

مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دوره نهم، شماره سی و چهارم، زمستان ۱۳۹۷

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۵/۳۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۷/۰۹/۲۸

صص ۱۴-۲۴

**تعیین ویژگی‌های ژئومورفولوژی و کاربری اراضی کانون‌های برداشت گردوغبار
(مطالعه‌ی موردی: خراسان رضوی)**

سیما پورهاشمی، دکتری ژئومورفولوژی-دانشگاه حکیم سبزواری

ابوالقاسم امیراحمدی*، استاد اقلیم‌شناسی-دانشگاه حکیم سبزواری

محمدعلی زنگنه اسدی، دانشیار ژئومورفولوژی-دانشگاه حکیم سبزواری

مهدی صالحی، استادیار آمار-دانشگاه نیشابور

چکیده

یکی از مهم‌ترین مخاطرات در نواحی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، پدیده‌ی گردوغبار است. وقوع این پدیده با خسارات جانی و مالی و طبیعی بسیاری همراه است. در این تحقیق به بررسی خصوصیات کاربری اراضی و ژئومورفولوژی کانون‌های برداشت گردوغبار در استان خراسان رضوی پرداخته شد. در ابتدا با استفاده از شاخص‌های آشکارسازی گردوغبار بر روی تصاویر ماهواره‌ای مادیس، تعداد ۶۵ کانون برداشت گردوغبار برای دوره‌ی آماري (۲۰۱۶-۲۰۰۵) شناسایی گردید. سپس نقشه‌ی واحدهای ژئومورفولوژی و کاربری اراضی منطقه تهیه گردید و کانون‌های برداشت گردوغبار بر روی این نقشه‌ها هم‌پوشانی داده شد. نتایج حاکی از آن است که از لحاظ ژئومورفولوژی ۸۱ درصد کانون‌های گردوغبار در واحد دشت‌سر مشاهده شده است که حدود ۷۱/۵ درصد مساحت منطقه را دربر می‌گیرد. در دیگر چشم‌اندازهای ژئومورفولوژی، کانون‌های گردوغبار به ترتیب در واحد پلایا (۱۰/۷٪ در ۱۷/۵٪ مساحت) و کوهستان (۴/۶٪ در ۱۴٪ مساحت) قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از بررسی کاربری اراضی نشان داد که بیش‌ترین تعداد کانون‌های برداشت گردوغبار در کاربری مراتع ضعیف (۳/۳۵٪) و اراضی دیم (۲۷/۶٪) رخ داده که حدود ۳۵/۳ درصد مساحت از کل منطقه را دربر گرفته‌اند. با محاسبه‌ی نرخ گردوغبار در سطوح مختلف مشخص شد که علاوه بر نوع ساختار ژئومورفولوژی و کاربری اراضی، ارتباط تنگاتنگی بین مساحت و تعداد کانون‌های برداشت گردوغبار هر واحد با نرخ انتشار گردوغبار وجود دارد.

واژگان کلیدی: کانون برداشت گردوغبار، کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، استان خراسان رضوی.

۱- مقدمه

توفان‌های گردوغبار یکی از پدیده‌های جوی هستند که در بسیاری از عرصه‌های بیابانی و مناطق خشک دنیا گسترش دارند و در سال‌های اخیر به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند. توفان‌های گردوغبار همه‌ساله خسارات و تلفات فراوانی در تمام نقاط دنیا به وجود می‌آورند (Mie et al., 2008: 967). خصوصیات سطحی مناطق برداشت گردوغبار روی مقدار شدت و نوع ذرات گردوغبار که وارد اتمسفر می‌شوند، مؤثر است. در نتیجه، شناخت خصوصیات ژئومورفولوژی و کاربری اراضی کانون‌های برداشت گردوغبار بسیار حائز اهمیت است (Lee et al., 2012: 462; Bullard et al., 2009: 5). تغییرات کاربری اراضی همراه با تغییرات آب‌وهوای جهانی ارتباط معنی‌داری با بیابان‌زایی و افزایش وقوع توفان‌های گردوغبار دارد. تغییر در طغیان رودخانه‌ها و سطح دریاچه‌های موقتی و دائمی محیط‌های خشک و نیمه‌خشک، سبب نوسانات قابل‌توجهی در میزان گردوغبار این مناطق می‌شود (Mahowald et al., 2003: 1077). ایران به علت قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، در معرض سیستم‌های متعدد گردوغبار محلی و فرامنطقه‌ای است (Goudie, 2014: 106; Rashki et al., 2012: 53). مشاهدات سال‌های اخیر نشان‌دهنده‌ی افزایش وقوع این پدیده در کشور است. استان خراسان رضوی دارای آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک است که سالانه توفان‌های گردوغبار متعددی در سطح آن اتفاق می‌افتد. بررسی خصوصیات ژئومورفولوژی و کاربری اراضی کانون‌های برداشت گردوغبار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است. محققان متعددی (Reheis & Kihl, 1995; Wang et al., 2006; Prospero et al., 2002; Warren et al., 2007; Bullard et al., 2008; Wang et al., 2008; Lee et al., 2009; Rivera Rivera et al., 2010; Bullard et al., 2010; Lee et al., 2012; Zender & Parajuli, 2017) به بررسی خصوصیات کانون‌های برداشت گردوغبار در نقاط مختلف جهان پرداخته‌اند و پراکنش کانون‌های برداشت را در کاربری‌های اراضی و لایه‌های ژئومورفولوژی منطقه تعیین کرده‌اند. رهایس و کی‌هل^۱ در تحقیقی در جنوب نوادا و کالیفرنیا به این نتیجه رسیدند که واحد پلایا و سطوح آبرفتی بیش‌ترین مقدار تقریبی گردوغبار را در واحد سطح تولید می‌کنند، اما سطوح آبرفتی حجم بیش‌تری از گردوغبار را به علت مساحت سطح بیش‌ترشان، تولید کرده‌اند. لی^۲ و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی به بررسی پوشش سطحی کانون‌های برداشت گردوغبار در توفان گردوغبار ۱۵ دسامبر ۲۰۰۳ 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 منطقه‌ی 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.

