تحلیلی از رژیم بادهای شدید و طوفانی یزد

کمال امیدوار*

دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

دریافت: ۸۶/۲/۱۸ پذیرش: ۸۷/۹/۹

چکیده

یکی از بلایای طبیعی که هر ساله موجب خسارت‌های زیادی در نواحی خشک و بیابانی جهان از جمله ایران و منطقه یزد می‌شود، بادهای شدید و طوفان‌ها است. به سبب موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی، این منطقه همواره در معرض بادهای شدید و طوفان‌های گرد و خاک قرار دارد. از این جهت شناخت رژیم بادهای شدید و طوفان‌های منطقه یزد به منظور کاهش آثار مخرب این پدیده به‌ویژه در امر تثبیت ماسه‌های روان، ضروری است. این تحقیق با استفاده از داده‌های دید افقی، سرعت و جهت باد، رطوبت نسبی، دما، فشار، ابر و پدیده گرد و خاک ایستگاه‌های سینوپتیک یزد و کرمان، داده‌های جو بالای این ایستگاه‌ها و نقشه‌های سینوپتیک در طی دوره آماری سال‌های ۱۳۶۲ – ۱۳۸۲ انجام شده‌است.

نتایج مطالعه نشان می‌دهد که بیش از ۷۷ درصد بادهای شدید منطقه از سمت ۲۵۰ تا ۳۳۰ درجه وزیده و سرعت آن بین ۱۵ – ۲۹ متر بر ثانیه در نوسان است. این بادهای شدید در ساعت‌های بعد از ظهر می‌وزند. وزش بادهای غالب از سمت شمال غرب و غرب است. بیش از ۵۰ درصد از بادهای شدید و طوفان‌های منطقه در ماه‌های اردیبهشت و فروردین رخ می‌دهند. در ابتدای دوره گرم سال و انتقال فصل، ناپایداری‌های جوی و طوفان‌های گردوخاک در منطقه افزایش پیدا می‌کند. علت اصلی این پدیده وزش بادهای شدیدی است که به دنبال تغییرات سریع فشار و دمای هوا در این موقع از سال رخ می‌دهد. عبور یک سامانه کم فشار با جبهه سرد و خشک از سمت غرب – شمال غرب همراه با وجود ناوه در ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و ناپایداری‌های محلی، مهمترین علل بروز این بادهای شدید در منطقه است.

کلید واژه‌ها: یزد، باد، طوفان، ناپایداری، نقشه سینوپتیک.

* نویسنده مسؤول مقاله: E-mail: komidvar@yazduni.ac.ir

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

۱- مقدمه

بادهای شدید و طوفان‌ها، از جمله پدیده‌های پر انرژی جو هستند که معمولاً هر ساله در زمان و مکان خاصی تکرار می‌شوند و دوره بازگشت و شدت آنها قابل محاسبه است و فرایندهای همراه آن اغلب خطرآفرین و گاهی به شدت مخرب می‌باشند. با توجه به انرژی باد در پدیده طوفان، صدمات زیادی به ساختمان‌ها و محصولات کشاورزی وارد می‌آید.

نیاز بشر به آرامش زیستن در محیط (که حوادث طبیعی همواره وی را تهدید می‌کند) او را وادار می‌کند که عناصر، حوادث و نیروهای طبیعت را بهتر بشناسد و به نحوی معتدل با آن سازش پیدا کند. انسان اولیه به دلیل آگاهی نداشتن از علت‌های رخداد چنین حوادثی نه تنها خود را مقهور می‌دانست، بلکه گاهی اوقات آنها را به قهر و خشم نیروهای ماورای طبیعت نسبت می‌داد. ولی با افزایش آگاهی و علم بشر مبنی بر علت‌های چنین حوادثی، به‌تدریج روش‌های کنترل، مهار و حتی پیش‌بینی آن بر افق ذهن بشر پدیدار شد. دست پیدا کردن انسان به ابزار و تکنولوژی نوین، توانست ضمن کاستن از دامنه ضایعات و خسارت‌های ناشی از بلایای طبیعی، وحشت عمومی را از این‌گونه حوادث به نحو مؤثری کاهش دهد[۱، ص ۹۸].

بادهای شدید و طوفان‌ها، فرایندی طبیعی بوده که در تمام نواحی خشک و نیمه خشک جهان رخ می‌دهد و زمانی شدت پیدا می کند که فعالیت‌های انسان سبب تخریب و به هم خوردن وضعیت طبیعی اراضی شده و این اراضی تحت تأثیر خشکی وخشکسالی قرار گیرند[۲، ص۲].

بادها با دو پارامتر جهت و سرعت مشخص می‌شوند. بدیهی است سرعت باد تابع شیب گرادیان فشار می‌باشد و میزان آن در راستای عمودی نسبت به افقی، ناچیز است. بنابراین مفهوم باد به جریان‌های افقی هوا اطلاق می‌شود و جریان‌های عمودی هوا را در زمره باد به حساب نمی‌آورند[۳، ص۵۹].

در سطح جهان بررسی‌های زیادی در مورد بادهای شدید و طوفان‌های گردوخاک و ماسه‌ای انجام شده که در این مقاله به برخی از آنها اشاره می‌شود.

اورلووسکی[۱] (۱۹۶۲) توزیع زمانی و فضایی طوفان‌های خاک و ماسه‌ای در ترکستان را

1. N.S. Orlovesky

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

طی سال‌های ۱۹۳٦ –۱۹٦۰ مورد بررسی قرار داد.

در سال ۱۹۷۸ نقشه‌های تشخیص روزهای طوفانی در کشور قزاقستان به‌وسیله سمنوف[1] و تولینا تهیه شد. دایان[2] (۱۹۸٦) مسیریابی طوفان‌های خاک و ماسه‌ای را برای سرزمین فلسطین اشغالی انجام داد [٤، صص۵۹۱–۵۹۵]. چن‌وینن[3] و همکاران (۱۹۹٦) در این مورد مطالعاتی را در شمال چین انجام داده و بیان کردند که با افزایش رطوبت خاک میزان طوفان‌های شدید و فرسایش بادی کاهش پیدا می‌کند [۵، صص۳۹۱–٤۰۲].فنگ[4] و همکاران (۲۰۰۲) در زمینه تأثیر طوفان‌های خاک بر روی سلامتی و تنفس بررسی کرده و تغییرات تمرکز غبار در طول طوفان‌های خاک در تایوان را مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند رابطه معناداری بین آن‌ها وجود دارد[٦، صص۲۳۵–۳٦۱]. اورلووسکی و همکاران (۲۰۰٤) طوفان‌های خاک را در ترکمنستان مورد مطالعه قرار دادند و توزیع فضایی، فراوانی و تغییرات فصلی این طوفان‌ها را بررسی کرده و بیان کردند که بیشترین تعداد روز طوفانی در فصل بهار و در منطقه بیابانی قره‌قوم وجود دارد[۷].

یکی از بلایای طبیعی که هر ساله سبب خسارت‌های زیادی در نواحی خشک و بیابانی جهان می‌شود، بادهای شدید و طوفان‌های ماسه است. طوفان سیاه شمال چین در سال ۱۹۹۳ حدود ۳۷۳۰۰۰ هکتار از محصولات کشاورزی را تخریب و ۸۵ نفر را از بین برد[۸]. فرسایش بادی، سالیانه حداقل ۱٦۱ میلیون تن خاک را در کانادا جابه جا می‌کند که ارزش دلاری آن، ۲٤۹ میلیون دلار آمریکا است[۹]. عمل باد در تفکیک مواد ناپایدار زمین از خود محل تخریب شروع و تا فاصله صدها کیلومتر ادامه پیدا می کند. گرد و غبار حاصل، اغلب از ذرات کلوئیدی (سیلت و رس) است[۱۰].

در حال حاضر در ایران حدود ۱۳ میلیون هکتار اراضی به شکل پهنه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای وجود دارد که از این مقدار بیش از ۵ میلیون هکتار را اراضی ماسه‌ای فعال و نیمه فعال تشکیل می‌دهند[۱۱، ص ۳٤].

