

تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (۲۰۰۵-۱۹۹۳)

حسن لشکری* - دانشیار دانشکده علوم زمین - دانشگاه شهید بهشتی
قاسم کیخسروی - دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی - دانشگاه شهید بهشتی
پذیرش مقاله: ۱۳۸۵/۸/۲۳ تایید نهایی: ۱۳۸۶/۲/۲۶

چکیده

طوفان‌های گرد و غبار از پدیده‌های مخرب اقلیمی می‌باشند که همه ساله خسارت‌های جبران‌ناپذیری به مزارع، تاسیسات، جاده‌ها، ترافیک، وارد می‌نماید. این پدیده متأثر از شرایط جوی خاصی است که در صورت شناخت سازوکار تکوین و گسترش آن می‌توان از آسیب‌های فراوان آن کاست و یا با آن مقابله کرد. بررسی انجام شده بر روی توفان‌های گرد و غبار و ماسه در یک دوره آماری سیزده ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۳) نشان می‌دهد، که ایستگاه قوچان، تربت حیدریه و کاشمر کمتر از ۵ روز در سال و ایستگاه سرخس بیش از ۳۵ روز در سال توفان گرد و غبار داشته‌اند. این تحقیق نشان داد که عمده سامانه‌های منجر به توفان‌های گرد و غبار از شرایط سینوپتیکی زیر پیروی می‌کنند. الف) بر روی نقشه تراز دریا در روز توفان مرکز کم فشاری در محدوده جنوب خراسان و کشور افغانستان بسته می‌شود. که فشار مرکزی این کم فشار عموماً کمتر از ۱۰۰۰ هکتوپاسکال می‌باشد. در مقابل مرکز پر فشاری بر روی دریای خزر و عموماً در بخش جنوبی دریای خزر بسته می‌شود که فشار مرکزی آن در اکثر مواقع بیش از ۱۰۱۵ هکتوپاسکال می‌باشد. ب) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مرکز چرخندی در بخش شرقی و شمال شرقی افغانستان بسته می‌شود که زبانه چرخندی بخش جنوبی خراسان را در بر می‌گیرد. پربند ۱۴۴ ژئوپتانسیل دکامتر در اکثر موارد، به خصوص در زمان وقوع توفان از شمال منطقه مورد مطالعه عبور می‌کند. در مقابل واچرخندی بر روی دریای خزر و ترکمنستان بسته می‌شود که ارتفاع آن در اکثر مواقع بیش از ۱۴۸ ژئوپتانسیل دکامتر بالغ می‌شود. به این ترتیب با ایجاد شیو فشار و شیو گرمایی شدید موجب وزش بادهای شدیدی، بخصوص در نیمه جنوبی استان خراسان رضوی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آب و هواشناسی سینوپتیکی، سامانه‌های جوی، توفان‌های گرد و غبار، خراسان

رضوی

مقدمه

از دیدگاه هواشناسی سینوپتیکی توفان یک پدیده مخرب منحصر بفرد در روی نقشه‌های سینوپتیکی بوده که ترکیبی از پدیده‌های فشار، ابر، بارندگی، باد و غیره را در بر گرفته و توسط رادار، طوفان قابل شناسایی است. از این رو توفان‌ها در مقیاس‌های ترنادو، طوفان رعد و برق، طوفان گرد و خاک و مانند آن ظاهر می‌شوند (حسینی،

۱۳۷۹، ۳). یکی از انواع بلایای طبیعی که هر ساله سبب خسارت‌های زیادی در نواحی خشک و بیابانی جهان و ایران می‌شود، توفان‌های گرد و غبار و ماسه و بادهای شدید است (امیدوار، ۱۳۸۵، ۴۳).

توفان‌های خاک شامل ذرات ریز خاک هستند و ممکن است در مواقع خاص تا ارتفاعات چند کیلومتری بالای سطح زمین پراکنده شوند. باد‌های شدید و گرد و غبار حفره‌ای مقدار زیادی خاک را از روی زمین‌های خشک و پوشیده از خاک و شن با خود بلند نموده و به حالت متحرک و معلق هوا را تیره و تاریک می‌نمایند. کشانده شدن و رانده شدن چنین هوای اشباع شده از مواد خاکی، ابری را تشکیل می‌دهد که خورشید را پوشانده و یا آن را به صورت قرص گداخته و کم‌رنگ می‌نمایاند (همتی، ۱۳۷۴، ۱۱). توفان‌های ماسه و گرد و خاک نه تنها در ایران بلکه در سایر کشورهای آسیایی، آفریقایی و امریکای موجب بروز خسارت‌های مالی و جانی فراوان شده است (لین^۱، ۲۰۰۲). در سال ۱۹۹۳ در توفان سیاه شمال چین ۸۵ نفر کشته شدند و حدود ۳۷۳۰۰۰ هکتار از محصولات زراعی تخریب گردید (یولین^۲، ۲۰۰۲). فرسایش بادی سالانه حداقل ۱۶۱ میلیون تن خاک را در کانادا جابه‌جا می‌کند که ارزش دلاری آن به ۲۴۹ میلیون دلار می‌رسد (اسکوور^۳، ۲۰۰۲).

از عوامل موثر در تکوین و ایجاد پدیده‌های ناپایدار نیز سرعت باد و جریان‌های شدید لایه زیرین تروپوسفر است (قائمی و عدل، ۱۳۷۱، ۱۰-۷). هنگام توفان گرد و خاک دید بر حسب شدت پدیده در محدوده وسیعی (از ۱۰ تا ۱۰۰ متر و ۴ تا ۱۰ کیلومتر) تغییر می‌کند. شدت توفان گرد و خاک توسط بقاء آن و کاهش در دید تعیین می‌شود. بر حسب تداوم زمانی این پدیده به دو نوع توفان گرد و خاک کوتاه مدت (تا نیم ساعت) و طولانی مدت (چند ساعت و حتی یک شبانه روز) تقسیم می‌شود.

الکتريسيته جوی مربوط به توفان گرد و خاک بر روی ارتباطات رادیوی تاثیر می‌گذارد. لایه هوای گرد و خاکی اغلب در ساعت روز بشدت گرم شده و پتانسیل رطوبت نسبی آن به مقدار زیادی کاهش می‌یابد (مرجانی، ۱۳۷۲، ۳۱-۳۴). مطالعات متعددی در زمینه توفان‌های خاک انجام شده است. از جمله کوتس ورام^۴ (۱۹۸۷) به مطالعه و تحلیل دو بعدی دینامیک و میکرو فیزیک توفان‌های خاک در بیابان صحارا^۵ پرداخت. علی حامد علی^۶ (۱۹۹۰) به مطالعه بررسی سینوپتیکی و قوع توفان خاک در نواحی شبه جزیره عربستان پرداخت. سه ردکینا^۷ (۱۹۶۰) بیان داشت که یکی از پدیده‌های هواشناسی هنگام وقوع توفان‌های گرد و خاک، پدیده وایکوف^۸ می‌باشد. که باعث افزایش دمای هوا می‌شود وی معتقد بود که ذرات گرد و خاک و ماسه در گرم کردن خاک و جو موثر هستند.

نالوکین^۹ (۱۹۶۳) در تحقیقی بیان نمود که هنگام وقوع توفان‌های گرد و خاک میدان الکتريکی هوا افزایش می‌یابد، که وی آن را به نام electrically charged dust نامید. کارسون^۱ (۱۹۷۹) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

1-Lin.

2-Youlin.

3-Squiers.

4-Kotes waram.

5-Sahara.

6-Ali hamed ali.

7-Sered kina.

8-Voikov.

9-Nalivkin.

ماهواره‌ای نشان داد که غبار صحرای صحارا که بر روی اقیانوس اطلس منتقل می‌شود و مقدار خاک آن در روی اقیانوس سطحی به وسعت $4 \times 10^6 \text{ km}^2$ را می‌پوشاند و شامل ۱۰مگاتن بوده و جرم ذراتی که قطر آنها بیشتر از $4 \times 6 \mu\text{m}$ است، در دو تراز فشاری ۷۸۰ و ۹۰۰ هکتوپاسکال به ترتیب $1600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ و $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تخمین زده شد.

