

شناسایی کانون‌های برداشت گرد و غبار در حوزه آبخیز سیستان و تعیین خصوصیات آنها

مهدی بروغنی^{*۱}

*۱- نویسنده مسئول، استادیار، مرکز پژوهشی علوم جغرافیا و مطالعات اجتماعی، دانشگاه حکیم سبزواری، پست الکترونیکی: m.boroughani@hsu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۰۵

چکیده

حوزه آبخیز سیستان به علت خشک شدن دریاچه هامون و خشکسالی‌های متوالی در چند سال اخیر سبب وقوع طوفان‌های شدید گرد و غبار در منطقه شده است. این تحقیق با هدف شناسایی و تعیین خصوصیات مناطق برداشت گرد و غبار (کاربری اراضی، لیتولوژی، شیب و ژئومرفولوژی) در حوزه آبخیز سیستان می‌باشد. برای شناسایی کانون‌های برداشت گرد و غبار از تصاویر ماهواره-ای MODIS روزهای گرد و غباری برای بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ با استفاده از شاخص‌های بارزسازی گرد و غبار شامل BTD_{3132} ، BTD_{2931} ، $NDDI$ و D استفاده گردید. نتایج شناسایی کانون‌های برداشت گرد و غبار حکایت از آن دارد که در مجموع ۲۱۱ کانون برداشت گرد و غبار در کل منطقه شناسایی شد. از این تعداد کانون برداشت گرد و غبار شناسایی شده ۶۱ کانون در ایران و ۱۵۰ کانون در افغانستان قرار دارد. نتایج پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار در کاربری‌های مختلف بیان کننده آن است که در اراضی کشاورزی دیم با تعداد ۱۷۲ کانون و سطوح خشک شده دریاچه و اراضی کشاورزی آبی با هریک ۱۶ و ۱۲ کانون، بعد از اراضی کشاورزی دیم بیشترین کانون برداشت گرد و غبار را دارند. از همپوشانی نقشه لیتولوژی و کانون‌های گرد و غبار این نتایج حاصل شد که بیشترین کانون برداشت گرد و غبار به ترتیب با ۱۱۱ و ۹۸ کانون در سازندهای رسوبی پیوسته و ناپیوسته قرار دارد. نتایج پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار در واحدهای ژئومرفولوژی بیان کننده آن است که واحد دشت سر فرسایشی با درصد مساحت ۳۵/۶۹، ۴۸ کانون برداشت گرد و غبار بیشترین کانون برداشت را در خود جای داده است. همچنین نتایج پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار در شیب‌های مختلف نشان دهنده آن است که بیشترین و کمترین کانون برداشت گرد و غبار به ترتیب در شیب‌های ۰ تا ۲ و بیشتر از ۳۲ درصد با تعداد ۱۰۷ و ۶ کانون قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: کانون‌های برداشت گرد و غبار، حوزه سیستان، کاربری اراضی، ژئومرفولوژی.

مقدمه

تغییرات محیطی ناشی از فعالیت‌های انسان در آن است (Karimi et al., 2011). مشاهدات نشان داده است که نه تنها تعداد طوفان گرد و غبار بلکه غلظت گرد و غبار نیز در این منطقه افزایش پیدا کرده است. دلیل اصلی افزایش گرد و غبار در منطقه، تخریب شدید منابع طبیعی به علت بهره‌برداری فراوان و وجود تداوم خشکسالی در دهه اخیر می‌باشد. به طوری که عدم مدیریت زمین و منابع آب همراه با درگیری

گرد و غبار فراوانترین نوع آئروسول در سطح جهان است که بر آب و هوا، چرخه آب، بهداشت عمومی و رفاه و پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارد (Raspanti et al., 2016; Soltani et al., 2017). انتشار گرد و غبار جهانی در منطقه خاورمیانه تقریباً ۲۵ درصد است. خاورمیانه دارای چالش‌های شدید زیست محیطی است که بیشتر آسیب‌پذیری به علت اقلیم و

تصاویر سنجنده Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) برداشت گرد و غبار شناسایی و به بررسی خصوصیات آن پرداخته شده است. Boroughani و همکاران (۲۰۱۷) به شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار در شرق خاورمیانه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در دوره مطالعه ۲۰۱۴-۲۰۰۴ پرداخته‌اند و برای شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار از چهار شاخص BTD_{3132} , BTD_{2931} , NDDI و D استفاده کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که ۲۱۲ کانون برداشت گرد و غبار در کل منطقه مورد مطالعه وجود دارد که ۱۲۳ کانون برداشت در ایران و ۹۳ کانون برداشت در خارج از کشور می‌باشد. همچنین بعد از ایران، کشور افغانستان بیشترین کانون برداشت گرد و غبار را در منطقه مورد مطالعه دارد. Parajuli و Zender (۲۰۱۷)، در تحقیق خود به ارتباط ژئومورفولوژی با انتشار گرد و غبار با استفاده از نقشه‌های فرسایش و رسوب جهانی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که پلایاها جزء منابع عمده تولید گرد و غبار می‌باشند. Li و همکاران (۲۰۱۸)، به بررسی خصوصیات کاربری اراضی کانون‌های برداشت توفان گرد و غبار در جنوب غرب آمریکا پرداختند. نتایج پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار بر روی کاربری اراضی در منطقه جنوب غرب آمریکا حکایت از آن دارد که بوته‌زارها، چمن‌زارها و زمین‌های کشاورزی با ۴۲، ۳۱ و ۲۱ درصد به ترتیب بیشترین کانون برداشت را در منطقه مورد مطالعه دارند. از این رو هدف از این پژوهش شناسایی و بررسی خصوصیات کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، شیب و لیتولوژی کانون‌های برداشت گرد و غبار در حوزه آبخیز سیستان می‌باشد.

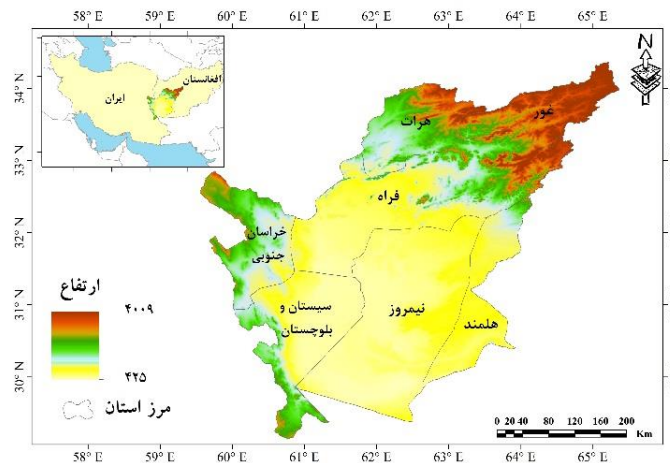
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز سیستان با مساحت ۱۴۸۷۷۹/۶۳۶۵۴ کیلومتر مربع است که در شمال شرق ایران و جنوب غربی افغانستان واقع شده است. مهمترین شهرهای منطقه مورد مطالعه شامل زاهدان، زابل در ایران و زرنج در افغانستان است (شکل ۱). این منطقه بر اساس روش

