the environmental issues that affects the quality and pollution of the air, human health, soil fertility, visibility, economy, and many social and environmental aspects of the community. The present research was carried out to identify and characterize the dust source in Khorasan Razavi province during 2005-2016.

Methodology In this study, 65 dust sources in the study area were identified, using MODIS images. Then, the characteristics of these points were studied in terms of soil, slope, elevation, normalized difference vegetation index (NDVI), lithology, and land use.

Findings In the land use area, 63% of the points were located at the levels related to the poor pastures (23 points) and dry land (18 points). In the slope layer, 43.07% of the points were located on the 0-2% floor and in the soil layer, 49.2% of the points were on the floor of the Eridisol, which included 39.2% of the area of the area. In the NDVI layer, 98.4% of points that covered about 99% of the area of the area was related to the non-vegetation section, and in the layer related to the elevation points, 90% of the points (60 points) were located in the altitudinal area of 0-1500. In relation to the lithology of the region, discontinuous sedimentary units with an area of 49.56 had covered about 66.15% of the points.

Conclusion Most of the dust source areas are located in weak pasture and dry land with erosive soil and lithology that has poor vegetation cover.

Keywords Dust source; Land Cover; NDVI; Khorasan Razavi Province

CITATION LINKS

[Ackerman SA; 1997] Remote sensing aerosols ...; [Baddock MC, et al.; 2011] Geomorphology of the ...; [Boroghani M, et al.; 2017] Dust Source Identification ...; [Bullard J, et al.; 2008] Sub-basin scale dust ...; [Cao H, et al.; 2015] Identification of dust ...; [Crouvi O, et al.; 2012] Multiple dust sources ...; [Dawelbait M & Morari F; 2012] Monitoring desertification ...; [Ebrahimi Khosfi Z, et al.; 2017] Investigation of the role ...; [Engelstaedter S, et al.; 2003] Controls of dust emissions ...; [Floyd KW & Gill TE; 2011] The association of land ...; [Goossens D & Buck B; 2009] Dust dynamics in ...; [Goudie A; 2014] Review Desert dust ...; [Hahnenberger M & Nicoll K; 2014] Geomorphic and land ...; [Hao X, et al.; 2007] A high-performance ...; [Jewell PW & Nicoll K; 2011] Wind regimes and aeolian ...; [Karimi K, et al.; 2011] Dust source identification ...; [Lee J, et al.; 2012] Geomorphic and land ...; [Lee J, et al.; 2009] Land use/land cover and ...; [Lim JY & Chun Y; 2006] The characteristics of ...; [Lindley TT, et al.; 2011] Proximity meteorological ...; [Maurer T, et al.; 2009] The effect of surface ...; [Miller ME, et al.; 2012] Post-fire land treatments and ...; [Moridnejad A, et al.; 2015] Newly desertified ...; [Mosavi Bayghi M & Ashraf B; 2012] The study of synoptic patterns ...; [Parajuli Sp & Zender CS; 2017] Connecting geomorphology ...; [Pourghasemi HR & Kerle N; 2016] Threats and ...; [Pourhashemi S, et al.; 2015] Analysis relation of vegetation ...; [Prospero JM, et al.; 2002] Environmental characterization ...; [Rashki A, et al.; 2013] Dryness of ephemeral ...; [Rashki A, et al.; 2012] Dust storms and their ...; [Rezazadeh M, et al.; 2013] limatology of the Middle ...; [Rivera Rivera NI, et al.; 2010] Source characteristics of hazardous ...; [Roscovensky JK & Liou, KN; 2005] Differentiating airborne ...; [Sankey JB, et al.; 2013] Phenology-based, remote ...; [Sissakian V, et al.; 2013] Sand and dust storm ...; [Sweeney MR, et al.; 2011] Quantifying dust emissions ...; [Tan M, et al.; 2014] Intensity of dust storms in ...; [Tsolmon R, et al.; 2008] National security an ambiguous ...; [Vickery K & Eckardt F; 2013] Dust emission controls on ...; [Walker AL, et al.; 2009] Development of a dust source ...; [Wang X, et al.; 2008] Dust sources in arid and semiarid ...; [Zobeck T, et al.; 2013] Soil property effects on wind erosion ...; [Zoljoodj M, et al.; 2013] Dust Events in the Western ...

شناسایی و تعیین خصوصیات کانون‌های گردوغبار در استان خراسان رضوی

سیما پورهایمی MA

گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

ابوالقاسم امیراحمدی* PhD

گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

محمدعلی زنگنه اسدی PhD

گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

مهدی صالحی PhD

گروه آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه نیشابور، نیشابور، ایران

چکیده

اهداف و زمینه‌ها: یکی از پدیده‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، توفان گردوغبار است. گردوغبار جزئی از مسائل و مشکلات زیست‌محیطی است که بر کیفیت و آلودگی هوا، سلامت بشر، حاصلخیزی خاک، قدرت دید، اقتصاد و بسیاری از جنبه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی جامعه تأثیرگذار است. پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تعیین خصوصیات کانون‌های گردوغبار در استان خراسان رضوی در بازه زمانی (۲۰۰۵-۲۰۱۶) انجام شد.

روش‌شناسی: در این پژوهش، ۶۵ کانون گردوغبار در منطقه خراسان رضوی با استفاده از تصاویر MODIS شناسایی گردید. سپس خصوصیات این کانون‌ها از لحاظ خاک، شیب، ارتفاع، شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، لیتولوژی و کاربری اراضی بررسی شد.

یافته‌ها: در لایه کاربری اراضی، ۶۳٪ کانون‌ها در سطوح مربوط به مراتع ضعیف (۲۳٪ کانون) و اراضی دیم (۱۸٪ کانون) قرار داشتند. در لایه شیب، ۴۳.۰۷٪ کانون‌ها در طبقه ۲/۰٪ قرار داشتند و در لایه خاک‌شناسی، ۴۹.۲٪ کانون‌ها در طبقه مربوط به خاک اریدی‌سول بودند که ۳۹.۲٪ مساحت منطقه را شامل می‌شد. در لایه NDVI، ۹۸.۴٪ کانون‌ها که حدود ۹۹٪ مساحت منطقه را شامل می‌شد، مربوط به قسمت بدون پوشش گیاهی بود و در لایه مربوط به نقاط ارتفاعی، ۹۰٪ کانون‌ها (۶۰٪ کانون) در طبقه ارتفاعی ۱۵۰۰٪ واقع شده بود. در رابطه با لیتولوژی منطقه نیز واحدهای رسوبی ناپیوسته با مساحت ۴۹/۵۶ کیلومتر مربع، حدود ۶۶/۱۵٪ کانون‌ها را در بر گرفته بودند.

نتیجه‌گیری: بیشتر کانون‌های گردوغبار در کاربری‌های مراتع ضعیف و اراضی دیم با خاک و لیتولوژی حساس به فرسایش که دارای پوشش گیاهی ضعیف است قرار دارد.

