

## دلایل وقوع طوفان گرد و خاک Haboob در تهران



آیا این طوفان قابل پیش بینی بود؟

راهکارهای پیش بینی این پدیده چیست؟ و بضاعت سازمان هواشناسی از لحاظ تجهیزات مورد نیاز پیش بینی این نوع از طوفان در چه حد و اندازه ای میباشد؟

گزارش هایی از وقوع طوفانهای مخرب منجر به خسارات مالی و جانی در دنیا.

تجزیه و تحلیل: دکتر بهروز رحیمی - امیر محسن ظهوریان

[www.mashhadmeteo.ir](http://www.mashhadmeteo.ir)

[www.iranclimateservice.ir](http://www.iranclimateservice.ir)

در روز ۱۲ خرداد ۱۳۹۳ خورشیدی به دلیل گرم شدن هوا در سطح زمین و همراهی جریانات اتمسفری ( ریزش ناگهانی هوای سرد از سمت شمال غرب و افزایش ناگهانی فشار سطح دریا در حدود ۵ تا ۶ میلی بار) و بصورت همزمان شکل گیری یک سلول تندری در نواحی غربی البرز، وضعیت جوی در استانهای واقع در البرز مرکزی و غربی و همچنین استان قم با شرایط شدیداً نا پایدار ناگهانی مواجه گردید، شرایط به گونه ای بود که سرعت وزش باد در استان تهران در بعضی لحظات تا ۱۱۸ کیلومتر در ساعت هم رسید که وقوع این طوفان شدید منجر به شکل گیری ستون عظیمی از گرد و خاک گردید که شهر تهران را در تاریکی مطلق فرود برد و متأسفانه منجر به وارد آمدن خسارات جانی و مالی گردید.

دلایل وقوع این طوفان بیسابقه در تهران به راستی چه بود و آیا رخ داد این وضعیت نامساعد جوی جزئی از اقلیم تهران یا ایران محسوب میشود؟

طوفان Haboob معمولاً در نواحی زیر بوقوع می پیوندد:

صحرای بزرگ آفریقا- سودان -شبه جزیره عربستان-کویت-عراق-استرالیا- ایالات آریزونا، تگزاس و اوکلاهامای و نیومکزیکوی آمریکا

این پدیده در کشور عزیزمان ایران یکی از پدیده های بسیار نادر در بازه زمانی ماههای خرداد و تیر و مرداد محسوب میشود که اصولاً در نواحی کویری بوقوع می پیوندد که به عنوان نمونه میتوان به دو مورد وقوع طوفان Haboob در کویر طبس که منجر به سرنگونی هلی کوپترها آمریکایی در تاریخ پنجم اردیبهشت ماه ۱۳۵۹ سال گردید و همچنین طوفان مهیب سبزواری در تیرماه سال ۱۳۸۷ اشاره کرد.

با عنایت به اطلاعات بالا واضح و مبرهن است که این طوفان، مهمان ناخوانده جدیدی محسوب میشود که به تازگی و تحت تاثیر شرایط زیر به الگوهای اقلیمی استانهای شمالی کشورمان از جمله تهران افزوده شده است:

۱- تغییرات آب و هوایی در اثر پدیده گرمایش جهانی

۲- بروز خشکسالی نسبتاً طولانی در استانهای حاشیه رشته کوههای البرز و تهران.

