

ریزگرد و کانون‌های آن: مبانی و روش‌های شناسایی و تثبیت این کانون‌ها با نگرش ویژه به دشت خوزستان

سیده‌اکرم جویباری^{۱*}، پیمان رضائی^۲، فریدون سلیمانی^۳ و حمید داوودی^۴

۱- دانشجوی دکترا رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

۳- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان

۴- مدیریت اداره خدمات فنی و محیط‌های تحقیقاتی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

نویسنده مسئول: s.akramjooybari@gmail.com

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش: ۹۹/۳/۱۰

دریافت: ۹۸/۱۲/۱۸

چکیده

پدیده ریزگرد از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی جوامع امروزی می‌باشد. شناخت این پدیده و راهکارهای مقابله با آن از مباحث نوین در رسوب‌شناسی محیطی است. شناسایی کانون‌های ریزگرد با استفاده از روش‌های متعددی همچون تکنیک دورسنجی و ماهواره‌ای، مطالعات رسوب‌شناسی و ژئوشیمی، ردیابی رسوب با کمک مدل‌های آماری و داده‌کاوی و یا تلفیقی از این روش‌ها امکان‌پذیر است. مهم‌ترین عوامل ایجاد ریزگرد عبارتند از خشکسالی، فرسایش، عدم وجود پوشش گیاهی و همچنین مدیریت ناصحیح منابع آبی می‌باشد. برای مقابله با آثار ریزگرد مالچ پاشی، احداث بادشکن، احداث تله‌های رسوبی و مدیریت صحیح منابع آب از مهم‌ترین فاکتورها و راهکارهای کاهش توفان‌های ریزگرد و تثبیت کانون‌های گردوغبار می‌باشد. پدیده ریزگرد تأثیر مستقیم بر سلامت انسان و بخش کشاورزی و ساخت و ساز و تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر اقتصاد و کاهش کیفیت زندگی داشته است. وجود ۷ کانون داخلی ریزگرد در کنار حدود ۵ کانون خارجی ریزگرد در استان خوزستان، سبب شده که این استان همواره در معرض توفان‌های گرد و غبار قرار گیرد. ترکیب رسوب‌شناسی این ریزگردها عموماً در سه گروه سیلیکات، کربنات و تبخیری جای می‌گیرد و تیپ رسوبی عمده نهشته‌های کانون‌های داخلی دشت خوزستان گل‌ماسه‌ای با کمی گراول است. پارامترهای رسوب‌شناسی نهشته‌های کانون‌های گرد و غبار دشت خوزستان در یک روند قائم از شمال به جنوب بهبود پیدا می‌کنند. خاستگاه عمده نهشته‌های کانون‌های داخلی گنبد‌های نمکی، سازندهای مارنی، ماسه‌سنگی و کنگلومرایی می‌باشد. پایش‌های زیست‌محیطی بر روی کانون‌های ریزگرد و نمونه‌های ریزگرد دشت خوزستان حاکی از وجود آلودگی‌های زیست‌محیطی متأثر از جنگ تحمیلی، فعالیت‌های نفتی و پتروشیمی در کنار فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ریزگرد، کانون ریزگرد، دشت خوزستان

پیشگفتار

توفان‌های گرد و غبار در خاورمیانه، شمال آفریقا، شمال چین و استرالیا، در طول فصل بهار و تابستان پدیده‌های رایجی هستند (تسولمون و همکاران، ۲۰۰۸؛ گان و همکاران، ۲۰۱۷؛ جین و وانگ، ۲۰۱۷). این توفان‌ها باعث اختلال در زندگی روزمره شده و اثرات مخرب زیست‌محیطی و اقتصادی زیادی را بر جوامع بشری می‌گذارند. رسوب گرد و غبار با تأثیر بر فتوسنتز باعث کاهش تولید شده و با حمل ویروس‌ها و آلودگی‌ها از مناطق منشأ به بسیاری از مناطق دیگر، باعث گسترش بیماری می‌شوند (گراوندی و همکاران، ۲۰۱۸؛ دهقانی و همکاران، ۲۰۱۸). منابع اصلی گرد و غبار، بیابان‌ها،

گرد و غبار یا ریزگرد به ذراتی بسیار کوچک و سبک، سیلتی و رسی یا ماسه‌ای اطلاق می‌شود که در اثر فرسایش بادی و گسترش بیابان‌زایی توسط باد تا مسافت‌های بسیار طولانی جابجا و انتقال می‌یابد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۷). وقوع پدیده‌ی گرد و غبار از جمله وقایع معمول در نواحی خشک و نیمه‌خشک و مناطق بیابانی است (فراست و همکاران، ۱۳۹۷؛ اورلوسکی و همکاران، ۲۰۰۵). به زمین‌ها یا پهنه‌های خشک و مستعد فرسایش بادی کانون گردوغبار گفته می‌شود (لیم و چون، ۲۰۰۶؛ وی و همکاران، ۲۰۱۹؛ کوسه‌لا، ۲۰۱۹).

مناطق خشک، اراضی با خاک سست و زمین‌های کشت نشده هستند (لیم و چون، ۲۰۰۶؛ وی و همکاران، ۲۰۱۹؛ کوسه‌لا، ۲۰۱۹) و عوامل بسیاری در ایجاد پدیده‌ی گرد و غبار و انتشار آن دخیل می‌باشند. این عوامل عبارتند از: شرایط و ویژگی‌های عمومی جوی و تغییرات اقلیمی، کم بارشی و خشکسالی، مهار آب‌های سطحی، انحراف مسیر رودخانه‌ها و برداشت بی‌رویه از منابع آب، وضعیت زمین و تغییر کاربری اراضی، دانه‌بندی و نوع خاک، فقدان پوشش گیاهی منطقه، میزان رطوبت خاک، وزش بادهای نسبتاً شدید بر روی بیابان‌های با خاک نرم و خشک، حرکت صعودی هوا و انتقال قائم ذرات گرد و خاک معلق، و انتقال ذرات معلق توسط جریانات سطوح فوقانی جو به نقاط دورتر (مائو و همکاران، ۲۰۱۹؛ هیو و همکاران، ۲۰۱۹). پدیده‌های ریزگرد در مناطق خشک و کویر به علت فرسایش خاک رخ می‌دهد. فرسایش خاک به علت خشکسالی، از بین رفتن پوشش گیاهی و عدم مدیریت رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و باتلاق‌ها رخ می‌دهد (گراوندی و همکاران، ۲۰۱۸). شاخص‌های شیمیایی ذرات گرد و غبار و ویژگی‌های فیزیکی ذرات در آلودگی محیط‌زیست حائز اهمیت است. این ذرات علاوه بر اختلال در وضعیت هوای مطلوب مناطق، می‌تواند حامل باکتری‌ها و در نتیجه ناقل بیماری‌هایی از کشوری به کشور دیگر شوند و مرزهای بهداشتی را از نظر کنترل بیماری‌ها برهم زنند. علاوه ریزگردها می‌توانند حاوی ذرات مواد رادیواکتیو باشند که از طریق سیستم تنفسی انسان و حیوانات مولد بیماری‌های لاعلاج گردند. یکی از مناطقی که به شدت تحت تأثیر این پدیده قرار گرفته، استان خوزستان است که علت عمده آن ناشی از خشکسالی‌های اخیر در این منطقه می‌باشد. این رویداد زیست‌محیطی سبب بروز مشکلات زیادی در زمینه آب و هوا، بهداشت، حمل و نقل، کشاورزی و ... در دشت خوزستان شده است. هدف از این پژوهش، مروری بر مهم‌ترین مطالعات صورت گرفته بر روی کانون‌ها و ریزگردهای استان خوزستان با تأکید بر شناسایی کانون‌های داخلی گرد و غبار، خصوصیات رسوب‌شناسی، آثار زیانبار پدیده‌ی ریزگرد و تثبیت کانون‌های گرد و غبار می‌باشد.

