علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره دوازدهم، اسفند ماه ۹۸

واکاوی هم‌دیدی-دورکاوی رخداد توفان گرد و خاک استان هرمزگان (آذرماه ۱۳۹۵)

وحید سلامتی هرمزی [۱]*

salamativahid@yahoo.com

مجتبی حمزه نژاد [۲]

کمال امیدوار [۳]

مهدی حسین پور [٤]

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۰۴ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۱۷**

چکیده

زمینه و هدف: پدیده گرد و غبار از جمله تغییرات اقلیمی و پیامدهای زیست محیطی نامطلوبی است که در چند سال اخیر از سیرطبیعی خود خارج شده و شاهد تعدد وقوع آن در منطقه خاورمیانه می باشیم. هدف از این پژوهش بررسی هم‌دیدی و دورکاوی توفان گرد و خاک استان هرمزگان می باشد.

روش بررسی: با روش ترکیبی همدید- دورکاوی، شرایط موثر بر توفان گرد و خاک در استان هرمزگان در آذرماه ۱۳۹۵بررسی شده است.

یافته ها : پس از بررسی دید افقی و سمت و سرعت باد در ایستگاه‌های سطح زمین، داده‌های بازکاوی سطوح مختلف اتمسفر از سایت سازمان ملی اقیانوسی و جوی (نوا) اخذ و به منظور بررسی شرایط همدید و ترسیم نقشه‌های سطح زمین و سطوح فوقانی در محیط نرم افزار گردس استفاده شد. در ادامه با استفاده از تصاویر ماهواره مودیس(آکوا) پدیده گرد و غبار آشکار سازی شد.

۱- دکتری آب و هواشناسی دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲- دکتری آب و هواشناسی دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۳.- استاد اقلیم شناسی دانشگاه یزد، یزد ایران

۴- کارشناس ارشد هواشناسی، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

بحث و نتیجه گیری: در شرایطی که فرابار سیبری جهت غربی‌تر پیدا کند، نفوذ و گسترش زبانه‌های آن به سمت جنوب ایران باعث تضاد حرارتی حدود ۳۵ درجه سلسیوس شده و افزایش گرادیان فشار را بین مناطق شمال شرقی و جنوب ایران به دنبال دارد. بادهای برخاسته از فرابار سیبری به دلیل عبور از روی چشمه های گرد و غبار (شرق و مرکز ایران و بیابان های اطراف استان هرمزگان) سبب گردیده که گرد و خاک از روی مناطق مذکور برخاسته و وارد استان هرمزگان گردد. تصاویر دورکاوی، مسیر حرکت گرد و خاک را منطبق بر جریان هوا در منطقه تایید می کند و نشان می دهد که حتی این پدیده به دریای عمان و خلیج فارس کشیده شده است.

واژهای کلیدی: توفان گرد و خاک، تحلیل هم‌دیدی- دورکاوی، مودیس، استان هرمزگان

February, 2020 J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.12,

Synoptic-Remote Sensing Analysis of Dust Storm Hormozgan Province (November 2016)

Vahid Salamati Hormozi*[1]
salamativahid@yahoo.com
Mojtaba Hamzehnejad[2]
Kamal Omidvar[3]
Mahdi Hosein pour[4]

Accepted: 2017.11.08 Received: 2016.01.24

Abstract

Background and Purpose: The phenomenon of dust is one of the unfavorable climatic changes and environmental consequences that have come out of our natural course in the last few years and we are witnessing the multiplicity of its occurrence in the Middle East region. The purpose of this study is synoptic investigation and remote sensing of Hormozgan dust phenomenon.

Materials and Methods: With the combined method of synoptic - remote sensing investigations, the conditions affecting the dust storm in Hormozgan province in November 2016 have been studied.

Results: After investigating the horizontal visibility and wind direction and speed at ground level stations, the atmospheric surface re-analysis data were obtained from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and they were used to investigate synoptic conditions and draw surface and upper levels weather maps in the Grads software. The dust was then detected using Modis satellite images (Aqua).

Discussion and Conclusions: Under conditions where the Siberian high pressure is inclined to the west, the penetration and expansion of its tabs to the south of Iran causes a thermal contrast of about 35 degrees Celsius and increases the pressure gradient between the northeastern and southern regions of Iran. The winds caused by the Siberian high pressure due to passing over the dust sources (east and center of Iran and the deserts around Hormozgan province) cause the dust to rise from the mentioned areas and enter Hormozgan province. Remote sensing images confirm the direction of dust movement according to the airflow in the region and show that even this phenomenon has extended to the Oman Sea and the Persian Gulf.

K**eywords:** Dust, Synoptic-Remote Sensing Analysis, Modis, Hormozgan Province

1- PhD, Climatology, Yazd University, Yazd, Iran *(Corresponding author)
2- PhD , Meteorology, Hormozgan University, Bandar Abbas, Iran
3- Professor, Climatology of Yazd University, Yazd, Iran
4- M.Sc., Meteorology, Azad University, Tehran, Iran

مقدمه

توفان گرد و خاک یکی از مخاطرات مهم آب و هوایی است که هر ساله باعث بوجود آمدن خسارات زیان‌باری در سراسر جهان می‌شود. رویداد توفان گرد و غبار یا توفان ماسه ای تحت تاثیر الگوهای گردش همدید جو در مقیاس منطقه‌ای و جهانی قرار دارد. باد عامل اصلی حرکت و جابجایی خاک به حساب می‌آید. در اثر برخورد باد با سطح زمین به دلیل ناهمواری‌های سطحی، پیچک‌های تولید می‌شود و علاوه بر جریانات افقی، حرکات عمودی بالا سو و پایین سو به وجود می‌آید که موجب بلند شدن ذرات خاک به هوا می‌شود(۱). به بادهایی که با سرعت زیاد در مدت کوتاهی می‌وزند توفان می‌گویند. توفان ها معمولاً با هوای ناپایدار همراه هستند اگر هوای ناپایدار رطوبت داشته باشد توفان رعد و برق یا تندری و اگر خشک باشد توفان گرد و غبار نامیده می‌شود. بر اساس توافق سازمان هواشناسی جهانی(WMO[1]) هرگاه در ایستگاهی سرعت باد از ۱۵ متر بر ثانیه (حدود ۳۰ نات) تجاوز کند و دید افقی به علت گرد و غبار به کم‌تر از یک کیلومتر برسد توفان گرد و غبار گزارش می‌شود(۲). از عوامل اصلی و مؤثر در رخداد پدیده گرد و غبار، موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی مناطق منشاء و مناطق تحت تأثیر این پدیده می‌باشد. قرارگیری ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان و از طرف دیگر مجاورت با کشورهایی چون عربستان، عراق و سوریه که دارای فقر پوشش گیاهی بوده و به دلیل بارش اندک و دمای بالا اغلب مساحت این کشورها از بیابان تشکیل شده است و تحت تأثیر شرایط بیابانی، ناپایداری هوا و جریان باد در این مناطق که معمولا شدید می‌باشد باعث بلندشدن گرد و غبار از این نواحی می گردد. رخداد خشک‌سالی‌های متناوب در این مناطق سبب رخداد متناوب پدیده گرد و غبار در نواحی غرب و جنوب غربی ایران شده است. از طرف دیگر استفاده نامطلوب از منابع طبیعی و محیط زیست توسط انسان در داخل ایران و کشورهای همسایه سبب تشدید رخداد پدیده گرد و غبار شده است (۳). تحقیقات بسیاری در زمینه توفان‌های گرد و غبار در داخل و خارج از کشور انجام گرفته که برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد: لشکری و کیخسروی(۴) به تحلیل آماری همدیدی توفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۱۹۹۳ -۲۰۰۵ پرداخته‌اند و مشخص کردند که توفانهای گرد و غبار در جنوب استان خراسان رضوی یک پدیده متداول است، به طوری‌که از شمال به جنوب بر تعداد آنها افزوده می‌شود .کیوتال و البرت(۵) وضعیت همدیدی موثر در انتقال گرد و خاک شمال آفریقا از روی دریای مدیترانه به جنوب و مرکز اروپا، ناوه‌ی منشأ گرفته از کم فشار ایسلند و فرابار نیمه استوایی، دو عامل عمده‌ی انتقال غبار آفریقا به اروپا و به خصوص ایتالیا را می‌دانند. لی و همکاران(۶) بزرگ‌ترین گرد و غبار شرق استرالیا را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی MODISو شاخص اختلاف دمای روشنایی مورد ارزیابی قرار داده و با بیان کارایی قابل توجه این روش در شناسایی توده‌های گرد و غبار، چگونگی وقوع این پدیده را شناسایی نمودند. گائو و همکاران(۷) تأثیرات ناهنجاری‌های آب و هوایی در توفان‌های گرد و غبار بر روی افزایش زمین‌های شنی در شمال شرق چین را طی سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۸ مورد مطالعه قرار دادند. آنها بیان کردند که هرچند که از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۸ از فراوانی کلی توفان‌های گرد و غبار در این منطقه کاسته شده ولی زمین‌های شنی طی فعالیت‌های گرد و غبار بخصوص بین سال‌های ۲۰۰۱- ۲۰۰۸ افزایش یافته است. پس از بررسی متغیرهای آب و هوایی، خشکی را مهم‌ترین عامل افزایش توفان‌های گرد و غبار ذکر کردند. همچنین کاهش بارش، تبخیر زیاد، کاهش رطوبت نسبی و رطوبت خاک با کاهش پوشش گیاهی طی دوره مورد مطالعه در مقایسه با ۳۰ سال قبل از آن تأیید شده است. ذوالفقاری(۸) تحلیل سینوپتیکی امواج گرد و خاک در غرب ایران را مورد بررسی