## الگوی سینوپتیکی و شماتیک وقوع طوفان Haboob :



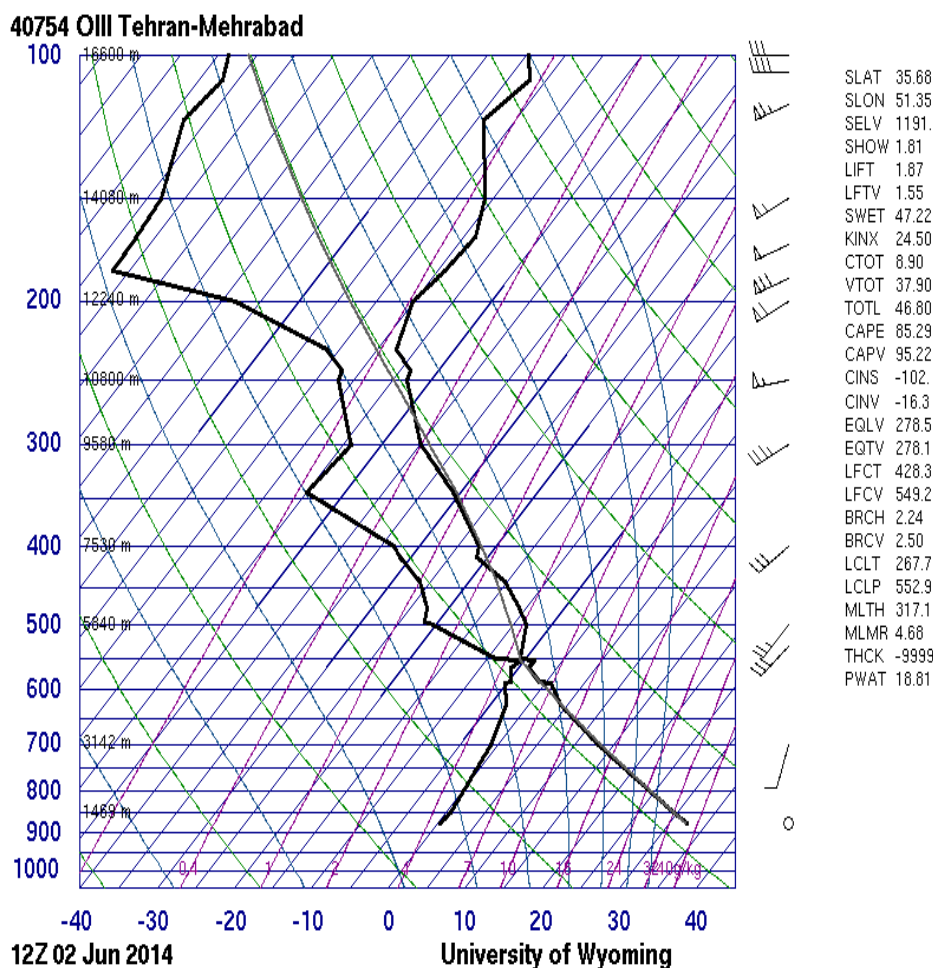
طوفان Haboob در اثر ریزش و برخورد هوای سرد ناشی از تقویت سامانه پر فشار زیر ابرهای تندری در شرف اضمحلال ایجاد میشود، معمولاً ابرهای تندری منجر به تشکیل طوفان حبوب میشوند که پایه آنها در ارتفاع نسبتاً بالا (بالا بودن رطوبت نسبی در ترازهای میانی جو) و جو نسبتاً خشک (رطوبت نسبی پایین) در زیر پایه ابر تندری مشابه میگردد. (اطلاعات مذکور در بررسی نمودار اسکیتوتی قابل مشاهده است) در این گونه ابرها به دلیل پایین بودن رطوبت نسبی در زیر پایه ابر و سرد شدن تبخیری قطرات باران، قطرات مذکور امکان رسیدن به سطح زمین را پیدا نکرده و در عوض بسته هوای همراه آنها به دلیل تبخیر ذرات، سرد شده و انرژی جنبشی منفی زیادی پیدا میکنند و به نزول خود ادامه داده و با برخورد به سطح زمین در جهات مختلف ایجاد **Gusty Wind Front** می نمایند. برخورد این توده های هوای سرد با هوای گرم و خشک موجود در سطح زمین در مناطق مساعد رخ داد طوفان حبوب منجر به شکل گیری دیواره ای عظیم از گرد و غبار میشود که آسمان را خواهند پوشاند. **Dry Micro Burst**.

این توده عظیم گرد و خاک غلیظ گاهی ممکن است در حدود ۱۰۰ کیلومتر پهنا داشته و تا ارتفاع ۱۰۰ ها متر در آسمان بالا رود و یک روز گرم و آفتابی را برای دقایقی در تاریکی مطلق و رعب انگیز فرود برده و دید افقی رو تا حد صفر کاهش دهد.

