

جغرافیا و توسعه شماره ۲۲ اردیبهشت ۱۳۹۰

وصول مقاله : ۱۳۸۸/۳/۱۵

تأیید نهایی : ۱۳۸۸/۱۰/۲۷

صفحات : ۳۹ - ۵۶

## نقش همگرایی سامانه‌های فشار بر رخداد توفان‌های غباری استان خوزستان

دکتر غلامرضا براتی

استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی

دکتر حسن لشکری

دانشیار اقلیم‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی

فریبا گرمی

کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه رازی

### چکیده

امروزه، یکی از پدیده‌های بحث‌انگیز آب‌وهوایی؛ توفان‌های غباری غرب و جنوب غرب ایران است. در این پژوهش با بررسی میزان افق دید از صفر تا ۱۰۰۰۰ متر، در مجموعه ۶ ایستگاه هواسنجی از استان خوزستان طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۸، رخداد روزانه غبار با شناسه (۰۶) استخراج شد. نخستین نتایج، نشانگر وقوع ۲۸۸ توفان غباری بود که همگی در دوره‌ی گرم سال یعنی فاصله‌ی زمانی اردیبهشت تا مهرماه رخ داده‌اند. از این مجموعه بر پایه‌ی بیشینه دوام و گسترش مکانی، تعداد ۱۰ توفان شاخص تعیین شد که با تهیه و بررسی نقشه‌های روزانه‌ی هوا طی روزهای غبار آلود، الگوهای هم‌دید سامانه‌های فشار مؤثر در ترازهای پایین و میانی جو برای روزهای آغازین، اوج و پایانی هر توفان طراحی شد.

مقایسه‌ی الگوهای روزهای آغازین عموم توفان‌های غباری با روز اوج هر توفان در تراز دریای آزاد، نشانگر نزدیک شدن همزمان دو سامانه‌ی کم‌فشار ایران- پاکستان و سامانه‌ی پرفشار آزرور به ترتیب از خاور و باختر سرزمین مورد پژوهش به همدیگر بود. احراز این نزدیکی در ترازهای بالا شامل ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال در جنوب غرب ایران که از جمله نتایج آن افزایش شیب فشار و بالتبع ناپایداری جوی روی خوزستان بود؛ با کاهش افق دید در عموم شهرهای مورد مطالعه طی روزهای اوج هماهنگ بود. همچنین استخراج سمت باد از نقشه‌های NCEP در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و تراز دریای آزاد، وقوع جریان‌های هوای شمال غربی از شرق عراق و جریان‌های هوای غربی از شمال عربستان و در نتیجه انتقال غبار از سطح بیابان‌های برهنه و بی‌گیاه این مناطق را تأیید کرد.

کلیدواژه‌ها: کم‌فشار ایران- پاکستان، پرفشار آزرور، توفان غباری، خوزستان.

### مقدمه

غبار از نظر صاحب‌نظران (وستول،<sup>۱</sup> ۱۹۹۹: ۵۷) ذرات ریز جامد با خاستگاه طبیعی و یا انسانی تعریف می‌شود که در سراسر جو یافت می‌شود و در شرایط مساعد نقش هستک‌های تراکمی را برای پیدایش ابر و درازه‌های باران بازی می‌کند. غبار، گاه خاستگاه طبیعی دارد مانند

آتشفشان‌ها (وانرز و مرکر<sup>۱</sup>، ۱۹۹۴: ۵۶) و گاه به‌طور آشکار خاستگاه انسانی. برای نمونه محققان (وانگ و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۶: ۸۱) برای رخداد غبار در چین شمالی نقش انسان را برجسته می‌دانند و در نمونه‌های دیگر ناساگرجا و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۳: ۱۴۰۳) برآند در فضای پیرامون شهرها فراوانی غبار بیشتر است.

هنگامی که بر اثر پیدایش شیب فشار میان دو سرزمین باد می‌وزد، شرایط برای برخاستن غبار از سطح خاک و پیدایش توفان‌های گرد و غباری فراهم می‌شود. این پدیده بخش‌های گسترده‌ای از خشکی‌های کره‌ی زمین شامل بیابان بزرگ آفریقا (بوشر<sup>۴</sup>، ۱۳۶۲: ۶۷)، تاریخ در چین باختری (مکتین و همکاران<sup>۵</sup>، ۱۹۹۸: ۷)، بیابان گبی (جینگ‌بو و چون‌چانگ<sup>۶</sup>، ۲۰۰۴: ۶۰) و حتی پهناهای یخ و برف گرینلند (کوانگ و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۰۷: ۱) را دچار کرده است. توفان غباری به لحاظ توصیفی، تمرکز سنگین غبار در یک توده‌ی هوای آشفته تعریف شده است که اغلب با جبهه سرد همراهی می‌شود (استرالر و استرالر<sup>۸</sup>، ۱۹۹۲: ۵۹۶). این پدیده بیشتر در سرزمین‌های خشک (منگ و ژانگ، ۲۰۰۷: ۳۰) و حتی نیمه‌خشک (دنگ و همکاران، ۲۰۰۷: ۲۱) کره‌ی زمین رخ می‌دهد که با ماهیت و ویژگی‌های اقلیمی این مناطق پیوند دارد.

اهمیت بررسی پدیده‌ی توفان‌های گردوغباری از جمله به لحاظ پیامدهای زیانباری است که می‌تواند در جوامع انسانی ایجاد کند. توفان‌های غباری دشت‌های بزرگ اتازونی به عنوان یک نمونه‌ی آشکار با تأثیرات حاد و ویرانگر (گودون و توهانتتر، ۱۹۹۸: ۳۲)، در میانه‌ی دهه‌ی ۱۹۳۰ بسیاری از خانواده‌های کشاورز جنوب این دشت‌ها را بی‌خانمان کرد (مارک و همکاران<sup>۹</sup>، ۱۹۹۷: ۲۴۲) تا آنجا که زمین‌های فاریاب این دشت‌ها را به دیمزار تبدیل کرد (لال و پیرس، ۱۳۷۵: ۱۶۱). ناگفته نماند که شیوه‌ی نادرست کشاورزی ایشان در پیدایش این توفان‌ها بسیار مؤثر دانسته شد. گاه ذرات غبار حین جابجایی در مسافت‌های طولانی تحت فرایندهای فیزیکی و شیمیایی با ذرات آلاینده دیگر ترکیب شده (ژائو و همکاران، ۲۰۰۷: ۸۴) ترکیبات جدیدی پدید می‌آید. از دیگر آثار غبارها؛ ریزش گرد و غباری به وزن ۱۰۰۰۰۰۰ تن بود که برف و یخ آلپ‌های غربی را گلرنگ نمود.

1- Vanroze, s. Mercer, I

2- Wang, X. Zhou, Z. Dong, Z

3- Natsagdorja, L. Jugdera, D. Chungb, Y.S

4- Boucher K

5- McTainsh, G. H. Lynch, A. W. Tews, E. K

6- Jingbo, Zh; Chungchang, H

7- Qiang, M; Chen, F; Zhou, A; Xiao, S; Zhang, J; Wang, Zh

8- Strahler, A.H. and Strahler, A.N

9- Mark, B.W; Skinner, B.J; Porter, S.G

ترکیب کانی‌شناسی این غبار و وجود مواد پرتوزا، این احتمال را برانگیخت که از یک انفجار اتمی پدید آمده باشد (بلر و پومرول، ۱۳۶۴: ۳۰۶). البته توفان‌های غباری چنانچه با بارندگی همراه شوند، در مواردی به افزایش باروری خاک کمک می‌کنند (براتی، ۱۳۸۵: ۱۳). این فایده از جمله به خاطر وجود ترکیبات شیمیایی مناسب در ذرات غباری مانند کالسیت است.

