

## مطالعه الگوهای هواشناسی و چشمه‌های تولید گرد و غبارهای شدید تابستانه جنوب غرب ایران

فرونش قهری\*<sup>۱</sup>، عباس رنجبر سعادت آبادی<sup>۲</sup> و پری سیما کتیرایی<sup>۳</sup>

۱ و ۳- گروه هواشناسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- پژوهشکده هواشناسی، مرکز خشکسالی هواشناسی کشور

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۳

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۰

### چکیده

ورود ذرات معلق خاک و غبار به درون جو یا گرد و غبار یکی از پدیده‌های مهم جوی است. این پدیده آثار بسیار مهمی را در زمینه‌های زیست محیطی، فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی دارد. واقع شدن ایران و کشورهای همسایه غربی آن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان، سبب شده است که کشورمان به ویژه ناحیه جنوب غربی در معرض وقوع پدیده گرد و غبار قرار گیرد. این امر طی سال‌های اخیر تشدید شده است. در این مطالعه، چگونگی تشکیل و انتقال پدیده گرد و غبار به اهواز در روزهای قبل، آغاز و پایان پدیده انجام پذیرفت. بدین منظور در روزهای گرد و غباری ماه‌های تابستان با کد (۰۶)، طی دوره‌ی ۱۹۶۸-۲۰۰۸ در ایستگاه اهواز، به عنوان یکی از ایستگاه‌های جنوب غرب کشور، از نقشه‌های هواشناسی سطح زمین، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، میدان باد در سطح زمین استفاده گردید. نتایج حاصل نشان داد طی این دوره، در ماه ژوئیه بیشترین شدت و فرکانس رخداد پدیده گرد و غبار در اهواز روی می‌دهد. برای ایجاد گرد و غبارهای شدید خوزستان گسترش زبانه کم‌فشار حرارتی خلیج فارس تا شمال غرب عراق، نفوذ و گسترش زبانه‌های پرفشار اروپا بر روی دریای سیاه و بخش عمده‌ای از ترکیه همراه با عبور امواج تراز میانی ناوهی مدیترانه از روی شمال غرب عراق و شرق سوریه از ویژگی‌های جوی مؤثر می‌باشد. همچنین چشمه‌های گرد و غبار واقع در شمال غرب عراق و شرق سوریه در ایجاد گرد و غبار تابستانه جنوب غرب ایران نقش بسیار مهمی دارند.

### واژگان کلیدی

پدیده گرد و غبار، پدیده جوی، ناوهی تراز میانی، چشمه‌های گرد و غبار

### مقدمه

گرد و غبار از پدیده‌های جوی است که آثار مخرب و پیامدهای زیست محیطی نامطلوبی بر جای می‌گذارد. موقعیت جغرافیایی کشور ایران و قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان و همچنین همجواری با پهنه‌های بیابانی برخی از

کشورهای منطقه از جمله عراق، سوریه و عربستان موجب رخداد مکرر این پدیده در ایران به خصوص غرب و جنوب غرب کشور از جمله استان خوزستان شده است. شرایط جوی حاکم نیز از جمله مواردی است که در افزایش فرکانس رخداد این پدیده نقش مهمی دارد. این پدیده متأثر از شرایط خاص جوی است که همه ساله خسارات جبران ناپذیری را به مزارع، تأسیسات، جاده‌ها و ترافیک و حمل و نقل وارد می‌نماید. آلودگی هوای ناشی از این پدیده باعث بروز مشکلات تنفسی و غیره می‌گردد (لشکری و همکاران، ۱۳۸۷) وقوع چنین پدیده‌ای در برخی از دیگر نقاط جهان نیز گزارش گردیده است که از آن جمله در آسیای مرکزی و قزاقستان بیشتر طوفان‌های گرد و خاک در دوره‌ی گرم سال روی می‌دهد (Romanoff, 1961). شکل‌گیری یک گردبادان فشار قوی بر روی منطقه خشک بین چین و مغولستان موجب ایجاد باد قوی برای بالا بردن ذرات گرد و غبار و به دنبال آن رخداد این پدیده در این منطقه می‌شود (Youngsin et al., 2004). در شمال شرق آسیا از دلایل شکل‌گیری طوفان‌های گرد و غبار و تحول همدیدی آنها، حرکت یک سامانه کم‌فشار به سمت ناحیه بیابان معرفی گردیده است (Wang, 2005). تحلیل تغییر روند و فاکتورهای اقلیمی مرتبط با پدیده گرد و غبار در چین نشان داد که وقوع این پدیده به حرکات جوی و شرایط طبیعی محیط بستگی دارد و زمانی رخ می‌دهد که باد خشک قوی بر روی یک منطقه‌ی شنی وزیده، شن‌ها را بالا برده و در هوا مخلوط کند که در شرایط سخت، دید افقی به کمتر از ۱ کیلومتر کاهش می‌یابد. از جمله ویژگی‌های توزیع جغرافیایی، وقوع بیشتر این پدیده در شمال چین و مناطق بیابانی و صحرائی و کمتر در جنوب چین و قسمت‌های کوهستانی و مناطق مرطوب بوده است. تغییرات فصلی این پدیده نیز بیشترین رخداد را در فصل بهار نشان داد (Leng et al., 2002). در ایران از جمله مناطق متأثر از این پدیده منطقه سیستان شناخته شده است (Washington et al., 2000). مطالعات انجام گرفته در ارتباط با فراوانی روزهای گرد و غبار کشور نشان می‌دهد چاله‌های مرکزی ایران بیشترین روزهای گرد و غباری را دارند که در مناطق وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان فراوانی روزهای گرد و غبار به بیش از ۱۵۰ روز در سال می‌رسد همچنین در جنوب غرب و غرب کشور نیز میانگین این روزها قابل ملاحظه است که بیشترین فراوانی این رخداد در مرداد ماه هر سال است (علیجانی، ۱۳۷۶). از مهم ترین شرایط ایجاد گرد و غبار در کنار هوای ناپایدار، وجود یا عدم وجود رطوبت است. اگر هوای ناپایدار رطوبت داشته باشد بارش و طوفان رعد و برق و اگر فاقد رطوبت باشد طوفان گرد و غبار ایجاد می‌گردد (حسینی، ۱۳۷۹). در بررسی شرایط پیدایش و منشأ سامانه‌های گرد و غبار طی ماه‌های آوریل تا اکتبر در بازه‌ی آماری ۸۷-۱۹۸۳، به لحاظ کلی الگوی همدیدی مشخص شده است که در روزهای اوج موج‌های گرد و غباری، یک ناوه در تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال و در سطح زمین بر روی کشورهای عراق، سوریه و غرب ترکیه مرکز کم‌فشاری هماهنگ با این ناوه با فشار ۱۰۰۵ هکتو پاسکال یا کمتر استقرار دارد که در این حالت می‌توان شدید ترین روزهای گرد و غباری با حداقل قدرت دید را در غرب ایران انتظار داشت. منابع اصلی گرد و غبارهای وارد شده به غرب ایران نیز مناطق بیابانی نسبتاً نزدیک مانند صحرای سوریه و یا صحرای نفود در شمال شبه جزیره عربستان و جنوب عراق می‌باشد (عابدزاده و همکاران، ۱۳۸۴). تحقیق حاضر با هدف مطالعه الگوهای هواشناسی و چشمه‌های تولید گرد و غبارهای شدید تابستانه در جنوب غرب ایران (اهواز) انجام گرفته است.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه نخست تحلیل آماری به منظور یافتن فراوانی ماهانه و سالانه گرد و غبار و همچنین میانگین تندى و جهت باد در اهواز به عنوان یکی از ایستگاه‌های جنوب غرب کشور انجام گرفت. داده‌های مورد نیاز از گزارش‌های همدیدی سه ساعته ایستگاه اهواز استخراج گردید. فراوانی روزهای گرد و غباری با منشأ خارجی (کد ۰۶- گرد و خاک معلق در هوا که مساحت زیادی را پوشانیده و بوسیله باد در ایستگاه و یا نزدیکی ایستگاه بلند نشده است) در بازه‌ی زمانی ۱۹۶۸ تا ۲۰۰۸ در سه ماه منتخب ژوئن، ژوئیه و اوت مطابق جدول (۱) تفکیک شده است. در این تقسیم بندی طی این سه ماه در ۴۵ روز دید زیر ۱۰۰۰ متر، ۱۹۲ روز بین ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰ متر و در ۴۳۹ روز دید بین ۳۰۰۰ و ۵۰۰۰ متر رسیده است. بیشترین فراوانی ماهانه در هر سه دسته

مربوط به ماه ژوئیه است. از نظر توزیع سالانه نیز در دسته ی اول سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۸، در دسته ی دوم سال ۲۰۰۸ و سال ۲۰۰۸ بیشترین فراوانی را در دسته آخر دارا می‌باشند. بررسی آماری میدان باد طی دوره ی ۹ ساله (۲۰۰۸-۲۰۰۰) جریانات باد شمال غربی - غربی با میانگین تندی حدود ۸ نات را در زمان وقوع پدیده گرد و غبار نشان می‌دهد.