سیاسی موجب تشدید مشکل شده است. این مسائل سبب بیابانی شدن شدید در سرتاسر منطقه شده است (Cao *et al.*, 2015). Eklund و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که شدت بیابان‌زایی در دهه گذشته به علت (۱) دوره‌های طولانی مدت خشکسالی، (۲) عدم مدیریت زمین و منابع آب مانند چرای بیش از حد مراتع و برداشت بی‌رویه از منابع آب، (۳) گسترش و تشدید زراعت مانند کشت بیش از حد، (۴) جنگل‌زدایی با هدف توسعه مناطق مسکونی و کشاورزی و (۵) جنگ‌های مسلحانه و تغییر کاربری زمین افزایش پیدا کرده است. توفان گرد و غبار پدیده آب و هوایی خطرناکی است که می‌تواند بحران‌های کشاورزی و زیست محیطی را به وجود آورد. توفان گرد و غبار به‌عنوان یک جریان مخرب که به‌علت سرعت زیاد باد ایجاد می‌شود، موجب از بین رفتن زمین‌های زراعی و خاک سطحی می‌شود. همچنین آلودگی اتمسفر و تخریب تأسیسات و معادن را به همراه دارد (Wang *et al.*, 2013). حوزه آبخیز سیستان در بخش جنوب شرقی، از مناطق مهم در ایران و افغانستان است که تحت تأثیر گرد و غبار قرار گرفته است (Rashki *et al.*, 2015; Alizadeh, 2019; Choobari *et al.*, 2014; Dargahian *et al.*, 2019). عمدتاً منشأ محلی دارد و به دلیل وجود خشکسالی، دریاچه خشک شده هامون، بادهای ۱۲۰ روزه و همچنین بیابان لوت منجر به وقوع توفان‌های گرد و غباری سالانه شدیدی می‌شود که عمده‌ترین محل برداشت و مرکز طوفان‌های گرد و غباری بر روی دریاچه هامون واقع شده است (Rashki *et al.*, 2012). یکی از روش‌های شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار، استفاده از فنون سنجش از دور است که تا به امروز تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است (Dubovik *et al.*, 2008; Hsu *et al.*, 2004; Ranjbar *et al.*, 2019; Jafari *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2006; Warren *et al.*, 2007; Boroughani *et al.*, 2020; Moridnejad *et al.*, 2015; Gholampour *et al.*, 2017; Ginoux *et al.*, 2010; Crusius *et al.*, 2011). در این مطالعات، محققان مختلف به بررسی و شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار با استفاده از سنجش از دور پرداخته‌اند. در این تحقیقات با استفاده از

دومارتن دارای اقلیم خشک و بیابانی با وزش جریانهای غالب (بادهای ۱۲۰ روزه) چرخندهای تابستانه و جریانات غربی زمستانه می باشد که از شرایط مطلوبی برای وقوع پدیده طوفان با سرعت فراتر از آستانه فرسایش بادی برخوردار است. میانگین بارش سالیانه ۲۸ ساله (۱۹۹۰ تا ۲۰۱۷) در ایستگاه زابل و زاهدان ۶۰ تا ۱۳۰ میلی متر است. دمای منطقه مورد مطالعه در تابستان به ۵۰ درجه سانتی گراد بالای صفر و در زمستان به ۷ تا ۸ درجه سانتی گراد زیر صفر می رسد (Rashki et al., 2012).

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

گردد و غبار همزمان با تصویربرداری هوایی باشد تنها ۲۱ تصویر دارای همزمانی و وضوح خوبی بودند، از این رو در این تحقیق ۲۱ تصویر ماهواره ای MODIS مورد استفاده قرار گرفت.

روش شناسایی کانون های برداشت گرد و غبار در این پژوهش، ابتدا تصاویر سنجنده MODIS برای تهیه شاخص های تعیین کانون برداشت گرد و غبار زمین مرجع شده و بعد تصحیحات اولیه بر روی آنها انجام شد. به منظور شناسایی کانون برداشت گرد و غبار، باید برای تمام تصاویر آشکارسازی انجام شود (Vickery and Eckardt, 2013). برای آشکارسازی گرد و غبار، از شاخص های مختلفی از جمله اختلاف دمای روشنایی (BTDD₃₁₃₂) و (Ackerman, 1997) (BTDD₂₉₃₁)، اندیس نرمال شده گرد و غبار (NDDI) (Qu et al., 2006) و شاخص پارامتر D (Roskovensky & Liou, 2005) استفاده شد

مواد و روش ها

در این تحقیق از تصاویر ماهواره ای سنجنده MODIS استفاده شد. MODIS دارای ۳۶ باند با طول موج های ۰/۴۱ تا ۱۴/۴ میکرومتر و تفکیک مکانی ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر است که با توجه به پوشش گسترده، تصویربرداری روزانه و قدرت تفکیک بالا، معمولاً برای بررسی رویدادهای گرد و غبار مورد استفاده قرار می گیرد (Baddock et al., 2011). تصاویر MODIS از ماهواره Terra و Aqua برای روزهای گرد و غباری در دوره ۲۰۱۵-۲۰۱۹ انتخاب شدند. تصاویر ماهواره ای برای زمان هایی با دید کمتر از ۲۰۰۰ متر و بر اساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه های زابل و زاهدان که شامل کدهایی که نشان دهنده وقوع گرد و غبار هستند (شامل کدهای ۰۶، ۰۷، ۰۸، ۰۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴ و ۳۵) انتخاب شدند (Lee et al., 2009). در دوره مورد مطالعه طوفان های گرد و غبار بسیاری اتفاق افتاده ولی با توجه به اینکه باید طوفان

رابطه (۳)

$$NDDI = (p_{2.13} - p_{0.469}) / (p_{2.13} + p_{0.469})$$

که در آن: $p_{2.13}$ 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) می‌باشند (Qu et al., 2006). شاخص D ویژگی‌های بازتابندگی و نیز اختلاف دمای درخشندگی باندهای دمایی را با یکدیگر تلفیق می‌کند که با استفاده از رابطه ۴ محاسبه می‌شود.

رابطه (۴)

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

در این رابطه، rr نسبت بازتابندگی بین طول موج‌های ۰/۵۴ و ۰/۸۶ میکرومتر است و BTD اختلاف دمای درخشندگی بین باندهای ۱۱ و ۱۲ میکرومتر، a و b ضرایب ثابتی هستند که توسط کالیبره کردن رابطه ۱ بدست می‌آیند (Ackerman, 1997; Qu et al., 2006). در نهایت با استفاده از روش‌های RGB (ترکیب رنگی کاذب) گرد و غبار آشکارسازی و شناسایی گردید (Benincasa, 2012). شکل (۲) نمودار جریانی روش کار را در این تحقیق نشان می‌دهد.

تعیین خصوصیات کانون‌های برداشت گرد و غبار

بعد از شناسایی و تهیه نقشه پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار، خصوصیات این کانون‌ها در منطقه مورد مطالعه بررسی شد. در این پژوهش خصوصیات کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، شیب و لیتولوژی کانون‌های برداشت گرد و غبار مورد واکاوی قرار گرفت. تغییرات کاربری اراضی می‌تواند منجر به از بین رفتن پوشش گیاهی و ایجاد شرایط بیابانی شود و از این طریق باعث افزایش گرد و غبار گردد (Ellis, 2010). از آنجایی که نوع کاربری اراضی در وقوع پدیده گرد و غبار مؤثر است (Lee et al., 2012)، در این تحقیق مورد توجه واقع شده است.