کلیدواژه‌ها: کانون‌های گرد و غبار، مناطق خشک، پوشش گیاهی، خراسان رضوی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۰۷

*نویسنده مسئول: amirahmadi1388@gmail.com

مقدمه

توفان گردوغبار به‌طور طبیعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان اتفاق می‌افتد و سبب ایجاد صدمات مستقیم بر سلامت انسان، هیدروکلیماتولوژی و اکوسیستم زیست‌محیطی می‌شود [Cao et al, 2015; Goudie, 2014]. این پدیده به‌طور معمول با بادهای قوی و آشفته روی سطح خاک خشک و با پوشش گیاهی ضعیف به‌وجود می‌آید و سبب کاهش دید افقی می‌شود [Zoljoodi et al, 2013]. توفان گردوغبار در انتقال عوامل

بیماری‌زای خطرناک به انسان، آلودگی هوا و آسیب‌رساندن به عملکرد دستگاه تنفس و حتی در قطع کردن فرآیندهای حمل‌ونقل و ارتباطات، نقش دارد. تسریع فرسایش خاک و تشدید بیابان‌زایی از دیگر اثرات توفان‌های گردوغبار است [Karimi et al, 2011].

براساس تعریف سازمان جهانی هواشناسی، وقوع گردوغبار از نظر میزان دید افقی به ۴ طبقه گردوغبار ضعیف با دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر، گردوغبار متوسط با دید بین ۱ تا ۱۰ کیلومتر، توفان شدید با دید بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و توفان خیلی شدید با دید کمتر از ۲۰۰ متر تقسیم‌بندی می‌شود [Tan et al, 2014].

توفان گردوغبار در خاورمیانه، شمال آفریقا، شمال چین و استرالیا در طول بهار، زمستان و اوایل تابستان پدیده عمومی است [Tsolmon et al, 2008]. اصلی‌ترین کانون‌های گردوغبار بیابان‌ها، مناطق خشک و نیمه‌خشک، زمین‌هایی با خاک‌های سست، دریاچه‌های خشک‌شده و زمین‌های کشاورزی ره شده است [Lim & Chun, 2006]. بیابان‌ها بزرگ‌ترین کانون‌های گردوغبار و دارای عوارض ژئومورفولوژی با پتانسیل انتشار گردوغبار بالاست [Sweeney et al, 2011]. خاورمیانه یکی از ۵ منطقه جهان است که بیشترین تولید گردوغبار را دارد [Rezazadeh et al, 2013]. ایران به علت قرارگرفتن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، در معرض سیستم‌های متعدد گردوغبار محلی و فرامنطقه‌ای است [Rashki et al, 2012; Goudie, 2014; Pourhashemi et al, 2015].

بررسی خصوصیات کانون‌های گردوغبار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و به ما در شناخت بیشتر این کانون‌ها کمک می‌کند. تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است. محققانی از جمله ابراهیمی خوسفی و همکاران به بررسی نقش سطوح خشکیده تالاب گاوخونی بر تولید گردوغبارهای داخلی ایستگاه اصفهان با بهره‌گیری از تکنیک دورسنجی و گل توفان‌ها در بازه زمانی ۲۲ ساله (۱۳۷۰-۷۱ تا ۱۳۹۱-۹۲) پرداخته و به این نتیجه رسیدند که رابطه معکوس معنی‌دار بین تعداد روزهای غبارآلود و سطوح خشکیده تالاب در فصول پاییز، بهار و تابستان و در مقیاس سالانه در ایستگاه اصفهان وجود دارد [Ebrahimi Khosfi et al, 2017].

بروغنی و همکاران [Beroghani et al, 2017] به شناسایی کانون‌های گردوغبار در شرق خاورمیانه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در دوره مطالعه ۲۰۰۴-۲۰۱۴ پرداخته و برای شناسایی کانون‌های گردوغبار از ۴ شاخص BTDD2931، BTDD3132، NDDI و D استفاده کردند. نتایج نشان داد که ۲۱۲ کانون برداشت گردوغبار در کل منطقه مورد مطالعه وجود دارد که ۱۲۳ کانون برداشت در ایران و ۹۳ کانون برداشت در خارج از کشور است. همچنین بعد از ایران، افغانستان بیشترین کانون‌های گردوغبار را در منطقه مورد مطالعه داراست.

لی و همکاران [Lee et al, 2009] در تحقیقی به بررسی پوشش سطحی محل وقوع کانون‌های گردوغبار در توفان ۱۵ دسامبر ۲۰۰۳

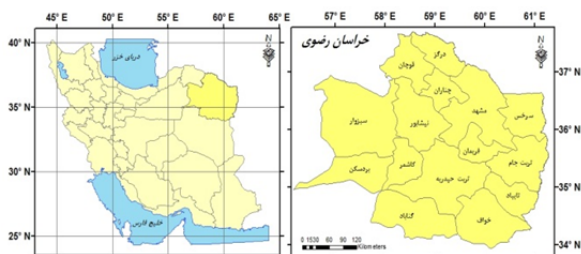
مناطق جدید بیابانی در عراق و نواحی اطراف آن، به‌ویژه کانون‌های گردوغبار جدید پرداختند. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای MODIS و لندست ۸ استفاده شد. نتایج نشان داد که در عراق و سوریه مناطق بیابانی جدیدی به‌وجود آمده که ۳۹٪ کانون‌های شناسایی‌شده، در این مناطق واقع شده‌اند. پاراجولی و زندر [Zender & Parajuli, 2017] در تحقیق خود به ارتباط ژئومورفولوژی با انتشار گردوغبار با استفاده از نقشه‌های فرسایش و رسوب جهانی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که پلایاها جز منابع عمده تولید گردوغبار هستند. لی و همکاران [Lee et al, 2018] به بررسی توفان گردوغبار و امنیت جاده‌های جنوب غرب ایالات متحده پرداخته و ۶۲۰ کانون گردوغبار در منطقه شناسایی کردند. نتایج پراکنش کانون‌های گردوغبار بر کاربری اراضی منطقه حاکی از آن است که بوته‌زارها، چمن‌زارها و زمین‌های کشاورزی با ۴۲، ۳۱ و ۲۱٪، به ترتیب بیشترین کانون گردوغبار را در منطقه مورد مطالعه دارا هستند.

با توجه به اهمیت توفان‌های گردوغبار در ایران و منطقه خراسان رضوی و همچنین لزوم شناخت و کنترل این پدیده، هدف از این تحقیق، شناسایی و بررسی خصوصیات کانون‌های گردوغبار در استان خراسان رضوی بود.

روش‌شناسی

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه استان خراسان رضوی با مساحت ۱۱۸/۱۴۳۸۶ کیلومترمربع بود که چهارمین استان ایران از نظر وسعت است. این استان با جمعیت ۵/۹۹۹/۵۲۹ نفر در عرض جغرافیایی ۲۷° تا ۳۳° ۵۲' شمالی و طول جغرافیایی ۵۶° تا ۶۱° ۱۶' شرقی قرار گرفته است. این استان دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک با وزش جریان‌های غالب چرخندهای تابستانه و جریان‌های غربی زمستانه است که از شرایط مطلوبی، برای وقوع پدیده توفان با سرعت فراتر از آستانه فرسایش بادی برخوردار است. میانگین بارش سالیانه مناطق مختلف استان خراسان رضوی بین ۷۵ تا ۳۹۰ میلی‌متر متغیر است [Mosavi Bayghi & Ashraf, 2011].



