

Study of Deposition Rate and Dust Particle Size Distribution with Attention to Soil Properties in Hoveizeh-Khorramshahr Supercritical Source

REZA AMINFAR¹, AHMAD LANDI^{1*}, SAEED HOJATI¹

1. Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
(Received: Dec. 14, 2019- Revised: Feb. 20, 2020- Accepted: March. 14, 2020)

ABSTRACT

Dust storms can be one of the most important causes of air pollution in areas with dust sources and also in nearby areas. The purpose of this study was to investigate the changes rate of deposition and the pattern of particle size distribution of dust due to climatic factors around the dust. For this purpose, 30 stations were selected to install marine sediment Marbles traps in the city of Hoveizeh and Susangerd. Each month after collecting the dust samples, the rate of deposition and particle size distribution pattern of the dust were determined. The results of the dust particle deposition showed that the highest and the lowest monthly dust deposition occurred in May and March, respectively. The particle size distribution results showed that silt components form more than 80% of the deposited dust particles. Regarding the similarity of the texture of dust particles with the soil texture of the Hoveizeh-Khorramshahr dust source and also the land features and wind direction pattern of the study area, the origin of these dust storms is known to be from the neighboring areas of Khuzestan province, and probably from the Hoveizeh dust source and the dried wetlands in Iran-Iraq border.

Keywords: Deposition, Dust, Origin, Particle Size, Temporal Variation.

مطالعه نرخ فرونشست و توزیع اندازه ذرات گردوغبار با توجه به خصوصیات اراضی در کانون فوق بحرانی هویزه-خرمشهر

رضا امین‌فر^۱، احمد لندی^{*}، سعید حجتی^۱

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۲۳ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۲/۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۱۲/۲۴)

چکیده

طوفان‌های گردوغبار را می‌توان یکی از مهم‌ترین دلایل آلودگی هوا در مناطق دارای کانون‌های ریزگرد و مناطق همجوار آن‌ها دانست. این پژوهش با هدف بررسی تغییرات نرخ فرونشست و الگوی توزیع اندازه ذرات گردوغبار با توجه به عوامل اقلیمی مؤثر در اطراف کانون غبار هویزه انجام شد. بدین منظور ۳۰ ایستگاه برای نصب تله‌های رسوب‌گیر تیل‌ای در شهرهای هویزه و سوسنگرد انتخاب و همراه پس از جمع‌آوری نمونه‌های غبار، نرخ فرونشست و الگوی توزیع اندازه ذرات گردوغبار تعیین شد. نتایج نرخ فرونشست ذرات گردوغبار نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار فرونشست ماهانه گردوغبار به ترتیب در اردیبهشت و اسفندماه رخ داده است. نتایج توزیع اندازه ذرات نشان داد که بیش از ۸۰ درصد ذرات گردوغبار ته‌نشست‌شده را اجزای سیلت تشکیل می‌دهد. تشابه در بافت ذرات گردوغبار با بافت خاک کانون غبار هویزه-خرمشهر و از طرفی با توجه به الگوی جهت باد منطقه مورد مطالعه، می‌توان منشأ این طوفان‌های گردوغبار را از مناطق همجوار استان خوزستان و احتمالاً از کانون غبار هویزه و تالاب‌های خشک‌شده در مرز ایران و عراق دانست.

واژه‌های کلیدی: تغییرات زمانی، خاکرخ، فرونشست، گردوغبار، منشأیابی.

مقدمه

طوفان‌های گردوغبار را می‌توان به‌عنوان پدیده جوی تعریف کرد که در نتیجه گذر جریان‌های بادی شدید از اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک ایجاد می‌شوند. نتیجه این جریان‌های بادی، حرکت ماسه و غبار از سطوح سست و تولید طوفان‌های گردوغبار است (Wang *et al.*, 2015). طوفان‌های گردوغبار از جمله مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی در استان خوزستان محسوب می‌شود. کاهش حاصلخیزی خاک و خسارت به محصولات کشاورزی، کاهش تشعشعات خورشیدی، آلودگی هوا، افزایش بیماری‌های تنفسی از جمله مهم‌ترین پیامدهای وقوع طوفان‌های گردوغبار می‌باشد (Hojati *et al.*, 2012).

به طور کلی، ارتباط نزدیک و تنگاتنگی بین بیابان و طوفان‌های شن و گردوغبار وجود دارد. معمولاً بیابان‌ها منشأ و کانون اصلی تولید ذرات گردوغبار محسوب می‌شوند و گردوغبار در یک منطقه علاوه بر شدت و سرعت باد به‌اندازه و قطر ذرات نیز بستگی دارد (Beit-lafte *et al.*, 2015). غرب ایران و به‌ویژه استان خوزستان به دلیل نزدیکی با مناطق منشأ گردوغبار در غرب آسیا، منطقه‌ای مستعد برای رخداد پدیده گردوغبار به شمار می‌رود (Hojati *et al.*, 2012). در استان خوزستان هفت کانون بحرانی

فرسایش بادی وجود دارد که از سال ۱۳۸۲ فعالیت‌هایی برای مهار این کانون‌ها انجام شده است. ناحیه غرب هویزه، شمال خرمشهر (جنوب هویزه)، ناحیه شرق اهواز، محدوده بندر امام-امیدیه، ماهشهر-هندیجان، ناحیه شرق هندیجان و محدوده جنوب و جنوب شرق اهواز کانون‌های عمده و بحرانی فرسایش بادی در استان خوزستان هستند (Zolfaghari and Abedzadeh, 2005). به دلیل مجاورت مناطق غرب و جنوب غربی کشور با بیابان‌های بزرگ کشورهای همجوار روزهای غبارآلود در این مناطق قابل توجه است (Shahsavani *et al.*, 2012).

منابع اصلی گردوغبارهای ورودی به غرب ایران، نواحی بیابانی نسبتاً نزدیک به این منطقه مثل صحرای سوریه، عراق و صحرای موجود در شمال شبه‌جزیره عربستان است که نقش صحرای کبیر آفریقا در این میان ناچیز قلمداد می‌شود (Shahsavani *et al.*, 2012). از این رو کانون‌های غبار استان خوزستان به دلیل رسوبات آبرفتی دانه‌ریز، فرسایش‌پذیری زیادی دارد که با توجه به جهت وزش باد و خشک بودن منطقه این ذرات به راحتی حمل می‌شوند و در نتیجه باعث تشدید طوفان‌های گردوغبار می‌شوند. مطالعات زیادی در رابطه با تعیین نرخ فرونشست ذرات گردوغبار و بررسی آن‌ها از لحاظ خصوصیات

