

## تحلیل آماری - همبستگی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران

قاسم عزیزی<sup>۱</sup>، علی اکبر شمسی پور<sup>۲</sup>، مرتضی میری<sup>۳\*</sup>، طاهر صفرراد<sup>۴</sup>

ghazizi@ut.ac.ir

۱-دانشیار اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

shamsipr@ut.ac.ir

۲-استادیار اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۳-دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

tsafarrad@ut.ac.ir

۴-دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۴ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۶

### چکیده

هدف این مقاله بررسی چگونگی شکل‌گیری پدیده گرد و غبار و همین‌طور شناخت مناطق منشاء و مسیر ورود آنها به نیمه غربی ایران است. در این تحقیق یک دوره زمانی ۳۰ ساله که از ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۸ را پوشش می‌دهد، استفاده شده است. روش تحقیق ترکیبی از تحلیل‌های آماری - همبستگی و دورسنجی است. فراوانی وقوع، تداوم و شدت این پدیده با استفاده از داده‌های ساعتی گرد و غبار ایستگاه‌های سینوپتیک (۸ نوبت در ۲۴ ساعت) در محیط ARC GIS و SPSS بررسی شد. وضعیت پایداری جو، با استفاده از داده‌های جو بالا در محیط نرم افزار RAOB محاسبه و تحلیل شده‌اند. بارزسازی گرد و غبار روی تصاویر MODIS با استفاده از ویژگی‌های دمای درخشایی طول موجهای ۱۱ و ۱۲ میکرومتر در محیط ENVI4.5 انجام شد، محاسبه و نمایش پهنای داده‌های تراز بالایی در محیط برنامه GrADS انجام شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بیشینه روزه‌های همراه با گرد و غبار در ماه‌های مه، ژوئن و ژوئیه و کمینه آن در ماه‌های دسامبر و ژانویه است. همچنین بیشینه رخداد گرد و غبار در ساعت‌های بعداز ظهر به وقت محلی و کمینه آن مربوط به ساعت 0.0UTC (۳/۵ به وقت محلی) است. با بررسی تصاویر ماهواره‌ای همراه نقشه‌های جوی و مقایسه آنها طی سالهای مختلف، شرق سوریه، عراق و نیز بیابان‌های عربستان به‌عنوان چشمه‌های گرد و غبار شناسایی شدند. بررسی نقشه‌های همبستگی نشان می‌دهد که در دوره گرم سال فرایندهای ترمودینامیکی و در اواخر دوره سرد سال و ماه‌های گذر، فرایندهای دینامیکی مهم‌ترین نقش را در شکل‌گیری و انتقال این پدیده ایفا می‌کنند.

### کلیدواژه

مخاطرات جوی، طوفان گرد و غبار، دمای درخشایی، شرایط همبستگی، نیمه غربی ایران

### سرآغاز

منبع گرد و غبار است (Sivakumar, 2005). این تأثیر در ارتباط با پدیده خنک شدن دهه ۱۹۷۰، تقویت شد. در این دوره ادعا شد که انسان با فعالیتهای کشاورزی و صنعتی خود سرعت بالا رفتن گرد و غبار جو را شتاب داده است (عزیزی، ۱۳۸۳). با توجه به آثاری که این پدیده در بعد جهانی بر جای می‌گذارد، کارشناسان مربوطه با ابزارهای متفاوت از جمله تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های هوا، روش‌های آماری مختلف آن‌را بررسی می‌کنند تا با شناسایی منشاء و آثار آنها اقدامات لازم برای کاهش آسیب‌های احتمالی ناشی از گرد و غبارها انجام شود.

مطالعات انجام گرفته در این زمینه، بیشتر در مناطق متأثر از گرد و غبار شرق آسیا، بویژه کشور چین متمرکز است که به‌علت وسعت مناطق تحت تأثیر این پدیده از سالهای گذشته، مطالعات

ارتباط تنگاتنگ اقلیم با سلامت انسان و فعالیتهای او بررسی و دیده‌بانی رخدادهای جوی را ضروری می‌کند. گرد و غبارها یکی از ویژگی‌های سامانه‌های همبستگی جوی هستند که در بسیاری از مناطق جهان رخداد دارند. گاهی وقوع شدید این پدیده باعث کاهش میدان دید تا کمتر از 1000m می‌شود (Sivakumar, 2005). فراوانی رخداد گرد و غبار در مناطق خشک و نیمه‌خشک بمراتب بیشتر بوده و شرایط زندگی را در بسیاری از کشورهای مناطق خشک و نیمه‌خشک آسیا به‌طور چشمگیری تحت تأثیر قرار داده است (Xiao and Chang, 2009 و عباسی و همکاران، ۱۳۷۸)، این پدیده تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی شکل می‌گیرد. تغییرات انسان در محیط طبیعی عامل بسیار مهمی در افزایش نگرانی بعضی نواحی

غبار بدون توجه به الگوهای گردشی جو غیر ممکن به نظر می‌رسد. چنانکه در اکثر مطالعات انجام شده شرایط جوی اساس بررسی چگونگی وقوع این پدیده است (wilkerson, 1991, Hasanean, 2000). مطالعات انجام شده مرتبط با پدیده گرد و غبار در ایران نیز شرایط همدید و سامانه‌های جوی مؤثر در انتقال آن به داخل ایران را مد نظر داشته‌اند.

ذوالفقاری (۱۳۸۴)، سامانه‌های گرد و غبار در غرب ایران را با نگرش همدیدی در یک دوره زمانی ۵ ساله بررسی کرد. وی پرفشار آزر همراه با سیستم‌های مهاجر غربی را مهمترین عوامل همدید تأثیرگذار بر سامانه‌های گرد و غبار بیان می‌کند؛ همچنین مهمترین منبع گرد و غبارهای وارد شده به غرب ایران، صحرای سوریه، صحرای نفود در شمال شبه جزیره عربستان و شمال صحرای بزرگ افریقا می‌داند.

لشکری (۱۳۸۷)، به تحلیل آماری - همدیدی طوفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۵ پرداخته است. ولی مشخص کرد که طوفان‌های گرد و غبار در جنوب استان خراسان رضوی پدیده‌ای متداول است و از شمال به جنوب بر تعداد آنها افزوده می‌شود و بیشتر طوفان‌ها در تمام طول سال از ساعت ۱۲ به بعد شکل می‌گیرند.

عوامل محلی بیشتر در تشدید طوفان‌ها و عوامل ترمودینامیکی بیشتر در شکل‌گیری و گسترش آنها مؤثرند. رشنو (۱۳۸۸)، پدیده گرد و غبار را در استان خوزستان به لحاظ آماری و با استفاده از سنجش از دور بررسی و تحلیل کرد. وی عوامل ایجاد گرد و غبار در منطقه را به دو دسته عوامل انسانی و طبیعی تقسیم بندی می‌کند. خشکسالی‌های اخیر را یکی از مهم‌ترین دلایل طبیعی و جنگ تحمیلی، کشاورزی، سدسازی، جنگ آب و سیاست انتقال آب از مناطق پرآب به مناطق کم آب را از دلایل انسانی مؤثر در پدیده گرد و غبار ذکر می‌کند. طهماسبی بیرگانی و همکاران (۱۳۸۸)، چگونگی طوفان‌های گرد و غبار و فرسایش بادی در استان خوزستان را بررسی کردند و راهکارهای مقابله با آن را ارائه دادند و اصلی‌ترین علت وقوع گرد و غبار را در نواحی جنوب غربی کشور، جریان‌های مربوط به وقوع طوفان در کشور عربستان و همچنین عراق می‌دانند و فرسایش بادی را که در اراضی کشور صورت می‌گیرد به‌عنوان عامل داخلی مؤثر در وقوع گرد و غبارها می‌دانند.