شکل ۱) نقشه استان خراسان رضوی

شناسایی کانون‌های گردوغبار

این پژوهش از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۶ انجام شد. برای مشخص کردن

در جنوب غربی آمریکای شمالی پرداختند. در این تحقیق از داده‌های هواشناسی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای MODIS استفاده شد. ۱۴۶ کانون برداشت گردوغبار در منطقه مورد مطالعه شناسایی شد. ۴۸ کانون برداشت در بوته‌زارهای دشت‌های جنوب آمریکا، ۴۹ کانون برداشت در مراتع و ۳۰ کانون دیگر در پلایا واقع شده بود. وانگ و همکاران [Wang et al, 2008] به بررسی خصوصیات و ترکیب ذرات گردوغبار و شناسایی کانون‌های گردوغبار در مناطق خشک و نیمه‌خشک شمال چین پرداختند. در این تحقیق از آنالیز عناصر ذرات گردوغبار استفاده شد. نتایج نشان داد که مهم‌ترین کانون‌های گردوغبار شامل بیابان گبی، تپه‌های ماسه‌ای و مناطق لسی در شمال چین هستند. بیشترین عناصر موجود در توفان گردوغبار ایجادشده از این مناطق، آلومینیم و آهن است. مائورر و همکاران [Maurer et al, 2009] به بررسی کانون‌های گردوغبار در غرب تگزاس و شرق نیومکزیکو پرداختند. نتایج تحقیق آنها حاکی از آن بود که کانون‌های اصلی گردوغبار در نواحی بدون پوشش گیاهی و تخریب‌شده قرار دارد. فعالیت‌های انسانی که باعث تخریب زمین در آن منطقه شده است، کانون‌های ثانویه‌ای ایجاد کرده که به تشدید گردوغبار در آن منطقه منجر شده است. لی و همکاران [Lee et al, 2012] با استفاده از سنجش از دور به بررسی خصوصیات ژئومورفیکی و پوشش سطح زمین مناطق تولید گردوغبار در غرب تگزاس و شرق نیومکزیکو در ایالات متحده پرداختند. برای انجام این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه کاربری اراضی و بازدید میدانی استفاده شد. نتایج تحقیق آنها حاکی از آن است که زمین‌های کشاورزی رهاشده با ۵۷٪، بیشترین مناطق منشاء گردوغبار را تشکیل می‌دهند. راشکی و همکاران [Rashki et al, 2013] با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS به بررسی خشک‌شدن دریاچه‌های موقتی و متعاقب آن فعالیت گردوغبار در منطقه حوزه زهکشی هامون در جنوب شرقی ایران پرداختند. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای طی چند سال متوالی استفاده شد. نتایج نشان داد که خشک‌شدن دریاچه هامون باعث افزایش شدت و تکرار وقوع توفان گردوغبار شده است. هاهنبرگر و نیکول [Hahnenberger & Nicoll, 2014] با استفاده از فن سنجش از دور به ریخت‌شناسی و پوشش سطحی زمین مناطق منشاء گردوغبار در شرق حوزه بزرگ یوتا در ایالات متحده پرداختند. در این تحقیق تصاویر ماهواره‌ای MODIS و داده غلظت گردوغبار PM2.5 و PM10 مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که بیش از ۶۰٪ کانون‌های گردوغبار، در دریاچه‌های خشک‌شده و بدون پوشش سطحی با خاک سیلتی-رسی قرار دارد. کاو و همکاران [Cao et al, 2015] در تحقیقی به شناسایی کانون‌های گردوغبار در غرب آسیا با استفاده از داده‌های محیطی پرداختند. نتایج نشان داد که منطقه دجله و فرات بیش از ۷۰٪ و دشت سیستان حدود ۳۰٪ از کانون‌های گردوغبار را دربرمی‌گیرند. مریدنژاد و همکاران [Moridnejad et al, 2015] به بررسی

معادله‌ی پلانک، پارامتر درجه حرارت را می‌توان با رابطه (۲) استخراج کرد.

$$T = \frac{hc}{\lambda k \ln(1 + \frac{2hc^2}{\lambda^5})} \quad \text{رابطه (۲)}$$

L همان مقادیر رادیانس تصاویر است (بر حسب ۱-w.m-2.sr-1). برای نشان دادن اختلاف دمای روشنایی بین طول موج‌های ۸/۵ میکرومتر (باند ۲۹ MODIS) و ۱۱ میکرومتر (باند ۳۱ MODIS)، عبارت BTD2931 و برای اختلاف دمای روشنایی بین طول موج‌های ۱۱ میکرومتر و ۱۲ میکرومتر باند (۳۲ MODIS) عبارت BTD3132 به کار می‌رود. برای تمام تصاویر مقادیر BTD در باندهای مورد نظر محاسبه شد [Ackerman, 1997].

شاخص NDDI برای ردیابی توفان گردوغبار با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$NDDI = (p_{2.13} - p_{0.469}) / (p_{2.13} + p_{0.469}) \quad \text{رابطه (۳)}$$

$p_{2.13}$ و $p_{0.469}$ به ترتیب مقادیر بازتابندگی در بالای جو، در طول موج‌های ۲/۱۳ میکرومتر (باند ۷ MODIS) و ۰/۴۶۹ میکرومتر (باند ۳ MODIS) هستند [Hao et al, 2007].

شاخص D ویژگی‌های بازتابندگی و نیز اختلاف دمای درخشندگی باندهای دمایی را با یکدیگر تلفیق می‌کند که با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد.

$$D = \exp\{-[rr \times a + (btd - b)]\} \quad \text{رابطه (۴)}$$

rr نسبت بازتابندگی بین طول موج‌های ۰/۵۴ و ۰/۸۶ میکرومتر است، BTD اختلاف دمای درخشندگی بین باندهای ۱۱ و ۱۲ میکرومتر و a و b ضرایب ثابتی هستند که توسط کالیبره کردن رابطه (۱) به دست می‌آیند. شناسایی گردوغبار با استفاده از باندهای انعکاسی تصاویر ماهواره‌ای، به‌ویژه روی سطوح درخشان مانند صحراها به علت انعکاس بالا کار سختی است. بنابراین، به‌کارگیری ترکیب باندها و ایجاد تصاویر رنگی کاذب به نحوی که بتواند مستقیماً مناطق تحت پوشش گردوغبار را آشکارسازی کند، در تشخیص کانون‌های گردوغبار و موقعیت آنها مفید است. به این منظور شاخص‌های تشخیص مناطق گردوغبار ایجاد و مقدار بازتابندگی باندهای ۳ و ۴ به چندین روش، جهت ساختن تصاویر رنگی کاذب (FCC) به صورت RGB به‌کارگرفته شدند تا بهترین تصویری که می‌تواند کانون‌های گردوغبار را آشکارسازی نماید، تعیین شود. این روش‌ها روی ۲۳ تصویر ماهواره‌ای انجام شد تا کانون‌های گردوغبار در منطقه مورد مطالعه مشخص شود.