ریورا^۳ و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی خصوصیات کانون‌های برداشت گردوغبار در بیابان چیچواهون^۴ در آمریکا پرداختند. این تحقیق با استفاده از تصاویر MODIS و نقشه‌ی کاربری اراضی انجام شد. نتایج نشان داد که کانون‌های برداشت تشخیص داده‌شده در مناطق کشاورزی رها شده، دشت‌های سیلابی، تپه‌های ماسه‌ای و مناطق بدون پوشش گیاهی واقع شده‌اند.

لی^۵ و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از سنجش‌ازدور به بررسی خصوصیات ژئومورفیکی و پوشش سطح زمین مناطق تولید گردوغبار در غرب تگزاس و شرق نیومکزیکو در آمریکا پرداختند. برای انجام این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌ی کاربری اراضی و بازدید میدانی استفاده شد. نتایج حاکی از آن است که زمین‌های کشاورزی رها شده با ۵۷ درصد، بیش‌ترین مناطق منشأ گردوغبار را تشکیل می‌دهند.

1- Reheis and Kihl

2- Lee

3- Rivera

4- Chihuahuan

5- Lee

۳- مواد و روش‌ها

روش کار در این تحقیق بر پایه‌ی روش تحلیلی محاسباتی و بررسی‌های میدانی استوار است. بر این اساس، ابتدا داده‌های ساعتی دید افقی^۹، سرعت باد^{۱۰} و جهت باد^{۱۱} ایستگاه‌های سینوپتیک قوچان، گل‌مکان، سرخس، مشهد، نیشابور، سبزوار، کاشمر، تربت حیدریه، تربت جام و گناباد برای دوره‌ی آماری (۲۰۱۶-۲۰۰۵) از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. در مرحله‌ی بعد برای مشخص کردن تعداد روزهای همراه با گردوغبار در منطقه‌ی مورد مطالعه، ابتدا برای هر کدام از ایستگاه‌ها، تعداد روزهایی که دید افقی از ۲ کیلومتر کم‌تر بوده، مشخص و تصاویر سنجنده‌ی MODIS مربوط به این روزها تهیه گردید (Lee et al., 2009: 21). برای تعیین روزهای همراه با گردوغبار در ایستگاه سینوپتیک از کدهای هواشناسی استفاده گردید. کدهای نشان‌دهنده‌ی وقوع گردوغبار شامل کدهای ۰۶، ۰۷، ۰۸، ۰۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴ و ۳۵ می‌باشند (جدول ۱). تصاویر سنجنده‌ی MODIS برای تهیه‌ی شاخص‌های تعیین کانون‌های برداشت گردوغبار زمین مرجع^{۱۲} شده و تصحیحات اولیه بر روی آن انجام شد. آشکارسازی تصویر به منظور شناسایی کانون‌های برداشت گردوغبار بر روی تمام تصاویر انجام شد (Eckardt & Vickery, 2013: 129؛ بروغنی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۰۵). در نهایت، ۶۵ نقطه‌ی برداشت گردوغبار در منطقه‌ی مورد مطالعه شناسایی گردید.

جدول ۱: کدها و علائم روزهای گردوغباری در داده‌های هواشناسی سینوپتیک

کد	وضعیت جوی	نشانه	کد	وضعیت جوی	نشانه
۰۶	گردوغبار بدون جریان باد	S	۳۱	توفان گردوخاک سبک تا متوسط	S
۰۷	ماسه و گردوخاک با جریان باد	\$	۳۲	توفان گردوخاک تشدید شده طی ساعت گذشته	\$
۰۸	گردباد ماسه طی ساعت گذشته	⊞	۳۳	توفان گردوخاک شدید، تضعیف طی ساعت گذشته	⊞
۰۹	توفان گردوخاک طی ساعت گذشته	(S)	۳۴	توفان گردوخاک شدید، بدون تغییر طی ساعت گذشته	(S)
۳۰	توفان گردوخاک سبک تا متوسط ضعیف	S	۳۵	توفان گردوخاک تشدید شده طی ساعت گذشته	S

منبع (علیجانی، ۱۳۸۵: ۲۷)

۳-۱- شاخص‌های تعیین کانون‌های برداشت گردوغبار

پارامترهای ارائه شده برای ردیابی کانون‌های برداشت گردوغبار شامل BTDD3132، BTDD2931، NDDI و D است که در این تحقیق مورد محاسبه قرار می‌گیرد (بروغنی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۰۷؛ Hao et al., 2007: 4738؛ Ackerman et al., 1997: 17073).

۳-۲- تهیه‌ی لایه‌های عوامل مؤثر به منظور اولویت‌بندی کانون‌های برداشت گردوغبار

بعد از تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش کانون‌های برداشت گردوغبار در محیط GIS، نقشه‌های کاربری اراضی و ژئومورفولوژی منطقه تهیه شد تا نقش هریک از ویژگی‌های ژئومورفولوژی و کاربری اراضی محدوده‌ی مورد مطالعه در انتشار و وقوع گردوغبار مشخص گردد.