مرجانی در سال ۱۳۷۲ با استفاده از نقشه‌های سینوپتیکی، بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه (طوفان) را در خراسان بررسی کرده است. وی وجود مرکز کم فشار حرارتی در نواحی مرکزی و جنوبی ایران، حرکت پرفشار سیبری در زمستان به شمال این استان و پرفشار جنب

1. Semenov
2. Dayan
3. Chen Weinan
4. Feng

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

حاره‌ای در تابستان را عوامل مؤثر بر وقوع طوفان‌ها در استان خراسان می‌داند[۱۲، ص ۱۸۱]. حسینی در سال ۱۳۷۹ با استفاده از شاخص‌های ناپایداری و نقشه‌های سینوپتیکی، بادهای شدید تهران را مطالعه کرده است. او حاکمیت هوای سرد قبل از عبور جبهه سرد، وجود ناپایداری، همجوار بودن با منطقه کویر و وجود مرکز کم فشار بسته شده ۱۰۰۴ هکتو پاسکال را در ایجاد بادهای شدید در تهران مؤثر می‌داند[۱۳، ص ۱۲٤].

در نواحی کویری و مرکزی ایران به ویژه استان یزد، پدیده جوی طوفان‌ها و بادهای شدید همواره مورد توجه بوده و همچنان ادامه دارد. در سال‌های اخیر هر ساله طوفان‌های کم و بیش مخرب و خسارت باری در این منطقه مشاهده می شود. به سبب شرایط اقلیمی و موقعیت جغرافیایی، استان یزد در منطقه خشک و بیابانی ایران قرار گرفته و همواره در معرض بادهای شدید و طوفان‌های گرد و غبار است. متوسط بارش سالیانه در ایستگاه سینوپتیک یزد ٦۲/۷ میلیمترو در استان یزد حدود ۱٤۵/۷ میلیمتر است[۱٤، ۱۵، ص ٤۳].

وزش بادهای شدید و طوفان‌های گرد و غبار در این منطقه امری عادی است. عامل باد به صورت یک فاکتور غالب و شکل‌دهنده بر منابع طبیعی این ناحیه حکمفرما است. وجود ماسه‌های روان که یکی از آشکارترین آثار فرسایش بادی است، در این استان فراوان دیده می‌شود. ماسه‌های روان می‌توانند تا شعاع نسبتاً وسیعی از اطراف خود را تحت تأثیر قرار دهند. به‌ویژه با ظهور طوفان‌های شدید، ناحیه تحت نفوذ ماسه‌های روان به سبب به حرکت درآمدن ماسه‌ها حالت خطرناک و مرگباری به خود می‌گیرد و شهرهای این استان را ساعت‌ها در تاریکی فرو می‌برد و سبب راهبندان می‌شود[۱٦، ص ۱٦٤].

بارزترین ویژگی طوفان‌های گرد و خاک، انتقال ذرات به صورت معلق و رسوب ذرات محموله به صورت تپه‌های ماسه‌ای است[۱۷]. طوفان اوایل سال ۱۳۷۹ که با سرعت ۷٦ کیلومتر در ساعت وزید، خسارت‌های زیادی را به بخش کشاورزی و باغداری استان وارد کرد. این پدیده بین سال‌های ۱۳۷۰ – ۱۳۷۹ حدود ۱۲۷۰۹۲ میلیون ریال به این استان خسارت ایجاد کرده است[۱۸]. استان یزد مانند اغلب نقاط ایران مرکزی سال‌ها است که مورد تهاجم ماسه‌های روان قرار دارد. مهم‌ترین محدوده تپه‌های ماسه‌ای، شمال شهر یزد و منطقه رستاق است[۱۹، ص ۱۲]. اشکال عمده ژئومورفولوژیکی ناشی از عمل باد در این ناحیه را می‌توان برخان‌ها، تلماسه‌های صعودی و نبکاها نام برد[۲۰، ص ۱۳٤].

در مرکز دشت یزد (دشت سرپوشیده) سطح خاک کاملاً لخت و عاری از پوشش گیاهی و

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

یا سنگریزه است. به همین دلیل بیشترین رخساره‌های فرسایش بادی در مرکز دشت یزد قابل مشاهده است. غالب طوفان‌ها نیز در محدوده ۱۰ – ۱۵ کیلومتری مرکز این دشت شکل می‌گیرد و حد فاصل شهرهای میبد تا یزد به طول ۵۰ تا ۷۰ کیلومتر را تحت تأثیر قرار می‌دهند[۲۱، ص ۵۷۲].

با توجه به مطالعات انجام شده مشخص می‌شود که تاکنون بررسی جامعی در این زمینه در منطقه یزد صورت نگرفته، در حالی که این منطقه به علت موقعیت جغرافیایی و اقلیمی آن که در ناحیه خشک و بیابانی ایران مرکزی واقع شده، به طور دائم در معرض چنین طوفان‌ها و بادهای شدید است. این پدیده هر ساله خسارت‌های زیادی به منطقه مطالعه شده وارد می‌کند.

هدف این پژوهش شناخت رژیم بادهای شدید و طوفان‌های منطقه یزد در استان یزد، به منظور کاهش آثار مخرب این پدیده و به کارگیری نتایج آن در امر تثبیت ماسه‌های روان است.

۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش پس از شناسایی موقعیت جغرافیایی منطقه با استفاده از داده‌های باد سطح زمین ایستگاه سینوپتیک یزد، گلبادهای ماهانه سطح زمین این ایستگاه ترسیم شد، سپس بادهای شدید و طوفانی نمونه انتخاب شد. در منابع مختلف تعریف‌های متفاوتی از طوفان و بادهای شدید دیده می‌شود. به روزی که سرعت بیشینه باد روزانه به بیش از ۱٤/۳ متر بر ثانیه یا بیشتر برسد و مدت ۱۰ دقیقه دوام داشته و نیز حداقل در دو ایستگاه دیده شود، روز طوفانی گفته می‌شود[۲۲، صص۱۵۵–۱۵۸]. به بادی که بیش از ۱۷ متر بر ثانیه سرعت داشته باشد طوفان خاک تعریف می‌شود، به شرطی که عمق دید به کمتر از ۵۰۰ متر برسد[٦]. در ایالات متحده آمریکا زمانی که دید افقی به کمتر از ۵/۱٦ تا ۵/۸ مایل برسد، طوفان ماسه‌ای شدید گزارش می‌شود. در مقیاس بوفورت به بادهای با سرعت ٤۸ –۵۵ نات طوفان ملایم، ۵٦ –٦۳ نات طوفان شدید و بیشتر از ٦٤ نات طوفان خیلی شدید نامیده می‌شود. از آن‌جایی که بر اساس اسناد علمی سازمان جهانی هواشناسی، بادهای شدید با سرعت بیش از ۱۵ متر بر ثانیه و دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر همراه با پدیده گرد و غبار، طوفان تعریف می‌شود، در این تحقیق نیز از همین تعریف استفاده شده است. در این صورت با توجه به آمار و اطلاعات

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

مورد نیاز، از ۲۲ مورد بادهای شدید و طوفان‌های گسترده گردوخاک منطقـه در طـول دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۶۲-۱۳۸۲) استفاده شد. بعد جهت و سرعت بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه در منطقه در طـول دوره آمـاری مـورد نظـر جمـع آوری و مـشخص شـد. در ادامـه داده‌های مربوط به دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر همراه با پدیده گـرد و خـاک، رطوبـت نـسبی، دما و فشار ایستگاه سینوپتیک یزد، در دوره‌های انتخابی نمونه استخراج شد(جدول ۱).

نظر به اینکه بنا بر توصیه سازمان هواشناسی جهانی، برای برقرار کردن حرکت تـوده هـوا و جریان باد به سوی منطقه مطالعه شده می‌توان از نقشه‌های سـینوپتیکی سـطح زمـین و ترازهـای فوقانی جو از جمله تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز استفاده کرد، بنابراین بـرای بررسـی سیـستم‌هـای سینوپتیکی و شناسایی موفقیت‌های وضع هوا، از نقشه‌های سـینوپتیک سـطح زمـین و تـراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از ۲ روز قبل از رخداد تا پایان بادهای شدید و طوفانی در هر دوره انتخابی اسـتفاده شد و برای بررسی وضعیت تـوده‌هـای هـوا و ناپایـداری‌هـا از داده‌هـای جـو بـالا و سـینوپتیک ایستگاه‌های یزد و کرمان مورد استفاده قرار گرفت. سرانجام با بررسی گلبادها و داده‌های مذکور و تفسیر و تحلیل نقشه‌های سینوپتیکی در دوره‌های انتخابی نمونه، اهداف تحقیق تأمین شد.