پدیده‌ی گردوغبار جدا از اینکه با فراوانی و دوام خود در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند بیماری‌های پوستی و چشمی ایجاد کند (محبوبی و شهشهانی و... ۱۳۷۸: ۶۹، ۷۸ و ۷۹)؛ در مناطقی نیز میدان تنش برقی هوا را می‌افزاید (ناساگرجا و همکاران، ۲۰۰۳: ۱۴۰۲) و می‌تواند سلامت روانی انسان‌ها را دچار خطر کند. در این حال پدیده‌ی گردوغبار و توفان‌های غباری، تاکنون طی پژوهش‌های فراوانی در جهان مورد توجه قرار گرفته است. در برخی از این پژوهش‌ها، از تعریف توفان‌های غباری (مارک و همکاران، ۲۰۰۳: ۲۴۲) و رده‌بندی آنها (مک‌تین و همکاران، ۱۹۹۸: ۲) سخن به میان آمده است. شایو و دونگ<sup>۱</sup> (۲۰۰۶: ۱) پدیده‌ی غبار را در چهار رده، البته بر پایه‌ی پروتکل سازمان هواشناسی جهانی<sup>۲</sup> آورده‌اند:

۱- غبار شناور (DIS)<sup>۳</sup>: این غبارها در مسافتی بسیار دورتر از ایستگاه داده‌سنجی جوی شکل می‌گیرند و افق دید تا ۱۰۰۰۰ متر بیشتر نیست.

۲- غبار وزشی (BD)<sup>۴</sup>: از نزدیک محل مشاهده برخاسته، توان دید بین ۱ تا ۱۰۰۰۰ متر کاهش یافته است.

۳- توفان غباری (DS)<sup>۵</sup>: بادهایی قوی هستند که با خود مقادیر زیادی ذرات غبار بلند می‌کنند می‌کنند و توان دید بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر کاهش می‌یابد

۴- توفان غباری شدید (SDS)<sup>۶</sup>: بادهای بسیار نیرومند با توان بلند کردن مقادیر زیادی ذرات ذرات غبار که توان دید را تا کمتر از ۲۰۰ متر کم می‌کنند.

خاستگاه پدیده‌ی گردوغبار موضوع یک دسته دیگر از تحقیقات است. در میان سرزمین‌های بیابانی جهان، استرالیا جایگاهی شناخته شده دارد. مناطق خاوری استرالیا به لحاظ وفور پدیده توفان غباری و ستردن خاک رویی از مواد غنی مورد توجه تحقیق مک‌تین و همکاران (۱۹۹۸) بوده است. این پژوهش بر پایه‌ی بازه‌ی آماری ۲۸ ساله و داده‌های جوی ۴۱ ایستگاه انجام شده است. نتایج این پژوهش حکایت از تفاوت‌های مکانی آشکار در فراوانی رخداد غبار دارد.

1-Shao, Y; Dong, C. H

2-WMO

3-Dust -In-Suspension

4-Blowing- Dust

5-Dust-Storm

6- Severe-Dust -Storm

پژوهشگران، افزایش توفان‌های غباری طی تابستان در بخش شمالی و برعکس کاهش این توفان‌ها طی این فصل در بخش جنوبی را ناشی از رژیم بارش تابستانه بخش شمالی استرالیا می‌دانند. آسیای خشک و نیمه‌خشک نیز از کانون‌های مهم غبارخیز جهان است. بررسی توفان‌های غباری این پهنه از جهان از طریق مدل‌سازی و پایش داده‌های ماهواره‌ای؛ روشی است که شاپو و دونگ (۲۰۰۶) به کار گرفته‌اند. در این تحقیق الگوهایی ارایه شده است که همزمان پدیده‌ی غبار را به دو روش مشاهداتی<sup>۱</sup> و محاسباتی<sup>۲</sup> به نمایش نهاده‌اند. هماهنگی مورد مشاهده میان این دو روش، برای پیش‌بینی کارساز توفان‌های غباری در دیگر مناطق جهان امیدبخش به نظر می‌رسد. در این تحقیق اذعان شده است که برآورد کمیت‌های فیزیکی مربوط به غبار به علت آمیختگی علایم تشعشعی از سطح زمین، ابرها، غبار و هواویزها بسیار دشوار است.

در دسته‌ی دیگر پژوهش‌ها، از جمله عوامل و عناصر اقلیمی مرتبط با رخداد توفان‌های غباری مورد توجه است. در یکی از این پژوهش‌ها (نصرالله و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴: ۳۶۹)، عوامل اقلیمی رخداد موج‌ها و روزهای گرم و بسیار گرم در کشور کویت بررسی شده، بیشینه‌های دمای روزانه‌ی کویت را به شدت متأثر از غبار و توفان‌های غباری می‌داند که چند ساعت تا چند روز می‌پایند. در این تحقیق آمده است، در زمان وقوع توفان‌های غباری دما تا ۵ درجه سلسیوس کاهش می‌یابد. البته چنین تأثیری از غبار ویژه‌ی سرزمین‌های برون‌حاره نیست، چنانکه اسپرینگر<sup>۴</sup> (۱۹۸۹: ۲۷۸) تراز تابش بسیاری از مناطق حاره را نیز بیشتر متأثر از میزان و محتوای گردوغبار می‌داند. در ایران با توجه به فراگیری اقلیم خشک و نیمه‌خشک، در تحقیقاتی چند، پدیده‌ی گردوغبار و توفان‌های غباری و ترکیبات آن بررسی شده است.

علیجانی (۱۳۸۵: ۹۶) با ارایه‌ی الگوی روزهای همراه با توفان گردوخاک ایران، خوزستان را با افزایش فراوانی از ۶۰ تا ۱۵۰ روز در سال از سمت شرق به غرب نشان داده است. ذوالفقاری و عابدزاده (۱۳۸۴: ۶) نیز با تحلیل هم‌دید پدیده گردوغبار در غرب ایران، ضمن معرفی دزفول و خوی به ترتیب به عنوان پرغبارترین و کم‌غبارترین شهرها، از نقش پرفشار آזור و فرود تراز میانی جو در انتقال غبار از بیابان‌های غربی ایران یاد کرده‌اند. به لحاظ ترکیبات، غفاری و همکاران (۱۳۸۸: ۲۶۳) به اندازه‌گیری اورانیم تهی‌شده در توفان‌های غباری جنوب غرب ایران پرداخته‌اند.