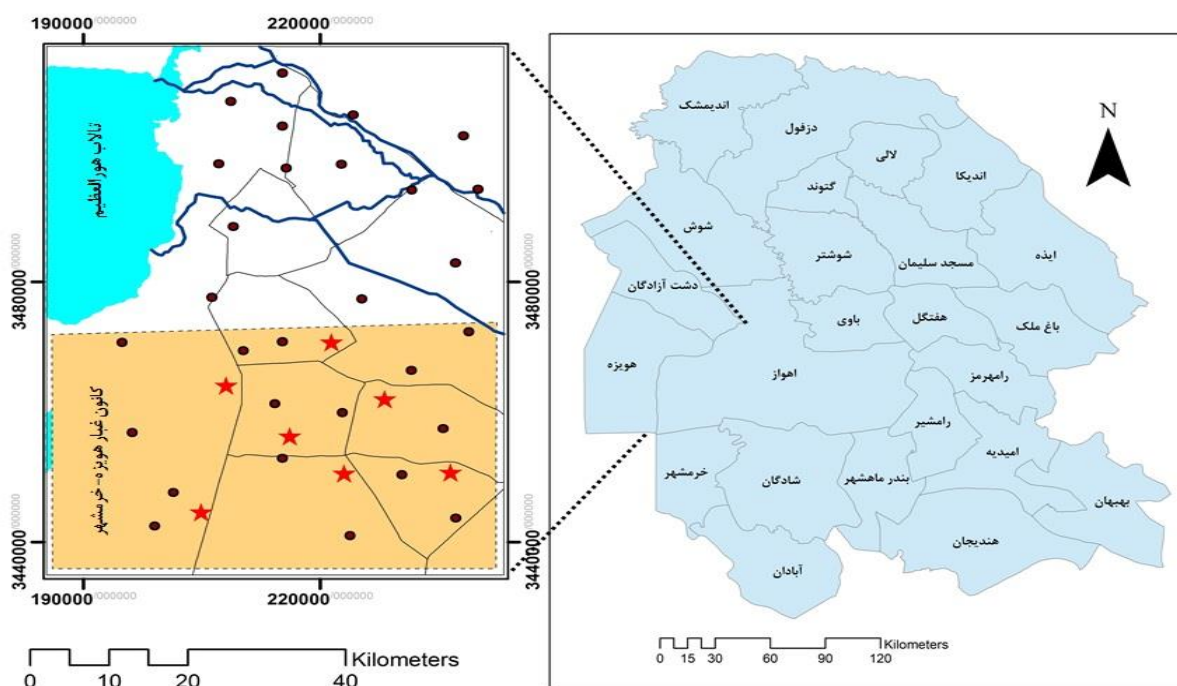
شده است و از غرب شهرستان هویزه با کشور عراق هم‌مرز است (شکل ۱). ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۰-۱ متر و دارای مساحت تقریباً ۲۸۰۰ کیلومترمربع است که بین ۴۶° ۴۷' تا ۴۸° ۲۱' طول شرقی و بین ۳۱° ۰۵' تا ۳۱° ۴۴' عرض شمالی واقع شده است. دشت آزادگان و هویزه به دلیل وجود پالایشگاه‌های نفتی و کارخانه‌های صنعتی از آلودگی بالایی برخوردار بوده و گردوغبار هم به‌صورت افزایشی هر ساله مشکلات زیست‌محیطی را در این منطقه چند برابر کرده است. دشت آزادگان و هویزه از لحاظ اقلیمی دارای آب و هوای نیمه‌خشک است. میزان بارندگی در سال بین ۲۴۰ تا ۲۷۰ میلی‌متر متغیر است (Beit lafte et al., 2015). این منطقه دارای خاک عمیق با بافت نسبتاً سنگین و بدون سنگریزه می‌باشد (جدول ۱).

فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی در کشور ایران (Rashki et al., 2013; Zarasvandi et al., 2011; Gholampour et al., 2015) همچنین در سایر کشورها مانند کویت و عراق (Al-Harbi, 2015; Al-Dousari and Al-Awadhi, 2012) صورت گرفته است. با این حال مطالعات اندکی در زمینه بررسی تغییرات زمانی-مکانی نرخ فرورنشست طوفان‌های گردوغبار در اطراف کانون‌های بحرانی صورت گرفته است؛ بنابراین این پژوهش با هدف بررسی نرخ فرورنشست و توزیع اندازه ذرات گردوغبار با توجه به خصوصیات اراضی در کانون فوق بحرانی هویزه-خرمشهر انجام شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان دشت آزادگان و هویزه در غرب استان خوزستان واقع



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (کانون غبار هویزه-خرمشهر)، ایستگاه‌های نمونه‌برداری گردوغبار و خاک‌ها

دارد (Karimian et al., 2016; Ganor, 1975). تله‌های رسوب‌گیر مورد استفاده جهت نمونه‌برداری از ذرات گردوغبار دارای قطر ۳۲ و عمق ۱۲ سانتی‌متر بود که توسط توری پلاستیکی با مش ۲×۲ میلی‌متر پوشانده شد و در ارتفاع ۳۳ سانتی‌متری از سطح بام خانه‌ها قرار گرفتند (شکل ۲). پس از جمع‌آوری نمونه‌ها و جداسازی سنگ‌ها و خار و خاشاک و عبور ذرات از الک ۲ میلی-متر، مقدار گردوغبار با ترازو (دقت ۰/۰۰۱ گرم) توزین شد و نرخ ترسیبی گردوغبار بر اساس گرم بر مترمربع در ماه محاسبه شد.

نمونه‌برداری از ذرات گردوغبار در ۳۰ نقطه مختلف در طول یک سال و در ۱۲ دوره ماهانه از شهرستان دشت آزادگان و هویزه صورت گرفت. توزیع نقاط نمونه‌برداری به‌گونه‌ای در نظر گرفته شد که هم موقعیت‌های شهری (۱۰ نقطه) و هم روستایی (۲۰ نقطه) را شامل می‌شود. همچنین از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری سطح کانون غبار هویزه جهت بررسی خصوصیات فیزیکی خاک نمونه‌برداری صورت گرفت. تله مورد استفاده برای این پژوهش از نوع تله‌های رسوب‌گیر تیل‌های بود که به‌طور گسترده‌ای در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد و بیشتر در تحقیقات بیابانی کاربرد

مطالعات آزمایشگاهی

از تمامی نمونه‌های خاک با اعماق مختلف، آزمایش‌های اولیه خاک شامل قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک (ECe)، واکنش خاک در گل اشباع به وسیله pH متر، بافت خاک به روش هیدرومتر، ماده آلی به روش اکسایش تر (Jackson, 1973) کربنات کلسیم با روش تیتراسیون با سود (Nelson, 1982)، گچ به روش آون حرارتی و وزنی (Artieda et al., 2006)، کلسیم و منیزیم تبدلی نیز از طریق عصاره‌گیری با استات آمونیوم و ظرفیت تبدلی کاتیونی نیز به روش چاپمن (Chapman, 1965) اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین الگوی توزیع اندازه ذرات گردوغبار ترسیبی و نمونه‌های خاک محلی، ابتدا مقدار ۱ گرم از نمونه‌ها توزین و در محلول ۱ مولار هیدروکسید سدیم و ۱۰ درصد هگزا متافسفات سدیم به مدت ۲ ساعت پراکنده شده و سپس با کمک دستگاه تفرق اشعه لیزر Malvern مدل

Hydro2000g که قابلیت تعیین ۲۵۶ کلاس اندازه ذرات را داراست، بررسی شدند (Bouyoucos, 1962).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. نقشه‌های توزیع مکانی نرخ فرورنشست گردوغبار با استفاده از نرم افزار ArcGIS و با روش وزن دهی معکوس فاصله ترسیم شدند. اطلاعات اقلیمی از ایستگاه هواشناسی شهرستان بستان شامل دما، بارندگی، رطوبت نسبی، جهت و سرعت باد در طول یک سال نمونه برداری از سازمان هواشناسی استان خوزستان دریافت و جهت ترسیم گلباد نیز از نرم افزار WRPLOT نسخه شماره ۷ استفاده شد. اطلاعات اقلیمی منطقه مورد مطالعه شامل سرعت باد، درجه حرارت، رطوبت نسبی، بارندگی و دمای خاک در طول نمونه برداری یک سال از ایستگاه سینوپتیک بستان تهیه شدند (جدول ۱).



