

بررسی سازوکار جت جنب حاره بر وقوع گردوغبارهای شدید جنوب غرب ایران

حسن حاجی محمدی

دانشجوی دکتری آب و هواشناسی سینوپتیک، دانشگاه تربیت مدرس تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۲۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۹

چکیده

برهمکنش گردش بزرگ مقیاس جواز جمله جت استریم ها سبب رخداد پدیده های مختلف در سطح زمین می شود. به همین منظور سعی شد تا جنبه های مختلف جت استریم جنب حاره مورد بررسی قرار گیرد. در همین راستا و به منظور بررسی ارتباط بین فعالیت جت جنب حاره با گرد و غبارهای شدید جنوب غرب ایران از داده های ۱۶ ایستگاه همدیدی واقع در منطقه طی یک بازه زمانی ۱۶ ساله استفاده شد. پس از استخراج دوره های غبارآلود با استفاده از داده های AOD سنجنده مودیس الگوی فضایی گردوغبار تهیه شد. برای تحلیل شرایط جوی نیز داده های مولفه های مداری و نصف النهاری باد، با مراجعه به مرکز ملی پیش بینی محیطی/علوم جوی (NCEP/NCAR) اخذ گردید. نتایج نشان داد دو الگو از جت جنب حاره در تولید گردوغبارهای منطقه فعالیت دارند که به طور کلی می توان دو الگوی زمستانه و تابستانه نامگذاری نمود. از ویژگی های الگوی زمستانه، قرارگیری جت با جهتی جنوب غربی - شمال شرقی از شمال شرق آفریقا تا شمال شرق ایران و جت تابستانه با قرارگیری در بالاتر از عرض ۳۵ درجه جغرافیایی و گسترش آن به صورت مداری می توان اشاره کرد. بیشترین همبستگی بین سرعت باد سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال با گردوغبارهای منطقه بوده و همبستگی معکوس بین تاوایی نسبی سطح مذکور با گردوغبارهای منطقه مشاهده شد. ویژگی اصلی جت تابستانه نزول هوا و افزایش گرد و غبار و جت زمستانه صعود هوا و افزایش گردوغبار در منطقه است. در نهایت مشخص شد جت تابستانه از قدرت بیشتری در تولید گردوغبارهای منطقه برخوردار است. نتایج حاکی از آن بود که با توجه به قرارگیری جت جنب حاره بر روی منطقه که بر اساس تئوری پالمن و نیوتون اثبات شده بود، همگرایی و شارش گردوغبار توسط جت در منطقه بوجود می آید.

کلمات کلیدی: جت جنب حاره، همبستگی، گرد و غبار، جنوب غرب ایران

جت عبارت است از جریان باریکی از باد که در امتداد یک محور نسبتاً افقی در تروپوسفر فوقانی متمرکز شده است (علیچانی و کاویانی، ۱۳۷۱). جت استریم ها که بدون استثنا در همه نقشه های هوا به صورت کمربند یا نوارهایی با سرعت زیاد دیده می شوند و تا مسافت های طولانی کشیده می شوند، هنگامی که سرعت باد به بیش از ۳۰ متر در ثانیه برسد، ایجاد می شوند. در روی نقشه های هوا، جت به صورت هسته هایی کاملاً منفرد است که از نظر مکانی نیز کاملاً متغیر است (فرج زاده اصل و همکاران، ۱۳۸۴). دو گروه بیشینه تندی باد در سطوح بالای وردسپهر تعیین شده و به جت جنب حاره و جت قطبی نام گذاری شده اند. هر دو آن ها بادهای غربی هستند. جت قطبی در عرض های میانی و جت جنب حاره در عرض های پایین تر در حدود ۲۷ تا ۳۰ درجه شمالی دیده می شوند. بیشینه باد همراه با رود باد جنب حاره در سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال قرار دارد. در حالی که جت قطبی در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می شود (کارلسون، ۱۹۹۴). با توجه به مشاهده های بزرگ مقیاس جو مشخص شده است که جت جنب حاره در فصل زمستان الگوی شبه ایستا داشته و از سه موج تشکیل می شود که به ترتیب در جنوب شرق آمریکا، دریای مدیترانه و سواحل ژاپن قرار دارد (ژودی، ۱۹۸۹).

این جت استریم ها در آب و هوای سطح زمین نقش مؤثری ایفا می کنند (علیچانی، ۱۳۸۱). بیشترین نقش جت استریم ها در بررسی های به عمل آمده منحصر به ساختار جت و نحوه تشکیل آن بوده (گرنسی، ۱۹۹۷؛ زیف و پالدرو، ۱۹۹۹؛ کناتی و همکاران، ۲۰۰۱؛ استرنک و دیویس، ۲۰۰۷؛ آرچر و همکاران، ۲۰۰۸؛ هودسن، ۲۰۱۲) و یا اینکه اثر آن بر تشکیل سامانه های کم فشار که موجب بارش های سنگین و یا مداوم در منطقه می شود، بوده است (گراور و سانیز، ۲۰۰۲؛ کاتلیپ، ۲۰۰۳؛ پری زیرآکس و همکاران، ۲۰۰۶؛ مبارک حسنی و همکاران، ۲۰۱۱).

بابایی فینی و همکاران (۱۳۹۵) به تحلیل و شناسایی الگوهای همدیدی توفان های گرد و غبار غرب ایران پرداختند. نتایج نشان داد که سازوکارهای ایجاد کننده گرد و غبار در دوره سرد و گرم سال متمایز از یکدیگر هستند

در فصل سرد با توجه به تنوع بیشتر الگوهای گردش جو و سامانه هایی که خاورمیانه را تحت تاثیر قرار می دهند ۲ الگوی کلی بر اساس استقرار یک کم ارتفاع یا پر ارتفاع در سمت غرب کم ارتفاع شمالی و پر ارتفاع جنوبی سبب رخداد گرد و غبار می شوند. حال آنکه در فصل گرم، استقرار پرفشار جنب حاره ای روی کانون های گرد و غبار سبب همگرایی جریان هوا در سطح زمین و متعاقباً برداشت ذرات خاک می گردد که همراه جریان های جنوب غربی جلوی ناوه غرب ایران می شود. گائو و همکاران (۲۰۱۱) تاثیرات ناهنجاری های آب و هوا را روی افزایش چشمگیر توفان های گرد و غباری زمین های ماسه ای هاننداک در چین شمالی در دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۸ مورد مطالعه قرار داده و اشاره کردند که به طور کلی در سال های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۸، فراوانی توفان های گرد و غباری در چین شمالی روند کاهشی داشته است. اگرچه زمین های ماسه ای چین شمالی یک روند افزایشی توفان های گرد و غباری مخصوصاً در طول دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۸ را نشان می دهد که یافته های تحقیق حاکی از این بود که خشکی، فاکتور تاثیر گذار در فراوانی توفان های گرد و غبار ها می باشد.

