

## تحلیل هم‌دید عوامل موثر در فراوانی گردوغبارهای غرب کشور

علی محمدخورشیددوست<sup>۱</sup>  
غلام‌حسن محمدی<sup>۲</sup>  
عاطفه حسینی‌صدر<sup>۳</sup>  
خدیجه جوان<sup>۴</sup>  
ابوالفضل جمالی<sup>۵</sup>

### چکیده

سامانه‌های هم‌دید موثر در گردوغبارهای غرب کشور براساس داده‌های ثبت شده ایستگاه‌های هواشناسی با استفاده از روش آماری تحلیل مولفه‌های اصلی و بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد شناسایی قرار گرفت. برای دستیابی به این هدف از داده‌های تعداد روزهای همراه با گردوغبار مشاهده شده در ۵۰ ایستگاه هواشناسی در فاصله زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۵ استفاده شد. نتایج بدست آمده از بکارگیری روش PCA نشان داد که ۵ سامانه سینوپتیکی (یا ۵ مولفه اول) قادر به تبیین ۶۹/۱۲ درصد واریانس تغییرات فضایی گردوغبارهای غرب کشور است. در گام بعد به منظور شناسایی سامانه‌های مذکور، ضریب همبستگی هر یک از ایستگاه‌ها با هر یک از مولفه‌ها به محیط ArcGIS منتقل و با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ الگوهای سینوپتیک تاثیرگذار بر گردوغبارها شبیه‌سازی شدند. با مقایسه و تطابق نقشه‌های استخراج شده با نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در زمینه سامانه‌های سینوپتیک ایجادکننده گردوغبارها در غرب کشور؛ مشخص گردید که سامانه پرفشار آזור از طریق ایجاد کم‌فشارهای گرمائی سطح زمین بیشترین نقش را در پراکندگی فراوانی روزهای گردوغباری در غرب ایران دارد.

**واژگان کلیدی:** گردوغبار، سامانه‌های سینوپتیک، تحلیل مولفه‌های اصلی، غرب ایران.

Email:Khorshiddoust@gmail.com

۱- دانشیار گروه آب و هوا شناسی دانشگاه تبریز.

۲- دانشجوی دوره دکتری جغرافیای طبیعی (اقلیم‌شناسی)، دانشگاه تبریز.

۳- مربی گروه علوم جغرافیایی دانشگاه پیام نور، ایران.

۴- دانشجوی دوره دکتری جغرافیای طبیعی (اقلیم‌شناسی)، دانشگاه تبریز.

۵- کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی اداره کل حفاظت محیط زیست استان آذربایجان شرقی.

## مقدمه

مقادیر زیادی گردوغبار همه ساله از بیابان‌های شمال آفریقا، شبه‌جزیره عربستان، عراق و سوریه به مناطق مختلف خاورمیانه از جمله ایران منتقل می‌شود. این گردوغبارها بسته به میزان گرم شدن سطح زمین و سرعت بادهایی مثل هارماتان و بادهای شدید محلی دیگر تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری و بالاتر کشیده شده و با ورود به سامانه‌های بادی مدیترانه و شمال آفریقا به مناطق واقع در پیش روی این سامانه‌ها (از جمله ایران) منتقل می‌شوند (Dayan et al., 1991: 1189; Alpert and Ganor, 1993: 7339). این مسئله به‌اضافه‌ی گردوغبارهایی که در اثر خشکی و برهنه‌بودن زمین بوسیله باد در محل ایجاد می‌شود (گردوغبارهای محلی)، از پدیده‌های اقلیمی است که باعث وارد شدن خسارت‌هایی در زمینه زیست‌محیطی، بروز یا تشدید بیماری‌های تنفسی و قلبی، اختلال در ترافیک هوایی و زمینی، گردشگری، کشاورزی و غیره می‌گردد.

در زمینه توفان‌های گردوغبار و اثرات آنها مطالعات متعددی در ادبیات علمی دنیا موجود است. انگلستان (۲۰۰۱: ۲۶) با پهنه‌بندی مکانی فراوانی وقوع گردوغبارهای جهان بر نقش بستر خشک دریاچه‌ها و صحرای کبیر آفریقا به عنوان تولیدکنندگان اصلی گردوغبار تأکید دارد. گینوکس<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۳: ۱۲۸-۱۱۳) توزیع گردوغبارهای جهان را در فاصله زمانی ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۶ با استفاده از مدل GOCART شبیه‌سازی کرده و همبستگی آنها را با نوسانات اطللس شمالی (NAO) مورد بررسی قرار داده‌اند. در این پژوهش، منبع ۶۵٪ گردوغبارها، شمال آفریقا و ۲۵٪ آن از آسیا تشخیص داده شده است. بررسی توفان‌های گردوغباری استرالیا از دیدگاه روند زمانی و ارتباط آنها با توزیع فشار توسط اکستروم<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۴: ۱۵۸۱) از محدود مطالعاتی است که در آن از روش‌های تحلیل مولفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای برای مطالعه گردوغبارها استفاده شده است. در این پژوهش ابتدا الگوهای اصلی گردش عمومی جو در استرالیا که باعث ایجاد گردوغبار می‌شوند از طریق تحلیل مولفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای غیرسلسله‌مراتبی شناسایی شدند. توفان‌های