(Boroughani et al., 2017; Jalali et al., 2017; Kherandish et al., 2018; Hao et al., 2007)

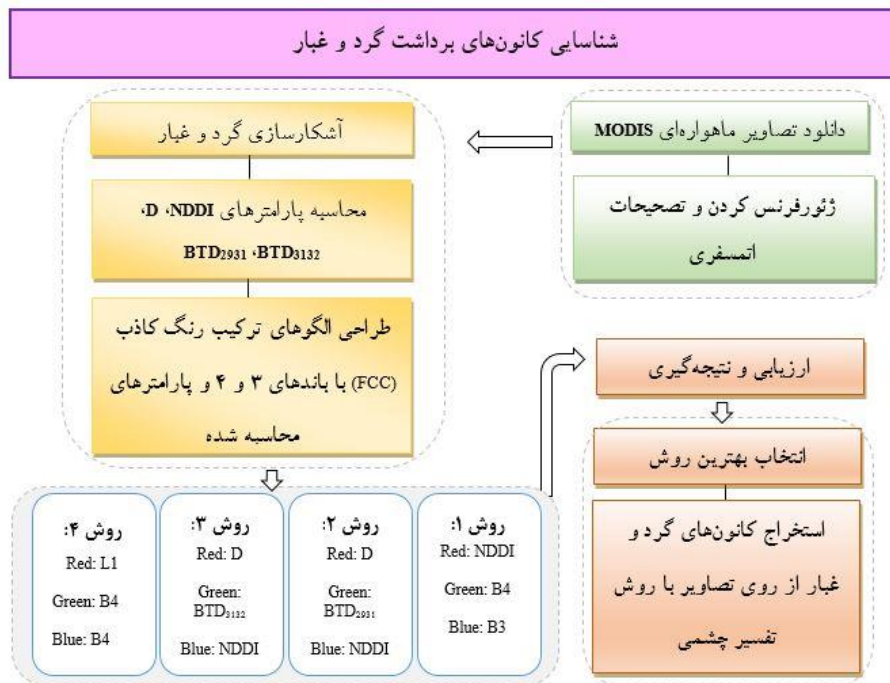
برای پیاده کردن شاخص‌های آشکارسازی گرد و غبار مذکور، ابتدا برای تمام تصاویر موجود بعد از تبدیل کردن مقدار رقومی تصاویر به رادیانس، با استفاده از معادله پلانک (رابطه ۱) مقدار درجه حرارت روشنایی باندهای ۱۱، ۸/۵ و ۱۲ میکرومتر تصاویر محاسبه گردید.

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

که در آن: $B(T, \lambda)$ تابع پلانک در یک طول موج (λ) و دمای درخشندگی مشخص (T) ، h ثابت پلانک (۳۴- 6.626×10^{-34})، k ثابت بولتزمن (۲۳- 1.380658×10^{-23}) و c سرعت نور (متر بر ثانیه 3×10^8) بوده و T درجه حرارت می‌باشد (Hao et al., 2007). با استفاده از معادله پلانک، پارامتر درجه حرارت را می‌توان با رابطه (۲) استخراج کرد.

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

که در آن، L همان مقادیر رادیانس تصاویر می‌باشد (بر حسب $w.m-2.sr-1.\mu m-1$). بعد از محاسبه دمای روشنایی نوبت به تعیین اختلاف این دما در طول موج‌های مورد نظر می‌رسد. لازم به ذکر است که برای نشان دادن اختلاف دمای روشنایی بین طول موج‌های ۸/۵ میکرومتر (باند ۲۹ MODIS) و ۱۱ میکرومتر (باند ۳۱ MODIS)، عبارت BTD_{2931} و برای اختلاف دمای روشنایی بین طول موج‌های ۱۱ میکرومتر و ۱۲ میکرومتر (باند ۳۲ MODIS) از عبارت BTD_{3132} استفاده خواهد شد. برای تمام تصاویر مقادیر BTD_{2931} و BTD_{3132} در باندهای مورد نظر محاسبه گردید (Ackerman, 1997). شاخص $NDDI$ برای ردیابی طوفان گرد و غبار و با رابطه ۳ به کار می‌رود.



شکل ۲- نمودار جریان‌شناسایی کانون‌های برداشت گرد و غبار

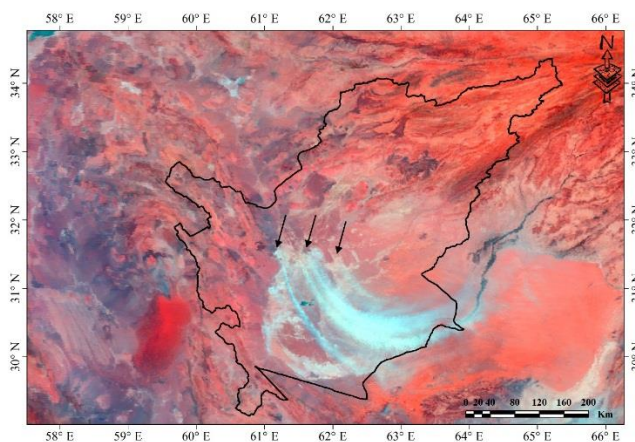
سیستماتیک و شناسایی تکوین و تکامل اشکال ناهمواریهای زمین است. ژئومورفولوژی بهترین مبنا برای طبقه‌بندی زمین و یک منبع برای ضبط اطلاعات چشم-اندازهاست. ژئومورفولوژی مناطق خشک نیز بعلاوه اشکال خاص ناهمواری‌های این‌گونه، دارای ویژگی‌های خاصی است و نقشه‌های تهیه شده برای آن نیز دارای کاربردهای فراوان در این مناطق است. بنابراین نقشه‌های ژئومورفولوژی نه تنها مبنای علمی و تحقیقی برای پژوهشگران مختلف بوده، بلکه به‌عنوان یک ابزار برای توسعه پایدار و پیشرفت و آبادانی منطقه تلقی می‌شود. یکی از مهمترین کاربردهای نقشه‌های ژئومورفولوژی در مطالعات مربوط به بیابان‌زایی و بیابان‌زدایی است. با توجه به نقشه‌های ژئومورفولوژی می‌توان واحدهای ژئومورفولوژی مؤثر بر وقوع گرد و غبار را شناسایی کرد، زیرا هریک از واحدهای ژئومورفولوژی می‌توانند نقشی در تولید گرد و غبار داشته باشند (Lee et al., 2012). برای تهیه نقشه ژئومورفولوژی یک منطقه،

برای تهیه نقشه کاربری اراضی، از تصاویر ماهواره‌ای Landsat-8 استفاده شد. این تصاویر از سایت USGS (<http://glovis.usgs.gov/>) با توجه به اینکه بیشتر طوفان‌های گرد و غبار در سطح منطقه مورد مطالعه در فصل بهار و تابستان رخ داده است، از این رو تصاویر مربوط به این فصول دانلود و با استفاده از نرم‌افزار ENVI، نقشه کاربری اراضی برای سال ۲۰۱۷ تهیه شد. نقشه حاصل، با استفاده از نقشه کاربری اراضی کشور که از سازمان منابع طبیعی کشور تهیه گردیده تطبیق داده شد. مدل رقومی ارتفاع (DEM) حوزه سیستم به وسیله نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ با تفکیک مکانی ۵۰ متری تهیه گردید. نقشه شیب از DEM منطقه مورد مطالعه آماده شد. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ از سازمان زمین‌شناسی ایران و افغانستان تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. نقشه‌ها در محیط GIS رقومی و به هم متصل و واحدهای لیتولوژی از آن استخراج شد. ژئومورفولوژی، علم بررسی

نتایج

با توجه به ماهیت تصاویر رنگی کاذب سنجنده‌های آکوا و ترا، روش تفسیر چشمی تصاویر دقت قابل قبولی برای شناخت کانون برداشت گرد و غبار دارد. با استفاده از چهار شاخص BTD_{3132} ، BTD_{2931} ، $NDDI$ و D و روش ترکیب رنگی کاذب و اعمال آن بر روی تصویر $MODIS$ ، توده گرد و غباری بر روی تصاویر آشکارسازی شد و بعد با تفسیر چشمی آنها، نقطه شروع گرد و غبار مشخص شد. روش تشخیص کانون‌های گرد و غبار در این تحقیق، بر اساس مدل انتشار گوسی پلوم بوده است. به این صورت که وقتی گرد و غبار انجام می‌شود، نقطه شروع گرد و غبار به صورت باریک می‌باشد و هر چه از نقطه شروع دورتر می‌شود گرد و غبار پخش می‌گردد و به صورت مخروطی می‌باشد که نقطه شروع باریک و در ادامه گسترش پیدا می‌کند. این نقطه شروع رأس مخروط و کانون برداشت گرد و غبار می‌باشد (Lee *et al.*, 2009) (شکل ۳). در این تحقیق روش سوم ترکیب رنگی کاذب (R: D, G: BTD_{3132} , B: $NDDI$) بهترین عملکرد را داشت. در مجموع ۲۱۱ کانون برداشت گرد و غبار در کل منطقه شناسایی شد که از این تعداد کانون برداشت گرد و غبار، ۶۱ کانون در ایران و ۱۵۰ کانون در افغانستان قرار دارد.