1- Word Meteorological Organization

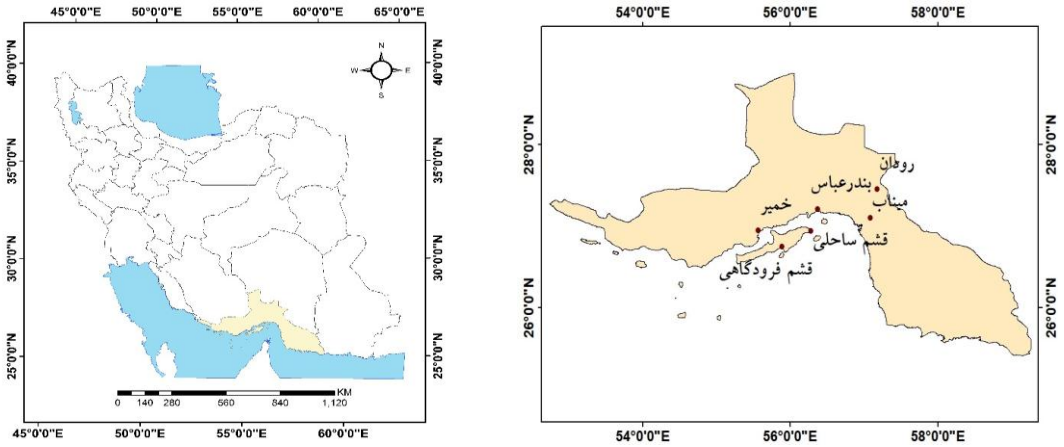
قرار داد. بر این اساس فرابار آزور همراه با سیستم‌های مهاجر بادهای غربی مهم‌ترین عوامل سینوپتیک تأثیر گذار بر سیستم‌های گردوخاک منطقه به شمار رفته و فرودها و سیکلون‌های مهاجر زمانی به منطقه نفوذ می‌کنند که فرابار جنب حاره‌ای آزور حضور نداشته و یا ضعیف شده باشد. خسروی و سلیقه(۹) علت شکل‌گیری توفان های سریع با سرعت حدود ۸۰ نات در ثانیه در منطقه‌ی سیستان را، مجاورت منطقه‌ی چرخندگی مثبت بادهای غربی با زبانه ی کم فشار فرعی موسمی بیان نمودند. حیدری(۱۰) با استفاده از تحلیل همدیدی، سیکلون‌های بسته روی عراق و شمال عربستان را عامل اصلی ایجاد گرد و خاک در استان کرمانشاه بیان می‌کند مطالعه‌ی توفان‌های گرد و خاک فراگیر ایران مرکزی نشان می‌دهد که در سطح ۵۰۰ میلی بار شرایط مساعدی از جهت شکل‌گیری و گسترش ناپایداری‌های سطحی زمین مهیا شده و همین امر منجر به توفان گردوخاک می‌شود. رئیس پور و همکاران(۱۱) در دوره‌ی سرد سال، فرودهای حاصل از بادهای غربی و در دوره‌ی گرم سال سیستم‌های فشار سطح زمین و به خصوص کم فشار خلیج فارس مهم‌ترین عامل ایجاد گرد و خاک در جنوب غرب ایران می دانند. صلاحی و همکاران (۱۲) شرایط همدید- دورکاوی رخداد توفان گرد و خاک در شمال غرب ایران (مهر۹۲) با استفاده از داده‌های هم‌دیدی و دورکاوی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در شرایطی که شیو فشار زیاد بین مرکز فرابار و فروبار در منطقه شمال غرب کشور وجود دارد با همراهی موج بادهای غربی در سطوح میانی جو و فعالیت رودباد سطوح بالا، جریان هوا از روی کشورهای عراق و سوریه با سرعت زیاد به سمت شمال غرب ایران وزیده و موجبات رخداد توفان گرد و خاک در شمال غرب ایران در مهرماه ۱۳۹۲ را فراهم آورده است. تصاویر دورکاوی، مسیر حرکت گرد و غبار را منطبق بر جریان هوا در منطقه تایید می‌کند. لشکری و یارمرادی مسیر ورود فرابار سیبری به ایران در فصل سرد با روش سینوپتیکی و با استفاده از نقشه‌های فشار سطح متوسط دریا، طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ مورد مطالعه قرار دادند. که این پژوهش نشان داد، که هستهٔ مرکزی سلول فرابار سیبری در اوایل پاییز روی تبت شکل گرفته و با نزدیک شدن به فصل زمستان، به محدودهٔ بین دریاچهٔ بایکال و بالخاش منتقل می‌شود. زبانهٔ فرابار سیبری در ابتدای پاییز از سمت شرق وارد ایران شده و تا دامنه های شرقی البرز گسترش می‌یابد، ولی با شروع فصل‌زمستان و انتقال هسته‌های مرکزی به عرض‌های بالاتر، پشتهٔ فشاری این سامانه از شمال شرق وارد ایران شده و گاهی تا دریای عمان گسترش می‌یابد؛ روند کلی گسترش فرابار سیبری نیز شرقی غربی بوده و در زمستان گسترش هسته‌ها به عرض‌های بالاتر بیش‌تر است؛ به گونه‌ای که تا ۴۰ درجه طول جغرافیایی را در بر می‌گیرد؛ درحالی‌که در فصل پاییز هسته‌ها روی فلات تبت قرار دارند و به دلیل توپوگرافی خاص منطقه، تودهٔ فرابار محدودشده و قلمرو عملکرد آن کاهش می یابد(۱۳).در طی پدیده توفان گرد و خاک در آذرماه ۱۳۹۵ در استان هرمزگان شاخص‌های وضعیت آلودگی هوا در شهر بندرعباس در شرایط خطرناک (PSI به میزان بالاتر ۳۰۰) و بحران قرار گرفته و میزان گردوغبار موجود در هوا حدود ۸ برابر حد استانداردهای زیست‌محیطی و خطرناک برای همه گروه‌ها بود. با توجه به گزارش هواشناسی مبنی بر پایداری استقرار ریزگرد در منطقه و آلودگی هوا ناشی از ریزگردها کلیه مدارس مقطع صبح و عصر شهرستان‌های بندرعباس، قشم، رودان، میناب، جاسک و حاجی آباد تعطیل گردید. همچنین در طی این روزها دید افقی در ایستگاه بندرعباس به ۱۰۰ متر کاهش یافته که موجب لغو یا تاخیر بسیاری از پروازهای فرودگاه بین المللی بندرعباس گردید. هدف از این پژوهش واکاوی هم‌دیدی و دورکاوی توفان گرد و خاک استان هرمزگان در طی روزهای ۱ و ۶ آذرماه ۱۳۹۵ می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش استان هرمزگان می باشد که به صورت باریکه‌ای از غرب به طرف شرق در جنوب ایران قرار گرفته است. در سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان بین مختصات جغرافیایی ۲۵درجه و ۲۴دقیقه تا ۲۸درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه ۴۴ دقیقه تا ۵۹درجه و ۱۴

