

## شناسایی منشأ عناصر در ذرات معلق ( $PM_{10}$ ) (مطالعه موردی: شهر کرمانشاه)

زینب نظری - کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
نعمت‌الله خراسانی\* - استاد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
سادات فیض‌نیا - استاد گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
محمود کریمی - استاد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۲۰

### چکیده

در سال‌های اخیر، ذرات معلق، به‌عنوان یکی از آلاینده‌های هوا، توجه زیادی را به خود معطوف کرده است؛ این امر به سبب نقش این ذرات در تغییر آب و هوای جهانی، ایجاد آلودگی، و خطرهای بهداشتی است. هدف از این مطالعه شناسایی منشأ عناصر نادر و اصلی ذرات معلق ( $PM_{10}$ ) در اتمسفر کرمانشاه است. برای شناسایی منشأ طبیعی و انسانی این عناصر در ذرات معلق از روش آماری همانند تحلیل عاملی اکتشافی استفاده شده است. مناطق تأثیرگذار از نظر تولید ذرات معلق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل گل‌طوفان و گلباد تعیین شده است. تحلیل عاملی چهار منشأ احتمالی را شناسایی کرده است: ۱. انتشارات وابسته به خاک؛ ۲. انتشارات وابسته به وسایل نقلیه؛ ۳. رهاسازی آلاینده‌ها از وسایل نقلیه؛ ۴. صنعت و سوزاندن نفت. با توجه به واریانس بالای عامل اول، منابع انتشار وابسته به خاک کمک‌کننده اصلی عناصر اصلی و نادر در  $PM_{10}$  در کرمانشاه محسوب می‌شوند. نتایج حاصل از بررسی منشأ ذرات معلق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی شکل‌گیری هسته گردوغبار مربوط به شمال غربی و نواحی بین شمال غرب و شمال شرق کشور عراق و در مراحل بعدی شرق سوریه و شمال غرب عربستان است. بررسی گل‌طوفان‌ها نشان می‌دهد که عمدتاً بادهای حاکم در منطقه دارای سرعتی کمتر از ۴/۵ متر بر ثانیه‌اند (حدود ۸۰ درصد).

کلیدواژه‌ها: تحلیل عاملی، تصاویر ماهواره‌ای، ذرات معلق،  $PM_{10}$

### مقدمه

ذرات معلق به ذراتی اطلاق می‌شود که به صورت پراکنده (جامد یا مایع) در واسطه گازی قرار گرفته باشند. همچنین،  $PM$  اصطلاحی است که ذرات معلق در هوا را توصیف می‌کند (دبیری، ۱۳۷۵: ۱۳۱). همچنین، این ذرات هم شامل عناصر نادر و هم عناصر اصلی‌اند که در هر دو صورت از نظر سلامتی زیان‌آورند (عرفان‌منش و افیونی، ۱۳۸۱: ۱۱). در سال‌های اخیر، ذرات معلق، یکی از آلاینده‌های هوا (خواه با منشأ طبیعی، خواه با منشأ مصنوعی)، توجه زیادی را به خود معطوف کرده‌اند؛ این امر به سبب نقش آن‌ها در تغییر آب و هوای جهانی، ایجاد آلودگی، و خطرهای بهداشتی است. ذرات معلق در جذب و پراکنش تابش‌های ورودی خورشید تأثیر دارند و مستقیماً در تعادل تابشی اختلال ایجاد می‌کنند. همچنین، به عنوان هسته تراکم قطرات ابر، تشکیل ابر و بارش را می‌توانند تحت تأثیر قرار دهند (هان و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۲۹).

براساس استاندارد ملی کیفیت هوا، در یک محدوده زمانی ۲۴ ساعته، حد استاندارد برای  $PM_{10}$ ،  $150 \mu g/m^3$  است. به‌طور کلی، به‌ازای هر ده میکروگرم بر متر مکعب افزایش در غلظت  $PM_{10}$ ، مرگ‌ومیر کل روزانه تقریباً تا یک درصد افزایش می‌یابد (کاو و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۶۱). تک‌تک عناصر بر سلامتی انسان تأثیر دارند. مثلاً، آرسنیک، بریلیم، کادمیوم، کبالت، کروم، جیوه، نیکل، سرب، و سلنیوم موادی سرطان‌زا برای انسان و حیوان به‌شمار می‌روند (نا و کوکر، ۲۰۰۹).

در زمینه ذرات معلق ( $PM_{10}$ ) و شناسایی منشأ آن‌ها در منابع خارجی مطالعات متعددی انجام گرفته است؛ از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

بانارکار و همکاران (۲۰۰۵: ۳۸۵۱) در بررسی انتشارات فضایی دی‌اکسید گوگرد، ذرات معلق، فلزات سمی ناشی از منابع بزرگ صنعتی در بمبئی هند به این نتیجه رسیدند که مصرف کل انرژی ناشی از سوخت فسیلی در بخش صنعت شامل ۲۹ درصد مصرف سوخت در نیروگاه‌ها بوده است. در میان صنایع، نیروگاه‌های حرارتی منبع اصلی انتشارات در منطقه‌اند که انتشارات آن‌ها شامل ۲۷ درصد دی‌اکسید گوگرد، ۱۹ درصد ذرات معلق، و ۶۲ درصد فلزات بود.

کولری و همکاران (۲۰۰۸: ۶۵۴۲) در مطالعه خویس به بررسی ترکیب شیمیایی (آنیون‌های اصلی، کاتیون‌ها، عناصر، کربن آلی، و کربن عنصری) و منشأ ذرات معلق با اندازه مجزا ( $PM_{1.3}$ ،  $PM_{1.3-10}$ ) در سایت‌های ساحلی در جزیره کرت و دریای مدیترانه شرقی پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بخش درخور توجهی از کربن آلی در بخش  $PM_{1.3-10}$  (بیش از ۲۰ درصد) از کربنات‌ها سرچشمه می‌گیرد و کربن آلی در بخش درشت به طور معنی‌داری با مقدار گردوغبار همبستگی دارد. در تحلیل عاملی، سه نوع منبع در بخش  $PM_{1.3-10}$  یعنی پوسته، فتوشیمیایی، و دریایی شناسایی شده است؛ درحالی‌که دو گروه اضافی در بخش  $PM_{1.3}$ ، روغن پس‌مانده و ذرات معلق ناشی از احتراق و ثانویه تشخیص داده شده است.

نا و کوکر (۲۰۰۹) در تحقیق خود، به کمک تحلیل عاملی، به تحلیل خط سیر توده هوای معکوس، محاسبه فاکتور غنی‌سازی، و نسبت  $Al/Zn$  به شناسایی منابع بالقوه عناصر کمیاب موجود در  $PM_{2.5}$  اتمسفر میرا لوما در جنوب کالیفرنیا پرداختند. از آنجا که آلومینیوم جزو اصلی در پوسته زمین است، در انتشارات وسایل نقلیه نیست. بنابراین، نسبت آلومینیوم به روی برای درک غالبیت منابع وابسته به خاک استفاده می‌شود. نسبت آلومینیوم به روی پایین نشان‌دهنده غالبیت منابع انتشار وسایل نقلیه است.

کاو و همکاران (۲۰۰۹: ۱۶۱) در تحقیق خود ذرات معلق  $PM_{10}$  مربوط به چهار فصل سال را در پنج مکان نمونه‌گیری در شهر هانزو در جنوب چین بررسی کردند. آن‌ها، پس از تجزیه نمونه‌ها و تعیین غلظت ۲۲ عنصر نادر و پنج یون اصلی و کربن آلی و عنصری، به بررسی منشأ آن‌ها با استفاده از فرمول فاکتور غنی‌سازی و نسبت نیترات به سولفات پرداختند.