نهرت گری^۲ و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی و تحلیل توفان های گرد و خاک وزیده شده از سال ۱۹۹۹-۱۹۳۷ در مغولستان پرداختند. در ابتدا مبادرت به ترسیم نقشه توفان های گرد و خاک نمودند و از این مطالعه نتیجه گرفتند که تعداد توفان های گرد و خاک کمتر از ۵ روز در کوهستان های آلتای، خنتی، خانگایی^۳ اتفاق می‌افتد و در صحرای گبی و نواحی نیمه بیابانی تعداد توفان ها در سال بین ۳۷-۲۰ مورد در سال اتفاق می‌افتد. و در نهایت نتیجه گرفتند که ۶۱ درصد توفان های گرد و غبار در فصل بهار که ۶۵/۵ درصد آن در هنگام روز و ۳۴/۵ درصد آن در شب هنگام اتفاق می‌افتد. ۷۰ درصد توفان های گرد و خاک در زمان های که خاک و هوا خشک است اتفاق می‌افتد و در زمان وقوع توفان های گرد و خاک رطوبت نسبی بین ۲۰ تا ۴۰ درصد در مغولستان می‌رسد.

مرجانی (۱۳۷۲) با بررسی وضعیت سینوپتیکی و توپوگرافی خراسان عوامل موثر بر وقوع توفان های گرد و خاک را در مناطق مورد مطالعه را به صورت زیر دسته‌بندی نموده است:

۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه از نظر توپوگرافی و شرایط اقلیمی آن منطقه به خصوص از نظر کوهستانی بودن و یا همجوار بودن با دریاچه یا همجوار بودن با صحرای استپی و خشک.
۲- وجود مرکز کم فشار گرمایی در قسمت‌های مرکزی و جنوبی ایران و شمال عربستان و پاکستان و هندوستان در طی دوره توفان.

۳- وجود و حرکت زبانه پرفشار در قسمت‌های مرکزی و جنوبی سیبری به سمت شمال خراسان در فصل انتقالی بهار و وجود زبانه پرفشار جنب حاره‌ای که در فصل تابستان به سمت جنوب خراسان کشیده شده است.

۴- افزایش فشار در منطقه شمال تا جنوب خراسان (شرق کشور) در روزه‌های وقوع توفان به واسطه نفوذ زبانه پرفشار جنب حاره‌ای (در فصل تابستان)

۵- ثابت بودن تقریبی فشار در ساعات یکسان در روزهای وقوع پدیده توفان در منطقه مطالعه (در فصل تابستان).
همتی (۱۳۷۴) به بررسی فراوانی وقوع توفان های گرد و غبار در نواحی مرکزی و جنوب غرب کشور پرداخت. و به این نتیجه رسید که توفان های شدید منطقه مورد مطالعه به علت حضور سامانه‌های چرخندی است که از قسمت شمال عربستان منشاء گرفته و همچنان که به طرف شرق حال حرکت می‌کند، از خلیج فارس کسب رطوبت کرده که در بعضی از مناطق علاوه بر توفان های شدید خاک، رگبارهای پراکنده‌ای همراه با رعد و برق

1-Karlson.

2-Natsagdari.

3-Altai, Khentei, Khangai.

نیز ایجاد می‌کند. مقدار فشار مرکزی سامانه بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۱۰ هکتوپاسکال متغیر بوده و بعد از عبور آن از روی منطقه افزایش فشاری در حدود ۱۰ هکتوپاسکال دیده شده است.

آل احمد (۱۳۷۴) به بررسی بادهای شدید سواحل جنوبی خزر پرداخت وی در این تحقیق، رژیم باد ۶ ایستگاه منطقه را بررسی کرده و به منظور بررسی روند تغییرات باد و بارش بصورت کیفی بر روی بیشینه سرعت باد در هر سال، تعداد بادهای شدید در هر سال و بارش سالانه اقدام به محاسبه متحرک ۳ و ۵ ساله پرداخت.

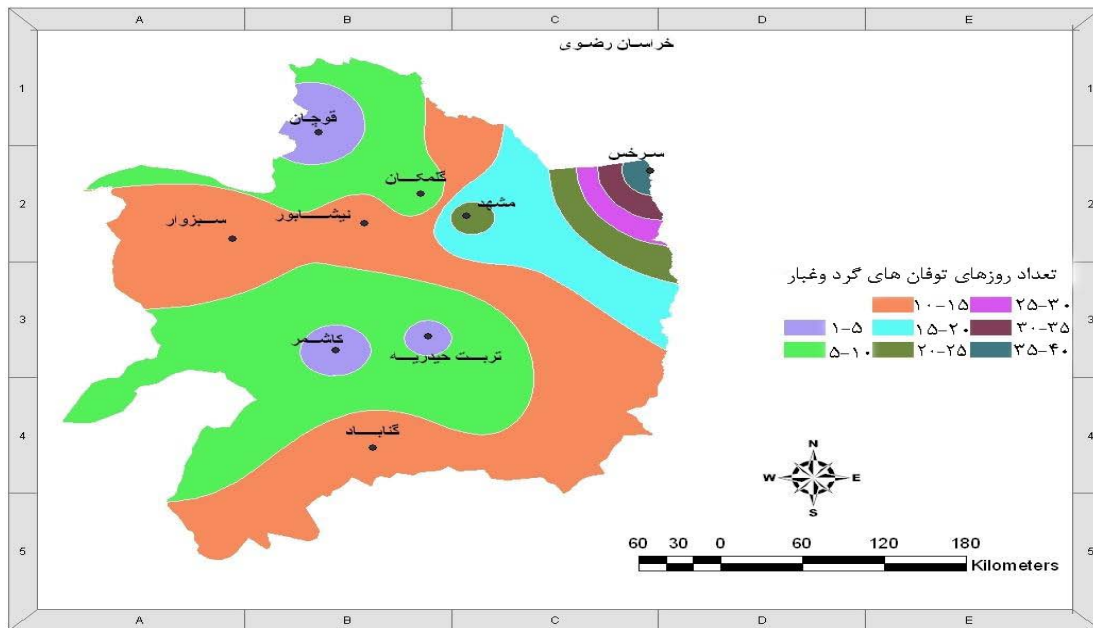
مواد و روش‌ها

در انتخاب ایستگاه‌های مورد مطالعه به وجود آمار طولانی مدت و صحیح توجه گردید و در نهایت با بررسی کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان رضوی، دوره آماری مشترک ۱۳ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۳) انتخاب گردید. داده‌های مورد استفاده در این قسمت بر اساس گزارش‌های وضعیت هوای حاضر، را که به طور ساعتی گزارش می‌کنند استفاده شد. برای این منظور ۹ ایستگاه خراسان رضوی که گزارش ۲۴ ساعته آن در دسترس بود در نظر گرفته شد. جدول (۱) موقعیت ایستگاه‌ها را در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱ موقعیت ایستگاه‌ها در استان خراسان رضوی

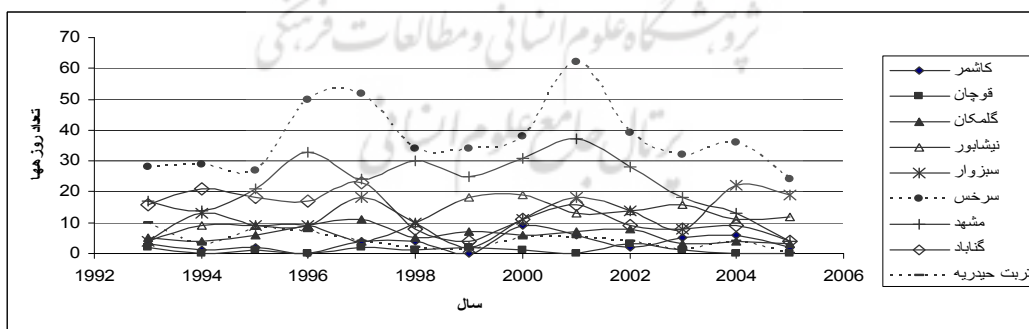
ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع به متر
مشهد	سینوپتیک	۵۹° ۳۸'	۳۶° ۱۶'	۹۹۲/۲
سبزوار	سینوپتیک	۵۹° ۴۳'	۳۶° ۱۲'	۹۷۷/۶
نیشابور	سینوپتیک	۱۵° ۵۸'	۳۶° ۱۶'	۱۲۱۳
کاشمر	سینوپتیک	۱۵° ۲۸'	۳۵° ۱۲'	۱۱۰۹
قوچان	سینوپتیک	۵۸° ۳۰'	۳۷° ۴'	۱۲۸۷
تربت حیدریه	سینوپتیک	۵۹° ۱۳'	۳۵° ۱۶'	۱۴۵۰/۸
گناباد	سینوپتیک	۵۸° ۴۱'	۳۴° ۲۱'	۱۰۵۶
سرخس	سینوپتیک	۶۱° ۱۰'	۳۶° ۳۲'	۲۳۵
گلمکان	سینوپتیک	۵۹° ۱۷'	۳۶° ۲۹'	۱۱۷۶

برای مشخص کردن تعداد روزه‌های توفان‌های اتفاق افتاده در استان خراسان رضوی، ابتدا برای هر کدام از ایستگاه‌ها، تعداد توفان‌های اتفاق افتاده در دوره آماری مشترک محاسبه شد. و سپس بعد از تهیه تم نقطه ای ایستگاه‌ها در سامانه تصویر UTM و نیز مرز حوزه در این سامانه، از روش‌های مختلف درون‌یابی برای ترسیم نقشه توفان، روش IDW با اندازه سلول ۵۰۰×۵۰۰ متر مربع به عنوان بهترین روش برای درون‌یابی استفاده شد. در نهایت شکل (۱) بدست آمد، همان‌طور که در شکل مزبور مشخص است کمترین تعداد توفان‌های اتفاق افتاده بین ۱ تا ۵ روز مربوط به ایستگاه‌های قوچان، تربت حیدریه و کاشمر می‌باشد. و بیشترین روزه‌های وقوع طوفان‌های گرد و غبار بین ۳۵ تا ۴۵ روز در سال در ایستگاه سرخس گزارش شده است.