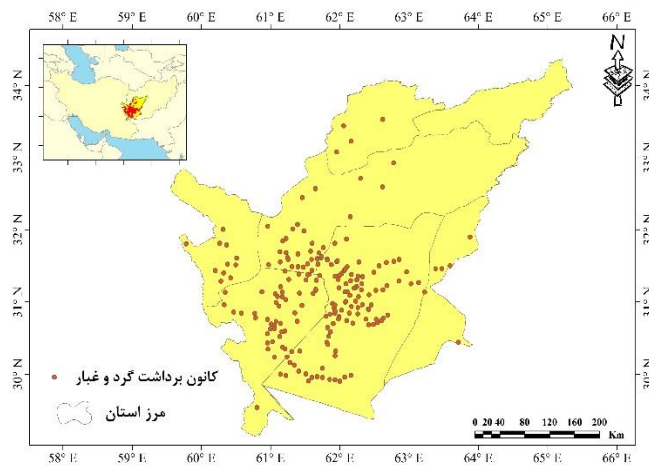
شناخت ویژگی‌های زمین‌ساخت ضروریست (Rokni *et al.*, 2017). بنابراین برای تهیه نقشه واحدهای ژئومورفولوژی منطقه، ابتدا با بهره‌جویی از نقشه‌های شیب و توپوگرافی با دقت ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه (مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰)، نقشه مورد نیاز برای عملیات صحرایی آماده گردید. در مرحله بعد، از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ در سال ۲۰۱۶، اطلاعات جزئی‌تر استخراج و بر روی نقشه اولیه منتقل شد. در ادامه با تکمیل اطلاعات صحرایی و کنترل نهایی و به نقشه در آوردن آنها، نتیجه کار که همانا نقشه واحدهای ژئومورفولوژی منطقه است تهیه گردید. البته مناطق 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 گرد و غبار داشتند (Hahnenberger and Nicoll, 2014). سازندهای زمین‌شناسی حساس به فرسایش نقش زیادی در ایجاد کانون‌های برداشت گرد و غبار نسبت به سایر سازندها و خاکهای مقاوم به فرسایش دارند (Sissakian *et al.*, 2013). بعد از هم‌پوشانی لایه‌ها، مشخصات کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و شیب کانون‌های برداشت گرد و غبار استخراج شد.



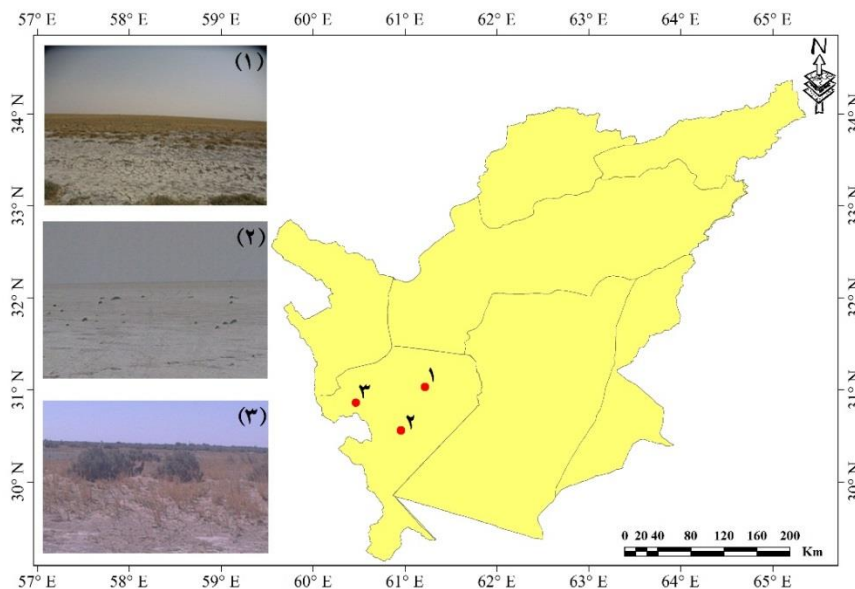
شکل ۳- بارزسازی گرد و غبار بر روی تصویر ماهواره‌ای $MODIS$ با ترکیب رنگی کاذب (R: D, G: BTD_{3132} , B: $NDDI$)

شکل (۲) نمونه‌ای از آشکارسازی گرد و غبار را بر روی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد. این تحقیق با نتایج تحقیقات Hahnenberger و Kathleen (۲۰۱۴)، Miller (۲۰۱۲)، Walker و همکاران (۲۰۰۹)، Boroughani و همکاران (۲۰۱۷)، Jalali و همکاران (۲۰۱۷) و همکاران (۲۰۱۸) که به شناسایی کانون‌های گرد و غبار در بخش‌های مختلف پرداختند، همخوانی دارد. در نهایت نقشه پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار در حوزه سیستم‌تانه تهیه و در شکل (۴) نشان داده شده است.

شکل (۲) نمونه‌ای از آشکارسازی گرد و غبار را بر روی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد. این تحقیق با نتایج تحقیقات Hahnenberger و Kathleen (۲۰۱۴)، Miller (۲۰۱۲)، Walker و همکاران (۲۰۰۹)، Boroughani و همکاران (۲۰۱۷)، Jalali و همکاران (۲۰۱۷) و همکاران (۲۰۱۸) که به شناسایی کانون‌های گرد و غبار در بخش‌های مختلف پرداختند، همخوانی دارد. در نهایت نقشه پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار در حوزه سیستم‌تانه تهیه و در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل ۴- پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه برای سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹

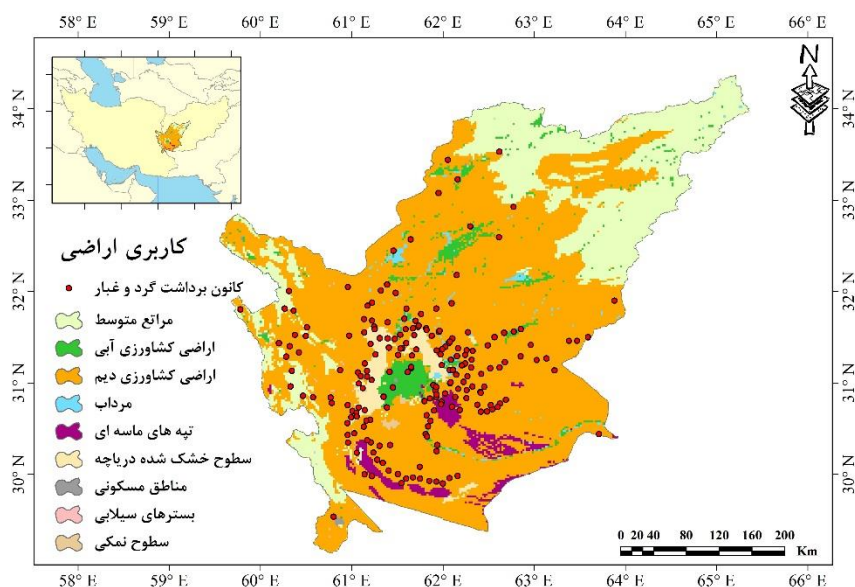


شکل ۵- کانون‌های برداشت گرد و غبار مورد بازدید میدانی

با توجه به اینکه سطوح خشک شده دریاچه تنها ۲/۵ درصد سطح منطقه را شامل می‌شود، از این رو بیشترین تراکم کانون‌های برداشت گرد و غبار را دارد. دریاچه خشک شده هامون یکی از منابع مهم گرد و غبار در خاورمیانه می‌باشد که سالانه توفان‌های گرد و غبار زیادی در این منطقه ایجاد می‌شود و این تحقیق نیز وجود تراکم زیاد کانونهای برداشت گرد و غبار را در مناطق خشک شده دریاچه نشان می‌دهد. به طوری که مرداب، مناطق مسکونی، بسترهای سیلابی و سطوح نمکی هیچ کانون برداشت گرد و غباری در آن وجود ندارد. محققانی همانند Hahnenberger و Kathleen (۲۰۱۴)، Lee و همکاران (۲۰۰۹)، Miller و همکاران (۲۰۱۲)، Zobeck و همکاران (۲۰۱۳)، Boroughani و همکاران (۲۰۱۹) و Pourhashemi و همکاران (۲۰۱۹) به شناسایی و تعیین کاربری‌های کانون‌های گرد و غبار پرداختند. نتایج تحقیق این محققان حکایت از آن دارد که بیشتر کانون‌های برداشت گرد و غبار در اراضی بایر، مراتع و اراضی کشاورزی دیم قرار دارد که با نتایج این تحقیق همسو است.

در نهایت بعد از شناسایی کانون‌های برداشت گرد و غبار با استفاده از سنجش از دور، برای تعیین دقت کار بازدید میدانی در منطقه انجام شد و صحت این کانون‌ها مورد بررسی قرار گرفت. شکل‌های (۵) تصویر بعضی از کانون‌های برداشت گرد و غبار را در بخش ایران نشان می‌دهد. به دلیل سختی این مسیر، کانون‌های مورد بازدید میدانی در نزدیکی مناطق مسکونی انتخاب شد تا با شناخت بیشتر به این کانون‌ها رسید. در محل کانون‌های برداشت، خصوصیات توپوگرافی، نوع پوشش گیاهی، حساسیت خاک و شواهد برداشت ذرات خاک مورد بررسی قرار گرفت.

شکل ۶ و جدول ۱ پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار را بر روی کاربری‌های مختلف نشان داده است. همانگونه که مشخص شده است بیشترین کانون برداشت گرد و غبار در اراضی کشاورزی دیم با تعداد ۱۷۲ کانون است. این اراضی بیش از ۶۷ درصد منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. سطوح خشک شده دریاچه و اراضی کشاورزی آبی هر یک با ۱۶ و ۱۲ کانون بعد از اراضی کشاورزی دیم بیشترین کانون برداشت گرد و غبار را در خود جای داده‌اند.



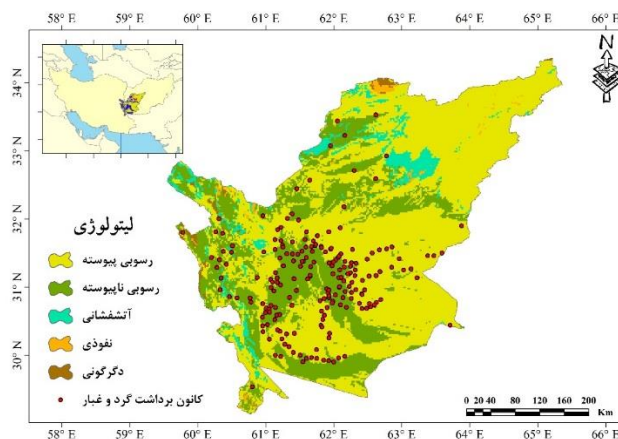
شکل ۶- نقشه پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار بر روی کاربری اراضی برای سال ۲۰۱۷

جدول ۱- درصد پراکنش نقاط برداشت گرد و غبار در طبقات کاربری اراضی

کاربری اراضی	نوع	مساحت	مساحت (%)	گرد و غبار	گرد و غبار (%)
۱	مراتع متوسط	۳۲۸۶۸/۵۴	۲۱/۹۶	۶	۲/۸۴
۲	اراضی کشاورزی آبی	۵۹۱۲/۲۷۲	۳/۹۵	۱۲	۵/۶۸۴
۳	اراضی کشاورزی دیم	۱۰۱۲۷۵/۶۰۴	۶۷/۶۶۶	۱۷۲	۸۱/۵۱
۴	مرداب	۱۲۶۶/۹۷	۰/۸۴۶	۰	۰
۵	تپه‌های ماسه‌ای	۳۹۶۰/۴۹۲	۲/۶۴۶	۵	۲/۳۶۹
۶	سطوح خشک شده دریاچه	۳۸۹۷/۶۹۲	۲/۶۰۴	۱۶	۷/۵۸
۷	مناطق مسکونی	۱۱۳/۳۲۹	۰/۰۷۵	۰	۰
۸	بسترهای سیلابی	۹۴/۴۵۵	۰/۰۶۳	۰	۰
۹	سطوح نمکی	۲۷۸/۴۱	۰/۱۸۶	۰	۰

برداشت گرد و غبار به ترتیب با ۱۱۱ و ۹۸ کانون در سازندهای رسوبی پیوسته و ناپیوسته قرار دارد. مساحت منطقه تحت پوشش این دو سازند بیش از ۹۰ درصد منطقه را شامل می‌شوند. سازند رسوبی پیوسته و ناپیوسته دارای حساسیت به فرسایش بالایی هستند و به راحتی در معرض فرسایش بادی قرار می‌گیرند. سازندهای نفوذی و دگرگونی با مساحت کمتر از ۲ درصد منطقه مورد مطالعه هیچ‌گونه کانون برداشت گرد و غباری ندارند.

عامل لیتولوژی به عنوان یک متغیر مهم در تجزیه و تحلیل مخاطرات محیطی شناخته می‌شود (Pourghasemi and Kerle, 2016). حوزه سیستان از نظر ساختار زمین شناسی به ۵ واحد رسوبی پیوسته، رسوبی ناپیوسته، آتشفشانی، نفوذی و دگرگونی تقسیم شد. نتایج پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار بر روی نقشه و جدول لیتولوژی منطقه مورد مطالعه مشخص شده است (شکل ۷ و جدول ۲). نتایج حکایت از آن دارد که بیشترین کانون



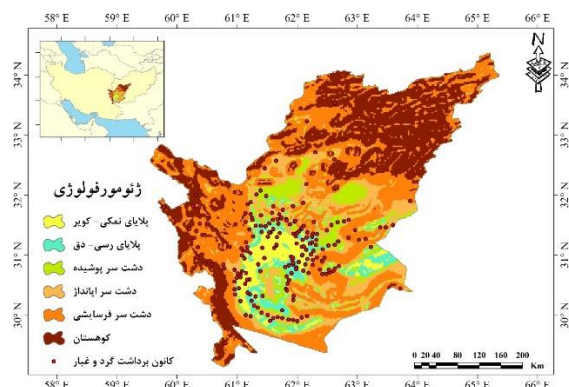
شکل ۷- پراکنش نقاط برداشت گرد و غبار بر روی نقشه لیتولوژی منطقه مورد مطالعه