9- Vertical Visibility(VV)

10- Wind Speed(FF)

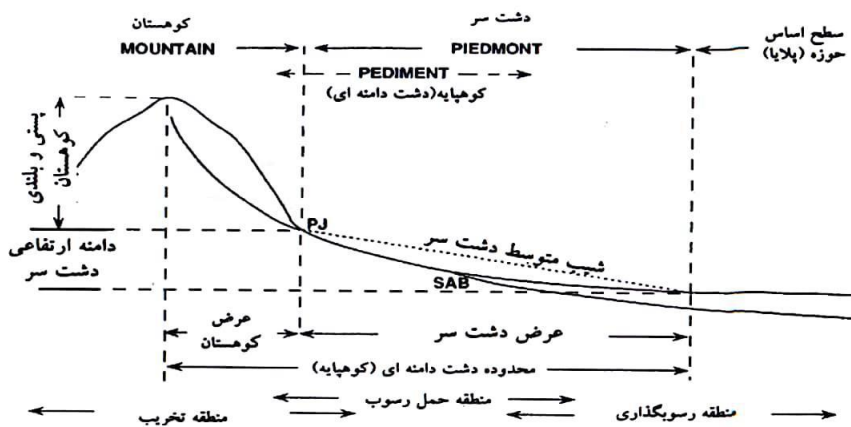
11- Wind Direction(DD)

12- Georeference

برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای Landsat-8 استفاده شد. این تصاویر از سایت USGS دانلود شد (<http://glovis.usgs.gov/>). با توجه به اینکه بیش‌تر توفان‌های گردوغبار در سطح استان در ماه‌های اردیبهشت و خرداد رخ داده است، لذا تصاویر مربوط به این ماه‌ها دانلود و با استفاده از نرم‌افزار ENVI، نقشه کاربری اراضی برای سال ۲۰۱۶ تهیه گردید. نقشه حاصل با استفاده از نقشه کاربری استان خراسان رضوی که از اداره منابع طبیعی استان تهیه گردیده، تطبیق داده شد (شکل ۲).

روش کار برای تهیه نقشه ژئومورفولوژی، استفاده‌ی هم‌زمان از نقشه‌ی زمین‌شناسی و نقشه‌ی توپوگرافی با کمک تکنیک‌های سنجش‌ازدور و GIS و توابع هم‌پوشانی است (باقرپور، ۱۳۹۳). در این تحقیق، از روش ارائه‌شده توسط احمدی (۱۳۸۸) برای تفکیک واحدهای ژئومورفولوژی منطقه استفاده شده است (شکل ۲). برای تهیه نقشه ژئومورفولوژی یک منطقه، شناخت ویژگی‌های زمین‌ساخت ضروری است (رکنی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲)؛ بنابراین برای تهیه نقشه ژئومورفولوژی منطقه، ابتدا با بهره‌جویی از نقشه‌های شیب و توپوگرافی با دقت ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه، نقشه‌ی مورد نیاز جهت عملیات صحرایی آماده گردیده است. در مرحله بعد از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و تصاویر ماهواره‌ای لندست (۲۰۱۶)، اطلاعات جزئی‌تر استخراج و بر روی نقشه اولیه منتقل شده است. در ادامه با تکمیل اطلاعات صحرایی و کنترل نهائی تیپ‌ها و به نقشه درآوردن آن‌ها، نتیجه کار که همان نقشه ژئومورفولوژی منطقه است، تهیه شد. در این نقشه انواع واحدها و تیپ‌های مرفولوژیکی مشخص و حدودهای هر یک از آن‌ها تعیین شد.

با تطبیق هر دو نقشه ژئومورفولوژی و کاربری اراضی با کانون‌های برداشت گردوغبار شناسایی‌شده، تعداد منابع گردوغبار را برای هر کلاس نقشه ژئومورفیک و کاربری اراضی تعیین گردید. در این تحقیق نسبت انتشار گردوغبار ۱۳ را به‌عنوان واحد اندازه‌گیری تولید گردوغبار نسبی برای هر کلاس معرفی می‌کنیم. این نسبت با تقسیم درصد کل کانون‌های برداشت گردوغبار در هر دسته ژئومورفیک یا کاربری اراضی بر درصد کل منطقه‌ی اشغال‌شده توسط این طبقه محاسبه شد.

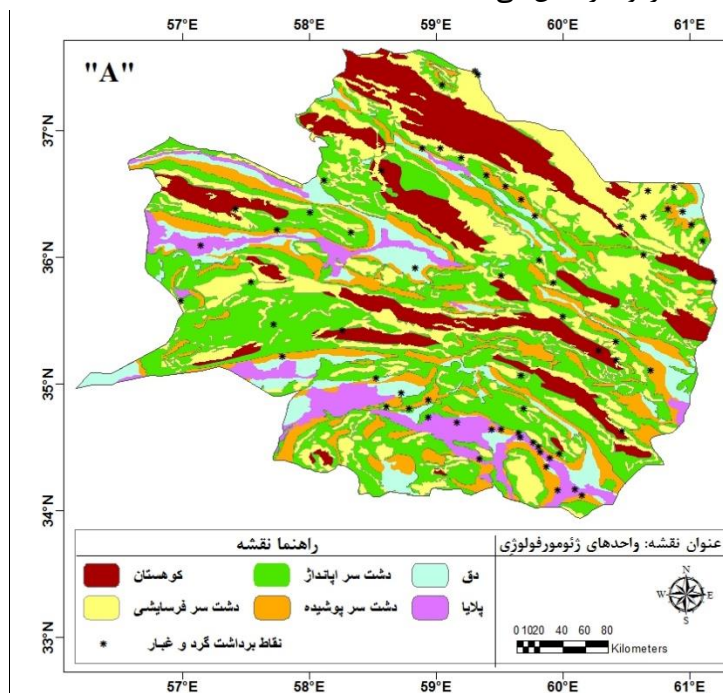


شکل ۲: تفکیک واحدهای ژئومورفولوژی (احمدی، ۱۳۸۸: ۵۰)

