

تحلیل سینوپتیکی توفان گونو و اثرات آن بر جنوب شرق ایران

حسن لشکری: دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران*

قاسم کیخسروی: کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

هدف این تحقیق، شناخت عوامل سینوپتیکی و دینامیکی موثر بر شکل‌گیری توفان گونو و آثار آن بر جنوب شرق ایران است. برای تحلیل سینوپتیکی توفان، نقشه‌های سینوپتیکی چند روز قبل و روز وقوع و بعد توفان از سایت www.cdc.noaa.gov - که مربوط به سازمان هواشناسی و اقیانوس‌شناسی کشور ایالات متحده امریکاست - تهیه شد. این تحقیق نشان داد که عمده سامانه‌های منجر به توفان گونو، از شرایط سینوپتیکی زیر پیروی می‌کنند: در تراز سطح دریا در روز ششم ژوئن و اچرخند شمال اروپایی به دو بخش تقسیم شده: یکی بر روی دریای خزر که زبانه جنوبی آن بخش اعظم ایران را در بر گرفته، تداوم ریزش هوای سرد را بر روی ایران انجام می‌دهد و دیگری در شرق دریای مدیترانه که تا سودان ادامه داشته و باعث تقویت چرخند شده است. آرایش توپوگرافی سطوح ۸۵۰ هکتوپاسکال در (۷ ژوئن ۲۰۰۷) حاکی از ادغام زبانه چرخند روی دریای عمان و دریای مدیترانه است. با ادغام این دو چرخند، زبانه و اچرخند شمال آفریقا کاملاً به سمت غرب عقب‌نشینی کرده و فرارفت سرد بر روی شرق دریای سرخ انجام شده است. به این ترتیب، هم به دلیل انتقال چرخند به داخل خشکی و هم به دلیل قطع فرارفت سرد پشت چرخند، در روزهای آینده توفان تضعیف می‌شود. در تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال (۷ ژوئن) بخش شمال چرخند از جنوب و جنوب شرقی ایران عبور کرده و موجب ریزش شدید باران در منطقه شده است، به طوری که بیشترین مقادیر آن در ایستگاه‌های چابهار و ایران شهر به ترتیب با مقدار ۹۰/۵ و ۱۵/۳ میلیمتر بوده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۷ ژوئن) چرخند بوسیله دو مرکز و اچرخندی، یکی بر روی هند و پاکستان و دیگری زبانه و اچرخند شمال آفریقا احاطه شده و زبانه و اچرخند سیبری نیز کاملاً تا مرز خراسان شمالی عقب‌نشینی کرده است. در روز هشتم، هسته بیشینه بارش قدری به سمت تنگه هرمز کشیده شده، به طوری که بیشترین بارش در ایستگاه جاسک با مقدار ۹۲/۴ میلیمتر و کمترین آن در ایستگاه چابهار با ۲/۳ میلیمتر دریافت شده است. واژه‌های کلیدی: سیکلون‌های حاره‌ای، توفان گونو، سیستم‌های سینوپتیکی، جنوب شرق ایران.

مقدمه

های گرم اقیانوس‌های حاره‌ای، عمدتاً در کمربند بین ۲۰ درجه شمالی و جنوبی شکل می‌گیرند. در مقایسه با سیکلون‌های عرض‌های بالا، سیکلون‌های حاره‌ای دارای اندازه کوچک‌تر، ولی قدرت بیشتری هستند. علت این امر داشتن گرادیان فشار آتمسفری

سیکلون‌های حاره‌ای ارتباط مستقیمی با گردش عمومی هوا داشته، یکی از عوامل اغتشاش در منطقه حاره به شمار می‌روند (چو، ۲۰۰۴: ۲۹۷؛ هار و چان، ۲۰۰۵: ۲۲۲۷). سیکلون‌های حاره‌ای بر روی آب

زیاد و به تبع آن سرعت باد بیشتر می باشد (مورتی، ۱۹۸۴: ۸۹۷). با خروج سیستم های عرض های بالا و بادهای غربی از کشور ایران، به تدریج سیستم های حاره ای بر روی این منطقه گسترش می یابند. در ماههای گرم سال با حرکت ظاهری خورشید از نیمکره جنوبی به نیمکره شمالی منطقه همگرایی مداری (ITCZ)^۱ به دامنه های جنوبی ارتفاعات هیمالیا جابه جا می شود. جریان های جنوبی جبه منظور رسیدن به منطقه همگرایی مداری مجبور به عبور از استوا هستند و به دلیل وجود نیروی کویولیس تبدیل به بادهای جنوب غربی شده، برای رسیدن به منطقه همگرایی مداری، با عبور از اقیانوس هند رطوبت کسب می کنند(کاویانی و علیجانی، ۱۳۸۱: ۱۶۱). فرآیندهایی که به این ترتیب تکامل می یابند، در صورت فراهم شدن شرایط باعث بارش های شدید در هندوستان و مناطق جنوب شرق ایران می شوند. این سیکلون ها خسارت های فراوانی را بر روی کشورهایی که در معرض سیکلون هستند، ایجاد می کنند. سیکلون های حاره ای طی سالهای اخیر آثار زیانباری برای کشورهای بنگلادش و کانادا به بار آورده اند (شارما و مورتی، ۱۹۸۸: ۲۵۵). آثار اقتصادی و روند توفان ها در ارتباط با تغییر اقلیم توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است (میهل و همکاران، ۲۰۰۷: ۷۴۷؛ کریستین و همکاران، ۲۰۰۷: ۸۴۷). بسیاری از محققان مدارک و شواهدی دال بر

تغییرات فعالیت سیکلون ها و توفان های شدید بر اثر افزایش گازهای گلخانه ای ارایه می کنند (یولبریچ و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۱۷). نتایج مطالعات بر روی نیمکره شمالی نشان می دهد که در اکثر مدل های اقلیمی تعداد سیکلونها اندکی کاهش یافته، در حالی که تعداد توفانها افزایش یافته است(لامبرت و فیفه، ۲۰۰۶: ۷۱۳؛ لیکیبوسچ و همکاران، ۲۰۰۶: ۵۹). نیومان و هیل (۱۹۷۶) مسیر سیکلون های اقیانوس اطلس شمالی را برای سال های ۱۸۷۱-۱۹۷۷ با جزئیات کامل مشخص کردند. گولدنبرگ (۲۰۰۱) هاریکن های عمده اقیانوس اطلس را نمود. روبرت (۱۹۹۸: ۱۸۶۶) رابطه شرایط جوی بالا را با رخداد بارش های سنگین تابستان در یوتا بررسی نموده است. وی نقش عوامل سینوپتیکی را چه مستقیم و چه غیر مستقیم مهم دانسته و همچنین به این نتیجه رسیده است که انتقال رطوبت از اقیانوس اطلس در ایجاد این بارش های سنگین اهمیت فوق العاده دارد.

در بررسی سینوپتیکی که پیر (۱۹۹۵) در ارتباط با بارندگی های فصل گرم شمال شرقی آفریقا انجام داده، مشخص شد که این بارش ها در اثر حوادث النینو و پدیده مونسون اتفاق افتاده و نقش اقیانوس اطلس هم در ایجاد این بارش ها مؤثر است. مادوکس (۱۹۷۸) با مقایسه ای که بین سیل های سنگین بیگ تامپسون و راپیدسیتی از نظر سینوپتیکی انجام داد، به این نتیجه رسید که عامل ایجاد این سیل ها بادهای

^۱ Inter Tropical Convergence Zone

فشار موسمی سودانی و منطقه همگرایی دریای سرخ و تبدیل آنها به سیستم دینامیکی و ترمودینامیکی می‌داند. نجار سلیقه (۱۳۷۷) در پژوهشی که در ارتباط با بارش های تابستانه جنوب شرقی ایران انجام داد، به این نتیجه رسید که نفوذ زبانه کم فشار موسمی از سمت شرق در سطوح زیرین تروپوسفر که سبب انتقال رطوبت اقیانوس هند و خلیج بنگال می‌شود، چنانچه شرایط مساعدی برای صعود توده های مرطوب در لایه های میانی تروپوسفر وجود داشته باشد، بارش های رگباری شدیدی به وجود می‌آورد. هدف این تحقیق، شناخت عوامل سینوپتیکی و دینامیکی موثر بر شکل گیری توفان گونو و آثار آن بر جنوب شرق ایران است.

مواد و روش ها

در مطالعات سینوپتیکی که هدف یافتن رابطه بین الگوهای گردشی با پدیده های سطح زمین است، پایگاه داده مورد نیاز است: داده های مربوط به الگوهای گردش جوی و دیگر پایگاه داده های سطح ایستگاه. در این تحقیق نیز که هدف بررسی رابطه بین الگوهای گردش جو با توفان و بارش سیل آسای گونو است از دو پایگاه داده استفاده شد. نقشه های مربوط به ارتفاع ژئوپتانسیل (hgt) چند روز قبل، روز وقوع و بعد از وقوع توفان برای سطوح مختلف جو (۱۰۰۰، ۸۵۰، ۶۰۰، ۵۰۰ هکتوپاسکال) از سایت www.cdc.noaa.gov استخراج و تحلیل شد. نقشه

سطح پایین هستند که رطوبت فراوانی را به این دو منطقه منتقل می‌کنند.