1- P. Ginoux

2- Marie Ekstrom

گردوغباری بهار-تابستان (سپتامبر-فوریه) در مناطق جنوبی و مرکزی استرالیا بوسیله جبهه‌های سرد فاقد بارندگی کنترل و از طریق بارش‌های تابستانه محدود می‌گردند. ولی گردوغبارهای تابستان-پاییز (دسامبر-می) بوسیله طول دوره خشک سال کنترل می‌شوند. تایچو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۵: ۳۹۰۱) در یک مطالعه موردی امکان انتقال گردوغبارهای شمال آفریقا و خاورمیانه را به آسیای شرقی (ژاپن) را بررسی کرده و مشخص کرده‌اند که منشأ ۵۰٪ گردوغبارهای منتقل شده به آسمان ژاپن در ۲۶ و ۲۷ مارس ۲۰۰۳ از منطقه شمال آفریقا، حدود ۳۰٪ آن از خاورمیانه و ۱۰٪ از مناطق مرزی چین بوده است. از مطالعات دیگر می‌توان به گائو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۶: ۳۹۳) «ویژگی‌های سینوپتیکی توفان‌های گردوغبار مشاهده شده و اثرات اقلیمی آن را در مناطق رو به باد مغولستان داخلی در چین»؛ لیو<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۶: ۸۸۴) «تاثیر توفان‌های گردوغبار آسیا (شمال چین و مغولستان) را در کیفیت هوای تایوان»؛ سانگ<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۸: ۱۰۰۳) «تاثیر شرایط هواشناختی در انتقال گردوغبارها را از دو کرانه اقیانوس آرام (از سواحل آسیا به سواحل قاره آمریکای شمالی) در طول فصل بهار»؛ ملونی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۸: ۱۳۴) «الگوهای فصلی سینوپتیکی انتقال گرد و غبارهای شدید صحرای آفریقا به جزیره لمپدیوسا<sup>۶</sup> در دریای مدیترانه» را می‌توان نام برد. کیمورا<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۹: ۲۹۲) ارتباط وقوع گردوغبارها را با شاخص پوشش گیاهی (NDVI)<sup>۸</sup> و میزان آب موجود در خاک سطحی (تا عمق ۲ سانتی‌متری) در منطقه خشک فلات‌های پوشیده از ماسه‌های بادی چین مطالعه کرده و آستانه‌های پوشش گیاهی و رطوبت خاک برای وقوع گردوغبارها را در سرعت‌های مختلف باد مشخص کرده‌اند. بارکان و آلپرت<sup>۹</sup> (۲۰۱۰: ۲۰۸) شرایط سینوپتیکی که انتقال گردوغبارها در مسافت‌های بسیار

- 
- 1- Taichu
  - 2- Gao Tao
  - 3- Chang-Ming Liu
  - 4- Sang-Keun Song
  - 5- Meloni
  - 6- Lampedusa
  - 7- Reiji Kimura
  - 8- Normalized Difference Vegetation Indices
  - 9- Barkan and Alpert

طولانی از صحرای آفریقا تا قطب شمال در حدود ۴۰ درجه عرض جغرافیایی میسر می‌سازد را مطالعه کرده‌اند.

در ایران نیز پدیده گردوغبار در ابعاد مختلف مورد توجه محققان قرار گرفته است. بررسی اثرات زیست محیطی ذرات گردوغبار موجود در هوا (هاشمی و همکاران؛ ۱۳۸۹)، آسیب‌های ناشی از گردوغبار جوی بر نما و زیبایی ساختمان‌ها (حبیبی نوخندان، ۱۳۷۶: ۱۵۷)، کاهش قدرت دید و پیامدهای زیست محیطی و حمل‌ونقل این پدیده (نوحی، ۱۳۷۳: ۱۴۵) از موارد قابل ذکر در این رابطه می‌باشند. از مطالعات اقلیمی اولیه در این زمینه می‌توان به مطالعه علیچانی (۱۳۷۶: ۹۶) در مورد فراوانی روزهای گردوغبار کشور اشاره کرد. ذوالفقاری و عابدزاده (۱۳۸۴: ۱۷۳) شرایط پیدایش و منشاء سیستم‌های گردوغبار غرب ایران را در بازه زمانی ۵ ساله از سال ۱۹۸۳ تا ۱۹۸۷ بررسی کرده و مشخص کرده‌اند که پرفشار آזור همراه با سیستم‌های مهاجر بادهای غربی، مهم‌ترین عوامل سینوپتیک تاثیرگذار بر سیستم‌های گردوغبار منطقه هستند. طاووسی و همکاران (۱۳۸۹: ۹۷) سامانه‌های همدیدی گردوغباری در استان خوزستان را مورد تحلیل قرار داده‌اند. در این مطالعه پس از شناسایی ۵۰ سامانه گردوغباری شاخص و تفکیک آنها به دو دوره گرم و سرد سال در فاصله سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۹۶ و با مطالعه نقشه‌های ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح دریا و دیگر پارامترهای هواشناختی و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای دو سامانه گردوغباری شاخص؛ مشخص کردند که در دوره سرد سال سیستم‌های مهاجر بادهای غربی و رودباد جبهه قطبی (PFJ) همراه آن و در دوره گرم سال کم‌فشارهای حرارتی سطح زمین مهم‌ترین عوامل در ایجاد و شکل‌گیری پدیده گردوغبار در استان خوزستان می‌باشند. در مطالعه‌ای دیگر نقش همگرایی سامانه‌های فشار در وقوع گردوغبارهای این استان (براتی و همکاران؛ ۱۳۹۰: ۳۹) مورد مطالعه قرار گرفته است. در این مطالعه با انتخاب ۱۰ مورد توفان گردوغباری شاخص و با تهیه و بررسی نقشه‌های روزانه هوا در روزهای آغازین، اوج و پایانی هر توفان؛ مشخص گردید که همزمان با وقوع توفان‌های مذکور دو سامانه کم‌فشار ایران-پاکستان و سامانه پرفشار آזור به ترتیب از خاور و باختر سرزمین مورد پژوهش به هم نزدیک شده و با افزایش شیب فشار و به تبع آن ناپایداری

جوی باعث ایجاد و انتقال گردوغبارها به منطقه خوزستان می‌گردند. ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۰: ۱۷) با بررسی ۱۰ موج گردوغباری فراگیر در غرب کشور طی یک دوره آماری ۵ ساله از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ و موج فراگیر و گسترده گردوغباری روزهای سیزدهم تا شانزدهم تیر ۱۳۸۸، الگوهای همدید و مکانیسم تشکیل، انتقال و انتشار مطالعه شد. نتایج حاکی از این است که؛ در تمام موارد، استقرار یک سامانه کم فشار بر منطقه خاورمیانه و تقویت شرایط ناپایداری در سطح بیابان‌ها و همچنین تاثیر هماهنگ یک موج کم فشار دینامیک بر فراز جو منطقه، زمینه مناسب را برای انتقال ریزگردها به جو منطقه فراهم می‌آورد. همگرایی سامانه‌های پرفشار آزر، کم‌فشار حرارتی و افزایش شیب فشاری در روزهای اوج فعالیت پدیده، باعث تقویت سیستم‌های بادی سطح بالا گردیده و باعث انتقال و انتشار مقادیر انبوهی از ریزگردها در بخش‌های وسیعی از جنوب غرب، غرب و شمال غرب ایران می‌شود.

