

شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار در شرق ایران با استفاده از سنجش از دور

مهدی بروغنی*^۱، حمزه نور^۲

^۱*- استادیار مرکز پژوهشی علوم جغرافیایی و مطالعات اجتماعی، دانشگاه حکیم سبزواری، پست الکترونیک (mboroghani@yahoo.com)

^۲- استادیار بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، مشهد، ایران، H.noor@areeo.ac.ir

چکیده

طوفان گرد و غبار از پدیده‌های معمول در بسیاری از بخش‌های جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. طوفان گرد و غبار اثرات سوء روی محصولات کشاورزی و باغداری، آلودگی منابع آب و خاک، بروز یا پیدایش امراض گوناگون تنفسی و در نهایت معضلات زیست محیطی دارد. در این پژوهش به شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار در شرق ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در دوره مطالعه ۲۰۱۷-۲۰۰۵ پرداخته شده است. برای شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار، چهار شاخص BTD_{3132} ، BTD_{2931} ، $NDDI$ و D برای ۲۷ تصویر ماهواره‌ای MODIS محاسبه گردید. سپس با ایجاد ترکیب رنگی ککاذب (FCC) بهترین روش برای شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار تعیین شد. نتایج نشان داد که ترکیب رنگی BTD_{2931} ، $B4$ و $B3$ بهترین ترکیب رنگی برای آشکارسازی گرد و غبار و تعیین مناطق برداشت گرد و غبار است. همچنین نتایج نشان داد که ۱۴۷ نقطه برداشت گرد و غبار در کل منطقه مورد مطالعه وجود دارد. پراکنش نقاط برداشت گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که نقاط برداشت گرد و غبار در استان‌های خراسان رضوی، شمالی، جنوبی، کرمان، یزد و سیستان و بلوچستان قرار دارد. بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد نقاط برداشت گرد و غبار در استان‌های خراسان رضوی (۵۹ نقطه) و خراسان شمالی (۴ نقطه) قرار دارند. پراکنش نقاط برداشت در منطقه دریاچه هامون تقریباً متراکم‌تر از دیگر مناطق مورد مطالعه است که به دلیل خشک شدن دریاچه هامون و شرایط خشک آن منطقه است که بستر مناسبی برای ایجاد مناطق برداشت گرد و غبار ایجاد می‌کند. تشریح ایران دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک می‌باشد و بارش در این منطقه به ندرت از ۲۵۰ میلی‌متر در سال تجاوز می‌کند در نتیجه این منطقه دارای پوشش گیاهی ضعیف و رسوبات آن سخت نشده و حساس به فرسایش بادی می‌باشد.

واژگان کلیدی: تصاویر MODIS، شاخص‌های گرد و غبار، نقاط برداشت گرد و غبار.

