

اندرکنش گردش جو و پوشش سطح زمین در سازوکار تشکیل و گسترش توفان‌های گردوغبار تابستانی خاورمیانه (توفان گردوغبار تیرماه ۱۳۸۸)

مصطفی کریمی احمد آباد* - استادیار گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران
کامیار شکوهی رازی - دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زادی، دانشگاه سمنان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۷/۱۸ تأیید نهایی: ۱۳۹۰/۱۰/۲۰

چکیده

توفان‌های گردوغبار یکی از انواع مخاطرات جوی هستند که در منطقه‌ی خاورمیانه، در طی سال، بارها امکان وقوع آنها وجود دارد. در دهه‌ی پیشین، رخداد این توفان‌ها فزونی یافته که بررسی علل این افزایش وقوع و سازوکارهای تشکیل آن، توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده است. هدف مقاله‌ی پیش رو نیز، دست‌یابی به شیوه‌ی سازوکار تشکیل و فعالیت توفان‌های گردوغبار مذکور است. در این مقاله، فراوانی توفان‌های دهه‌ی ۸۰+ و گردوغبار تیرماه ۱۳۸۸ را با رویکردی اقلیم‌شناسی، همراه با در نظر گرفتن شرایط سطح زمین با استفاده از داده‌های شبکه‌بندی شده، شامل ارتفاع ژئوپتانسیل، سمت و سرعت باد، امگا و فشار سطح دریا از مرکز ملی پیش‌بینی‌های محیطی (NCEP)، داده‌های پوشش سطح زمین و خاک مورد استفاده در مدل اقلیمی منطقه‌ای (RegCM) مطالعه و بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان داد که تشکیل کم‌فشار روی خلیج فارس و پیشروی آن تا جنوب ترکیه و مساعدت جریان‌های سطوح میانی و بالایی وردسپهر با استقرار ناوه روی این سطوح، در ساحل شرقی مدیترانه، سبب ایجاد گردش چرخندی در جنوب شرق سوریه، در سطح زمین روی زمین‌های بدون پوشش سطحی (پوشش گیاهی، سنگ‌فرش بیابانی) و دارای خاک سطحی ریزدانه و گچی شده است. قرارگیری شرایط ناپایدار جوی روی چنین خاک‌هایی، زمینه را برای تشکیل گردوغبار فراهم کرده است. در طی روزهای بعد با حرکت به سمت شرق ناوه و عمیق شدن شرایط ناپایداری، گردوغبار با حرکت شرق سوی خود از روی ارتفاعات زاگرس عبور کرده و تمام کشور، به‌استثنای جنوب شرق را تحت تأثیر قرار داده است. آن چیزی که در این توفان گردوغبار مشهود است، همراهی شرایط گردش جو (ناپایداری با عمق مناسب) و شرایط سطح زمین (زمین بدون پوشش و خاک خشک و نرم) در ایجاد و فعالیت آن است.

کلیدواژه‌ها: گردوغبار، خاورمیانه، گردش جو، ایران.

مقدمه

سیاره‌ی زمین از بدو پیدایش، دستخوش مخاطرات بسیاری بوده است. در سال‌های گذشته، مخاطرات طبیعی پی‌درپی در سطح جهان به‌وقوع پیوسته که از بین آنها، گروهی که ناشی از مداخله‌های عوامل و عناصر جوّی هستند، خسارت‌های جانی و مالی فراوانی در مناطق مختلف ایجاد کرده‌اند. در بعضی از مناطق جهان، به‌ویژه خاورمیانه، توفان‌های گردوغبار از پدیده‌هایی هستند که فراوانی وقوع بالایی دارند. در دهه‌ی گذشته (شمسی)، رخداد توفان‌های گردوغبار در این منطقه روبه‌فزونی نهاد تا آنجا که در ماه‌های سرد و بارشی این منطقه نیز، مشاهده شده‌اند. در این میان، در عراق، سودان، شبه‌جزیره‌ی عربستان و منطقه‌ی خلیج فارس، بیشترین فراوانی رخداد این توفان‌ها گزارش شده است (کیوتیل و فورمن^۱، ۲۰۰۳: ۴۱۹). گسترش این پدیده و تحت تأثیر قرار گرفتن چند کشور در یک سامانه، سبب توجه انجمن‌های علمی، زیست‌محیطی، پزشکی و حتی سیاسی به این پدیده شده است.

عوامل بسیاری در ایجاد این توفان‌ها نقش دارند، اما گردش جو و شرایط سطح زمین از عوامل اصلی ایجاد توفان‌های گردوغبار هستند. از عوامل گردش جو، پُرفشار آזור و سامانه‌های مهاجر بادهای غربی و مهم‌ترین منابع، بیابان‌های سوریه، ایران، اردن، عراق، شمال آفریقا و شبه‌جزیره‌ی عربستان است. به‌طورکلی، بهترین شرایط برای رخداد یک توفان گردوغبار، وجود سامانه‌ی حرارتی - دینامیکی همراه با شرایط نامساعد سطح زمین است (ذوالفقاری و عابدزاده ۱۳۸۴: ۱۷۳).

باد یکی از مهم‌ترین عوامل اقلیمی است که نقش مهمی در تغییرات سطح زمین در مناطق خشک و بیابانی دارد. به‌طورکلی، کنکاش باد در سطح زمین با عمل فرسایش و برداشت همراه است که قسمتی از این بار پس از مسافتی رسوب کرده و مابقی به‌صورت معلق در هوا باقی می‌ماند که به‌شکل گردوغبار تا مسافت‌های طولانی قابل حمل است و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نمادهای مناطق خشک و بیابانی شناخته می‌شود.

یکی از جنبه‌های مطالعات اقلیمی سامانه‌های گردوغباری، بررسی‌های سینوپتیکی است. مطالعه‌ی توفان‌های ماسه‌ی دشت یزد - اردکان نشان داده است که کم‌فشارهای دینامیکی که با جبهه‌ی سرد همراه هستند و جریان‌های قائم هوا، سبب ناپایداری شدید جو و ایجاد توفان‌های ماسه‌ی نیرومند در این منطقه می‌شوند. دلیل دیگر رخداد توفان‌های ماسه در منطقه، عبور یا نزدیک شدن ناوهای است که در غرب منطقه قرار می‌گیرد و سبب فرارفت شدید هوای سرد و افزایش گرادبان فشار در سطح زمین می‌شود (امیدوار، ۱۳۸۵: ۴۳). لشکری و کیخسروی (۱۳۸۷) با بررسی شرایط سینوپتیکی توفان‌های گردوغبار خراسان رضوی، شرایط مساعد گردش جوّی حاصل از شیو فشار به‌وجود آمده از کم‌فشار مرز ایران - افغانستان و پُرفشاری مستقر روی دریای خزر را دلیل ایجاد گردوغبار می‌دانند. بررسی گلبادهای سالانه و ماهانه در یک دوره‌ی بیست‌ساله، از روند افزایشی وقوع گردوغبار و رخداد حداکثری در ماه‌های اردیبهشت و خرداد در منطقه‌ی سبزوار حکایت دارد. علاوه‌براین، از نمودارهای باد برای زمان خاص پدیده استفاده شده که نام گل‌غبار گرفته‌اند (مهرشاهی و نکونام، ۱۳۸۸: ۸۳). بررسی سینوپتیکی توفان‌های گردوغبار، در دوره‌ی ده‌ساله در منطقه‌ی خوزستان با استفاده از

نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل و بردار باد و فشار سطح دریا نشان داد که در دوره‌ی گرم سال، استقرار کم‌فشار حرارتی سطح زمین و در دوره‌ی سرد سال، سامانه‌های مهاجر و روباد قطبی، به‌همراه قرارگیری ناوه در غرب ایران روی مناطق بیابانی، نقش اساسی در ایجاد این توفان‌ها دارند (طاووسی و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۷). در توفان‌های گردوغبار غرب کشور نیز، چرخندهای بسته روی عراق و شمال عربستان که شرایط ناپایداری و صعود را ایجاد می‌کنند از عوامل اصلی رخداد توفان‌های گردوغبار در این مناطق، به‌ویژه کرمانشاه هستند (حیدری، ۱۳۸۶: ۱۱).

داده‌های ماهواره‌ای، منبع اطلاعاتی مفیدی در مطالعه‌ی توفان‌های گردوغبار هستند. میلر^۱ (۲۰۰۳) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مادیس^۲ به جداسازی ابر از توفان‌های گردوغبار با زمینه‌ی روشن در خشکی و آب پرداخت و مقادیر بازتابش را برای هر یک دسته‌بندی کرد. در این راستا، گو^۳ و همکاران (۲۰۰۳) با مطالعه‌ی توفان‌های شمال چین در سال ۲۰۰۱ و با استفاده از ۲ باند تصاویر (باندهای ۳۱ و ۳۲) ماهواره‌ی مادیس، منشأ ذرات گردوغبار در این توفان‌ها را بررسی و موفق به ارائه‌ی روشی برای مطالعه‌ی توفان‌های گردوغبار شدند. ایرانمنش و همکاران با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای، به بررسی مناطق برداشت ذرات گردوغبار و ویژگی‌های انتشار آنها در منطقه‌ی سیستان مبادرت کردند، مقایسه‌ی رفتارهای بازتابی نمونه‌ها در دالان‌های گردوغبار با غلظت‌های کم و زیاد و همچنین تغییرات رفتار بازتابی ذرات از محل برداشت، نشان داد که تغییرات آنها نسبت به یکدیگر ناچیز بوده است (ایرانمنش و همکاران، ۱۳۸۲: ۲۵). فیاض (۱۳۸۴) با استفاده از روش‌های دورسنجی، سه منطقه در محل ورود رودخانه‌ی هیرمند به هامون‌ها را به‌عنوان منشأ برای توفان‌های منطقه‌ی سیستان به‌دست آورد.