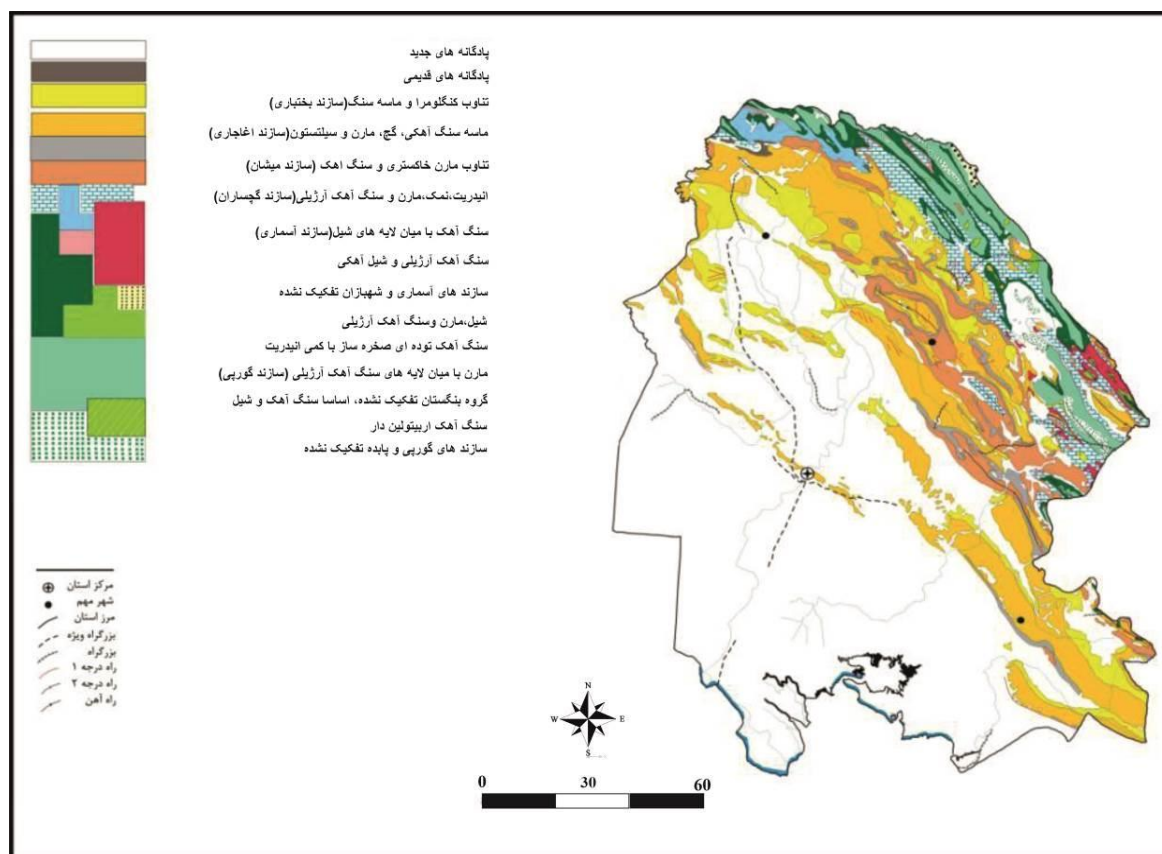
منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان در جنوب باختر ایران به دلیل تنوع ارتفاعی و وجود گستره آب‌های خلیج‌فارس در زمره

اقلیم‌های متنوع قرار دارد. این استان از نظر دمایی در کنار استان‌های گرم با میانگین دمای ۳۰ درجه در تابستان و ۱۰ درجه در زمستان قرار دارد. این استان در جنوب باختر ایران و در زون ساختاری زاگرس قرار دارد. گستره مورد مطالعه را به لحاظ چینه‌شناسی می‌توان به دو ناحیه تقسیم نمود (زرأسوندی، ۱۳۸۸). ناحیه ۱ شامل نواحی جنوب‌باختر، باختر و جنوب‌خاور استان و ناحیه ۲ شامل نواحی شمالی، شمال خاور و شمال‌باختر استان می‌باشد (زرأسوندی، ۱۳۸۸). ناحیه ۱ از نگاه رخساره‌های سنگی و سیمای ساختاری بخشی از فروافتادگی دزفول و دشت خوزستان می‌باشد. این ناحیه شامل نهشته‌های حوضه نئوژن گروه فارس (سازندهای گچساران، سازند آغاچاری، عضو لهبری و سازند بختیاری) و نهشته‌های جوان کواترنر (رسوبات مخروط‌افکنه‌ای، آبرفتی و بادرفتی) می‌باشد (زرأسوندی، ۱۳۸۸). ناحیه ۲ بخشی از زون زاگرس است و از نگاه تکتونیکی در محدوده زاگرس چین‌خورده و زاگرس مرتفع می‌باشد و یک پوشش رسوبی متشکل از نهشته‌های فانروزوئیک می‌باشد (زرأسوندی، ۱۳۸۸). عمده واحدهای سنگ‌چینه‌ای ناحیه ۲ شامل واحدهای کرتاسه، تریاس و سنوزوئیک مانند سازند پابده، آسماری و سازند بختیاری می‌باشد. نهشته‌های جوان کواترنر در این ناحیه گسترش محدودی در پای ارتفاعات دارند (زرأسوندی، ۱۳۸۸) (شکل ۱). به لحاظ اقلیمی استان خوزستان ۳ درصد از بیابان‌های کشور را به خود اختصاص داده است (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳) که این نواحی عمدتاً متمرکز در ناحیه ۱ می‌باشند. استان خوزستان در دهه‌های اخیر دستخوش توفان‌های گردوغبار با منشأهای داخلی و خارجی زیادی قرار گرفته است. از سال ۱۳۸۵ تاکنون کانون‌های خارجی جدیدی خوزستان و نواحی جنوب‌باختر کشور را تحت تأثیر قرار داده است. کانون بسیاری از توفان‌های ریزگرد در گذشته صحرای عربستان و شمال آفریقا بوده است که به دلیل درشتی ذرات و نشست سریع، ماندگاری و قدرت انتقال کمتری داشتند (اژدری، ۱۳۹۴). اما در دهه‌ی اخیر به علت تشدید تغییرات آب و هوایی و خشکسالی از یک سو و توسعه طرح‌های عمرانی و برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب از سوی دیگر بسیاری از تالاب‌ها و نواحی مرطوب در عراق و سوریه رو به خشکی نهاده و منشأ بسیاری از توفان‌های گرد و غبار گردیدند.

کانون‌های خارجی گرد و غبار استان خوزستان تعیین کرد که به اختصار در جدول ۱ و شکل ۲ ارائه شده است. به علت گسترش آبرفت‌های ماسه‌ای در گستره‌ی قابل توجهی از استان به ویژه در دشت خوزستان و جنوب باختر خوزستان این نواحی از منشأهای مهم تولید ریزگرد در دشت خوزستان بوده که کانون‌های داخلی ریزگرد در آن متمرکز می‌باشند. شاخص‌ترین کانون‌های گردوغبار در سال ۱۳۸۱ توسط اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان در قالب ۴ ناحیه معرفی شدند که این نواحی شامل: ۱- مناطق خاور اهواز ۲- باختر و شمال باختر اهواز ۳- ماهشهر، امیدیه و رامهرمز ۴- شمال بستان می‌باشند (شکل ۳).

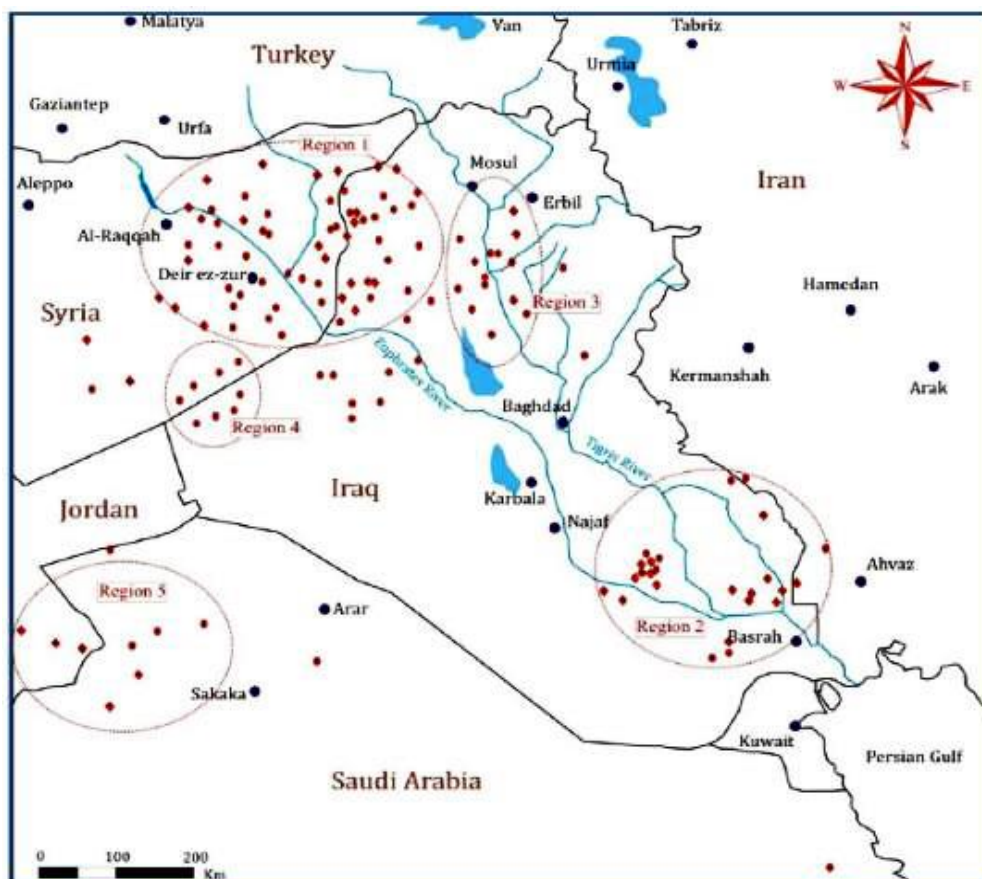
جنس رسوبات این مناطق از نهشته‌های رسی و دانه‌ریز می‌باشد که تا ارتفاع زیادی در جو بالا رفته و علاوه بر ماندگاری و غلظت زیاد، مسافت‌های بسیار زیادی را طی می‌کنند (جلالی، ۱۳۸۸). در سال ۱۳۹۴ سازمان زمین‌شناسی به بررسی آماری توفان‌های روی داده در دوره ده ساله ۲۰۱۴ - ۲۰۰۵ در ایستگاه‌های خوزستان پرداخت. در این گزارش ۸۴/۲٪ از توفان‌های این استان منشأ خارجی، ۹/۵٪ منشأ داخلی و ۶/۳٪ منشأ مشترک تشخیص داده شد. در سال ۱۳۹۰ صمدی و میری به ترتیب ۶ و ۴ منطقه را به عنوان منبع اصلی کانون‌های ریزگرد با منشأ خارجی تشخیص دادند. درویشی‌خاتون نیز سال ۱۳۹۲ پنج ناحیه با اولویت را به عنوان