مقدمه

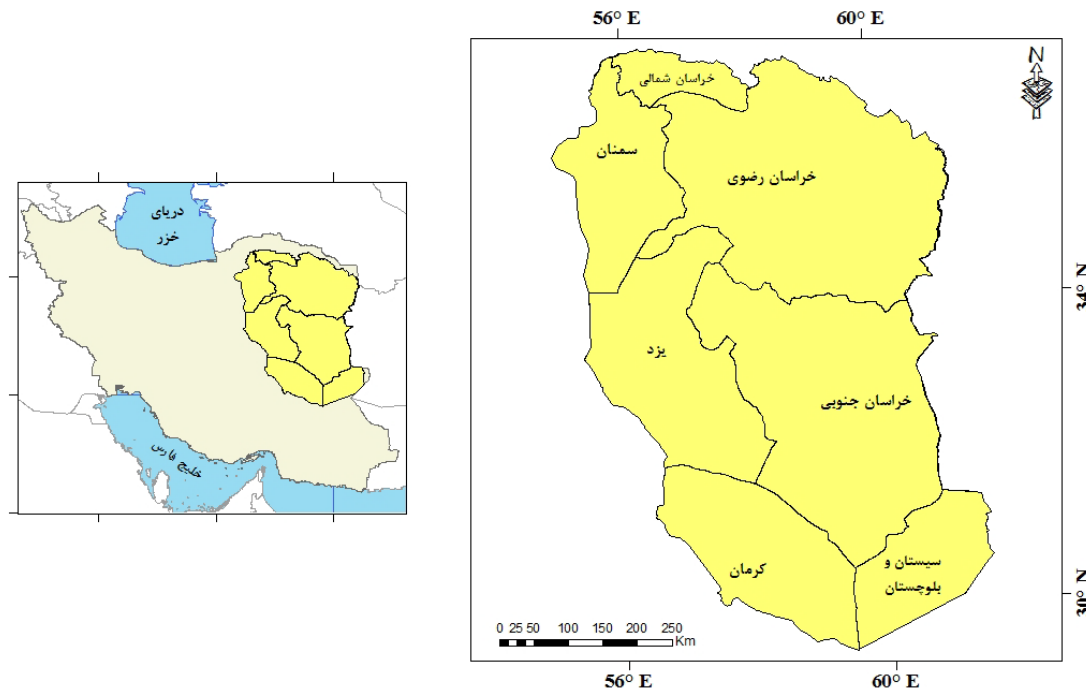
گرد و غبار در مناطق خشک و نیمه خشک سالانه چندین میلیون تن خاک را به اتمسفر وارد می‌کند که نقش مهمی در شرایط آب و هوایی، میزان تابش اتمسفری و چرخه هیدرولوژیکی دارد (Shao و همکاران، ۲۰۱۱؛ AlizadehChoobariet و همکاران، ۲۰۱۴). طوفان گرد و غبار فرایند پیچیده‌ای است که تحت فعل و انفعالات سامانه‌های اتمسفری بوده و اساساً شرایطی مانند سرعت زیاد باد، خاک برهنه و هوای خشک باعث ایجاد آن می‌شود. خاورمیانه یکی از پنج منطقه جهان می‌باشد که بیش‌ترین تولید گرد و غبار را دارد (Rezazadeh و همکاران، ۲۰۱۳). ایران به علت قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان، در معرض سامانه‌های متعدد گرد و غبار محلی و فرا منطقه‌ای می‌باشد (Rashki و همکاران، ۲۰۱۲؛ Goudie، ۲۰۱۴).

یکی از روش‌های بسیار موثر در زمینه شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار، استفاده از روش‌های سنجش از دور است (Miller و همکاران، ۲۰۱۱؛ Baddock و همکاران، ۲۰۱۱). این روش‌ها علاوه بر صرف وقت و هزینه کم‌تر می‌توانند بسیار دقیق و سریع مناطق برداشت گرد و غبار را نمایند. با توجه به عواقب این پدیده به‌ویژه در منابع آب، خاک و کشاورزی، مطالعات دقیق در مورد یافتن مناطق منشاء گرد و غبار، شدت، تکرار و اثرات زیست‌محیطی این پدیده ضروری است. پژوهش‌های زیادی در زمینه استفاده از فنون سنجش از دور در شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار صورت گرفته است (Zhang و همکاران، ۲۰۰۸؛ Bullard و همکاران، ۲۰۰۸؛ Sharma و همکاران، ۲۰۰۹؛ Baddock و همکاران، ۲۰۱۱). در این مطالعات، محققین مختلف به بررسی مناطق برداشت گرد و غبار با استفاده از سنجش از دور پرداخته‌اند.