در مورد منشأ گردوغبارها در ایران دو نظریه وجود دارد: نظریه ای که تأکید می کند منشأ این گردوغبارها عربستان، سوریه، عراق و حتی شمال آفریقا است، اما نظریه دوم، بر داخلی بودن منشأ گردوغبارها از جمله جنوب غربی خوزستان تأکید می کند. بسترهای خشک شده دریاچه ها، تالاب ها، رودخانه ها و اراضی بیابانی در عراق به ویژه قسمت های غربی فرات و شرق دجله (بلورانی و همکاران، ۲۰۱۳) تالاب هورالعظیم، شرق، شمال شرق و جنوب شرقی شبه جزیره عربستان و شرق سوریه منابع اصلی هستند و منابع ثانویه تولید گردوغبارها قسمت های بیابانی آفریقا و قسمت هایی از خاک استان خوزستان است (خوش اخلاق و همکاران، ۲۰۱۴). توفان گرد و غبار می تواند صنعت حمل و نقل را با کاهش دید تحت تاثیر قرار دهد و باعث خسارت به زیر ساخت ها، ارتباطات راه دور و محصولات شود. علاوه بر این، به واسطه تشدید بیابان زایی و خشکسالی، کاهش منابع آب و افزایش شوری خاک، توفان گرد و غبار باعث ضرر و زیان های اجتماعی و اقتصادی بیشتری می گردد. (کائو و همکاران، ۲۰۱۵). اکبری و فرح بخشی (۲۰۱۵) در

تحقیقی تجزیه و تحلیل و ردیابی خطرات گرد و غبار در استان کرمانشاه را ارائه دادند. در این تحقیق به منظور بررسی عوامل موثر بر وقوع گرد و غبار در استان کرمانشاه ۱۳۲ مورد پدیده گرد و غبار (۶۵۰۰) با استفاده از داده‌های ایستگاه همدیدی استان کرمانشاه برای فصل‌های بهار و تابستان در یک دوره ۵ ساله (۲۰۰۹-۲۰۱۵) انتخاب شده بود و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شد. نتایج حاکی از آن بود که منشأ گردوغبارهای منطقه در کشورهای عراق و سوریه می‌باشد.

در شمال چین در بررسی عوامل موثر و کنترل کننده آب و هوایی گرد و غبار در فاصله زمانی طولانی مدت به این نتیجه رسیدند که در این منطقه سه فاکتور غالب که باعث ایجاد توفان گرد و غبار می‌شوند؛ سرعت باد ماکزیمم، میانگین سرعت باد و میانگین دمای سالانه می‌باشند و همچنین تاثیر دما بر فرکانس گرد و غبار ترکیبی از همبستگی همزمان مثبت و منفی است. دما می‌تواند بر منبع مواد (ماسه، شن و غیره)، فعالیت چرخندی و وضعیت رشد گیاه که بر تولید گرد و غبار اثر می‌گذارند، تغییر دهد. از طرفی $NDVI^1$ و بارش با فرکانس گرد و غبار همبستگی منفی دارد ولی اثرشان ضعیف است. گیاهان هم می‌توانند از محیط سطحی خاک محافظت کنند و مانع تشکیل توفان گرد و غبار شوند ولی تحت تاثیر عمده ی بارش اولیه قرار دارد (گوآن و همکاران، ۲۰۱۷). از طرفی گیتانی و همکاران (۲۰۱۷)، با بررسی سازوکارمانسون غربی آفریقا در طول هولوسن میانی به این نتیجه رسیدند که گردش جوی محلی ناشی از تاثیر پوشش گیاهی تاثیر مثبتی بر کاهش غلظت گرد و غبار به همراه شار حرارتی دارد. در بررسی تاثیر گرد و غبار بر روی پوشش گیاهی، هارلی و همکاران (۲۰۱۷) پژوهشی در جهت بررسی ارتباط گرد و غبار شمال آفریقا و رشد درخت در فلوریدای آمریکا انجام دادند که نشان داد که گونه ی *P. elliottii* به خوبی می‌تواند نشان دهنده ی جریان‌های هوایی ذرات گرد و غبار سالانه یا فصلی در منطقه باشند. در پژوهشی دیگر ژوانگ و همکاران (۲۰۱۸)، به بررسی تعامل بین اثر گرمایش هواویز کربن سیاه (Black Carbon Aerosol) و مانسون شرق آسیا با استفاده از مدل RegCM4 پرداختند که در آن به این نتیجه رسیدند که اثر بین گرمایش

کربن سیاه و مانسون زمستانه و تابستانه ی شرق آسیا در طول ضعیف ترین مانسون‌های سالانه، شدیدتر است.

در ایران نیز به بررسی اثرات جریان جت بر روی پدیده‌هایی به مانند خشکسالی و بارش پرداخته شده که از آن جمله می‌توان به عزیزی و سفراد (۱۳۹۱) اشاره نمود که به تحلیل ویژگی‌های جت استریم‌ها طی فازهای مختلف نوسان جنوبی پرداخته‌اند. در تحقیقی دیگر مبارک حسن و همکاران (۱۳۹۱) به نقش جت در چرخندزایی میانه مدیترانه و قانقرمه و روشن (۱۳۹۴) به ارزیابی نقش جت جنب حاره ای در کنترل بارش‌های ایران پرداختند.

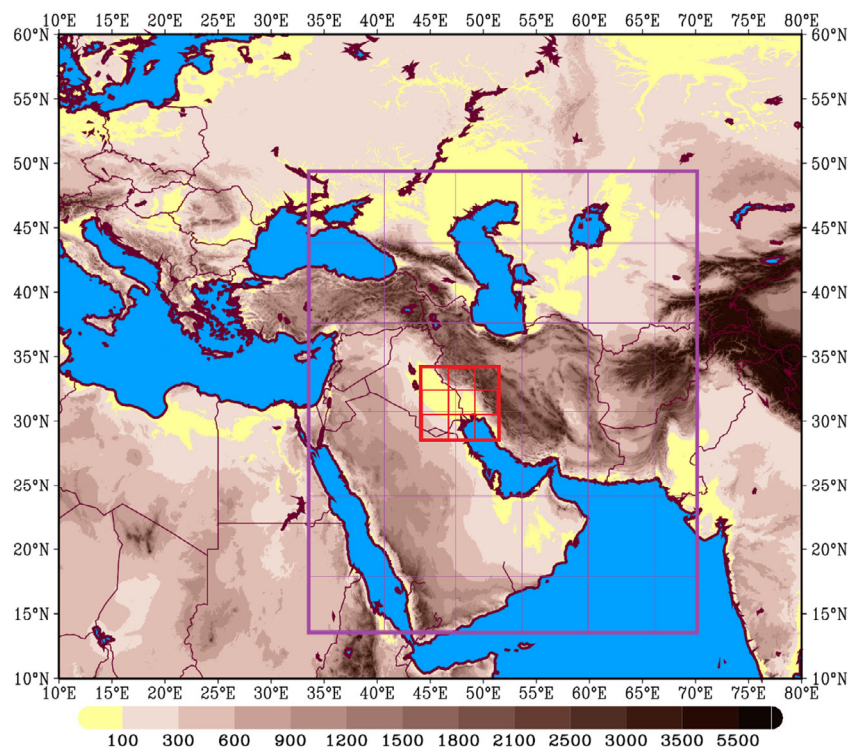
بررسی‌ها نشان می‌دهد بیش از هر چیز تحقیقات صورت پذیرفته در داخل کشور و حتی در خارج از کشور نقش جت استریم‌ها را در رخداد بارش‌ها و پدیده‌های مرتبط با آن مورد پایش و واکاوی قرار داده‌اند. از سویی تحقیقاتی به مانند گروگن و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی جت شرقی حاره ای در انتقال گردوغبارهای شمال آفریقا جزء معدود تحقیقاتی به شمار می‌روند که اثر مستقیم جریان‌های جتی را در انتقال گردوغبار به مناطق مختلف نشان می‌دهد. در این تحقیق سعی شد تا سهم جت جنب حاره و سازوکارحاکم بر انتقال گردوغبارهای جنوب غرب ایران بررسی گردد.

