

بررسی برخی شرایط همدیدی هنگام وقوع پدیده گرد و غبار ۳۰ ژوئن ۲۰۰۸ در نیمه غربی کشور

مجتبی میهن پرست^{۱*}، عباس رنجبر سعادت آبادی^۲، امیرحسین مشکواتی^۳

۱- کارشناس اداره هواشناسی ایلام

۲- دانشیار پژوهشکده هواشناسی

۳- استاد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

(دریافت: ۹۴/۰۹/۰۴، پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۴)

چکیده

پدیده گرد و غبار حاصل از توفان‌های گرد و خاک در سالیان اخیر به علت تکرار و تشدید آن‌ها در کشورهای همسایه به یک پدیده زیانبخش تقریباً دائمی برای کشور ایران مخصوصاً نیمه غربی تبدیل شده است. از این رو مطالعه و بررسی این پدیده از جنبه‌های زیست محیطی، هواشناسی، منابع آب، توسعه همگون و ... یک امر ضروری است. در این تحقیق یک مورد خاص از این پدیده که منجر به افت کیفیت هوا و کاهش دید افقی به زیر ۵۰۰ متر شد مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه حاضر از پارامترهای جوی از سطح زمین تا تراز میانی جوی از قبیل فشار میانگین سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، باد در ارتفاع ۱۰ متری و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی، سرعت اصطکاکی، دمای سطح زمین و ... هم از داده‌های FNL و هم مدل MM5 استفاده شد. نتایج نشان داد که در این مورد خاص از روز قبل از وقوع پدیده بتدریج سامانه کم فشار در سطح زمین تقویت شده بطوریکه در روز وقوع این سامانه به بیشترین عمق خود (کمترین فشار)، بصورت سلول بسته بر روی کشور عراق و جنوب غرب ایران و مناطقی از کویت می‌رسد که این عامل همراه با وجود سامانه پرفشار بر روی کشور ترکیه و غرب سوریه گرادبان فشاری مناسبی را بر روی غرب و شمال غرب عراق موجب می‌شود. بعلاوه این گرادبان فشاری و تقویت کم فشار در این مناطق در سطح زمین باد ۱۰ متری با سرعت‌های ۶ تا ۷ متر بر ثانیه به بالا با جهت‌های شمالی و شمال غربی رخ داده که عامل ایجاد گرد و خاک در سطح زمین می‌باشد. هماهنگ با سطح زمین با پیشروی ناوه ارتفاعی سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی بادهای نسبتاً شدید در این تراز جوی با جهت شمال غربی رخ داده که از عوامل انتقال و تریب ذرات خاک و غبار حاصل از توفان گرد و خاک می‌باشد. سرعت اصطکاکی نیز از روز قبل از وقوع پدیده روند افزایشی یافته و به مقدار بیشتر از ۵۵/۰ متر بر ثانیه در روز وقوع پدیده می‌رسد. در هنگام شب و نیز روزهای بعد که پدیده رو به زوال است سرعت اصطکاکی کاهش می‌یابد که بعلاوه پایین آمدن لایه پایدار شبانه است. نقشه‌های برهم نهی دما و باد در ارتفاع ۸۵۰ هکتوپاسکالی نشان دهنده تقویت ریزش هوای سرد (فرار رفت هوای سرد) قبل از وقوع تا هنگام وقوع پدیده است که بتدریج با کاهش و توقف فرار رفت هوای سرد بر روی منطقه منبع، توفان گرد و خاک و به تبع آن گرد و غبار تضعیف می‌شود. نقشه‌های برهم نهی ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکالی نیز نشان دهنده وجود سامانه کم ارتفاع بر روی غرب عراق است که بتدریج با تضعیف این سامانه گرد و غبار منتقل شده توسط جریانات جوی این ترازها نیز تضعیف و از بین می‌رود.

کلمات کلیدی: توفان گرد و خاک، کم فشار، گردوغبار، MM5.

مقدمه

پدیده هم در کشور ایران و هم در خارج از کشور مورد مطالعه قرار گرفته است. ذوالفقاری و عابدزاده (۱۳۸۴) در تحلیل همدیدی پدیده گرد و غبار در غرب ایران در بازه زمانی (۱۹۸۷-۱۹۸۳) به این نتیجه رسیدند که منابع اصلی گرد و غبارهایی که به غرب ایران وارد شده‌اند بیشتر از مناطق بیابانی نسبتاً نزدیک مانند صحرای سوریه و یا صحرای نفود در شمال شبه جزیره عربستان و جنوب عراق است. تویی‌های نجف آبادی (۱۳۸۵) در مطالعه این پدیده در استان اصفهان دریافت که بیشترین پدیده گرد و خاک در این منطقه در اوایل فصل بهار و اواخر تابستان رخ می‌دهد و

گرد و غبار حاصل از گرد و خاک که از پدیده‌های زیانبخش جوی می‌باشد در سالیان اخیر به نحو چشمگیری شاهد افزایش در فرکانس وقوع، تداوم و شدت بوده است، به نحوی که تعطیلی ادارات و ارگان‌های دولتی، لغو و تأخیر پروازها و افزایش آمار مراجعه به بیمارستان‌ها بعلاوه وقوع گرد و غبار در سال‌های اخیر فراوان رخ داده است. موارد فوق علاوه بر بار اقتصادی برای دولت و کشور دارای تبعات اجتماعی و روانی نیز می‌باشد. از این رو شناخت پدیده فوق از دیدگاه‌ها و جنبه‌های مختلف حائز اهمیت می‌باشد. این

ناپایدار از قبیل شهر نشینی و فرسایش خاک توسط فرایندهای راه‌سازی و رانندگی در جاده‌های خاکی را از عوامل انتشار گرد و غبار به درون هوا می‌دانند که نقش عامل اول حائز اهمیت بیشتری است. ژانگ و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی شار گرد و غبار در طی یک توفان گرد و خاک در یک منطقه بیابانی (شانداک) به این نتایج رسیدند که در روزهای بدون گرد و خاک تلاطم حرارتی حاکم است اما در روزهای گرد و غباری شدید تلاطم دینامیکی از تلاطم حرارتی تجاوز می‌کند و شار گرمای محسوس نیز کاهش می‌یابد. ضمناً دریافتند که شار گرد و غبار در طی یک توفان گرد و خاک با توان سوم سرعت اصطکاکی متناسب است و مقدار سرعت اصطکاکی آستانه حدوداً 0.4 متر بر ثانیه است.

