



تحلیل سینوپتیکی الگوهای حاکم بر طوفان گرد و غبار استان خوزستان

دکتر حسن لشکری

دانشیار دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین

مریم صبوئی

کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین

چکیده

جهت بررسی الگوهای حاکم بر جو در زمان رخداد پدیده گرد و غبار در استان خوزستان، ابتدا ساعات و روزهای رخداد این پدیده در طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶ در ۱۱ ایستگاه سینوپتیک استان خوزستان استخراج شد. پس از استخراج ۱۹ طوفان گرد و غبار با معیار حداقل ۶ ایستگاه درگیر طوفان و حداقل دوام ۲ روزه آن، نقشه‌های ترازهای فشاری ۰.۰، ۸۵۰، ۷۰۰ هکتوپاسکال در ارتباط با آنها بررسی شد. نتایج حاصل از این بررسی‌ها ۴ الگوی عمده را در زمان رخداد طوفان گرد و غبار در استان خوزستان بدست می‌دهد: الف- زبانه کم فشار پاکستانی در سطح زمین، ناوه در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و ۷۰۰ هکتوپاسکال؛ ب- زبانه کم فشار در سطح زمین، ناوه در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، پشته در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال؛ ج- زبانه کم فشار در سطح زمین، پشته در تراز ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال؛ د- کم فشار دینامیکی مدیترانه و زبانه پرفشار سیبری در سطح زمین، ناوه در تراز ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال. واژه‌های کلیدی: طوفان گرد و غبار، خوزستان، نقشه‌های فشار، شرایط سینوپتیکی، الگوی طوفان‌ها

مقدمه

یکی از حوادث و بلاهای طبیعی که زندگی انسان را با خطر مواجه می‌سازد، طوفان‌های گرد و غباری است (دهقان‌پورفرشاه، ۱۳۸۴: ۳). رخداد این طوفان‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک از پدیده‌های شایع اقلیمی است. گردوغبار ممکن است برای روزهای متوالی در جو منطقه به صورت معلق باقی مانده و اثرات زیانباری را ایجاد نماید. در نتیجه دید افقی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. در این حالت علاوه بر آلودگی‌های زیست محیطی و بهداشتی فعالیت روزمره انسانی، حمل و نقل و فعالیت بسیاری از صنایع با مشکل جدی مواجه می‌شود. ایجاد و توسعه طوفان‌های گرد و غبار به سه عامل فراهم بودن خاک، سرعت باد و ناپایداری هوا بستگی دارد. بیابان‌های دائمی و یا منطقه‌ای که در شرایط خشکسالی واقع شده است، خاک مورد نیاز طوفان‌های گرد و غبار را فراهم می‌کند. در برخی مناطق کاهش پوشش گیاهی سبب ایجاد خاک قابل انتقال می‌شود. سرعت باد نیز باید به مقدار مناسب برسد و حرکت عمودی شدیدی رخ دهد و هوا ناپایدار باشد تا بتواند خاک را آشفته کند. (همتی، ۱۳۷۴: ۹) در رخداد پدیده گردوغبار در استان خوزستان به نکاتی باید توجه شود: به

جز چندین نقطه‌ی کوچک در محدوده‌ی استان که دارای پوشش ماسه‌ای و عاری از پوشش گیاهی می‌باشد، بقیه سطح استان به علت برخورداری از آب‌های سطحی فراوان و بارندگی نسبتاً مطلوب، از پوشش گیاهی و کشاورزی قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده و شرایط محیطی لازم را برای ایجاد پدیده‌های گردوغباری گسترده نداشته و نمی‌تواند عامل گرد و غبارهای شدیدی باشد. در نتیجه منشأ گردوغبارهای وارده به این استان بیشتر فرامحلی بوده و از بیابان‌های کشورهای همجوار شکل می‌گیرند (طاووسی و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۰۲). گزارش سازمان هواشناسی آمریکا در مورد طوفان‌های گرد و غباری خاورمیانه که توسط ویلکرسون (۱۹۹۱) انجام شده است، ۱۴ منشأ تولید گرد و غبار را برای منطقه بین‌النهرین و جنوب غرب ایران معرفی کرده است که اکثر این چشمه‌های تولید غبار در کشور عراق قرار دارند و مابقی در شرق سوریه، شرق اردن، شمال عربستان و جنوب غرب ایران واقع است. مطالعات ذوالفقاری و عابدزاده (۱۳۸۴) نیز این مناطق را معرفی کرده است. در نتیجه عبور سیستم‌های ناپایدار و فاقد رطوبت از این منابع توسعه‌ی طوفان‌های گرد و غباری را در پی دارد. تحقیقات سان و همکارانش (۲۰۰۱) این مسئله را در رابطه با طوفان‌های گردوغباری چین تأیید می‌کند. (شایو، ۲۰۰۶)

تحقیقات ریچارد (۲۰۰۳) در زمینه طوفان گردوغباری شدید مارس ۲۰۰۳ جنوب غرب آسیا که فعالیت‌های نظامی آمریکا را در عراق با مشکل جدی روبرو کرد نشان داد که یک سیکلون سطحی که به طور غیرمعمولی شدت یافته بود، به همراه یک ناوه سطح بالا جنوب غرب آسیا را در این زمان در نوردیده است.