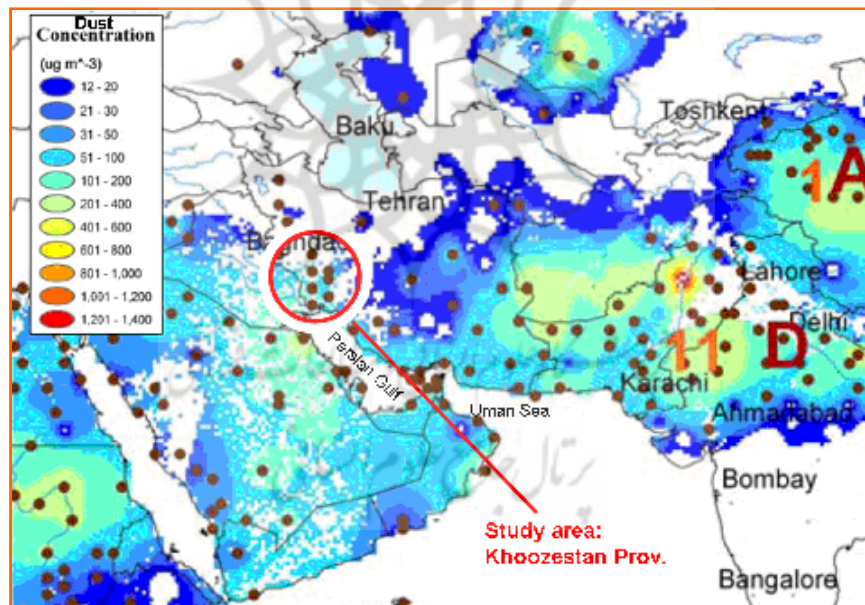
1- Observed

2- Predicted

3- Nasrallah, H.A.; Nieplovab, E; Ramadanc, E

4- Springer, E.T

بررسی نواحی اقلیمی ایران بر پایه‌ی عوامل و عناصر اقلیمی (مسعودیان، ۱۳۸۲: ۱۷۶) از دیگر تحقیقات این قلمرو است. در این تحقیق عامل باد و گردوغبار البته در مرزهای شرقی ایران، تعیین‌کننده‌ترین تظاهر اقلیم و ممیز شرایط آب‌وهوای این ناحیه از نواحی پیرامون یاد شده است. بررسی توفان‌های گرد و غباری خراسان رضوی نیز تحقیقی است که لشکری و کیخسروی (۱۳۸۷: ۳۲) انجام داده‌اند. تطبیق داده‌های جوی با نقشه‌های هوا به روش همدید، گویای اثر آشکار شیو فشار و شیو گرمایی زیاد به‌عنوان عامل وزش بادهای شدید در نیمه‌ی جنوبی خراسان رضوی است. در میان سرزمین‌هایی که دچار پدیده‌ی گردوغبار می‌باشند، منطقه‌ی خاورمیانه (مارک و همکاران، ۱۹۹۷: ۲۴۲) چنانکه شکل (۱) نشان می‌دهد؛ به‌سبب قرارگیری روی کمربند گرم‌وخشک بیابانی، یکی از مناطق غبارخیز جهان بوده (مکتین و همکاران، ۱۹۹۸: ۵)، بسیار آسیب‌پذیر است و البته بنا بر نظر نیلسن<sup>۱</sup> (۱۹۷۸: ۷۲) دید افقی در هوای گرم نسبت به هوای سرد کمتر است. در این میان، خوزستان در جنوب غرب بامه‌ی<sup>۲</sup> ایران با اقلیم گرم و خشک از بیابان‌های عراق، حجاز و در مقیاسی دورتر آفریقا تأثیر می‌پذیرد.



شکل ۱: میانگین تمرکز غبار (میانگین در غبار) - آمار ۲۷ می ۱۹۹۸ تا ۲۶ می ۲۰۰۳  
 مأخذ: مکتین و همکاران، ۱۹۹۸: ۵

1- Neilsen, A. W  
 2- Plateau

مرور مجموعه تحقیقات یاد شده نشان می‌دهد که پدیده گردوغبار و توفان‌های غباری در بخش اعظم ایران، اهمیت و فراوانی چشمگیری دارد. از این رو بررسی روابط همدید سامانه‌های فشار عامل، هنگام رخداد شدیدترین توفان‌ها، در استان خوزستان به‌عنوان یکی از پرجمعیت‌ترین و مهم‌ترین مبادی ورودی کشور، هدف انجام تحقیق کنونی تعریف شد.

### روش تحقیق

در نخستین مرحله انجام این تحقیق، شناسه‌ی روزانه‌ی (۰۶) به معنای روزهای همراه با پدیده گردوغبار از گزارش‌های هوای حاضر مرکز خدمات ماشینی سازمان هواشناسی، برای ۶ شهر استان خوزستان، طی ساعت ۱۲ زمان استاندارد جهانی<sup>۱</sup>، (بازه‌ی آماری ۲۰۰۰-۱۹۹۶) به عنوان داده‌های آماری این تحقیق استخراج شد (شکل ۲). هر شناسه (۰۶) به معنای حاکمیت گردوغبار در محل ایستگاه هواسنجی بدون وزش باد است.



شکل ۲: نقشه‌ی موقعیت شهرهای مورد بررسی در استان خوزستان  
مأخذ: نگارندگان



جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	عرض		طول		ارتفاع به متر
		دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	
۱	آبادان	۲۲	۳۰	۱۵	۴۸	۱۰
۲	اهواز	۲۰	۳۱	۴۰	۴۸	۲
۳	دزفول	۲۴	۳۲	۲۳	۴۸	۱۴۳
۴	بستان	۴۳	۳۱	۰	۴۸	۸
۵	مسجد سلیمان	۵۶	۳۱	۱۷	۴۹	۳۳
۶	امیدیه	۴۶	۳۰	۳۹	۴۹	۳۵

مأخذ: نگارندگان

انتقال این شناسه‌ها (۰۶) به جداول ماهانه - جدول (۲) نمونه اوت ۲۰۰۵ - توانست پراکنش زمانی پیوسته یا ناپیوسته پدید گردوغبار و تغییر شدت و گسترش مکانی آن را به ترتیب برحسب میزان افق دید برحسب متر و شمار شهرهای درگیر در سطح استان نشان دهد. نخستین نتایج این جداول بر وقوع ۲۸۸ توفان غباری در استان خوزستان طی بازه‌ی آماری دلالت داشت. از این مجموعه بر پایه‌ی معیار تعریف شده در این تحقیق یعنی "رخداد غبار دست کم در دو شهر و در دو روز پیاپی"، تعداد ۱۰ توفان برای مطالعه هم‌دید برگزیده شد. در جدول نمونه (۲)، هر عدد گویای گزارش یک روز غباری است. معیار به ما می‌گوید در فاصله‌ی ۶ تا ۱۰ اوت ۲۰۰۵، یک توفان غباری ۵ روزه رخ داده است که نهمین روز آن را می‌توان با داشتن پایین‌ترین میانگین افق دید، به عنوان روز اوج معرفی کرد.

جدول ۲: داده‌های روزانه افق دید کمتر از ۱۰۰۰۰ متر - نمونه اوت ۲۰۰۵ خوزستان\*

Days	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Abadan	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ahwaz	.	.	.	.	.	6000	.	200	1500	500	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7000	.	.	.	.	.	.	.	.	
Dezfool	.	.	.	.	.	.	.	1000	300	1500	.	.	4000	4500	.	.	.	4000	.	3500	.	.	.	.	.	.	4000	.	.	.	
Bostan	.	.	.	.	.	.	3000	400	700	5000	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Masjed	.	.	.	.	.	.	.	2000	600	2000	.	.	6000	.	.	.	.	.	.	.	5000	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Omidiya	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3000	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5000	.	.	.	.	.	.	.	.	.

\* طی روزهای فاقد پدیده، شناسه ۰۶ (توفان غباری) گزارش نشده است.