محققان ایرانی در زمینه ذرات معلق مطالعاتی انجام داده‌اند؛ از جمله: مطالعه جمشیدی و همکاران (۱۳۸۵: ۹۰)، ندافی و همکاران (۱۳۸۷: ۲۱)، و لیلی و همکاران (۱۳۸۸: ۵۷). در این مطالعات به بررسی روند تغییرات غلظت ذرات معلق در فصول مختلف پرداخته شده است. عطایی و احمدی (۱۳۸۹: ۱)، ذوالفقاری و عابدزاده (۱۳۸۴: ۱۷۴) نیز به بررسی منشأ گردوغبارها در منطقه مورد مطالعه با استفاده از تحلیل سینوپتیک پرداخته‌اند.

نتایج مطالعه خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۹۲) نشان داده است که کانی‌های اصلی گردوغبار ورودی به غرب ایران شامل کربنات‌ها (کلسیت) و سیلیکات‌ها (کوارتز) است و فاز فرعی کانی‌ها نیز شامل ژپس است. هرگاه منشأ ذرات شمال شرق عربستان یا نواحی داخلی عراق در حوزه رسوبات تبخیری رودخانه‌های دجله و فرات باشد، نمونه‌ها حاوی کانی ژپس خواهد بود. همچنین، اکسید سیلیس و اکسید کلسیم ترکیبات شیمیایی غالب گردوغبار را شامل می‌شوند. میزان غلظت عناصر سنگین در همه نمونه‌ها از حد مجاز تعیین‌شده برای سلامت انسان بیشتر بوده و میزان آن وابسته به

مسیر انتقال ذرات و منشأ آن است و بیشینه آن در مناطقی است که ذرات بیشترین تماس را با آلاینده‌های صنعتی و شهری داشته‌اند و طولانی‌ترین مسیر را تا غرب و جنوب غرب ایران طی کرده‌اند. با توجه به مطالب ذکر شده، تعیین ترکیب شیمیایی و شناسایی منشأ عناصر نادر و اصلی ذرات معلق از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین، هدف از این مطالعه شناسایی منشأ عناصر نادر و اصلی در ذرات معلق (PM<sub>10</sub>) در اتمسفر کرمانشاه با استفاده از روش تحلیل عاملی است. البته، در تعیین منشأ آن‌ها از تصاویر ماهواره‌ای Meteosat-9 و بررسی گلبادها و گل‌طوفان‌ها استفاده می‌شود.

## مواد و روش‌ها

### رسم گلباد و گل‌طوفان

در این مطالعه، داده‌های بادسنجی در ایستگاه‌های هواشناسی (سینوپتیک) در منطقه مورد مطالعه، که در یک دوره آماری مناسب (۱۹۸۶-۲۰۰۶) است، برای ترسیم گل‌طوفان و گلباد استفاده شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های بادسنجی، از نرم‌افزار مربوطه<sup>۱</sup>، که برای اجرای محاسبات آماری باد و رسم گلباد طراحی شده، استفاده شد (رجبی، ۲۰۰۳). در این مطالعه، به منظور تحلیل گل‌طوفان، کمترین حد سرعت آستانه فرسایش بادی در ارتفاع ۱۰ متری (۴٫۵ متر بر ثانیه براساس خصوصیات زمین‌شناسی منطقه) سرعت پایه آستانه فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته می‌شود. سپس، با استفاده از نرم‌افزار ترسیم گلباد و با در نظر گرفتن سرعت پایه معادل سرعت آستانه فرسایش بادی، گلبادهای طوفان‌زا با نام جدید گل‌طوفان تهیه شد. در واقع، تحلیل حاصل بیانگر پتانسیل بالقوه فرسایش بادی در منطقه به‌شمار می‌رود.

### روش تعیین منابع گردوغبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

برای تعیین منابع گردوغبار در طی دوره نمونه‌برداری (اسفند ۱۳۸۸ تا مرداد ۱۳۸۹) از تصاویر ماهواره‌های هواشناسی Meteosat-9 از گروه ماهواره‌های EUMETSAT استفاده شده است. این ماهواره‌ها از نوع ماهواره‌های زمین‌آهنگ‌اند که در ارتفاع ۳۶۰۰۰ کیلومتری بالای خط استوا قرار دارند و به طور پیوسته تصاویری دقیق (با قدرت تفکیک مکانی کم و قدرت تفکیک زمانی بالا) هر پانزده دقیقه از طریق دوازده کانال طیفی تهیه می‌کنند. کانال‌های طیفی گردوغبار در طیف الکترومغناطیسی مادون قرمز (۰٫۸، ۱٫۰، ۱٫۲ میکرومتر) هستند. کشورهای اروپایی این ماهواره‌ها را برای کسب اطلاعات در زمینه پدیده‌های هواشناسی مربوط به اروپا، آفریقا، خاورمیانه، بخشی از جنوب شرقی آمریکا، اقیانوس اطلس، و کناره‌های غربی اقیانوس هند به فضا فرستاده‌اند که روی تصاویر ارسال شده از این ماهواره‌ها گردوغبارها به رنگ صورتی نمایش داده شده است و با استفاده از این اطلاعات می‌توان جهت حرکت و منشأ گردوغبارها را در روزهای گردوغباری بررسی کرد (زولجودی و همکاران، ۲۰۱۳: ۸۲۳). در این مطالعه، تعداد روزهایی که غلظت ذرات معلق در منطقه مورد مطالعه از حد مجاز بالاتر بوده است، با استفاده از اطلاعات آماری روزانه، میزان غلظت PM<sub>10</sub> در ایستگاه کنترل کیفی هوا در کرمانشاه تعیین شد. با این بررسی مشخص شد که در منطقه مورد مطالعه در طی دوره نمونه‌برداری یازده روز گردوغبار رخ داده است. سپس، شکل‌گیری هسته گردوغبار به صورت پس‌گرد از زمان اوج رخداد گردوغبار در غرب ایران تا ۲۴ ساعت قبل بر روی تصاویر ماهواره‌ای در بخش‌های مختلف این کشورها از طریق تفسیر چشمی بررسی شد (خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۱).