هدف اصلی این تحقیق شناسایی سازوکار حاکم بر جریان جت جنب حاره در زمان وقوع گردوغبارهای منطقه می‌باشد. از طرفی به دلیل کم بودن مطالعات در این زمینه و پرداختن به اثر جت بر بارش و یا سایر پدیده‌ها، اثر آن بر وقوع توفان‌های گردوغباردر این تحقیق بررسی شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از داده‌های گزارش وضعیت هوا (کدهای هواشناسی وضعیت هوای حاضر) ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی واقع در منطقه جنوب غرب ایران شامل استان‌های ایلام و خوزستان (۱۶ ایستگاه همدید) طی بازه ۱۶ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۶) استفاده شد. در ادامه سعی گردید تا شاخصی برای روزهای گردوغباری فراگیر در منطقه تعیین گردد. به همین دلیل روزی که بیش از ۷۰ درصد ایستگاه‌های منطقه گزارش گردوغبار و دید افقی زیر ۲۰۰ متر را گزارش

1- Normalized Difference Vegetation Index



شکل ۱. قلمرو مورد مطالعه برای همبستگی زمانی-مکانی (کادر قرمز)، تغییرات سرعت باد در سطح فوقانی وردسپهر (کادر بنفش)

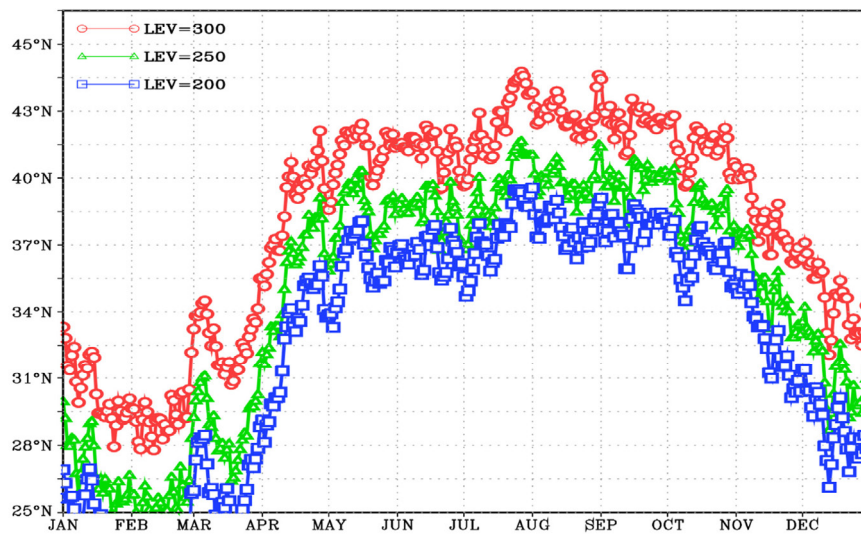
حاره در منطقه تبیین گردد. به همین دلیل یک محدوده که در شکل ۱ به رنگ بنفش مشخص شده به عنوان منطقه مورد مطالعه جت جنب حاره در طول سال انتخاب شد. در ادامه برای سه سطح ۳۰۰، ۲۵۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال مقادیر بیشینه سرعت باد برای هریک از روزهای سال بصورت بلندمدت تهیه شد. هدف از این کار بررسی تغییرات بیشینه سرعت باد در منطقه و تغییرپذیری آن در عرض های جغرافیایی متفاوت در ایام مختلف سال بود. پس از شناسایی سطح مورد نظر، همبستگی زمانی- مکانی بین مقادیر سرعت باد در آن سطح (منطقه ای که به رنگ قرمز در شکل ۱ آورده شده) و، بین مقادیر AOD منطقه قرمز با فعالیت جت جنب حاره در خاورمیانه گرفته شد. هدف از این کار نحوه قرارگیری جت و اثرگذاری آن بصورت مکانی بر روی گرد و غبارها و نحوه انتقال آن بر منطقه بود.

نتایج و بحث

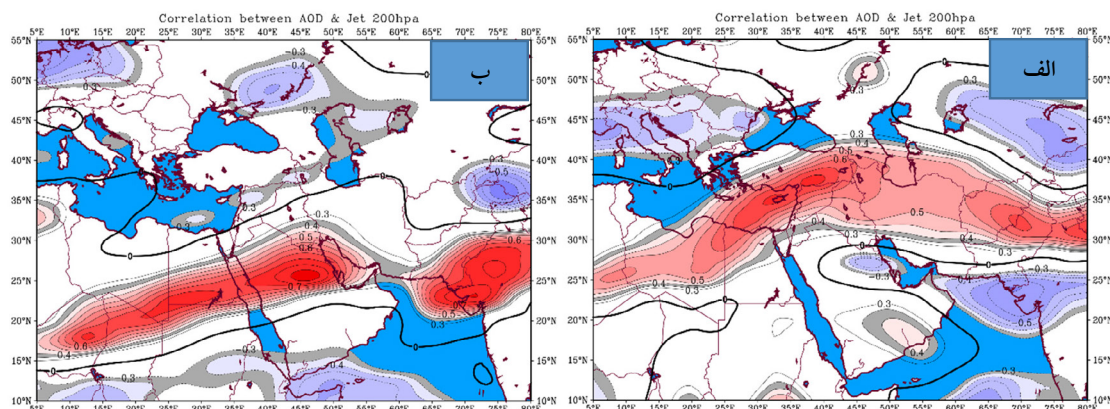
در بررسی های به عمل آمده مشخص شد که در دوره

کرده بودند به عنوان روز گردوغباری شدید انتخاب شد. پس از استخراج روزهای توام با گرد و غبار مقادیر AOD_2 سنجنده مودیس نیز برای هر دوره اخذ گردید. هدف از استخراج مقادیر AOD این بود که حجم انتقالی گردوغبار به منطقه مشخص و با داده های ایستگاه ارزیابی و روزهای مشکوک حذف گردد. پس از استخراج روزهای گردوغباری و طبقه بندی مقادیر AOD برای هر دوره نیاز بود تا برای دوره های مختلف که در این تحقیق به دو قسمت زمستانه و تابستانه تقسیم شده، سازوکار حاکم بر جت جنب حاره مشخص گردد. سپس با مراجعه به وبسایت مرکز ملی پیش بینی های محیطی/ علوم جو (NCEP/NCAR) داده های مولفه های مداری و نصف النهاری باد با تفکیک ۲/۵ درجه جغرافیایی اخذ گردید و در ادامه به سازوکار جت جنب حاره و توزیع فضایی آن در ایام مختلف سال و به خصوص در دوره های گردوغباری دوره مورد مطالعه پرداخته شد.

در بخش نخست سعی بر آن شد تا رفتاری از جت جنب



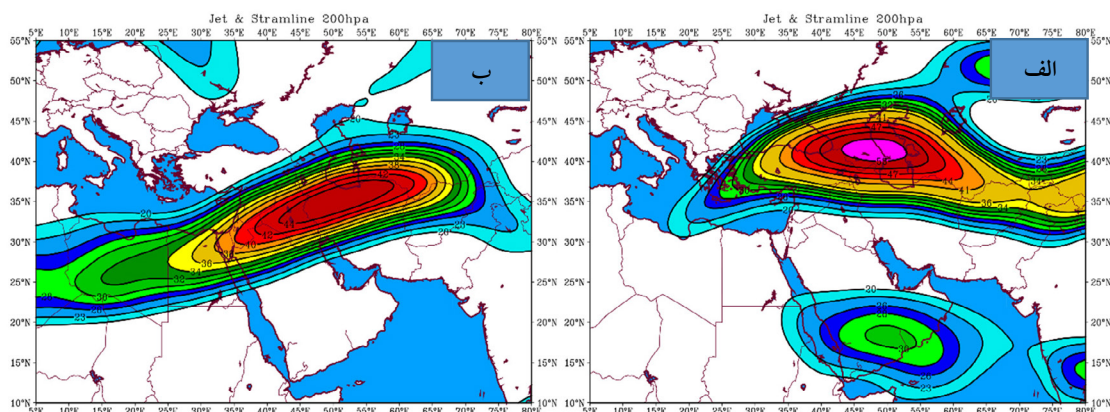
شکل ۲. تغییرات بیشینه سرعت باد در سه سطح منتخب



شکل ۳. همبستگی بین مقادیر سرعت باد با AOD منطقه ای برای دو الگو در سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال (الف) - (ب) - رنگ قرمز همبستگی مثبت و رنگ آبی همبستگی منفی