گروه تحقیقاتی ارتش آمریکا (۲۰۰۳) نیز در مطالعاتی دقیق طوفان‌های گرد و غباری خاورمیانه و به خصوص گرد و غبارهای عراق و غرب خلیج فارس را مطالعه و اثرات آنها را بر عملیات نظامی بررسی نمودند. این گروه دلایل وقوع این گرد و غبارها را سیستم‌های سینوپتیکی سطح بالا و سطح زمین دانسته‌اند.

حیدری (۱۳۸۶) با بررسی یکی از سامانه‌های مولد گرد و غبار در کرمانشاه نتیجه گرفت سیکلون‌های بسته روی عراق و شمال عربستان سبب ایجاد شرایط مناسب برای صعود حجم عظیمی از هوای منطقه می‌گردد و در صورت خشک بودن منطقه این هوای صعود کرده می‌تواند حجم عظیمی خاک را به ارتفاعات فوقانی جو منتقل نموده و سبب ایجاد گرد و غبار در استان کرمانشاه گردد.



مواد و روش‌ها

یافته‌های تحقیق

به منظور بررسی وضعیت همدیدی پدیده‌ی گردوغبار، ۱۹ سامانه‌ی گرد و غباری شاخص و فراگیر طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه (۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶) شناسایی شده است. نقشه‌های هوای این سامانه‌ها در ترازهای ۰۰، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال استخراج شد. این الگوهای فشار به صورت بصری مورد ارزیابی قرار گرفت و الگوهای مشابه جدا گردید. حاصل این امر حاکمیت ۴ الگوی عمده بوده است. جدول ۲ تاریخ وقوع، دوام و نوع الگوی این سامانه‌ها را نشان می‌دهد.

در راستای بررسی الگوهای سینوپتیکی حاکم بر جو، در زمان رخداد طوفان گرد و غبار در استان خوزستان ۱۱ ایستگاه سینوپتیک که پراکنش مناسبی نیز در سطح استان دارند، جهت انجام تحقیق در دوره آماری ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶ گزینش شد. مشخصات و موقعیت‌های ایستگاه‌ها در جدول ۱ و نگاره ۱ ارائه شده است. پدیده‌های وضعیت هوای حال حاضر که با کدهای ۰۶، ۰۷، ۰۸، ۰۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۹۸، به نوعی طوفان گرد و غبار محسوب می‌شوند و در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند. پس از جداسازی زمانهای وقوع طوفان گرد و غبار از سایر پدیده‌های جوی، ۱۹ سامانه منجر به طوفان گرد و غبار استخراج شد. معیار مورد نظر برای گزینش سامانه‌ها: ۱- حداقل در ۶ ایستگاه از ۱۱ ایستگاه مورد مطالعه یکی از کدهای مورد بررسی گزارش شده باشد؛ ۲- حداقل ۲ روز دوام داشته باشد (یک روز طوفان گردوغبار در این پژوهش روزی است که از ۸ بار دیده بانی روزانه، حداقل ۴ بار یکی از کدهای مورد بررسی گزارش شده باشد)؛ در نظر گرفته شده است. جهت بررسی شرایط و الگوهای ایجاد گرد و غبار در استان خوزستان نقشه‌های میانگین روزانه برای ترازهای فشاری ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال از ۴۸ ساعت قبل از شروع تا روز پایان طوفان گرد و غبار از سایت NCEP/NCAR استخراج گردیده است. این نقشه‌ها در محدوده‌های جغرافیایی ۱۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی و ۱۰ تا ۶۰ درجه عرض شمالی تهیه گردیده است.

جدول ۲- مشخصات طوفان‌های گرد و غباری مورد بررسی

نوع الگو	دوام	پایان	آغاز	
الف: زبانه کم فشار پاکستانی در سطح زمین ناوه در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و ۷۰۰ هکتوپاسکال	۳	۱۶ می ۱۹۹۹	۱۴ می ۱۹۹۹	۱
	۳	۲۵ آوریل ۲۰۰۰	۲۳ آوریل ۲۰۰۰	۲
	۴	۷ می ۲۰۰۵	۴ می ۲۰۰۵	۳
ب: زبانه کم فشار در سطح زمین ناوه در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال پشته در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال	۴	۲۳ جولای ۱۹۹۹	۲۰ جولای ۱۹۹۹	۴
	۳	۷ ژوئن ۲۰۰۰	۵ ژوئن ۲۰۰۰	۵
	۶	۱۴ ژوئن ۲۰۰۰	۹ ژوئن ۲۰۰۰	۶
	۵	۲۸ ژوئن ۲۰۰۰	۲۴ ژوئن ۲۰۰۰	۷
	۵	۱۵ جولای ۲۰۰۰	۱۱ جولای ۲۰۰۰	۸
	۶	۲۲ جولای ۲۰۰۰	۱۷ جولای ۲۰۰۰	۹
	۵	۲۳ می ۲۰۰۳	۱۹ می ۲۰۰۳	۱۰
	۳	۷ جولای ۲۰۰۵	۵ جولای ۲۰۰۵	۱۱
	۴	۲۷ جولای ۲۰۰۵	۲۴ جولای ۲۰۰۵	۱۲
	۴	۱۰ اگوست ۲۰۰۵	۷ اگوست ۲۰۰۵	۱۳
ج: زبانه کم فشار در سطح زمین پشته در تراز ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال	۶	۱۱ می ۲۰۰۰	۶ می ۲۰۰۰	۱۴
	۳	۲۹ می ۲۰۰۳	۲۷ می ۲۰۰۳	۱۵
	۷	۱۷ می ۲۰۰۴	۱۱ می ۲۰۰۴	۱۶
	۳	۱۴ ژوئن ۲۰۰۵	۱۲ ژوئن ۲۰۰۵	۱۷
د: کم فشار مدیترانه و زبانه پرفشار سبیری در سطح زمین ناوه در تراز ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال	۳	۱۷ فوریه ۲۰۰۴	۱۵ فوریه ۲۰۰۴	۱۸
	۴	۲۴ فوریه ۲۰۰۴	۲۱ فوریه ۲۰۰۴	۱۹