هدف از انجام این مطالعه داشتن شناخت کلی از گرد و غبار تابستانه و بطور جزئی مطالعه برخی پارامترهای جوی مؤثر در وقوع این پدیده جهت شناخت بهتر آن می‌باشد. هر چند که پیش‌بینی همدیدی گرد و غبار در برخی موارد بسیار مشکل می‌باشد و روش‌های عددی و یا استفاده از تصاویر ماهواره هم باید به کار گرفته شود اما هدف دیگر از این مطالعه که در واقع برگرفته از یک پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده می‌باشد داشتن دیدگاه مناسب جهت پیش‌بینی بهتر این پدیده و اطلاع‌رسانی به موقع به کاربران دولتی و خصوصی جهت کاهش اثرات سوء این پدیده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه یک مورد خاص از پدیده گرد و غبار در فصل تابستان (۲۰۰۸/۰۶/۳۰) انتخاب شد که در طی این پدیده دید افقی در اکثر ایستگاه‌های نیمه غربی کشور و خصوصاً استان ایلام به زیر ۵۰۰ متر رسید و پروازهای فرودگاه ایلام و برخی پروازهای فرودگاه کرمانشاه و اهواز لغو و یا با تأخیر مواجه شدند. برای بررسی موضوع از نقشه‌های برخی پارامترهای جوی حاصل از داده‌های (fml) با تفکیک یک درجه استفاده شد. از برخی از این کمیت‌ها می‌توان به کمیت‌های دینامیکی مثل فرارفت دما نیز رسید و در واقع بر این مبنا نیز تحلیل صورت گرفته است. منظور از فرارفت دما که بیشتر در لایه ۸۵۰ هکتوپاسکالی بررسی

همچنین دوره‌های توفان‌های گرد و خاک با دوره‌های خشکسالی (بارش کم و دماهای بالا) منطقه همراه بوده است. میهن‌پرست و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه این پدیده در نیمه غربی کشور به این نتیجه رسیدند که چشمه‌های گرد و غبار تابستانه نیمه غربی کشور عمدتاً در شمال‌غرب و غرب کشور عراق و شرق کشور سوریه می‌باشند، آن‌ها همچنین به این نتیجه رسیدند که گرد و غبارهای تابستانه فصل گرم سال عمدتاً در طبقه‌بندی شمال تابستانه قرار می‌گیرند. مشکوتی و همکاران (۱۳۸۹) در شبیه‌سازی سرعت اصطکاکی سامانه‌های گرد و غباری نیمه غربی کشور بصورت موردی به این نتیجه رسیدند که عمدتاً مناطقی که توسط تصاویر ماهواره بعنوان منبع گرد و خاک و غبار در نظر گرفته می‌شوند با مناطقی که سرعت‌های اصطکاکی دارای مقادیر چشمگیر هستند منطبق می‌باشند که در این مناطق بعلت عدم پوشش گیاهی مناسب و نیز خاک شل منطقه بیشتر انرژی و تکانه باد به سطح خاک منتقل شده و لذا سرعت باد به مقدار آستانه جهت آغازگری توفان خاک می‌رسد. مبارک حسن و غفاریان (۱۳۸۹) در تحقیقی با عنوان بررسی ساز و کار شکل‌گیری گرد و غبار در خوزستان در فصل سرد دریافتند که در فصل سرد سال با نزدیک شدن ناوه ارتفاعی تراز میانی به مدیترانه و شمال آفریقا و توسعه ناوه فشاری سودان به عرض‌های شمالی گرادیان فشاری شمال عربستان و جنوب ایران افزایش می‌یابد و بادهای شدید در این منطقه رخ داده و گرد و غبار به جنوب‌غرب ایران منتقل می‌شود. مطالعه یونگ سین و همکاران (۲۰۰۴) بر روی پدیده گرد و غبار مه آسیایی در شهر سنول کره جنوبی نشان داد که اکثر گرد و خاک آسیایی در فصل بهار و ماه آوریل رخ می‌دهد. آن‌ها دریافتند که وقتی یک گرادیان فشاری قوی بر روی منطقه خشک بین چین و مغولستان شکل می‌گیرد موجب ایجاد باد قوی برای بالا بردن ذرات گرد و غبار شده و این پدیده شکل می‌گیرد. استرک و دریک (۲۰۰۶) در "انتشار گرد و خاک و مشکلات مرتبط با آن در اروپا" به بررسی عوامل مؤثر بر ورود ذرات گرد و غبار به درون هوا پرداختند. آن‌ها فرسایش بادی، عملیات کشاورزی در زمین‌های خشک و توسعه

در فرمول فوق T تنش سطحی، ρ چگالی هوا، u^* سرعت اصطکاکی، C_D ضریب دراگ یا ضریب تبدیل، U_{10} سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری سطح زمین می‌باشد. با استفاده از شارهای جنبشی تکانه سطحی یعنی $u'w'$ و $v'w'$ که نشان دهنده تنش سطحی جنبشی هستند. می‌توان u^* را محاسبه کرد.

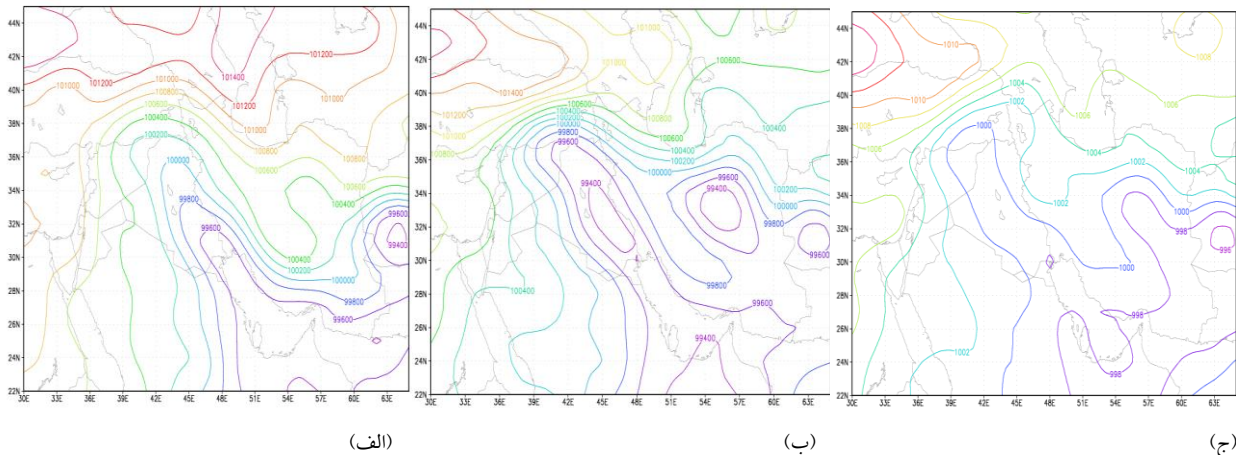
$$u^* = \left[(u'w')^2 + (v'w')^2 \right]^{1/4} \quad (2)$$