مأخذ: نگارندگان

از این پس کمیته‌های آماری عمومی هر یک از توفان‌های دهگانه شامل افق دید بر حسب متر و فراوانی شهرهای غبارآلود در جداولی جداگانه وارد شد (جدول نمونه ۳).

جدول ۳: نمونه میانگین افق دید (بر حسب متر) - توفان شماره ۸ در شهرهای مورد مطالعه

شهرهای غبارآلود / روز شمار / متغیر / توفان / متغیر	افق دید بر حسب متر						میانگین	فر اوانس
	از قوت	مسجد بن.	بستان	اهواز	امیدیه	آبادان		
03-07-2005	4000	8000	-	-	4000	8000	6000	4
04-07-2005	4000	-	-	-	4500	-	4250	2
05-07-2005	1000	3000	100	800	800	200	983	6
06-07-2005	3000	4000	-	4000	-	8000	4750	4
07-07-2005	3500	8000	6000	6000	-	8000	3600	5
میانگین افق دید	3100	5750	3050	3600	3100	6050	-	-
فر اوانس روزهای غبار آلود	5	4	2	3	3	4	-	-

مأخذ: نگارندگان

با بازیابی توفان‌های شدید دهگانه، نوبت به تهیه‌ی الگوهای همدید جابجایی مداری سامانه‌های فشار مؤثر رسید. شاخص‌های همدید مورد بررسی عبارت بودند از:

- ۱- موقعیت مرکز نزدیک‌ترین و قوی‌ترین کم‌فشار و پرفشار به خوزستان در روز اوج توفان.
- ۲- موقعیت مرکز نزدیک‌ترین و قوی‌ترین مراکز ارتفاع تراز ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال به خوزستان در روز اوج توفان.
- ۳- احراز نزدیک و سپس دور شدن ۴ سامانه‌ی یاد شده طی روزهای پیش و پس از اوج.
- ۴- سمت حرکت جریان‌های هوای منتهی به خوزستان در ترازهای دریای آزاد و ۸۵۰ هکتوپاسکال.

تشکیل طومار نقشه‌های هوا، از یک تا سه روز پیش از آغاز توفان تا حتی‌الامکان چند روز پس از پایان توفان، بررسی سیر تغییرات سامانه‌های فشار عامل را امکان‌پذیر نمود. برای نمونه هنگامی که موقعیت سامانه‌های کم‌فشار و پرفشار عامل توفان شماره‌ی ۱ برای روز اوج در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال جستجو شد، سامانه‌ی کم‌فشار روی جنوب دریای خزر و سامانه پرفشار در سواحل شرقی دریای سرخ مشاهده و ثبت شد (شکل ۳- الگوی روز اوج توفان شماره ۱). از این پس طی روزهای قبل، قاعدتاً همان سامانه‌ها در موقعیتی نزدیک جستجو شدند تا نهایتاً خاستگاه آنها طی روز آغازین در الگوی همدید نشان داده شود. در مورد توفان شماره‌ی ۱، موقعیت سامانه‌ی کم‌فشار طی روز آغازین در شمال حوزه‌ی ولگا و سامانه‌ی پرفشار در جنوب لیبی به ثبت رسیده است. مقایسه‌ی این دو الگو، مؤید نزدیک شدن این دو سامانه طی روز اوج توفان غباری شماره‌ی ۱ بود.

نهایتاً به الگوی سامانه‌های فشار مؤثر طی روزهای آغاز، اوج و پایان هر توفان غباری، بر پایه‌ی داده‌های NCEP سمت‌های انتقال جریانات در تراز دریا و ترازهای بالا افزوده شد.



### نتایج و بحث

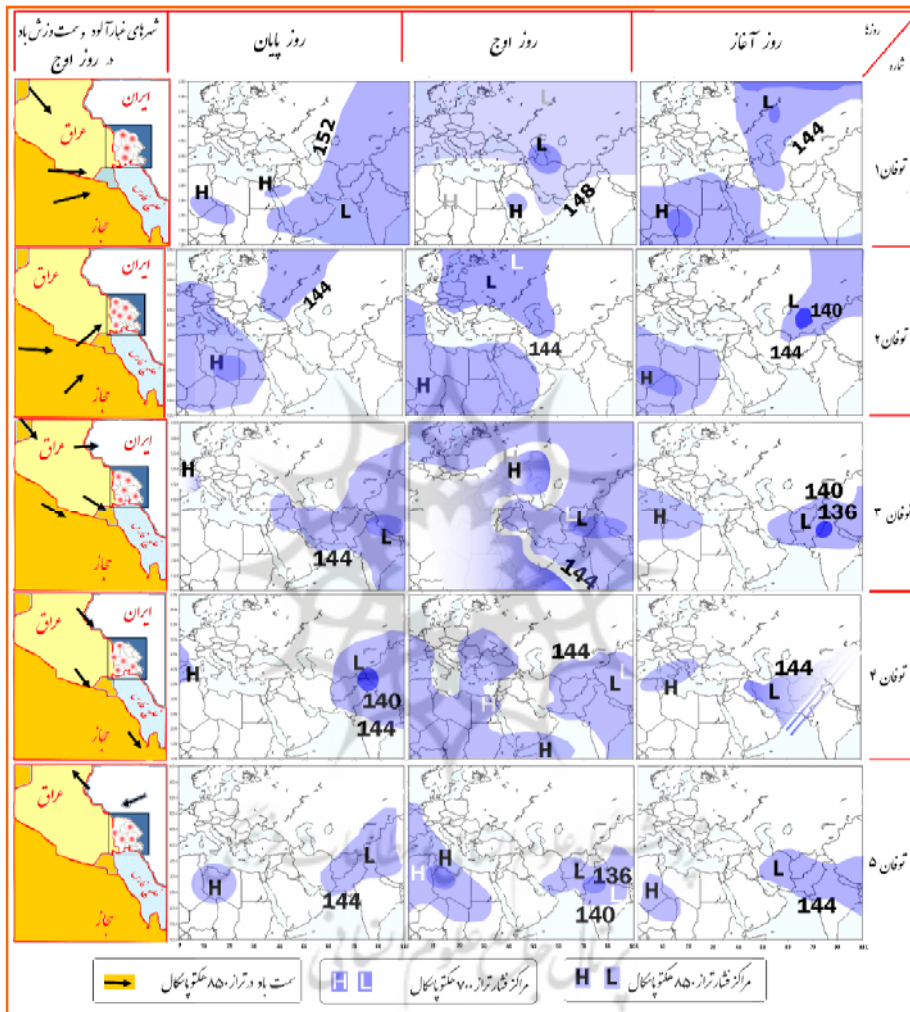
روش بررسی تلفیقی آماری - همدید در بازیابی و تحلیل ویژگی‌ها و علل رخداد‌های جوی، شیوه‌ای معمول در تحقیقات آب و هواشناسی است. داده‌های ایستگاه‌های تراز دریای آزاد به نوعی بازتاب آن چیزی است که در سرزمین رخ داده است و داده‌های نقشه‌های ترازهای مختلف جوی با فراهم کردن دید فضایی، بررسی پیوندهای رخداد با عوامل بیرونی و فراسرزمینی و حتی پیش‌بینی آن را ممکن می‌کند. بررسی‌های کمی اولیه نشان می‌دهد از میان ۶ شهر درگیر گردوغبار، مسجد سلیمان بیشترین روزهای غبارآلود را تجربه کرده است. در این حال چهارمین توفان با جمع ۵۸ روز بالاترین فراوانی روزهای غباری را در بردارد. پایین‌ترین افق دید یعنی ۲۰۰ متر در آبادان طی نخستین توفان رخ داده است (جدول ۴).