بررسی خصوصیات کانون‌های گردوغبار

در این پژوهش، ۶ پارامتر مهم (خاک، شیب، ارتفاع، شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، لیتولوژی و کاربری اراضی) در تعیین خصوصیات کانون‌های گردوغبار مورد بررسی قرار گرفت. خصوصیات و پارامترهای سطحی کانون‌های گردوغبار بر مقدار، شدت و نوع ذرات گردوغبار منتشرشده مؤثر است [Lee et al,

تعداد روزهای همراه با گردوغبار در منطقه مورد مطالعه، ابتدا برای هر کدام از ایستگاه‌ها، تعداد روزهایی که دید افقی کمتر از ۲ کیلومتر بود مشخص و تصاویر سنجنده MODIS مربوط به این روزها تهیه شد [Lee et al, 2009]. برای تعیین روزهای همراه با گردوغبار در ایستگاه‌های سینوپتیک استان، از کدهای هواشناسی استفاده گردید. کدهایی که نشان‌دهنده وقوع گردوغبار هستند شامل کدهای، ۰۶، ۰۷، ۰۸، ۰۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴ و ۳۵ هستند. در ابتدا تصاویر سنجنده MODIS برای تهیه شاخص‌های تعیین کانون‌های گردوغبار زمین مرجع شده و سپس تصحیحات اولیه روی آن انجام شد. آشکارسازی تصویر به منظور شناسایی کانون‌های گردوغبار برای تمام تصاویر انجام شد [Vickery & Eckardt, 2013]. سنجنده MODIS به علت داشتن چندین ویژگی انتخاب شد: ۱- قابلیت دید وسیع آن؛ ۲- محدوده طیفی و تعداد باندهای آن؛ ۳- قدرت تفکیک مکانی (تفکیک مکانی باندهای ۱ و ۲، ۲۵۰ متر، باندهای ۳ تا ۷، ۵۰۰ متر و باندهای ۸ تا ۳۶، یک کیلومتر) و زمانی مناسب (تصویربرداری روزانه) آن؛ و ۴- در دسترس بودن داده‌های این سنجنده در ایران [Hahnenberger & Kathleen, 2014; Walker et al, 2009; Engelstaedter et al, 2003].

پارامترهای ارایه‌شده برای ردیابی کانون‌های گردوغبار BTD3132، BTD2931، NDDI و D بود که در این پژوهش مورد محاسبه قرار گرفت. هر کدام از این پارامترها به گونه‌ای توده گردوغباری را آشکارسازی کردند. با استفاده از چهار پارامتر و روش ترکیب رنگی کاذب و اعمال آن بر روی تصویر MODIS، توده گردوغباری بر روی تصاویر آشکارسازی شد و سپس با تفسیر چشمی آنها، نقطه شروع (کانون) گردوغبار مشخص شد [Ackerman, 1997; Roscovensky & Liou, 2005]. در نهایت کانون‌های گردوغبار در منطقه مورد مطالعه شناسایی شد. قاعده تشخیص کانون‌های گردوغبار در این تحقیق، براساس مدل انتشار گوسی پلوم بوده است. به این صورت که وقتی یک مخروط انتشار گردوغبار در تصویر ماهواره‌ای مشاهده می‌شود، رأس مخروط نشان‌دهنده کانون گردوغبار است.

پارامترهای ردیابی کانون‌های گردوغبار

جهت پیاده‌کردن شاخص‌های آشکارسازی گردوغبار، ابتدا برای تمام تصاویر موجود، بعد از تبدیل کردن مقدار رقومی تصاویر به رادیانس، با استفاده از معادله‌ی پلانک (رابطه ۱) مقدار درجه حرارت روشنایی باندهای ۱۱، ۸/۵ و ۱۲ میکرومتر تصاویر محاسبه شد.

$$B(T, \lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 (e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1)} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$B(T, \lambda)$ تابع پلانک در یک طول موج (λ) و دمای درخشندگی مشخص (T) ، ثابت پلانک h ، ثابت پلانک k ، ثابت بولتزمن $(۲/۹۹۸ \times ۱۰^{-۸} \text{ متر بر ثانیه})$ و c سرعت نور $(۳ \times ۱۰^{۸} \text{ متر بر ثانیه})$ بوده و T درجه حرارت است [Hao et al, 2007]. با استفاده از

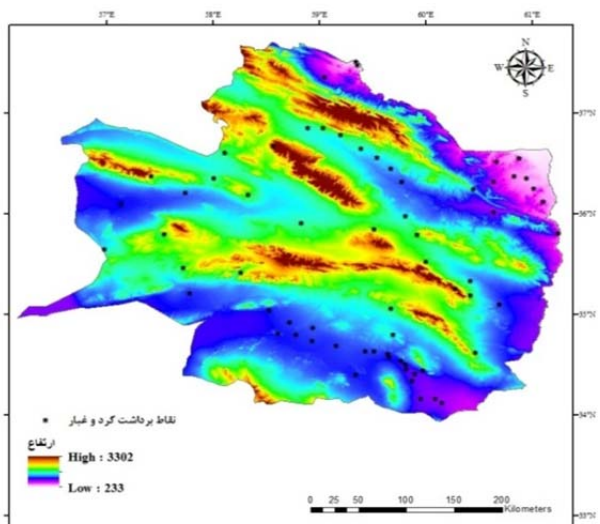
خاک‌شناسی، شیب، ارتفاع، NDVI، لیتولوژی و کاربری اراضی کانون‌های گردوغبار استخراج شد.

یافته‌ها

در مجموع ۶۵ کانون گردوغبار در کل منطقه شناسایی شد (جدول ۱؛ شکل ۲).

جدول ۱) درصد پراکنش کانون‌های گردوغبار در طبقات کاربری اراضی

کاربری اراضی	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	گردوغبار	درصد گردوغبار
ارضی دیم	۱۹۴۹۲/۹۵۸	۱۶/۶۱۴	۱۸	۲۷/۶۹۲
جنگل‌های طبیعی	۳۲۲/۴۱۰	۰/۲۷۴	۱	۱/۵۳۸
جنگل‌های مصنوعی	۶۳۲۴/۱۴۳	۵/۳۹۰	۳	۴/۶۱۵
ارضی کشاورزی آبی	۱۶۲۳۳/۹۶۱	۱۳/۸۳۶	۹	۱۳/۸۴۶
سطوح آبی	۱۵/۲۰۹	۰/۰۱۲	۰	۰
مراعات غنی	۳۲۵۳/۸۱۳	۲/۷۷۳	۱	۱/۵۳۸
مراعات ضعیف	۲۱۹۴۳/۳۸۵	۱۸/۷۰۳	۲۳	۳۵/۳۸۴
مراعات متوسط	۴۴۴۹۸/۸۹۹	۳۷/۹۲۸	۶	۹/۲۳۰
سطوح رسی (دقیق)	۱۶۱۶/۰۰۱	۱/۳۷۷	۲	۳/۰۷۶
سطوح نمکی	۲۷۶۴/۷۸۲	۲/۳۵۶	۲	۳/۰۷۶
مناطق مسکونی	۵۵۴/۶۰۴	۰/۴۷۲	۰	۰
بسترهای سیلابی	۳۰۳/۳۸۳	۰/۲۵۸	۰	۰



شکل ۲) نقشه پراکنش کانون‌های گردوغبار در خراسان رضوی

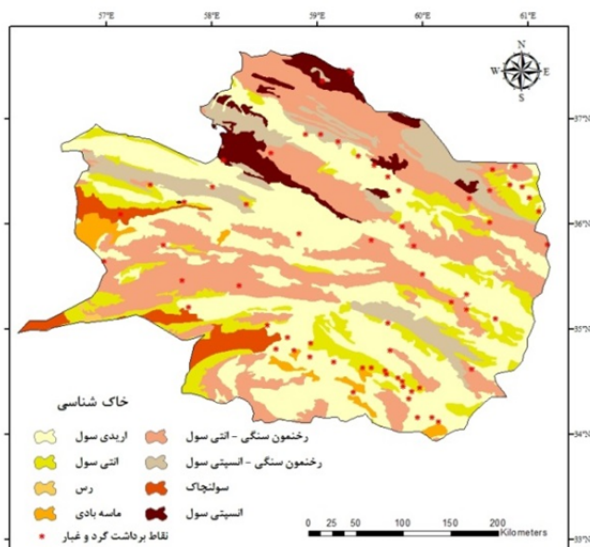
بیشترین کانون‌های گردوغبار در کاربری‌های مراعات فقیر و اراضی دیم با تعداد ۲۳ و ۱۸ کانون، که حدود ۳۵/۳۸ و ۲۷/۶۹٪ کل کانون‌های منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود، قرار داشت (شکل ۳). مراعات فقیر و اراضی دیم در حدود ۳۵٪ سطح استان را پوشش داده‌اند. در مناطق مسکونی، بسترهای سیلابی و سطوح آبی هیچ کانون گردوغباری قرار نداشت.