مدل برای دو دامنه تو در تو به فاصله نقاط شبکه‌ای ۳۰ و ۱۰ کیلومتر اجرا گردید و نقطه مرکزی دارای طول و عرض (E ۳۵ و N ۳۲) می‌باشد. تعداد نقاط شبکه در راستای x و y به ترتیب ۱۶۶ و ۱۷۵ نقطه و تعداد تراز قایم سیگما ۲۳ تراز می‌باشد. در ابتدا با استفاده از داده‌های ماهواره USGS^۱ با تفکیک مکانی ۲ دقیقه (۳٫۷ کیلومتر) توپوگرافی و پستی و بلندی کشور عراق و سایر کشورهای همسایه غربی توسط برنامه TERRAIN مدل فوق بازسازی شد. مدل MM5 گزینه‌ای برای سه مجموعه طبقه‌بندی کاربری زمین دارد که در برنامه TERRAIN انتخاب می‌شود این مجموعه‌ها ۱۳، ۱۶ یا ۲۴ طبقه‌بندی (نوع گیاه، بیابان، شهر، آب، یخ و ...) را مشخص می‌کنند. هر سلول شبکه برای یکی از طبقه‌بندی‌ها شامل خواص سطحی از قبیل سپیدی، طول ناهمواری، گسیل طول موج بلند، ظرفیت گرمایی و رطوبت قابل دسترس تعیین شده است. علاوه بر این اگر مجموعه‌ای از داده‌های پوشش برف نیز موجود باشد خواص سطح مطابق آن تعدیل می‌شوند. در این تحقیق از مجموعه طبقه بندی ۲۴ گانه استفاده شده است. با اینکار مدل پوشش گیاهی و کاربری اراضی مناطق شبیه‌سازی را بدست آورده و دیگر نیازی به حضور در مناطق مورد نظر و استفاده از داده‌های خاک‌شناسی و پوشش گیاهی و نیز زبری زمین نمی‌باشد، طرحواره تابشی مورد استفاده در مدل سرمایه‌ش ساده^۲ می‌باشد.

می‌گردد ضرب داخلی بردار سرعت در گرادیان دمایی می‌باشد که هر چه زاویه بین این دو به صفر نزدیک تر باشد فرارفت در روی نقشه بهتر مشخص می‌شود. فرارفت سرد نشان‌دهنده ریزش و جایگزینی هوای سرد که عمدتاً از عرض‌های شمالی نشأت می‌گیرد، می‌باشد. از خروجی مدل MM5 جهت ترسیم نقشه کمیت‌هایی از قبیل باد ۱۰ متری، دمای سطح زمین و سرعت اصطکاکی نیز استفاده شد. جهت اطمینان نسبی از دقت عمل مدل MM5 نقشه‌های فشار میانگین سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ حاصل از مدل با نقشه‌های واقعی^۱ مقایسه شد. همچنین برای سرعت اصطکاکی، مقدار این کمیت بر روی دریاها و آب‌های ساکن که بر اساس تئوری دارای مقادیر کم می‌باشد با مقادیر بدست آمده مندرج در کتب خردمقیاس از جمله (آریا) مقایسه گردید که عمدتاً نزدیک به واقعیت بودند. در برخی موارد که سرعت اصطکاکی اندکی از مقدار تجربی افزایش را نشان داد بعلاوه وزش باد بر روی سطح دریا و ایجاد امواج بوده است که آب را از حالت ساکن و راکد خارج می‌کند. یکی از پارامترهایی که در تخمین فرسایش بادی مورد مطالعه قرار می‌گیرد سرعت اصطکاکی است. چنانچه سرعت اصطکاکی در منطقه‌ای از مقدار آستانه آن بالاتر رود فرسایش خاک رخ می‌دهد و حرکت ذرات گرد و غبار شروع می‌گردد. در مدل‌های عددی انتشار گرد و غبار سرعت اصطکاکی یا مقدار آستانه آن به عنوان یک پارامتر مهم در انتشار گرد و غبار کاربرد دارد. در بعضی دیگر از مدل‌های عددی انتشار گرد و غبار از خود سرعت اصطکاکی و نه مقدار آستانه آن در معادلات شار گرد و غبار استفاده می‌شود که مدل RDCM5 از این موارد است. بر طبق تعریفی که در کتب هواشناسی خرد مقیاس وجود دارد سرعت اصطکاکی نماینده‌ای از تنش رینولدز یا شار تلاطمی تکانه است که خود این تنش در واقع نماینده‌ای از انتقال تکانه و انرژی باد به سطح خاک می‌باشد.

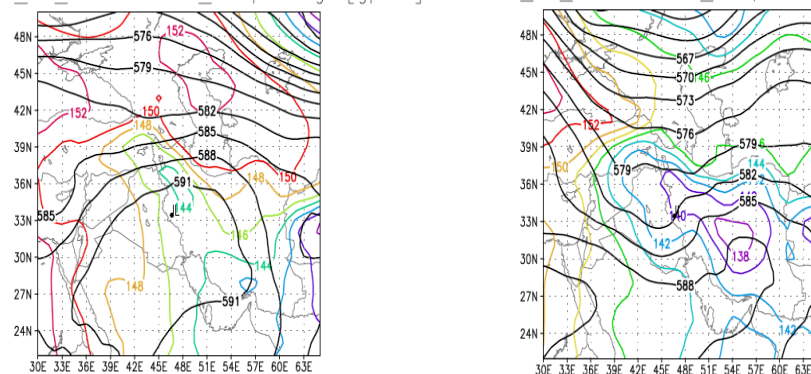
$$\tau = \rho u_*^2 = \rho C_D U_{10}^2 \quad (1)$$

در این تحقیق جهت داشتن نتایج دقیق تر از دامنه دوم مدل MM5 استفاده شد. در این بخش نقشه‌های پارامترهای مورد مطالعه حاصل از داده‌های FNL و مدل MM5 آورده شده است.