جدول ۴: میانگین افق دید (برحسب متر) و فراوانی شهرهای غبارآلود طی ده توفان شاخص

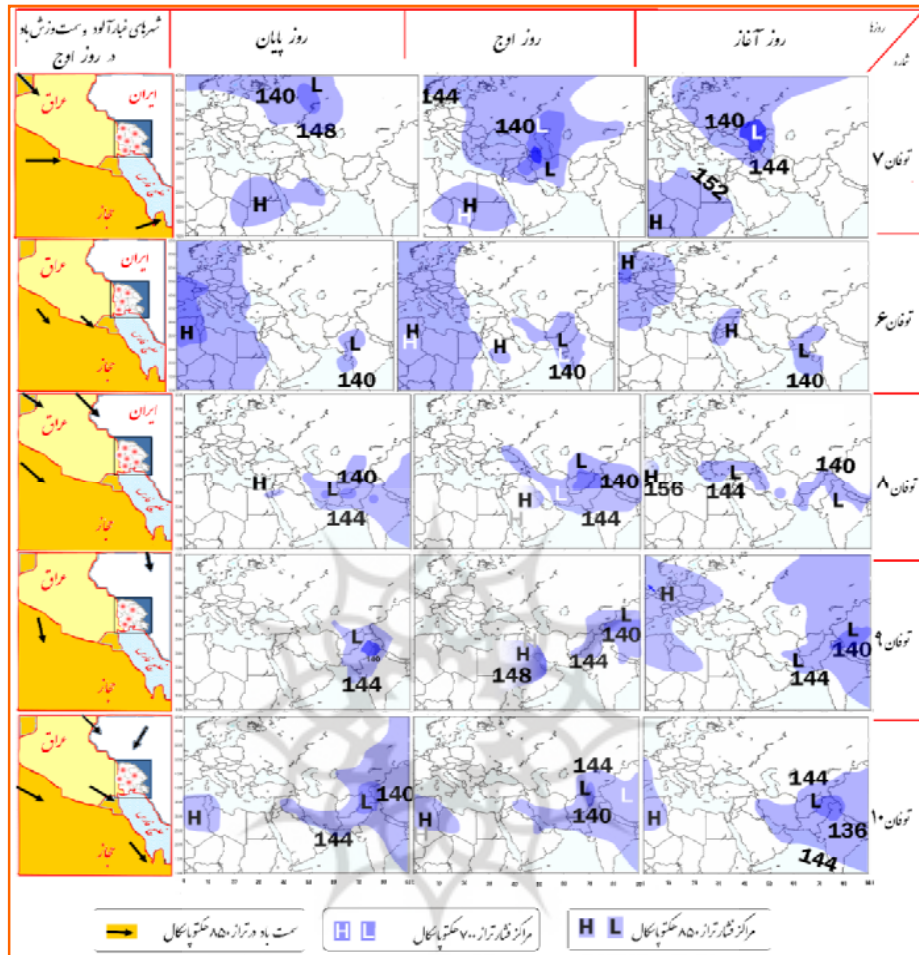
روزهای غباری	دزفول	مسجد س.	بستان	اهواز	اصفهان	آبادان	شهرهای غبارآلود متغیرها (افق دید برحسب متر)	ردیف	شماره توفان	نوع توفان
۱۵	۳۷۵۰	۳۸۳۳	-	۳۳۳۳	۴۰۰۰	۲۰۰	میانگین افق دید روزهای غبارآلود	DS	مهرماه	۱
	۴	۶	-	۳	۱	۱	فراوانی روزهای غبارآلود			
۱۲	۳۵۰۰	۴۶۶۶	۱۵۰۰	۴۰۰۰	۳۰۰۰	۱۵۵۰	میانگین افق دید روزهای غبارآلود	BD	اردیبهشت	۲
	۲	۳	۲	۲	۱	۲	فراوانی روزهای غبارآلود			
۱۵	۱۵۲۵	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۱۶۵۰	۲۵۰۰	۲۷۶۶	میانگین افق دید روزهای غبارآلود	BD	تیر، مرداد	۳
	۴	۳	۱	۲	۲	۳	فراوانی روزهای غبارآلود			
۵۸	۲۶۳۰	۴۴۲۸	۲۷۹۰	۲۶۴۴	۲۹۵۰	۲۸۰۰	میانگین افق دید روزهای غبارآلود	BD	تیر، مرداد	۴
	۱۳	۱۵	۱۰	۹	۶	۵	فراوانی روزهای غبارآلود			
۲۶	۴۵۷۱	۳۳۳۳	۴۹۵۰	۳۳۷۵	۸۰۰۰	۴۵۷۱	میانگین افق دید روزهای غبارآلود	BD	اردیبهشت	۵
	۷	۳	۴	۴	۱	۷	فراوانی روزهای غبارآلود			
۳۴	۳۲۸۵	۴۸۰۰	۵۵۰۰	۳۸۳۳	۳۳۷۵	۴۶۶۶	میانگین افق دید روزهای غبارآلود	BD	خرداد	۶
	۷	۱۰	۴	۶	۴	۳	فراوانی روزهای غبارآلود			
۱۵	۳۲۵۰	۷۰۰۰	۴۰۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۵۵۰۰	میانگین افق دید روزهای غبارآلود	BD	خرداد، تیر	۷
	۲	۲	۱	۳	۲	۵	فراوانی روزهای غبارآلود			
۲۱	۳۱۰۰	۵۷۵۰	۳۰۵۰	۳۶۰۰	۳۱۰۰	۶۰۵۰	میانگین افق دید روزهای غبارآلود	BD	تیر	۸
	۵	۴	۲	۳	۳	۴	فراوانی روزهای غبارآلود			
۲۲	۳۴۱۶	۵۵۷۱	۵۶۶۶	۴۱۲۵	-	۳۵۰۰	میانگین افق دید روزهای غبارآلود	BD	تیر	۹
	۶	۷	۳	۴	-	۲	فراوانی روزهای غبارآلود			
۱۵	۹۳۳	۱۵۳۳	۲۲۷۵	۲۰۵۰	۳۰۰۰	-	میانگین افق دید روزهای غبارآلود	BD	مرداد	۱۰
	۳	۳	۴	۴	۱	-	فراوانی روزهای غبارآلود			
							روزهای غباری			

مأخذ: نگارندگان

بر پایه‌ی موضوع و هدف پژوهش کنونی، موقعیت سامانه‌های کم‌ارتفاع و پراارتفاع عامل، طی سه زمان حساس یعنی روزهای آغازین، اوج و پایانی هر توفان؛ در قالب سه الگوی ساده طراحی شد (شکل ۳).