۴- بحث و نتایج

با استفاده از چهار روش ترکیب رنگی کاذب و اعمال آن بر روی تصاویر موجود، توده‌ی گردوغباری بر روی تصاویر آشکارسازی شد و سپس با تفسیر چشمی آن‌ها و بر اساس مدل انتشار گوسی پلوم نقطه‌ی شروع گردوغبار مشخص گردید (بروغنی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۰۹). در مجموع، ۶۵ نقطه‌ی برداشت گردوغبار در منطقه‌ی مورد مطالعه شناسایی

شد. سپس نقشه‌های کاربری اراضی و ژئومورفولوژی تهیه گردید. کاربری اراضی و ژئومورفولوژی هر دو در تولید گردوغبار نقش عمده‌ای دارند (Lee et al., 2012: 465). شکل امروزی زمین‌ریخت‌شناسی استان خراسان رضوی حاصل عمل فرسایش در دوره‌های یخچالی است؛ به گونه‌ای که فرسایش هم‌جوار یخچالی و فرسایش آب‌های روان در دوره‌های بارانی و بادهای موسمی مخصوصاً در نواحی جنوبی استان، حادث شده است (رکنی و همکاران، ۱۳۹۶: ۴). جهت تهیه نقشه ژئومورفولوژی، ابتدا نقشه‌ی شیب تهیه گردید؛ چراکه یکی از متغیرها که در تفکیک واحدهای ژئومورفولوژی نقش اساسی دارد، نقشه‌ی شیب است (احمدی، ۱۳۸۸: ۷۶). در این تحقیق با استفاده از DEM ۳۰ متر نقشه‌ی شیب تهیه و به طبقات ۰-۱، ۱-۲۰ و ۲۰+ طبقه‌بندی شد. با توجه به نقشه‌ی شیب، منطقه‌ی مورد مطالعه به لحاظ ژئومورفولوژی مشتمل بر ۳ واحد کوهستان، دشت‌سر و پلایا است؛ به این ترتیب که شیب ۰-۱ درصد، واحد پلایا، ۱-۲۰ درصد، واحد دشت‌سر و شیب‌های بزرگ‌تر از ۲۰ درصد، واحد کوهستان است. در ادامه تفکیک واحدها، تیپ‌های ژئومورفولوژی در هر واحد با استفاده از تصویر ماهواره‌ای ETM+ 2007 و نیز تصاویر حاصل از Google Earth، تهیه شده است. در این منطقه سه واحد ژئومورفولوژی، شامل کوهستان با مساحت ۱۶۲۰۵/۲۹، دشت‌سر ۸۲۹۴۹/۶ و پلایا ۱۶۹۵۱/۴۷ کیلومترمربع شناسایی شد. دشت‌سر‌ها گسترده‌ترین واحد ژئومورفولوژی در دنیا می‌باشند (تازه و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۵). در منطقه‌ی مورد مطالعه نیز واحد دشت‌سر، بیش‌ترین مساحت را دربر گرفته است. در ادامه، نقشه‌ی تیپ‌های ژئومورفولوژی تهیه گردید که در واحد دشت‌سر با مساحتی برابر با ۸۲۹۴۹/۶ کیلومترمربع، سه تیپ دشت‌سر فرسایشی با مساحت ۳۲۰۲۵/۷۳، دشت‌سر اپانداز ۳۲۸۵۶/۳۹ و دشت‌سر پوشیده ۱۸۰۶۷/۴۶ کیلومترمربع، در واحد پلایا، تیپ کفه‌رسی (دق) با مساحت ۸۲۷۵/۴ کیلومترمربع شناسایی شد. شکل (۳) نقشه‌ی واحدهای ژئومورفولوژی منطقه‌ی تحقیق را به همراه پراکندگی کانون‌های برداشت گردوغبار نشان می‌دهد.



شکل ۳: نقشه‌ی واحدهای ژئومورفولوژی و کانون‌های برداشت گردوغبار شناسایی شده در منطقه‌ی مورد مطالعه

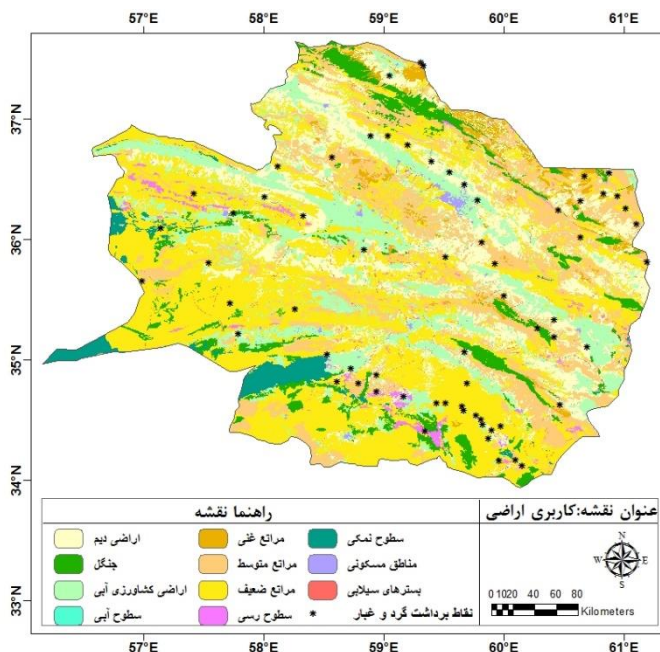
جدول (۲) و شکل (۳) نقش هر یک از واحدها و تیپ‌های ژئومورفولوژی در تولید گردوغبار را نشان می‌دهد. در منطقه‌ی مطالعاتی و در میان تمام واحدها و تیپ‌های مزبور، واحد دشت‌سر پوشیده و پلایا به ترتیب دارای بیش‌ترین میزان نرخ انتشار گردوغبار (۴۴/۹۷-۱/۱) می‌باشند. بیش‌ترین تعداد گردوغبار مشاهده شده در واحد دشت‌سر پوشیده با مساحت ۱۵/۵ درصد رخ داده و بیش‌ترین میزان نرخ انتشار گردوغبار مربوط به این واحد است (۱/۹۷). پلایا در رتبه‌ی