جدول۱ داده‌های اقلیمی در دوره‌های انتخابی نمونه بادهای شدید و طوفان‌های گرد و خاک در ایستگاه سینوپتیک یزد در طول دوره آماری مورد نظر[۱۴]

ردیف	دوره انتخابی			ساعت به وقت محلی	دید افقی به متر	سرعت باد به متر بر ثانیه	جهت باد به درجه	رطوبت نسبی به رصد	دما به درجه سلسیوس	فشار هوا به هکتوپاسکال
	سال	ماه	روز							
۱	۱۳۶۲	فروردین	۲٤	۱۷و ۳۰ دقیقه	۵۰۰	۱۵	۳۳۰	۵۷	۱۳	۸۷٦/۷
۲	۱۳٦۳	مهر	۱۵	۱۹ و ۳۰ دقیقه	۵۰۰	۲۰	۳۲۰	۱۹	۲٤/٦	۸۷۷/۹
۳	۱۳٦۳	فروردین	۲۳	۱۲و ۳۰ دقیقه	۱۰۰	۲۰	۲۵۰	۸	۱٦	۸۷۲/٦
۴	۱۳٦٤	آذر	۲۷	۲۳ و۳۰ دقیقه	۵۰۰	۱٦	۱٤۰	۳۲	۱٦	۸٦۷/۵
۵	۱۳٦۵	اردیبهشت	۲٤	۱٤و۳۰ دقیقه	۵۰۰	۲۰	۲۱۰	۱۲	۳٤	۸۷۳/۵
۶	۱۳٦۵	اردیبهشت	۲۰	۱٦و۳۰ دقیقه	تشخیص داده نشده	۲۵	۲۷۰	۳۸	۲٤	۸۷۳/۹
۷	۱۳٦۷	فروردین	۳	۱۷و۳۰ دقیقه	۵۰۰	۲۵	۲۷۰	٤۹	۱٤	۸٦٦/٤
۸	۱۳٦۸	اردیبهشت	۱۷	۲۰و۳۰ دقیقه	۱۰۰	۲۳	۳۰۰	۳٦	۲٦	۸۷۷/۳

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

ادامه جدول ۱

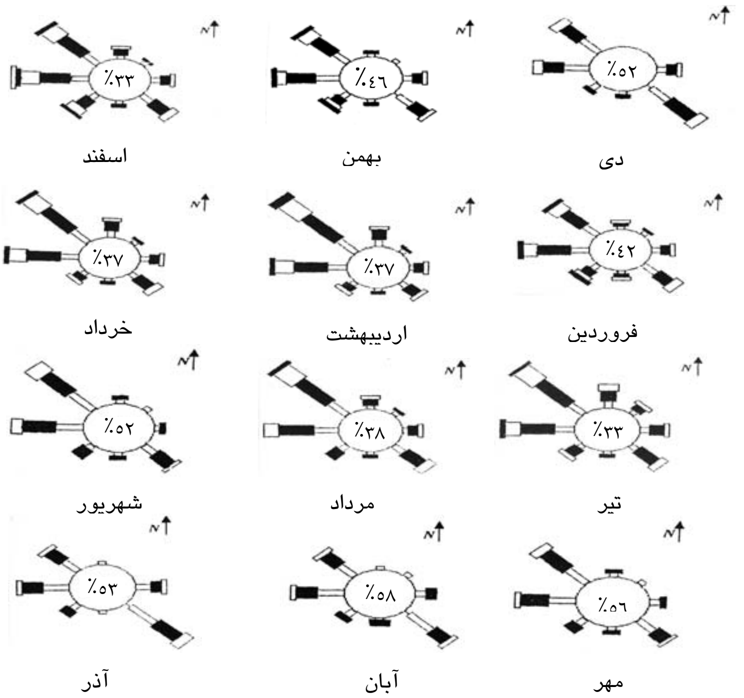
۹	۱۳٦۷	اسفند	۱۹	۲۳و۳۰ دقیقه	۵۰۰	۱٦	۱۸۰	٦٤	۱۹	۸۷۰/۷
۱۰	۱۳۷۲	فروردین	۲	۱۵و۳۰ دقیقه	۸۰۰	۱۸	۲۷۰	٤۰	۱۵/۲	۸۷۱/۳
۱۱	۱۳۷۳	آبان	۲۳	۱۵و۳۰ دقیقه	۱۰۰	۲۰	۳۳۰	۱۰	۲۱	۸۷٦/۵
۱۲	۱۳۷۲	دی	۲٦	۲۱و۳۰ دقیقه	۵۰۰	۲۰	۲۷۰	۵۷	۹	۸۷۱/٦
۱۳	۱۳۷۳	اردیبهشت	۱٤	۱۷و۳۰ دقیقه	۱۰۰۰	۱۵	۳۳۰	۲۳	۲۷	۸۷۰/۵
۱٤	۱۳۷۲	بهمن	۱۲	۱۲و۳۰ دقیقه	۵۰۰	۲۰	۱۸۰	۲۸	۲۲	۸۷۰/٦
۱۵	۱۳۷٦	مهر	۱۰	۱۷و۳۰ دقیقه	۸۰۰	۱۷	۲۷۰	۱۱	۳۱/٤	۸۷۲/۵
۱٦	۱۳۷٦	اردیبهشت	۲۹	۱۷و۳۰ دقیقه	۵۰	۲۲	۳۲۰	۱۳	۳۰/٤	۸۷۲/۵
۱۷	۱۳۷٦	خرداد	۲۹	۱۷و۳۰ دقیقه	۸۰۰	۲٤	۳۱۰	۲۵	۳۰/٤	۸٦۷/۹
۱۸	۱۳۷٦	فروردین	۹	۱۲و۳۰ دقیقه	۲۰۰	۲۰	۱۸۰	۱٦	۲۱	۸٦۷/٦
۱۹	۱۳۸۰	اردیبهشت	۱۲	۲۳و۳۰ دقیقه	۵۰	۲۹	۳۱۰	۲۳	۲٤	۸۷۵/٦
۲۰	۱۳۸۲	فروردین	۳۱	۱۹و۳۰ دقیقه	۱۵۰	۲۵	۳۰۰	۷۱	۱٦/٦	۸۷۱/۸
۲۱	۱۳۸۲	اردیبهشت	۱۸	۱٦و۳۰ دقیقه	>۱۰۰۰	۲۵	۲۵۰	۳٦	۲۳/٤	۸۷۲/۹
۲۲	۱۳۸۲	خرداد	۸	۱۸و۳۰ دقیقه	۰	۲۵	۳۰۰	۵۰	۳۱	۸٦۷/۲

۳- نتایج

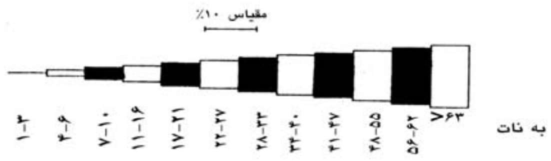
۳-۱- بررسی وضعیت بادهای سطح زمین در منطقه

اقلیم شناسان و هواشناسان برای نشان دادن جهت و سرعت باد از گلباد استفاده می‌کنند. با مشاهده گلبادهای ماهانه سطح زمین در ایستگاه سینوپتیک یزد در طول دوره آماری دیده می‌شود که در ماه‌های آذر و دی، وزش بادهای غالب جنوب شرق بوده و سرعت آنها به بیش از ۱٦ نات می‌رسد(شکل۱). بیشترین درصد آرامش هوا در فصل پاییز (آبان ۵۸ درصد) و جهت بادهای غالب در این فصل شمال غرب، غرب و جنوب شرق است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]



شکل ۱ گلبادهای سطح زمین ایستگاه‌های سینوپتیک یزد در ماه های مختلف سال[۲۳].