## نمونه‌برداری از ذرات معلق و شیوه استفاده از تحلیل عاملی

در این تحقیق، به منظور نمونه‌برداری از ذرات معلق، دستگاه نمونه‌بردار ذرات معلق مدل اوریبای ژاپنی واقع در ایستگاه ثابت اداره کل حفاظت محیط زیست استان کرمانشاه با موقعیت جغرافیایی به طول  $47^{\circ}06'49''$  و عرض  $34^{\circ}21'23''$  استفاده شد. فیلتر حاوی ذرات معلق ( $PM_{10}$ ) در بازه زمانی اسفند ۱۳۸۸ تا پایان شهریور ۱۳۸۹ طی دو دوره زمانی (از یک اسفند ۱۳۸۸ تا ۱۴ اردیبهشت ۱۳۸۹ و از ۱۴ اردیبهشت ۱۳۸۹ تا ۳۰ شهریور ۱۳۸۹) برداشت شد. سپس، فیلتر به قطعات مساوی تقسیم شد؛ طوری که در هر قطعه حدود ۲۴ دایره حاوی ذرات معلق با قطر ۱۳ میلی‌متر وجود داشت. سپس، از بین این قطعات، ۴۱ نمونه (قطعه) از طریق روش نمونه‌برداری تصادفی سیستماتیک انتخاب شد. سپس، در آزمایشگاه خاک‌شناسی، با استفاده از روش هضم اسیدی، از نمونه‌ها عصاره تهیه شد. در مرحله بعد، عصاره به وسیله دستگاه ICP-OES برای تعیین غلظت ۱۱ عنصر اصلی و نادر شامل پتاسیم، سدیم، وانادیم، آلومینیوم، منگنز، کلسیم، مس، نیکل، سرب، آهن، و منیزیم آنالیز شد. در این مطالعه، تحلیل عاملی اکتشافی برای شناسایی منشأ ذرات معلق در اتمسفر استفاده شده است. نا و کوکر (۲۰۰۹) از تحلیل عامل اکتشافی برای شناسایی منابع بالقوه عناصر نادر در ذرات معلق استفاده کردند. در این تحقیق، عناصر موجود در عامل‌ها براساس میزان همبستگی آن‌ها با عامل‌ها گروه‌بندی شده‌اند. سپس، براساس مطالعات انجام‌یافته دیگران، مشخص شده است که عناصر هر یک از این عوامل ناشی از کدام یک از انتشارات (منابع آلاینده) است. در این مطالعه، از این شیوه برای گروه‌بندی متغیرها و نام‌گذاری عوامل استفاده شده است. در این روش، متغیرها در عامل‌هایی قرار می‌گیرند؛ به طوری که از عامل اول به عامل‌های بعدی درصد واریانس کاهش می‌یابد. از این رو، متغیرهایی که در عامل اولی قرار می‌گیرند تأثیرگذارترین اند (زارع چاهوکی، ۱۳۹۳: ۱۹۱). برای اجرای برنامه تحلیل عاملی از نرم‌افزار SPSS15 استفاده شده است. در این مطالعه غلظت ۱۱ عنصر در ۴۱ نمونه به عنوان متغیرهای ورودی است. در این تحقیق، برای تعیین مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی ضریب  $KMO$  محاسبه شد. در صورتی که مقدار آن کمتر از ۰/۵ باشد، داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نیستند؛ در این مطالعه مقدار آن برابر با ۰/۶۳ است. این ضریب مشخص می‌کند که آیا متغیرهای تحقیق تحت تأثیر واریانس مشترک برخی عامل‌های مشترک است یا نه. برای اطمینان از مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی مبنی بر اینکه ماتریس همبستگی که پایه تحلیل قرار می‌گیرد در جامعه برابر صفر نیست، باید از آزمون کرویت بارتلت استفاده کرد. در این تحقیق، مقدار این آزمون در سطح یک درصد ( $sig=0.00$ ) معنی‌دار شد؛ این موضوع نشان‌دهنده آن است که فرضیه صفر (متغیرها با هم رابطه خطی ندارند) رد شده است. بنابراین، با توجه به ضریب  $KMO$  و آزمون کرویت بارتلت مشخص شد که داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب‌اند. در مراحل بعد، برای استخراج عامل‌ها از روش مؤلفه‌های اصلی<sup>۲</sup> مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک و حذف متغیرهایی با همبستگی (بار عاملی) کمتر از ۰/۵ استفاده شده است.

## یافته‌های پژوهش

### بررسی رژیم بادناکی و دسته‌بندی بادهای منطقه به کمک رسم گلباد

نتایج حاصل از رسم گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه نشان می‌دهد که جهت باد غالب منطقه شرقی تا جنوب شرقی و غرب تا شمال غربی است. میانگین سرعت باد  $2/29$  متر بر ثانیه و درصد باد آرام  $44/09$  درصد است. همچنین، با توجه به گلبادهای فصلی رسم‌شده، جهت باد غالب در فصل بهار و تابستان غربی تا شمال غربی است. و همچنین، جهت شدیدترین بادهای (سرعت بیشتر از ۱۱ متر بر ثانیه) در فصل بهار غربی است (شکل ۱). نتایج این بخش نشان داد

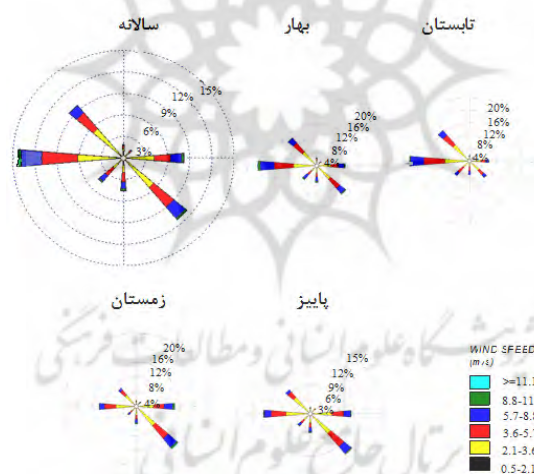
که بادهای قطاع شمال غربی تا غربی در همه فصول می‌وزند و بیشترین فراوانی بادهای مربوط به قطاع غربی است که می‌توانند منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر خود قرار دهند.

به منظور امکان مقایسه کمی داده‌های بادسنجی، نتایج مربوط به نحوه توزیع کلاس‌های مختلف سرعت باد و دیگر شاخص‌های رژیم بادناکی ایستگاه مورد بررسی در جدول ۱ خلاصه شده است.

نتایج مندرج در جدول ۱ نشان می‌دهد که بادهای غالب در ایستگاه‌های واقع در محدوده مورد مطالعه در همه جهات جریان داشته است. به‌طور کلی، بادهایی با سرعت ۸/۸ - ۲/۱ متر بر ثانیه بیشترین فراوانی را در همه جهات به خود اختصاص داده‌اند. با مقایسه گلبادهای فصل بهار و تابستان مشاهده می‌شود که در هر دو فصل بیشترین فراوانی بادهای مربوط به قطاع غربی تا شمال غربی و پس از آن قطاع جنوب شرقی است و به همین ترتیب فصول زمستان و پاییز نیز به هم شبیه‌اند و در این فصول نیز بیشترین فراوانی وزش باد در قطاع جنوب شرقی و پس از آن قطاع غربی است.

جدول ۱. توزیع کلاس‌های مختلف سرعت باد و دیگر شاخص‌های بادناکی در ایستگاه‌های مورد بررسی

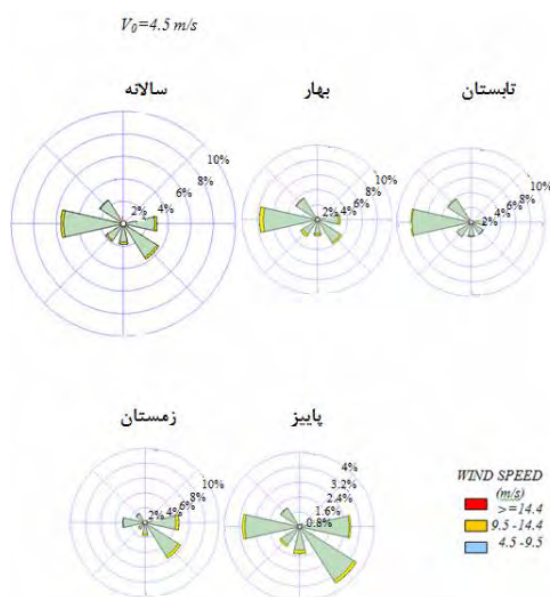
نام ایستگاه	سال آماری	کلاس سرعت باد (متر بر ثانیه)						درصد حالات باد آرام	میانگین سرعت باد	جهت باد غالب	جهت وزش شدیدترین بادهای
		< ۱۱/۱	۱۱/۱ - ۸/۸	۵/۷ - ۸/۸	۳/۶ - ۵/۷	۲/۱ - ۳/۶	۰/۵ - ۲/۱				
کرمانشاه	۲۰۰۶-۱۹۸۶	-	۰/۳	۱۴/۱	۱۵	۳۳/۶	۲۸/۱	۴۴/۰۹	۲/۳۹	E, S, E, W, N W	-