شکل ۲- تله رسوب‌گیر استفاده شده جهت نمونه برداری ذرات گردوغبار

جدول ۱- خصوصیات آماری برخی پارامترهای اقلیمی در ماه‌های مورد مطالعه

ماه	سرعت باد (متر بر ثانیه)			درجه حرارت (سانتی‌گراد)			رطوبت نسبی (درصد)	بارندگی (میلی‌متر)	دمای خاک (سانتی‌گراد)
	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین			
فروردین	۲۱	۷	۱۱/۵	۳۴	۲۰/۳	۲۵/۲	۳۷	۳۵	۲۷/۳
اردیبهشت	۲۰	۸	۱۰/۸	۳۵/۵	۲۱/۵	۲۸/۵	۳۳	۱۲	۳۰/۷
خرداد	۲۰	۱۱	۱۲/۴	۴۴/۶	۲۷/۸	۳۶/۲	۲۱	۲	۳۸/۸
تیر	۲۱	۶	۱۱/۶	۴۷/۶	۲۸/۲	۳۸	۲۰	۰	۴۱
مراد	۱۹	۷	۱۱/۵	۴۷	۲۷/۴	۳۷/۲	۲۹	۰	۳۹/۴
شهریور	۱۷	۶	۸/۹	۴۶/۳	۲۶	۳۶/۲	۲۸	۰	۳۸/۸
مهر	۲۲	۶	۹/۳	۴۰/۲	۲۲/۱	۳۱/۱	۳۳	۶/۸	۳۳/۷
آبان	۲۰	۳	۸/۴	۲۵/۹	۱۵/۹	۲۰/۹	۷۷	۸۴	۲۳
آذر	۲۲	۴	۷/۲	۲۰/۲	۱۱/۶	۱۵/۹	۸۹	۳/۶	۱۷
دی	۲۰	۴	۹/۶	۱۸/۸	۹/۳	۱۴/۵	۶۸	۹/۴	۱۶/۶
بهمن	۱۷	۴	۷/۵	۱۹/۴	۹/۱	۱۴/۲	۷۵	۱/۴	۱۶/۳
اسفند	۱۵	۳	۷/۶	۲۲/۴	۱۰/۳	۱۶/۴	۶۹	۶/۲	۱۸/۵

نتایج و بحث

ساختمان خاک به شمار می‌روند، اثر منفی بر میزان فرسایش خاک دارند (Lopez et al., 1998). در این مطالعه با توجه به مقادیر اندازه‌گیری‌شده، کاهش این دو عامل در لایه‌های خاک سطحی نسبت به لایه‌های عمقی‌تر در اغلب ایستگاه‌های نمونه‌برداری، باعث افزایش پتانسیل تولید گردوغبار می‌شود. مواد آلی خاک به عنوان ماده سیمانی و ایجادکننده ساختمان خاک، تأثیر قابل توجهی در استحکام و پایداری خاک دارد و سرعت تولید گردوغبار (هدررفت خاک) را کاهش می‌دهد (Liu et al., 2007). نتایج این مطالعه در همه لایه‌های خاک نشان می‌دهد که خاک‌های منطقه دارای کمتر از ۰/۳ درصد مواد آلی است و بدین ترتیب وجود کم این مقدار، تأثیر چندانی در جلوگیری از فرسایش خاک ندارد. همچنین بر اساس مطالعات (Hagen et al., 2010) نتایج (جدول ۲) نشان می‌دهد که افزایش مقادیر ECe (هدایت الکتریکی) و SAR (نسبت جذب سدیم) در لایه سطحی کانون غبار، باعث افزایش حساسیت تولید گردوغبار شده که دلیل اصلی آن اشباع شدن خاک از نمک و پراکندگی خاکدانه‌ها از همدیگر می‌باشد.

فرسایش‌پذیری خاک در برابر وزش باد، حساسیت ذرات موجود در سطح خاک در برابر جدا شدن از خاک است (Liu et al., 2007). بنابراین هر عاملی که باعث ورود بیشتر ذرات خاک از لایه سطحی به جریان باد شود، فرسایش‌پذیری را افزایش می‌دهد. یکی از عوامل مهم در لایه سطحی کانون غبار مورد مطالعه، توزیع اندازه ذرات می‌باشد. ذرات درشت به دلیل اندازه و جرم بیشتر در برابر جدا شدن مقاومت می‌کنند و لیکن هرچه فراوانی ذرات ریز بیشتر باشد، درصد بیشتری از ذرات خاک مستعد جدا شدن هستند (Shi et al., 2012). نتایج توزیع اندازه ذرات خاک منطقه (جدول ۲) نشان می‌دهد که وجود مقادیر بالای ذرات سیلت و رس در لایه سطحی نسبت به لایه‌های عمقی در اغلب ایستگاه‌های نمونه‌برداری باعث افزایش پتانسیل تولید گردوغبار می‌شود. نتایج مطالعات (Shi et al., 2012; Beit-lafte et al., 2015) نیز نشان می‌دهد که مقدار فرسایش و هدررفت خاک با میزان سیلت همبستگی دارد. مقادیر رس و آهک که از عوامل مهم در تعیین

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی افق‌های سطحی خاک‌های مطالعه شده در کانون غبار هویزه-خرمشهر

افق	Depth cm	pH	ECe (dS/m)	Sand %	Silt %	Clay %	Texture	CCE %	Gypsum %	CEC Cmolc/kg	OC g/kg	SAR mmol/L
Pedon 1	۰-۱۵	۷/۹	۸/۱۱	۱۶	۳۴	۵۰	Clay	۴۰/۳	۲/۱۵	۲۹	۰/۲۶	۹/۵
Pedon 2	۰-۱۰	۷/۷	۶/۹۵	۱۴	۳۸	۴۸	Clay	۴۹/۱	۱/۸۷	تعریف نشده	۰/۳	۷/۹
Pedon 3	۰-۵	۷/۶	۹/۱۳	۱۲	۴۶	۴۲	Silty Clay	۴۰/۴	۱/۶۶	تعریف نشده	۰/۳۲	۹/۷
Pedon 4	۰-۲۰	۷/۸	۲۹/۸۶	۲۴	۶۰	۱۶	Silty Loam	۳۷/۵	۲/۴۷	تعریف نشده	۰/۳۲	۱۷/۶
Pedon 5	۰-۵	۷/۶	۳۳/۱۴	۳۴	۵۴	۱۲	Silty Loam	۴۸	۲۶/۶	تعریف نشده	۰/۲۸	۲۰/۶
Pedon 6	۰-۷	۷/۸	۱۸/۸۸	۲۶	۵۸	۱۶	Silty Loam	۱۵/۶	۲/۵۵	تعریف نشده	۰/۲۷	۱۲/۵
Pedon 7	۰-۳	۸/۱	۱۲/۲۶	۲۶	۵۰	۲۴	Silty Loam	۱۴/۲۵	۲/۰۳	۲۷	۰/۲۱	۱۳/۵