بررسی منشأ توفان‌های الپاسو در ناحیه‌ی تکزاس، بین سال‌های ۱۹۳۲ تا ۲۰۰۵ از سوی نولان و همکاران^۴ (۲۰۰۶: ۱) نشان داد که این باد از بلندی‌های نیومکزیکو آغاز شده و درنهایت، با گذر از روی اراضی خشک صحرای مکزیک، گردوغبار را با خود همراه کرده و منطقه‌ی الپاسو را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

آلس^۵ (۲۰۱۰) در بررسی‌هایی در مورد منشأ توفان‌های گردوغبار چین دریافت که این توفان‌ها، در مناطق سردسیر شمالی شکل گرفته و با گذشتن از روی صحرای گبی و برداشت ذرات و ایجاد گردوغبار فراوان، مشکلاتی را برای آن منطقه ایجاد می‌کند. استفاده از مدل‌های محاسباتی در مطالعه‌ی انتشار ذرات، می‌تواند به کمی‌سازی این پدیده کمک کند. در همین زمینه، علی‌زاده‌فرد و همکاران (۱۳۸۳)، انتشار گردوغبار در مناطق بیابانی را با استفاده از مدل‌های انتقال اولیری بر پایه‌ی معادله‌های تغییرات انباشتگی ذرات شبیه‌سازی کردند. حسین‌زاده (۱۳۷۶) توفان‌های صدویست‌روزه‌ی سیستان را از دید اقلیمی مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که وجود یک مرکز کم‌فشار در شرق ایران و یک ناحیه‌ی پُرفشار در شمال‌شرقی ایران و دریای خزر، منشأ ایجاد بادهای صدویست‌روزه‌ی این منطقه و عامل اصلی ایجاد توفان‌های ماسه و گردوغبار هستند. میری و همکاران (۱۳۸۸)، در مطالعه‌ی توفان‌های گردوغبار منطقه‌ی سیستان یادآور

1. Miler
2. Modis
3. Gu
4. Novlan
5. D. Alles

شدند که پس از وقوع خشکسالی‌های اواخر دهه‌ی ۷۰ و اوایل دهه‌ی ۸۰، فراوانی رخداد توفان‌ها افزایش چشمگیری (تا ۵ برابر) داشته است. در همین منطقه، جمالی‌زاده و همکاران با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی، وقوع توفان‌های گردوغبار در این منطقه را پیش‌بینی کرده‌اند (جمالی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). فراوانی وقوع توفان‌های گردوغبار در طی سال متفاوت است. برای نمونه، بررسی آماری آن در خوزستان نشان داد که میانگین روزهای گردوغباری در طول دوره‌ی گرم سال، بیشتر از دوره‌ی سرد سال است (رئیس‌پور و طاووسی، ۱۳۸۹). همچنین در مطالعه‌ای که روی فراوانی وقوع توفان‌های گردوغبار ایران انجام گرفته، فرج‌زاده و علی‌زاده به این نتیجه رسیدند که وقوع توفان‌های گردوغبار در فصل گرم بیش از فصل سرد سال است و شهر زابل بیشترین فراوانی رخداد این پدیده را در کشور دارد (فرج‌زاده و علی‌زاده، ۱۳۹۰: ۸۲).

در ایران تمرکز مطالعات انجام شده‌ی پیشین به‌سوی توفان‌های گردوغبار منطقه‌ی سیستان و مناطق داخلی کشور بوده و بررسی در مورد توفان‌های منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای کمتر صورت گرفته است. گرچه در چند سال گذشته با توجه به افزایش توفان‌های گردوغبار در خاورمیانه و به‌ویژه ایران، مطالعات به‌سمت توفان‌هایی با منشأ خارج از مرزها، به‌ویژه نواحی غربی سوق یافته، اما با این حال، هنوز به‌طور کامل سازوکارهای وقوع این توفان‌ها شناخته نشده است. پژوهش حاضر، سعی در بررسی توفان گردوغبار تیرماه ۱۳۸۸ خاورمیانه از دید اقلیم‌شناسی، در ارتباط با شرایط و نوع پوشش سطح زمین، به‌عنوان عوامل تأثیرگذار در شکل‌گیری این پدیده دارد. هدف اصلی پژوهش، شناخت سازوکار شکل‌گیری این پدیده در ارتباط متقابل شرایط سطح زمین و گردش جو است. دلیل انتخاب توفان گردوغبار تیرماه ۱۳۸۸، گستردگی مکانی و تداوم زمانی آن بوده، به‌گونه‌ای که این دو ویژگی به‌همراه پیامدهای زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی آن، توفان فوق‌را شاخص کرده است. پیش از وقوع این توفان، بیشتر نگرش‌ها به توفان‌های گردوغبار در بخش‌های علمی و تا حدودی اجرایی بود، اما پس از رخداد آن در تابستان ۱۳۸۸، پدیده‌ی گردوغبار، گفتمان اصلی انجمن‌های علمی، اجرایی، بهداشتی و حتی سیاسی - اجتماعی کشور شد.

مواد و روش‌ها

برای مطالعه‌ی توفان‌های گردوغبار منطقه‌ی خاورمیانه، نخست توفان‌های گردوغباری با منشأ مناطق غرب و جنوب‌غرب خاورمیانه، در دوره‌ی ۲۰۰۳-۲۰۰۹ که ایران را نیز تحت تأثیر قرار داده باشند، بر اساس گزارش‌های بخش مخاطرات طبیعی رصدگاه زمینی ناسا^۱ به‌دست آمد. توفان‌های گردوغبار بر اساس منشأ در سال‌های مختلف، دسته‌بندی و از میان ۶۱ توفان دسته‌بندی‌شده، توفان دهه‌ی دوم تیرماه ۱۳۸۸، به دلایل بیان شده برای مطالعه انتخاب شده است. در مشاهده‌ی تصاویر ماهواره‌ای و بررسی نقشه‌های جوّی مشخص شد که دوره‌ی تشکیل و فعالیت این توفان از ۹ تا ۱۸ تیرماه ۱۳۸۸ (۳۰ ژوئن تا ۹ جولای ۲۰۰۹) بوده و جنوب‌شرق سوریه و بیشتر قسمت‌های کشورهای ایران و عراق را تحت تأثیر قرار داده است.

برای بررسی سازوکار شکل‌گیری و گسترش توفان مذکور، داده‌های روزانه‌ی جوّی شامل: مؤلفه‌های نصف‌النهاری و مداری بردار باد، ارتفاع ژئوپتانسیل و سرعت قائم در سطوح مختلف وردسپهر، بارش، رطوبت خاک سطحی (۰-۱۰ cm) و فشار سطح دریا با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه‌ی قوسی از مرکز تشخیص اقلیمی^۱ گرفته شده است. علاوه‌برآن، برای بررسی شرایط سطح زمین، از داده‌های پوشش سطح زمین مورد استفاده در مدل اقلیمی منطقه‌ای^۲ با دقت ۲ دقیقه قوسی و از نقشه‌ی خاک کشور سوریه برای مطالعه‌ی ویژگی و نوع خاک منطقه‌ی تشکیل توفان و درنهایت تصاویر ماهواره‌ای مادیس از بخش مخاطرات طبیعی رصدگاه زمینی ناسا، برای نمایش و ردیابی شرایط توفان استفاده شده است. در گام نخست، نقشه‌ی تجمعی بارش، رطوبت سطح خاک از ۵ روز پیش از شروع توفان (۵ تیرماه)، نقشه‌های روزانه‌ی فشار سطح دریا به‌همراه بردار باد، ارتفاع ژئوپتانسیل و بردار باد سطوح (۵۰۰، ۸۵۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال) و نیم‌رخ قائم‌امگا و بردار باد در طول و عرض جغرافیایی مورد نظر با کمک نرم‌افزار GrADS^۳ به‌دست آمد. در گام بعدی با توجه به شرایط زمانی - مکانی توفان، دوره‌ی فعالیت آن به سه دوره‌ی تشکیل، گسترش و فعالیت روی ایران تقسیم و نقشه‌های جوّی به‌روش سینوپتیکی، تفسیر و نتایج بر اساس دسته‌بندی فوق، نهایی شده است.

یافته‌های تحقیق

بررسی فراوانی وقوع توفان‌های گردوغباری شدید در طی سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۹ نشان داد، توفان گردوغبار در منطقه‌ی خاورمیانه با منشأ متفاوت و گستره‌ی فعالیت مختلف رخ داده است. با دسته‌بندی این توفان‌ها در دو منشأ عربستان و عراق - سوریه، مشاهده شد که توفان‌های با منشأ عراق و سوریه در سال‌های گذشته روند افزایشی داشته‌اند.

جدول ۱. فراوانی وقوع سالانه‌ی توفان‌های گردوغبار برحسب منشأ، در دوره‌ی مطالعاتی

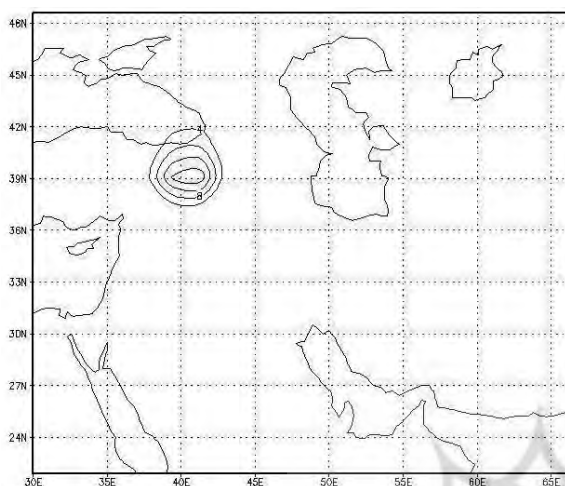
سال	منشأ	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹
عربستان		۶	۴	۱	۱	۴	۴	۲
عراق و سوریه		۰	۲	۴	۲	۷	۱۰	۱۲

منبع: نویسندگان

توفان گردوغبار مورد مطالعه نیز، در دسته‌ی با منشأ عراق - سوریه بوده که از ۹ تا ۱۸ تیرماه ۱۳۸۸ فعالیت داشته و پهنه‌ی گسترده‌ای از خاورمیانه و ایران را تحت تأثیر خود قرار داده است. برای شناسایی سازوکار تشکیل و گسترش آن، توفان مذکور هر روز مورد بررسی قرار گرفته و با در نظر گرفتن رفتار آن در دوره‌ی پایداری، نتایج در سه دوره‌ی تشکیل (۹ و ۱۰ تیرماه)، گسترش (۱۱ و ۱۲ تیرماه) و دوره‌ی فعالیت روی ایران (۱۳-۱۸ تیرماه) ارائه شده است.

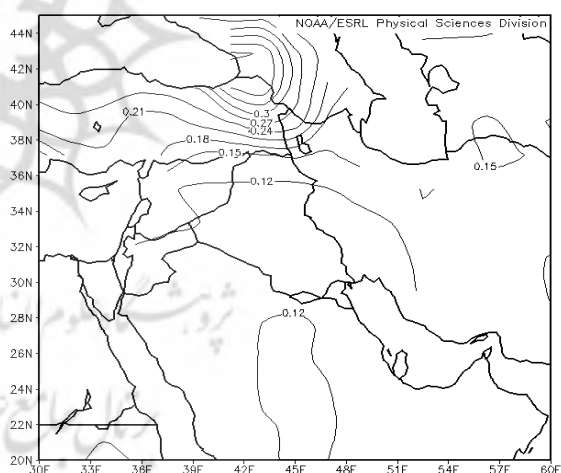
1. Climate Diagnostics Center (CDC)
2. Regional Climate Model (REGCM)
3. Grid Analysis and Display System

از آنجا که شرایط پوشش سطح زمین، ساختمان و نوع خاک و همچنین رطوبت خاک از عوامل بسیار مهم در ایجاد توفان‌های گردوغبار هستند، در نخستین گام این شرایط بررسی شده است.