با توجه به افزایش شدت و فراوانی وقوع طوفان‌های گرد و غبار در کشور و به‌ویژه شرق کشور، هدف از این پژوهش شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار با استفاده از سنجش از دور و با کمک شاخص‌های آشکارسازی گرد و غبار در شرق ایران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه بخش شرقی ایران با مساحت ۳۷۱۸۵۴/۱۷۰۴ کیلومترمربع است. این ناحیه شامل ۷ استان خراسان شمالی، رضوی و جنوبی، سمنان، کرمان، یزد و سیستان و بلوچستان و با جمعیتی بیش از ۱۰ میلیون نفر می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

در این پژوهش برای مشخص کردن تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه، ابتدا برای هر کدام از ایستگاه‌ها، تعداد روزهایی که دید افقی از ۲ کیلومتر کم‌تر بوده مشخص و تصاویر سنجنده MODIS مربوط به این روزها تهیه گردید. برای تعیین روزهای همراه با گرد و غبار در ایستگاه سینوپتیک از کدهای هواشناسی استفاده شد. کدهایی که نشان دهنده وقوع گرد و غبار شامل کدهای ۰۶، ۰۷، ۰۸، ۰۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴ و ۳۵ می‌باشد. این تصاویر برای تهیه شاخص‌های تعیین مناطق برداشت گرد و غبار زمین مرجع^۱ شد و تصحیحات اولیه بر روی آن انجام گردید. آشکارسازی تصویر به منظور شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار برای تمام تصاویر صورت گرفت. در نهایت در ۲۷ تصویر سنجنده MODIS از ماهواره ترا، گرد و غبار مشخص و شناسایی گردید. بازه زمانی مورد مطالعه در این پژوهش از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۷ می‌باشد.

شاخص‌های تعیین مناطق برداشت گرد و غبار

پارامترهای ارائه شده برای ردیابی مناطق برداشت گرد و غبار شامل BT3132، BT2931، NDDI و D می‌باشند (Ackerman، ۱۹۹۷؛ Roscovensky و Liou، ۲۰۰۵؛ Qu و همکاران، ۲۰۰۶) که در این پژوهش مورد محاسبه قرار گرفتند. جهت پیاده کردن شاخص‌های آشکارسازی گرد و غبار، 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 (6.626×10^{-34})، k ثابت بولتزمن ($1.3806504 \times 10^{-23}$) و c سرعت نور (متر بر ثانیه 2.998×10^8) بوده و T درجه حرارت می‌باشد (Hao و همکاران، ۲۰۰۷). با استفاده از معادله پلانک، پارامتر درجه حرارت را می‌توان با استفاده از 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 (برحسب $1.0 - 2.0 \text{ w.m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$). بعد از محاسبه دمای روشنایی نوبت به تعیین اختلاف این دما در طول موج‌های مورد نظر می‌رسد. لازم به ذکر است که جهت نشان دادن اختلاف دمای روشنایی بین طول موج‌های ۸/۵ میکرومتر (باند ۲۹ MODIS) و ۱۱ میکرومتر (باند ۳۱ MODIS)، عبارت BT2931 و برای اختلاف دمای روشنایی بین طول موج‌های ۱۱ میکرومتر و ۱۲ میکرومتر باند (MODIS ۳۲) عبارت BT3132 به کار خواهد رفت. برای تمام تصاویر مقادیر BT در باندهای مورد نظر محاسبه گردید (Ackerman، ۱۹۹۷).

شاخص NDDI برای ردیابی طوفان گرد و غبار و با رابطه ۳ به کار می‌رود.

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

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 و همکاران، ۲۰۰۶).