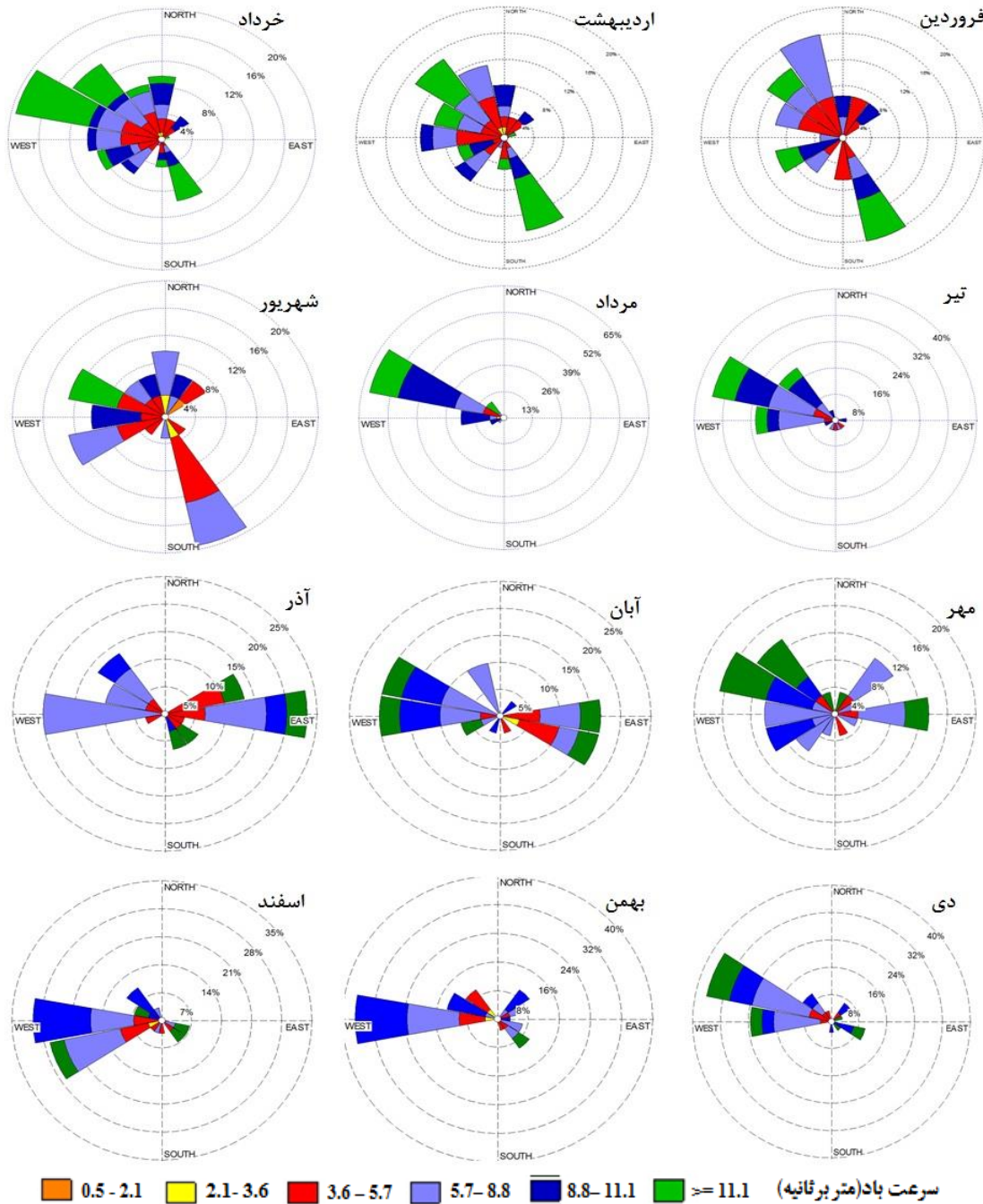
منطقه نماید.

با توجه به شکل (۴) از ۳۰ ایستگاه نمونه‌برداری ذرات گردوغبار در طول یک سال (از فروردین تا اسفند ۹۷)، میزان نرخ فرورود از ۵ تا ۵۴ گرم بر مترمربع در ماه متغیر است. بر اساس شکل (۴)، ماه‌های آذر و اسفند کمترین مقدار ته‌نشست و همچنین کمترین دامنه تغییرات را داشتند که به تدریج افزایش پیدا می‌کند و در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیر به حداکثر خود می‌رسد. دامنه تغییرات نرخ فرورود به دلیل افزایش سرعت باد و کم شدن بارندگی و در نتیجه آن افزایش تعداد طوفان‌های