بعدی از نظر نرخ انتشار گردوغبار است که از نظر مساحت نسبت به مساحت کل منطقه، محدوده‌ی کمی را دربر گرفته است (حدود ۷/۵ درصد). دشت‌سر اپانداژ، فرسایشی، کوهستان و دق از نظر نرخ انتشار گردوغبار در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند که تا حدودی می‌توان گفت نرخ انتشار گردوغبار با مساحت در ارتباط است (Lee et al., 2012: 464). بیش‌ترین تعداد وقوع گردوغبار در واحد دشت‌سر (۵۳) و کم‌ترین مقدار آن در واحد کوهستان (۳) رخ داده است. شکل (۵) درصد تعداد گردوغبار و درصد مساحت در هر یک از واحدهای ژئومورفولوژی را نشان می‌دهد.

جدول ۲: تعداد و نرخ انتشار کانون‌های گردوغبار در هر واحد ژئومورفیک

ژئومورفولوژی	نوع	مساحت	مساحت %	گردوغبار	گردوغبار %	نرخ انتشار
۱	پلایا	۸۶۷۶/۰۷۱	۷/۴۷۲	۷	۱۰/۷۶۹	۱/۴۴۱
۲	دق	۸۲۷۵/۴۰۷	۷/۱۲۷	۲	۳/۰۷۶	۰/۴۳۱
۳	دشت‌سر پوشیده	۱۸۰۶۷/۴۶۸	۱۵/۵۶۱	۲۰	۳۰/۷۶۹	۱/۹۷۷
۴	دشت‌سر اپانداژ	۳۲۸۵۶/۳۹۶	۲۸/۲۹۸	۱۷	۲۶/۱۵۳	۰/۹۲۴
۵	دشت‌سر فرسایشی	۳۲۰۲۵/۷۳۴	۲۷/۵۸۳	۱۶	۲۴/۶۱۵	۰/۸۹۲
۶	کوهستان	۱۶۲۰۵/۲۹۰	۱۳/۹۵۷	۳	۴/۶۱۵	۰/۳۳۰

نقشه‌ی کاربری اراضی، پوشش فیزیکی سطح زمین را با توجه به استفاده از آن نشان می‌دهد (Zhang, 2010: 147). بررسی کاربری اراضی و استفاده از زمین؛ یعنی تمام فعالیت‌های موجود در یک محل یا انواع مختلف استفاده از زمین در یک محل به تصویر کشیده شود. نظیر زمین‌های زراعی، جنگل، مناطق مسکونی، مراتع و ... (آرخی و نیازی، ۱۳۸۹: ۷۸). امروزه تغییرات کاربری اراضی می‌تواند منجر به از بین رفتن پوشش گیاهی و ایجاد شرایط بیابانی شود و از این طریق باعث افزایش گردوغبار گردد (کرم و همکاران، ۱۳۹۶: ۹۰). نوع کاربری اراضی در وقوع پدیده‌ی گردوغبار مؤثر است (Lee و همکاران، ۲۰۱۲: ۴۶۳). بدین منظور پس از تهیه‌ی تصاویر رنگی کاذب (باندهای ۴، ۳، ۲) از داده‌های رقومی ماهواره‌ی لندست ۸ (ETM⁺) مربوط به سال ۲۰۱۶ و با کمک نمونه‌های تعلیمی و استفاده از روش طبقه‌بندی، بیشینه‌ی احتمال کاربری اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه تهیه شد (شکل ۴).

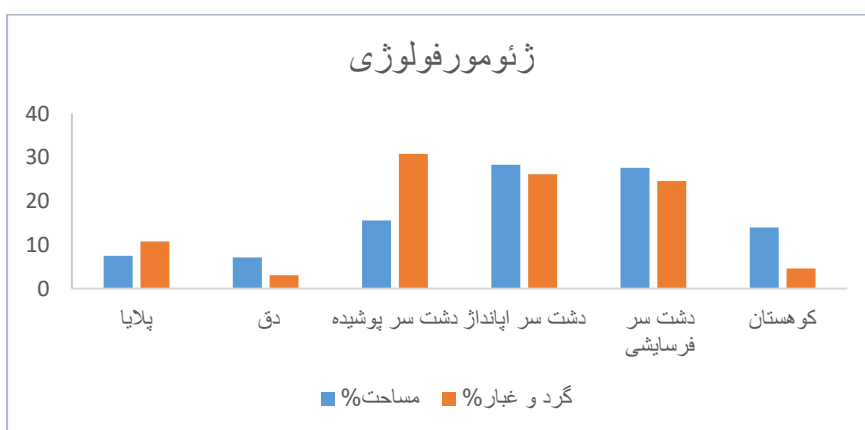


شکل ۴: نقشه‌ی کاربری اراضی و کانون‌های برداشت گردوغبار شناسایی شده در منطقه‌ی مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