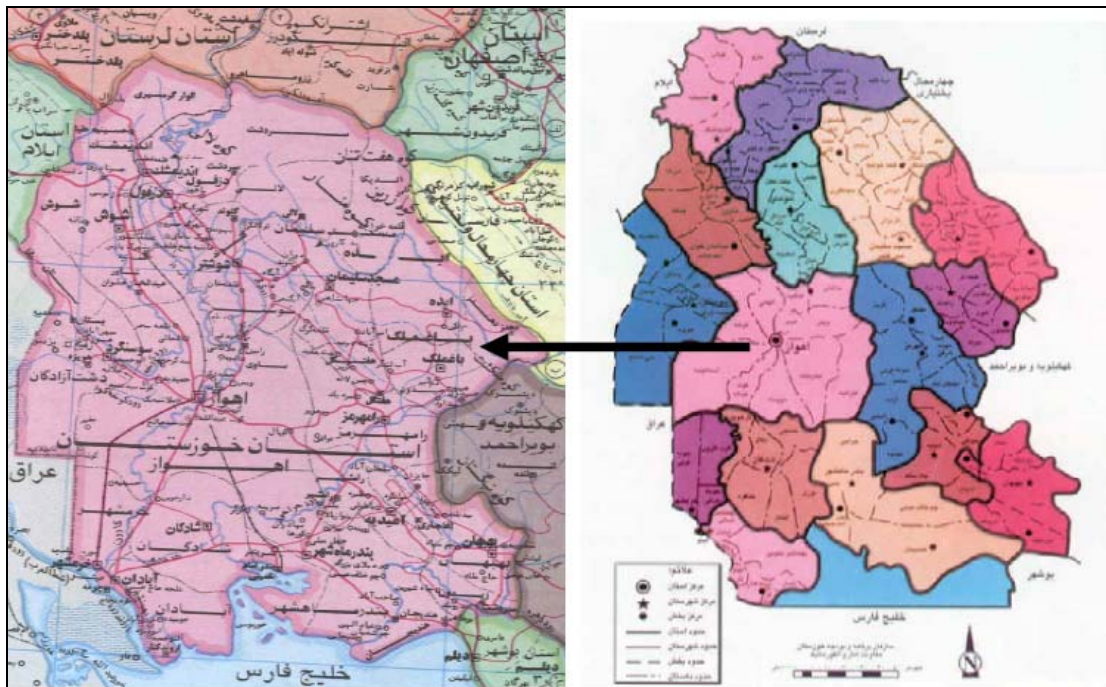
جدول ۱- فراوانی ماهانه رخداد گرد و غبار در دوره ی ۱۹۶۸-۲۰۰۸

فراوانی ماهانه در دوره ی ۱۹۶۸-۲۰۰۸			
ماه	دید(متر)		
	۱۰۰۰ < دید	۳۰۰۰ < دید < ۱۰۰۰	۵۰۰۰ < دید < ۳۰۰۰
ژوئن	۱۶	۷۳	۱۵۸
ژوئیه	۲۲	۷۸	۱۶۲
اوت	۷	۴۲	۱۱۹
مجموع	۴۵	۱۹۳	۴۳۹

پس بر اساس نتایج آماری چند مورد شاخص از پدیده گرد و غبار در فصل تابستان که منجر به کاهش دید به کمتر از ۱۵۰۰ متر گردیده از ۴۸ ساعت قبل از مشاهده پدیده مورد بررسی قرار گرفته، که ۲ نمونه از این موارد مورد بررسی دقیق تر از نظر الگوی همدیدی قرار گرفته که نتایج حاصله در این مقاله آورده شده است. در این روش که بر تحلیل نقشه‌های فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح فشاری استوار است از نقشه‌های همدیدی بدست آمده از بایگانی مرکز پیش‌بینی آمریکا (NCEP/NCAR) در سطوح ۵۰۰، ۸۵۰، هکتوپاسکال، سطح زمین و همچنین میدان باد در سطح زمین در ساعت UTC ۰۰ استفاده شده است.

### موقعیت نسبی و مشخصات اقلیمی استان خوزستان

استان خوزستان در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۸ دقیقه واقع گردیده است. این استان در جنوب غربی ایران واقع گردیده که از شمال به استان لرستان و از شرق و جنوب شرق به استانهای چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و بوشهر و از جنوب به خلیج فارس و از جنوب غرب هم به کشور عراق محدود می‌شود. وسعت بیابانها و شن زارهای استان خوزستان نزدیک ۱/۲۰۰/۰۰۰ هکتار است که ۳۵۰/۰۰۰ هکتار آن را تپه‌های شنی تشکیل می‌دهد پراکندگی آنها عمدتاً از سمت شمال غربی استان یعنی فکه و موسیان واقع در غرب مرز ایران و عراق شروع شده و بخش اعظم دشت آزادگان و غرب رودخانه کرخه و ملاتانی و مارون را شامل می‌گردد و نهایتاً در منطقه امیدیه و آغاچاری ختم می‌شود، اما منابع هیدرولیکی استان بسیار محدود بوده و شامل تالاب شادگان در جنوب استان، تالاب میانگران در شرق، دریاچه تمی در شمال شرقی و دریاچه‌های مصنوعی می‌شود (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی ایستگاه اهواز- این ایستگاه با ارتفاع متوسط ۲۲ متر از سطح دریا بین در عرض ۳۱/۲۰ درجه شمالی و طول ۴۸/۴۰ درجه ی شرقی واقع شده است.

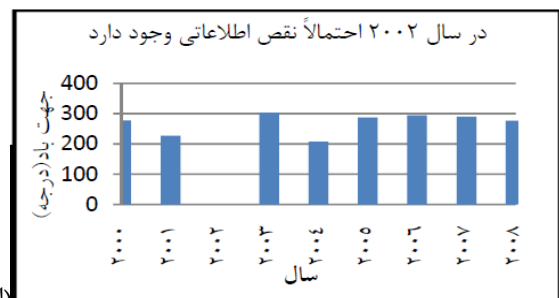
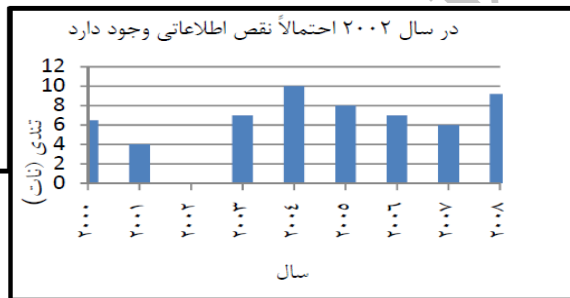


شکل ۱- نقشه موقعیت استان خوزستان - مقیاس نقشه سمت چپ: هر درجه جغرافیایی ۱۱۰ کیلومتر (مأخذ

(www.miraskhz.com)

نتایج

بررسی‌ها نشان داد طی نه سال پایانی دوره‌ی مورد مطالعه، در روزهایی که این پدیده گزارش شده است، جریان‌اتی با میانگین جهت شمال غربی - غربی و میانگین تندی حدود ۹ نات حاکم بوده است.



(ب)

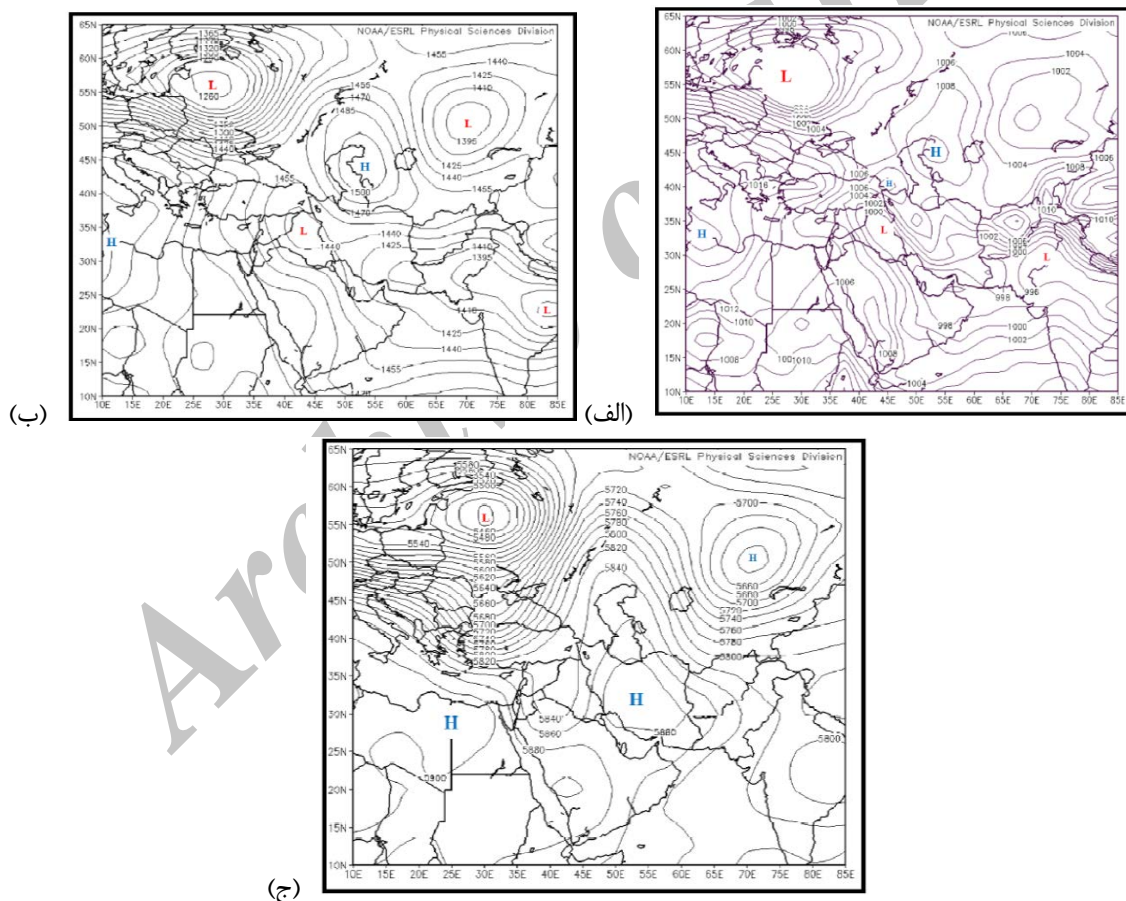
(الف)