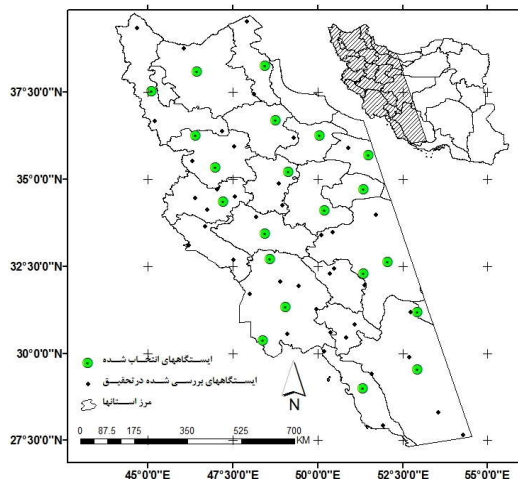
وسیی به‌منظور کنترل و مدیریت آنها انجام شده است. (Zijiang و همکاران ۲۰۰۳)، طوفان‌های شدید، گرد و غبار شمال چین را در فاصله زمانی ۱۹۵۴ تا ۲۰۰۲ مورد بررسی قرار دادند، و ۲۲۳ مورد از طوفان‌های شدید را در شمال چین در طول دوره مورد مطالعه مشخص کردند که طوفان ۱۰ تا ۱۲ آوریل ۱۹۷۹ بزرگترین طوفان ثبت شده بوده است.

Wang و همکاران (۲۰۰۶)، انتشار و انتقال گرد و غبارها در شرق آسیا را به لحاظ همدیدی تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی عددی کردند. نتیجه مطالعات آنها نشان داد که طوفان‌های گرد و غبار ممکن است همزمان با فعالیت سامانه‌های همدیدی نواحی بیابانی شمال شرقی آسیا همراه با بادی با سرعت ۶ متر در ثانیه توسعه یابند.

Takashi و همکاران (۲۰۰۷)، ارتباط بین رخداد طوفان گرد و غبار را با شرایط هواشناسی همدیدی در شرق آسیا در دوره زمانی ۴ ساله (۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳)، مطالعه کردند و شش منطقه از شرق آسیا را در دو گروه کلی مورد بررسی قرار دادند. (Kim, 2008)، در بررسی مسیرهای انتقال و نواحی منشاء گرد و غبار آسیایی مؤثر در کره جنوبی، با استفاده از داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های همدید، و تصاویر ماهواره‌ای MODIS، مشخص شد که ۸۷٪ از رخدادهای گرد و غبار در فصل بهار رخ داده‌اند که بعد از سال ۱۹۸۰ روند افزایشی داشته‌اند و طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲ این روند شدت بیشتری داشته است. دلیل این موضوع تغییر الگوهای انتقال در سطوح بالایی جو بیان شده است. Wang و همکاران (۲۰۰۹)، با بررسی خصوصیات گرد و غبار و شناسایی منابع آن در نواحی خشک و نیمه خشک چین مشخص شد که بیابان‌های وسیع عربستان و صحرای شمال افریقا متاثر از سامانه‌های همدید مقیاس و امواج غربی، گرد و غبار را به مناطق مختلفی همچون ایران گسترش می‌دهند. Barkan و همکاران (۲۰۰۵)، استقرار پر فشار جنب حاره بر روی جنوب شرق مدیترانه و کم فشار ناشی از ناوه ایسلند در غرب افریقا را عامل اصلی رخداد گرد و غبار و انتقال آن به ایتالیا و مرکز اروپا معرفی کردند.

Maghrabi و همکاران (۲۰۱۱)، با استفاده از پارامترهای هواشناسی و ماهواره‌ای به این نتیجه رسیدند که فشار هوا و رطوبت نسبی در روز وقوع گرد و غبار نسبت به روز قبل از آن افزایش و میزان دید و دما کاهش می‌یابد. تبیین چگونگی رخداد طوفان گرد و

سی ساله (۲۰۰۸-۱۹۷۹)، از ۶۱ ایستگاه منتخب در نیمه غربی ایران (شکل شماره ۱) از سازمان هواشناسی اخذ شد و با استفاده از روشهای آماری پردازش و تحلیل شدند.



شکل شماره (۱): منطقه مورد مطالعه

به علت حجم زیاد داده‌ها از بین تمام ایستگاهها تعداد ۲۰ ایستگاه با لحاظ پراکنش مناسب در کل محدوده مطالعاتی انتخاب و مورد بررسی آماری قرار گرفتند. با بررسی و واکاوی داده‌های آماری، رخداد‌های گرد و غبار با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر و تداوم زمانی بیش از سه روز برای حداقل پنج ایستگاه و بیشتر مشخص شدند. در پایان رخداد گرد و غبار ۱۷ تا ۲۱ آوریل ۲۰۰۸ در اواخر دوره سرد و ۷ تا ۱۱ ژوئن ۲۰۰۸ در دوره گرم سال، انتخاب و مورد واکاوی همدیدی و سنجش از دوری قرار گرفتند. برای بررسی وضعیت جو بالایی با مراجعه به پایگاه داده‌های جوی دانشگاه وایومینگ، داده‌های رادیوسوند برای روزهای همراه با گرد و غبار در ایستگاههای نیمه غربی ایران اخذ شد. با استفاده از نرم افزار RAOB و نمودارهای Skew-T به صورت روزانه ترسیم و مورد تحلیل قرار گرفتند. برای بررسی پایداری و ناپایداری جو از شاخص‌های  $(LI)^1$ ،  $(SI)^2$ ،  $(CAPE)^3$  و  $TT^4$  استفاده شد. در ادامه برای شناسایی وضعیت همدیدی در روزهای همراه با گرد و غبار با مراجعه به تارنمای NCEP-NCAR داده‌ای روزانه فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیلی، مؤلفه بادهای نصف‌النهاری و مداری (v,u) با فرمت netcdf دریافت و با استفاده از نرم‌افزار GrADS نقشه‌های مورد نیاز در ترازهای سطح زمین، ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال تهیه و مورد تحلیل قرار گرفتند. همچنین بارزسازی گرد و غبار روی تصاویر MODIS با استفاده از ویژگی‌های دمای درخشایی طول موجهای ۱۱ و ۱۲ میکرومتر در محیط ENVI4.5 انجام و پدیده گرد و غبار

خسروی (۱۳۸۹)، توزیع عمودی گرد و غبار ناشی از طوفان در خاورمیانه را با استفاده از مدل NAAPS روی سیستم ایران در دوره زمانی (۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵) مورد مطالعه قرار داد. مطالعه نشان داد محیط طبیعی دشت سیستان به همراه استقرار الگوهای سینوپتیکی بویژه در دوره تسلط بادهای ۱۲۰ روزه شرایط مناسبی برای ایجاد طوفان‌های گرد و غباری فراهم می‌کنند. همچنین می‌توان به کارهای: عباسی و همکاران (۱۳۷۸)، تحلیل منشاء گرد و غبارهای بوشهر و خوزستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، ایرانمنش و همکاران (۱۳۸۴)، بررسی مناطق برداشت ذرات گرد و غبار و ویژگی‌های انتشار آنها در توفانهای منطقه سیستان نیز اشاره کرد. کشور ایران و بویژه منطقه غرب و جنوب غرب ایران به طور متناوب با پدیده گرد و غبار و مشکلات آن مواجه است.

غرب ایران با توجه به محیط طبیعی و نزدیکی با مناطق منشأ گرد و غبار در غرب آسیا منطقه‌ای مستعد برای رخداد پدیده گرد و غبار بصورت مکرر است. به طوری که سازمان حفاظت محیط زیست سازمان ملل (UNEP) در گزارشی وقوع خشکسالی در پهنه‌های رسوبی و ریزدانه حوضه‌های آبریز موجود این مناطق را منطقه جنوب غرب ایران و کشورهای همسایه همچون عراق را با کاهش رطوبت سطحی و زیر سطحی و همچنین از بین رفتن پوشش‌های گیاهی، مهمترین علل تشدید پدیده گرد و غبار دانست. همچنین عوامل انسانی همچون احداث سدهای عظیم بر روی رودهای منتهی به حوضه آبریز بین‌النهرین را از دیگر عوامل تأثیرگذار بر این واقعه بر شمرده (UNEP, 2001).