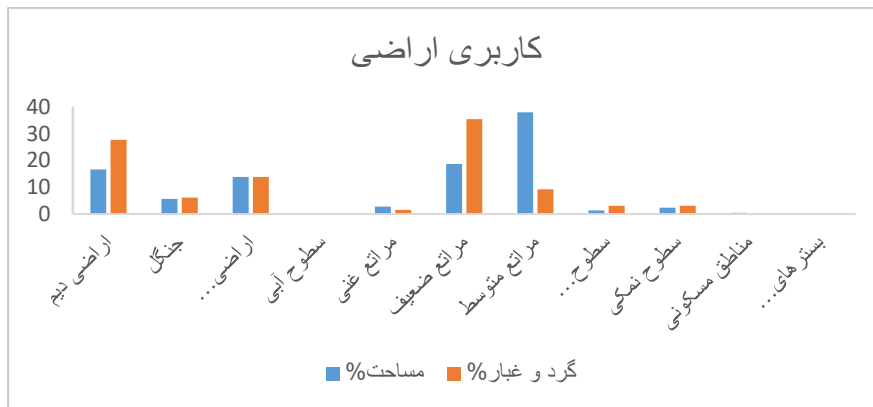
تأثیر کاربری اراضی بر روی ارتباط انتشار گردوغبار در جدول (۳) و شکل (۴) نشان داده می‌شود. بیش‌ترین میزان نرخ انتشار گردوغبار مربوط به سطوح رسی است که حدود (۲/۲۴) است و این طبقه‌ی کاربری از نظر مساحت، ۱/۳۷ درصد از مساحت کل منطقه را دربر گرفته است. مراتع ضعیف و اراضی دیم از نظر میزان نرخ انتشار گردوغبار (۱/۸۹) و (۱/۶۶) به ترتیب در رتبه‌ی بعدی قرار دارند؛ ضمن اینکه بیش‌ترین میزان گردوغبار در این کاربری‌ها به وقوع پیوسته است (۴۱ گردوغبار). اراضی کشاورزی آبی با نرخ انتشار (۱/۶) در رتبه‌ی بعدی قرار دارد. این نشان از آن است که در این نوع کاربری که با دخالت انسان همراه است، ممکن است گردوغبار در فصلی اتفاق افتاده باشد که کشت صورت نگرفته و زمین رها شده است. دامنه و نوع پوشش گیاهی و نیز تغییرات انسانی در نوع کاربری اراضی بر میزان انتشار گردوغبار تأثیر دارد. قابل‌ذکر است که در کاربری مناطق مسکونی، بسترهای سیلابی و سطوح آبی هیچ نقطه‌ی برداشتی در آن قرار ندارد. شکل (۶) درصد تعداد کانون‌های گردوغبار و درصد مساحت در هر یک از طبقات کاربری اراضی را نشان می‌دهد.

جدول ۳: تعداد و نرخ انتشار کانون‌های گردوغبار در هر طبقه کاربری اراضی

کاربری اراضی	نوع	مساحت	مساحت %	گردوغبار	گردوغبار %	نرخ انتشار
۱	اراضی دیم	۱۹۴۹۲/۹۵۸	۱۶/۶۱۴	۱۸	۲۷/۶۹۲	۱/۶۶۶
۲	جنگل	۶۶۴۶/۵۵۳	۵/۶۶	۴	۶/۱۵۳	۱/۰۸۶
۳	اراضی کشاورزی آبی	۱۶۲۳۳/۹۶۱	۱۳/۸۳۶	۹	۱۳/۸۴۶	۱/۶۰۰
۴	سطوح آبی	۱۵/۲۰۹	۰/۰۱۲	۰	۰	۰
۵	مراتع غنی	۳۲۵۳/۸۱۳	۲/۷۷۳	۱	۱/۵۳۸	۰/۵۵۴
۶	مراتع ضعیف	۲۱۹۴۳/۳۸۵	۱۸/۷۰۳	۲۳	۳۵/۳۸۴	۱/۸۹۱
۷	مراتع متوسط	۴۴۴۹۸/۸۹۹	۳۷/۹۲۸	۶	۹/۲۳۰	۰/۲۴۳
۸	سطوح رسی (دق)	۱۶۱۶/۰۰۱	۱/۳۷۷	۲	۳/۰۷۶	۲/۲۳۳
۹	سطوح نمکی	۲۷۶۴/۷۸۲	۲/۳۵۶	۲	۰	۱/۳۰۵
۱۰	مناطق مسکونی	۵۵۴/۶۰۴	۰/۴۷۲	۰	۰	۰
۱۱	بسترهای سیلابی	۳۰۳/۳۸۳	۰/۲۵۸	۰	۰	۰



شکل ۵: درصد تعداد گردوغبار و درصد مساحت در هر یک از واحدهای ژئومورفولوژی (منبع: نگارندگان)



شکل ۶: درصد تعداد گردوغبار و درصد مساحت در هر یک از طبقات کاربری اراضی (منبع: نگارندگان)