شکل ۱. نقشه‌ی مجموع بارش (mm) خاورمیانه (۵ تا ۲۰ تیرماه ۱۳۸۸)

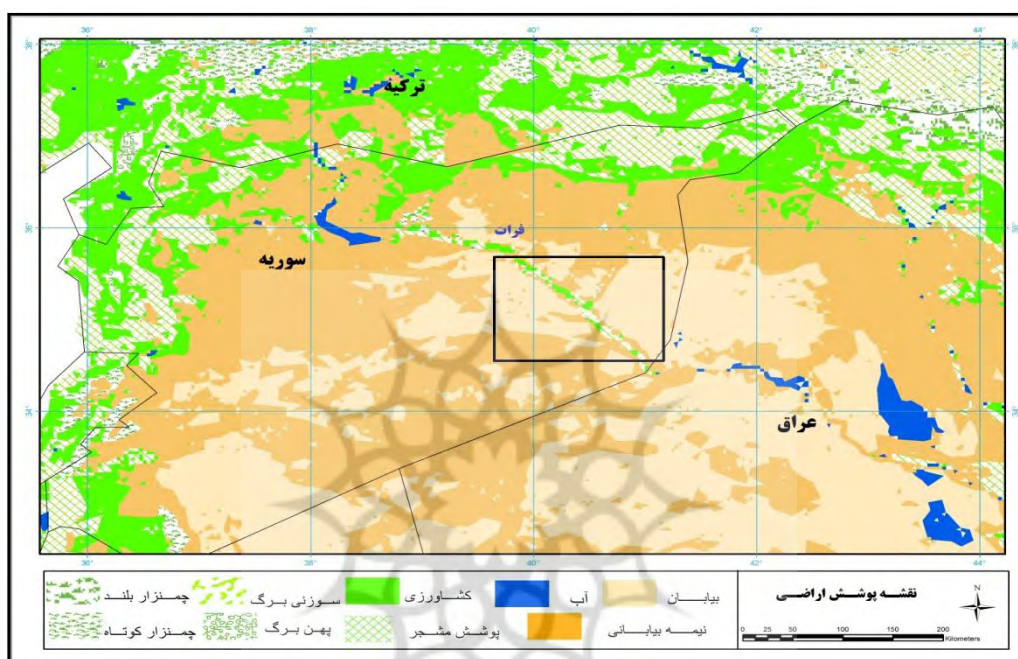
شکل ۲. نقشه‌ی میزان رطوبت خاک^۱ خاورمیانه (۵ تا ۲۰ تیرماه ۱۳۸۸)



همان‌گونه که در شکل شماره‌ی ۱ مشاهده می‌شود، منطقه در دوره‌ی مطالعه و چند روز پیش از آن (۵ تیرماه)، به‌جز ناحیه‌ی بسیار کوچکی در سواحل جنوبی دریای سیاه (حداً کمتر ۱۶ میلی‌متر)، بارشی نداشته و با در نظر گرفتن اینکه در این زمان از سال، به‌دلیل دریافت بیشترین انرژی خورشیدی و دمای بالا، تبخیر در سطح بیشینه است؛ سطح خاک در شرایط فرین خشکی است. شکل شماره‌ی ۲ (نقشه‌ی میزان رطوبت خاک) این گفته را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد که از مرز ترکیه به‌سمت جنوب، رطوبت خاک با شیب زیادی کاهش یافته و میزان آن در کمترین اندازه‌ی ممکن بوده است.

۱. واحد داده‌ی رطوبت خاک در سطح ۰ تا ۱۰ سانتی‌متر اولیه‌ی خاک، کسری از حجم کل خاک است که با رطوبت اشغال شده است، این میزان در خاک اشباع از رطوبت، در حدود ۰/۴۵ است.

شكل شماره ۳، شرايط پوشش سطح زمين در بخشي از منطقه‌ي خاورميانه (سوريه و عراق) را نشان مي‌دهد كه منشأ بعضي از توفان‌هاي گردوغبار در سال‌هاي پيش بوده‌اند. بخش بزرگي از منطقه، به‌ويژه در نواحی جنوبي و شرقي را نواحی بيابانی و نيمه‌بيابانی با پوشش گياهي بسيار اندك (علايوی^۱، ۲۰۰۱) و خاك‌هاي گچي^۲ (نقشه‌ي خاك سوريه^۳) تشكيل داده است.



شكل ۳. نقشه‌ي پوشش سطح زمين ناحیه‌ي تشكيل توفان از داده‌هاي مورد استفاده در مدل RegCM

چهار گوش مشكي داخل نقشه: منطقه‌ي تشكيل توفان مورد مطالعه

دوره‌ي تشكيل (۹ و ۱۰ تيرماه)

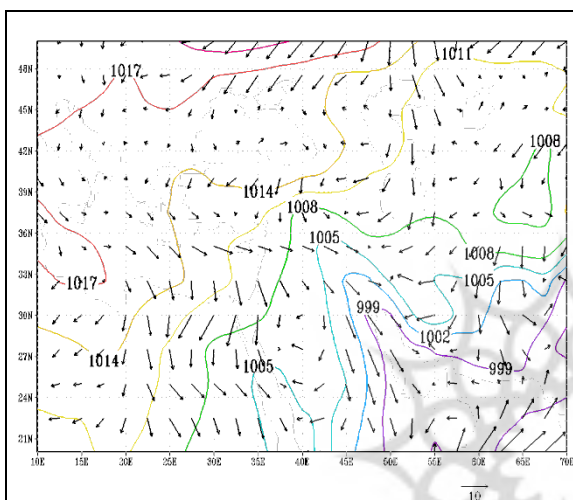
الگوی فشار سطح دریا در این دو روز، وجود یک کم‌فشار روی نواحی خلیج فارس و دریای عمان است. این کم‌فشار، به سمت شرق شبه‌جزیره عربستان و شمال خلیج فارس گسترده و زبانه‌های آن تا جنوب ترکیه کشیده شده است (شكل شماره ۴). علاوه بر این، وجود دو پُرفشار، یکی در شمال آفریقا و دیگری در اطراف دریاچه‌ی آرال، سبب شده است که در این موقع از سال، گردش جو‌ی متمایز از حالت میانگین به وجود آید (شكل‌های شماره ۴ و ۵). تشكيل چنین الگوی فشاری، گردشی چرخندی را در محدوده‌ی ۴۰ تا ۴۵ درجه طول و ۳۵ تا ۳۷ درجه عرض جغرافیایی، ایجاد کرده است (شكل‌های شماره ۴ و ۵). تفاوت عمده الگوی فشار و گردش جو روز ۱۰ تیرماه با روز گذشته، گسترش زبانه‌ی کم‌فشار و عمیق شدن ناوه‌ی شمال خلیج فارس بوده است (شكل شماره ۵).

1. Ilaiwi

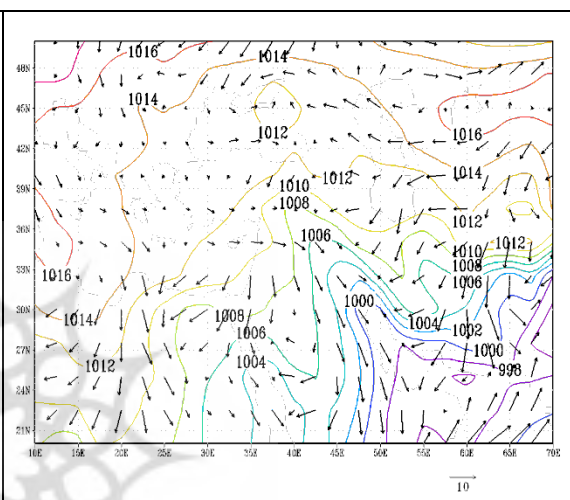
2. Gypsiferous Soil

3. http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eudasm/asia/lists/csy.htm

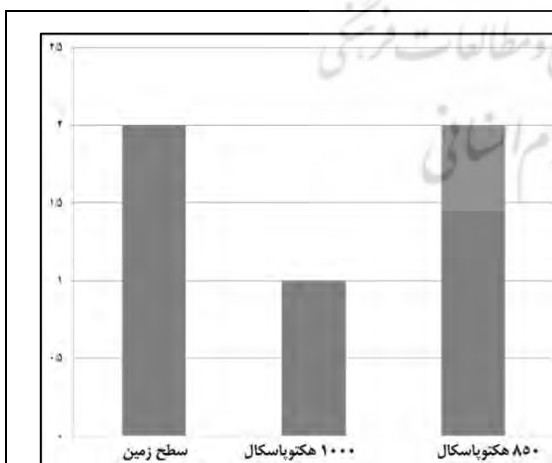
در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل شماره ۶) به پیروی از شرایط سطح زمین، الگوی پُراارتفاع منطقه‌ی خاورمیانه در این روزهای سال با نفوذ دامنه‌ی کم‌ارتفاع از سمت جنوب‌شرقی (دریای عمان و خلیج فارس) به‌گونه‌ای است که در شمال، شمال‌غرب و غرب خاورمیانه با کاهش ارتفاع ژئوپتانسیل از سمت جنوب‌شرق، کم‌کم از حاکمیت ارتفاع زیاد کاسته شده است. با تشدید کاهش ارتفاع ژئوپتانسیل از سمت شرق در روز ۱۰ تیرماه، سرعت باد از سطح زمین تا سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال در منطقه، به‌ویژه ناحیه‌ی تشکیل توفان افزایش یافته است (شکل شماره ۷).



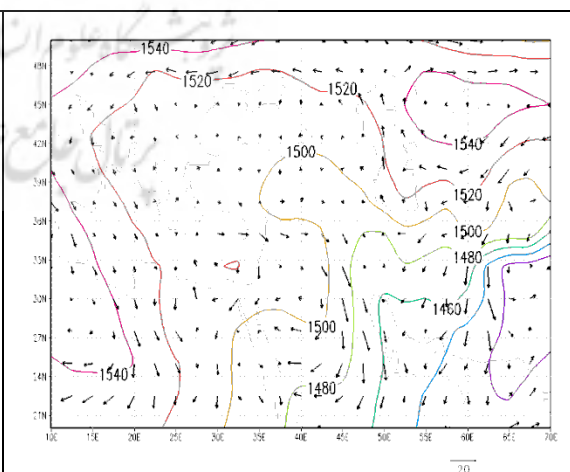
شکل ۵. نقشه‌ی فشار سطح دریا (هکتوپاسکال) و بردار باد (متر بر ثانیه) منطقه‌ی خاورمیانه (۱۰ تیرماه ۱۳۸۸)



شکل ۴. نقشه‌ی فشار سطح دریا (هکتوپاسکال) و بردار باد (متر بر ثانیه) منطقه‌ی خاورمیانه (۹ تیرماه ۱۳۸۸)

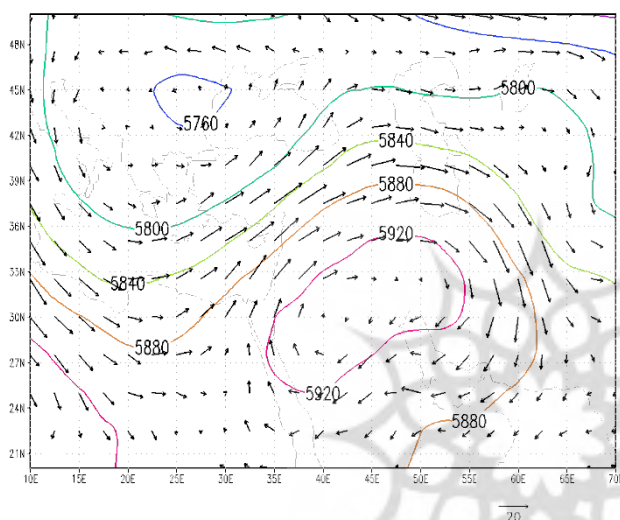


شکل ۷. میزان تغییر سرعت باد (متر بر ثانیه) روز ۱۰ تیرماه نسبت به روز پیش در سطح زمین، ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال در منطقه‌ی تشکیل توفان