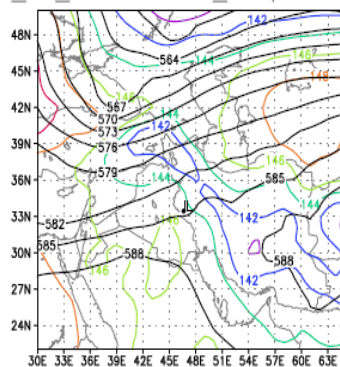


شکل ۱- نقشه هم فشار سطح زمین ترسیم شده از داده‌های (FNL) توسط نرم‌افزار GrADS با تفکیک ۱ درجه. نقشه‌های الف تا ج به ترتیب برای روزهای ۲۸ جون (۴۸ ساعت قبل از وقوع)، ۳۰ جون (روز وقوع) و ۳ جولای (اتمام پدیده) می‌باشد، تمام نقشه‌ها مربوط به ساعت ۱۲ به وقت جهانی (UTC) است.

080628_12_850&500mb_Geop. height[gpdm] 080630_12_850&500mb_Geop. height[gpdm]



080703_12_850&500mb_Geop. height[gpdm]

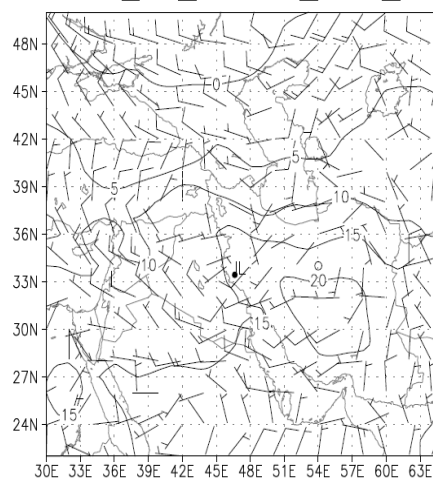
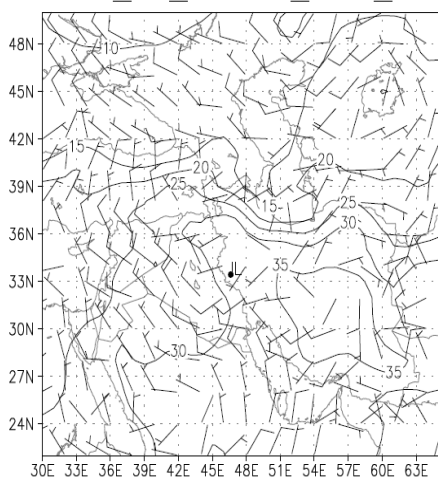


شکل ۲- نقشه هم‌افزایی^۱ شده ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکالی به ترتیب برای همان تاریخ‌های شکل ۲ ترسیم شده از داده‌های (FNL) توسط نرم‌افزار GrADS با تفکیک ۱ درجه. تاریخ (سال ۰۸، ماه ۰۷، روز)، ساعت (۱۲)، سطوح فشاری و واحد ارتفاعی (دکامتر) هر شکل در بالای آن به ترتیب از چپ به راست نوشته شده است.

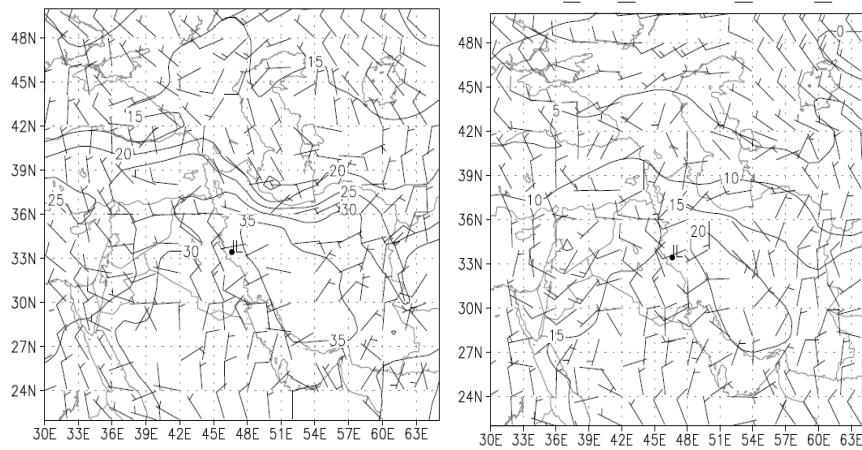
کم فشار بر روی منطقه عراق و افزایش گرادیان فشار از مرکز عراق تا سوریه و اردن زبانه کم ارتفاع سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی نیز توسعه یافته و گرادیان ارتفاعی از مرکز عراق تا سوریه و اردن مساعد می گردد. مجدداً با تضعیف کم فشار سطح زمین در منطقه و عقب نشینی زبانه کم فشار شرقی و کاهش گرادیان فشاری در گستره عراق تا سوریه، زبانه (ناوه) کم ارتفاع نیز تضعیف گشته و عقب می نشیند که این اهمیت و نقش ناهه ۸۵۰ هکتوپاسکالی را در ایجاد سامانه های گرد و غباری در فصل تابستان در کشورهای همسایه غربی و انتقال آن به استان های غربی و جنوب غربی کشور را نشان می دهد. الگوی همدیدی برای نقشه های سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی نیز نشان دهنده این است که در روزهای وقوع پدیده سلول پر ارتفاع جنب حاره از روی عراق و غرب کشور به عرض های پایین تر عقب می کشد و متعاقب آن یک ناهه کم ارتفاع بر روی کشورهای عراق (غرب) و سوریه شکل می گیرد که محور آن تا شمال عربستان امتداد می یابد (یکی از عوامل صعود ذرات گرد و غبار). در روز آخر این ناهه از بین رفته و مجدداً پر ارتفاع حاکم شده که مانند سدی مسیر ناهه را بسته و موجب می شود جریانات ناهه در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی در عرض های جنوبی تقریباً مداری شوند و ناهه به صورت یک موج کم عمق از شمال غرب کشور عبور نمایند. (مجموعه شکل ۲).