شکل ۲- نمودارهای الف - میانگین سالانه جهت باد ب - میانگین تندی باد (نات) در روزهای همراه با پدیده گرد و غبار طی سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۰

بررسی همدیدی مورد اول هفتم تا دهم ژوئیه ۲۰۰۷

بررسی الگوی میانگین فشار تراز دریا در ساعت UTC ۰۰۰۰ روز هفتم بیانگر استقرار سامانه پرفشار در عرض‌های حدود ۳۵ درجه شمالی در نواحی غربی مدیترانه و گسترش زبانه‌های آن بر روی بخش‌هایی از ترکیه، نواحی جنوبی دریای سیاه و شمال غرب ایران است. همچنین سامانه پرفشار دیگری در شمال شرق دریای خزر شکل گرفته که این دو سامانه ی پرفشار توسط محور کم فشار کشیده شده از شرق ایران تا جنوب دریای خزر و ناوه‌ی فشاری سامانه کم فشار واقع در شمال اروپا از هم جدا شده‌اند. سامانه کم‌فشار حرارتی در روی هند، پاکستان و نواحی جنوبی ایران واقع شده که زبانه آن تا روی عراق امتداد یافته است ناوه ی فشاری واقع در خلیج فارس و گستردگی آن بر روی عراق تا شرق سوریه و جنوب شرق ترکیه و همجواری آن با سامانه پرفشار مستقر در روی ترکیه، سبب ایجاد گرادیان فشاری زیاد در نواحی بین این دو سامانه از جمله شرق سوریه و

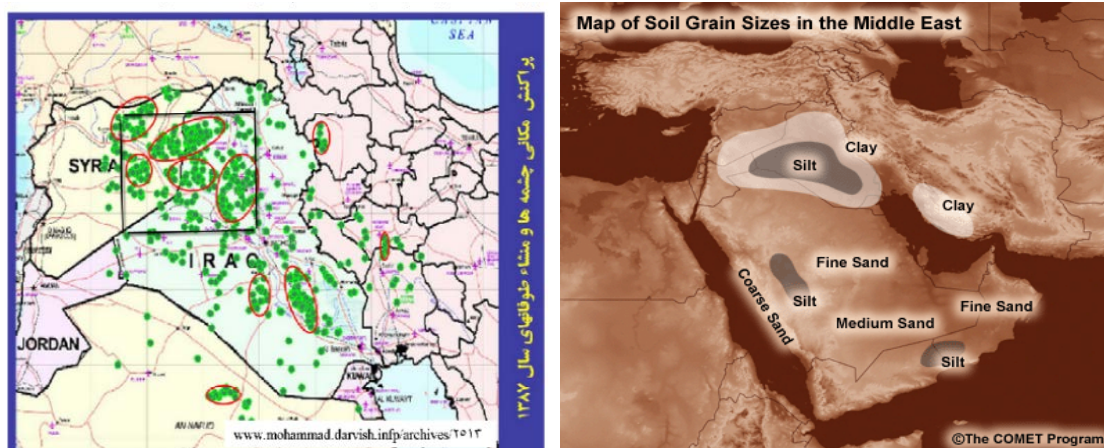
شمال غرب عراق شده است (شکل ۳-الف). الگوی ارتفاعی در نقشه ی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال همین تاریخ نشانگر استقرار مرکز کم‌ارتفاعی هماهنگ با کم‌فشار گرمایی سطح زمین، در روی هند و پاکستان که امتداد آن نیمه جنوبی ایران را در بر گرفته و تا عراق و سوریه و بخش‌هایی از جنوب شرقی ترکیه امتداد یافته است که این شرایط در روز بعد نیز حاکم است. مرکز پراارتفاعی هماهنگ با سامانه پرفشار مدیترانه و شکل‌گیری گرادیان کنتوری در نواحی بین این دو سامانه از جمله سوریه و بخش‌های از ترکیه است. همچنین سامانه ی پراارتفاع دیگری در شمال شرقی دریای خزر می‌باشد و استقرار مرکز کم‌ارتفاع در شمال دریای سیاه نیز قابل مشاهده است (شکل ۳-ب). الگوی ارتفاعی در تراز میانی جو بیانگر گسترش پشته کنتوری از جنوب اروپا و دریای مدیترانه تا شرق دریای خزر می‌باشد بطوریکه مرکز پراارتفاع به گونه‌ای روی ایران بسته شده است که از شمال تا جنوب دریای خزر و از جنوب تا شمال غرب خلیج فارس را در بر گرفته است. سامانه کم‌ارتفاعی نیز در شمال دریای سیاه می‌باشد بطوریکه ناهه‌های آن شرق دریای مدیترانه و تا شمال عربستان امتداد یافته اند و ناهه‌ای که در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در شرق دریای مدیترانه قرار داشت با این ناهه هماهنگی دارد (شکل ۳-ج).



شکل ۳- نقشه‌های الف - میدان فشار سطح دریا بر حسب میلی‌بار با فواصل خطوط هم‌فشار ۲hpa - میدان ارتفاع ژئوپتانسیلی ۸۵۰ هکتوپاسکال با فواصل خطوط هم‌ارتفاع ۱۵ ژئوپتانسیل متر ج - میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر با فواصل خطوط ۲۰ ژئوپتانسیل، در ساعت UTC ۰۰۰ روز ۲۰۰۷/۷/۷. دو روز قبل از رخداد پدیده گرد و غبار در اهواز

از آنجا که در الگوی بزرگ مقیاس تغییرات تندی باد در قسمت‌هایی که بر اساس شکل (۴) به عنوان منشأهای ایجاد غبار می‌باشند حائز اهمیت می‌باشد، در این نقشه که پراکنش مکانی چشمه‌های گرد و غبار را در منطقه بین‌النهرین در سال

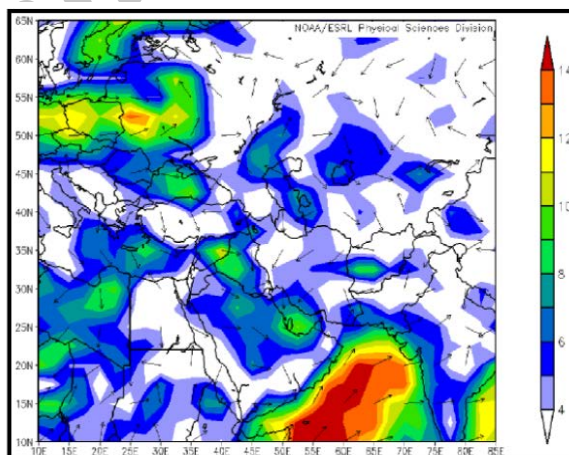
۱۳۸۷ نشان می‌دهد قابل ملاحظه است که اغلب این مراکز ناپایدار در عراق و سوریه مستقر هستند. با استفاده از نقشه‌های بدست آمده از سایت NCEP/NCAR که تندی باد به صورت سایه زده و جهت‌ها با پیکان‌ها نمایش داده شده اند این تغییرات نیز بررسی شده اند.



شکل ۴- نقشه پراکنش مکانی کانون‌های بحرانی گرد و غبار و جنس خاک برخی از کشورهای خاورمیانه (منبع

<http://biaban.darvish.info/archives/2513>)

در الگوی میانگین میدان باد سطح زمین در روز هفتم ژوئیه (شکل ۵) با توجه به وجود گرادیان فشار در نواحی بین دو سامانه‌ی کم‌فشار واقع در شمال عراق خلیج فارس و پرفشار روی اروپا در شمال غرب عراق و شرق سوریه، جریانات شمال غربی با تندی بین ۸-۱۲ متر بر ثانیه حاکم هستند؛ که با توجه به فراهم بودن شرایط محیطی سطح زمین از جمله خشک و ریز دانه بودن ذرات خاک مناطق مذکور (شکل ۴)، زمینه را برای ایجاد پدیده گرد و غبار و گسترش آن به جنوب غرب ایران از جمله استان خوزستان فراهم می‌کند.