دقیقه طول شرقی واقع شده است. این استان از شمال و شمال شرق با استان کرمان، از جنوب شرقی با استان سیستان و بلوچستان، از غرب با استان‌های فارس و بوشهر همسایه بوده و از جنوب نیز به خلیج فارس و دریای عمان محدوده می شود

.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

Figure 1- The study area

داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش جهت شناسایی سامانه‌های همدیدی و الگوهای گردشی توفان گردوخاک از روش ترکیبی همدیدی-دورکاوی جهت بررسی رخداد توفان گردوخاک در منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. در ابتدا داده‌های ایستگاه‌های همدید واقع در محدوده موردمطالعه شامل بیشینه سمت و سرعت باد و حداقل دید افقی برای روزهای ۲۹ آبان‌ماه تا ۶ آذرماه سال ۱۳۹۵ از سازمان هواشناسی ایران اخذ گردید(جدول شماره۱).

جدول ۱-مقادیر سمت و سرعت باد بیشینه و دید افقی حداقل ایستگاه های استان هرمزگان طی روزهای ۱ تا ۶ آذرماه ۱۳۹۵

Table 1- wind direction and speed values and Minimum Horizontal Visibility of Hormozgan province stations during November 21-26, 2016

ایستگاه	بندرعباس			رودان			میناب		
فراسنج	سمت*	سرعت*	دیدافقی*	سمت	سرعت	دیدافقی	سمت	سرعت	دیدافقی
۱ آذرماه	۷۰	۱۵	۱۰۰	۷۰	۱۰	۴۰۰	۳۰	۱۵	۱۰۰۰
۲ آذرماه	۳۰	۱۳	۸۰۰	۷۰	۹	۸۰۰۰	۵۰	۱۲	۲۰۰۰
۳ آذرماه	۵۰	۱۲	۱۰۰۰	۶۰	۱۰	۸۰۰۰	۴۰	۱۵	۴۰۰۰
۴ آذرماه	۶۰	۱۶	۳۰۰	۶۰	۱۰	۸۰۰۰	۳۰	۱۷	۳۰۰۰
۵ آذرماه	۸۰	۹	۳۰۰۰	۸۰	۸	۱۲۰۰۰	۱۰	۱۵	۲۰۰۰
۶ آذرماه	۷۰	۱۲	۲۵۰۰	۷۰	۱۰	۱۲۰۰۰	۴۰	۱۰	۴۰۰۰

ایستگاه	قشم دریایی			قشم فرودگاهی			بندرخمیر		
فراسنج	سمت	سرعت	دید افقی	سمت	سرعت	دیدافقی	سمت	سرعت	دیدافقی
۱ آذرماه	۸۰	۱۰	۸۰۰	۷۰	۱۲	۶۰۰	۹۰	۸	۶۰۰
۲ آذرماه	۵۰	۱۰	۱۸۰۰	۸۰	۱۳	۸۰۰	۹۰	۷	۱۰۰۰
۳ آذرماه	۵۰	۸	۵۰۰۰	۶۰	۹	۳۵۰۰	۹۰	۶	۳۵۰۰
۴ آذرماه	۶۰	۱۲	۱۵۰۰	۶۰	۱۴	۴۰۰	۸۰	۹	۵۰۰
۵ آذرماه	۴۰	۱۱	۲۵۰۰	۶۰	۱۴	۲۰۰۰	۹۰	۴	۶۰۰۰
۶ آذرماه	۵۰	۱۰	۴۰۰۰	۸۰	۱۱	۲۵۰۰	۱۰۰	۷	۴۰۰۰

*** واحدهای سمت، درجه؛ سرعت، متر بر ثانیه و دید افقی، متر می باشد.**

در این پژوهش از روش محیطی به گردشی در تحلیل شرایط هم‌دیدی توفان گرد و خاک در استان هرمزگان استفاده شده است. برای بررسی بزرگ مقیاس شرایط همدید توفان مذکور از داده های بازکاوی شده سایت نوا (۱۵)، مرکز ملی پیش بینی /مرکز ملی تحقیقات اتمسفری(NCEP/NCAR) مربوط به سطح زمین و سطوح فوقانی جو استفاده گردید. در این پژوهش از فراسنج های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، باد مداری، باد نصف النهاری، دما و مولفه عمودی باد در سطوح مختلف استفاده گردیده است. محدوده مورد بررسی از ۱۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ تا ۹۰ درجه طول شرقی را در بر می گیرد. بنابراین اطلاعات موجود در شبکه ۲/۵×۲/۵ درجه ای موجود، برای تهیه نقشه های همدید و با استفاده از برنامه نویسی در محیط نرم افزار گردس استفاده شده است. در ادامه با استفاده از تصاویر ماهواره مودیس(اکوا) پدیده گرد و خاک در منطقه مورد مطالعه آشکار سازی شد.

تعاریف مختلفی برای توفان های گرد و غبار ارائه شده است که به دو مورد از آن اشاره می گردد:

بر اساس توافق سازمان هواشناسی جهانی(WMO[1]) هرگاه در ایستگاهی سرعت باد از ۱۵ متر بر ثانیه(حدود ۳۰ نات) تجاوز کند و دید افقی به علت گرد و غبار به کم‌تر از یک کیلومتر برسد توفان گرد و خاک گزارش می‌شود. در چین زمانی که ذرات ماسه و گرد وغبار در یک مکان به هوا بلند شود و دید افقی را به کم‌تر از یک کیلومتر کاهش دهد، پدیده توفان گرد و غبار یا توفان ماسه گزارش می‌شود (۱۴). با توجه به تعاریف فوق پدیده توفان گرد و خاک در دو روز ۱ و ۴ آذرماه عینیت بیشتری پیدا می‌کند.

یافته های تحقیق

نقشه‌های ترکیبی حاصل از پایگاه داده های باز تحلیل NCEP/NCAR با استفاده از نرم افزار گردس کمک کرد تا ویژگی همدید و متوسط توفان گرد و خاک در استان هرمزگان شناسایی گردد. تحلیل نقشه های هم‌دیدی (وضعیت فشارسطح دریا، دما و بردار باد طی رویداد توفان گرد و خاک، وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل، وضعیت رودباد سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال، بررسی وضعیت تاوایی در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و همچنین یافته های دورکاوی) در ادامه آورده شده است.