در شکل (۱-الف) نقشه هم فشار سطح زمین برای روز ۲۸ جون (۲ روز قبل از گزارش پدیده در ایلام) نشان داده شده است زبانه کم فشار از عرض های جنوبی به سمت عرض های شمالی امتداد یافته است. این زبانه هم به علت تابش خورشید در مناطق جنوبی ایران، عراق و شبه جزیره عربستان در فصل گرم سال و هم به علت ادغام کم فشار فصلی گسترش یافته است. در روز ۳۰ جون (روز وقوع) شکل (۱-ب) تقویت و گسترش زبانه کم فشار در غرب ایران و کشورهای همسایه غربی کاملاً واضح است به طوری که یک سلول کم فشار به مرکز ۹۹۴ هکتوپاسکال در مرکز این زبانه بر روی کشور عراق در راستای نصف النهاری بسته شده است، گرادیان فشاری بر روی عراق و کشورهای همسایه غربی آن در این روز به طور محسوس افزایش یافته و بر روی شمال عراق و ترکیه نیز گرادیان فشاری مساعد شده است. در شکل (۱-ج) روز سوم جولای که پدیده گرد و غبار از بین می رود بطور واضح شاهد تضعیف کم فشار و کاهش گرادیان فشار هستیم به عبارتی هم کم فشار منطقه عراق و شبه جزیره عربستان تضعیف شده و هم زبانه کم فشار فصلی شرقی عقب نشسته است. از سوی الگوی نقشه های سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی با نقشه های فشار سطح زمین ارتباط معناداری را نشان می دهد به این صورت که مطابق با روند پیشروی زبانه کم فشار در غرب ایران و کشورهای همسایه غربی و متعاقب آن ایجاد

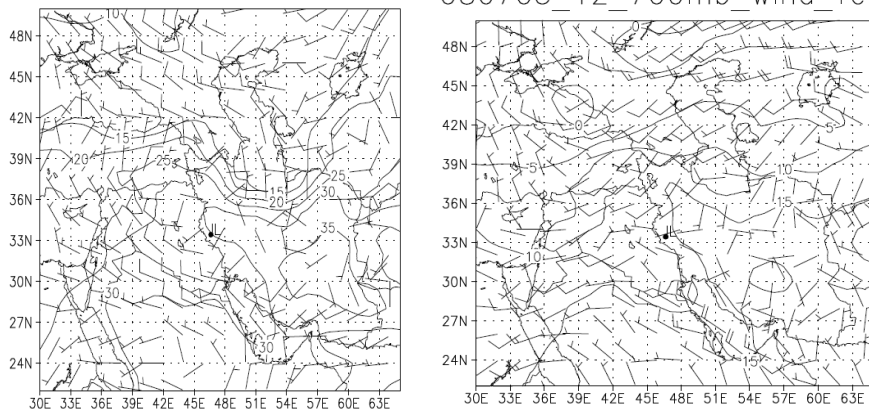
080630_12_850mb_wind_Temp 080630_12_700mb_wind_Temp



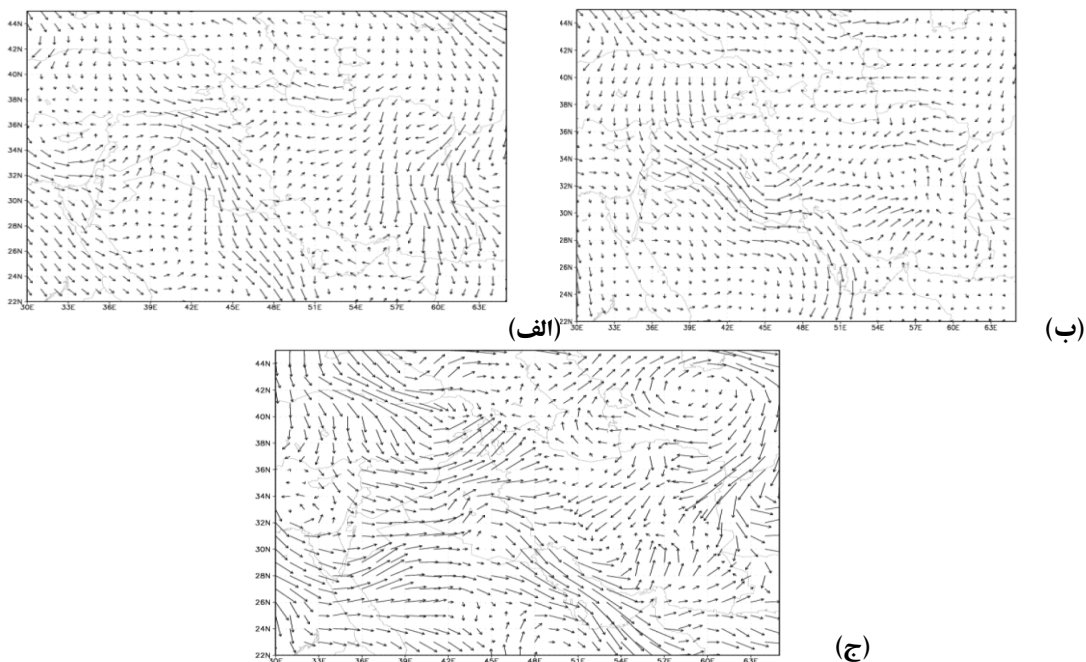
080629_12_850mb_wind_Ter 080629_12_700mb_wind_Ter