ریزگردها با ورود به جریان‌های جوی به غرب ایران وارد شده و گاهی تا مرکز کشور جا به جا می‌شوند. در این مقاله با توجه به اهمیت این پدیده و مشکلاتی که با حضور آن در مناطق مختلف ایجاد می‌شود و از طرف دیگر گسترش وسیع مکانی این پدیده در سالهای اخیر در بخش‌های غربی و شمالی کشور، سعی بر این است تا ابتدا تحلیلی آماری از پدیده گرد و غبار، فراوانی وقوع آن در گذشته و دهه اخیر انجام گرفته و مناطق منشاء و شرایط جوی شکل‌گیری، با روشهای ترکیبی مورد واکاوی قرار گیرد.

## داده‌ها و روش‌شناسی

برای مطالعه حاضر متناسب با ضرورت از روشهای آماری، همدیدی و سنجش از دور استفاده شد. داده‌های مورد استفاده شامل چند بخش است؛ در ابتدا داده‌های آماری گرد و غبار به صورت روزانه طی ۸ دیده‌بانی ساعتی در دوره

در منطقه مورد مطالعه استخراج شد. بدین منظور پس از تصحیح هندسی تصاویر، مقادیر رادیانس تصاویر از طریق عکس تابع پلانک به دمای درخشایی تبدیل شدند (رابطه ۱).

$$T = \frac{hc}{\lambda_i k \ln \left( \frac{2hc^2}{l(\lambda_i)\lambda_i^5} + 1 \right)} \quad \text{رابطه ۱}$$

که T، دمای درخشایی

h، ضریب ثابت پلانک برابر با  $6.6265 \times 10^{-34}$  JS

c، سرعت نور برابر با  $2.998 \times 10^8$  m/s

k، ثابت بولتزمن برابر با  $1.3806558 \times 10^{-23}$  J/K

$L(\lambda_i)$ ، مقادیر رادیانس باند i و

$\lambda_i$ ، طول موج مرکزی باند i بر حسب میکرومتر ( $\mu\text{m}$ ).

تفاوت دمای درخشایی گرد و غبار در طول موجهای ۱۱ میکرومتر (باند ۳۱ سنجنده MODIS) و ۱۲ میکرومتر (باند ۳۲ سنجنده MODIS) امکان استخراج گرد و غبار را فراهم می‌کند، بدین صورت که مقادیر کوچکتر از صفر ( $\Delta BT_{31,32} < 0$ ) بیانگر مناطق دارای گرد و غبار است. برای جداسازی اراضی بیابان و ابر از پدیده گرد و غبار به ترتیب، از شاخص MNDVI و آستانه دمایی ۲۹۰ درجه کلون در باند ۳۲ استفاده شد. شاخص MNDVI از طریق رابطه شماره ۲ حاصل شد.

$$\text{رابطه ۲: } \text{MNDVI} = (\text{NDVI})^2 / (B_1)$$

$$\text{که؛ رابطه ۳: } \text{NDVI} = (B_2 - B_1) / (B_2 + B_1)$$

(Zaho, et al., 2010)

و  $(B_2, B_1)$  به ترتیب باندهای شماره ۱ و ۲ در سنجنده‌ی MODIS هستند. در این تحقیق آستانه کوچکتر از ۰/۰۸ برای مناطق دارای گرد و غبار اعمال شد. در پایان تصاویر رنگی کاذب از منطقه، به نحوی که پدیده گرد و غبار بروشنی قابل تشخیص باشند، ایجاد شدند. بر روی تصاویر به صورت محدوده‌های خاکی رنگ مشاهده می‌شوند. در این مطالعه نمونه‌های انتخابی بر اساس کد ۰۶ یعنی گرد و غباری که خارج از ایستگاه به منطقه وارد شده، مورد مطالعه قرار گرفته‌است.

### بحث و یافته های تحقیق

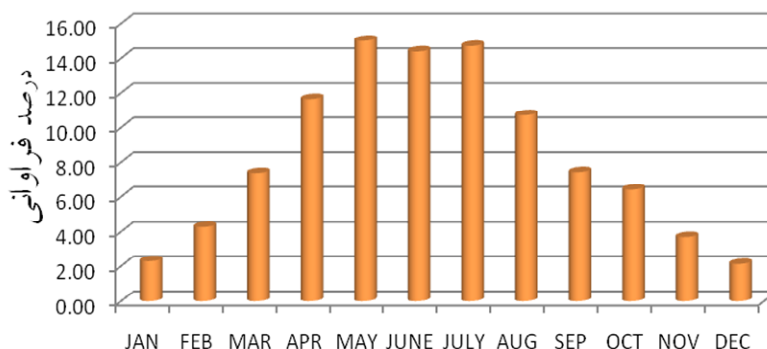
#### تحلیل فراوانی و توزیع زمانی طوفان گرد و غبار

بررسی سالانه روزهای همراه با گرد و غبار برای ایستگاههای مورد مطالعه طی یک دوره سی ساله نشان می‌دهد که فراوانی

روزهای همراه با گرد و غبار در گذشته (۱۹۸۲ تا ۱۹۹۲)، برای ایستگاههایی که در مسیر گرد و غبار قرار دارند بیشتر از امروز ثبت شده است. این رخداد در سایر ایستگاهها نیز قابل توجه است. اگرچه در برخی از ایستگاهها فراوانی رخداد گرد و غبار در سال ۲۰۰۸ به بالاترین میزان می‌رسد، ولی در مجموع رخداد گرد و غبار برای نیمه غربی ایران در گذشته بیشتر از دهه اخیر ثبت شده است. به‌طوری که ایستگاه دزفول که با ۳۱۹۶ روز گرد و غباری بیشترین فراوانی رخداد گرد و غبار را داراست، بیشترین فراوانی گرد و غبار سالانه را با ۱۷۹ روز در سال ۱۹۹۱ نشان می‌دهد.

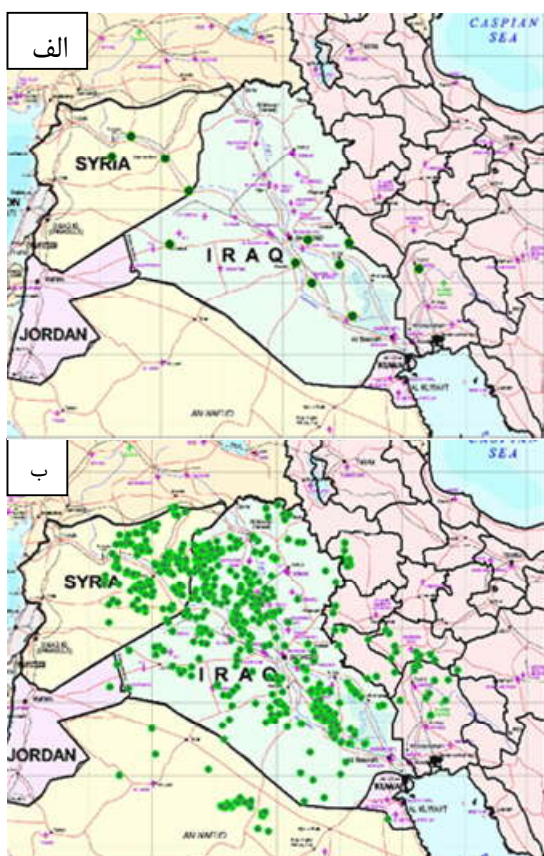
به‌طور کلی بررسی سالانه داده‌ها نشان می‌دهد که پدیده گرد و غبار در تمامی ایستگاهها دارای دو بیشینه زمانی بوده‌اند؛ اولی در طول سالهای ۱۹۸۲-۱۹۹۲ و دیگری در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸. تفاوت بین این دو در شدت، تداوم و تعداد روزهای رخداد گرد و غبار است، به‌طوری که فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار در دوره اول، شدت و فراگیری مکانی و تداوم آن در دوره دوم، بویژه در سال ۲۰۰۸ مورد توجه هستند. بررسی ماهانه این پدیده نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی رخداد آن در غرب ایران به ترتیب در ماههای اردیبهشت، تیر و خرداد ماه اتفاق افتاده است.