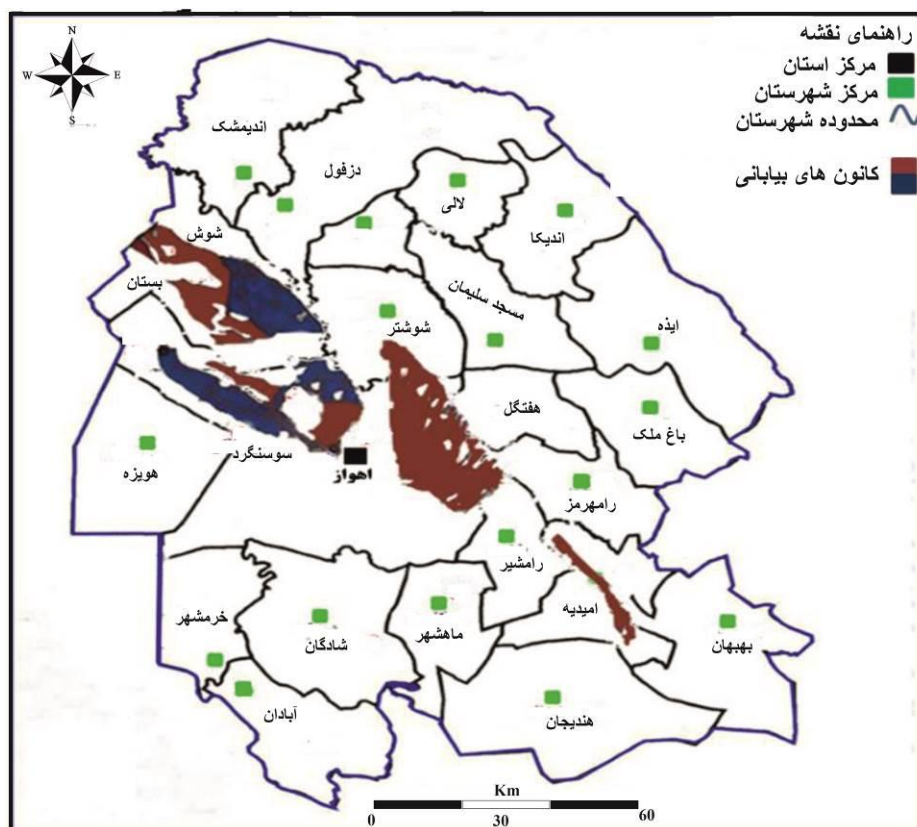
شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی استان خوزستان (زراسوندی، ۱۳۸۸)

جدول ۱. مشخصات کانون‌های خارجی ریزگرد استان خوزستان برگرفته از (درویشی‌خاتون، ۱۳۹۲)

اولویت	محدوده کانون
۱	شمال باختر عراق و خاور سوریه، دو طرف رود فرات
۲	تالاب‌ها و زمین‌های خشک شده جنوب عراق یا بین‌النهرین
۳	زمین‌های اطراف و شمال دریاچه تارتار در عراق
۴	زمین‌های باخترعراق، استان الانبار و خاور سوریه، استان هاموس
۵	مناطق مرزی شمال عراق و خاور اردن



شکل ۲. نقشه پراکنش مکان کانون‌های ریزگرد با منشأ خارجی در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۱ (درویشی خاتونی، ۱۳۹۲)



شکل ۳. کانون‌های بیابانی و گرد و غبار استان خوزستان (اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان، ۱۳۸۱)

روش مطالعه

روش این تحقیق مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و پیمایش صحرایی می‌باشد. در آغاز، مهم‌ترین آثار منتشر شده پیرامون پدیده‌ی ریزگرد، مبانی، آثار و روش‌های مقابله در دو دهه گذشته با تأکید ویژه بر استان خوزستان مورد ارزیابی قرار گرفت. در ادامه با پیمایش صحرایی در دو کانون ریزگرد داخلی در استان خوزستان پدیده‌ی یاد شده، آثار و عملیات‌های تثبیت کانون ریزگرد مورد بررسی قرار گرفت.

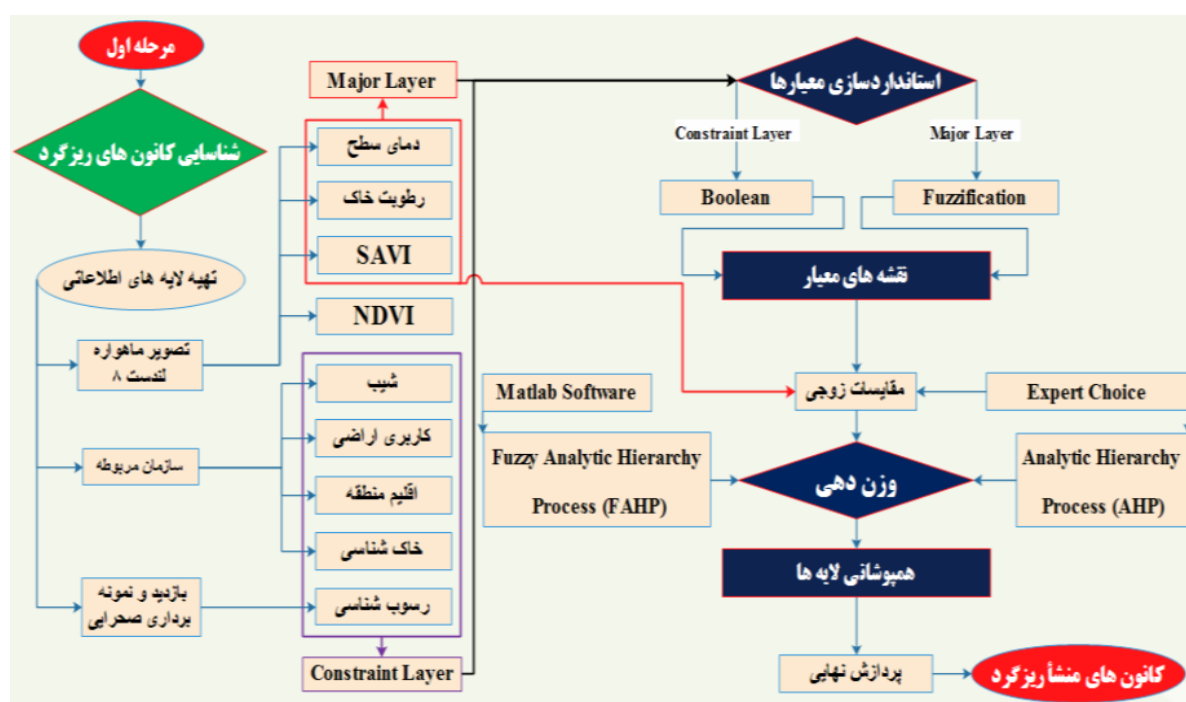
بحث

مطالعه ریزگرد و تعیین کانون گرد و غبار به روش‌های گوناگونی صورت می‌پذیرد. از جمله این روش‌های می‌توان به تعیین منشأ گرد و غبار توسط تکنیک‌های شبیه‌سازی (مائو و همکاران، ۲۰۱۹؛ هیو و همکاران، ۲۰۱۹)، ردیابی ایزوتوپی (مونرو و همکاران، ۲۰۱۹)، مطالعات رسوب‌شناسی و ژئوشیمیایی (زراسوندی و همکاران، ۲۰۱۱)، تکنیک‌های دورسنجی و ماهواره‌ای (هانگ و همکاران، ۲۰۱۴؛ راشکی و همکاران، ۲۰۱۷) و ردیابی رسوب (غلامی و همکاران، ۲۰۲۰)، و داده‌کاوی (غلامی و همکاران، ۲۰۱۹) اشاره کرد. پژوهش‌های زیادی توسط محققان مختلف بر روی ریزگردهای استان

خوزستان از جنبه‌های مختلف صورت گرفته است. در ادامه مهم‌ترین روش‌های مورد مطالعه در این گستره، با تأکید بر شناسایی کانون‌های ریزگرد با ذکر مثال موردی ارائه می‌گردد.