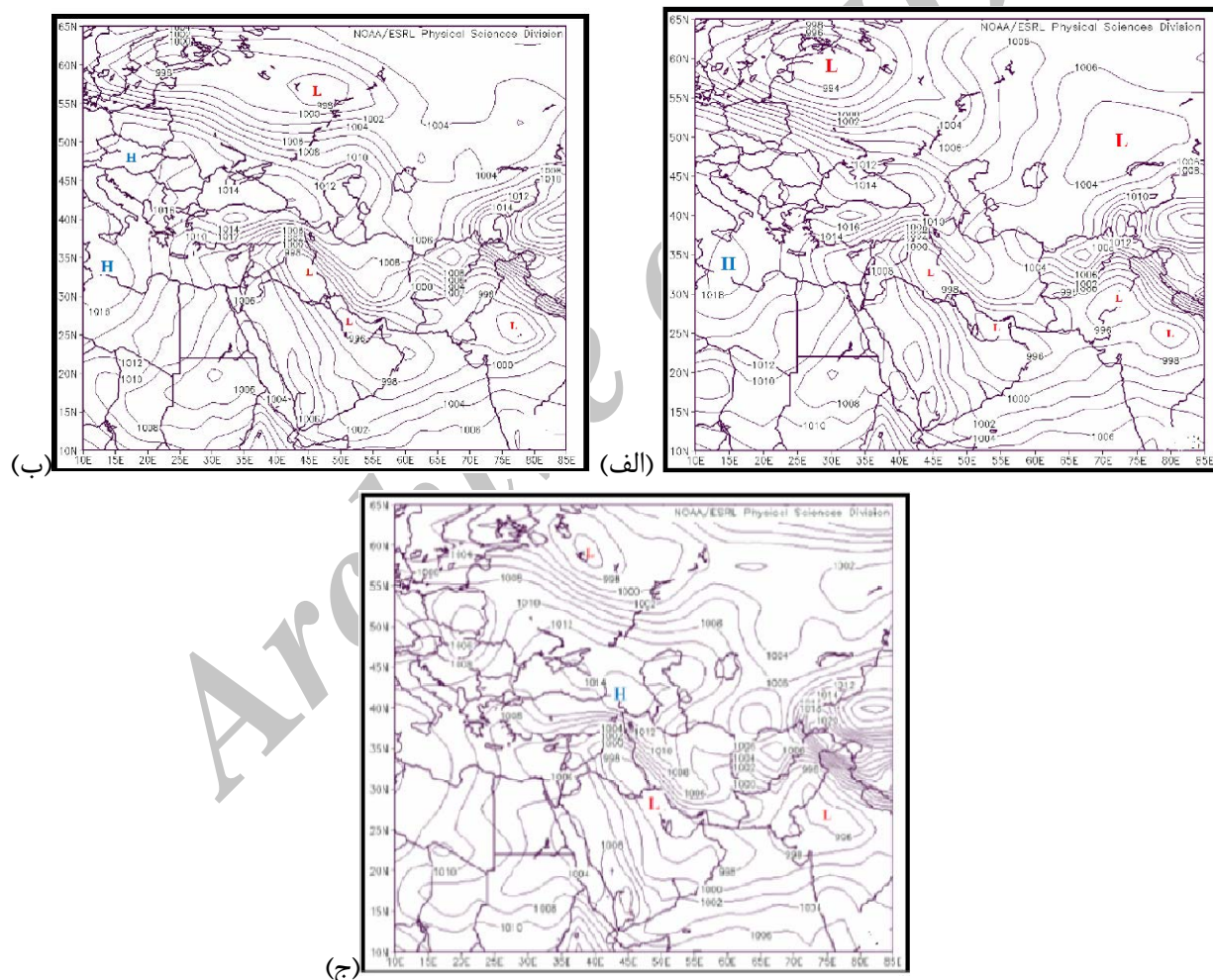


شکل ۵- نقشه میدان باد ارتفاع ۱۰ متری بر حسب متر بر ثانیه در ساعت UTC ۰۰۰ روز ۲۰۰۷/۷/۷ دو روز قبل از

رخداد پدیده گرد و غبار در اهواز

الگوی فشاری در تراز متوسط سطح دریا در روز هشتم ساعت UTC ۰۰۰۰ (شکل ۶) نشان دهنده نفوذ شرق سوی پرفشار دریای مدیترانه و تقویت ناوهی خلیج فارس و به دنبال آن افزایش گرادیان فشاری در نواحی بین این دو سامانه از جمله شمال غرب عراق، شرق سوریه و جنوب شرق ترکیه است. دو سامانه پرفشار دریای مدیترانه و شرق دریای خزر که از طریق

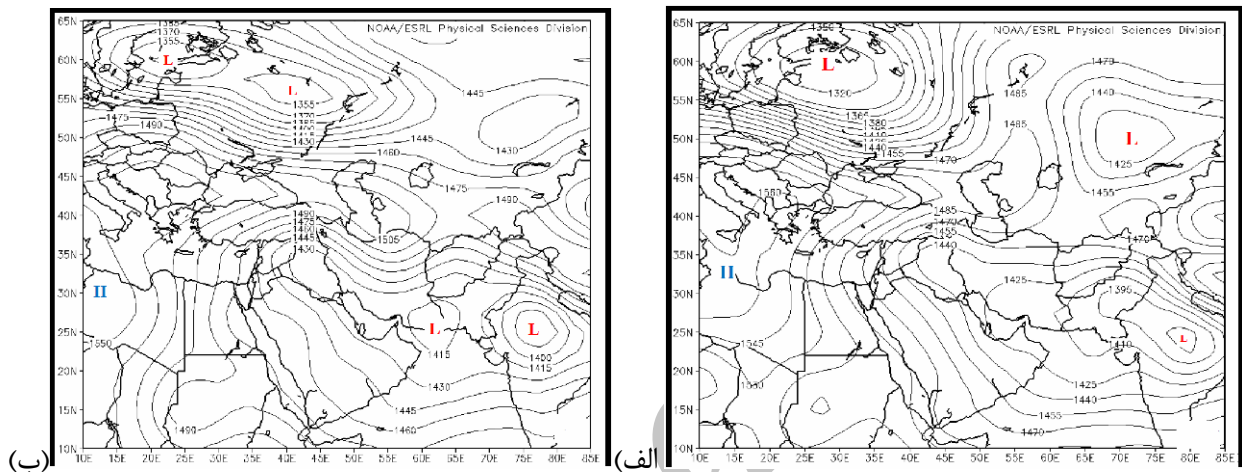
محور کم فشار کشیده شده از شرق ایران از هم جدا شده بودند در هم ادغام شده بطوریکه، پشته فشاری از دریای مدیترانه تا شمال دریای خزر امتداد یافته است. کم فشار حاکم در شمال اروپا از سمت شرق گسترده‌تر شده بطوریکه امتداد ناهای آن را تا شمال دریای خزر قابل مشاهده است. کم فشار حرارتی هند و پاکستان نسبت به روز قبل تغییری نداشته است. در روز بعد همین ساعت (شکل ۶ ب) کم فشار گرمایی در هند تقویت شده که این شرایط در روز بعد نیز وجود دارد. به تدریج نفوذ شرق سوی پر فشار مدیترانه در حال کاهش است ولی با تقویت ناهای خلیج فارس نسبت به روز گذشته در همین ساعت گرادیان فشاری در عراق و سوریه تغییر نکرده است. حرکت شرق سوی کم فشار شمال اروپا در این روز و روز بعد همچنان ادامه دارد. در روز دهم ساعت ۰۰:۰۰ UTC (شکل ۶ ج) شدت کم فشار حرارتی هند و پاکستان تغییری نکرده و امتداد ناهای خلیج فارس همچنان تا جنوب شرقی ترکیه ادامه دارد. نفوذ پر فشار مدیترانه از سمت غرب به گونه ایست که مرکز پر ارتفاع در شمال دریای خزر بسته شده است و گرادیان فشار نسبت به روز قبل کاهش پیدا کرده است.



شکل ۶- نقشه میدان فشار سطح دریا بر حسب میلی بار مربوط به ساعت ۰۰:۰۰ UTC در روزهای قبل، شروع و پایان پدیده غبار در اهواز الف - ۲۰۰۷/۷/۸، ب - ۲۰۰۷/۷/۹، ج - ۲۰۰۷/۷/۱۰، فواصل خطوط هم فشار ۲ hpa است.

الگوی ارتفاع در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که در روز هشتم ساعت ۰۰:۰۰ UTC (شکل ۷ الف) با افزایش نفوذ شرق سوی پر ارتفاع دریای مدیترانه و ادغام آن با مرکز پر ارتفاع در شرق دریای خزر، کشیدگی پشته فشاری را از دریای مدیترانه تا شرق دریای خزر باعث شده است. کم ارتفاع در شمال اروپا ضعیف تر شده و ناهای آن به سمت شرق کشیده

شده‌اند که این شرایط در روز نهم شدت بیشتری می‌یابد. گرادیان کنتوری نیز نسبت به روز قبل افزایش یافته است. این الگو با الگوی فشاری سطح زمین هماهنگی دارد. در روز نهم همین ساعت (شکل ۷-ب) تداوم زبانه‌ی پر ارتفاع از دریای مدیترانه تا شرق دریای خزر مانند روز قبل ادامه دارد. کم‌ارتفاع هند و پاکستان تقویت شده و گرادیان کنتوری در شمال غرب عراق و شرق سوریه و جنوب شرق ترکیه نسبت به روز قبل تغییر چندانی نداشته است. در این روز نیز هماهنگی این الگو با الگوی فشاری سطح زمین وجود دارد. در روز دهم امتداد ناوهای حاصل از کم‌ارتفاع در عراق و سوریه به گونه‌ایست که باعث کاهش نسبی در گرادیان کنتوری شده است. از شدت کم‌ارتفاع در شمال اروپا نیز نسبت به روزهای گذشته کاسته شده است.