در بررسی منابع علمی موجود در زمینه گردوغبارها، می‌توان نتیجه گرفت که در مطالعات فراوانی که در سطح دنیا صورت گرفته از روش‌ها و الگوهای متفاوتی برای بررسی منابع گردوغبارها، شرایط سینوپتیکی مساعد برای ایجاد و انتقال، مسیرها و مسافت‌های انتقال و اثرات و توابع ناشی از انتقال گردوغبار و به‌طور کلی اقلیم‌شناسی گردوغبارها، استفاده شده است. در مطالعات محدودی که در ایران انجام شده در اغلب موارد به زمینه‌های سینوپتیکی معطوف گشته و اطلاعات مناسبی در این زمینه ارائه شده است. اما با توجه به اهمیت پدیده گردوغبار، فراوانی مشاهده آن در ایران و حاکمیت آن در اقلیم‌شناسی کشور، کمبود مطالعاتی محسوسی در این زمینه وجود دارد. در این مطالعه تلاش می‌گردد تا سامانه‌های سینوپتیکی حاکم در گردوغبارهای غرب کشور با استفاده از روش آماری تحلیل مولفه‌های اصلی شناسایی و تحلیل گردد. طبق اطلاعات ما چنین مطالعه‌ای در غرب ایران انجام نشده است.

### بیان مسأله

در این تحقیق از آمار ۲۰ ساله تعداد کل روزهای همراه با گردوغبار در مقیاس سالانه در ۵۰

ایستگاه منتخب در غرب ایران که در طی دوره آماری ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۵ دارای آمار ثبت شده هستند، استفاده گردید. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و پراکندگی جغرافیایی ایستگاه‌های مورد استفاده به همراه اسامی آنها در شکل شماره یک درج گردیده است. تعداد روزهای گردوغباری غرب ایران به‌طور کلی از شمال به سمت جنوب افزایش می‌یابد (شکل شماره ۱)؛ به‌طوری که کمترین تعداد روزهای همراه با گردوخاک در ایستگاه بندر انزلی، ۲ روز در سال است، حال آن‌که در ایستگاه دزفول به‌طور میانگین ۱۱۰ روز در سال توام با گردوغبار می‌باشد. بررسی نحوه توزیع روزهای گردوغباری در منطقه مورد مطالعه در طول ۵۵ سال و همچنین نحوه پراکنش آن در طول ماه‌های سال نشان می‌دهد که بیشترین روزهای همراه با گردوغبار در سال ۱۹۸۴ اتفاق افتاده است. در این سال در ایستگاه‌های دزفول و اهواز به ترتیب ۱۵۶ و ۱۵۴ روز توام با پدیده گردوغبار بوده است. همچنین توزیع روزهای گردوغباری در طول ماه‌های سال در غرب کشور نشان از تبعیت فراوانی وقوع این پدیده از شرایط دمایی و بارش (ویژگی‌های سینوپتیک) منطقه دارد به‌طوری که کمترین فراوانی در ماه‌های سرد و پربارش و بیشترین فراوانی آن در ماه‌های گرم و خشک (ژوئن و جولای) اتفاق می‌افتد (رسولی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۸ و ۱۹).

## مواد و روش‌ها

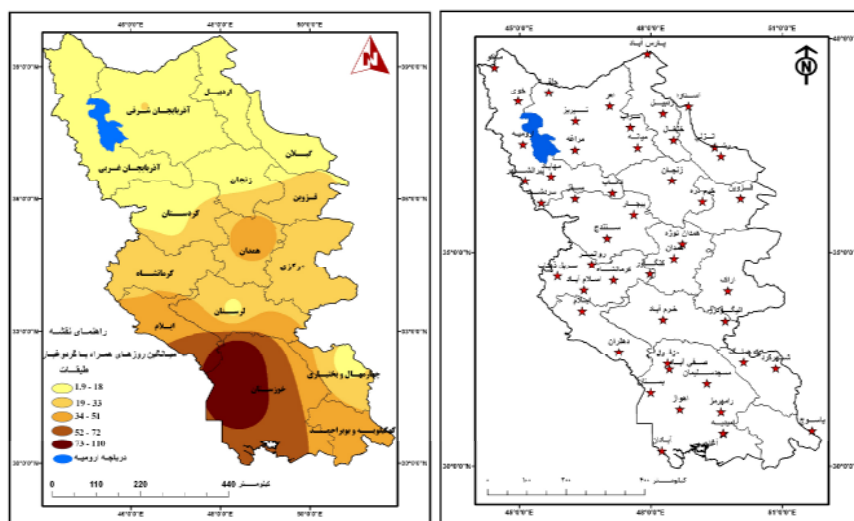
تنها داده هواشناختی قابل دسترس در ارتباط با گردوغبارها در کشور، تعداد روزهای همراه با گردوغبار است<sup>۱</sup>. از این رو اطلاعات ورودی و مبنای انجام تحلیل‌های آماری در این مطالعه داده‌های مذکور می‌باشد. از این پارامتر در تعدادی از مطالعات پیشین در خارج از کشور نیز استفاده شده است<sup>۲</sup>. برای رسیدن به اهداف این مطالعه که شناسایی عوامل کنترل‌کننده

۱- تیپ‌های متفاوتی از گردوغبارها وجود دارد که سازمان هواشناسی جهانی (WMO) آنها را برحسب عوامل هواشناختی ایجادکننده، محدوده تاثیر، میزان کاهش دید افقی و سرعت باد همراه آنها به صورت کدهایی طبقه‌بندی کرده است. این کدها که در گروه هوای حاضر (WW) گزارشات سینوپتیک دیده‌بانی و ثبت می‌گردند عبارتند از: کدهای ۰۶، ۰۷، ۰۸، ۰۹ و ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵ و ۹۸ (WMO, 1974- Ju-Yeon Lim and Youngsin Chun, 2006:233). در سازمان هواشناسی کشور به دلیل عدم استخراج آمارهای مربوط

به پدیده گردوغبار به تفکیک کدهای فوق، دسترسی به آمارهای تفکیک شده گردوغبار به سختی امکان‌پذیر است.