از انجائیکه پدیده مذکور یک پدیده ریز مقیاس محسوب میشود همواره پیش بینی این نوع از طوفانها از پیچیدگیهای خاصی برخوردار بوده و نیازمند به ابزار و امکانات مختلف و متنوعی میباشد که از آن جمله بصورت خلاصه می توان به موارد زیر اشاره نمود:

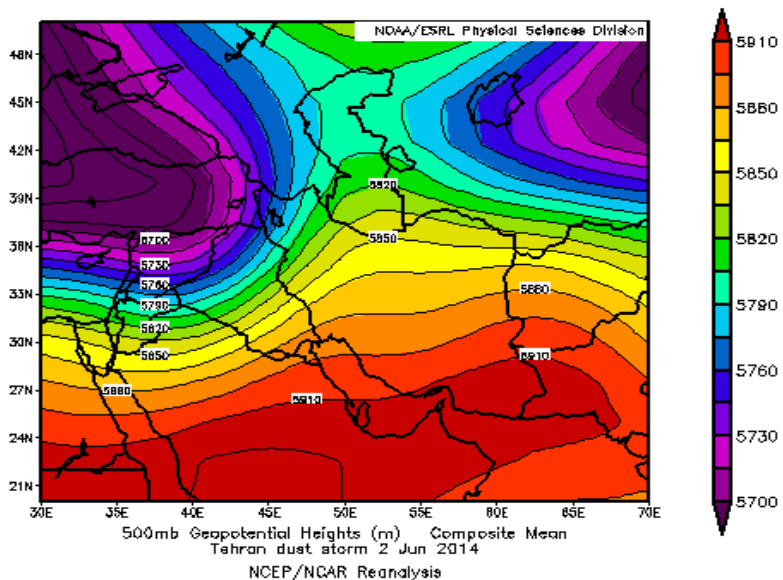
۱- اطلاعات رادیو سوند و نمودار اسکیتوی که در طول ۲۴ ساعت ۲ بار و در ساعات ۰۳:۳۰ بامداد و ۱۵:۳۰ دقیقه بعداز ظهر استخراج شده که پس از انجام محاسبات با اختلاف زمانی حداقل ۲ ساعت در این خصوص منتشر میشود. شایان ذکر است که در بررسی اطلاعات نمودار اسکیتوی فرودگاه مهرآباد تهران در دو نوبت صبح و بعدازظهر ، حکایت از رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد بین لایه ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی بار ( پایه ابر تندی در ارتفاع بالا) و رطوبت نسبی پایین در زیر پایه ابر دارد. ایندکس های ناپایدار نمودار اسکیتو تی تهران با استناد به انرژی همرفتی پایین شرایط وقوع ناپایداری ضعیفی را نوید میدهد. با استناد به این نمودار قائم جو در صورت تشکیل ابر تندی پیش بینی ایجاد بادهای شدید دور از ذهن نمیشد که خوشبختانه در اطلاعیه شماره ۲۷ هواشناسی ذکر شد است.

### اطلاعات رادیو سوند فرودگاه مهرآباد تهران در بعد از روز ۱۲ خرداد ۱۳۹۳

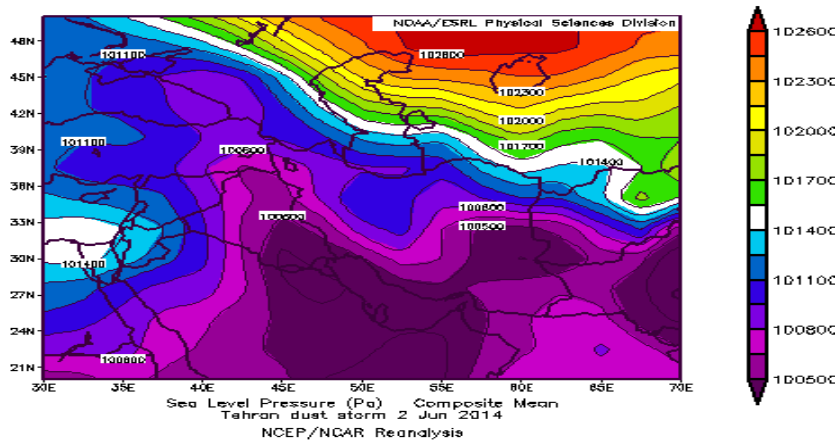


۲- بررسی دقیق نقشه های سینوپتیکی که بصورت روزانه هر ۶ ساعت یکبار بروز رسانی میشود. در نقشه روز مذکور سامانه ای از نوع بندال بر روی شرق دریای مدیترانه دیده میشود که بغیر از شمال غرب کشور که مستعد وقوع شرایط ناپایداری نسبتا شدیدی میباشد در سایر نقاط کشور جوی نسبتا آرام و بدون پدیده و یا با ناپایداری ضعیف دیده میشود.