شکل ۱. گلبادهای سالانه و فصلی ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه (۱۹۸۶-۲۰۰۶)

## شناسایی و تفکیک بادهای شدید و طوفان‌زا از طریق رسم گل طوفان

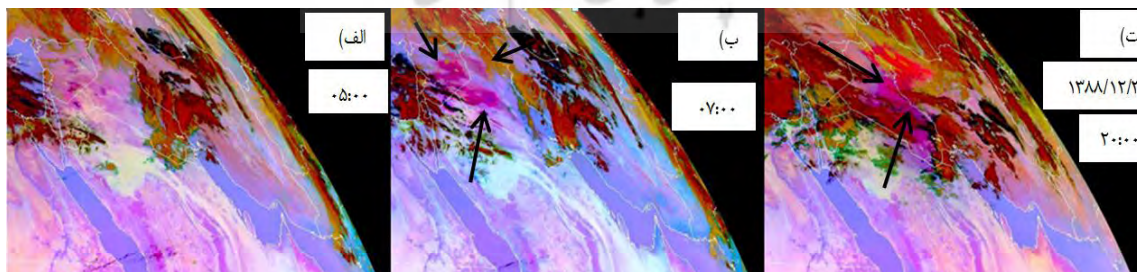
همان‌گونه که گل طوفان سالانه ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه نشان می‌دهد (شکل ۲)، جهت وزش بادهای فرساینده، که سرعت بیش از ۴/۵ متر بر ثانیه است، عمدتاً مربوط به قطاع غربی و قطاع شرقی تا جنوب شرقی است. همچنین، گل طوفان‌های فصلی کرمانشاه بیانگر این واقعیت است که جهت بادهای فرساینده در فصل بهار و تابستان غربی و در فصل زمستان و پاییز شرقی و جنوب شرقی است. براساس نتایج حاصل از این گل طوفان‌ها، وزش بادهای فرساینده دارای سرعت بیش از ۴/۵ متر بر ثانیه در فصول بهار و تابستان دارای فراوانی بیشتری نسبت به فصل زمستان و پاییز است. همچنین، نتایج حاصل از بررسی گل طوفان‌های فصلی و سالانه منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که عمدتاً بادهای حاکم در منطقه دارای سرعت کمتر از ۴/۵ متر بر ثانیه (تقریباً ۸۰ درصد) است.



شکل ۲. گل طوفان های سالانه و فصلی ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه (۱۹۸۶-۲۰۰۶)

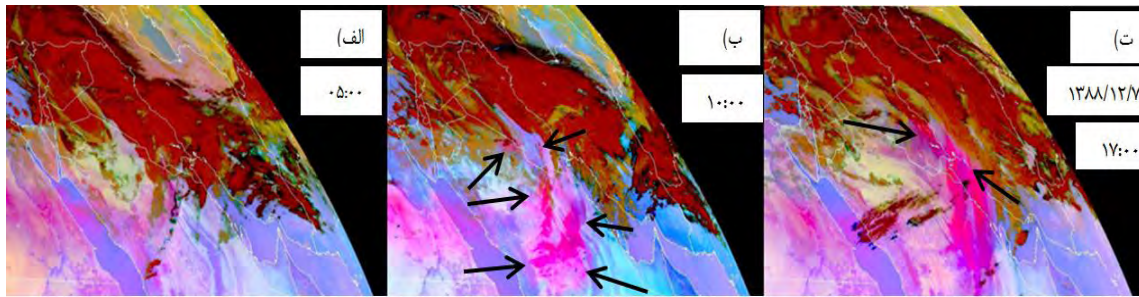
### بررسی منشأ ذرات معلق با استفاده از تصاویر ماهواره *Meteosat-9*

شکل های ۳ تا ۱۴ تصاویر ماهواره ای مربوط به شکل گیری هسته گردوغبارها را در زمان های مختلف نشان می دهد. تصاویر «الف» وضعیت بدون گردوغبار در بخش های غربی کشور و همچنین در کشورهای همسایه است. تصاویر «ب» محل شکل گیری هسته گردوغبارها را در ساعت معین با فلش نمایش می دهد. تصاویر «ت» ورود گردوغبارها به غرب و جنوب غرب کشور را در ساعت معین با فلش نشان می دهد. زمان براساس ساعت هماهنگ جهانی<sup>۱</sup> است. با توجه به تصاویر، کانون اصلی شکل گیری گردوغبارها در زمان های مختلف کشور عراق و در رتبه دوم سوریه است. مناطق اصلی شکل گیری گردوغبارها در عراق در درجه اول غرب و شمال غرب و در رتبه بعد شرق، جنوب شرق، جنوب، جنوب غرب، و نواحی داخلی است. همچنین، نواحی شرقی و جنوب شرقی سوریه در تولید گردوغبار نقش دارند و نواحی شمال عربستان نقش بسیار کمی در تولید این ذرات ایفا می کنند. نتایج جدول ۲ نشان دهنده افزایش غلظت ذرات معلق خارج از حد استاندارد (۱۵۰ میکروگرم بر متر مکعب) و کاهش دید افقی در روزهای گردوغباری در طی دوره نمونه برداری در شهر کرمانشاه است.



شکل ۳. تصاویر ماهواره ای *Meteosat-9* مربوط به هسته شکل گیری گردوغبارها و ورود آن ها به غرب در روز گردوغباری،

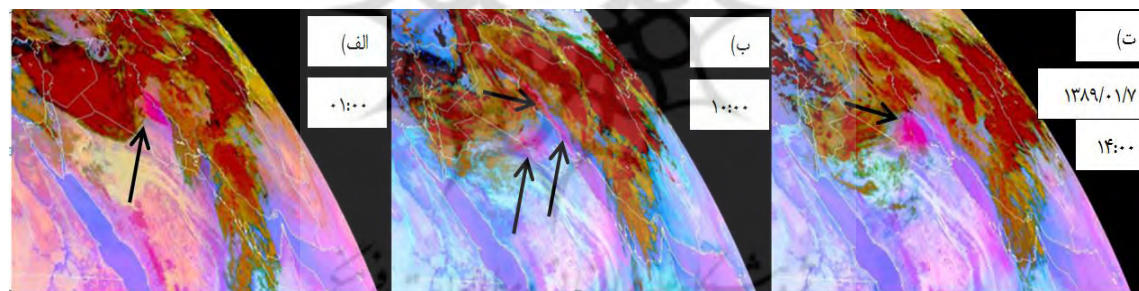
۱۳۸۸/۱۲/۴



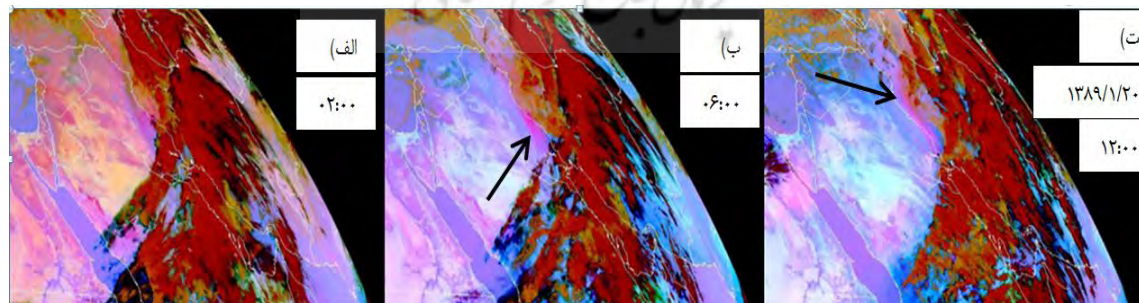
شکل ۴. تصاویر ماهواره‌ای Meteosat-9 مربوط به هسته شکل‌گیری گردوغبارها و ورود آن‌ها به غرب در روز گردوغباری، ۱۳۸۸/۱۲/۸