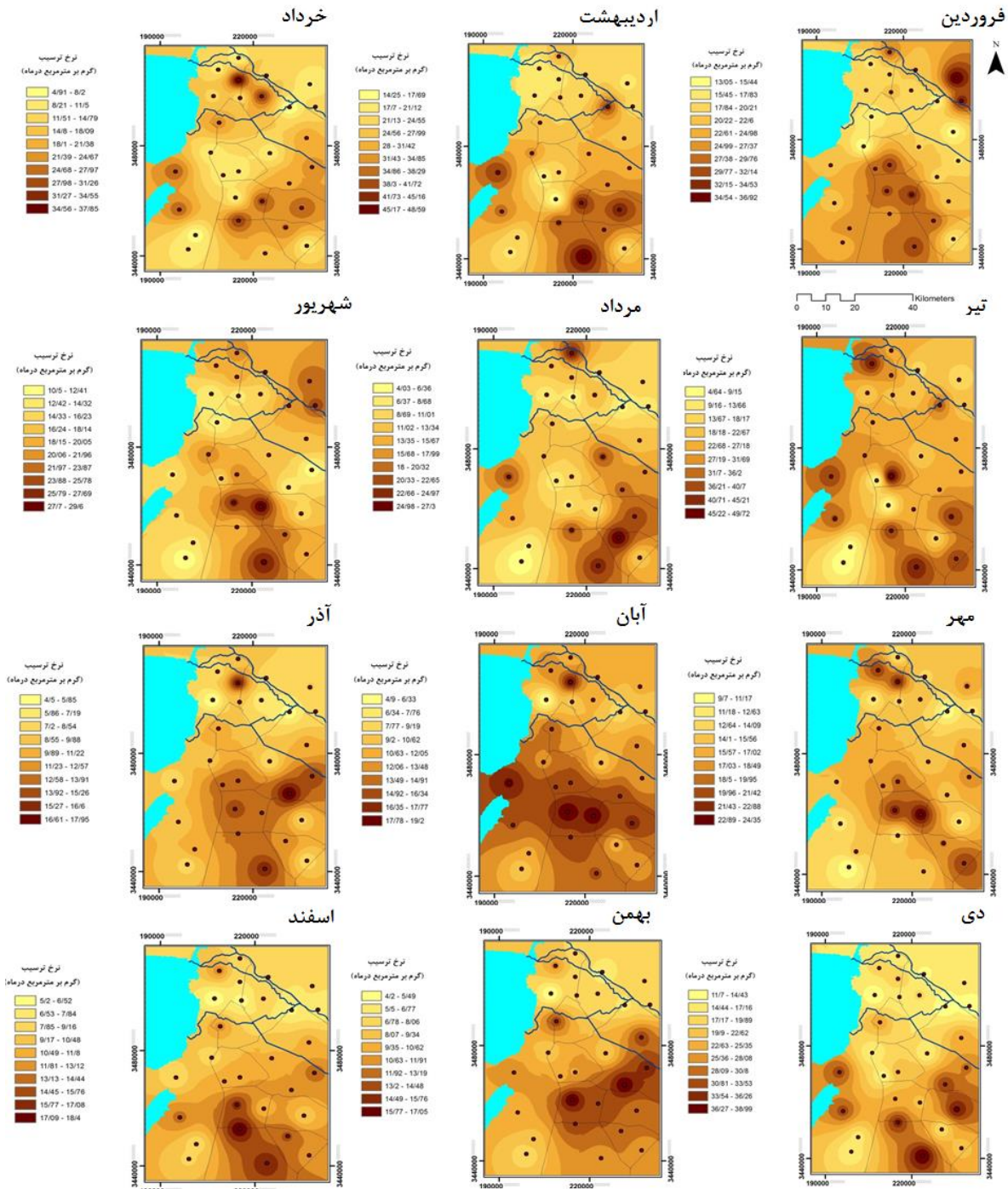
تجزیه و تحلیل داده‌های باد از لحاظ شناسایی ویژگی‌های اقلیمی و منشأیابی طوفان‌های گردوغبار حتی در مقیاس‌های کوچک می‌تواند مؤثر باشد. باد غالب همان بادی که بیشترین فراوانی در وزش از یک جهت مشخص جغرافیایی را نشان می‌دهد (Mahmoudi and Khademi, 2012). نتایج این پژوهش نشان داد که در فصل بهار و پاییز الگوی وزش باد با ثبات و یک جهت نبوده ولی در تابستان و زمستان الگوی جهت غالب باد، غرب و شمال غرب بوده است (شکل ۳)؛ بنابراین باد غالب می‌تواند جریان هوای حامل ذرات گردوغبار را بیشتر از سمت غرب (عراق) وارد شهرهای

حوالی کانون گردوغبار هویزه-خرمشهر می‌باشد. طی پژوهشی (Akbari et al. (2012 در شهر بهبهان با استفاده از تله‌های رسوب‌گیر تیل‌های، میزان غبار ترسیبی را در ماه‌های شهریور و مهر سال ۱۳۹۰ به ترتیب ۱۰/۳۵ و ۲۰/۹۶ گرم بر مترمربع در ماه بیان کردند.

گردوغبار هماهنگ است. بیشترین رویداد وقوع طوفان‌های گردوغبار مربوط به فصل بهار و تابستان (محدوده بین اردیبهشت تا مرداد) است که وقوع این طوفان‌ها می‌تواند در ارتباط با جریان باد غالب منطقه باشد. همچنین با توجه به شکل (۴)، بیشترین نرخ فرونشست ذرات گردوغبار در بخش‌های جنوبی منطقه و در



شکل ۳- سرعت و جهت باد ماهانه در ایستگاه بستان در ماه‌های فروردین تا اسفند ۹۷



شکل ۴- پهنه‌بندی نرخ فرونشست ماهانه ذرات گردوغبار بر حسب گرم بر مترمربع در ماه

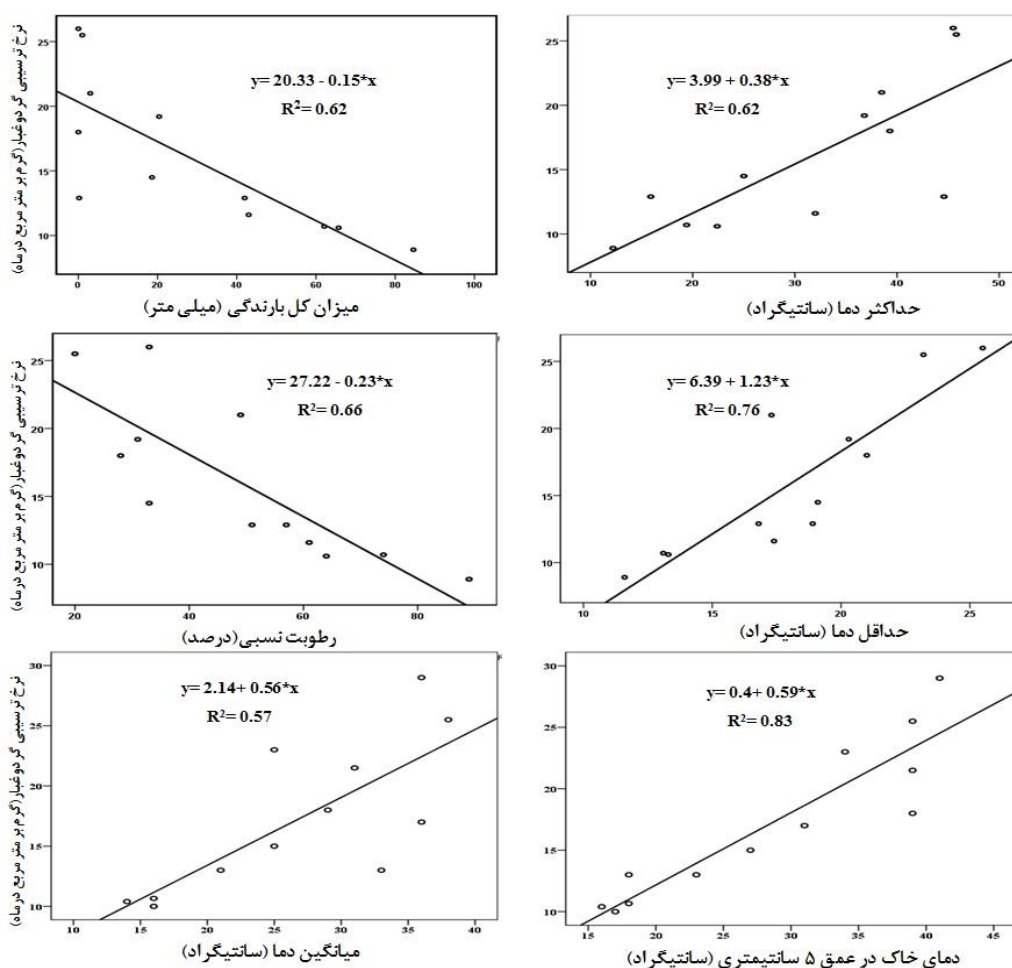
رطوبت نسبی همراه است. همچنین بین پارامترهای بارندگی و رطوبت نسبی با میانگین نرخ فرونشست گردوغبار همبستگی منفی و معنی‌داری دیده شد. به این معنی که با افزایش مقادیر این دو پارامتر در منطقه میزان نرخ فرونشست غبار بر سطح کاهش چشمگیری پیدا می‌کند. با افزایش بارش و رطوبت نسبی، احتمالاً چسبندگی ذرات در مناطق تولید غبار افزایش یافته و منجر به کاهش نرخ رسوبی در منطقه شده است (Ta et al., 2004). Norouzi et al. (2015) در مطالعه خود در شهر اصفهان