مطالعه کانون ریزگرد با ترکیب روش دورسنجی و رسوب‌شناسی

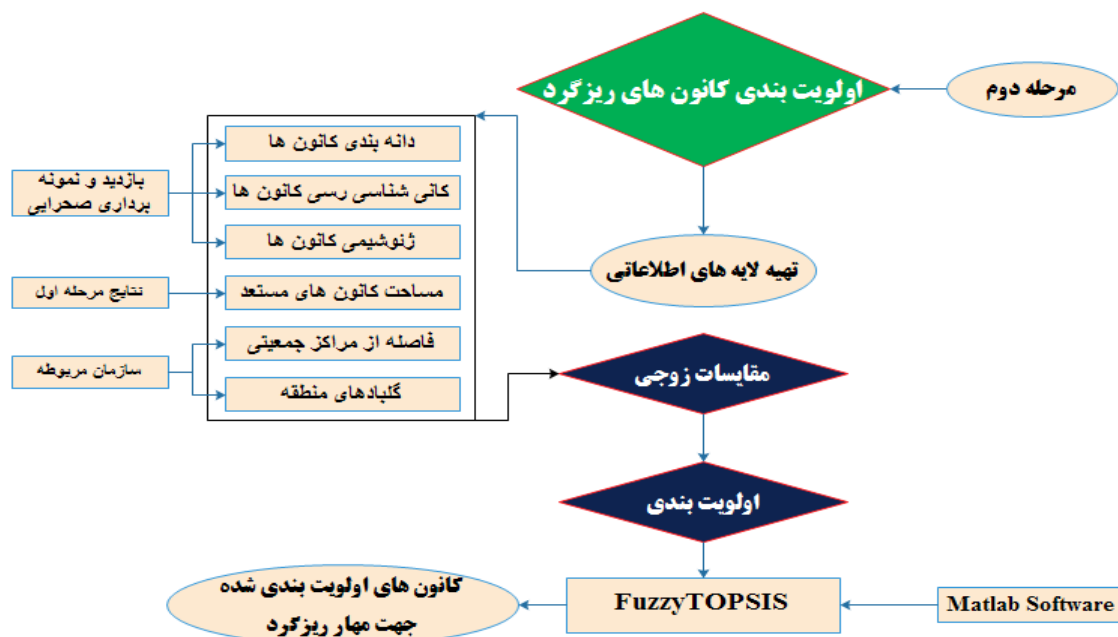
این روش توسط حیدریان و همکاران در سال ۱۳۹۶ در استان خوزستان مورد تحقیق قرار گرفت. در این روش داده‌های خاک‌شناسی، کاربری اراضی، اقلیم، شیب و رسوب‌شناسی به عنوان لایه‌های محدود کننده؛ و لایه پوشش گیاهی، دمای سطح زمین و رطوبت خاک به عنوان لایه‌های اصلی استفاده می‌شود. لایه‌های اصلی با اجرای پردازش‌های محاسباتی لازم روی تصاویر ماهواره لندست ۸ استخراج می‌گردد. در مرحله بعد وزن‌دهی لایه‌های اصلی با به کارگیری روش مقایسات زوجی و روش تحلیل سلسله مراتبی فازی صورت گرفت. بعد از ضرب هر لایه اصلی در وزن متناظر، تلفیق نهایی لایه‌ها انجام شد و نقشه مناطق و کانون‌های گرد و غبار تعیین می‌گردد. شکل ۴ مراحل انجام این پژوهش را نشان داده است.



شکل ۴. نمودار روش مطالعه کانون ریزگرد با ترکیب روش دورسنجی و رسوب‌شناسی (برگرفته از پژوهش حیدریان و همکاران، ۱۳۹۶)

مراحل انجام این قسمت از پژوهش ارائه شده است. نتایج این پژوهش منتج به شناسایی ۷ کانون داخلی ریزگرد گردید. مشخصات این هفت کانون در جدول ۲ و شکل ۶ ارائه شده است. کانون‌های داخلی تولید ریزگرد در استان خوزستان در بخش‌های باختری، جنوب و جنوب‌خاوری این استان که دارای اقلیم فراخشک، خشک و اراضی بایر می‌باشند، متمرکز شده‌اند.

در ادامه به منظور تعیین اولویت کانون‌های شناسایی شده، بازدهی‌های صحرایی و نمونه‌برداری از این کانون‌ها صورت می‌گیرد و با تعیین دانه‌بندی نهشته‌های کانون‌های مورد اشاره، تعیین کانی‌های رسی، تعیین ویژگی‌های ژئوشیمیایی در کنار اطلاعاتی همچون مساحت کانون‌ها، فاصله از مراکز جمعیتی و گلبادهای منطقه صورت می‌گیرد. این مهم توسط آنالیز فازی و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی صورت می‌گیرد. در شکل ۵



شکل ۵. نمودار بخش دوم روش مطالعه کانون ریزگرد با ترکیب روش دورسنجی و رسوب‌شناسی (برگرفته از پژوهش حیدریان و همکاران، ۱۳۹۶)

جدول ۱. کانون‌های داخلی ریزگرد استان خوزستان برگرفته از (حیدریان و همکاران، ۱۳۹۶)

اولویت	نام کانون	توضیحات
۱	ناحیه جنوب باختر هویزه	بخش‌های خشک شده تالاب هورالعظیم و نواحی اطراف آن
۲	ناحیه شمال و خاور خرمشهر	این مناطق دشت‌های آبرفتی مسطح و دانه‌ریز هستند با شوری بالا و فاقد پوشش گیاهی
۳	ناحیه خاور اهواز	پلاهای خشک شده مالچ و آبگیرهای انتهایی رودخانه کوپال
۴	ناحیه جنوب و جنوب خاور اهواز	بخش‌هایی از باختر نهر مالچ تا نواحی باختر جراحی و رامشیر که مجموعه‌ای از آبگیرهای خشک شده است
۵	محدوده بندر امام - امیدیه	این محدوده کفه‌های رسی بسیار وسیعی است که تحت تاثیر سیلاب‌های رودخانه جراحی قرار داشته است
۶	محدوده ماهشهر - هندیجان	این محدوده کفه‌های رسی بسیار وسیعی است که فاقد هرگونه پوشش گیاهی است
۷	محدوده خاور هندیجان	شامل پهنه‌های رسی است که در خاور رودخانه زهره و به موازات تاقدیس رگ سفید قرار دارد

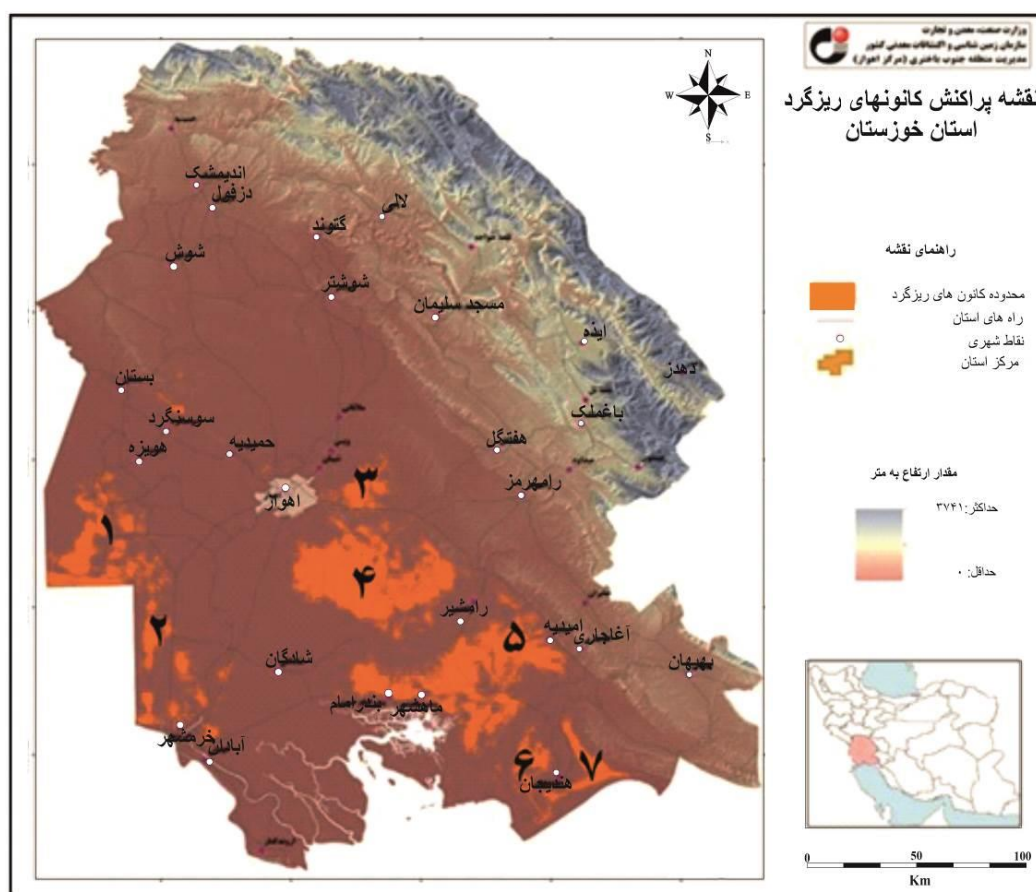
مطالعه کانون ریزگرد با روش ردیابی رسوب

ردیابی رسوب یا ریزگرد یکی از روش‌های مهم منشأیابی است که خود می‌تواند شامل ردیابی رسوب با کمک کانی‌شناسی، ژئوشیمی و یا تکنیک‌های RS و GIS باشد.