شکل ۱ تعداد روزهای وقوع توفان های گرد و غبار در استان خراسان رضوی

شکل (۲) تعداد روزهای وقوع طوفان های گرد و غبار را از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۵ را نشان می دهد بر اساس این نمودار ایستگاه سرخس دارای بیشترین وقوع توفان می باشد. در این ایستگاه سال های ۲۰۰۱ و ۱۹۹۷ به ترتیب با ۶۲ و ۵۲ روز دارای بیشترین فراوانی وقوع توفان های گرد غبار می باشد. بعد از ایستگاه سرخس، ایستگاه مشهد در رتبه دوم قرار دارد. در این ایستگاه سال ۲۰۰۱ با فراوانی ۳۷ مورد توفان در روز رتبه اول را داراست. ایستگاه قوچان از همه ایستگاه ها دارای روزهای وقوع توفان گرد و غبار کمتر است، به طوری که بیشترین سال وقوع آن در سال ۲۰۰۱ با تعداد ۳ روز در سال می باشد.



شکل ۲ تعداد روزهای وقوع توفان های گرد و غبار در استان خراسان رضوی در دوره آماری (۱۹۹۳-۲۰۰۵)

از بررسی نقطه به نقطه هسیتوگرام های تهیه شده از ایستگاه های ۹ گانه می توان به توزیع توفان های گرد و غبار در فصل های مختلف سال همراه با ساعات وقوع آن ها دست یافت. جدول (۲) توزیع فصلی توفان های گرد

و غبار را در ۲۴ ساعت شبانه روز و شکل (۳) توزیع فصلی توفان‌های گرد و غبار را در منطقه مورد مطالعه، به درصد نشان می‌دهد.

با بررسی آماری وقوع توفان‌های گرد و غبار اطلاعات ۹ ایستگاه یاد شده بر اساس جدول (۲) مشاهده می‌شود که فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غبار در ساعت ۱۲ ظهر به بعد می‌باشد که هماهنگی مناسبی با زمان و سازوکار آغاز و گسترش سامانه توفانی همزمان با افزایش گرمایش سطحی را دارا می‌باشد. با بررسی و تحلیل جدول (۲) و شکل (۳) نتایج زیر به دست می‌آید:

الف) ایستگاه مشهد در فصل بهار با مقدار ۴۲ درصد بیشترین تعداد روزه‌های توفان را دارا می‌باشد که از این مقدار ۲۹/۸ درصد آن در شب و ۷۰/۲ درصد آن در روز اتفاق می‌افتد. و کمترین تعداد روزه‌های وقوع توفان گرد و غبار در فصل پاییز با مقدار ۹/۲ درصد می‌باشد که از این مقدار حدود ۲۹ درصد آن در شب و ۷۱ درصد آن در روز اتفاق می‌افتد.

ب) در ایستگاه سبزوار بیشترین روزه‌های وقوع توفان به ترتیب در فصل بهار و تابستان با مقدار ۴۶/۵ و ۳۰/۵ درصد می‌باشد. به طور کلی ۷۸ درصد توفان‌های سبزوار در فصل گرم و ۲۲ درصد توفان‌های گرد و غبار در فصل‌های سرد اتفاق می‌افتد، و تعداد وقوع این توفان‌ها در ساعات روز بیشتر از شب است.

ج) در ایستگاه تربت حیدریه فصل بیشترین وقوع توفان‌ها تابستان با مقدار ۳۶/۸ درصد و کمترین آن در فصل زمستان با مقدار ۱۸/۹ درصد مشاهده می‌شود.

د) در ایستگاه کاشمر بیشینه فصلی وقوع توفان مربوط به بهار با مقدار ۴۴/۴ درصد که ۲۵/۱ درصد آن در شب و ۷۴/۹ درصد آن در روز اتفاق می‌افتد و کمترین وقوع طوفان‌های گرد و غبار بر خلاف بقیه ایستگاه‌ها مربوط به فصل تابستان با مقدار ۳/۲ درصد می‌باشد.

ه) در ایستگاه گناباد فصل بهار با مقدار ۵۵ درصد در رتبه اول و فصل پاییز و زمستان به ترتیب با مقدار ۱۰ و ۹/۶ درصد کمترین توفان‌های گرد و غبار را دارا می‌باشند.

و) در ایستگاه گل‌مکان بیشترین فصل وقوع توفان‌های گرد و غبار در تابستان با مقدار ۴۰ درصد که از این مقدار ۳۶/۴ درصد آن در شب و ۶۳/۶ درصد آن در هنگام روز رخ می‌دهد و کمترین وقوع توفان، فصل پاییز با مقدار ۱۰ درصد می‌باشد.

ز) در ایستگاه سرخس بیشترین وقوع توفان‌ها در فصل بهار با ۳۸/۲ درصد و تابستان با ۳۴/۱ درصد می‌باشد. که فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غبار در این دو فصل در اوقات شب و روز تقریباً مساوی است.

ح) در ایستگاه قوچان فصل تابستان با مقدار ۴۶/۲ درصد بیشترین فراوانی وقوع توفان روزانه را دارد، در حالی که در فصل زمستان و بهار در شب هنگام، هیچ توفانی مشاهده نشده است. کمترین تعداد توفان‌ها در فصل زمستان با مقدار ۷/۷ درصد می‌باشد.

ط) در ایستگاه نیشابور فصل بهار و تابستان با مقدار ۴۲/۹ و ۳۰/۱ درصد دارای بیشترین تعداد وقوع توفان‌های گرد و غبار می‌باشد و فصل پاییز با مقدار ۸/۲ درصد دارای کمترین فراوانی است. در این ایستگاه ۹۷ درصد فراوانی وقوع توفان‌های فصل تابستان در روز و ۳ درصد آن مربوط به شب می‌باشد.

به طور کلی تغییرات روزانه توفان های گرد و غبار در هنگام روز افزایش و در شب کاهش می یابد در طول روز گرم شدن سطح زمین و ایجاد شرایط ناپایداری در هوا سبب شکل گیری توفان، و در ساعات شب برعکس آن اتفاق می افتد.

بر اساس شکل (۳-۱) در استان خراسان رضوی ۷۴ درصد توفان ها در فصل گرم و ۲۶ درصد آنها در فصل سرد رخ می دهد. همچنین بر اساس شکل های (۳-الف) تا (۳-ی) که پراکنش فصلی توفان های گرد و غبار را در سطح استان نشان می دهند، نتایج زیر بدست می آید:

الف) فراوانی وقوع توفان های گرد و غبار در فصل بهار به خاطر وجود یک دوره انتقالی سرد است که طی آن هنوز زبانه و اچرخند سیبری از شمال خراسان، ترکمنستان و خزر عقب نشینی نکرده، در صورتی که بر روی جنوب استان دما رو به افزایش می گذارد.

ب) وقوع توفان ها در فصل تابستان به دلیل لخت بودن زمین، شفافیت جو، خشکی هوا و دشت های وسیع است که در صورت افزایش شدید دمای هوا سبب شکل گیری ناپایداری محلی می شود، در این حالت اگر بر روی دریای خزر و صحرای ترکمنستان مرکز و اچرخند یا زبانه آن موجود باشد توفان های گرد و غبار شکل می گیرد.