و غبارهای منطقه با سرعت باد در سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال می باشد. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود دو الگو از جریان جت با همبستگی بالا در منطقه مشاهده می شود. بدین صورت که این دو الگو در دوره سرد و گرم ظاهر می شوند. الگوی دوره گرم بصورتی است که بیشینه همبستگی مثبت بصورت مورب به سمت عرض های بالا از شمال شرق آفریقا تا شرق مدیترانه و شمال غرب ایران ادامه دارد. بیشینه همبستگی در این منطقه نزدیک به ۰٫۸ می باشد. در الگوی زمستانه یک محدوده مشخص از قلب صحرای آفریقا تا شمال عربستان و غرب خلیج فارس کشیده شده است. وجود دو هسته

سرد سال و بخصوص از ژانویه تا آوریل بیشینه سرعت باد در پایین سطح عرض ۳۴ درجه جغرافیایی قرار دارد. اما با نزدیک شدن دوره گرم سال از اواخر آوریل با یک پرش ناگهانی بیشینه سرعت باد به بالاتر از عرض ۳۵ درجه انتقال یافته به گونه ای که در سطوح مختلف بیشینه سرعت باد در سطح های زیرین مانند سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال تغییرات بیشتری نسبت به دو سطح دیگر از نظر جغرافیایی را دارد. با نزدیک شدن به فصل پاییز دوباره جریان جت به حالت زمستانه خود برگشته و با شیبی ملایم به عرض های پایین تر منتقل شده است (شکل ۲). نتایج نشان داد که بالاترین همبستگی بین تولید گرد



شکل ۴. متوسط جریان جت در سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال برای دو الگوی تابستانه (الف) - زمستانه (ب))

هسته سرعت بسیار متمرکز بوده و از گسترش فضایی بالاتری برخوردار نیست. در الگوی زمستانه سرعت باد به مانند الگوی تابستانه بوده اما هسته بیشینه پایین تر از عرض ۴۰ درجه قرار داشته و از گستره فضایی بیشتری برخوردار است.

در قسمت دوم نیمرخ قائم برای عرض ۳۰ درجه در نظر گرفته شد. نتایج حاکی از آن بود که در طی تابستان هسته جریان جت در منطقه دیده نمی شود که به جز یک جریان نسبتاً قوی که نزدیک به ۲۵ متر بر ثانیه است هسته سرعت دیگری وجود ندارد. اما در طول دوره زمستانه جت، بیشینه سرعت ما بین طول های ۳۰ تا ۴۰ درجه شرقی متمرکز است (شکل ۵).

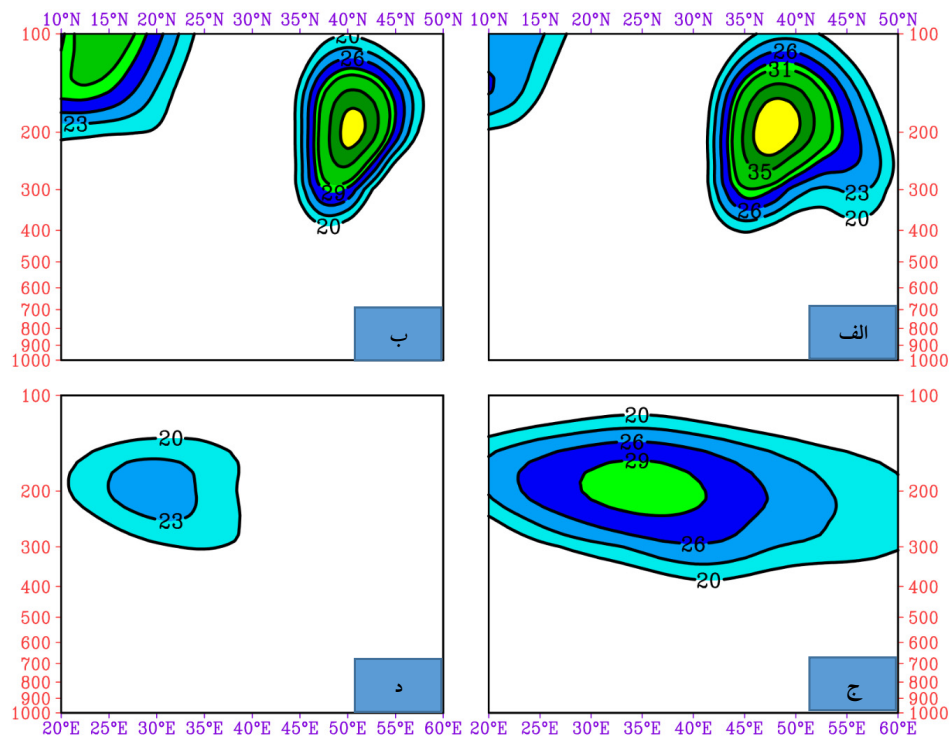
برای درک عمیق تر ساز و کار حاکم بر ساختار قائم جریان جت در منطقه از شاخص تلاویی نسبی استفاده شد. در این بخش نیز به مانند شرایط ذکر شده در شکل ۵ نیمرخ هایی تهیه گردید. نتایج حاکی از آن بود که در دوره گرم یک جریان بسیار قوی نزولی هوا از سطح ۵۰۰ تا بالاتر از ۱۰۰ هکتوپاسکالی مشاهده می شود که از عرض ۱۵ تا ۳۵ درجه ادامه دارد. از طرفی در بالاتر از این عرض یک هسته تلاویی مثبت یکی در سطح زیرین نزدیک به عرض ۳۵ درجه و دیگری به صورت مورب در سطوح فوقانی و مابین عرض های ۴۰ تا ۵۰ درجه مشاهده می شود.

در دوره سرد سال جریان نزولی با عقب نشینی همراه بوده و چند درجه ای به سمت استوا گسترش یافته است. از سویی

بیشینه همبستگی مثبت که بالاتر از ۰٫۸ می باشند نشان می دهد فعالیت جت بر روی نواحی شمال شرق آفریقا و شمال عربستان مناطق حساس و متأثر از جت جنب حاره در این فصل می باشند. نتایج حاصل از بررسی دو سطح دیگر نشان داد که همبستگی بین سرعت جریان جت و افزایش گردوغبار بوده اما از درصد معناداری بالایی برخوردار نیست.

در شکل ۴ متوسط سرعت باد و جریان جت سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال برای دو الگوی زمستانه و تابستانه تهیه شد. در الگوی تابستانه جت جنب حاره ای در بالاتر از عرض ۳۵ درجه قرار داشته و بالاترین سرعت باد در داخل آن نزدیک به ۶۰ متر بر ثانیه می باشد. وجود یک هسته متمرکز باد نیز در جنوب عربستان نیز مشاهده می شود. نکته جالب این است که بیشینه سرعت باد منطبق بر غرب دریای خزر می باشد. در الگوی زمستانه جریان جت از شمال آفریقا تا شمال شرق ایران کشیده شده و بیشینه سرعت باد نزدیک ۵۰ متر بر ثانیه است. همانطور که در نقشه های همبستگی باد نیز مشاهده شد هسته های سرعت و الگوی قرارگیری جریان جت های تابستانه و زمستانه با مقادیر همبستگی انطباق دارند.