درصد آرامش هوا در تابستان و به‌ویژه در تیرماه به حداقل خود (۳۳ درصد) رسیده و جهت بادهای غالب در این فصل شمال غرب و غرب است. در بهار جهت بادهای غالب، شمال غرب و غرب بوده و سرعت آن به ۲۷ نات می‌رسد و در این فصل از میزان آرامش هوا کاسته می‌شود (۳۷ درصد). وزش بادهای غالب در بهار از جهت‌های شمال، شمال شرق و شرق کمتر و حداکثر سرعت آنها به ۱٦ نات می‌رسد. در زمستان بادهای غالب از شمال غرب و غرب می‌وزند و سرعت آن از ۲۱ نات تجاوز می‌کند. همچنین از دی تا بهمن از مقدار باد

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

آرام کاسته می‌شود (از ۵۲ درصد به ٤۲ درصد). در ماه‌های سرد سال به‌ویژه بهمن، اسفند و فروردین، غربی بودن بادهای غالب را نشان می‌دهد و سرعت آن به ۲۷ نات می‌رسد[۲۳].

با مشاهده گلبادهای ماهانه در ایستگاه سینوپتیک یزد، مشخص می‌شود که بادها در ماه‌های گرم سال (از اسفند تا مرداد) از میانگین سرعت‌های بالاتر وهمچنین فراوانی شدت‌های بالاتری را نسبت به ماه‌های سرد سال (از شهریور تا بهمن) دارند.

۳-۲- بررسی وضعیت بادهای شدید و طوفان‌های منطقه در ماه‌های مختلف سال

در مناطق خشک و بیابانی از جمله یزد، یکی از نتایج مهم بادهای شدید فرسایش خاک، آلودگی هوا، تخریب محیط زیست و طوفان‌های گرد و خاک است که از پدیده‌های ناشی از ناپایداری جوی است.

این بادهای شدید وقتی که از زمین‌های خشک و عاری از پوشش گیاهی منطقه عبور کنند، موجب بالا آمدن حجم عظیمی از ذرات خاک به سطوح فوقانی جو می‌شوند. اندازه‌گیری گرد و غبار شهرستان یزد که به وسیله سازمان حفاظت محیط زیست استان یزد در سال ۱۳۷۳ انجام گرفته، نشان می‌دهد که میزان آلودگی فوق ٦۷۰۸ میکروگرم در متر مکعب یا ٤٤ برابر بیش از حد استاندارد بوده است و هر ساله حدود ۱۲۰۰ تن گرد و غبار بر شهر یزد فرو می‌ریزد[۱۰].

وزش طوفان‌های سهمگین ماسه و بادهای شدید در یزد با سرعت بیش از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت که به‌ویژه در ماه‌های اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد به شکل حادتری درآمده و گاهی به صورت طوفان‌های سیاه و ابرهای غلیظ از گرد و غبار در منطقه یزد رخ می‌دهد، از دشت‌های عقدا- اردکان و یزد- اردکان (محل تغذیه ماسه‌ها) شروع و به طرف دشت مهریز فروکش می‌کند. جدول ۲ تعداد روزهای طوفانی (گرد و خاک) در ماه‌های مختلف سال در ایستگاه سینوپتیک یزد در طول دوره آماری مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این جدول دیده می‌شود که متوسط روزهای طوفانی بیش از ٦٤ روز در سال است.

اوج روزهای همراه با غبار ماهانه در ماه‌های اردیبهشت (۱۰/٤ روز)، فروردین (۹/۲ روز) و خرداد (۸/۳ روز) بوده و در دوره سرد سال (آبان، آذر و دی) کمترین تعداد روزهای غباری دیده می‌شود. در ابتدای دوره گرم سال که ناپایداری‌های جوی بیشتر می‌شود،

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

روزهای همراه با گردوخاک و طوفانی نیز افزایش پیدا می کند، به‌طوری‌که در اسفند تعداد روزهای طوفانی به ۷ روز می‌رسد.

جدول ۲ تعداد روزهای طوفانی (گرد و خاک) در شهر یزد در طی دوره آماری مورد نظر[۱٤]

مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
۳/۳	۱/۷	۲/۱	۲	٤/۱	۷	۹/۲	۱۰/٤	۸/۳	۷/٦	۵	۳/۵	٦٤/۲

۳-۳- تحلیل آماری از وضعیت بادهای شدید و طوفان‌های گرد و خاک در روزهای طوفانی نمونه انتخابی در منطقه

برای بررسی فراوانی رخداد بادهای شدید و طوفانی در ایستگاه سینوپتیک یزد با استفاده از توزیع‌های مناسب آماری، دوره‌های بازگشت سالانه ۲،۵،۱۰،۲۰،۲۵،۵۰ و ۱۰۰ ساله بادهای شدید در روزهای انتخابی نمونه (جدول۱) محاسبه شد و با توزیع‌های مختلف آماری (نرمال، دو و سه پارامتر لوگ نرمال، دو پارامتر گاما، پیرسون نوع ۳، لوگ پیرسون نوع ۳ و گمبل) برازش داده شد.

جدول ۳ مقادیر براورد شده طوفان‌های گردوخاک در ایستگاه یزد برای دوره‌های بازگشت مختلف را نشان می‌دهد که از توزیع آماری لوگ پیرسون نوع ۳ تبعیت می‌کند. در این جدول دیده می‌شود که رابطه مستقیمی بین ارقام بادهای شدید قابل انتظار و دوره‌های بازگشت مختلف وجود دارد.

جدول۳ مقادیر برآورد شده بادهای شدید و طوفانی ایستگاه یزد برای دوره‌های بازگشت مختلف در طول دوره آماری مورد نظر

دروه بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
سرعت باد (متر بر ثانیه)	۲۰/۷۱	۲٤/۱۱	۲٦	۲۷/٦۱	۲۸/۱	۲۹/۵	۳۰/۷۷

جدول ٤ توزیع فراوانی طبقه‌های سرعت بادهای شدید و طوفان‌های یزد در روزهای

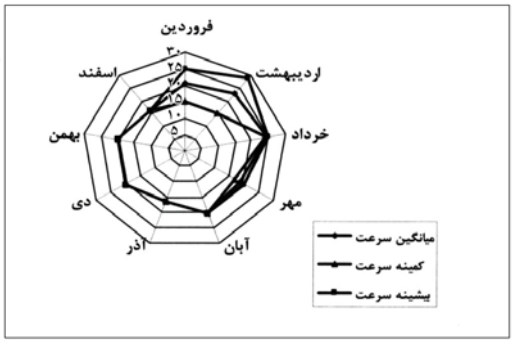
[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

انتخابی نمونه را نشان می‌دهد. در این جدول مشاهده می‌شود که بیشترین فراوانی طبقه‌های سرعت در طبقه‌های ١٩/١ –٢١ متر بر ثانیه (٣١/٨٢ درصد)، ٢٣/١ –٢٥ متر بر ثانیه (٢٧/٢٧ درصد) و ١٥ –١٧متر بر ثانیه (٢٢/٧٣ درصد) و کمترین آن در طبقه‌های ١٧/١ – ١٩و بیش از ٢٥ متر بر ثانیه (٤/٥٤ درصد) قرار دارند.

جدول ۴ فراوانی طبقه‌های سرعت طوفان‌های گردوخاک در ایستگاه یزد در روزهای انتخابی

طبقه‌های سرعت (متر بر ثانیه)	فراوانی	درصد فراوانی
١٧–١٥	٥	٢٢/٧٣
١٩–١٧/١	١	٤/٥٤
٢١–١٩/١	٧	٣١/٨٢
٢٣–٢١/١	٢	٩/٠٩
٢٥–٢٣/١	٦	٢٧/٢٧
بیشتر از ٢٥/١	١	٤/٥٤

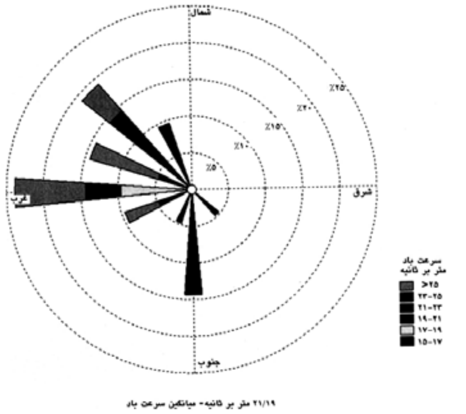
شکل٢ نمودار آستانه‌های سرعت (میانگین، کمینه و بیشینه) طوفان‌های شدید را در ایستگاه یزد در روزهای انتخابی و در ماه‌های مختلف نشان می‌دهد. در این نمودار نیز دیده می‌شود که بیشترین فراوانی آستانه‌های سرعت بادهای شدید به ترتیب در ماه‌های اردیبهشت، فروردین، خرداد و مهر قرار دارد و بیشینه‌های سرعت این طوفان‌ها (٢٥ و ٢٩ متر بر ثانیه) نیز در اردیبهشت، فروردین و خرداد رخ می‌دهد.