ج) همان طور که مشاهده می شود فراوانی وقوع توفان های گرد و غبار از شمال به جنوب استان بین فصل بهار و تابستان متغیر است در جنوب استان اوج توفان ها در فصل بهار و در شمال استان در تابستان اتفاق می افتد. در جنوب استان به دلیل پوشش گیاهی اندک، خشکی اقلیم و وجود دشت های وسیع از جمله دشت کویر و بیابان های ایران مرکزی در فصل بهار دمای سطح زمین به سرعت افزایش یافته و عامل ایجاد توفان ها شده با توجه به اینکه در بخش شمالی استان و جمهوری ترکمنستان و دریای خزر هنوز زبانه های پرفشار سیبری عقب نشینی نکرده و لذا شیو گرمایی در منطقه شدید می باشد. در شمال استان این پدیده با تاخیر اتفاق می افتد. اوج توفان های گرد و غبار از ساعت ۱۲ به بعد است. این بدان معنی است که با افزایش ارتفاع خورشید و جذب انرژی تابشی فراوان به دلیل وجود جوی شفاف در منطقه، دمای هوا رو به فزونی گذاشته و بواسطه شرایط پوششی خاک و گستره های بیابانی ناپایداری های محلی ایجاد می گردد. در صورتی که این پدیده با شیو گرمایی قابل توجه در منطقه ایجاد شود منجر به وزش بادهای نسبتاً شدیدی در آن می گردد.

همان طور که در ستون های انتهایی جدول (۲) مشاهده می شود بیش از ۶۰ تا ۶۵ درصد توفان های منطقه در ساعات روز اتفاق می افتد. این پدیده نشان دهنده آن است که شیو گرمایی بین منطقه مورد مطالعه و مراکز فشاری اطراف به دلیل شرایط محیطی منطقه تشدید می شود. دشت های گسترده بخش جنوبی استان به دلیل پوشش گیاهی کم، عرض جغرافیایی پایین، رطوبت نسبی اندک و شفافیت جو، تابش قابل ملاحظه ای را دریافت کرده و سبب هجوم هوای نسبتاً سرد عرض های شمالی به سمت منطقه مورد مطالعه شده و در صورت همزمانی این پدیده با گسترش زبانه های سرد از عرض های بالا بر روی دریای خزر و کشور ترکمنستان این پدیده تشدید می گردد. ولی در طول شب بازتابش شدید از سطح دشت های وسیع و لخت استان این شیو گرمایی را به حداقل ممکن می رساند. از جمله از شرایط سینوپتیکی توفان های گرد و غبار می توان:

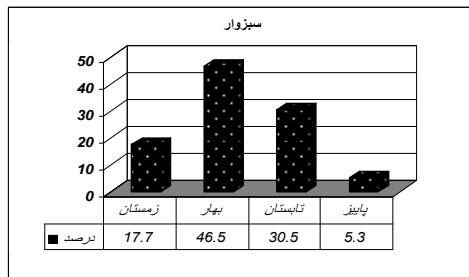
الف) توفان‌های گرد و غبار جبهه‌ای در منطقه‌ای از بادهای افزایشی در جلو جبهه سرد عاری از رطوبت کافی و معمولاً در مناطق خشک اتفاق می‌افتد. زمان مناسب برای وقوع توفان‌های گرد و غبار هنگام ظهر و بعد از ظهر است که با تغییرات سرعت باد و بزرگترین شرایط ناپایداری لایه مرزی جو همراه است و همچنین شرایط مناسب برای وقوع توفان‌های فصل بهار است. توفان‌های فصل بهار متداولتر از توفان‌های است که در پاییز به وجود می‌آید. در فصل زمستان با عدم وجود رطوبت و پوشش برف در سطح زمین محتمل می‌باشد.

ب) اثرات محلی: به طور کلی فشار ایجاد شده در مناطق پست داخل تپه‌های مجاور بر اثر گرم شدن متفاوت سطح زمین باعث به وجود آمدن بادهای فصلی و دائمی می‌گردد. بنابراین در این مناطق باد همیشه از طریق تپه‌ها به سمت چاله‌ها و یا بالعکس می‌وزد. از طرفی تعداد گردبادهای محلی و الحاق آنها به یکدیگر منجر به ایجاد گرد و غبار می‌شود که باعث توده ابری از گرد و خاک شده و در این حالت توفان در منطقه شکل می‌گیرد که پس از طی مسافت کوتاهی از بین می‌رود (همتی، ۱۳۷۴، ۱۱-۱۲).

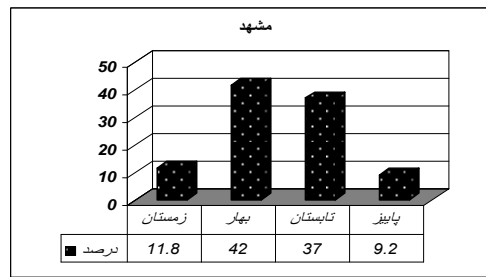
برای شناسایی و بررسی موقعیت سامانه‌های جوی، از نقشه‌های سینوپتیک سطح زمین و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال از ۴۸ ساعت قبل از وقوع توفان در دوره نمونه انتخابی از (۲۲ تا ۲۸ ژوئن ۲۰۰۵) در ساعت‌های ۱۲ به وقت گرینویچ که در بعضی از ایستگاه‌ها طوفان گرد و غبار گزارش شده بود استفاده شد (سازمان هواشناسی کشور، اداره کل خدمات ماشینی و کامپیوتر، نقشه‌های سینوپتیک سطح زمین و سطوح فوقانی جو، ۱۳۸۵).

جدول ۲ تغییرات فصلی و درصد توفان های گرد و غبار وزیده شده در ساعت های مختلف در استان خراسان رضوی (استخراج: نگارنده)

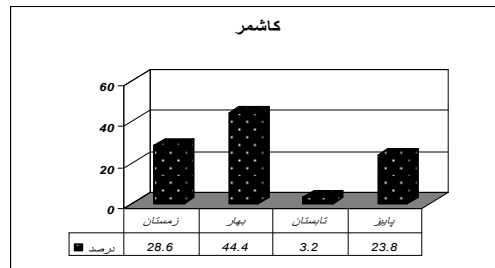
ایستگاه	فصل	فاصله زمانی به ساعت بر حسب درصد							
		۰	۳	۶	۹	۱۲	۱۵	۱۸	۲۱
مشهد	زمستان	۲	۱۰/۲	۸/۲	۱۴/۳	۲۰/۴	۲۸/۶	۱۲/۲	۴/۱
	بهار	۶/۳	۸	۱۰/۹	۱۳/۲	۲۰/۱	۲۸/۲	۸/۶	۴/۶
	تابستان	۰/۷	۳/۹	۷/۸	۱۲/۴	۲۶/۱	۴۰/۵	۷/۲	۱/۳
	پاییز	۵/۳	۲/۶	۱۵/۸	۱۵/۸	۲۶/۳	۲۱/۱	۷/۹	۵/۳
سبزوار	زمستان	۲	۴	۶	۲۰	۲۰	۲۶	۱۲	۱۰
	بهار	۵/۳	۶/۱	۸/۴	۱۲/۲	۱۵/۳	۲۵/۲	۱۹/۸	۷/۶
	تابستان	۱/۲	۱/۲	۳/۵	۱۲/۸	۹/۳	۳۰/۲	۳۲/۶	۹/۳
	پاییز	۰	۶/۷	۰	۶/۷	۲۰	۴۰	۲۶/۷	۰
کاشمر	زمستان	۶	۰	۱۱	۲۸	۴۴	۱۱	۰	۰
	بهار	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۷/۱	۱۰/۷	۲۵	۳۲/۱	۱۴/۳
	تابستان	۵۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵۰	۰
	پاییز	۶/۷	۰	۲۰	۱۳/۳	۲۶/۷	۲۰	۱۳/۳	۷۳/۳
تربت حیدریه	زمستان	۰	۵/۶	۱۶/۷	۳۳/۳	۲۷/۸	۱۶/۷	۰	۰
	بهار	۰	۲۱/۷	۱۷/۴	۱۷/۴	۱۷/۴	۲۱/۷	۴/۳	۰
	تابستان	۵/۷	۱۱/۴	۲۲/۹	۱۱/۴	۱۱/۴	۱۷/۱	۱۱/۴	۵/۷
	پاییز	۰	۵/۳	۱۵/۸	۱۵/۸	۲۱/۱	۳۱/۶	۵/۳	۵/۳
گلمکان	زمستان	۰	۰	۱۵	۳۰	۳۵	۲۰	۰	۰
	بهار	۰	۱۱/۴	۱۷/۱	۲۲/۹	۲۵/۷	۲۲/۹	۲۲/۹	۷۱/۵
	تابستان	۰	۱۱/۴	۲۵	۲۵	۱۸/۲	۱۸/۲	۲۰/۵	۰
	پاییز	۰	۹/۱	۱۸/۲	۱۸/۲	۱۸/۲	۳۶/۴	۰	۰
گناباد	زمستان	۰	۴/۳	۴/۳	۲۶/۱	۴۷/۸	۱۷/۴	۰	۰
	بهار	۰	۵/۳	۱۱/۴	۲۲/۷	۲۵	۲۹/۵	۵/۳	۰/۸
	تابستان	۰	۳/۳	۱۶/۴	۳۱/۱	۱۶/۴	۳۲/۸	۰	۰
	پاییز	۰	۱۲/۵	۰	۴۱/۷	۲۹/۲	۱۶/۷	۰	۰
سرخس	زمستان	۵	۹/۴	۱۷/۳	۲۴/۵	۲۲/۳	۱۱/۵	۵	۵
	بهار	۴/۷	۱۸/۲	۲۲/۲	۱۷/۲	۱۳/۸	۱۲/۸	۶/۷	۴/۴
	تابستان	۱/۹	۱۷/۱	۲۸/۵	۲۲/۴	۱۶/۶	۸/۶	۲/۵	۲/۵
	پاییز	۵/۸	۷/۷	۲۱/۸	۲۵/۶	۱۷/۹	۱۲/۲	۵/۱	۳/۸
قوچان	زمستان	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰
	بهار	۰	۰	۰	۳۳/۳	۶۶/۷	۰	۰	۰
	تابستان	۰	۰	۰	۳۳/۳	۵۰	۰	۰	۰
	پاییز	۰	۲۰	۲۰	۰	۴۰	۲۰	۰	۶۰
نیشابور	زمستان	۲/۴	۲/۴	۱۷/۱	۲۶/۸	۳۱/۷	۷/۳	۴/۹	۷۳/۲
	بهار	۱/۱	۵/۳	۶/۴	۲۴/۵	۲۶/۶	۳۳	۳/۲	۰
	تابستان	۰	۱/۵	۱/۵	۱۳/۶	۴۸/۵	۳۱/۸	۳	۰
	پاییز	۵/۶	۵/۶	۰	۱۱/۱	۲۷/۸	۳۳/۳	۵/۶	۱۱/۱