۲- به عنوان مثال مطالعه‌ی ناتساگدورج و همکاران (۲۰۰۳: ۱۴۰۴) در تحلیل توفان‌های گردوغباری دیدبانی شده در منطقه مغولستان و یا مطالعه اکستروم و همکاران (۲۰۰۴: ۱۵۸۲) در بررسی توفان‌های گردوغباری استرالیا.

تغییرات فراوانی روزهای گردوغباری در غرب کشور است از ۵۰ ایستگاه هواشناسی موجود در منطقه مورد مطالعه استفاده شد.



شکل (۱) نقشه‌های موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه به همراه پراکندگی ایستگاه‌ها (سمت راست) و توزیع مکانی میانگین تعداد روزهای همراه با گرد و غباری در غرب ایران مستخرج از ۵۰ ایستگاه هواشناسی در دوره آماری ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۵ (سمت چپ)

روش آماری مورد استفاده برای تشخیص الگوهای سینوپتیکی تاثیرگذار در گردوغبارهای سالانه غرب ایران، تحلیل مولفه‌های اصلی است. این روش آماری چندمتغیره کاربردهای فراوانی در علوم هواشناسی و اقلیم‌شناسی داشته است (Preisendorfer, 1988 و Wilks, 1995 نقل از Turkish et al., 2009: 1059). PCA الگوهای مسلط و مهم ایجادکننده تغییرات را از فضای آماری مشتق می‌سازد (Von Storch and Zwiers, 1999) نقل از Ekstrom et al., 2004:1584). در این مطالعه به منظور ساده و راحت‌تر شدن ارزیابی الگوهای مولفه‌ها از چرخش واریماکس<sup>۱</sup> استفاده شد (Kaiser, 1959:187). روش‌های متعددی برای انتخاب تعداد مولفه‌ها وجود دارد ولی قاعده دقیق برای اینکه کدام روش بکار

1- Varimax Rotation

رود، وجود ندارد (Ekstrom et al., 2004: 1584). در این مطالعه از روش گرافیکی نمودار غربالی<sup>۱</sup> برای تعیین تعداد مولفه‌ها استفاده گردید. در این نمودار در هر نقطه‌ای که انحنای مشخصی وجود داشته باشد تعداد مولفه‌ها را به طور تقریبی مشخص می‌کند (همان: ۱۵۸۵). همانطور که در نمودارهای شکل ۲ نیز مشخص است بعد از مولفه پنجم انحنای مشخصی وجود دارد. بنابراین تعداد ۵ مولفه برای بررسی تغییرات مکانی گردوغبارها کافی به نظر می‌رسد (در این صورت مولفه‌های ویژه - مقدار مشخص خاص<sup>۲</sup> بیشتر از ۳ مورد تحلیل قرار می‌گیرد). PCA یک روش محاسباتی جعبه سیاه یا بلک-باکس<sup>۳</sup> است که قادر به تشریح فیزیکی اقلیم‌های محلی نیست (Preisendorfer, 1988; Wilks, 1995) نقل از (Turkish et al., 2009: 1059).

با در نظر گرفتن توانمندی‌ها و محدودیت‌های روش آماری PCA و رعایت نکات مشروح در فوق، این آماره جهت استخراج تعداد مولفه‌های موثر در محیط SPSS اجرا گردید (شکل ۲ و جدول ۱). میزان همبستگی محاسبه شده بین هر ایستگاه با هر یک از مولفه‌ها (ماتریس مولفه‌های دوران‌یافته)<sup>۴</sup> به محیط GIS انتقال یافت. با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ برای هر یک از مولفه‌ها، نقشه‌هایی تهیه گردید که الگوهای سامانه‌های سینوپتیک را شبیه‌سازی می‌کنند.

### یافته‌ها

گردوغبارهای مشاهده شده در غرب کشور متأثر از سامانه‌های سینوپتیکی متفاوتی است که هر کدام از آنها متناسب با فصل سال در بخشی از منطقه حاکمیت دارند. این موضوع به همراه دیگر ویژگی‌های جغرافیایی از جمله نوع اقلیم، توپوگرافی، پوشش گیاهی و عرض جغرافیایی، عوامل اصلی وقوع گردوغبارهایی با فراوانی و شدت‌های متفاوت در قسمت‌های

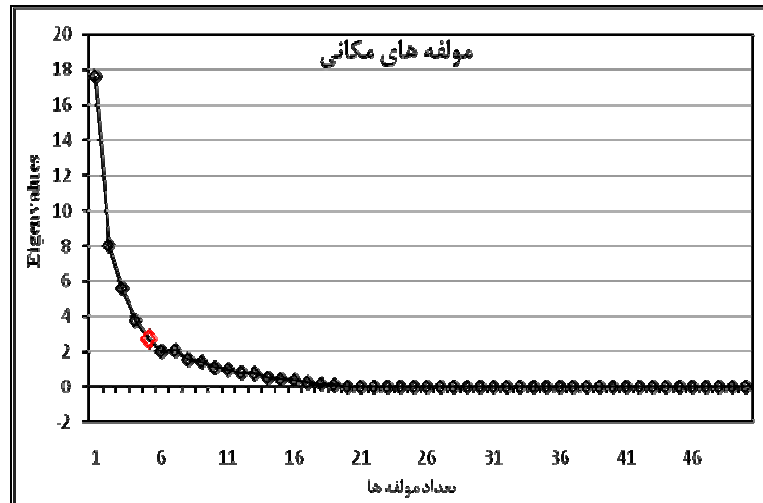
- 1- Scree Plot
- 2- Eigenvalue
- 3- Black-Box

۴- (Rotated Component Matrix): به صورت ماتریسی میزان همبستگی هر ایستگاه نسبت به هر یک از مولفه‌ها را نمایش می‌دهد.



مختلف غرب ایران هستند. هدف از این بخش تشریح نتایج حاصل از تحلیل مولفه‌های اصلی، عوامل اقلیمی تاثیرگذار در ایجاد تغییرات مکانی گردوغبارها در غرب ایران به ترتیب میزان اهمیت؛ طبقه‌بندی، شناسایی و تحلیل آنها بوده است.