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق به ارتباط نوع کاربری اراضی و ژئومورفولوژی با تعداد کانون‌های گردوغبار شناسایی شده در خراسان رضوی، پرداخته شد و نیز نرخ انتشار گردوغبار در هریک از کاربری‌های اراضی و واحدهای ژئومورفولوژی مشخص گردید. پس از تهیه نقشه کاربری اراضی و همپوشانی با کانون‌های گردوغبار مشخص شد که کانون‌های گردوغباری تنها در ۸ نوع کاربری از ۱۱ کاربری منطقه، شامل اراضی دیم، جنگل، اراضی کشاورزی آبی، مراتع (غنی، متوسط و ضعیف)، سطوح آبی، سطوح رسی، سطوح نمکی قرار گرفته‌اند. بیش‌ترین کاربری مربوط به مراتع (غنی، متوسط و ضعیف) است که حدود ۶۰٪ از مساحت منطقه را دربر گرفته و بیش‌ترین تعداد کانون گردوغبار رخ داده نیز مربوط به کاربری با مراتع ضعیف است که معمولاً به دلیل عدم پوشش گیاهی مستعد وقوع گردوغبار است. کم‌ترین میزان کاربری مربوط به سطوح آبی و بسترهای سیلابی است و هیچ کانون گردوغباری در این ۲ نوع کاربری قرار نگرفته است. از نظر میزان نرخ انتشار گردوغبار، بیش‌ترین نرخ انتشار مربوط به سطوح رسی است که ۳/۰۷۶ درصد کل کانون گردوغبار منطقه و مساحتی در حدود ۱/۳۷۷ درصد از کل منطقه را دربر گرفته است که این نشان از ارتباط مساحت با نرخ انتشار گردوغبار است. نقشه ژئومورفولوژی شامل ۳ واحد (کوهستان، دشت‌سر، پلایا) است. دشت‌سرهای پهنه‌ی وسیعی از مناطق خشک را دربر می‌گیرند و در این تحقیق نیز بیش‌ترین مساحت (۷۱/۵٪) مربوط به این واحد است. بیش‌ترین تعداد کانون برداشت گردوغبار و نرخ انتشار گردوغبار به ترتیب در واحدهای دشت‌سر، پلایا و کوهستان اتفاق افتاده و این نشان از مستعد بودن دشت‌سرها در وقوع گردوغبار در منطقه‌ی مورد مطالعه است. با توجه به نتایج مربوط به نرخ انتشار محاسبه‌شده می‌توان گفت که دشت‌سر پوشیده، پلایا، سطوح رسی، مراتع ضعیف و اراضی دیم جز منابع عمده‌ی تولید گردوغبار در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشند. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج محققانی همچون Hahnenberger و Nicoll (۲۰۱۴)، Jewell و Nicoll (۲۰۱۱)، Miller و همکاران (۲۰۱۲)، Lee و همکاران (۲۰۱۲)، Lee و همکاران (۲۰۰۹)، Crouvi و همکاران (۲۰۱۲) و Zobeck و همکاران (۲۰۱۳)، Reheis and Kihl (۱۹۹۵) و Parajuli & Zender (۲۰۱۷) همخوانی دارد.

۶- منابع

- ۱- احمدی، حسن (۱۳۸۸). ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۲، بیابان و فرسایش بادی، چاپ سوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- امامقلی، معروف، صفری، عطا، شاهدهی، کاکا، فرهودی، محمدحسین، خسروی، خه بات (۱۳۹۳). بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های GIS & RS و ارزیابی اقتصادی آن در مقایسه با تغییرات هدررفت خاک (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز سد آزاد)، فصلنامه‌ی اکوسیستم‌های طبیعی ایران، دوره‌ی ۵، شماره‌ی ۳، صص ۲۸-۱۵.