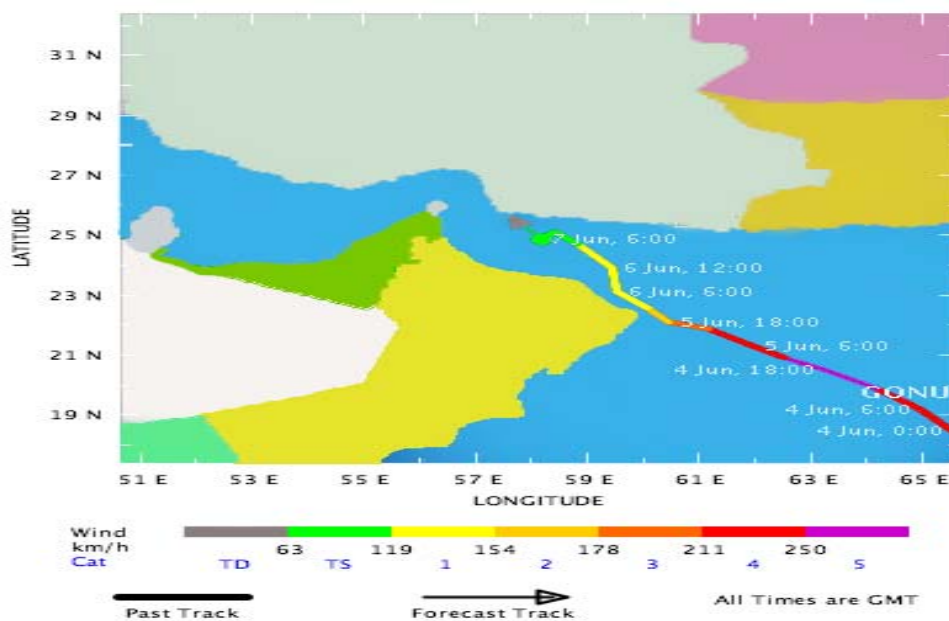
اوتکین و جاناتان مارتین (۲۰۰۴) از لحاظ اقلیم شناسی سینوپتیکی توفان جنب حاره ای کونا را بررسی کردند. ایشان نشان دادند که سیکلون های سطح زمین به رخنه اغتشاش های برون حاره به جنب حاره منجر می‌شود. فینک و همکاران (۲۰۰۹) توفان کیریل اروپا را در ژانویه ۲۰۰۷ مطالعه کردند. ایشان با استفاده از مدل های مختلف به تحلیل سینوپتیکی، آثار هواشناختی آن و ارتباط با تغییر اقلیم پرداختند. نتایج حاصل از مدل ایشان نشان داد که شیو فشار بسیار زیاد در اروپا به باد بسیار شدید و مخربی منجر شد که نه تنها مرکز اروپا، بلکه بخش های شرقی اروپا را نیز در بر گرفت. پینتو و همکاران (۲۰۰۹) ارتباط بین رخداد توفان با شاخص پیوند از دور نوسان اطلس شمالی (NOA) را بررسی کرده، نشان دادند که توفان ها و سیکلون های فرین طی فاز منفی نوسان اطلس شمالی اتفاق می‌افتد. ایوا و بلیک-باکواوسکا (۲۰۰۹) شرایط جوی رخداد توفان های شدید را در لهستان بررسی کردند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که در ۵۰ درصد روزهای همراه با توفان بارش بیش از ۲۰ میلی متر اتفاق می‌افتد و فراوانی روزهای همراه با توفان و بارش در الگوهای چرخندی با فراوانی آنها در شرایط و اچرخندی تقریباً برابر است. لشکری (۱۳۷۵) بارش های شدید جنوب غربی ایران را نتیجه تقویت و تشدید فعالیت مرکز کم

های مربوط به مؤلفه نصف النهاری باد و رطوبت نسبی نیز برای روزهای مذکور برای دو سطح مربوط به ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال تهیه و در ارتباط با نقشه های ارتفاع ژئوپتانسیل (hgt) برای هر روز به صورت جداگانه بررسی شد. برای دقیق تر شدن تحلیل سینوپتیکی توفان، پارامترهای اقلیمی (دما، بارش و رطوبت نسبی) مربوط به ایستگاه های جنوب کشور نیز از سازمان هواشناسی کشور در روزهای قبل از وقوع، وقوع و بعد از وقوع توفان فراهم گردید و در ارتباط با موقعیت قرارگیری سامانه های مؤثر در وقوع توفان تحلیل شد.

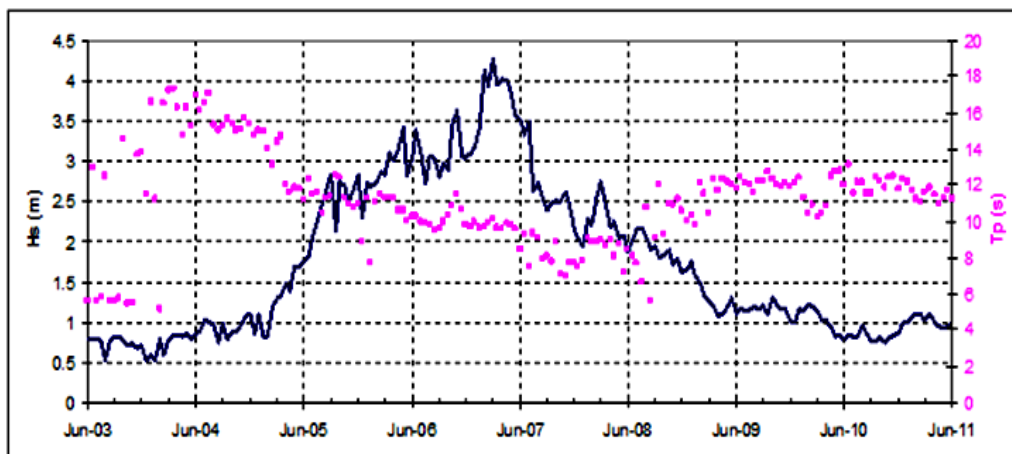
مسیر ورود سیکلون گونو به ایران

شکل ۱ مسیر حرکت توفان گونو را نشان می دهد. همان طور که از شکل مشخص است، این توفان ابتدا در روز ۴ ژوئن سال ۲۰۰۷ در ساعت صفر گرینویچ بر روی شرق دریای عرب تشکیل شده و در روزهای بعد جهت غربی به خود گرفته و در روز ۵ ژوئن ساعت ۱۸ به وقت گرینویچ به ساحل کشور عمان نزدیک شده است. با رسیدن توفان به خشکی ساحل کشور عمان از قدرت آن کاسته شده و جهت جنوبی - شمالی به خود گرفته است. در روز ۶ ژوئن توفان به ساحل جنوب شرق کشور ایران در دریای عمان رسیده است. در سواحل چابهار قبل از رسیدن توفان

ارتفاع امواج به طور متوسط برابر با ۱ متر است، اما با رسیدن توفان ارتفاع آنها به حداکثر خود می رسد. حداکثر ارتفاع امواج بیشتر از ۴ متر همزمان با حداکثر شدت توفان در روزهای ۶ و ۷ ژوئن است (شکل ۲). شروع توفان روز ۵ ژوئن می باشد و در روز ۸ ژوئن با رسیدن توفان به خشکی و از دست دادن انرژی رطوبتی خود از بین رفته است. توفان گونو و گرد باد استوایی پس از عبور از کشور عمان حرکت خود را به سمت سواحل جنوبی ایران در استان های سیستان و بلوچستان و هرمزگان و بخش هایی از کرمان ادامه داده و با سرعت بسیار زیادی به سواحل و جزایر جاسک، کنارک، چابهار، تنب های کوچک و بزرگ و ابوموسی رسیده است. وزش این توفان که در سواحل عمان سرعت آن ۲۰۰ کیلومتر و در سواحل ایران کمتر از این میزان گزارش شده است، در جنوب ایران میلیاردها تومان خسارت بر جای گذاشته است. بسیاری از روستاهای شهرستان چابهار و جاسک و روستاهای جنوب استان کرمان تحت تأثیر این توفان و در معرض سیل و آب گرفتگی قرار گرفتند. بیشترین شدت توفان روی سواحل دریای عمان، به ویژه کنارک و چابهار بوده که به قطعی خطوط برق و شبکه آب منجر شد (خبرنامه شماره ۵۳ مرکز ملی اقلیم شناسی، ۱۳۸۶).



شکل ۱) مسیر حرکت توفان گونو (<http://hurricane.methaz.org/gonu/idamage.png>)



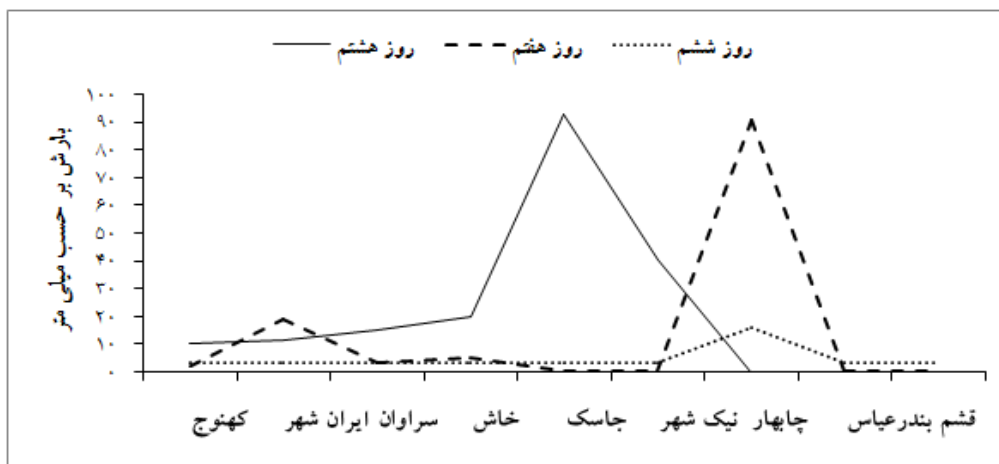
شکل ۲) ارتفاع امواج در سواحل چابهار (<http://hurricane.methaz.org/gonu/idamage.png>)