شکل ۳: الگوی نزدیک شدن سامانه‌های ایران - پاکستان و آזור طی روزهای ورود توفان‌های غباری به استان خوزستان (ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال)  
 مأخذ: نگارندگان



دنباله شکل ۳: الگوی نزدیک شدن سامانه‌های ایران - پاکستان و آזור طی روزهای ورود توفان‌های غباری به استان خوزستان (ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال)

مأخذ: نگارندگان

نفوذ سامانه‌ی کم‌ارتفاع از سمت عمومی خاور

الگوهای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهند که طی روزهای آغازین، اوج و پایانی هر ۱۰ موج گردوغبار استان خوزستان، از سمت عمومی شرق سامانه‌ی کم‌ارتفاع و از سمت عمومی غرب سامانه‌ی پرارتفاع حضور مؤثر داشته‌اند. در ۶ مورد (توفان‌های ۲، ۳، ۴، ۵، ۹ و ۱۰) از ۱۰ مورد، سامانه‌ی کم‌ارتفاع یاد شده خود را از سمت هند و جنوب‌شرق ایران به صورت زبانه نشان داده است. این سامانه در ۲ مورد (توفان‌های ۷ و ۸)، به شکل سلول بسته کم‌ارتفاع و در یک مورد (توفان ۶) سمت زبانه شمالی و از روی سیبری است.

### نفوذ سامانه‌ی پراتفعا از سمت عمومی باختر

در هر ۱۰ توفان مورد بررسی چنانکه الگوها نشان می‌دهند، سامانه‌ای پراتفعا از خاستگاه آزر و از آغازین روز با حرکتی شرق سو و عموما مداری رو به منطقه گردوغبار یعنی خوزستان می‌آید. این زبانه گاه به صورت زبانه‌ای فعال (توفان‌های ۲، ۳، ۴، ۵، ۹ و ۱۰) و گاه به شکل کانون کم‌ارتفاع فرعی خود را نشان داده است (توفان‌های ۱، ۶، ۷ و ۸).

### نزدیک شدن دو سامانه‌ی ارتفاعی به خوزستان

نقشه‌های هوای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال که در شکل (۳) در قالب الگوهای موضوعی برای این دو سامانه ترسیم شده‌اند؛ همگرایی دو سامانه‌ی کم‌ارتفاع و پراتفعا را در تمامی موج‌های غربی به ترتیب از جهات عمومی خاور و باختر خوزستان نشان می‌دهد.

به‌طور همزمان در الگوهای روز اوج، موقعیت سامانه‌ها تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز با H و L کم‌رنگ نشان داده شده است. این همگرایی در برخی توفان‌ها، هم زبانه‌ها و هم کانون‌های ارتفاعی (توفان‌های ۱، ۳، ۶، ۷، ۸ و ۹) و در سه مورد (توفان‌ها ۲، ۴ و ۵) تنها زبانه‌های ارتفاعی را شامل است. در این میان نزدیک هم آمدن دو سامانه در الگوهای توفان دهم کند و ضعیف است. چنانکه در عموم توفان‌ها ملاحظه می‌شود، سمت وزش جریان‌های هوا طی روز اوج، باختر یعنی بیابان‌های عراق و عربستان است.

### - بررسی همدید الگوهای تراز دریای آزاد

نفوذ سامانه‌ی کم‌فشار ایران - پاکستان و سامانه‌ی پرفشار به ترتیب از خاور و باختر و نزدیک هم آمدن این دو در بررسی الگوهای روزهای آغازین، اوج و پایانی توفان‌ها محرز گشت.

### نفوذ سامانه‌ی کم‌فشار ایران - پاکستان از سمت خاور

آنچه ما در الگوهای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، در سمت شرق ایران به شکل سامانه‌ی کم‌ارتفاع پیش‌رونده می‌دیدیم؛ در الگوهای تراز دریای (شکل ۴)، خود را به عنوان کم‌فشار ایران - پاکستان نشان داد. این سامانه گاه به صورت یک کانون در جنوب شرق ایران و گاه به صورت کانون‌های زنجیره‌ای از هندوستان، ایران، عراق و حتی تا ترکیه نمایان شد. از قراین این ادعا، گستره‌ی ویژگی‌های مکانی و زمانی مورد مشاهده از این کم‌فشار است. از ماهیت حرارتی این سامانه چنین برمی‌آید که در خلال فصل‌های پرتوفان، یعنی بهار و پاییز؛ گذر امواج غربی از ایران و بالتبع نواحی جنوب غرب کشور است که لایه‌های پایین پوش سپهر<sup>۱</sup> را ناپایدار کرده، گردوغبار برمی‌انگیزد.

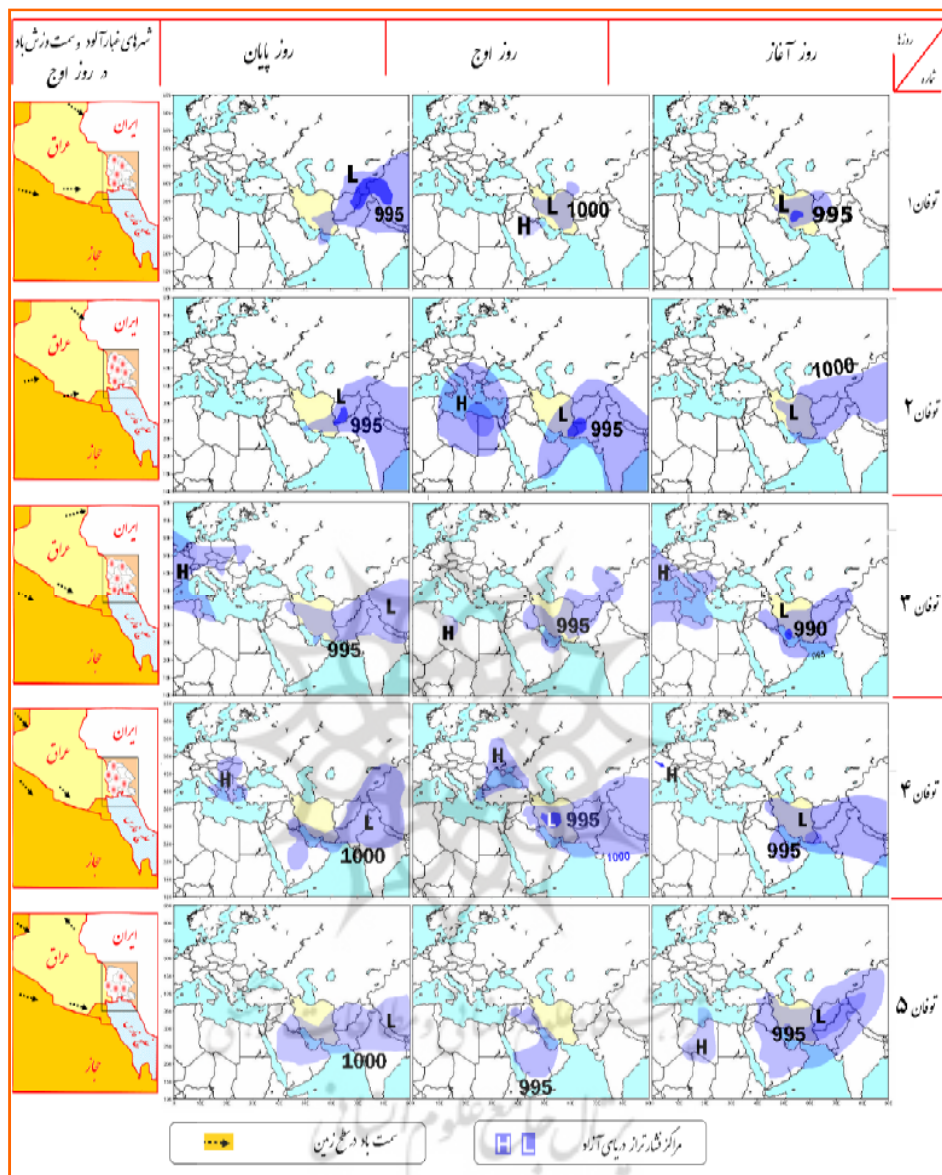
### نفوذ سامانه‌ی پرفشار از سمت باختر

در تمامی الگوهای روزهای آغازین در سمت غرب منطقه مطابق با الگوهای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، سامانه‌ی پرفشار به شکل کانون فرعی (توفان‌های ۵ و ۶) و زبانه پرفشار (توفان‌های ۳، ۴، ۷ و ۸) دیده می‌شود. در توفان‌های دیگر ویژگی‌های کمی هم‌فشارها، امکان تعیین مراکز یا کانون‌های احتمالی پرفشاری را در غرب منطقه فراهم نکرد.