تفاوت در نرخ فرونشست ذرات گردوغبار، به میزان تأمین گردوغبار از منشأ، میزان بارندگی و شرایط اقلیمی در منطقه منبع و مقصد بستگی دارد (Ta et al., 2004). شکل (۵) نشان می‌دهد که همبستگی آماری مثبت بین نرخ فرونشست ذرات گردوغبار با حداکثر دما ($R^2=0.62$) و با حداقل دما ($R^2=0.76$) و نیز با میانگین دمای هوا وجود دارد. به این معنی که با افزایش درجه حرارت در منطقه مورد مطالعه، نرخ فرونشست گردوغبار نیز افزایش می‌یابد. افزایش دما در منطقه به‌طور طبیعی با کاهش بارندگی و

شده است. بنابراین می‌توان کانون غبار هویزه و کشور عراق را به عنوان منشأ احتمالی ورود ذرات ریزگرد به این منطقه در نظر گرفت. نتایج آزمون همبستگی بین متوسط نرخ فرودنشست گردوغبار با سرعت باد غالب منطقه به صورت معنی‌داری و در سطح ۱ درصد مشاهده شد. همچنین بین جهت باد غالب منطقه (شمال غربی و غرب) و میزان نرخ فرودنشست همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده شد. پس می‌توان نتیجه گرفت زمانی که بادهای محلی در جهت شرقی به غربی می‌وزند، زمینه ورود ذرات گردوغبار از کانون هویزه-خرمشهر و یا از مناطق خشک‌شده کشور عراق را فراهم کرده و سبب افزایش غلظت ذرات ترسیمی در منطقه می‌شوند. پژوهشگران متعددی نیز در بررسی‌های به ارتباط بین نرخ فرودنشست طوفان گردوغبار با سرعت و جهت باد اشاره کرده‌اند (Norouzi and Khademi, 2015; Beit-lafte et al., 2015; Hojati et al., 2012).

اظهار داشتند که نرخ فرودنشست ذرات گردوغبار با دمای حداقل و حداکثر رابطه مثبت و معنی‌داری دارد. نمودار همبستگی میانگین دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متر با نرخ فرودنشست ذرات گردوغبار نیز نشان می‌دهد که بین میانگین درجه حرارت خاک و نرخ فرودنشست، همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. این نتیجه بیانگر فراهم نبودن شرایط بیولوژیکی و رطوبتی خاک و در نتیجه افزایش فرسایش و گردوغبار می‌باشد (شکل ۵).

نتایج همبستگی پیرسون بین متوسط نرخ فرودنشست ذرات گردوغبار طی یکسال نمونه‌برداری با پارامترهای جوی و مکانی (جدول ۳) نشان می‌دهد که با نزدیکی به نقاط کانون غبار هویزه-خرمشهر و همچنین نقاط مرزی عراق و تالاب خشک‌شده هورالعظیم (Beit-lafte et al., 2015) با نرخ فرودنشست گردوغبار دارای همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح ۱ درصد بوده و با افزایش فاصله از کانون و مرز غربی، میزان نرخ فرودنشست کمتر

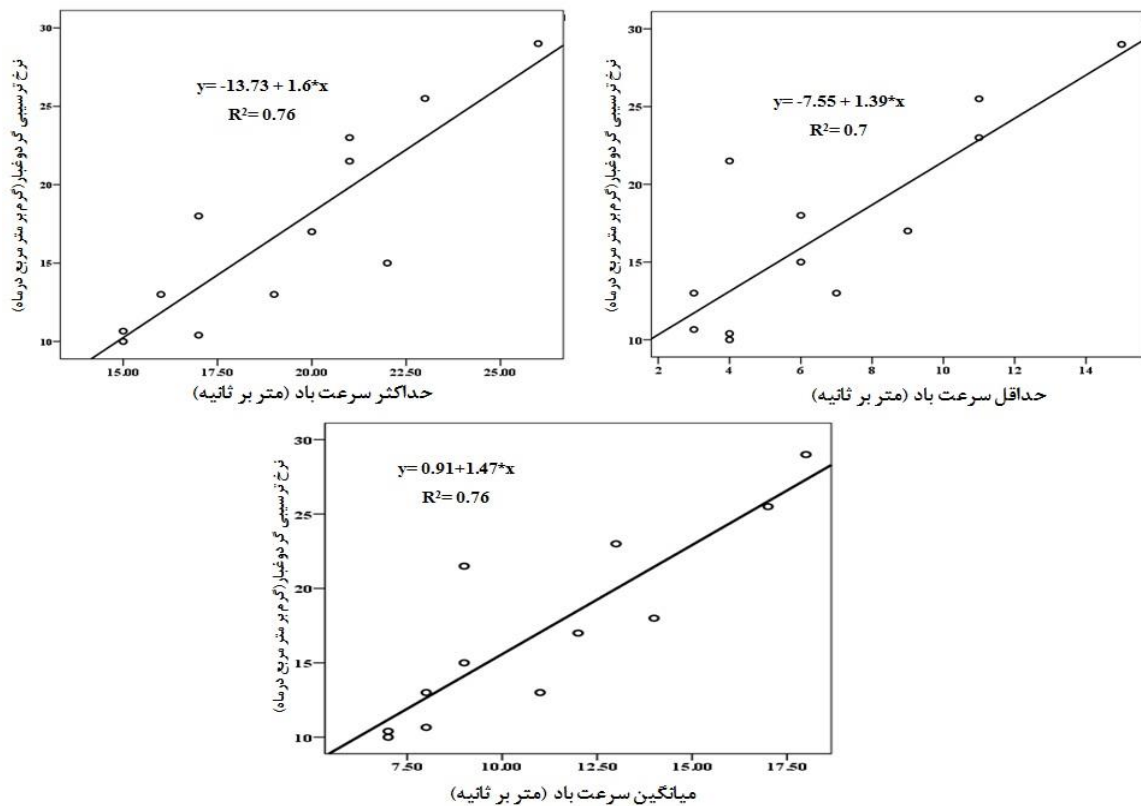


شکل ۵- همبستگی برخی پارامترهای جوی با نرخ ترسیمی (فرونشست) ذرات گردوغبار طی ماه‌های مورد مطالعه

حداکثر، حداقل و میانگین سرعت باد در منطقه مورد مطالعه، نرخ فرودنشست ذرات گردوغبار نیز افزایش می‌یابد. (Al-Harbi, 2015) با مطالعه‌ای در کویت نشان داد که هرچه

شکل (۶) همبستگی حداکثر، حداقل و میانگین سرعت باد با نرخ فرودنشست گردوغبار را نشان می‌دهد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین پارامترهای مذکور وجود دارد. یعنی با افزایش

تعداد بادهای با سرعت بالا بیشتر باشد میزان نرخ فرونشست گردوغبار افزایش می‌یابد.