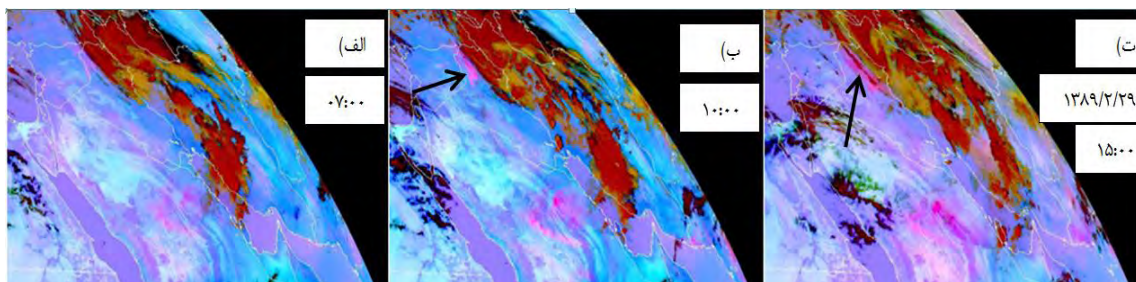
شکل ۵. تصاویر ماهواره‌ای Meteosat-9 مربوط به هسته شکل‌گیری گردوغبارها و ورود آن‌ها به غرب در روز گردوغباری، ۱۳۸۸/۱۲/۲۶



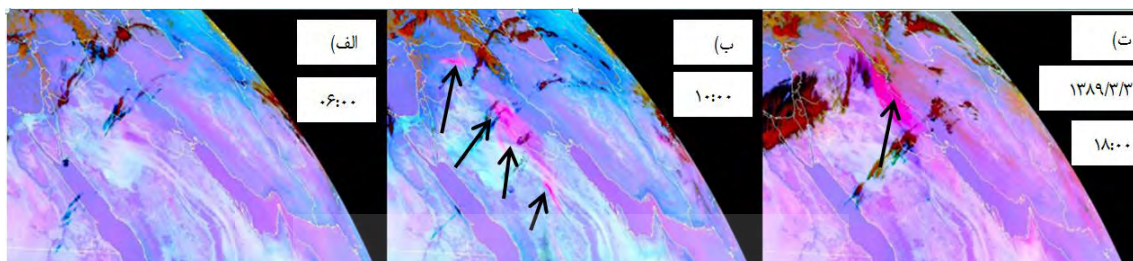
شکل ۶. تصاویر ماهواره‌ای Meteosat-9 مربوط به هسته شکل‌گیری گردوغبارها و ورود آن‌ها به غرب در روز گردوغباری، ۱۳۸۹/۱/۸



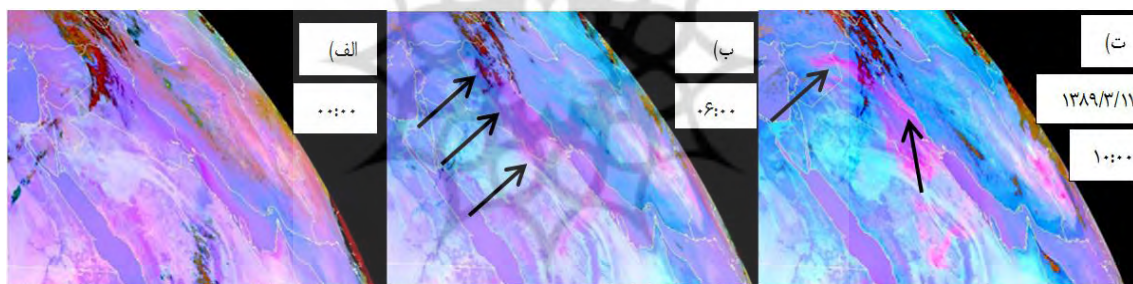
شکل ۷. تصاویر ماهواره‌ای Meteosat-9 مربوط به هسته شکل‌گیری گردوغبارها و ورود آن‌ها به غرب در روز گردوغباری، ۱۳۸۹/۱/۲۰



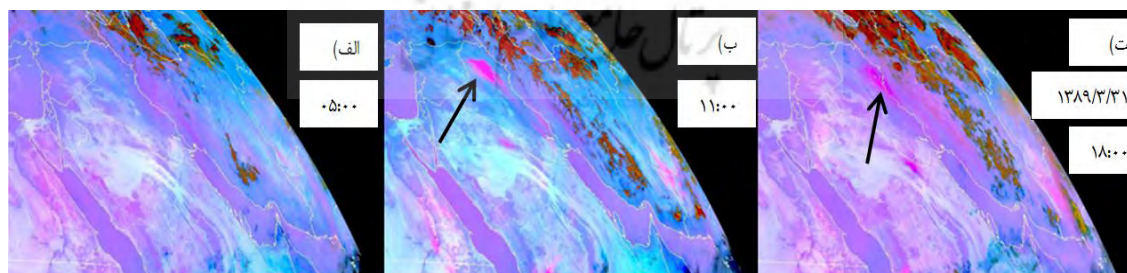
شکل ۸. تصاویر ماهواره‌ای Meteosat-9 مربوط به هسته شکل‌گیری گردوغبارها و ورود آن‌ها به غرب در روز گردوغباری،  
۱۳۸۹/۳/۳۰



شکل ۹. تصاویر ماهواره‌ای Meteosat-9 مربوط به هسته شکل‌گیری گردوغبارها و ورود آن‌ها به غرب در روز گردوغباری،  
۱۳۸۹/۳/۴

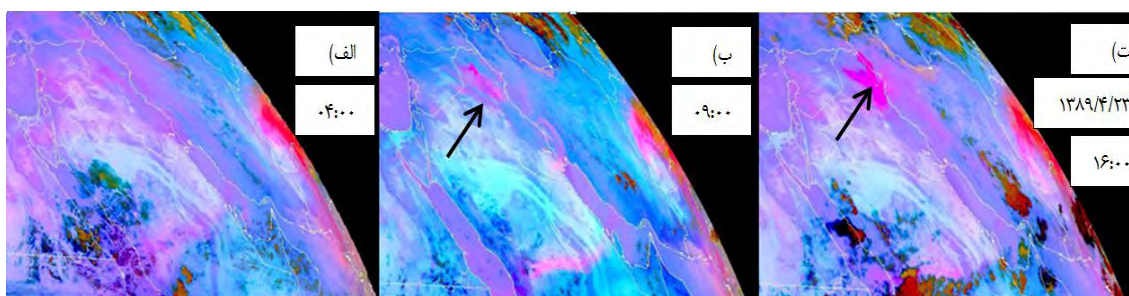


شکل ۱۰. تصاویر ماهواره‌ای Meteosat-9 مربوط به هسته شکل‌گیری گردوغبارها و ورود آن‌ها به غرب در روز گردوغباری،  
۱۳۸۹/۳/۱۸



شکل ۱۱. تصاویر ماهواره‌ای Meteosat-9 مربوط به هسته شکل‌گیری گردوغبارها و ورود آن‌ها به غرب در روز گردوغباری،  
۱۳۸۹/۳/۱





شکل ۱۲. تصاویر ماهواره‌ای Meteosat-9 مربوط به هسته شکل‌گیری گردوغبارها و ورود آن‌ها به غرب در روز گردوغباری، ۱۳۸۹/۴/۲۴



شکل ۱۳. تصاویر ماهواره‌ای Meteosat-9 مربوط به هسته شکل‌گیری گردوغبارها و ورود آن‌ها به غرب در روز گردوغباری، ۱۳۸۹/۳/۳۱