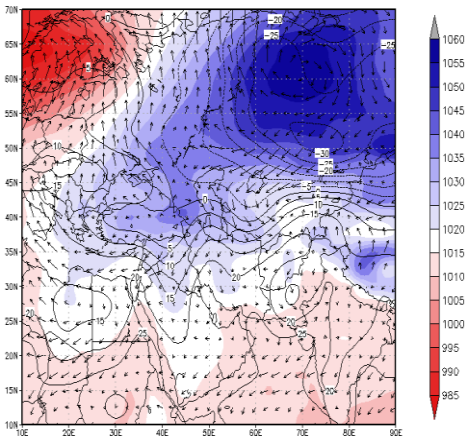
وضعیت فشارسطح دریا، دما و بردار باد طی رویداد توفان گرد و خاک

به منظور واکاوی شرایط همدید رخداد توفان گرد و خاک ۱ تا ۵ آذرماه ۱۳۹۵ در شهر بندرعباس این شرایط از روز ۲۹

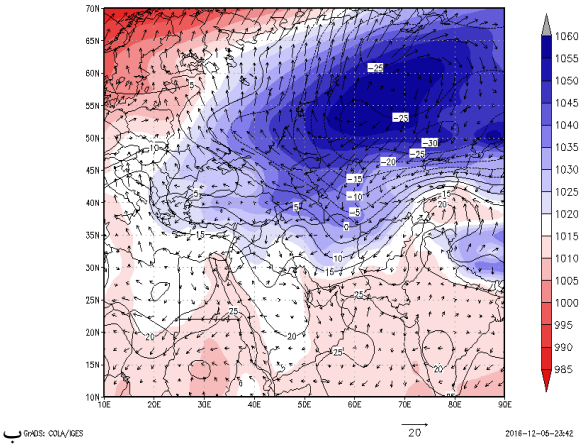
1-Word Meteorological Organization

آبانماه مورد بررسی قرار گرفته است. پدیده توفان گرد و خاک در طی این روزها در بسیاری از ایستگاه های استان هرمزگان خصوصاً در شرق و مرکز استان گزارش شده است. شکل ۲ نقشه های سطح زمین در طی روزهای ۲۹ آبان‌ماه تا ۵ آذرماه را نشان می‌دهد. در روز ۲۹ آبان‌ماه کشور ایران تحت نفوذ زبانه‌های یک سامانه فرابار سیبری (قطبی قاره ای[1])در شمال بوده که این فرابار با منحنی ۱۰۶۰ میلی باری بسته شده و زبانه های آن تا مرکز ایران گسترش یافته است. علاوه بر آن یک سیستم فرابار با منحنی بسته ۱۰۲۷,۵ میلی باری در شرق ایران قرار دارد. دیگر مراکز فعالیت موثر بر روی ایران یک سیستم فروبار بر روی مرکز با هسته ۱۰۱۵ میلی باری است. در روز ۳۰ آبان‌ماه پر فشار سیبری با گرادیان شدیدتر حرکت جنوبی‌تری پیدا کرده و همچنین فروباری با منحنی بسته ۱۰۱۲,۵ میلی باری بر روی دریای سرخ تشکیل گردیده است در این روز گرادیان دمایی از شمال به جنوب کشور بیش‌تر شده و از ۱۵ درجه سلسیوس به ۳۰ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد. در روز ۱ آذرماه با نفوذ و گسترش زبانه‌های سیستم فرابار سیبری به سمت جنوب شرقی و حرکت آنتی‌سیکلونی آن و با قرار گرفتن خطوط هم فشار ۱۰۱۷,۵ میلی باری بر روی بندرعباس، دما و رطوبت کاهش یافته و بر سرعت باد افزوده می گردد. تضاد حرارتی حدود ۳۵ درجه سلسیوس منجر به افزایش گرادیان فشار بین مناطق شمال شرقی ایران شده که منجر به شکل گیری جریان باد با جهت شمال شرقی در استان هرمزگان شده است. به‌طوری‌که سرعت باد در ساعت ۱۱:۳۰ دقیقه محلی از سمت شمال‌شرقی به بیش از ۱۵ متر بر ثانیه رسیده و دید افقی در ایستگاه بندرعباس به ۱۰۰ متر تقلیل می یابد. زبانهٔ فرابار سیبری الگویی کاملاً شمال شرقی- جنوب غربی دارد که از سمت شمال شرق وارد ایران شده تا جنوب ایران و حتی دریای عمان و خلیج فارس نیز گسترش یافته است. هواهای برخاسته از فرابار سیبری به دلیل عبور از روی کویرهای شرق و مرکزی ایران باعث گردیده که گرد و خاک از روی چشمه‌های گرد و خاک برخاسته و وارد منطقه مورد مطالعه گردد. در روز ۲ آذرماه سیستم فروبار که بر روی دریای سرخ با منحنی بسته ۱۰۱۰ میلی بار شکل گرفته بود حرکت شرق سوی خود به سمت کرانه های جنوب غربی ایران آغاز نموده است. زبانه های فرابار سیبری با خطوط هم فشار ۱۰۲۰ میلی باری گسترش پیدا کرده و دید افقی در این روز به ۸۰۰ متر می رسد. در ساعت ۱۲ همین روز سیستم فرابار سیبری با توجه به نفوذ فروبار دریای سرخ موقتاً عقب نشینی کرده بطوریکه خطوط هم‌فشار ۱۰۲۰ میلی باری به عرض های بالاتر منتقل شده و جای خود را به خطوط هم فشار ۱۰۱۵ میلی باری داده و ۵ میلی بار از فشار سطح دریا کاهش می یابد. در روز چهارشنبه ۳ آذرماه شاهد تداوم فعالیت فروبار بر روی غرب استان هرمزگان می باشیم که توده هوای مذکور با دریافت رطوبت از آبهای خلیج فارس باعث بارش در پارسیان در غرب استان به میزان ۱۷/۷ میلی‌متر گردید. در اواخر روز چهارشنبه با کاهش فعالیت فروبار دریای سرخ بار دیگر زبانه های فرابار سیبری به عرض های جنوبی کشیده شده و باعث افزایش شدت باد در ایستگاه بندرعباس می گردد. در روز ۴ آذرماه با تداوم فعالیت توده هوای فرابار سرعت باد به بیش از ۱۶ متر بر ثانیه و به صورت لحظه ای به ۲۰ متر بر ثانیه رسیده و باعث کاهش میدان دید افقی تا ۳۰۰ متر می گردد. این وضعیت پارامترهای اقلیمی کماکان تا عصر روز پنجشنبه ادامه داشته و سپس با نفوذ زبانه‌های فروبار دریای سرخ در بخش های مرکزی و شرق استان بارندگی صورت گرفته و بارش به میزان ۰,۱ میلی‌متر در ایستگاه بندرعباس باعث کاهش محسوس غلظت گرد و خاک ناشی از سیستم فرابار سیبری می‌گردد (شکل ۲ الف تا خ).