مشخص گردید که در ایجاد تفاوت‌های فراوانی وقوع روزهای گردوغباری در غرب کشور پنج‌مولفه (یاسامانه سینوپتیک) تاثیر دارند که در مجموع ۶۹/۱۱ درصد واریانس فراوانی روزهای گردوغباری را تبیین می‌کنند (جدول ۱).

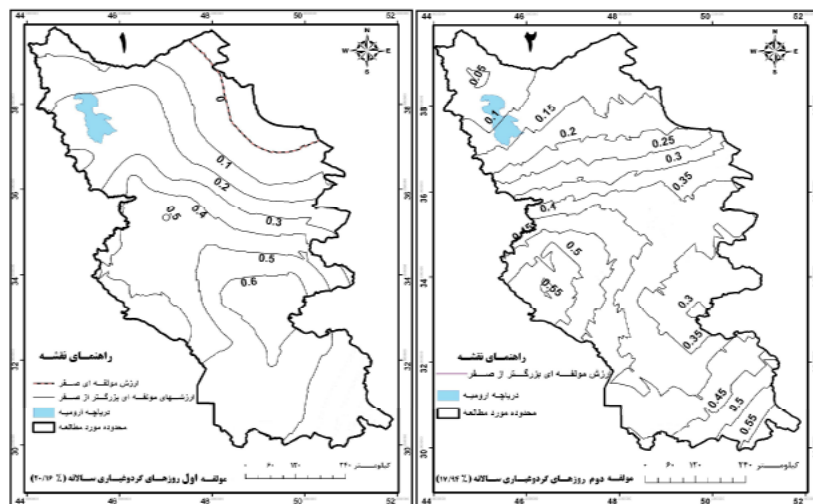


شکل (۲) نمودار غربالی به منظور تعیین تعداد مولفه‌های موثر در فراوانی گردوغبارهای غرب کشور

جدول (۱) مشخصات آماری مولفه‌های استخراج شده از آماره PCA برای روزهای گردوغباری غرب کشور

ردیف	ویژه - مقدار	درصد واریانس	واریانس تجمعی (%)
۱	۱۰/۰۸	۲۰/۱۶	۲۰/۱۶
۲	۸/۹۹	۱۷/۹۴	۳۸/۰۹
۳	۶/۶۴	۱۳/۲۸	۵۱/۳۷
۴	۵/۶۴	۱۱/۲۹	۶۲/۶۶
۵	۳/۲۳	۶/۴۵	۶۹/۱۱

در شکل شماره ۳ نحوه آرایش مقادیر همبستگی ایستگاه‌ها نسبت به مولفه‌های اول و دوم در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. در مولفه اول مشاهده می‌گردد که منحنی‌های هم‌ارزش ترسیم شده، در مناطق جنوبی و جنوب غربی دارای ارزش‌های بالاتری هستند که به طرف شمال و شمال شرق منطقه مورد مطالعه از مقادیر آنها کاسته شده و در منطقه کوچکی از شمال شرق منحنی هم‌ارزش صفر شکل گرفته است. دقت در نقشه مولفه اول این تصور را در ذهن ایجاد می‌کند که سامانه‌های اقلیمی (سیستم سینوپتیکی) از جنوب غرب منطقه مورد مطالعه وارد شده و گردوغبارها را در غرب ایران منتشر می‌کند. سامانه مذکور در مناطق نزدیک به مرکز شکل‌گیری آن بیشترین تاثیر را از نظر فراوانی روزهای گردوغباری و احتمالاً غلظت هواویزها دارد.



شکل (۳) الگوهای توزیع جغرافیایی همبستگی با دو مولفه اول استخراج شده از جمع تعداد روزهای گردوغباری سالانه در سری داده‌های ۲۰ ساله ۵۰ ایستگاه واقع در غرب ایران

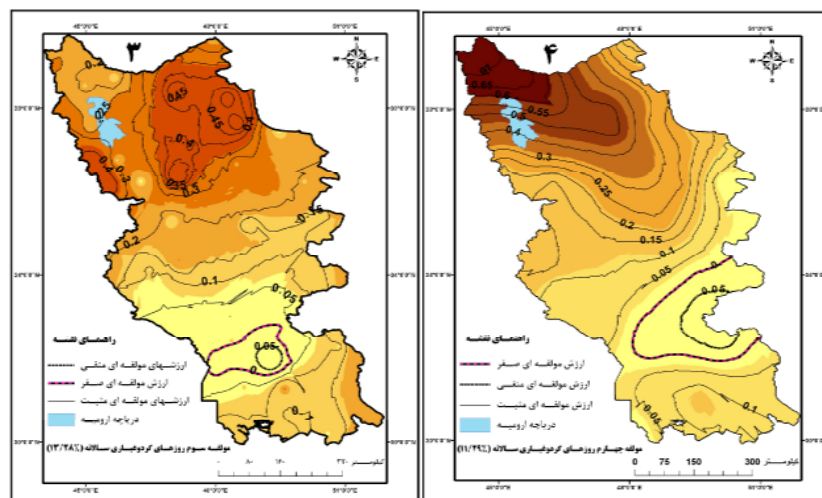
با عنایت به مطالب ذکر شده و بررسی نتایج مطالعات پیشین و شرایط اقلیم سینوپتیک غرب کشور؛ به‌نظر می‌رسد سامانه سینوپتیکی که نقش اول را در ایجاد روزهای گردوغباری دارد (۲۰/۱۶٪)، کم‌فشار گرمائی عربستان باشد (مرجانی، ۱۳۷۲؛ همتی، ۱۳۷۴؛ ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸۴: ۱۸۶). این سامانه در دوره گرم سال در اثر انباشت حرارت در جو نزدیک

سطح زمین در نتیجه پایداری ناشی از حاکمیت پرفشار آزور در قسمت‌های شمالی شبه جزیره عربستان شکل می‌گیرد و به دلیل نزدیکی به منطقه نقش بیشتری در فعالیت‌های گردوغباری غرب کشور دارد.