جدول ۲. میزان غلظت PM<sub>10</sub> (میکروگرم بر متر مکعب) و دید افقی (متر) در روزهای مختلف در بازه زمانی اسفند ۱۳۸۸ تا مرداد ۱۳۸۹ در شهر کرمانشاه

تاریخ	۱۳۸۸/۱۲/۴	۱۳۸۸/۱۲/۸	۱۳۸۸/۱۲/۲۶	۱۳۸۹/۱/۸	۱۳۸۹/۱/۲۰	۱۳۸۹/۲/۳۰	۱۳۸۹/۳/۳	۱۳۸۹/۳/۱۸	۱۳۸۹/۴/۱	۱۳۸۹/۴/۲۴	۱۳۸۹/۴/۳۱
غلظت	۲۵۰۰	۲۷۰	۲۴۴	۲۱۱	۲۸۸	۳۱۴	۲۲۲	۵۸۱	۵۰۸	۵۶۲	۱۰۴۲
دید افقی	۳۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۳۰۰۰	۱۵۰۰	۴۰۰۰	۳۰۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰

### بررسی آماره‌های توصیفی عناصر

جدول ۳ آماره‌های توصیفی عناصر در نمونه‌های ذرات معلق را نشان می‌دهد. آماره‌های توصیفی نشان‌دهنده در جدول ۳ شامل ماکزیمم، مینیمم، میانگین، انحراف معیار، و ضریب تغییرات هریک از عناصر است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، ضریب تغییرات عناصر در نمونه‌های ذرات معلق از ۲۶،۴۴ (سدیم) تا ۸۹،۲۱ (فسفر) درصد متغیر است.

### نتایج حاصل از تحلیل عاملی

جدول ۴ ماتریس بار عاملی و میزان اشتراک‌ها را نشان می‌دهد. براساس نتایج تحلیل عاملی اکتشافی، چهار عامل شناسایی شد که مقادیر ویژه آن‌ها بزرگ‌تر از یک است. این چهار عامل قادرند ۷۷ درصد از واریانس کل عوامل را توضیح دهند: عامل اول: انتشارات وابسته به خاک، شامل پتاسیم، کلسیم، آهن، منیزیم، سدیم، منگنز، و آلومینیوم؛ عامل دوم: انتشارات وابسته به وسایل نقلیه، شامل مس، سرب؛ عامل سوم: رهاسازی آلاینده‌ها از وسایل نقلیه، شامل آهن و انادیم؛ عامل چهارم: صنعت و سوزاندن نفت؛ شامل نیکل و وانادیم. بار عاملی این متغیرها بیشتر از ۰/۵ است که با توجه به حجم نمونه‌ها دارای سطح معنی‌داری بسیار قابل قبولی است. سپس، هر یک از این عوامل از روی متغیرها (عناصر) و معنی آن‌ها تفسیر و نام‌گذاری می‌شود. ستون آخر میزان اشتراک‌ها و میزان واریانس مشترک هر متغیر با عوامل را نشان می‌دهد.

جدول ۳. آماره های توصیفی عناصر نادر و اصلی در نمونه های ذرات معلق (ppb)

عناصر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)	حداکثر	حداقل
Zn	۶۹۱۰٫۰۲	۲۰۴۹٫۶۸	۲۹٫۶۶	۱۲۴۰۰٫۰۰	۳۲۰۰٫۰۰
Cu	۹۶٫۹۹	۳۵٫۴۳	۳۶٫۵۲	۲۰۵٫۶۳	۴۵٫۱۹
Pb	۸۹٫۷۸	۶۲٫۵۹	۶۹٫۷۱	۱۸۸٫۱۰	۸٫۹۵
K	۶۱۶۵٫۰۰	۱۸۴۱٫۸۹	۲۹٫۸۷	۱۰۳۰۰٫۰۰	۲۱۰۰٫۰۰
Ca	۵۲۲۱۰٫۰۰	۱۶۸۸۲٫۵۱	۳۲٫۳۲	۸۴۶۰۰٫۰۰	۱۴۳۰۰٫۰۰
Fe	۱۶۱۳٫۹۵	۷۵۲٫۶۵	۴۶٫۶۳	۳۸۰۰٫۰۰	۷۰۰٫۰۰
Ni	۵۹٫۵۴	۴۸٫۹۶	۸۲٫۲۳	۳۶۰٫۰۰	۳۱٫۲۹
B	۹۳۷۰٫۰۰	۳۰۳۰٫۷۱	۳۲٫۳۴	۱۵۵۰۰٫۰۰	۳۶۰۰٫۰۰
V	۵۴٫۷۵	۱۰٫۱۲	۱۸٫۴۸	۹۰٫۰۰	۵۰٫۰۰
Co	۲۱٫۹۰	۹٫۲۵	۴۲٫۲۳	۳۵٫۷۹	۴٫۸۶
P	۶۷۲٫۵۰	۵۹۹٫۹۹	۸۹٫۲۱	۴۲۰۰٫۰۰	۵۰۰٫۰۰
Mg	۲۰۶۷٫۸۰	۱۶۴۵٫۴۷	۷۹٫۵۷	۷۶۰۰٫۰۰	۳۰۰٫۰۰
Na	۱۶۵۰۲٫۵۰	۴۳۶۳٫۸۰	۲۶٫۴۴	۲۵۹۰۰٫۰۰	۶۵۰۰٫۰۰
Mn	۴۶٫۸۶	۲۸٫۶۵	۶۱٫۱۶	۱۵۰٫۰۰	۲۰٫۰۰
Al	۱۳۴۹۶٫۷۹	۵۲۷۵٫۸۷	۳۹٫۰۸	۲۳۹۰۰٫۰۰	۶۸٫۴۷

جدول ۴. بار عاملی عناصر در اتمسفر کرمانشاه

عناصر	عامل اول (انتشارات وابسته به خاک)	عامل دوم (انتشارات وابسته به وسایل نقلیه)	عامل سوم (رها سازی آلاینده ها از وسایل نقلیه)	عامل چهارم (انتشارات وابسته به صنعت و سوزاندن نفت)	اشتراک
Cu		۰٫۷۷۸			۰٫۸۰۹
Pb		۰٫۸۳۴			۰٫۷۸۲
K	۰٫۹۱۵				۰٫۹۱۶
Ca	۰٫۷۸۵				۰٫۶۹۶
Fe	۰٫۵۶۲		۰٫۵۸۷		۰٫۸۲۵
Ni				۰٫۸۰۵	۰٫۸۱۶
V			۰٫۵۴۲	۰٫۵۸۰	۰٫۷۰۹
Mg	۰٫۶۰۹				۰٫۵۲۱
Na	۰٫۸۸۱				۰٫۸۷۹
Mn	۰٫۵۰۸				۰٫۶۲۰
Al	۰٫۸۲۱				۰٫۹۰۲
مقادیر ویژه	۳٫۹۷۶	۲۰٫۹۹	۱٫۳۱۳	۱٫۰۸۷	
درصد واریانس	۳۶٫۱۴۷	۱۹٫۰۸۶	۱۱٫۹۳۶	۹٫۸۷۸	
درصد					
تجمعی	۳۶٫۱۴۷	۵۵٫۲۳۳	۶۷٫۱۶۹	۷۷٫۰۴۷	
واریانس					