ایران شهر با مقدار $15/2$ میلیمتر در رتبه دوم قرار دارد. در روز ۱۸ خرداد (۸ ژوئن) که آخرین روز توفان گونو است هسته بیشینه بارندگی قدری به سمت تنگه هرمز کشیده شده و ایستگاه جاسک با مقدار $92/4$ میلیمتر بارش بیشترین مقدار را دریافت کرده است. ایستگاه چابهار در روز قبل که دارای هسته بیشینه بارش بود، در این روز مقدار بارش آن به $2/3$ میلیمتر رسیده است (شکل ۳ الف). مشاهده می شود که در

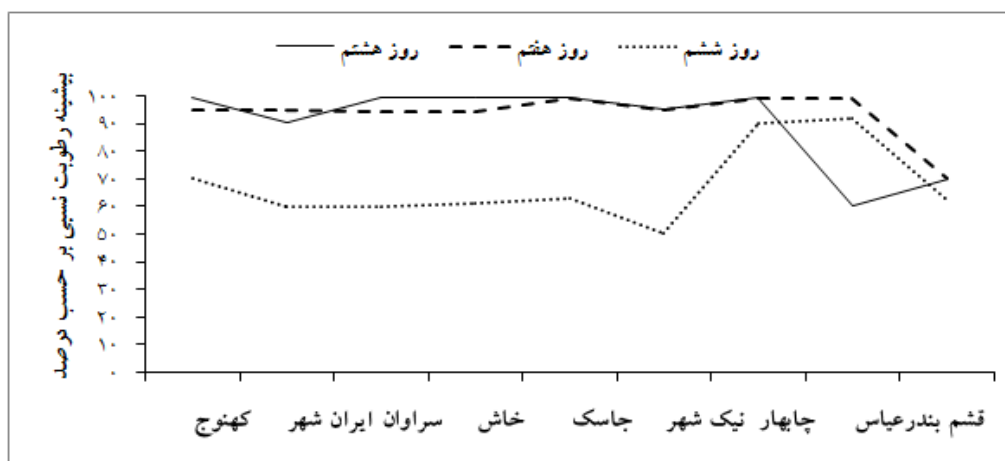
بررسی بارش، رطوبت نسبی و دما در ایستگاه های منتخب

در روز ۱۶ خرداد سال ۱۳۸۶ (۶ ژوئن سال ۲۰۰۷) فقط در ایستگاه چابهار بارندگی با مقدار $15/8$ میلیمتر گزارش شده است و بقیه ایستگاه ها بارشی دریافت نکرده اند (شکل ۳ الف). در روز ۱۷ خرداد (۷ ژوئن) بیشترین بارندگی در ایستگاه چابهار با مقدار $90/5$ میلیمتر مشاهده می شود. پس از آن ایستگاه

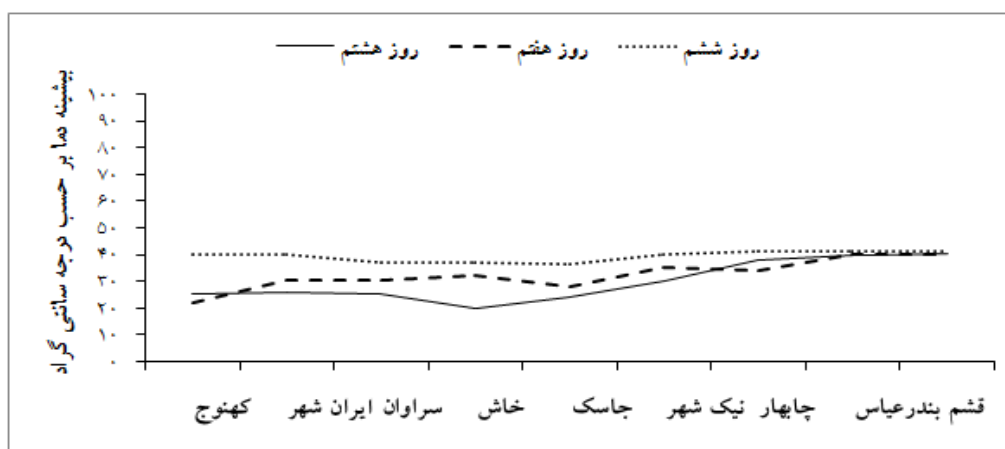
تمامی روزهای وقوع توفان گونو در ایستگاه‌های
 دهنده حاکمیت توده هوای (Maritime tropical) MT
 منتخب دما و رطوبت نسبی بسیار بالاست، که نشان
 در منطقه است (شکل ۳ قسمت ب و ج).



الف) بارندگی بر حسب میلی‌متر در ایستگاه‌های منتخب



ب) بیشینه رطوبت نسبی بر حسب درصد در ایستگاه‌های منتخب



ج) بیشینه دما بر حسب درجه سانتی‌گراد در ایستگاه‌های منتخب

شکل ۳) مقدار بارندگی، بیشینه رطوبت نسبی و دما در ایستگاه‌های منتخب در روز ۷، ۶ و ۸ ژوئن ۲۰۰۷

مؤلفه نصف النهاری باد در روزهای بارش

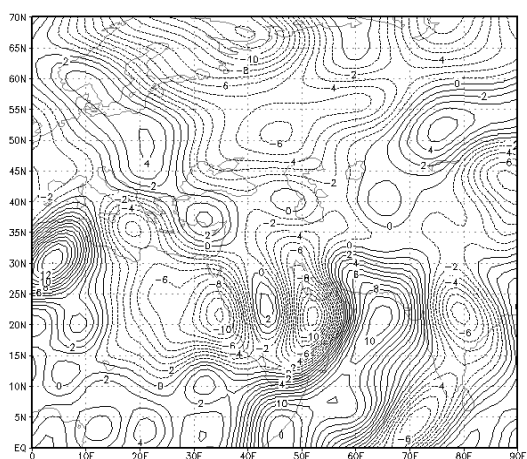
شکل شماره ۴، مؤلفه نصف النهاری باد را در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال در روزهای ۶ تا ۸ ژوئن ۲۰۰۷ (روزهای ۱۶ تا ۱۸ خرداد سال ۱۳۸۶ همراه با بارش در منطقه) نشان می دهد. در روز ۶ ژوئن بر روی نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال هسته سرعت باد نصف النهاری با ۱۲ متر بر ثانیه در جنوب شرق خلیج عدن قرار دارد. زبانه این هسته سرعت با امتداد جنوبی - شمالی از روی دریای عمان بر روی جنوب شرق ایران گسترش پیدا کرده، تا شمال اصفهان امتداد دارد. به عبارت دیگر، تا شمال اصفهان امتداد باد جنوبی بوده، نشان دهنده انتقال رطوبت از روی دریاها گرم بر روی جنوب شرق ایران است. بالاتر از این محدوده، باد نصف النهاری بتدریج منفی شد، نشان دهنده غلبه باد شمالی بر روی منطقه است. همان طور که ملاحظه می شود در نیمه غربی کشور تا جنوب عربستان مؤلفه نصف النهاری منفی بوده، بیانگر غلبه جریان های شمالی بر روی این منطقه است و به همین دلیل، با فرارفت سرد به سامانه باران زای موسمی شرایط ناپایداری بر روی منطقه فراهم شده است (شکل ۴ الف).

بر روی نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز چنین شرایطی فراهم است. هسته بالاترین جریان واگرا بر روی شرق عمان قرار دارد. سرعت باد نصف النهاری در این تراز ۹ متر بر ثانیه است و زبانه این جریان واگرا تا جنوب خراسان رضوی و شمال یزد ادامه

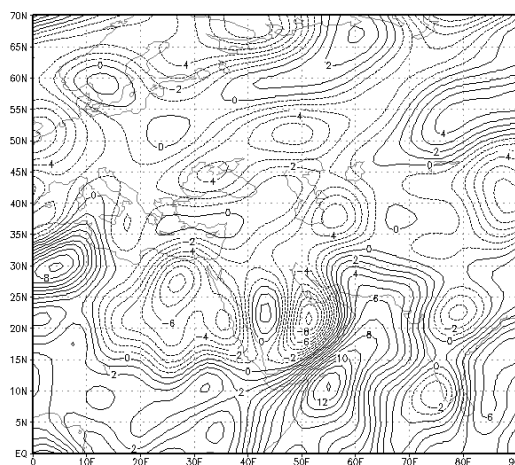
دارد. جریان های مرطوب جنوبی در این تراز بخوبی مشاهده می شوند. در مقابل در پشت سامانه فرارفت سرد بخوبی ملاحظه می شود و به همین دلیل گرادیان شدیدی در ضلع شرقی شبه جزیره عربستان (کشور عمان) و شرق هرمزگان حاکم شده است (شکل ۴ ب). در روز ۷ ژوئن بر روی نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال هسته سرعت باد نصف النهاری با ۱۲ متر بر ثانیه در همان موقعیت روز قبل قرار دارد. باز هم زبانه این هسته جریان رطوبتی تا جنوب خراسان و شمال یزد امتداد دارد و منحنی هم سرعت صفر نسبت به روز قبل تغییر چندانی نشان نمی دهد. در جنوب بحرین جریان های نصف النهاری منفی شده، هسته آن ۶- متر بر ثانیه در جنوب بحرین قرار دارد که زبانه آن تا شمال خوزستان امتداد و از سمت جنوب تا جنوب عربستان تداوم دارد. ملاحظه می شود که بیشترین گرادیان در ساحل شرقی شبه جزیره عربستان ایجاد شده است (شکل ۴ ج). در نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال وضعیت جریان های نصف النهاری شدیدتر شده است. جریان های منفی (شمالی) بر روی غرب ایران تا جنوب عربستان امتداد دارد. منحنی هم سرعت ۱۲- بر روی بحرین قرار دارد. جریان های سرد شمالی و فرارفت آن به پشت سامانه موسمی حاکم بر روی دریای عمان گرادیان شدیدی بر روی عمان و تنگه هرمز و استان هرمزگان حاکم نموده است (شکل ۴ د).

تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز چنین تغییری رخ داده است و از شدت جریان های نصف النهاری روی دریا های عرب و عمان کاسته شده و جریان های جنوبی حامل رطوبت ضعیف شده است. هسته بیشترین سرعت نصف النهاری بر روی عمان و ساحل آن قرار دارد و منحنی هم سرعت ۶ متر بر ثانیه از جنوب کرمان عبور می کند، ولی جریان های شمالی در غرب ایران و عربستان در این تراز به شدت ضعیف شده اند (شکل ۴).

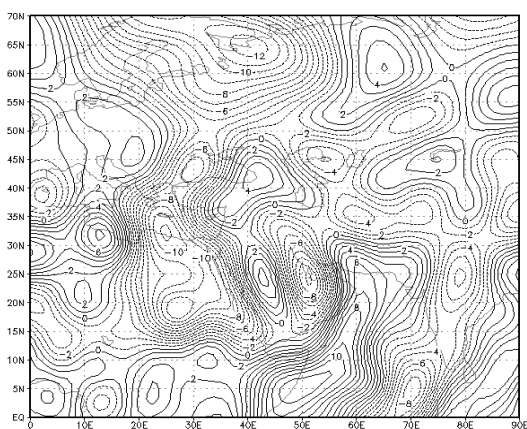
در روز ۸ ژوئن ۲۰۰۷ با وجود اینکه سرعت باد نصف النهاری حدود ۲ متر بر ثانیه کاهش یافته است، ولی زبانه این جریان رطوبتی در امتداد دریا های عرب و عمان تا بخش هایی از استان های سیستان و بلوچستان، کرمان و هرمزگان گسترش دارد، اما جریان های شمالی (منفی) روی عربستان و غرب ایران تقریباً از بین رفته اند. به همین دلیل، از گرادیان روزهای قبل در ساحل شرق شبه جزیره عربستان و تنگه هرمز کاسته شده است (شکل ۴ ه). ملاحظه می شود که در



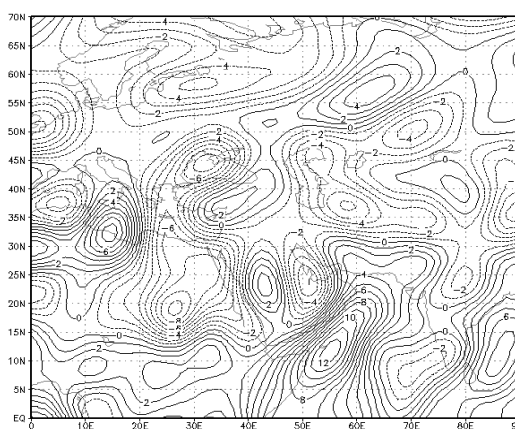
ب) روز ششم سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال



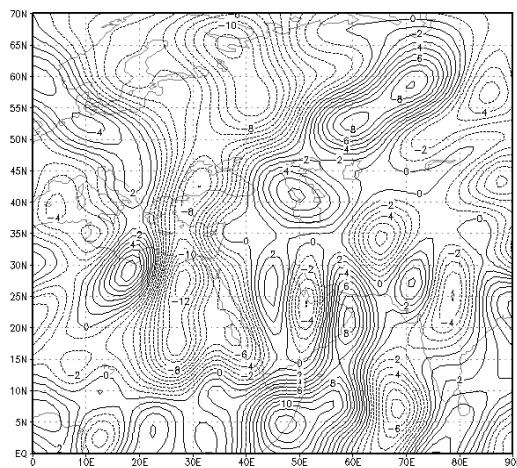
الف) روز ششم سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



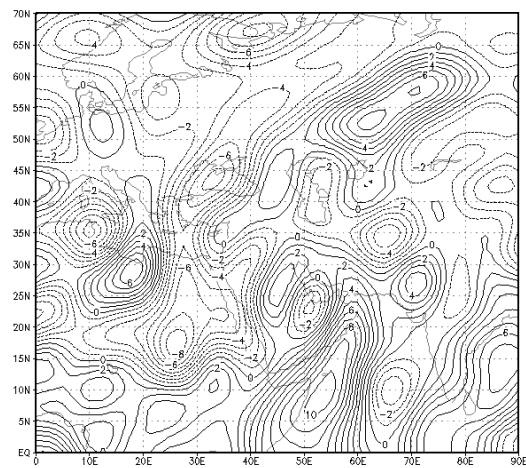
د) روز هفتم سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال



ج) روز هفتم سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



(و) روز هشتم سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال



(ه) روز هشتم سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

شکل ۴) نقشه های سطوح ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال مولفه نصف النهاری باد طی روزهای بارش (۶،۷ و ۸ ژوئن ۲۰۰۷)

۷۰ درصد درست از حاشیه ساحلی جنوب شرق ایران عبور می کند (شکل ۵ الف). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال قدری از رطوبت هوا کاسته شده است. سلول هم رطوبت ۵۵ درصد از ساحل جنوب کشور ایران عبور می کند. ملاحظه می شود که در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز هوا حاوی رطوبت نسبی بالایی است، زبانه رطوبتی با امتداد جنوبی - شمالی تا جنوب استان یزد تداوم یافته است. این زبانه به نوعی تزریق رطوبت را به درون ایران نشان می دهد (شکل ۵ ب).

در نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در روز ۷ ژوئن ۲۰۰۷ بر مقدار رطوبت نسبی هوا افزوده شده و سلول هم رطوبتی که روز قبل با ۸۵ درصد در ساحل غربی بمبئی تشکیل شده بود، به ۹۰ درصد افزایش یافته و زبانه هم رطوبت با امتداد جنوب شرق - شمال غربی کاملاً بر روی جنوب شرق و جنوب ایران گسترده شده است. به طوری که منحنی هم رطوبت نسبی ۸۵

وضعیت رطوبت هوا در روزهای بارش

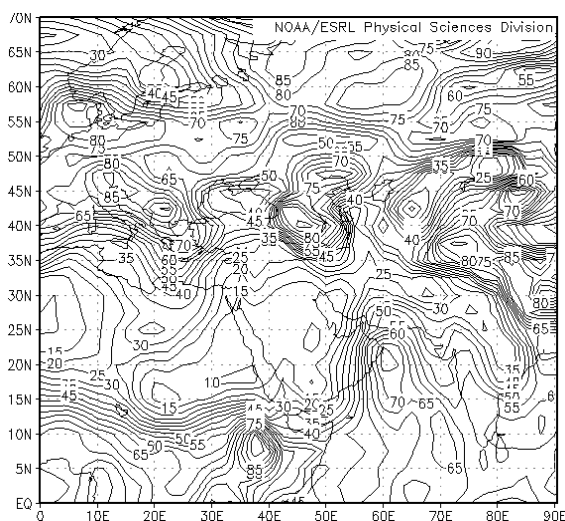
رطوبت نسبی هوا، بیانگر مقدار رطوبتی است که با توجه به دما در درون هوا وجود دارد و از طرفی مقدار فاصله آن را تا نقطه اشباع بیان می کند. شکل شماره ۵، نشان دهنده رطوبت نسبی هوا در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال است که در واقع منبع اصلی تغذیه رطوبت بدرون سامانه های باران زایی است که در همین لایه شکل می گیرد. در نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۶ ژوئن ۲۰۰۷ دو سلول با منحنی هم رطوبت ۸۵ درصد اولی در ساحل غربی بمبئی واقع در شرق دریای عرب و دومی بر روی سواحل شرقی دماغه فرنگ در جنوب غرب دریای عرب تشکیل شده اند. تقریباً تمام نیمه دریای عرب و بخش های جنوبی دریای عمان به وسیله منحنی هم رطوبت نسبی ۸۰ درصد پوشیده شده اند. این مسأله نشان دهنده تزریق رطوبت فراوان از طریق آب های گرم منطقه به درون سامانه است. منحنی رطوبت هم

است، مقدار رطوبت نسبی مجدداً افزایش پیدا کرده است. سه سلول با منحنی رطوبت نسبی ۹۰ درصد اولی بر روی ساحل غرب بمبئی و دومی در ساحل جنوبی بندر جاسک و سومی در سواحل شرقی دماغه فرتک تشکیل شده اند. منحنی هم رطوبت ۸۵ درصد وارد بخش جنوب شرقی استان سیستان و بلوچستان شده است. زیانه رطوبتی از جنوب شرق وارد ایران شده و تقریباً تمام استان های سیستان و بلوچستان، کرمان، هرمزگان، بوشهر و فارس را در بر گرفته است (شکل ۵ ه). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال هسته بالاترین رطوبت نسبی بر روی استان کرمان قرار دارد. این هسته با منحنی ۸۵ درصد بسته شده است. به این ترتیب، در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز تریق رطوبت به خوبی انجام می شود (شکل ۵ و).

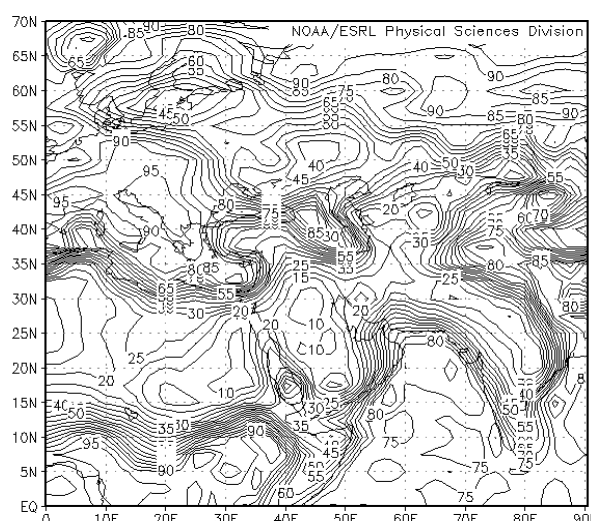
درصد از ساحل جنوب شرقی ایران عبور می کند. به عبارت دیگر، در ساحل جنوب شرقی ایران ۱۰ درصد بر مقدار رطوبت افزوده شده است (شکل ۵ ج). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ابتدا رطوبت هوا تغییر چشمگیری نسبت به روز قبل نشان نمی دهد، ولی محدوده رطوبت نسبی ۷۵ درصد در همان موقعیت روز قبل جمع تر شده، اما بر مقدار رطوبت نسبی هوا در ساحل جنوب شرقی ایران افزوده شده است؛ به طوری که هم رطوبت ۷۰ درصد از کنار ساحل جاسک عبور می کند و منحنی ۶۵ درصد وارد استان های کرمان و سیستان و بلوچستان می شود. در این روز نیز زیانه هم رطوبت بخش جنوب شرق و جنوب ایران را تا شمال یزد و اصفهان و خراسان جنوبی می پوشاند (شکل ۵ د).

در نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روز ۸ ژوئن

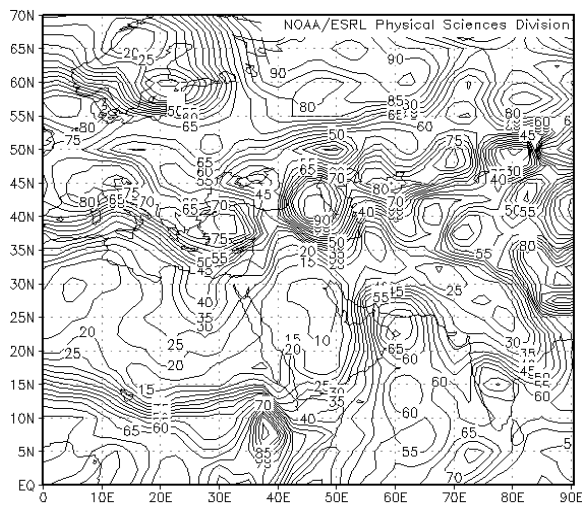
۲۰۰۷ که شدیدترین روز بارش در جنوب شرق ایران



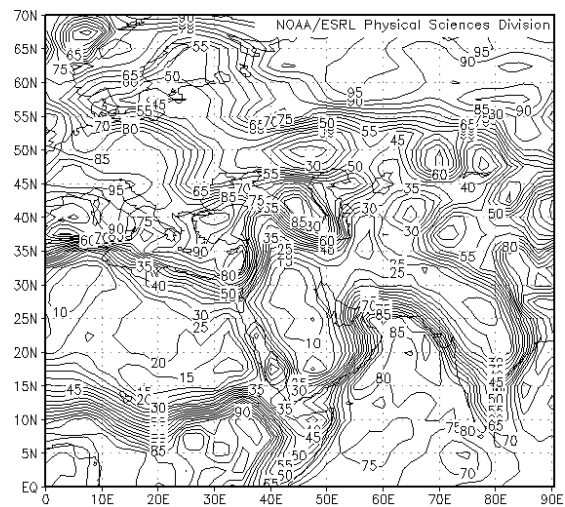
ب) روز ششم سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال



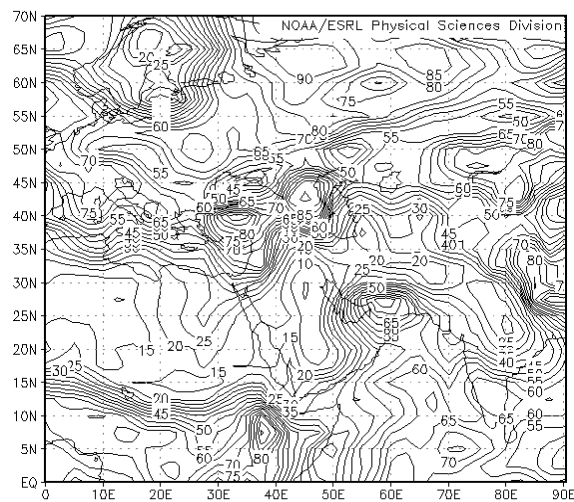
الف) روز ششم سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



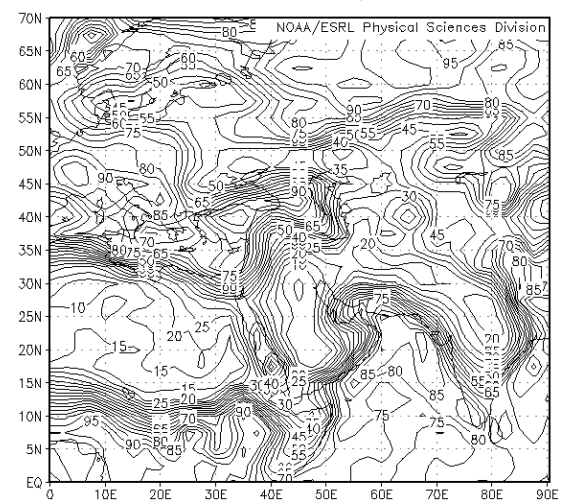
د) روز هفتم سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال



ج) روز هفتم سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



و) روز هشتم سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال



ه) روز هشتم سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

شکل ۵) نقشه های رطوبت نسبی سطوح ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال روزهای ۶، ۷ و ۸ ژوئن ۲۰۰۷)

تا جنوب ترکیه امتداد دارد. پدیده قابل ذکر، تقویت چرخند روی شمال شرق دریاچه آرال است که زیانه جنوبی آن تا شمال شرق ایران نفوذ کرده است. زیانه و اچرخندی روی اروپا یکپارچه شده و ریزش هوای سرد را بر روی ایران با شدت بیشتری انجام می دهد (شکل ۶ الف). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، چرخند روی دریای عرب قرار گرفته و روی شمال سبیری نیز

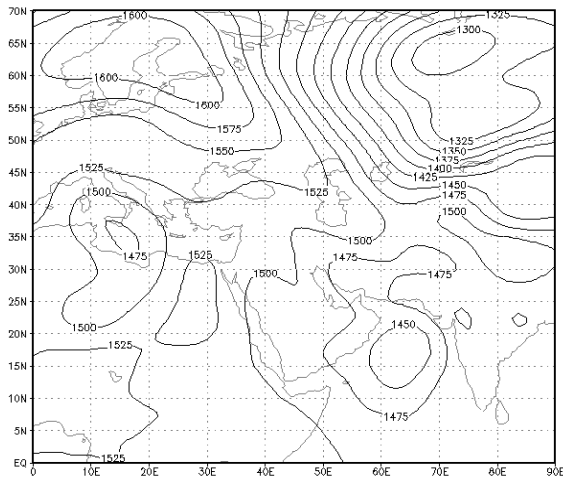
تحلیل شرایط سینوپتیکی حاکم در روزهای قبل و بعد از توفان روز چهارم (۴ ژوئن)

همان طور که ملاحظه می شود، در تراز دریا منحنی هم ارتفاع ۱۵- ژئوپتانسیل متر در ۶۵ درجه شرقی و ۱۷ درجه شمالی بر روی دریای عرب بسته شده است. چرخند امتداد جنوب شرق- شمال غرب

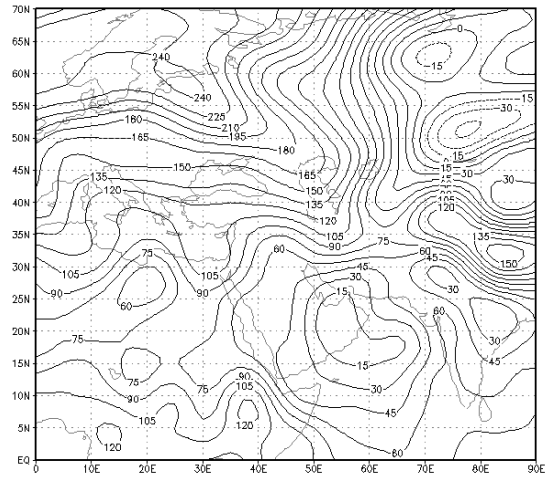
روز پنجم (۵ ژوئن)

در تراز دریا ملاحظه می‌شود که هسته مرکزی توفان با کنتور صفر به خشکی شبه جزیره عربستان نزدیک شده و در حاشیه شرقی و عربستان بر روی دریای عرب بسته شده است. ملاحظه می‌شود که توفان نسبت به روز قبل قدری ضعیف شده است. زبانه شمال غربی آن، همچنان تا جنوب ترکیه ادامه دارد. در این روز واپرخند شمال اروپایی به دو بخش تقسیم شده و بسته ای بر روی شمال دریای خزر، زبانه جنوب شرقی را از واپرخند اصلی جدا کرده است. زبانه جنوبی واپرخند روی دریای خزر، همچنان بخش اعظم ایران را در بر گرفته، تداوم ریزش هوای سرد را بر روی ایران انجام می‌دهد (شکل ۶ ه). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مرکز توفان تا حدود عرض ۱۸ درجه شمالی بالا آمده و بر روی شمال دریای عرب بسته شده است. در این روز، کنتور مرکزی توفان ۱۳۸۵ ژئوپتانسیل متر است و با سه منحنی بسته همراهی می‌شود. زبانه ای که روزهای قبل از مرکز واپرخند در امتداد شمال غربی تا ترکیه امتداد پیدا کرده بود، کاملاً به سمت شرق جابه جا شده و از نیمه جنوب غربی ایران تا جنوب دریای سیاه تداوم پیدا کرده است. در مقابل، زبانه واپرخند شمال اروپایی نیز به سمت شرق جابه جا شده و پس از عبور از شمال دریای سیاه و دریای خزر، شمال شرق و بخش شرقی ایران را تا جنوب خراسان در بر گرفته است. حد بالای زبانه توفان گونو تا جنوب شرق ایران رسیده است (شکل ۶ و).