نگاره ۱: نقشه موقعیت و محدوده مورد مطالعه

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع به متر
آبادان	۳۰° ۲۲'	۴۸° ۱۵'	۶/۶
بندر ماهشهر	۳۰° ۳۳'	۴۹° ۰۹'	۶/۲
بهبهان	۳۰° ۳۶'	۵۰° ۱۴'	۳۱۳
آغاچاری	۳۰° ۴۶'	۴۹° ۴۰'	۲۷
رامهرمز	۳۱° ۱۶'	۴۹° ۳۶'	۱۵۰/۵
اهواز	۳۱° ۲۰'	۴۸° ۴۰'	۲۲/۵
بستان	۳۱° ۴۳'	۴۸° ۰۰'	۷/۸
ایذه	۳۱° ۵۱'	۴۹° ۵۲'	۷۶۷
مسجد سلیمان	۳۱° ۵۶'	۴۹° ۱۷'	۳۲۰/۵
صفی آباد	۳۲° ۱۶'	۴۸° ۲۵'	۸۲/۹
دزفول	۳۲° ۲۴'	۴۸° ۲۳'	۱۴۳

شرایط سینوپتیکی حاکم بر الگوی نوع الف

در این الگو در تراز دریا مرکز کم فشاری در امتداد زبانه کم فشار پاکستانی و در ترازهای بالاتر ناهای بر روی منطقه قرار دارد. طوفان گرد و غباری ۱۴ تا ۱۶ می ۱۹۹۹ به عنوان نماینده این الگو مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴۸ ساعت قبل از شروع (۱۲ می ۱۹۹۹) - در تراز دریا مرکز کم فشاری بر روی صحرائی تار بسته شده که زبانه شرقی آن دو سلول فرعی کم فشار را بر روی کشور عمان و جنوب عراق دربردارد. ورود پرفشار سبیری از سمت شمال شرق به ایران، گردان حرارتی شدیدی را بوجود آورده است. در نتیجه شرایط ناپایداری بر روی جنوب عراق فراهم شده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مرکز و اچرخندی در شمال آفریقا و ناهای نسبتاً عمیقی بر



روز دوم (۱۵ می ۱۹۹۹) - در تراز دریا در این روز تمام جنوب و غرب ایران، عراق و شبه جزیره عربستان تا مرکز آفریقا تحت تأثیر هسته‌های کم فشار و زبانه‌های ناشی از آنهاست. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال حرکت رو به شرق ناوه‌ی روزهای قبل، امکان گسترش زبانه پرفشار آזור را بر روی ایران، عراق و عربستان بوجود آورده است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ناوه مستقر در شرق مدیترانه تا سودان ادامه دارد، پربندها حالت مداری و جریانات جهت غربی دارند.

روز پایان (۱۶ می ۱۹۹۹) - در تراز دریا کم فشار مستقر بر روی جنوب پاکستان، ایران، عراق و عربستان در روز قبل با کم فشار حاکم بر روی شرق اروپا ادغام شده و بدین ترتیب به صورتی گسترده استیلای کم فشار در منطقه حاکم است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ناوه‌ی عمیقی در شرق مدیترانه تا شمال مکه شکل گرفته است. منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر زبانه کم فشاری است که در ادامه کم فشار پاکستان و هند است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، ناوه‌های بر روی مرکز ایران شکل گرفته که منطقه مورد مطالعه در پشت آن قرار گرفته و سبب پایداری در منطقه مورد مطالعه در این تراز میشود.

شرایط سینوپتیکی حاکم بر الگوی نوع ب

در این الگو در ترازهای دریا و ۸۵۰ هکتوپاسکال زبانه کم فشار و در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال پشته عمیقی بر روی منطقه مطالعاتی حاکم می‌شود. طوفان گرد و غباری ۷ تا ۱۰ آگوست ۲۰۰۵ به عنوان نماینده این الگو مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴۸ ساعت قبل از شروع (۱۵ آگوست ۲۰۰۵) - در تراز دریا زبانه کم فشار مستقر بر روی صحرای تار تا منطقه مورد مطالعه و عراق تا جنوب ترکیه امتداد یافته و شرایط ناپایداری را ایجاد کرده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال الگویی مشابه الگوی سطح زمین وجود دارد، کم ارتفاع پاکستان با کم ارتفاع مستقر بر روی دریای اژه ادغام شده و به ناپایداری‌ها عمق بخشیده است. بر خلاف سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکالی در نتیجه ادغام پرفشارهای غرب آفریقا و جنوب دریای خزر شرایط پایداری در ارتفاع ۳۰۰ متری هوا بر روی منطقه مورد مطالعه حاکم است.