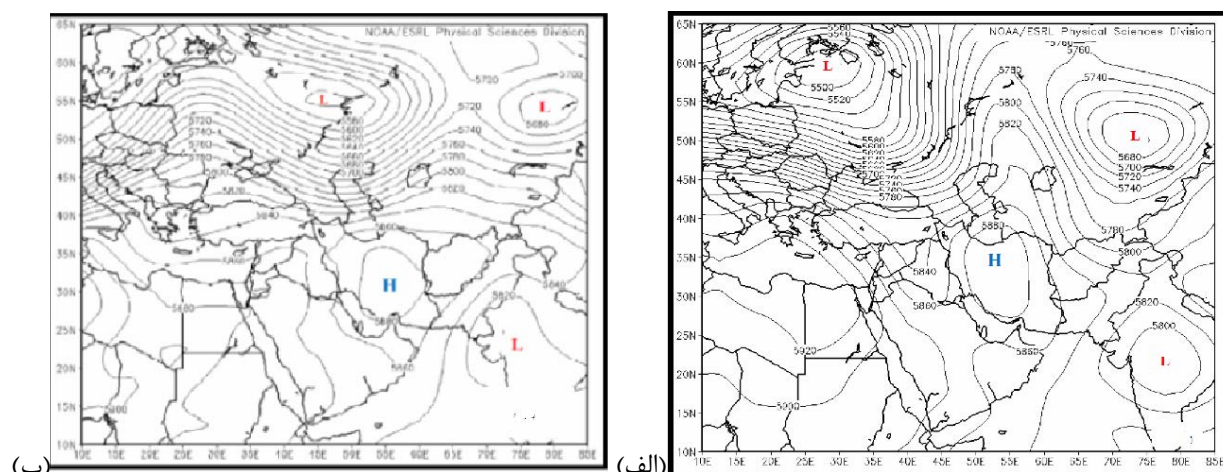


شکل ۷- نقشه میدان ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر مربوط به ساعت UTC ۰۰۰۰ در روزهای قبل و شروع پدیده غبار در اهواز، الف - ۲۰۰۷/۷/۸، ب - ۲۰۰۷/۷/۹، فواصل خطوط هم‌ارتفاع ۱۵ ژئوپتانسیل متر است.

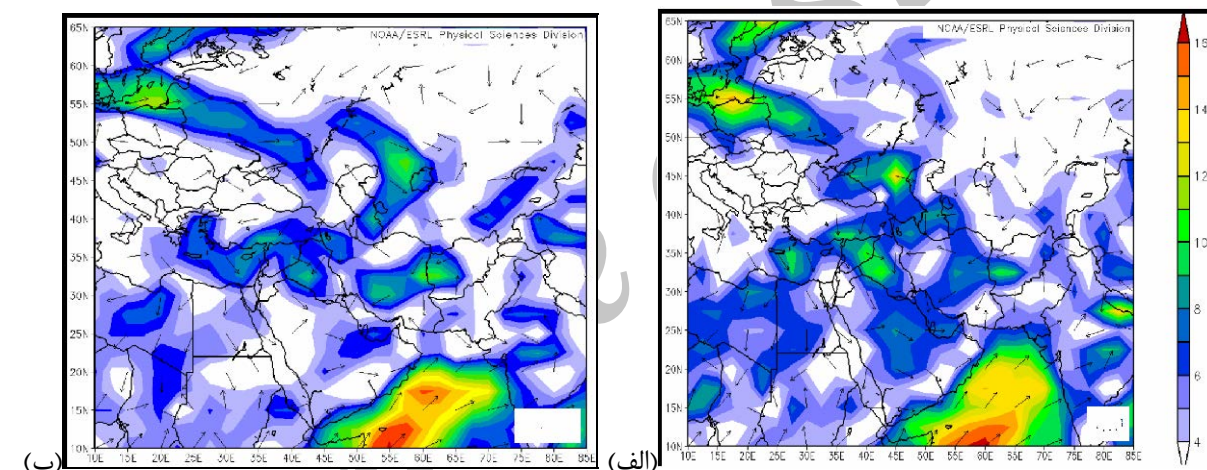
الگوی ارتفاع در تراز میانی جو در روز هشتم ساعت UTC ۰۰۰۰ همچنان نشان دهنده‌ی استقرار مرکز پراارتفاع در ایران است که شدت آن نیز نسبت به روز پیش تغییری نداشته است. کم‌ارتفاع شمال اروپا نسبت به روز هفتم تضعیف شده و تا حدودی به سمت شرق جابجا شده ولی همچنان امتداد ناوهای آن تا جنوب عراق و شمال عربستان ادامه دارد. در روز نهم (شکل ۸-الف) نیز همین شرایط حاکم است با این تفاوت که کم‌ارتفاع شمال اروپا ضعیف تر شده است. در روز دهم همین ساعت (شکل ۸-ب) با تداوم کاهش شدت کم‌ارتفاع شمال اروپا و حرکت شرق سوی آن، کشیدگی ناوهای حاصل از آن به شکلی است که شمال غربی ایران و جنوب شرقی ترکیه را شامل شده است.

الگوی میدان باد نشان می‌دهد تا روز اوج شدت غبار در اهواز (روز نهم) جریانات شمال غربی با تندی ۱۲-۸ متر بر ثانیه در نواحی که منشأ تزریق غبار (شمال غرب عراق و شرق سوریه) می‌باشند جریان دارند و در منطقه‌ی مورد مطالعه تندی این جریانات در مقایسه با این مناطق کم است. از روز نهم به بعد از تندی جریانات در نواحی منشأ به تدریج کاسته شده تندی این جریانات در جنوب غرب ایران و منطقه مورد مطالعه تا روز دهم را می‌توان بین ۴-۶ متر بر ثانیه تقریب زد ولی در روز دهم نسبت به روزهای قبل افزایش داشته است (شکل ۹).





شکل ۸- نقشه میدان ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر مربوط به ساعت ۰۰۰۰ UTC روز شروع و پایان پدیده غبار در اهواز، الف - ۲۰۰۷/۷/۹، ب - ۲۰۰۷/۷/۱۰ فواصل خطوط هم‌ارتفاع ۱۵ ژئوپتانسیل متر است.

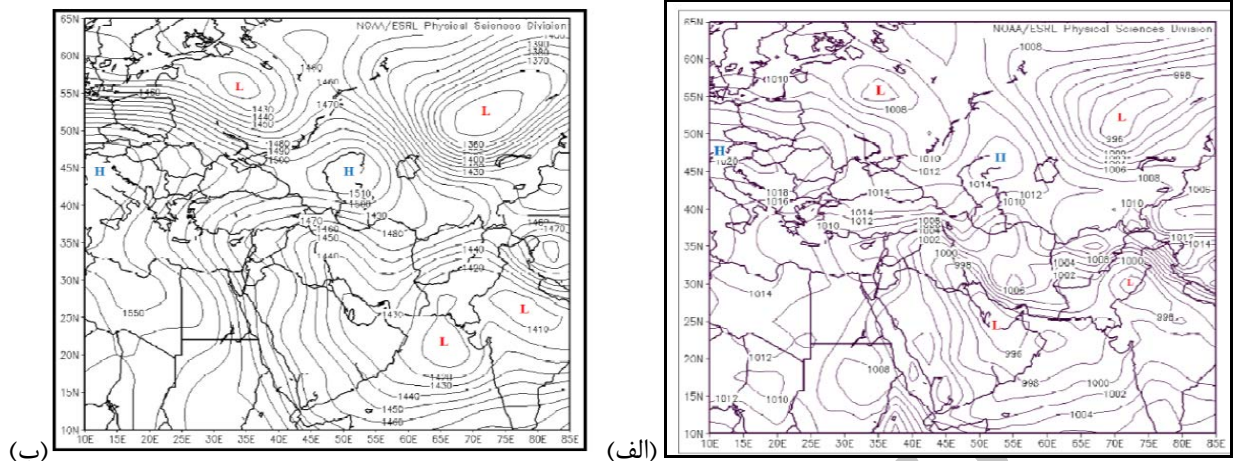


شکل ۹- نقشه میدان‌های باد ارتفاع ۱۰ متری بر حسب متر بر ثانیه مربوط به ساعت ۰۰۰۰ UTC روز قبل و پایان پدیده غبار در اهواز، الف - ۲۰۰۷/۷/۸، ب - ۲۰۰۷/۷/۱۰