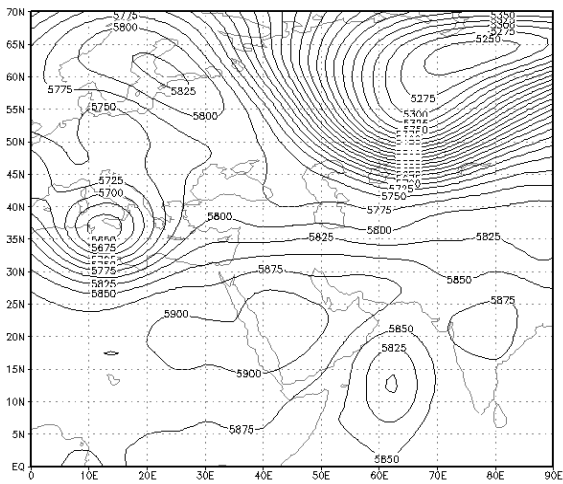
نفوذ بیشتری به سمت جنوب داشته است. تداوم ریزش هوای سرد از طریق زبانه واپرخندی اروپایی به پشت چرخند روی دریای عرب باعث تقویت هرچه بیشتر چرخند خواهد شد (شکل ۶ ب). در تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال، مرکز چرخندی با کنتور مرکزی ۴۳۰۰ ژئوپتانسیل متر و با چهار کنتور بسته بیانگر از عمق سامانه است که تا ارتفاع بیش از ۴۰۰۰ متری نیز دارای منحنی بسته است. زبانه واپرخند شمال آفریقا با امتداد شمال شرقی ضمن عبور از روی دریای سرخ و عربستان، بخش جنوبی ایران تا مرز پاکستان و بخشی از دریای عمان را فرا گرفته است. هسته مرکزی توفان در این تراز بر روی جنوب دریای عرب قرار دارد و چرخند با امتداد جنوبی - شمالی تا جنوب پاکستان را در بر گرفته است. در این تراز نیز چرخند شمال سیبری با منحنی هم ارتفاع ۳۹۲۵ ژئوپتانسیل متر و با یک زبانه عمیق و قوی تا شمال شرق ایران نفوذ پیدا کرده است (شکل ۶ ج). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز توفان دارای دو منحنی بسته است که کنتور مرکزی آن با ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی جنوب دریای عرب بسته شده است. آرایش سامانه ها در این تراز نیز شباهت زیادی به آرایش سامانه های تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال دارند. زبانه واپرخندی شمال آفریقا در همان محدوده جنوب ایران را در بر گرفته و زبانه چرخند سیبری تا شمال خراسان نفوذ کرده است. باز هم تداوم ریزش سرد به پشت توفان وجود دارد (شکل ۶ د).



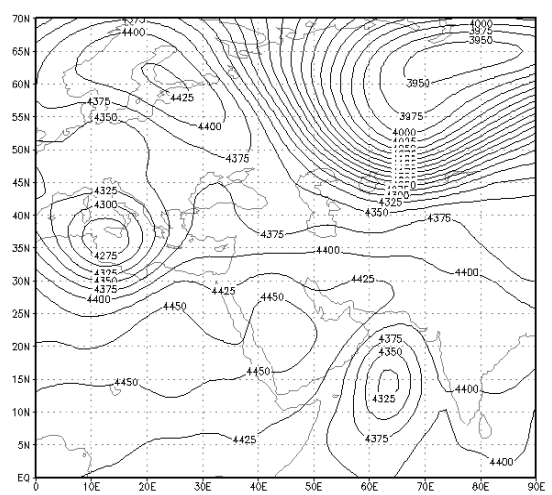
ب) روز چهارم. سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال



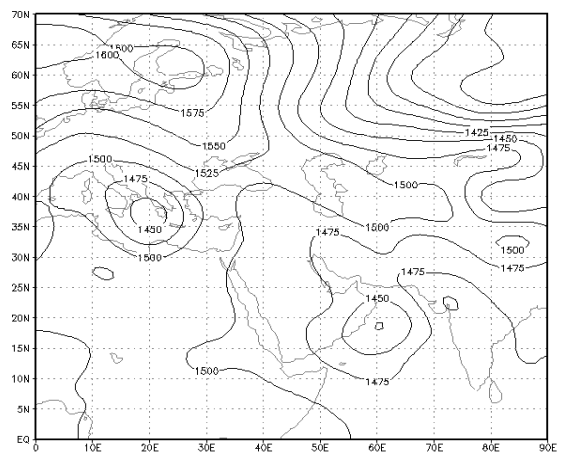
الف) روز چهارم. سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



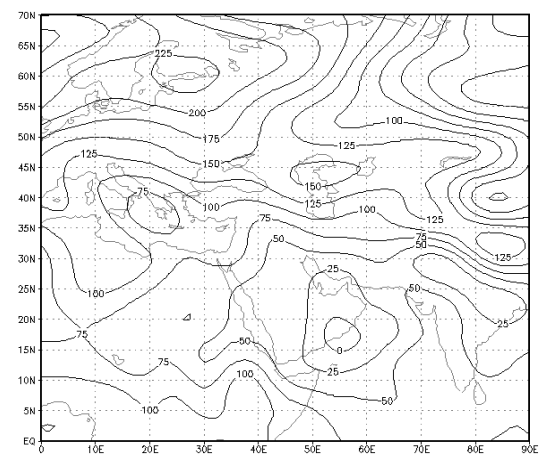
د) روز چهارم. سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال



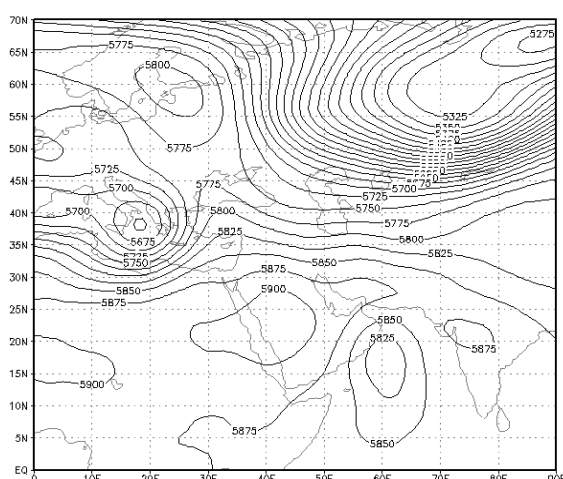
ج) روز چهارم. سطح ۶۰۰ هکتوپاسکال



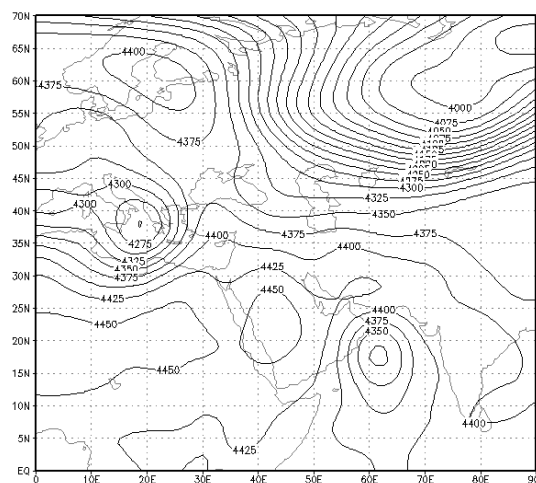
و) روز پنجم. سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال



ه) روز پنجم. سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



ک) روز پنجم. سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال



ز) روز پنجم. سطح ۶۰۰ هکتوپاسکال

شکل ۶) نقشه های ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح مختلف جو طی روزهای پنجم و ششم ژوئن

تقویت آن شده است (شکل ۷ الف). ملاحظه می شود که در تراز سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، هسته مرکزی توفان کاملاً به سمت شمال جابه جا شده و در محدوده عرض ۲۰ درجه شمالی و طول ۶۰ درجه شرقی (بر روی ساحل شرقی کشور عمان) قرار دارد. در نتیجه، به نظر می رسد شدید ترین بارش ها باید بر روی کشور عمان اتفاق افتاده باشد. هسته مرکزی توفان با کنتور ۱۴۰۰ ژئوپتانسیل متر تشکیل شده و دارای سه منحنی بسته است. با اینکه به دلیل نزدیکی توفان به خشکی عربستان از شدت ناپایداری آن کاسته شده است، ولی چون بخش شرقی توفان بر روی دریای عمان و عرب قرار دارد، دارای بارش قابل توجهی است. قسمت شمال توفان وارد جنوب شرق و جنوب ایران شده است و بارش ها در جنوب ایران نیز شروع شده اند. زبانه شمال آفریقا، همچنان با زبانه شرقی خود فرارفت هوای سرد را به پشت توفان انجام داده و توفان از پتانسیل ناپایداری خوبی برخوردار است (شکل ۷ ب). در تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال مرکز توفان با کنتور ۴۳۰۰ ژئوپتانسیل متر، درست در

در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز توفان دارای منحنی بسته است. هسته مرکزی توفان با منحنی ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر در جنوب دریای عرب تشکیل شده و امتداد زبانه آن جنوبی - شمالی است. حد بالای چرخند در این تراز تا جنوب دریای عمان رسیده است. در مقابل، زبانه و اچرخندی شمال آفریقا عقب نشینی کرده، از جنوب خلیج فارس عبور می کند. زبانه چرخند شمال سیبری با عمق زیادی تا بخش شرقی ایران ادامه دارد و در تراز میانی تروپوسفر ریزش سرد را به شمال توفان انجام می دهد (شکل ۶ ک).