۲۴ ساعت قبل از شروع (۱۶ آگوست ۲۰۰۵) - در تراز دریا زبانه کم فشار پاکستان در امتداد شرقی-غربی تا خلیج فارس و سپس تا شرق اروپا ادامه یافته و ناپایداری را در این مناطق بوجود آورده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال شرایطی بسیار شبیه شرایط سطح زمین حاکم است و در نتیجه ادغام کم ارتفاع پاکستان و کم ارتفاع دریای اژه ناپایداری‌ها شدت یافته است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، مشابه روز قبل، مرکز پراارتفاع دریای مازندران در ادغام با پشته ناشی از زبانه شرقی پرفشار آזור تقریباً تمام ایران را دربر گرفته است.

روز اول (۱۷ آگوست ۲۰۰۵) - در تراز دریا مرکز کم فشاری با منحنی هم فشار مرکزی ۹۴۴ هکتوپاسکال بر روی صحرای تار در پاکستان بسته شده که زبانه آن مطابق روزهای قبل تا خلیج فارس و سپس تا شمال دریای سیاه ادامه می‌یابد. در مقابل بخش مرکزی و شرقی ایران تحت تأثیر زبانه

روی شرق مدیترانه و غرب عراق در حال شکل گیری می‌باشد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ناوه کمی عقب‌تر از موقعیت آن در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال تا شمال سودان گسترش یافته است. میزان دید هنوز در وضعیت عادی قرار دارد. ۲۴ ساعت قبل از شروع (۱۳ می ۱۹۹۹) - در تراز دریا شرایط روز قبل شدت یافته و گرادیان حرارتی را در جنوب غرب و غرب ایران تشدید کرده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مرکز چرخندی بر روی شمال عراق بسته شده است. ضلع شرقی این ناوه منطقه مورد مطالعه را دربر گرفته و شرایط ناپایداری را بر روی منطقه مورد مطالعه ایجاد کرده است. برخلاف روز قبل در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال منطقه مورد مطالعه بدلیل قرارگیری در جلوی ناوه شرایط ناپایداری دارد و در نتیجه امکان بلند شدن ذرات گرد و غبار را فراهم می‌آورد. روز اول (۱۴ می ۱۹۹۹) - در تراز دریا پدیده غالب در این روز ادغام مرکز کم فشار روی عراق و کم فشار مهاجر اروپایی می‌باشد. مرکز کم فشاری نیز بر روی نیمه شرقی شبه جزیره عربستان به چشم می‌خورد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در نتیجه حرکت سریع سامانه به سمت شرق منطقه مورد مطالعه در پشت ناوه قرار گرفته و جریانات حاکم در این تراز در منطقه مورد مطالعه شمال غربی است. این ناوه در تراز ۷۰۰ کمی عقب‌تر قرار دارد و پس از عبور از روی دریای خزر تا جنوب خوزستان امتداد دارد. جهت جریانات در این تراز بر روی عراق و منطقه مورد مطالعه غربی بوده و پربندها حالت مداری دارند.



نگاره ۲- نقشه ترازهای فشاری ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال (به ترتیب از راست به چپ) از ۴۸ ساعت قبل از شروع تا روز پایان - طوفان گرد و غباری ۱۴ تا ۱۶ می ۱۹۹۹



روی منطقه مطالعاتی و عراق در ارتباط با پراارتفاع دریای سیاه و دریای مازندران شیو ارتفاعی شدیدی و در نتیجه ناپایداری شدیدی را ایجاد کرده است. افزایش ناپایداری و سرعت باد سبب افزایش غلظت گرد و غبار شده و میزان دید در اکثر ایستگاه‌ها تا ۱۰۰ متر تقلیل یافته است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، زیانه کم ارتفاعی از مرکز کم ارتفاع اروپای شرقی تمام منطقه مطالعاتی را دربرگرفته و بر عمق لایه ناپایدار افزوده است.

روز سوم (۱۹ اگوست ۲۰۰۵) - در این روز در تراز دریا همچنان استیلای کم فشار بر روی منطقه مطالعاتی و عراق وجود دارد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، کم ارتفاع حاکم بر پاکستان مقداری ضعیف شده و زیانه شرقی آن در مقابل پراارتفاع دریای خزر همچنان شیو ارتفاعی شدیدی را بوجود آورده است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در این روز مرکز کم ارتفاعی با ارتفاع مرکزی ۳۱۳۰ ژئوپتانسیل متر شکل گرفته است که منطقه مورد مطالعه و عراق را می‌پوشاند. در این روز دید افقی در تمام ایستگاه‌ها به زیر ۵۰۰ متر و در برخی ایستگاه‌ها به ۱۰۰ متر رسیده است.