به منظور بررسی قائم جریان جت و بیشینه سرعت باد از نیمرخ های قائم استفاده شد. در شکل ۵ ابتدا نیمرخ برای طول ۵۰ درجه ثابت در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد بیشینه سرعت باد در طول دوره تابستانه آن در عرض های بالاتر از ۴۰ درجه جغرافیایی با سرعتی معادل ۴۰ متر بر ثانیه است، ولی



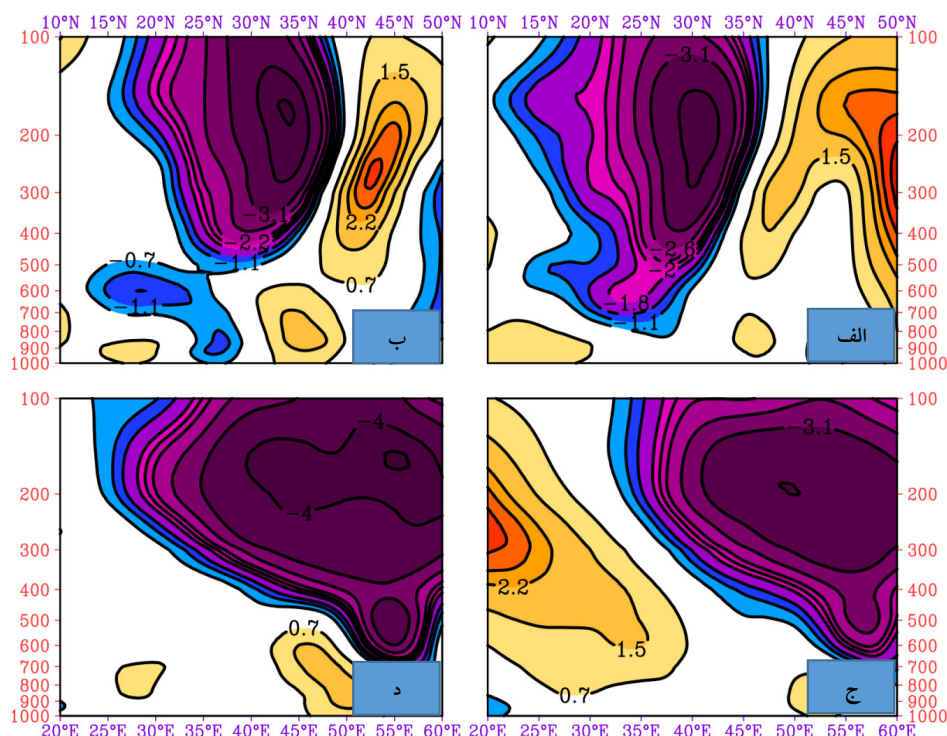
شکل ۵. نیمرخ قائم سرعت باد- طول ۵۰ درجه (الف-زمستانه و ب-تابستانه)، عرض ۳۰ درجه (ج-زمستانه و د-تابستانه)

یابد اما با کاهش تاوایی نسبی و نزول هوا گرد و غبار منطقه ای افزایش می یابد، بنابراین یک همبستگی معکوس مابین آنها برقرار است. اما این وضعیت در طول های بین ۲۵ تا ۴۰ درجه مثبت بوده و با افزایش تاوایی نسبی گرد و غبار منطقه ای افزایش می یابد. یعنی در دوره سرد سال وقوع تاوایی نسبی مثبت بیشترین تاثیر را در رخداد گرد و غبارهای منطقه ای دارد.

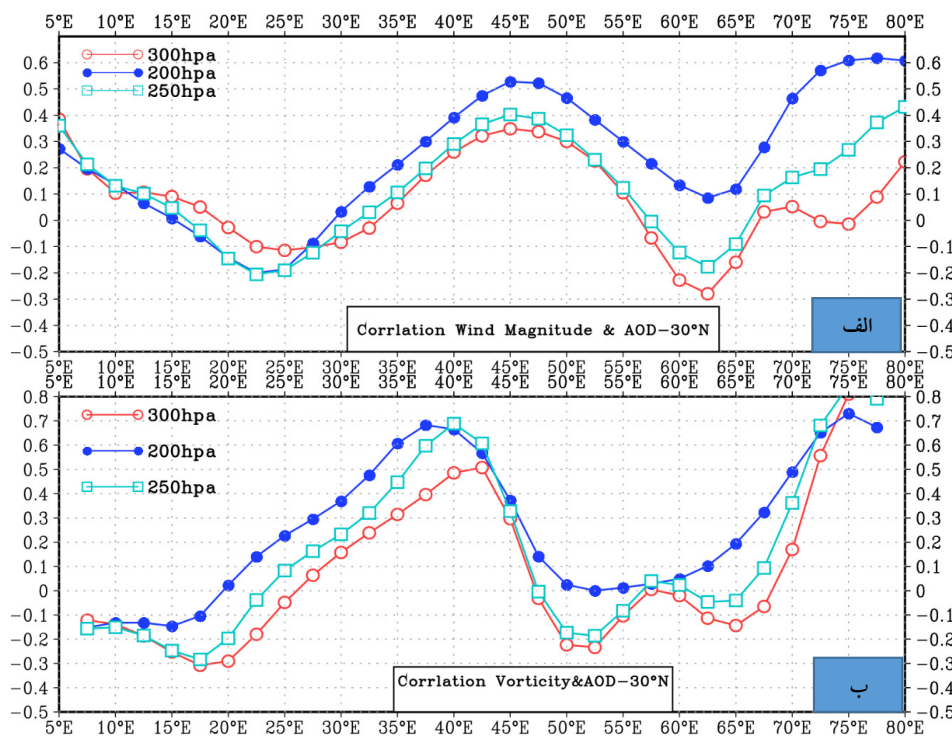
در دوره گرم سال شرایط به گونه دیگری است. در سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال سرعت باد کاهش یافته و همبستگی ضعیفی بین سرعت باد سطح مذکور با رخداد گرد و غبار منطقه ای برقرار است. اما بیشینه همبستگی بین AOD و سرعت باد مربوط به سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال است. نکته جالب توجه اینکه بیش از آنکه مستقیماً جریان جت با سرعت خود بر روی گرد و غبار اثر بگذارد با تشکیل و تقویت جریان نزولی این شرایط را رقم می زند. به گونه ای که با بررسی همبستگی بین AOD و تاوایی نسبی تابستانی برای سه سطح انتخابی نشان داد که هر سه سطح همبستگی منفی بین تاوایی نسبی و گرد و غبار

جریان تاوایی نسبی مثبت واقع در عرض های بالاتر نیز تقویت شده و از سطح ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال گسترش قائم یافته است. در نیمرخ مربوط به عرض ۳۰ درجه در تابستان بیشینه نزول هوا بالاتر از سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می شود اما مابین طول های ۵۰ تا ۵۵ درجه به سطح های زیرین نیز گسترش یافته است. در این دوره تاوایی نسبی مثبتی نیز مابین طول های ۴۵ تا ۵۵ درجه نیز بصورت محدود مشاهده می شود. در دوره سرد سال جریان نزول نسبت به تابستان تضعیف شده و یک جریان صعودی قوی مابین طول های ۲۰ تا ۳۵ درجه شرقی تشکیل شده است (شکل ۶).