روز ششم (ژوئن)

در تراز سطح دریا ملاحظه می شود که هسته توفان جهت کاملاً جنوبی - شمالی به خود گرفته، از طرف شرق خود رطوبت دریای عرب و عمان را وارد جنوب شرق ایران می کند. نکته قابل توجه در این تراز، عمیق شدن و اچرخند اروپایی نسبت به روز قبل است که باعث تزریق هوای سرد به پشت توفان و

و به سمت شمال و غرب (خشکی) حرکت کرده است. همچنین واچرخند اروپایی نسبت به روز قبل ضعیف تر شده است. بنابراین گرادیان حرارتی نیز در منطقه کاهش یافته و با وارد شدن هسته توفان به خشکی انرژی رطوبتی آن کم شده است (شکل ۷ه). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، ملاحظه می شود که هسته مرکزی توفان به سرعت به سمت شمال غرب حرکت کرده، بر روی جنوب و شرق تنگه هرمز قرار دارد. توفان نسبت به روز قبل حدود ۱۵ ژئوپتانسیل متر ضعیف تر شده است. در این روز، زبانه های دو چرخند روی دریای عمان و مدیترانه ادغام شده اند. با ادغام این دو مرکز چرخندی، زبانه واچرخند شمال آفریقا کاملاً به سمت غرب عقب نشینی کرده و فرارفت سرد بر روی شرق دریای سرخ انجام شده است. به این ترتیب، هم به دلیل انتقال چرخند به داخل خشکی و هم به دلیل قطع فرارفت سرد پشت چرخند در طی روزهای آینده، توفان تضعیف شده، از بین خواهد رفت (شکل ۷و). در تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال نیز هسته مرکزی توفان بر روی منتهای الیه شرقی کشور عمان قرار گرفته، بخش شمالی چرخند از جنوب و جنوب شرق ایران عبور می کند. در این روز، ف شدیدترین بارندگی توفان بر روی ایران بوده، ولی با این همه به دلیل نزدیکی توفان به خشکی، از شدت بارش آن نسبت به روزهای قبل کم شده است. ملاحظه می شود زبانه جنوبی چرخند شمال سیبری که روزهای قبل تا بخش های مرکزی و شرق ایران گسترش داشت، به وسیله یک سلول واچرخندی که از عرض صحرای تار تا جنوب خراسان را در بر گرفته، قطع شده و زبانه

ساحل شرقی کشور عمان تشکیل شده و چرخند با چهار منحنی بسته نسبت به روز قبل حرکت رو به شمال قابل توجهی را انجام داده است؛ به طوری که زبانه شمالی آن ساحل جنوب شرقی ایران را در بر گرفته است. با حرکت به طرف غرب زبانه واچرخندی شمال آفریقا، توفان نیز حرکت سریع تری به سمت ایران داشته است. زبانه شرقی واچرخندی شمال آفریقا از شرق عربستان و از مرکز خلیج فارس عبور می کند. وجود یک مرکز چرخندی قوی بر روی یونان و تداوم ریزش سرد به پشت توفان توسط سامانه های مستقر بر روی سیبری در تراز های زیرین و میانی تروپوسفر و همرفت گرم و مرطوب از روی دریاها گرم جنوبی همچنان توفان را فعال نگه داشته اند (شکل ۷ج). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ملاحظه می شود که زبانه عمیقی از روی سیبری بر روی ایران گسترش یافته و تا مرکز کشور را در بر گرفته است. وجود یک زبانه سرد در لایه میانی تروپوسفر و انتقال این هوای سرد به وسیله زبانه واچرخند شمال آفریقا به پشت واچرخند، روی دریای عرب توفان را فعال و ناپایدار نگه داشته است. وجود دو منحنی بسته در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی شمال دریای عرب و جنوب دریای عمان نشان دهنده عمق زیاد چرخند است. در این تراز، هسته مرکزی چرخند کاملاً به کشور عمان نزدیک شده، زبانه شمالی آن از جنوب ایران عبور می کند. عمق توفان نسبت به روزهای قبل تغییر چندانی نشان نمی دهد (شکل ۷د).

روز هفتم (۷ ژوئن)

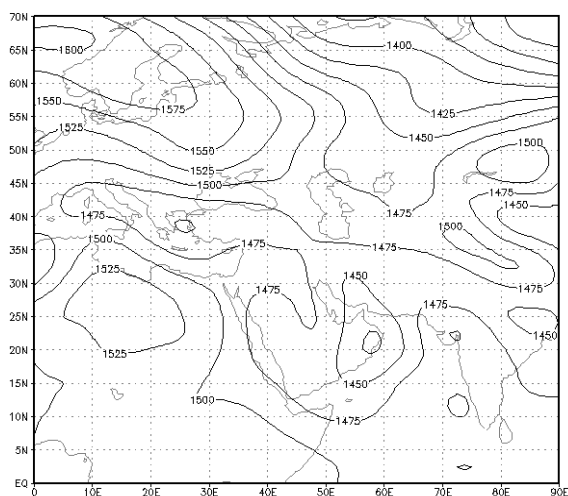
در تراز سطح دریا مشاهده می شود که هسته توفان جهت جنوب شرقی-شمال غربی به خود گرفته

است (شکل ۷ ل). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، هسته مرکزی توفان نسبت به روز قبل ۵ ژئوپتانسیل متر ضعیف تر شده، ولی از لحاظ مکانی تغییر پیدا نکرده است (شکل ۷ م). در تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال، هسته مرکزی توفان بر روی تنگه هرمز قرار دارد. در این روز از طریق قسمت های شرقی توفان هوای گرم و مرطوب به داخل جنوب شرق وارد شده و باعث ریزش بارش شدیدی در ایستگاه جاسک شده است (۹۲/۴ میلی متر). در این تراز، به دلیل عدم ورود واپرخند ها به سمت قسمت های مرکزی و جنوب ایران میزان تضاد حرارتی کاهش یافته است (شکل ۷ ن). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، چرخند فقط با یک منحنی بسته ۵۸۲۵ ژئوپتانسیل متر بر روی ۶۲ درجه شرقی و ۵ درجه شمالی به چشم می خورد. در این تراز به دلیل فشار دو واپرخند مربوط به پاکستان و آفریقا، چرخند نسبت به روز قبل کاملاً به سمت جنوبی حرکت کرده و تضعیف شده است (شکل ۷ ص).

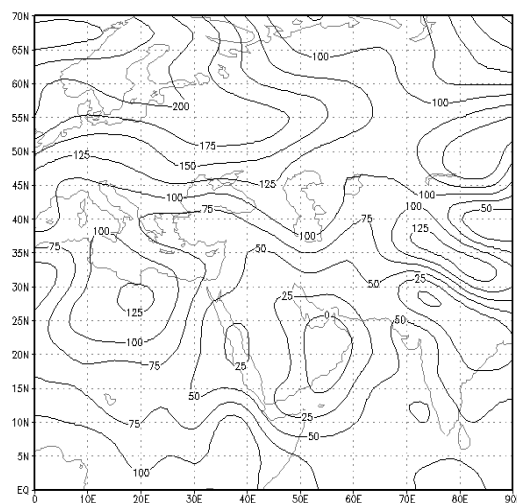
واپرخند شمال آفریقا نیز تا مرز کشور کویت و ساحل بوشهر عقب نشینی کرده است (شکل ۷ ز). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال چرخند فقط با یک منحنی بسته با کنتور ۵۸۲۵ ژئوپتانسیل متر به چشم می خورد که نسبت به روز قبل ۲۵ ژئوپتانسیل متر تضعیف شده است. این مرکز واپرخندی ضعیف به وسیله دو مرکز واپرخندی یکی بر روی هند و پاکستان و دیگری زبانه واپرخند شمال آفریقا احاطه شده و زبانه چرخند سیبری نیز کاملاً تا مرز خراسان شمالی عقب نشینی کرده است (شکل ۷ ک).

روز هشتم (۸ ژوئن)

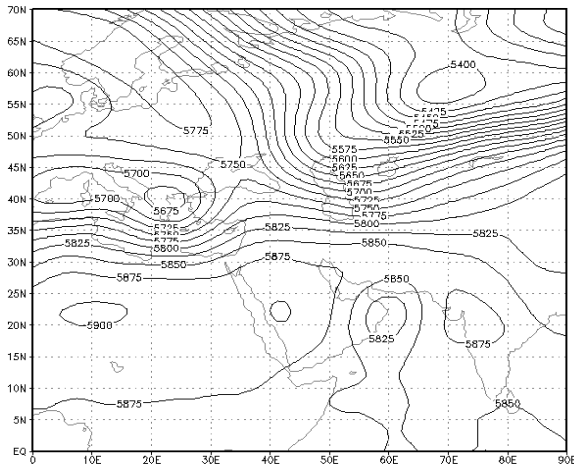
در تراز سطح، دریا توفان نسبت به روز قبل به طرف غرب حرکت کرده و به دو هسته تقسیم شده است که یکی بر روی امارات متحده عربی و جزیره ابوظبی و دیگری بر روی عراق قرار گرفته است. همچنین واپرخند اروپایی نسبت به روز قبل ضعیف تر و گرادیان حرارتی در منطقه کمتر شده



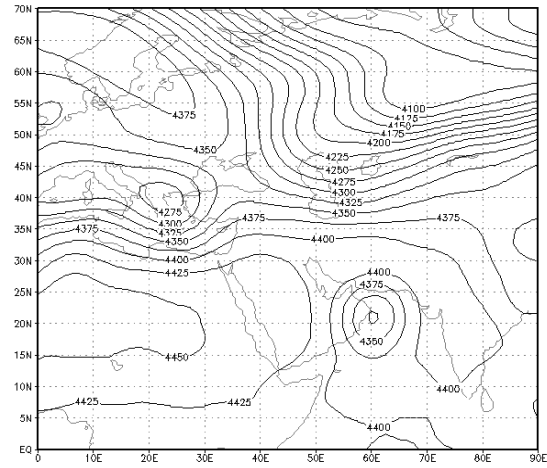
ب) روز هشتم. سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال



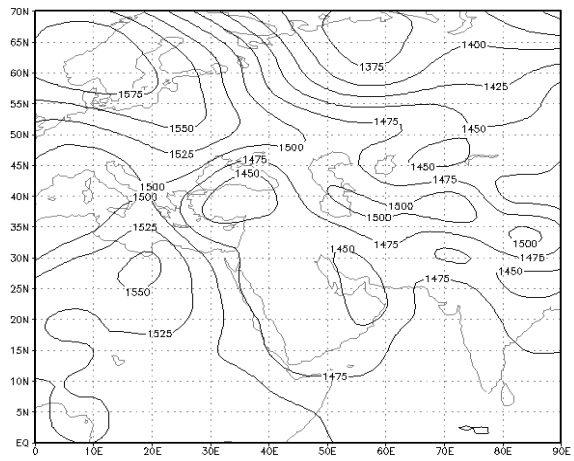
الف) روز هشتم. سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



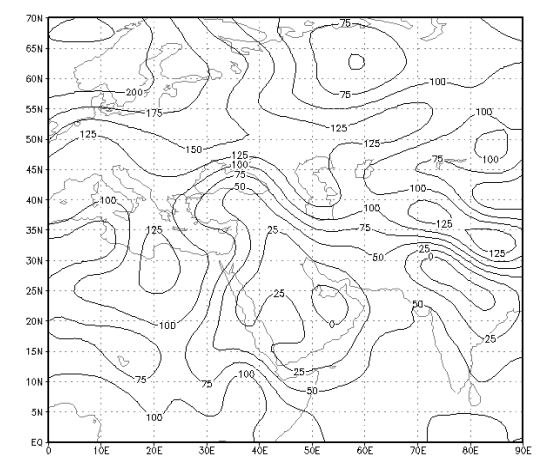
د) روز ششم. سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال



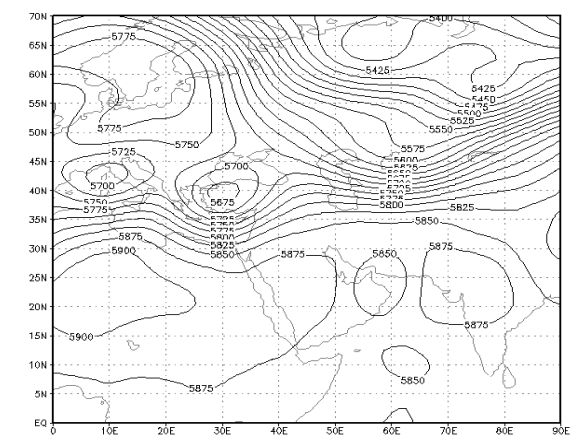
ج) روز ششم. سطح ۶۰۰ هکتوپاسکال



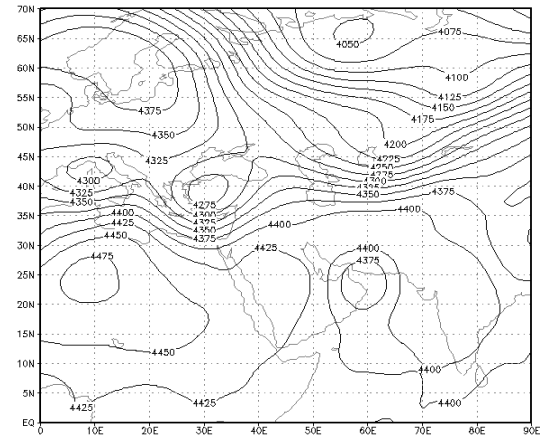
و) روز هفتم. سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال



ه) روز هفتم. سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



ک) روز هفتم. سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال



ز) روز هفتم. سطح ۶۰۰ هکتوپاسکال

حرارتی میدان سنلوییدی گسترده ای بر روی سواحل عمان ایجاد کرده و موجب ناپایداری شدید و در نهایت بارندگی شدیدی در منطقه شده است، به طوری که ایستگاه چابهار در روز هفتم ژوئن ۹۰/۵ میلیمتر بارش دریافت کرده و در روز هشتم ایستگاه جاسک با ۹۲/۵ میلیمتر بیشترین بارش را داشته است.

منابع

- ۱- کاویانی، محمد رضا و علیجانی، بهلول. (۱۳۸۱). مبانی آب و هواشناسی، تهران: انتشارات سمت.
- ۲- لشکری، حسن. (۱۳۷۵). الگوی سینوپتیکی بارشهای شدید جنوب غربی ایران، پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳- نجارسلیمه، محمد. (۱۳۷۷). الگوهای سینوپتیکی بارشهای تابستانه جنوب شرقی ایران، پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴- مرکز ملی اقلیم شناسی. (۱۳۸۶). خبرنامه، ش ۵۳، صص ۱-۴.

1- Christensen, J.H. et al (2007) «Climate Change 2007: The Physical Science Basis» Regional Climate Projections, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, 847-940.

2- Chu, P.S. et al (2004) « ENSO and Tropical Cyclone Activity. Hurricanes and Typhoons: Past, Present, and Potential» Columbia University Press, pp. 297-332.

3- Ewa, L and Bielec-Bakowaska, Z (2009) «Atmospheric condition and severe storms occurrence in Poland» 5th European Conference on Severe Storms, Landshut – GERMANY, 123-126.

سودان ادامه داشته و باعث تقویت چرخند شده است. آرایش ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح ۸۵۰ هکتوپاسکال در (۷ ژوئن ۲۰۰۷) حاکی از ادغام زبانه چرخند روی دریای عمان و دریای مدیترانه است. با ادغام این دو چرخند زبانه و چرخند شمال آفریقا به طور کامل به سمت غرب عقب نشینی کرده و فرارفت سرد بر روی شرق دریای سرخ انجام شده است. به این ترتیب هم به دلیل انتقال چرخند به داخل خشکی و هم به دلیل قطع فرارفت سرد پشت چرخند، در روزهای آینده توفان تضعیف می شود.

در تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال (۷ ژوئن) بخش شمال چرخند از جنوب و جنوب شرقی ایران عبور کرده و موجب ریزش شدید باران در منطقه شده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۷ ژوئن) چرخند ب وسیله دو مرکز و چرخندی یکی بر روی هند و پاکستان و دیگری زبانه و چرخند شمال آفریقا احاطه شده و زبانه و چرخند سیبری نیز به طور کامل تا مرز خراسان شمالی عقب نشینی کرده است. به طور کلی، شرایط سینوپتیکی حاکم در سطوح میانی و زیرین تروپوسفر نمایانگر استقرار و حاکمیت سیستم پرفشار شمال اروپایی در شمال و شمال غرب کشور و نفوذ سیستم چرخندی موسوم به گونو از جنوب کشور است، به طوری که در روزهای پنجم و ششم ژوئن روند تقویت سیستم شروع شده و در روزهای هفتم و هشتم به اوج خود رسیده است. پرفشار شمال اروپایی در راستای غربی- شرقی شمال کشور را تحت تأثیر خود قرار داده و با ریزش هوای سرد سبب افت دما و تقویت توفان شده است. سیستم کم فشار حرارتی واقع در جنوب دریای عمان با حرکت چرخندی خود سبب صعود هوای گرم و مرطوب و با ایجاد شیو

- 12- Neumann, C.J and Hill, D.A (1976) « Computerized tropical cyclone climatology» *Monthly Weather review*, 20 (5): 257–262.
- 13- Otkin, J.A and Jonathan E. Martin (2004) «A Synoptic Climatology of the Subtropical Kona Storm» *Monthly weather review*, 132:1502-1517.
- 14- Pierre, C (1995) « June–September rainfall in north eastern Africa and atmospheric signals over the tropics: A zonal perspective» *International journal of climatology* vol. 15: pp. 773-783.
- 15- Pinto, J.G. et al (2009) «Environmental factors contributing to the development of extreme cyclones and their relationship with NAO» *Climatology Dynamic*, 32:711–737.
- 16- Robert, A.M. et al(1980)«Meteorological characters of flash flood events over the western united stated»*Monthly weather review*, vol 108:1866–1877.
- 17- Sharma, G.S and Murty, A.S (1988)«Storm surges along the East Coast of India» *Theoretical Applied Climatology*, 99:255–277.
- 18- Ulbrich, U., Leckebusch, G.C., and Pinto, J.G (2009)«Cyclones in the present and future climate: a review» *Theoretical Applied Climatology*, 96:117–131.
- 19- <http://hurricane.methaz.org/gonu/idaimage.png>
- 4- Fink, A.H. et al (2009)« The European storm Kyrill in January 2007: synoptic evolution, meteorological impacts and some considerations with respect to climate change »*Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9: 405–423.
- 5- Goldenberg, S.B. et al (2001) «The recent increase in the Atlantic hurricane activity: causes and implications» *Science*, 309: 1844–1846.
- 6- Harr, P.A and Chan, J (2005) «Monsoon impacts on tropical variability» *J. Atmos. Sci* , 47: 2227-2240.
- 7- Lambert, S. and Fyfe, J.C (2006) « Changes in winter cyclone frequencies and strengths simulated in enhanced greenhouse gas experiments: Results from the models participating in the IPCC diagnostic Exercise» *Climatology Dynamic*, 26: 713–728.
- 8- Leckebusch, G.C et al (2006) « Analysis of frequency and intensity of winter storm events in Europe on synoptic and regional scales from a multi-model perspective» *Climate Res*, 31:59–74.
- 9- Maddox, H and chappell,G (1978)«comparison of meteorological aspects pf the big thormpson and rapid city flash floods » *Monthly weather review*,106: 375–389.
- 10- Meehl, G.A. et al(2007)«Global Climate Projections, in: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*» Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 747–846.
- 11- Murty, T.S (1984) «Storm surges: meteorological ocean tides»*Ottawa, Department of Fisheries and Ocean*, p. 800.