080701_12_850mb_wind_Temp 080703_12_700mb_wind_Tem

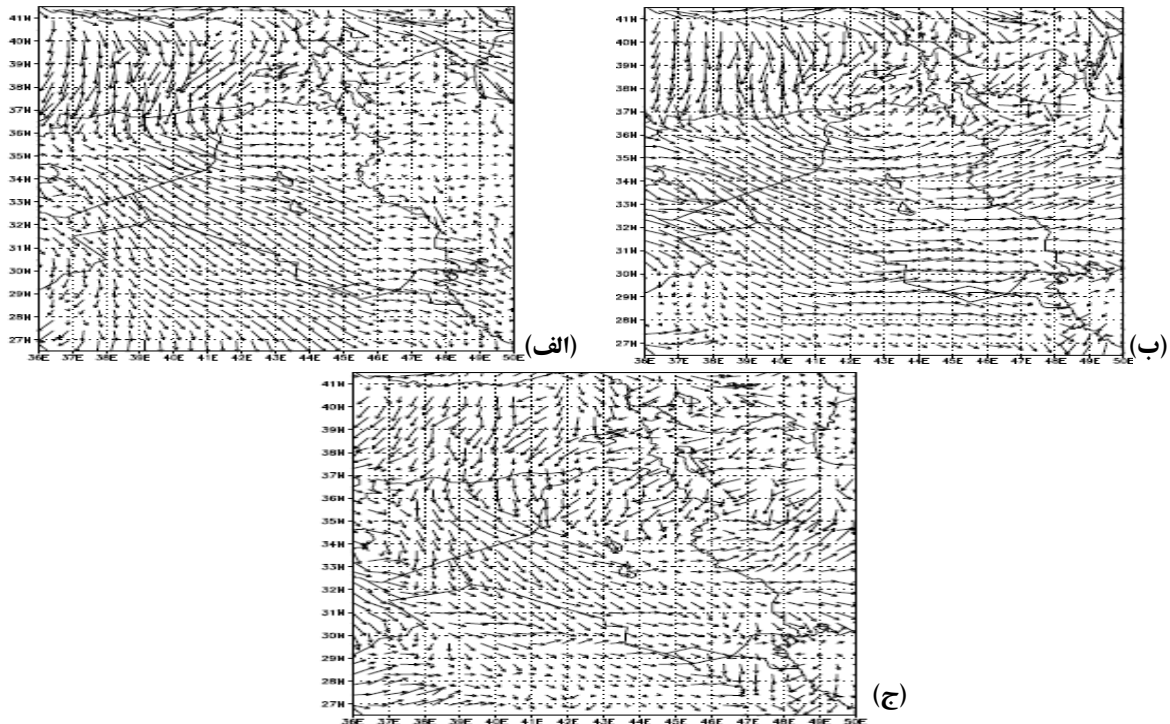


شکل ۳- نقشه‌های هم‌افزایی باد و دما برای سطوح ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکالی که فرارفت دما را نشان می‌دهد. تاریخ هر کدام از نقشه‌ها و اطلاعات مربوطه در بالای آن آورده شده است



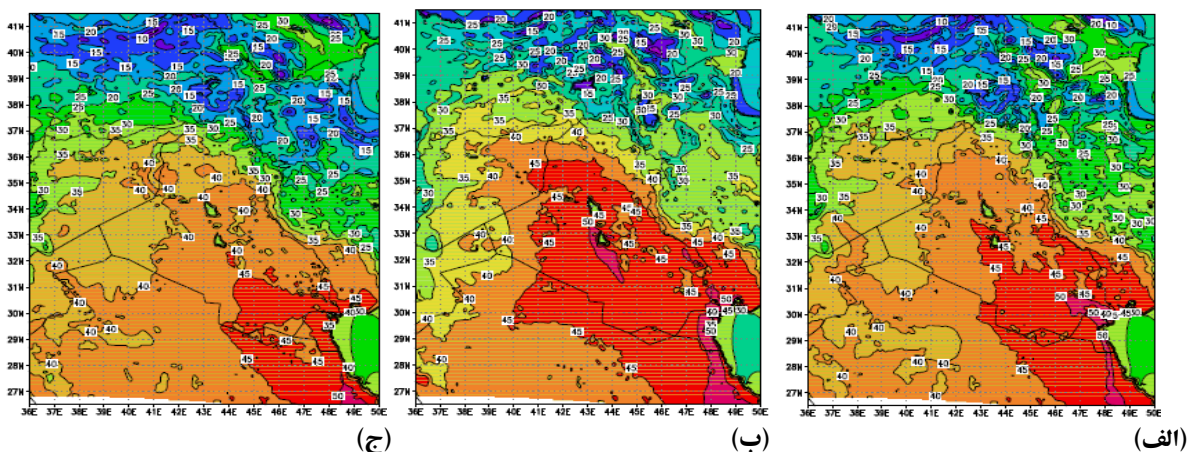
شکل ۴- نقشه‌های باد سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی که با استفاده از داده‌های FNL با تفکیک ۱ درجه ترسیم شده است. تصاویر (الف) تا (ج) به ترتیب برای روزهای ۲۸ ژوئن (۴۸ ساعت قبل از وقوع پدیده)، ۳۰ ژوئن (روز وقوع)، ۰۳ جولای (روز اتمام)

برای یافتن برخی کمیت‌ها از قبیل سرعت اصطکاکی، دمای سطح زمین و... از داده‌های دامنه دوم مدل MM5 به فاصله شبکه‌ای ۱۰ کیلومتر استفاده شد.



شکل ۵- نقشه‌های باد ۱۰ متری که با استفاده از داده‌های دامنه دوم مدل MM5 ترسیم شده است. تصاویر (الف) تا (ج) به ترتیب برای روزهای ۲۹ ژوئن (۲۴ ساعت قبل از وقوع پدیده)، ۳۰ ژوئن (روز وقوع)، ۰۳ جولای (روز اتمام)

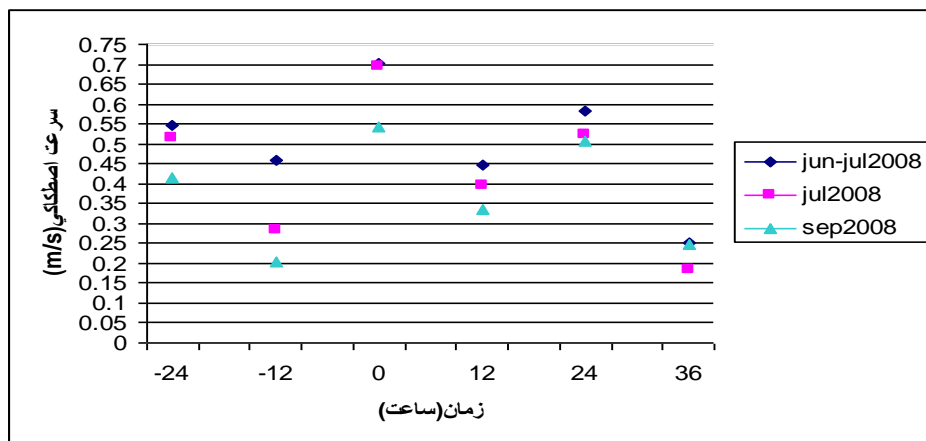
از نقشه‌های باد ۱۰ متری مشخص است که در سطح زمین در منطقه منبع یا شمال غرب عراق هنگام وقوع توفان گرد و خاک جهت باد به صورت شمال غربی می‌باشد که در زبان محلی مردم منطقه (عربی و کردی) به باد شمال مشهور است. ضمناً در این روز یک چرخش پاد ساعتگرد در باد ۱۰ متری مشهود است و این بادها در مرزهای غربی ایران بصورت غربی و جنوب غربی در می‌آیند. در روز از بین رفتن پدیده چرخش پاد ساعتگرد بادها از بین می‌رود.