### نزدیک شدن دو سامانه‌ی فشار به خوزستان

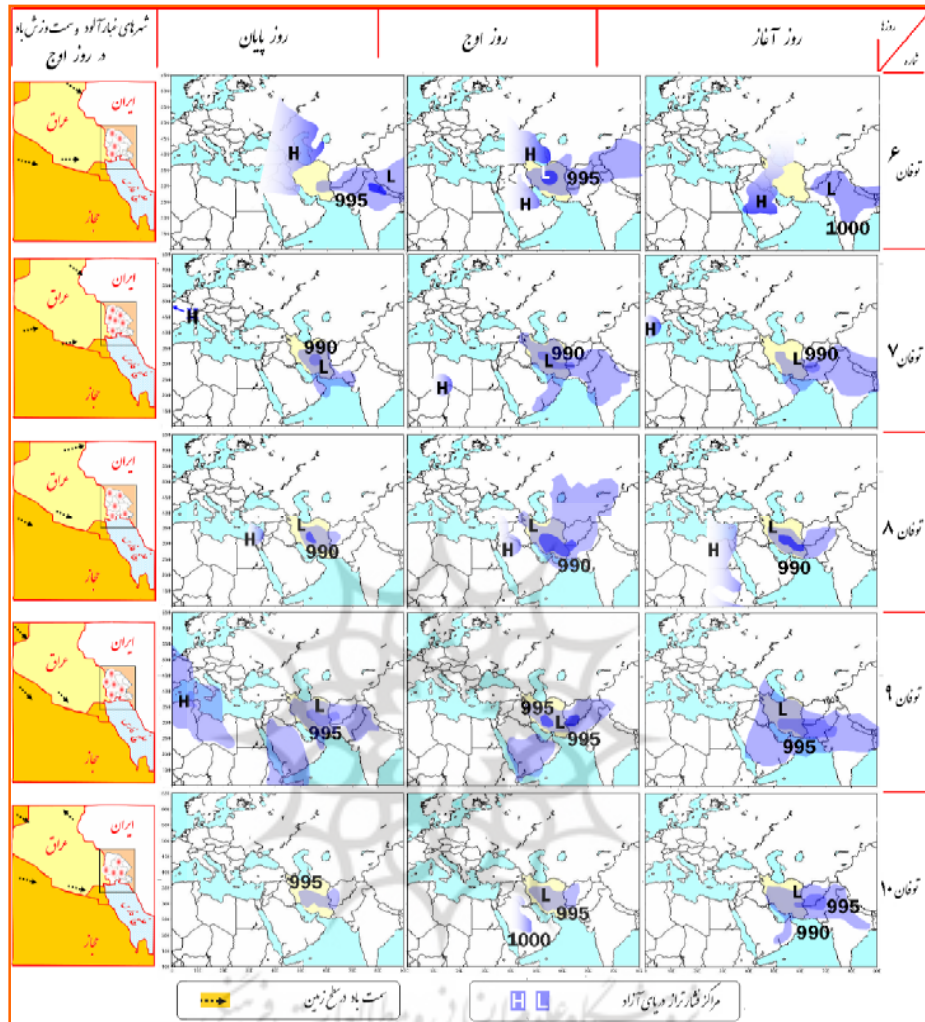
طی روزهای اوج هر ۱۰ توفان، همگرایی سامانه کم‌فشار خاوری و پرفشار باختری، روی خوزستان و نزدیک آن مشهود است. این همگرایی گاه در قالب نزدیک شدن کانون‌های فشار دو سامانه (مانند توفان ۶) و گاه در قالب نزدیک شدن زبانه‌های آنها (توفان ۲) است. مؤلفه‌های سمت باد این تراز طی روزهای اوج، گویای نفوذ جریان‌های هوا از شمال بیابان حجاز و بیابان‌های عراق است. طی ماه‌های واپسین بهار و ماه‌های آغازین پاییز از یک‌سو، موج‌های کوتاه غربی انرژی و رطوبت کافی برای بارش‌های سنگین ندارند و از سوی دیگر پهنه‌ی بیابان‌های عموماً برهنه یاد شده، پوشیده از خاک‌های سست و فرسوده‌ای است که ذرات افق‌های بالایی، آماده‌ی جابه‌جایی با جریان‌های هوا هستند.





شکل ۴: الگوهای نزدیک شدن سامانه‌های ایران - پاکستان و آזור طی روزهای وقوع توفان‌های غباری به استان خوزستان در تراز دریای آزاد





دنباله شکل ۴: الگوهای نزدیک شدن سامانه‌های ایران - پاکستان و آזור طی روزهای وقوع توفان‌های غباری به استان خوزستان در تراز دریای آزاد  
مأخذ: نگارندگان

### نتیجه‌گیری

گزینش و بررسی ۱۰ توفان غبار از میان ۲۸۸ توفان رخ داده در استان خوزستان، جدا از تعیین غباری‌ترین شهر یعنی مسجدسلیمان؛ همگرایی سامانه‌ی کم‌فشار ایران-پاکستان و سامانه پرفشار آזור را به ترتیب از سمت خاور و باختر ایران به سمت خوزستان در نقشه‌های هوای ترازهای دریای آزاد، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال و در قالب الگوهای هم‌دید تأیید نمود. هر

چند گودیه و میدلتون (۲۰۰۶: ۲۶) در بخشی از تحقیق خود ضمن اشاره به این موضوع، از این سامانه‌ها با عنوان کم‌فشارهای جنوب ایران و پرفشارهای موقت عربستان یاد کرده‌اند ولی تعقیب پربندها و همفشارهای آنها در نقشه‌های هوای روزهای وقوع توفان در ترازهای مختلف جو، گویای ارتباط آنها با مراکز اصلی به ترتیب در پاکستان و بیابان بزرگ آفریقا بود. با توجه به اثرات دو سامانه فشار یاد شده و تأیید جهات غربی و شمال غربی برای جریان‌های هوا از نقشه‌های NCEP، مسلم گشت که توفان‌های غباری مورد بررسی در استان خوزستان پدیده‌هایی محلی نبوده، از الگوی گردش عمومی جو تأثیر می‌پذیرند. از این رو اعمال مدیریت انسانی بر این توفان‌ها نه در جلوگیری از حرکت جریان‌های هوا از جنوب عراق و شرق حجاز، بلکه در مهار بارگیری آنها از ذرات سست افق‌های سطحی خاک این بیابان‌ها طی نیمه‌ی گرم سال است.