مولفه دوم در نتیجه اثرگذاری سامانه کم‌فشار گرمائی عربستان-سوریه از غرب و کم‌فشار ثانویه خلیج فارس از جنوب شرق منطقه شکل گرفته که ۱۷/۹۴ درصد تغییرات فراوانی روزهای گردوغباری را تبیین می‌کند. دو سامانه مذکور در دوره گرم سال با ایجاد بادهای نسبتاً شدید باعث برخاستن و یا انتقال گردوغبار می‌گردند. با دقت در نقشه تهیه شده برای مولفه دوم، می‌توان فهمید که این دو سامانه به ظاهر متفاوت در ابتدای ورود به منطقه مورد مطالعه به شکل جداگانه ظاهر می‌شوند ولی رفته رفته به سمت شمال بعد از زاگرس میانی در هم ادغام می‌شوند. هرچند که به طرف عرض‌های بالاتر از میزان همبستگی نسبت به این مولفه کاسته می‌شود ولی در هیچ یک از مناطق همبستگی به صفر نرسیده است. در واقع ارتفاعات زاگرس و بلندی‌های آذربایجان و نزدیکی به پهنه‌های آبی (دریای خزر) مانع اثرگذاری این سامانه‌ها نشده است.

یادآور می‌گردد که با توجه به اینکه کم‌فشارهای گرمائی تاثیرگذار در فراوانی روزهای گردوغباری غرب کشور که مولفه‌های اول و دوم این مطالعه را شکل داده‌اند تحت تأثیر سامانه پرفشار آزور تشکیل می‌شوند. در واقع عامل اصلی شکل‌دهنده این مولفه‌ها همان پرفشار دینامیکی آزور است. بنابراین می‌توان گفت که این سامانه باعث ۳۸/۱ درصد تغییرات فراوانی گردوغبارهای غرب ایران می‌گردد. در نقشه آرایش همبستگی گردوغبارهای غرب کشور با مولفه سوم (شکل ۴ «سمت چپ») برخلاف دو مولفه اول مقادیر همبستگی‌ها در مناطق شمالی بیشتر بوده و به طرف جنوب از میزان همبستگی کاسته می‌شود. همانطور که در شکل نیز مشخص شده، در بخش کوچکی از جنوب منطقه مورد مطالعه همبستگی به زیر صفر رسیده است. وجود همبستگی مثبت و منفی در یک مولفه می‌تواند نشان دهنده تأثیر دو سامانه متفاوت باشد (Turkish et al, 2009: 1059). با توجه به نحوه آرایش همبستگی ایستگاه‌ها با مولفه سوم می‌توان اثرگذاری همسوی دو سامانه سیبری و

سیکلون‌های مدیترانه را تشخیص داد. در دوره سرد سال پرفشار حرارتی (سرمایی) سیبری از سمت شمال شرق به منطقه نفوذ کرده و در چاله‌های واقع در این مناطق مستقر می‌گردد.

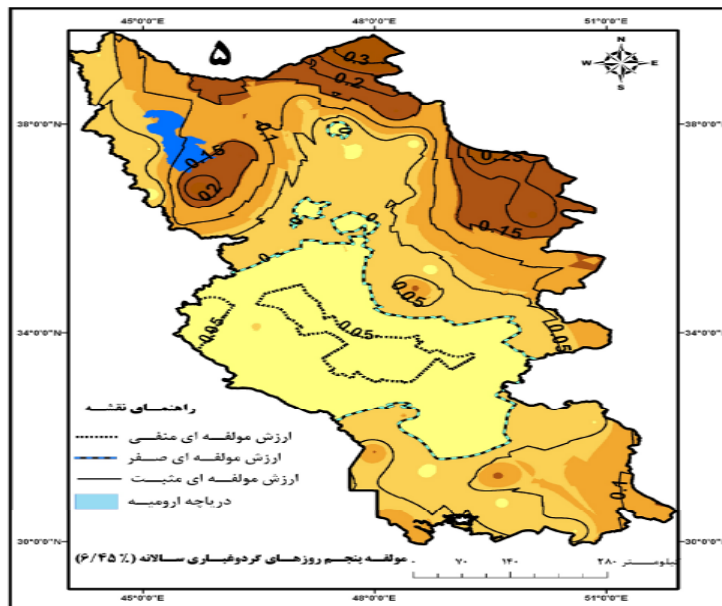


شکل (۴) همانند شکل ۳ ولی برای مولفه‌های سوم و چهارم

این سامانه بسیار سرد بوده و معمولاً بدون وزش باد شدید است. برعکس دیگر سیستم‌ها، عامل ایجاد غبار توسط این سامانه، حمل و انتقال یا ایجاد گردوغبار توسط باد در محل نیست. غبارهای ایجاد شده تحت این سامانه، رکود و سکون هوا ناشی از پایداری و فرونشینی هوای سرد است. این شرایط در مناطق شهری باعث افزایش آلودگی می‌گردد. به دلیل استقرار اغلب ایستگاه‌ها در نزدیکی شهرها، ممکن است در موقع گزارشات جوی، علت کاهش دید افقی گردوغبارهای معلق در هوا گزارش گردد. در این دوره از سال سیکلون‌های مدیترانه‌ای (بادهای غربی) به مناطق جنوبی‌تر کشیده شده و فعالیت سیکلون‌ها و جبهه‌های فاقد بارندگی باعث ایجاد غبارهایی در بخش‌های کوچکی از مناطق جنوب و غرب کشور می‌گردد.