شکل ۶- همبستگی میان حداکثر، حداقل و میانگین سرعت باد با نرخ ترسیبی (فرونشست) ذرات گردوغبار طی ماه‌های مورد مطالعه

جدول ۳- همبستگی پیرسون برخی پارامترهای جوی و مکانی با نرخ ترسیبی (فرونشست) ذرات گردوغبار

پارامتر	فاصله از کانون غبار هویزه	فاصله از مرز غربی(عراق)	سرعت باد غالب	جهت باد غالب
نرخ فرونشست گردوغبار	-۰/۷۸**	-۰/۵۷*	۰/۶۵*	۰/۷۱**

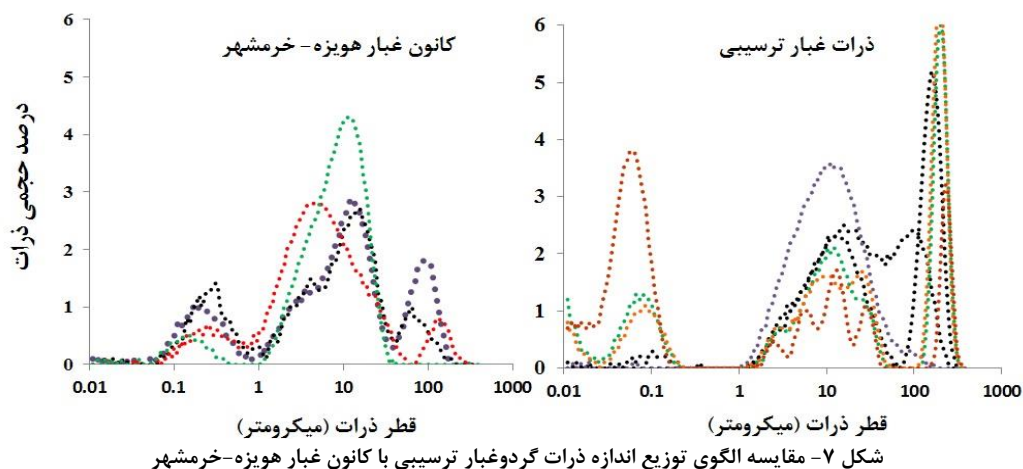
توزیع اندازه ذرات

توزیع اندازه ذرات گردوغبار اطلاعاتی در مورد نحوه انتقال ذرات و نیز اطلاعات مفیدی راجع به منشأ گردوغبار (محلی یا دوردست) در اختیار قرار می‌دهد (Beit-Lafte *et al.*, 2015; Modaihsh, 1997). در همه دوره‌های ماهانه مطالعاتی، از بین سه گروه ذرات، سیلت بالاترین درصد ذرات و رس کمترین درصد ذرات را به خود اختصاص دادند. هرچه گردوغبار دارای اندازه ذرات درشت‌تر باشد، حاکی از فاصله کم انتقال می‌باشد. در تحقیقی (McTainsh 1999) ذرات غبار با اندازه کوچک‌تر از ۵ میکرون متر را از منابع با فواصل زیاد و ذرات با اندازه ۲۰ تا ۴۰ میکرون را با منبع منطقه‌ای و ذرات گردوغبار بزرگ‌تر از ۵۰ میکرون را حاصل کانون‌های محلی و فعالیت‌های انسانی در نظر گرفته است. پس هرچه فاصله منبع تولید گردوغبار تا منطقه فرونشست بیشتر باشد، گردوغبار به دست آمده از ذرات ریزتری تشکیل می‌شود و گردوغبار با منشأ محلی ذرات درشت‌تری را

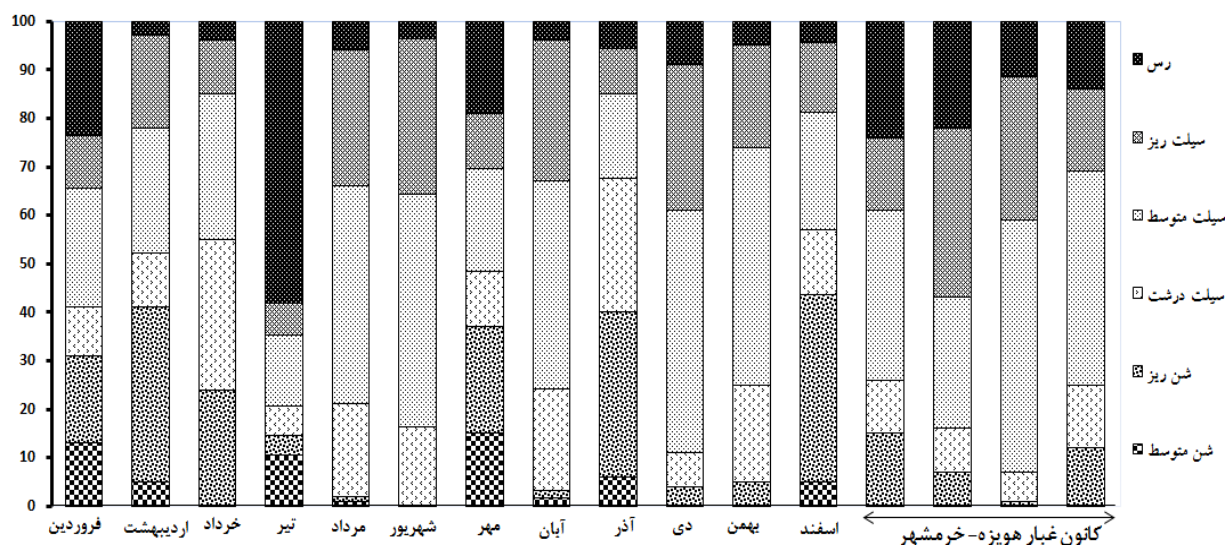
تولید می‌نماید. با توجه به اینکه الگوی توزیع اندازه ذرات غبار ترسیبی (شکل ۷) چند قلعه‌ای بوده پس می‌تواند از چند منبع مختلف سرچشمه بگیرد. پژوهشگران متعددی نیز در بررسی‌های به ارتباط بین الگوی توزیع اندازه ذرات و منشأیابی طوفان‌های گردوغبار اشاره کرده‌اند (Karimian *et al.*, 2016; Beit-lafte *et al.*, 2015; Hojati *et al.*, 2012).

نتایج توزیع اندازه ذرات نشان داد که بیش از ۸۰ درصد ذرات گردوغبار فرونشست شده را اجزای سیلت (به ویژه سیلت ریز و متوسط) تشکیل می‌دهد؛ در حالی که بیشترین درصد اندازه ذرات بخش‌های مختلف کانون غبار هویزه-خرمشهر مربوط به رس و سیلت ریز می‌باشد (شکل ۸). با توجه به تشابه بافت ذرات گردوغبار در این مطالعه با بافت خاک کانون غبار هویزه-خرمشهر و از طرفی با توجه به جهت باد که عمدتاً از غرب و شمال‌غربی بوده است، می‌توان منشأ این ریزگردها را از مناطق غربی‌تر استان خوزستان و احتمالاً از کانون غبار هویزه و تالاب‌های خشک‌شده

در مرز ایران و عراق دانست.