### بررسی همدیدی مورد دوم

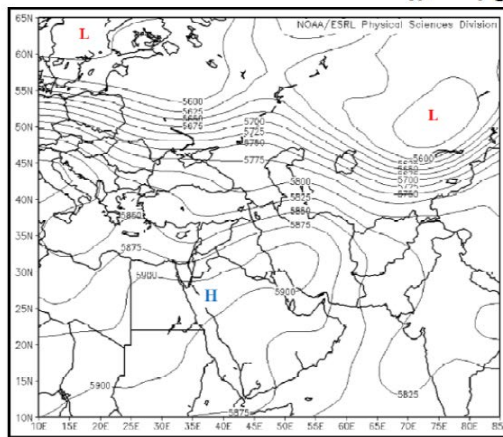
الگوی فشار میانگین فشار تراز متوسط دریا در روز ۲۹ ژوئن (۲ روز قبل از شروع گرد و غبار در اهواز) ۲۰۰۸ ساعت ۰۰۰۰ UTC (شکل ۱۰- الف) بیانگر استقرار سامانه پرفشار بر روی دریای مدیترانه و دریای سیاه است که گستردگی آن به شکلی است که تا شرق دریای خزر امتداد یافته است. سامانه پرفشار دیگری نیز در شمال دریای خزر شکل گرفته است. کم‌فشار حرارتی هند و پاکستان نیمه جنوبی ایران را نیز در بر گرفته و به همراه ناوه خلیج فارس تا عراق و بخش‌هایی از جنوب شرقی ترکیه امتداد یافته است، همجواری این سامانه با سامانه پرفشار روی دریای سیاه سبب شکل‌گیری گرادبان فشار در نواحی بین این دو سامانه از جمله شمال غرب عراق، شرق سوریه و جنوب شرقی ترکیه شده است.

الگوی ارتفاعی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در همین تاریخ و ساعت (شکل ۱۰- ب) بیانگر استقرار سامانه پرفشار در جنوب اروپا و سامانه کم ارتفاع در هند و پاکستان است که با عبور از نیمه جنوبی ایران تا عراق و جنوب شرقی ترکیه امتداد یافته است که در نواحی بین این دو سامانه از جمله عراق و سوریه و بخش‌هایی از جنوب شرقی ترکیه گرادبان کنوری ایجاد شده است. سامانه پرفشار دیگری نیز در شرق دریای خزر شکل گرفته است. این الگوی ارتفاعی کاملاً با الگوی فشاری سطح زمین هماهنگی دارد.



شکل ۱۰- نقشه‌های الف - میدان فشار سطح دریا بر حسب میلی‌بار، ب - میدان ارتفاع ژئوپتانسیلی ۸۵۰ هکتوپاسکالی بر حسب ژئوپتانسیل متر در ساعت ۰۰۰UTC روز ۲۹/۶/۲۰۰۸. دو روز قبل از رخداد پدیده گرد و غبار در اهواز. فواصل خطوط هم‌فشار ۲hpa و خطوط هم‌ارتفاع ۱۰ ژئوپتانسیل متر است

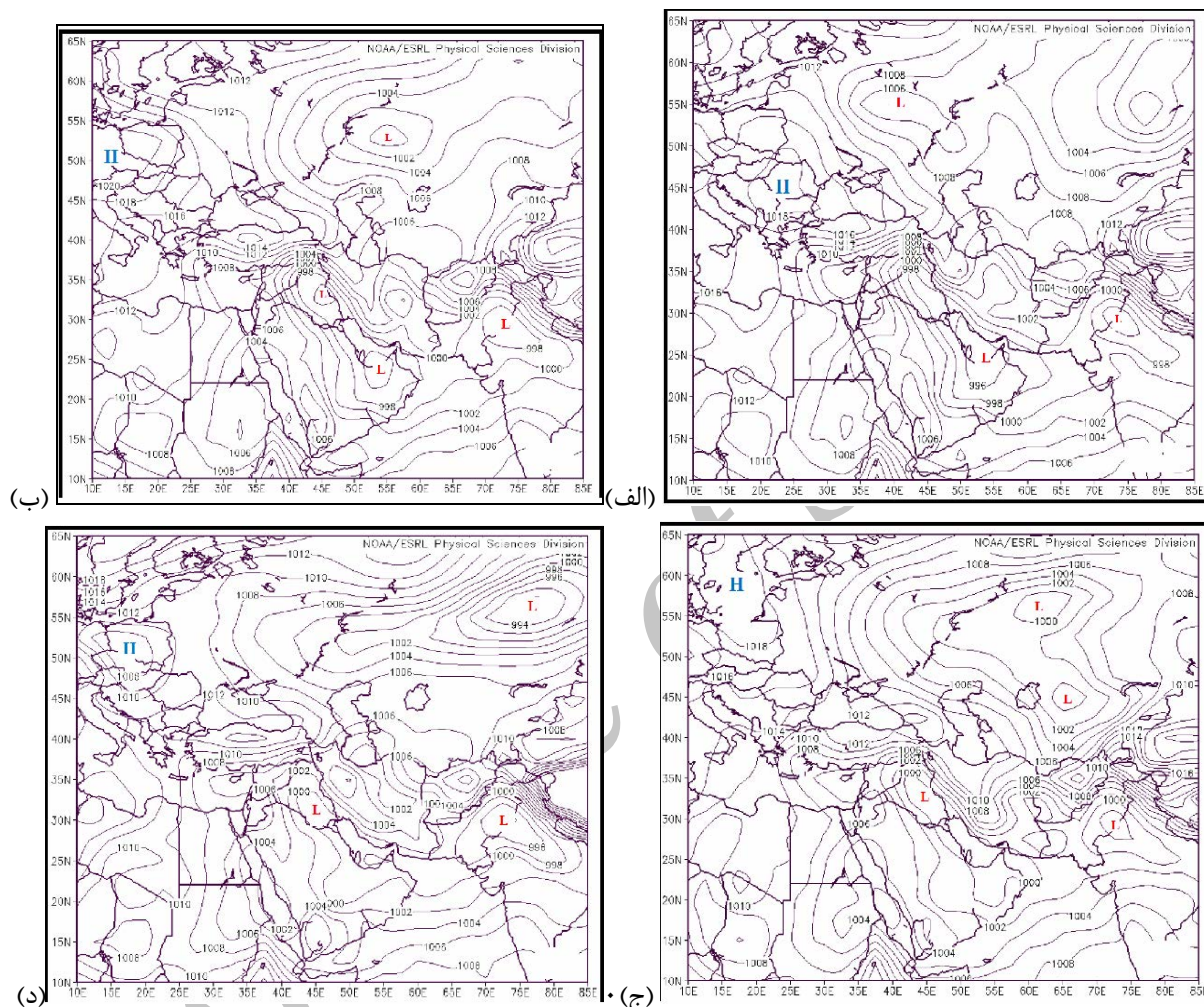
الگوی ارتفاع در تراز میانی نشان دهنده‌ی نفوذ پشته کنتوری از شمال آفریقا و جنوب دریای مدیترانه است، به گونه‌ای که جنوب غرب ایران را در بر گرفته و تا شرق ایران امتداد یافته است. مرکز کم ارتفاع بر روی دریای مدیترانه قرار گرفته که باعث ارسال متناوب امواجی از روی بیابان‌های عراق و سوریه می‌شود، که در روز ۲۹ ژوئن (شکل ۱۰- ج) با توجه به حاکم بودن پراترفاع در جلوی ناوه مانند سدی مسیر ناوه را بسته بطوریکه امواج این ناوه همچنان از روی بیابان‌های عراق و سوریه می‌توانند عبور کنند.



شکل ۱۰- ج - نقشه میدان ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی بر حسب ژئوپتانسیل متر در ساعت ۰۰۰UTC روز ۲۹/۶/۲۰۰۸ دو روز قبل از رخداد پدیده گرد و غبار در اهواز - فواصل خطوط هم ارتفاع ۱۵ ژئوپتانسیل متر است

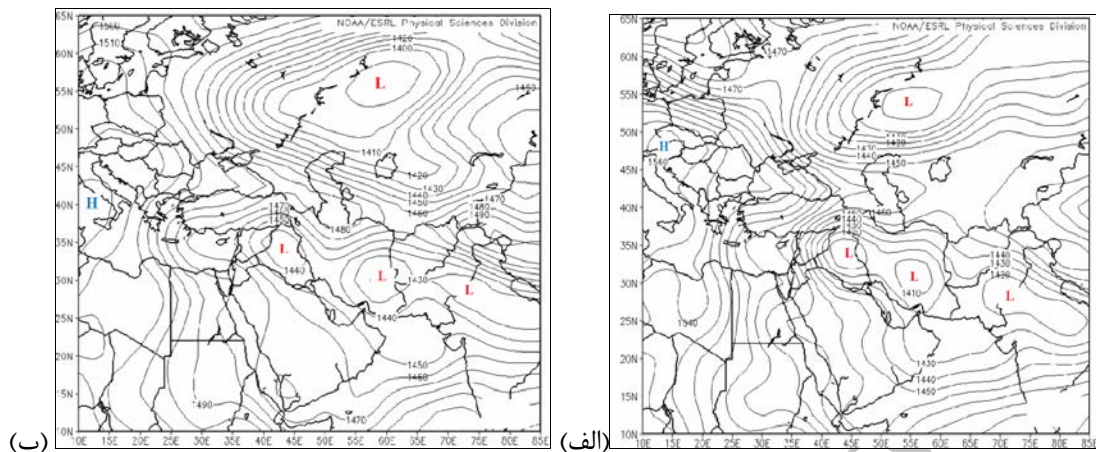
در روز ۳۰ ژوئن ۲۰۰۸ (شکل ۱۱- الف)، نفوذ پرفشار مدیترانه از سمت غرب بیشتر شده بطوریکه مرکز پرفشار در غرب دریای سیاه بسته شده است. کم فشار حرارتی هند و پاکستان و امتداد ناوه خلیج فارس تا شرق سوریه و جنوب شرق ترکیه همانند روز پیش وجود دارد. گرادیان فشار در نواحی بین امتداد ناوه خلیج فارس و پرفشار مدیترانه افزایش پیدا کرده است. در روز یکم ژوئیه (شکل ۱۱- ب) مراکز کم فشار خلیج فارس قوی تر شده ولی کشیدگی ناوه‌ی خلیج فارس تا شمال غرب عراق به شکلی است که گرادیان فشار نسب به روز گذشته تغییر چندانی نداشته است. شدت کم فشار حرارتی هند و پاکستان تغییر نکرده است. در روز دوم ژوئیه (شکل ۱۱- ج) کم فشار حرارتی هند و پاکستان، ناوه‌ی خلیج فارس و در ادامه گرادیان فشار نیز