از این رو به نظر می‌رسد، با توجه به اینکه خاستگاه این پدیده بیرون از مرزهای ایران و از دو کشور توسعه‌نیافته‌ی عراق و عربستان است؛ در کوتاه‌مدت نتوان اقداماتی بازدارنده انجام داد. در شرایط کنونی، تنها گزینه‌ی مطرح می‌تواند توافق ایران با دولت‌های نامبرده بر سرانجام مطالعات جغرافیایی و زیست‌محیطی روی خاستگاه‌های غبار در کشورهای عربستان و ایران باشد تا بتوان با هزینه‌ی این دو کشور، پوشش گیاهی این بیابان‌ها را با گونه‌های گیاهی بومی، عموماً از نوع گزروفیت‌ها و هالوفیت‌ها اصلاح و احیا نمود. گسترده‌ی سرزمین‌های غبارخیز یکی از سنجه‌های برنامه‌ریزان محیط زیست و تثبیت ماسه‌های روان است. چنین برنامه‌هایی بنیادی، پیچیده، پرهزینه و زمانبر هستند. از مهمترین اصول زدودن یا کاهش بارماسه، گرد و خاک و غبار جریان‌های هوا؛ تثبیت این بار نه در آماجگاه و حتی مسیر بلکه در خاستگاه است.

### پیشنهاد تحقیق

۱- یکی از تلقی‌های عمومی و مطرح امروز در کشور ما درباره‌ی توفان‌های غباری این است که فراوانی این توفان‌های طی سال‌های اخیر افزایش یافت است. این افزایش برای نمونه برای توفان‌های غباری شمال شرق آسیا ذکر شده است. از این رو به عنوان یک پیشنهاد می‌تواند فراروی پژوهشگران آینده باشد که در یک بررسی اقلیمی - آماری آن را بیازمایند.

۲- چنانچه شمار توفان‌های مورد بررسی را بتوان دست کم به سی مورد رساند، آزمون روابط آماری احتمالی حاکم بر ویژگی‌های توفان‌ها با کمیت‌های فشار هوا و ارتفاع ژئوپتانسیل امکان‌پذیر می‌شود که می‌تواند موضوع تحقیقات آتی شود.

### منابع

- ۱- براتی، غلامرضا (۱۳۸۵). درآمدی بر جغرافیای خاک‌ها و مدیریت محیطی منابع خاک، چاپ دوم. نشر دانشگاه رازی.
- ۲- بلر، پ؛ پومرول، ش (۱۳۶۴). مبانی زمین‌شناسی، ترجمه علی درویش‌زاده، فرامرز پورمعمد و احمد پورمعمد، نشر دانشگاه تهران.
- ۳- بوشر، کیت (۱۳۶۲). آب و هوای کره زمین (منطقه برون حاره)، تهران. نشر سمت.
- ۴- ذوالفقاری، حسن و حیدر عابدزاده (۱۳۸۳). تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گردوغبار در غرب ایران، جغرافیا و توسعه ۶.
- ۵- علیجانی، بهلول (۱۳۸۵). آب و هوای ایران، چاپ هفتم. نشر پیام نور.
- ۶- غفاری، مصطفی؛ حسین یوسفی؛ عبدالله نجفی و علی گورانی (۱۳۸۸). سنجش اورانیوم تهی شده Depleted uranium در خاک و هوای استان‌های خوزستان، الام و کهگیلویه و بویراحمد، پس از ورود توده‌های گردوغبار از کشور عراق، [خلاصه مقالات دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران]. تهران.
- ۷- لال ر. ل؛ پی یرس، ف.ج (۱۳۷۵). مدیریت پایدار خاک، ترجمه غلامحسین حق‌نیا و عوض کوچکی، جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۸- لشکری، حسن و قاسم کیخسروی (۱۳۸۷). تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گردوغبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (۲۰۰۵-۱۹۹۳)، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ۶۵.
- ۹- محبوبی، امیرحسین؛ شادفر شهشهانی و حافظی (۱۳۷۸). چکیده پزشکی، چشم، پوست، گوش، گلو و بینی، چاپ دوم. نشر طبیب.
- ۱۰- مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۲). نواحی اقلیمی ایران، جغرافیا و توسعه.
- 11-Deng, F; Xou, X; Liu, H.; Fang, X.; Yang, M.; Chen, W (2007). Efects of dust storm PM2.5 on Cell Proliferation and Cell Cycle in Human Lung Wbroblasts; Toxicology in Vitro; 21: 632-638.
- 12-Goudie, A. S; Middleton, N. J. Desert Dust in the Global System. Oxford. Springer Press.
- 13-Godon, N. A.; Todhunter, P. A (1998). A Climatology of Airborne Dust for the Red River Valley of North Dakota; Atmospheric Environment; Vol.32; No.9: 1587-1594.
- 14-Jingbo, Zh. Chungchang, H (2004). Progress of Loess Research in China; Journal of Geographycal Sciences; 14: 57-61.
- 15-Mark, B.W; Skinner, B.J; Porter, S.G (1997). Dangerous Earth; Canada; JohnWiley & Sons.

- 16-Meng, Z; Zhang, Q (2007). Damage Effects of Dust Storm PM2.5 on DNA in Alveolar Macrophages and Lung Cells of Rats; Food and Chemical Toxicology; XXX: 1-7.
- 17-McTainsh, G. H. Lynch, A. W. Tews, E. K (1998). Climatic Controls upon Dust Storm Occurrence in Eastern Australia; Journal of Arid Environments; 39: 457-466.
- 18-Nasrallah, H.A; Nieplovab, E; Ramadanc, E (2004). Warm Season Extreme Temperature Events in Kuwait; Journal of Arid Environments; 56: 357-371.
- 19-Natsagdorja, L. Jugdera, D. Chungb, Y.S (2003). Analysis of Dust Storms Observed in Mongolia During,1937-1999; Atmospheric Environment; 37:1401-1411
- 20-Neilsen, A. W (1978). Compendium of Meteorology for Use by Class by Class I and Class II Meteorological Personal. WMO. No. 364.
- 21-Qiang, M; Chen, F; Zhou, A; Jiawu, Zh; Wang, Zh; Impact of Wind Wind Velocity on Sand and Dust Deposition during Dust Storm as Inferred from a Series of Observations in the Northeastern Qinghai-Tibetan Plateau, China Powder Technology; 175: 82-89.
- 22-Shao, Y.; Dong, C. H (2006). A Review on East Asian Dust Storm Climate, Modelling and Monitoring; Global and Planetary Change; 52: 1-22.
- 23-Springer, E.T (1989).Foundation of Climatology; 2th Edition Dehli; Surjeet Press.
- 24-Strahler, A. H. and Strahler, A. N (1992). Modern Physical Geography. 4th Edition; Von Hoffman Press.
- 25-Vanroze, S. Mercer, I (1994). Volcanoes; 2nd Edition; London; Natural History Meuseum London.
- 26-Wang, X; Zhou, Z; Dong, Z (2006). Control of Dust Emissions by Geomorphic Conditions, Wind Environments and Land Use in Northern China: An Examination Based on Dust Storm Frequency from 1960 to 2003; Geomorphology; 81: 292-308.
- 27-Westwell, I (1999). Factfinder guide weather. Grange book Press.
- 28-Zhao, X. Zhuang; G. Wang, Z; Sun, Y; Wang, Y; Yuan, H (2007). Variation of Sources and Mixing Mechanism of Mineral Dust with Pollution Aerosol-Revealed by the Two Peaks of a Super Dust Storm in Beijing; Atmospheric Research; 84: 265-279.