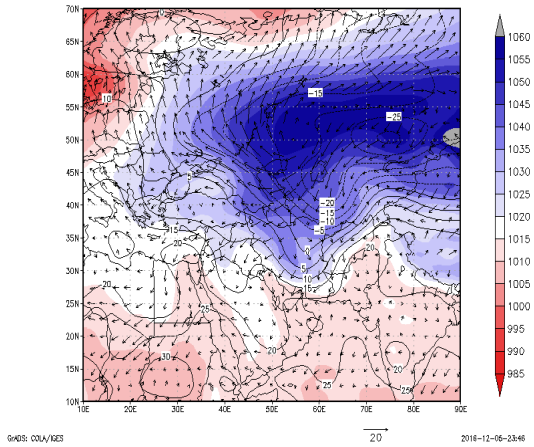
1- Continental Polar



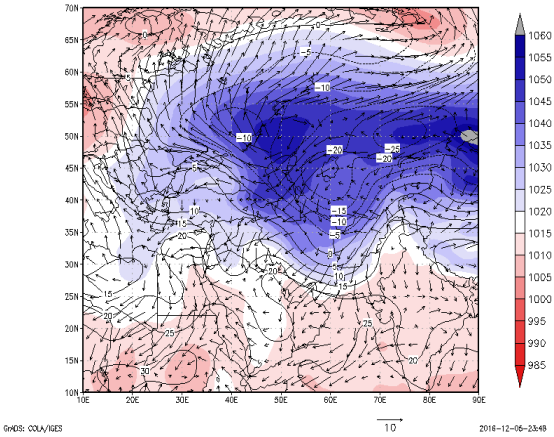
الف- روز ۲۹ آبان ماه



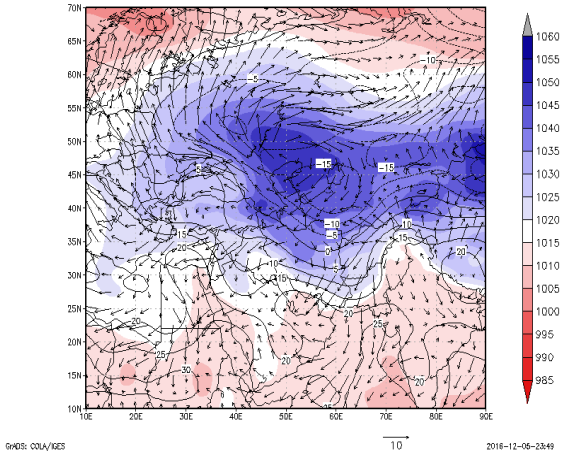
ب- روز ۳۰ آبان ماه



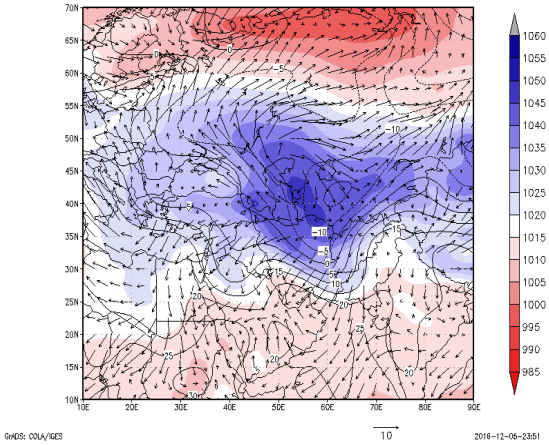
پ- روز ۱ آذرماه



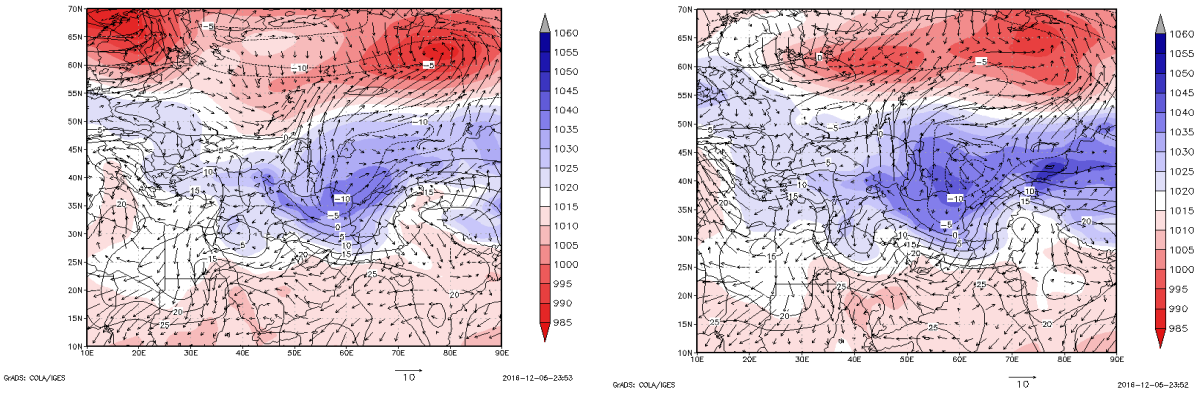
ت- روز ۲ آذرماه



ج- روز ۳ آذرماه



چ- روز ۴ آذرماه



ح- روز ۵ آذرماه

خ- روز ۶ آذرماه

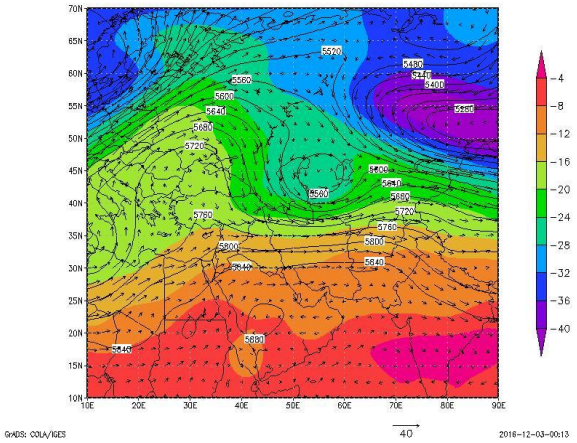
شکل ۲- نقشه ترکیبی فشارتراز دریا(میلی بار)، بردار باد(متر بر ثانیه) و دما(سلسیوس) در روزهای ۲۹ آبانماه الی ۶ آذرماه ۱۳۹۵

Figure 2- Combined Map of Pressure from the sea (millibar), wind vector (m / s) and temperature (Celsius) during November 20-26, 2016

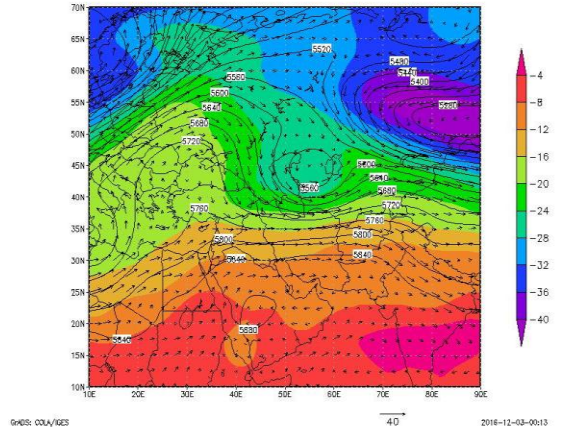
وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل

به منظور تحلیل سطوح میانی جو تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به عنوان نماینده شرایط جوی در سطوح فوقانی اتمسفر مورد بررسی قرار گرفته است(شکل ۳ الف تا ح). در روز ۲۹ آبان‌ماه یک ناوه با خطوط کنتوری ۵۲۴۰ ژئوپتانسیل‌متر در شمال دریاچه آرال و همچنین ناوه دیگری دیگری با خطوط کنتوری ۵۵۶۰ ژئوپتانسیل‌متردر شمال ایران تشکیل گردیده است. از طرف دیگر یک پشته با هسته ۵۸۸۰ ژئوپتانسیل متر بر روی جنوب ایران، عربستان و سودان بسته شده است. روز ۳۰ آبان‌ماه با تقویت ناوه کم ارتفاع مذکور با خطوط کنتوری ۵۴۰۰ ژئوپتانسیل‌متر و گسترش زبانه‌های آن به سمت مرکز و جنوب ایران فعال است و در پشته پر ارتفاع جنوب ایران تغییرات قابل ملاحظه‌ای مشاهده نمی‌گردد. دوشنبه ۱ آذرماه ناوه مذکور در شمال شرق دریاچه آرال تقویت شده(با منحنی بسته ۵۳۶۰ ژئوپتانسیل‌متر)و شیو فشاری قوی به سمت جنوب ایران کشیده شده است. در این روز گذر خط کنتوری ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل‌متر از روی استان هرمزگان را شاهد می باشیم. پشته پر ارتفاع جنوبی کاملاً از بین رفته است. در روز سه شنبه ۲ آذرماه هسته ناوه به سمت دریاچه آرال حرکت جنوب غربی خود را آغاز کرده و باز هم شیو کنتوری را بر روی کشور و استان هرمزگان به همراه دارد. خط کنتوری ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی جنوب استان هرمزگان و تنگه هرمز مشاهده می گردد. در روز چهارشنبه ۲ آذرماه با حرکت هسته ناوه از شمال شرق دریاچه آرال به شرق دریاچه خزر در شمال ایران علاوه بر تقویت خطوط کنتوری این ناوه در نیمه شمالی در نیمه جنوبی هم این حرکت محسوس بوده و خطوط کنتوری ۵۷۶۰ ژئوپتانسیل متراستان را در برگرفته است. روز ۴ آذرماه کماکان ماندگاری شرایط روز قبل را بر روی کشور شاهد بوده و تا حدی از میزان شیو کنتوری بر روی مناطق غربی و شمال غربی کشور کاسته شده اما همچنان شیو کنتوری قوی را در نیمه‌شرقی کشور شاهد می‌باشیم. در روز جمعه ۵ آذرماه با تضعیف هسته ناوه کم ارتفاع و افزایش ارتفاع هسته از۵۳۶۰ ژئوپتانسیل متر به ۵۴۴۰ ژئوپتانسیل متر، تضعیف شیو کنتوری این ناوه را در نیمه غربی کشور شاهد بوده اما در شمال شرقی کشور کماکان حضور این ناوه پر رنگ بوده و در این روز همچنان خطوط کنتوری ۵۷۶۰ ژئوپتانسیل متر بر روی

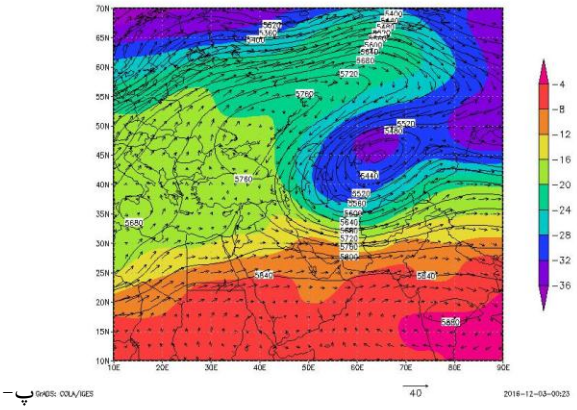
هرمزگان مستقر می باشد. در روز شنبه ۶ آذرماه با حرکت سریع و شرق سوی ناوه و عبور از روی کشور از میزان کنتوری آن کاسته شده و همچنین افزایش ارتفاع سبب عقب نشینی زبانه های آن از روی استان گردید.



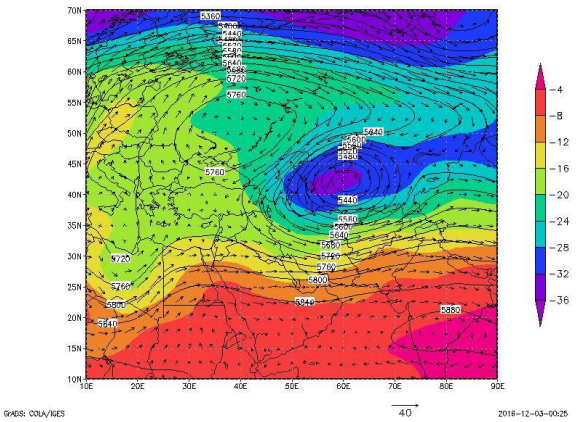
ف- روز ۲۹ آبان ماه



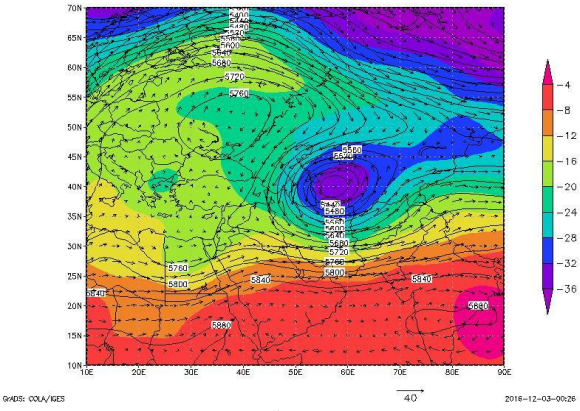
ب- روز ۳۰ آبان ماه



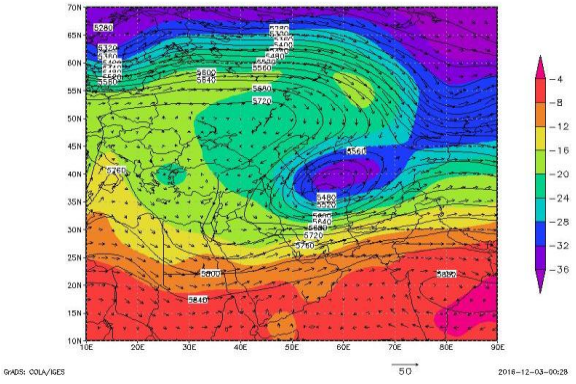
پ- روز ۱ آذرماه



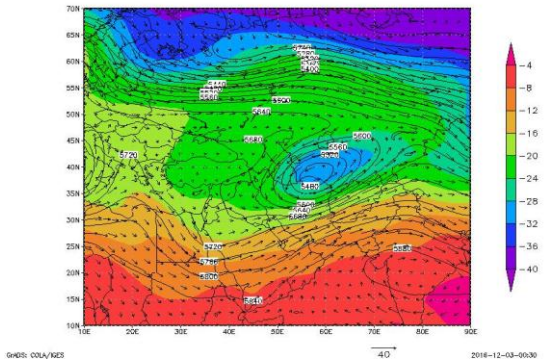
ت- روز ۲ آذرماه



ج- روز ۳ آذرماه



چ- روز ۴ آذرماه



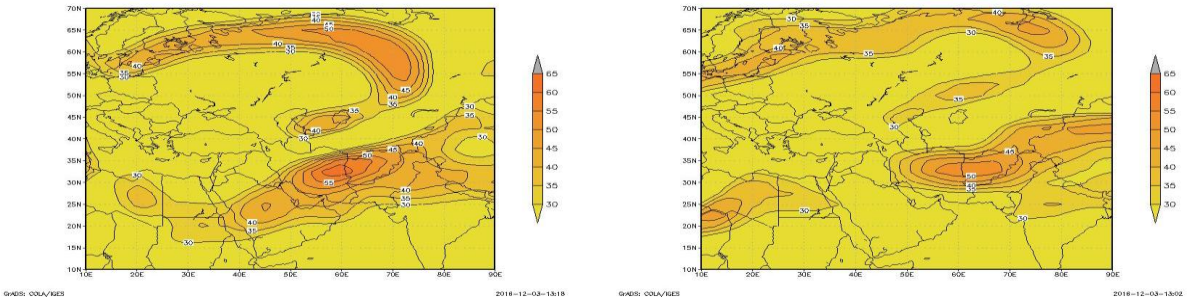
ح- روز ۵آذرماه

شکل ۳- نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال، بردارباد(متر بر ثانیه) و دما(سلسیوس) در روز ۲۹ آبانماه الی ۵ آذرماه ۱۳۹۵

Figure 3- Combined map of geopotential heights (500 hectos), bird density (m/s) and temperature (Celsius) during November 21-26, 2016