روش ردیابی رسوبی به عنوان روشی با دقت و کارایی بالا امروزه مورد توجه پژوهشگران زیادی قرار گرفته است. در این روش ویژگی‌های مختلف فیزیکی، ژئوشیمی و آلی ریزگرد و منابع رسوبی و همچنین تکنیک‌های آماری

عنصر ژئوشیمیایی در آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس از نمونه‌های ریزگرد استان نیز نمونه‌برداری و آنالیزی مشابه نمونه‌های رسوب روی آن‌ها صورت گرفت. در مرحله بعد روش ردیابی رسوب و ریزگرد مطابق شکل ۷ انجام گرفت و در پایان نقشه‌ی پهنه‌بندی مناطق مستعد تولید گرد و غبار تهیه و ارائه گردید (شکل ۸). بر مبنای این پژوهش بالاترین نرخ فرسایش بادی متعلق به خاک ماسه گلی و کمترین نرخ فرسایش متعلق به خاک رس و رس سیلتی بوده است و نهشته‌های اطراف اهواز و جنوب دشت خوزستان بیش‌ترین پتانسیل تولید ریزگرد را به خود اختصاص دادند.

چند متغیره و مدل‌های ترکیبی و یا غیرترکیبی در تعیین سهم منابع استفاده می‌گردد. در پژوهشی غلامی و همکاران (۲۰۲۰) در گستره استان خوزستان، به شناسایی منابع گردوغبار و تعیین سهم این منابع در تولید گردوغبار با کمک ردیابی رسوب و با استفاده از مدل‌های آماری و شبیه‌سازی مونت کارلو و گلو پرداختند. آن‌ها ضمن تهیه گلباد استان خوزستان در بازه زمانی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ بر مبنای نقشه کلاس خاک استان که شامل ۵ کلاس بوده است تعداد ۲۶۴ نمونه رسوب سطحی را برداشت کردند. در مرحله بعد این نمونه‌ها مورد آنالیز ICP-OES قرار گرفت و غلظت ۲۰

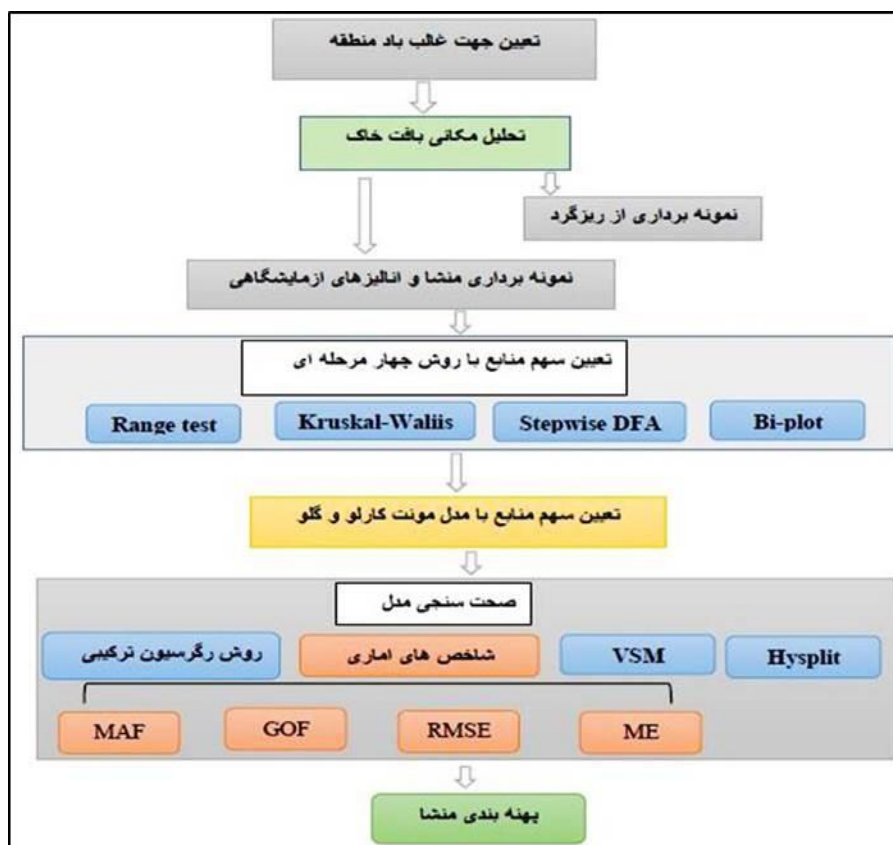


شکل ۶. نقشه کانون‌های داخلی ریزگرد استان خوزستان (حیدریان و همکاران، ۱۳۹۶)

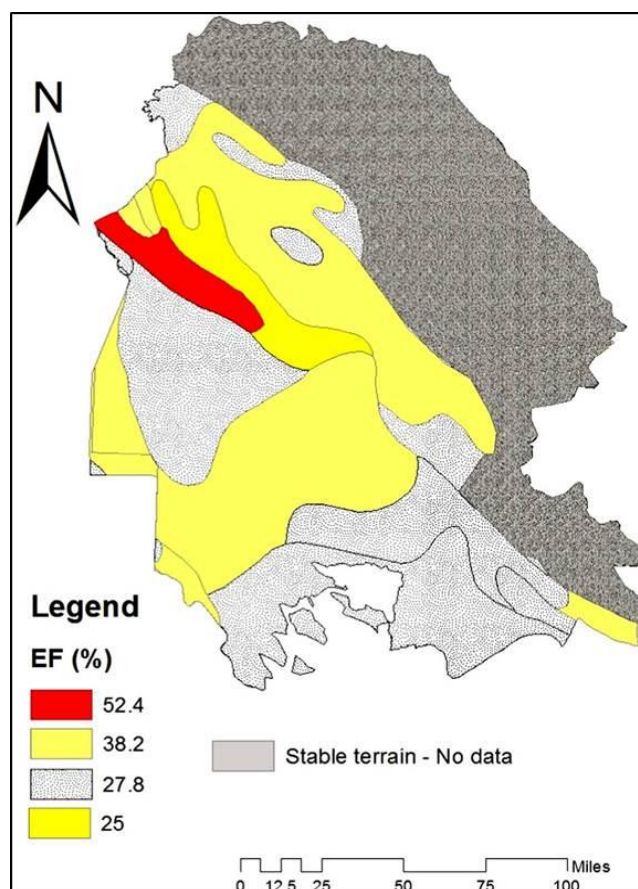
زمینه‌ها می‌باشد. داده‌کاوی شاخه پیچیده و توسعه یافته علم آمار و یک روش حل مسئله مبتنی بر داده‌های موجود می‌باشد. مطالعه و منشأیابی کانون‌های ریزگرد بر مبنای داده‌کاوی برای نخستین بار توسط غلامی و همکاران (۲۰۱۹) در استان خوزستان صورت گرفت.

مطالعه کانون ریزگرد با روش داده‌کاوی

داده‌کاوی یک اصطلاح عمومی و گسترده است که شامل طیف وسیعی از مدل‌ها برای ارائه نقشه‌های پیش‌بینی می‌باشد. به عبارت دیگر داده‌کاوی علم روز و مدرنی است که پایه و اساس تصمیم‌های مهم مدیریتی در همه



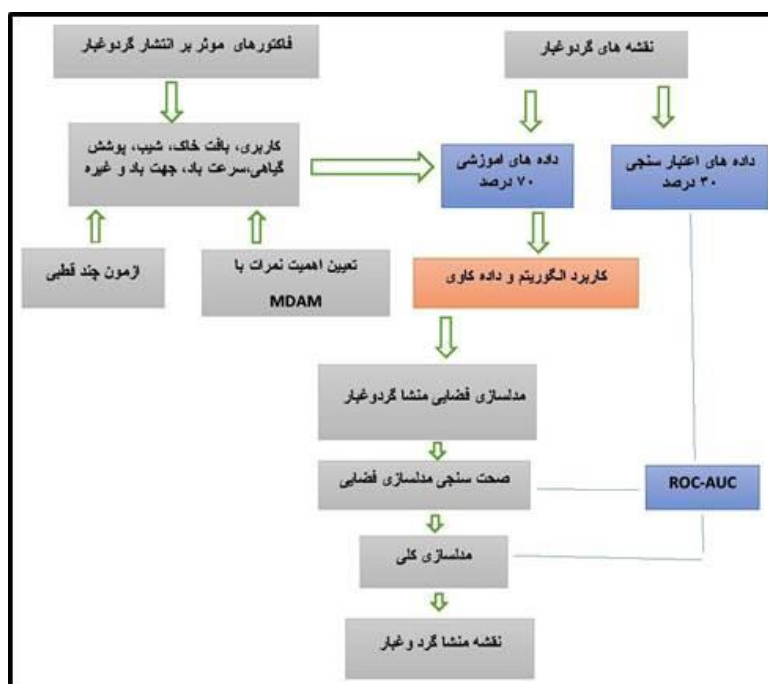
شکل ۷. نمودار روش مطالعه کانون ریزگرد با روش ردیابی رسوب مطالعه موردی استان خوزستان (غلامی و همکاران، ۲۰۲۰)