همان‌طور که شکل شماره (۲) نشان می‌دهد ۱۵ درصد از کل رخداد گرد و غبار در ماه اردیبهشت به وقوع پیوسته است. ماههای تیر با ۱۴/۶ درصد و خرداد با ۱۴/۳ درصد در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. همچنین بر اساس شکل مزبور ماه دسامبر با ۲/۱ و ژانویه با ۲/۲ درصد کمترین رخداد ماهانه را دارا هستند. همچنین با ارزیابی ساعتی رخداد پدیده گرد و غبار در ایستگاههای منتخب، در ۸ دیدبانی ساعتی در طول شبانه روز بیشترین رخداد گرد و غبار در ساعات بعد از ظهر به وقت محلی اتفاق افتاده است. کمترین آن مربوط به ساعت Outc (۳/۵ به وقت محلی) گزارش شده است. در واقع در این منطقه با شروع فصل بهار و دوره گرم و بدنبال آن تابستان و تغییر عوامل مؤثر بر اقلیم، فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار افزایش یافته است. این موضوع می‌تواند با افزایش ساعات تابش روزانه خورشید، گرمایش سطحی و وقوع ناپایداری‌های محلی در بعداز ظهرها مرتبط باشد. همچنین عامل مهمتر عبور امواج غربی از روی بیابان‌های مجاور منطقه مورد مطالعه، با توجه به خشک بودن جریان‌ها و محیط بیابانی منطقه سبب ایجاد گرد و غبار و نفوذ آن به غرب ایران می‌شود.



شکل شماره (۲): درصد فراوانی ماهانه روزهای گرد و غباری، غرب ایران (۲۰۰۸-۱۹۷۹)

با توجه به جهت شمال غربی - جنوب شرقی جریان باد ورودی به غرب ایران از این منطقه و عبور آن از روی هسته گرد و غبار (شکل شماره ۴-ا)، انتقال این پدیده در روز ۱۸ به مناطق جنوبی استان ایلام، استان خوزستان و بوشهر صورت گرفته است.



شکل شماره (۳): الف) نقشه پراکنش مکانی چشمه‌های طوفان ۱۳۶۸ (ویلکرسون) ب) نقشه پراکنش مکانی چشمه‌های طوفان ۱۳۸۷ (جلالی؛ ۱۳۸۸)

### منشأیابی منابع و چشمه‌های گرد و غبار

بر اساس نتایج به دست آمده از شکل شماره (۳-الف) که ویلکرسون در سال ۱۳۶۸ تهیه کرد مراکز گردوغبار از فراوانی بسیار کمی برخوردارند و تعداد محدودی چشمه گردوغبار در صحرای عراق و سوریه قابل مشاهده است.

در حالی که شکل شماره (۳-ب) که بر اساس تصاویر ماهواره‌ای سالهای ۱۳۸۴ تا سال ۱۳۸۷، جلالی (۱۳۸۸) آن را تهیه شده است، بر تعداد چشمه‌های گردوغبار افزوده شده است. بویژه این چشمه‌ها در قسمت شمال غرب عراق و شرق سوریه افزایش پیدا کرده است. همچنین بررسی این نقشه‌ها نشان از وجود چشمه‌های گرد و غبار در غرب ایران دارد،

به طوری که مقایسه (شکل شماره ۳ الف و ب) طی چند سال نشان می‌دهد که چشمه‌های گرد و غبار در غرب ایران بسیار محدود بوده ولی در سال ۱۳۸۷ بر تعداد این چشمه‌ها افزوده شده است که این مسئله به دنبال عوامل طبیعی و انسانی در کشور ایران اتفاق افتاده است.

بر اساس مطالعات مذکور منابع جدید گرد و غبار را می‌توان در شرق سوریه و شمال غرب عراق مشاهده کرد. همچنین منبع دیگر را می‌توان در مرکز عراق و بیابان‌های عربستان نام برد که بر منابع قبلی طوفان‌های گرد و غبار افزوده شده و افزایش روزهای گرد و غبار و مشکلات ناشی از آن را در ایران باعث شده است.

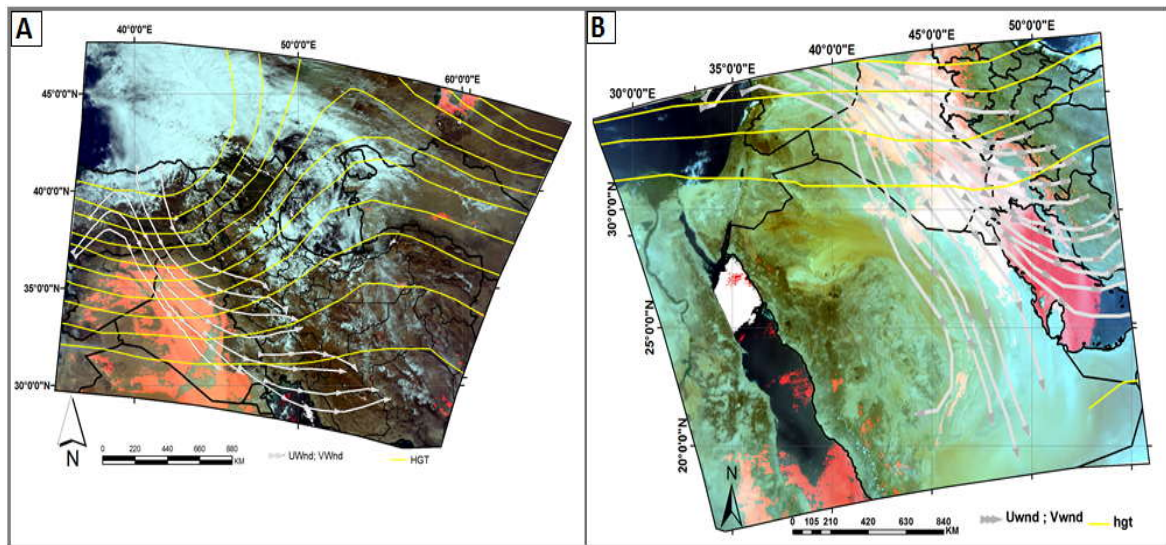
### الکوه‌های پراکنش و مسیریابی پدیده گرد و غبار

بر اساس نتایج حاصل از بارزسازی گرد و غبار بر روی تصاویر ماهواره‌ای، هسته اولیه گرد و غبار طی دوره ۱۷ تا ۲۱ آوریل ۲۰۰۸، در روز ۱۷ بر روی عراق و سوریه شکل گرفته است.



مطالعه را دربر گرفته است. بارزسازی این پدیده بر روی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که هسته اولیه گرد و غبار بر روی سوریه و عراق شکل گرفته است (شکل شماره ۴-B).