روز پایان (۱۰ اگوست ۲۰۰۵) - در تراز دریا همچنان منطقه مطالعاتی، تحت استیلای کم فشار قرار دارد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال زیانه کم ارتفاع بر روی عراق جای خود به مرکز کم ارتفاع داده است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، کم ارتفاع حاکم بر روی عراق در روز قبل با کم ارتفاع بسیار قوی شکل گرفته در شمال اروپا ادغام شده و به صورت زبان‌های در امتداد شمال غربی - جنوب شرقی تا شمال خلیج فارس ادامه یافته و منطقه مورد مطالعه را دربرگرفته است. با توجه به عمق ناپایداری در منطقه مورد مطالعه و افزایش رطوبت، آلودگی کاهش یافته و در روز بعد در اکثر ایستگاه‌ها به جز دزفول، مسجد سلیمان و ایذه که در پایکوه‌ها قرار دارد، برطرف شده است.

شرایط سینوپتیکی حاکم بر الگوی نوع ج

در این الگو در تراز دریا حاکمیت زیانه کم فشار بر روی منطقه مورد مطالعه و در ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال پشته‌ای منطقه مورد مطالعه را دربرمی‌گیرد. طوفان گرد و غباری ۱۱ تا ۱۷ می سال ۲۰۰۴ به عنوان نماینده این الگو مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

۴۸ ساعت قبل از شروع (۹ می ۲۰۰۴) - در تراز دریا زیانه کم فشاری از مرکز کم فشار شرق شبه جزیره عربستان سبب ناپایداری منطقه مورد مطالعه، عراق و عربستان می‌شود. در تراز ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال مرکز واچرخندی بر روی شمال دریای سرخ و مصر بسته شده است که پشته‌ای از این واچرخند تا منطقه مورد مطالعه کشیده شده است و هوا پایدار است.

۲۴ ساعت قبل از شروع (۱۰ می ۲۰۰۴) - در این روز در تراز دریا مرکز پرفشار ضعیفی در منطقه مورد مطالعه حاکم است. در حالی که کم فشار قوی در شرق دریای مدیترانه شکل گرفته است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، پشته حاصل از مرکز واچرخندی عربستان و مصر مانع از عمیق شدن ناوه شرق مدیترانه می‌شود. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال پشته‌ای همانند تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، جنوب غرب و جنوب ایران را تا شمال شرق آن دربرگرفته است. در نتیجه در منطقه مورد مطالعه در این دو تراز هوای پایداری حاکم است.

پرفشاری که از شمال غرب وارد ایران شده است، قرار دارد. مقدار دید از اوایل روز شروع به کاهش کرده و در اواخر روز به زیر ۱۰۰۰ متر رسیده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، همچنان زیانه کم ارتفاع پاکستان منطقه مورد مطالعه و عراق را ناپایدار نموده است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، شرایط کاملاً پایداری در نتیجه ادغام پراارتفاع جنوب دریای خزر و پشته ناشی از زیانه شرقی مرکز واچرخندی آزور بر روی ایران، عراق و عربستان حاکم است و بدلیل عدم وجود شرایط همرفتی به لایه‌های بالاتر بر غلظت آلودگی افزوده خواهد شد.



نگاره ۳- نقشه ترازهای فشاری ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال (به ترتیب از راست به چپ) از ۴۸ ساعت قبل از شروع تا روز پایان - طوفان گرد و غباری ۷ تا ۱۰ اگوست ۲۰۰۵

روز دوم (۱۸ اگوست ۲۰۰۵) - مرکز کم فشار پاکستان با حرکت به سمت غرب در جنوب تنگه هرمز بسته شده است، در نتیجه منطقه مورد مطالعه در لبه‌ی شمال غرب مرکز کم فشار قرار دارد، در نتیجه گرادیان فشار بر روی منطقه تشدید شده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، زیانه کم ارتفاع پاکستان بر



نگاره ۴- نقشه ترازهای فشاری ۰۰، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال (به ترتیب از راست به چپ) از ۴۸ ساعت قبل از شروع تا روز پایان- طوفان گرد و غباری ۱۱ تا ۱۷ می ۲۰۰۴

روز اول (۱۱ می ۲۰۰۴)- در این روز در تراز دریا زبانه کم فشاری غرب عراق را دربرگرفته و در تقابل با مرکز واچرخندی بسته شده بر روی زاگرس گرادیان حرارتی شدیدی را بر روی منطقه مورد مطالعه و غرب عراق بوجود آورده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال همچنان بر روی منطقه مورد مطالعه، پشته حاکم است در حالی که ناوهای از شمال دریای سیاه، شرق ترکیه، شرق سوریه و مرکز عراق را دربرمی گیرد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز شرایطی شبیه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، حاکم است.

روز دوم (۱۲ می ۲۰۰۴)- در این روز در تراز دریا، کم فشار مستقر در شمال شرق دریای سیاه با کم فشار شکل گرفته بر روی خلیج فارس ادغام گردیده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال با عقب نشینی پرفشار سیبری به سمت شرق، ناوه روز قبل نیز حرکت سریعی به سمت شرق داشته به طوری که محور ناوه از مرکز ایران عبور می کند. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ناوه عمیقی بر روی شرق مدیترانه و عراق و غرب ایران قرار دارد. در نتیجه خوزستان در منطقه همگرایی ناوه قرار داشته و ناپایداری شدیدی بر آن حاکم است اما وجود پشته عربستان مانع از تغذیه رطوبت بدرون سامانه می شود.