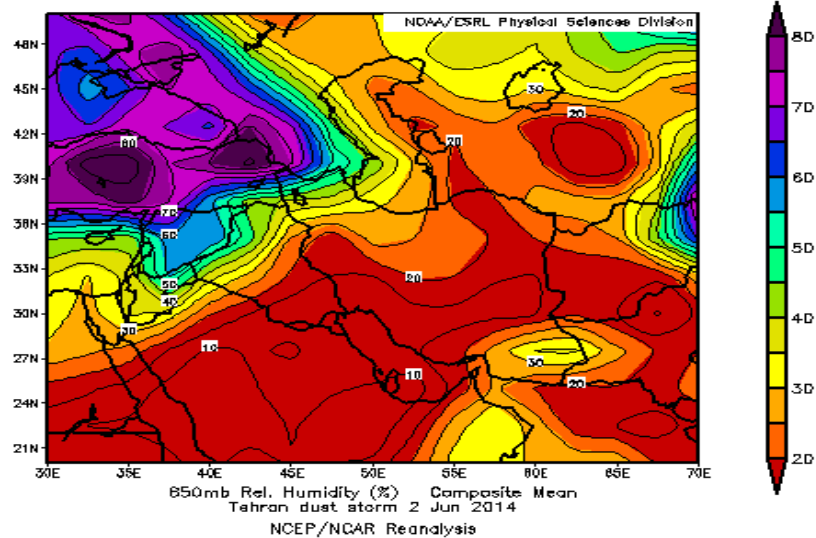
میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل در باز زمانی ساعت ۱۵:۳۰ تا ۲۲:۳۰ دقیقه شامگاه ۱۲ خرداد ۱۳۹۳



میانگین فشار سطح دریا در بازه زمانی مذکور



### وضعیت رطوبت تراز ۸۵۰ میلی بار و در تراز تقریبی ارتفاع شهر تهران

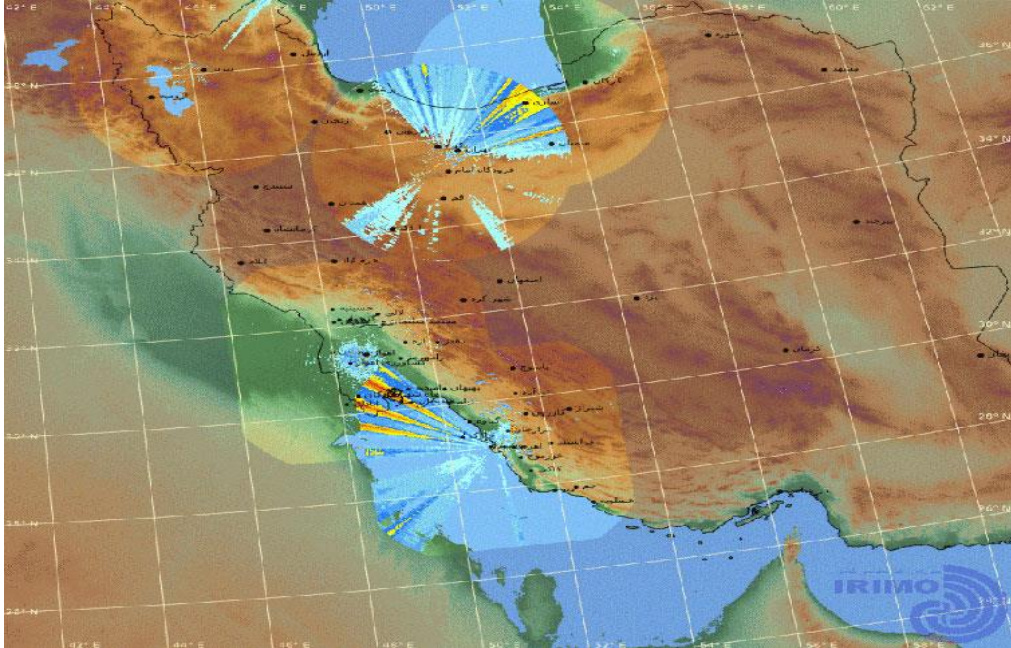


۳- پایش و رصد لحظه ای مشاهدات ایستگاه های زمینی مجاور از نقطه نظر ارائه اطلاعات مورد نیاز در خصوص سرعت و جهت وزش باد، ثبت آخرین وضعیت فشار هوا، تغییرات در مقادیر رطوبت نسبی در سطح زمین که هر ۱۵ دقیقه یکبار بروز رسانی گردد.