شکل۲ نمودار آستانه‌های سرعت بادهای شدید و طوفانی یزد در ماههای مختلف در روزهای انتخابی

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

برای بررسی دقیق‌تر آستانه‌ها و طبقه‌های سرعت این طوفان‌ها با استفاده از برنامه ترسیم گلباد[1]، گلباد سرعت ایستگاه یزد در روزهای انتخابی ترسیم شد(شکل۳). در این گلبادها دیده می‌شود که شدیدترین طوفان‌ها به‌ترتیب از جهت های غرب، شمال غرب و جنوب، یزد و استان را مورد تهاجم خود قرار می‌دهند و در برخی موارد دید افقی را به صفر کاهش داده و موجب خسارت‌های زیادی به‌ویژه تصادف‌های جاده‌ای در محور میبد- یزد و آلودگی هوا و فرسایش خاک در این منطقه می‌شود.



شکل۳ گلباد سرعت ایستگاه یزد در روزهای انتخابی

با استفاده از دفترهای جو بالا و سینوپتیک ایستگاه یزد و داده‌های جهت و سرعت باد، رطوبت نسبی، فشار هوا، دما و دید افقی در روزهای طوفانی انتخابی در طول دوره آماری مورد نظر، مشاهده می‌شود (جدول ۱) که در ماه‌های اردیبهشت (۷ مورد)، فروردین (٦ مورد)، خرداد و مهر (۲ مورد) بیشترین بادهای شدید و طوفان‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. در ماه‌های آذر، آبان، دی، بهمن و اسفند تنها یک مورد طوفان رخ داده است.٦۰ درصد از این بادهای شدید در ماه‌های اردیبهشت و فروردین و ۱۸ درصد در ماههای خرداد و مهر اتفاق می‌افتد[۲٤].

با مشاهده جدول۱ دیده می‌شود که طوفان‌ها و بادهای شدیدی که دید افقی را به کمتر از

1.Wind Rose

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

٥٠ متر و حتی به صفر کاهش داده و همچنین شدیدترین سرعت بادهای ثبت شده (٢٥ تـا ٢٩ متر بر ثانیه) در اردیبهشت رخ داده اسـت. فـشار هـوای ایـستگاه سـینوپتیک یـزد در لحظـه طوفان‌ها و بادهای شـدید منطقـه بـین ٨٦٦/٤ و ٨٧٨/٤ هکتوپاسـکال در نوسـان اسـت. همـه طوفان‌ها در ساعت‌های بعد از ظهر رخ داده و بیش از ٧٧ درصد این بادهای شـدید از سـمت ٢٥٠ تا ٣٣٠ درجه می‌وزند و سرعت آن بین ١٥ تا ٢٩ متر بر ثانیه در تغییر است.

بنابراین در ابتدای دوره گرم سال و انتقال فصل (از اسفند به بعد) همراه با وزش بادهای شدید که در پی تغییرات سریع فشار و دما رخ می‌دهد، ناپایـداری‌هـای جـوی در ایـن منطقـه افزایش پیدا کرده و طوفان‌های گردوخاک نیز بیشتر می‌شود.

٣-٤- تحلیل سـینوپتیکی شـدیدترین بادهـا و طوفـان‌هـای ماسـه در دوره‌هـای انتخابی نمونه در منطقه

به منظور بررسی و تحلیل سینوپتیکی بادهای شـدید و طوفـانی در یـزد از ١٠ دوره انتخـابی نمونه در طول دوره آماری موردنظر استفاده شده است که در اینجا برای اختصار، سه نمونه از شدیدترین آنها بررسی می‌شود.

٣-٤-١- بررسی و تحلیل طوفان ٨ خرداد سال ١٣٨٢

در ساعت ١٨ و ٣٠ دقیقه به وقت محلی این روز، منطقه مطالعه شده به سبب تحت تأثیر قـرار گرفتن یک سامانه ناپایدار مورد تهاجم طوفان گرد و خاک و ماسه قـرار گرفـت. ایـن طوفـان منطقه وسیعی را با سرعتی بیش از ٢٥ متر بر ثانیه و جهت غالب شـمال غربـی (٣٣٠ درجـه) در نوردید. سرعت آن در میبد ٣٨/٩، یزد ٢٦/٤، عقدا ٢٥ و ابرکوه بـه بـیش از ٣٠/٦ متـر بـر ثانیه رسید و با سرعت کمتری تا ساعت ٢٢ و ٣٠ دقیقه به وقت محلی ادامه داشت. از سـاعت ٨ صبح به وقت محلی تا یک ساعت قبل از طوفان سمت باد بین ١٢٠ تا ٣٣٠ درجه و تندی آن بین ٣ تا ٨ متر بر ثانیه در نوسان بود که همراه با پدیده گرد و خاک می شد. در لحظه طوفان در ایستگاه یزد فشار هوا ٨٦٧/٢ هکتوپاسکال، دما ٣١ درجـه سلـسیوس، رطوبـت نـسبی ١٦ درصد، دمای نقطه شبنم ٢ درجه سلسیوس، آسمان پوشیده از ابرهای cb و دید افقی حتی به صفر نیز رسید. در ساعت بعد از طوفان حدود ١٦ درجه سلسیوس از دمای هوا کاسته شد.

اختلاف دما و دمای نقطه شبنم در لایه‌های زیرین و میانی جو، نبود وجود رطوبت کـافی

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

در جو منطقه را نشان می‌دهد. بنابراین ابرهای کومه‌ای که با رشد زیاد در منطقه ایجاد شده، بارشی را ایجاد نکرده ولی انرژی آزاد شده از این ناپایداری، بادهای بسیار شدیدی را در منطقه ایجاد کرده است. این امر عبور یک جبهه سرد و خشک با ریزش هوای سرد از ابرهای کومه‌ای را به اثبات می‌رساند. گرادیان حرارتی سبب ایجاد یک همگرایی و جریان‌های صعودی و بالاروی شدید هوا و در نتیجه صعود گرد و خاک به سطوح فوقانی جو منطقه شده است.

در ایستگاه جو بالای یزد[۲۵] در ساعت ۱۵ و ۳۰ دقیقه به وقت محلی، افت دما بین ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال به بیش از ۱۰ درجه سلسیوس در هر کیلومتر بود که این موضوع نشان می دهد در ارتفاع ۷۰۰ هکتوپاسکال هوای سردی وجود دارد. وجود هوای گرم در سطح زمین (۳۱ درجه سلسیوس) و هوای سرد در لایه‌های میانی (دمای هوا در تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال به ترتیب ۱۲/۷ و ۱۱/٤- درجه سلسیوس است) سبب ناپایداری شدید جو منطقه و رشد زیاد ابرهای کومه‌ای شده است(جدول ۵).

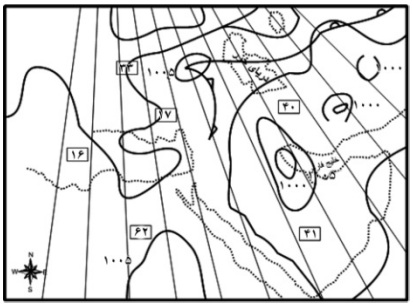
جدول ۵ دمای سطح زمین و ترازهای مختلف جو به درجه سلسیوس در ساعت ۱۵ و ۳۰ دقیقه به وقت محلی روز ۸ خرداد ۱۳۸۲ در ایستگاه سینوپتیک یزد[۲۵].