روز سوم (۱۳ می ۲۰۰۴)- در این روز در تراز دریا با توجه به فرآیند حاکم بر روی غرب ایران، جریاناتی با جهت شمال-شمال غربی و حاکمیت گرادیان شدید بین مراکز کم فشار مرکز ایران و خلیج فارس با پرفشار مستقر در غرب عراق وجود دارد. در نتیجه دید در شهرهای شمالی استان پایین تر از شهرهای جنوبی است.

در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز شیو کنتوری شدیدی بین مرکز چرخندی مرکز ایران و مرکز واچرخندی مستقر بر روی مصر، در جنوب غرب ایران و سرتاسر عراق برقرار گردیده است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، آرایش سامانه به گونه ای است که ناپایداری ها را در سطح زیرین تقویت می کند، وجود پشته ناشی از مرکز واچرخندی مصر مانع تغذیه رطوبت بدرون سامانه می شود.

روز چهارم (۱۴ می ۲۰۰۴)- در تراز دریا فرآیند غالب مورد توجه کم فشارهای مستقر بر روی ایران و بر روی ترکیه است و نیز مرکز پرفشار مستقر در مرکز عربستان است که جریانات جنوبی و جنوب غربی و ناپایداری را در چشمه های تولید غبار سبب می گردد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مراکز چرخندی، ناپایداری ها را در عراق و منطقه مورد مطالعه تقویت می کنند. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال هم ناوه عمیقی از دریای خزر تا جنوب خلیج فارس وجود دارد که محور آن تمام غرب ایران را دربرمی گیرد. اما پشته ناشی از مرکز واچرخندی مصر در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال که تا غرب ایران را دربرگرفته است، مانع تغذیه رطوبت به درون سامانه می شود.

روز پنجم (۱۵ می ۲۰۰۴)- در این روز در تراز دریا استیلای گسترده کم فشار در سرتاسر عراق و غرب ایران دیده می شود. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، منطقه مورد مطالعه تحت گرادیان شدید بین مرکز کم ارتفاع شرق ترکیه و مرکز پراارتفاع عربستان قرار دارد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال کم ارتفاع قوی با فشار مرکزی ۲۹۸۰ در شرق دریای سیاه قرار گرفته است. مرکز پراارتفاعی با فشار مرکزی ۳۲۰۰ ژئوپتانسیل متر در شمال سودان قرار گرفته که پشته ناشی از آن تا منطقه مورد مطالعه را دربرمی گیرد.



در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، ناوه مستقر بر روی افریقا در روز قبل حرکتی به سمت شرق داشته و محور ناوه تا مرکز عربستان امتداد دارد و منطقه مورد مطالعه در جلوی ناوه شرایط ناپایداری دارد. اما زبانه پرفشار سیبری مانع از تغذیه رطوبت به درون آن است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز منطقه مورد مطالعه در جلوی ناوه قرار دارد، اما در این تراز پشته ناشی از مرکز واچرخندی مستقر بر روی صحرای افریقا مانع تغذیه رطوبت گردیده است.



نگاره ۵- نقشه: ترازهای فشاری ۰۰، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال (به ترتیب از راست به چپ) از ۴۸ ساعت قبل از شروع تا روز پایان- طوفان گرد و غباری ۱۵ تا ۱۷ فوریه ۲۰۰۴

روز اول (۱۵ فوریه ۲۰۰۴) - در تراز دریا در این روز منطقه مورد مطالعه در مرز بین زبانه‌ی جنوبی ناشی از کم فشار مستقر در شرق دریاچه آرال از یک طرف و زبانه شرقی مرکز واچرخندی شمال افریقا از سوی دیگر قرار گرفته است و ناپایداری شدیدی بر آن حاکم است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ناوه تمام ایران را فراگرفته است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، مرکز چرخندی و ناوه ناشی از آن نسبت به تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال خیلی عقب‌تر واقع شده است و ناوه حاصل از آن مدیترانه شرقی را تا شرق ایران دربرگرفته است. اما همچنان پشته وارد شده به جنوب ایران از سوی عربستان مانع از ورود رطوبت بدرون این سامانه شده است.

روز ششم (۱۶ می ۲۰۰۴) - در تراز دریا شاهد تضعیف کم فشارهای روز قبل هستیم. در نتیجه زبانه‌های پرفشار عربستان امکان حرکت به سمت شرق را پیدا می‌کند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، کم ارتفاع مستقر در شرق دریای سیاه در روز قبل، حرکتی به سمت شمال و شرق داشته است. مرکز پراتفغای نیز در جنوب مصر شکل گرفته است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ناوه عمیقی از شمال دریای خزر تا شمال شبه جزیره عربستان شکل گرفته است. وجود مرکز پراتفغای در شمال سودان با جهت غربی-شرقی که تا شمال شبه جزیره عربستان را دربرمی‌گیرد، جریانات مداری و با جهت غربی را در منطقه مورد مطالعه سبب شده است.