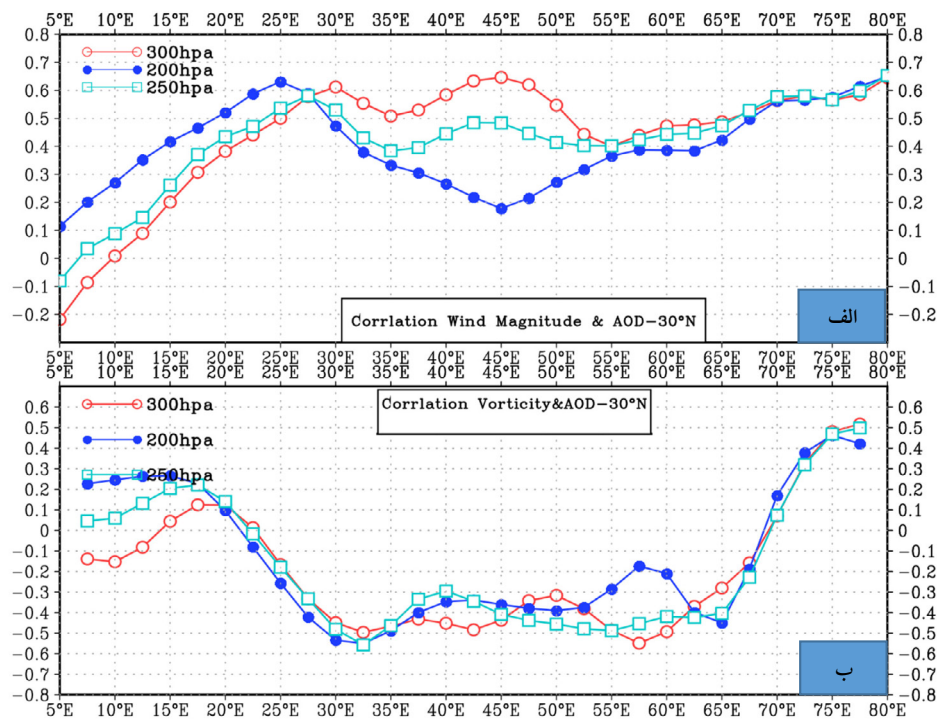
بیشینه همبستگی بین سه سطح مورد نظر در دو پارامتر سرعت باد و تاوایی نسبی با مقادیر AOD منطقه ای بر روی عرض های مختلف محاسبه شد. نتایج نشان داد که همبستگی مناسب در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی است (شکل ۷). همچنین همبستگی در سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال دیده شد. نکته جالب اینکه با افزایش سرعت باد بین طول های ۴۰ تا ۵۵ درجه شرقی گرد و غبار در منطقه جنوب غرب افزایش می



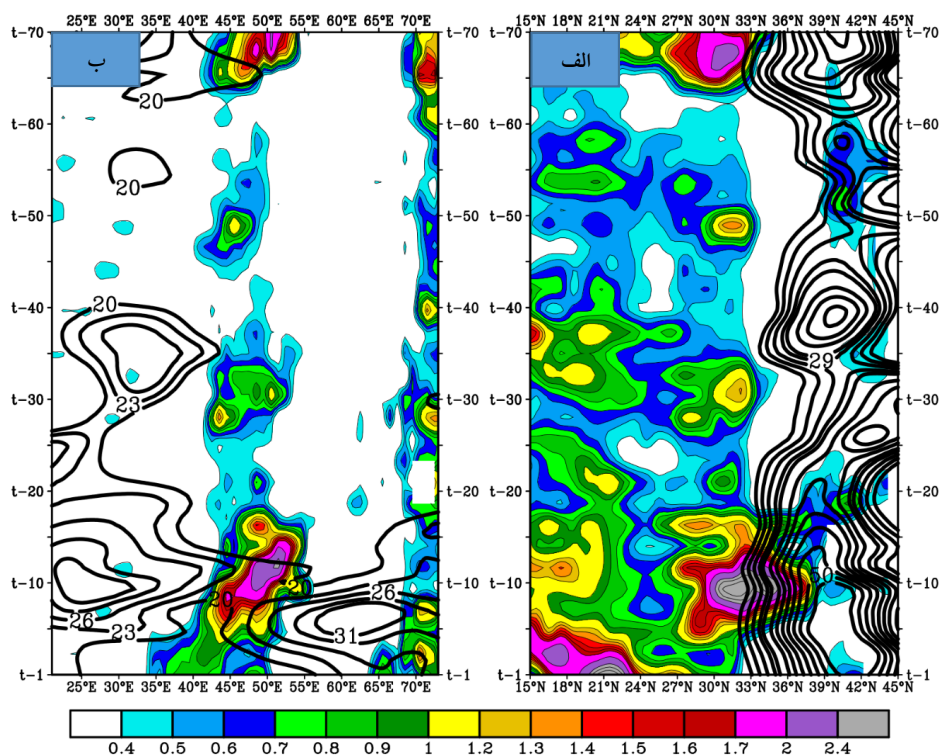
شکل ۶. نیمرخ قائم تاوایی نسبی- طول ۵۰ درجه (الف-زمستانه و ب-تابستانه)، عرض ۳۰ درجه (ج-زمستانه و د-تابستانه)



شکل ۷. همبستگی بین سرعت باد (الف) و همبستگی بین تاوایی (ب) در سه سطح انتخابی با AOD منطقه ای (متوسط گیری شده برای دوره زمستانه)



شکل ۸. همبستگی بین سرعت باد (الف) و همبستگی بین تاوایی (ب) در سه سطح انتخابی با AOD منطقه ای (متوسط گیری شده برای دوره تابستانه)



شکل ۹. نمودار هافمولر y-t (الف) و x-t (ب) سرعت باد (خطوط مشکی) سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال و مقادیر AOD (رنگی)-الگوی تابستانه

بررسی سازوکار جت جنب ماره بر وقوع گردوغبارهای شدید جنوب غرب ایران

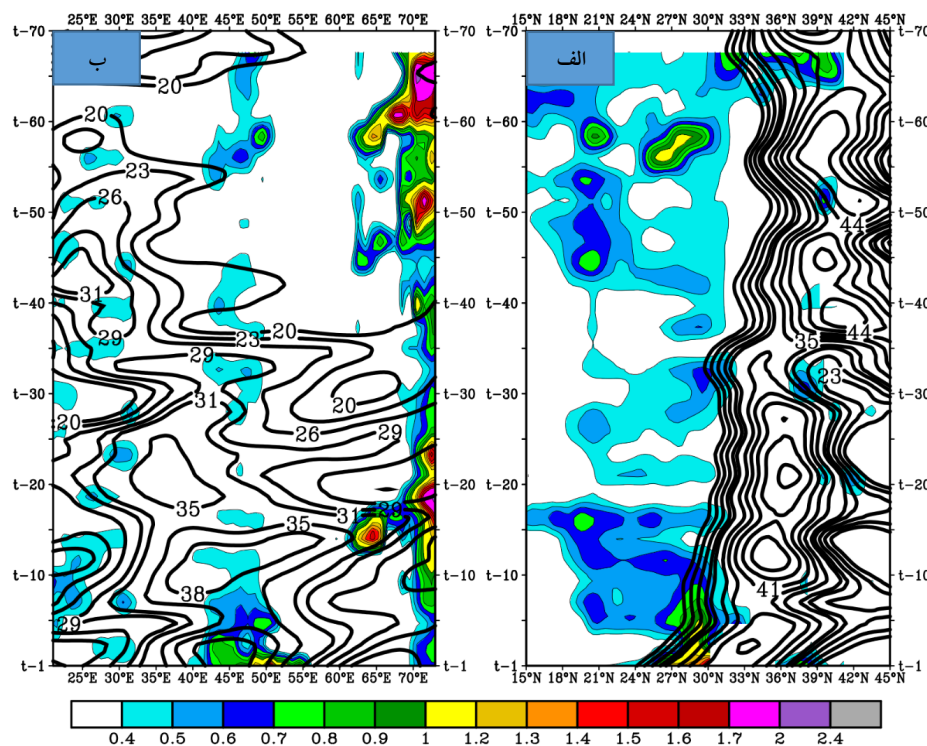
$X-t$ مشاهده می شود که با تمرکز جریان جت مابین طول های ۲۵ تا ۵۰ درجه شرقی، نقش مهمتری را در تولید گرد و غبار جنوب غرب بر عهده دارد (شکل ۱۰).

بررسی های جریان جت استریم بر روی خاورمیانه گویای این امر بود که وجود جریان های همگرایی بر روی منشا های محتمل گردوغبار در منطقه، سبب خیزش گردوغبار در دوره خشک و خیزش و گسترش قائم آن در دل یک سامانه همدیدی قوی موجبات انتقال و شارش گردوغبار را در مناطق غرب و جنوب غرب ایران در پی دارد.