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

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

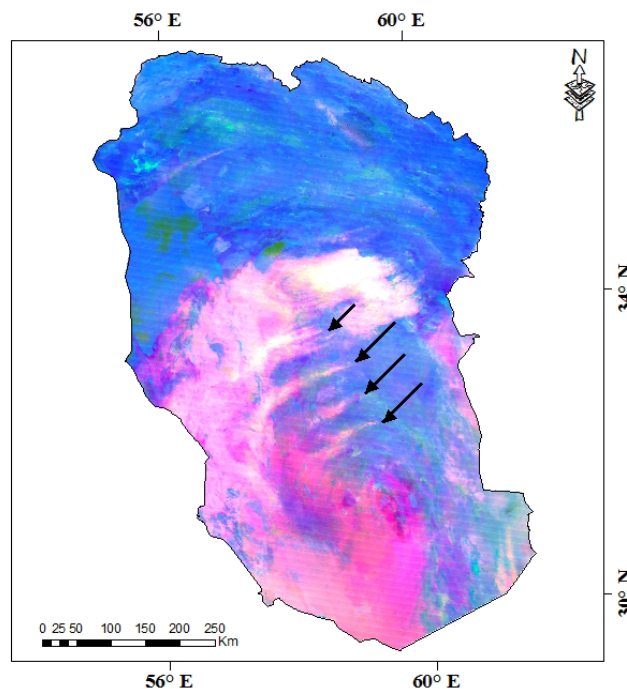
¹Georeference

در این رابطه، IT نسبت بازتابندگی بین طول موج‌های 0.54 و 0.86 میکرومتر است و BTD اختلاف دمایی درخشندگی بین باندهای 11 و 12 میکرومتر، a و b ضرایب ثابتی هستند که توسط کالیبره کردن رابطه 1 بدست می‌آیند. شناسایی گرد و غبار با استفاده از باندهای انعکاسی تصاویر ماهواره‌ای، به‌ویژه روی سطوح درخشان مانند صحراها به علت انعکاس بالا کار دشواری است. بنابراین، به کارگیری ترکیب باندها و ایجاد تصاویر رنگی کاذب به نحوی که بتواند مستقیماً مناطق تحت پوشش گرد و غبار را آشکارسازی کند در تشخیص مناطق برداشت گرد و غبار و موقعیت آن‌ها مفید می‌باشد. به این منظور شاخص‌های تشخیص مناطق گرد و غبار ایجاد و مقدار بازتابندگی باندهای 3 و 4 به چند روش جهت ساختن تصاویر رنگی کاذب (FCC) به صورت RGB به کار گرفته شدند به گونه‌ای که بهترین تصویر برای آشکارسازی مناطق برداشت گرد و غبار تعیین شود. این روش‌ها بر روی 27 تصویر ماهواره‌ای انجام شد تا نقاط برداشت گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه مشخص شود.

نتایج و بحث

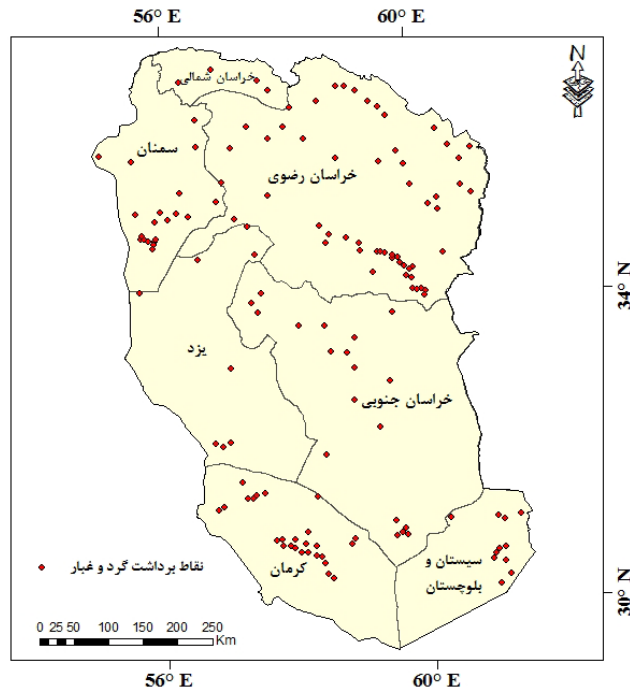
چهار روش ترکیب رنگی کاذب شامل $1 - R: NDDI, G: B4, B: B3$ ، $2 - R: NDDI, G: BTD2931, B: B3$ ، $3 - R: D, G: BTD2931, B: B3$ و $4 - R: BTD3132, G: B4, B: B3$ برای آشکارسازی مناطق گرد و غباری در تمامی تصاویر مورد استفاده قرار گرفت. هر کدام از این روش‌ها به گونه‌ای توده گرد و غباری را آشکارسازی کردند. روش چهارم ($R: BTD2931, G: B4, B: B3$) آشکارسازی گرد و غبار را نسبت به سه روش دیگر بهتر نشان داد، لذا برای آشکارسازی گرد و غبار و تعیین نقاط برداشت از این روش استفاده شد. مقایسه چشمی تصاویر رنگی شده در چهار روش نشان داد که این روش قابلیت بهتری در آشکارسازی مناطق برداشت گرد و غبار نسبت به سایر روش‌ها داشته و به‌طور بارزتری مناطق برداشت گرد و غبار را از سایر عوارض و مناظر متمایز می‌کند. با استفاده از چهار روش ترکیب رنگی کاذب و اعمال آن بر روی 27 تصویر موجود، توده گرد و غباری بر روی تصاویر آشکارسازی شد و سپس با تفسیر چشمی آن‌ها نقطه شروع گرد و غبار مشخص شد. در مجموع 147 نقطه برداشت گرد و غبار در کل منطقه شناسایی شد.