روز پایان (۱۷ می ۲۰۰۴) - در تراز دریا در این روز شرایط حاکم در روز قبل به طور کلی تغییر می‌کند. مرکز پرفشاری در مرکز اروپا دیده می‌شود که زبانه آن تا شمال خلیج فارس تمام منطقه مورد مطالعه، غرب ایران و عراق را دربرمی‌گیرد و جو پایداری را بر روی منطقه مورد مطالعه و چشمه‌های تولید غبار در کشورهای همسایه ایجاد کرده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز پشته ناشی از مرکز پراتفغای مستقر در شمال غرب سودان گسترش یافته و منطقه مورد مطالعه را تا جنوب دریای خزر دربرمی‌گیرد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال جریانات مداری با جهت غربی-شرقی منطقه مورد مطالعه و سرتاسر عراق را پوشانده است که پایداری‌ها را در سطوح زیرین تقویت می‌نماید. در این روز گزارش طوفان گرد و غبار در ایستگاه‌های شرقی و شمال شرقی استان پایان می‌یابد، در حالی که در بقیه ایستگاه‌ها در روز قبل پایان یافته است.

شرایط سینوپتیکی حاکم بر الگوی نوع د

در این الگو کم فشار دینامیکی مدیترانه و زبانه پرفشار سیبری در سطح زمین و در ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال ناوه قرار دارد. طوفان گرد و غباری ۱۵ تا ۱۷ فوریه ۲۰۰۴ به عنوان نماینده این الگو مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴۸ ساعت قبل از شروع (۱۳ فوریه ۲۰۰۴) - در تراز دریا در این روز منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر مرکز پرفشار فرعی (ناشی از زبانه پرفشار سیبری) مستقر بر روی ارتفاعات زاگرس است. در حالی که مرکز واچرخندی قوی بر روی ترکیه بسته شده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، ناوه عمیقی از مرکز ترکیه تا جنوب غرب دریای سرخ امتداد یافته است. اما منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر مرکز واچرخندی مستقر روی شرق خلیج فارس در شرایط پایداری به سر می‌برد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ناوه عمیقی از روی مدیترانه تا جنوب صحرای افریقا وجود دارد که در نتیجه چشمه‌های تولید غبار در عربستان، عراق و سوریه در جلو ناوه در شرایط ناپایداری قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر قرارگیری مرکز واچرخندی عربستان، مانع از تغذیه رطوبت به درون سامانه می‌شود.

۲۴ ساعت قبل از شروع (۱۴ فوریه ۲۰۰۴) - در تراز دریا با گسترش زبانه چرخندی از روی ترکیه به سمت شرق و جنوب، منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر زبانه جنوبی آن قرار گرفته و ناپایدار است. اما گسترش زبانه واچرخندی آזור از یک طرف و گسترش رو به جنوب زبانه سیبری تا عربستان، دسترسی این زبانه کم فشار را به منابع رطوبتی قطع کرده است.



شرایط سینوپتیکی غالب به گونه‌ای است که ناپایداری حاکم فقدان رطوبت کافی در درون سامانه بوده و به صورت طوفان‌های شدید همراه با گرد و غبار تظاهر می‌کند.

الگوی نوع ج- در این الگو نیز در تراز دریا مرکز کم فشاری بر روی شمال شرق و شرق عربستان استقرار پیدا می‌کند که زبانه آن در امتداد جنوب شرقی-شمال غربی تا جنوب ترکیه گسترش می‌یابد. به این ترتیب ناپایداری‌های حاصل از کم فشارهای حرارتی حاکم بر منطقه، ایجاد شده و سبب ایجاد جریان‌های نسبتاً شدید باد در سطح زمین می‌شود. ولی در ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال بدلیل استقرار یک مرکز واچرخندی بر روی مصر و شمال دریای سرخ، پشته‌ای از آن بر روی جنوب غرب ایران گسترش یافته و هوای پایداری را بر روی منطقه مورد مطالعه و غرب ایران حاکم می‌کند. در نتیجه گرد و غبار سطح زمین امکان توزیع و گسترش به لایه‌های بالاتر را پیدا نکرده و به غلظت آلودگی در سطح زمین افزوده می‌شود.

الگوی نوع د- در این الگو در تراز دریا وجود یک مرکز کم فشار دینامیکی بر روی شرق مدیترانه و وجود یک زبانه پرفشار از روی سبیری بر روی ایران گرادیان حرارتی شدیدی را بر روی منطقه ایجاد می‌کند. ولی علیرغم قرارگیری یک ناوه در ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال بدلیل قرارگرفتن مرکز واچرخندی عربستان بر روی شبه جزیره عربستان و انتقال هوای گرم و خشک بر روی منطقه و ممانعت از تزریق رطوبت بدرون سامانه کم فشار سطح زمین، ناپایداری‌ها به شکل طوفان‌های گرد و غبار تظاهر می‌کند.