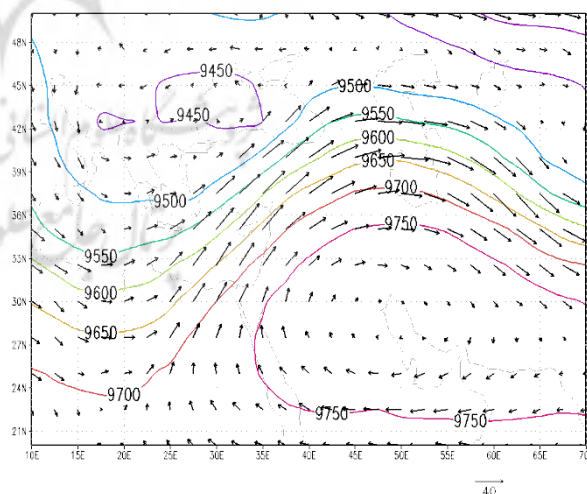
شکل ۶. نقشه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) و بردار باد (متر بر ثانیه) سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال منطقه‌ی خاورمیانه (۹ تیرماه ۱۳۸۸)

در سطوح مياني (۵۰۰ هکتوپاسکال)، وجود یک پُراتفعا با ارتفاع مرکزی ۵۹۲۰ ژئوپتانسیل متر روی جنوب غرب ایران و شمال عربستان و یک کم ارتفاع روی شبه جزيره ی بالکان بسیار محسوس است. این شرایط سبب ایجاد ناوه یا فرودی در نصف النهار ۲۰ درجه ی شرقی شده که تا عرض های ۲۴ درجه ی شمالی نیز عمق یافته است (شکل شماره ی ۸). شرایط مشابهی نیز در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال وجود داشته، پُراتفعا و ناوه ی بیان شده در این سطح نیز دیده می شود که ادامه ی شرایط سطوح مياني است (شکل شماره ی ۹).

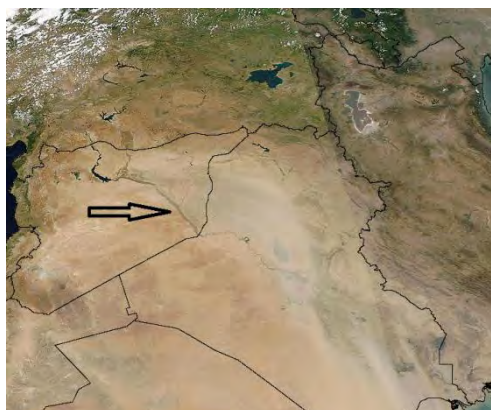


شکل ۸. نقشه ی ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) و بردار باد (متر بر ثانیه) سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال منطقه ی خاورميانه (۹ تيرماه ۱۳۸۸)

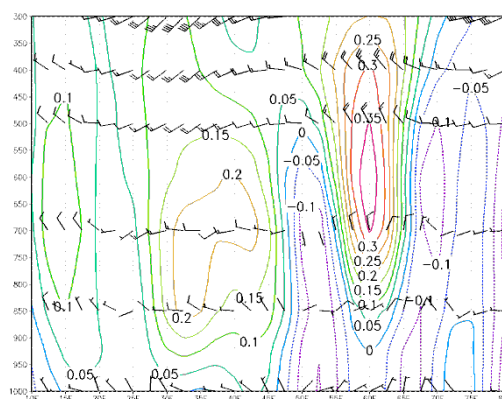
شکل ۹. نقشه ی ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) و بردار باد (متر بر ثانیه) سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال منطقه ی خاورميانه (۹ تيرماه ۱۳۸۸)



نيمرخ قائم باد و مقادير اُمگا () که برای عرض ۳۵ درجه (عرض محلّ تشكيل توفان) توليد شده، نشان دهنده ی اشکال زوجی مناطق فرونشست و صعود هوا، به ویژه از طول ۴۵ درجه ی شرقی به سمت شرق است (شکل شماره ی ۱۰). شکل شماره ی ۱۱، شرایط منطقه را در روز ۹ تيرماه نشان می دهد، همان گونه که در تصوير ماهواره ای مشاهده می شود، گردوغبار با ضخامت کم در جنوب شرق سوریه شکل گرفته و به سمت جنوب شرق تا جنوب عراق گسترش یافته است.



شکل ۱۱. تصویر ماهواره‌ای (مادیس) منطقه‌ی خاورمیانه در روز ۹ تیرماه ۱۳۸۸ که محل تشکیل توفان را در جنوب شرق سوریه نشان می‌دهد.



شکل ۱۰. نیم‌رخ قائم (سطح ۱۰۰۰ تا ۳۰۰ هکتوپاسکال) باد (متر بر ثانیه) و مقادیر اُمگا (ω) برای عرض ۳۵ درجه‌ی شمالی در منطقه‌ی خاورمیانه (۹ تیرماه ۱۳۸۸)

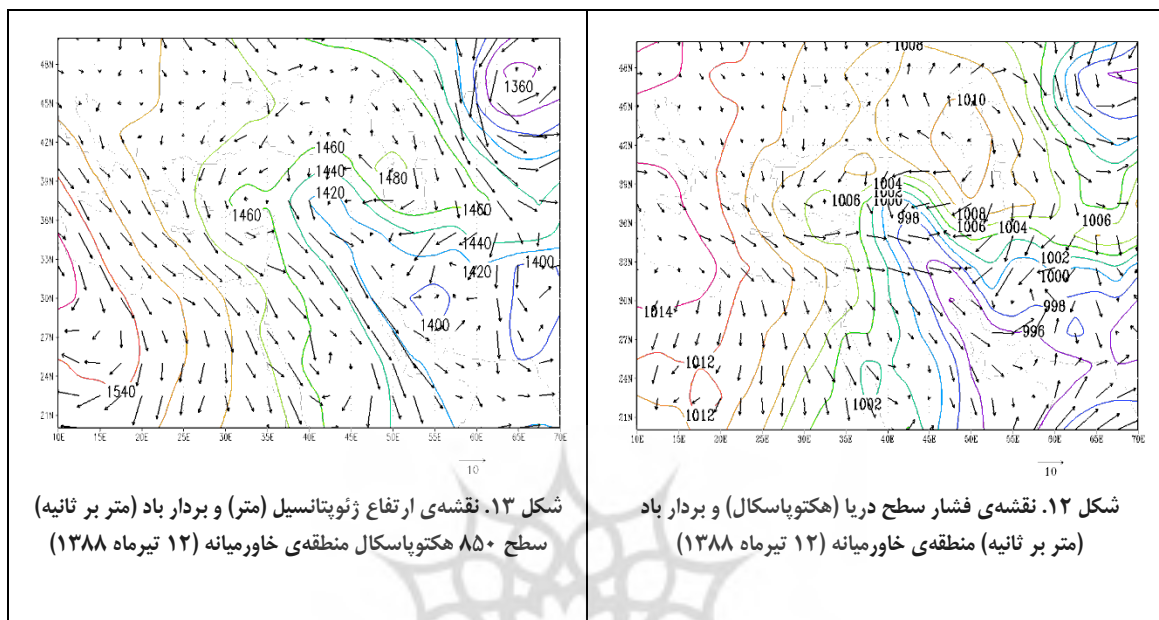
شرایط ایجاد توفان گردوغبار مذکور ناشی از تقویت کم‌فشار مستقر بر خلیج فارس و عمیق شدن ناوه‌ی آن تا جنوب ترکیه و ایجاد گردش چرخندی در سطح زمین در جنوب شرق سوریه بوده است. این شرایط با افزایش سرعت باد در سطح زمین و سطوح زیرین و رددسپهر، به همراه قرارگیری دامنه‌ی جلویی ناوه‌ی سطوح میانی و بالایی و رددسپهر و شرایط گردشی مناسب توأم با خاک سطحی خشک، ریزدانه و گچی منطقه، زمینه‌ی بسیار مساعدی را برای تشکیل این پدیده فراهم کرده است.

دوره‌ی گسترش (۱۱-۱۲ تیرماه)

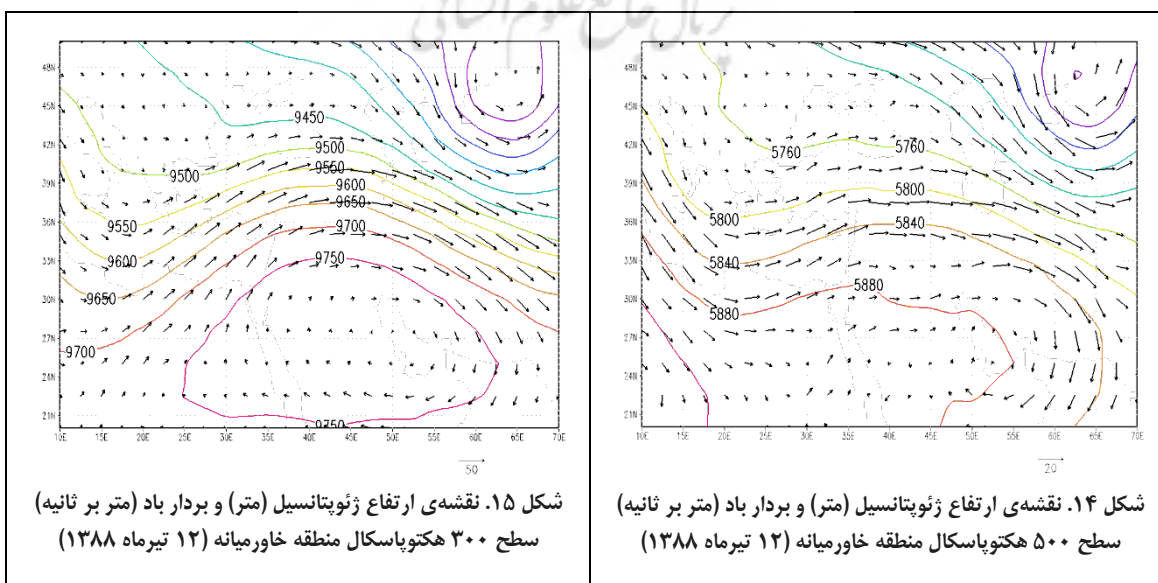
توفان گردوغبار، پس از تشکیل در روز ۹ تیر با توجه به شیوه‌ی گردش جو در روزهای یازدهم و دوازدهم تیرماه، گسترش یافته و به سمت جنوب شرق (عراق) متمایل شده است. شرایط فشار و باد در سطح زمین در این دو روز، در ادامه‌ی وضعیت روزهای نهم و دهم تیرماه با گسترش زبانه‌ی کم‌فشار و تشدید کاهش فشار روی خلیج فارس، به کمتر از ۹۹۶ هکتوپاسکال، به‌ویژه در روز ۱۲ تیرماه رسیده است (شکل شماره‌ی ۱۲). وجود یک پُرفشار روی دریای خزر و دیگری شمال آفریقا، سبب ایجاد جریان‌های شمال شرقی، غربی و شمال غربی در دو سوی این زبانه کم‌فشار شده است. مرکز این گردش چرخندی، پیرامون ۴۵ درجه طول و ۳۵ درجه عرض جغرافیایی است.