قاعده تشخیص مناطق برداشت در این پژوهش، بر اساس مدل انتشار گوسی پلوم بوده است. به این صورت که وقتی یک مخروط انتشار گرد و غبار در تصویر ماهواره‌ای مشاهده می‌شود راس مخروط نشان دهنده نقطه شروع گرد و غبار می‌باشد. شکل 2 نمونه‌ای از آشکارسازی گرد و غبار بر روی تصاویر ماهواره‌ای است که توسط روش چهارم ترکیب رنگی کاذب نمایان شده است.



شکل ۲: پراکنش نقاط برداشت گرد و غبار بارزسازی شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای MODIS

نتایج نشان داد که ۱۴۷ نقطه برداشت گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه وجود دارد که بیش‌تر این نقاط در خراسان رضوی وجود دارد. شکل (۳) پراکنش مناطق برداشت گرد و غبار را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۳: پراکنش مناطق برداشت گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه

نتایج پراکنش نقاط برداشت گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه (شکل ۳) نشان می‌دهد که نقاط برداشت گرد و غبار در استان‌های خراسان رضوی، شمالی، جنوبی، کرمان، یزد و سیستان و بلوچستان می‌باشد. بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد نقاط برداشت گرد و غبار در خراسان رضوی و خراسان شمالی که به ترتیب دارای ۵۹ و ۴ نقطه برداشت می‌باشد. نتایج نشان داد که پراکنش نقاط برداشت در منطقه دریاچه هامون تقریباً متراکم‌تر از دیگر مناطق مورد مطالعه است که به دلیل خشک شدن دریاچه هامون و شرایط خشک آن منطقه می‌باشد که بستر مناسبی برای ایجاد مناطق برداشت گرد و غبار ایجاد می‌کند. در غرب خراسان و شرق سمنان نیز نقاط برداشت از تراکم بیش‌تری برخوردار است. دلیل اصلی آن نزدیکی به دشت کویر و حتی قرار گرفتن بخشی از آن در دشت کویر می‌باشد که دارای شرایط بارندگی کم، توپوگرافی هموار و خشکی شدید می‌باشد که شرایط مناسبی برای ایجاد مناطق برداشت گرد و غبار ایجاد می‌کند. نتایج هم‌چنین حاکی از آن است که مناطق برداشت گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه عموماً در مناطق با توپوگرافی هموار و ارتفاع کم قرار گرفته و دارای شرایط آب و هوایی خشک می‌باشد که مستعد ایجاد گرد و غبار در منطقه می‌باشد. در این پژوهش از چهار روش جدید برای آشکارسازی مناطق برداشت گرد و غبار با استفاده از روش ترکیب رنگی کاذب توسعه داده شد استفاده گردید. شاخص‌های مورد استفاده برای آشکارسازی و تشخیص مناطق برداشت گرد و غبار شامل D, BTDD2931, D, BTDD3132 و NDDI می‌باشند. بهترین روش برای تشخیص مناطق برداشت گرد و غبار در این پژوهش، روش چهارم (R: BTDD2931, D, BTDD3132 و NDDI) بود که با نتایج Karimi و همکاران (۲۰۱۱) که روش سوم را به عنوان بهترین روش برای شناسایی مناطق برداشت گرد و غبار تعیین کردند، هم‌خوانی ندارد. دلیل این اختلاف بازتابش متفاوتی است که از سطح زمین در مناطق مختلف و کاربری‌های مختلف وجود دارد. نتایج کار این محققین نشان داد که روش (R: D, G: BTDD3132, B: NDDI) ، برای تشخیص مناطق برداشت گرد و غبار در خاورمیانه پاسخ بهتری می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج پژوهش حاکی از آن است که ۱۴۷ نقطه برداشت گرد و غبار در شرق ایران وجود دارد. در منطقه شرق ایران ببه علت وجود