### بحث و نتیجه گیری

در تحلیل عاملی چهار منشأ احتمالی شناسایی شد: ۱. انتشارات وابسته به خاک؛ ۲. انتشارات وابسته به وسایل نقلیه؛ ۳. رها سازی آلاینده ها از وسایل نقلیه؛ ۴. صنعت و سوزاندن نفت. این چهار عامل، ۷۷٫۰۴۷ از واریانس کل داده ها را دربر می گیرند. اولین عامل با بار عاملی بیشتر از ۰٫۵ شامل پتاسیم، کلسیم، آهن، منیزیم، سدیم، منگنز، و آلومینیوم مربوط به انتشارات وابسته به خاک است. این عامل ممکن است متعلق باشد به منابعی همانند مواد پوسته ای (گردوغبار معدنی)، جاده های آسفالت و غیر آسفالت، و ساخت و سازها. این عامل بیشترین مقدار از واریانس کل یعنی ۳۶٫۱ درصد را دربر می گیرد؛ این امر نشان می دهد که منابع انتشار وابسته به خاک، کمک کننده اصلی عناصر اصلی و نادر در PM<sub>10</sub> در

کرمانشاه هستند. دومین عامل (مس، سرب)، که احتمالاً به ترمز در جاده‌ها مربوط است. براساس مطالعه خلیج سان‌فرانسیسکو، سهم ترمز در جاده‌ها برای مس ورودی به خلیج، به‌عنوان بزرگ‌ترین منبع تخلیه مس به خلیج، ۳۵ درصد است (انبرگ، ۱۹۹۵). انبرگ گزارش کرد که مس فراوان‌ترین عنصر (بیش از ۲۰ درصد) در ترکیب ترمز در جاده‌هاست و پس از آن روی (بیش از ۱۸ درصد) و سرب (بیش از ۱۲ درصد) است. بنابراین، دومین عامل به منابع انتشار وابسته به وسایل نقلیه مربوط است. سومین عامل شامل آهن و وانادیم است که به خروجی وسایل نقلیه متعلق است (نوریک، ۱۹۹۸). آن‌ها همچنین گزارش کردند که میزان انتشار کل عناصر نادر (میلی‌گرم بر مایل) در خروجی وسایل نقلیه دیزلی (۸/۵۵) پنج برابر بیشتر از خروجی وسایل نقلیه گازوئیلی (۱/۷۵) بوده است. به‌علاوه، روی و آهن به‌عنوان شاخص احتمالی خروجی وسایل نقلیه استفاده شده است. آهن از سایدگی بخش‌های استیلی وسایل نقلیه همانند سیلندرها انتشار یافته است. تقریباً فرسایش موتور هنگامی رخ می‌دهد که ماشین شروع به کار می‌کند (البته، چندین دقیقه قبل از اینکه روغن در موتور جریان یابد رخ می‌دهد). به‌طور خلاصه، دومین و سومین عامل مربوط به انتشار وسایل نقلیه است. چهارمین عامل شامل نیکل و وانادیم است که ترکیبی است از صنعت و سوزاندن نفت. وایتا و همکاران (۲۰۰۸: ۸۲۷) در تحقیق خویش به منظور تعیین منشأ ذرات معلق در اروپا، با توجه به مطالعات انجام‌گرفته در اروپا، بیان کردند که براساس ۳۳ تحقیق علمی، منشأ آهن، روی، مس، و سرب ترافیک و خروجی وسایل نقلیه است که روند تغییرات آن‌ها وابسته به حجم و ترکیبی از انتشارات ترافیک بیان شده است. مطابق با ۲۴ مطالعه علمی، منشأ آلومینیوم، کلسیم، پتاسیم، و آهن ناشی از مواد معدنی و گردوغبار و همچنین براساس ۲۱ مطالعه منشأ وانادیم و نیکل سوزاندن نفت و صنعت بیان شده است. براساس تحلیل عاملی، منابع وابسته به خاک کمک‌کننده‌های اصلی در غلظت عناصر نادر شناخته شده است. بنابراین، تقریباً در بیشتر تحقیقات عناصر پوسته‌ای به‌عنوان کمک‌کننده اصلی عناصر در ذرات معلق است. در این مطالعه با بررسی گلبادها و گل‌طوفان‌ها و تصاویر ماهواره‌ای می‌توان پی برد که چگونه غلظت عناصر نادر، به‌ویژه در هوای کرمانشاه، افزایش یافته است. با مقایسه نتایج گلبادها و گل‌طوفان‌ها در منطقه مورد مطالعه و همچنین بررسی جهت باد در روزهای گردوغباری در بازه زمانی مورد مطالعه، می‌توان بیان کرد که جهت بیشتر بادهای غالب و بادهای فرساینده، به‌ویژه در فصول بهار و تابستان (فصولی که دارای بیشترین میزان وقوع طوفان‌های گردوغبارند)، با هم تطابق داشته است و عمدتاً جهت آن‌ها غربی است. ولی با وجود این، با توجه به درصد حالات باد آرام در گل‌طوفان‌ها، فقط ۲۰ درصد از بادهای توان فرساینده‌ی خاک و ایجاد گردوغبار در منطقه مورد مطالعه را داشته‌اند. بنابراین، با توجه به سهم کم بادهای فرسایش منطقه و ورود حجم عظیم گردوغبار به منطقه، منشأ اصلی گردوغبارهای اخیر در منطقه مورد مطالعه را باید در کشورهای همسایه جست‌وجو کرد. نتایج حاصل از بررسی منشأ ذرات معلق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که هسته شکل‌گیری گردوغبار مربوط به شمال غربی و غرب کشور عراق و در مراحل بعدی شرق و جنوب شرقی سوریه و شمال عربستان است. بنابراین، با توجه به نتایج بدست‌آمده، می‌توان بیان کرد که عراق و مناطق هم‌جوار با آن عامل اصلی ایجاد ذرات معلق (گردوغبار) در منطقه‌اند. دلایل متعددی برای این امر می‌توان بیان کرد: یکی از این دلایل، که کارشناسان هواشناسی نیز آن را تأیید کرده‌اند، این است که سیستم‌های کم‌فشار جنوبی روی عراق توربولانس ایجاد و ذرات معلق را وارد جو کرده‌اند و این ذرات توسط جریانات غربی و جنوب غربی سطوح میانی جو به غرب و جنوب غرب ایران منتقل شده است (قاسمی، ۱۳۸۸: ۵؛ حیدری، ۱۳۸۴: ۴؛ ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸۴: ۱۷۴؛ زورآوند و شهبازی، ۱۳۸۷: ۸؛ عطایی و احمدی، ۱۳۸۹: ۱). براساس تصاویر ماهواره‌ای، مناطق اصلی تأثیرگذار در تولید این ذرات کشورهایی همانند عراق و سوریه‌اند؛ این کشورها دارای ویژگی زمین‌شناسی و اقلیمی حساس‌اند و در ورود حجم عظیم این ذرات از این مناطق جریان‌های هوایی یا بادهای غربی یا جنوب غربی در سطوح میانی جو (که تحت تأثیر شرایط مساعد دمایی و فشار ایجاد شده‌اند) نقش عمده‌ای دارند؛ این امر نقش پارامترهای هواشناسی را در ورود این ذرات به منطقه نشان می‌دهد.