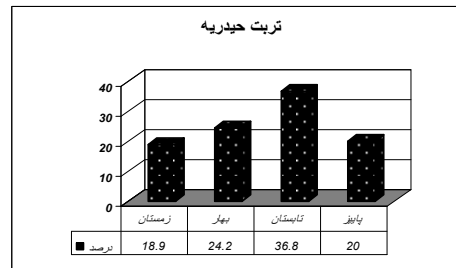
(ب)



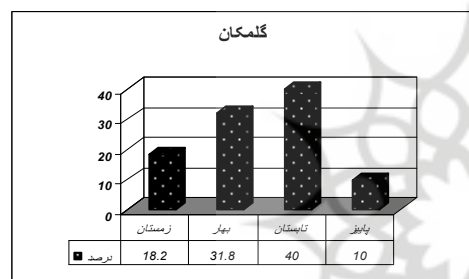
(الف)



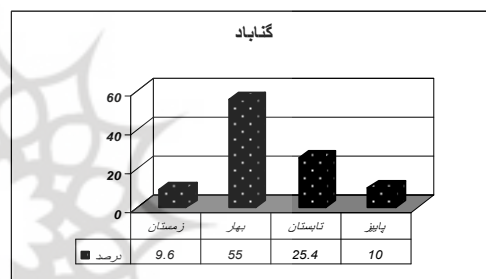
(د)



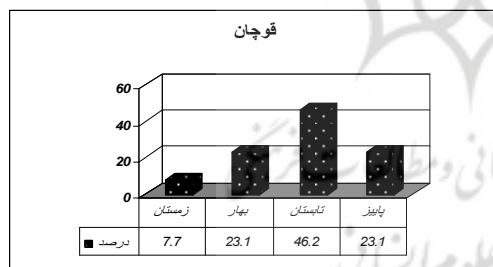
(ج)



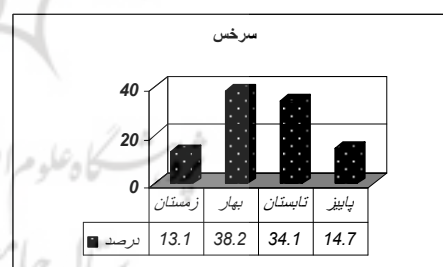
(و)



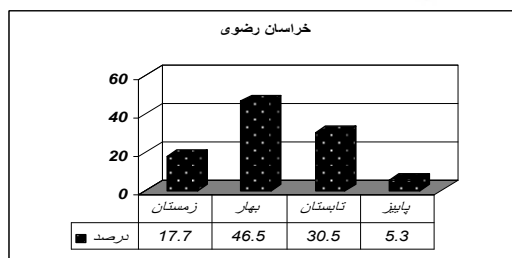
(ه)



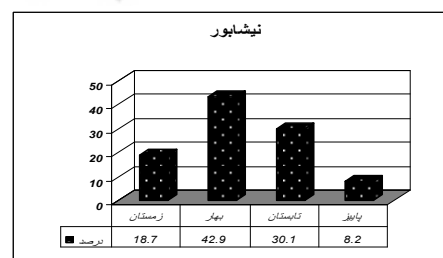
(ح)



(ز)



(ی)

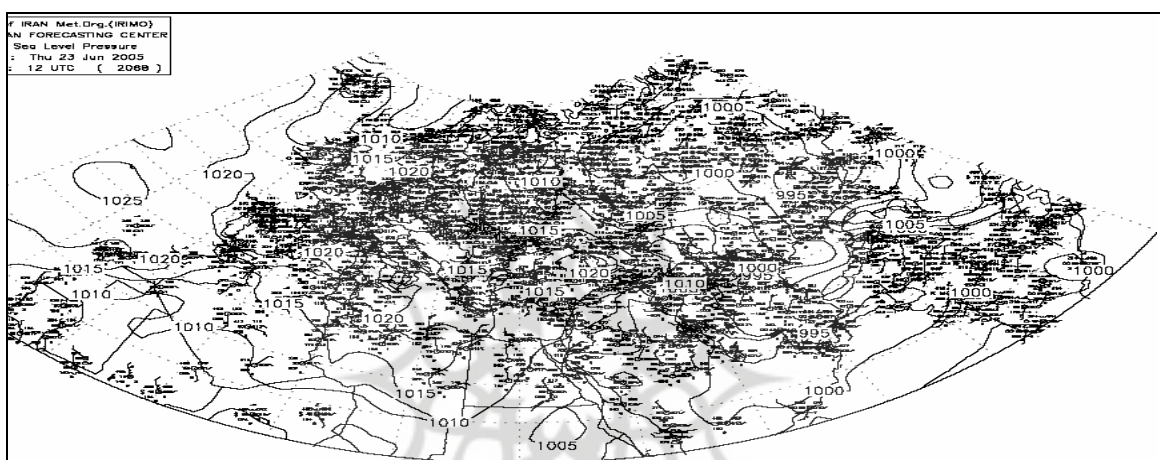


(ط)

شکل ۳ نمودار ستونی توزیع فراوانی فصلی توفان گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه

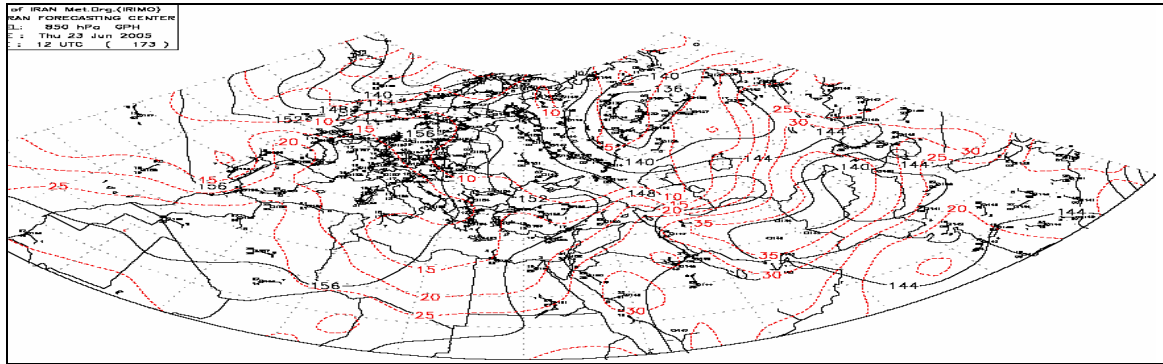
یافته های تحقیق

بر اساس شکل (۴) قبل از شروع طوفان مرکز کم فشاری بخش شرقی ایران، شمال پاکستان و بخش جنوبی افغانستان را در برمی گیرد که این مرکز در بخش شمالی خود از منطقه مورد مطالعه عبور می کند. در مقابل مرکز پرفشاری بین اسپانیا و ایتالیا در دریای مدیترانه بسته می شود که زبانه شرقی این پرفشار با امتداد غربی- شرقی تا دریای سیاه امتداد می یابد. در نتیجه شیب فشاری در بخش شمال شرقی ایران تقویت می شود. شیب فشاری بین منطقه مورد مطالعه و جنوب شرقی دریای خزر به ۱۵ هکتوپاسکال می رسد. و منحنی ۱۰۰۵ هکتوپاسکال از شمال استان گلستان عبور می کند. بتدریج در ۲۴ ساعت قبل از شروع توفان این مرکز بین ۵ تا ۱۰ هکتوپاسکال تقویت شده و شیو حرارتی بین منطقه مورد مطالعه و جنوب شرقی دریای خزر به ۲۰ تا ۲۵ هکتوپاسکال می رسد.