رخداد گرد و غبار طی دوره ۷ تا ۱۱ ژوئن ۲۰۰۸، از گسترش مکانی چشمگیر برخوردار است. به طوری که گسترش این پدیده در داخل عراق و انتقال آن به شمال این کشور و نزدیکی به منطقه شمال غرب ایران سبب انتقال این پدیده به استان ارومیه شده و در راستای شمال غرب - جنوب شرق، قسمت زیادی از منطقه مورد



شکل شماره (۴): بارزسازی گرد و غبار از طریق ویژگی‌های دمای درخشایی سنجنده MODIS، A؛  
۱۷ آوریل ۲۰۰۸، B؛ ۸ ژوئن ۲۰۰۸

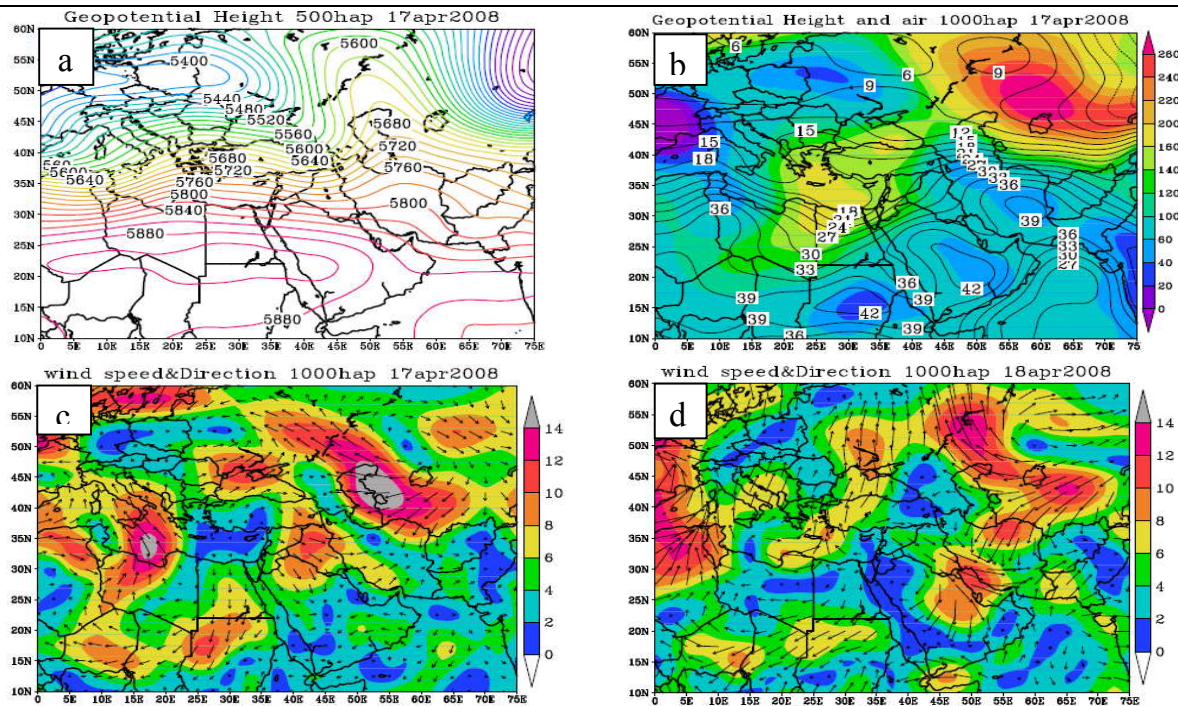
به قرارگیری یال شرقی ناوه تراز میانی و ایجاد منطقه کم فشار روی غرب ایران در جهت غربی - شرقی و شمال غرب - جنوب شرق به منطقه مورد مطالعه وارد می‌شوند (شکل شماره ۵ - C). ناپایداری ایجاد شده در این مناطق با توجه به خشک بودن و نبود رطوبت، به همراه شکل‌گیری هسته سرعت باد قوی سبب شکل‌گیری هسته گرد و غبار شده است.

همزمان با ورود گرد و غبار به منطقه مورد مطالعه، در تراز میانی در اثر حرکت شرق سو بادهای غربی، ناوه شکل گرفته به شمال ایران جابه‌جا می‌شود و مناطق منشاء گرد و غبار تحت‌تأثیر مرکز پراتفعا قرار می‌گیرند. مرکز پرفشار سطحی نیز به پیروی از حرکت شرق سو سامانه تراز میانی بر روی سوریه و عراق و منطقه مورد مطالعه کشیده شده است. در اثر تقابل این مرکز با نواحی کم فشار جنوب ایران، گرادیان فشار ایجاد شده بین این دو منطقه موجب انتقال هسته سرعت باد به جنوب عراق و جنوب غرب ایران شده است (شکل شماره ۵ - d).

### تحلیل همدیدی

بررسی شرایط همدیدی برای رخداد آوریل نشان می‌دهد که، همزمان با شکل‌گیری اولین هسته گرد و غبار در عراق و شرق سوریه (روز ۱۷)، ناوه شکل گرفته در تراز میانی نسبت به روز قبل حرکت، به سوی شرق است، که جابه‌جایی این مرکز به سمت شرق، سبب قرارگیری مرکز پراتفعا بر روی دریای خزر و قرار گرفتن مناطق منشاء گرد و غبار و منطقه مورد مطالعه در جلوی ناوه شده است (شکل شماره ۵ - a). قرارگیری یال شرقی ناوه بالای روی عراق و سوریه، سبب ایجاد همگرایی و کم‌فشار در این مناطق شده است. همچنین بالا بودن دما در این مناطق به تقویت کم فشار و افزایش ناپایداری سطحی کمک می‌کند.

قرارگیری مرکز کم فشار سطحی عراق - سوریه در مقابل پرفشار پهنه آبی مدیترانه موجب گرادیان فشار بین این دو منطقه می‌شود (شکل شماره ۵ - b). گرادیان فشار شدید، هسته پرسرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه را روی عراق و شرق سوریه شکل داده است. جهت بادهای منتج از این هسته پرسرعت با توجه



شکل شماره (۵): آرایش خطوط ارتفاع ژئوپتانسیل به همراه جهت و سرعت باد تراز ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، گرد و غبار

منطقه باعث شکل گیری هسته گرد و غبار بر روی عراق و سوریه شده است.

بررسی شرایط جوی در تراز ۸۵۰ مبین شکل گیری مرکز کم ارتفاع ناشی از درجه حرارت زیاد بر روی لوت و زاگرس است که در راستای جهت کشیدگی این رشته کوه شکل گرفته است و دامنه گسترش مکانی آن تا عراق امتداد یافته است (شکل شماره ۶- b).

وجود این مرکز کم ارتفاع و کشیدگی آن بر روی منطقه مورد مطالعه و عراق سبب ورود بادهای سوریه و عراق در جهت غربی - شرقی و شمال غرب - جنوب شرق به منطقه مورد مطالعه شده است. در تراز میانی همزمان با گسترش گرد و غبار در داخل عراق و نفوذ آن به منطقه مورد مطالعه، ناوه شکل گرفته در روز قبل از بین رفته است و جریان های بر روی مناطق منشاء گرد و غبار و منطقه مورد مطالعه حالت مداری دارند؛ در نتیجه در انتقال گرد و غبار و تقویت آن تأثیر زیادی ندارند. توزیع فشار سطحی نشان دهنده عقب نشینی پرفشار روی مدیترانه به سمت غرب و گسترش کم فشار شرق و جنوب ایران و ادغام آن با کم فشار حرارتی عربستان است (شکل شماره ۶- c). گسترش کم فشار در داخل ایران و گسترش زبانه های آن تا نیمه شمالی ایران سبب مکش شدید هوای روی بیابان های مجاور به داخل ایران و ورود بادهای با جهت غربی - شرقی و شمال غرب - جنوب شرق به منطقه مورد مطالعه شده است. با توجه به عبور این جریان های از روی گرد و غبار، انتقال این پدیده

تغییر جهت شمال غرب - جنوب شرق بادهای ورودی و عبور از روی توده گرد و غبار شکل گرفته در عراق، موجب انتقال این پدیده به منطقه مورد مطالعه شده است. در ادامه کشیدگی مرکز پرارتفاع بر روی مناطق منشاء و پیرو آن ایجاد شرایط پایداری و کاهش سرعت باد سبب تضعیف و از بین رفتن هسته گرد و غبار در این مناطق شده است. در نتیجه، بر اثر عدم تغذیه گرد و غبار ورودی به ایران این پدیده در روز ۲۱ از منطقه مورد مطالعه خارج شده است.