وضعیت رودباد سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال

با توجه به شکل ۴ در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال هسته های سرعت باد فعالیت دارند. آرایش مکانی و تغییرات زمانی رودبادها در روزهای متوالی، ارتباط رودباد را با امواج بادهای غربی در سطوح میانی جو به خوبی نشان می دهد. در روز ۱ آذرماه یک رودباد در شرق ایران تشکیل گردیده است. که با تغییر موقعیت آن در روزهای متوالی به سمت مرکز و جنوب ایران تغییر مکان می دهد. در این مدت سرعت روباد ۵۰ متر بر ثانیه می باشد. این شرایط باعث تقویت جریانات افقی و عمودی اتمسفر در محدوده فعالیت روباد شده که در صورت فعالیت در مناطق مستعد تولید گرد و غبار، چشمه های گرد و غبار (شرق و مرکز ایران) شرایط برای انتقال آنها برای مسافت های طولانی و سمت جنوب شرقی ایران مهیا می گردد. در روز ۴ آذرماه هسته رودباد تقویت شده و همچنین موقعیت جنوبی تر پیدا می کند. با توجه به داده های هم‌دیدی سطح زمین سرعت باد در این روز به ۱۶ متر برثانیه رسیده و دید افقی را تا ۳۰۰ متر کاهش می دهد. در روزهای ۵ و ۶ آذر با کاهش سرعت رودباد و همچنین حرکت شرق سوی خود از سرعت و توفان گرد و خاک کاسته می شود.



الف- نقشه فعالیت رودباد در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال ۱ آذرماه

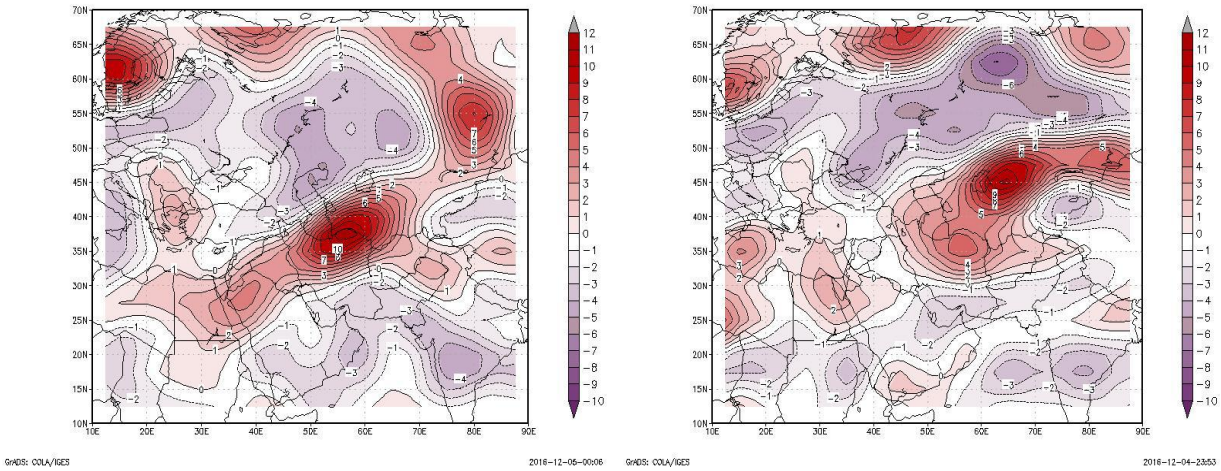
ب- نقشه فعالیت رودباد در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال ۴ آذرماه

شکل ۴- نقشه فعالیت رودباد در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال در روزهای ۱ و ۴ آذرماه ۱۳۹۵

Figure 4- jet stream activities at 300 hPa on days 21 and 24 November 2016

بررسی وضعیت تاوایی در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال

شرایط همگرایی و واگرایی در سطوح بالای اتمسفر در ارتباط با حرکات‌عمودی اتمسفر و تاثیر آن در انتقال ذرات گرد و غبار اهمیت دارد. مکان گزینی چرخندگی مثبت(منفی) در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال هم‌زمان با رخداد توفان گردوخاک در شکل ۵ نشان داده شده‌است. در طی این دو روز، منطقه شمال‌شرق دریاچه آرال در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تحت نفوذ چرخندگی مثبت می‌باشد و همچنین جنوب ایران نیز زیر نفوذ چرخندگی منفی قرار دارد. چرخندگی مثبت درسطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در ارتباط با موج بادهای غربی هستند. که به تدریج از عرض ۵۵ درجه شمالی به عرض های جنوبی تر (۳۰ تا ۳۵ درجه شمالی) کشیده می‌شوند. در روز ۱ و ۴ آذرماه چرخندگی مثبت مطابق با رودباد سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال بوده و در روز ۴ آذرماه به عرض‌های پایین تر کشیده می شود که ارتباط آن را سطوح مختلف جو نشان می‌دهد. همچنین در روزهای ۱ و ۴ آذرماه استان‌هرمزگان و مرکز و جنوب استان سیستان و بلوچستان زیر نفوذ چرخندگی منفی و فرونشینی هوا قرار دارند.



الف- نقشه تاوایی در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ۱ آذرماه

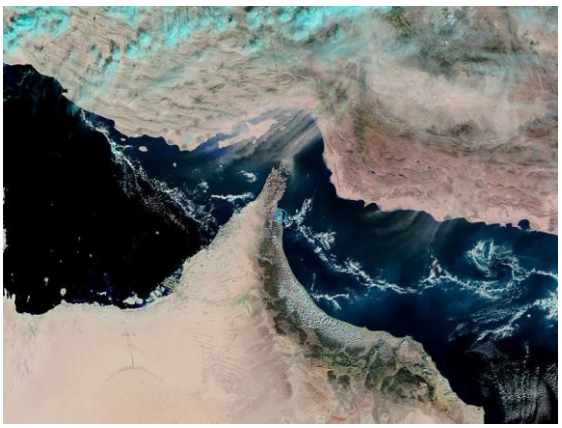
ب- نقشه تاوایی در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ۴ آذرماه

شکل ۵- نقشه تاوایی در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای ۱ و ۴ آذرماه ۱۳۹۵

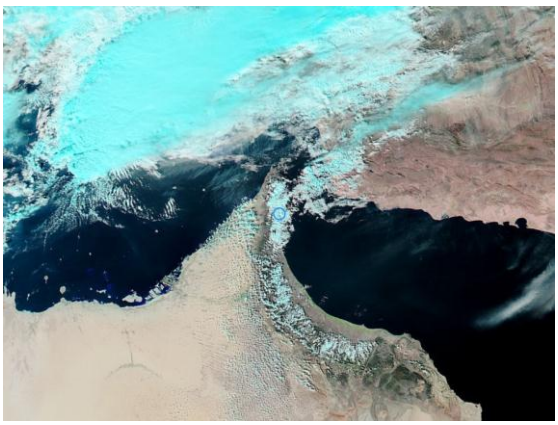
Figure 5-vorticity at 500 hPa on days 21 and 24 November 2016

یافته های دورکاوی

به منظور تبیین توفان گرد و خاک در منطقه مورد مطالعه، تصاویر ماهواره مودیس و سنجنده آکوا از سایت ماهواره مذکور اخذ گردید(۱۶). این شکل ها به ترتیب مربوط به روزهای ۱ و ۴ آذرماه بوده و پدیده توفان گرد و خاک به وضوح در این تصاویر نمایان است که منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته و حتی بر روی دریای عمان و خلیج فارس نیز کشیده شده است. در تصاویر زیر پوشش شامل پوشش ابر در منطقه که در زیر آن‌ها پوشش گرد و غبار مشاهده می‌گردد.