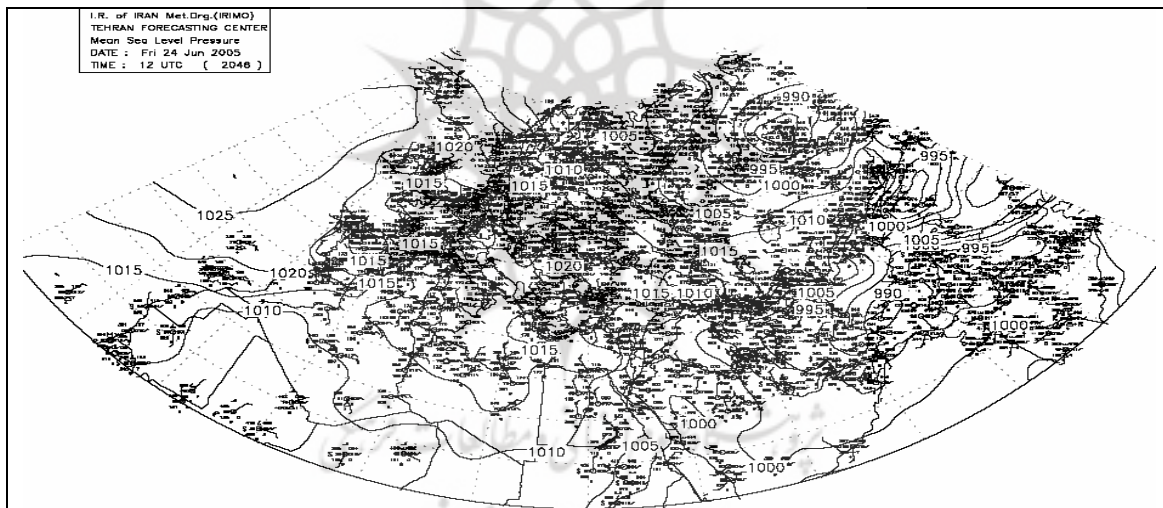
شکل ۴ شرایط سینوپتیکی سطح متوسط دریا در روز ۲۳ ژوئن ۲۰۰۵

در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال قبل از شروع توفان مرکز واچرخندی بر روی شمال شبه قاره هند و دامنه های جنوبی ارتفاعات هیمالیا و مرکز چرخندی بر روی شمال سبیری بسته می شود. زبانه جنوبی این چرخند با امتداد شمال شرقی- جنوب غربی تا شمال دریای خزر و سیاه امتداد می یابد. در عمده موارد، پربند ۱۴۴ ژئوپتانسیل دکامتر از جنوب منطقه عبور می کند. جهت جریانات نشان دهنده ریزش هوای عرض های بالا بر روی منطقه و تشدید شیو در منطقه در طی روزهای آینده می باشد. همان طور که در جدول (۳) نیز ملاحظه می شود در این روز هوا در ساعت ۱۲ بر روی ایستگاه سبزوار، نیشابور و سرخس آرام، در کاشمر سرعت باد ۶ نات و باد از سمت شرق می وزد. و در ایستگاه قوچان نیز هوا آرام است. در ادامه مرکز واچرخندی شمال هند به سمت شرق جابجا شده و مرکز چرخندی ضعیفی بر روی شمال شرق افغانستان شکل می گیرد. ولی در مقابل زبانه مرکز واچرخندی آزر از روی دریای سیاه بر روی نیمه جنوبی خزر گسترش یافته و تا شمال خراسان رضوی را در بر می گیرد. ملاحظه می شود که به این ترتیب شیو حرارتی بر روی منطقه افزایش می یابد (شکل ۵).



شکل ۵ شرایط سینوپتیکی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز ۲۳ ژوئن ۲۰۰۵

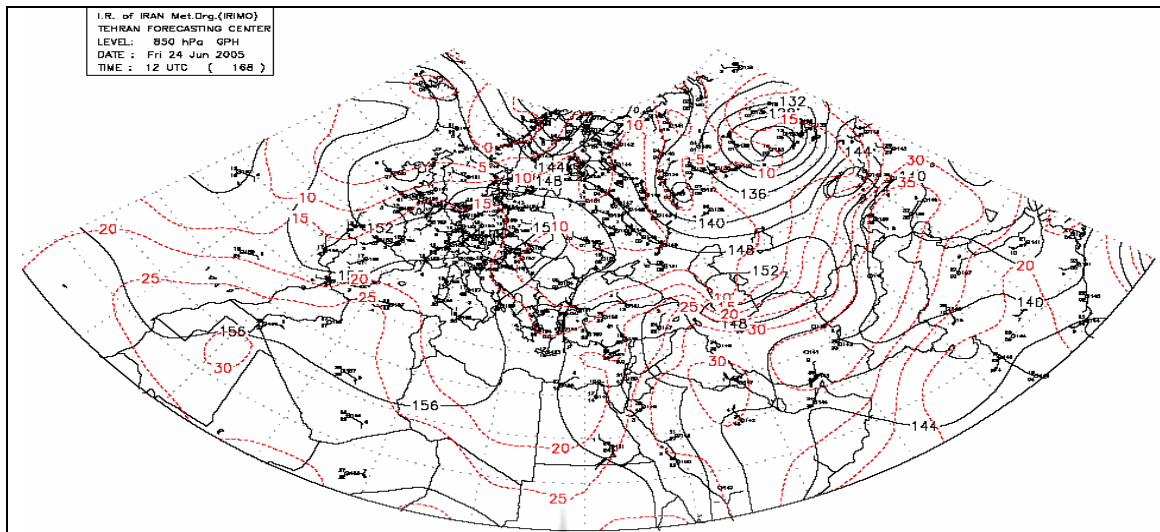
بر اساس شکل (۶) در روز شروع توفان مرکز کم فشاری قرینه ای بر روی جنوب خراسان و شمال سیستان بسته می شود که فشار مرکزی آن عموماً کمتر از ۹۹۰ هکتوپاسکال می باشد. تداوم ریزش هوای سرد از عرض‌های بالا بر روی دریای خزر توسط واچرخند حاکم بر روی منطقه ناوه عمیقی را با امتداد شمالی - جنوبی ایجاد می کند که این زبانه تا شمال یزد گسترش می یابد. در نتیجه تند بادهای از جنوب خراسان شروع به وزیدن می کنند.



شکل ۶ شرایط سینوپتیکی تراز متوسط دریا در روز ۲۴ ژوئن ۲۰۰۵

همان طور که بر روی شکل (۷) ملاحظه می شود در روز شروع توفان مرکز چرخندی شمال سبیری جابجایی نسبتاً زیادی به سمت شرق و شمال داشته و زبانه های آن نیز به سمت شمال دریای خزر عقب نشینی می کند. در مقابل زبانه واچرخندی بر روی دریای خزر گسترش بیشتری پیدا کرده و در این روز مرکز واچرخندی با راستای غربی - شرقی در مرکز دریای خزر و ترکمنستان بسته می شود. به این ترتیب با تداوم ریزش هوای جنب قطبی به وسیله چرخند سبیری و سلول واچرخندی نسبتاً قوی بر روی خزر و همرفت هوای گرم دشت های مرکزی ایران بر روی شمال خراسان، شیو بر روی منطقه تشدید شده و سرعت بادهای نیز افزایش می یابد. در این روز سرعت باد در ایستگاه سبزوار ۱۲ و از سمت جنوب شرقی (۱۳۰ درجه) در ایستگاه کاشمر ۶ نات و از سمت جنوب شرق (۱۲۰