جدول ۲- درصد پراکنش نقاط برداشت گرد و غبار در گروه‌های لیتولوژی

لیتولوژی	نوع	مساحت	مساحت (%)	گرد و غبار	گرد و غبار (%)
۱	رسوبی پیوسته	۹۶۳۹۰/۳۴۲۴۵	۶۴/۶۵	۱۱۱	۵۲/۶۱
۲	رسوبی ناپیوسته	۴۱۹۶۷/۵۲۵۲۹	۲۸/۱۴۹	۹۸	۴۶/۴۵
۳	آتشفشانی	۸۰۸۷/۵۸۸۱۹۱	۵/۴۲۵	۲	۰/۹۵
۴	نفوذی	۱۴۵۲/۶۲۹۸۷	۰/۹۷۴	۰	۰
۵	دگرگونی	۱۱۹۴/۰۵۲۸	۰/۸۰۰۹	۰	۰

درصد مساحت ۲۸/۷۵ کمترین کانون برداشت گرد و غبار را در خود جای داده است (جدول ۳). نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج محققانی همانند Rivera Rivera و همکاران (۲۰۱۰)، Hahnenberger و Nicoll (۲۰۱۴)، Lee و همکاران (۲۰۱۲)، Lee و همکاران (۲۰۰۹)، Crouvi و همکاران (۲۰۱۲)، Reheis و Kihl (۱۹۹۵) و Zender و Parajuli (۲۰۱۷) همخوانی دارد.

واحدهای ژئومورفولوژی در تولید گرد و غبار نقش عمده ای دارند (Lee et al., 2012). در شکل (۸) پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار بر روی نقشه ژئومورفولوژی حوزه آبخیز سیستان نشان داده شده است. نتایج بیان کننده آن است که واحد دشت سر فرسایشی با درصد مساحت ۳۵/۶۹، ۴۸ کانون برداشت گرد و غبار (بیشترین کانون) را به خود اختصاص داده است. واحد کوهستان با ۱۳ کانون برداشت گرد و غبار و با



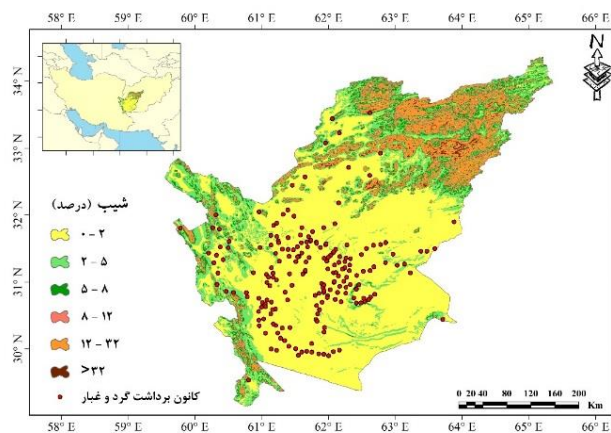
شکل ۸- پراکنش نقاط برداشت گرد و غبار بر روی نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

جدول ۳- درصد پراکنش نقاط برداشت گرد و غبار در گروه‌های ژئومورفولوژی

لیتولوژی	نوع	مساحت	مساحت (%)	گرد و غبار	گرد و غبار (%)
۱	پلایا	۹۰۴۳/۴۱۵۹۶۳	۶/۰۵	۳۵	۱۶/۵۹
۲	دق	۸۰۰۰/۸۸۱۳۹۵	۵/۳۵	۳۵	۱۶/۵۹
۳	دشت سر پوشیده	۱۳۲۴۳/۳۸۲۲۱	۸/۸۶	۳۷	۱۷/۵۴
۴	دشت سر آانداز	۲۲۸۷۸/۹۳۸۶۵	۱۵/۳۰	۴۳	۲۰/۳۸
۵	دشت سر فرسایشی	۵۳۳۵۵/۰۰۰۳۳	۳۵/۶۹	۴۸	۲۲/۷۵
۶	کوهستان	۴۲۹۸۴/۴۷۷۰۸	۲۸/۷۵	۱۳	۶/۶۱

بیشتر از ۳۲ درصد قرار دارد. در شیب ۰-۲ درصد، ۱۰۷ کانون برداشت گرد و غبار وجود دارد. مساحت تحت پوشش این شیب حدود ۲۰/۴۲ درصد سطح منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. البته هر چه به سمت شیب‌های بالاتر حرکت می‌کنیم از تعداد کانون‌های برداشت کاسته شده است. به گونه‌ای که در شیب بیشتر از ۳۲ درصد، تنها ۶ کانون برداشت گرد و غباری دیده می‌شود.

نتایج پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار بر روی نقشه شیب در شکل (۹) نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیشتر کانون‌های برداشت گرد و غبار در بخش‌های کم شیب منطقه مورد مطالعه قرار دارد. جدول (۴) و شکل (۹) نتایج پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار را در شیب‌های مختلف نشان داده است. بیشترین و کمترین کانون برداشت گرد و غبار به ترتیب در شیب‌های ۰ تا ۲ و



شکل ۹- پراکنش نقاط برداشت گرد و غبار بر روی نقشه شیب منطقه مورد مطالعه

جدول ۴- درصد پراکنش نقاط برداشت گرد و غبار در طبقات شیب

شیب	نوع	مساحت	مساحت (%)	گرد و غبار	گرد و غبار (%)
۱	۰-۲	۳۰۵۲۹/۵۴۲۸۸	۲۰/۴۲۴	۱۰۷	۵۰/۷۱
۲	۲-۵	۲۳۱۵۶/۱۹۰۳۳	۱۵/۴۹	۴۳	۲۰/۳۸
۳	۵-۸	۱۶۶۶۰/۶۴۵۴۵	۱۱/۱۴۶	۱۸	۸/۵۳
۴	۸-۱۲	۱۶۶۳۰/۴۳۸۶۴	۱۱/۱۲۶	۱۹	۹
۵	۱۲-۲۲	۳۹۲۶۰/۲۹۰۸۹	۲۶/۲۶۵	۱۸	۸/۵۳
۶	>۳۲	۲۳۲۴۲/۰۲۹۰۸	۱۵/۵۵	۶	۲/۸۴

سیستان در مرز ایران و افغانستان پرداخته است. در منطقه مورد مطالعه، با استفاده از شاخص‌های آشکارسازی گرد و غبار که شامل *BTD3132*، *BTD2931*، *NDDI* و *D* بودند، ۲۱۱ کانون برداشت گرد و غبار شناسایی شد. تعداد ۶۱

بحث

این پژوهش به شناسایی و بررسی ویژگی‌های کانون‌های برداشت گرد و غبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای *MODIS* برای بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ در حوزه

قدردانی می‌کنند.