سطح زمین	تراز ۸۵۰ کتوپاسکال	تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال	تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال
۳۱	۲۹/٤	۱۲/۷	-۱۱/٤

نبود منبع رطوبتی و ریزش هوای سرد از درون ابرهای مذکور با رشد زیاد سبب ایجاد طوفان گرد و خاک و ماسه در منطقه شده است. دمای پتانسیل تر (در ترازهای ۷۰۰,۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال به ترتیب۱٦/٥، ۱۹ و ۲۰ درجه سلسیوس است) و شاخص‌های ناپایداری ($Si =$ ۱/٤- و $Ki =$ ۳۰) هر دو ناپایداری شدیدی را نشان می‌دهند. وجود دمای نقطه شبنم ۲ الی ۳ درجه سلسیوس در ساعت قبل از وقوع طوفان، ویژگی یک تودهٔ هوای بسیار خشک در منطقه است، ولی پس از ریزش هوای سرد از ابرهای کومه‌ای و نیز فرا رفت هوای سرد در این ایستگاه، دمای نقطه شبنم به ۹/٤ درجه سلسیوس رسیده، که نشان می‌دهد هوای نسبتاً سرد و مرطوبی از ابرهای کومه‌ای خارج شده و منطقه را تحت تأثیر خود قرار داده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

با توجه به نقشه سینوپتیکی سطح زمین ساعت ۳ و ۳۰ دقیقه بـه وقـت محلـی در روز ۷ خرداد ۱۳۸۲ چنین استنباط می شود که سه سـامانه کـم فـشار بـه تـدریج از جنـوب غـرب، جنوب (۱۰۰۰ هکتوپاسکال) و غرب (۱۰۰۵ هکتوپاسکال) به سوی مرکز ایران انتقال پیـدا مـی کنند (شکل ٤) و اختلاف فشار بین مرکز و نواحی غربی ایران حدود ۵ هکتوپاسکال است.

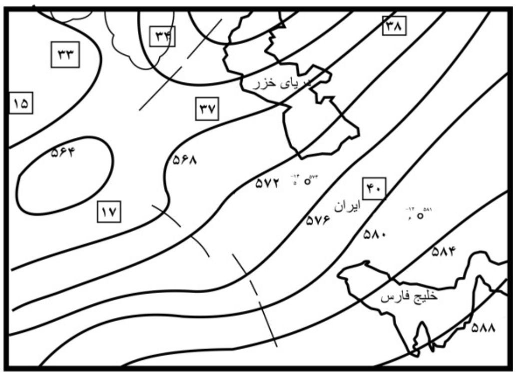


شکل ۴ نقشه سطح زمین در ساعت ۳ و ۳۰ دقیقه به وقت محلی روز ۷ خرداد ۱۳۸۲

در روز ۸ خرداد، در این ساعت، این سـلول‌هـای کـم فـشار دارای خـط هـم فـشار ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بوده و فشار مرکزی آنها به کمتر از ۱۰۰۰ هکتوپاسـکال نیـز مـی رسـد. در ۱۲ ساعت بعد این سه سلول بسته کم فشار یکپارچه شده و سراسـر مرکـز ایـران را فـرا گرفتـه است که به‌تدریج اختلاف فشار بین یزد و اطراف آن نیز افزایش پیدا می کند.

در نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۵و۳۰ دقیقـه بـه وقـت محلـی روز ۷ خـرداد، ناوه‌ای در شرق مدیترانه با ٥٦٤ ژئوپتانسیل دکامتر بـسته شـده اسـت. خـط نـاوه در شـرق دریای مدیترانه قرار دارد که در روز بعد خـط نـاوه در غـرب ایـران مـشاهده مـی شـود. در ساعت ۳و۳۰ دقیقه به وقت محلی روز ۸ خرداد اختلاف دمای بـین سـواحل شـمال و جنـوب ایـران ۱۰ درجـه سلـسیوس اسـت (شـکل ۵). در ۱۲ سـاعت بعـد خـط همـدمای ۱۰- درجـه سلسیوس از جنوب یزد می‌گذرد و فرارفت هوای سردی را در نواحی غربی ایران در لایه‌های میانی جو منطقه نشان می دهد[۲۵].

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]



شکل ۵ نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۳ و۳۰ دقیقه به وقت محلی روز ۸ خرداد ۱۳۸۲

تغییرات دما و ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۵و۳۰ دقیقه به وقت محلی روزهای ٦ تا ۸ خرداد در ایستگاه‌های جو بالای یزد، تهران و اصفهان ٦٠ متر کاهش ارتفاع و بیش از ۳ درجه سلسیوس کاهش دما و درنتیجه نزدیک شدن ناوه به منطقه مطالعه شده را نشان می‌دهد. به سبب خشک بودن هوا در سطح زمین تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ابرهای کومه‌ای با رشد زیاد که تشکیل شده، نتوانسته بارش را در منطقه ایجاد کند و انرژی آزاد شده از این ناپایداری باد بسیار شدیدی را ایجاد کرده است. در ضمن خشک بودن زمین و نبود بارش از قبل سبب ایجاد طوفان گرد و خاک در منطقه شده است.

بنابراین علت طوفان گرد و خاکی که در روز ۸ خرداد ۱۳۸۲ در منطقه رخ داده و دید افقی را به صفر و سرعت باد را به بیش از ۲۵ متر بر ثانیه رسانده است، به سبب ناپایداری ترمودینامیکی و محلی درون یک سیستم کم فشار، عبور یک جبهه سرد ضعیف و خشک از شمال غرب، ریزش هوای سرد از ابرهای کومه‌ای (cb) و فرارفت هوای سرد همراه با ناوه کم عمقی با حرکت سریع در منطقه بوده است.

با توجه به جهت باد که از ساعت ۱۸ و ۳۰ دقیقه تا ۲۲ و ۳۰ دقیقه به وقت محلی بین ۲۸۰ تا ۳۳۰ درجه در نوسان بوده، نشان از عبور جبهه سرد و خشکی از سمت غرب و شمال غرب در منطقه است. پارامتر نسبت آمیزه در ترازهای مختلف جو، خشک بودن و ناچیز بودن رطوبت موجود در جو منطقه را به اثبات می‌رساند(جدول ٦).

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

جدول ۶ نسبت آمیزه به گرم بر کیلوگرم در سطح زمین و ترازهای مختلف جو در ساعت ۱۵ و ۳۰ دقیقه به وقت محلی روز ۸ خرداد ۱۳۸۲ در ایستگاه سینوپتیک یزد[۲۵].

سطح زمین	تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال	تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال	تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال
٤/٤	٥/٩	٤/٦	١/٨

وجود هوای بسیار سرد در تراز میانی جو و هوای نسبتاً گرم در سطح زمین، سبب ایجاد جریان‌های شدید بالارو و ناپایداری زیاد هوای دشت یزد- اردکان شده است.

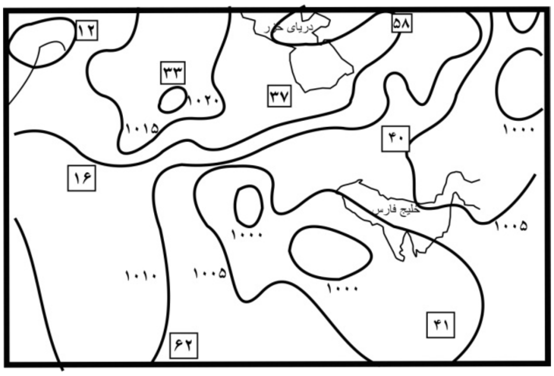
۳-۴-۲- بررسی و تحلیل طوفان ۱۲ اردیبهشت سال ۱۳۸۰ در منطقه مطالعه شده