بررسی شرایط همدیدی در نمونه ژوئن ۲۰۰۸ نشان می دهد، همزمان با شکل گیری اولین هسته گرد و غبار بر روی سوریه و عراق در تراز میانی، ناوه کم عمقی بر روی شرق مدیترانه شکل گرفته است (شکل شماره ۶- a). در این روز سوریه و مناطق شمال عراق در قسمت شرق این ناوه قرار گرفته اند. موقعیت این ناوه می تواند در ایجاد ناپایداری سطحی و شکل گیری کم فشار مؤثر باشد. در تراز پایین، کشیدگی پرفشار بر روی شرق مدیترانه و سوریه و تقابل آن با کم فشار روی عراق سبب گردان فشار بین این دو منطقه شده است.

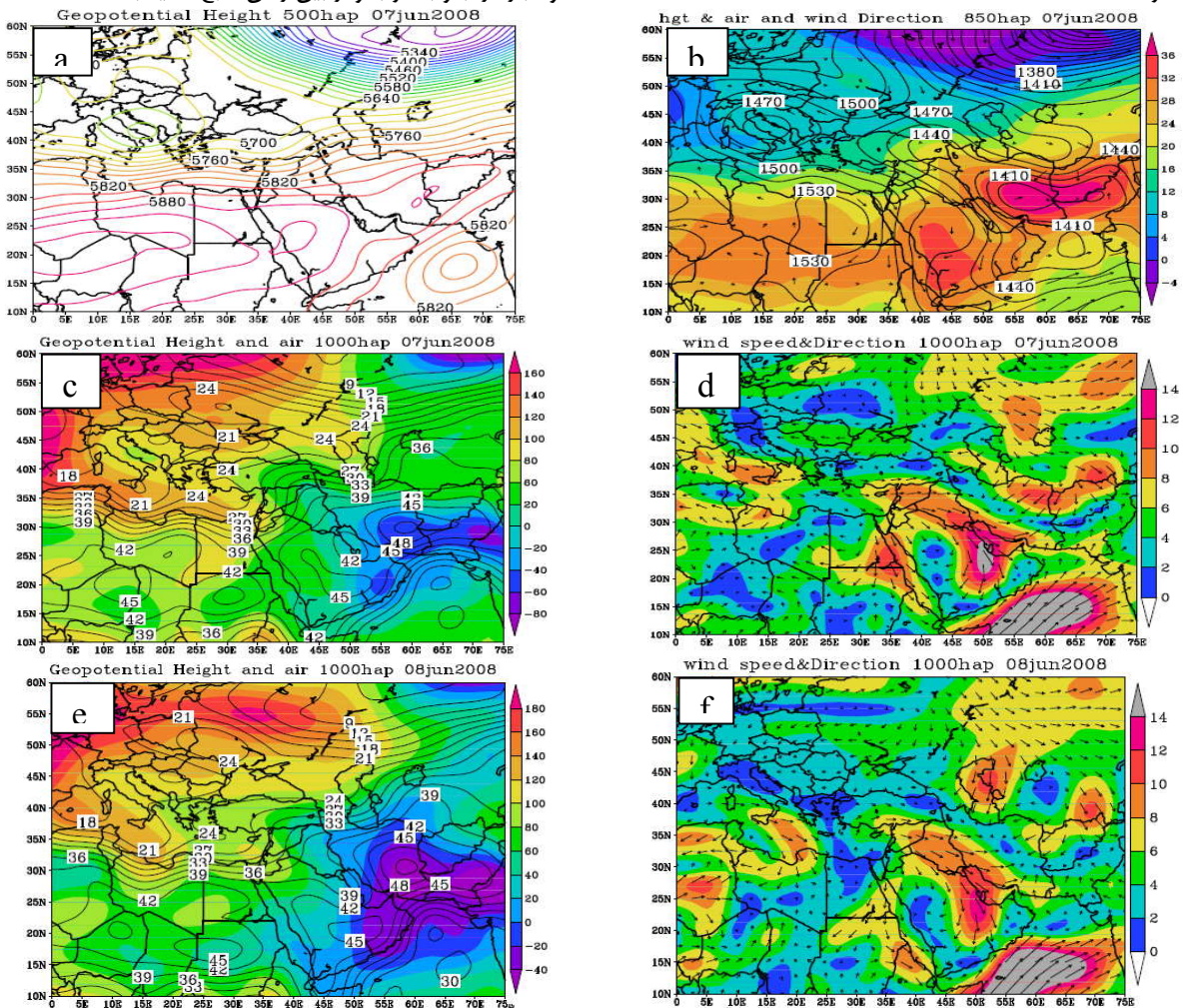
بر اثر این اختلاف، فشار هسته پرسرعت باد بیش از ۸ متر بر ثانیه بر روی سوریه و غرب عراق شکل گرفته است (شکل شماره ۶- c). اختلاف فشار بین شرق مدیترانه و مناطق خشک عراق و سوریه و شکل گیری هسته سرعت باد به همراه ویژگی های طبیعی



نمودار اسکویوتی ترسیم شده برای این ایستگاه نشانگر قرارگیری شیب منحنی آهنگ تغییرات دمای محیط در طرف راست شیب تغییرات دمای بی‌درو خشک و اشباع است. چنین شرایطی نشان دهنده حالت پایداری شدید جو است. بعبارت دیگر بر اساس رابطه تغییرات دما برحسب ارتفاع  $(\Delta T/\Delta Z)$ ، مقدار حاصل از این رابطه برای ایستگاه اهواز بیشتر از صفر ( $>0$ ) است. یعنی با افزایش ارتفاع دما نیز افزایش پیدا می‌کند. چنین حالتی سبب پایداری و نزول هوا می‌شود (شکل شماره ۷). در ادامه مراحل فوق برای روزهای همراه با گرد و غبار برای نمونه دوم در ماه ژوئن انجام شد که در این بررسی نیز پایداری هوا برای ایستگاههای یاد شده با استفاده از شاخص‌های مورد نظر در روز نهم همزمان با تمرکز گرد

به غرب و جنوب غرب ایران را سبب شده‌اند. بر اساس نتایج حاصل از بارسازی گرد و غبار بر روی تصاویر و همچنین تحلیل همدید نقشه‌های جوی، در روز ۱۹ با کاهش سرعت بادهای ورودی به ایران و قطع منبع تغذیه گرد و غبار این پدیده در استان‌های خوزستان و بوشهر تمرکز دارد. پایداری هوا از دلایل اصلی این حالت است. برای بررسی وضعیت پایداری جو در روزهای تمرکز گرد و غبار از نمودار اسکویوتی و شاخص‌های دینامیکی استفاده شد. محاسبه شاخص‌های یاد شده برای ایستگاه اهواز در منطقه تمرکز گرد و غبار و مقایسه آن با سایر ایستگاه در منطقه نشان می‌دهد که در روز ۱۹ پایداری هوا در این ایستگاه شدید است. مقادیر عددی این شاخص‌ها برای نمونه اول، در روز ۱۹ فروردین در جدول شماره (۱) ذکر شده است.