منابع مورد استفاده

- Ackerman, S. A. 1997. Remote sensing aerosols using satellite infrared observations. *Journal of Geophysical Research*, 102: 17069–17080.
- Alizadeh Choobari, O., Zawar-Reza, P. and Sturman, A., 2014. The global distribution of mineral dust and its impacts on the climate system: A review. *Journal of Atmospheric Research*, 138(1): 152-165.
- Baddock, M.C., Gill, T. E., Bullard, J., Acosta, M. and Rivera Rivera, N.I., 2011. Geomorphology of the Chihuahuan Desert based on potential dust emissions. *Journal of Maps*, 7(1): 249–259.
- Benincasa, F., 2012. Available from <http://sds-was.aemet.es/forecast-products/dust-observations/msg-2013-eumetsat>. Accessed 12th Feb 2015.
- Boroughani, M., Pourhashemi, S., Zangane Asadi, M. A. and Moradi, H., 2017. Dust source identification in the middle east by using remote sensing. *Natural hazards environment magazine*, 66 (11): 101-118.
- Boroughani, M., Pourhashemi, S., Zarei, M. and Aliabadi, K., 2019. Spatial modeling of sensitivity of dust source area to its release in Eastern Iran using the BRT enhanced tree Model. *Journal of Arid Regions*, 9(35): 14-28.
- Boroughani, M., Pourhashemi, S., Hashemi, H., Salehi, M., Amirahmadi, A., Zangane Asadi, M.A. and Berndtsson, R. 2020. Application of remote sensing techniques and machine learning algorithms in dust source detection and dust source susceptibility mapping. *Ecological Informatics*, 56 (2020): 1-14.
- Cao, H., Amiraslani, F., Liu, J. and Zhou, N., 2015. Identification of dust storm source areas in West Asia using multiple environmental datasets. *Journal of Science of the Total Environment*, 502: 224-235.
- Crouvi, O., Schepanski, K., Amit, R., Gillespie, A.R. and Enzel, Y., 2012. Multiple dust sources in the Sahara Desert: the importance of sand dunes. *Geophysical Research Letters*, 39, L13401.
- Crusius, J., Schroth, A.W., Gassó, S.C., Moy, M.R., Levy, C. and Gatica, M., 2011. Glacial flour dust storms in the Gulf of Alaska: Hydrologic and meteorological controls and their importance as a source of bioavailable iron. *Geophysical Research Letters*, 38, L06602.
- Dargahian, F., Lotfinasabasl, S. and Razavizadeh, S., 2019. Factors affecting on the event of sandstorms and dust in Zabul with emphasis on the role of low

کانون در ایران و ۱۵۰ کانون در افغانستان قرار دارد. حوزه سیستان به علت خشک شدن دریاچه هامون، میانگین بارش سالانه کم و پوشش گیاهی ضعیف دارای کانون‌های برداشت زیادی می‌باشد که سبب وقوع توفان‌های بسیار شدیدی در منطقه شده است. نظر محققانی همانند Rashki و همکاران (۲۰۱۵) و Lee و همکاران (۲۰۱۲) که خشک شدن دریاچه‌ها، شرایط آب و هوایی خشک بیابانی و پوشش گیاهی ضعیف را سبب ایجاد کانون‌های برداشت گرد و غبار می‌دانند با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. نتایج خصوصیات کانون‌های برداشت گرد و غبار نشان‌دهنده آن است که بیشتر این کانون‌ها در زمین‌های بایر و مراتع فقیر که پوشش گیاهی ضعیفی دارند واقع شده است که با نتایج تحقیقات Miller و همکاران (۲۰۱۲)، Zobeck و همکاران (۲۰۱۳)، Boroughani و همکاران (۲۰۱۹) و Pourhashemi و همکاران (۲۰۱۹) که کاربری زمین‌های بایر و مراتع فقیر را دارای بیشترین کانون برداشت گرد و غبار می‌دانند هم‌خوانی دارد. نتایج همچنین حکایت از آن دارد که کانون‌های برداشت گرد و غبار در واحدهای دشت سر فرسایشی و آپانداز قرار دارند که با تحقیقات Lee و همکاران (۲۰۰۹)، Crouvi و همکاران (۲۰۱۲)، Reheis و Kihl (۱۹۹۵) و Zender و Parajuli (۲۰۱۷) هم‌خوانی دارد. نتایج پراکنش کانون‌های برداشت گرد و غبار در شیب و لیتولوژی حکایت از آن دارد که بیشتر کانون‌ها در شیب‌های کم و در لیتولوژی حساس به فرسایش قرار دارد. این نتایج با تحقیقات Hahnenberger و Nicoll (۲۰۱۴) و Crouvi و همکاران (۲۰۱۲) که بیشتر کانون‌های گرد و غبار را زمین‌های بایر و مسطح و لیتولوژی و خاک حساس به فرسایش می‌دانند، هم‌خوانی دارد.

سپاسگزاری

این مطالعه توسط صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (به شماره طرح ۹۷۰۲۲۳۳۰) تأمین مالی شده است. نویسندگان از مسئولان محترم صندوق

- Journal of Watershed Engineering and Management, 9(3): 318-331.
- Karimi, k., Shahraeni, H., NowKhandan, M. and Hafezi Moghadas, N., 2011. Dust source identification in Middle East with used remote sensing. *Journal of Climatology Research*, 7(2): 57-72.
 - Kherandish, Z., Jamali, J. and Reygani, B., 2018. Identify the best dust detection algorithm using MODIS data. *Journal of Natural Hazards*, 7(15): 205-218.
 - Lee, J., Gill, T., Mulligan, K., Acosta, M.D. and Perez, A., 2009. Land use/land cover and point sources of the 15 December 2003 dust storm in southwestern North America. *Journal of Geomorphology*, 105(2): 18-27.
 - Lee, J., Baddock, M., Mbuh, M. and Gill, T., 2012. Geomorphic and land cover characteristics of aeolian dust sources in West Texas and eastern New Mexico, USA. *Journal of Aeolian Research*, 3(4): 459-466.
 - Li, J., Kandakji, T., Lee, J., Tatarko, J., Blackwell, J., Gill, T. and Collins, J., 2018. Blowing dust and highway safety in the southwestern United States: Characteristics of dust emission "hotspots" and management implications. *Science of the Total Environment*, 621: 1023-1032.
 - Miller, M. E., Bowker, M. A., Reynolds, R. L. and Goldstein, H. L., 2012. Post-fire land treatments and wind erosion lessons from the Milford Flat Fire, UT, USA. *Journal of Aeolian Research*, 7(4): 29-44.
 - Moridnejad, A., Karimi, N. and Ariya, P., 2015. Newly desertified regions in Iraq and its surrounding areas: significant novel sources of global dust particles. *Journal of Arid Environ.* 116, 1-10.
 - Parajuli, S.p. and Zender, C., 2017. Connecting geomorphology to dust emission through high-resolution mapping of global land cover and sediment supply. *Journal of Aeolian Research*, 27: 47-65.
 - Pourghasemi, H. R. and Kerle, N., 2016. Random forests and evidential belief function-based landslide susceptibility assessment in Western Mazandaran Province, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 75(3): 185. Link: <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4950-1>.
 - Pourhashemi, S., Boroughani, M., Amirahmadi, A., Zanganeh Asadi, M. A. and Salhi, M., 2019. Prioritizing dust harvesting areas using statistical models (Case Study: Khorasan Razavi). *Rangeland and Watershed Management*, 72(2): 343-358.
 - Qu, J., Hao, X.J., Kafatos, M. and Wang, L., 2006. Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB Measurements. *IEEE pressure of Pakistan, Case Study July 2016. Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26 (4): 868-886.
 - Dubovik, O., Lapyonok, T., Kaufman, Y.J., Chin, M., Ginoux, P. and Kahn, R.A., 2008. Retrieving global sources from satellites using inverse modeling. *Journal of Atmospheric Chemical Physics*, 8(2): 209-250.
 - Eklund, L., Degerald. M., Brandt, M., Prishchepov, A.V. and Pilesjo, P., 2017. How conflict affects land use: agricultural activity in areas seized by the Islamic State. *Environmental Research Letters*, 12:054004.
 - Ellis, E., 2010. Land-use and land-cover change. In: Cleveland, C.J. (Ed.) *Encyclopedia of Earth*. <http://www.eoearth.org/article/Land-use_and_land-cover_change>.
 - Gholampour, A., Nabizadeh, R., Hassanvand, M.S., Nazmara, S. and Mahvi, A.H., 2017. Elemental composition of particulate matters around Urmia Lake, Iran. *Toxicol. Environmental Chemistry*, 99 (1), 17-31.
 - Ginoux, P. and Torres, O., 2003. Empirical TOMS index for dust aerosol: Applications to model validation and source characterization. *Journal of Geophysical Research*, 108(D17): 4534, doi:10.1029/2003JD003470.
 - Ginoux, P., Garbuzov, D., Hsu, C., 2010. Identification of anthropogenic and natural dust sources using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Deep Blue level 2 data. *Journal of geophysical research*, 115: 1-10.
 - Hahnenberger, M., Kathleen, N., 2014. Geomorphic and land cover identification of dust sources in the eastern Great Basin of Utah, U.S.A. *Journal of Geomorphology*, 204(2): 657-672.
 - Hao, X., Qu, J.J., Hauss, B. and Wang, C., 2007. A high-performance approach for brightness temperature inversion. *International Journal of Remote Sensing*, 28(21): 4733-4743.
 - Hsu, N.C., Tsay, S.C., King, M.D. and Herman, J.R., 2004. Aerosol properties over bright-reflecting source regions. *IEEE Trans Geoscience Remote Sensing*, 42: 557-569.
 - Jafari, M., Zehtabian, G. H., Ahmadi, H., Mesbahzadeh, T. and Noroozi, A. A., 2018. Detection of dust storm paths using numerical models and satellite images (Case study: Isfahan province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26 (1): 29-39.
 - Jalali, N., Iranmanesh, F. and Davodi, M. H., 2017. Identification of source and areas affected by dust storms in southwestern Iran using MODIS images.