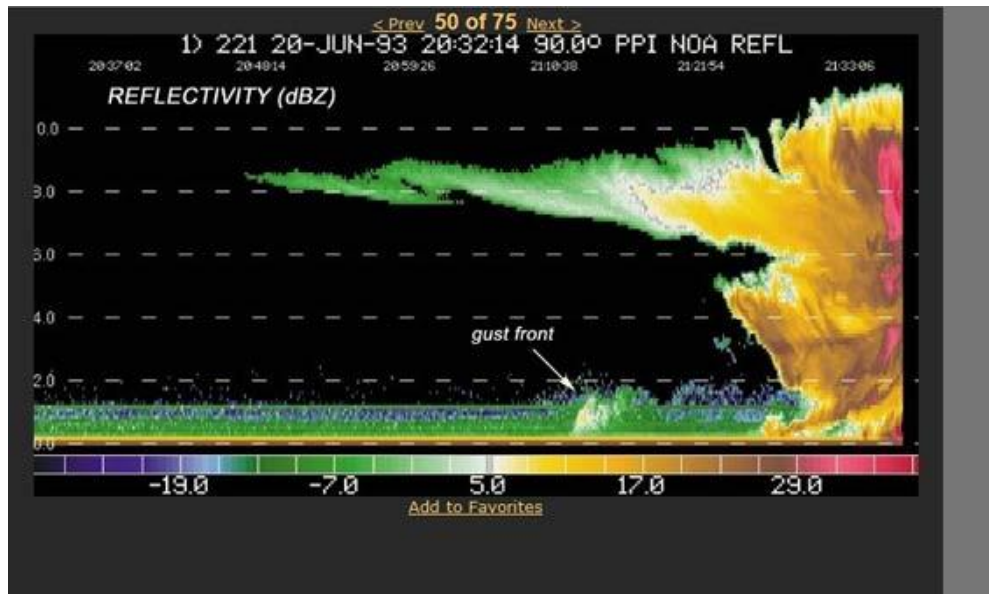
۴- بررسی و پایش اطلاعات رادارهای هواشناسی که این رادارها باید از تجهیزات، کیفیت و فن آوری مناسبی در خصوص تجزیه و تحلیل داده ها برخوردار باشند که متاسفانه شبکه راداری هواشناسی ایران پوشش سراسری و آنلاین در کل مساحت کشور را نداشته و از کیفیت و وضوح مطلوبی برخوردار نمیباشد.

مقایسه کیفیت تصاویر رادار هواشناسی ایران با کشورهای پیشرفته دنیا:

کیفیت رادار هواشناسی ایران و محدوده تحت پوشش این رادار

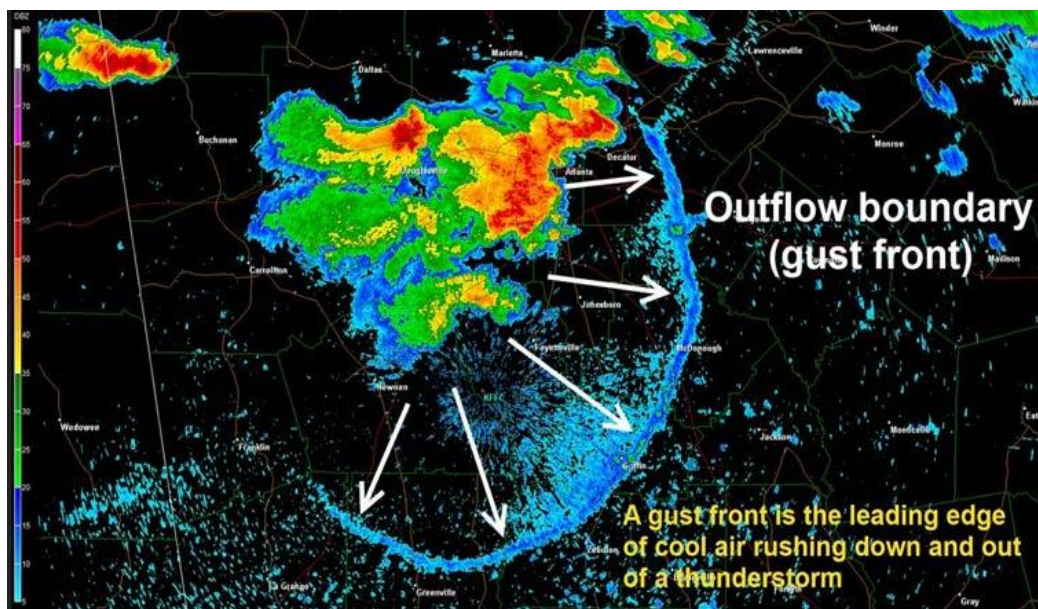


Cross section عمودی رادارهای هواشناسی کشورهای پیشرفته دنیا برای شناسایی جبهه های گاستی



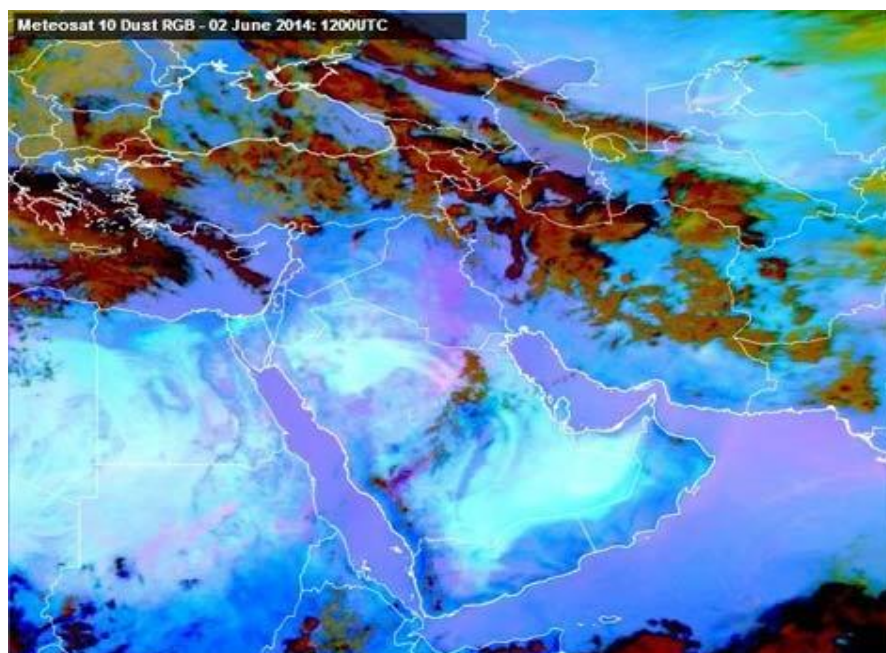
#### Radar image of Gust Front

A NOAA research weather radar observed a gust front and its parent thunderstorm as they passed directly over the radar site in North Dakota, revealing this vertical cross section. Radar reflectivity data are shown in color-coded contours, where the hotter colors indicate heavier rain. Outflow air from the storm at the ground produced the gust front, which kicked up dust and insects that the radar detected. Based on a 1997 article by Brooks Martner (see "articles" tab). With thanks to NOAA/ESRL/PSD.



۵- دسترسی بدون محدودیت و آنلاین به تصویر ماهواره ای اختصاصی که از کیفیت و رزولوشن بالایی برخوردار باشند.

تصویر ماهواره ای RGB DUST ساعت ۱۵:۳۰ روز وقوع طوفان





در این تصاویر نقاط دارای پتانسیل وقوع طوفان و گرد و خاک به رنگ صورتی قابل مشاهده هستند که متاسفانه بدلیل پوشش ابر در ناحیه البرز مرکزی و غربی این تصویر دارای قابلیت رصد طوفان و گرد و خاک از نوع Haboob نمیباشد.

۶- فراهم بودن امکانات رصد هوایی پدیده های جوی بنحویکه هواپیمای مجهز به امکانات پیشرفته هواشناسی در اختیار سازمان هواشناسی قرار گرفته تا به موقع نسبت به جمع آوری و مشاهده اطلاعات مورد نیاز اقدام نماید.

در این بخش از گزارش به بررسی تجهیزات و فن آوری در دسترس کشور همسایه امارات متحده عربی در خصوص پیش بینی طوفان حبوب خواهیم پرداخت که مسلماً این امکانات در اختیار کشور ما نمیباشد.