[2012]. عوامل مختلفی بر ایجاد کانون‌های گردوغبار مؤثر است که مهم‌ترین آنها کاربری اراضی، شیب، ارتفاع، خاک، لیتولوژی، شاخص پوشش گیاهی (NDVI) است. انواع کاربری اراضی که دارای خصوصیات با پوشش گیاهی کم یا نواحی که تحت تغییرات طبیعی و انسانی، پوشش گیاهی آنها از بین رفته، نقش بیشتری در برداشت ذرات خاک و ایجاد کانون گردوغبار دارند [Hahnenberge & Nicoll, 2014]. شاخص پوشش گیاهی (NDVI) الگوی گسترده‌ای از تغییرات پوشش گیاهی را نشان می‌دهد و با ایجاد کانون‌های گردوغبار در ارتباط است [Dawelbait & Morari, 2012]. سازندهای زمین‌شناسی و خاک‌های حساس به فرسایش نقش زیادی در ایجاد کانون‌های برداشت گردوغبار نسبت به سایر سازندهای خاک‌های مقاوم به فرسایش دارند [Sissakian et al, 2013]. دشت‌ها و زمین‌های مسطح و با شیب و ارتفاع کم نسبت به شیب‌های زیاد، دارای کانون‌های گردوغبار بیشتری هستند. در این مناطق به علت مسطح بودن زمین، باد زودتر به آستانه فرسایش بادی می‌رسد و باعث برداشت ذرات خاک و ایجاد توفان گردوغبار می‌شود [Lee et al, 2009].

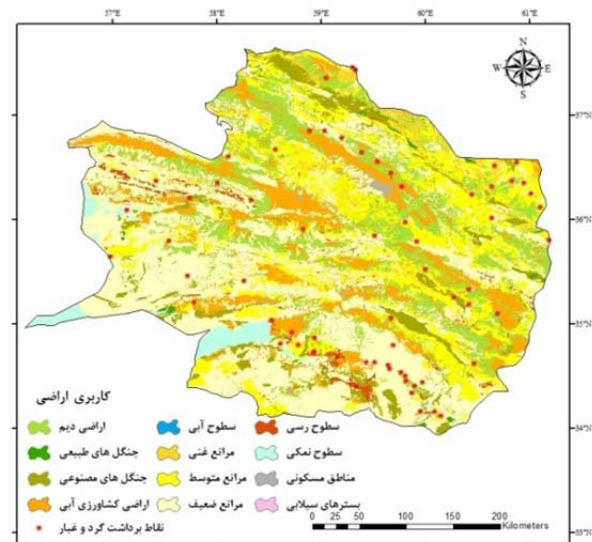
لایه مربوط به مدل رقومی ارتفاع (DEM) برای استان خراسان رضوی، از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و با دقت ۵۰ متر تهیه و لایه شیب از آن استخراج شد. نقشه NDVI با استفاده از تصویر MODIS (۲۰۱۷) در نرم‌افزار ENVI 4.8 تهیه شد [Pourhashemi et al, 2016]. شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال‌شده (NDVI)، محل‌های احتمالی پوشش گیاهی را با تغییرات عددی بین +۱ و -۱ نشان می‌دهد. بالاترین مقدار این شاخص (+۱) است که نشان‌دهنده بیشترین میزان تراکم پوشش گیاهی و پایین‌ترین آن (-۱) است که نشان‌دهنده عدم پوشش گیاهی و عوارضی مانند آب و برف بوده و برای خاک لخت مقادیر نزدیک به صفر را نشان می‌دهد. انواع کاربری اراضی که با پوشش گیاهی ضعیف یا نواحی که تحت تأثیر اختلالات طبیعی و انسانی، پوشش گیاهی و پوسته‌های خاک از بین رفته، بالاترین پتانسیل را در انتقال گردوغبار دارند [Goossens & Buck, 2009]. نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست تهیه شد و با استفاده از نقشه کاربری استان خراسان رضوی که از اداره منابع طبیعی استان تهیه شده بود، تطبیق داده شد. خصوصیات خاک نقش مهمی در ایجاد کانون‌های گردوغبار دارد. نقشه خاک‌شناسی استان خراسان رضوی از نقشه خاک جهانی استخراج و نقشه لیتولوژی منطقه مورد مطالعه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ از سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه شد. نقشه‌ها در محیط GIS رقومی و لایه‌های سنگ‌شناسی از آن استخراج شد.

در نهایت، به‌منظور تعیین خصوصیات کانون‌های گردوغبار، هم‌پوشانی نقشه کانون‌های گردوغبار با نقشه‌های خاک، شیب، ارتفاع، NDVI، لیتولوژی و کاربری اراضی در محیط نرم‌افزار ArcGIS صورت گرفت. بعد از هم‌پوشانی لایه‌ها، مشخصات

۵۰٪ کل کانون‌های منطقه را شامل شد، قرار داشت (شکل ۵). خاک اریدی سول ۳۹٪ مساحت سطح استان را دربرمی‌گرفت. در مناطق رس‌ها و ماسه بادی هیچ کانون برداشت گردوغباری مشاهده نشده است (جدول ۳).

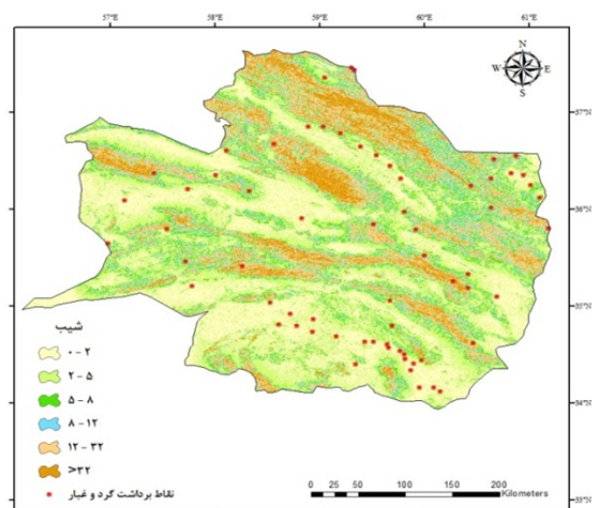


شکل ۵) نقشه پراکنش کانون‌های گردوغبار در طبقات مختلف خاک‌شناسی



شکل ۳) نقشه پراکنش کانون‌های گردوغبار در طبقات مختلف کاربری راضی

بیشتر کانون‌های گردوغبار در بخش‌های کم‌شیب استان قرار داشت (شکل ۴). بیشترین و کمترین تعداد کانون‌های گردوغبار به ترتیب در شیب‌های ۰ تا ۲ و بیشتر از ۳۲٪ قرار داشت (جدول ۲).