مناطق پرفشار و کم‌فشار متعدد به‌طور مداوم داری بادهای شدید محلی و فرا منطقه‌ای می‌باشد که به علت پوشش گیاهی ضعیف و خاک‌های حساس به فرسایش، باعث برداشت خاک و طوفان‌های شدید گرد و غبار می‌شود. از دیگر خصوصیات این منطقه ککه باعث ایجاد کانون برداشت گرد و غبار در آن‌ها شده وجود دریاچه‌های متعدد خشک شده یا فصلی است که از نمونه‌های آشکار آن دریاچه هامون می‌باشد. این دریاچه در بیش‌تر ایام یا تمام سال خشک است و بستری مناسب برای برداشت گرد و غبار می‌باشد. وجود بیابان‌های مهم در منطقه از جمله دشت‌های کویر و لوت در ایران موجب شده که شرایط برای برداشت گرد و غبار فراهم باشد. از دیگر عوامل موثر در ایجاد مناطق برداشت گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه تخریب منابع طبیعی و استفاده بیش از حد از مراتع می‌باشند که شرایط بیابانی شدن را افزایش داده و باعث ایجاد کانون برداشت گرد و غبار در این مناطق شده است.

منابع

- Ackerman, S.A. 1997. Remote sensing aerosols using satellite infrared observations. *Journal of Geophysical Research* 102, 17069-17080.
- AlizadehChoobari, O., Zawar-Reza, P., Sturman, A. 2014. The global distribution of mineral dust and its impacts on the climate system: A review. *Atmospheric Research* 138(1), 152-165.
- Baddock, M.C., Gill, T.E., Bullard, J.E., Dominguez, Acosta, M., Rivera, N.I. 2011. Geomorphology of the Chihuahuan Desert based on potential dust emissions. *Journal of Maps* 7(1), 249-259.
- 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.
- Goudie, A. (2014). Review Desert dust and human health disorders. *Environment International* 63(3), 101-113.
- Karimi, V., HabibNejad, M., Abkar, A. 2011. Synoptic stations of meteorological drought index in Mazandaran. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 5(3), 15-25. (in Persian)
- Miller, M.E., Bowker, M.A., Reynolds, R.L., Goldstein, H.L., 2012. Post-fire land treatments and wind erosion lessons from the Milford Flat Fire, UT, USA. *Aeolian Research* 7(4), 29-44.
- Qu, J., Hao, X.J., 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.
- Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Rautenbach, C., Eriksson, P.G., 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* 103-109.
- Roscovensky, J.K., Liou, K.N. 2005. Differentiating airborne dust from cirrus clouds using MODIS data. *Geophysical Research Letters* 32, L12809. Doi: 10. 1029/2005GL022798.
- Shao, Y., Wyrwoll, K.H., Chappell, A., Huang, J., Lin, Z., McTainsh, G.H. 2011. Dust cycle: an emerging core theme in Earth system science. *Aeolian Research* 2(4), 181-204.
- Sharma, A.R., Kharol, S.K., Badarinath. K.V.S. 2009. Satellite observations of unusual dust event over North-East India and its relation with meteorological conditions. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 71(18), 2032-2039.
- Zhang, B., Tsunekawa, A., Tsubo, M. 2008. Contributions of sandy lands and stony deserts to long-distance dust emission in China and Mongolia during 2000-2006. *Global and Planetary Change* 60(6), 487-504.