#### Haboob dust storms of the southern Arabian Peninsula

Steven D. Miller ۱,۲ Arunas P. Kuciauskas, ۱ Ming Liu, ۱ Qiang Ji, ۳ Jeffrey S. Reid, ۱ Daniel W. Breed, ۴ Annette L. Walker, ۱ and Abdulla Al Mandoos ۵ Received ۱۵ February ۲۰۰۷; accepted ۱۱ May ۲۰۰۷; published ۱۲ January ۲۰۰۸.

کشور امارات متحده عربی با وسعتی بسیار اندک در مقایسه با ایران برای پیش بینی طوفان گرد و خاک Haboob مجهز ۵۲ ایستگاهی زمینی و چندین ایستگاهی فرودگاهی میباشد که بصورت لحظه ای به ارسال آخرین تغییرات دما- فشار-رطوب نسبی و تغییرات در جهت سرعت وزش باد به ایستگاههای مبنا میپردازند. علاوه بر این سازمان هواشناسی این کشور مجهز به سیستم پیشرفته Surface sensing Measurements for Atmosphering Radiative Transfer میباشد که بصورت اختصار به آن سیستم هوشمند SMART گفته میشود که به تجزیه و تحلیل تشعشعات خورشیدی - گرمایی و بازتاب زمینی با تطابق با پارامترهای زمینی در هر ثانیه میپردازد.

بهره گیری از سیستم ALL SKY CAMMERA که در این فن آوری با پوشش تمام زاویه آسمان عبور جبهه گرد و خاک مورد رصد قرار میگیرد که کمک مفیدی در پیش بینی طوفانهای Haboob محسوب میشود.

استفاده از رادارهای Doppler C-Band و ۵۳۲ nm Micropulse Lidar (MPLE)

که رادارهای مذکور تحت پوشش سازمان فضایی ناسا و مرکز ملی اقیانوس شناسی ایالات متحده آمریکا میباشد که این رادار ها دارای ۲۴۰ کیلومتر رنج پوشش بوده و با Gate spacing در حدود هر ۵۰۰ متر میباشد از طریق این رادارها گردیان شدید شکست بازتابی در جبهه جلوی ابرهای تندری به آسانی قابل تشخیص بوده بخصوص در زمیانیکه چندین Gust Front در باند جلویی ابرهای تندری داریم.

از تصاویر رادار Lidar زمانی استفاده میشود که تصاویر ماهواره ای به دلیل پوشش ضخیم ابر قابل استناد نباشد که این تصاویر با حدود ۷۰ متر خطا کمک میکند که با مطابق با اطلاعات رادیو سوند ایستگاه زمینی شدت و میزان جریان خروجی از ابرهای تندری را اندازه گیری نمود.