شکل ۴) نقشه پراکنش کانون‌های گردوغبار در طبقات مختلف شیب

جدول ۳) درصد پراکنش کانون‌های گردوغبار در طبقات خاک‌شناسی

نوع خاک	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	درصد گردوغبار
اریدی سول	۴۶۰۵۶/۸۹۵	۳۹/۲۹۴	۴۹/۲۳۰
انتی سول	۱۴۰۷۰/۱۲۲	۱۲/۰۰۴	۱۵/۳۸۴
رس‌ها	۱۴۳/۷۴۶	۰/۱۲۲	۰
ماسه بادی	۲۰۳۱/۲۵۳	۱/۷۳۳	۰
رخنمون سنگی-انتی سول	۳۵۱۸۹/۹۸۰۶	۳۰/۰۲۳	۱۳
رخنمون سنگی-انسپتی سول	۱۰۷۰۴/۰۷۹	۹/۱۳۲	۵
سولنچاک (خاک شور)	۳۶۹۴/۳۰۸	۳/۱۵۱	۱
انسپتی سول	۵۱۹۰/۶۵۴	۴/۴۲۸	۴

بیشترین کانون‌های گردوغبار با تعداد ۳۱ کانون (۴۸٪) در ارتفاع ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری از سطح دریا قرار داشتند که این طبقه ارتفاعی حدود ۳۱٪ مساحت منطقه مورد مطالعه را دربرمی‌گرفت (شکل ۶). در ارتفاع بالاتر از ۳۰۰۰ متری هیچ کانون گردوغباری مشاهده نشد (جدول ۴).

جدول ۴) درصد پراکنش کانون‌های گردوغبار در طبقات ارتفاعی

ارتفاع (متر)	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	درصد گردوغبار
۰-۵۰۰	۲۶۵۵/۰۱۶	۲/۲۵۹	۷
۵۰۰-۱۰۰۰	۳۶۷۷۲/۲۹۸	۳۱/۲۹۳	۳۱
۱۰۰۰-۱۵۰۰۰	۴۹۵۷۲/۸۶۲	۴۲/۱۸۶	۲۲
۱۵۰۰-۲۰۰۰	۲۱۵۹۰/۱۰۸	۱۸/۳۷۳	۳
۲۰۰۰-۲۵۰۰	۵۹۲۱/۸۰۵	۵/۰۳۹	۱
۲۵۰۰-۳۰۰۰	۹۶۸/۸۱۵	۰/۸۲۴	۱
>۳۰۰۰	۲۸/۵۷۹	۰/۰۲۴	۰

جدول ۲) درصد پراکنش کانون‌های گردوغبار در طبقات مختلف شیب

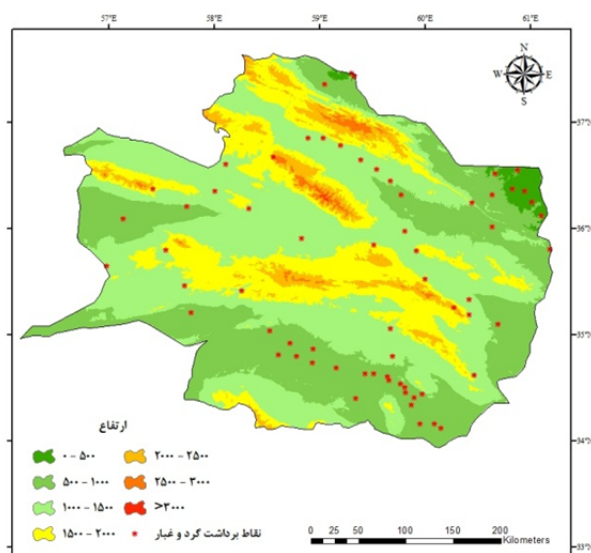
شیب	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	درصد گردوغبار
۰-۲	۳۲۷۷۹/۳۶۸	۲/۸۹۵	۲۸
۲-۵	۳۲۵۸۷/۴۳۸	۲۷/۷۳۲	۱۸
۵-۸	۱۲۳۳۳/۵۶۹	۱۰/۴۹۵	۸
۸-۱۲	۹۷۵۶/۴۵۳	۸/۳۱۰	۴
۱۲-۳۲	۲۱۳۹۲/۳۵۹	۱۸/۲۰۵	۶
>۳۲	۸۶۴۹/۶۳۳	۷/۳۶۰	۱

بیشترین کانون‌های گردوغبار در خاک‌های اریدی سول (که خاک مناطق خشک و بیابانی هستند) با ۳۲ کانون برداشت (که تقریباً

بیشترین و کمترین کانون‌های گردوغبار به ترتیب در واحدهای زمین‌شناسی رسوبی ناپیوسته و دگرگونی با تعداد ۴۳ و ۰ کانون گردوغبار بود (شکل ۸؛ جدول ۶). همچنین واحد رسوبی ناپیوسته با مساحت ۴۹/۵۶ کیلومترمربع و واحد زمین‌شناسی دگرگونی با مساحت ۶/۸۳٪ از سطح استان، به ترتیب بیشترین و کمترین مساحت را دارا بودند.

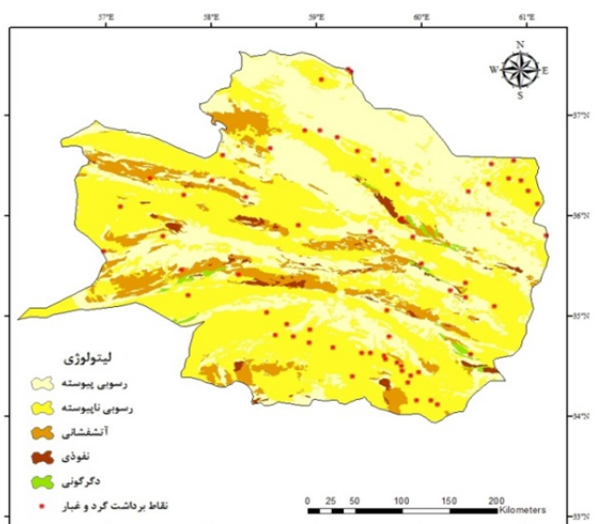
جدول ۶) درصد پراکنش کانون‌های گردوغبار در گروه‌های لیتولوژی

درصد گروه‌های گروه‌های	درصد گروه‌های گروه‌های	درصد گروه‌های گروه‌های	درصد گروه‌های گروه‌های	درصد گروه‌های گروه‌های
۲۶/۱۵۳	۱۷	۳۸/۶۵۲	۴۵۳۴۵/۲۵۷	رسوبی پیوسته
۶۶/۱۵۳	۴۳	۴۹/۵۶۴	۵۸۱۴۷/۹۱۸	رسوبی ناپیوسته
۶/۱۵۳	۴	۹/۷۸۹	۱۱۴۸۴/۷۹۷	آتشفشانی
۱/۵۳۸	۱	۱/۳۱۰	۱۵۳۷/۲۶۷	نفوذی
۰	۰	۰/۶۸۳	۸۰۱/۳۷۵	دگرگونی



شکل ۶) نقشه پراکنش کانون‌های گردوغبار در طبقات مختلف ارتفاعی

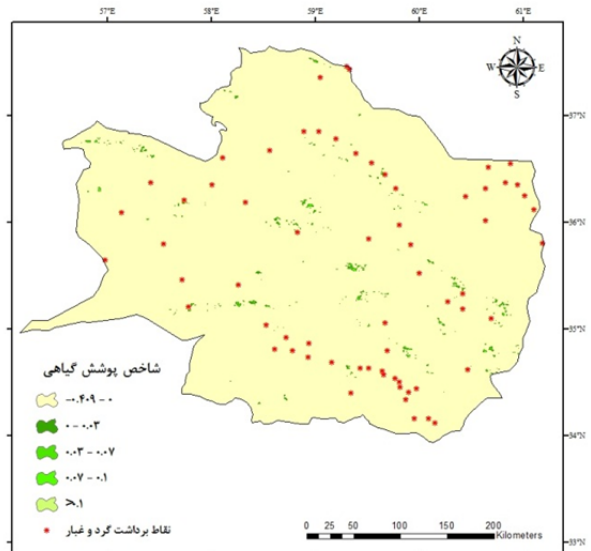
تمام کانون‌های گردوغبار در طبقه ۰/۴۰۹ تا ۰/۰۳ قرار داشت که بدون پوشش گیاهی بود. بقیه طبقات اکثراً کانون گردوغباری نداشت (شکل ۷؛ جدول ۵).