و غبار در جنوب غرب و از بین رفتن منبع تغذیه به دست آمد

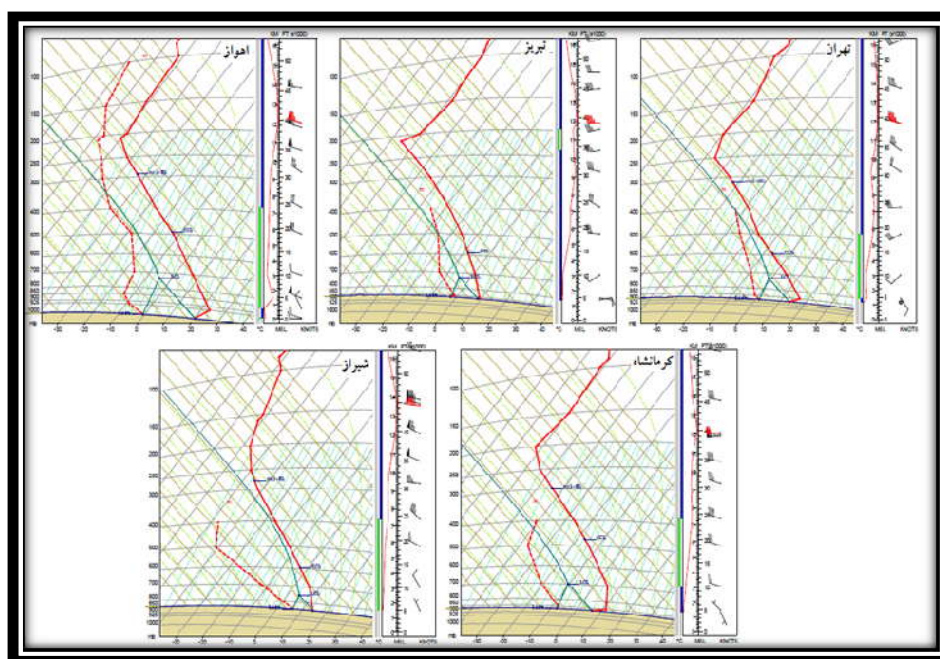


شکل شماره (۶): آرایش خطوط ارتفاع ژئوپتانسیل به همراه جهت و سرعت باد تراز ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، گرد و غبار



**جدول شماره (۱): مقادیر شاخص‌های ناپایداری برای روز ۱۹ در نمونه اول از رخداد پدیده گرد و غبار**

ایستگاه / شاخص	اهواز	تبریز	تهران	شیراز	کرمانشاه
LI	۱۳.۹ < LI	۹.۱ < LI	۳ < LI	۲.۱ < LI	۱۶.۳ < LI
SI	۹.۶۵ < SI	۷.۴۴ < SI	۰.۴۵ < SI	۴.۷۳ < SI	۱۱.۲ < SI
CAPE	.	.	.	.	.
TT	TT < ۲۹.۴	TT < ۳۰.۴۶	TT < ۵۱.۴	TT < ۴۳.۴	TT < ۳۱.۲

**شکل شماره (۷): نمودار اسکیتی برای روز ۱۹ آوریل ۲۰۰۸****نتیجه‌گیری**

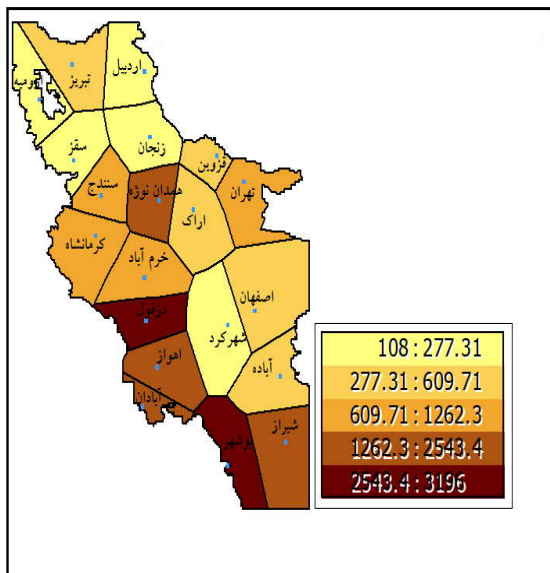
افتاده است همچنین بیشترین رخداد پدیده گرد و غبار در ساعت‌های بعد از ظهر به وقت محلی رخ داده است و کمترین آن مربوط به ساعت 05/۳ (به وقت محلی) است. نتایج تحلیل آماری نشان‌دهنده آن است که پدیده گرد و غبار از گذشته تداوم داشته و در مجموع سالانه نیز فراوانی آن بیشتر از زمان حاضر است، ولی این پدیده در سالهای اخیر با شدت و تداوم بیشتری رخ داده و گسترش مکانی بیشتری داشته است. همچنین ترسیم نمودارهای اسکیتی نشان از پایداری هوا در زمان تمرکز گرد و غبار در ایران و قطع منبع تغذیه در مناطق منشاء دارد که این حالت خود نشان‌دهنده فرامحلی بودن گرد و غبارهای منطقه است که از خارج منطقه به نیمه غربی ایران نفوذ کرده‌اند.

بررسی روند گرد و غبار نشان از افزایش شمال به جنوب و کاهش روزهای همراه با گرد و غبار در جهت غرب به شرق در منطقه دارد. در ارتباط با شناخت منشاء گرد و غبار برای غرب ایران می‌توان به کار جلالی ۱۳۸۸ و ویلکرسون در سال ۱۳۶۸ اشاره کرد.

بر اساس نتایج حاصل از پردازش داده‌های ساعتی گرد و غبار در ایستگاههای مورد مطالعه، در سالهای اخیر بر تداوم و وسعت آن افزوده شده و نیمه غربی ایران را در بر گرفته است. بررسی آماری گویای آن است که پدیده گرد و غبار در ایستگاههای منتخب دارای دو بیشینه زمانی ۱- در سالهای ۱۹۸۲ تا ۱۹۹۲ و ۲- در سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ است که در میزان شدت، تداوم و تعداد روزهای رخداد گرد و غبار با هم تفاوت دارند. به‌طوری که در دوره اول فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار و در دوره دوم بویژه در سال ۲۰۰۸ شدت و فراگیری مکانی و تعداد روزهای تداوم آن مورد توجه هستند. این دو دوره ممکن است در بین تمامی ایستگاههای مورد بررسی مشاهده نشود، ولی با وجود این بیشینه گرد و غبار در یکی از این دوره‌ها ثبت شده است.

همچنین بررسی ماهانه این پدیده نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی آن در غرب ایران در ماههای اردیبهشت، خرداد و تیر اتفاق

نتیجه چنین سازوکاری ایجاد جریان‌های پر سرعت باد و در صورت ضعیف بودن رطوبت با توجه به ویژگی‌های این مناطق، هسته گرد و غبار شکل می‌گیرد. در این دوره نیز نقش فرایندهای ترمودینامیکی در تشدید ناپایداری سطحی قابل توجه است. همان‌طور که در شکل شماره (۸) مشاهده می‌شود بیشینه فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه در ایستگاههای دزفول و بوشهر ثبت شده است. ایستگاههای اهواز و آبادان در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. همچنین کمترین فراوانی وقوع نیز در ایستگاه ارومیه رخ داده است. به‌طور کلی طی دوره سی ساله در نیمه‌غربی ایران رخداد پدیده گرد و غبار در جنوب غرب ایران از بیشترین فراوانی برخوردار بوده است.



شکل شماره (۸): فراوانی وقوع گرد و غبار در منطقه مورد

#### مطالعه، طی دوره زمانی تا ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۸

در شکل شماره (۸) ایستگاه همدان نوزه به‌صورت جزیره در بین ایستگاههای اطراف خود گرد و غبار بیشتری دارد. بررسی داده‌های گرد و غبار این ایستگاه نشان داد که بیشترین کدهای ثبت شده از این پدیده ناشی از گرد و غبارهایی بوده که در ایستگاه یا نزدیکی آن در ساعات دیده بانی ثبت شده است. با این شرایط به‌نظر می‌رسد فراوانی بالای روزهای همراه با گرد و غبار در این ایستگاه ناشی از عوامل محلی است که بری بودن منطقه، پایین بودن میزان بارش و رطوبت نسبی در این ایستگاه می‌تواند نقش مهمی در افزایش پدیده گرد و غبار ایستگاه همدان نوزه داشته باشد.