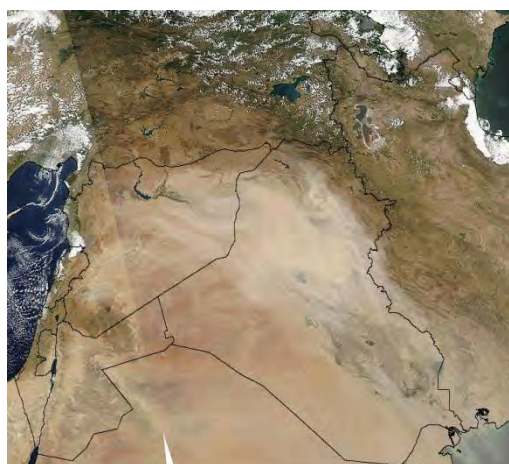
در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، شرایط ویژه حاکم بوده؛ یعنی در سمت شرق طول ۴۵ درجه‌ی شرقی، شرایط کم‌ارتفاعی به جز ناحیه‌ی شمال غرب دریای خزر و در سمت غرب آن، شرایط ارتفاع زیاد حاکم بوده و در روز ۱۲ تیرماه شیو فشار موجود در نواحی شمالی، شمال غرب و غرب ایران افزایش یافته است (شکل شماره‌ی ۱۳). شرایط گفته شده، سبب ایجاد جریان‌های شمال و شمال غربی در ناحیه‌ی بین النهرین و شبه‌جزیره‌ی عربستان شده که بیشترین سرعت باد نیز، مربوط به همین ناحیه است. گسترش گردوغبار به سمت جنوب شرق در راستای همین بادها صورت گرفته است. در این روز کاهش ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال روی ایران، در حدود ۴۰ ژئوپتانسیل متر نسبت به روز گذشته بوده است.

کاهش ژئوپتانسیل روی ایران و بین‌النهرین همراه با جابه‌جایی کم‌ارتفاع شرق دریای خزر و همچنین حرکت به سمت شرق و تضعیف ناوهی مستقر بر دریای مدیترانه بوده است (شکل شماره‌ی ۱۴).

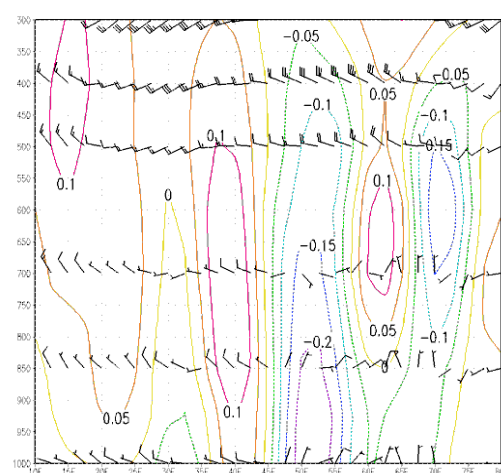


الگوی گردش جو و ارتفاع ژئوپتانسیل موجود در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال نیز، مانند سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بوده و کم‌کم از ارتفاع ژئوپتانسیل با مرکز پُراارتفاع روی خلیج فارس، کاسته شده است (شکل شماره‌ی ۱۵). در شکل شماره‌ی ۱۶، کاهش فرونشینی هوا در سطوح میانی که نیم‌رخ قائم باد و مقادیر اُمگا است به وضوح دیده می‌شود، به‌گونه‌ای که در روز ۱۲ تیرماه، میزان فرونشست هوا به نصف مقدار روز پیش کاهش یافته است و سراسر لایه‌ی زیر ۸۵۰ هکتوپاسکال را شرایط صعود و ناپایداری با شدت‌های متفاوت دربر گرفته است.





شکل ۱۷. تصویر ماهواره‌ای (مادیس) منطقه‌ی خاورمیانه در روز ۱۲ تیرماه ۱۳۸۸ که گسترش توفان به داخل عراق را نشان می‌دهد.

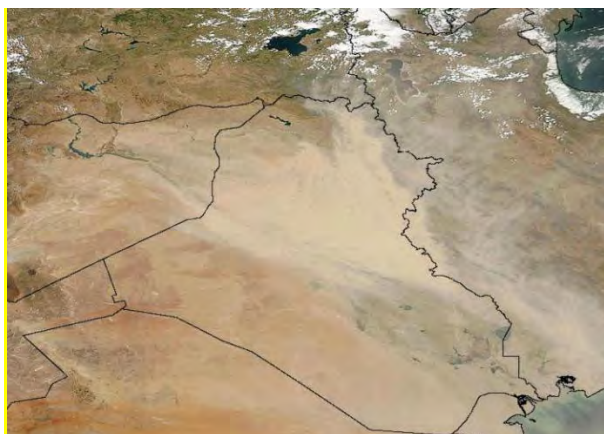


شکل ۱۶. نیم‌رخ قائم (سطح ۱۰۰۰ تا ۳۰۰ هکتوپاسکال) باد (متر بر ثانیه) و مقادیر امگا (ω) برای عرض ۳۵ درجه‌ی شمالی در منطقه خاورمیانه (۱۲ تیرماه ۱۳۸۸)

با شکل‌گیری شرایط ناپایدار در سطح زمین و سطوح زیرین و ردسپهر در منطقه‌ی خاورمیانه و ایجاد گردش چرخندی روی نواحی بیابانی و بدون پوشش جنوب‌شرق سوریه، توفان گردوغباری در روزهای ۹ و ۱۰ تیرماه ۱۳۸۸ ایجاد شده که با تقویت شرایط ناپایداری و عمیق شدن آن، به دلیل قرارگیری ناوه‌ی سطوح میانی و بالایی و ردسپهر در غرب منطقه و تقویت شرایط صعود هوا در سطوح زیرین، به همراه جریان باد شمال‌غربی در لایه‌ی زیرین، سبب گسترش توفان در جهت جنوب‌شرق روی عراق شده است (شکل شماره‌ی ۱۷)؛ اما به دلیل عمق کم صعود هوا و سمت باد (شمال‌غربی)، این توفان توان گذر از ارتفاعات زاگرس را نداشته و تا روز ۱۲ تیرماه وارد ایران نشده است.

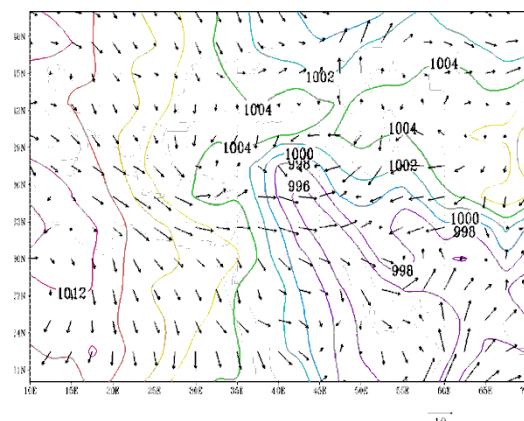
دوره‌ی فعالیت روی ایران (۱۳-۱۸ تیرماه)

توفان گردوغبار در روز ۱۳ تیرماه، کم‌کم از غرب تا جنوب‌غرب وارد ایران شده است (شکل شماره‌ی ۱۸)، بنابراین شرایط گردش جو و الگوی فشار روز ۱۳ تیرماه، به عنوان شرایط ورود به ایران، جداگانه بررسی شده است.

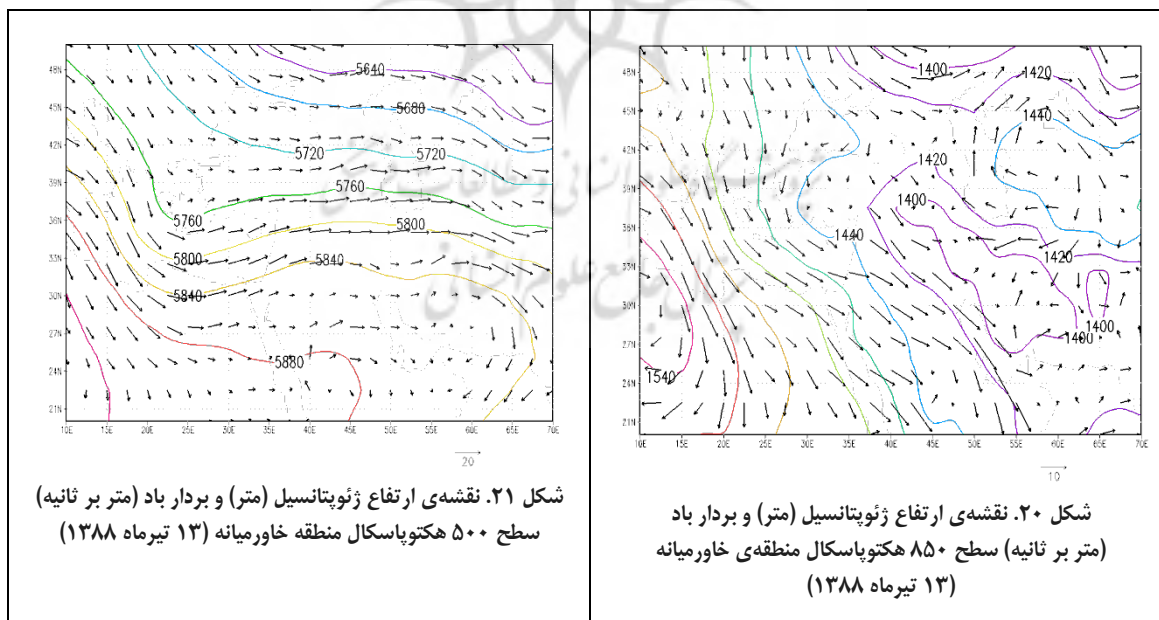


شکل ۱۸. تصویر ماهواره‌ای (مادیس) منطقه‌ی خاورمیانه در روز ۱۳ تیرماه ۱۳۸۸ که شیوه‌ی ورود توفان گردوغبار به داخل ایران را نشان می‌دهد.