نسبت به روز گذشته ضعیف تر شده اند. این شرایط در روز سوم ژوئیه نیز حاکم است. از روز چهارم ژوئیه (شکل ۱۱-د) با شکل گیری مرکز کم فشار در جنوب دریای بالتیک و حرکت شرق سوی آن در روز بعد، جابجایی پرفشار مدیترانه به عرض‌های پایین تر آغاز شده است. کم فشار حرارتی هند و پاکستان تقویت شده و گرادیان فشار نسبت به روز سوم تغییری نداشته است.



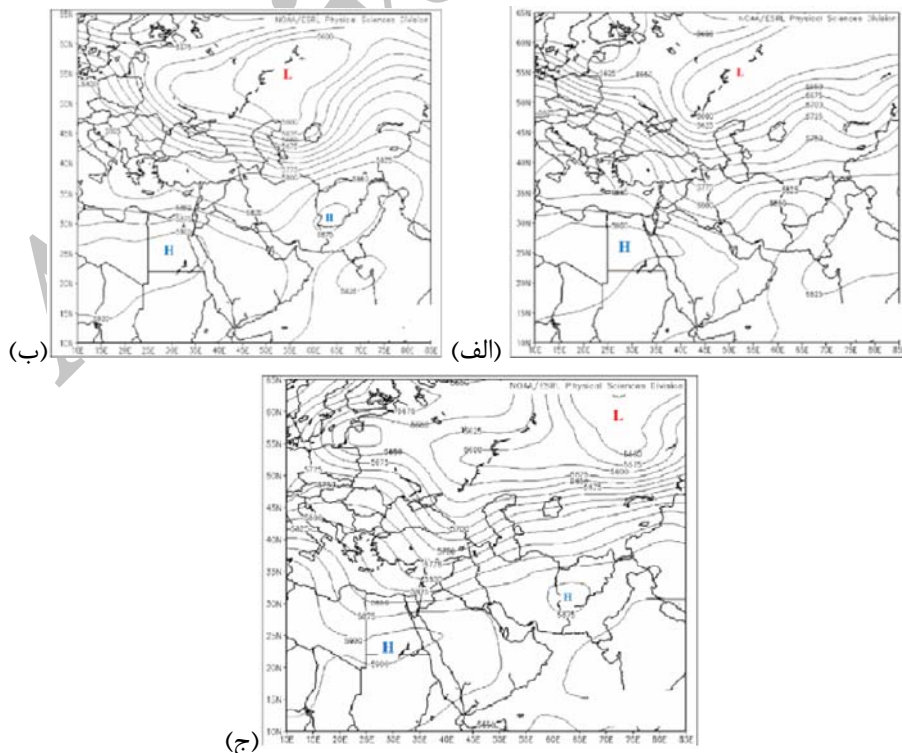
شکل ۱۱- نقشه میدان فشار سطح دریا بر حسب میلی بار مربوط به سامانه‌های فشاری ساعت UTC ۰۰۰۰ روز قبل، شروع، اوج و پایان پدیده غبار در اهواز، الف - ۲۰۰۸/۶/۳۰، ب - ۲۰۰۸/۷/۱، ج - ۲۰۰۸/۷/۲، د - ۲۰۰۸/۷/۴، فواصل خطوط هم فشار ۲hpa است.

الگوی نقشه‌های سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی (شکل ۱۲) با نقشه‌های سطح زمین ارتباط معناداری را نشان می‌دهد به این صورت که مطابق با روند پیشروی زبانه کم فشار در غرب ایران و کشورهای همسایه غربی و متعاقب آن ایجاد کم فشار بر روی منطقه عراق و افزایش گرادیان از مرکز عراق تا سوریه زبانه کم ارتفاع سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی نیز توسعه می‌یابد و گرادیان ارتفاعی از مرکز عراق تا سوریه مساعد می‌گردد مجدداً با تضعیف کم فشار سطح زمین در منطقه و عقب نشینی زبانه کم فشار شرقی و کاهش گرادیان فشاری در گستره عراق تا سوریه، زبانه ناوه کم ارتفاع نیز تضعیف گشته و عقب می‌نشیند.



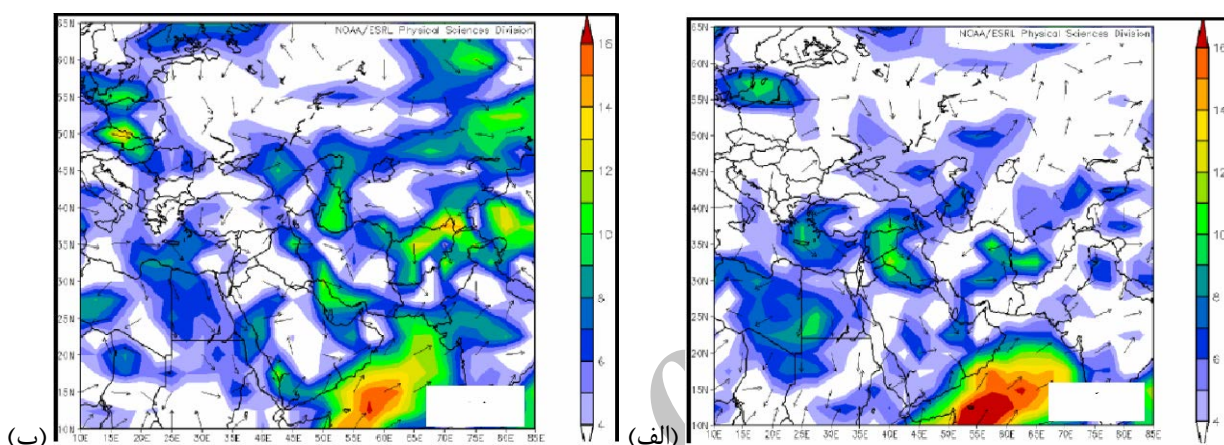
شکل ۱۲- نقشه میدان ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب ژئوپتانسیل متر مربوط به ساعت ۰۰۰۰ UTC در روزهای شروع و اوج پدیده غبار در اهواز، الف - ۲۰۰۸/۷/۱، ب - ۲۰۰۸/۷/۲، فواصل خطوط هم‌ارتفاع ۱۵ ژئوپتانسیل متر است.

در روز ۳۰ ژوئن از شدت پراتفان جنوب دریای مدیترانه کاسته شده ولی همچنان پشته‌های حاصل از آن تا شرق دریای خزر امتداد یافته اند، همچنین گرادیان ناوهی مدیترانه نیز افزایش یافته است. در روز ۱ ژوئیه (شکل ۱۳- الف) ناوه مدیترانه بر روی کشورهای عراق و سوریه همچنان وجود دارد و شدت آن نسبت به روز گذشته تغییری نداشته است. همچنین قسمتی از این ناوه با محور شمال غربی - جنوب شرقی روی مرز ایران و عراق قرار گرفته است. از روز ۲ ژوئیه (شکل ۱۳- ب) به تدریج از شدت ناوهی مدیترانه در عراق و سوریه و همچنین در جنوب غربی ایران قرار کاسته شده به گونه‌ای که در روز ۴ ژوئیه (شکل ۱۳- ج) این ناوه از منطقه از بین رفته و به صورت یک موج کم عمق از شمال غرب کشور عبور می‌نماید.



شکل ۱۳- نقشه میدان ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی بر حسب ژئوپتانسیل متر مربوط به ساعت ۰۰۰۰ UTC، روز شروع، اوج و پایان پدیده غبار در اهواز، الف - ۲۰۰۸/۷/۱، ب - ۲۰۰۸/۷/۲، ج - ۲۰۰۸/۷/۴- فواصل خطوط هم‌ارتفاع ۲۵ ژئوپتانسیل متر است.