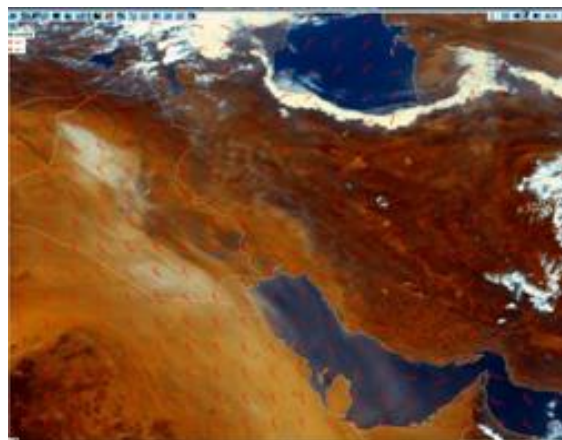
شکل ۶- نقشه‌های دمای سطح زمین که با استفاده از داده‌های دامنه دوم مدل mm5 ترسیم شده است. تصاویر (الف) تا (ج) به ترتیب برای روزهای ۲۹ ژوئن (۲۴ ساعت قبل از وقوع پدیده)، ۳۰ ژوئن (روز وقوع)، ۰۳ جولای (روز اتمام)، افزایش دمای سطح زمین هماهنگ با زبانه کم فشار از جنوب غرب ایران تا شرق سوریه، سپس کاهش آن (روز وقوع) و مجدداً برگشت به حالت عادی دیده می‌شود.

جدول ۱- مربوط به مقدار عددی سرعت اصطکاکی در طی توفان گرد و غبار مورد بررسی ۲۰۰۸/۰۶/۳۰ و دو توفان دیگر ۲۰۰۸/۰۷/۱۶ و ۲۰۰۸/۰۹/۲۷ جهت مقایسه، در ساعات ۱۲ و ۰۰ گرینویچ برای محدوده جغرافیایی ۳۳ تا ۳۵ درجه شمالی و ۴۱ تا ۴۳ درجه شرقی که از مدل MMS استخراج شده است. روند کاهش سرعت اصطکاکی در شب بعلاوه لایه پایدار شبانه و نیز روند کاهش آن به سمت روزهای بعد از وقوع مشهود است.

توفان اول تاریخ و ساعت (utc)	سرعت اصطکاکی در طی توفان اول U_* (متر بر ثانیه)	توفان دوم تاریخ و ساعت (utc)	سرعت اصطکاکی در طی توفان دوم U_* (متر بر ثانیه)	توفان سوم تاریخ و ساعت (utc)	سرعت اصطکاکی در طی توفان سوم U_* (متر بر ثانیه)
۲۰۰۸/۰۶/۲۹ ساعت ۱۲	0.546961	۲۰۰۸/۰۷/۱۵ ساعت ۱۲	0.514515	۲۰۰۸/۰۹/۲۶ ساعت ۱۲	0.414641
۲۰۰۸/۰۶/۳۰ ساعت ۰۰	0.45769	۲۰۰۸/۰۷/۱۶ ساعت ۰۰	0.284995	۲۰۰۸/۰۹/۲۷ ساعت ۰۰	0.202677
۲۰۰۸/۰۶/۳۰ ساعت ۱۲	0.701156	۲۰۰۸/۰۷/۱۶ ساعت ۱۲	0.692839	۲۰۰۸/۰۹/۲۷ ساعت ۱۲	0.542176
۲۰۰۸/۰۷/۰۱ ساعت ۰۰	0.448767	۲۰۰۸/۰۷/۱۷ ساعت ۰۰	0.185086	۲۰۰۸/۰۹/۲۸ ساعت ۰۰	0.333221
۲۰۰۸/۰۷/۰۱ ساعت ۱۲	0.58072	۲۰۰۸/۰۷/۱۷ ساعت ۱۲	0.523054	۲۰۰۸/۰۹/۲۸ ساعت ۱۲	0.506917
۲۰۰۸/۰۷/۰۲ ساعت ۰۰	0.252785	۲۰۰۸/۰۷/۱۸ ساعت ۰۰	0.393243	۲۰۰۸/۰۹/۲۹ ساعت ۰۰	0.24836



شکل ۲- نمودار سرعت اصطکاکی برای سه سامانه گرد و غباری



شکل ۸- تصویر ماهواره‌ای توفان گرد و خاک در تاریخ ۲۰۰۸/۶/۳۰ که توده اصلی در کشور عراق است و گرد و غبار حاصل از آن غرب و جنوب غرب ایران و خلیج فارس را متأثر نموده است. (تصویر cedust ماهواره متنوسست مرکز پیش‌بینی سازمان هواشناسی کشور)