شكل ۱۹. نقشه‌ی فشار سطح دریا (هکتوپاسکال) و بردار باد منطقه‌ی خاورمیانه (۱۳ تیرماه ۱۳۸۸)



همان‌گونه که گفته شد، توفان گردوغبار در روز ۱۲ تیرماه به سمت جنوب و جنوب‌شرق روی عراق گسترش‌یافته و در روز ۱۳ تیرماه از سمت غرب و جنوب‌غرب با گذر از ارتفاعات زاگرس وارد ایران شده، تغییرات شرایط گردش جو در روز مذکور، این امر را ممکن کرده است. شرایط کم‌فشاری سطح زمین با تقویت روی شمال خلیج فارس، جنوب‌غرب ایران، عراق و گسترش زبانه‌ی آن ادامه یافته است (شكل شماره‌ی ۱۹). نکته‌ی بارز این روز، پیشروی جریان‌های غربی تا طول ۵۰ درجه‌ی شرقی و عقب‌نشینی جریان‌های شرقی و شمال‌شرقی در این محدوده است. کاهش ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، به‌ویژه روی ایران، سبب پیشروی جریان‌های شمال‌غربی در حاشیه‌ی غربی منطقه‌ی کم‌ارتفاع به‌سمت داخل ایران شده است (شكل شماره‌ی ۲۰).

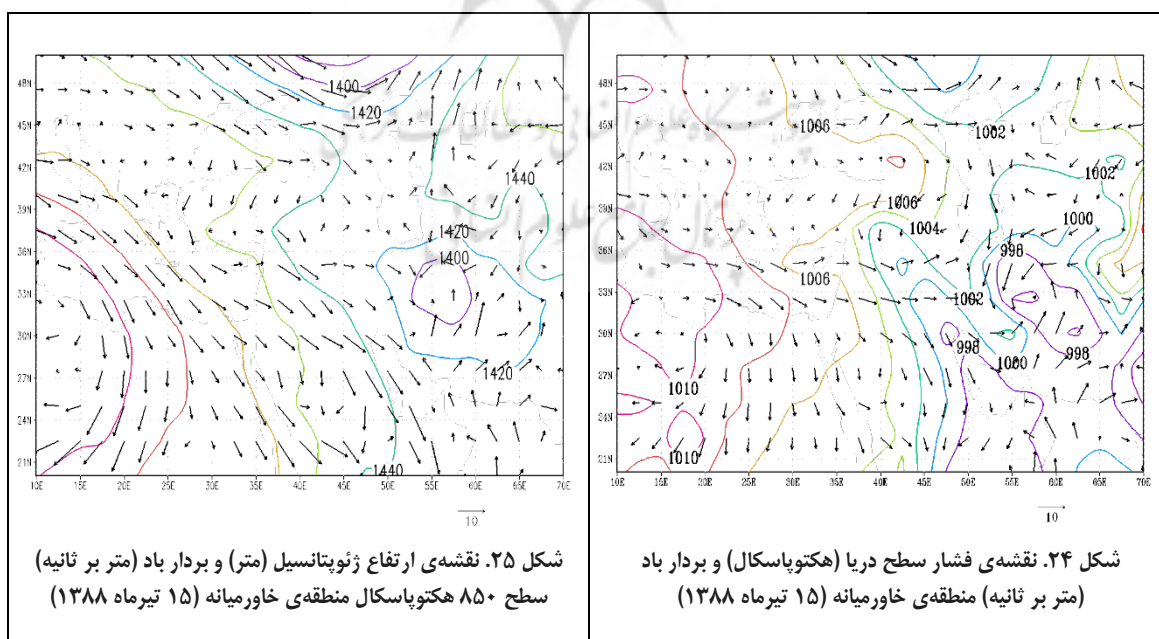
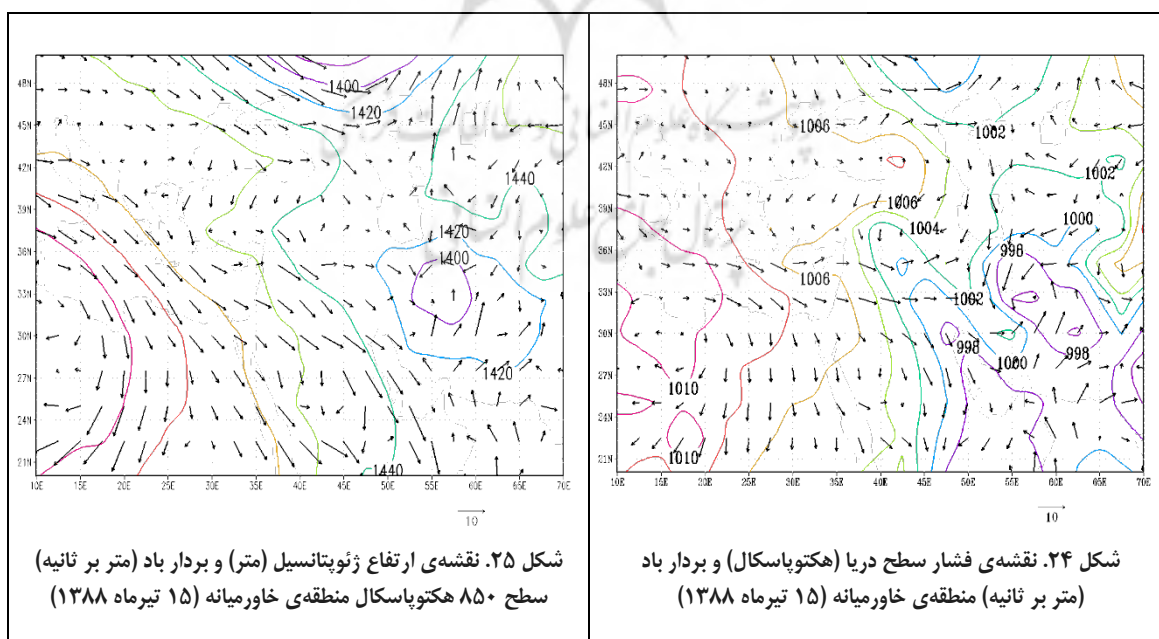
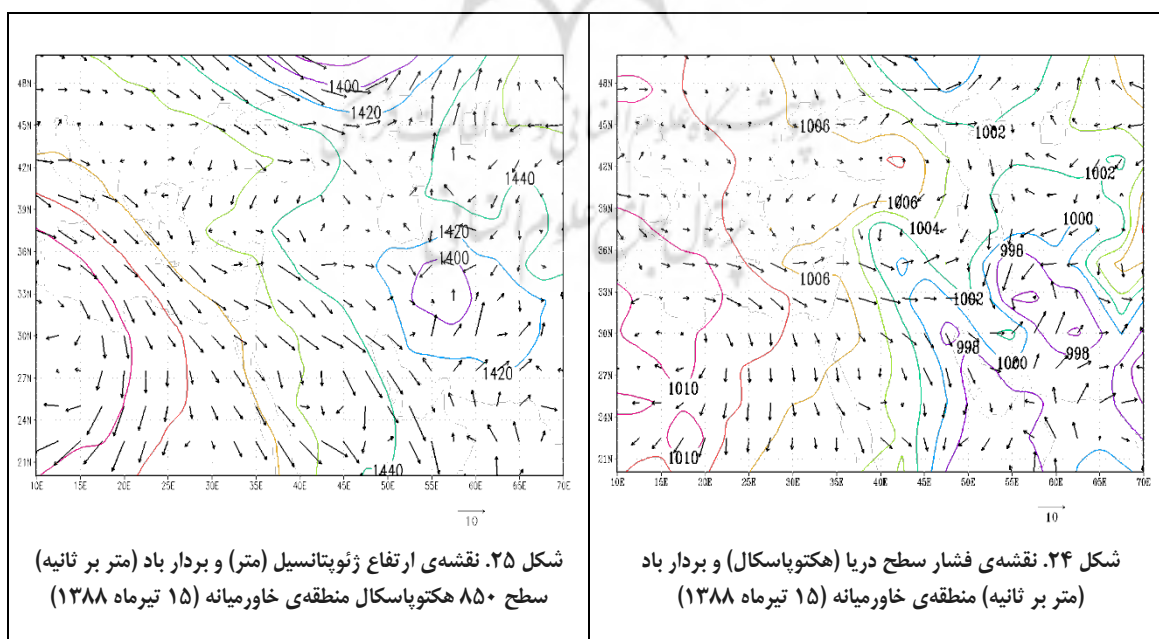
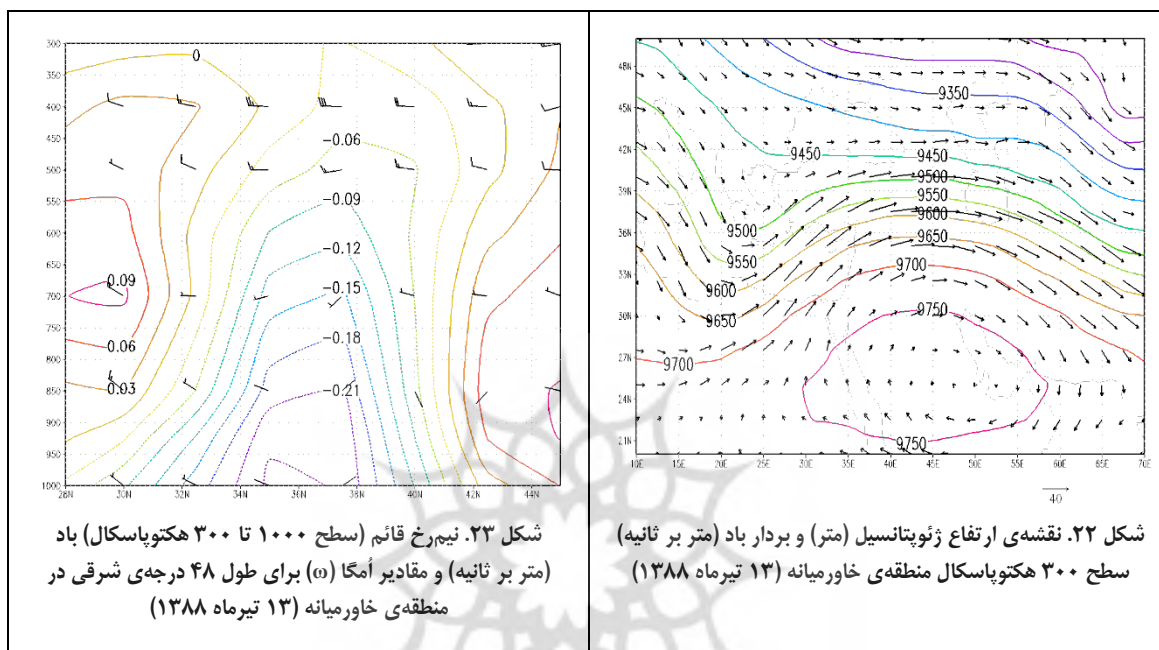


شكل ۲۱. نقشه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) و بردار باد (متر بر ثانیه) سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال منطقه خاورمیانه (۱۳ تیرماه ۱۳۸۸)

شكل ۲۰. نقشه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) و بردار باد (متر بر ثانیه) سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال منطقه خاورمیانه (۱۳ تیرماه ۱۳۸۸)