الف- تصاویر ماهواره مودیس ۱ آذرماه



ب- تصاویر ماهواره مودیس ۴ آذرماه

شکل ۷-تصاویر ماهواره مودیس از توفان گرد و خاک استان هرمزگان در روزهای ۱ و ۴ آذرماه ۱۳۹۵

Figure 6- Modis satellite images of dust storm in Hormozgan province on days 21 and 24 November 2016

بحث و نتیجه‌گیری

توفان های گرد و خاک با توجه به ماهیت بزرگ مقیاس خود و علل شکل‌گیری و میسر حرکت باد مولد این توفان ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به تحلیل نقشه های هم‌دیدی و بررسی داده های جو بالا منطقه مورد مطالعه و همچنین تصاویر ماهواره‌ای نتایج ذیل حاصل شده است. در طی مدت توفان گردوخاک کشور ایران تحت نفوذ زبانه‌های یک سامانه فرابار سیبری (قطبی قاره‌ای[1]) در شمال بوده که این فرابار با منحنی ۱۰۶۰ میلی‌باری بسته شده و زبانه‌های آن تا مرکز ایران گسترش یافته است. فرابار سیبری یکی از سامانه‌های‌مهم و تاثیر گذار بر روی آب و هوای ایران به‌خصوص در دوره سرد سال است. الگوهای سطح فوقانی در شکل‌گیری این سامانه نقش بسزایی دارد. با نفوذ و گسترش زبانه های سیستم فرابار سیبری به سمت جنوب شرقی و حرکت آنتی سیکلونی آن و با قرار گرفتن خطوط هم فشار ۱۰۱۷/۵میلی باری بر روی بندرعباس، دما و رطوبت کاهش یافته و بر سرعت باد افزوده می گردد. تضاد حرارتی حدود ۳۵ درجه سلسیوس منجربه افزایش گرادیان فشار بین مناطق شمال شرقی و جنوب ایران شده که سبب شکل گیری جریان باد از جهت شمال شرقی در استان هرمزگان شده است. به‌طوری‌که در تاریخ ۱ آذرماه سرعت باد در ساعت ۱۱:۳۰ دقیقه محلی به بیش از ۱۵ متر بر ثانیه رسیده و دید افقی در ایستگاه بندرعباس به ۱۰۰ متر کاهش یافته است. زبانهٔ فرابار سیبری الگویی کاملاً شمال شرقی- جنوب غربی دارد که از سمت شمال شرق وارد ایران شده تا جنوب ایران و حتی دریای عمان و خلیج فارس نیز گسترش یافته است. بادهای برخاسته از فرابار سیبری به دلیل عبور از روی کویرهای شرقی و مرکزی ایران و بیابانهای شرق و شمال شرقی استان هرمزگان باعث گردیده که گرد و خاک از روی این چشمه های گرد و خاک برخاسته و وارد منطقه مورد مطالعه گردد. موقعیت رودباد در روزهای متوالی به سمت مرکز و جنوب ایران تغییر مکان داده و سرعت روباد به ۵۰ متر بر ثانیه می رسد. این شرایط باعث تقویت جریانات افقی و عمودی اتمسفر در محدوده فعالیت روباد شده که در صورت فعالیت در مناطق مستعد تولید گرد و غبار، چشمه های گرد و غبار (شرق و مرکز ایران) شرایط برای انتقال آنها برای مسافت های طولانی

1- Continental Polar

و سمت جنوب شرقی ایران مهیا می گردد. در روز ۴ آذرماه هسته رودباد تقویت شده و همچنین موقعیت جنوبی تر پیدا می کند. با توجه به داده های هم‌دیدی سطح زمین سرعت باد در این روز به ۱۶ متر برثانیه رسیده و دید افقی را تا ۳۰۰ متر کاهش می‌دهد. مکان گزینی چرخندگی مثبت (منفی) در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال همزمان با رخداد توفان گرد و خاک منطبق بوده و در طی این مدت، منطقه شمال شرق دریاچه آرال در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تحت نفوذ چرخندگی مثبت و جنوب ایران زیر نفوذ چرخندگی منفی قرار دارد. این نتایج با نتایج پژوهش(۱۳) همخوانی داشته که تحلیل همدیدی موقعیت استقرار فرابار سیبری و مسیرهای ورودی آن به کشور ایران در فصل سرد، حاکی از آن است که زبانهٔ فرابار سیبری الگویی کاملاً شمال شرقی- جنوب غربی دارد که در آغاز پاییز، از سمت شرق محدوده ای بین افغانستان و پاکستان وارد ایران شده و تا دامنه های شرقی البرز گسترش می‌یابد. با نزدیک شدن به فصل زمستان و انتقال هستهٔ مرکزی فرابار به عرض های بالاتر، زبانهٔ فرابار سیبری از سمت شمال شرق وارد ایران شده و گاهی تا جنوب ایران و حتی دریای عمان نیز گسترش می یابد. تصاویر دورکاوی، مسیر حرکت گرد و خاک را منطبق بر جریان هوا در منطقه تایید می کند و نشان می دهد که حتی این پدیده به دریای عمان و خلیج فارس کشیده شده است.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از اداره کل هواشناسی استان هرمزگان که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند صمیمانه تشکر می نماییم.

منابع

1. N. Hemati, Survey of Frequency of Soil Storms in Central and Southwestern Regions of Iran, M.Sc., University of Tehran, 1995. (In Persian).
2. K. Omidvar, Natural hazards, Yazd University Press, Yazd, 2013, (In Persian)
3. M. Miri, Statistical-Synoptic Analysis of Dust Phenomena in the Western Half of Iran, MSc Thesis, Faculty of Geography, University of Tehran, 2011. (In Persian).
4. Lashkari, H., Keykhosravi, GH., 2008. Statistical Analysis of Dust Storms Synoptic Khorasan Razavi ,Province in 2005-1993 Period, Geographical Research .No. 65, PP.17-33. (In Persian).
5. Kutiel.H, Alpert.p, 2005. Synoptic of dust transportation days from Africa toward Italy and central Europe, pp : 1 – 14.
6. Li X,Ge L,Dong Y and Chang H C 2010. Estimating the greatest dust storm in eastern Australia with MODIS .satellite images. Published by IEEE.
7. Gao, Tao and et al ,2011. Impacts of climate abnormality on remarkable dust storm increase of the –Hunshdak Sandy Lands in northern China during 2001 .2008, meteorological applications meteorology.
8. H. Zolfaghari, H. Abedzadeh, Synoptic Analysis of Dust Storms in Western Iran", Journal of Geography and Development, 2005, No, 6. (In Persian).
9. M. Khosravi, M. Saliqeh, Ecological and Environmental Impacts of Sistan 120-Day Winds, Institute of Geosciences and Geography, Zahedan, 2005. (In Persian).
10. M. Heidari, Dust and its Model of Climate in the West of Iran, Journal of Provincial Meteorological

Organization, Kermanshah, 2007, No. 11. (In Persian).

11. K. Raeispour, M. Khosravi, T. Tavusi, Investigating the Impact of Sand Storms as one of the Most Important Deterrents to Development in the Sistan Region, Proceedings of the National Conference on Geography, Security and Development in Southeast Iran, Tehran, University Imam Hussein, 2010, (In Persian)
12. Salahi, M. Moradi, M. AliJahan, Investigating the Synoptic-Remote Sensing Conditions of Dust Storm Occurrence in Northwest of Iran (October 92), Geography Quarterly, New Thirteenth Year, 2005, No. 44. (In Persian).
13. H. Lashkari, Z. Yarmaradi, A Synoptic Analysis of the Situation of Transparent Siberian Settlement and Its Entry Routes to Iran in Cold Season, Journal of Natural Geography Research, 2014, Vol. 46, No. 2, pp. 218-199. (In Persian).
14. Liu, G., Park, S. U., 2007, The Logarithm-Linear Relationship of the Occurrence Frequency to the Duration of Sand-dust Storms: Evidence from Observational Data in China, Journal of Arid Environments, Vol. 71, pp. 243-249.
15. https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html.
16. https://worldview.earthdata.nasa.gov.