شکل ۸) پراکنش کانون‌های گردوغبار روی نقشه لیتولوژی منطقه مورد مطالعه

بحث

در این تحقیق به شناسایی کانون‌های گردوغبار با استفاده از شاخص‌های NDDI, BTD2931, BTD3132 و D پرداخته شد و در نهایت ۶ پارامتر مهم خاک، شیب، ارتفاع، شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، لیتولوژی و کاربری اراضی در جهت تعیین خصوصیات کانون‌های گردوغبار مورد استفاده قرار گرفت. ۶۵ کانون برداشت گردوغبار در منطقه مورد مطالعه شناسایی شد که بیش‌تر این نقاط در جنوب و شرق استان پراکنده شده است. این مناطق از بارش سالانه و پوشش گیاهی کمتری نسبت به بقیه نقاط استان برخوردار است. محققانی همچون هاهننبرگر و نیکول [Jewell, 2014] [Hahnenberger & Nicoll, 2014] [Miller et al, 2012] [Lee et al, 2009]، کروری و همکاران [Crouvi et al, 2012] [Zobeck et al, 2013] به بررسی خصوصیات کانون‌های گردوغبار و تعیین



شکل ۷) پراکنش کانون‌های گردوغبار در طبقات مختلف شاخص پوشش گیاهی

جدول ۵) درصد پراکنش کانون‌های گردوغبار در طبقات شاخص پوشش گیاهی

درصد شاخص پوشش گیاهی	درصد شاخص پوشش گیاهی	درصد شاخص پوشش گیاهی	درصد شاخص پوشش گیاهی	درصد شاخص پوشش گیاهی
۹۸/۴۶۱	۶۴	۹۹/۴۶۸	۱۱۶۹۷۴/۳۸۹	۰/۴۰۹-۰
۱/۵۳۸	۱	۰/۳۶۳	۴۲۷/۴۲۹	۰/۰۳-۰/۰۷
۰	۰	۰/۱۳۵	۱۵۹/۲۱۰	۰/۰۷-۰/۰۱
۰	۰	۰/۰۲۵	۲۹/۹۸۴	۰/۰۱-۰/۰۱
۰	۰	۰/۰۰۶	۸	۰/۰۱-۰/۰۱

لیتولوژی متغیر مهمی در تجزیه و تحلیل مخاطرات محیطی است [Pourghasemi & Kerle, 2016]. منطقه مورد مطالعه از نظر ساختار زمین‌شناسی به ۵ واحد (رسوبی پیوسته، رسوبی ناپیوسته، آتشفشانی، نفوذی و دگرگونی) تقسیم شد.

پژوهشگر کمکی/تحلیلگر آماری (۲۰٪): محمدعلی زنگنه اسدی (نویسنده سوم)، پژوهشگر کمکی (۲۰٪): سیدمهدی صالحی (نویسنده چهارم)، پژوهشگر کمکی (۲۰٪)
منابع مالی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

- Ackerman SA (1997). Remote sensing aerosols using satellite infrared observations. *Geophysical Research*. 102(D14):17069-17080.
- Baddock MC, Gill TE, Bullard JE, Dominguez Acosta M, Rivera NI (2011). Geomorphology of the chihuahuan desert based on potential dust emissions. *Maps*. 7(1):249-259.
- Boroghani M, Pourhashemi S, Zanganeh Asadi MA, Moradi HR (2017). Dust Source Identification in the Middle East by Using Remote Sensing. *Natural Environmental Hazards*. 6(11):101-118. [Persian]
- Bullard J, Baddock M, McTainsh G, Leys J (2008). Sub-basin scale dust source geomorphology detected using MODIS. *Geophysical Research Letters*. 35(15):1-19.
- Cao H, Amiraslani F, Liu J, Zhou N (2015). Identification of dust storm source areas in West Asia using multiple environmental datasets. *Science of the Total Environment*. 502:224-235.
- Crouvi O, Schepanski K, Amit R, Gillespie AR, Enzel Y (2012). Multiple dust sources in the Sahara Desert: the importance of sand dunes. *Geophysical Research Letters*. 39:L13401.
- Dawelbait M, Morari F (2012). Monitoring desertification in a Savannah region in Sudan using Landsat images and spectral mixture analysis. *Journal of Arid Environments*. 80:45-55.
- Ebrahimi Khosfi Z, Vali AA, Khosroshahi M, Ghazavi R (2017). Investigation of the role of bed dried Gavkhooni wetland on the production of the internal dust using remote sensing and duststorms (Case study: Isfahan province). *Rangeland and Desert Research*. 24(1):152-164. [Persian]
- Engelstaedter S, Kohfeld KE, Tegen I, Harrison SP (2003). Controls of dust emissions by vegetation and topographic depressions: an evaluation using dust storm frequency data. *Geophysics Research Letter*. 30(6):27-31.
- Floyd KW, Gill TE (2011). The association of land covers with aeolian sediment production at Jornada Basin, New Mexico, USA. *Aeolian Research*. 3(1):55-66.
- Goossens D, Buck B (2009). Dust dynamics in off-road vehicle trails: measurements on 16 arid soil types, Nevada, USA. *Environmental Economics and Management*. 90(11):3458-3469.
- Goudie A (2014). Review Desert dust and human health disorders. *Environment International*. 63(3):101-113.
- Hahnenberger M, Nicoll K (2014). Geomorphic and land cover identification of dust sources in the eastern Great Basin of Utah, U.S.A. *Geomorphology*. 204(2):657-672.
- Hao X, Qu J, Hauss B, Wang C (2007). A high-performance approach for brightness temperature inversion. *International Journal of Remote Sensing*. 28(21):4733-4743.
- Jewell PW, Nicoll K (2011). Wind regimes and aeolian transport in the Great Basin, U.S.A. *Geomorphology*. 129(1-2):1-13.
- Karimi K, Shahrani H, NowKhandan M, Hafezi Moghadas N (2011). Dust source identification in Middle

کاربری‌های کانون‌های گردوغبار پرداختند. نتایج تحقیق این محققان حاکی از آن است که بیشتر کانون‌های گردوغبار در مراتع فقیر و اراضی دیم قرار دارد، که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارند.