در روزهای ۲۹ و ۳۰ ژوئن و ۱ ژوئیه ۲۰۰۸، در شمال غرب عراق، سوریه تندی جریان‌ات شمال غربی رو به افزایش بوده بطوریکه بیشترین مقدار را در روز ۱ ژوئیه (روز شروع گرد و غبار در اهواز) داشته‌اند که این بادهای قوی (حتی در بعضی نواحی، بزرگتر از ۲۰ متر بر ثانیه) که منطقه سوریه، شمال‌غرب، غرب و مرکز عراق را در بر می‌گیرد موجب بلند شدن ذرات گرد و خاک در بیابان غرب عراق و شرق سوریه شده و این روند در روز بعد هم ادامه دارد و در منطقه‌ی مورد مطالعه تندی این جریان‌ات در مقایسه با مناطق احتمالاً منشأ کم بوده است (شکل ۱۴-الف). از روز ۳ ژوئیه (روز کاهش شدت پدیده در اهواز) به بعد از تندی جریان‌ات در شمال غرب عراق و سوریه کاسته شده و در جنوب غرب ایران جریان‌ات غربی شدت یافته‌اند (شکل ۱۴-ب) که به نوعی سبب همگرایی این جریان‌ات در جنوب غرب ایران و ایجاد شرایط مناسب برای فرونشینی ذرات غبار در این منطقه می‌شود.



شکل ۱۴- نقشه میدان‌های باد ارتفاع ۱۰ متری بر حسب متر بر ثانیه مربوط به ساعت UTC ۰۰۰۰ روز شروع و پایان پدیده غبار در اهواز الف - ۲۰۰۸/۷/۱، ب - ۲۰۰۸/۷/۴

### بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های آماری در ماه‌های تابستان در دوره‌ی ۴۰ ساله، بیشترین فرکانس رخداد پدیده گرد و غبار و شدیدترین آنها در ماه ژوئیه بوده است که با نتایج نجف‌آبادی در سال ۱۳۸۵ در اصفهان، رئیس‌پور در سال ۱۳۸۷ در خوزستان و سیدزاده در سال ۱۳۹۰ در کرمانشاه که بیشترین رخداد گرد و غبار را مربوط به ماه‌های گرم سال به ویژه ماه ژوئیه دانستند همخوانی دارد. در این مطالعه مشخص شد بیشترین فرکانس رخداد گرد و غبار طی این دوره در سال ۲۰۰۸ بوده است که خشکسالی‌های شدید در آن نقش مهمی دارد.

بررسی‌ها نشان داد در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ در زمان وقوع پدیده در اهواز، میانگین جریان‌ات باد شمال غربی و با تندی حدود ۸ نات بوده است.

همچنین نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد الگوی جوی مناسب برای شکل‌گیری گرد و غبار تابستانه گسترش ناوهی حرارتی خلیج فارس بر جنوب غرب ایران و امتداد آن تا عراق، همزمان با گسترش زبانه پرفشار بر روی دریای سیاه تا جنوب شرق ترکیه و ایجاد گرادبان فشاری زیاد در شمال عراق و شرق سوریه و ایجاد جریان‌ات سطح زمین شدید در مناطق بین این دو سامانه از جمله شمال عراق و شرق سوریه که مستعد ایجاد غبار هستند در سطح زمین و در تراز میانی جو نیز، وجود مرکز کم ارتفاع بر روی دریای مدیترانه و ارسال متناوب امواجی از روی بیابان‌های عراق و سوریه که نقش مهمی در شکل‌گیری و تقویت گرد و غبار منطقه مورد مطالعه دارد می‌باشد. بطوری که همزمانی جریان‌ات سطحی بر اثر گرادبان فشار بین سامانه‌های پرفشار و کم فشار نام برده به همراه کم ارتفاع تراز میانی و تعمیق آن و همچنین ادغام ناوهی ناشی از کم‌فشار حرارتی در شمال عراق و شرق سوریه با ناوهی تراز میانی باعث می‌شود که سامانه‌ی فشاری با ویژگی حرارتی - دینامیکی باعث تقویت و تشدید ناپایداری‌ها و ایجاد جریان‌های سطحی در روی مناطق منشأ و به دنبال آن ایجاد و گسترش گرد و خاک در این مناطق شود.

Gouadi و همکاران نیز در سال ۲۰۰۲ نقش کم‌فشارهای سطح زمین را در ایجاد پدیده‌های گرد و غبار دوره‌ی گرم سال در منطقه‌ی خاورمیانه مؤثر دانستند. همچنین عابدزاده و همکاران در سال ۱۳۸۴، میهن پرست و کرمی در سال ۱۳۸۸، لشکری و همکاران در سال ۱۳۸۷ و رئیس‌پور و همکاران در سال ۱۳۸۹ الگوی جوی مناسب برای شکل‌گیری این پدیده را وجود ناوه‌ی نسبتاً عمیق در تراز ۵۰۰ hpa و در سطح زمین مرکز کم‌فشاری هماهنگ با این ناوه دانستند. علاوه بر آن مشخص شد زمانیکه این دو سامانه در ارتباط با هم سبب تشدید ناپایدارها شوند و کم‌فشار حرارتی و ویژگی حرارتی - دینامیکی پیدا کند، شدت و ازدیاد گرد و غبار را به همراه دارد.

مهم‌ترین نتایج نشان می‌دهد در مواردی که موقعیت محور پرارتفاع جنب‌حاره به گونه‌ای بوده که به سمت شرق ایران خم شده و ناوه‌ی مدیترانه در حرکت شرق سوی خود توانسته به جنوب غرب ایران نیز برسد، با توجه به ماندگاری ناوه‌ی مدیترانه با طول موج کوتاه و گرادیان کنتوری شدید بر روی نواحی منشأ شمال عراق و شرق سوریه، شدت و ماندگاری غبار بسیار زیاد بوده است. در حالتیکه محور این پرارتفاع در امتداد شمال شرقی - جنوب غربی قرار گرفته، ناوه‌ی مدیترانه به ایران نرسیده و ماندگاری و گرادیان کنتوری آن در نواحی منشأ شمال عراق و شرق سوریه کم بوده است، شدت و ماندگاری پدیده نیز کمتر بوده است. همچنین مشخص شد جریانات شمال غربی با تندی ۱۲-۸ متر بر ثانیه در چشمه‌های تولید گرد و غبار شمال عراق و شرق سوریه که دارای شرایط مساعد محیطی سطح زمین از جمله خشک و ریز دانه بودن ذرات خاک هستند، در شکل‌گیری گرد و غبار تابستانه جنوب غرب ایران نقش بسیار مهمی دارند.

#### منابع

- توبیهای نجف آبادی، ل. ۱۳۸۵. بررسی طوفان‌های گرد و خاک در اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران. ایران.
- حسینی، س. ب. ۱۳۷۹. مطالعه همدیدی طوفان‌های شدید در تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس. ایران.
- رئیس‌پور، ک. و طاووسی، ت. ۱۳۸۹. تحلیل همدیدی سامانه‌های گرد و غباری در استان خوزستان، مجله جغرافیا و توسعه، ۲۰: ۹۷-۱۱۸
- سیدزاده، ن. ۱۳۹۰. بررسی مسیر ذرات گرد و غبار در ایستگاه کرمانشاه و نقش جت استریم‌ها در منبع تولید ذرات. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. ایران.
- عابدزاده، ح. و ذوالفقاری، ح. ۱۳۸۴. تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گرد و غبار در غرب ایران. مجله جغرافیا و توسعه، ۱۸۸: ۶-۱۷۳.
- عابدزاده، ح. ۱۳۸۴. تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گرد و غبار در غرب ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه رازی. کرمانشاه، ایران.
- علیجانی، ب. ۱۳۷۶. آب و هوای ایران. انتشارات پیام نور. تهران، ایران.
- کرمی، ف. ۱۳۸۸. تحلیل همدیدی طوفان‌های گرد و غبار استان خوزستان. دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
- لشکری، ح. و کیخسروی، ق. ۱۳۸۷. تحلیل آماری سینوپتیکی طوفان‌های گرد و غبار استان رضوی. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵.
- میهن پرست، م. ۱۳۸۸. مطالعه نقش گرادیان فشاری و ناوه ۸۵۰ هکتوپاسکالی در ایجاد و انتقال پدیده گرد و غبار تابستانی نیمه غربی کشور، دوازدهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، ایران.

Goudi, A.S., Middleton, N.J. 2002. Saharan duststorms, nature and consequences, *Earth Science Review*, 56:179-204.

- Leng, S. & Yong-Seung C. 2002. Climatology, trend analysis and prediction of sandstorms and their associated dustfall in china. *Water, Air, and Soil Pollution Focus*, 3: 41-50.
- Romanoff, B. 1961. Dust storm in Gobi and zone of Monoglia. The first PRC Monoglia workshop on climate change in arid and semi-arid Region over the Central Asia.
- Wang, W, A. 2005. Synoptic model on East Asian dust emission and transport, Atmospheric science and air quality conferences. Nankai University, Tianjin, China.
- Washington, R.M., Tood, N., Middleton, J. & Goudie, A.S. 2000. Global dust storm source areas determined by total ozone monitoring spectrometer and ground observations. Oxford University. UK.
- Youngsin, C.H. & Lim, J.Y. 2004. The recent characteristics of Asian Dust and Haze events in Seoul. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 87:143-152.

Archive of SID