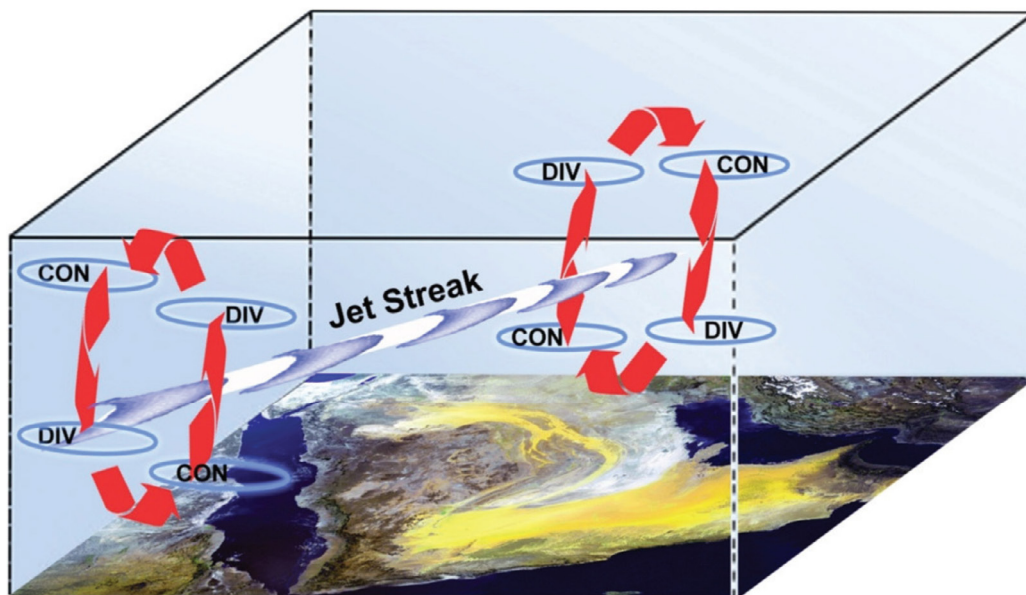
به منظور تایید یافته ها، به تئوری که پالمن و نیوتون ارائه کرده بودند اشاره شد. پالمن و نیوتن (۱۹۴۸) نمایی شماتیک از جریان جت جنب حاره بر روی خاورمیانه نشان دادند. در این شماتیک وجود یک جریان جنوب غربی به شمال شرقی را در منطقه نشان می دهد. نکته قابل توجه استقرار دو سیکل بسته در جنوب غرب و شمال شرق جریان جت بر روی منطقه بوده که در قطاع جنوبی وجود همگرایی سطحی-واگرایی فوقانی و انتقال آن به عرض های بالاتر و همگرایی فوقانی و واگرایی

منطقه وجود دارد. یعنی اینکه با تشکیل جریان ساعتگرد در منطقه که در محدوده وسیعی از ۳۰ تا ۶۵ درجه شرقی حاکم است، نزول هوا مستقیماً بر روی تولید گرد و غبار منطقه اثر می گذارد (شکل ۸).

برای بررسی و نمایان شدن اثر جریان سرعت باد سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال بر روی تولید گرد و غبار نمودارهای هافمولر $X-t$ و $Y-t$ تهیه شد که نمودار اول طول ۵۰ درجه و نمودار دوم عرض ۳۰ درجه ثابت در نظر گرفته شد. شکل ۹ نشان می دهد که در فصل گرم با قرارگیری بیشینه سرعت باد در بالاتر از عرض ۳۳ درجه شمالی، شرایط رخداد توفان های گرد و غبار در منطقه فراهم است. در نمودار $X-t$ نیز مشاهده می شود که با زوجی شدن جریان جت که در یک دوره ۱۲ روزه به وقوع پیوسته مقادیر AOD افزایش چندانی ندارد (شکل ۹). نمودار $Y-t$ در دوره سرد سال نشان می دهد که جریان جت با گسترش جنوب سو به بالاتر از عرض ۲۷ درجه جغرافیایی انتقال یافته است. بنابراین بیشترین گرد و غبارها در عرض های پایینی جریان جت قرار دارد. از طرفی در نمودار



شکل ۱۰. نمودار هافمولر $Y-t$ (الف) و $X-t$ (ب) سرعت باد (خطوط مشکی) سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال و مقادیر AOD (رنگی)-الگوی زمستانه



شکل ۱۱. الگوی کلاسیک گسترش جریان جت استریم بر روی جنوب غرب آسیا (پالمن و نیوتن، ۱۹۴۸)

- الگوی جت و هسته‌های سرعت در فصل سرد از شمال آفریقا تا شمال ایران راستای جنوب غربی-شمال شرقی را طی می‌کنند. اما در الگوی فصل گرم بیشینه فعالیت آن با سرعتی معادل ۵۰ متر بر ثانیه در بالای دریای خزر مشاهده می‌شود.

- تقویت جریان نزولی در الگوی فصل گرم سبب شده تا توفان‌های شدید گرد و غباری به وجود آید. اما در الگوی فصل سرد تاوایی مثبت و وجود یک جریان چرخندی ارتباط مستقیمی با توفان‌های گرد و غبار منطقه دارد.

- از نقطه نظر مکانی نیز بیشترین همبستگی در عرض ۳۰ درجه جغرافیایی مشاهده شد. بطوریکه در عرض ذکر شده با افزایش سرعت باد در الگوی زمستانه در محدوده ۲۵ تا ۴۵ درجه شرقی و از طرفی افزایش تاوایی نسبی مثبت شرایط برای شکل‌گیری توفان گرد و غبار فراهم می‌گردد. اما در فصل گرم با کاهش سرعت باد سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال و از طرفی کاهش تاوایی نسبی در محدوده وسیعی که از طول ۳۰ تا ۶۵ درجه شرقی به وجود آمده، موجبات نزول شدید هوا فراهم شده و بیشترین همبستگی منفی را با رخداد گرد و غبارهای منطقه جنوب غرب را دارا بود.

- در نهایت مشخص شد که جت جنب حاره دارای ورودایی زمانی- مکانی نسبت بالایی در طی سال بر روی منطقه

سطحی را به دنبال دارد (شکل ۱۱). بر اساس یافته‌ها و تئوری مطرح شده مشاهده می‌شود که برهمکنش جریان جت در منطقه با شارش و انتقال به منطقه مورد مطالعه همراه است.

جمع‌بندی

نتایج حاصل از بررسی ارتباط جت جنب حاره با توفان‌های گرد و غبار منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب ایران عبارت است از:

- ساز و کار جوی حاکم بر جت جنب حاره گویای این است که جریان جت در فصل سرد در پایین‌تر از عرض ۳۰ درجه جغرافیایی قرار دارد که با نزدیک شدن به فصل گرم و در ماه می با یک پرش ناگهانی در عرض بالاتر از ۳۵ درجه فعالیت می‌کند.

- با شناسایی الگوی جت مشخص شد که دو الگوی فصل گرم و فصل سرد با ویژگی‌های منحصر به فرد خود در تولید گرد و غبارهای جنوب غرب ایران دخالت دارند.

- بیشترین همبستگی مربوط به سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال در فصل سرد بر روی شمال شرق عربستان بود و بیشینه همبستگی در سطح مذکور در فصل گرم در شرق مدیترانه مشاهده شد.