## منابع

- جمشیدی، ا.؛ کریمزاده، ک. و رایگان شیرازی، ع. (۱۳۸۵). بررسی میزان آلودگی ذرات معلق در هوای شهر گچساران در سال ۱۳۸۴، *مجله ارمغان دانش*، ۱۲(۲): ۸۹-۹۷.
- حیدری، م.ط. (۱۳۸۷). طوفان‌های گرد و غبار مهمان ناخوانده و حوادثی نامنتظره و زیان‌بار، فصل‌نامه هواشناسی استان کرمانشاه، ۷: ۱۳-۴.
- خوش‌اخلاق، ف.؛ نجفی، م.س.؛ زمان‌زاده، م.؛ شیرازی، م.ح. و صمدی، م. (۱۳۹۲). بررسی ترکیبات بار گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران، *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۶: ۱۷-۳۶.
- دیبری، م. (۱۳۹۲). *آلودگی محیط زیست (هوا، آب، خاک، صوت)*، تهران: اتحاد.
- ذوالفقاری، ح. و عابدزاده، ح. (۱۳۸۴). تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گرد و غبار در غرب ایران، *مجله جغرافیا و توسعه*، ۱۷۴-۱۸۸.
- زارع چاهوکی، م.ع. (۱۳۹۳). تجزیه و تحلیل داده‌ها در پژوهش‌های منابع طبیعی با نرم‌افزار SPSS، تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران.
- زورآوند، ع. و شهبازی، ف. (۱۳۸۷). تحلیل سینوپتیکی جو در استان کرمانشاه، فصل‌نامه هواشناسی، ۱۳: ۹-۷.
- عرفان‌منش، م. و افیونی، م. (۱۳۸۱). *آلودگی محیط زیست (آب، خاک، و هوا)*، اصفهان: انتشارات ارکان.
- عطایی، ه. و احمدی، ف. (۱۳۸۹). بررسی گرد و غبار به عنوان یکی از معضلات زیست‌محیطی جهان اسلام (مطالعه موردی: استان خوزستان)، *مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیادانان جهان اسلام*، ایران، زاهدان، ص ۱-۱۹.
- قاسمی، م. (۱۳۸۸). بررسی وضعیت گرد و غبار استان کرمانشاه در سال ۱۳۸۸، فصل‌نامه هواشناسی استان کرمانشاه، ۱۳: ۴-۶.
- لیلی، م.؛ ندافی، ک.؛ یونسین، م.؛ مصداقی‌نیا، ع. و نظم‌آرا، ش. (۱۳۸۸). غلظت ذرات معلق و شاخص کیفیت هوا (AQI) در محدوده مرکزی شهر تهران، *مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی*، ۷(۱): ۵۷-۶۷.
- ندافی، ک.؛ احرام‌پوش، م.؛ جعفری، و. و یونسین، م. (۱۳۸۷). بررسی کل ذرات معلق و ترکیب مواد تشکیل‌دهنده آن در منطقه مرکزی شهر یزد، *مجله دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی شهید صدوقی یزد*، ۱۶(۴): ۲۱-۲۵.
- Ataei, H. and Ahmadi, F. (2010). Dust one of the environmental problems in Islamic world (Case study: Khozestan Province), In: *Proceedings of the Fourth International Congress of Islamic World Geographers*, Iran, Zahedan, pp. 14-16.
- Bhanarkar, A.D.; Rao, P.S.; Gajghate, D.G. and Nema, P. (2005). Inventory of SO<sub>2</sub>, PM and toxic metals emissions from industrial sources in Greater Mumbai, India, *Atmospheric Environment*, 39: 3851-3864.
- Cao, J.; Shen, Zh.; Chow, C.j.; Qi, g. and Watson, G.j. (2009). Seasonal variations and sources of mass and chemical composition for PM<sub>10</sub> aerosol in Hangzhou, China, *Particuolog*, 7: 161-168.
- Dabiri, M. (1996). *Environmental pollution (air - water - soil - noise)*, Etehad Publications, Iran.
- Engberg, C.C. (1995). The regulation and manufacture of brake pads: the feasibility of reformulation to reduce the copper load to the San Francisco Bay, <http://www.p2pays.org/ref/02/01/393.pdf>.
- Erfan-Manesh, M. and Afuni, M. (2002). *Environmental pollutions (water, soil and air)*, Arkan Press, Tehran.
- Ghassemi, M. (2009). Investigation of dust in Kermanshah Province, *Meteorology of Kermanshah*, 13: 4-6.
- Haideri, M.T. (2009). Uninvited guests and harmful phenomena, *Meteorology of Kermanshah*, 7: 4-13.
- Han, Y.M.; Cao, J.J.; Jin, Z.D. and ZS, AN. (2009). Elemental composition of aerosols in Daihai, a rural area in the front Boundary of the Summer Asian Monsoon, *Atmospheric Research*, 92: 229-235.

- Jamshidi, A.; Karimzadeh, K.; Raiganshirazi, A. (2006). Investigation of suspended particles pollution in Gachsaran air, *Armaghan of Danesh*, 12(2): 89-97.
- Khoshakhlagh, F.; Najafi, M.S.; Zamanzadeh, S.M.; Shirazi, M.H.; Samadi, M. (2013). The study of dust composition in the west and southwest of Iran, *Geography and Environmental Hazards*, 6: 17-36.
- Koulouri, E.; Saarikoski, S.; Theodosi, C.; Markaki, Z.; Gerasopoulos, E.; Kouvarakis, G.; Ma'kela', T.; Hillamo, R. and Mihalopoulos, N. (2008). Chemical composition and sources of fine and coarse aerosol particles in the Eastern Mediterranean, *Atmospheric Environment*, 42: 6542-6550.
- Lili, M.; Naddafi, K.; Yonsyan, M.; Mesdaghinia, A. and Nazmara, Sh. (2009). Concentration of aerosols and air quality index (AQI) in the central area of Tehran, *Faculty of Health and Institute of Health Researches*, 7(1): 57-67.
- Mohammedan Behbahani, A. (2006). Investigation and determination of movement of the fluent sands on the roads of desert and its control (Case Study: Yazd - Meibod Road), M.A. Thesis, Sadat Fizia, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.
- Na, K. and Cocker, D.R. (2009). Characterization and source identification of trace elements in PM<sub>2.5</sub> from Mira Loma, Southern California, *Atmospheric Research*, doi:10.1016/j.atmosres.2009.03.012.
- Naddafi, K.; Ahrampush, M.H.; Jafari, V. and Yonesyan, M. (2008). Investigation of total suspended particles and its ingredients in the central area of Yazd, *University of Medical Sciences – Health Services of Sadoughi, s martyr of Yazd*, 16(4): 21-25.
- Norbeck, J.M.; Durbin, T.D. and Truex, T.J. (1998). Measurement of primary particulate matter from light-duty motor vehicles, *Center for Environmental Research and Technology*, University of California, Riverside, CA. Final Report, CRC Project No, E-24-2.
- Rajabi, M.R. (2003). Analysis of erosive winds in the area of Isfahan, M.S. Thesis, Faculty of Natural Resources, Industrial University of Isfahan, Iran.
- Viana, M.; Kuhlbusch, T.A.J.; Querol, X.; Alastuey, A.; Harrison, R.M.; Hopke, P.K.; Winiwarter, W.; Vallius, M.; Szidat, S.; H.Prevot, A.S.; Hueglin, C.; Bloemen, H.; Wahlin, P.; Vecchi, R.; Miranda, A.I.; Kasper-Giebl, A.; Maenhaut, W. and Hitzenberger, R. (2008). Source apportionment of particulate matter in Europe: a review of methods and results, *Aerosol Science*, 39: 827-849.
- Zare Chahouki, M.A. (2010). *Analysis of data in the researches of natural resources using the SPSS software*, Press of Jihad of Daneshgahi of Tehran, Iran.
- Zolfaghari, H. and Abedzadeh, H. (2005). Synoptic analysis of dust systems in the West, *Geography and Development*, Fall and Winter, pp. 174-188.
- Zouravand, A.M. and Shabazi, F. (2010). Synoptic analysis of atmosphere in Kermanshah Province, *Meteorology of Kermanshah*, 13: 7-9.
- Zoljoodi, M.; Didevarasl, A. and Montazerzohor, Z. (2013). Application of the dust simulation models in the Middle East, and dust-dispersion toward the western/southwestern Iran (case study: 22-26 June 2010), *Natural Science*, 5(7): 818-831.