همچنان‌که در شکل ۴ نیز ملاحظه می‌گردد، الگوی همبستگی گردوغبارها با مولفه چهارم آرایش متفاوتی را ایجاد کرده است. نحوه قرارگیری منحنی‌های هم‌ارزش نمرات

مولفه‌ای حاکی از تأثیر هماهنگ و هم‌سوی دو سامانه متفاوت است که یکی از گوشه شمال غرب وارد منطقه مورد مطالعه شده و بیش از نیمی از آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد و دیگری در نیمه جنوبی شرق ظاهر گشته است. سامانه سینوپتیکی شمال غرب؛ کم‌فشار دریای سیاه است. این سامانه وقتی وارد کشور می‌گردد که زبانه‌ای از پرفشار سیبری را در جلوی خود (روی دریای خزر) به همراه داشته باشد. حرکت این سامانه معمولاً سریع و زودگذر بوده و در اغلب موارد با بادهای شدید همراه است. به دلیل اینکه رطوبت کمی به همراه دارد، باعث بلند شدن گردوغبار در مناطق پیش روی خود می‌گردد. در مواقع نادری که در اثر شرایط خاص سینوپتیکی گردوغبارهای صحاری شمال آفریقا به شمال اروپا و مدیترانه منتقل گردد (Barakan and Alpert, 2010: 208) سامانه مذکور ممکن است عامل انتقال گردوغبارها از مناطق مذکور به شمال غرب ایران گردد. هرچند که به ندرت این شرایط اتفاق می‌افتد اما گردوغبارهایی که از این طریق حمل می‌گردند به خاطر طی مسافت بسیار طولانی، با ذرات بسیار ریز معلق در هوا ظاهر می‌شوند. از این رو دید افقی به ندرت به کمتر از ۵ کیلومتر کاهش می‌یابد. به همراه کم‌فشار دریای سیاه؛ سامانه متفاوتی از نیمه جنوبی شرق منطقه مورد مطالعه در تعدادی از ایستگاه‌های منطقه باعث ایجاد گردوغبار می‌گردد. به نظر می‌رسد این سامانه ناشی از کم‌فشار گرمائی مرکز ایران یا زبانه‌ای از کم‌فشار پاکستان و یا ترکیبی از آن دو باشد.



شکل (۵) همانند شکل ۴ برای مولفه پنجم

مولفه پنجم نیز در نتیجه اثر هم‌سوی دو سامانه پرفشار حرارتی سیبری و توفان‌های جبهه‌ای سیکلون‌های مدیترانه شکل گرفته است. این شرایط در فصول انتقالی ایجاد می‌گردد و در فصل بهار متداول‌تر از پاییز است. در فصل زمستان نیز در صورت عدم وجود رطوبت و پوشش برف در سطح زمین محتمل است. مشاهده می‌گردد که در این شرایط پرفشار سیبری به صورت ضعیف و در بخش کوچکی در چاله‌های شمال و شمال شرق حاکم است. این موضوع خود باعث تشدید گرادبان فشاری و تقویت سیکلون‌های مهاجر مدیترانه می‌گردد. توفان‌های گردوغبار جبهه‌ای در منطقه‌ای از بادهای افزایشی در جلو جبهه سرد عاری از رطوبت کافی و معمولاً در مناطق خشک اتفاق می‌افتد (همتی، ۱۳۷۴: ۱۱). حضور سیکلون‌ها و جبهه‌های سرد در فصول انتقالی در غرب ایران در اکثر مواقع بارندگی‌ها را به ارمغان می‌آورند و در موارد نادری ممکن است گردوغبار ایجاد کنند به همین دلیل به‌عنوان عامل ثانویه ایجاد گردوغبار در مولفه‌های سوم و پنجم ظاهر شده‌اند.

## نتیجه‌گیری

در این مطالعه با هدف شناسایی عوامل موثر در تغییرات مکانی فراوانی روزهای گردوغباری غرب کشور از روش تحلیل مولفه‌های اصلی و ArcGIS استفاده گردید. در این مطالعه از روشی متفاوت از مطالعات پیشین برای مطالعه گردوغبارها استفاده شده است. با تلفیق مناسبی از نتایج حاصل از آماره PCA و بکارگیری قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS)؛ سامانه‌های سینوپتیکی موثر در گردوغبارهای غرب کشور شبیه‌سازی شدند.

در مطالعات پیشین در غرب کشور از پرفشار جنب حاره‌ای آزر و جبهه‌های سرد فاقد بارندگی سیکلون‌های مدیترانه‌ای به عنوان عامل اصلی ایجاد گردوغبارها یاد شده است. نتایج این تحقیق با تفاوت‌هایی، مطالعات پیشین را تایید کرده و موضوعاتی را برای تکمیل اطلاعات موجود در ارتباط با عوامل تعیین‌کننده تغییرات فراوانی روزهای گردوغباری مطرح کرده است. همچنین اشاره می‌گردد که در اغلب مطالعات انجام شده در غرب کشور به صورت موردی بوده و تعدادی از توفان‌های گردوغبارهای شاخص مورد مطالعه قرار گرفته است. در حالی که در این مطالعه کل روزهای گردوغباری صرف‌نظر از نوع و شدت آنها مورد مطالعه قرار گرفته و لذا نتایج حاصله تا اندازه‌ای متفاوت از مطالعات پیشین است. به عنوان مثال در هیچ یک از مطالعات پیشین به نقش پرفشار سیبری در ایجاد آلودگی‌های گردوغباری اشاره نشده است.

محدوده جغرافیایی تحت تأثیر سیکلون‌های مدیترانه‌ای در ایران دامنه گسترده‌ای از عرض‌های جغرافیایی است. در حالی که مناطق تحت تأثیر این سامانه در این مطالعه به بخش‌های کوچکی از مناطق غرب و جنوب غرب محدود شده است. دلیل این امر این است که اولاً تنها سیکلون‌هایی در ایجاد گردوغبارها نقش دارند که فاقد بارندگی باشند<sup>۱</sup> و ثانیاً به دلیل وضعیت توپوگرافی، میزان بارش و پوشش گیاهی مناطق شمالی‌تر در صورت ورود جبهه‌های سرد فاقد بارندگی هم گردوغبار چندانی ایجاد نمی‌شود.

۱- این سامانه در اکثر مواقع بارندگی‌ها را در غرب کشور به ارمغان می‌آورد به همین خاطر در ادبیات اقلیم‌شناسی ایران عامل اصلی ایجاد بارندگی‌ها شناخته شده است تا عامل ایجاد گردوغبار.

انجام این مطالعه با محدودیت‌هایی روبرو بوده است. عدم دسترسی به اطلاعات کامل گردوغبارها، علت اصلی انتخاب روش مورد استفاده در این مطالعه بوده است. در آینده با انجام مطالعاتی با استفاده از آمارهای کامل گردوغبارها، تحلیل‌های سینوپتیکی کامل‌تر به همراه استفاده از تکنیک سنجش از دور و مدل‌سازی، می‌تواند جنبه‌های روشن‌تری از اقلیم‌شناسی گردوغبارهای کشورمان را ارائه دهد.