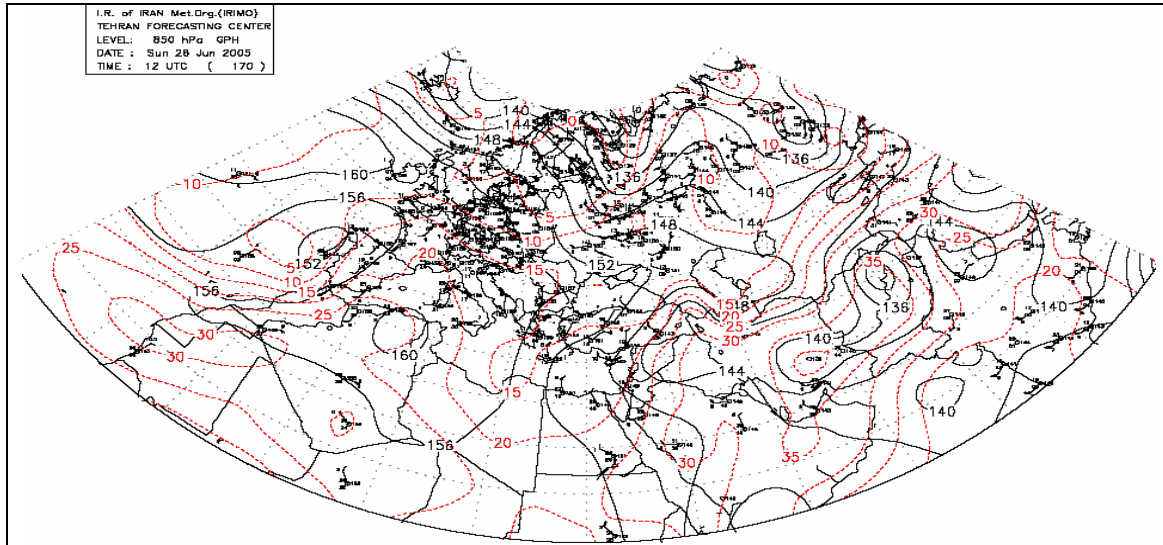
درجه) و در ایستگاه قوچان ۸ نات و از سمت شمال شرق (۶۰ درجه) در ایستگاه نیشابور ۶ نات و از سمت جنوب شرق و در ایستگاه سرخس ۶ نات و از سمت شمال غرب (۳۵۰ درجه) می وزد.



شکل ۷ شرایط سینوپتیکی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۲۴ ژوئن ۲۰۰۵

در روز اوج توفان دو مرکز چرخندی روی جنوب خراسان و غرب افغانستان به صورت یکپارچه درآمده و هسته مرکزی آن با فشار مرکزی کمتر از ۹۹۰ هکتوپاسکال بر روی خراسان جنوبی بسته می شود. مرکز واچرخندی با دو سلول (یکی بر روی شمال دریای خزر و دیگری بر روی سواحل جنوبی خزر) بسته می شود. در این حالت شیو فشار بین جنوب دریای خزر و منطقه مورد مطالعه به بیش از ۲۰ هکتوپاسکال می رسد. منطقه همچنان در جلو موج قرار گرفته و ناپایداری شدیدی بر منطقه حاکم است.

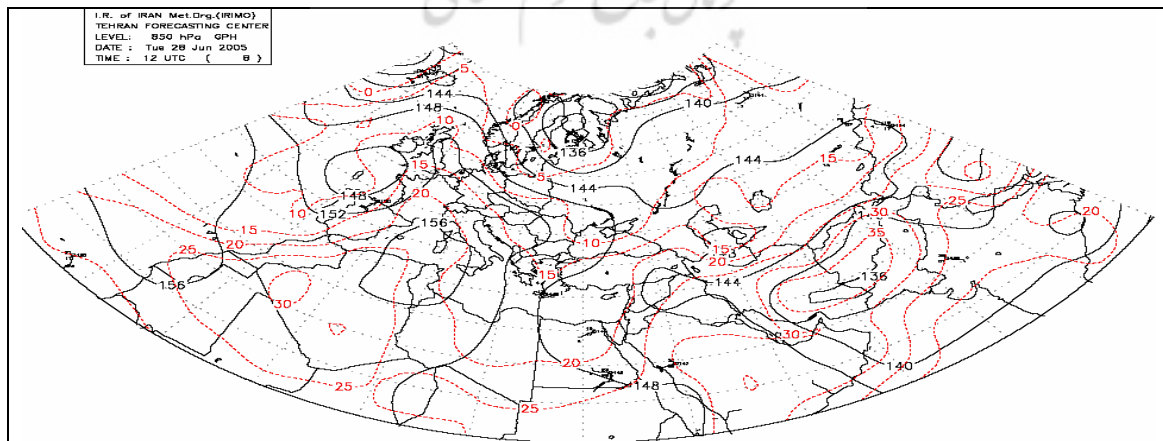
در روز اوج توفان مرکز واچرخندی شمال هند تقویت شده و بر روی شمال شرق افغانستان و شرق ارتفاعات تبت شکل می گیرد و زبانه غربی آن با امتداد شرقی- غربی کل کشور ایران را در بر می گیرد. در مقابل زبانه واچرخندی آזור بر روی دریای خزر و شمال ایران تشدید شده و شیو ارتفاعی بر روی منطقه تشدید می شود. فرارفت سرد بوسیله زبانه واچرخندی، فرارفت گرم به وسیله زبانه چرخندی شمال شرق افغانستان موجب تشکیل یک هسته گرم بر روی خراسان جنوبی و شمال سیستان و هسته سردی بر روی خزر جنوبی شده و شیو گرمایی شدیدی بر روی خراسان رضوی فراهم کرده است. شرایط توپوگرافی و فیزیکی زمین در جنوب خراسان رضوی این پدیده را تشدید کرده است (شکل ۸). به همین دلیل سرعت باد در ایستگاه سرخس ۴ نات از سمت شرق، در ایستگاه نیشابور هوا آرام، در ایستگاه قوچان ۶ نات و از سمت ۱۱۰ درجه می وزد. ولی به سمت جنوب سرعت به شدت افزایش می یابد. به طوری که سرعت باد در ایستگاه کاشمر ۱۶ نات و در ایستگاه سبزوار نیز ۱۶ نات که به ترتیب از جهت ۱۱۰ و ۱۲۰ (جنوب شرق) در حال وزش می باشد.



شکل ۸ شرایط سینوپتیکی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز ۲۶ ژوئن ۲۰۰۵

در شرایط سینوپتیکی حاکم در زمان تضعیف توفان ابتدا مرکز واچرخندی روی دریای خزر بتدریج تضعیف شده و از بین می‌رود. در نتیجه شیو فشاری حاکم بر روی منطقه ضعیف شده است. در این شرایط با وجود اینکه ابتدا مرکز چرخندی روی جنوب خراسان تقویت می‌شود، ولی از روز دوم بعد از اوج توفان، این مرکز به تدریج تضعیف شده و از بین رفته در مقابل منحنی ۱۰۱۰ هکتوپاسکال از شرق دریای سیاه فراتر نیامده و منحنی ۱۰۰۵ هکتوپاسکال از روی منطقه مورد مطالعه عبور می‌کند. در نتیجه شیو حرارتی بر روی منطقه به شدت کاهش یافته و هوای نسبتاً پایداری بر منطقه حاکم می‌شود.

بر اساس شکل (۹) در زمان تضعیف توفان مرکز چرخندی شمال افغانستان تضعیف شده و سلول فرعی آن بر روی سیستان و شمال پاکستان بسته شده و زبانه آن نیز به سمت شرق و جنوب عقب نشینی کرده است. پربند ۱۴۴ ژئوپتانسیل دکامتر که روزهای قبل از شمال خراسان رضوی عبور می‌کرد در این حالت به عرض‌های جنوبی منطقه منتقل شده و پربند ۱۴۸ ژئوپتانسیل دکامتر کاملاً به سمت غرب عقب نشینی کرده و از مرکز ترکیه و دریای سیاه فراتر نیامده است. سلول فرعی بر روی مرکز دریای خزر بسته شده است. جدول (۳) پراکنش سمت و سرعت باد را در نمونه توفان انتخابی نشان می‌دهد.