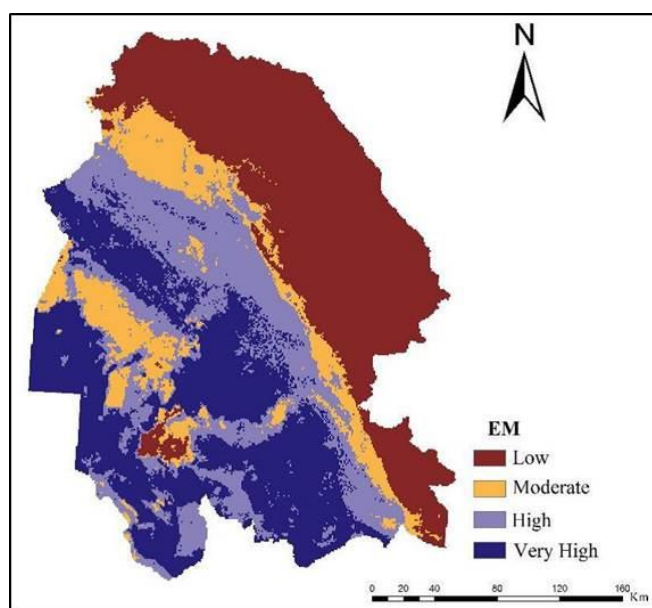
شکل ۸. نقشه فرسایش خاک و مناطق مستعد تولید گرد و غبار برگرفته از مطالعه (غلامی و همکاران، ۲۰۲۰)

آموزشی و اعتبارسنجی قرار گرفت. در ادامه آنالیزهای و الگوریتم‌های داده‌کاوی مطابق شکل ۹ روی داده‌ها انجام گرفت و در نهایت نقشه‌های منشأ تولید ریزگرد تهیه گردید (شکل ۱۰). بر مبنای این مطالعه فاکتور سرعت باد بیش‌ترین ارزش و فاکتور زمین‌شناسی کمترین ارزش را در برآورد و تولید ریزگرد داشته است. هم‌چنین بیش‌ترین پتانسیل تولید ریزگرد به نهشته‌های جنوب و جنوب باختر دشت خوزستان و قسمت‌هایی از مرکز دشت خوزستان اختصاص داده شد.

در این پژوهش ۱۲ عامل شامل سرعت باد، بارش، بافت خاک، مقاومت خاک، چگالی خاک، شوری خاک، مقدار ماده آلی خاک، ظرفیت آب موجود در خاک، شاخص پوشش گیاهی، کاربری اراضی، زمین‌شناسی، مدل رقومی ارتفاع و نوع زمین به عنوان عوامل موثر بر تولید ریزگرد و فرسایش شناسایی شدند و بر مبنای شاخص MDAM رتبه‌دهی به آن‌ها صورت گرفت. در مرحله بعد بر روی این ۱۲ عامل آزمون چند قطبی صورت گرفت. نقشه‌های گرد و غبار موجود به صورت تصادفی در قالب دو گروه



شکل ۹. نمودار روش مطالعه کانون ریزگرد با روش داده‌کاوی مطالعه موردی استان خوزستان (غلامی و همکاران، ۲۰۱۹)



شکل ۱۰. نقشه حساسیت به تولید گردوغبار با روش داده‌کاوی مطالعه موردی استان خوزستان (غلامی و همکاران، ۲۰۱۹)

رسوب‌شناسی کانون‌های ریزگرد و گرد و غبار

مطالعات زیادی بر روی رسوب‌شناسی و ترکیب کانی‌شناسی رسوبات دشت خوزستان به عنوان کانون ریزگرد و ریزگردهای استان خوزستان توسط محققان صورت گرفته است. عمده این پژوهش‌ها ترکیب ریزگردهای استان خوزستان را در سه گروه کربنات، سیلیکات و تبخیری‌ها تقسیم‌بندی کرده است (حیدریان، ۱۳۹۶؛ درویشی‌خاتون، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵؛ جلالی، ۱۳۹۶). درویشی‌خاتون در مطالعه جامعی بر روی کانون‌های گرد و غبار در استان خوزستان تیپ رسوبی عمده این کانون‌ها را به ترتیب گل‌ماسه‌ای با کمی گراول، گل با کمی گراول، ماسه‌گلی با کمی گراول و گل‌گراولی تشخیص داد. هم‌چنین جورشدگی این رسوبات را در کلاس بد تا بسیار بد تشخیص داد که در یک راستای شمالی - جنوبی به سمت جنوب جورشدگی با تبعیت از جریان هیدرولیکی حمل و نقل افزایش پیدا می‌کند (درویشی‌خاتون، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵). بررسی غلظت ترکیبات و فلزات سنگین در این کانون‌ها نشان داد که برخی عناصر دارای غلظتی نامتعارف می‌باشند که این مهم به علت فعالیت‌های انسان‌زاد از جمله آلودگی‌های جنگ‌تحمیلی، آلودگی‌های صنعتی، فعالیت‌های نفتی و فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد. خاستگاه عمده رسوبات کانون‌های گرد و غبار استان خوزستان گنبدهای نمکی، رخساره‌های گچی و مارنی (سازندهایی مثل میشان و گچساران) و رخساره‌های ماسه‌سنگی گنگلومرایی (سازند آگاجاری و سازند بختیاری) می‌باشد (درویشی‌خاتون، ۱۳۹۲؛ زراسوندی و جلالی، ۱۳۹۶؛ حیدریان و همکاران، ۱۳۹۶).

آثار ریزگرد

توفان‌های گرد و غبار به دلیل آلوده کردن هوا و هم‌چنین وارد کردن ذرات بسیار ریز در هوا باعث ایجاد اثرات نامطلوب بسیاری می‌شوند. مطالعات نشان می‌دهد که توفان‌های گرد و غبار باعث گسترش بیماری و افزایش ۱/۷ درصدی مرگ و میر می‌شوند (هيو و همکاران، ۲۰۰۷). عطایی (۱۳۹۶) در پژوهشی روند بیماری‌های تنفسی در استان خوزستان را مورد تحقیق قرار داد و به این مهم رسید که در دوره‌های خشکسالی و گرد و غبار میزان شیوع بیماری‌های تنفسی حدود ۸۰ درصد افزایش می‌یابد. از سوی دیگر پدیده گرد و غبار با ایجاد بسیاری

از اختلالات موجب مرگ و میر دام شده و با تأثیر مستقیم بر کاهش تولید دام، تأثیر غیرمستقیمی بر بازار و اقتصاد خواهد داشت (نامداری، ۱۳۹۲؛ گراوندی و همکاران، ۲۰۱۸). در استان خوزستان پدیده گرد و غبار بر روی محصولات کشاورزی مانند خرما تأثیر منفی گذاشته و باعث افت کیفیت و کمیت این محصول شده و از این‌رو خسارات زیادی به بخش کشاورزی استان وارد کرده است. آروین و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی ادعان داشتند نشست گرد و غبار بر روی محصول مهمی مانند نیشکر که سطح کشت وسیعی در استان خوزستان دارد باعث کاهش نیتروژن‌سازی محصول و در نهایت افت روند رشد و افت کیفی این محصول مهم کشاورزی می‌گردد. گرد و غبار هم‌چنین به دلیل حمل مواد شیمیایی با خود اثرات مخربی بر ابنیه و تجهیزات داشته و واکنش‌پذیری و تخریب این تجهیزات را سهولت می‌بخشند (خلیلی‌مقدم، ۱۳۹۰). پدیده‌ی گرد و غبار چالش‌های مهم فرهنگی و جمعیتی را نیز سبب می‌شود که گریبانگیر ساکنان دشت خوزستان می‌باشد. شایان و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی اثرات ریزگرد بر بروز چالش سکونت گاه‌های انسانی در شهرستان آبادان واقع در دشت خوزستان پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که این پدیده تهدید جدی فرهنگی و اجتماعی برای مردم آن منطقه بوده و باعث کاهش فعالیت‌های تفریحی، ورزشی و کاهش جدی درآمد‌های خانوارهای ساکن منطقه شده که این مهم در آینده دشت خوزستان را با چالش‌های سکونت‌گاهی زیادی از جمله مهاجرت روبرو خواهد شد.