## منابع

- ۱- براتی، غلام‌رضا؛ حسن لشکری و فریبا کرمی (۱۳۹۰)، «نقش همگرایی سامانه‌های فشار بر رخداد توفان‌های غباری استان خوزستان»، *مجله جغرافیا و توسعه*، شماره ۲۲، صص ۵۶-۳۹.
- ۲- حبیبی نوخندان، مجید (۱۳۷۶)، «اقلیم و معماری با تأکید بر معماری خاورمیانه»، (ترجمه) *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، شماره ۶۴.
- ۳- رسولی، علی‌اکبر؛ ساری صراف، بهروز و محمدی، غلام حسن (۱۳۸۹)، «تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گردوغبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با استفاده از روش‌های آماری ناپارامتری»، *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، شماره ۹، صفحات ۱۵-۲۸.
- ۴- ذولفقاری، حسن و عابدزاده، حیدر (۱۳۸۴)، «تحلیل سیستم‌های سینوپتیک گردوغبار در غرب ایران»، *مجله جغرافیا و توسعه*، پاییز و زمستان ۸۴، ۱۸۷-۱۷۳.
- ۵- ذوالفقاری، حسن؛ جعفر معصوم‌پور سماکوش؛ شاپور شایگان مهر؛ محمد احمدی (۱۳۹۰)، «بررسی هم‌دید توفان‌های گردوغبار در مناطق غربی ایران طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ (مطالعه موردی: موج فراگیر تیر ماه ۱۳۸۸)»، *مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، سال ۲۲، شماره پیاپی ۴۳، شماره ۳، صص ۳۴-۱۷.
- ۶- عطایی، هوشمند؛ احمدی، فریبرز (۱۳۸۹)، «گردوغبار به‌عنوان یکی از معضلات زیست‌محیطی جهان اسلام مطالعه موردی استان خوزستان»، *چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام*، زاهدان.
- ۷- علیجانی، بهلول (۱۳۷۶)، «*آب و هوای ایران*»، انتشارات دانشگاه پیام نور تهران.
- ۸- طاووسی، تقی؛ محمود خسروی؛ کوهزاد رئیس‌پور (۱۳۸۹)، «تحلیل هم‌دید سامانه‌های گردوغباری در استان خوزستان»، *مجله جغرافیا و توسعه*، شماره ۲۰، صص ۱۱۸-۹۷.
- ۹- مرجانی، سیدصدرالدین (۱۳۷۲)، «بررسی سینوپتیکی بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه (طوفان) در خراسان»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده ژئوفیزیک.
- ۱۰- نوحی، احمد (۱۳۷۳): «*هواشناسی عمومی*» (ترجمه): انتشارات علمی و فرهنگی تهران.

مرکزی و جنوب غربی

۱۱- همتی، نصرت‌اله (۱۳۷۴)، «بررسی فراوانی طوفان

- Correlation with North Atlantic Oscillation”, *Journal of Environmental Modeling & Software*, 19, PP 113-128.
- 21- Ju-Yeon Lim, Youngsin Chun, (2006), “The Characteristics of Asian Dust Events in Northeast Asia during the Springtime from 1993 to 2004”, *J. Global and Planetary Change*, No. 52, PP. 231-247.
- 22- Kaiser HF. (1958), “The Barimax Criterion for Analytic Totation in Factor Analysis”, *Psychometrica*, No. 23: 187-200.
- 23- Meloni D., di Sarra A., Monteleone F., Pace G., Piacentino S., Sferlazzo D.M., (2008), “Seasonal Transport Patterns of Intense Saharan Dust Events at the Mediterranean Island of Lampe-dusa”, *J. Atmospheric Research*, No. 88, PP 134-148.
- 24- Natsagdorj L., Jugdera D., Chung Y.S., (2003), “Analysis of Dust Storms Observed in Mongolia during 1937-1999”, *J. Atmospheric Environment*, No. 37, PP 1401-1411.
- 25- Prospero JM. (1996), “*Saharan Dust Transport over the Atlantic Ocean and the Mediterranean: an Overview, in The Impact of Desert Dust across the Mediterranean*” Kluwer Acad.: Norwell Mass, pp. 133-151.
- 26- Reiji Kimura, Long Bai, Jiemin Wang, (2009), “Relationships among Dust Outbreaks, Vegetation Cover, and Surface Soil Water Content on the Loess Plateau of China, 1999-2000”, *Journal of Catena*, No. 77, PP 292-296.
- 27- Sebastian Engelstaedter, Ina Tegen, Richard Washington, (2006), “North African Dust emissions and Transport”, *J. Earth-Science Reviews*, No. 79, PP 73-100.
- 28- Taichu Y. Tanakaa B., Yasunori Kurosakia, B., Masaru Chibaa, Takatsugu Matsumuraa, B., Tomohiro Nagaia, Akihiro Yamazakia, Akihiro Uchiyamaa, Nobumitsu Tsunematsuc, Kenji Kaic, (2005), “*Possible Transcontinental Dust Transport from North Africa and the Middle East to East Asia*”, *J. Atmospheric Environment*, No. 39, PP. 3901-3909.

- 29- Tazaki K., Wakimoto R., Minami Y., Yamamoto M., Miyata K., Sato K., Saji I., Chaerun KH., Zhou G., Morishita T., Asada R., Segawa H., Imanishi H., Kato R., Otani Y., Watanabe T., (2004), "Transport of Carbon-bearing Dusts from Iraq to Japan during Iraq's War", *J. Atmospheric Environment*, No. 38, PP. 209102109.
- 30- Turkesh, Murat and Koch, Telat and Sarish, Faize (2009), "*Spatiotemporal Variability of Precipitation Total Series Over Turkey*", *Int. J. Climatol.* No. 29: PP 1056-1074.
- 31- Vanderstraeten P., Lenelle Y., Meurrens A., Carati D., Brenig L., Delcloo A., Offer Z.Y., Zaady E., (2008), "*Dust Storm Originate from Sahara Covering Western Europe: A Case Study*", *J. Atmospheric Environment*, No. 42 , PP: 5489-5493.
- 32- World Meteorological Organization (WMO), (1974), "Manual on Codes", *International Codes*. WMO Publ., Geneva.