شکل ۷- مقایسه الگوی توزیع اندازه ذرات گردوغبار ترسیبی با کانون غبار هویزه-خرمشهر



شکل ۸- مقایسه درصد اندازه ذرات گردوغبار ترسیبی ماهانه با نقاطی از کانون غبار هویزه-خرمشهر

نتیجه گیری

جهت باد) و خشک‌سالی‌های تالاب هورالعظیم در سال‌های اخیر باعث افزایش نرخ فرونشست طوفان‌های گردوغبار شده است. با توجه به تشابه الگوی توزیع اندازه ذرات گردوغبار در این مطالعه با خاک سطحی کانون تولید غبار هویزه-خرمشهر و جهت باد (که عمدتاً از غرب و شمال‌غربی) می‌توان نتیجه گرفت که منشأ این ریزگردها از مناطق غربی‌تر استان خوزستان و احتمالاً از کانون‌های گردوغبار هویزه و تالاب‌های خشک‌شده در مرز ایران و عراق می‌باشد.

این مطالعه با هدف بررسی نرخ فرونشست و توزیع اندازه ذرات گردوغبار با توجه به خصوصیات اراضی در کانون فوق بحرانی هویزه-خرمشهر انجام شد. در همین رابطه، متوسط نرخ فرونشست ماهانه در منطقه مورد مطالعه برابر با ۲۳ گرم بر مترمربع در ماه به دست آمد که بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب مربوط به اردیبهشت و اسفندماه بوده است. نتایج بیانگر این موضوع است که شرایط اقلیمی (بارندگی کم و دمای بالا و

REFERENCES

- Akbari, A., Azimzadeh, H. R., and Bahan Dayyani, S. (2012). Determination of pollution and geoaccumulation index of Pb heavy metal in soils around Behbahan cement factory.
- Al-Dousari, A.M., and Al-Awadhi, J. (2012). Dust fallout in northern Kuwait, major sources and characteristics. *Kuwait Journal Science*. 39, 171-187.
- Al-Harbi, M. (2015). Characteristics and composition of the falling dust in urban environment. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 12 (2), 641- 652.
- Artieda, O., Herrero, J., and Drohan, P.J. (2006). Refinement of the Differential Water Loss Method

- for Gypsum Determination in Soils. *Soil Science Society of America Journal*. 70(6), 1932-1935.
- Beit-lafte, R., Landi, A., Hojati, S., and Sayyad, GH. (2015). Deposition Rate, Mineralogy and Size Distribution Pattern of Dust Particles Collected Around the Houralazim Marshland, Khuzestan Province, *Journal of Water and Soil*. 29, 695-707. (In Farsi).
- Karimian, B., Hojati, S., Landi, A., and Ahadian, J. (2016). Investigation of physicochemical and mineralogical characteristics of Ahvaz dust. *Journal of Water and Soil Research*. 47, 159-173. (In Farsi).
- Bouyoucos, G.J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agronomy Journal*. 54, 464-465.
- Chapman, H. D. (1965). Cation exchange capacity. Methods of soil analysis, *American Society of Agronomy*. 2, 891-901.
- Ganor, E. (1975). Atmospheric dust in Israel. Sedimentological and meteorological analysis of dust deposition. Ph. D. dissertation, University of Jerusalem.
- Gholampour, A., Nabizadeh, R., Hassanvand, M.S., Taghipour, H., Nazmara, S., and Mahvi, A.H. (2015). Characterization of saline dust emission resulted from Urmia Lake drying. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 13, 1-11
- Hagen, L.J., S. Van Pelt and B. Sharratt. (2010). Estimating the saltation and suspension components from field wind erosion. *Aeolian Research*, 1:147-153.
- Hojati, S., Khademi, H., Faz Cano, A., and Landi, A. (2012). Characteristics of dust deposited along a transect between central Iran and the Zagros Mountains. *Catena*. 88, 27-36.
- Jackson, M. L. (1973). Soil chemical analysis. New Delhi. Prentice Hall of India Private Limited.
- Liu, L.Y., X.L. Li, P.J. Shi, S.Y. Gao, J.H. Wang, W.Q. Ta, Y. Song, M.X. Liu, Z. Wang and B.L. Xiao. (2007). Wind erodibility of major soils in the farming-pastoral ecotone of China. *Journal of Arid Environments*, 68:611-623.
- Lopez-Bermudez, F., Romero-Diaz, A., Martinez-Fernandez, J., Martinez-Fernandez, J. (1998). Vegetation and soil erosion under a semi-arid Mediterranean climate: a case study from Murcia (Spain). *Geomorphology* 24, 51-58.
- Mahmoudi, Z., and Khademi, H. (2012). The Recognition of Atmospheric Dust Origins in Isfahan Using Chemical and Mineralogical Properties of Dust. *Water and Soil Conservation Researches*. 21, 1-18.
- McTainsh, G.H. (1999). Dust transport and deposition. PP. 181-211. In: Goudie, A., S. Livingstone and I. Stokes, *Aeolian Environments, Sediments and Landforms*. John Wiley and Sons, Ltd, Chichester.
- Modaihsh, A. S. (1997). Characteristics and composition of the falling dust sediments on Riyadh city, Saudi Arabia. *J. Arid Environ*. 36: 211-223.
- Norouzi, S., Khademi, H., Faz Cano, A., Acosta, J.A. (2015). Using plane tree leaves for biomonitoring of dust borne heavy metals: a case study from Isfahan, Central Iran. *Ecol. Indic*. 57, 64-73.
- Nelson, R.E. (1982). *Methods of Soil Analysis*. 6th ed. American Society of Agronomy.
- Rashki, A., Eriksson, P.G., de Rautenbach, C.J.W., Kaskaoutis, D.G., Grote, W., and Dykstra, J. (2013). Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region. Iran. *Chemosphere*. 90, 227-236.
- Shahsavani, A., Yarahmadi, M., Mesdaghinia, A., Younesian, M., Jaafarzadeh, N., and Naimabadi, M. (2012). Analysis of Dust Storms Entering Iran with Emphasis on Khuzestan Province. *Hakim Research Journal*. 15(3), 192- 202.
- Shi, Z.H., N.F. Fang, F.Z. Wu, L. Wang, B.J. Yue and G.L. Wu. (2012). Soil erosion processes and sediment sorting associated with transport mechanism on steep slopes. *Journal of Hydrology*, 454- 455: 123-130.
- Ta, W., Xiao, H., Qu, J., Xiao, Z., Yang, G., Wang, T., and Zhang, X. (2004). Measurements of dust deposition in Gansu province, China. *Geomorphology*. 57, 41-51.
- Wang, R., Zou, X., Cheng, H., Wu, X., Zhang, C., and Kang, L. (2015). Spatial distribution and source apportionment of atmospheric dust fall at Beijing during spring of 2008-2009. *Environmental Science and Pollution Research*. 22, 35-47.
- Zarasvandi, A., Carranza, E.J.M., Moore, F., and 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.
- Zolfaghari, H., and Abedzadeh, H. (2005). Synoptic Analysis of Dust Systems in western Iran. *Journal of Geography and Urban Space Development*. 3, 173-188. (In Farsi).