منابع و مأخذ

- ۱- حیدری، محمدطالب (۱۳۸۶): غبار و الگوی جوئی مولد آن در غرب کشور، نشریه هواشناسی کرمانشاه، تابستان ۱۳۸۶، صفحات ۱۱-۱۲.
- ۲- دهقانپور فرشاء، علیرضا (۱۳۸۴): تحلیل آماری و سینوپتیکی طوفان‌های خاک در فلات مرکزی ایران بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ - رساله دکتری-دانشگاه تربیت معلم.
- ۳- ذوالفقاری، حسن و حیدر عابدزاده (۱۳۸۴): تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های گرد و غباری در غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۶، بهار ۱۳۸۴، صفحات ۱۷۳-۱۸۳.
- ۴- طاوسی، تقی و محمود خسروی و کوهزاد رئیس پور (۱۳۸۷)، تحلیل سینوپتیکی پدیده‌ی گرد و غبار در استان خوزستان طی دوره آماری (۱۹۹۶-۲۰۰۵)، مجموعه مقالات سومین همایش مقابله با سوانح طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۵- همتی، نصرالله (۱۳۷۴): گرایش سینوپتیک بررسی فراوانی طوفان‌های خاک در نواحی مرکزی و جنوب غربی کشور، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده ژئوفیزیک.
- 6- Richard H, Southwest Asian Dust Storm IN Month Mars 2003, Stte College Pennsylvania, 2003, ,4.
- 7- U,S, Army , Feasting Dust Storms , Iraq , 2003.
- 8- Wilkerson D,(1991); Dust and Sand Forecasting in Iraq and Adjoining Countries, Air Weather service, November 1991
- 9- Y.Shao and C.H.Dong(2006):A review on East Asian dust storm climate, modeling and monitoring. Global and planetary change.No:52.p1-22.
- 10- www.noaa.gov
- 11- www.sciencedirect.com

روز دوم (۱۶ فوریه ۲۰۰۴)- در این روز مرکز پرفشار که روز قبل در شمال مصر بسته شده بود، بر روی کرمانشاه مستقر شده است، بدین ترتیب در منطقه مورد مطالعه در سطح زمین جوئی پایدار حاکم است، این الگو سبب تراکم غبار معلق تولید شده در روزهای قبل می‌شود. دید افقی در این روز در ایستگاه‌های آبادان و اهواز و صفی آباد تا ۸۰۰ متر پایین آمده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، منطقه مورد مطالعه و سرتاسر عراق تحت تأثیر زبانه ناشی از مرکز واچرخندی مستقر بر مرکز شبه جزیره عربستان می‌باشد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، الگویی کاملاً مشابه روز قبل مشاهده می‌گردد.

روز پایان (۱۷ فوریه ۲۰۰۴)- در تراز دریا، در نتیجه ادغام مرکز پرفشار روز قبل با پرفشار آזור، منطقه مورد مطالعه تحت استیلای زبانه پرفشار، جوئی پایدار را تجربه می‌کند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، زبانه‌های مرکز پرفشار شکل گرفته بر روی عربستان، تمام ایران و عراق را تا جنوب دریای سیاه دربر گرفته است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال جریانات مداری، جوئی پایدار را بر منطقه حاکم نموده است. جریان آرام هوا، فرونشست غبار و صاف شدن هوا در ساعات پایانی این روز را در اکثر ایستگاه‌ها موجب گردیده است.

نتیجه‌گیری

همانطور که ملاحظه شد، طوفان‌های منجر به گرد و غبار از چهار الگوی کلی پیروی کرده‌اند.

الگوی نوع الف- در این الگو در تراز دریا زبانه کم فشار در امتداد جنوب شرقی-شمال غربی از مرکز کم فشار پاکستانی پس از عبور از جنوب کشور، جنوب غرب ایران را دربر گرفته و شرایط ناپایداری را در سطح زمین ایجاد می‌کند. این شرایط قبل از شروع طوفان بر روی منطقه حاکم شده و با نزدیک شدن به روزهای طوفان، مرکز کم فشار پاکستانی نیز به سمت غرب جابجا شده و بر روی جنوب شرق ایران حاکم شده است.

در ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال مرکز واچرخندی بر روی شبه جزیره عربستان قرار می‌گیرد و علیرغم اینکه در ترازهای فوق ناوه نسبتاً عمیقی بر روی منطقه مطالعاتی حاکم بوده است و منطقه مورد مطالعه در جلو ناوه قرار داشته و از شرایط ناپایداری مناسبی برخوردار بوده است. بدلیل استقرار واچرخند عربستان بر روی شبه جزیره مانع از تغذیه رطوبت به درون سامانه‌های انتقالی بر روی منطقه شده و هوای خشک بر روی منطقه حاکم شده و بدلیل وزش بادهای شدید بدلیل ناپایداری‌های خوب حاکم بر منطقه منجر به بلند شدن گرد و غبار در جنوب عراق و خوزستان شده است.

الگوی نوع ب- در این الگو نیز در تراز دریا زبانه کم فشاری از روی مرکز کم فشار حاکم بر روی شمال شرق عربستان و جنوب شرق ایران بر روی جنوب غرب ایران گسترش یافته و این کم فشار حرارتی ناپایداری‌هایی را در سطح زمین که همراه با بادهای نسبتاً شدید می‌باشد، ایجاد می‌کند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال استقرار یک زبانه کم ارتفاع بر روی منطقه نشان دهنده عمق ناپایداری تا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال می‌باشد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال پشته‌ای در امتداد زبانه پرفشار آזור که در این الگو بر روی شمال افریقا استقرار دارد، بر روی منطقه مورد مطالعه گسترش پیدا کرده و هوای خشک و پایداری را در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و بالاتر حاکم می‌کند. در این الگو نیز