نتیجه گیری

بررسی الگوهای هم‌دیدگی فشار سطح زمین، ارتفاع ژئوپتانسیل ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکالی و جریانات باد سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی نیز مؤید این نتایج است که منابع عمده و اصلی گرد و غبارهایی که به استان ایلام و مخصوصاً شهر ایلام در فصل تابستان وارد می‌شوند. منطقه بیابان شرق سوریه (نزدیک مرزهای غربی عراق)، شمال‌غرب و غرب عراق است. هنگام وقوع گرد و غبار غلیظ که میدان دید افقی به زیر ۱۰۰۰ متر می‌رسد در شهر ایلام و نیمه غربی کشور در سطح زمین یک کم‌فشار بر روی شبه جزیره عربستان شکل گرفته که بتدریج تقویت شده به طوری که کشور عراق کاملاً تحت تأثیر آن قرار می‌گیرد، در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال ناوه کم‌ارتفاع هماهنگ با کم‌فشار تا شرق دریای مدیترانه گسترش می‌یابد و وجود ناوه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی سوریه و غرب عراق که تا شمال عربستان عمیق شده است ضروری می‌باشد. وجود گرادیان افقی فشاری مناسب از مرکز عراق تا مرکز سوریه که موجب وزش باد شدید در سطح زمین و بالا بردن ذرات معلق می‌شود در طول مدت وقوع پدیده از دلایل عمده وقوع گرد و غبار تابستانی است. گرادیان فشاری بر روی منطقه زاگرس نقشی در ایجاد توفان گرد و خاک ندارد اما به عنوان عامل نگه دارنده گرد و غبار در منطقه غرب کشور و نیز عامل جریانات صعودی جوی از غرب زاگرس به شرق می‌تواند ذرات ریزتر را به نواحی شرق آن انتقال دهد. بادهای شمال‌غربی قوی سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی در مناطق شرقی سوریه و غربی کشور عراق علت دیگر وقوع و انتقال گرد و غبار به مناطق غربی ایران است. انتقال گرد و غبار بر روی نیمه غربی کشور و همچنین خلیج فارس بر طبق الگوی همگرایی باد سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال رخ می‌دهد. در مدت وقوع پدیده جهت باد در مناطق منبع (از نیمه شرقی سوریه تا نیمه غربی عراق) شمال‌غربی و در مناطق شرقی عراق و غرب ایران غربی تا جنوب‌غربی است. در ساعاتی قبل از وقوع توفان گرد و خاک بتدریج با شمالی و شمال‌غربی شدن جریانات در کشور عراق و سوریه هوای خنک شمالی بر

روی مناطق شمال‌غرب عراق فرارفت می‌یابد و به علت اینکه این هوا دارای دمای کمتر می‌باشد، بنابراین چگال‌تر بوده و وزش باد آن ذرات خاک و غبار منطقه را به جنبش وا داشته و عامل توفان گرد و خاک می‌شود. این قضیه در نقشه‌های دمای سطح خاک نیز مشخص است بطوریکه قبل از آغاز توفان نخست دمای سطح خاک به علت تابش آفتاب افزایش می‌یابد، اما بتدریج با نزدیک شدن به زمان آغاز توفان دمای سطح خاک به علت ریزش جریانات شمالی کاهش یافته و در طی توفان نیز این کاهش بطور نسبی به علت وجود گرد و غبار و نقش آن به عنوان مانع تابع خورشید ادامه می‌یابد اما بتدریج با از بین رفتن گرد و غبار مجدداً دمای سطح خاک افزایش می‌یابد. به عبارت بهتر از حرکت زبانه دمایی، نوسانات سیستم فشاری، فرارفت دمایی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی و جریانات باد ۱۰ متری و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی به یک توفان گرد و خاک از نوع شمال تابستانی و گرد و غبار حاصل از آن می‌رسیم. از منظر سرعت اصطکاکی نیز:

۱- در طی روز (ساعت ۱۲ گرینویچ) سرعت اصطکاکی میانگین در منطقه مذکور نسبت به مقدار آن در شب (ساعت ۰۰) بیشتر می‌باشد که هم به علت افزایش سرعت باد در طی روز نسبت به شب و هم به علت پایین آمدن لایه پایدار شبانه می‌باشد.

۲- سرعت اصطکاکی در ابتدای توفان گرد و غبار افزایش یافته و در طی آن همواره از مقدار ۰/۵۵ متر بر ثانیه بالاتر می‌باشد.

۳- به تدریج که توفان گرد و غبار رو به تضعیف می‌گذارد سرعت اصطکاکی دارای روند کاهشی می‌گردد.

منابع

- ۱- مشکوتی، امیرحسین مشکوتی، میهن پرست، مجتبی، رنجبر سعادت آبادی، عباس (۱۳۸۹)، شبیه‌سازی موردی سرعت اصطکاکی سامانه‌های گرد و غباری نیمه غربی کشور با استفاده از مدل MMS، چکیده مقالات دومین همایش ملی فرسایش بادی و توفان‌های گرد و غبار، دانشگاه یزد.

۵- توبئی‌های نجف آبادی، لایلا (۱۳۸۵). بررسی طوفان‌های گرد و خاک در اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران.

1- Sterk, G. and Goossens, D.(2006) Emission of soil dust and related problems in Europe: an overview. Erosion and soil & water conservation group, Wageningen University, p.o.Box 47,6700 AA Wageningen, the Netherlands

2- Youngsin. Ch., Lim, J.Y., (2004). The recent characteristics of Asian dust and haze events in Seoul, Korea. Meteorol Atmos Phys 87,143-152. Austria.

3- ZHANG Hongsheng, ZHU Hao, PENG Yan, KANG Ling, CHEN Jiaye, and Soon-Ung PARK.(2007). Experiment on dust flux during duststorm periods over Desert Area. Seoul National University, Seoul 151-742, Page(239-247).

4- S. Pal Arya. An Introduction Micrometeorology. Academic Press. Second edition, 2001.

۲- مبارک حسن. الهام، غفاریان. پروین (۱۳۸۹)، بررسی ساز و کار شکل‌گیری گرد و غبار در خوزستان در فصل سرد، چکیده مقالات دومین همایش ملی فرسایش بادی و توفان‌های گرد و غبار، دانشگاه یزد.

۳- میهن پرست، مجتبی، مشکوتی، امیرحسین و رنجبر سعادت آبادی، عباس (۱۳۸۸)، مطالعه نقش گرادیان فشاری و ناوه ۸۵۰ هکتوپاسکالی در گرد و غبارهای تابستانه نیمه غربی کشور. چکیده مقالات دوازدهمین کنفرانس کشوری دینامیک شاره‌ها. دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل (۱۳۸۸).

۴- ذوالفقاری، حسن و عابدزاده، حیدر (۱۳۸۴)، تحلیل سینوپتیکی سیستم‌های گرد و غبار در غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان ۱۳۸۴ ص ۲۴-۳۰.