شکل ۹ شرایط سینوپتیکی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز ۲۸ ژوئن ۲۰۰۵

جدول ۳ سرعت (FF) و جهت (DD) بادها در ایستگاه های منتخب

ایستگاه	ساعت	۰		۳		۶		۹		۱۲		۱۵		۱۸		۲۱	
		FF	DD	FF	DD	FF	DD	FF	DD	FF	DD	FF	DD	FF	DD	FF	DD
مرخس	روز	۳۱۰	۱۴	۳۱۰	۱۷	۳۱۰	۱۴	۳۰۰	۱۴	۳۰۰	۱۴	۳۰۰	۱۴	۳۱۰	۱۴	۳۱۰	۱۴
	۲۲	۳۱۰	۱۴	۳۱۰	۱۷	۳۱۰	۱۴	۳۰۰	۱۴	۳۰۰	۱۴	۳۰۰	۱۴	۳۱۰	۱۴	۳۱۰	۱۴
	۲۳	۰	۰	۲۳	۳۰۰	۰	۰	۱۷	۳۰۰	۰	۰	۱۷	۳۰۰	۰	۰	۳۱۰	۱۴
	۲۴	۲۹۰	۱۰	۰	۰	۱۰	۳۳۰	۰	۳۶۰	۰	۳۵۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷۰	۰	۵۰	۰	۳۵۰	۰	۰	۰	۰
	۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۰	۰	۳۶۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۳۰	۰	۲۴۰	۰	۴	۲۴۰	۰	۰	۰
	۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۲۵۰	۰
نیشابور	روز	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۶۰	۰	۱۳	۰	۰
	۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۰	۰	۱۰۰	۰	۴	۱۰۰	۰	۱۲	۰
	۲۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۰	۰	۸	۱۰۰	۰	۱۲	۰
	۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سبزوار	روز	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۴	۳۶۰	۸	۹۰	۸	۱۲۰	۸	۱۱۰	۱۲	۱۷	۱۳۰	۱۲	۱۰۰	۱۶	۹۰	۱۹	۹۰
	۲۵	۸۰	۱۶	۸۰	۱۶	۹۰	۱۶	۹۰	۱۷	۱۰۰	۱۴	۱۱۰	۱۷	۱۱۰	۱۷	۱۰۰	۱۹
	۲۶	۸۰	۱۴	۸۰	۱۴	۹۰	۱۶	۹۰	۱۷	۱۲۰	۱۶	۹۰	۱۶	۹۰	۱۴	۸۰	۱۴
	۲۷	۸۰	۱۶	۸۰	۱۶	۹۰	۱۶	۹۰	۱۰	۱۲۰	۲۳	۶	۱۰۰	۱۹	۹۰	۱۲	۷۰
	۲۸	۸۰	۱۴	۸۰	۱۴	۹۰	۱۶	۹۰	۱۲۰	۱۴	۱۴۰	۸	۱۱۰	۱۰	۱۴	۸۰	۱۴
	۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کاشمر	روز	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۸	۳۰	۶	۶۰	۴	۱۳۰	۶	۱۲۰	۱۰	۱۲۰	۱۰	۱۲۰	۱۰	۱۰۰	۹۰	۱۲۰	۴
	۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فرچان	روز	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۷	۳۰۰	۴	۳۱۰	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

بحث و نتیجه گیری

همان طور که ملاحظه شد توفان های گرد و غبار در جنوب استان خراسان رضوی یک پدیده نسبتاً متداول می باشد. به طوریکه از شمال به جنوب استان متوسط تعداد توفان ها در طول دوره آماری در سال از امروز در قوچان به ۱۲/۶ روز در گناباد می رسد. این پدیده به دلیل خصوصیات توپوگرافی و فیزیکی زمین (زمین های

لخت و یا با پوشش گیاهی تنگ، دشت‌های گسترده، ارتفاع پایین) خشکی هوا و شفافیت جو و زاویه تابش بالا در قسمت‌های جنوبی استان می‌باشد.

عمده توفان‌ها در تمام طول سال از ساعت ۱۲ ظهر به بعد شکل می‌گیرد که عوامل محلی بیشتر در تشدید توفان‌ها و عوامل ترمودینامیکی در شکل‌گیری و گسترش توفان‌ها موثرند. در نتیجه با افزایش دما از اوایل بعد از ظهر ناپایدارهای محلی نیز تشدید می‌شود.

بررسی اولیه بر روی نقشه‌های ترازهای دریا، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز نشان داده که نقشه‌های تراز دریا و ۸۵۰ هکتوپاسکال بهتر از نقشه سایر ترازها، شرایط توفان را توجیه می‌کردند. به همین دلیل نقشه تراز دریا و ۸۵۰ هکتوپاسکال برای تحلیل‌های سینوپتیکی انتخاب شد. در مجموع بررسی‌ها نشان داد که:

الف) در نقشه تراز متوسط دریا در روز توفان، مرکز کم فشاری در محدوده جنوب خراسان و کشور افغانستان بسته می‌شود. که فشار مرکزی آن عموماً کمتر از ۹۹۰ هکتوپاسکال می‌باشد. در مقابل از اوایل شروع توفان بتدریج زبانه‌ای از پرفشار آزور بر روی دریای سیاه و سپس دریای خزر گسترش یافته تا ساحل جنوبی خزر را در بر می‌گیرد. به طوری که در شدیدترین روز توفان مرکز فرعی بر روی جنوب خزر شکل می‌گیرد که شیو فشاری بر روی منطقه به بیش از ۲۸ هکتوپاسکال می‌رسد. مرکز پرفشاری بر روی دریای خزر و عموماً در بخش جنوبی دریای خزر بسته می‌شود که فشار مرکزی آن در اکثر مواقع بیش از ۱۰۱۵ هکتوپاسکال است.

ب) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مرکز چرخندی در بخش شرقی و شمال شرقی افغانستان بسته می‌شود که زبانه چرخندی بخش جنوبی خراسان را در بر می‌گیرد. پربند ۱۴۴ ژئوپتانسیل در اکثر موارد، به خصوص در زمان وقوع توفان از شمال منطقه مورد مطالعه عبور می‌کند. در مقابل واچرخندی بر روی دریای خزر و ترکمنستان بسته می‌شود که ارتفاع آن در اکثر مواقع بیش از ۱۴۸ ژئوپتانسیل دکامتر بالغ می‌شود. به این ترتیب با ایجاد شیو شدید فشار و گرما موجب وزش بادهای شدیدی، به خصوص در نیمه جنوبی استان خراسان رضوی می‌گردد.

منابع

- آل احمد، مهرداد (۱۳۷۴)، بررسی سینوپتیکی امواج ناشی از طوفان‌های دریایی خزر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما، خیراندیش، محمد، دانشگاه تهران، موسسه ژئوفیزیک.
- امیدوار، کمال (۱۳۸۵)، بررسی و تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های ماسه در دشت یزد- اردکان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲، شماره پیاپی ۸۱، صص ۴۳-۵۸.
- حسینی، سید باقر (۱۳۷۹)، مطالعه سینوپتیکی طوفان‌های شدید در تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما، خیراندیش، محمد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی.
- سازمان هواشناسی کشور، اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر (۱۳۸۵)، نقشه‌های سینوپتیکی سطح زمین و سطوح فوقانی جو در دوره انتخابی نمونه.
- قائمی، هوشنگ، عدل، محمود (۱۳۷۱)، ناپایداری و طوفان‌های رعد و برق، سازمان هواشناسی کشور، صص ۱۰-۷.

- قند هاری، شهرزاد(۱۳۸۵)، بررسی امکان شبیه سازی بارش های رگباری شدید حاصل از سلول های همرفتی با استفاده از مدل MM5 و مقایسه نتایج به صورت موردی، پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما، مشکواتی، امیرحسین، دانشگاه آزاد، واحد علوم تحقیقات تهران.
- مرجانی، سید صدرالدین(۱۳۷۲)، بررسی سینوپتیکی بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه(طوفان) در خراسان، پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما، خیراندیش، محمد، دانشگاه تهران، دانشکده ژئوفیزیک.
- همتی، نصر... (۱۳۷۴)، گرایش سینوپتیک بررسی فراوانی طوفان های خاک در نواحی مرکزی و جنوب غربی کشور، پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما، اردکانی، محمد حسین، دانشگاه تهران، دانشکده ژئوفیزیک.

- Ali Hamed Ali(1990), wind Regime of the Persian Gulf. no. 62.
- Absil, F.G.J.Beugeling,G.L.H085), the entrainment of small particales by turbulent spot, lab, for are and Hydro dynamics. nether lands.
- Carlson, L(1992).monthly weather, review volume, no5.
- Lin,Guanghai(2002); Dust bowl in the 1930 and sand storm in 1999 in the USA, Global Alarm: Dust and sand storms from the word drylands, United Nations.p52.
- Koteswaram, E(1998). synoptic meteorology.
- Natsagdorj, L.D. Jugder, Y.Schung(2002). Analysis of dust storms observed. Mongolia during 1937-1999, p12.
- Nalivkin, D.V(1963).tyfhon,Hurricane.Dust storms and sand spout. drylands, United Nations.
- Seredkin, E.N,(1960) Dust storms in Kazakhstan.scientific issue of Hydro- Meteorological scientific Research Institute of Kazakhstan.No.15,V5pp. Nauka, Leningrad. p17.
- Squires, Victor, R.(2002); Dust and sand storms: An early warning of impending disaster, Global Alarm: Dust and sand storms from the word. Pp160-170.