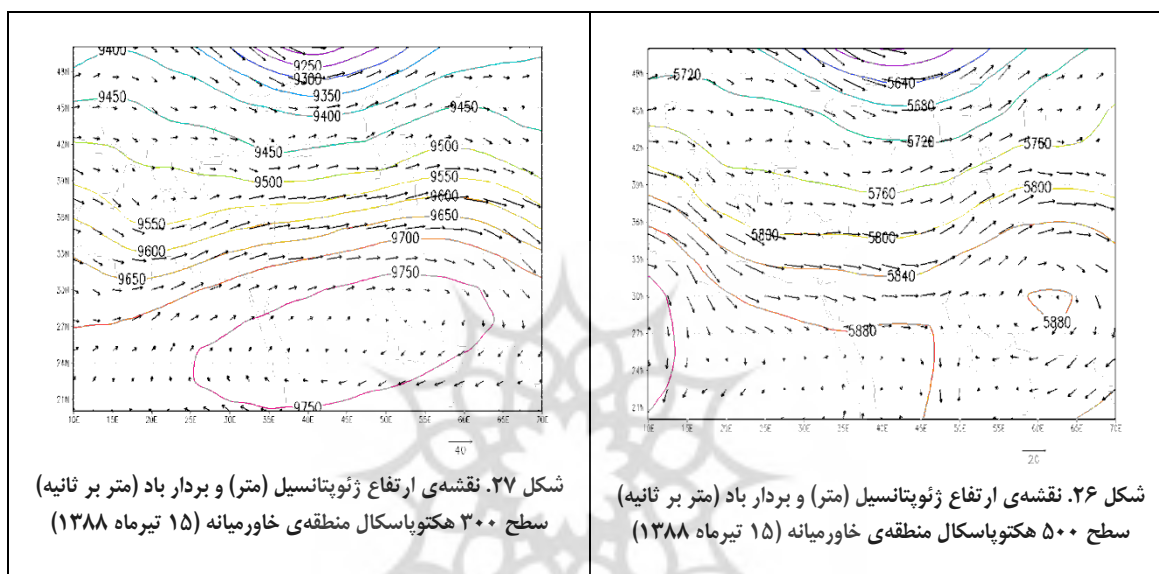
ناوه‌ی موجود در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز، به‌نسبت روز پیش (۱۲ تیر) به‌سمت شرق جابه‌جا شده و از ارتفاع ژئوپتانسیل روی ایران و نواحی غرب آن کاسته‌شده که این شرایط سبب ایجاد جریان‌های کاملاً غربی روی ایران، عراق و سوریه شده است (شكل شماره‌ی ۲۱). این الگو را در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال نیز به‌طور محسوس می‌توان دید (شكل

شماره‌ی ۲۲). با مشاهده‌ی مقدار اُمگا و باد روی ارتفاعات زاگرس، مشاهده می‌شود که وجود شرایط ناپایداری و صعود تا سطوح میانی و بالاتر، در این روز روی نواحی زاگرس، شرایط صعود توده‌ی گردوغبار و گذر آن از زاگرس فراهم آمده است (شکل ۲۳).

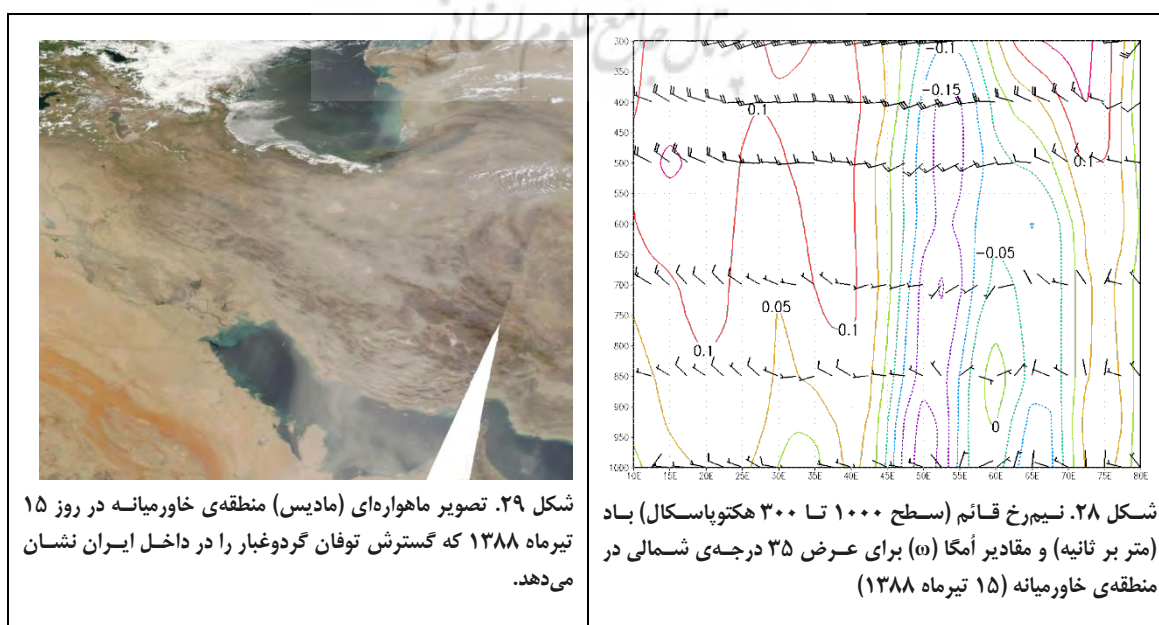


علاوه‌بر شرایط مساعد لایه‌های زیرین، ناوهای روزهای پیش در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال که در ساحل شرقی دریای مدیترانه بوده، به سمت شرق جابه‌جا و در غرب ایران قرار گرفته، اما ضعیف‌تر شده است (شکل شماره‌ی ۲۶). این شرایط

سبب ايجاد جريان‌های غرب و جنوب غربی روی ایران در قسمت جلوی ناوه شده و زمينه‌ی بسیار مساعدی برای حرکت توده‌ی گردوغبار به سمت شرق و به‌ویژه شمال شرق شده است. این مساعدت با شرایط ضعیف‌تری در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال نیز دیده می‌شود (شکل شماره‌ی ۲۷). در شکل شماره‌ی ۲۸، شرایط ناپایداری و صعود هوا در سراسر لایه‌ی وردسپهر از سطح زمین تا ۳۰۰ هکتوپاسکال، روی ناحیه‌ای از طول ۴۵ تا ۷۰ درجه‌ی شرقی، منطبق بر ناحیه‌ی سرزمینی ایران دیده می‌شود.



این شرایط سبب شده گردوغبار در لایه‌های میانی و بالایی روی ایران گسترده شود. تصاویر ماهواره‌ای روز ۱۵ تیرماه (شکل شماره‌ی ۲۹)، حرکت به سمت شرق و شمال شرق توفان گردوغبار، به‌ویژه در سطوح میانی و بالایی را با توجه به وجود شرایط صعود تا سطوح بالایی وردسپهر، نمایان کرده است (شکل شماره‌ی ۳۰).



شرایط روزهای ۱۶-۱۸ تیرماه، ماندگاری گردوغبار را در بیشتر مناطق ایران در پی داشته و به دنبال آن، سامانه‌ی گردوغباری دیگری با شدت کمتر ایران را تحت تأثیر خود قرار داده است.

نتیجه‌گیری

برای بررسی سازوکار تشکیل و گسترش توفان‌های گردوغبار دهه‌ی گذشته‌ی ایران، توفان دهه‌ی دوم تیرماه ۱۳۸۸ که از دید مدت و پایداری یکی از بزرگترین آنها بوده، انتخاب شده است. در این مطالعه با توجه به تعامل گردش جو و ویژگی‌های سطح زمین در ایجاد توفان‌های گردوغبار، ضمن مشخص کردن شرایط سطح زمین اعم از: رطوبت خاک، پوشش سطح زمین و نوع خاک در روزهای منتهی به تشکیل توفان (۹ و ۱۰ تیرماه)، مشخصه‌های گردش جو در این دو روز با رویکرد سینوپتیکی مورد بررسی قرار گرفت.

شرایط رطوبت خاک در این منطقه با توجه به تابش بسیار بالای خورشید و نبود ابر و بارش در این زمان از سال به حالت حداقلی خود رسیده است و نقشه‌های تولیدی نیز، گواهِ بر عدم بارش پیش از آغاز توفان و رطوبت حداقلی خاک بوده است. خاک ناحیه‌ی تشکیل توفان (جنوب شرق سوریه) از نوع خاک‌های نرم، دانه‌ریز و گچی بوده و زمین به جز بخش بسیار کوچک حاشیه‌ی رودخانه‌ها در جنوب شرق سوریه و شمال غرب عراق، بدون پوشش گیاهی (با توجه به نوع خاک) بوده است.

در فصل گرم سال و در ماه تیر، منطقه‌ی خاورمیانه بیشتر در حاکمیت پرفشار جنب حاره‌ای، به همراه جریانات جت جنب حاره است که این شرایط، سبب فرونشینی هوا و آسمانی صاف و جوی پُرا ارتفاع در منطقه می‌شود و نتیجه‌ی آن، دریافت فراوان انرژی تابشی در سطح زمین و شکل‌گیری کم‌فشار حرارتی است. شرایط جو در زمان شکل‌گیری توفان، حاکی از تشکیل کم‌فشار روی خلیج فارس و گسترش زبانه‌ی آن تا جنوب ترکیه بوده که در روزهای ۹ و ۱۰ تیرماه، سبب شکل‌گیری گردش چرخندی در شرق سوریه شده و کم‌کم بر سرعت باد افزوده شده است. افزایش سرعت باد و وجود حرکت چرخندی روی خاک خشک و بدون پوشش، زمینه را برای برداشت ذرات خاک فراهم آورده و با گسترش شرایط کم‌فشاری سطحی و تقویت شرایط ناپایدار به لایه‌های زیرین وردسپهر، توفان بعد از شکل‌گیری، گسترده شده و گردوغبار به سمت جنوب و جنوب شرق روی عراق و خلیج فارس گسترش یافته است. اگرچه، القدبان^۱ این شرایط را برای بیشتر توفان‌های منطقه بیان کرده است (القدبان، ۱۹۹۹). با توجه به عمق کم لایه‌ی ناپایدار در روزهای ۱۱ و ۱۲ تیرماه، توفان مذکور شرایط گذر از ارتفاعات غرب ایران را نداشته، ولی پس از تقویت این شرایط در روز ۱۳ تیرماه و عمیق شدن شرایط ناپایداری با حرکت به سمت شرق زبانه‌ی کم‌فشار و ناوه‌ی مستقر در غرب ایران، گردوغبار در این روز از ارتفاعات زاگرس گذشته و وارد ایران شده است.

در طی روزهای ۱۴ تیر به بعد با شکل‌گیری حرکت چرخندی در مرکز ایران - ناشی از حرکت شرق، سوی زبانه‌ی مستقر در غرب و جنوب شرق - همچنین گرمایش سطحی و عمیق شدن شرایط ناپایداری تا سطوح بالای وردسپهر (۳۰۰

هکتوپاسکال) سبب گسترش پدیده‌ی گردوغبار در سراسر فلات ایران، به‌جز در ناحیه‌ی جنوب‌شرق، به‌ویژه در لایه‌های میانی و بالایی و ردسپهر شده است.