- ۳- آرخی، صالح، نیازی، یعقوب (۱۳۸۹). ارزیابی روش‌های مختلف سنجش‌ازدور برای پایش تغییرات کاربری اراضی (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی دره شهر- استان ایلام)، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۷، شماره ۱، صص ۷۴-۹۳.
- ۴- باقرپور، سیدمهدی (۱۳۹۳). تهیه‌ی نقشه‌ی ژئومورفولوژی تفصیلی با کمک تکنیک‌های هم‌پوشانی و GIS (بخش شرقی منطقه‌ی کردند)، اولین همایش علوم جغرافیایی ایران، ۳۰ اردیبهشت، ۷ صفحه.
- ۵- بروغنی، مهدی، پورهاشمی، سیما، زنگنه اسدی، محمدعلی، مرادی، حمیدرضا (۱۳۹۶). شناسایی مناطق برداشت گردوغبار در شرق خاورمیانه با استفاده شاخص‌های آشکارسازی گردوغبار، مجله‌ی مخاطرات محیط طبیعی، سال ۶۶، شماره ۱، صص ۱۰۱-۱۱۸.
- ۶- تازه، مهدی، زهتابیان، غلامرضا، احمدی، حسن، نظری سامانی، علی‌اکبر، احسانی، امیرهوشنگ (۱۳۹۳). تعیین مهم‌ترین پارامترهای گرانولومتری سنگفرش بیابان در تفکیک تیپ‌های مختلف دشت‌سر (مطالعه‌ی موردی: خضراباد) پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، دوره‌ی ۳، شماره‌ی ۲، صص ۳۱-۴۳.
- ۷- دوستان، رضا (۱۳۹۵). تحلیل فضایی گردوغبار در شمال شرق ایران، مجله‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، سال چهاردهم، شماره‌ی ۲، صص ۶۷-۹۰.
- ۸- رکنی، جعفر، حسین‌زاده، سیدرضا، لشگری پور، غلامرضا، ولایتی، سعیدالله (۱۳۹۶). تحلیلی کلی بر ژئومورفولوژی شمال شرق ایران با نگاهی به چالش بحران آب در دشت‌های این منطقه، پنجمین همایش ملی ژئومورفولوژی و چالش‌های محیطی، صص ۱-۵.
- ۹- علیجانی، بهلول (۱۳۸۵). اقلیم‌شناسی سینوپتیک، چاپ دوم، تهران: انتشارات سمت.
- ۱۰- کرم، امیر، ضیائیان، پرویز، یمانی، مجتبی، عنایتی، مریم (۱۳۹۶). آشکارسازی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر توزیع فضایی گردوغبار در شمال غرب ایران مرکزی، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ششم، شماره‌ی ۳، صص ۹۰-۱۰۴.
- ۱۱- موسوی بایگی، محمد، اشرف، بتول (۱۳۹۰). مطالعه‌ی الگوهای سینوپتیکی منجر به خشکسالی‌های پاییزه و زمستانه در استان خراسان رضوی، مجله‌ی پژوهش‌های حفاظت آب‌و‌خاک، دوره‌ی ۱۸، شماره‌ی ۴، صص ۱۶۷-۱۸۴.
- 12- Ackerman, S.A. (1997). Remote sensing aerosols using satellite infrared observations. *Journal of Geophysical Research*, 102: 17069–17080.
- 13- 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.
- 14- Bullard, J.E. (2010). Bridging the gap between field data and global models: current strategies in aeolian research. *Earth Surf. Process. Landforms* 35, 496–499.
- 15- Bullard, J.E., Harrison, S.P., Drake, N., Gill, T.E. (2009). Preferential dust sources in global aerosol models: a new classification based on geomorphology. *Eos Trans. AGU*. 90(52 supp.), EP23D-01, 1-20.
- 16- 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.
- 17- Crouvi, O., Schepanski, K., Amit, R., Gillespie, A.R., Enzel, Y. (2012). Multiple dust sources in the Sahara Desert: the importance of sand dunes. *Geophysical Research Letters*, 39, L13401. <http://dx.doi.org/10.1029/2012GL052145>.
- 18- Goudie, A. (2014). Review Desert dust and human health disorders. *Environment International*, 63(3): 101-113.
- 19- Hahnenberger, M., Kathleen, N. (2014). Geomorphic and land cover identification of dust sources in the eastern Great Basin of Utah, U.S.A. *Geomorphology*, 204(2): 657-672.
- 20- Hao, X., Qu, J.J., Hauss, B., Wang, C. (2007). A high-performance approach for brightness temperature inversion. *International Journal of Remote Sensing*, 28(21): 4733-4743.
- 21- Jewell, P.W., Nicoll, K. (2011). Wind regimes and aeolian transport in the Great Basin, U.S.A. *Geomorphology*, 129: 1–13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.01.005>.
- 22- Lee, J., Baddock, M., Mbuh, M., Gill, T. (2012). Geomorphic and land cover characteristics of aeolian dust sources in West Texas and eastern New Mexico, USA. *Aeolian Research*, 3(4), 459-466.

- 23- Lee, J., Gill, T., Mulligan, K., Acosta, M.D., Perez, A. (2009). Land use/land cover and point sources of the 15 December 2003 dust storm in southwestern North America. *Geomorphology*, 105(2): 18-27.
- 24- Mahowald, N.M., Bryant, R.G., Del Corral, J., Steinberger, L. (2003). Ephemeral lakes and desert dust sources. *Geophysical Research Letters*, 30(2): 1074-1083.
- 25- Mie, D., Xiushan, L., Lin, S., Ping, W. (2008). A dust-storm process dynamic monitoring with multi temporal MODIS data. *The International Archives of photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(3): 965-969.
- 26- 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.
- 27- Parajuli, S.p, S. Zender, C. (2017). Connecting geomorphology to dust emission through high-resolution mapping of global land cover and sediment supply, *Aeolian Research* 27 (2017) 47-65.
- 28- Prospero, J. M., P. Ginoux, O. Torres, S. E. Nicholson, T. E. Gill (2002), Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product, *Rev. Geophys.*, 40(1),1002, doi:10.1029/2000RG000095.
- 29- Prospero, J.M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S.E., Gill, T.E. (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
- 30- 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.
- 31- Reheis, M. C., R. Kihl (1995), Dust deposition in southern Nevada and California, 1984 – 1989: Relations to climate, source area and source lithology, *J. Geophys. Res.*, 100(D5), 8893– 8918.
- 32- Rivera Rivera, N.I., Gill, T.E., Bleiweiss, M.P., Hand, J.L. (2010). Source characteristics of hazardous Chihuahuan Desert dust outbreaks. *Atmospheric Environmental*, 44: 2457-2468.
- 33- Tsolmon, R., Ochirkhuyag, L., Sternberg, T. (2008). Monitoring the source of trans-national dust storms in north East Asia. *International Journal of Digital Earth*, 1:119-129.
- 34- Vickery, K., Eckardt, F. (2013). Dust emission controls on the lower Kuiseb River valley, Central Namib. *Aeolian Research*, 10(3): 125-133.
- 35- 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: 583-600. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.09.006>.
- 36- Wang, X., Zhou, Z., 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.04.015>.
- 37- Warren, A., Chappell, A., Todd, M.C., Bristow, C., Drake, N., Engelstaedter, S., Martins, V., M'bainayel, S., Washington, R. (2007). Dust-raising in the dustiest place on earth. *Geomorphology*, 92: 25-37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.02.007>.
- 38- Zhang, X., T., Kang, H., wang, Y., Sun, (2010). Analysis on spatial structure of landuse change based on remote sensing and geographical information system: *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, 12, pp 145-150.
- 39- Zobeck, T., Baddock, M., Pelt, R., Tatarko, J., Acosts-Martinez, V. (2013). Soil property effects on wind erosion of organic soils. *Aeolian Research*, 10: 43-51.