در روز ۱۲ اردیبهشت سال ۱۳۸۰ (ساعت ۲۳ و ۳۰ دقیقه به وقت محلی) منطقه مطالعه شده به سبب تحت تأثیر قرار گرفتن یک سامانه کم فشار، مورد تهاجم طوفان ماسه و گرد و خاک شدیدی قرار گرفت. این طوفان به مدت ٤ ساعت ادامه پیدا کرد. دیده‌بانی‌های ساعتی ایستگاه سینوپتیک یزد در روز ۱۲ اردیبهشت ساعت ۲۳ و ۳۰ دقیقه به وقت محلی باد شدیدی را در منطقه نشان نمی‌دهد و دید افقی بیشتر از ۱۰ کیلومتر گزارش شده است، ولی در ساعت ۲۳ و ۳۰ دقیقه به طور ناگهانی باد شدیدی از سمت ۳۱۰ درجه وزیده که سرعت آن بین ۱۵ تا ۲۰ متر بر ثانیه و سرعت لحظه‌ای آن به ۲۹ متر بر ثانیه رسیده است. به سبب خشک بودن منطقه و عدم ریزش باران از ۱۰ روز قبل در منطقه، باد شدید همراه با گرد و خاک بوده و دید افقی را به کمتر از ۵۰ متر و در لحظاتی به صفر کاهش داده است. ولی پس از عبور این ابرهای همرفتی کومه‌ای به تدریج از سرعت بادها کاسته شده و دید افقی را افزایش‌داده‌است؛ به طوری که در ساعت ۲۳ و ۳۰ دقیقه به وقت محلی سرعت باد ۱۲ متر بر ثانیه از سمت ۳۳۰ درجه و دید افقی به ٤ کیلومتر افزایش پیدا کرده است. از آن پس به‌تدریج سرعت باد کاهش پیدا کرده و به طور مجدد منطقه از آرامش خوبی برخوردار شده و دید افقی نیز به ۱۰ کیلومتر افزایش یافته است.

در لحظه طوفان در ایستگاه سینوپتیک یزد دما ٢٤ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ٢٤ درصد و دمای نقطه شبنم ۱/۵ درجه سلسیوس گزارش شده است. این طوفان نیز در ردیف یکی از شدیدترین طوفان‌ها و بادهای بررسی شده در طول دوره آماری مورد نظر در منطقه

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

بوده است. مطالعات سینوپتیکی نشان می‌دهد که در ساعت ۱۵و۳۰ دقیقه به وقت محلی روز ۱۱ اردیبهشت در نقشه سطح زمین مرکز کم فشار (۱۰۰۰ هکتوپاسکال) گسترده‌ای بر روی شبه جزیره عربستان و شمال آن مشاهده می‌شود که این سامانه کم فشار دارای حرکتی به سوی شمال شرق است. سراسر نواحی مرکزی، شمال و شرقی ایران تحت تأثیر یک سامانه کم فشار قرار دارد (شکل٦).



شکل ۶ نقشه سطح زمین ساعت ۱۵و۳۰ دقیقه به وقت محلی روز ۱۱ اردیبهشت ۱۳۸۰

در روز ۱۲ اردیبهشت در همین ساعت مرکز کم فشاری که بر روی شبه جزیره عربستان مستقر بوده به سوی شمال شرق حرکت کرده و قسمت شمالی این کم فشار بر روی نواحی غربی ایران کشیده شده است. پرفشار ضعیفی بر روی مرکز ایران دیده می‌شود. بر روی دریای عرب منحنی هم‌فشار ۱۰۰۵ هکتوپاسکال مستقر بوده که جریان‌های چرخندی دارد. بنابراین این سامانه نمی‌تواند رطوبت را به درون کم فشار مستقر بر روی ایران و عربستان تغذیه کند.

با توجه به دیده‌بانی‌های ساعتی ایستگاه سینوپتیک یزد در روز ۱۲ اردیبهشت تا ساعت ۲۳و۳۰ دقیقه به وقت محلی، باد شدیدی در منطقه مطالعه شده وجود نداشته و رژیم گرمایی این ایستگاه کاملاً نرمال بوده و یک توده هوای بسیار خشکی منطقه را در برگرفته است. بیشینه دما در این روز در ساعت ۱۹و۳۰ دقیقه به وقت محلی ۲۷/۲ درجه سلسیوس بوده که بعد از

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

وقوع طوفان دمای ایستگاه یزد کاهش پیدا کرده و نم نسبی از ٢٤ درصد تجاوز نکرده است.

بنابراین در روز ١٢ اردیبهشت ١٣٨٠، ایران تحت تأثیر یک سامانه کم فشار قرار گرفت که در ترازهای بالاترجو با یک ناوه همراهی می‌کند. ناپایداری منطقه مطالعه شده به سبب وجود هوای بسیار گرم در لایه زیرین جو، هوای سرد در لایه میانی جو و ایجاد ابرهای همرفتی از نوع کومه‌ای بارا (cb) بوده است. ولی به سبب خشک بودن هوای منطقه نتوانسته بارندگی ایجاد کند و انرژی آزاد شده از این ابرها بادهای شدیدی را در منطقه ایجاد کرده است.

٣-٤-٣- بررسی و تحلیل طوفان ١٧ اردیبهشت ١٣٦٨

در این روز، منطقه یزد به علت عبور یک ناوه و سامانه ناپایدار تحت تأثیر طوفان ماسه و گرد و خاک قرار گرفت. شدت باد و پدیده گرد و خاک در روزهای مذکور به بیشینه سرعت خود رسید. به طوری که در ساعت ١٥و٣٠ دقیقه به وقت محلی این روز بیشترین سرعت باد از سمت ٣٣٠ درجه به بیش از ٢٣ متر بر ثانیه گزارش شد و دید افقی به کمتر از ١٠٠ متر رسید.

در ایستگاه یزد در لحظه طوفان فشار هوا ٨٧٧ هکتوپاسکال، دما ٢٦ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ٣٦ درصد، دمای نقطه شبنم ٩/٨ درجه سلسیوس و ابرهای کومه‌ای گزارش شد. در این روز شاخص ناپایداری در ایستگاه جو بالای کرمان نیز هوای ناپایداری را نشان می دهد (Si=٢). به علت نبودن داده‌های جو بالای ایستگاه یزد در این دوره، از داده‌های ایستگاه جو بالای کرمان استفاده شده است.

بررسی سینوپتیکی نشان می‌دهد که در روز ١٦ اردیبهشت در نقشه سطح زمین سه مرکز کم فشار ١٠٠٥ هکتوپاسکال، یکی بر روی مرکز دریای سرخ و سودان، دیگری در شمال عربستان و سومی بر روی دریای خزر بسته شده و پرفشار ١٠٢٠ هکتوپاسکال در شرق مدیترانه مشاهده می‌شود. در روز ١٧ اردیبهشت کم فشار ١٠٠٥ هکتوپاسکال در روی شبه جزیره عربستان گسترش پیدا کرده و به سوی شمال شرق حرکت کرده و مرکز ایران و منطقه یزد را تحت تأثیر خود قرار داده است.

در نقشه تراز ٥٠٠ هکتوپاسکال در روز ١٦ اردیبهشت نیز ناوه‌ای در شرق مدیترانه مشاهده می‌شود. پر ارتفاع ٥٨٨ ژئوپتانسیل دکامتر بر روی شبه جزیره عربستان گسترده شده و سبب فرا رفت هوای گرم به سوی شمال و شمال شرق این سرزمین می‌شود. این ناوه در روز بعد بر روی منطقه مرکزی ایران و یزد مستقر شده و بادهای شدیدی را ایجاد

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

کرده است. بنابراین بادهای شدید و طوفانی این دوره انتخابی در منطقه یزد به سبب نزدیک شدن ناوه‌ای همراه با عبور جبهه سردی بوده که در شرق مدیترانه قرار داشته است. اختلاف دمای ٢٤ ساعته در شمال و جنوب ایران سبب افزایش گرادیـان دمـا بـر روی ایـران شـده و ریزش هوای سرد سبب ناپایداری و ایجاد بادهای شدید و طوفانی همراه بـا گـرد و خـاک در منطقه یزد شده است. به علت کم شـدن حجـم مقالـه از آوردن نقـشه‌هـای هـوا در ایـن دوره انتخابی خودداری شده است.