در نتایج پژوهش‌های پیشین اشاره شده که وجود یک سامانه‌ی حرارتی - دینامیکی (کم‌فشار حرارتی سطح زمین و ناه در غرب منطقه) به‌همراه شرایط نامساعد سطح زمین، بهترین شرایط برای ایجاد توفان گردوغبار است (ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸۴: ۱۷۳؛ طاووسی و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۷). در واقع می‌توان گفت، همراهی شرایط سطح زمین و شکل‌گیری جریانات چرخندی، به‌همراه ناپایداری و تقویت این شرایط در شکل‌گیری توفان مذکور و در ادامه، عمیق‌شدن شرایط ناپایداری، سبب گسترش بی‌سابقه‌ی گردوغبار در منطقه شده که چند کشور، از جمله ایران را دربرگرفته است. این امر تعامل و تأثیرپذیری شرایط سطح زمین و گردش جو با یکدیگر را در ایجاد مخاطرات محیطی نشان می‌دهد. بدین معنی که اگر همین شرایط گردش جو روی یک سطح آبی شکل می‌گرفت، پدیده همراه گردش جو، ابر و بارش بود. پس می‌توان با مدیریت سطح زمین و در دسترس قرار ندادن مواد (ذرات خاک) برای شرایط ناپایدار و سرعت باد بالاتر از آستانه‌ی فرسایشی، پدیده‌ی گردوغبار را کنترل کرد؛ ولی باید این نکته را در نظر داشت که این تغییر شرایط، سبب ایجاد تغییراتی در گردش جو منطقه به‌صورت محلی، ناحیه‌ای و منطقه‌ای شده که شاید آن نتیجه‌ی مورد نظر به‌دست نیاید. پس باید مدیریت سطح زمین به‌همراه تغییرات گردش جو به‌شکلی پویا بررسی و در صورت لزوم، مدل‌سازی و شبیه‌سازی شوند.

منابع

- Al-Ghadban, A. N., Saeed, T., Al-Dousari, A. M., Al-Shemmari, H. and Al-Mutairi, M., 1999, **Preliminary Assessment of the Impact of Draining of Iraqi Marshes on Kuwait's Northern Marine Environment**, Part I, Physical Manipulation, Water Science and Technology, Vol. 40, No. 7, PP. 75-87.
- Alizadeh, Z., Khaleghi, H., Zamanian, M.T., 2004, **Two - dimensional Numerical Simulation of the Spread of Desert's Dust**, 4th Conference on Numerical Weather Prediction, Search Results, Iran Meteorological Organization, Dec 2004, Tehran-Iran.
- Alles, D. L., 2010, **Geomorphology and Dust Storms in China**, Web Paper, <http://fire.biol.wvu.edu/trent/alles/ChinaDust.pdf>.
- Arab Khedri, M., Iranmanesh, F., 2005, **Investigation of the Possibility Determine Erosive wind Direction by Using Tracking Storms in Satellite Imagery**, Iranian Journal of Rang and Desert Research, Vol. 12, No. 1, PP. 21-39.
- Farajzadeh, M., Alizadeh, K., 2011, **Temporal and Spatial Analysis of Dust Storms in Iran**, Human Sciences Modares, Vol. 15, No. 1, PP. 65-84.
- Fayaz, M., 2005, **Investigation of Originate Sand Storm in Sistan Plain Using Remote Sensing Data**, Iranian Journal of Rang and Desert Research, Vol. 12, No. 1, PP. 41-62.
- Gu, Y., Rose, W. I. and Bluth, G. J. S., 2003, **Retrieval of Mass and Sizes of Particles in Sandstorms Using Two MODIS IR Bands: A Case Study of April 7, 2001 Sandstorm in China**, Geophysical Research Letters, Vol. 30, No. 15, PP. 1805- 1831.
- Heydari, M.T., 2007, **Dust and Generate of Pattern in West of Iran**, Bulletin of Kermanshah Meteorology Bureau, Summer 2007.

- Hoseynzadeh. S.R., 1995, **120 Day winds of Sistan**, Geographical Research, No. 46, PP. 103-127.
- <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards> (Natural Hazard data)
- http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eudasm/asia/lists/csy.htm (Soil Map of Syria)
- Ilaoui, M., 2001, **Soils of the Syrian Arab Republic**, In Soil Resources of Southern and Eastern Mediterranean Countries, Ed. P. Zdruli, P. Steduto, C. Lacirignola and L. Montanarella, Options Méditerranéennes ° Série B: Etudes et Recherches, No. 34, Bari, Italy: International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies - Mediterranean Agronomic Institute of Bari (CIHEAM-IAMB).
- Iranmanesh, F., Arab Khedri, M., Ekram, M., 2003, **Investigation of Dust Origins and Characteristics of Their Spreading in Sistan's Storms, Iran Region**, Using Image Processing, Pajouhesh and Sazandegi, No. 67, PP. 25-33.
- Jamalizadeh, Tajabadi, M.R., Moghaddamnia, A.R., Piri, J. and Ekhtesasi, M.R., 2010, **Application of Artificial Neural Networks in Dust Storm Prediction**, Iranian Journal of Range and Desert Research, Vol. 17, No. 2, PP. 205-220.
- Kutiel, H., Furman, H., 2003, **Dust Storms in the Middle East: Sources of Origin and their Temporal Characteristics**, Indoor Built Environ, Vol. 12, PP. 419-426.
- Lashkari, H., Keykhosravi, G., 2008, **Synoptic and Statistical Analysis Dust Storm in Khorasan Province**, Physical Geography Research Quarterly, No. 65, PP. 17-33.
- Mehrshahi, D., Nekounam, Z., 2009, **Statistical Analysis of Dust Storm Phenomena and Wind Flow Pattern in Creation Dust Storm in Sabzevar**, Geography Quarterly, No. 22. PP. 83-104.
- Miller, S. D., 2003, **An Improved Land/ocean Dust Enhancement Applicable to MODIS**, 12th Conference on Satellite Meteorology and Oceanography, February 2003, 3.2, PP. 1-11.
- Miri, A., Pahlavan Rouy, A., Moghadamnia, A., 2009, **Investigate of Occurrence of Dust Storm in the Sistan Region after Periodic Droughts**, Iranian Journal of Rang and Desert Research, Vol. 3, No. 3, PP. 329- 342.
- Novlan, D. J., Hardiman, M. and Gill, T. E., 2007, **A Synoptic Climatology of Blowing Dust Events in El Paso, Texas from 1932-2005**, 16th Conference on Applied Climatology&14th Symposium on Meteorological Observation and Instrumentation, 18 January 2007, j3.12, PP. 1-13.
- Omidvar, K., 2006, **Synoptic Analysis of Sand Storm in Yazd-Ardakan Plain**, Geographical Research, No. 81, PP. 43-58.
- Rais Pour, K., Tavousi, T., 2010, **Investigate of Formation Arabian's Dust Storm and Spread Over Iran**, Fourth International Congress of Islamic Geographers, Sistan University, PP. 90-107.
- Tavousi, T., Khosravi, M., 2010, **Synoptic Analysis of Dust Storm in Khozestan Province**, Geography and Development, No. 20, PP. 97-118.
- Zolfaghari, H., Abedzadeh, H., 2005, **Synoptic Analysis of Dust Storm in West of Iran**, Geography and Development, Vol. 6, No. 3, PP. 173-188.

Interaction between Atmospheric Circulation and Land Cover in the Mechanism of Creation of Summertime Dust Storms in Middle East (Case Study, July 2009)

Karimi Ahmadabad M.*

Assistant Prof., Faculty of Geography, University of Tehran

Shakouhi Razi K.

M.A. in Combat Desertification, Semnan University

Received: 10/10/2011

Accepted: 10/01/2012

Extended Abstract

Introduction

In some regions, particularly the Middle East, the dust storms occur with high frequency. Since the past decade, the occurrence of dust storms has increased in this region (Kutiel & Furman, 2003: 419). Several factors are involved in the creation of the dust storms, but the main factors are circulation of the atmosphere and earth surface. Synoptic studies have shown that low and high pressure (especially dynamic), and the vertical motion of air are the main causes of dust storms in the Middle East (Omidvar, 2006; Lashkari, et.al., 2008; Mehrshahi, 2009; Tavousi, 2010). Daily mean of dust storms in Iran, especially Khuzestan in the warm season is more than other seasons, and the highest frequency has been observed in the Zabol (Raespour, 2010; Farajzadeh, 2011). The frequency of these storms will be increased after droughts, because the ground is dry and has less vegetation (Miri, et.al., 2009). To investigate the mechanism of dust storms in Middle East, dust storm occurrence in first days of July 2009, that is the biggest storms, has been elected, in this study interaction between atmospheric circulation and earth surface properties including soil moisture, land cover and soil type has been studied by a synoptic approach.

Methodology

Dust storm classified based on the origin. The Storm of Syrian origin, has been selected for this study. The Satellite images and Synoptic maps showed that period of this storm is 30 June to 9 July and south of Syria, Iraq and Iran influenced by dust storm. In this research, several types of data are used including zonal and Meridian wind, Geopotential height, Omega, Precipitation, sea level pressure, soil moisture from NCEP, Land use from RegCM/3 Model and satellite images (MODIS). The method of the research is the synoptic approach.

Results and Discussion

This dust storms caused by the development of Persian Gulf low pressure and extension of a trough to south of Turkey that create cyclonic circulation in the surface of southeastern Syria. These mentioned Conditions and also wind speed increasing in surface, low level of troposphere with location of the trough in the middle and upper level of the troposphere alongside dry and Gypsiferous soil have effects in the creation of dust storm.

After creation of the dust storm by surface and low level instability over desert of Syria on the 1 July, then it spread over Iraq due to the development and extension of instability caused by the trough in middle and upper level and northwest wind.

Through shifting to the east and changing the wind direction and also more important instability through troposphere, dust storm on the 4 July passed from Zagros Mountains and spread over Iran. In the next days, dust storms moved to east and northeast and influenced almost of Iran. This condition Remained to July 9 over Iran.

Conclusion

Maximum radiation and minimum precipitation in warm season caused the negligible soil moisture in this region by. The soil of dust storm area, except a very small of margin River in southern Syria and northwest of Iraq is soft, fine grain, Gypsiferous, and without any cover.

Middle East at the warm season is dominated by subtropical high pressure and subtropical jets stream, but the circulation of the atmosphere during dust storm, shows that a low pressure extends over Persian Gulf and south of turkey. This condition causes the formation of cyclonic circulation in the East of Syria on 1 July. Wind speed Increasing, cyclonic circulation, dry soil and lack of coverage, provided the conditions for removing the soil particles.

Due to the extended ground surface's low pressure and instability of low level of troposphere, dust storm enhances and moves to south-southeast over Iraq and Persian Gulf. But unstable layer is shallow, and then storm has not passed from the heights of West Iran. Dust storm passed from Zagros Mountains and entered to Iran due to moving trough from west to east of Iran and development of instability on July 4.

In the next day (5 July) a cyclonic circulation has been created in central Iran, this circulation and extended instability caused the spread of dust over almost of Iran exactly southeastern regions. This study shows that both of atmospheric circulation and condition of ground surface are important in creation of dust storm in the Middle East.

Keywords: *Dust Storm, Middle East, Atmospheric Circulation, Iran.*