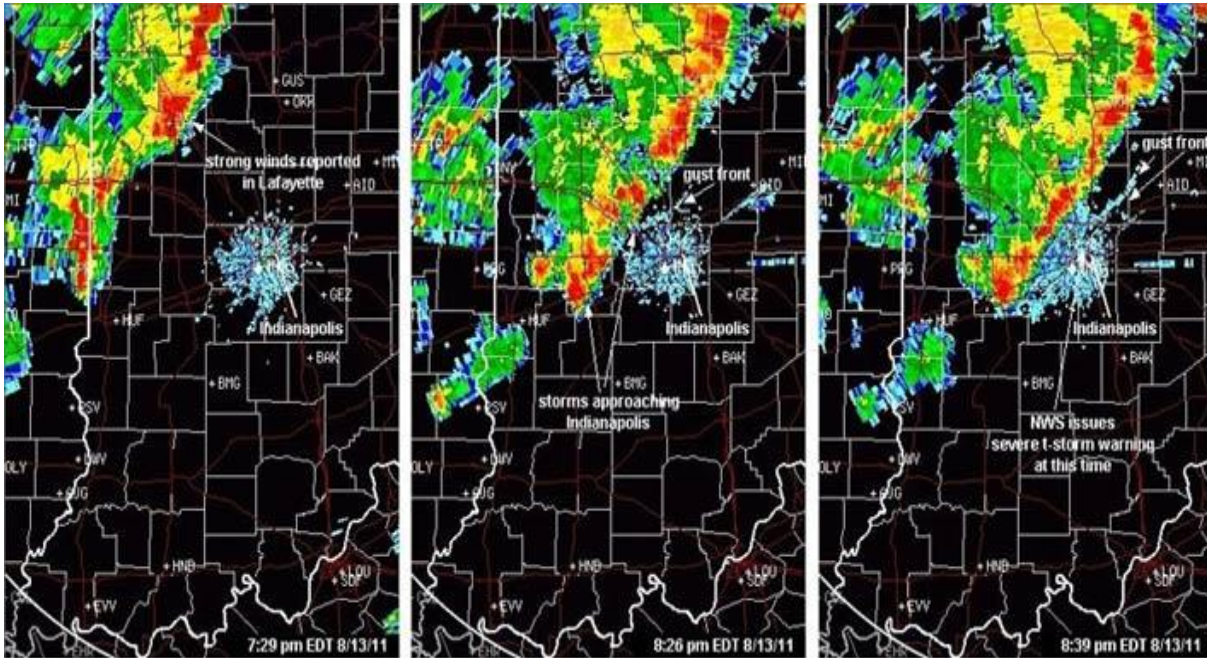
برای رصد طوفان **Haboob** استفاده از تصاویر ماهواره ای زیر به شدت کاربردی و ضروری میباشد:  
GEO-LEO-Meteosat ۵-NASA Terra & Aqua-SeaWifs-Poes-DMSP-AFWA که بخشی عمده از ماهواره های هواشناسی بالا بدلیل تحریم های پیشروی ایران و همچنین وابستگی به وزارت دفاع و صنایع نیروی هوای ارتش آمریکا در اختیار کشور ما نخواهد بود.

شایان ذکر است که ماهواره های بالا در اختیار سازمان هواشناسی کشور امارات متحده عربی بوده که در حدود ۳۱ مدار ماهواره ای را در سطح زمین بصورت تصویری و عددی پوشش میدهند.  
علیرغم اطلاعات مشروح در بالا بعضا دیده شده که در برخی کشورهای پیشرفته دنیا نیز علیرغم دسترسی حداکثری به ابزار و امکانات فوق پیشرفته روز ، پیش بینی وقوع این نوع از طوفان به دلیل کوچک مقیاس بودن و شکل گیری ناگهانی طوفان باز هم غیر ممکن بنظر میرسد. در تصاویر زیر وقوع یک طوفان ناگهانی تندی با جبهه گاستی در ایالات ایندیانا و در شهر ایندیانا پلیس امریکا دیده میشود ( ۱۱ آگوست ۲۰۱۱ ) که منجر به کشته شدن حداقل ۵ نفر گردید.





## تصویر رادار هواشناسی شهر مذکور در زمان وقوع طوفان



نتیجه: طوفان بیسابقه **Haboob** در ۱۲ خرداد ۱۳۹۳ بعنوان یک پدیده نادر و بیسابقه در شهر تهران بوقوع پیوست که دلایل وقوع این طوفان بدلیل تغییرات آب و هوایی حاصل از گرمایش جهانی و همچنین وقوع بارش کمتر از نرمال در طی پاییز-زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳ میباشد.

رصد و پیش بینی این پدیده خاص جوی نیازمند به دسترسی کامل به تجهیزات و فن آوری های پیشرفته و نوین هواشناسی و همچنین تصاویر متنوع ماهواره ای دارد که متأسفانه برخی از این تجهیزات به دلایل کمبود بودجه های تامین شده برای سازمان و همچنین تحریم های گسترده اقتصادی در سالیان اخیر در اختیار سازمان نمیشد و با توجه به ریز مقایس بودن و کلاسیک نبودن ( قابل استناد و بررسی نبودن در نقشه های جوی روزانه) این طوفانها ، سازمان هواشناسی امکان پیش بینی این پدیده جوی که در بازه زمانی بسیار کوتاهی شکل گرفته و به سرعت نیز مضحل میشود را ندارد و هیچگونه تقصیر و خطایی در خصوص عدم پیش بینی متوج سازمان محترم هواشناسی نمیشد و اطلاعیه شماره ۲۷ سازمان هواشناسی در خصوص احتمال وقوع رگبار و رعدو برق ووزش شدید باد بهمراه گرد و خاک برای استان تهران اطلاعیه ای کافی و مفید در مقایسه با منابع و تجهیزات فعلی سازمان میباشد.