محققانی همچون لیندلی و همکاران [lindley et al, 2011]، جیل و فلوید [Gill & Floyd, 2011] و لی و همکاران [Lee et al, 2012] شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک، پوشش گیاهی ضعیف و رسوبات سخت‌نشده را از عوامل مؤثر در ایجاد کانون‌های گردوغبار و فرسایش بادی می‌دانند که با ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه همخوانی دارد. این نتایج با نتایج لی و همکاران [Lee et al, 2009]، بولارد و همکاران [Bullard et al, 2011]، جول و نیکول [Jewell & Nicoll et al, 2012]، سانکی و همکاران [Sankey et al, 2013] و هاهنبرگر و نیکول [Hahnenberger & Nicoll, 2014] که نشان داد، بیشتر کانون‌های گردوغبار در خاک‌های حساس به فرسایش قرار دارد، همخوانی دارد. نتایج خصوصیات کانون‌های گردوغبار حاکی از آن است که بیشتر این کانون‌ها در کاربری‌های مراتع ضعیف و زمین‌های دیم با خاک حساس به فرسایش که دارای پوشش گیاهی ضعیف است، قرار دارد. این نتایج با نتایج محققانی همچون لیندلی و همکاران [lindley et al, 2011]، جیل و فلوید [Gill & Floyd, 2011] و ریورا ریورا و همکاران [Rivera et al, 2010] که پوشش گیاهی ضعیف و رسوبات سخت نشده را از عوامل مؤثر در ایجاد کانون‌های گردوغبار و فرسایش بادی می‌دانند، همخوانی دارد.

همچنین پراکنش بیشتر این کانون‌های گردوغبار، در شیب‌ها و ارتفاع‌های کم می‌باشد. این نتایج با تحقیقات پروسپرو و همکاران [Prospero et al, 2002]، بادوک و همکاران [Baddock et al, 2011]، بولارد و همکاران [Bullard et al, 2011] و مریدنژاد و همکاران [Moridnejad et al, 2015] که به بررسی خصوصیات کانون‌های گردوغبار در نقاط مختلف جهان پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که بیشتر کانون‌های گردوغبار، در کاربری مراتع ضعیف و لیتولوژی و خاک حساس به فرسایش قرار دارند، همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

بیشتر کانون‌های گردوغبار در استان خراسان رضوی در کاربری‌های مراتع ضعیف و اراضی دیم با خاک و لیتولوژی حساس به فرسایش که دارای پوشش گیاهی ضعیف است قرار دارد.

تشکر و قدردانی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان: سیما پورهایمی (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۴۰٪)، ابوالقاسم امیراحمدی (نویسنده دوم)،

Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: The case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. *Science of the Total Environment*. 463-464(3):552-564.

- Rashki A, Kaskaoutis DG, Rautenbach C, Eriksson PG, Qiang M, Gupta P (2012). Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. *Aeolian Research*. 5(3):51-62.

- Rezazadeh M, Irannejad P, Shao Y (2013). Climatology of the Middle East dust events. *Aeolian Research*. 10:103-109.

Rivera Rivera NI, Gill TE, Bleiweiss MP, Hand JL (2010). Source characteristics of hazardous Chihuahuan Desert dust outbreaks. *Atmospheric Environmental*. 44(20):2457-2468.

- Roscovensky JK, Liou, KN (2005). Differentiating airborne dust from cirrus clouds using MODIS data. *Geophysical Research Letters*. 32(12):L12809.

- Sankey JB, Wallace CSA, Ravi S (2013). Phenology-based, remote sensing of post-burn disturbance windows in rangelands. *Ecological Indicators*. 30:35-44.

- Sissakian V, Al-Ansari N, Knutsson S (2013). Sand and dust storm events in Iraq. *Natural Science*. 5(10):1084-1094.

- Sweeney MR, McDonald EV, Etyemezian V (2011). Quantifying dust emissions from desert landforms, eastern Mojave Desert, USA. *Geomorphology*. 135: 21-34.

- Tan M, Li X, Xin L (2014). Intensity of dust storms in China from 1980 to 2007: A new definition. *Atmospheric Environment*. 85(4):215-222.

- Tsolmon R, Ochirkhuyag L., Sternberg T (2008). Monitoring the source of trans-national dust storms in north East Asia. *International Journal of Digital Earth*. 1(1):119-129.

- Vickery K, Eckardt F (2013). Dust emission controls on the lower Kuiseb River valley, Central Namib. *Aeolian Research*. 10(3):125-133.

- Walker AL, Liu M, Miller SD, Richardson KA, Westphal DL (2009). Development of a dust source database for mesoscale forecasting in Southwest Asia. *Geophysical Research*. 114(18):1-24.

- 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.

- Zobeck T, Baddock M, Pelt R, Tatarko J, Acosta-Martinez V (2013). Soil property effects on wind erosion of organic soils. *Aeolian Research*. 10:43-51.

- Zoljoodj M, Didevarasl A, Saadatabadi AR (2013). Dust Events in the Western Parts of Iran and the Relationship with Drought Expansion over the Dust-Source Areas in Iraq and Syria. *Atmospheric and Climate Sciences*. 3(3):321-336.

East with used remote sensing. *Journal of Climatology Research*. 7(2):57-72. [Persian]

- Lee J, Baddock M, Mbuhi M, Gill Th (2012). Geomorphic and land cover characteristics of aeolian dust sources in West Texas and eastern New Mexico, USA. *Aeolian Research*. 3(4):459-466.

- Lee J, Gill T, Mulligan K, Acosta MD, Perez A (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.

- Lim JY, Chun Y (2006). The characteristics of Asian dust events in Northeast Asia during the springtime from 1993 to 2004. *Global and Planetary Change*. 52(1-4):231-247.

- Lindley TT, Vitale JD, Burgett WS, Beierle MJ (2011). Proximity meteorological observations for wind-driven grassland wildfire start on the southern High Plains. *Severe Storms Meteorology*. 6(1):1-27.

- Maurer T, Herrmann L, Stahr K (2009). The effect of surface variability factors on wind erosion susceptibility: A field study in SW Niger. *Plant Nutrition and Soil Science*. 172(6):798-807.

- Miller ME, Bowker MA, Reynolds RL, Goldstein HL (2012). Post-fire land treatments and wind erosion lessons from the Milford Flat Fire, UT, USA. *Aeolian Research*. 7(4):29-44.

- Moridnejad A, Karimi N, Ariya P (2015). Newly desertified regions in Iraq and its surrounding areas: Significant novel sources of global dust particles. *Journal of Arid Environments*. 116:1-10.

- Mosavi Bayghi M, Ashraf B (2012). The study of synoptic patterns that caused autumn and winter droughts in Khorasan Razavi Province. *Water and Soil Conservation Research*. 18(4):167-184. [Persian]

- Parajuli Sp, Zender CS (2017). Connecting geomorphology to dust emission through high-resolution mapping of global land cover and sediment supply. *Aeolian Research*. 27:47-65.

- Pourghasemi HR, Kerle N (2016). Random forests and evidential belief function-based landslide susceptibility assessment in Western Mazandaran Province, Iran. *Environmental Earth Sciences*. 75(3):1-17.

- Pourhashemi S, Boroghani M, Zanganeh Asadi MA, AmirAhmadi A (2015). Analysis relation of vegetation cover on the number of dust event in Khorasan Razavi using geographic information system and remote sensing. *RS & GIS for Natural Resources*. 6(4):33-45. [Persian]

- Prospero JM, Ginoux P, Torres O, Nicholson SE, Gill TE (2002). Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 total ozone mapping spectrometer absorbing aerosol product. *Reviews of Geophysics*. 40(1):2-31.

- Rashki A, Kaskaoutis DG, Goudie AS, Kahn RA (2013).