- Atmospheric Sciences, Vol. 56, 1999.
- Zhuang, B. L., Li, S., Wang, T. J., Liu, J., Chen, H. M., Chen, P. L., ... & Xie, M. (2018). Interaction between the Black Carbon Aerosol Warming Effect and East Asian Monsoon Using RegCM4. *Journal of Climate*, 31(22), 9367-9388.
 - Conaty; The structure and evolution of extratropical cyclones, fronts, jet streams, and the tropopause in the GEOS general circulation model; *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 82, 2001.
 - Stronga, C. and Davisb, R. E., 2007, Winter jet stream trends over the Northern Hemisphere Courtenay, *Quarterly Journal of The Royal Meteorological Society Q. J. R. Meteorol. Soc*, 133: 2109-2115 Hudson R. D., 2012, Measurements of the movement of the jet streams at midlatitudes, in the Northern and Southern Hemispheres, 1979 to 2010, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 7797-7808, 2012 www.atmoschem-phys.net/12/7797/2012/ doi:10.5194/acp-12-7797-2012.
 - Harley, G. L., King, J., & Maxwell, J. T. (2017). Trans-Atlantic Connections between North African Dust Flux and Tree Growth in the Florida Keys, United States. *Earth Interactions*, 21(7), 1-22.
 - Grover; the influence of large-scale flow on fall precipitation system in the Great Lakes Basin; *Journal of Climate*, Vol. 15, 2002.
 - Guan, Q., Sun, X., Yang, J., Pan, B., Zhao, S., & Wang, L. (2017). Dust storms in northern China: long-term spatiotemporal characteristics and climate controls. *Journal of Climate*, 30(17), 6683-6700.
 - Gaetani, M., Messori, G., Zhang, Q., Flamant, C., & Pausata, F. S. (2017). Understanding the mechanisms behind the northward extension of the West African Monsoon during the Mid-Holocene. *Journal of Climate*, 30(19), 7621-7642.
 - Cutlip, Jet stream changes linked to prairie drought, *Weatherwise*, Vol. 56, 2003.
 - Mobarak Hassan, E., Azadi, M., Hussain Meshkatee, A. and Mazraee Farahani, M., 2011, The role of the subtropical jet stream in cyclogenesis over the Central Mediterranean Sea: A case study of February 1974. *International Journal of the Physical Sciences*, 12: 2983-2988.
 - Karlson. T. B., 1994. *Mid-Latitude Weather System.*, London. Printed by Rotledge. pp.507.
 - Khoshakhllagh, F.; Zamanzadeh, S. M.; Shirazi, M. H.; Samadi, M.; and Hajikhani, S.; " Characteristics of TSP loads during the Middle East springtime dust storm (MESDS) in Western Iran". *Arabian Journal of Geosciences*, 7(12), 5367-5381, 2014.
 - Zohdy. H. M., 1989. Report of the Third session of the streeing group on Mediterranean Cyclone Study Project. Barcelona. PSMP NO (31)., TD (298).
 - Prezerakos, N.G., Flocas, H.A. and Brikas, D.,

است. این تغییر که گاه‌ها در فصل گرم بصورت ناگهانی رخ داده و در ایام سرد سال با روند ملایم چه در سرعت و چه در جابجایی مکانی نسبت به فصل گرم است سبب شده تا از علل اصلی دگرگونی شرایط جوی در منطقه باشد. وجود همگرایی و صعود قوی در قسمت ورودی جت سبب شده تا با قرارگیری بر روی مناطق مستعد بصورت یک جریان مکنده با صعود و انتقال آن به منطقه و شارش یافتن آن نقش چشم گیری را در وقوع دوره های گردوغباری در منطقه داشته باشد.

مراجع

- بابایی فیتی، ا.، صفرراد، ط.، کریمی، م. (۱۳۹۵). تحلیل و شناسایی الگوهای همدیدی توفان های گرد و غبار غرب ایران. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، شماره ۱۷، صص ۱۰۵-۱۱۹.
- فرج زاده اصل م، لشکری ح، خورانی ا (۱۳۸۴). تحلیل موقعیت رودباد در رابطه با سامانه های بارشی غرب کشور (استانهای ایلام و کرمانشاه). *نشریه مدرس علوم انسانی*. دوره ۱۱. ویژه نامه جغرافیا.
- علیجانی ب، کاویانی م؛ مبانی آب و هواشناسی؛ سمت ، تهران، ۱۳۷۱.
- علیجانی ب؛ اقلیم شناسی سینوپتیک؛ سمت ، تهران، ۱۳۸۱.
- عزیزی ق، سفر راد ط (۱۳۹۱). تحلیل ویژگی های رودباد طی فازهای ENSO مطالعه موردی، سال های ۱۹۹۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰. *نشریه پژوهش های اقلیم شناسی*. دوره ۳. شماره ۹.
- مبارک حسن ا، مشکواتی ا، آزادی م، مزرعه فراهانی م (۱۳۹۱). نقش رودباد در چرخندزایی میانه مدیترانه. *پژوهش های اقلیم شناسی*. دوره ۳. شماره ۱۱.
- قانقرمه ع، روشن غ (۱۳۹۴). ارزیابی نقش رودباد جنب حاره ای در کنترل بارش های ایران. *نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*. سال ۲۶. شماره ۳.
- Akbary, M. and Farahbakhshi, M. (2015). Analyzing and Tracing of Dust Hazard in Recent Years in Kermanshah Province . *Int. J. Environ. Res.*, 9(2):673-682.
- Boloorani, A. D.; Nabavi, S. O.; Azizi, R.; and Bahrami, H. A.; "Characterization of dust storm sources in western Iran using a synthetic approach. In *Advances in meteorology, climatology and atmospheric physics* (pp. 415-420). Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- Cao, H., Amiraslani, F., Liu, J. & Zhou, N., (2015) Identification of dust storm source areas in West Asia using multiple environmental datasets. *Science of the Total Environment*, 502: 224-235. Grenci; The jet set; *Weatherwise*, Vol. 50, 1997.
- Gao, T., Han, j.; Wang, Y.; Pei, H., and Lu, Sh., (2011), Impacts of climate abnormality on remarkable dust storm increase of the Hunshdak Sandy Lands in northern China during 2001-2008, *Meteorological Applications*, PP265-278
- Ziv , Paldor; The divergence fields associated with time-dependent jet Streams; *Journal of the*

- Palman, E., and C. W. Newton, 1984: A study of the mean wind and temperature distribution in the vicinity of the polar front in winter. J. Meteor., 5, 220-226.
- 2006, The role of the interaction between polar and subtropical jet in a case of depression rejuvenation over the Eastern Mediterranean, Meteorol. Atmos. Phys., 92:139-151.

Investigation of Subtropical Jet Stream mechanism on the occurrence of heavy dust in southwestern Iran

Hasan Haji mohammadi

*PhD of Synoptic Climatology, Geography Department, Tarbiat Modares University of Tehran,
Tehran, Iran*

*Corresponding Author Email: Ha.hajimohammadi@stu.um.ac.ir

Received: 13 January 2021 , accepted: 18 April 2021

ABSTRACT

In order to investigate the relationship between subtropical jet activity and heavy dust in southwestern Iran, data from stations in the region over a 16-year period were used from 16 synoptic stations. After extracting the dusty periods, a spatial dust pattern was prepared using AOD data from MODIS sensor. For analysis of atmospheric conditions, parallel and meridional wind components were obtained by referring to the National Center for Environmental Prediction / Atmospheric Science (NCEP / NCAR). The results showed that two models of subtropical winds are active in the production of dust in the region. In general, two winter and summer patterns can be named. Features of the winter pattern of jet placement with a southwest-northeast direction from northeastern Africa to northeast of Iran and summer jet with placement above 35 degrees latitude and its orbital expansion can be mentioned. The highest correlation was between wind speed of 200 hPa and inverse correlation was observed between the relative altitude of the level and dust in the region. The main feature of summer jets is the descent of air and increase of dust and winter jets are the ascent of air and increase of dust in the region. Finally, it was found that summer jets have more power in producing dust in the region. The results showed that based on the placement of the subtropical jet on the area, which was proved according to Palmer and Newton theory, convergence and dust flow by the jet occurs in the area.

Keywords: *subtropical jet Stream, correlation, dust, southwest of Iran*

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Haji mohammadi, H. (2021). Investigation of Subtropical Jet Stream mechanism on the occurrence of heavy dust in southwestern Iran. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 4(2): 102-114

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