روش‌های تثبیت کانون ریزگرد

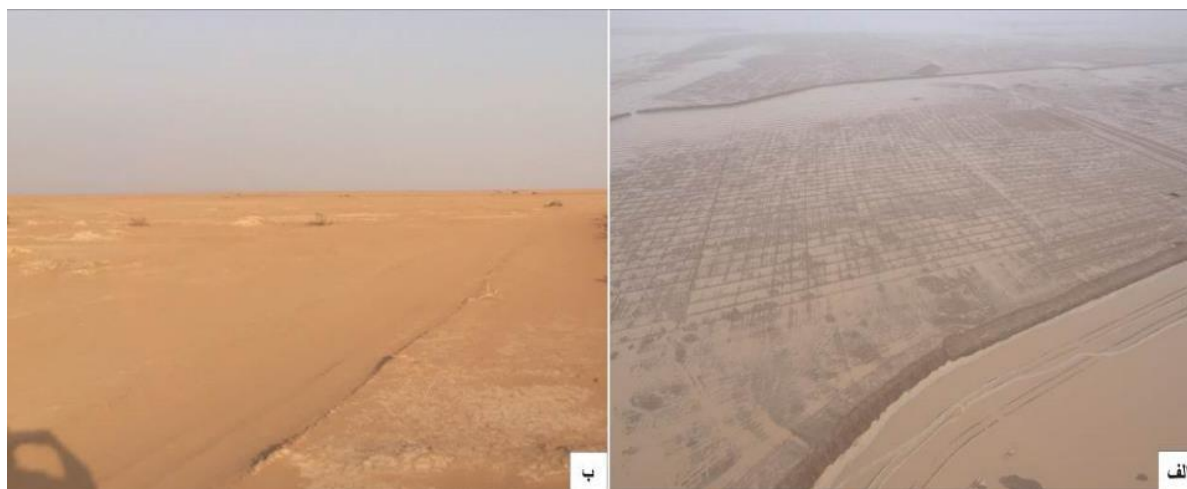
به منظور مهار ریزگرد و کاهش این توفان‌ها و در راستای کاهش فرسایش‌های بادی عملیات‌های مختلفی به منظور تثبیت کانون‌های گرد و غبار انجام می‌گیرد. تثبیت فیزیکی‌وشیمیایی کانون‌های گردوغبار یکی از این روش‌هاست که به کمک مالچ پاشی و یا احداث بادشکن‌های غیرزنده بر روی مناطق فرسایش‌پذیر، تثبیت خاک را سهولت می‌بخشند (صادقی، ۱۳۹۳؛ عین قلایی و همکاران، ۱۳۹۰؛ گین و همکاران، ۲۰۰۵؛ سلانینا، ۲۰۰۷؛ اگوردونیکوف، ۲۰۱۱). مالچ پوششی است برای محافظت و ارتقا کیفیت خاک. در گذشته از مالچ‌های نفتی برای

می‌توان از برداشت و حمل رسوب در کانون‌های گرد و غبار جلوگیری کرد (شکل ۱۲). طرح احیای بیولوژیکی کانون‌های گرد و غبار نیز از طریق نهال‌کاری، بوته‌کاری و بذرکاری به منظور افزایش توان تولید بیولوژیکی و کنترل فرسایش از دیگر راه‌های مهار ریزگرد می‌باشد (شکل ۱۳). خادم‌الرسول و همکاران (۱۳۹۶) کشت گیاه دانه روغنی کرچک در کانون‌های ریزگرد استان خوزستان را مورد پژوهش قرار داد و اثر آن بر تثبیت کانون و کاهش گرد و غبار را مثبت ارزیابی کرد. مدیریت رواناب‌های بالادست و ذخیره‌ی نزولات جوی و همچنین مطالعه کارشناسی بر روی سدسازی و کاهش طرح‌های انتقال آب، از دیگر راه‌های افزایش رطوبت خاک و در نتیجه کاهش فرسایش بادی و تولید گرد و غبار می‌باشد. بساک و همکاران (۱۳۹۷)، اثرات انتقال آب سرشاخه‌های کارون بر پدیده‌ی ریزگرد مورد پژوهش قرار داده و اذعان داشتند که عدم مدیریت درست منابع آب، سدسازی و اجرای طرح‌های انتقال آب در سرشاخه‌های کارون موجب کاهش دبی و رطوبت خاک در باختر حوضه کارون و در نتیجه گسترش کانون ریزگردها در استان خوزستان شده که این امر می‌تواند اثرات زیست‌محیطی و مخاطرات انسانی از جمله ابتلا به انواع امراض تنفسی و ریوی و همچنین کاهش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و در نتیجه کاهش امنیت غذایی را در پی داشته باشد (بساک و همکاران، ۱۳۹۷).

تثبیت کانون‌های گرد و غبار استفاده می‌شد. این مالچ‌های نفتی حاوی سرب بوده و اثرات زیست‌محیطی زیادی را در مناطق فرسایش‌پذیر ایجاد می‌کردند (ربیعی، ۲۰۱۰). با توجه به آثار زیست‌محیطی این مالچ‌ها از قبیل آلوده کردن زمین و گیاه و ایجاد بیماری‌های تنفسی (صادقی، ۲۰۱۴). امروزه مالچ‌های بیولوژیکی و ارگانیکی مانند پوسته درختان، تراشه‌های چوب و برگ درختان استفاده می‌شود. شهنواز و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی کارایی مالچ پلیمری و مالچ پایه گیاهی بر کاهش هدررفت خاک در اراضی مستعد فرسایش بادی در استان خوزستان پرداخت و مالچ پلیمری را مالچ مناسب‌تری برای فرسایش خاک در این منطقه معرفی کرد. فرامهر و همکاران نیز در سال ۱۳۹۴ در مقایسه‌ای انواع مالچ‌های سازگار با طبیعت را در استان خوزستان مورد بررسی قرار داده و از بین مالچ‌های فراورده نیشکر، مالچ‌های رسی، مالچ‌های معدنی (نمک و آب) و مالچ‌های پلیمری، مالچ‌های معدنی را به دلیل داشتن مقاومت برشی مناسب و پاشش آسان بهترین نوع مالچ در تثبیت ماسه‌های روان در استان خوزستان شناسایی کردند. از دیگر راه‌های تثبیت فیزیکوشیمیایی رسوب می‌توان به احداث بادشکن‌های غیرزنده اشاره کرد (شکل ۱۱). هدف از احداث این بادشکن‌ها کاهش سرعت باد، به کمتر از سرعت آستانه فرسایش بادی برای کنترل و ثبت ماسه‌ها بر روی کانون‌های گرد و غبار می‌باشد (عین‌قلایی و همکاران، ۱۳۹۰) همچنین با احداث تله‌های رسوبی



شکل ۱۱. الف) احداث بادشکن در یکی از کانون‌های ریزگرد استان خوزستان، ب و پ) ریزگرد مهار شده در پشت بادشکن الف بعد از حدود یک سال



شکل ۱۲. الف) تله‌های رسوبی و بادشکن‌های ساخته شده در یکی از کانون‌های ریزگرد استان خوزستان، ب) ریزگردهای به تله افتاده در تله‌های رسوبی الف بعد از حدود یک سال.



شکل ۱۳. الف) کاشت بوته و گیاه در یکی از کانون‌های ریزگرد استان خوزستان، ب) احداث هلالی‌های آبگیر جهت مدیریت رواناب در بالادست یکی از کانون‌های ریزگرد استان خوزستان

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر سعی شده تا با پدیده‌ی ریزگرد و معرفی کانون‌های داخلی و خارجی با تاکید بر استان خوزستان آشنایی حاصل گردد و ضمن معرفی این کانون‌ها و بیان خصوصیات آن‌ها اثرات این پدیده بر جوامع بشری نیز مورد بررسی قرار گیرد. پدیده ریزگرد در باختر ایران به خصوص دشت خوزستان یکی از عوامل پیچیده و معضلات روز می‌باشد. خشکسالی، نبود پوشش گیاهی و عدم مدیریت آبراهه‌ها در کنار فعالیت‌های صنعتی باعث گسترش کانون‌های گرد و غبار در استان خوزستان شده است. پدیده‌ی گرد و غبار با تأثیر بر سلامت انسان، کاهش کیفیت محصولات کشاورزی و همچنین کاهش کیفیت زندگی در استان خوزستان

خسارت‌های زیادی را بر این استان وارد کرده است. وجود ۷ کانون داخلی ریزگرد و حدود ۵ کانون خارجی ریزگرد سبب شده که این استان همواره در معرض توفان‌های گرد و غبار قرار گیرد. این کانون‌های ریزگرد عموماً دارای تیپ رسوبی ماسه‌گلی با کمی گراول و دارای خصوصیات بافتی ضعیفی می‌باشند که به سمت جنوب دشت خوزستان و تأثیر بیش‌تر حوضه‌های آبخیز در حمل و نقل رسوب در این دشت این خصوصیات بهبود نسبی پیدا می‌کنند. به لحاظ زیست‌محیطی ریزگردها و کانون‌های ریزگرد دشت خوزستان آلودگی‌ها و غلظت‌های نامتعارفی از بعضی عناصر سمی را نشان می‌دهند که نشان‌دهنده نقش فعالیت‌های نفتی، صنعتی، پتروشیمی و کشاورزی در کنار بقایا و آلودگی‌های جنگ ۸ ساله تحمیلی

زمین‌شناسی (مطالعه موردی استان خوزستان)، مجله علوم زمین، (۱۰۵)، ۲۷، ص ۳۳-۴۶.

خادم‌الرسول، ع.، صفی‌الدین‌اردبیلی، م (۱۳۹۶) پتانسیل سنجی استفاده از کشت دانه روغنی گیاه کرچک در اطراف مزارع جهت کنترل کانون‌های گردوغبار در استان خوزستان، چهارمین همایش ملی فرسایش بادی و توفان‌های گردوغبار.

درویشی‌خاتون، ج (۱۳۹۵) رسوب‌شناسی و زمین‌شیمی رسوبات دشت خوزستان با نگرش بر پتانسیل ایجاد ریزگرد، مجله یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، دوره ۱۰، شماره ۲۰، ص ۹۲-۱۰۶.