نتایج حاصل از مقایسه کار آنها نشان می‌دهد که بر تعداد چشمه‌های گرد و غبار در دهه‌های اخیر افزوده شده است. به‌طوری که در سال ۱۳۶۸ این چشمه‌ها در کشورهای منشاء، ۱۴ نقطه معرفی شده ولی در سالهای اخیر تعداد این چشمه‌ها به بیش از ۱۰۰ نقطه رسیده است. در این تحقیق مشخص گردید که بیشتر گرد و غبار ورودی به ایران از عراق و شرق سوریه وارد می‌شود. از طرف دیگر تمامی منابع شناسایی شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای را نمی‌توان به‌عنوان منبع گرد و غبار برای غرب ایران به‌حساب آورد. لزوم شناخت منشاء این پدیده غرب ایران بررسی شرایط همدیدی و جریان باد ورودی به منطقه است.

در این تحقیق با همپوشانی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های جوی منشاء گرد و غبار ورودی به ایران در بیشتر موارد عراق و شرق سوریه شناسایی شد. نتایج همدیدی نشان می‌دهد که، در دوره گرم سال فرایندهای ترمودینامیکی جو، نقش مهمی در شکل‌گیری و انتقال این پدیده به غرب ایران ایفا می‌کنند. تقویت کم فشار شکل گرفته بر روی عراق و کشیده شدن آن به جنوب ترکیه و غرب عراق و در نهایت تقابل آن با پرفشار شکل گرفته بر روی مدیترانه سبب شکل‌گیری بادهای قوی بر روی سوریه و عراق می‌شود. شکل‌گیری هسته پرسرعت باد، به‌همراه ضعیف بودن رطوبت و خشک بودن مناطق بیابانی مجاور غرب ایران سبب شکل‌گیری هسته گرد و غبار می‌شوند.

یکی دیگر از ویژگی‌های توزیع فشار سطحی در دوره گرم، تقویت کم فشار جنوب ایران و انتقال آن به جنوب غرب و غرب و در پایان ادغام با کم فشار عراق است. این حالت علاوه بر تشدید شیو فشار بین این مرکز کم فشار واحد با پرفشار مدیترانه و شکل‌گیری هسته پرسرعت باد سبب مکش شدید هوا به سمت ایران و انتقال گرد و غبار می‌شود.

هرچند در دوره گرم شرایط سطحی نقش مهمی در شکل‌گیری و انتقال این پدیده ایفا می‌کنند ولی قسمتی از ناپایداری سطحی در ارتباط با فرایندهای دینامیکی جو می‌باشد. گرد و غبارهای شکل گرفته در اواخر دوره سرد و ماههای گذر (از جمله فروردین)، بیشتر تحت تأثیر فرایندهای دینامیکی قرار دارند. در این دوره با تشکیل ناوه عمیق بر روی مناطق منشاء و پیرو آن ایجاد مرکز همگرایی سطحی و فعالیت بین دو مرکز واگرایی بالایی و همگرایی سطحی سبب ناپایداری شدید و صعود هوا روی عراق و عربستان می‌شود.

3-Convective Available Potential Energy

**یادداشتها**

4-Totals totals index

1-Lifted Index

2-Showalter index

**منابع مورد استفاده**

ایرانش، ف.، عرب خدری. م. ۱۳۸۴. بررسی مناطق برداشت ذرات گرد و غبار و ویژگی‌های انتشار آنها در طوفان‌های منطقه سیستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، منابع طبیعی، شماره ۶۷، صص ۲۵ تا ۳۲

خسروی، م. ۱۳۸۹. بررسی توزیع عمودی گرد و غبار ناشی از طوفان درخاورمیانه با استفاده از مدل NAAPS مورد: سیستان ایران، مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام.

جلالی، ن. ۱۳۸۸. بررسی علل و منشاء طوفان‌های جنوب غرب و غرب کشور و مناطق تحت تأثیر آن، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب‌خیزداری.

ذوالفقاری، ح.، عابدزاده، ح. ۱۳۸۴. تحلیل سینوپتیک سامانه‌های گرد و غبار در غرب ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۶، صص ۱۷۳ تا ۱۸۸.

رشنو، ع. ۱۳۸۸. پدیده گرد و غبار در استان خوزستان، فصلنامه بارش، اهواز، اداره کل هواشناسی استان خوزستان.

طهماسبی بیرگانی، ع.، عبدی نژاد، غ.، نوش آفرین، ب. ۱۳۸۸. بررسی چگونگی طوفان‌های گرد و غبار و فرسایش بادی در استان خوزستان و راهکارهای مقابله با آن، فصلنامه جنگل و مرتع، شماره ۸۱، صص ۲۱ تا ۲۵.

عباسی، ح.، رفیعی امام، ع.، روحی پور، ح. ۱۳۷۸. تحلیل منشاء گرد و غبارهای بوشهر و خوزستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، فصلنامه جنگل و مرتع، شماره ۷۸، صص ۴۸ تا ۵۱.

عزیزی، ق. ۱۳۸۳. تغییر اقلیم، تهران: انتشارات قومس.

لشگری، ح.، کیسخروی، ق. ۱۳۸۷. تحلیل آماری سینوپتیکی طوفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (۱۹۹۳ تا ۲۰۰۵)، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره ۶۵، صص ۱۷ تا ۳۳.

Barkan, J., et al. 2005. Synoptic of dust transportation days from Africa toward Italy and central Europe, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 110, Pp 1-14.

Hasanean, H.M. 2000. Middle East meteorology, Meteorology Department, Faculty of Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture, King Abdulaziz University.

Kim, J. 2008. Transport routes and source regions of Asian dust observed in Korea during the past 40 years (1965–2004), *Atmospheric Environment*, Vol. 42, pp 4778–4789.

Maghrabi, A., B., Alharbi, and N., Tapper. 2011. Impact of the March 2009 dust event in Saudi Arabia on aerosol optical properties, meteorological parameters, sky temperature and emissivity, *Atmospheric Environment*, Vol. 45, pp 2164-2173.

Sivakumar, V.K. 2005. Impacts of Sand Storms Dust Storms on Agriculture, Natural Disasters And Extreme Events In Agriculture, vol.7, 160-177

Partow, H. 2001. The Mesopotamian Marshlands: Demise of an Ecosystem. DEWA/GRID-Geneva in cooperation with GRID-Sioux Falls and the Regional Office for West Asia (ROWA), United Nations Environment Programme (UNEP).



---

Wang,X., et al. 2009. Characterization of the composition of dust fallout and identification of dust sources in arid and semiarid North China, *Geomorphology*, Vol 112, pp144–157.

Wang,W., Z.,Fang. 2006. Numerical simulation and synoptic analysis of dust emission and transport in East Asia, *Global and Planetary Change*, Vol.52, pp 57–70.

Wilkerson, w., 1991. Dust and sand Forecasting in Iraq and Adjoining Countries. Air weather service, Scott air force base, Illinois(1991).

Xiao,J., C.,Chang. 2009. Dust storm and its causes in northern China, Vol.1, Pp 555-558.

Takashi,Y., Yoshion, M., and J.,Suzuki. 2007. The relationship between occurrence of dust events and synoptic climatological condition in East Asia, 1999-2003, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol.85, Pages 81-99.

Zhao,T., S.,Ackerman, W.,Guo. 2010. Dust and Smoke Detection for Multi-Channel Imagers, *Remote Sensing*, 2, pp 2347-2368.

Zijiang,Z., Z.,Guocai. 2003. Typical severe dust storms in northern China during 1954-2002, *Chinese Science Bulletin* 2003, Vol. 48, pp 2366-2370.