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی داده‌های مربوط به بادها و طوفان‌های گرد و خاک در منطقه مطالعه شده، نتایج زیر حاصل می‌شود:

١- بررسـی گلبادهای سطح زمین در منطقـه نـشان مـی‌دهـد کـه وزش بادهـای غالـب در ماه‌های آذر و دی، جنوب شرق بوده و سـرعت آن بـه بـیش از ١٦ نـات مـی‌رسـد. بیـشترین درصد باد آرام در فصل پاییز (آبان ٥٨ درصد) بوده و جهت های بادهای غالب شمال غـرب، غرب و جنوب شرق است. جهت هـای بادهـای غالـب در فـصول بهـار (بـا سـرعت ٢٧ نـات)، تابستان و زمستان (با سرعت٢١ نات)، شمال غرب و غرب بوده و از دی تا بهمن از مقدار باد آرام کاسته می‌شود (از ٥٢ درصد به ٤٢ درصد).

٢- وزش بادهای شدید و طوفان‌های ماسه در منطقه یزد با شدت زیاد و سرعت بـیش از ١٠٠ کیلومتر در ساعت به ویژه در ماه‌های اسفند تا خرداد به شکل حادتری درآمده و گـاهی به صورت طوفان‌های سیاه در منطقه رخ می‌دهد.

٣- با بررسی بادهای شدید در روزهای طوفانی نمونه انتخابی، مـشخص مـی‌شـود کـه ٦٠ درصد از بادهای شدید در ماه‌های اردیبهشت و فروردین رخ می‌دهد و طوفان‌هایی که دید افقی را به صفر کاهش داده و نیز شدیدترین آن در ماه اردیبهشت اتفاق می‌افتد. فشار هوای ایستگاه سینوپتیک یزد در لحظه بادهای شدید بین ٨٦٦/٤ و ٨٧٨/٤ هکتو پاسکال در نوسان است.

٤- در ابتدای دوره گرم سال و انتقال فصل (از اسفند به بعد) ناپایداری‌های جوی در ایـن منطقه افزایش پیدا می کند و طوفان‌های گردوخاک نیز بیشتر می‌شود. علت اصلی این پدیـده، وزش بادهای شدیدی است که به دنبال تغییرات سریع فشار هوا و دما در این موقـع از سـال

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

در منطقه مطالعه شده رخ می‌دهد.

٥- تحلیل شدیدترین بادها در دوره‌های انتخابی نمونه نشان می‌دهد که بادهای شدید و طوفان‌های ٨ خرداد سال ١٣٨٢ و ١٧ اردیبهشت ١٣٦٨ به سبب ناپایداری محلی درون یک سامانه کم فشار، ایجاد ابرهای کومه‌ای، گرادیان دما، وجود ناوه‌ای کم عمق ولی با حرکت سریع که سبب فرا رفت هوای سرد و بادهای شدید در سطح زمین شده، بوده است و با توجه به جهت باد که بین ٢٨٠ تا ٣٣٠ درجه در نوسان بوده، نشان از عبور یک جبهه سرد و خشک از سمت غرب- شمال غرب در منطقه بوده است.

٦- علت بادهای شدید و طوفان ١٢ اردیبهشت ١٣٨٠ به سبب عبور یک سامانه کم فشار که در ترازهای بالاتر جو با یک ناوه همراهی می‌کند، بوده است. وجود هوای گرم در لایه زیرین جو و هوای سرد در ترازهای میانی جو و ایجاد ابرهای کومه‌ای، سبب ناپایداری شدید جو منطقه شده است. ولی به سبب خشک بودن هوای منطقه به جای بارش، انرژی آزاد شده از این ابرها به صورت بادهای شدید در منطقه حادث شده است.

٧- بررسی زمان وقوع، جهت و سرعت بادهای شدید و طوفان‌های منطقه یزد نشان می‌دهد که بیش از ٧٧ درصد این بادها از سمت ٢٥٠ تا ٣٣٠ درجه وزیده و سرعت آن بین ١٥ - ٢٩ متر بر ثانیه در نوسان است و در ساعت‌های بعد از ظهر می‌وزند.

٦- منابع

[١] خسروی، ع.؛ « تجزیه و تحلیل بادهای کاشان و به کارگیری نتایج آن در امر تثبیت ماسه‌های روان»، *مجموعه مقالات همایش پژوهش‌ها و قابلیت‌های علم جغرافیا در عرصه سازندگی*، دانشگاه تهران، ١٣٧٦.

[٢] عظیم زاده ح.ر.، اختصاصی م.ر.؛«طوفان‌های ماسه و گرد و غبار»، *نشریه خبری و پژوهشی دانشگاه یزد*، ١٣٨٢.

[٣] کاویانی م.ر.؛ «تحلیلی از رژیم بادهای اصفهان در ارتباط با آلودگی هوای شهر»؛ *مجموعه مقالات سمینار جغرافی* ش. ٢، ١٣٦٥.

[4] Dayan, U; Climatology of back-trajectories from Israel based on synoptic analysis; J. *Climate Appl.*Meteor.,Vol.25, 1986.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

[5] Chen W. & et.al. Wind tunnel lest of the influence of moisture on the erodibility of loessial sandy loam soil by wind. *Journal of Arid Environments*, Vol.34, 1996.

[6] Feng Q, Endo Cheng K.N.;Dust storm in China:A case study of dust storm Variation and dust characteristics, Bull Eng Geol Env 61, 2002.

[7] Orlovesky, L.& et.al;Dust storm in Turkmenistan;*Journal of Arid Environments*, Article in Press, 2004.

[8] Youlin, Y."Black wind storm in northwest Chin: A case study of the strong sand-dust storm on may 5_{th} 1993"; 2002.

[9] Squires, V. R;"Dust and storm: An early warning of impending disaster"; 2002.

[۱۰] سالاری م.؛ «طرح بررسی و شناخت مواد آلوده کننده هوا»، سازمان حفاظت محیط زیست،۱۳۷۵ .

[۱۱] احمدی ح.؛ «منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای جنوب بافق»؛ *نشریه مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران*، ج ٦، ش ۲،۱۳۸۰.

[۱۲] مرجانی س.ص.؛ « بررسی سینوپتیکی بادهای شدید بیش از ۱۵ متر برثانیه در خراسان»؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۲.

[۱۳] حسینی س.ب.؛ «مطالعه سینوپتیکی طوفان‌های شدید در تهران»؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۹.

[١٤] اداره کل هواشناسی استان یزد، ۱۳۸۳.

[۱۵] امیدوار ک.؛ « طرح پژوهش مطالعه و ارزیابی رژیم بارش در استان یزد»؛ دانشگاه یزد، ۱۳۸۳.

[١٦] قبادیان ع.؛ « سیمای طبیعی استان یزد در ارتباط با مسائل کویری»، دانشگاه جندی شاپور، اهواز،١٣٦١.

[۱۷] اختصاصی م.ر.؛ «بررسی کمی و کیفی فرسایش بادی و برآورد میزان رسوب در دشت یزد- اردکان»؛ *مجله منابع طبیعی ایران*، ش(۲:۵)، دانشگاه تهران، ١٣٧٦.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]

[١٨] استانداری یزد، ستاد حوادث غیر مترقبه، ١٣٨٣.

[١٩] معتمد ا.؛ « بررسی منشأ ماسه‌های منطقه یزد- اردکان»؛ مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، مجله بیابان، شماره ٣٠، ١٣٧٠.

[٢٠] مهرشاهی د.؛ «نگاهی به ژئومورفولوژی استان یزد»؛ فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ١٦، ١٣٦٩.

[٢١] اختصاصی، م.ر. و همکاران؛ «فرسایش بادی، رخساره‌ها و خسارات آن در دشت یزد – اردکان»؛ مجله منابع طبیعی ایران، جلد ٥٧، شماره ٤، ١٣٨٣.

[22] Elbashan, D. Stormy Days over Israel a Guide. Israel Meteor Res.,Vol.3,Israel Meteorological Service, Bet Dagan, PP 155-158.(1981).

[٢٣] سازمان هواشناسی کشور، اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر، گلبادهای سطح زمین ایستگاه سینوپتیکی یزد،١٣٨٣.

[٢٤] سازمان هواشناسی کشور، دفترهای سینوپتیک ایستگاه سینوپتیک یزد در طول دوره آماری موردنظر، ١٣٨٣.

[٢٥] سازمان هواشناسی کشور، اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر، داده‌های جو بالای ایستگاه سینوپتیک یزد ونقشه‌های سینوپتیکی سطح زمین و ترازهای فوقانی جو، ١٣٨٣.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-12-01]