درویشی‌خاتون، ج (۱۳۹۲) منشا و ترکیب ریزگردهای استان خوزستان با استفاده از ژئوشیمی رسوبی و تصاویر ماهواره‌ای، گزارش سازمان زمین‌شناسی کشور، ۶۶ ص.

شایان، م.، قنبری، س.، سلمانی‌پور، ف.، میری، م.، ثنایی قهی، م (۱۳۹۶) بررسی اثرات ریزگرد در بروز چالش‌های سکونت‌گاه‌های انسانی در فضای شهری (مطالعه موردی شهرستان آبادان)، مجله مطالعات سکونتگاه‌های انسانی، (۱۲)، ۲، ص ۴۱۳-۴۳۱.

صادقی، ز (۱۳۹۳) نگاهی به اثرات مخرب زیست‌محیطی مالچ‌های نفتی به منظور مهار ریزگردها و معرفی فناوری‌های جایگزین آن، اولین همایش ملی بهداشت محیط، سلامت و محیط زیست پایدار، همدان.

صمدی، م (۱۳۹۰) آشکارسازی و شناسایی چشمه‌های توفان‌های ریزگرد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، پایان نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه تهران، ۱۷۱ ص.

عطایی، ه.، حیدری، م (۱۳۹۶) بررسی تاثیر تغییر اقلیم و گردوغبار بر بیماری‌های تنفسی (مطالعه موردی: شهر اهواز)، مجله مطالعات علوم‌زیستی و زیست‌فناوری، (۱۰)، ۳، ص ۱-۱۰.

عین‌قلایی، م.، بقایی، م (۱۳۹۰) محیط‌زیست پدیده‌ی ریزگردها (گردوغبار)، قوانین و راهکاری کاهش میزان گردوغبار موجود در هوا، پنجمین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده محیط‌زیست.

معماریان فرد، م.، مختاری، ح.، کهزاد بیگی، ب.، ذوالفقاری، ح (۱۳۹۴) بررسی ریزگردها و گردوغبار اثرات و روش‌های مهار آن، سومین همایش سراسری محیط‌زیست، انرژی و پدافند زیستی، تهران، موسسه آموزش عالی مهراروند، گروه ترویجی دوستداران محیط‌زیست.

نامداری، ف.، سهرابی، پ.، بخشی، س (۱۳۹۲) مروری بر اثرات ریزگرد بر اقتصاد، اولین همایش محیط‌زیست، انرژی و

می‌باشد. راهکارهای متعددی جهت کاهش پدیده ریزگرد توسط محققان پیشنهاد شده که از جمله می‌توان به مالچ پاشی، بذرکاری، نهال‌کاری، احداث بادشکن، احداث تله‌های رسوبی و مدیریت صحیح آبراهه‌ها اشاره کرد. بر مبنای پیشرفت علمی و هم‌چنین جهت کاهش هزینه‌های تثبیت کانون‌های ریزگرد، به نظر می‌رسد نیاز به مطالعه دقیق‌تر، مدرن‌تر و کمی‌تری بر مبنای منشأیابی ریزگرد، استفاده داده‌کاوی و ردیابی رسوب در کنار مطالعات دقیق رسوب‌شناسی و تلفیق این روش‌ها باهم در مطالعات هر یک از کانون‌های هفت‌گانه ریزگرد استان خوزستان ضروری می‌باشد. این امر به شناسایی دقیق سهم هر پهنه در تولید ریزگرد کمک کرده و به برنامه‌ریزی برای مدیریت تثبیت این پهنه‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها کمک شایانی می‌کند.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از حسن نظر و توجه آقایان دکتر موسوی‌حرمی، دکتر زنده‌مقدم، دکتر خدابخش و دکتر رفیعی تشکر نمایند. هم‌چنین از آقایان دکتر حمیدرضا پیروان و دکتر فرود شریفی از پژوهشکده حفاظت خاک تهران تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

اژدری، ع (۱۳۹۴) شناسایی کانون‌های گردوغبار در استان خوزستان، گزارش سازمان زمین‌شناسی کشور.

آروین، ع.، چراغی، ص.، چراغی، ش (۱۳۹۲) بررسی تاثیر گرد و غبار بر روند کمی و کیفی رشد نیشکر وارسته، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، (۳)، ۴۵، ص ۹۵-۱۰۶.

بساک، ع.، اعرابی‌مقدم، ح.، حجازی‌زاده، ز.، طولابی‌نژاد، م (۱۳۹۷) اثرات پروژه‌های انتقال آب سرشاخه‌های کارون در ایجاد با تشدید کانون‌های گردوغبار خوزستان با بهره‌گیری از فناوری RS و GIS، فصلنامه علمی پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیا، (۵۶)، ۱۶، ص ۲۲ - ۳۷.

حبیبی، ع.، شادفر، ص.، صادقی، م (۱۳۹۳) بررسی شدت بیابان‌زایی در رخساره‌های ژئومورفولوژی با استفاده از GIS در استان خوزستان، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۳۲، ص ۱۴۱-۱۵۹.

حیدریان، پ.، اژدری، ع.، جودکی، م.، درویشی‌خاتونی، ج.، شهبازی، ر (۱۳۹۶) شناسایی منشاهای داخلی توفان‌های گردوغبار با استفاده از سنجش از دور، GIS و

- fingerprinting reveals western North American sources of modern dust in the Uinta Mountains, Utah, USA. *Aeolian Res*, 38: 39-47.
- Shin, D., Lee, Y., Lim, Y., Kim, CH., Yang, J., and Shin, Y (2011) Evaluating the PM damage cost due to urban air pollution and vehicle emissions in Seoul, Korea. *Journal of Environmental Management*, 92: 603-609.
- Wei, T., Dong, Z., Kang, S., Rostami, M., Ulbrich, S., & Shao, Y (2019) Hf-Nd-Sr isotopic fingerprinting for aeolian dust deposited on glaciers in the northeastern Tibetan Plateau region. *Global and Planetary Change*, 177: 69-80.
- Zarasvandi, A., Carranza, E. J. M., Moore, F., Rastmanesh, F (2011) Spatio-temporal occurrences and mineralogical-geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). *Journal of Geochemical Exploration*, 111: 138-151.
- پدافند زیستی، تهران، موسسه آموزش عالی مهرانوند، گروه ترویجی دوستداران محیط‌زیست.
- Dehghani, S., Moore, F., Vasiluk, L., & Hale, B. A (2018) The geochemical fingerprinting of geogenic particles in road deposited dust from Tehran metropolis, Iran: Implications for provenance tracking. *Journal of Geochemical Exploration*, 190: 411-423.
- Geravandi, S., Yari, A. R., Jafari, M., Goudarzi, G., Vosoughi, M., Dastoorpoor, M., & Mohammadi, M. J (2018) Effects of dust phenomenon and impacts with emphasis on dust problems and present solutions in Khuzestan (Iran). *Archives of Hygiene Sciences*, 7(2): 134-138.
- Gholami, H., Mohamadifar, A., Collins, A. L (2020) Spatial mapping of the provenance of storm dust: application of data mining and ensemble modelling. *Atmos. Res*, 233: 104-176.
- Hu, Z., Huang, J., Zhao, C., Bi, J., Jin, Q., Qian, Y., Ma, J (2019) Modeling the contributions of Northern Hemisphere dust sources to dust outflow from East Asia. *Atmos. Environ*, 202: 234-243.
- Hua NP, Kobayashi F, Iwasaka Y, Shi GY, Naganuma T (2007) Detailed identification of desert-originated bacteria carried by Asian dust storms to Japan, *Aerobiologia*, 23(4): 291-299.
- Huang, J., Fu, Q., Zhang, W., Wang, X., Zhang, R., Ye, H., Warren, S. G (2011) Dust and black carbon in seasonal snow across northern China. *Bull. Am. Meteorol. Soc*, 92 (2): 175-181.
- Huang, J., Lin, B., Minnis, P., Wang, T., Wang, X., Hu, Y., Ayers, J. K (2006) Satellite-based assessment of possible dust aerosols semi-direct effect on cloud water path over East Asia. *Geophys. Res. Lett*, 33 (19): 1-5.
- Huang, J., Wang, T., Wang, W., Li, Z., Yan, H (2014) Climate effects of dust aerosols over East Asian arid and semiarid regions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119 (19): 11-39.
- Kousehlar, M., & Widom, E (2019) Sources of metals in atmospheric particulate matter in Tehran, Iran: Tree bark biomonitoring. *Applied Geochemistry*, 104: 71-82.
- Miri A, Ahmadi H, Ghanbari A, Moghaddamnia A (2007) Dust Storms Impacts on Air Pollution and Public Health under Hot and Dry Climate, *International Journal of Energy and Environment*, 1(2): 101-105.
- Miri, A., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M. R., Panjehkeh, N., & Ghanbari, A (2009) Environmental and socio-economic impacts of dust storms in Sistan Region, Iran. *International Journal of Environmental Studies*, 66(3): 343-355.
- Munroe, J. S., Norris, E. D., Carling, G. T., Beard, B. L., Satkoski, A. M., Liu, L (2019) Isotope