- using MODIS data. *Geophysical Research Letters*, 32, L12809. Doi: 10. 1029/2005GL022798.
- Sissakian, V., Al-Ansari, N. and Knutsson, S., 2013. Sand and dust storm events in Iraq. *Journal of Natural Science*, 5(10): 1084-1094.
 - Soltani, N., Keshavarzi, B., Sorooshian, A., Moore, F., Dunster, C., Dominguez, A. O., Kelly, F. J., Dhakal, P., Ahmadi, M. R. and Asadi, S., 2017. Oxidative potential (OP) and mineralogy of iron ore particulate matter at the Gol-E-Gohar Mining and Industrial Facility (Iran). *Environmental Geochemical Health*, doi:10.1007/s10653-017-9926-5.
 - Vickery, K. and Eckardt, F., 2013. Dust emission controls on the lower Kuisieb River valley, Central Namib. *Journal of Aeolian Research*, 10(3): 125-133.
 - Walker, A. L., Liu, M., Miller, S.D., Richardson, K.A. and Westphal, D.L., 2009. Development of a dust source database for mesoscale forecasting in Southwest Asia. *Journal of Geophysical Research*, 114(18): 1-24.
 - Wang, H. and Niu, T., 2013. Sensitivity studies of aerosol data assimilation and direct radiative feedbacks in modeling dust aerosols. *Journal of Atmospheric Environment*, 64(1): 208-218.
 - Wang, X., Zhou, Z. and Dong, Z., 2006. Control of dust emissions by geomorphic conditions, wind environments and land use in northern China: an examination based on dust storm frequency from 1960 to 2003. *Geomorphology*, 81: 292-308.
 - Warren, A., Chappell, A., Todd, M.C., Bristow, C., Drake, N., Engelstaedter, S., Martins, V., M'bainayel, S. and Washington, R., 2007. Dust-raising in the dustiest place on earth. *Geomorphology*, 92: 25-37.
 - Zobeck, T., Baddock, M., Pelt, R., Tatarko, J. and Acosts-Martinez, V., 2013. Soil property effects on wind erosion of organic soils. *Aeolian Research*, 10: 43-51.
 - *Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3(4): 484-486.
 - Ranjbar, H., Bazgir, M., Namdar Khojasteh, D. and Rostami Nia, M., 2019. Identification of dust sources in Ilam province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26 (3): 665-688.
 - Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Rautenbach, C., Eriksson, P. G., Qiang, M. and Gupta, P., 2012. Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. *Journal of Aeolian Research*, 5(3): 51-62.
 - Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Francois, P., Kosmopoulos, P. G. and Legrand, M., 2015. Dust-storm dynamics over Sistan region, Iran: Seasonality, transport characteristics and affected areas. *Journal of Aeolian Research*, 16: 35-48.
 - Raspanti, G.A., Hashibe, M., Siwakoti, B., Wei, M., Thakur, B.K., Pun, C.B., Al-Temimi, M., Lee, Y.C. and Sapkota, A., 2016. Household air pollution and lung cancer risk among never-smokers in Nepal. *Environmental Research*, 141-145. doi: 10.1016/j.envres.2016.02.008. Epub 2016 Feb 11.
 - Reheis, M. C. and Kihl, R., 1995. Dust deposition in southern Nevada and California, 1984 - 1989: Relations to climate, source area and source lithology, *Journal of Geophysical Research*, 100(D5): 8893- 8918.
 - Rivera Rivera, N.I., Gill, T.E., Bleiweiss, M.P. and Hand, J.L., 2010. Source characteristics of hazardous Chihuahuan Desert dust outbreaks. *Journal of Atmospheric Environmental*, 44: 2457-2468.
 - Rokni, J., Hosseinzadeh, S. R., Lashkari Pour, G.H. and Velayati, S., 2017. An overview of the geomorphology of northeast Iran with a view to the challenge of water crisis in the plains of this region. 5th National Conference on Geomorphology and Environmental Challenges. 1-5.
 - Roscovensky, J.K. and Liou, K.N., 2005. Differentiating airborne dust from cirrus clouds

Identification of dust collection centers in Sistan watershed and determination of their characteristics

M. Boroughani^{1*}

^{1*}- Corresponding author, Assistant Professor of Research Center for Geoscience and Social Studies, Hakim Sabzevari University, Email: m.boroughani@hsu.ac.ir

Received: 11/26/2019

Accepted: 08/05/2020

Abstract

Sistan watershed has caused severe dust storms in the region in recent years due to the drying up of Lake Hamoon and consecutive droughts. This study aimed to identify and determine the characteristics of dust source areas (land use, lithology, slope, and geomorphology) in the Sistan watershed. To identify the dust source area, MODIS satellite images of dust days for the period 2015 to 2019 were used using dust detection indicators including BTD3132, BTD2931, NDDI, and D. The results of identifying dust source area indicate that a total of 211 dust source areas were identified in the whole region. Of these identified dust source area, 61 are in Iran and 150 in Afghanistan. The results of the distribution of dust collection centers in different uses indicate that dryland agricultural lands with 172 centers, dried lake surfaces, and irrigated agricultural lands with 16 and 12 sources have the highest dust collection sources. From the overlap of the lithology map and dust source, it was obtained that the most dust source area with 111 and 98 sources, respectively, are located in continuous and discontinuous sedimentary formations. The results of the distribution of dust source area in geomorphological units indicate that the erosion plain unit with an area of 35.69 percent, 48 dust source area has the highest collection source. Also, the results of the distribution of dust source area in different slopes show that the highest dust source area is in the slopes of 0 to 2% with 107 sources and the lowest located in more slopes of 32% with 6 sources.

Keywords: Dust source, Sistan watershed, land use, geomorphology.